International Marmara Sciences Congress (Imascon Spring 2023)

09 – 10 June 2023 KOCAELI

PROCEEDINGS
E-BOOK

Organizer

Sponsors

This congress proceedings book is published as an electronic format as e-book.

All rights reserved.

Editorial Board

Prof.Dr. Arif ÖZKAN
Assoc.Prof.Dr. Serdar BİROĞUL
Assoc.Prof.Dr. Ömer GÜNGÖR
Lect. İsmail KILICASLAN
Lect. Kazım KAHRAMAN
Research Asist. Çağatay TAŞDEMİRCİ

ISBN: 978-605-72746-1-8

Address Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğü, Umuttepe Yerleşkesi Kocaeli, TÜRKİYE
Phone +90 262 303 1000
E-mail info@imascon.com
Web www.imascon.com

All legal and ethical responsibility of the studies belongs to the authors. All rights reserved. The copyright of this proceedings book belongs to Kocaeli University. It may not be copied or reproduced without permission.

TABLE OF CONTENTS

BRIEFLY ABOUT viii
IMASCON 2023 ORGANIZATION ix
SCIENTIFIC COMMITTEE x
IMASCON 2023 INVITED SPEAKERS xii
CONGRESS PROGRAMME xiii
ABSTRACTS AND POSTERS 1
BATTLE OF PHP FRAMEWORKS: LARAVEL OR SYMFONY 2
APPLICATION OF SNCL2 HEAT TREATMENT ON SNS THIN FILMS AT VARIOUS TEMPERATURES 3
RESEARCH TO REDUCE ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION BY USING PANELS 4
SUBSTITUENT EFFECT STUDY WITH THEORETICAL 13C-NMR CHEMICAL SHIFTS (SCS) ON THE 1,2,4-THIADIAZOLE RING 5
ANALYZES OF TRIPLE GAUGE BOSON COUPLING AT FUTURE COLLIDERS 6
INVESTIGATION OF DRUG RELEASE BEHAVIORS OF METAL NANOPARTICLE MODIFIED PHOSPHAZENE MICROSPHERES 7
NEOTECTONIC AND PALEOSEISMOLOGICAL INVESTIGATION OF KOYCEGIZ AND ITS SURROUNDINGS 8
DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF HIGHLY BIO-BASED HOT MELT ADHESIVES 9
INVESTIGATION OF THE EFFECT ON TEACHING COMPUTATIONAL THINKING-FOCUSED CIRCULATORY SYSTEM TEACHING MODULES DEVELOPED FOR 6TH GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS 10
USE OF ENTOMOPATOGENIC NEMATODES IN BIOLOGICAL CONTROL 11
AI APPLICATIONS USED IN DAILY LIFE 12
TRAJECTORY CONTROL OF A TWO LINK ROBOT ARM WITH COMPUTED TORQUE METHOD 13
UTILIZING THE POTENTIAL OF GYROID STRUCTURES IN HEAT EXCHANGERS THROUGH METAL ADDITIVE MANUFACTURING 14
HISTORY AND CURRENT STATUS OF THE MEDICAL LEGE SECTOR 15
SYNTHESIS OF NEW PHENOTHIAZINE DERIVATIVE COMPOUNDS WITH POTENTIAL TO USE AS ACETYLCHOLINESTERASE INHIBITOR AND ILLUMINATION OF STRUCTURES 16
STRUCTURE AND IN SILICO PROTEIN TARGET PREDICTION OF HISTAMINE DERIVATIVE SCHIFF BASE 17
SYNTHESIS, MOLECULAR DOCKING, AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES OF TRIAZINE COMPOUNDS 18
COATING LOW MEDIUM AND HIGH CARBON STEEL SURFACES WITH NANO AND MACRO SIZE TIN ELEMENT AND COMPARISON OF THE RESULTS 19
EVALUATION OF ACRYLIC YARN WASTE IN WOOD-CEMENT COMPOSITES 20
PRODUCTION OPTIMIZATION OF DRUG-LOADED POLYCAPROLACTONE MICROPARTICLES AND INVESTIGATION OF THEIR DRUG RELEASE KINETICS 21
COUNTRIES' IN SERVICE TRAINING PRACTICES FOR TEACHERS 22
USE OF SINNAMALDEHYDE CONTAINING POLYLACTIC ACID BASED BIODEGRADABLE NANOFIBER PACKAGING IN CREAM 23
DEVELOPMENT OF A POLYMERIC OPTICAL MEMBRANE SENSOR FOR DETERMINATION OF GLYPHOSATE IN AQUEOUS MEDIUM 24

SYNTHESIS AND STRUCTURE CLARIFICATION OF AZABODIPY BASED ORGANIC DYESTUFFS CONTAINING FERROCENE GROUPS 25

THE EFFECTS OF PRETREATMENTS APPLIED TO CELLULOSE ON SOME PROPERTIES OF CELLULOSE REINFORCED CMC HYDROGELS 26

INVESTIGATION OF BIOTINIDASE AND TCA ENZYME ACTIVITIES IN CARDIOVASCULAR DISEASES 27

INVESTIGATION OF SPRING DIE PROPERTIES IN FASTENER DESIGN BY COLD FORGING METHOD 28

INVESTIGATION OF EPOXY EFFICIENCY IN WELDLESS AISI 304L JOINING IN PANEL RADIATORS 29

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE FAN AT DIFFERENT SPEEDS ON THE THERMAL PERFORMANCE OF THE ALUMINUM PANEL RADIATOR BY CFD METHOD 30

SIMULTANEOUS INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND PRESSURE MEASUREMENT IN THE RADIATORS ON TIGHTNESS 31

EFFECT OF EAST FRIESIAN CROSSBREEDING PROPORTION ON REPRODUCTION CHARACTERISTICS IN TAHIROVA SHEEP 32

PREPARATION OF MICROCAPSULES OF VITAMIN E ACETATE WITH POLYLACTIC ACID AND INVESTIGATION OF CONTROLLED RELEASE PROPERTIES 33

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF ACTIVE PHENOLIC COMPOUNDS IN 4 TAXA BELONGING TO THE ROSALES ORDER AND META-ANALYSIS OF THEIR ANTICANCER EFFECTS 34

CLASSIFICATION OF TOMATO VARIETIES USING MACHINE LERANING 35

PREPARATION OF GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE BY HUMMERS METHOD AND THEN REDUCTION OF GRAPHENE OXIDE TO GRAPHENE 37

ON STEFAN PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS 38

INDUCTION SINTERING AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE BASED MGO ADDED HYBRID COMPOSITES MADE WITH THE GREEN PROCESS 39

ON A MATHEMATICAL MODEL OF INFECTIOUS DISEASES 40

COMPARATIVE ANALYSIS OF TORQUE LOSS IN DENTAL IMPLANT ABUTMENT SCREWS MANUFACTURED USING MACHINING, DIE, AND THREAD ROLLING METHODS 41

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF UV AND THERMAL CURABLE POLYBENZOXAZINE / SILICA NANOCOMPOSITES 42

QUANTUM MECHANICAL INVESTIGATION OF KETO-ENOL ISOMERISATION OF SERINE 43

USE OF POROUS SILICON BASED SCHOTTKY DIODES AS GLUCOSE SENSORS 44

POLYMERIZATION OF 4,4'-DIAMINODIPHENYLMETHANE AND INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES 45

MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN EĞİTİMİNE İLİŞKİN ÖZYETERLİK ALGILARININ İNCELENMESİ 46

FORECASTING ELECTRICITY AND NATURAL GAS CONSUMPTION OF A HOUSEHOLD APPLIANCE PLANT USING MACHINE LEARNING METHODS 47

EVALUATION OF IN VITRO ANTIDIABETIC AND ANTICHOLINESTERASE ACTIVITIES OF MYRIOPHYLLUM SPICATUM AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS BY LC-MS/MS 48

POLLEN PREFERENCES OF HONEYBEES (APİS MELLİFERA L.) IN MARMARA ISLAND 49

CHARACTERIZATION OF EXOPOLYSACCHARIDES (EPS) ISOLATED FROM CYANOBACTERIA SPECIES FROM TURKEY WATERS AND INVESTIGATION OF THEIR POTENTIAL USE IN COSMETICS INDUSTRY 50

IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE ALBANIAN LABOUR MARKET 51

ANTROPOMETRIC DESIGN 52

IDENTIFICATION OF A NOVEL ANTI-DIABETIC COMPOUND: BERGAMOTTIN 53

EFFECT OF OSMOTIC SALT STRESS ON GROWTH CHARACTERISTICS OF TRNA METHYLTRANSFERASE YEAST MUTANTS..... 54

INCORPORATION OF BORIC ACID AND POLYLACTIC ACID NANOFIBER BY ULTRASONIC IMPREGNATION..... 55

THE EFFECT OF DIFFERENT EARTHQUAKE RECORDS ON THE SEISMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS 57

MOLECULAR IDENTIFICATION, VIRULENCE ACTIVITY AND ANTIFUNGAL SENSITIVITY ANALYSIS OF CANDIDA SPP. FROM INTENSIVE CARE PATIENTS..... 58

ANALYSIS OF ORGANIC RANKIN CYCLE AND WASTE HEAT MANURE DRYING TECHNOLOGY IN BIOGAS PLANTS 59

INVESTIGATION OF REPRODUCTIVE ECOLOGY OF FRITILLARIA CRASSIFOLIA SUBSP. KURDICA (BOISS. & NOE) RIX (LILIACEAE)..... 60

DETERMINING BACTERIOLOGICAL LOAD OF RAW CAMEL MILK ALONG THE MARKET VALUE CHAIN: BURAO SOMALIA..... 61

FEED ADDITIVES USED FOR REDUCTION OF METHANE PRODUCTION IN RUMINANTS 62

THE EFFECT OF PARTICLE SIZE OF TIO2 ON OPTICAL AND ROOM TEMPERATURE ACETONE VAPOR SENSING PERFORMANCE 63

PD(II) COMPLEX BEARING 4,4'-METHYLENEBIS(2,6-DIETHYLANILINE) DERIVATIVE BI-DENTATE SCHIFF BASE LIGAND AS CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION 64

INDUSTRIAL SYMBIOUS APPROACH IN CIRCULAR ECONOMY..... HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES FROM SALIX CAPREA EXTRACT AND ITS EFFICACY ON LUNG CANCER..... 65

EVALUATION OF SAWAGE SLUDGE BY VERMISTABILIZATION METHOD 66

EFFECTS OF PIGEON DIETS WITH DIFFERENT CRUDE PROTEIN CONTENT ON PERFORMANCE AND SQUABS GROWTH..... 67

OPTIMIZATION OF MICRORESISTOR BEAM PERFORMANCE USING COMSOL MULTIPHYSICS AND TAGUCHI METHOD 68

INVESTIGATION OF THE ROLE OF PROTAMIN 1 AND 2 GEN EXPRESSİONS WORKING IN THE NUCLEAR REMODELING MECHANISM IN THE PROCESS OF SPERMATOGENESIS IN MALE INFERTILITY..... 69

EFFECTS OF ELECTRODE WELDING ON REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES 70

DEVELOPING THE GARDEN-TYPE GOALPOST DESIGN, INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY, INNOVATIVE FITTING DEVELOPMENT AND PROTOTYPE PRODUCTION 71

ROBOTIC REHABILITATION GLOVES THAT CAN BE USED AS A SUPPORT IN THE TREATMENT OF MULTIPLE SCLEROSIS AND RHEUMATIC DISEASES 72

CONTROLLED DRUG RELEASE USING POLYMER ENCAPSULATION TECHNOLOGY..... 73

SYNTHESIS OF NOVEL CYCLOPENTAFURANONE COMPOUNDS FROM CRUDE TURPENTINE OIL..... 74

FULL PAPERS 76

***FİCUS CARİCA* BİTKİSİNİN *STAPHYLCOCCUS AUREUS* BAKTERİSİNE KARŞI ETKİSİNİN ÇALIŞMASI..... 77**

ALİMUNYUM ARAKATMAN KULLANIMIYLA SODA KİREÇ SİLİKAT CAM- 304L PASLANMAZ ÇELİK BİRLEŞTİRMELERİ 84

1,2,4-OKSADİAZİN TÜREVLERİNDE SÜBSTİTÜENT ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 91

TWİTTER VERİLERİ İLE TÜRKÇE DUYGU ANALİZİ 97

SU KANAL İDARELERİNDE SOLAR ENERJİ: BALIKESİR ÖRNEĞİ 108

1,2,4-TİYADİAZOL HALKASINDA TEORİK ^{13}C-NMR KİMYASAL KAYMALARI (SCS) İLE SÜBSTİTÜENT ETKİ ÇALIŞMASI 113

THEORETICAL INVESTIGATION OF TOPOLOGICAL SEMIMETAL $BaGa_4$ 118

THEORETICAL INVESTIGATION ON INTERACTION OF SMALL MOLECULES WITH TWO-DIMENSIONAL TOPOLOGICAL INSULATORS 122

PC6 NOKTASINA AKUPRESSÜRÜN GEBELİKTE BULANTI VE KUSMA ÜZERİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ BİR DENEME 127

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN DOĞAL BİTKİLERİN KULLANIMI VE SÜS BİTKİSİ OLARAK DEĞERLENDİRMELERİ 131

KÜÇÜK GÜÇLÜ RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE KULLANILAN MANYETİK DİŞLİLER İÇİN ÖRNEK BİR HESAPLAMA .. 134

POLİ[POLİ(ETİLEN GLİKOL) METAKRİLAT-CO-AKRİLAMİD]-GRAFT-POLİ(ε-KAPROLAKTON) TARAK-TİPİ AMFİFİLİK GRAFT KOPOLİMERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 140

MATEMATIKSEL MODEL VE ÇOK KRITERLI KARAR VERME YÖNTEMLERIYLE ELEKTRIKLI ARAÇ ŞARJ İSTASYONU SEÇIMI: KAYSERI İLI İÇIN UYGULAMA 146

PAMUKTA BAZI BİTKİ KORUMA SORUNLARI 157

6. SINIF ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN BİLGİ İŞLEMSEL DÜŞÜNME ODAKLI DOLAŞIM SİSTEMİ ÖĞRETİM MODÜLLERİNİN ÖĞRETİMDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ 162

TWİTTER VERİLERİNİN METİN ANALİZİNDE KULLANILAN YENİ NESİL YAPAY ZEKÂ ALGORİTMALARI: GPT-4 . 170

TÜRKİYE DENİZ BALIKÇILARININ SOSYO-EKONOMİK YAPISI 176

PID PARAMETRELERİNİN OTOMATİK AYARLAMA YÖNTEMİ İLE KESTİRİMİ: DC MOTOR KONUM KONTROLÜ 184

TIBBİ SÜLÜK SEKTÖRÜNÜN TARİHÇESİ VE BUGÜNKÜ DURUMU 195

RF VEKTÖREL ÖLÇÜMLERDE BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI 200

HİDROLİK TEST MAKİNELERİNDE TEKRARLANAN HAREKETLER İÇİN POZİSYON DOĞRULUĞUNUN İYİLEŞTİRİLMESİ 207

PERFORMANCE OF ARDUINO RDBDIMMER LIBRARY ON AC ZERO-CROSSING DISTORTION 217

REBA ANALİZİ: BİR OTOMATİV YAN SANAYİSİNDE UYGULAMA 223

MECHANICAL DESIGN AND ANALYSIS OF MOBILE PRE-CONDITIONED AIR (PCA) UNIT FOR A TACTICAL UNMANNED COMBAT AERIAL VEHICLE 236

ÜLKELERİN ÖĞRETMENLERE YÖNELİK HİZMETİÇİ EĞİTİM UYGULAMALARI 244

W350 ISOBLOC TAKIM ÇELİĞİNDE YÜZEY MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI VE YAPISAL İNCELEMELER 255

YÜKSEK ÇEKME MUKAVEMETLİ ÇELİK MALZEMELERDE HADDELEME YÖNÜNÜN GERİ YAYLANMA VE ŞEKİLLENDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ 261

ÖZEL BLANKING PRES EKİPMANI İLE PRESTE İLAVE KESME İŞLEMİNİN YAPILMASI 270

DEPREM VE ACİL DURUMLARDA ETKİLİ BİLGİ SAĞLAMA: ARDUİNO TEMELLİ AKILLI GÜVENLİK SİSTEMİ 278

GELECEĞİN LABORATUVARLARI VE LABORATUVARLARIN GELECEĞİ ÜZERİNE ÖNGÖRÜLER 287

HAYVANCILIĞIN TEMEL GEÇİM KAYNAĞI OLDUĞU BİR MEZRADA ŞEBEKE BAĞLANTILI HİBRİT ENERJİ SİSTEMİ KULLANIMININ TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL ANALİZİ 296

İNKONTİNANS İÇİN KULLANILAN EMİCİ HİJYEN ÜRÜNLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA 303

MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE DOMATES ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI 311

PALETLİ İNSANSIZ KARA TAŞITI (İKT) BAĞIMSIZ SÜSPANSİYON SİSTEMİNİN YAPISAL ANALİZİ 319
VAGON KANTARI SİSTEMİ TASARIMI VE ANALİZİ 325
VAGON KANTARI ÖLÇÜM SİSTEMİ İÇİN UYGUN YÜK HÜCRESİNİN KARAR VERME TEKNİĞİ İLE SEÇİMİ..... 331
ÇOK DEĞİŞKENLİ REGRESYON ANALİZİ İLE OPTİMAL ENERJİ ÜRETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 339
SİLİS DUMANININ BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ..... 346
SERİ, PARALEL VE SERİ-PARALEL REZONANSLI DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN KARŞILAŞTIRILMASI 353
BETONUN OTOJEN BÜZÜLMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER 360
SOLİDWORKS İLE KAMYON KANTARI TASARIMI VE ANALİZİ..... 366
TOPSİS KARAR VERME TEKNİĞİ İLE KAMYON KANTARI ÖLÇÜM DÜZENEĞİ İÇİN UYGUN YÜK HÜCRESİ SEÇİMİ 371
IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMİC ON THE ALBANİAN LABOUR MARKET 378
ÖZEL MAKSATLI BİR MOBİL ROBOTUN PALETLİ YÜRÜYÜŞ SİSTEMİNİN ÇOKLU CİSİM SİSTEMLERİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ VE ANALİZİ..... 384
ANTROPOMETRİK TASARIM 390
DÜŞÜK SICAKLIKLARDA SÜPER BAZLAR EŞLİĞİNDE PLLA HOMOPOLİMERLERİNİN SENTEZİ 397
L-LAKTİT'İN ÇEŞİTLİ ALKOL BAŞLATICILARLA ORGANOKATALİTİK HALKA AÇILMA POLİMERİZASYONU 404
METRO HATLARINDA SCADA İLE ACİL DURUM SENARYOLARI VE TAHLİYE SİMÜLASYONU..... 411
MICROWAVE-ASSISTED PYROLYSIS OF PARTICLE BOARD WASTES USING DIFFERENT MICROWAVE ABSORBENTS: CHARACTERIZATION OF BIO-OILS 420
DEPREM İZOLATÖR TEST CİHAZININ EKSTANSOMETRE ÖLÇÜM SİSTEMİNİN KALİBRASYON GEREKLİLİĞİ 426
PARKİNSON HASTALIĞI TEŞHİSİNDE EKSİK SENSÖR VERİSİNİN TAHMİNİ VE SINIFLANDIRMA PERFORMANSINA ETKİSİNİN ANALİZİ..... 433
THE EFFECT OF PARTICLE SİZE OF TiO_2 ON OPTICAL AND ROOM TEMPERATURE ACETONE VAPOR SENSING PERFORMANCE 438
ÇELİK LİFLİ BETONLARDA LİF HACİM ORANINA BAĞLI OLARAK YARMADA ÇEKME VE EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIMININ İNCELENMESİ..... 443
INDUSTRIAL SYMBIOSIS APPROACH IN CIRCULAR ECONOMY 452
EVALUATION OF SLUDGE FROM WASTEWATER TREATMENT BY VERMISTABILIZATION METHOD 457
BETONARME YAPILARDA DONATIYA ELEKTROD KAYNAĞININ ETKİLERİ..... 462
BAHÇE TİPİ FUTBOL KALESİ TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ, ÜRETİM VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI, YENİLİKÇİ BAĞLANTI ELEMANI GELİŞTİRİLMESİ VE PROTOTİP ÜRETİMİ..... 469
KAYSERİ İLİ EVSEL ATIKSULARI YENİDEN KULLANIMI GENEL BAKIŞ..... 474
KAYNAKLI İMALAT YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN ÇERÇEVE PROFİLLERİNDE MEYDANA GELEN DİSTORSİYONLARIN GİDERİLMESİNE YÖNELİK YENİLİKÇİ BİR YÖNTEM TASARIMI GELİŞTİRİLMESİ 479
3D YAZICI İLE ÜRETİLEN METATARSAL KEMİK MODELİNİN BURULMA TESTİ İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE GERÇEK KEMİK İLE KARŞILAŞTIRILMASI..... 484

BRIEFLY ABOUT

International Marmara Science Congress was held between 09-10 June 2023 by Kocaeli University and Aleksander Moisiu Durres University. The congress aims to bring together researchers whose working on interdisciplinary subjects in science and social sciences and also to establish an effective communication platform between them. In congress;

In Sciences; Acoustical Engineering, Astrophysics, Astronomy and Space Sciences, Atmospheric Sciences, Bacteriology, Fisheries Sciences, Computer Engineering, Building Services Engineering, Plant Sciences, Biochemistry Biodiversity, Biology, Biomedical Engineering, Botany, Environmental Science Environmental Engineering, Ecology, Electrical Engineering, Electrical Engineering, Electronics Engineering Industrial Engineering, Energy Engineering, Pharmacology, Physics and Physics Engineering, Physical Sciences, Physiology, Genetic Engineer, Geotechnical Engineering, Food Engineering, Climate and Climate Change, Civil Engineering, Statistics and Actuarial Sciences, Geophysics, Geophysical Engineering, Geology, Geological Engineering, Chemistry, Chemical Engineering, Mechanical Engineering, Materials Engineering, Mathematics, Mechatronics Engineering, Meteorology, Microbiology, Molecular Biology and Genetics, Molecular Engineering, Nano Engineering, Nuclear Engineering, Optics M Engineering, Automotive Engineering, Petroleum Engineering, Psychology, Agricultural Engineering, Transportation Engineering, Applied Engineering Sciences, Space Engineering, Production Engineering, Software Engineering, Earth Sciences

The language of the congress is English or Turkish, and all full papers and abstracts submitted for publication in the congress on current issues have been evaluated by at least two referees by the blind reviewing method. 131 papers, abstracts and posters were accepted for oral presentation and publication as a result of peer review. We would like to thank all the researchers who have shown interest in the Congress.

IMASCON 2023 ORGANIZATION

IMASCON 2023, organized by Kocaeli University (KOÜ) and Aleksander Moisiu Durres University and also sponsored by Kocaeli Metropolitan Municipality, İzmit Municiplatiy, Kartepe Municiplatiy, Derince Municipality, Körfez Municipality, Gölcük Municipality and East Marmara Development Agency.

Imascon 2023 General Chair

Öznur GÖKKAYA (KOÜ)

Organizing Committee

Eda BEZHANI (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Flora MERKO (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Lyudmyla SYMOCHKO (Uzhhorod National University, Ukraine)

Luis M. F. ROSEIRO (ISEC, Portuga)

Hysen MANKOLI (Health and Environment, USA)

Reyhan DADASH (Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan)

Violeta NEZA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Daniela LIKA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Fernando Domingues MOITA (ISEC, Portuga)

Şükrü DURSUN (Konya Teknik Ü)

Arif ÖZKAN (Kocaeli Ü)

Serdar BİROĞUL (Düzce Ü)

Ömer GÜNGÖR (Kocaeli Ü)

Mustafa OF (Kocaeli Ü)

Barış DEMİR (Kocaeli Ü)

İsmail KILIÇASLAN (Kocaeli Ü)

Kazım KAHRAMAN (Kocaeli Ü)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Ahmet Küçük, Kocaeli University

Prof. Dr. Ahmet Duran, İstanbul Technical University

Prof. Dr. Alaeddin Bobat, Kocaeli University

Prof. Dr. Arif Özkan, Kocaeli University

Prof. Dr. Ayşegül Günsel, Kocaeli University

Prof. Dr. Engin Özdemir, Kocaeli University

Prof. Dr. Fatma Çanka Kılıç, Kocaeli University

Prof. Dr. C. Gazi Uçkun, Kocaeli University

Prof. Dr. Hanefi Bayraktar, Bayburt University

Prof. Dr. Hasan Latif, Kocaeli University

Prof. Dr. Hristo Ivanov Katrandzhiev, Marketing and Strategic Planning, University of National and World Economy, Bulgaria

Prof. Dr. Hysen Mankolli, Editor of IJEES, Health and Environment Association, U.S.A.

Prof. Dr. İlyas Uygur, Düzce University

Prof. Dr. Juan Carlos, Roca Unıversıty Of Huelva, Spain

Prof. Dr. Kadri Süleyman Yiğit, Kocaeli University

Prof. Dr. Luis M. F. Roseiro, ISEC

Prof. Dr. Maan T. J. MAAROOF, Mousul University, Iraq

Prof. Dr. Mahmut Durmuş, Gebze Teknik University

Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren University

Prof. Dr. Melda Yardımoğlu Yılmaz, Kocaeli University

Prof. Dr. Mustafa Yaşar, Karabük University

Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaycan Milli ilimler Akademisi, Milli Tarih Müzesi

Prof. Dr. Novo Palakalovic, Faculty of Economics, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Prof. Dr. Olena Demyanyuk, Institute of Agroecology and Environmental Management, Ukraine

Prof. Dr. Orhan Gezici, Ömer Halis Demir University

Prof. Dr. Osman Taylan, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

Prof. Dr. Resul Kara, Düzce University

Prof. Dr. Sibel Zor, Kocaeli University

Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Teknik University

Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, Faculty of Economics, University of Nis, Serbia

Assoc. Prof. Dr. Ayşegül Türk, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Flora Merko, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Eda Bezhani, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Etem Yeşilyurt, Akdeniz University

Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Aki's Poona College Of Arts, Science Commerce

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Kerim Güllap, Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, Faculty of Economy, University of Prishtina, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Natalya Gudkova, The State Ecological Academy, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Ömer Güngör, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Yoshito Ando, Kyushu Institute of Technology

Assoc. Prof. Dr. Ayşe GÜNSEL, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Erdinç Doğancı, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Fatih Koç, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Halil Atmaca, Artro Klinik

Assoc. Prof. Dr. Hasan Kaya, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Dikme, İstanbul Gelişim University

Assoc. Prof. Dr. Hülya Ünver, Düzce Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Samad Rahimi Aghdam, Tabriz University

Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Selda Uca, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Serdar Birğul, Düzce University

Assoc. Prof. Dr. Sinan Aydın, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Şükran Güzin Ilıcak Aydınalp, İstanbul Gelişim University

Assoc. Prof. Dr. Taner Erdoğan, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Yoshito Ando, Kyushu Institute of Technology

Assist. Prof. Dr. Mazin Nazar Fadhel, College of Environmental Science and Technology Mosul university, Musul, IRAQ

Assist. Prof. Dr. Mehlika Kocabaş Akay, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. A. Arzu Arı Bural, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Aslıhan Kuyumcu Vardar, Düzce University

Assist. Prof. Dr. Berna Kavaz Kındığılı, Atatürk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Fatih Sevgi, Selçuk University

Assist. Prof. Dr. Handan Özçelik Bozkurt, Sinop University

Assist. Prof. Dr. Oğuz Polatel Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Larissa Shragina, Odessa I. I. Mechnikov University

Assist. Prof. Dr. Seyil Najımudınova, Kırgızistan Türkiye Manas University

Assist. Prof. Dr. Vetan Tümen, Bitlis Eren University

Assist. Prof. Dr. Vystavkina Daria, Odessa I. I. Mechnikov University

Assist. Prof. Dr. Yusuf Budak, Kocaeli University

Phd. Alba Ramallari, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

Phd. Alma Zisi, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Blerina Vrenozi, Tirana University, Albania

PhD. Mirela Alushllari, University of Albania, Albania

PhD. Jonida Gashi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Olta Nexhipi, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Violeta Neza, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Cand. Ariola Harizi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Saeid Shojaei, University of Tabriz · Department of Electronics and Photonics

PhD. Ada Aliaj, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Moses M. Solomon, King Fahd University of Petroleum and Minerals

PhD. Emma Gurashi Nikolaoy, University Of Patras, Greece

PhD. Hisham M. Alidrisi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

PhD. Thawee Numsakulwong, Rajamangala University of Technology Isan, Tayland

PhD. Reyhan Dadash, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan

Lect. Barış Demir, Kocaeli University

Lect. Daniela Lika, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Lect. Mustafa Of, Kocaeli Üniversitesi

IMASCON 2023 INVITED SPEAKERS

Prof. Dr. Luis M. F. Roseiro, Portugal

Assoc Prof. Dr. Flora Merko, Albania

Prof. Barbara Krystyna Pierscionek, United Kingdom

Prof. Graham Ball, United Kingdom

Assist.Prof.Dr. Keisuek Wakizak, Japan

Dr. Ahmad Ali, India

Dr. Vitor Maranha, Portugal

Dr. Stephen Hughes, United Kingdom

CONGRESS PROGRAMME

INTERNATIONAL MARMARA SCIENCES CONGRESS
IMASCON 2023 SPRING
9 JUNE 2023 FRIDAY

The Start of Registration Process

AÇILIŞ KONUŞMALARI - OPENING SPEECHES 11:00 / 12:00

- İstiklal Marşı ve Saygı Duruşu / National Anthem and Moment of Silence
- Kocaeli Üniversitesi Tanıtım Filmi / Short Film of Kocaeli University
- Prof.Dr. Nuh Zafer Cantürk, Rector of Kocaeli University
- Doç. Dr. Öznur Gökkaya, President of Imascon Congress
- Ali Korkmaz, President of City Council of Kocaeli
- Prof.Dr.Arif Özkan, Manager of Continuing Education Research and Application Center of Kocaeli University

IMASCON PANEL – SUSTAINABILITY- 16:00 / 18:00
Moderator: Prof.Dr.Özcan Gündoğdu

- Prof. Dr. Luis Roseiro, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal
- Assoc Prof. Dr. Flora Merko, Albania
- Prof. Barbara Krystyna Pierscionek, United Kingdom
- Prof. Graham Ball, United Kingdom
- Assist.Prof.Dr. Keisuke Wakizaka, Japan
- Lecturer Dr. Ahmad Ali, India
- Lecturer Dr. Vitor Maranha, University of Coimbra, Portugal
- Dr. Stephen Hughes, United Kingdom

9 JUNE 2023 FRIDAY
ORAL (FACE to FACE) PRESENTATIONS

9 JUNE 2023 FRIDAY	SESSION 1	14:00 – 15:45
IMASCON 2023 SPRING SESSION 1.1 / 14:00 – 15:45	**Hall : 1**	**9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr.Bülent Aydemir		
Assoc.Prof.Dr. Bülent Aydemir	Calibration Requirement of the Extensometer Measurement System of the Earthquake Isolator Tester	
Tayyip Demir	Selection Of Suitable Load Cell for Truck Scale Measuring Device with Topsis Decision Making Technique	
Assoc.Prof.Dr. Bülent Aydemir	Predictions on Laboratories of the Future and the Future of Laboratories	
Ferhat Badem	Design and Analysis of Railway Mesuring System	
Tayyip Demir	Truck Scale Design and Analysis with Solidworks	
Ferhat Badem	Selection Of Suitable Load Cell for Wagon Scale Measuring System with Decision-Making Technique	

9 JUNE 2023 FRIDAY ORAL (FACE to FACE) PRESENTATIONS		
9 JUNE 2023 FRIDAY	**SESSION 2**	**16:00 – 17:45**
IMASCON 2023 SPRING SESSION 2.1 / 16:00 – 17:45	**Hall : 1**	**9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Şükrü Dursun		
Prof.Dr. Şükrü Dursun	Research to Reduce Environmental Noise Pollution by Using Panels	
Beyza Demir	Study of the Effect of Ficus carica Plant Against Staphylococcus Aureus Bacteria	
Işılay Tekten	Industrial Symbious Approach in Circular Economy	
Işılay Tekten	Evaluation Of Sawage Sludge by Vermistabilization Method	
Dr. Ergül Meyvacı	Synthesis And Characterization of Poly [Poly (Ethylene Glycol) Methacrylate-Co-Acrylamide]-Graft-Poly(Ɛ-Caprolacton) Comb-Type Amphilic Graft Copolymer	
Esma Mutlu	Sensitive Recognization of Acetamiprid with a Novel Electrochromic Molecular Imprinted Polymer Sensor	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 2.2 / 16:00 – 17:45	**Hall : 2**	**16:00 – 17:45 9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Lecturer Çilem Koçak		
Gülcan Özkum	On Stefan Problems and Their Solutions	
Lecturer Çilem Koçak	Next generation artificial intelligence algorithms used in Text analysis of Twitter data: Gpt-4	
İzzet Harun Ok	Offshore Wind Farms Connection Topologies	
Lecturer Çilem Koçak	AI Applications Used in Daily Life	
Gülcan Özkum	On A Mathematical Model of Infectious Diseases	
Lecturer Mustafa Of	Battle of Php Frameworks: Laravel or Symfony	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 3.1 / 18:00 – 19:45	**Hall : 1**	**9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Res.Assist. Tuğçe Yaren		
Res.Assist. Tuğçe Yaren	PID Parameter Estimation with Auto-Tuning Method: Position Control of DC Motor	
Res.Assist. Tuğçe Yaren	Trajectory control of a two-link robot arm with computed torque method	
Fatih Mert Çelebi	Performance of Arduino RDBdimmer Library on AC Zero-Crossing Distortion	
Kudret Köse	Finite Element Method Investigation of The Effect Rolling Direction on Springback and Formability In High Tensile Strength Steel Materials	
Oğuzhan Yazıcı	Making Additional Cutting to The Press with Special Blanking Press Equipment	

Discussion			
ONLINE PRESENTIONS 9 JUNE 2023 FRIDAY			
ONLINE PRESENTATIONS			
9 JUNE 2023 FRIDAY	**SESSION 1**	**18:00 – 19:45**	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 1.1 / 18:00 – 19:45		**Hall : 1**	**9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Yeşim Saniye Kara			
Doğan Diran		Investigation of substituent effects in 1,2,4-Oxadiazine derivatives	
Assoc.Prof.Dr. Yeşim Saniye Kara		Substituent effect study with theoretical 13C-NMR chemical shifts (SCS) on the 1,2,4-thiadiazole ring	
Esra Dilek		Investigation of Drug Release Behaviors of Metal Nanoparticle Modified Phosphazene Microspheres (POSTER)	
Nilüfer Cevher		Development and Optimization of Highly Bio-based Hot Melt Adhesives	
Bensu Tan		Synthesis of New Phenothiazine Derivative Compounds with Potential to Use as Acetylcholinesterase Inhibitor and Illumination of Structures (POSTER)	
Sabiha Elif Ekerim		Development of A Polymeric Optical Membrane Sensor for Determination of Glyphosate in Aqueous Medium (POSTER)	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 1.2 / 18:00 – 19:45		**Hall : 2**	**9 JUNE 2023 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Mustafa Burak Telli			
Assoc.Prof.Dr. Mustafa Burak Telli		Joinning of Soda Lime Silicate Glass To 304 L Stainless Steel Using Aluminum Interlayer	
Ali Kerem Timur		Surface Engineering Applications and Structural Investigations on W350 Isobloc Grade Tool Steel	
Assist.Prof.Dr. Emir Erişir		The Effects of Pretreatments Applied to Cellulose on Some Properties of Cellulose Reinforced CMC Hydrogels	
Dr. Hafizittin Hakan Yudar		Investigation Of Epoxy Efficiency in Weldless AISI 304L Joining in Panel Radiators	
Taner Dindar		An Example Calculation for Magnetic Gear Used in Small Power Wind Turbines	
Oğuz Ünlü		Coating Low Medium and High Carbon Steel Surfaces with Nano and Macro Size Tin Element and Comparison Of The Results	
Discussion			

IMASCON 2023 SPRING SESSION 1.3. 18:00 – 20:00	Hall : 3	9 JUNE 2023 FRIDAY
SESSION CHAIR : Dr. Çağatay Taşdemirci		
Hakan Şahin	Analysis Of Half Wave Rectifier Circuit by Modified Nodal Equations	
Neslihan Baş	Solar Energy in Water Channel Administrations: The Example of Balıkesir	
Ecem Karay	Uncertainty Calculations in Rf Vectorial Measurements	
Dr. Çağatay Taşdemirci	Robotic Rehabilitation Gloves That Can Be Used as a Support in the Treatment of Multiple Sclerosis and Rheumatic Diseases	
Can Berk Pirpir	Providing Effective Information in Earthquake and Emergency: Arduino-Based Smart Security System	
Sinan Yazıcı	Forecasting Electricity and Natural Gas Consumption of a Household Appliance Plant Using Machine Learning Methods	
Nebi Işık	Comparison Of Series, Parallel and Series-Parallel Resonant Dc-Dc Converters	
Emre Çekerek	Emergency Scenarios and Evacuation Simulation with Scada Systems on Subway Lines	
ONLINE PRESANTIONS *10 JUNE 2023 SATURDAY*		
ONLINE PRESENTATIONS		
10 JUNE 2023	**SESSION 5**	**11:00 – 12:45**
IMASCON 2023 SPRING SESSION 5.1 / 11:00 – 12:45	**Hall : 1**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Lec.Dr. Serhat Uzan		
Bekir Sabri Arıman	Structure and in silico Protein Target Prediction of Histamine Derivative Schiff Base (POSTER)	
Bekir Sabri Arıman	Synthesis, Molecular Docking, and Biological Activity Studies of Triazine Compounds (POSTER)	
Deniz Sayın	Synthesis and Structure Clarification of Azabodipy Based Organic Dyestuffs Containing Ferrocene Groups (POSTER)	
Lecturer Dr. Serhat Uzan	Preparation of microcapsules of vitamin E acetate with polylactic acid and investigation of controlled release properties	
Esra Ayaz Çifci	Reduction Of Silver Nanoparticle Doped Zeolite Catalyst with Aromatic Nitro Compounds	
Dr. Elif Karacan Yeldir	Polymerization of 4,4'-Diaminophenylmethane and Investigation of Optical Properties	

IMASCON 2023 SPRING SESSION 5.2 / 11:00 – 12:45	Hall : 2	10 JUNE 2023
SESSION CHAIR : Dr. Hafizittin Hakan Yudar		
Furkan Emeksiz	Mechanical Design and Analysis of Mobile Pca Unit for A Tactical Unmanned Combat Aerial Vehicle	
Aslıhan Kalyon	Investigation Of Spring Die Properties in Fastener Design by Cold Forging Method	
Dr. Hafizittin Hakan Yudar	Analysis Of the Effect of The Fan at Different Speeds on The Thermal Performance of The Aluminum Panel Radiator by CFD Method	
Dr. Hafizittin Hakan Yudar	Simultaneous Investigation of The Effect of Temperature and Pressure Measurement in The Radiators on Tightness	
İsmail Duran	Structural Analysis of a Tracked Unmanned Ground Vehicle (Ugv) Independent Suspension	
Res.Assist. Ahmet Dayanç	Utilizing the Potential of Gyroid Structures in Heat Exchangers Through Metal Additive Manufacturing	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 5.3 / 11:00 – 12:45	**Hall : 3**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Ekrem Düven		
Assist.Prof.Dr. Ekrem Düven	Improvement Of Position Accuracy for Repetitive Motions in Hydraulic Testing Machines	
Rabia Kaymak	Classification Of Tomato Varieties Using Machine Learning	
Res.Assist.Dr. Haluk Özakyol	Autonomous Cameraman: A Person-Following Camera System for Efficient Online Education	
Emine Meltem Hamzaoğlu	Prediction Of Missing Sensor Data in Parkinson's Disease Diagnosis and Analysis of Its Effect on Classification Performance	
Assist.Prof.Dr. Mesut Polatgil	Topic modeling of Youtube comments for TOGG car	
Azize İnce	An Investigation on Absorbent Hygiene Products for Incontinence	
Cem Kesici	Turkısh Emotıon Analysıs Wıth Twıtter Data	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 5.4 / 11:00 – 12:45	**Hall : 4**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Talip Çelik		
Hakki Sercan İbiş	Socio-Economic Structure of Sea Fishermans in Turkey	
Zeynep Çelik	History And Current Status of The Medical Lege Sector	
Elif Tirancıoğlu	Use Of Sinnamaldehyde Containing Polylactic Acid Based Biodegradable Nanofiber Packaging in Cream	
Şükran Aşgın	Incorporation Of Boric Acid and Polilactic Acid Nanofiber by Ultrasonic Impregnation	
Abdiwali Mohamoud Abdi	Determining Bacteriological Load Of Raw Camel Milk Along the Market Value Chain: Burao Somalia	

Feyzanur Hantal	Determination of the Mechanical Properties of the Metatarsal Bone Model Produced by A 3d Printer by Torsionary Test and Comparison with Real Bone
Dr. Çağatay Taşdemirci	Controlled Drug Release Using Polymer Encapsulation Technology
Discussion	

ONLINE PRESENTATIONS		
10 JUNE 2023	**SESSION 6**	**13:00 – 14:45**
IMASCON 2023 SPRING SESSION 6.1 / 13:00 – 14:45	**Hall : 1**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Melek Tercan		
Assist.Prof.Dr. Melek Tercan	Pd (II) Complex Bearing 4,4′-Methylene Bis (2,6-Diethyl Aniline) Derivative I-Dentate Schiff Base Ligand as Catalyst for Hydrogen Production	
Beyzanur Tutuş	Synthesis Of PLA Homopolymers with Super Bases at Low Temperatures	
Sezer Karaşahin	Organocatalytic Ring-Opening Polymerization Of L-Lactide with Alcohol Initiators	
Fatma Yeşim Çat	Synthesis Of Novel Cyclopentafuranone Compounds from Crude Turpentine Oil	
Sümeyye Atmaca	Quantum Mechanical Investigation of Keto-Enol Isomerisation of Serine	
Metin Çevik	Neotectonic And Paleoseismological Investigation of Koycegiz and Its Surroundings(POSTER)	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 6.2 / 13:00 – 14:45	**Hall: 2**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR: Assist.Prof.Dr. Yusuf Tola		
Efsun Bacaksız	Evaluation Of Optimal Energy Production by Multivariate Regression Analysis	
Elif Erdem Yüksel	The Effect of Silica Smoke on The Mechanical Properties of Concrete	
Elif Erdem Yüksel	Factors Affecting Autogenous Shrinkage of Concrete	
Emirhan Yıldırım	The Effect of Different Earthquake Records on The Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings	
Serkan Kam	Investigation Of Splitting and Flexural Strengths Depending on Fiber Volume Ratio in Steel Fiber Concrete	
Abdulkadir Mutlu	Effect Of Electrode Source on Reinforcement in Reinforced Concrete Buildings	
Discussion		

IMASCON 2023 SPRING SESSION 6.3 / 13:00 – 14:45	Hall : 3	10 JUNE 2023
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Fatih Çiftçi		
Assist.Prof.Dr. Fatih Çiftçi	Production Optimization of Drug-Loaded Polycaprolactone Microparticles and Investigation of Their Drug Release Kinetics	
Esra Nur Usta	Induction Sintering and Characterization of Hydroxyapatite Based Mgo Added Hybrid Composites Made with The Green Process	
Abdulrahman Al-Sanea	Comparative Analysis of Torque Loss in Dental Implant Abutment Screws Manufactured Using Machining, Die, And Thread Rolling Methods	
Büşra Akkaya	Synthesis And Characterization of Uv and Thermal Curable Polybenzoxazine / Silica Nanocomposites	
Hafize Yuca	Evaluation Of In Vitro Antidiabetic and Anticholinesterase Activities of Myriophyllum Spicatum and Phytochemical Analysis by Lc-Ms/Ms	
Simge Bulut	Characterization Of Exopolysaccharides (Eps) Isolated from Cyanobacteria Species from Turkey Waters and Investigation of Their Potential Use in Cosmetics Industry	
ONLINE PRESENTATIONS		
10 JUNE 2023	**SESSION 7**	**15:00 – 16:45**
IMASCON 2023 SPRING SESSION 7.1 / 15:00 – 17:00	**Hall : 1**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Lecturer Dr. Bahadır Salmankurt		
Lecturer Dr. Ali Çiriş	Application of Sncl2 Heat Treatment on Sns Thin Films at Various Temperatures	
Lecturer Dr. Serdar Spor	Analyzes of Triple Gauge Boson Coupling at Future Colliders	
Lecturer Dr. Bahadır Salmankurt	Theoretical Investigation of Topological Semimetal Baga4	
Lecturer Dr. Bahadır Salmankurt	Theoretical Investigation on Interaction of Small Molecules with Two-Dimensional Topological Insulators	
Aysun Sayar	Preparation Of Graphene Oxide from Graphite by Hummers Method and Then Reduction of Graphene Oxide to Graphene	
Asli Arslan	Use of Porous Silicon Based Schottky Diodes as Glucose Sensors	
Ayşe Nur Şahin	The Effect of Particle Size of Tio2 on Optical and Room Temperature Acetone Vapor Sensing Performance	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 7.2 / 15:00 – 17:00	**Hall : 2**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Dr. Faruk Yıldız		
Omer Solak Amet	Pollen Preferences of Honeybees (Apis Mellifera L.) In Marmara Island	
Zeynep Karaoğlan	Identification of a Novel Anti-Diabetic Compound: Bergamottin	

Elham Aghlara	Microwave-Assisted Pyrolysis of Particle Board Wastes Using Different Microwave Absorbents: Characterization of Bio-Oils	
İbrahim Hakkı Arslan	Phytochemical Analysis of Active Phenolic Compounds In 4 Taxa Belonging to The Rosales Order and Meta-Analysis of Their Anticancer Effects	
Dr. Faruk Yıldız	Investigation of Reproductive Ecology of Fritillaria Crassifolia Subsp. Kurdica (Boiss. & Noe) Rix (Liliaceae)	
Farnaz Nouri	Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Salix Caprea Extract and Its Efficacy in Lung Cancer	
Figen Enç	Reuse Of Domestic Wastewater in Kayseri City Overview	
Discussion		
IMASCON 2023 SPRING SESSION 7.3 / 15:00 – 16:45	**Hall : 3**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Ayşe Yeşilayer		
Assist.Prof.Dr. Gül Yücel	In Terms of Sustainability the Use of Natural Plants and Their Evaluation As Ornamental Plants	
Assist.Prof.Dr. Ayşe Yeşilayer	Some Plant Protection Problems in Cotton	
Assist.Prof.Dr. Ayşe Yeşilayer	Use Of Entomopatogenic Nematodes in Biological Control	
Cemal Karakoç	The Effect of East Fresian Blood Grade on Reproduction Characteristics in Tahirova Sheep	
Abdiwali Mohamoud Abdi	Feed Additives Used for Reduction of Methane Production in Ruminants	
Aysun Bulayır	Effects Of Pigeon Diets with Different Crude Protein Content on Performance and Squabs Growth	
Discussion		
IMASCON 2023 SPRING SESSION 8.1 / 17:00 – 18:45	**Hall : 1**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Res.Assist. Mehmet Asaf Düzen		
Sefa Temur	Modelling And Analysis of The Crawler Track System of A Special-Purpose Mobile Robot Using Multibody Systems Approach	
Erkan Tur	Optimization Of Microresistor Beam Performance Using Comsol Multiphysics and Taguchi Method	
Fatma Nur Gülalan	Goalpost Conceptual Design and Product Development	
Fatma Nur Gülalan	Developing An Innovative Method Design for The Elimination of Distortions in Frame Profiles Produced by Welded Manufacturing Methods	

Halil Demir	Interpretation of Data with Visual Meaningful Graphs in Numerical Analysis	
Res.Assist. Mehmet Asaf Düzen	Electric Vehicle Charging Statıon Selectıon With Mathematical Model and Multı-Criterıa Decision Making Methods: Application for Kayseri Province	
Discussion		
IMASCON 2023 SPRING SESSION 8.2 / 17:00 – 18:45	**Hall : 2**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Res.Assist. Recep Tayyip Akarsu		
İzzet Harun Ok	Floating Solar Power Systems and Applications	
Sude Tosun	Reba Analysis: Application in An Automotive Industry	
Furkan Özkan	The Latest Status of Renewable Energies in Turkiye and Investigation of Government Incentives	
Res.Assist. Recep Tayyip Akarsu	Techno-Economic and Environmental Analysis of Grid-Connected Hybrid Energy System in A Small Village with Concentrated Livestock Operations	
Bensu Kocaman	Antropometric Design	
Res.Assist. Ahmet Serhan Hergül	Analysis Of Organic Rankin Cycle and Waste Heat Manure Drying Technology in Biogas Plants	
IMASCON 2023 SPRING SESSION 8.3 / 17:00 – 18:45	**Hall : 3**	**10 JUNE 2023**
SESSION CHAIR : Dr.Melike Pündük Yilmaz		
Dr. Melike Pündük Yılmaz	Effect Of Acupressure Application on Pericardium 6 (Pc6) Point on Nausea and Vomiting in Pregnancy: A Randomized Controlled Experimental Study	
Ufuk Sarikaya	Investigation Of Biotinidase and Tca Enzyme Activities in Cardiovascular Diseases	
Lecturer Dr. Uğur Aras	Evaluation Of Acrylic Yarn Waste in Wood-Cement Composites	
Sinem Ceylan	Effect Of Osmotic Salt Stress on Growth Characteristics of Trna Methyltransferase Yeast Mutants (POSTER)	
Zeynep Çelik	Molecular Identification, Virulence Activity and Antifungal Sensitivity Analysis of Candida Spp. From Intensive Care Patients	
Ayşegül Şavlı	Investigation Of the Role of Protamin 1 And 2 Gen Expressions Working in The Nuclear Remodeling Mechanism in The Process of Spermatogenesis in Male Infertility	

ABSTRACTS AND POSTERS

BATTLE OF PHP FRAMEWORKS: LARAVEL OR SYMFONY

Mustafa OF
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri
mustafaof@hotmail.com

Abstract
Nowadays, PHP Frameworks are one of the most popular tools preferred by web application developers. However, there are many different PHP frameworks available in the web development world, and it can be difficult to make the best choice. Laravel and Symfony are very popular. According to criteria such as performance, scalability, code quality, security, Laravel and Symfony may have unique features when compared. Laravel stands out for its ease of use, large community and plugin support, while Symfony stands out for its scalability, modularity and testability. In this article, we will discuss the advantages and disadvantages of both frameworks and make comparisons in terms of performance, scalability, code quality, security, etc. The purpose of these comparisons is to help web application developers make their best choices. The aim of the research is to provide information to developers or researchers to decide which framework is better by presenting comparisons between PHP Frameworks.

Keywords: Laravel, Symfony, PHP Frameworks, Performance, Scalability, Code Quality, Security

APPLICATION OF SNCL2 HEAT TREATMENT ON SNS THIN FILMS AT VARIOUS TEMPERATURES

Ali ÇİRİŞ
Niğde Üniversitesi, Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
aliciris@ohu.edu.tr

Abstract
In this study, the effect of SnCl2 heat treatment temperature on the characteristics of SnS thin films was examined. SnS materials were produced by RF magnetron sputtering and then SnCl2 heat treatment was carried out at the temperatures of 200°, 250° and 300°C. Also, the SnS without SnCl2 (as dep.) was adjusted to compare with SnCl2 treated samples. The characterizations of the samples were performed by X-ray diffraction and transmittance spectra. As dep. SnS crystallized in orthorhombic structure. However, annealing of SnCl2 treated SnS at 200°C weakened the crystallization and transformed it into a multi-phase structure containing orthorhombic SnS and tetragonal SnO2. Increasing the heat treatment temperature to 250°C did not change the multi-phase structure. On the other hand, annealing at 300°C maintained the crystal structure of the sample. However, it caused rather broad peaks in the diffraction spectrum, indicating deterioration of its crystallization. Using the Scherrer formula, the crystallite size for as dep. SnS was calculated as 14.4 nm. However, the annealing of SnCl2-treated SnS to 300°C caused that the crystallite size decreased to 11.2 nm. Optical measurements showed that the increment of annealing temperature up to 250°C enhanced the transmittance and shifted the absorption edges to the short wavelength region. However, heat treatment at 300°C led to decrease in transmittance and occur a double absorption edge. The band gap of the samples was determined using Tauc plots. The band gap for as dep. sample was calculated as 1.42 eV. Heat treatment of SnCl2-treated SnS samples from 200°C to 300°C resulted in an increment from 1.49 eV to 1.69 eV. Overall, it was revealed that the annealing temperature of SnCl2 treated SnS has a definite effect on properties such as crystallization and band gap. Evaluation of the analyzes concluded that 300°C was an upper limit under the applied experimental conditions.

Keywords: Sns Thin Film, Sncl2 Treatment, Annealing Time, RF Magnetron Sputtering

RESEARCH TO REDUCE ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION BY USING PANELS

Şükrü Dursun
Konya Teknik Üniversitesi, Engineering and Natutal Science Faculty, Environmental Engineering
sdursun@ktun.edu.tr

Sedanur ERTEKİN
Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Environmental Engineering
ertekinsedanur@hotmail.com

Abstract
Due to the increase in the use of vehicles due to traffic density in big cities, especially in the main arteries, vehicle engines and road/vehicle wheel friction noise pollution due to traffic traffic is increasing. The continuity of the traffic in the city center and the connection roads, depending on the number of laneways on the roads, the characteristics of the region and the road surface coating materials and traffic signaling systems are important factors affecting the noise values. Depending on the exhaust and engine characteristics, vehicles used in urban public transportation, traffic violations, illegal use of roads and the use of engines by delivery vehicles are important factors that cause noise in traffic. The lack of maintenance of heavily used main roads is also one of the factors that increase the noise arising from tire/road friction. Behaviors of vehicle users that do not comply with the rules (frequent honking, etc.) increase the noise level. For this reason, it is known that the noise level is constantly increasing. The use of noise-reducing/reducing panels (barriers) in the city and on the connecting highways will be beneficial in reducing the noise level so that the people living around the road will be affected by the noise at a minimum level. In this study; The designs to create a noise panel are examined and the importance of using waste materials as the base material to be used in the panel structure is emphasized. Therefore, the evaluation of materials that are difficult to dispose of, especially tires that have completed their life, has come to the fore. It will be able to provide the opportunity to evaluate within the scope of zero waste, which has been on the agenda in recent years. Noise data were evaluated before and after the panel was placed, comparing the noise reduction ratios according to the types of materials to be used. It has been tried to determine at which points it can be placed in the city center of Konya. It has been proposed to make a modeling map using noise data in Konya.

Keywords: Noise pollution, Noise control, Waste tires, Waste recycling, Modelling.

SUBSTITUENT EFFECT STUDY WITH THEORETICAL 13C-NMR CHEMICAL SHIFTS (SCS) ON THE 1,2,4-THIADIAZOLE RING

Yeşim Saniye KARA
Kocaeli Üniversitesi, Fen Ed. Fak., Kimya
yesimkara@kocaeli.edu.tr

Doğan Diran
Kocaeli Üniversitesi, Fen Ed. Fak., Kimya
dirandogan20@gmail.com

Abstract
1,2,4-Thiadiazoles are widely studied heterocyclic compounds characterized by low aromaticity and the presence of a weak N-O bond. Thiadiazoles, one of the most common nitrogen heterocycles in medicinal chemistry, have a wide range of biological activity. This class of compounds have many important activities such as antiviral, sedative-hypnotic and central nervous system (CNS) depressant, analgesic and anti-inflammatory, antibacterial and antidiabetic, antimicrobial, antitumor, antifungal etc. The aim of this study is to make a substituent effect study over the values on determine the theoretical 13C-NMR chemical shift of 10 different substituents 4-(substituted phenyl)-3-phenyl-1,2,4-thiadiazol-5(4H)-one derivative compound belonging to the thiadiazole heterocyclic family with such important properties. All of the calculations were made using Gaussian 09W, an electronic structure modeling software. Molecular geometries calculated using the Gauss View 5.0.9 program were examined. Theoretical calculations of the molecules were carried out with an ultrafine integration grid using using Density Functional Theory (DFT) and Lee-Yang-Par, the B3LYP method, which is a 3-parameter Becke mixed model with correlation energy, with the 6-311++G(2d,2p) fundamental basis set. In this study, chloroform was used as a solvent for the calculation of 13C NMR spectra using the GIAO method.

Keywords: Thiadiazole, Substituent effect, 13C-NMR, DFT, GIAO

ANALYZES OF TRIPLE GAUGE BOSON COUPLING AT FUTURE COLLIDERS

Serdar SPOR
Bülent Ecevit Üniversitesi, Ahmet Erdoğan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri
serdarspor87@gmail.com

Abstract
Triple gauge boson couplings (TGC) can be identified by WWV, ZVγ, and ZZV (V = Z, γ). TGC is uniquely important in investigating physics beyond the Standard Model (SM) and has impressive potential for studies of future collider. New physics effects in TGC interactions are investigated with high-dimensional operators in a model-independent manner with Effective Field Theory (EFT). Kinematic cuts are applied to distinguish the signal in anomalous couplings from the SM background. With these cuts, the signal-to-background ratio has increased, allowing the signal to come to the fore. Anomalous coupling limits are obtained at future colliders with high center-of-mass energy and high luminosity. The effects of systematic errors on the limits are investigated and the limits in the study are compared with the experimental results.

Keywords: Triple gauge boson couplings, Models beyond the Standard Model, Future colliders.

INVESTIGATION OF DRUG RELEASE BEHAVIORS OF METAL NANOPARTICLE MODIFIED PHOSPHAZENE MICROSPHERES

Esra Dilek
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı
dilekesra50@gmail.com

Hava Özay
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
havaozay@comu.edu.tr

Abstract
Phosphazenes are compounds that contain repeating phosphorus-nitrogen double bonds in their structure. In biological applications of phosphazene compounds, cyclomatrix type polyphosphazenes provide quite advantages [1]. Hexachlorocyclotriphosphazene (HCCP) can replace –OH, –NH2 groups thanks to the chlorine atoms attached to the phosphorus atoms in its structure. By taking advantage of this feature, spherical composites with many molecules can be synthesized [2]. The surfaces of the synthesized nanoparticles can be modified with metal nanoparticles to gain different functional properties. Gold and silver nanoparticles are suitable for applications such as controlled drug delivery, vaccine active ingredient delivery, and gene transfer [3]. In this study, the surfaces of p(CTP-co-MMCA) composite spheres were modified with gold and silver by natural reduction method. Microspheres were characterized by FT-IR, SEM, TEM, XRD, TGA and XPS methods. The usability of nanospheres as carrier material for drugs was investigated. Acknowledgment: This study was financially supported by Çanakkale Onsekiz Mart University Scientific Research Projects Coordination Unit with the project number FYL-2022-3907. This study includes a part of Esra Dilek's master's thesis. References [1.] Mehmood, S., Wang, L., Yu,H., Hak,F., Bilal-ül Amin, Uddin, M.,..Ni, Z.(2022). Preparation of poly(cyclotriphosphazene-co-piperazine) nanospheres and their drug release behavior. International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials, 139-147. [2.] Bi, Y., Yin, Y., Huang, R., Li, Y. (2010). Synthesis, characterization, in vitro degradation and cytotoxicity of polyphosphazenes containing N-ethoxypyrrolidone side groups. Polymer International. [3.] Wisian-Neilson, P., Truong, H. (2020). Poly(alkyl/arylphosphazene)-Metal Nanoparticle Composites. Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, 259-267.

Keywords: Phosphazene, Gold nanoparticle, Gene carrier, Drug release

NEOTECTONIC AND PALEOSEISMOLOGICAL INVESTIGATION OF KOYCEGIZ AND ITS SURROUNDINGS

Metin ÇEVİK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
mtncevik@gmail.com

Ercan SANĞU
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
ercansangu@gmail.com

Ömer Feyzi GÜRER
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
ofgurer@gmail.com

Abstract
Southwest Turkey is located in the most tectonically active part of the Eastern Mediterranean region and therefore an intense earthquake activity is observed in the region. This region is under the influence of the Aegean Extensional System and Rhodes Shear Zone controlled by the Southern Aegean Arc. The Köyceğiz region, which is the subject of the study, is a critical area in terms of the relationship and effect of two main tectonic regimes. There are young fault systems in different directions and different type in the region and the basins are controlled by these faults. In addition, a Mesozoic basement and Quaternary sedimentary cover rocks are located in this area, and their interrelationships can be clearly observed. This study has two main aims. The first of these is to map the faults controlling the Quaternary aged Köyceğiz basin in detail and to produce new data on the type, kinematics and evolution of these faults. The other is to reveal the earthquake history and earthquake generation range required for the seismic hazard assessment studies of the region. Considering the information obtained from the region, the kinematic analyses of the faults and their relative ages, the tectonic forces affecting the region and the regional elements that cause these forces were evaluated together. In this study, as a result of the paleostress analysis of the data collected from Köyceğiz and its surroundings, it is revealed that the dominant tectonic regime in the study area is tension and strike-slip. Measurements taken at eighteen locations in the study area show approximately NE-SW and NW-SE extension, NE-SW and NW-SE compression as a result of the paleostress configuration. The geometry of the Köyceğiz Basin and the orientation of the faults limiting the basin appear to be compatible with this extensional regime.

Keywords: Quaternary, kinematic, earthquake, tectonic

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF HIGHLY BIO-BASED HOT MELT ADHESIVES

Nilüfer CEVHER
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği
ncevher95@gmail.com

Çiğdem TAŞDELEN YÜCEDAĞ
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği
cigdem@gtu.edu.tr

Abstract
The concept of green chemistry and sustainable development policy is shifting the raw material base in industry and technology from petroleum to renewable resources. The rapid depletion of petroleum resources and awareness of global environmental issues have encouraged the production of materials based on renewable resources. In this context, bio-based renewable materials can form the basis for a variety of eco-efficient, sustainable products that can capture and compete in markets currently dominated by products based solely on petroleum-based raw materials. This is also the case for hot melt adhesives (HMAs) used in packaging, binding, box and carton sealing, disposable products, labels and tapes [V. Thakur, 2017]. HMAs are solvent-free thermoplastic materials that are solid at room temperature and form a low viscosity liquid at high temperatures. In this study, it was aimed to develop HMAs using a high percentage of bio-based ingredients and to obtain a product equivalent to the performances of the final products. This product is thought to contribute to the principle of sustainability due to its low volatile organic compound (VOC) content, solvent-free, no energy consumption for processes such as drying, etc., and being easily biodegradable. Formulation studies were carried out at laboratory scale by using a certain proportion of biobased materials instead of petroleum-based polymer, resin and wax, which are the main components of HMA. Box-Behnken experimental design combined with surface analysis method (RSM) was used to examine the effect of variable parameters and for their optimization. The combined effects of three independent variables (biobased-polymer, resin, wax) on the viscosity and softening point of HMA were investigated. Polymer was found to be the most influential parameter on viscosity. In the softening point value, wax was found to be the most effective parameter, followed by resin and then polymer-wax interaction. Due to the generally lower molar weight of bio-content materials, viscosity and softening point values were found to decrease as predicted. Furthermore, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Thermogravimetric Analysis (TGA), Differential Scanning Calorimetry (DSC) and tensile test characterization analyses of the developed biobased HMA were performed and compared with the standard.

Keywords: Sustainability, Green Chemistry, Biobased Hot Melt Adhesive, Box-Behnken Experimental Design, Surface Analysis Method (RSM)

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON TEACHING COMPUTATIONAL THINKING-FOCUSED CIRCULATORY SYSTEM TEACHING MODULES DEVELOPED FOR 6TH GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

Aydan AYTEKİN
Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
aydan0aytekin@gmail.com

Mustafa Sami TOPÇU
Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi
mstopcu@yildiz.edu.tr

Abstract
Integration of computational thinking components into science subjects provides better learning of science concepts and understanding of the relationships between these concepts. Therefore, in this study, computational thinking skills were integrated into the subject of circulatory system, which is one of the difficult science subjects to learn. In this context, computational thinking-oriented instructional modules were developed on circulatory system with and without the use of computers. The computerised teaching module was applied to experimental group 1 and the computer-free teaching module was applied to experimental group 2. In the control group, active learning activities in accordance with the inquiry-based constructivist philosophy in the Turkish science curriculum were applied. The application was carried out in 16 lesson hours (4 weeks) in all three groups and the Circulatory System Conceptual Learning and Computational Thinking Skills Scale (CSCL-CTSS) developed by the researcher was used to collect the data. As a result of the applications carried out with the participation of 6th grade students according to the quasi-experimental design, experiment 1 (n=30) and experiment 2 (n=30) groups were significantly more successful in circulatory system conceptual learning and computational thinking skills compared to the control group (n=30). Therefore, this experimental study both provides a concrete example for the integration of computational thinking into science teaching and guides teachers and researchers in the implementation of computational thinking practices in K-12 science classrooms. In addition, it serves as a guide for researchers in recognising new thought processes that can be used to teach challenging science concepts more easily.

Keywords: Computational Thinking, Circulatory System, Conceptual Learning, Teaching Modules.

USE OF ENTOMOPATOGENIC NEMATODES IN BIOLOGICAL CONTROL

Ayşe YEŞİLAYER
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, ZİRAAT, BİTKİ KORUMA
ayse.yesilayer@gop.edu.tr

Abdülkadir Yılmaz
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat, BİTKİ KORUMA
abdulkadiryl10.ss@gmail.com

İlker Kepenekci
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ilker.kepenekci@gop.edu.tr

Abstract
Many problems are encountered during the cultivation of agricultural crops in the world and Turkey. In production, one of the most known problems is undoubtedly plant protection problems. While producers are make different applications against the pest to increase the efficiency of the product, researchers are also make many study on these problems. Plant protection problems mainly include pests, diseases and weeds. In the control against to plant protection problems, the use of synthetic chemicals is very common because it gives quick and easy results. The damage of pesticides used for the ruin of pests to the environment, people, bees and waters continue for many years. At the same time, resistance developed by pests is to appear as a problem. In recent years, different methods have been tried to reduce the damage of pesticides to nature. One of them is Entomopathogenic Nematodes (EPNs). The use of EPNs in biological control against insects dates back to the 17th century. EPNs have the ability to easily infect insects that pass one of their natural and agroecosystem development stages in the soil. The EPN species we know mostly belong to the families Heterorhabditidae and Steinernematidae. EPNs can to eliminated a harmful insect or stop its development. It has no negative effects on the agroecosystem when used as a biological agent. In this study, it will be to give information about the use of EPNs in biological control.

Keywords: Biological Control, Enthompathogen Nematodes, Pesticides

AI APPLICATIONS USED IN DAILY LIFE

Çilem Koçak
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Myo, bilgisayar Programcılığı
cilemkocak@isparta.edu.tr

Tuncay Yiğit
Süleyman Demirel Üniversitesi, fakülte, bilgisayar mühendsiliği
tuncayyigit@sdu.edu.tr

Abstract
Artificial intelligence technology, abbreviated as AI (Artificial Intelligence) in English, is the name given to software systems that perform defined tasks by imitating human thinking. Artificial intelligence aims to speed up operations, reduce errors and increase efficiency. Artificial intelligence, which can be counted among the definitions of artificial intelligence, with its features such as learning, making smart predictions, solving complex problems, adapting to variable conditions, adapting to different human languages and experiences, shows itself in every field. We can see the point. Artificial intelligence applications can be used as personal assistants, and can be used as an assistant in summaries, bibliography and language translation in academic studies. It is possible to use auxiliary tools that can draw pictures with verbal commands and answer questions, along with applications that provide convenience in poster design, logo design, and teach coding. In this study, applications such as Alexe, siri, Google Assistant, Microsoft Cortana, innova, classmate, paperpal, scholarcy, chatpdf, casper, lateral.io, Blinkist, ceremeet, studio desing, iconifyAI, gamma, typeset.io, canva, chatcpt were used. explained in detail for their purposes.

Keywords: Artificial İntelligence, Application, Digital Solutions

TRAJECTORY CONTROL OF A TWO LINK ROBOT ARM WITH COMPUTED TORQUE METHOD

Tuğçe Yaren
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
tugce.yaren@kocaeli.edu.tr

Selçuk Kizir
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
selcuk.kizir@kocaeli.edu.tr

Abstract
In this study, the mathematical model of a two-link robotic arm was derived using the spatial operator algebra, and the obtained mathematical model was verified using the Lagrange-Euler and Simscape methods. Spatial operator algebra provides a mathematical foundation to reduce, analyze, and optimize the complexity of robot systems. The control of the robotic arm was achieved using the computed torque control method based on the mathematical model using spatial operator algebra. Simulation studies were carried out using Matlab Simulink, and the results obtained were evaluated. The potential benefits of using spatial operator algebra in the computed torque control scheme were emphasized in this study. The verified spatial operator algebra-based controller through simulation is aimed to serve as a basis for future real-time control studies.

Keywords: Trajectory Control, Spatial Operator Algebra, Computed Torque Control

Acknowledgements: The study was supported by the Kocaeli University Scientific Research Projects Coordination Unit through a research project (BAP project #2021-2483).

UTILIZING THE POTENTIAL OF GYROID STRUCTURES IN HEAT EXCHANGERS THROUGH METAL ADDITIVE MANUFACTURING

Ahmet DAYANÇ
Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ahmet.dayanc@dpu.edu.tr

Melih CANLIDİNÇ
Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
melih.canlidinc@dpu.edu.tr

Feridun KARAKOÇ
Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
feridun.karakoc@dpu.edu.tr

Abstract
As an alternative to traditional heat exchangers, the ability to physically produce unique and complex geometries with metal additive manufacturing technology is a revolutionary step that provides an innovative approach in enhancing and redesigning the performance of a "Shell and Tube" type heat exchanger. When a design is made that brings out the strong aspects of metal additive manufacturing and complies with DfAM rules, it becomes possible to design new parts that significantly surpass the performance of traditional products. The huge potential of this innovative manufacturing approach, which makes it possible to produce complex internal structures and heat transfer surfaces, can be revealed with advanced design tools of ntopology software and the technology it fundamentally uses, implicit modeling. In this study, a complex internal structure and heat transfer area consisting of periodically arranged unit surfaces known as TPMS, and of the Gyroid type, were designed in the internal structure of the heat exchanger designed. This gyroid heat transfer area essentially consists of two regions and carries out the heat transfer between the hot fluid and the cold fluid along the thin aluminum surface separating the fluids. TPMS structures are special geometries that provide the maximum surface area ratio within the minimum volume and do not require support structure suitable for additive manufacturing. In this sense, gyroid heat exchangers provide maximum heat transfer surface with minimum volume and weight, offering high potential especially for special applications in the space and aviation field. This study is a beautiful example of the power of advanced engineering solutions like ntopology software and the potential of metal additive manufacturing technology. After the manufacturing of this heat exchanger planned to be produced from aluminum alloy, threading will need to be done on the inlet-outlet ports. Throughout the design process, the requirements for final processes needed after metal additive manufacturing have been minimized.

Keywords: Additive Manufacturing, Gyroid, Heat Exchanger, nTopology

HISTORY AND CURRENT STATUS OF THE MEDICAL LEGE SECTOR

Zeynep ÇELİK
Kocaeli Üniversitesi, ziraat ve doğa bilimleri fakültesi, su ürünleri
celikzeynep1@gmail.com

Abstract
Leeches have been used in the treatment of diseases since ancient times. There are many leech species, including Hirudo medicinalis and Hirudo verbana, which are known to live in Turkey. Medicinal leeches, which are also known to be used for therapeutic purposes in the Ottoman Empire, are still widely used under the name of traditional and complementary medicine today. Türkiye is a country rich in medicinal leeches; In recent years, sustainable cultivation has started instead of collecting from nature. In this study, information is given about the history of medicinal leeches and their current situation in the world and in our country.

Keywords: Leech, Hirudotherapy, Export, Seafood

SYNTHESIS OF NEW PHENOTHIAZINE DERIVATIVE COMPOUNDS WITH POTENTIAL TO USE AS ACETYLCHOLINESTERASE INHIBITOR AND ILLUMINATION OF STRUCTURES

Bensu TAN
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
bensutann@gmail.com

Ali DİŞLİ
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
adisli@gazi.edu.tr

Abstract
Inhibition of acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BuChe) is one of the important inhibitors used in the treatment of Alzheimer's disease (AH) in reducing the accumulation of β-amyloid in the brain and increasing the amount of acetylcholine. The best method to be applied to increase the level of acetylcholine (ACh) is the suppression of AChE enzymes that wash acetylcholine. Today, there are five different forms of medication used for the treatment of Alzheimer's disease. But these drugs stop the symptoms of the disease instantly and slow the progression of the disease without completely improving the disease [1]. The fact that this disease, which is seen in developed countries with a rate of 70-76%, does not have radical treatment, has led the world of science to work harder on this issue [2]. In recent years, the mechanisms of action of phenothiazine and tetrazole rings against AH have been studied, and these rings have been reported to inhibit the AChE enzyme by preventing synaptic transfer in the brain. In this study, some new compounds containing phenothiazine and tetrazole ring, which are predicted to affect AChE and BuChe, were synthesized.The synthesis of the compounds was carried out in 4 stages. N-propyl phenothiazine compound was obtained in the first phase of the study [3]. In the next step, 10-(thiocyanatopropyl)-10H-phenothiazine compound was obtained [4]. The product obtained in the second stage has been converted to tetrazole compound [4]. In the last step, the synthesized tetrazole compounds are derived [5]. The structures of the synthesized compounds are illuminated by spectral methods (FT-IR, 1H NMR, 13C NMR and HR-MS). In the continuation of the study, inhibition potential effects of these synthesized compounds against AChE and BuChe will be examined.

Keywords: Alzheimer's Disease, Acetylcholine, Acetylcholinesterase, Butylcholinesterase, Phenothiazine, Tetrazole

STRUCTURE AND IN SILICO PROTEIN TARGET PREDICTION OF HISTAMINE DERIVATIVE SCHIFF BASE

Bekir Sabri ARIMAN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
bekirsariman53@gmail.com

Elif Şenkuytu
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
elif.senkuytu@atauni.edu.tr

Deryanur Kılıç
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
deryanurerdem@atauni.edu.tr

Derya Davarcı
Gebze Teknik Üniversitesi, Temel Bilimler Fakültesi, Kimya
d.davarci@gtu.edu.tr

Abstract
Schiff base derivative compounds containing carbon-nitrogen double bond (C=N) called imine bond, biological activity such as antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, antiproliferative and anticarcinogen are of increasing importance in terms of their usability in application areas [1,2]. On the other hand, biogenic amines are defined as small molecules that are produced as a result of various metabolic activities of plants, animals and microorganisms, contain aliphatic, aromatic, and especially heterocyclic structures and can also be found in foods [3]. In this study, histamine derivative schiff base, a natural biogenic amine, was synthesized. The structure has been characterized by 13C and 1H NMR, mass analysis (MALDI-MS) and single crystal X-ray diffraction method. In addition, their protein targets were predicted using Swiss Target Prediction and in vitro experimental studies were designed based on these predictions [4]. In further work, the effects of the compounds on small cell lung cancer cell lines at the molecular level will be investigated.

Acknowledgements: We would like to thank the project numbered TUBITAK-121Z068 for its financial support.
Keywords: Schiff Base, Histamine, Crystal, İn Silico

References
[1] Wang, Y.-Y.; Xu, F.-Z.; Zhu, Y.-Y.; Song, B.; Luo, D.; Yu, G.; Chen, S.; Xue, W.; Wu, J.; Bioorganic Med. Chem. Lett., 2018. 28, 2979.
[2] Fekri, R.; Salehi, M.; Asadi, A.; Kubicki, M.; Inorg. Chim. Acta, 2019, 484, 245.
[3] Ten Brink, B.; Damink, C.; Joosten, H.M.L.J.; Huis In't Veld, J.H.J.; Int. J. Food Microbiol., 1190, 11, 73.
[4] Aslam, M. A.S.; Mahmood, S.; Shahid, M.; Saeed, A.; Iqbal, J. Eur. J. Med. Chem. 2011, 46, 5473.

SYNTHESIS, MOLECULAR DOCKING, AND BIOLOGICAL ACTIVITY STUDIES OF TRIAZINE COMPOUNDS

Bekir Sabri ARIMAN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
bekirsariman53@gmail.com

Elif Şenkuytu
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
elif.senkuytu@atauni.edu.tr

Deryanur Kılıç
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
deryanurerdem@atauni.edu.tr

Derya Davarcı
Gebze Teknik Üniversitesi, Temel Bilimler Fakültesi, Kimya Bölümü
d.davarci@gtu.edu.tr

Seda Mecsi
Hitit Üniversitesi, Araştırma Merkezi, Biyoloji Bölümü
sedamesci@gmail.com

Burak Yazgan
Amasya Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Biyoloji Bölümü
burak_yazgan@yahoo.com

Tuba Yıldırım
Amasya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
yildirimt55@gmail.com

Abstract
Triazine derivatives can have a wide variety of properties depending on the groups that are substituted. Particularly, interest in these compounds, which are widely studied in biological application areas such as antiviral, antifungal, and antimicrobial, has increased every year [1]. Biogenic amines, which play an important role in the realization of physiological functions in humans and animals, are of great importance for living things. Since they play a role in almost all steps of DNA, RNA, and protein synthesis, they have great contributions in cell growth and proliferation. Schiff base derivatives, whose fields of study are quite wide, are increasingly important in terms of their usability in biological activity applications such as antimicrobial, antiviral, anticancer [2]. In this study, new triazine compounds with substituted biogenic amine schiff bases were synthesized. Their structures have been characterized by 13C and 1H NMR, mass analysis (MALDI-MS). In addition, their protein targets were predicted using Swiss Target Prediction and in vitro experimental studies were designed based on these predictions [3]. The effects of the compounds on small cell lung cancer cell lines were investigated at the molecular level.
Acknowledgements: We would like to thank the project numbered TUBITAK-121Z068 for its financial support.
References:
[1] Saleh, M.; Abbott, S.; Perron, V.; Lauzon, C.; Penney, C.; Zacharie, B.; Bioorganic Med. Chem. Lett. 2010. 20(3), 945.
[2] Stratton, J.E.; Hutkins, W.R.; Taylor, S.L.; J. Food Prot. 1991. 54(6), 460.
[3] Daina, A.; Michielin, O.; Zoete, V.; Nucleic Acids Res. 2019. 47, 357.

Keywords: Schiff Base, Triazine, Structure, Docking, Cancer Cell

COATING LOW MEDIUM AND HIGH CARBON STEEL SURFACES WITH NANO AND MACRO SIZE TIN ELEMENT AND COMPARISON OF THE RESULTS

Oğuz Ünlü
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Nanoteknoloji ve İleri malzemeler
oguz_unlu_42@hotmail.com

Ömer Faruk Yüksel
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik
fyuksel@selcuk.edu.tr

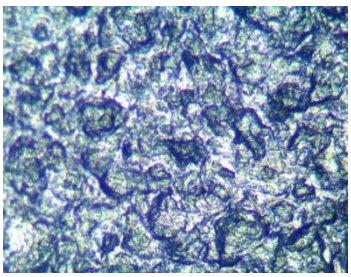
Mustafa Şahin
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
musahin@gmail.com

Abstract
Metal plating industry is an integral part of the system in many fields such as automotive, hardware, machinery manufacturing, electricity, electronics, souvenirs, defense industry, space industry and construction industry and is a complementary business line. It adds visuality as well as preventing corrosion of every product produced. Corrosion is an external factor that causes irreversible damage to the functions of the product as a result of the chemical or electrochemical interaction that a metal is exposed to. In order to prevent or minimize the damages of these external factors, metal plating process is used in almost every field of industry. Metals such as chromium, zinc, phosphate, titanium and tin are generally preferred for reasons such as being easily available, inexpensive, and having high corrosion resistance in the metal plating industry. Tin is one of the most widely used elements in the metal plating industry because it is harmless to health, has high corrosion resistance, is conductive and is economical. Tin is a conductive metal with a soft white appearance and high resistance to corrosion. In this study, low, medium and high carbon steel materials, both surface-treated and untreated, were coated with tin metal with 3 different surface coating methods: hot dipping, electrolysis and PVD. These materials were subjected to processes such as salt test, hardness test, coating thickness, distribution of the coating on the surface and friction test and the results were compared. When the results are evaluated, it is seen that the surface coating process using the immersion method is more resistant to corrosion, and the samples with the least corrosion resistance are the ones whose surfaces are coated using the PVD method.

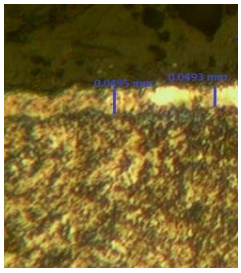
Keywords: Tin Plating, PVD, Hot Dip, Electrolysis

Şekil 1 Kaplama Öncesi

Şekil 2 Kaplanmış Çelik



Şekil 3 Kaplamanın Yüzey Dağılımı



Şekil 4 Kaplama

Kaynaklar
A, McL. Aitken, Electroless Nickel Plating Processes, Paper 4 — Symposium on Nickel Deposition in the Engineering Industries, London, (1963).
GABE, D. R., "Yüzeylerin kaplamaya hazırlanması", Surface Engineering Yüzey İşlemler Endüstriyel Yüzey Teknolojileri Dergisi, sayı :4, sayfa: 220- 226, 1997.
S. Tas Anlı (2019) Fiziksel Buhar Biriktirme (Pvd) Metodu ile Kalay Oksit (Sno2) Filmlerin Üretilmesi ve Mekanik Özelliklerin İncelenmesi.

EVALUATION OF ACRYLIC YARN WASTE IN WOOD-CEMENT COMPOSITES

Uğur ARAS
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu / Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri, Mobilya Dekorasyon
uguraras.86@gmail.com

Abstract
Today, producing new, durable, and low-cost building materials has become an important issue. Wood cement composites are an essential building material alternative with superior biological strength and resistance properties. In the study, new building material was developed using wood particles and waste acrylic yarns and the effect of acrylic yarn use on wood cement composites on physical and mechanical properties was investigated. For the study, five types of boards (five different waste yarn amounts were used as 0%, 5%, 10%, 20% and 30%) were produced with a 60 °C press temperature, 20 kg/cm2 press pressure and 2 hours pressing time. Poplar (Populus Tremula L.) particles obtained from sawmill waste were used as wood raw material. The boards were subjected to density, water absorption, thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond strength and screw withdrawal capacity tests. The result of each wood-cement composite was analyzed with an ANOVA test using SPSS 20.0 software. The treatments' significance ($p<0.05$) was compared with DUNCAN homogeneity groups. According to the results, it was determined that waste acrylic yarn affects the physical and mechanical properties of the boards. The suitability of the results obtained was evaluated according to the EN 634-2 standard. Generally, while there was a slight decrease in mechanical properties using 5% and 10% yarn, higher utilization rates adversely affected the mechanical properties. While the use of waste yarn up to 10% caused a decrease in the water absorption values, it did not cause a significant change in the thickness swelling values. The dimensional stability of the boards decreased with the use of a higher percentage of waste yarn. Except for the internal bond strength, the mechanical properties of the boards were found below the standard values in general. The density values of the boards were found to be close to the targeted values. The thickness swelling values were found to be higher than the standard values.

Keywords: Wood-Cement Composites, Acrylic Yarn, Building Materials, Physical And Mechanical Properties

PRODUCTION OPTIMIZATION OF DRUG-LOADED POLYCAPROLACTONE MICROPARTICLES AND INVESTIGATION OF THEIR DRUG RELEASE KINETICS

Fatih ÇİFTÇİ
Fatih Sultan Mehmet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal
faciftcii@gmail.com

Ali Can ÖZARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Biyomühendislik
alicanozarslan@gmail.com

Abstract
The biomedical industry has recently turned towards controlled drug release systems with the production technologies developed. These technologies enable the production of biocompatible and biodegradable micro- and nano-sized particles containing therapeutic agents released at specific times. The electric field spraying method may use for the production of micro-sized polymeric particles by saving time and cost compared to other conventional methods. Various biomolecules can be easily encapsulated into polymeric particles with this method. In this study, the encapsulation of resveratrol into polycaprolactone (PCL) microparticles was optimized using electric field spraying method. The main properties of the obtained optimized samples, such as chemical bond structure, surface morphology and particle sizes, were determined using FT-IR and SEM analyses. In addition, release kinetics studies of resveratrol loaded on PCL microparticles were carried out using UV spectrometry. The release kinetics data obtained showed that the release of resveratrol in PCL microparticles was sustained over a period of 24 hours. The results show that resveratrol-loaded PCL microparticles with a suitable particle size and surface morphological properties can be successfully obtained by electric field spraying. Overall, this method may be considered for resveratrol and/or various biomolecules encapsulation due to the successful loading of resveratrol in PCL microparticles.

Keywords: Electric field spraying, Encapsulation, Resveratrol, Polycaprolactone, Release kinetics

COUNTRIES' IN SERVICE TRAINING PRACTICES FOR TEACHERS

Azize Kocaboz KUZUGÜDEN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, eğitim fak /lisansüstü eğitim enstitüsü, eğitim yönetim teftiş planlama ve ekonomisi
darkshines_shine@hotmail.com

Yüksel Gündüz
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, eğitim fak/eğitim bilimleri, eğitim yönetimi
yukselgunduz0735@gmail.com

Abstract
AIM This study aimed to reveal the in-service training practices for teachers in countries such as Turkey, Korea, Japan, Finland, the United States and Germany, and to reveal the similarities and differences regarding the practices. METHOD In this study, document research method was used. Document analysis, known as documentary scanning, is also defined as the collection, systematic examination and evaluation of official or private records. RESULTS In Turkey, in-service training services for teachers are carried out by the "In-Service Training Department", which is the independent department head. In-service training of teachers in Turkey is regulated by various laws and regulations. In-service training programs are prepared according to the training needs of the personnel in accordance with the purpose of the institution. These trainings are usually organized in the form of information seminars and conferences. In the US, formal courses and seminars are frequently held, and local school districts also have in-service training centers In-service training in Germany is administered by the Education and Cultural Affairs Directorate of each state. State-provided in-service training events are organized in the states at the central, regional and local levels; can also be done in schools. In-service training in Japan is implemented in five different ways. These can be grouped as in-school education, self-directed informal education, education given in training centers, education given to principals and assistants in state education centers, and education given to teacher groups. In South Korea, primary and secondary school teachers, librarians, counselors and administrators must receive at least 30 days (180 hours in total) in-service training. In Finland, the National Center for Professional Development organizes in-service training programs for trainers covering key topics. CONCLUSION While in-service training practices between countries are compulsory and evaluation-oriented in some countries, in others they are organized more flexible and in cooperation with local governments. In order to increase diversity and quality in professional development and in-service training activities in Turkey, great importance should be given to taking the example of developed countries with successful education systems and accreditation studies. In-service training should be effective in their careers.

Keywords: Teacher, İn-Service Training, Training Program, Comparative Education

USE OF SINNAMALDEHYDE CONTAINING POLYLACTIC ACID BASED BIODEGRADABLE NANOFIBER PACKAGING IN CREAM

Elif TIRANCIOĞLU
Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitütüsü / mühendislik ve doğa bilimleri fakültesi, gıda mühendisliği
eliftirancioglu@gmail.com

Ayşen CAN
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitütüsü Mühendislik Fakültesi, gıda mühendisliği
aysen.can@akgida.com.tr

Abstract
In this study, biodegradable nanofibers with natural antimicrobial additives were produced by electro-blowing technique. Cinnamaldehyde was used as a natural antimicrobial bioactive ingredient. Nanofibers were produced by adding the used bioactive component to the PLA solution to be used in nanofiber production at the rates of 10%, 20%, 30% and 40% by weight over the amount of PLA. The produced nanofiber layers were adhered to the lids of the cream containers and the creams were analyzed in terms of yeast and mold count, pH and peroxide value at 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days. In addition, physical and sensory tests of standard products (without nanofiber) and products with nanofibers were performed on days 7, 14 and 21. In mold and yeast analysis, the amount of mold and yeast should be <10 during the shelf life. At the end of the standard product shelf life (after 21 days), the amount of mold-yeast increased to <10, while the number of yeasts and molds did not increase as the bioactive component concentration increased in the cinnamaldehyde added nanofibers, even after the shelf life was exceeded. While the pH of cream samples untreated with nanofiber layer decreased from 6.8 to 6.5 during storage, pH values of cream samples with bioactive component added nanofibers changed between 6.8 and 6.7. In the determination of the peroxide number, the peroxide value decreased from (5,12 meqO_2/kg to 4,90 meqO_2/kg) until the end of the shelf life in the samples without nanofibers, while the peroxide value decreased as the cinnamaldehyde concentration in the nanofibers increased compared to the control samples (5,12 meqO_2/kg to 0,87 meqO_2/kg) was observed. In the sensory evaluation tests, cinnamaldehyde was not tasted by the panelists in all other samples, except for the cream samples in which 40% cinnamaldehyde added nanofibers were applied, and the control group, which did not contain nanofibers, could not be clearly distinguished from the other samples. As a result, it was concluded that PLA nanofibers containing cinnamaldehyde can be produced successfully by electro-blowing technique and can be used to extend the shelf life of creams microbiologically and chemically.

Keywords: Electro-Blowing, PLA, Cinnamaldehyde, Nanofiber, Cream, Antimicrobial Activity

DEVELOPMENT OF A POLYMERIC OPTICAL MEMBRANE SENSOR FOR DETERMINATION OF GLYPHOSATE IN AQUEOUS MEDIUM

Sabiha Elif EKERİM
Gebze Teknik Üniversitesi, Fakülte, kimya
elifekerim@hotmail.com

Melike FIRLAK
Gebze Teknik Üniversitesi, Fakülte, kimya
mfirlakgtu@edu.tr

Neşe TAŞÇI
Gebze Teknik Üniversitesi, Fakülte, kimya
nesetascigtu@edu.tr

Abstract
It is necessary to use modern agricultural techniques and inputs in order to increase yield and quality of agricultural products. The use of pesticides in plant protection products is one of these inputs and is a complementary component of modern agriculture. Pesticides are one of the essential elements for modern agriculture today. Pesticides are substances or mixtures used to prevent harmful organisms, to control them and to reduce their damage. Most commonly used pesticides are insecticides, fungicides and herbicides. Glyphosate is one of the most commonly used herbicides in the World. It is minimally toxic to humans in natural use. However, serious systemic toxicity has been reported due to its intake from different routes and the presence of other substances in the product content. Liquid chromatography, gas chromatography, ion chromatography and spectroscopic methods have been used for determination of glyphosate in the literature. However, these methods involve very meticulous and time-consuming sample preparation process with highly experienced personnel. They require very expensive advanced devices to use in the laboratory. In this study, in order to cover the gap in the literature for determination of glyphosate, a polymeric fluorescence membrane sensor that can be prepared in a short time, is sensitive, selective, fast-responsing, reusable and allows on-site analysis has been developed. For this purpose, a polymeric fluorescent membrane sensor was prepared by photopolymerization technique by mixing fluorescent monomer, various acrylates, crosslinker and photoinitiator in different ratios. This prepared membrane sensor has been characterized by techniques such as FTIR, TGA, and SEM. Optimum conditions for glyphosate determination were determined with this characterized membrane sensor, The effects of foreign ions and other pesticides and the usability of the sensor for glyphosate determination in real samples were investigated to determine whether the membrane sensor is selective against glyphosate.

Keywords: Membrane, Polymer, Fluorescent, sensor, Glyphosate determination, Photopolymerization

SYNTHESIS AND STRUCTURE CLARIFICATION OF AZABODIPY BASED ORGANIC DYESTUFFS CONTAINING FERROCENE GROUPS

Deniz SAYIN
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, KİMYA
dnzsyn.09@gmail.com

Doğukan DOYDUK
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, KİMYA
dogukandoyduk@gazi.edu.tr

Yusuf ERDOĞDU
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, FİZİK
yerdogdu@gazi.edu.tr

Serkan YAVUZ
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, KİMYA
syavuz@gazi.edu.tr

Abstract
The increase in energy consumption in recent years has led to an increase in the use of fossil fuels such as coal, oil and natural gas. Possible problems that may arise in the near future in terms of access to energy can only be solved by using renewable energy sources instead of these non-renewable energy sources [1]. Solar energy is one of the most important renewable energy sources. Today, many new technologies have been developed for the use of solar energy. The most important among these are silicon-based solar cells. The disadvantages of these solar cells, such as high costs, purification difficulties, and the need for high technology in their production, made it difficult for them to become widespread enough. In 1991, Grätzel and O'Regan discovered dye-sensitized solar cells (DSSC), an alternative solar cell system [2,3]. DSSCs are less costly battery systems compared to other photovoltaic cell technologies. It has been reported that the highest efficiency of dyestuffs used in solar cells is around 14% [3]. Many factors affect the efficiency of DSSCs. The most important among these factors is the structural properties of the dyestuff [4]. In the working mechanism of DSSCs, the paint coated on the semiconductor absorbs photons from the sun. In dye molecules coated on TiO2, electrons pass from the fundamental energy level to the excited energy level. The excited electrons pass from the conduction band of TiO2 to the counter electrode. Electrons passing to the counter electrode reduce the electrolyte, making the dye molecule basic. Therefore, paint is one of the most basic parts of DSSCs [5]. In this study, a new azabodipy-based dye containing ferrocene groups that can be used in DSSCs was synthesized and its structure was elucidated by spectroscopic methods such as FT-IR, 1H-NMR, 13C-NMR, HRMS.

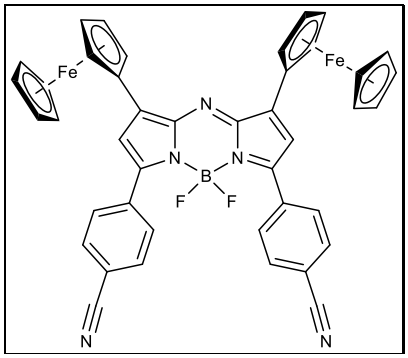


Figure 1: Molecular structure of the synthesized compound

Keywords: DSSC, Ferrocene, Aza-BODIPY, Tio2

THE EFFECTS OF PRETREATMENTS APPLIED TO CELLULOSE ON SOME PROPERTIES OF CELLULOSE REINFORCED CMC HYDROGELS

Asena Damla BÜYÜKÜSTÜN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
asena_damla_celik@hotmail.com

Emir ERİŞİR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Kağıt Teknolojisi Programı
emirerisir@subu.edu.tr

Esat GÜMÜŞKAYA
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
gkaya@ktu.edu.tr

KIRCI
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
kirci@ktu.edu.tr

Abstract
In this study, the effect of pretreatment of cellulose used as an additive in hydrogel structure on the swelling capacity of hydrogels obtained from a cellulose/carboxymethyl cellulose (CMC) blend was investigated. In the chemical pretreatment stage, oxidation with hydrogen peroxide catalysed by LiCl and NaOH was applied, while in the mechanical pretreatment stage, refining was carried out using a PFI mill or supermaccolloider (SMC). The effects of the successive applications of these processes were also discussed within the scope of the study. The amount of cellulose reinforcement in the hydrogels was applied as 10, 30, or 50%. After the pre-treatment processes were completed, the crosslinking stage (80°C and 24 hours) was started for hydrogel production with citric acid (5%). Using FTIR spectra, it was determined that the crosslinking was successful due to the presence of carboxylic acid functional groups. The swelling rates of the hydrogels were determined with dilute aqueous solutions prepared at pH values of 2, 7 and 10, as well as NaCl, KCl, MgCl2, and NH4Cl2 solutions. Structural, thermal, and surface analyses of the samples were studied using FTIR, DSC, and SEM techniques, respectively. It was not possible to determine the swelling rate of the reinforced hydrogels produced using only cellulose that was subjected to a single-stage oxidation pretreatment and refined with a PFI mill together with oxidation. These samples were observed to disperse in water. However, a significant increase in the water absorption capacity of micro- and nanoscale cellulose-reinforced hydrogels pretreated with SMC was observed up to about 20 times. SEM images obtained at magnifications ranging from 250x to 2.5 kx revealed the absence of pores on the open (evaporation) surfaces of the hydrogels.

Keywords: Cellulose, Hydrogels, Mechanical Pretreatment, Supermasscolloider (SMC), Swelling Capacity

INVESTIGATION OF BIOTINIDASE AND TCA ENZYME ACTIVITIES IN CARDIOVASCULAR DISEASES

Ufuk SARİKAYA
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya
usarikaya@bezmialem.edu.tr

Yasin Ali Cimen
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji
yasin.alicimen@gmail.com

Bahadir Taslidere
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp
btaslidere@bezmialem.edu.tr

Şahabettin Selek
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya
s.selek@bezmialem.edu.tr

Nusret Acikgöz
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji
nacikgoz@bezmialem.edu.tr

Ismail Meral
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji
imeral@bezmialem.edu.tr

Abstract
According to the World Health Organization, approximately 17 million individuals worldwide died in 2017 due to cardiovascular diseases. The heart is highly dependent on mitochondria and indirectly on the Krebs cycle (TCA) to meet the ATP energy required by cardiomyocytes. In cardiovascular diseases, deviations occur in TCA cycle enzyme activities. Biotinidase catalyzes the hydrolysis of biotin, allowing biotin to be reused by carboxylase enzymes. Studies have reported that biotinidase enzyme activity changes in the case of cardiac pathologies. Our aim in this study is to determine the biotinidase and TCA enzyme activity levels in the sera of individuals diagnosed with Acute Heart Attack (ACC) and Heart Failure (HF) and to investigate the effects of these enzymes on the formation mechanism of ACC and HF and their relationship with the control group. Our study included 50 ACC, 50 HF, and 50 healthy individuals. In sera, isocitrate dehydrogenase and malate dehydrogenase activities were measured by spectrophotometric autoanalyzer, and α-ketoglutarate dehydrogenase and biotinidase activities were measured by ELISA method. Statistical analyzes were performed with GraphPad Prism 8.0.1 analysis program. In our study, α-ketoglutarate dehydrogenase enzyme activity, which is one of the TCA enzymes, was found to be significantly lower in the ACC group compared to the control. Isocitrate dehydrogenase enzyme activity was found to be significantly lower in the ACC and HF groups compared to the control group. Malate dehydrogenase enzyme activity was found to be significantly higher in the ACC and HF groups compared to the control group. Biotinidase enzyme activity was found to be higher in the ACC and HF groups compared to the control group, although it was not significant. More studies are needed in this area, especially in order to elucidate the relationship of TCA enzymes with ACC and HF diseases, and perhaps to be accepted as a biomarker in the diagnosis of cardiovascular diseases in the future.

Keywords: Biotinidase, Heart Attack, Heart failure, TCA

INVESTIGATION OF SPRING DIE PROPERTIES IN FASTENER DESIGN BY COLD FORGING METHOD

Aslıhan KALYON
Bolt Bağlantı Elemanları San. ve Tic.A.Ş., Mühendislik Fakültesi/İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kimya
aslihan.kalyon@bolt.com.tr

Yener YILMAZ
Bolt Bağlantı Elemanları San. Ve Tic.A.Ş., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Bursa Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisi
yener.yilmaz@bolt.com.tr

Onur ŞEFİK
Bolt Bağlantı Elemanları San. ve Tic.A.Ş., Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Bursa Teknik Üniversitesi, Mekatronik Mühendisi
onur.sefik@bolt.com.tr

Abstract
The cold forming process is one of the plastic forming methods that provides the possibility of production at room temperature by taking advantage of the plastic deformability of the material. In order to generate the desired form structures, reciprocal mold groups in cold forging presses are used. This study investigates the effect of springs used in cold forging dies on plastic deformation by simulation on a sample. Finite element supported analysis studies were carried out for the springs with different properties used in the study, and as a result of the results obtained, it was determined that that it was not appropriate to use springs with the same properties in mutual mold groups. In order to obtain the desired form structure in the operation - mold design, it was obtained within the scope of the simulation studies that 1S springs (strength modulus: 80.3 N/mm) with light load strength should be used in the main mold group and 2S springs (strength modulus: 11 N/mm) with medium load strength should be used in the head mold group. When the stress values in the molds were examined by computer-aided simulation, it was seen that the stress value formed on the fixed main mold group using 1S spring was 1833 MPa, while the stress value formed on the moving head mold group using 2S spring was 1689 Mpa. The G50 WC-Co (Tungsten Carbide Cobalt) mold material used in the design studies was determined that the stress values formed on it as a result of simulation studies did not exceed the compressive strength specified in the material certificate (G50 max. compressive stress: 3.900 MPa). Molds were prepared and sample production was carried out by using these molds in prototype production studies. When the 2D design - 3D design - Simulation - Real product supported by the finite element method were compared, it was determined that the outputs overlapped with each other by 98% in terms of dimensions.

Keywords: Cold Forming, FEM, Plastic Forming

INVESTIGATION OF EPOXY EFFICIENCY IN WELDLESS AISI 304L JOINING IN PANEL RADIATORS

Hafizittin Hakan YUDAR
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
h.yudar@hammamradiator.com.tr

Mesut ÇOBAN
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
m.coban@hammamradiator.com.tr

Oğuzhan CELLAT
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
caydingor@hammamradiator.com.tr

Abstract
Stainless steels are preferred in various fields, especially due to their corrosion stability. Intensively, stainless steel is used in the household, automotive, aerospace and food industries. In these sectors, the products are manufactured in different sizes and designs. In this case, welding is an important application for stainless steel, as products are subject to welded joints during use. However, the development of technology and meeting the changing needs have had a great impact on manufacturing methods. In addition, new methods are being tried for assembling semi-products instead of welding to reduce production costs. In this paper, the ability of radiator semi-finished goods made of AISI 304L stainless steel to be bonded with epoxy adhesives instead of welding was investigated. Thus, it is aimed to provide savings in the consumption and production of AISI 304L stainless steel, which is costly. The usage status of AISI 304L semi-finished stainless steels was tried to be determined by examining the post-process adhesion and cohesion conditions.

Keywords: Stainless steel, 304L, Epoxy, Glue, Weldless Design, Radiatör Panel

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE FAN AT DIFFERENT SPEEDS ON THE THERMAL PERFORMANCE OF THE ALUMINUM PANEL RADIATOR BY CFD METHOD

Hafizittin Hakan YUDAR
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
h.yudar@hammamradiator.com.tr

Mehmet UÇAR
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
m.ucar@hammamradiator.com.tr

Mesut ÇOBAN
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
m.coban@hammamradiator.com.tr

Oğuzhan CELLAT
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
caydingor@hammamradiator.com.tr

Abstract
Nowadays, in many sectors, fluid flow systems take place in a wide variety of areas, ranging and various approaches are put forward to make these systems work at the desired efficiency. By the reason of developing technology and increasing demands, these approaches are carried out with simulation applications in the computer environment. The computational Fluid Dynamics (CFD) technique, one of the computer-aided simulation programs, has become the focus of many successful studies. With this method, variables such as heat transfer, pressure loss and energy distribution which are difficult to calculate, can be simulated. This paper is about controlling the airflow with a fan to provide high thermal efficiency in aluminum panels. The interaction of the aluminum radiator and the fans at different speeds was investigated by simulating computer-aided computational fluid dynamics (CFD) analysis.

Keywords: Fluid Dynamics, Modelling, Analysis, Panel Radiator, Aluminum

SIMULTANEOUS INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND PRESSURE MEASUREMENT IN THE RADIATORS ON TIGHTNESS

Hafizittin Hakan YUDAR
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
h.yudar@hammamradiator.com.tr

Mesut ÇOBAN
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
m.coban@hammamradiator.com.tr

Oğuzhan CELLAT
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
caydingor@hammamradiator.com.tr

Şahin YAVUZ
Radim Radyatör Ltd. Şti., ArGe, Arge Merkezi
s.yavuz@hammamradiator.com.tr

Abstract
Nowadays, radiators are one of the most common and effective devices used for heating purposes in buildings. Radiators are in serious demand due to their simplicity of use and their ability to heat space evenly and comfortably. Radiators, in the system under pressure can spread the heat to the outside by the continuous circulation of fluids such as water. The tightness of the product is important for efficient and functional dissipation of heat. The Leakage takes place at connection points and fasteners due to reasons such as manufacturing, assembly and difference in the workmanship of the product. In addition, leakage problems are experienced in radiators due to the effect of heating and cooling depending on time. As a result of the research, it has been understood that the sealing effect for radiators can be examined separately under the influence of pressure and temperature. This situation causes the comparison of pressure, temperature, flow rate and cavitation values in terms of sealing problems in the radiator not being performed efficiently. In this paper, the experiment was carried out on the products with the pressure, temperature and time-dependent leakage test system specially developed for radiators. The changes in temperature and pressure parameters, whether there is leakage in the product and to determine the lifetime, were measured simultaneously. With the applied measurement, the effect of temperature and pressure values on the product was examined.

Keywords: Computer-Controlled, Fully-Controlled Report, Real-Time Graphic Monitoring, Pressure-Temperature Effect, Simultaneous Measurement

EFFECT OF EAST FRIESIAN CROSSBREEDING PROPORTION ON REPRODUCTION CHARACTERISTICS IN TAHIROVA SHEEP

Cemal KARAKOÇ, Cemil TÖLÜ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı
karakoccemal94@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7965-7576

Abstract
The animal breeding studies with pure animal breeding method are lacking in animal agriculture of Turkey,different types of crossing studies have been used to obtain genotypes with high yield level and health characteristics.In sheep breeding of Turkey,different sheep genotypes created by crossbreeding from EastFriesian sheep breed with high milk and reproductive efficiency were used.In this study,the relations between reproductive traits and crossbreeding proportion in sheep produced by mating Tahirova(75%EastFriesian,25%Kıvırcık)and EastFriesian(100%)breeds and having different EastFriesian crossbreeding proportion were investigated.For this purpose,the reproductive characteristics of sheep with EastFriesian crossbreeding proportion d varying between 75% and 100% were evaluated over 860 data sets of 8 years.In the study, the rate of oestrus was determined as 97.2±0.16%,the time between first oestrus with ram introduction was 28.8±0.85 days,the period between pregnancy with ram introduction was 35.1±1.12 days,and the gestation length was 144.7±0.22 days.While the rate of returning was determined as 32.8±0.46%,the rate of returning once was 72.9±0.44%,the rate of returning 2 times was 21.9±0.41% and the rate of returning 3 times was 5.1±0.22% in the returning sheep.While the mean lamb yield was 1.64±0.56 per ewe that gave birth,the rate of ewes that gave birth to 1 lamb was 41.6±0.49%, the rate of ewes that gave birth to 2 lambs was 52.7±0.49% and the rate of ewes that gave birth to 3 lambs was 5.7±0.23%.It has been determined that,the age of the sheep has a significant effect on the time between first oestrus with ram introduction,the period between pregnancy with ram introduction,gestation length,the returning rate,the frequency of returning once,and the lamb yield($P \leq 0.05$).It was found that,the rate of giving 1 lamb from the reproductive characteristics changed significantly according to the East Friesian sheep crossbreeding proportion($P=0.0477$).The rate of giving birth to a lamb decreased by 3% for 1 unit increase in crossbreeding proportion.Therefore,the probability of giving birth to a single lamb decreases significantly as the East Friesian sheep crossbreeding proportion increases in Tahirova genotype.In conclusion,it has been determined that increasing the EastFriesian crossbreeding proportion in Tahirova genotype has a positive contribution to the increase of lamb yield,which is known to have a higher environmental effect than genetic effect.

Keywords: Tahirova, Oestrus, Gestation, Return, Lamb Yield

PREPARATION OF MICROCAPSULES OF VITAMIN E ACETATE WITH POLYLACTIC ACID AND INVESTIGATION OF CONTROLLED RELEASE PROPERTIES

Serhat UZAN
Batman Üniversitesi, Gıda Analizleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (BUGAM),, Kimya
serhat.uzan@batman.edu.tr

Abstract
Vitamin E (α-tocopherol) is widely used in many medical and cosmetic applications as a potent antioxidant and plays an important role in the prevention and treatment of Alzheimer's disease and other neurological diseases. Due to its rapid degradation (sensitivity to light, heat and oxygen), Vitamin E must be preserved before use. The main objectives of microencapsulation technology are stabilization of particles, protection and/or isolation of the active core material from the environment, which makes materials easier to handle for application. Therefore, the advantages of microencapsulation are defined as controlled release of encapsulated bioactive materials, protection of encapsulated materials from oxidation and stabilization against environmental stress. The shell barrier contains natural or synthetic polymers as a continuous protective film to trap liquid or solid core material. In this study, poly(l-lactic acid) (PLLA) as a polymer shell was used for microencapsulation of the acetate form of vitamin E, especially for cosmetic application. Encapsulation of vitamin E was performed with PLLA shell in O/W emulsion using solvent evaporation technique. The effect of wall thickness in microcapsules prepared with PLLA on vitamin E release was investigated. Polylactic acid and oil-core microcapsules of vitamin E acetate were successfully obtained by solvent evaporation method. It was observed that the release time increased as the wall thickness of the microcapsules was increased with PPLA. Thus, it was concluded that vitamin E release could be controlled by microcapsule wall thickness. The initial release of vitamin E from microcapsules occurred in accordance with the Korsmeyer-Peppas model, and the release mechanism was based on superstate-II transport. The results obtained prove that poly(1-lactic acid) can be used as a wall material for the microencapsulation of acetate form of vitamin E.

Keywords: Vitamin E acetate, Poly(1-lactic acid), Micromanipulation, Release, Solvent evaporation.

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF ACTIVE PHENOLIC COMPOUNDS IN 4 TAXA BELONGING TO THE ROSALES ORDER AND META-ANALYSIS OF THEIR ANTICANCER EFFECTS

İbrahim Hakkı ARSLAN
Harran Üniversitesi, Hilvan Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik
iharslan01@gmail.com

Ömer Faruk KAYA
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji
phytosociologist@gmail.com

Hatice Tosyagülü Çelik
Iğdır Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü
hhaticecelik@gmail.com

Abstract
This study's materials are Urtica dioica subsp. dioica and its phylogenetic relatives as U. pilulifera, Rosa canina and Rubus sanctus taxa, used commonly for anticancer purposes in the Southeastern Anatolian Region (Türkiye). Ethanol, methanol and purified water extracts of dried flowers, fruits and leaves of them were analyzed by LC-MS/MS to determine phenolic compound compositions, active compounds and statistically their anticancer potential on different cancer types. The statistical effect size value ($\eta 2$) of each active phenolic compound in the chemical composition of plants was determined by the SPSS 27 package program. At clinical significance level, for experimental studies, the effect size of plant parts and their anticancer potential were determined. Analysis studies on anticancer effects of detected active compounds in literature were statistically made. 8 phenolic compounds were determined, and all of them were found to be active anticancer compounds. In terms of active compounds, these taxa showed statistically significant differences ($p<0.05$) from each other. It was revealed as a result of the meta-analysis, these eight phenolic compounds of plants have anticancer characterstics for 11 cancer types. It has been concluded that said taxa, notably Rosa canina L. and Urtica pilulifera L., that present anticancer potential for the clinical trials, may be subjected to further clinical trials in the field of cancer.

Keywords: Anticancer, Chemotherapeutic Agent, Phenolic Compound, Phytochemistry, Ethnobotany

CLASSIFICATION OF TOMATO VARIETIES USING MACHINE LERANING

Rabia KAYMAK
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği
rabiakaymak22@gmail.com

Sebilenur TANAYDIN
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği
sebilenurTn@gmail.com

Beytullah BOZALİ
Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksek Okulu, ELEKTRİK VE ENERJİ
beytullahbozali@duzce.edu.tr

Abstract
Tomatoes, being at the forefront of agricultural products in terms of production/consumption quantity and having various uses in the food industry such as sauce, canned goods, ketchup, and frozen food, are among the most important vegetables. According to the TUIK data, as of 2021, Turkey produced approximately 32 million tons of vegetables, with tomatoes accounting for the highest production rate at 41.2%. The high production quantity in Turkey also indicates a high export rate. Given the importance of tomatoes in Turkey and their production volume, the use of machine learning methods to classify tomatoes according to their types has become a significant research area. Each tomato variety differs in terms of carbohydrates, acids, pigments, various vitamins, and mineral values, which determine their specific uses. Based on these differences, the aim is to classify tomatoes in a computer environment based on their shape, size, color, and ripeness degree. The general practice of sorting tomatoes based solely on size or ripeness degree on conveyor belt systems can be considered as the starting point of this study. While manually performing these processes can be time-consuming and costly, sorting based on a single feature alone is considered insufficient. Machine learning methods are used to automate this process and provide faster and more efficient classification. In accordance with the results obtained, it is expected that the use of machine learning algorithms will enable more accurate classification of tomatoes according to their types, thereby contributing to the improvement of product quality. The classification process will involve the use of algorithms such as K-Nearest Neighbors (KNN), Naive Bayes (NB), Decision Tree (DT), and Feedforward Neural Networks (CFNN). Based on the outcomes of this study, successful classification of tomato vegetables is anticipated using machine learning algorithms.

Keywords: Tomato, Machine Learning, Classification

REDUCTION OF SILVER NANOPARTICLE DOPED ZEOLITE CATALYST WITH AROMATIC NITRO COMPOUNDS

Esra AYAZ ÇİFCİ
Gazi Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
ayazz.esra1@gmail.com, ORCID: 0009-0006-5911-8048

Serkan YAVUZ
Gazi Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
syavuz@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0834-8816

Abstract
Aromatic nitro compounds convert into aromatic amines when they are reduced by metal catalysts in the presence of $NaBH_4$. In recent years, studies related to the discovery of high-efficiency metal catalysts have shown rapid development. The catalysts used in these reactions are required to shorten the reaction time, be reusable and environmentally friendly. In the study, a new silver nanoparticle-doped zeolite catalyst was prepared. The obtained catalyst, the reduction of aromatic nitro groups to aromatic amine groups in the presence of $NaBH_4$ with methanol solvent was studied in 14 different aromatic nitro compounds. It has been seen that these studied reactions are carried out in a very short time. The transformation of the products formed by monitoring with ultraviolet/visible light absorption spectrophotometer (UV-vis) was confirmed by infrared spectroscopy (FT-IR).

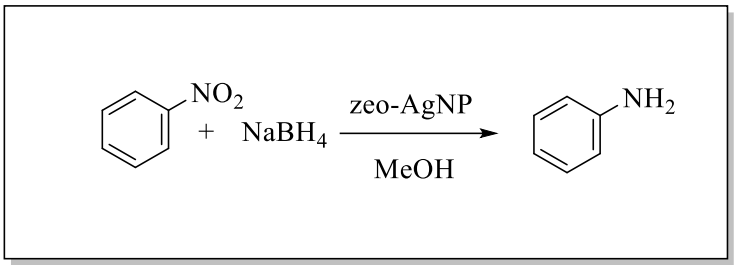


Figure 1. The reaction of reduction of aromatic nitro groups to aromatic amines in the presence of $NaBH_4$ with silver-doped zeolite catalyst

Keywords: Nanoparticle, nano-silver, nitro reduction, sodium borohydride, zeolite

Kaynakça:
Alpaydin, S. (2019). *Nano nikel metali ile aromatik nitro bileşiklerin indirgenmesi* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
Genc, H. (2015). Efficient reductions of various nitroarenes with scrap automobile catalyst and NaBH4. *Catalysis Communications*, *67*, 64-67.
Li, Z., Xu, X., Jiang, X., Li, Y., Yu, Z., & Zhang, X. (2015). Facile reduction of aromatic nitro compounds to aromatic amines catalysed by support-free nanoporous silver. *RSC Advances*, *5*(38), 30062-30066.
Goksu, H., Ho, S. F., Metin, O., Korkmaz, K., Mendoza Garcia, A., Gultekin, M. S., & Sun, S. (2014). Tandem dehydrogenation of ammonia borane and hydrogenation of nitro/nitrile compounds catalyzed by graphene-supported NiPd alloy nanoparticles. *ACS Catalysis*, *4*(6), 1777-1782.

PREPARATION OF GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE BY HUMMERS METHOD AND THEN REDUCTION OF GRAPHENE OXIDE TO GRAPHENE

Aysun Sayar
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri, Fizik
ayssyr34@gmail.com

Nalan Çiçek Bezir
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri, Fizik
nalancicek@sdu.edu.tr

Atilla Evcin
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği
evcin@aku.edu.tr

Abstract
Graphene is the superfine form of graphite, which is one of the carbon allotropes. The 2-dimensional, honeycomb structure of carbon atoms arranged with 0.142 nm bond spacing, formed by sp2 hybridisation, has attracted the attention of the scientific world with its incredible electrical, thermal and mechanical properties in many fields. Graphene oxide is a 2-dimensional nanostructure based on oxidised carbon atoms. After graphene oxide is obtained, it can be reduced to graphene by various methods. In this study, we aimed to synthesise graphene oxide from graphite by Hummers method and then reduce graphene oxide to graphene with hydrazine. Hummers method is a cost advantageous and more practical method compared to other methods. After all, SEM and XRD analyses of the graphene oxide obtained by Hummers method were performed and results suitable for the range of graphene oxide were obtained. In EDX/SEM analysis, carbon (C) ratio was found to be 61.38% and oxygen (O) ratio was found to be 36.53%. In XRD analysis, a peak of graphene oxide in the range of 2Θ was observed in accordance with the literature. SEM and XRD results and electrical properties of graphene oxide after reduction of graphene oxide to graphene with hydrazine are also investigated.

Keywords: Graphene, Graphene Oxide, Hummers Method

ON STEFAN PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS

Gülcan ÖZKUM
Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik
gulcan@kocaeli.edu.tr

Abstract
Stefan problems are stated by a parabolic partial differential equation with boundary conditions on a moving boundary. To solve the problem, the moving boundary must be determined as part of the solution. Many methods have been developed for its determination and subsequent solution. Numerical solutions have been obtained mostly using the theories of finite differences and finite elements. One method obtains a Taylor series expansion for the solution, whose coefficients are calculated using iterative formulae derived from the differential equation itself. Since it is very simple to implement and the solutions are obtained very close to the realistic ones, it is a very preferred method recently and has been applied to many physical and biological modelling such as fluid and diffusion problems.

Keywords: Stefan Problems, Diffusion, Front-Tracking Method, Taylor Coefficients

INDUCTION SINTERING AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE BASED MgO ADDED HYBRID COMPOSITES MADE WITH THE GREEN PROCESS

Esra Nur USTA
Kocaeli Üniversitesi, TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ, BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ
sarikayaes44@gmail.com

Nermin DEMİRKOL
Kocaeli Üniversitesi, GÜZEL SANATLAR FAKÜLTESİ, SERAMİK BÖLÜMÜ
nermin.demirkol@kocaeli.edu.tr

Mevlüt GÜRBÜZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
mevlutgurbuz@gmail.com

Bilgehan Cem TURAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
bilgehancemturan@gmail.com

Abstract
It is very important that the material used for the repair and restructuring of damaged tissues in the human body is compatible with the body and does not cause toxic effects.Studies on this subject have proven that 70% of the bone structure of humans contains hydroxyapatite.In recent years,although the biocompatibility of hydroxyapatite is high, studies have increased to increase the strength and toughness value in order to eliminate the problems caused by its fragility.Hydroxyapatite can basically be produced from natural or chemical raw materials.In this study, sheep hydroxyapatite (SHA), whose raw material is sheep femur bone, was produced by high frequency induction sintering method because it is economical and easy to produce. In the study; Preliminary preparations for mixing, shaping and sintering in the mill by adding 1%, 5%, 10% MgO into the hydroxyapatite powder obtained after the processes of separating the marrow of the sheep femur by thermal method, burning, carbon removal and grinding in the mill completed. The final powders prepared were sintered in an induction furnace at 1200 C for 2 times in a row. As a result of physical and mechanical measurements, the mesh of the sample with the highest density and compressive strength. It was determined that it was 1% MgO doped. For hybrid composite production, samples were obtained by reinforcing 1% MgO fixed composite with 0.1%, 0.5%, 1% graphene. The prepared samples were subjected to tests and analyzes for bone-tissue similarity after grinding, shaping and sintering processes.(SEM) grain morphology, (XRD) phases, the possibility of exploiting mechanical properties and compression were evaluated for bioactivity by in vitro bioactivity test. The values of composite and hybrid composites with the best physical and mechanical properties are network. 1% MgO doped (KHM1) density 2.77 g/cm3, compressive strength 28.32 MPa, hardness 1085 HV, for hybrid composite. The density value of hydroxyapatite, which is 0.1 (KHM1GRF0.1) graphene added to the 1% MgO mixture, has a density value of 2.63 g/cm 3 , a hardness of 757 HV, and a compression test value of 26.2 MPa. According to the results, it was observed that the composites were bioactive.

Keywords: Sheep Hydroxyapatite, Porous, HFIHS, Mechanical Properties, Bioactivity

ON A MATHEMATICAL MODEL OF INFECTIOUS DISEASES

Gülcan ÖZKUM
Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik
gulcan@kocaeli.edu.tr

Abstract
The Susceptible-Infected-Recovered/Removed (SIR) epidemic disease model was originally proposed mathematically as an integral equation. However, its approximate form developed as ordinary differential equations is widely used in the literature instead of this model. Practically in most diesase cases, the observed data consists of a curve of recovered or removed individuals (usually deaths from the disease) and the ODE model is reconstructed from these data. The study of the 2009 A(H1N1) epidemic in Istanbul was based on both mortality and hospitalization data, and it was observed that the data were consistent with the ODE form of the SIR model only after a time shift. After, the numerical solutions of some proposed models with multiple infectious stages to account for this delay evidence that the delay is approximately half of the infectious period of the epidemic disease. Since these results show that the original integral equation model is obtained in the limiting case, then the integral equation model is treated for the epidemic models.

Keywords: Epidemic Models, SIR Model, Integral Equation

COMPARATIVE ANALYSIS OF TORQUE LOSS IN DENTAL IMPLANT ABUTMENT SCREWS MANUFACTURED USING MACHINING, DIE, AND THREAD ROLLING METHODS

Abdulrahman AL-sanea
Kocaeli Üniversitesi, Technology Faculty, Biomedical Engineering
alsane10@gmail.com

Talip Çelik
Kocaeli Üniversitesi, Technology Faculty, Biomedical Engineering
talip.celik@kocaeli.edu.tr

Serkan Aktaş
Kocaeli Üniversitesi, Technology Faculty, Biomedical Engineering
serkan.aktas@kocaeli.edu.tr

Yasin Kişioğlu
Kocaeli Üniversitesi, Technology Faculty, Biomedical Engineering
ykisioglu@kocaeli.edu.tr

Abstract
Dental implant abutment screws play a crucial role in ensuring the stability and functionality of dental prosthetics. The manufacturing method utilized for these screws can significantly influence their performance, particularly in terms of torque loss during tightening and loosening cycles. Excessive torque loss can lead to implant instability and potential failure of the dental prosthetic. This study aimed to evaluate the torque loss of 15 dental implant abutment screws manufactured using three different methods: machining (5 screws), die (5 screws), and thread rolling (5 screws). Torque losses were assessed using a digital torquemeter, with each screw initially tightened to approximately 100 Ncm before being loosened. The findings revealed that the average change in torque losses for screws manufactured via machining, thread rolling, and die methods was 19.33%, 21.258%, and 26.088%, respectively. Thus, it can be concluded that screws produced using the die method exhibited the highest average torque loss.

Keywords: Torquemeter, Dental implants, Machining, Torque loss, Abutment screw

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF UV AND THERMAL CURABLE POLYBENZOXAZINE / SILICA NANOCOMPOSITES

Büşra AKKAYA
Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
bsrydn0305@gmail.com

Ferhat ŞEN
Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
ferhatsen@beun.edu.tr

Abstract
In this study, it is aimed to synthesize polybenzoxazine/silica nanocomposite films that can be cured by UV and thermal methods. For this purpose, firstly, allyl functional benzoxazine monomers (DBA-aa and DBA-pa) and thiol functional silica nanoparticles were synthesized in order to perform UV polymerization. The chemical structures of DBA-aa and DBA-pa monomers were characterized by fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy techniques. Using the obtained benzoxazine monomers and thiol functional silica nanoparticles, polybenzoxazine/silica nanocomposite films in various formulations were prepared by UV and thermal curing. The chemical structures of the prepared nanocomposite films were investigated by FT-IR analysis. Its thermal properties were analyzed by thermal gravimetric analysis (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC). Its mechanical and viscoelastic properties were investigated by dynamic mechanical analysis (DMA). Surface morphologies were examined by scanning electron microscopy (SEM) and energy distribution spectroscopy (EDS). In addition, gel contents and water absorption capacities were examined. The performances of nanocomposites obtained by using bi- and quadruple-functional benzoxazine monomers in formulations were compared. In addition, the performance changes in the materials were monitored by using different ratios of thiol compound and thiol-functional silica nanoparticles in the formulations. By evaluating all the results obtained, the most ideal material formulation that can be used in the industry was determined. When all the results obtained are evaluated; It was concluded that the synthesized nanocomposite films had superior properties, these properties were improved with the addition of thiol functional silica nanoparticles, and the prepared nanocomposite materials could be used in industry. This study was supported by the Scientific Research Projects Unit of Zonguldak Bülent Ecevit University with the project numbered 2021-66375140-01 and was produced from the master's thesis titled 'Synthesis and Characterization of UV and Thermal Curable Polybenzoxazine / Silica Nanocomposites'.

Keywords: Benzoxazine, Silica, Nanocomposites, Thiol-Ene, Photopolymerization

QUANTUM MECHANICAL INVESTIGATION OF KETO-ENOL ISOMERISATION OF SERINE

Sümeyye ATMACA
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
sumeyye.atmaca@gmail.com

Adam Liwo
University of Gdansk, Faculty of Chemistry, Theoretical Chemistry
adam.liwo@ug.edu.pl

Abstract
According to the World Health Organisation cataract is one of the most common cause of visual impairment and blindness which makes it a great interest for the scientist to do research on the possible cause of the disease. Although there are many factors that can cause this vision impairment, the D,L-isomerisation of amino-acids such as aspartic acid and serine in long-living eye-lens proteins, the α,- β, and γ-crystallins, is closely investigated, since it is one of the causes of cataract due to major changes of these proteins' structures that it triggers. The isomerisation causes protein aggregation in human lenses and finally the loss of transparency, which results in cataract. The isomerisation reaction progresses with time and, thus, relates the cataract to aging. In this study, the keto-enol tautomerisation of N-acetyl-N'-methylamidoserine (Ac-Ser-NHMe) is investigated by using quantum chemical methods to understand the mechanism of the reaction of racemisation of Ser in lifelong proteins. This keto-enol isomerisation occurs as an intermediate during the racemisation through which Ser undergoes D,L-isomerisation. For this study, the geometries of the substrate and the product were optimizes first. Subsequently, the transition states and intermediate products of isomerisation were sought to determine the reaction pathway. The PM7 semiempirical method of molecular quantum mechanics was employed to optimise the geometries of energy minima and the transition states. Activation energy and the energy barriers between the molecules were calculated and the energy profile was determined for each stage of the reaction. Single-point energy evaluation was also carried out for each species on the reaction pathway by using the density-functional theory (DFT) method with the B3LYP functional and the 6-31+G** basis set, the Hatree-Fock method with 6-31+G** basis set and, subsequently, the Møller-Plesset Perturbation Theory. The resulting energies are compared to the ones that are obtained from PM7 calculations to confirm the method.

Keywords: Serine, Lifelong Proteins, Cataract, Quantum Mechanical Methods, Semiempirical Method, PM7, DFT, B3LYP, 6-31+G**, Basis Set, Hatree-Fock, Møller-Plesset Perturbation Theory

USE OF POROUS SILICON BASED SCHOTTKY DIODES AS GLUCOSE SENSORS

Aslı ARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Bölümü
asli.arslan.3240@gmail.com

Abdulhalim ŞENYİĞİT
İstanbul Atlas Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü
abdulhalim.senyigit@atlas.edu.tr

Ahmet ALTINDAL
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü
altindal@itu.edu.tr

Süreyya AYDIN YÜKSEL
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü
suaydin@ytu.edu.tr

Abstract
Metal/porous silicon/cSi diode structures, prepared by metal coating on the porous silicon surface formed on the single crystal silicon (cSi) surface by electrochemical etching (anodization) process, were investigated for the detection of hypoglycemia and hyperglycemia as a battery without any external source. The battery current voltage characteristics were obtained by immersing them in aqueous solutions with different D-glucose concentrations. The surface morphology of the porous silicon layers was determined by scanning electron microscopy (SEM) and structural analysis by X-ray diffraction (XRD) method. The study, which is defined as the changes in the open circuit voltage and short circuit currents depending on the porous structure when the batteries are immersed in D-glucose solutions with different concentrations, was defined for the first time in the literature as a glucose sensor with a silicon schottky diode structure.

Keywords: Porous Silicon, Glucose, Schottky Diode

POLYMERIZATION OF 4,4'-DIAMINODIPHENYLMETHANE AND INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES

Elif Karacan YELDİR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
elifkaracan@comu.edu.tr

Abstract
It is a dianiline derivative produced on an industrial scale due to its use as a 4,4'-diaminodiphenylmethane (DAPM) compound and a precursor for polyurethane synthesis. It is frequently used in sensor research due to its potential to form ligands with metals thanks to the amine groups in its structure, and dye absorption applications [1,2]. In addition, there are polymers synthesized from DAPM by various methods and their adsorption applications [3,4]. Within the scope of this study, DAPM was polymerized with H2O2, which is a strong oxidant in acidic environment. Structural characterization of the obtained polymeric product (PDAPM) with the help of FT-IR spectrum and electrochemical properties were investigated by cyclic voltammetry method. The optical properties of PDAPM were determined by UV-Vis and fluorescence spectroscopy. It was determined that DAPM had maximum absorption at 302 nm, and PDAPM obtained as a result of polymerization gave a broad band UV spectrum. Accordingly, the optical band gap (Eg) value calculated from the data obtained from the UV-Vis spectra was found to be much lower for the polymeric material. In the light of the results obtained from the fluorescent spectra, it was observed that DAPM gave blue emission at 351 nm when excited with light at a wavelength of 320 nm. PDAPM, on the other hand, turned out to have a very low fluorescent intensity emission at 461 nm when excited with 340 nm light. Therefore, although the fluorescent property of the obtained polymeric material is weak, it has the potential to be used in optical applications with its low Eg and electrochemical band gap value. References [1] A. R. Firooz, A. A. Ensafi, K. S. Hoseini, N. Kazemifard, Mater. Sci. Eng. C 2014, 38, 73–78. [2] C. Yang, W. Xu, Y. Nan, Y. Wang, X. Chen, Sep. Purif. Technol. 2020, 248, 117089. [3] E. Mohseni, M. R. Yaftian, H. Shayani-jam, A. Zamani, F. Piri, Iran. Polym. J. (English Ed. 2020, 29, 403–409. [4] M. Maruthapandi, V. B. Kumar, A. Gedanken, ACS Omega 2018, 3, 7061–7068.

Keywords: 4,4'-Diaminodiphenylmethane, Oxidative Polymerization, Fluorescence

MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN EĞİTİMİNE İLİŞKİN ÖZYETERLİK ALGILARININ İNCELENMESİ

Barış DEMİR
Kocaeli Üniversitesi, HEREKE Ö.İ.U. MYO, YÖNETİM ORGANİZASYON
barisprof@yahoo.com

Çiğdem Turgut
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens, İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı
215182005@kocaeli.edu.tr

Cüneyt Yazıcı
Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik
cuneyt.yazici@kocaeli.edu.tr

Abstract
Toplumların gelişmesine öncülük eden üstün yetenekli bireylerin tespit edilebilmesi ve eğitimi çok önemlidir. Üstün yetenekli öğrencilerin belirlenmesi, yetiştirilmesi ve eğitiminde öğretmenlerin büyük bir öneme sahip olduğu gözlenmektedir. Öğretmen adaylarının mesleki yeterlikleri ve kişisel özellikleri öğrencilerinin gelişiminde oldukça önemlidir. Öğretmen adaylarının gerek sahip olduğu alan bilgisi gerekse üstün yetenekli öğrencilere karşı tutum ve özyeterlikleri bu noktada önem kazanmaktadır. Bu araştırmada matematik öğretmenlerinin üstün yetenekli öğrencilerin eğitimine ilişkin özyeterliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada verilerin çözümlenmesinde aritmetik ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değerler, parametrik testler olan t-testi ve tek faktörlü varyans (One-Way ANOVA) analizi kullanılmıştır. Analiz verileri tablo haline getirilmiş ve yorumlanarak sonuçlara ulaşılmıştır. Araştırmanın sonucunda matematik öğretmenlerinin üstün yetenekli öğrencilerin eğitimine yönelik özyeterliklerinin orta düzeyde olduğu ve bu düzeylerin dönem başı ve dönem sonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu tespit edilmiştir.

Keywords: Giftedness, Self-Efficacy, Mathematics Teacher Candidate

FORECASTING ELECTRICITY AND NATURAL GAS CONSUMPTION OF A HOUSEHOLD APPLIANCE PLANT USING MACHINE LEARNING METHODS

Sinan YAZICI
Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği
s.yazici2020@gtu.edu.tr

Abstract
Energy consumption in the industrial sector is a significant concern due to its impact on costs, sustainability, and environmental footprint. Machine learning techniques offer promising opportunities for predicting and optimizing energy usage in industry. This paper explores the application of machine learning in predicting energy consumption in household appliance plant. Electricity and natural gas are the main energy sources and in pursuit of finding accurate and efficient ways of forecasting. Monthly electrical and natural gas consumption in a company, this study utilizes a dataset collected over 5 years (2016-2021). The inputs are production quantities, co-generation plant's working status, heating degree days and colding degree days which are known to be major factors in a household appliance industry. Different machine learning algorithms are considered, including regression models, support vector machines and ensemble methods by MATLAB and Minitab machine learning tools. The most successful machine learning regression method is sought for predicting the energy (electrical & natural gas) consumption. The results offer valuable insights and guidelines for industry professionals seeking to optimize energy usage and reduce costs while achieving sustainability goals

Keywords: Machine Learning, Forecasting Energy Consumption, Regression, MATLAB

EVALUATION OF IN VITRO ANTIDIABETIC AND ANTICHOLINESTERASE ACTIVITIES OF MYRIOPHYLLUM SPICATUM AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS BY LC-MS/MS

Hafize YUCA
Atatürk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Meslek Bilimleri
hafize.yuca@atauni.edu.tr

Abstract
Myriophyllum spicatum L. (Haloragaceae) is an aquatic submersed plant native to Europe, Asia, and North Africa. It typically thrives in water depths of less than 5 meters. This plant exhibits abundant branching when submerged in water between 1 to 3 meters deep. It is known as "sucivanperçemi" in Turkey. In previous studies, M. spicatum has antioxidant, and algicidal activities. Additionally, it has polyphenols as galloyl glycosides, abscisic acid. It was herein examined in vitro antidiabetic and anticholinesterase activities of methanolic extract obtained from M. spicatum. Also, its phytochemical analysis was performed by LC-MS/MS. The antidiabetic activities of extract was evaluated against both α-glucosidase and α-amylase enzymes. Anticholinesterase activity of the extract was tested against both acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE) using a microplate-reader assay based on the Ellman method. The methanolic extract had noticeable inhibition (IC50= 1072 µg/mL) against α-glucosidase when compared with acarbose (IC50= 2387 µg/mL). The extract showed no inhibition against α-amylase. The extract had no activity against AChE (24.62 %) at 5 µg/mL, and BChE (no inhibition) at 500 µg/mL, when compared with donepezil (97.36 %, and 97.96 %, respectively). According to LC-MS/MS analysis, vanillic acid (9948 ng/mL), gallic acid (2974 ng/mL), cyanidin-3-O-glucoside (1068 ng/mL), and luteolin (645 ng/mL) were found in the extract more than other phenolic compounds. These compounds may be responsible for the α-glucosidase inhibitor effect. It needs further studies to evaluate its potential for use in the treatment of diabetes, Alzheimer's disease, and other related diseases.

Keywords: Myriophyllum Spicatum, Haloragaceae, Enzyme İnhibition, Antidiabetic, Anticholinesterase

POLLEN PREFERENCES OF HONEYBEES (APİS MELLİFERA L.) IN MARMARA ISLAND

Omer SOLAK AMET
Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji
omer.solakahmet@gmail.com

Aycan TOSUNOGLU
Uludağ Üniversitesi, Fen - Edebiyat Fakültesi, Biyoloji
aycanbilisik@uludag.edu.tr

Ibrahım CAKMAK
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni
icakmak@uludag.edu.tr

Abstract
Pollen samples were collected weekly from the beehives of honeybees (Apis mellifera L.), and sampling was carried out for the 14-week period in which honeybees carry out intensive pollen collecting activities, from the first week of April to the first week of July on Marmara Island. The pollen grains were examined and classified based on their colors, and identified by light microscopy. A total of 34 taxa were identified from the pollen pellets, including 13 families, 15 genera, and 6 identified at the species level. Among them, 9 taxa were exceed the 3% threshold of the total, and they named as dominant taxa; Rosaceae, Fabaceae, Centaurea, Ericaceae, Brassicaceae, Cistus, Helianthemum, Vitis, and Salix. They constitute a total of 79.37% of the overall composition. In particular, the Rosaceae family pollen has been the most preferred one by honeybees for 8 weeks of blooming. The first two weeks of May were when honey bees utilized the highest number of taxa as their pollen sources. The most productive period for collecting various types of pollen grains on Marmara Island is the beginning of May. The pollen collection activities of honey bees decrease towards the end of June and continue to decline in July in the region.

Keywords: Pollination, Bee pollen, Pollen pellet, Corbicular pollen, Pollen preference

CHARACTERIZATION OF EXOPOLYSACCHARIDES (EPS) ISOLATED FROM CYANOBACTERIA SPECIES FROM TURKEY WATERS AND INVESTIGATION OF THEIR POTENTIAL USE IN COSMETICS INDUSTRY

Simge BULUT
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik
simge-bulut@hotmail.com

Büşra Aktaş
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
baktas@mehmetakif.edu.tr

Abstract
Cyanobacteria play a unique metabolic role in ecosystems for approximately 3.5 billion years. They are capable of living in a wide variety of microenvironments with their diverse cellular strategies for adaptation. Cyanobacteria produce various bioactive compounds had potential use in industrial applications such as textile, waste treatment, pharmaceuticals, cosmetics, and medicine. Exopolysaccharides (EPS) are the primary metabolites produced by cyanobacteria. The objective of this study is to investigate and characterize EPSs of different Cyanobacteria species, isolated from different regions of Turkey, and explore their potential use in the cosmetic industry. Monosaccharide composition and functional groups of the EPSs produced by cyanobacterial species (55 and 72) were determined by HPLC and FT-IR, respectively. Additionally, their antioxidant activity, moisture absorption and moisture retention ability, and tyrosinase inhibition activity were evaluated. Both cyanobacteria yielded high amount of EPS with 888.0 mg/L and 776.8 mg/L of lyophilized EPS from 55 and 72, respectively. The main component of the EPS molecules detected was rhamnose, glucose, arabinose, mannose, xylose, and galactose in different ratios. Rhamonse was the most dominant monosaccharide. Both EPSs were found to have an antioxidant activity with 80% of DPPH scavenging potential and 8-11% of total antioxidant capacity. Moreover, they both showed strong moisture absorption and retention properties compared to chitosan and urea. Additionally, 55 had a tyrosinase inhibition activity with 10% at a small concentration of 2mg/ml. The results suggest that Cyanobacteria produced high amount of EPS and cyanobacterial EPSs are promising candidate for use as a potential natural ingredient in cosmetics with their antioxidant and anti-tyrosinase activities as well as moisture absorption and moisture retention capacities.

Keywords: Cyanobacteria, Exopolysaccharide (EPS), Cosmetics İndustry

IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE ALBANIAN LABOUR MARKET

Alma Zisi
Aleksander Moisiu" University, Durrës, Albania, Business Faculty, Department of Economic Science
alma_zisi@yahoo.com

Flora Merko
University of Aleksander Moisiu, Durres, Faculty of Business, Department of Economic Science
floramerko@uamd.edu.al

Enton Duro
University of Tirana,, Faculty of Economy, Economics Department
duro7enton@gmail.com

Marta Biancardi
University of Bari, Aldo Moro, Faculty of Economy and Finance, Department of Economy and Finance
marta.biancardi@uniba.it

Abstract
The COVID-19 pandemic brought a great shock to all countries in the world, both in the social and economic aspects of the countries. The adoption of austerity measures to prevent the spread of the COVID-19 pandemic would affect all sectors of the economy, but mainly in the tourism sector. Due to the restrictions on the movements of local vacationers and tourists, hotels, bars or travel agencies faced the negative effects brought by the COVID-19 pandemic. The effects of the pandemic were felt throughout the labor market in Albania. This paper aims to analyze the impact of the COVID-19 pandemic on the labor market in Albania. The paper will focus on the difficulty of the employed as a result of the COVID-19 pandemic, as well as on the increase of the unemployed as a result of the closure of the sectors hit hardest by the pandemic. Also, the paper will deal with the changes that various businesses suffered by developing their activity at home and making businesses adapt their activity towards technology.

Keywords: Labour Market, COVID-19 pandemic, Unemployment, Albania

ANTROPOMETRIC DESIGN

Bensu KOCAMAN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği
225104061@kocaeli.edu.tr

Nilgün Fığlalı
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği
figlalin@kocaeli.edu.tr

Abstract
Today, human health is gaining importance day by day, so the concepts of ergonomics and anthropometric design come to the fore. Anthropometric design studies have started to be carried out in accordance with each group of people. These types of people are classified according to age, gender, race, etc. may differ. These groups can be separated by anthropometric measurements. However, anthropometric measurement is made in two different ways. The first of these is static; that is, measurements taken from humans while stationary, the latter dynamic; that is, measurements taken from people while they are on the move. With these measurements, appropriate anthropometric designs can be made. In this study; In order to understand anthropometric design, the concepts of anthropometry and ergonomics are explored. Anthropometric design and processes are mentioned. The connection between anthropometric design and ergonomics is examined.

Keywords: Anthropometry , Anthropometric Design, Dynamic Anthropometry, Ergonomics, Static Anthropometry

IDENTIFICATION OF A NOVEL ANTI-DIABETIC COMPOUND: BERGAMOTTIN

Zeynep KARAOGLAN
Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji
zeynepkaraoglan1699@gmail.com

Parham TASLIMI
Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji
ptaslimi@bartin.edu.tr

Nastaran SADEGHIAN
Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji
nsadeghian@bartin.edu.tr

Abstract
The bioactive substance bergamottin is a significant furanocoumarin found in citrus fruits, particularly grapefruits (Citrus paradisi). Its name derives from the fact that it was first discovered in bergamot oil (Citrus bergamia). Some cytochrome P450 (CYP) enzyme isoforms, particularly CYP3A4, are inhibited by it (1). We purchased this substance from Sigma in order to investigate its antidiabetic capabilities and since it is an active substance. The hydrolysis of oligosaccharides and disaccharides to monosaccharides is carried out by oligosaccharide hydrolase, which is found in the small intestine epithelial cell brush border. Hypothetically, delaying the absorption of carbs and so lowering the incidence of Type 2 diabetes mellitus might be accomplished by inhibiting the activity of α-glucosidase. One specific treatment target for the management of type II diabetes and obesity is the inhibition of α-amylase. Synthetic or natural α-amylase inhibitors (AAIs) have been linked to numerous serious side effects, including liver problems (2). Many researchers are currently looking for a safe AAI with no or few negative effects. Phenolic metabolites have consistently been shown to significantly lower postprandial hyperglycemia and improve problems related to diabetes. The reported procedure by Tao et al. (3) was used to determine the bergamottin ' α-glucosidase inhibitory properties. Different amounts of a natural phenolic compound were added to the reaction media in order to examine how they affected the enzymes α-amylase and α-glycosidase. A control experiment without any naturally occurring phenolic compound was utilized to test the enzyme activity. The plots of activity (%) versus concentration of natural phenolic compound served as the basis for the IC50 values. For α-glucosidase and α-amylase, the IC50 values were 25.06 and 61.36 µM, respectively. In this work, we have been able to determine in vitro inhibitory properties of Bergamottin on both important metabolic enzymes (

Keywords: Bergamottin, Natural Compound, A-Amylase, A-Glycosidase, Enzyme İnhibition

EFFECT OF OSMOTIC SALT STRESS ON GROWTH CHARACTERISTICS OF TRNA METHYLTRANSFERASE YEAST MUTANTS

Ayşe Ayça Korkmaz
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
aaycakorkmaz@gmail.com

Batuhan Görkem İrez
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
birez@ogr.iu.edu.tr

Sanem Vural
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
vural.sanem@gmail.com

Sinem Ceylan
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
sinem.ceylan@ogr.iu.edu.tr

Mehmet Tardu
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
mehmet.tardu@istanbul.edu.tr

Abstract
The structure, function and stability of RNA molecules are regulated by cells through specific chemical arrangements called modifications. Until now, nearly 150 different nucleoside modifications have been identified on different RNA species such as tRNA, rRNA, mRNA and miRNA. Recent studies show that the distribution of these modifications on RNA species has the capacity to influence protein production through many molecular mechanisms, including transcription and translation. For instance, among RNA modifying enzymes, the tRNA methyl-transferase (trm) family of nucleoside modifying enzymes has an important place since tRNA methylations have been found to be linked to many different steps of protein synthesis, from stabilization of tRNA structure, strengthening of codon-anticodon interaction and regulation of Wobble base pairing. In this study, we seek to understand the response of Saccharomyces cerevisiae RNA methyl-transferase nucleoside-modifying enzyme mutants (trm1Δ, trm2Δ, trm4Δ, trm10Δ and trm11Δ) to different salt stress conditions (NaCl, KCl and MgCl2). We reveal how osmotic stress induced by these cellular and environmental conditions affects the growth profiles and curves of wild-type and Trm enzyme mutant yeast cells. Thus, by identifying Trm enzyme mutants that are sensitive or resistant to these stress conditions and by analysing omics studies we will obtain the necessary preliminary data for future molecular studies (gene-function, etc.).

Keywords: RNA Modifications, Trna Methyltransferase, Salt Stress, Saccharomyces Cerevisiae

INCORPORATION OF BORIC ACID AND POLYLACTIC ACID NANOFIBER BY ULTRASONIC IMPREGNATION

Burcu Demirtaş
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
burcudemirtas.bd50@gmail.com

Beyza Keser
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
beyzaksr1@gmail.com

Kübra Uzuner
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
kbr_uzer@hotmail.com

Şükran Aşgın
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
sukranasginn@gmail.com

İlay Yılmaz
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ilayyilmaz1@hotmail.com

Mahmut Ekrem Parlak
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ekrem.parlak@btu.edu.tr

Furkan Türker Sarıcaoğlu
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
furkan.saricaoglu@btu.edu.tr

Abstract
To suit the ever-increasing customer demands, the packaging industry seeks to produce food packages with superior attributes using innovative and technical approaches. Nanofibers, one of these technological products, stand out with their high surface area/volume ratio and nano-porosity properties. In line to the findings, food packages with nanofiber structures have high gas permeability due to their massive surface areas and allow for the controlled release of active substances that can be incorporated. Increasing the shelf life of food by adding active substances to the packaging material in order to improve food safety and sustainability is an increasingly common issue in recent years. However, today's widely used packaging production processes, such as cast film and nanofiber production, need the dissolution of the backbone polymer and any additional substances in a suitable solvent. This is a limitation for the packaging industry since the polarity of the active component must be introduced to the packaging in order for it to be compatible with the packaging polymer. In this study, it was aimed to produce and characterize nanofibers by integrating boric acid (BA), a polar antimicrobial agent, into polylactic acid, an apolar compound with biodegradable properties. Nanofiber production was carried out by electro-blow spinning method and ultrasonic impregnation method was used for homogeneous attachment of BA to the nanofiber surface. The produced nanofibers were placed in saturated BA solution and exposed to 25%, 50%, 75% and 100% ultrasound amplitude for 5, 10 and 15 minutes for each amplitude. The morphological properties of the nanofibers were investigated using SEM images, and it was shown that BA was homogeneously attached to the fiber surface by the impregnation. The water solubility of nanofibers increased significantly after ultrasonic impregnation. FTIR and solubility results indicated that 5 minutes of ultrasonic application at 50% amplitude resulted in the highest rate of BA adherence to the nanofiber surface. Eventually, this work demonstrated that the ultrasonic impregnation approach can potentially be employed successfully in the incorporation of components whose polarity prevents them from dissolving in the same solvent.

Keywords: Ultrasonic Impregnation, Electroblowing, Polylactic Acid, Boric Acid, Nanofiber

THE EFFECT OF DIFFERENT EARTHQUAKE RECORDS ON THE SEISMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Emirhan Yıldırım
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik, İnşaat Mühendisliği
yldrmemirhan@outlook.com

Serkan Engin
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik, İnşaat Mühendisliği
serkan.engin@kocaeli.edu.tr

Abstract
The analysis method in the time domain is accepted as the method that presents the building behavior in the closest way to reality and makes the analysis in the most reliable way. However, the earthquake acceleration records used when calculating with the analysis method in the time history directly affect the results. From this point of view, the importance of the earthquake acceleration records to be selected in the use of the analysis calculation method in the domain of definition, which we describe as a reliable method, is an effective factor in obtaining accurate and reliable results. Within the scope of this study, a typical mid-rise building was analyzed in the SAP2000 program in the time domain. Reinforced concrete structures mostly exhibit nonlinear behavior due to their irregular geometry and nonlinear behavior of the materials used. For this reason, the analysis of the structure to be used in the study was carried out in the time domain with a non-linear method. The earthquake acceleration records used in the analyzes were grouped together with parameters such as earthquake magnitude, distance between the recording location and the fault surface rupture, soil class, orientation effect. In the analysis results, values such as floor displacements, base shear forces, bending moments were compared. As a result of the evaluations, it was concluded that the force formed in the structure increases in case the earthquakes contain the orientation effect.

Keywords: Analysis İn Time History, Soil Class, Orientation Effect, Distance Between Recording Site And Fault Surface Rupture

MOLECULAR IDENTIFICATION, VIRULENCE ACTIVITY AND ANTIFUNGAL SENSITIVITY ANALYSIS OF CANDIDA SPP. FROM INTENSIVE CARE PATIENTS

Zeynep ÇELİK
Gaziantep Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, Biyoloji
celik1995zeynep@gmail.com

Semih TOKAK
KTO Karatay Üniversitesi, TIP FAKÜLTESİ, TEMEL TIP BİLİMLERİ
semih.tokak@karatay.edu.tr

İbrahim Halil KILIÇ
Gaziantep Üniversitesi, FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ, BİYOLOJİ
kilic@gantep.edu.tr

Fatma ESENKAYA TAŞBENT
Necmettin Erbakan Üniversitesi, TIP FAKÜLTESİ, TEMEL TIP BİLİMLERİ
fbaskent@necmettin.edu.tr

Enes FurkanBoyraz
Gaziantep Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, BİYOLOJİ
nboyraz20@gmail.com

Abstract
Fungal infections constitute important group among healthcare-associated infections. Candida species are most commonly isolated in fungal infections. Although Candida albicans is known as the most common disease causing Candida species, non-albicans Candida species isolated in recent years and their antifungal resistance rates have been increasing rapidly. In this study, Candida isolates isolated from patients hospitalized in intensive care unit (ICU); it is aimed to determine important virulence factors, to define them at molecular level and to analyze their susceptibility to antifungals. 100 Candida strains isolated from blood, urine, vaginal swab, bronchoalveolar lavage fluid cultures of patients hospitalized in ICU of Anesthesiology and Reanimation, Internal Medicine were evaluated. Standard microbiological methods were used for the identification of Candida isolates. Yeasts thought to be Candida spp. were sequenced using primers ITS-1 and ITS-4. Tests were performed to determine virulence factors of purified Candida spp. isolates. Determine resistance of Candida isolates to antifungals, antifungals selected using EUCAST broth microdilution method were analyzed at different concentrations and MIC were determined. By results in study, the most common species was C. albicans (38%), followed by C. parapsipolis (21%). Biofilm ability of isolates was evaluated, 15 very strong positive biofilms; 7 strong positive biofilms; 3 intermediate positive biofilms; 19 slightly positive biofilm and 56 negative biofilm activity were observed. Adhesion abilities variable results for all isolates; 3 very strong positive adhesion; 35 strong positive adhesion; 18 intermediate positive adhesion and 44 slightly positive adhesion activity were observed. Phospholipase activity was positive in 42% of Candida isolates; 52% had positive proteinase activity; 77% of them had positive hemolysis activity, and all virulence factors were positive in 27% of the isolates. Most resistance to fluconazole was observed among Candida albicans and non-albicans Candida. In our study, it was determined that frequency of isolation of non-albicans Candida species was at significant rates. It is very important to know the regional resistance profiles in order to guide treatment regimens. It is thought that it would be beneficial to study on new agents with antifungal effects by increasing genotypic and phenotypic studies on relationship between antifungal resistance and virulence factors

Keywords: Intensive care patients, Candida spp., virulence factors, antifungal susceptibility

ANALYSIS OF ORGANIC RANKIN CYCLE AND WASTE HEAT MANURE DRYING TECHNOLOGY IN BIOGAS PLANTS

Ahmet Serhan HERGÜL
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
serhanhergul@gmail.com

Süleyman SAPMAZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
suleyman_sapmaz@hotmail.com

Muharrem EYİDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
muharrem_eyidogan@hotmail.com

Abstract
Developing technology and increasing energy demand require the use of low-temperature resources. Organic rankine cycle is one of the most important technologies in electricity generation from waste heat sources. In this study, it is aimed to generate electricity from the waste heat of internal combustion engines used in biogas plants and to increase the economic potential of the facility by drying the manure, which is one of the most important wastes of these plants. For this reason, detailed analysis of an organic rankin system that can be established from exhaust gas and analyzes performed with a contact type dryer are presented. It is known that the heat of the systems designed with high condenser temperature in the organic rankine cycle is still usable. In many facilities, this heat is thrown to the atmosphere by dry type fan radiators. The energy production, internal consumption and feeding data of a sample biogas plant were used to determine the system limits. Different types of fluids and cycles were used in the study. The specific energy consumption and drying time parameters required for fertilizer drying were investigated. The effects on the total energy and economic efficiency of the facility were examined.

Keywords: Organic Rankine Cycle, Biogas, Manure Drying, Waste Heat

INVESTIGATION OF REPRODUCTIVE ECOLOGY OF FRITILLARIA CRASSIFOLIA SUBSP. KURDICA (BOISS. & NOE) RIX (LILIACEAE)

Faruk YILDIZ
Erzincan Bilim ve Sanat Merkezi, Biyoloji Öğretmeni, Biyoloji / Botanik
farukyildizw@gmail.com

Abstract
The Fritillaria L. genus, perennial bulbous plants with important medicinal and ornamental value, is highly threatened in their natural habitats and little information is available on their reproductive strategies, which may be the basis of conservation methods. The genus Fritillaria which has approximately 170 species worldwide, has a natural distribution with 48 taxa in Turkiye and 22 of them are endemic to our country. Looking at the literature to date, it has been determined that studies on the reproductive biology of the genus Fritillaria and the protection of the genus are very limited. Fritillaria crassifolia subsp. kurdica (Liliaceae) can be grown in cultural environments as well as its natural spread in Turkiye, Iran, Iraq, and the Caucasus. In this study, preliminary studies on the reproductive biology of the Fritillaria crassifolia subsp. kurdica species were included. In this context, 50 healthy individuals for each pollination group were determined, marked, and followed to determine the free pollination, cross-pollination, selfing, and apomixis successes of the species in the terrylale cultivation garden of the Erzincan Horticultural Research Institute. In addition, the ovule number of the species, pollen numbers, and pollinators that are effective in pollination of the species were determined. According to the first findings, the success of free pollination of the species was 68%, cross-pollination (xenogamy) success was 63%, and self-pollination (autogamy) success was 38%. Apomixis event was not observed. In the pollen and seed counts, the average pollen number was 46,000 per anther and the average number of seeds was 156 per fruit. In the observations made, it was determined that the main pollinator of the species was Apis mellifera under culture conditions. Although these results reveal that the species can perform both self-adaptation and cross-pollination, some quantitative data on the reproductive organs of the species have also been reported for the first time.

Keywords: Fritillaria kurdica, Pollination, Reproductive Biology

DETERMINING BACTERIOLOGICAL LOAD OF RAW CAMEL MILK ALONG THE MARKET VALUE CHAIN: BURAO SOMALIA

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Agriculture, Animal Science
vet133@gmail.com

Ahmed Saeed
University of BUrao, Veterinary Medicine, Microbiology
qasaali5555@gmail.com

Abstract
The aim of this study was to determine camel milk bacteriological load through the market value chain in Burao peri-urban farms. Although camel milk has prized attributes, they can also be a source of transmission for different pathogenic bacteria. A 24 raw milk samples were collected from different levels of the milk chain; from the udder of lactating camels, milk transportation containers, and different milk market centers. The bacteriological contents of milk samples were investigated by determine total plate count (TPC), coliform count (CC), spore-forming bacteria, and salmonella through culture. The physicochemical properties of the milk samples were determined by using Henna digital temperature and pH meter. The overall mean value of TPC and CC were 8.19±.07 log CFU/ml and 6.12±.078 log CFU/ml, respectively. Different levels of the camel milk chain were investigated as udder, transport containers and milk center containers had showed; 8.16±.060 log CFU/ml, 8.24±0.120 log CFU/ml and 8.172±0.193 log CFU/ml of TPC count, respectively. On the other hand, CC of udder, transport containers and milk center were found to be 6.17±0.107 log CFU/ml, 8.24±.120 log CFU/ml and 6.312±0.138 CFU/ml respectively. Although, overall samples showed a high level of spore-forming bacteria, an only 4 out of 24 samples were salmonella positive. The increase of cc number indicates unhygienic practices throughout the milk chain. The average pH values were tested from udder, transport containers and milk market centers found 6.22 ±.464, 6.098±.060 and 6.15±.055 respectively. Based on these results the level of milk bacteriological load is beyond the international standards and this may lead to public health problems. In order to improve the milk hygienic level and to ensure the safety of consumers, training for camel herders and sellers, pasteurization and cleaning measures should be fulfilled. Finally, to determine the improvement, further research should be conducted

Keywords: Bacteriological Load, Total Plate Count, Coliform Count, Spore-Forming Bacteria

FEED ADDITIVES USED FOR REDUCTION OF METHANE PRODUCTION IN RUMINANTS

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Agriculture, Animal Science
vet133@gmail.com

Abstract
reason, the animals must be fed adequately and balanced and this activity should be carried out within the economy principles. Approximately 10% of the energy in the feed of ruminants lost through enteric methane emission. The energy lost through methane gas production causes significant economic loss and adverse environmental effects such as global warming and climate change. The methane produced by ruminants in the world was estimated between 80-115 million tons per year, which accounts 25-30% of human induced gases and also the global warming effect of methane is 21-25 times higher than that of CO2. The percentage rates of carbon dioxide, methane, nitrogen oxides and other gases in total greenhouse gas emissions of human-induced greenhouse gases are 76%, 16%, 6% and 2% respectively. In last three decades, it was developed many additives and strategies to reduce enteric methane production, these strategies including use of organic acids, ionophores, plant extracts, fats, sulphate, nitrate, probiotics, and biotechnological methods and feed related strategies. In conclusion, the doses of additives used to reduce methane production should be determined, otherwise it may cause undesired effects and consequences.

Keywords: Methane, Additives, Emission, Ruminants, Greenhouse Gas

THE EFFECT OF PARTICLE SIZE OF TIO2 ON OPTICAL AND ROOM TEMPERATURE ACETONE VAPOR SENSING PERFORMANCE

Ayşe Nur ŞAHİN
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik
aysenurs@yildiz.edu.tr

Yusuf YERLİ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik
yyerli@yildiz.edu.tr

Ahmet ALTINDAL
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Mühendisliği
altindal@itu.edu.tr

Abstract
In this work, optical characterization and acetone gas sensing performance of 100 nm and 20 nm TiO2 nanoparticles at room temperature was investigated. The optical characterizations of these films were made by measuring the optical transmittance spectrum in the range of 350 to 1100 nm. The detection performances of 20 nm and 100 nm sized brookite phase TiO2 nanoparticles at acetone gas concentrations between 50 ppm and 350 ppm at room temperature were studied. The response and sensitivity of 100 nm TiO2 nanoparticles to acetone gas increased with increasing concentration. It has been noticed that the sensors in which TiO2 with 20 nm particle size is used as a sensor material do not respond to acetone gas at 50 ppm and 100 ppm concentrations, and also it was seen that the response at other concentrations is very low compared to the sensors where 100 nm particles are used as a sensing material. The sensors using TiO2 nanoparticles with 100 nm particle size as the sensor material have a stable response-recovery characteristic for all concentrations of acetone vapors. The recovery time reached steady state in approximately 110 seconds. However, the recovery time decreased with the increase in acetone concentration in sensors where TiO2 nanoparticles with 20 nm particle size were used as a sensor material.

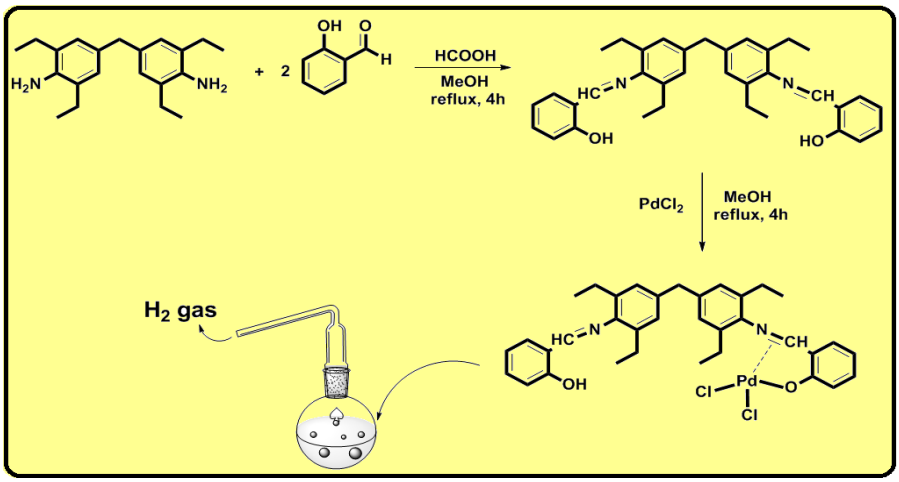
Keywords: Optic, Gas Sensing, Tio2, Nanoparticle

PD(II) COMPLEX BEARING 4,4′-METHYLENEBIS(2,6-DIETHYLANILINE) DERIVATIVE BI-DENTATE SCHIFF BASE LIGAND AS CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION

Melek Tercan
Laboratory of Inorganic Materials, Department of Chemistry, Faculty of Science, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Abstract

The use of environmentally friendly, renewable and sustainable energy sources is becoming increasingly important in meeting the increasing energy needs of the world. Hydrogen is an excellent clean energy alternative with its high energy capacity (44 MJ kg^{-1} for petroleum and 120 MJ kg^{-1} for hydrogen) and source-independent character [1,2]. The most common methods used for hydrogen storage are compression of hydrogen gas under high pressure and liqudification at cryogenic conditions in tanks. To overcome the difficulties in hydrogen storage and transportation, metal hydrides that can absorb and release hydrogen gas through chemical reactions are used as hydrogen storage materials [3-4]. Ammonia borane is very attractive hydrogen storing material with its gravimetrically high hydrogen capacity (19.6 w%), low molar mass (30.7 g/mol), three to one H_2 release, its stability and non-toxicity [5]. Transition metals are used as catalysts in hydrogen production via ammonia borane hydrolysis [6-9]. In this study, 4,4′-methylenebis(2,6-diethylaniline) derivative bi-dentated Schiff base ligand and its asymmetric Pd(II) complex was synthesized and characterized by FT-IR, ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR spectroscopic techniques. Then the efficiency of the Pd complex on the dehydrogenation of ammonia borane (NH_3BH_3) was investigated for changing amounts of catalyst and temperatures.



Scheme 1. Schematical represantation for the synthesis of bi-dentate Schiff base ligand and its Pd complex

References

[1] Winter C.J. *Int. J. Hydrog. Energy* 1987 (12) 521.
[2] Hamilton C.W., Baker T., Staubitz, A., Manners I. *Chem. Soc. Rev.* 2009 (38) 279.
[3] Park J.H., Shakkthivel P., Kim H.J., Han M.K., Jang J.K., Kim Y.R., Kim H.S., Shul Y.G. *Int. J. Hydrog. Energy* 2008 (33) 1845.
[4] Hasan C., Onder M. *Applied Catal. B: Environmental* 2012 (125) 304.
[5] Davis B.L., Dixon D.A., Garner E.B., Gordon J.C., Matus M.H., Scott B., Stephens F.H. *Angew. Chem.* 2009 (121) 6944.
[6] N. Cao, W. Luo, G. Cheng, *Int. J. Hydrog. Energy* 2013 (38) 11964.
[7] K. Mori, K. Miyawaki, H. Yamashita *ACS Catal.* 2016 (6) 3128.
[8] D. Sun, V. Mazumder, O. Metin, S. Sun, *ACS Nano* 2011 (5) 6458.
[9] S. Akbayrak, M. Kaya, M. Volkan, S. Ozkar, *Appl. Catal. B.* 2014 (147) 387.

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES FROM SALIX CAPREA EXTRACT AND ITS EFFICACY ON LUNG CANCER

Farnaz NOURI
Yıldız Teknik Üniversitesi, KİMYA METALURJİ FAKÜLTESİ, Biyomühendislik
farnaz.nourii@gmail.com

Buşra AKGÜL
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik
akgulbus@gmail.com

Kaan NEGİZ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyoteknoloji, Biyoteknoloji
negizkaan@gmail.com

Serap DERMAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik
sacar@yildiz.edu.tr

Emrah Şefik ABAMOR
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik
esabamor@gmail.com

Abstract
The field of using natural products for the prevention of diseases caused by free radicals, including cancer, is gaining recognition and acceptance due to its broad applicability and increasing importance. The objective of this study was to assess the anticancer activity of a Salix caprea extract against lung cancer by utilizing green synthesis methods to produce silver nanoparticles (AgNPs). This approach was chosen due to the numerous advantages offered by green synthesis techniques, such as efficient energy utilization, minimal toxicity, high yields, cost-effectiveness, environmentally friendly processes, and the availability of readily accessible resources. In order to synthesize silver nanoparticles, a 1 ml volume of the Salix Caprea extract was introduced into an Erlenmeyer flask containing a 25 ml solution of 1 mM silver nitrate (AgNO3). Additionally, 100 µl of NaOH was added to the mixture. The mixture was then incubated at 25°C for a duration of 15 minutes. The average size, polydispersity index (PDI) were examined using a Zetasizer instrument at a temperature of 25°C, utilizing dynamic light scattering (DLS). The analysis revealed an average nanoparticle size of approximately 126 nm. These results prompted the decision to conduct additional research with the aim of reducing the particle size. The synthetized nanoparticles are thought to demonstrate high anticancer activities against different cancer types.

Keywords: Silver Nanoparticles (Agnps), Natural Products, Green Synthesis, Lung Cancer, Salix Caprea

EVALUATION OF SAWAGE SLUDGE BY VERMISTABILIZATION METHOD

Işılay TEKTEN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
22280866@stu.omu.edu.tr

Nurdan Gamze TURAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
gturan@omu.edu.tr

Abstract
Water use is increasing day by day, and large amounts of domestic and industrial wastewater are generated due to the rapid population growth. While wastewater is treated by physical, chemical and biological methods and discharged to the receiving environment, tons of treatment sludge is produced. It has the potential to cause secondary environmental pollution due to the heavy metals, pathogenic bacteria, viruses and toxic chemicals it contains. Therefore, the sustainable management of wastewater treatment sludge is very important. In addition to final methods such as incineration and landfill, stabilization methods such as composting and biomethanization are used in the disposal of sludge. Today, approaches aiming at the sustainable use of wastewater treatment sludge are of great interest both economically and ecologically. The priority approach is to evaluate the sludge not as a waste material, but as a resource that can be reused or recycled. The most common application within the scope of reuse of sludge is the utilization of stabilized sludge in agricultural lands. Vermistabilization is an environmentally friendly alternative method used in the stabilization of sludge. Vermistabilization enables the conversion of organic wastes such as sludge into a high quality valuable product with the help of earthworms. In this study, the applicability of the vermistabilization method in the disposal of sludge is examined. Studies on the vermistabilization of sludge are investigated and their advantages and limitations compared to other methods are discussed in detail.

Keywords: Sawage Sludge, Heavy Metal, Vermistabilization, Vermicompost, Vermicast

EFFECTS OF PIGEON DIETS WITH DIFFERENT CRUDE PROTEIN CONTENT ON PERFORMANCE AND SQUABS GROWTH

Aysun BULAYIR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ZİRAAT FAKÜLTESİ, ZOOTEKNİ
aysunbulayir8@gmail.com

Hande Işıl AKBAĞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ZİRAAT FAKÜLTESİ, ZOOTEKNİ
hiulku@comu.edu.tr

Hakan ERDEM
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ZİRAAT FAKÜLTESİ, ZOOTEKNİ
hakan.erdem@comu.edu.tr

Türker SAVAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ZİRAAT FAKÜLTESİ, ZOOTEKNİ
tsavas@comu.edu.tr

Abstract
The aim of this study was to investigate the effects of feeding with different crude protein levels from the mating period on parental performance and offspring growth. The study was carried out in Çanakkale Onsekiz Mart University Experimental Research Application and Research Center Poultry Unit, on 10 pairs of Dolapçı and 12 pairs of Mardin pigeons and their squabs for 52 days. In the study, pigeons were divided into two groups as the group fed with high crude protein feed (HCP, n=22) and the group fed with low crude protein feed (LCP, n=22). While pellet feed containing 17% crude protein (CP) was used in the nutrition of the HCP group, the crude protein (CP) level was adjusted to 14% by using wheat grain in addition to the pellet feed containing 17% CP in the nutrition of the LCP group. In the study, the feed intake of the free-fed groups was followed daily. The live weight controls of the squabs were recorded daily from hatch to 28 days of age. In the groups, blood collections were made from the parents at mating, at hatching, on the 10th, 28th days after hatching, and on the 28th day from the squabs. Albumin, glucose, total protein and cholesterol levels in blood samples were analyzed. In the statistical analysis of the data that obtained from the study, analysis of variance was used in a linear model including group, breed, week and their interactions. Feed intake of parents was significantly affected by breed, group, week and breed x group interaction ($P \leq 0.005$). Day had a significant effect on the feed intake of the squabs ($P < .0001$). The live weights of the squabs were significantly affected by the breed x group x day interaction ($P = 0.030$). While the period was significantly effective on the serum parameters of the parents, the group was only effective on the glucose level ($P \leq 0.05$). In squabs, blood parameters were not affected by the effects sources considered ($P > 0.05$). In the study, the HCP group had a higher feed intake average, and the highest feed intake was determined in the brood care period in both groups.

Keywords: Dolapçı, Mardin, Feed Intake, Serum

OPTIMIZATION OF MICRORESISTOR BEAM PERFORMANCE USING COMSOL MULTIPHYSICS AND TAGUCHI METHOD

Erkan TUR
Middle East Technical University, Faculty Of Arts And Science, Mechanical Engineering
erkan.tur@metu.edu.tr

Abstract
Microresistor beams are crucial components in microelectromechanical systems (MEMS), with broad applications spanning from sensors to microactuators. Their performance is significantly influenced by their design and material properties, thus necessitating an effective optimization strategy. This study proposes a comprehensive approach to the optimization of microresistor beam performance using COMSOL Multiphysics and the Taguchi method. We utilized COMSOL Multiphysics, a powerful finite element analysis tool, to model and simulate the microresistor beam's behavior under a range of conditions. Through COMSOL, we investigated the effects of various design parameters, including beam length, thickness, and material properties, on beam's performance. The simulations allowed for a nuanced understanding of the complex interplay between these parameters and their impact on the beam's mechanical and electrical characteristics. The Taguchi method, a statistical design of experiments technique, was then employed to optimize these design parameters. By setting up orthogonal arrays, we could systematically explore the design space and identify the optimal combination of parameters that yielded maximum performance and resilience. In addition, the Taguchi method helped in minimizing the undesirable effects of noise factors, enhancing the robustness of the design. The findings of this study highlight the potential of integrating finite element modeling with the statistical design of experiments for the optimization of MEMS components. The proposed approach led to a significant improvement in the microresistor beam's performance, underscoring its potential to contribute to the development of more efficient and reliable MEMS. Moreover, the study offers a replicable and scalable model that can be employed in the optimization of other MEMS components. Although the focus of this study was on microresistor beams, the methodologies and insights gained are applicable to a wide array of microscale devices. Future research could adapt this approach for other MEMS components and explore its potential in different operational environments. In conclusion, this study presents a novel approach to the optimization of microresistor beams, contributing to the growing body of literature on the design and optimization of MEMS. By coupling finite element modeling with the statistical design of experiments, we offer a robust, efficient, and reliable path to the development of high-performance MEMS.

Keywords: Microresistor Beams, COMSOL Multiphysics, Taguchi Method, Microelectromechanical Systems (MEMS), Design Optimization

INVESTIGATION OF THE ROLE OF PROTAMIN 1 AND 2 GEN EXPRESSİONS WORKING IN THE NUCLEAR REMODELING MECHANISM IN THE PROCESS OF SPERMATOGENESIS IN MALE INFERTILITY

Ayşegül ŞAVLI
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Tıbbi Biyoloji
aysegulsavli1234@gmail.com

Dudu Erkoç Kaya
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Tıbbi Biyoloji
dudu_erkoc@hotmail.com

Fatma Göktürk
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Tıbbi Biyoloji
cebesoyfatma@gmail.com

Duygu DURSUNOĞLU
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Histoloji embriyoloji
duygudursunoglu@yahoo.com

Murat GÜL
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Üroloji
drmuratgul@hotmail.com

Hilal Arıkoğlu
Selçuk Üniversitesi, TIP Fakültesi, Tıbbi Biyoloji
berktug200@hotmail.com

Abstract
Today, infertilization is an important problem and male-induced infertility is known as 35%. It is known that male sperm cells must have unique morphology and function to perform fertilization and anomalies in the number, motility, vitality, structural and functional properties of sperm cause infertility. Epigenetic modifications such as DNA methylation, chromatin rearrangement and histone modifications are involved in nuclear remodeling of sperm. The replacement of protamines with histones is known as a critical step in the maturation process of sperm. Human sperm contains 2 types of protamines, Protamine 1 and 2, and the ratio of protamine proteins in the spermatozoa is thought to be a possible prognostic indicators of spermatogenesis quality. Deviations in protamine 1 and 2 gene expression rates and high rates of histone/protamine exchange may disrupt nuclear remodeling process, thus affect sperm morphology and fertilization ability. In our study, we aimed to investigate the protamine 1 and 2 expression levels among infertile men and to determine the relationship between the ratio of protamine proteins and male infertility. Male individuals who applied to Selcuk University Andrology Laboratory and were determined to have normospermia(n=58), oligospermia(n=25) and severe oligospermia(n=25) by spermiogram were included in the study. Sperm cells were obtained by separating the plasma of the ejaculate samples of the individuals. After RNA isolation and cDNA converting, the expression levels of Protamine 1 and 2 were analyzed by qPCR. Although there was an observational difference in expression levels and protein ratios especially in the severe oligozoospermi group, no statistically significant difference was found in Protamine ½ ratios between groups and was not associated with infertility. Variable suggestions for normal range of protamine proteins in current studies, the effects of population-specific genetic differences and the existence of other possible factors affecting male infertility should be considered in the evaluation of our study results.

Keywords: Protamine 1, Protamine 2, Epigenetic, Spermatogenesis

EFFECTS OF ELECTRODE WELDING ON REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abdulkadir MUTLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği (YL) (Tezli)
kmutlutr@gmail.com.tr

Varol KOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
kvarol@omu.edu.tr

Abstract
Due to different requirements and obligations, reinforced concrete structures and steel structures work together statically in many areas. In the areas where this reinforced concrete and steel structure is combined, planning and application problems may occur that prevent the statically healthy operation of both types of structures. Especially, these problems occur for different reasons in industrial structures where complex, large volume and various types of works progress together. In this study, which is about the electrode welding to the reinforcement of the reinforced concrete structure, which is one of these problems, the effects of the situation in terms of static are examined. The importance of ductility of reinforced concrete structures during earthquakes is vital. Welding method has negative effects on reinforcements that give ductility to reinforced concrete structures. In this study, images related to problematic productions on this subject are shared. During the assembly of an object with an electrode to the reinforcement, negative effects should be determined and attention should be paid to prevent possible negative effects. In this study, it is discussed where this type of assembly application can be applied and where it should not be applied. In the study, the effects of electrode welding on the reinforcements in reinforced concrete of industrial buildings in Tekkeköy district of Samsun province are determined, and the situation is revealed with the relevant tests in the quality control laboratory.

Keywords: Effect Of Welding On Reinforcement, Electrode Welding In Reinforced Concrete, Anchoring in Reinforced Concrete, Plate Fixing in Reinforced Concrete

DEVELOPING THE GARDEN-TYPE GOALPOST DESIGN, INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY, INNOVATIVE FITTING DEVELOPMENT AND PROTOTYPE PRODUCTION

Fatma Nur GÜLALAN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
fatgulalan@gmail.com

İlter KİLERCİ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ilter.kilerci@ekoendustri.com

Osman ÇULHA
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
osman.culha@twinarge.com.tr

Mehmet BEŞPINARLI
Ege Üniversitesi, Ege Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Makina
mehmet.bespinarli@ekoendustri.com

Abstract
Conceptual design is an approach that creates the first step of the design process by focusing on a general concept or idea at the initial stage of a product or system. At this stage, the functions, features, user requirements and design goals of the product or system are determined. In the conceptual design phase, the focus is on basic elements such as the general functions, components, structural features, operation and user experience of the product or system. It provides the basis for making more detailed and specific design decisions at future stages of design. The goalpost product, which was developed within the scope of the study, emerged with the demand for improvement and development in design, taking into account the customer experience data of a global company that sells sports equipment. In the production of the goalpost product, the purpose of the functions was determined, all the functions of the design process were examined, the process steps were created and the process was determined in detail. The goalpost of systematizing the solution variants was achieved by making a conceptual design for the goalpost product, which is produced in the field of metalworking. The existing six-stage production process consisting of pipe cutting, pipe bending, pipe end choking, hole drilling, pin welding, paint assembly has been reduced to three stages as pipe length cutting, elbow processing, paint-assembly. Design improvements were made taking into account features such as ease of use by users, possibility of assembly and disassembly, easy manufacturability, low packaging cost and modular aesthetics. In addition, problems such as sagging of the goal, getting rid of the ball from the net and tipping over have been solved, the production process has been improved, reducing costs and increasing added value.

Keywords: Conceptual Design, Assembly, Product Development

ROBOTIC REHABILITATION GLOVES THAT CAN BE USED AS A SUPPORT IN THE TREATMENT OF MULTIPLE SCLEROSIS AND RHEUMATIC DISEASES

Merve ÖNSÜZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
m@m.co

Rabia Nur Tezcan
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
r@r.co

Sümeyye Yayla
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
s@s.co

Çağatay TAŞDEMİRCİ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
cagatay.tasdemirci@kocaeli.edu.tr

Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Abstract
Neurological disorders that occur as a result of various accidents, injuries and diseases and may couse various movement abnormalities or restrictions in the arms and legs, which adversely affect the quality of life of the patients. Due to neuroplasticity, it is possible to recover some of the lost functions through rehabilitation. Regaining mobility is the main goal of the rehabilitation process. With the development of technology, the use of robots in the field of health is increasing day by day. Robots are used in different researches and in the treatment of different diseases. Rehabilitation gloves are devices that shorten the treatment time, accelerate the recovery time, increase the functionality, and enable more active use of the hands and fingers in their daily lives in patients who have partially or completely lost their ability to move in the hand or fingers. Within the scope of this study, it was ensured that the body part, which could not perform its process adequately, became healthier with certain exercises. With the exercise glove we have created, it can perform the necessary procedures for the rehabilitation of the patient. The glove receives external commands to perform certain exercises and can be programmed individually. Follow-up of the exercises can be done from the computer and phone. The system gives a warning when the person encounters any problem during rehabilitation. And if there is a problem-free treatment, communication is provided at the end of the treatment.

Keywords: Physical Therapy, Muliple Sclerosis, Rehabilitation, Robotic Gloves

CONTROLLED DRUG RELEASE USING POLYMER ENCAPSULATION TECHNOLOGY

Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Çağatay TAŞDEMİRCİ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
cagatay.tasdemirci@kocaeli.edu.tr

Abstract
Hybrid particles have been used frequently, especially in biomedical applications and nanotechnology studies. The hybrid production of a particle allows its desired physical or chemical properties to be increased. In this study, it was aimed to coat drugs that are absorbed in the small intestine with alginate/chitosan, which is a natural polysaccharide. Colchicine used for the treatment of rheumatic diseases, Metromin used for type 2 diabetes and antibiotics used in the treatment of bacterial diseases were chosen as model drugs. In order to avoid adverse situations such as overdose and shock effects, especially when such drugs are used in high doses, drug release should be controlled. In addition, the maximum time that the drug will spend in the digestive system should be taken into account, and excretion should not occur before absorption occurs. The reason why the alginate/chitosan hybrid particle is preferred is to increase the stability of the alginate at low pH and to ensure that the drug reaches the jejunum and ileum. In the study, gentamicin and tobramycin as colchicine, metromine and aminoglycoside antibiotics were successfully coated with an ionic gelation-dropping method. The obtained drug capsules were subjected to interaction in solutions at different pHs, and it was observed that they did not dissolve at low pH, and the rate of dissolution could be limited at high pH. Studies have shown that the mechanical strength of the capsules is weak. It is predicted that their mechanical strength can be increased with the addition of Polyvinyl alcohol or Polyethylene oxide, which are synthetic polymers.

Keywords: Biofilm, Drug Release, Polymer Encapsulation

SYNTHESIS OF NOVEL CYCLOPENTAFURANONE COMPOUNDS FROM CRUDE TURPENTINE OIL

Fatma Yeşim ÇAT
Parkim Group Ar-Ge Merkezi
yesim@parkimgroup.com, yesimcat@gmail.com, ORCHID: 0000-0002-8347-2518

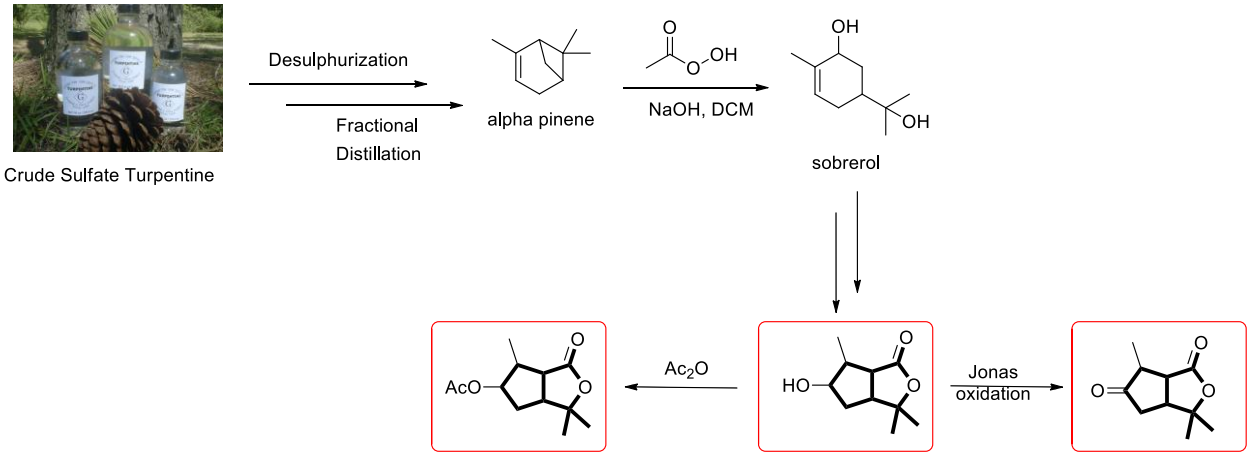
Belkıs BİLGİN ERAN
Yildiz Technical University / Faculty of Arts and Sciences/ Department of Chemistry
bbilgin@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1542-7854

Akın SAĞIRLI
Bolu Abant İzzet Baysal University/ Faculty of Arts and Sciences/ Department of Chemistry
sagirli_a@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0759-334X

Harun TAŞDEMİR
Parkim Group Ar-Ge Merkezi
harun@parkimgroup.com, ORCID: 0000-0002-0035-9262

Abstract
Crude turpentine oil, a natural byproduct of the wood pulping process, has emerged as a promising feedstock for the production of value-added chemicals due to its high content of terpenes[1-2]. Cyclopentafuranone compounds also hold significant importance in various fields due to their unique chemical properties and potential applications in pharmaceuticals and fragrance industry[3-4]. In this study, we present a novel approach for the synthesis of cyclopentafuranone compounds from crude turpentine oil, aiming to harness the untapped potential of this abundant and renewable resource. The synthesis strategy involves a series of steps, including the purification of crude turpentine oil to remove unwanted sulfur content, isolation of the key terpene constituent, α-pinene, and their subsequent transformation into cyclopentafuranone derivatives through carefully designed chemical reactions. The synthesized compounds were identified and characterized using physical and spectroscopic techniques, including nuclear magnetic resonance (NMR) and mass spectrometry (MS). Furthermore, the potential applications of the obtained cyclopentafuranone compounds will be assessed in diverse fields, such as pharmaceuticals, agrochemicals, and the fragrance industry. Overall, this study highlights the significant potential of turpentine oil as a renewable feedstock for the synthesis of novel cyclopentafuranone compounds, paving the way for sustainable and environmentally friendly approaches to chemical synthesis.

Keywords: Cyclopentafuranone, turpentine oil, odor



Scheme 1. Synthesis of cyclopentafuranone derivatives

References:

1- Golets, M., Ajaikumar, S., & Mikkola, J.-P. (2015). Catalytic Upgrading of Extractives to Chemicals: Monoterpenes to "EXICALS." Chemical Reviews, 115(9), 3141–3169. doi:10.1021/cr500407m
2- Izmest'Ev, E. S., Rubtsova, S. A., & Kutchin, A. V. (2019). Environmental aspects of sulfate turpentine refining. Теоретическая и прикладная экология, (1), 12-22.
3- Namyslo, J. C., & Kaufmann, D. E. (2020). Recent Advances in Total Synthesis of Bioactive Furo[3,2-b]furanone Natural Products. Asian Journal of Organic Chemistry, 9 (4), 449–479. doi: 10.1002/ajoc.201900714
4- Van, V., Stahl, W., Nguyen, M. T., & Nguyen, H. V. L. (2019). The Smell of Coffee: The Carbon Atom Microwave Structure of Coffee Furanone Validated by Quantum Chemistry. Canadian Journal of Physics. doi:10.1139/cjp-2019-0475

FULL PAPERS

Ficus Carica BİTKİSİNİN *Staphylcoccus AUREUS* BAKTERİSİNE KARŞI ETKİSİNİN ÇALIŞMASI

Beyza Demir
Validebağ Fen Lisesi
beyzadmr2006@gmail.com, ORCID: 0009-0002-0975-0441

Melis Sezgin
Validebağ Fen Lisesi
melissezgiinn@gmail.com, ORCID: 0009-0004-5049-7155

Fatma Zehra Türkmen
Validebağ Fen Lisesi
fz.turkmenn@gmail.com, ORCID: 0009-0003-4384-166X

Beyza Yılmaz
Üsküdar Üni./Fen Bilimleri Enstitüsü/Biyoteknoloji
beyza.yılmaz@st.uskudar.edu.tr, ORCID: 0009-0007-5768-5070

Pınar Özdemir
Üsküdar Üni./ Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji
pinar_biyoloji@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-0947-6999

Özet
Antibiyotik direnci küresel çapta gündemde olan ve çözüm yolları aranan önemli bir epidemiyolojik problemdir. Bu problemin sebep olduğu morbidite ve mortalite oranlarının heryıl artması sonucunda yeni alternatif antibiyotik geliştirme çalışmaları hız kazanmaktır. Bu araştırmada zengin biyoaktif içeriğe sahip olup aynı zamanda dünyada üretimi konusunda Türkiye'nin birinci olduğu incirin (*Ficus carica*) antibiyotik direncinde önde gelen metisilin dirençli *Stapylcoccus aureus* (MRSA) bakteri suşuna karşı antibakteriyel aktivitesinin bilgisayar tabanlı moleküler kenetlenme çalışmalarıyla hesaplanması hedeflenmiştir. In silico çalışma yöntemlerden biri olan moleküler kenetlenme, in vitro ve in vivo çalışma aşamasına geçmeden önce ön eleme olanağı ve zaman-maliyet kazancı sağlaması yönüyle önem arz etmektedir. MRSA suşunda antibiyotik direncine sebep olan proteinin incir bitkisinin tüm bölümlerine ait molekülleriyle olan etkileşiminin bağlanma enerjileri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda protein-ligand yapısında yüksek bağlanma enerjisi gösteren moleküllerden genel kabul görmüş ilaç olabilme parametrelerine uygun olanlar saptanmıştır. Sonuç olarak incirin meyvesine(fruit), bitkisine(plant) ve yaprağına(leaf) ait biyoaktiflerden yüksek afinite gösteren, biyoyararlanım oranı yeterli olan biyoaktiflerin geliştirilerek alternatif antibiyotik çalışmalarında kullanılabileceği kanısına varılmıştır. Elde edilen bulguların incirin antibakteriyel aktivitesine dair yapılan in vivo ve in vitro çalışmaları desteklemesi ve yeni çalışmaların önünü açması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: In silico, Antibakteriyel, *Ficus carica, Staphylococcus aureus*

Study of the Effect of Ficus carica Plant Against *Staphylococcus aureus* Bacteria

Abstract
Antibiotic resistance is an important epidemiological problem that is on the global agenda and solutions are sought. As the morbidity and mortality rates caused by this problem increase every year, studies on developing new alternative antibiotics are gaining momentum. In this study, it was aimed to determine the antibacterial activity of the fig (Ficus carica), which has a rich bioactive content and is the first in production in the world, against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) bacterial strain, which is the leading antibiotic resistance, by computer-based molecular docking studies. Molecular docking, which is one of the in-silico methods, is important in terms of providing pre-screening and time-cost savings before proceeding to the in vitro and in vivo study phase. The binding energies of the

interaction of the protein that causes antibiotic resistance in MRSA strains with the molecules of all parts of the fig plant were detected. In this direction, among the molecules with high binding energy in the protein-ligand structure, those that are suitable for the generally accepted drug likeness parameters were evaluated. As a result, it has been concluded that drug molecules with high affinity and sufficient bioavailability of bioactive molecules found in the fruit, plant and leaf parts of fig can be developed and used in alternative antibiotic studies. It is aimed that the findings obtained will support in vivo and in vitro studies on the antibacterial activity of figs and bring a different perspective to new studies.

Keywords: In silico, Antibacterial, *Ficus carica, Staphylococcus aureus*

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından bugüne, enfeksiyona neden olan bakteriler sağlık açısından ciddi sorun teşkil etmektedir. Her çağ ve medeniyet kendi imkanları çerçevesinde busorunu anlamlandırmaya çalışmış ve bu soruna çözüm yolları aramışlardır. Günümüzde bakterilerin yol açtığı hastalıklara karşı kullanılan en yaygın tedavi yöntemlerinden birisi antibiyotik kullanımıdır. Antibiyotiklerin özellikle salgın hastalıklarda ve ameliyat sonrası koruyucu amaçlı kullanılmaya başlanması tıp tarihinde dönüm noktası olmuştur. Bununla beraber antibiyotiklerin yaygınlaşması ve bilinçsiz kullanımı bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç gösterme sürecini hızlandırmıştır. Antibiyotik direnci küresel ve ciddi bir sağlık sorunudur. Bu direncin yol açtığı mortalite ve morbidite oranlarının hızla artması öngörülmektedir. Yapılan son araştırmalara göre 2019 yılında antimikrobiyal direnç sebebiyle **1.27 milyon**, bu dirençle ilişkili olarak **4.95 milyon** insan hayatını kaybetmiştir ve bu hastalıklara yol açan patojenler arasında *Staphylococcus aureus* önde gelen ikinci bakteri türüdür (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022) *Staphylococcus aureus*, Staphylococcaceae familyasından gram pozitif, fakültatif anaerobik, mezofilik ve sporsuz özellik gösteren *Staphlycoccus* cinsine ait bir bakteri türüdür. Bu bakteri türü doğada çok yaygınolmakla beraber insan ve hayvan dışkısında, burun ve boğaz boşluğunda, akne ve sivilcelerde- deri ve mukoza zarlarında-yoğun olarak bulunmaktadır. Kalabalık ortamlarda bulunmak, ortakkişisel bakım malzemesi kullanmak, enfeksiyöz lezyon veya hasarlı cilt ile fiziksel temas, hijyen kurallarını ihlal etmek ve bilinçsiz olarak antibiyotik kullanmak bu bakterinin bulaşmasına yardımcı olan faktörlerdendir. Hastane ortamında ve toplumda yüksek oranlarda izole edilen bu patojen yüzeyselden derin dokulara ulaşarak doğal bariyerleri aşar ve haşlanmışderi sendromu, endokardit, pnömoni, menenjit, toksik şok sendromu ve sepsis gibi ölümcül enfeksiyonlara sebebiyet verir. Bakterinin enfeksiyon oluşturmasında burun bölgesi ana kolonizasyon bölgesiyken bağırsak ve cilt bölgeleri de kolonize edilebilir bölgelerdendir. Derideki küçük bir çizik yarasından epitelyal koruyucu tabakayı geçen bakteriler invaziv cilt enfeksiyonlarına yol açabilirken biyofilm oluşturma kapasitelerinin yüksek olmasıyla aynı zamanda hastane ortamında tıbbi cihazları kontamine edebilirler. Enfekte olan kişide baş ağrısı, akne oluşumu, halsizlik, ateş gibi semptomların ortaya çıkması ihtimali bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre şeker hastalığı, yanık ve açık yaralar, nakledilmiş organ veya implant edilmiş tıbbi cihazlar, yeni doğum ve emzirme enfeksiyonun bulaşma tehlikesini arttırabilmektedir. (Cunha, 2017; Cheung, Bae ve Otto, 2021)Bahsedilen enfeksiyonlar arasında *S.aureus* bakterisinin metisiline dirençli olan suşları (MRSA) en zor tedavi edilen türlerden biri olup aynızamanda çok sayıda vakaya ve ölüme sebep olan suşlar arasındadır. MRSA ilk olarak 1961'deBirleşik Krallık'ta bulunan hastane servisleri tarafından izole edilmiş olup günümüzde küresel çapta epidemiyolojik ve terapötik bir sorun haline gelmiştir. Penisilinin stafilokokal enfeksiyonlara karşı yaygın olarak kullanılmaya başlanılmasından sonra dört yıl içinde penisiline dirençli -beta-laktamaz enzimi sentezleyen *S.aureus* suşları açıklanmıştır; bu direncin gittikçe artması ve komplike hale gelmesiyle beraber 1951 yılında semisentetik penisilin ve beta-laktam sınıfı olan metisilin, ardından benzer özellik gösteren diğer penisilinlerin piyasaya sürülmesiyle tedavi sürecinde büyük gelişme kaydedilmiştir fakat bu süreçleri takiben metisilin ve türevlerinin sıkça, bilinçsiz ve yanlış teşhis sebebiyle kullanımınabağlı olarak SCCmec (SCC, Staphylococcal Casette Chromosome; mec, metisilin direncine neden olan genetik eleman) klonları ortaya çıkmıştır (Doğan, Palaz ve İzgür, 2018). Beta- laktam antibiyotikler normal şartlarda penisilin bağlayıcı proteinleri (PBP)hedefler, bu proteinler bakterinin peptidoglikan yapıdaki hücre duvarının biyosentezinden sorumludur. Beta-laktamlar PBP enzim ailesinin transpeptidasyonunu inhibe ederek hücre duvarının oluşumunu engellemekte ve bu durum bakterinin

ölümü ile sonuçlanmaktadır. MRSA'lara özelolarak kromozomda SCCmec kasetleri üzerinde olan ve mecA ve mecC genleri tarafından kodlanan PBP2/2a proteinleri beta-laktamlara karşı düşük afinite göstermektedir. Bu durumdainhibe olan PBP'ler yerine PBP2/2a'lar hücre duvarının biyosentezini tamamlayabilmekte ve bakteri antibiyotik varlığında canlılığını sürdürebilmektedir (Mahasenan ve diğerleri, 2017).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; MRSA antibiyotik direnç mekanizmasına çözüm olarak yeni antibiyotik türleri çalışılmıştır, aynı zamanda günümüzde kombine edilmiş antibiyotik tedavileri geliştirilmekte ve antibiyotiğe alternatif antibakteriyeller araştırılmaktadır. Bu aşamada doğada hazır halde bulunan bitki aktif moleküllerinin etkili bir çözüm yolu sunabileceğine dair literatürde çalışmalar mevcuttur (Okigbo ve Mmeka, 2008).İncir (*Ficus carica*) anavatanı Türkiye olmakla beraber tropik, subtropik bölgelerde ve ılıman iklim kuşağında yetişen; dutgiller (*Moraceae*) ailesine mensup bir meyve türüdür.Yetiştiriciliği eski medeniyetlere kadar uzanan incir; çeşitli din ve kültürlerde kutsal kabul edilmiş, uzun ve sağlıklı yaşamın simgesi haline gelmiştir (Özcan, 2020). Günümüzde de zengin antioksidan, vitamin ve mineral içeriği gibi biyoaktif ve tıbbi özellikleri sayesinde talepgörmektedir. Yapılan kapsamlı araştırmalar sonucunda *F. carica*'nın anemi, kanser, diyabet, karaciğer hastalıkları, felç, cilt hastalıkları, ülser tedavisinde kullanıldığını bildirilmiş ve klinikkullanım potansiyeli göz önüne alınmıştır (Mopuri, Ganjayi, Meriga, Koorbanally ve Islam, 2018). *F.carica* yapraklarının yüksek oranda flavonoid bileşik içermesi oral bakterilere karşı antibakteriyel aktivite gösterebileceği düşüncesini akıllaragetirmiş ve Kore'de yapılan bir araştırmada *F.*carica yapraklarının karyojenik bakterilere ve periodontal patojenlere karşı yeni bir ajan için gerekli koşulları karşılayarak ağız bakım ürünlerinde doğal bir antibakteriyel ajan olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Jeong, Kim ve Cha, 2009). Malezya'da yapılan bir araştırmada ise Malezya'nın incir ağaçlarından toplanan yapraklardan metanolik ekstrakt elde edilmiş ve disk difüzyon yöntemi kullanılarak ekstraktın *S.aerus ve Escherechia Coli* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivitesi her bir bakteri için inhibasyon bölgesi çapı kaydedilerek gözlemlenmiştir. *S. aureus,* 900 mg/ml konsantrasyonunda numune ekstraktı için 9 mm ile en yüksek inhibisyon bölgesi çapı olarak tespit edilmiştir.Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde incir yapraklarından hazırlanan metanol ekstraktının alternatif antibiyotik geliştirme çalışmalarında kullanılabileceği ortaya koyulmuştur. İncirin yaprağında bulunan biyoaktiflerin bakterinin hücre bileşenleriyle sitoplazmik membranına ve genetik materyallerin bakteriyel işlevine müdahalede bulunmasıyla beraber protein sentezini inhibe edebilmesi antibakteriyel aktivite oluşturan faktörler arasında gösterilmiştir (Rostam, Salleh, Harun ve Ali, 2018).

Benzer bir çalışma Türkiye'de, *Ficus carica* ve *Ficus alba* türlerinden elde edilen incir sütlerinin antibakteriyel ve antifungal etkisini incelemiştir. Bu çalışmada *S. Aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etki 12.29 mm zon çapı olarak belirlenmiştir. Ayrıca siyah incirden (*Ficus carica*) elde edilen sütün, beyaz incirden (*Ficus alba*) elde edilene oranla daha yüksek antibakteriyel ve antifungal özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Akarca ve Tomar, 2019).Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde incir (*Ficus carica*), tıbbi yönüyle değerlendirilmeye çok açık bir bitkidir. Bu konu hakkında Çin'de yapılan bir araştırmada maliyetersizlik nedeniyle ilaç geliştirme çalışmalarına başlanamadığı ve bunun için tarlada başarıyaulaşılmasının gerekliliği belirtilmiştir (Weibin, Kai, Zhifeng, Yelin ve Lianju, 2001). Türkiye,bahçe bitkileri yetiştirme potansiyelinin yüksek olmasıyla dünyadaki nadir ülkelerden biri olupbirçok meyve türü ve çeşidinin gen merkezidir. Dünyadaki 140 meyve türünden 80 tanesi Türkiye'de yetişmekte olup bu meyvelerden biri incirdir (Ek, 2011). Bununla beraber incir, kuru ve yaş tüketiminin oldukça yaygın olması sebebiyle gıda endüstrisinde önemli ticari değere sahiptir (Duman ve Yazıcı, 2018). FAO'dan alınan verilerine göre 2019 yılından itibaren Türkiye, dünyanın incir üretimine ayırdığı 290 ha alandan %18'lik pay almış olup %27'lik payalan Fas'dan sonra ikinci sırada gelmektedir. Bununla beraber 310 bin ton incir üretimiyle dünyada **birinci** sıradadır. Dünyada üretilen kuru incirin %56'sı(89 bin ton) Türkiye'ye aittir. Ayrıca dünyada yapılan 158 bin tonluk incir ihracatından %53,8'lik pay alıp 85 bin ton ihracatlaTürkiye birinci sıradadır (FAOSTAT, 2021). Bu verilerin ışığında bir analiz yapıldığında ülkemizde antibiyotik direncinin artması ile aynı zamanda incir üretiminin verimli ve yüksek oranda olması arasında bağlantı kurulabilmektedir. Ülkemizin incir üretimindeki yüksek potansiyeli göz önüne alınarak incirin ekonomik açıdan sağladığı katkının tıbbi açıdan da sağlanabileceği tahmin edilmektedir. Bu doğrultuda *Ficus carica*'nın aktif moleküllerinin

MRSA suşunda özel olarak bulunup antibiyotik direncine sebep olan bulunan PBP2a proteiniyle olan etkileşimi in silico yöntemlerden faydalanarak araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kurulan hipotezin altyapısını desteklemek için farklı veri tabanlarında gelişmiş arama sorguları yapılarak literatür taramaları iş planı gerçekleştirilmiştir. Bu iş planı için, açıkerişimli Millet Kütüphanesi, Üsküdar Üniversitesi Kütüphane Portalı, NCBI Pubmed, Google Akademi ve YÖK Tez veri tabanları kullanılmıştır. Çalışmada yer alan metodlar, bilgisayar programları ve çevrimiçi biyoinformatik alt yapısına sahip veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kimyasal kenetleme çalışmalarını yapabilmek için Üsküdar Üni. Moleküler Biyoloji/Biyoteknoloji Alanında İleri Kimyasal Hesaplamalar dersi sorumlu hocasından bir dönem (haftada 2 gün, toplam 75 saat) ders alınmıştır.Çalışılacak olan *Ficus carica* aktif moleküllerinin bilgilerine Dr Duke (Duke, 2016) veri tabanından ulaşılmıştır. Belirlenen bitki aktif moleküllerini tanımlayabilmek ve iki boyutlu yapılarına ulaşabilmek için PubChem (Kim ve diğerleri, 2023) veri tabanı kullanılmıştır. Çalışılacak olan moleküllerin emilim, dağılım, metabolizma, boşaltım (ADME parametreleri) özelliklerini değerlendirebilmek ve ilaç olma potansiyelleri olan moleküllerin filtrelemelerini yapabilmek için SwissADME veri tabanı (Daina, Michielin ve Zoete, 2017) kullanılmıştır. Moleküllerin Spartan ‘14 V1.1.4 programı (Stewart, 2009) ile geometri optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. Hedef olarak belirlenen *S. aureus* organizmasının ilgili protein grubunun kristalografik yapısı olarak Protein Data Bank veri tabanından (https://www.rcsb.org/) 5m18 id kodlu protein seçilmiştir. Kenetlenme çalışmalarına başlamadan önce Autodock Tools 1.5.7 programı (Sanner, 1999) aracılığıyla protein yapılarındaki su molekülleri silinip Hidrojen atomlarıeklenmiştir. Merkez koordinatları x=21.928, y= -17.414, z= -52.697 olan 40Å x 40Å x40Å’lükbir grid kutusu seçilmiştir. Çalışmanın kenetlenme çalışmaları Autodock Vina programı (Eberhardt, Santos-Martins, Tillack ve Forli, 2021) ile yapılmıştır. Çalışmanın tüm görüntüleme işlemleri ve protein-ligand etkileşim haritalarının elde edilmesi BIOVIA Discovery Studio programı (Dassault Syst`emes BIOVIA, 2016) ile gerçekleştirilmiştir. Dr Duke (Duke, 2016) veri tabanından bilgilerine ulaşılan *Ficus carica* aktif moleküllerinden 177 tanesiyle moleküler kenetlenme çalışması yapılmıştır. Bu aktiflerin hepsine ait fizikokimyasal veriler, incirde bulunduğu kısımlar ve bağlanma enerjileri;iki boyutlu moleküler yapı ve moleküle ait biyoyararlanım parametre değerleri SwissADME veri tabanından (Daina, Michielin ve Zoete, 2017) alınmış veri şablonu; ligand moleküllerin reseptör olarak seçilmiş proteinle olan etkileşim haritaları mevcuttur. Elde edilen veriler analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır.

3. SONUÇ

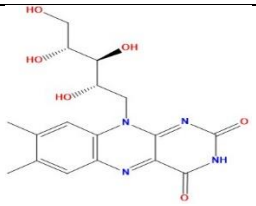
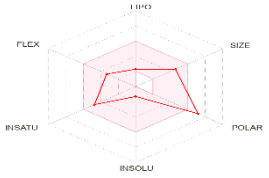
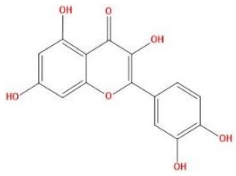
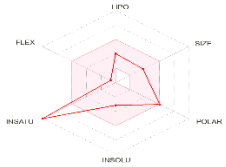
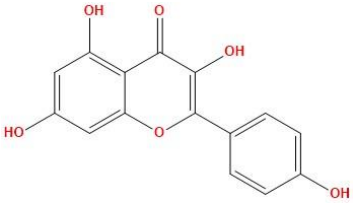
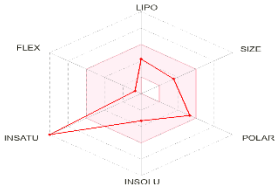
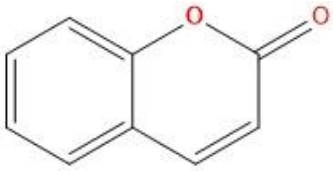
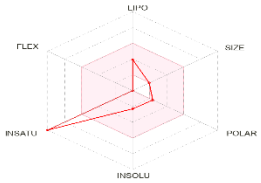
Tablo 1’de bağlanma enerjisi en yüksek ve diğer moleküllere oranla daha fazla sayıda hidrojen bağı yapmış olan ilk 4 molekül verilmiştir. Aynı zamanda bu moleküller Lipinski kuralına ait parametre değerlerinin hepsinden onay almış aktif moleküllerdir.

Tablo 1: Lipinski kurallarından onay almış olup bağlanma enerjisi en yüksek olan 4 molekül ve fizikokimyasal değerleri

Moleküler ağırlık (g/mol)	Consensus Log Po/w	Bağlanma enerjileri (kcal/mol)	Çalışılan bitki aktifi	Bulunduğu bitki bölümü
376.36	-0.32	-9.2	RIBOFLAVIN	Fruit
302.24	1.23	-9.1	QUERCETIN	Plant
286.24	1.58	-8.8	KAEMPFEROL	Plant
308.33	3.12	-8.4	COUMARINS	Leaf

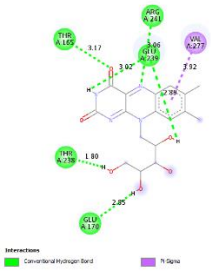
Tablo 2’de Tablo 1’deki aktiflerin iki boyutlu moleküler yapısı ve biyoyararlanım özelliklerine ait veri şablonu yer almaktadır.

Tablo 2: Lipinski kurallarından onay almış olup bağlanma enerjisi en yüksek olan 4molekülün 2 boyutlu yapısı ve SwissADME radar haritası

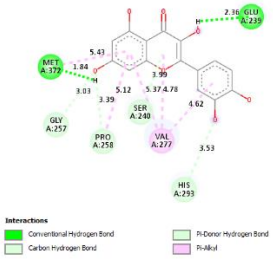
RIBOFLAVIN		
QUERCETIN		
KAEMPFEROL		
COUMARINS		

Tablo 3, Tablo 2'de yer alan moleküllerin reseptör olarak seçilen proteinle yaptığı etkileşimlerin haritalarını göstermektedir.

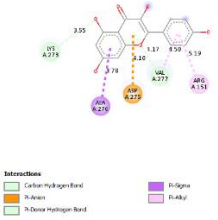
Tablo 3: Lipinski kurallarından onay almış olup bağlanma enerjisi en yüksek olan 5 molekülün protein-ligand etkileşim haritası



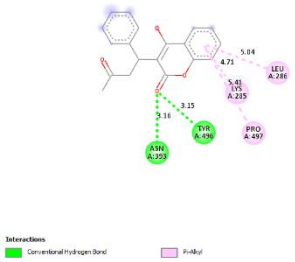
RIBOFLAVIN



QUERCETIN



KAEMPFEROL



COUMARINS

4. TARTIŞMA

Moleküler kenetlenme skorları alınan 177 molekülden 19 tanesi hem yüksek afinite göstermiş hem de Lipinski'nin kurallarından geçmiştir, bunlardan en yüksek afinite gösteren 5 tanesi bulgularda verilmiştir. Bulgular için seçilen moleküllerin ilaç olabilirlik parametrelerine uygun olması için Tablo 3 'te verilen şablonda pembe alan içinde kalmalarına dikkat edilmiştir (LIPO: lipofilisite, SIZE: molekül ağırlığı, POLAR: toplam molar yüzey alanı, INSOLU: çözünmezlik, INSATU: doymamışlık, FLEX: esneklik). Lipinski kuralları ADME parametrelerinden emilim (absorption) ile ilgili olan kısımdır. Lipinski kuralları ADME parametrelerinden emilim (absorption) ile ilgili olan kısımdır. Lipinski'nin 5 maddeden oluşan kuralına göre molekül ağırlığı 500 Dalton'dan büyük olmamalıdır. Bunun sebebi büyük moleküllerin bağırsak ve kan bariyer geçirgenliğinin yavaş olması ve membrandan geçmemesidir. Log P değeri 5'in üzerinde olmamalıdır. Log P değeri oktanol çözünürlüğün su çözünürlüğüne oranı (lipofiliklik) olarak ifade edilebilir. Bu değerin yüksek olması suda çözünme oranını azaltacağından molekülün kan dolaşımına katılmasını engeller, düşük olması ise membran geçirgenliğini azaltır. Bunlara ek olarak moleküldeki hidrojen bağ akseptör atom sayısı 10'un üstünde ve bağ donör atom sayısı 5'in üstünde olmamalıdır (Lipinski, Lombardo, Dominy ve Feeney, 2001). Bu moleküller arasında en yüksek bağlanma enerjisi "-9.2" değeriyle meyve kısmında (fruit) bulunan L107-Riboflavin aktifine aittir. "-9.1" değeriyle bitki bölümünde (plant) bulunan L1-Quercetin molekülü riboflavinden sonra ikinci sırada gelmektedir.

Riboflavin suda çözünebilme özelliğine sahip hidrofilik bir moleküldür. Buna bağlı olarak yağda çözünürlüğü (Consensus Log Po/w) düşüktür (-0.32). Quercetin molekülünün ise yağda çözünürlüğü yüksektir (1.23). Quercetin molekülüne yakın molekül ağırlığı olan kaempferol molekülünün Log P değeri Quercetin molekülüne kıyasla daha yüksek olup bağlanma enerjisi daha küçüktür. Bu doğrultuda incirin aktiflerinden seçilecek olan ligand molekülün optimum Log P değer aralığı -0.32 ve 1.23 olarak kabul edilebilir.

Elde edilen tüm bulgular incelendiğinde Riboflavin molekülünden daha yüksek bağlanma enerjisine sahip moleküllere rastlanabilir fakat bu moleküller Lipinski kurallarını büyük oranda ihlal edenlerdir. Ayrıca yüksek bağlanma enerjileri molekül büyüklüklerinin çok yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu çalışmanın amacı alternatif bir antibiyotik önerisi sunmak olduğu için biyoyararlanım en önemli kriterdir. Biyoyararlanım oranı yüksek olup bağlanma enerjisi düşük olan moleküller kurdukları konvansiyonel hidrojen bağlarıyla başka reseptör proteinlerle yüksek etkileşim gösterebilirler. Bunlara ek olarak ileri düzey türevlendirme çalışmalarıyla fizikokimyasal parametrelerin geliştirilmesi veya etkileşim değerinin arttırılması mümkün olabilmektedir.

Fic*us carica* bitki (plant) bölümünde bulunan Quercetin molekülünün Dr Duke (Duke, 2016) veritabanında tanımlanan 176, Kaempferol molekülünün 75 aktivitesi vardır bunlardan biri de antibakteriyel özelliktir. Yaprakta (leaf) bulunan Coumarin molekülünün tanımlanan aktivitesi bulunmamaktadır. Meyve (fruit) bölümünde bulunan Riboflavin için 15 aktivite tanımlanmış olup bunların içerisinde antikanser, antikatarakt özellik yer almaktadır.Sonuç olarak literatürde *Ficus carica* yaprağının antibakteriyel özelliğini in vitroçalışmalarla inceleyen araştırmalara ek olarak *Ficus carica* bitkisinin ve meyvesinin deantibakteriyel ilaç çalışmalarında kullanılabileceğini kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

Akarca, G. ve Tomar, O. (2019). Siyah (*Ficus carica*) ve Beyaz (*Ficus alba*) İncirlerden Elde Edilen İncir Sütlerinin Antibakteriyel ve Antifungal etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*,(17), 1069-1074.

Antimicrobial Resistance Collaborators (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet (London, England), 399(10325), 629–655. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0

Cheung, G. Y. C., Bae, J. S., ve Otto, M. (2021). Pathogenicity and virulence of *Staphylococcusaureus*. *Virulence*, *12*(1), 547–569. https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1878688

Cunha, M. d. (2017). *Staphylococcus Aureus: Infections, Treatment and Risk Assessment.* NovaScience Publishers.

Daina, O. Michielin, V. Zoete. (2017). SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. Sci.Rep. 7:42717. doi: 10.1038/srep42717.

Dassault Syst`emes BIOVIA, Discovery Studio Modeling Environment, Release 2017, San Diego: Dassault Syst`emes, 2016.

Doğan, B., Palaz, M., ve İzgür, M. (2018). Metisilin Dirençli Staphylococcus aureus ve Önemi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, *29*(2), 157-161.

Duman, E., ve Yazıcı, A. S. (2018). Yaş İncir (Mor Güz-Sarı Lop) Çekirdek ve Çekirdek Yağlarının Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *28*(1), 69-76.

Eberhardt, J., Santos-Martins, D., Tillack, A.F., Forli, S. (2021). "Autodock Vina 1.2.0: New Docking Methods, Expanded Force Field, And Python Bindings. Journal Of Chemical Information And Modeling.

Ek, H. N. (2011). Bazı incir (*Ficus carica* L.) çeşitlerinin rakıma bağlı olarak antioksidan vitaminler, glutatyon ve malondialdehit düzeylerinin araştırılması/Effect of different altitute levels in vitamins A, E and C, glutathione and malondialdehyde in fig (*Ficus carica* L.).

FAOSTAT (2021) *World Fig Production*. (Erişim Tarihi: 01.09.2022)

H.M. Berman, J. Westbrook, Z. Feng, G. Gilliland, T.N. Bhat, H. Weissig, I.N. Shindyalov,P.E. Bourne. (2000) The Protein Data Bank Nucleic Acids Research, 28: 235-242.

Jeong, M. R., Kim, H. Y.ve Cha, J. D. (2009). Antimicrobial activity of methanol extract fromFicus carica leaves against oral bacteria. *Journal of Bacteriology and Virology*, *39*(2), 97-102.

Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., Li, Q., Shoemaker, B. A., Thiessen,P. A., Yu, B., Zaslavsky, L., Zhang, J.ve Bolton, E. E. (2023). PubChem 2023 update. NucleicAcids Res., 51(D1), D1373–D1380. https://doi.org/10.1093/nar/gkac956

Lipinski, C. A., Lombardo, F., Dominy, B. W., & Feeney, P. J. (2001). Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. Advanced drug delivery reviews, 46(1-3), 3–26. https://doi.org/10.1016/s0169-409x(00)00129-0

Mahasenan, K. V., Molina, R., Bouley, R., Batuecas, M. T., Fisher, J. F., Hermoso, J. A., Chang, M. ve Mobashery, S. (2017). Conformational Dynamics in Penicillin-Binding Protein 2a of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus, Allosteric Communication Network and Enablement of Catalysis. *Journal of the American Chemical Society*, *139*(5), 2102–2110.https://doi.org/10.1021/jacs.6b12565

Mopuri, R., Ganjayi, M., Meriga, B., Koorbanally, N. A., ve Islam, M. S. (2018). The effects ofFicus carica on the activity of enzymes related to metabolic syndrome. *Journal of food and druganalysis*, *26*(1), 201–210. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.03.001

Okigbo, R. N. ve Mmeka, E. C. (2008). Antimicrobial effects of three tropical plant extracts onStaphylococcus aureus, Escherichia coli and Candida albicans. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines : AJTCAM*, *5*(3), 226–229. https://doi.org/10.4314/ajtcam.v5i3.31277

Özcan, P. D. (2020). Subtropik Meyveler Ders Notu. *İncir Yetiştiriciliği*. Samsun.

Rostam, M. A., Salleh, M. S., Harun, A. F.ve Ali, A. N. (2018). The Antimicrobial Activities of Fig (Ficus carica L.) Leaves Extract Against Staphylococcus aureus and Escherechiacoli. *International Journal of Allied Health Sciences*, *2*(1), 273-284.

Sanner, M.F. (1999) Python: A Programming Language for Software Integration and Development. Journal of Molecular Graphics and Modelling, 17, 57-61.

Stewart, J. J. P. 2009. Application of the PM6 method to modeling proteins, J Mol Model. 15, 7(2009), 765–805

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 1992-2016. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. Home Page, http://phytochem.nal.usda.gov/ http://dx.doi.org/10.15482/USDA.ADC/1239279

Weibin, J., Kai, M., Zhifeng, L., Yelin, W., ve Lianju, W. (2001, May). The production and research of fig (*Ficus carica* L.) in China. In *II International Symposium on Fig 605* (pp. 191-196).

ALİMUNYUM ARAKATMAN KULLANIMIYLA SODA KİREÇ SİLİKAT CAM-304L PASLANMAZ ÇELİK BİRLEŞTİRMELERİ

Mustafa Burak Telli
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
mustafa.telli@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8302-9615

Tuğkan Kutlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
tugkankutlu35@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4712-4011

Özet
Parabolik güneş enerji toplama sistemlerinin verimini artırmak için kullanılan cam – metal birleştirmeleri, güneş enerji toplama tüplerinin ısıl verimin artırılması için önemli bir birleştirmedir. Soda kireç silikat cam- 304L paslanmaz çelik birleştirmeleri gerçekleştirilmesi durumunda yaygın kullanılan borosilikat cam – Kovar alaşım birleştirmelerine nazaran çok daha ekonomik bir alternatiftir. Bu çalışmada alüminyum arakatman kullanımı ve birleştirme sıcaklığının alüminyum katmanın katı halde kalacağı düşük sıcaklıklarda sınırlandırılmasıyla camda oluşan kalıntı gerilmelerin düşürülmesi ve yüzeyde oluşan reaksiyon katmanların azaltılması hedeflenmiştir. Soda kireç silikat cam-Alüminyum arakatman – 304L paslanmaz çelik birleştirmesi alüminyum katmanın katı halde bulunacağı 650 derece selsiyus da hava ortamında ısıl işlem basamağıyla gerçekleştirmiştir. Birleştirilen katmanlarda oluşan kalıntı gerilmeler sonlu elamanlar yöntemiyle Comsol 5.3 çoklu fizik yazılımıyla modellenmiştir. Kullanılan numune boyutları için sonlu elemanlar yöntemiyle modellenen kalıntı gerilmelerine göre en kritik bölge olan cam – alüminyum metal birleştirme bölgesinde cam yüzeyi -60 MPa seviyelerinde nispeten düşük minimal asal baskı gerilmelerine maruz kalmaktadır. Al-304L birleşme yüzeyi ise nispeten yüksek 100 MPa maksimal asal gerilmeye maruz kalmaktadır. Cam bölgesi için modellenen kalıntı gerilme sonuçları deneysel Vickers sertlik izi çatlak ilerlemesi ölçümleriyle genel olarak örtüşmektedir. Kesit numunelerin ışık ve elektron mikroskobu incelemelerinde kalıntı gerilmeler altında kalan birleştirme kesit numunesinin zamanla Al-304L birleşme arayüzeyinden ayrıldığı gözlemlenmiştir. Fakat ne cam-Al ne de Al-304L ara yüzeylerinde her han gibi bir reaksiyon katman oluşumu gözlemlenmemiştir. Başarılı soda kireç silikat cam-Al-304L birleştirmeleri için birleştirme arayüzeyinde cam bölgesinin kalıntı gerilmelerin düşük baskı gerilmesine maruz kalması gerektiği, Al-304L birleştirmesinin ise 100 MPa seviyelerinden daha düşük çekme gerilmelere maruz kalması ve Al-304L bağlantısının güçlendirilmesi gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soda kireç silikat cam, Birleştirme, Kalıntı gerilme, Sonlu elemanlar metodu, Çoklu Fizik Simülasyonu, Comsol Multiphysics 5.3.

JOINNING OF SODA LIME SILICATE GLASS TO 304 L STAINLESS STEEL USING ALUMINUM INTERLAYER

Abstract
Glass to metal joining is an important for improving thermal efficiency of sun collecting tubes employed in parabolic through solar energy collectors. If soda lime silicate glass to 304L joining achieved successfully, it would be more economical alternative currently employed borosilicate glass to Kovar alloy joining. In this study, use of aluminium interlayer was investigated for glass to 304L joining by lowering joining temperatures to lower residual stress levels and to minimize interfacial reaction formations. Joining of soda lime silicate glass to 304L stainless steel with aluminium interlayer was done in air at 650 degrees Celsius to keep aluminium interlayer in solid state. Residual stress levels developed at joined layers were modelled with Comsol 5.3 Multiphysics software employing finite element method. For the used sample dimensions, modelled residual stress for the glass at joining interface were rather low and at -60 MPa minimal principal compressive stress levels. However, Al–304L joining interface was exposed to rather high tensile maximal principal stress levels at the order of 100 MPa. It was observed that modelled residual stress levels developed in bonded glass regions matched well with experimentally observed levels measured from growth rates of formed cracks from

Vickers indentation marks. Light microscope and scanning electron microscope investigation of cross section samples of joined sample showed that bonding was separating from Al-304L interface within time. But no extensive reaction layer formation was observed between neither glass–Al nor Al-304L interfaces. For a successful soda lime silicate glass -Al -304L joining, it is concluded that, glass at joining interface needs to remain in low residual compressive stress levels and Al-304L joining interface should experience lower than 100 MPa tensile stress levels and bonding at Al-304L interface should be improved.

Keywords: Soda lime silicate glass, Joining, Residual Stress, Finite Element Method, Multiphysics simulation, Comsol Multiphysics 5.3.

1. GİRİŞ

Cam – metal birleştirmelerine uzay, yarı iletken aygıt, katı oksit yakıt pil ve parabolik güneş enerji sistemleri gibi birçok teknolojik olarak önemli alanda ihtiyaç duyulmaktadır (Yi ve ark., 2020). Parabolik güneş enerji sistemleri yaygın kullanılan güneş enerji toplama sistemlerinden biridir (Khan ve ark., 2023). Parabolik güneş enerji sistemlerinde güneş ışınları güneş kolektörleri tarafından odaklanarak güneş enerji toplayıcı ünitesindeki ısı transfer sıvısın ısıtılmasını sağlar. Güneş enerji toplayıcı ünitesindeki ısı transfer kayıpların azaltılması ve ısıl veriminin artırılması için ısı transfer sıvısının bulunduğu toplayıcı metalik borunun cam bir dış tüple çevrelenip cam tüpün metal boruyla birleştirilmesi gereklidir (Sandeep ve Arunachala, 2017). Isı transfer ünitesinde en çok karşılaşılan ve ünitenin değiştirilmesine neden olan sorun camla metalin birleştirme bölgesinde camın kalıntı gerilmeler nedeniyle zarar görmesidir (Lei ve ark., 2010). Cam-metal birleştirmeleri camla metalin yüksek sıcaklık birleştirme basamağı sonrasında oda sıcaklığına soğuması sırasında camla metalin termal genleşme ve elastik sabit gibi farklı malzeme özellikleri göstermeleri nedeniyle oluşur. Isı transfer ünitesinde genel olarak borosilikat cam – Kovar alaşım birleştirmeleri, bu iki malzemenin düşük sıcaklıklarda yakın termal genleşme katsayısı göstermeleri nedeniyle tercih edilmektedir (Lei ve ark., 2012). Fakat Kovar alaşımının pahalı oluşu nedeniyle daha ekonomik alternatiflerin geliştirilmesi önemlidir. Başarıyla gerçekleştirilmesi durumunda, soda kireç silikat – 304L paslanmaz çelik birleştirmeleri daha ekonomik bir alternatiftir. Soda kireç silikat cam – 304L paslanmaz çelik birleştirmelerin doğrudan gerçekleştirilmesi, büyük termal genleşme farkı ve elastik sabit farkları nedenleriyle zordur. Bu çalışmada alüminyum arakatman kullanılarak soda kireç silikat cam – 304L paslanmaz çelik birleştirmesi incelenmiştir. Birleştirme sıcaklığının alüminyumun arakatmanın katı fazda kalacağı nispeten düşük sıcaklıkla sınırlandırılmasıyla alüminyum katmanın şeklini koruması ve birleştirme yüzeylerinde oluşan reaksiyon katmanlarının azaltılması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Deneylerin yapılmasında kullanılan malzemeler: Soda kireç silikat cam (Schott Ar glass, Almanya), Alüminyum (%99,9 saflıkta, Alfa Aesar, A.B.D.) ve 304L paslanmaz çeliktir (Acciaierie Valbruna, İtalya). 10 mm çapındaki soda kireç silikat cam çubuk 10 mm boyunda olacak şekilde ve 11 mm çapındaki 304L paslanmaz çelik çubuk 5 mm boyunda olacak şekilde hassas kesici elmas diskle kesilip, 600 ve 1000 nolu SiC zımpara kağıdıyla kesme izleri gidecek şekilde zımparalanmıştır. 0,25 mm kalınlığındaki alüminyum folyo 12x12 mm olacak şekilde kesilip 304L ile cam arasına yerleştirilip Nabertherm marka fırında 650 ^{o} C de hava ortamında 20 dakika boyunca ısıl işlemle birleştirilmiştir. Birleştirme sonrası 20 dakika içinde 530 ^{o} C ye soğutulan numune bu sıcaklıkta 20 dakika beklenerek camda ilk birleştirme sonrasında bu sıcaklığa kadar soğumayla oluşan ilk termal gerilmelerin gidermesi gerçekleştirilmiştir. Birleştirme numunesinin 530 ^{o} C den oda sıcaklığına soğutulması fırın ortamında 5 saat içinde tamamlanmıştır. Kullanılan ısıl işlemle birleştirmesi başarıyla gerçekleşen soda kireç silikat cam -alüminyum arakatman- 304L paslanmaz çelik numunesinin birleştirme ara yüzeylerin incelenebilmesi için bakalite alınarak kesit numunesi hazırlanmıştır. Bakalite alınan numune 600 nolu SiC zımpara kağıdıyla birleştirme kesiti açığa çıkana kadar zımparalanmış takiben 1000 nolu SiC zımpara kağıdıyla ince zımparalanıp 3 mikron elmas süspansiyon kullanılarak parlatılmıştır. Hazırlanan kesit numunesinde birleştirme ara yüzeyleri ışık mikroskobu (Zeiss Axiotech) ve tarama elektron mikroskobuyla (JEOL 6060) yüzey reaksiyon katmanları ve çatlak oluşumları için incelenmiştir. Tarama elektron mikroskop incelemeleri öncesinde elektriksel yalıtkan cam bölgesindeki şarj etkileri azaltmak için hazırlanan kesit numunesi ince altın katmanla sıçratma (Bal-Tech SCD 005 Sputer)

kaplanmıştır. Birleştirme arayüzeylerindeki oluşan reaksiyon katman ve kimyasal içerik değişim incelemeleri tarama elektron mikroskop incelemesi sırasında X-ışını enerji değişim spektrometresi (EDS) analizleriyle (IXRF EDX Mikroanaliz Sistemi) gerçekleştirilmiştir. Birleşme sonrasında birleştirilen katmanlarda oda sıcaklığına soğumayla oluşan kalıntı gerilmeler sonlu elamanlar yöntemiyle Comsol 5.3 çoklu fizik yazılımıyla modellenmiştir. Camda oluşan kalıntı gerilmelerin camın gerilim giderme işlemi sonrasında 530 ^{o} C den oda sıcaklığına soğutulması sırasında oluştuğu kabul edilerek yapılmıştır. Modelleme sırasında cam sadece elastik deformasyon gösteren bir malzeme olarak kabul edilirken, alüminyum ve 304L paslanmaz çelik elastik ve plastik deformasyon gösteren malzemeler olarak kabul edilmişlerdir. Çoklu fizik modellerinde kullanılan malzeme özellikleri Tablo1 de verilmiştir. Camda oluşan kalıntı gerilmeler bakalite alınıp hazırlanan kesit numunesi üzerinden ve 1kgf altından açılan Vickers sertlik (Zwick Roell ZHV 10) izi kaynaklı çatlak ilerleme hızlarından ve denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Anunmana ve ark., 2009).

Tablo 1. Çoklu Fizik Kalıntı Gerilme Modellerinde Kullanılan Malzeme Özellikleri

Malzeme	Termal Genleşme Katsayısı (1/K)	Elastik Sabit (GPa)	Poisson Oranı	Akma Dayanımı (MPa)
Soda Kireç Silikat Cam	$9{,}1x10^{-6}$	70	0,23	-
Alüminyum	$27{,}4x10^{-6}$	69	0,36	21
304L Paslanmaz Çelik	$16{,}9x10^{-6}$	193	0,24	240

$$\sigma_R = K_C \left[\frac{1-(c_0/c)^{3/2}}{\Psi c^{1/2}}\right] \quad (1)$$

Denklem 1 de: σ_R camda oluşan kalıntı gerilmesini, K_C camın Kırılma Tokluğunu (Soda kireç silikat cam için 0,82 MPa $m^{1/2}$ olarak alınmıştır), c_0 değeri kalıntı gerilim gidermesi yapılmış kalıntı gerilmesiz camda Vickers izi sonucu oluşmuş çatlağın 24 saat sonrasında ilerleme boyunu, c değeri birleştirilen camda oluşan kalıntı gerilmesi gösteren camda Vickers izi sonucu oluşmuş çatlağın 24 saat sonrası ilerlemiş boyunu ve Ψ kırılma geometrisi faktörünü (radyal medyan çatlaklar için bu değer 1,24 olarak alınmıştır) göstermektedir.

3. SONUÇ

Soda kireç silikat cam – 304L paslanmaz çelik birleştirmesinin alüminyumun ara katman kullanımı ve alüminyumun katı fazda kaldığı nispeten düşük 650 ^{o}C de ısıl işlemle ve hava ortamında gerçekleştirile bileceği gözlemlenmiştir. Şekil 1'de alüminyum arakatman kullanılarak birleştirilmiş soda kireç silikat cam -304 L paslanmaz çelik numunesinin ısıl işlem sonundaki ilk görüntüsü yer almaktadır. Şekil 1'de verilen birleştirilmiş numunenin birleştirme katmanları arasında her han gibi bir ayrılma ve katmanların tamamen birbirinden ayrılıp atması söz konusu değildir. Bu alüminyumun katmanın ilk aşamada gerek camla gerekse 304L paslanmaz çelikle birleştirme işlemi sonrasında soğumayla maruz kaldığı kalıntı gerilmelere dayanabilecek kadar güçlü bağlandığını göstermektedir. Buna ek olarak, birleştirilen cam bölgesinde de her han gibi makro çatlak oluşumu görülmemiştir. Buda birleştirme sonrasında cam bölgesinde oluşan kalıntı gerilmelerin camda makro çatlak oluşumu ve kırmaya yetecek kadar yükselmediğini göstermektedir.

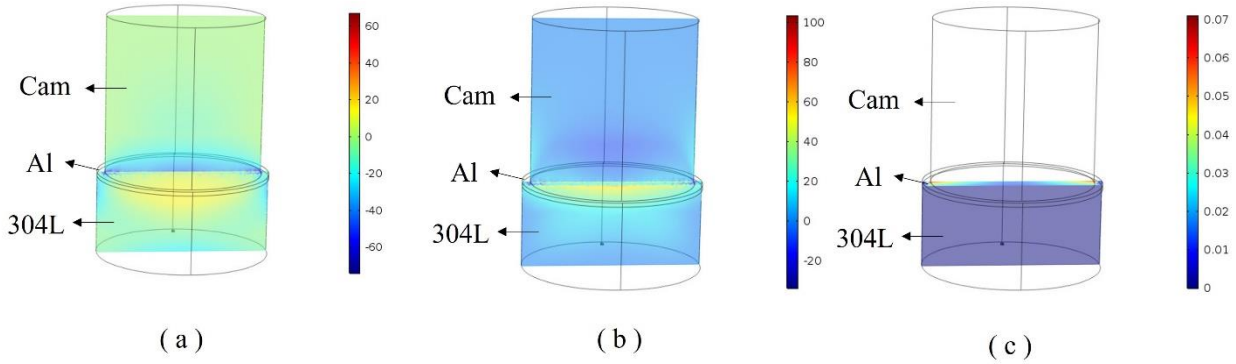
Şekil 1. 650 °C de hava ortamında 20 dakika süreyle ısıl işlemle birleştirilmiş Soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme numunesi

Bakalite alınıp zımparalanıp parlatılarak hazırlanan kesit numunesi hazırlanması sırasında da birleştirilen cam bölgesinde her han gibi bir makro çatlak oluşumu veya kırılma gözlemlenmemiştir. Bu kesit numunesinin hazırlanması sırasında oluşan ilave gerilmelerin ve hasarların kalıntı gerilme altındaki camda makro çatlak oluşturmaya ve kırmaya yetmediğini ve camda oluşan kalıntı gerilmelerin nispeten düşük kaldığını göstermektedir. Şekil. 2'de hazırlanan kesit numenin görüntüsü yer almaktadır. Alüminyum – cam birleştirme arayüzeyine paralel ve yaklaşık 1 mm uzaklıktaki cam bölgesinde Vickers sertlik izi kaynaklı çatlak ilerleme boylarından ölçülüp hesaplanan kalıntı gerilmeleri camın bu bölgesinde nispeten düşük -20 ile -30 MPa arasında değişen baskı kalıntı gerilmelerine maruz kaldığını göstermiştir.

Şekil 2. Bakalite alınıp zımparalanıp parlatılarak hazırlanmış soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme kesit numunesi

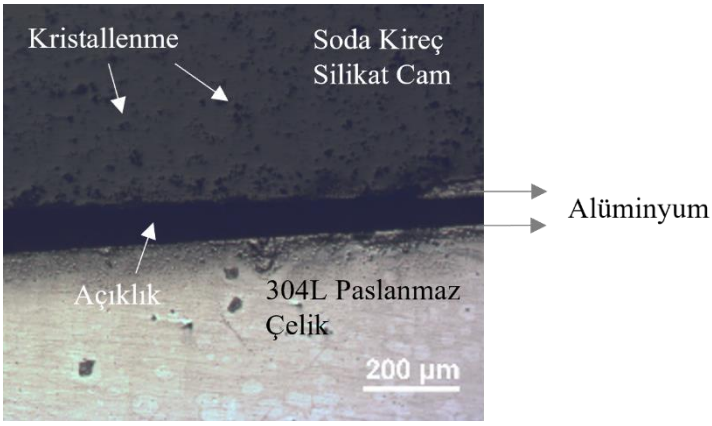
Yüksek sıcaklık birleştirme işlemi sonrası oda sıcaklığına dönüş sırasında birleştirilen numunenin katmalarında oluşan kalıntı gerilmelerin sonlu elamanlar yöntemini kullanılarak yapılan çoklu fizik kalıntı gerilme model sonuçları Şekil 3' de verilmiştir. Çoklu fizik simülasyon sonuçlarına göre kullanılan numune boyutlarında ve gerçekleştirilen birleştirme ısıl işlem profili sonucunda: Şekil 3.b'de cam bölgesinin, camın birleştirme yüzeyine yakın ve dış çeperine doğru yükselecek şekilde -60 MPa seviyelerine ulaşan minimal asal kalıntı gerilmelerine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Camın maruz kaldığı minimal asal kalıntı gerilmeler birleştirme bölgesinden uzaklaştıkça azalırken birleştirme bölgesine yaklaşık 1 mm uzaklıktaki orta bölgesinde -20 MPa civarındadır. Kalıntı gerilmesi simülasyon sonuçları deneysel olarak Vickers izi çatlak hızı ilerleme boyutlarından ölçülüp hesaplanan -20 ile -30 MPa arasında değişen değerlerle de uyumludur. Şekil 3.b' de alüminyum arakatman birleştirme bölgesinin camın dış çeperine doğru olan kısımlarına doğru 100 MPa ye ulaşan nispeten yüksek maksimal asal çekme kalıntı gerilmelerine maruz kaldığı, 304L paslanmaz çeliğinse 65 MPa seviyelerinde maksimal asal çekme kalıntı gerilmelerine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.c' de birleştirme bölgesinde alüminyum arakatmanın, akma dayanımının düşük olması (21 MPa) nedeniyle

kalıntı çekme gerilmelerin altında 0.07 ulaşan nispeten büyük oranda plastik deformasyona uğradığı fakat 304L'ün akma dayanımının yüksek olması (240 MPa) nedeniyle maruz kaldığı çekme kalıntı gerilmelerin sadece elastik gerilmelerin oluşturup her han gibi bir plastik deformasyona uğramayacağı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme numunesinin Comsol 5.3 çoklu fizik yazılımıyla modellenmiş: a) minimal asal b) maksimal asal kalıntı gerilmeler ve c) plastik deformasyon simülasyon sonuçları

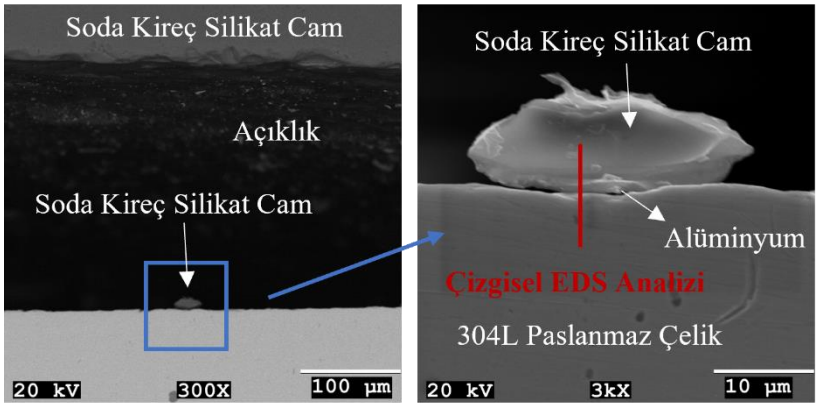
Bakalite alınıp zımparalanıp parlatılarak hazırlanan kesit numunesinin bölgesinin 5x büyütmede alınmış aydınlık alan ışık mikroskobu görüntüsü Şekil 4' de verilmiştir. Işık mikroskop görüntüsünde kesit numene hazırlaması sonrasında birleşmiş olan numunenin zamanla kalıntı gerilmeler altında alüminyum arakatman bölgesinden ayrıldığı gözlemlenmiştir. Ayrılma bölgesinde ayrılan alüminyum katmanın hem cam hem de 304L bölgesinde de bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu birleştirme bölgesindeki ayrılmanın ağırlıklı olarak alüminyum arakatman içinden olduğunu, alüminyum – cam bağlantısının ve alüminyum – 304 L ikili bağlantılarının nispeten güçlü olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, başarılı birleştirmeler için alüminyum arakatman üzerinde oluşan kalıntı gerilmelerin ve plastik deformasyonların düşürülmesi gerektiğini göstermiştir. Soda kireç silikat cam bölgesinde gözlemlenen kristallenmeler ise birleştirme için kullanılan ısıl işlem basamakların camın amorf yapısında kristal yapı oluşumlara sebep olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme kesit numunesin 5x büyütmede alınmış aydınlık alan ışık mikroskop görüntüsü

Kesit numunesinin tarama elektron mikroskop (SEM) incelemeleri şekil 5' de verilmiştir. Şekil 5.a'da 300x büyütmede alınmış geri saçılmış elektron (BSE) görüntüsünde ve daha büyük büyütmede Şekil 5.b' de 3000x büyütmede alınmış ikincil elektron emisyon (SE) görüntüsünde gözlemlendiği üzere ayrılma bölgesinde cam – alüminyum – 304L bir arada bulunduğu ve kırılmanın cam bölgesinden gerçekleştiği kısımlarında bulunduğu belirlenmiştir. Bu kalıntı gerilmeler ve kesit numunesi hazırlanması sırasında oluşan gerilme ve hasarların altında cam-alüminyum-304L birleştirmenin cama

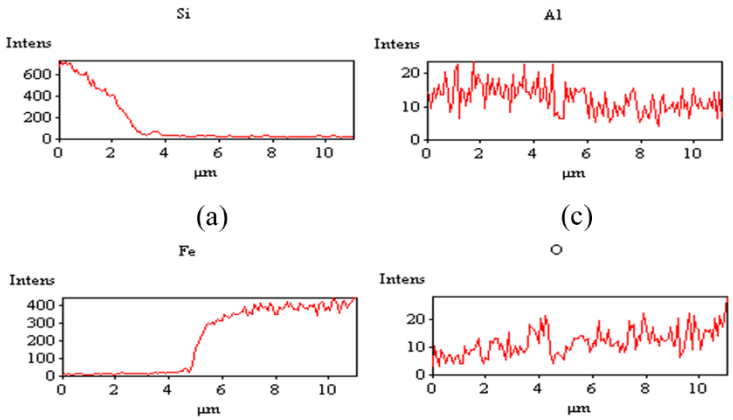
göre daha sağlam olduğu bölgelerinde olduğunu göstermektedir. Şekil 5.b'de 3000x büyütmede alınan geri saçılmış elektron görüntüsünde gözlemlendiği üzere cam- alüminyum ve alüminyum – 304L birleşme yüzeylerinde her han gibi bir reaksiyon katman veya intermetalik oluşumuna rastlanmamıştır



(a) (b)

Şekil 5. Soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme kesit numunesin: a) 300x büyütmede alınmış geri saçılmış elektron (BSE) ve b) 3000x büyütmede alınmış Şekil 5.b ikincil elektron emisyon (SE) görüntüsü

Şekil 6'da şekil 5.b'de gösterilen cam- alüminyum – 304L birleştirme bölgesinden alınan çizgisel enerji spektral analizi (EDS) verilmiştir. Şekil 6.a'da verilen Si içerik sinyali yüzeye birleşmiş şekilde bulunan kısmın birleştirme için kullanılan camdan geldiğini, Şekil 6.b'de verilen Fe içerik sinyali ise alt kısmın 304L çelik bölgesi olduğunu göstermiştir. Şekil 6.c'de verilen Al içerik sinyali ise, cam ile 304L çelik arasında alüminyum bulunduğunu ve birleştirme ısıl işlemi neticesinde alüminyumun bir miktar cam içinde ve daha az miktarda da 304L çelik bölgesine doğru difüzyona uğradığını göstermiştir. Şekil 6.d'de verilen O sinyali, hava ortamında yapılan ısıl işlem sırasında alüminyumun ve 304L'nin birleştirme bölgesine yakın kısımda az da olsa bir miktar oksitlenme olduğunu göstermektedir.



(a) (c)

(b) (d)

Şekil 6. Soda kireç silikat cam – Al arakatman - 304L paslanmaz çelik birleştirme numunesinin Şekil 5.b'de kırmızı çizgiyle gösterilen bölgesinden alınan çizgisel enerji spektral EDS analizi: a) Si, b) Fe, c) Al ve d) O sinyal seviyeleri.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma alüminyumun katı fazda kaldığı 650 ° C de ve hava ortamında soda kireç silikat cam ile 304L paslanmaz çeliğin birleştirilmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Başarılı birleştirmeler için birleştirme bölgesinde camın düşük baskı kalıntı gerilmelere maruz kalması, alüminyum ara katmanın ise aşırı vüksek çekme kalıntı gerilmelere ve büyük plastik deformasyonlara maruz kalmaması gerektiği gözlemlenmiştir. Kullanılan ısıl işlem basamakları sırasında cam- alüminyum ve alüminyum-304L

arayüzeylerinde reaksiyon katman ve intermetalik oluşumu gözlemlenmezken, alüminyumun cam bölgesine ve az da olsa 304L ye doğru difüzyona uğradığı gözlemlenmiştir. Birleştirmenin hava ortamında yapılması sırasında alüminyum ve 304L'nin arayüzeyde bir miktar oksitlenebileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR
Yapılan bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeler Birimi 2014/87 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

ANUNMANA, C., ANUSAVICE, K. J., MECOLSKY, J. J., (2009), Residual stress in glass: Indentation crack and fractography approaches, *Dental Materials*, 25, 1453-1458.FAO, 2006.

LEI, D., WANG, Z., LI, J. (2010), The calculation and analysis of glass-to-metal sealing stress in solar absorber, *Renewable Energy*, 35, 405-411.

LEI, D., WANG, Z., LI, J., LI, J., WANG, Z. (2012), Experimental study of glass to metal seals for parabolic trough receivers, *Renewable Energy*, 48, 85-91.

KHAN, M. I., ASFAND, F. ALGHAMDI, S. G. (2023), Progress in research and technological advancements of commercial concentrated solar thermal power plants, *Solar Energy*, 249, 183-226.

SANDEEP, H.M., ARUNACALA, U.C. (2017), Solar parabolic trough collectors: A review on heat transfer augmentation techniques, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1218-1231.

YI, R., CHEN, C. LI, Y. PENG, H. ZHANG, H. REN, X. (2020), The bonding between glass and metal, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111(3-4), 963-983.

1,2,4-OKSADİAZİN TÜREVLERİNDE SÜBSTİTÜENT ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Doğan Diran
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü
dirandogan20@gmail.com *ORCID: 0009-0007-1505-8669*

Yeşim Saniye Kara
Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
yesimkara@kocaeli.edu.tr *ORCID: 0000-0003-3498-0513*

Özet
Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi atomlar arası elektron yoğunluğunu tespit etmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu nedenle, sübstitüent etki çalışmalarında oldukça kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, heterohalkalı oksadiazin yapısına sahip olan 6-metil-4-fenil-3-(sübstitüe-fenil)-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on türevi bileşiklerin sentezi ve molekül yapısındaki sübstitüent etkilerin incelenmesidir. Daha önceki bir çalışmamızda oksadiazin halkasının sentezlenmesi aşamasında sübstitüe olmayan amidoksim ve sübstitüe anilin türevleri kullanılmıştı. Bu çalışmada da sübstitüe amidoksim ve anilin (sübstitüe olmayan) kullanılmıştır. Moleküldeki ilgilenilen karbonlara ait ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri üzerindeki sübstitüent etki, elektron çekici ve salıcı sübstütientler kullanılarak araştırılmıştır. Moleküllerin sentezlenmesinin ilk aşamasında, benzaldehit ve sübstitüe benzaldehit (p-Etil ve p-Flor) hidroksilaminhidroklorür ($NH_2OH.HCl$) ve Na_2CO_3 kullanılarak oksim türevleri sentezlenmiştir. Elde edilen sübstitüe oksim türevleri tek basamakta NCS (N-klorosüksinimid) kullanılarak klorlandıktan sonra Et_3N varlığında anilin ile reaksiyona sokulmuştur. Saflandırma işlemleri sonrasında elde edilen sübstitüe amidoksimin susuz kloroform içerisinde 2-kloropropionil klorür ile halkalaşma reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Sentezlenmiş oksadiazin molekülleri spektroskopik (ATR-FTIR, ^{13}C-NMR, ^{1}H-NMR) teknikleri kullanılarak aydınlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Oksadiazin, Sübstitüent etki, ^{13}C-NMR

INVESTIGATION OF SUBSTITUENT EFFECTS IN 1,2,4-OXADIAZINE DERIVATIVES

Abstract
Nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy is an effective method used to detect interatomic electron density. For this reason, it is widely used in substituent effects studies. The aim of this study is to synthesize 6-methyl-4-phenyl-3-(substituted-phenyl)-4H-1,2,4-oxadiazine-5(6H)-one derivative compounds with heterocyclic oxadiazine structure and to examine the substituent effects in the molecular structure. In a previous study, unsubstituted amidoxime and substituted aniline derivatives were used in the synthesis of the oxadiazine ring. In this study, substituted amidoxime and aniline (unsubstituted) were used. The substituent effect on the ^{13}C-NMR chemical shift values of the carbons of interest in the molecule was investigated using electron withdrawing and donating substituents.

In the first step of synthesizing the molecules, oxime derivatives were synthesized using substituted benzaldehyde and substituted benzaldehyde (p-Ethyl and p-Fluorine) hydroxylamine hydrochloride and Na2CO3. The obtained substituted oxime derivatives were chlorinated using NCS (N-chlorosuccinimide) in a single step and then reacted with aniline in the presence of Et_3N. The cyclization reaction of the substituted amidoxime obtained after purification processes with 2-chloropropionyl chloride in anhydrous chloroform was carried out. Synthesized oxadiazine molecules were elucidated using spectroscopic (ATR-FTIR, ^{13}C NMR, ^{1}H-NMR) techniques.

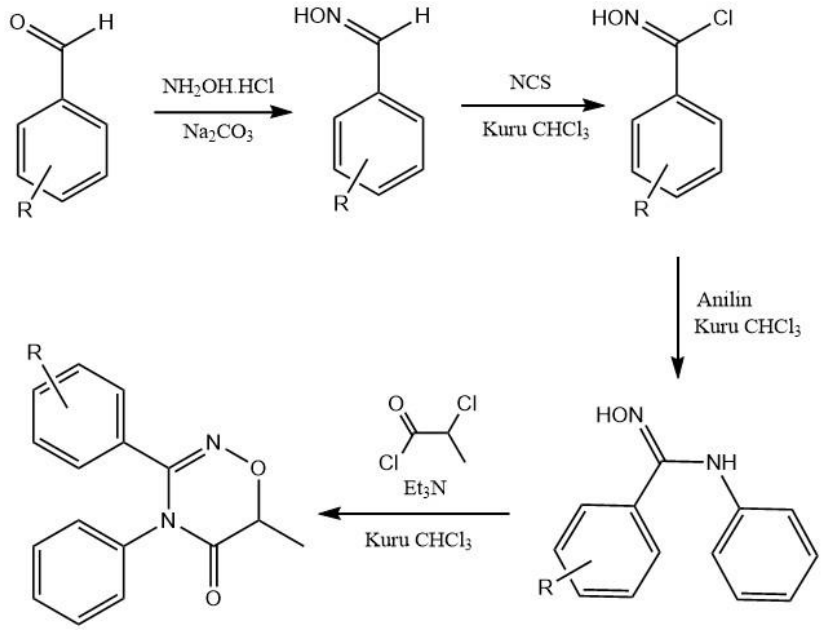
Keywords: Oxadiazine, Substituent effect, ^{13}C-NMR

1.GİRİŞ

Heterohalkalı ailesinin bir üyesi olan oksadiazin bileşikleri, yapılarında iki azot ve bir oksijen atomu bulunduran önemli derecede biyolojik aktivite gösteren bileşiklerdir. Oksadiazin moleküllerinin;

antiviral, kardiyovaskular, antitümör, antibakteriyel, monoamin oksidaz inhibitörü, antihelmintik, antienflamatuvar, antihistaminik, herbisit, antitrombotik, antifungal v.b. gibi birçok biyolojik aktivitesi bulunmaktadır (Ke S. ve ark, 2011).

Bu çalışmada konu olarak aldığımız 1,2,4-oksadiazinlerin sentezinde amidoksimlerin ara basamak bileşikleri olarak kullanıldığı bilinmektedir. Amidoksimler barındırdıkları iki hetero atom nedeniyle elektrofilik bir merkeze sahip olan bileşiklerle halkalaşma verebilen yapılardır. Literatürde, amidoksimlerin; klorasetil klorür (Dürüst Y ve ark, 2007), fenilfosfodiklorür ve tiyonilklorür (Dürüst Y ve ark., 2014), 2-bromopropiyonil klorür (Kara Y.S ve Yıldız B., 2022), 1,2-diaza-1,3-bütadien (Attanasi O. A. ve ark., 2009) ve etil γ-bromoasetoasetat (Tabei K. ve ark., 1982) gibi elektrofilik merkeze sahip bileşiklerle halkalaşma reaksiyonu ile oksadiazin bileşiklerini verdiği görülmektedir. Bu çalışmamızda iki adet farklı sübstitüe amidoksimler (R: p-C_2H_5 ve p-CF_3) ve bir adet sübstitüentsiz amidoksim (Kara Y.S ve Yıldız B., 2022) kullanılarak 2-kloropropiyonil klorür ile reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sonucunda elde edilen yeni 1,2,4-oksadiazinlerin (R: p-C_2H_5 ve p-CF_3) sübstitüentleri ile sübstitüentsiz 1,2,4-oksadiazin (R: H) ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri (SCS) karşılaştırılıp sübstitüent etkiler araştırılmıştır.



Şekil 1. 4-(4-sübstitüe fenil)-6-metil-3-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on bileşiklerinin sentez şeması

2. MATERYAL VE METOD

Para sübstitüe benzaldehit türevleri 30 ml kloroformda çözüldükten sonra hidroksilamin hidrolorür ($NH_2OH.HCl$) ve sodyum karbonatın (Na_2CO_3) bileşiklerinin sulu çözeltisi ile oda sıcaklığında 48 saat manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırıldı. Reaksiyonun tamamlandığına dair kontroller TLC (İnce tabaka kromotografisi) ile gerçekleştirildi. Elde edilen üründen kalan sulu faz üç defa 20 ml kloroform ile ekstrakte edildi. Kloroform fazında bulunan oksim, $CaCl_2$ kullanılarak 8 saat kurutulduktan sonra süzüldü. Kloroform çözücüsü vakum altında evaporatör ile uzaklaştırıldı. Uçurulan kloroformdan arta kalan sübstitüe oksim kısımı etil asetat/petrol eteri (1:19) ile kristallendirilip saf p-sübstitüe oksim bileşiği sentezlenmiştir. Para sübstitüe oksim kristalleri, NCS (N-klorosüksinimid) kullanılarak kuru kloroformda 40°C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı kullanılarak N-sübstitüe hidroksibenzimidozil klorür elde edilmiştir. Oksimin tüketilmiş olduğu TLC kullanılarak kontrol edilmiştir. N-sübstitüe hidroksibenzimidozil klorüre sübstitüentsiz anilin ve Et_3N tuz-buz banyosunda içeresinde eklenmiştir. Uçurma ve kurutma işleminin ardından N-sübstitüe amidoksim, kolon kromotografisi tekniği ile etilasetat/petrol eteri (2:18) oranda çözücü kullanılarak ve kristallendirme işlemlerinin ardından saflandırılmıştır. 1,2,4-Oksadiazinin sentezlenmesi için elde edilen saf amidoksim kristalleri 2-

kloropropiyonil klorür kullanılarak halkalaşma reaksiyonu kurulmuştur. Ürünün saflandırılması için kolon krotomografisi tekniği için etil asetat/petrol eteri (1:19) çözücü sistemi kullanılmıştır. Elde edilen saf oksadiazin kristallerinin karakterizasyonu için Erime Noktası, FT-IR, ^{1}H-NMR, ^{13}C-NMR analizleri gerçekleştirilmiştir.

1. **6-metil-3,4-difenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on** (1.050 g, 54%); en 133.9-135.9 °C, Lit. 133.5-133.8 °C (Kara Y.S. ve Yıldız B., 2022)
2. **3-(4-(triflorometil)fenil)-6-metil-4-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on** (0,840 g, 74%); en 93.2-95.2 °C; IR (KBr), ν (cm^{-1}): 1731.21 (C=O), 1593.77 (C=N); ^{1}H NMR ($CDCl_3$) δ 7.56 – 7.46 (m, 4H), 7.32 (dd, *J* = 8.0, 6.3 Hz, 2H), 7.31–7.21 (m, 1H), 7.17 – 7.10 (m, 2H), 4.60 (q, *J* = 6.7 Hz, 1H), 1.69 (d, *J* = 6.7 Hz, 3H). ^{13}C NMR (CDCl3) δ 166.16 (C=O), 154.01 (C=N), 135.12-122.12 (aromatik C), 73.99 (CH), 13.60 (CH_3).
3. **3-(4-etilfenil)-6-metil-4-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on** (0.900 g, 43%); en 103.5-105.0 °C; IR (KBr), ν (cm^{-1}): 1716.52 (C=O), 1587.47 (C=N); ^{1}H NMR ($CDCl_3$) δ 7.34 – 6.96 (m, 9H), 4.57 (q, *J* = 6.7 Hz, 1H), 2.57 (q, *J* = 7.6 Hz, 2H), 1.67 (d, *J* = 6.7 Hz, 3H), 1.16 (t, *J* = 7.6 Hz, 3H); ^{13}C NMR ($CDCl_3$) δ 166.75 (C=O), 155.31 (C=N), 146.74-126.79 (aromatik C), 73.75 (CH), 28.60 (CH_2), 15.05 (CH_3), 13.65 (CH_3).

3. TARTIŞMA

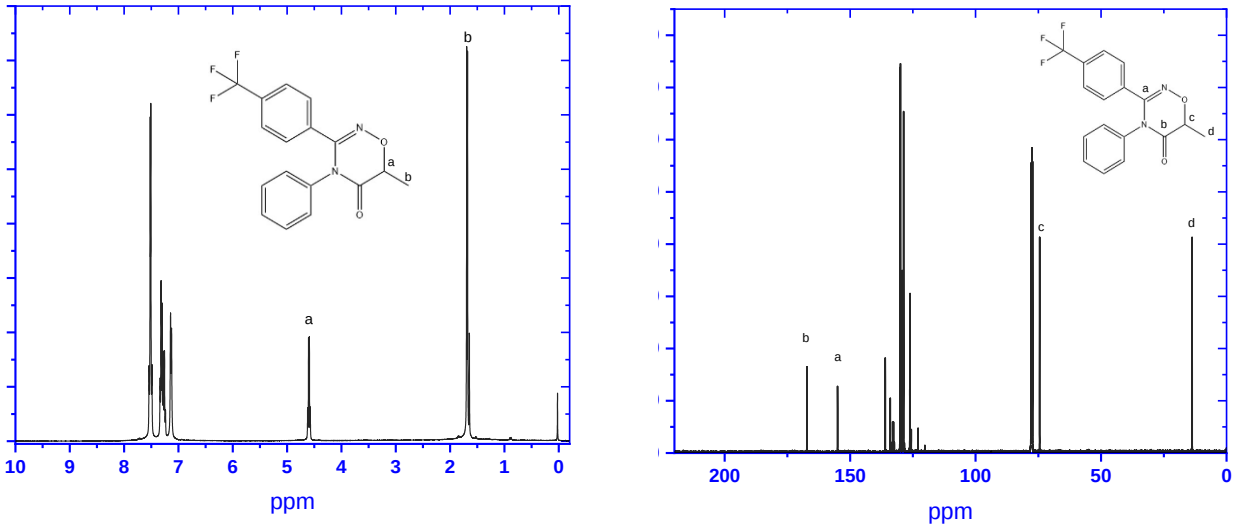
Sentezlenilen tüm sübstitüentlere ait C=O, C=N, CH ve CH_3 karbon atomlarına ait ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Çalışılan 1,2,4-Oksadaizin türevlerine (p-CF_3, H, p-C_2H_5) ait ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları Şekil 2,3 ve 4'de verilmiştir. Sübstitüent etki çalışması için sübstitüe aldehit bileşiklerinin seçilmesinde; elektron çekici sübstitüent olarak p-CF_3 sübstitüenti, elektron salıcı sübstitüenti olarak ise p-C_2H_5 kullanılarak 1,2,4-Oksadiazin-on bileşiklerinin sentezleri gerçekleştirildi. Sentezlenen bileşiklerin ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerlerine göre molekül yapısındaki sübstitüent etki (Hansch ve ark., 1991) araştırılmıştır.

Tablo 1. 4-(4-sübstitüe fenil)-6-metil-3-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on bileşiklerinde ilgilenilen karbonlara ait kimyasal kayma değerleri

Sübstitüent	δ(C=O) ppm	δ(C=N) ppm	δ(CH) ppm	δ(CH_3) ppm	σ
p-CF_3	166,1571	154,0110	73,9900	13,5951	0,54
H	166,6018	155,5994	73,8004	13,6461	0,00
p-C_2H_5	166,7549	155,3058	73,7494	13,6534	-0,15

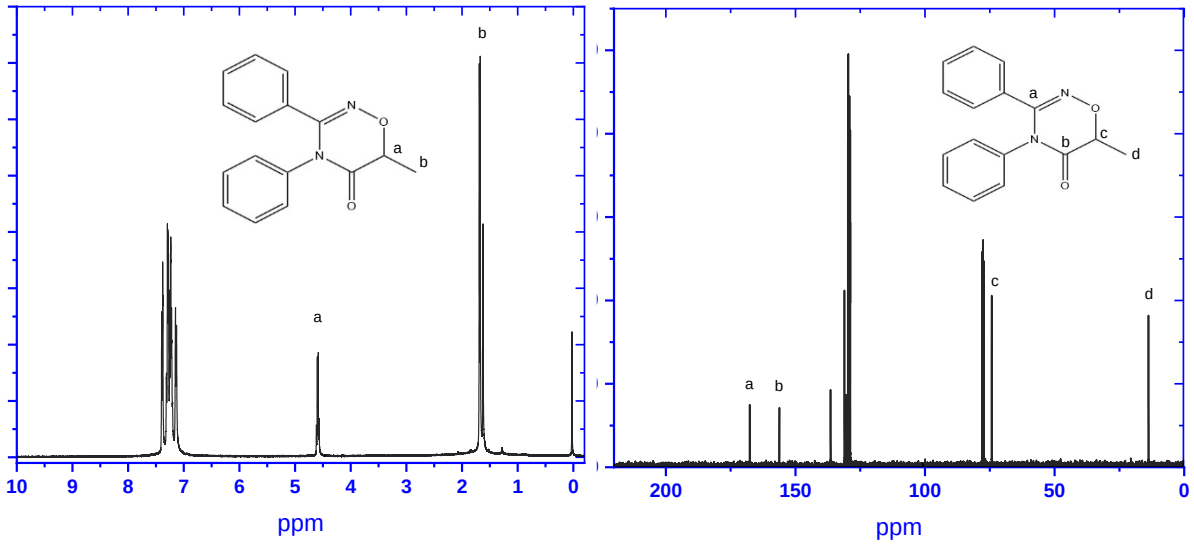
Elde edilen δ(C=O) kimyasal kayma değerlerine göre; p-CF_3 sübstitüentli 1,2,4-oksadiazin-on bileşiğinin hidrojen (R:H) sübstitüentine kıyasla 0,4447 ppm'lık fark ile yüksek alanda kimyasal kayma gözlemlendi. Elektron salıcı sübstitüent olan p-C_2H_5 ile hidrojen sübstitüentlerinin kimyasal kayma değerleri karşılaştırıldığında p-C_2H_5 sübstitüentinin 0,1531 ppm'lik fark ile düşük alanda sinyal gözlemlendi. Bu çalışmada kullanılan sübstitüent sayısının korelasyon analizi gerçekleştirmek için yeterli olmadığı bilinmektedir. Fakat, karbonil karbon atomun kimyasal kayma değerlerinin Hammett sübstitüent sabitleri ile SCS değerleri kıyaslandığında negatif bir eğim gözlemlenmesi nedeniyle ters sübstitüent varlığının olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen δ(C=N) kimyasal kayma değerlerine göre; p-CF_3 sübstitüe 1,2,4-oksadiazin-on bileşiğinin hidrojen (R:H) sübstitüentine kıyasla 1,1884 ppm'lik fark ile yüksek alanda bir kimyasal kayma gözlemlenmiştir. Elektron salıcı sübstitüent olan p-C_2H_5 ile hidrojen sübstitüentinin kimyasal kayma değerleri karşılaştırıldığında, p-C_2H_5 sübstitüentinin 0,1094 ppm'lik fark ile düşük kimyasal alanda sinyal gözlemlendi. Elde edilen kimyasal kayma değerlerinin Hammett sabitleri ile kıyaslaması sonucunda C=N karbon atomunda ters sübstitüent etkinin gözlemlendiği söylenebilir.



Şekil 2. 6-metil-4-fenil-3-(4-(triflorometil)fenil)-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on bileşiğine ait ^{1}H ve ^{13}C NMR spektrumları

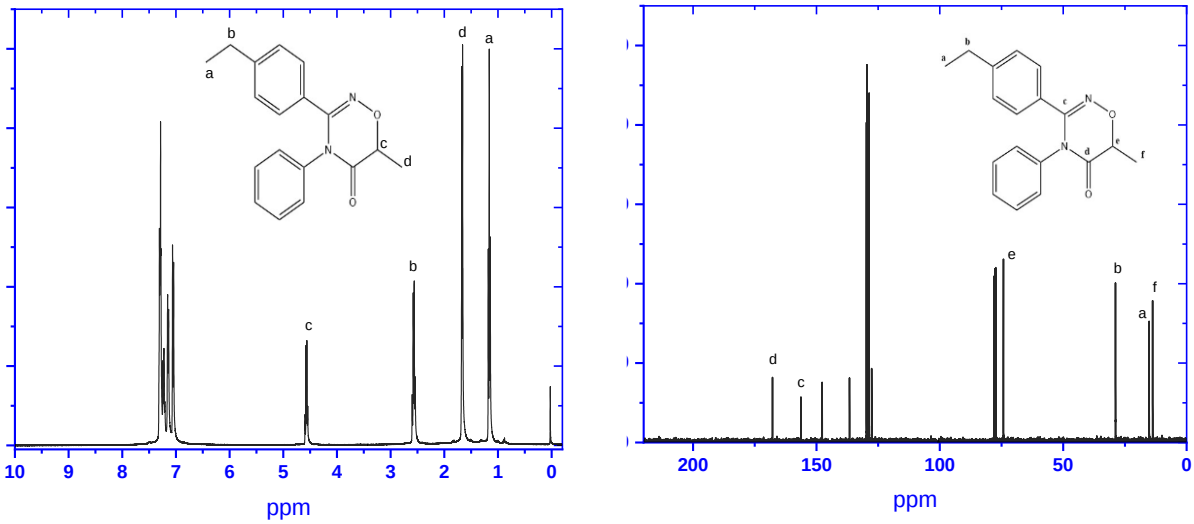
Oksadiazin halkasının içerisinde bulunan CH'a ait karbon atomunun sübstitüent etki ilişkisi incelendiğinde, p-CF_3 elektron çekici sübstitüentinin hidrojen sübstitüentine göre 0,1896 ppm'lik bir fark ile düşük alanda kayma gerçekleştirdiği gözlemlendi. Bu durum, p-C_2H_5 için 0,2406 ppm'lik yüksek alanda bir kaymayla sonuçlanmıştır. Fakat, CH karbon atomu için elde edilen sonuçlara göre pozitif bir eğilimin gözlemlenmesi nedeniyle normal sübstitüent etkinin varlığından söz edilebilir. Son olarak, CH_3'in karbon atomuna ait kimyasal kayma değerlerine göre p-CF_3 sübstitüenti ile hidrojen sübstitüentinin kıyaslanması sonucu yüksek alanda 0,051 ppm kaymalık fark gözlemlendi. Bu durum, p-C_2H_5 sübstitüenti için 0,0073 ppm'lik farkla düşük alanda kayma vererek sonuçlanmıştır. Negatif eğilim gözlemlenen CH_3 karbon atomunda ters sübstitüent etkinin olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. 6-metil-3,4-difenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on bileşiğine ait ^{1}H ve ^{13}C NMR spektrumları

Fenil halkası üzerinden gerçekleşen sübstitüent etkinin ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri ile ilişkili olduğu ve kayma değerlerini değiştirdiği görülür. Çalışmamızda incelediğimiz karbon atomlarına ait arasında en yüksek kimyasal kayma aralığı 1,2978 ppm ile C=N'dir. Bunu 0,5978 ppm'lik bir aralık ile C=O takip etmektedir. Bu çalışmada incelenen karbon atomları arasından aralık değeri en düşük olanların sırası ile 0,2406 ve 0,0583 ppm ile CH ve CH_3 atomları olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler

fenil halkası üzerindeki sübstitüent etkilerinin C=N, C=O, CH ve CH_3 sırasıyla azaldığı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4. 3-(4-etilfenil)-6-metil-4-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on bileşiğine ait ^{1}H ve ^{13}C NMR spektrumları

4.SONUÇ

3-(4-sübstitüefenil)-6-metil-4-fenil-4H-1,2,4-oksadiazin-5(6H)-on türevi iki adet sübstitüe bileşiğin (p-CF_3 ve p-C_2H_5) yeni sentezi yapılmış olup hali hazırda literatürde bulunan hidrojen sübstitüentininde sentezi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sentezlenilen bileşiklerin ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri üzerinden sübstitüent etki çalışması yapılmıştır. Sübstitüent etki çalışmasının sonuçlarına göre, C=O, C=N ve CH_3 ters sübstitüent etkinin varlığı gözlemlenmişken CH karbon atomu için normal sübstitüent etkinin varlığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, çalışmadaki elde edilen verilerden sübstitüent etkinin C=O, C=N ve CH karbon atomlarına kadar yüksek sübstitüent etki tespit edilmişken CH_3 karbon atomunda nispeten düşük sübstitüent etkiye rastlanmıştır. Fakat, bu çalışmada kullanılan sübstitüe oksadiazin bileşiklerinin sayısının Hammett korelasyon çalışması için yetersiz olması nedeni ile bu çalışmada yalnızca kimyasal kayma değerleri üzerinden yorumlamalar yapılabilmiştir. Bir sonraki çalışmada, Hammett sübstitüent etki çalışması (MSP ve DSP analizleri) yapılması için gerekli olan sübstitüent saysının artırılarak korelasyon çalışması yapılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından 3196 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Attanasi, O. A., Cotarca, L., Favi, G., Filippone, P., Perrulli, F. R. & Santeusanio, S. (2009). Efficient, high-yield, one-pot protocol for the synthesis of 1,2,4-oxadiazine derivatives. *Synlett*, *10*, 1583-1586.

Dürüst, Y., Altuğ, C. & Kiliç, F. (2007). Thiophene-substituted 1,2,4-oxadiazoles and oxadiazines. *Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements*, *182*(2), 299–313.

Dürüst, Y., Gözlükaya, Ö. & Ivgen, H. (2014). Synthesis of some 1,3,5,2-oxadiazaphosphol-2-oxides, 3 h-1,2,3,5- oxathiadiazol-2-oxides, and 1,3,2-oxazaphospholidin-2-oxides (Sulfides). *Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements*, *189*(2), 215–225.

Hansch, C., Leo, A. & Taft, R. W. (1991). A survey of Hammett substituent constants and resonance and field parameters. *Chemical Reviews*, *91*(2), 165-195.

Kara, Y. S. & Yıldız, B. (2022). Synthesis and substituent effect study on 13 C NMR chemical shifts of. *Journal of Molecular Structure*, *1250*, 131787.

Ke, S., Cao, X., Liang, Y., Wang, K., & Yang, Z. (2011). Synthesis and biological properties of dihydro-oxadiazine-based heterocyclic derivatives. *Mini reviews in medicinal chemistry*, *11*(8), 642–657.

Tabei, K., Kawashima, E., Takada, T. & Kato, T. (1982). Ring-transformation of 1,2,4-oxadiazine derivaties ınto 4- Hydroxypyrimidine derivatives: catalytic hydrogenation of 3-aryl-5-ethoxycarbonylmethylene-5,6-dıhydro-4H-1,2,4-oxadiazine derivatives. *Heterocycles*, *19*(11), 2061–2066.

TWİTTER VERİLERİ İLE TÜRKÇE DUYGU ANALİZİ

Cem Kesici
Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
cemkesici51@gmail.com

Serdar BİROĞUL
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
serdarbirogul@duzce.edu.tr

Özet
İnternet ve sosyal medya kullanımının artmasıyla birlikte cümle ve kelimelerin oluşturduğu veri artık büyük veri olarak ortaya çıkmıştır. Bu verinin analiz edilerek anlamlı bilgiye dönüştürülmesi oldukça önemlidir. Metinlerde duygu analizi; metin içerisinde fikir, duygu içeren verinin adım adım incelenmesi ve metine dair duygu türü ve duygu polaritesinin belirlenmesi sürecidir. Sadece dil biliminde değil, marka imajı, finansal piyasalar, sosyoloji ve sosyal medya analizi gibi birçok alanda sıklıkla metin analizi yaklaşımları kullanılmaktadır. İngilizcenin dünyada ortak dil olması sebebiyle, literatürde İngilizce metinler üzerine yapılmış birçok duygu analizi çalışması bulunmaktadır. Fakat Türkçe cümlelerde duygu analizi hâlen gelişmeye açık bir alandır. Bu araştırmada, Türkçe metinlerde duygu analizi literatürü incelenerek, literatürde sıklıkla kullanılan yöntemler, açık kaynaklı kütüphaneler ve veri tabanları ortaya konulmuş ve araştırmaya açık konular irdelenerek anlık olarak Twitter'dan metinler üzerinde çalışma yapılması hedeflenmiştir. Twitter'dan kelime, konu ya da kullanıcı olarak çekilen verileri metin analizi yaparak duygusal kategorileri ayırmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Dil İşleme, Duygu Analizi, Metin Sınıflandırma, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi.
Jel Kodları: *C55, C80*

TURKISH EMOTION ANALYSIS WITH TWITTER DATA

Abstract
With the increase in the use of the internet and social media, the data created by sentences and words has now emerged as big data. It is very important to transform the value obtained by using the analysis of this data. In sentiment analysis in texts, it is the step-by-step examination of the emotional data within the text, and the process of the emotion type and emotion polarization related to the text. Text analysis approaches are used not only in linguistics, but also in many areas such as brand image, financial markets, employees and social media analysis. The principle of English being the common language in the world, there are many sentiment analysis studies on English texts in the literature. However, sentiment analysis in Turkish sentences is still an area open to development. In this study, the literature of sentiment analysis in Turkish texts was examined, the sources used in the literature, open source libraries and databases were revealed, and open issues were examined and waited to work on the texts from Twitter. It has been tried to separate emotional categories by analyzing detailed data from Twitter as words, topics or users

Keywords: Natural Language Processing, Sentiment Analysis, Text Classification, Deep Learning, Machine Learning.
Jel Codes: *C55, C80*

1. GİRİŞ

Metin tabanlı duygu analizi; metinlerin içerisinde yer alan görüş, duygu, düşünce gibi öznel bilgilerin, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve istatistik gibi alanlardan teknik ve yöntemlerin kullanılması ile sonuç çıkarılmasını amaçlayan bir araştırma alanıdır. Günümüzde internet, yapısal olmayan çok sayıda bilgi içeren önemli bir kaynak durumundadır. Bu şekildeki dağınık ve önemli bilgiye Büyük Veri (Big Data) denir. E-ticaret siteleri, sosyal medya platformları, tartışma forumları, bloglar gibi birçok farklı platformda görüş içeren önemli ölçüde bilgi yer almaktadır. Metin tabanlı duygu analizinde yapısal

olmayan bilgiden yapısal, anlamlı ve kullanışlı bilgiler çıkarılmasını olanaklı hale getirir. Bu ham metni, bilgisayarın anlayacağı hale getirmek için çeşitli adımları uygulamak gereklidir [1-3].

Metin tabanlı duygu analizi sözlüğe, kelimeye dayalı olarak ya da makine öğrenmesi yöntemleri olmak üzere iki başlıkta ele alınabilir. Sözlüğe dayalı duygu analizinde metinde geçen sözcüklerin duygu karşılıkları toplam sonuç bütününe göre bir sonuç üretilir, anlamsal olarak incelenmez. Makine öğrenmesi modellerinde ise uygulanacak modellere göre değişmekle birlikte cümleyi anlamsal olarak ele almaya çalışılır. Cümleyi makinenin algılayacağı duruma getirdikten sonra sonuç almak için model geliştirilir. Cümle, metin ön işlemleri şu şekilde sıralanabilir [4,5];

1. Cümleyi noktalama işaretlerinden, sayılardan kısaca duygusal karşılığı olmayan ifadelerden arındırmak,
2. Cümlede anlamı olmayan eklerden arındırmak,
3. Kelime kökünü almak,
4. Eksik ve anlamsız cümleyi optimize etmek,
5. Kullanılacak uygulamaya göre metni tokenize/vektörel hale getirmek,
6. Veri Setini boş olan sütunlardan arındırmak,
7. Cümleyi geliştirilecek modele göre eğitim yapmak

Duygu analizi için örnek uygulama alanları [6];

- Dil Modelleme ve Doğal Dil İşleme,
- Konuşma ve ses işleme,
- Bilgi erişimi,
- Nesne tanıma ve bilgisayarlı görü,
- Çok modelli ve çok görevli öğrenme.

Yukarıda verilen bilgiler arasında ilk sırada yer alan Doğal Dil İşleme yaygın kullanımı ile NLP alanı, metin madenciliği olarak da anılmaktadır. Doğal dil işleme çok geniş bir alanı kapsamaktadır. Her geçen gün artarak büyüyen bir sektördür. Başlıca örnek verecek olursak;

- Metin madenciliği,
- Duygu Analizi,
- Bilgi Çıkarımı,
- Metin Kategorize etmek,
- Metin Sınıflandırmak.

Metin sınıflandırmak ya da metin kategorize etmek alanlarında Türkçe dilinde bazı sorunlar ile karşılaşılmaktadır. Sondan eklemeli bir dil olması, dilin çeşitliliği, kelimelerin cümleye ve söyleme göre farklı anlamları gibi problemleri vardır. Duygu analizi konusu her ne kadar popüler bir hal almış olsa da genel algoritma ve teknikler İngilizce dilini baz alarak yapılmıştır. Bu çalışmanı teme amacı; Türkçe literatürleri inceleyerek eksikleri tespit etmek ve analizde bulunmaktır [7]. Ayrıca Twitter üzerinden alınan dağınık veriler ile ön temizleme işlemleri yapılmış, uygulanmaktan olan modeller ve teknikler incelenmiştir.

2. Doğal Dil İşleme (NLP)

Doğal Dil İşleme ya da kısa adıyla NLP, insanların anlaşmak için kullandıkları dili insan-bilgisayar iletişimini kurmak için veya farklı doğal dilleri kullanan kişiler arasında iletişimi arttırmak üzere çözümler bulan bilim alanıdır. NLP, yapay zekanın en zorlu alanlarından bir tanesidir ve günümüzde üzerinde çok fazla araştırma yapılan bir alandır. Günümüzde doğal dil işleme problemlerinin çözümleri için derin öğrenme, makine öğrenmesi, istatiksel analiz ve kural tabanlı yaklaşımlar ortak biçimde kullanılmaktadır. Üzerinde durulan problemler çok çeşitlilik gösterebilmektedir. Dil öğrenimi uygulamaları, yazım yanlışlarının düzeltilmesi, otomatik çeviri sistemlerine, kişisel asistan uygulamaları ve daha birçok uygulama bu alanda işlenir [8]. Bilgisayar alanında “dil” kavramı genelde programlama dilleri (örneğin C, Python vb.) için kullanılmaktadır. Bu yüzden insanların kendi aralarında iletişim kurmak için kullandıkları dil “doğal dil” olarak adlandırılmaktadır. Doğal diller İngilizce, Türkçe, İspanyolca, Çince gibi konuşulan diller olabileceği gibi aynı zamanda her ülkede

farklı olan işaret dilleri de olabilir [3,8]. Kısacası Doğal Dil İşleme, insanların iletişim için kullandıkları "doğal dilleri" bilgisayarın anlayacağı şekilde çözmeyi hedefleyen problemler, projeler bütünüdür. Doğal Dil İşlemede kullanılan yöntemler ve çözümler aşağıda verilmiştir.

2.1. Veri Madenciliği

İnternetin kullanımının artması ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte Sosyal Medya insanların hayatının vazgeçilmez bir noktası haline gelmiştir. Sosyal medya ile birlikte artan bir şekilde büyük veri alışverişi trafiği oluşmaya başlamıştır. Büyük veri ile birlikte üretilen verilerin ne olduğu da önemli hale gelmiştir. Bu veriden çıkarılacak anlamlı ve kullanılabilir bilgi için yeni teknolojiler ve metodolojiler ortaya çıkmıştır. Veri madenciliği bu aşamada önem kazanmıştır. Büyük veride dağınık olan bu bilgiyi analiz etme, web sayfalarındaki verileri işleme, sosyal medyadan istatistikler çıkartma gibi birçok alanda bilgi üretilmesi sağlanır [2-4].

2.2. Duygu Analizi

Veri Madenciliğinin alt dallarından birisi olan metin tabanlı duygu analizi, internet kullanıcıların bir konu ya da marka, firma hakkında fikirleri, hisleri, görüşleri hakkında bir analiz yapmayı hedefler. Duygu Analizi aynı zamanda fikir madenciliği, borsa tahmini, marka güvenirliği araştırması, siyasi gündem gibi birçok konu bu alanda incelenir. Kişilerin görüşünün önemli olduğu her sektörlerde çalışma yapılabilir. Metin tabanlı duygu analizi doküman, cümle ve hedef tabanlı olmak üzere üç başlıkta ele alınabilir. Doküman tabanlı analizde bütün veri tek bir girdi olarak işlenir ve olumlu, olumsuz diye sonuç alınmaya çalışılır [5]. Metin tabanlı analizde benzer bir mantıkla uygulandığı için aynı başlık altında da yazılabilir. Metin ve cümle duygu analizlerinde, metnin kişisel fikir ya da duygu içerip içermediği ve kişisel fikir var ise duygu polaritesi incelenmektedir. Bundan dolayı, duygu analizinde iki veya üç duygu sınıfı tanımlanır. Pozitif, negatif ve nötr kategorileri olarak adlandırılır. Metnin ve cümle duygu analizleri ile metinde anlatılan konuya dair tüm özellikleri elde etmek çok zordur. Örneğin bir kullanıcı yorumunda fiyat ve kalite iki farklı eleştiri sebebi olabilir ve bir metinde bu iki neden için farklı duygular belirtilmiş olabilir. Bu yüzden bu yorum ile ilgili duygu farklı kategoriler altında incelenmektedir. Bu tür ayrıntıları elde etmek hedef tabanlı duygu analizi ile sağlanır. Hedef tabanlı duygu analizinde ana amaç incelenen içeriğe dair duyguyu belirli kategoriler altında ele almaktır. Türkçe metinlerde duygu analizi literatürü incelendiğinde, metin seviyesinde yapılan araştırmaların daha yoğun olduğu hedef tabanlı analizlerin ona göre daha az çalışılan bir alan olduğu görülmüştür. Bunun sebebi global ölçekte geliştirilen çalışmalar İngilizce dilini baz alarak yapılmaktadır. Her dilin kelime, anlam, kullanım yapısı farklı olduğu için Türkçe dilinde duygu analizi henüz yeterli çalışmayı görememiştir.

2.3. Duygu Analizi Yöntemleri

Duygu analizinde, veri sözlüğü ve makine öğrenmesi teknikleri ile irdelenebilir. Makine öğrenmesi, yapay zekanın alt kümesidir ve elde olan veriler ile öğrenme yapar, sistem geliştirir. Makine öğrenmesi modelleri iki grupta incelenir, denetimli makine öğrenmesi modelleri ve denetimsiz makine öğrenmesi modelleri şeklindedir [1,5]. Veri sözlüğü tabanlı yaklaşımlarda metin içerisindeki her cümlenin listede karşılığı olan negatif ve pozitiflik değerleri vardır. Duygu analizi yapılacağı zamanda cümle bu listeden kelime başına kontrol edilir ve sonuç olarak negatif, pozitif ya da nötr değeri çıkarılır.

2.3.1 Sözlük Temelli Yaklaşım

Sözlük temelli duygu analizi tekniklerinde kelime ya da kelimelerin duyguya göre sınıflandırılması ile duygu sözlükleri oluşturulur. Bir kelime ve temsil ettiği duygu durumu bu sözlüklerde işlenir. Sözlüklere göre metinlerin duyguları belirlenir. Metinlerin toplam kelime olarak pozitif ve negatif kelime içerdiği incelenip, yüksek sayıda olan duygunun atanması ile duygu durumu ortaya çıkarılmaktadır. İncelenen metin daha çok pozitif kelime içeriyorsa duygusu pozitif, daha çok negatif kelime içeriyorsa negatif denir. İkisi eşit ya da hiçbirini içermiyorsa nötr olarak ifade edilmektedir. Sözlük temelli yaklaşımlar cümlenin anlamına bakmadan içerdiği kelimelerin pozitiflik ve negatiflik yoğunluğuna bakar. Bu yaklaşım istenen nitelikte kaliteli ve güvenilir bir sonuç vermemektedir.

2.3.2 Makine Öğrenmesi Temelli Yaklaşım

Makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar metindeki tüm kelimeleri ayrı ayrı birer öznitelik olarak değerlendirir. Kelime çantası (BOW) tekniği ile sınıflandırma algoritmalarını kullanır. Bilgisayar

sayısal değer dışında bir bilgiyi anlamadığı için kelimeleri tokenize ederek sayısallaştırır ve modellerde öyle işler. Metinlerin vektör uzayını makine öğrenmesi modellerine (Karar Ağacı, Destek Vektör Makineleri, Yapay Sinir Ağları ve Naive Bayes gibi) işleyerek algoritmanın doğru sonuç üretmesi ve başarılı sınıflandırma yapması hedeflenir [4,5,9-11].

2.4. Duygu Analizi Kütüphaneleri

Doğal dil işleme birçok problem ile uğraşılması gerekilen bir alandır. Bu noktada hazır kütüphane ve modeller problemlerin araştırmacılara tarafından daha çabuk çözülmesini ve doğal dil işlemede uygun yaklaşımların kurulmasını kolaylaştırır.

2.4.1. Ön İşlem

Zemberek: Java dilinde yazılmış bir kütüphanedir. Açık kaynak olmasının yanı sıra metin temizleme, ön işlem basamaklarında başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. **ITU NLP**: İTU Doğal Dil İşleme Grubu tarafından geliştirilen kütüphane hizmet olarak yazılım (SaaS) modelinde çalışan bir doğal dil işleme kütüphanesidir. Kütüphane temelde hata ayıklama, cümle bölme ve yeniden işleme, sözdizimi gibi işlemler yapmaktadır [8,12].

2.4.2. Sözlük Temelli Yaklaşım

NLTK: Natural Language Toolkıt (NLTK) İngilizce dili için geliştirilmiş sembolik ve istatistiksel bir NLP kütüphanesidir. NLTK ile birlikte cümle tespiti, tokenleştirme, kök bulma, duygu analizi gibi NLP'nin temel işlevleri çok kolay bir şekilde kullanıma sunulur. **WordNet**: Dünya genelinde yaygın olarak kullanılır ve kelimelerin eş anlamlıları, tanımları gibi birçok bilgiyi bünyesinde barındıran bir veri tabanıdır. Türkçe için WordNet 2001-2004 yılları arasında geliştirilmiştir. Türkçe WordNet diğer dillere kıyasla içeriği azdır ve veri tabanı açık erişime kapalıdır. **SentiWordNet**: Duygu sözlükleri incelendiğinde en yaygın kullanıma sahip olan SentiWordNet'tir. WordNet üzerine kurgulanmış bir duygu sözlüğüdür. **SentiTurkNet**: Türkçe kelimeler için geliştirilmiş bir duygu sözlüğüdür.

2.4.3. Makine Öğrenmesi Temelli Yaklaşım

BERT: "Bidirectional Encoder Representations from Transformers" ifadelerinin baş harflerinden oluşan BERT algoritması, 2018 yılında Google tarafından geliştirilen doğal dil işleme (NLP) ön eğitimi için Transformer (derin öğrenme modeli) tabanlı bir makine öğrenimi tekniğidir. 2015 yılında Rankbrain algoritması ile makine öğrenmesini destekleyerek arama sonuçlarını iyileştirmiştir. 2019 yılında BERT güncellemesi ile sorgu cümlelerini kelime olarak değil cümle olarak ele almaya başlamıştır [13,6,14]. **Torchtext**: PyTorch için, doğal dil işleme (NLP) araştırmasını ve makine öğrenimini geliştirmeyi hızlandırmak için tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan veri kümeleri ve temel ön işleme ardışık düzenleri gibi metin verileriyle çalışmak için temel bileşenleri sağlayan bir alan kütüphanesidir. **TextBlob**: NLTK'nın uzantısıdır. TextBlob aracılığıyla NLTK'nın birçok işlevine basitleştirilmiş bir şekilde erişebiliriz. API'leri aracılığıyla diğer programlama dilleriyle sorunsuz entegrasyon sunar.

2.4.4. Derin Öğrenme

PyTorch: Doğal dil işleme görevlerini gerçekleştirmek için yapılmış derin öğrenme kütüphanesidir.

3. UYGULAMA

Metin tabanlı duygu analizi çalışmasında kullanılan materyal ve gerçekleştirme yöntemleri aşağıda anlatılmıştır. Twitter API üstünden veri çekme, veri ön işleme, sözlük tabanlı duygu analizi, makine öğrenmesi tabanlı modeller ve hazır NLP modelleri üstünde durulmuştur. Bu çalışmadaki uygulamanın ana amacı Türkçe NLP çalışmalarını irdelemek, Türkçe NLP tekniklerinde literatür çalışmasının yapılması ve bu tekniklerin uygulanmasıdır.

3.1. Veri Seti

Veri seti, Twitter API üzerinden veri çekilerek oluşturulmuştur. Tanımlı tokenler ile Twitter API'ye erişerek veri çekilebilmektedir. Tweepy kütüphanesi ile bu erişim ve sorgu işlemi örneği aşağıda verilmiştir [15].

```
auth = tweepy.OAuthHandler (consumer_key,consumer_secret)
auth.set_access_token(access_token,access_token_secret)
api = tweepy.API(auth)
```

3.1.1 Tweet Çekmek

Twitter API bağlantıları yapılıktan sonra tweet arama fonksiyonuna aranacak değer gönderilir. Bu değer Twitter API üstünden ara fonksiyonu ile çalışıyor ve geriye değer döndürür [15]. Kodlar;

```
cursor = tweepy.Cursor(api.search_tweets, q=arananTweet, result_type="new", lang='tr',
tweet_mode="extended" ).items(150)
```

Tweepy nesnesi içerisindeki "Cursor" ile arama yapılmasının nedeni API işlem kısıtından kurtulmak içindir. İstenilen argümanlar girilerek arama yapılır.

3.1.2 Veri Seti Kayıt Etmek

Twitter API'den alınan veriler dataset oluşturularak "csv" formatında kayıt edilir. Oluşturulan bu dosya daha sonra ön işlemlerden geçirilerek duygu analizi yapmak için kullanılır. Alınan verilerin dataset olarak kayıt edildiği kodlar şöyledir;

```
DataSet = pd.DataFrame()
DataSet['Kullanıcı_Adı'] = [tweet.user.name for tweet in tweets]
DataSet['Tweet_Tarih'] = [tweet.created_at for tweet in tweets]
DataSet['Tweet'] = [tweet.full_text for tweet in tweets]
DataSet.to_csv('Dataset.csv')
```

Gelen tweetler duygu analizi yapmak için uygun değiller. Kullanıcı adları, hastagler, Url uzantıları duygusal bir ifade belirtmez. Yanlış kelime yazımları, birden farklı dilde yazılan içerikler hatalı çıktı alınmasına neden olur. Bunun gibi problemler için ön işlemler yapılır ve istenmeyen durumların en aza indirilmesine çalışılır.

3.1.3. Veri Ön İşleme

Twitter'dan alınan veri kirli bir veri olduğu için birkaç adımdan geçirerek uygun hale getirilir. Veri ön işlemi doğru sonuç almak için çok önemlidir [6,16].

3.1.3.1. Tweet Temizleme

Tweet temizleme fonksiyonun amacı tweet içerisindeki url, kullanıcı adı, emoji, sayı, hastagler kısacası duygu ifade etmeyen içeriklerin temizlendiği kısımdır. Bunu yaparken Python "re" kütüphanesinden yararlanılmıştır. Temizlemek istenilen içerikler belirlenerek her tweet için fonksiyonda yeni sonuç çıkarılır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi de yeni sonucun bütün harflerini küçük harfle yazılmasıdır. Bunun nedeni büyük, küçük harf yazımına göre farklı bir kelime olarak algılanmamasını sağlamaktır [16].

```
pattern = re.compile ('http[s]?://(?:[a-zA-Z0-9ğüşöçıİĞÜŞÖÇ] |[$-_@.&+] |[!*\(\),]|(?:%[0-9a-
fA-F]))+ |#[a-zA-Z0-9ğüşöçıİĞÜŞÖÇ]+ |$[a-zA-ZğüşöçıİĞÜŞÖÇ]+ |@[a-zA-Z0-
9ğüşöçıİĞÜŞÖÇ_]+ |[,.^_$*%-;鶯!?'"“”:=|…#]+ |\n+ |amp[\s]+ |gt;')
for index in range (len(data)):
  data["Tweet_Clear"][index] = pattern.sub(' ', data[index])
  data["Tweet_Clear"][index] = data[index].lower()
  data["Tweet_Clear"] = data["Tweet_Clear"].str.replace("[^\w\s]","")
```

3.1.3.2. Cümle Normalizasyonu

Bu fonksiyonun amacı hatalı kelime yazımı olan Türkçe cümlelerdeki hataları düzeltmektir. Bunu yaparken "Zemberek" kütüphanesinden yararlanılmıştır. Zemberek kütüphanesi, ön işlemler için geliştirilmiş bir kütüphanedir. Cümle normalizasyonu ve Türkçe durak kelimeleri temizleme gibi birçok alanda hizmet vermektedir.

```
morphology = TurkishMorphology.create_with_defaults()
normalizer = TurkishSentenceNormalizer(morphology)
for index in range (len(data)):
data[index] = normalizer.normalize(data[index].lower())
```

3.1.3.3. Cümle Çevirisi

Bu fonksiyonun amacı Türkçe alınan tweetleri İngilizce diline çevirmektir. Bunun sebebi kullanılacak bazı modellerin İngilizce dili üzerine geliştirildiği için tweetler İngilizce olarak işlenmiştir. Çeviri işlemini yaparken "TextBlob" kütüphanesinden yararlanılmıştır.

```
for index in range(len(data)):
  Ceviri_Blob = TextBlob(data[index])
  Eng_Blob = Ceviri_Blob.translate (from_lang='tr', to='en')
  data["Tweet_Eng"][index] = Eng_Blob
  data["Tweet_Eng"][index] = data["Tweet_Eng"][index].lower()
```

3.1.3.4. Durak Kelime (Stop Words)

Bu fonksiyonun amacı tweetlerdeki stop words kelimelerden kurtulmaktır. Stop words kelime cümlede duygu ifade etmeyen "and", "a", "or" gibi kelimlerdir. Bu işlemin yapılmasının sebebi gereksiz işlenecek veriden kurtulmak ve yanlış sonuç alınmasını sağlayacak içerikleri temizlemektir. İngilizce stop words kelimelerden "nltk.corpus" - "stopwords" kütüphanesi kullanılarak eleme yapılmıştır [6,16]. Türkçe stop words kelimelerden ise "trnlp" adlı Türkçe NLP kütüphanesi ile kurtulunur.

İngilizce:

```
stop = st.words('english')
data["Tweet_Ayrı_Eng"] = data["Tweet_Eng"].str.split()
data["Tweet_Ayrı_Eng"] = data["Tweet_Ayrı_Eng"].apply(lambda x: [item for item in x if item
not in stop])
data["Tweet_Ayrı_Eng"] = data["Tweet_Ayrı_Eng"].apply(lambda x: [item for item in x if item
not in additional])
data["Tweet_Ayrı_Eng"] = data["Tweet_Ayrı_Eng"].str.join(" ")
```

Türkçe:

```
for index in range(len(data)):
  data["Tweet_Ayrı_TR"][index] = simple_token(data[index], sw=stopwords)
  data["Tweet_Ayrı_TR"] = data["Tweet_Ayrı_TR"].str.join(" ")
```

3.1.3.5. Toxic Cümle

Bu fonksiyonun amacı Türkçe cümlelerde "toxic" ya da "argo" içeren içerikleri bulmaktır. Bunu yaparken "transformers" tarafından geliştirilen "toxic comment model" adlı model kullanılmıştır. Bu model daha sonra kullanılacak olan hazır modeller ile aynı mantıkla çalışmakta ve bu modeller için ön bir çalışma olması için kullanılmıştır. Makina öğrenmesi ile cümle analizi yapılan modellerden sadece bir tanesidir.

```
model_path = "martin-ha/toxic-comment-model"
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained (model_path)
model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained(model_path)
pipeline = TextClassificationPipeline (model=model, tokenizer=tokenizer)
data["Tweet_Toxic"] = data["Tweet_Eng"]
temp=data["Tweet_Clear"]
for index in range(len(data)):
  sonuç = pipeline(str(data[index]))
  if sonuc[0]['label']=="toxic":
    data["Tweet_Toxic"][index]="Toxic"
  else:
    data["Tweet_Toxic"][index]="Toxic değil"
```

3.1.3.6. Kelime Kök İndirgeme

Bu fonksiyonun amacı cümlelerdeki kelimelerin kökünü almaktır. Bunun yapılmasındaki amaç; sözlük temelli duygu analizi yapılacağı zaman cümlenin mastar ekleri, çoğul ekleri gibi ekler yüzünden farklı bir kelime olarak algılanıyor olmasıdır. Örneğin, “ev” ve “evler” sözcüklerini farklı iki kelime olarak algılanmaktadır. Bu problemi çözmek için kelimelerin kökleri alınır. Bunu yaparken Türkçe cümleler için “snowballstemmer” kütüphanesinin “TurkishStemmer” özelliği kullanılmıştır [6,16]. İngilizce için ise “nltk.stem.porter” kütüphanesinin “PorterStemmer” özelliği kullanılmıştır.

```
stemmertr = snowTurkish()
stemmereng = PorterStemmer()
stemmed_lists = []
for index in range(len(data)):
  mini_l = []
  for text in data.loc[index].split(" "):
    mini_l.append (stemmertr.stemWord(text))
    mini_l.append (stemmereng.stemWord(text))
  big_text=" "
  for char in mini_l:
    big_text = big_text + " " + char
  stemmed_lists.append(big_text)
DataSet['Kök'] = stemmed_lists
```

4.2. Duygu Analizi Teknikleri

4.2.1 Sözlük Temelli Yaklaşım

4.2.1.1. TextBlob Sentiment

TextBlob, NLP için bir Python kitaplığıdır. TextBlob, görevlerini gerçekleştirmek için Doğal Dil Araç Kitini (NLTK) aktif olarak kullanır. NLTK, birçok sözcüksel kaynağa kolay erişim sağlayan ve kullanıcıların sınıflandırma, sınıflandırma ve diğer birçok görevle çalışmasına izin veren bir kütüphanedir. TextBlob, metinsel veriler üzerinde karmaşık analizleri ve işlemleri destekleyen basit bir kitaplıktır. Sözlüğe dayalı yaklaşımlar bir duygu, anlamsal yönelimi ve cümledeki her kelimenin yoğunluğu ile tanımlanır. Bu, negatif ve pozitif kelimeleri sınıflandıran önceden tanımlanmış bir sözlük gerektirir. Genel olarak, bir metin mesajı bir kelime torbasıyla temsil edilir. Tüm kelimelere bireysel puanlar atadıktan sonra, nihai duygu, tüm duyguların ortalamasının alınması gibi bazı havuzlama işlemleriyle hesaplanır.

```
pol=TextBlob(DataSet).sentiment.polarity
if pol>0.1:
  return "Pozitif"
elif pol<-0.1:
  return "Negatif"
else:
  return "Nötr"
```

TextBlob kütüphanesi İngilizce olarak duygu analizi yapar, bu yüzden TextBlob ile Türkçe tweetlerde duygu analizi yapabilmek için tweetlerin çevrilmiş hallerinin kullanılması gereklidir.

4.2.1.2. VADER Sentiment

VADER, Valence Aware Dictionary and Sentiment Reasoner anlamına gelir. Lexicon ve kurallara dayalı bir duyarlılık analiz kütüphanesidir. Kütüphane, duygu analizi alanında yaygın kullanılır. VADER basit bir kural tabanlı duyarlılık analizi yapar. Sözcüksel özellikler listesi ve bunlarla ilgili duyarlılık ölçütlerinden oluşur. Dilin gramer ve sözdizimsel kullanımına dayanarak, metnin duyarlılığını belirlemek için kullanılan birkaç kural oluşturulmuştur. Sözlük, temel olarak, her bir kelimeye pozitif değer veya negatif değer olarak semantik yönelimli değerler atanan kelimelerin bir listesidir.

```
sid_obj = SentimentIntensityAnalyzer()
data=pd.read_csv('Dataset.csv')
sentiment_result=[]
for text in tqdm(data):
  result = sid_obj.polarity_scores(text)
  sentiment_result.append(result)
Vader_Data = pd.DataFrame(sentiment_result)
```

4.2.2. Makine Öğrenmesi Temelli Yaklaşım

4.2.2.1. BERT Model

Veri seti çalışmaya özgü oluşturulduğu için ve BERT modelinin popüler bir halde olmasından dolayı eğitilmiş BERT modelleri üzerinde çalışma yapılmıştır. BERT çift yönlü NLP yaptığı ve yüksek doğruluk oranı sunduğu için gün geçtikçe büyümeye devam etmektedir [6,13,16]. Veri setinden oluşturulan ve TextBlob sonuçlarının kayıt edilen veri setinde çalışılmıştır.

Model 1.

“bert-base-turkish-sentiment-cased” Modeli, Türkçe için geliştirilmiş olan bu model BERT alt yapısını kullanmaktadır [13, 16]. Girilen cümle için “LABEL_1” = Olumlu ve “LABEL_0” = Olumsuz olmak üzere sonuç döndürür.

```
data = pd.read_csv('Dataset.csv')
model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained("savasy/bert-base-turkish-sentiment-cased")
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained("savasy/bert-base-turkish-sentiment-cased")
sentiment_analysis_pipeline = pipeline ("sentiment-analysis", tokenizer=tokenizer, model=model)
sentiment_result=[]
for text in tqdm(data):
   result = sentiment_analysis_pipeline(text)[0]
   sentiment_result.append(result)
Bert_Data = pd.DataFrame(sentiment_result)
```

Model 2.
"bert-base-turkish-128k-uncased " Modeli, Türkçe için geliştirilmiş olan bu model BERT alt yapısını kullanmaktadır [13,16].

```
data = pd.read_csv('Dataset.csv')
model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained("dbmdz/bert-base-turkish-128k-uncased")
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained("dbmdz/bert-base-turkish-128k-uncased", do_lower_case=True)
sentiment_analysis_pipeline= pipeline("sentiment-analysis", tokenizer=tokenizer, model=model)
sentiment_result=[]
for text in tqdm(data):
   result = sentiment_analysis_pipeline(text)[0]
   sentiment_result.append(result)
Bert_128_Data = pd.DataFrame(sentiment_result)
```

Model 3.
"bhadresh-savani/electra-base-emotion" Modeli, Türkçe için geliştirilmiş olan bu model BERT alt yapısını kullanmaktadır [13,16].

```
data=pd.read_csv('Datasets.csv')
tokenizer = ElectraTokenizer.from_pretrained("bhadresh-savani/electra-base-emotion")
model = TFElectraForSequenceClassification.from_pretrained("bhadresh-savani/electra-base-emotion")
sentiment_result=[]
for text in tqdm(data):
   inputs = tokenizer(text, return_tensors="tf")
   logits = model(**inputs).logits
   predicted_class_id = int(tf.math.argmax(logits, axis=-1)[0])
   result=model.config.id2label[predicted_class_id]
   sentiment_result.append(result)
ElectraData = pd.DataFrame(sentiment_result)
```

4.2.3. Model Geliştirmek
Bu aşamada örnek bir veri seti kullanarak duygu analizi modelleri geliştirilmiş ve doğruluk skorları alınmıştır. Amaç, duyguları belirli olan veri seti ile çalışarak model eğitmek ve denetimli makine öğrenmesi üstüne uygulama yapmaktır [16]. Seçilen veri setinde yine ön işlemler, temizlik yapılmış ve birkaç farklı model üstünde eğitim yapılmıştır. Kaggle'da apple üstüne atılmış tweetleri bünyesinde bulunduran bir veri seti ile çalışılmıştır. İlk önce ön işlemler yapılır ve çıktılar alınır. Bu adımların tekrar anlatılmasına gerek yoktur. Kelimeler tokenize edilir ve metinler modeller için hazırlanır. Veri seti "train" ve "test" olarak ayrılır. Train verileri 70% ve test verileri 30% olacak şekilde ayarlanmıştır. Görüleceği gibi test ve train verilerine ayırma işlemi "train_test_split" fonksiyonu ile yapılmıştır. "y" değeri duygu durumunu içermekte, X durumu ise tweetlerini içermektedir. Ama metin olarak işlenemeyeceği için tokenize edilip işleme alınır.

```
y = pd.get_dummies (TestData["sentiment"])
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.30, random_state=42)
```

Sonuçlar model için özel çalışma yapılmadan vectörize etmek, test/train ayrılma işlemleri haricinde bir işlem görmeden yapılmıştır. Modeller üstüne çalışılması halinde sonuçlar iyileşmiştir. Bu yaklaşım hangi modelin daha iyi sonuç vereceğinin gözlemlenmesi için yapılmış bir testtir. En düşük sonucu KNN modeli alırken, en iyi sonucu SVM modeli vermiştir. Bu durum aşağıdaki tablo1'de verilmiştir. Literatürde incelenen çalışmalarda en çok kullanılan modelin SVM ve RandomForest olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 1: Modellerin başarı sonuçları

Model	**AccuaryScore**
TfidfVectorizer, RandomForestClassifier	77.66%
LogisticRegression	77.66%
LinearSVC	79.51%
Decision Tree (CART)	72.75%
K-NN	59.84%
BaggingClassifier	74.80%
AdaBoostClassifier	71.31%

5. SONUÇ

Duygu analizi, metinlerin içerisinde yer alan nesnelere, ürünlere ya da kurumlara ilişkin görüş, duygu, fikir gibi öznel bilgilerin, makine öğrenmesi, istatistik ve doğal dil işleme gibi alanlardan teknik ve yöntemlerin kullanılması ile sonuç çıkarılmasını amaçlayan bir araştırma dalıdır. Duygu analizi, yapısal olmayan içerikten, yapısal, anlamlı ve kullanışlı bilgiler çıkarılmasını hedefler. Bu çalışmada Twitter API tarafından çekilen verilere ön işlemler uygulanarak üzerinde çalışılmaya uygun hale getirilmiştir. Daha sonra sözlük temelli, hazır model ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar ile duygu analizi yapılarak olabildiğince çok yöntem ile çalışılmıştır. Bunların neticesinde;

- Türkçe Duygu Analizi konusunda daha çok sözlük temelli yaklaşımlar kullanılmış ve bu alanda büyük bir eksiğin olduğu görülmüştür.
- Sözlük temelli yaklaşımlar güvenilir sonuçlar üretme de düşük başarı değerine sahiptir.
- Makine öğrenmesi modelleri doğru eğitildikleri taktirde yeterli sonuçlar üretebilir niteliktedir.
- Hazır modeller yardımıyla hızlı bir şekilde Doğal Dil İşleme uygulamaları geliştirilebilir,
- GPU sistemleri sayesinde derin öğrenme modelleri ile çalışarak yüksek doğrulukta sonuçlar üretmek mümkündür. Ancak hala mevcut yapı çerçevesinde model eğitimleri hala çok uzun sürmektedir.
- Doğal Dil İşleme alanında SVM, RandomForestClassifier ve LogisticRegression modelinin hızlı ve güvenli sonuç ürettikleri gözlemlenmiştir.

İncelenen çalışmalarda, diğer dillerde yapılan çalışmalara kıyasla Türkçe metinler üzerinde yapılan doğal dil işleme çalışmalarının yetersiz olduğu görüşmüştür. Duygu analizi çalışmalarının gelişime açık olduğu, özellikle derin öğrenme alanında yapılan duygu analizi çalışmalarının önemli araştırma konuları haline geldiği, Türkçe metinler üzerinde derin öğrenme çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Sözlük tabanlı yaklaşımlar anlamsal olarak işlenmediği ve bağlam temelli değerlendirme işleminin yapılmamasından dolayı istenen doğruluk seviyesine sahip değildir. Makine öğrenmesi modellerinden SVM modeli ve RandomForest modeli doğru sonuç üretme de bir adım daha önde oldukları görülmüştür. Gelecek çalışma olması noktasında derin öğrenme, yapay sinir ağı modellerinin daha iyi sonuç verdiğinin analizi için eğitim ve derleme işlemlerinin hala çok uzun olmasından kaynaklı olarak yüksek performansa ve yüksek GPU ile derlenerek bağlam temelli diyalog tabanlı metinsel duygu analizi çalışmaları yapılabilir. Ayrıca açıklanabilir yapay zeka ile de çıkmış olan duygu analiz yapısının açıklanabilirlik noktasının değerlendirilmesi yapılabilir.

KAYNAKÇA

1. N. Pervan, “Derin Öğrenme Yaklaşımları Kullanarak Türkçe Metinlerde Anlamsal Çıkarım Yapma”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019, pp. 4-9.
2. E. A. Yurt, “Türkçe Metinlerde Duygu Analizi”, T.C. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015, pp. 6-10.
3. A.Turan, “Python İle Veri Madenciliği”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2019.
4. P. Diri, “Makine Öğrenmesine Giriş (Machine Learning — ML)”, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Ders Notları
5. B. Polat, “Türkçe Ürün Yorumları Verisi ile Duygu Analizi”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021

6. M. Özkan ve G. KAR, "Türkçe Dilinde Yazılan Bilimsel Metinlerin Derin Öğrenme Tekniği", Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, cilt:10, no:2, pp:504-519, 2022.
7. S. E. SEKER, "Duygu Analizi (Sentimental Analysis)", cilt:3, Yönetim Bilişim Sistemleri Ansiklopedisi, 2016.
8. İstanbul Teknik Üniversitesi, [Çevrimiçi]. Available: https://yapayzeka.itu.edu.tr/arastirma/dogal-dil-isleme. [Erişildi: 15 Ocak 2023].
9. Microsoft Learn, Microsoft, [Çevrimiçi]. Available: https://learn.microsoft.com/tr-tr/dotnet/machine-learning/how-does-mldotnet-work. [Erişildi: 16 Ocak 2023].
10. B. Sayracı, [Çevrimiçi]. Available: https://medium.com/deep-learning-from-deepest/derin-öğrenme-ve-evrişimsel-sinir-ağlari-446dc8a8d2f. [Erişildi: 16 Ocak 2023].
11. M. F. Akca, [Çevrimiçi]. Available: https://medium.com/deep-learning-turkiye/rnn-nedir-nasıl-çalışır-9e5d572689e1. [Erişildi: 17 Ocak 2023].
12. S. Tokcaer, "Türkçe Metinlerde Duygu Analizi", cilt:16, no:63, pp:1514-1534, 30 Mayıs 2021.
13. BERT, [Çevrimiçi]. Available: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/bert. [Erişildi: 20 Aralık 2023].
14. A. Köksal, [Çevrimiçi]. Available: https://github.com/akoksal/BERT-Sentiment-Analysis-Turkish. [Erişildi: 10 Ocak 2023].
15. Tweepy, [Çevrimiçi]. Available: https://docs.tweepy.org/en/stable/. [Erişildi: 15 Ekim 2022].
16. B. Köseoğlu, apple-twitter-sentiment-texts.csv,[Çevrimiçi]. Available: https://www.kaggle.com/code/busekseolu/apple-sentiment-analysis/data?select=apple-twitter-sentiment-texts.csv. [Erişildi: 20 Aralık 2023].

SU KANAL İDARELERİNDE SOLAR ENERJİ: BALIKESİR ÖRNEĞİ

Neslihan BAŞ
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Elektrik Mühendisliği
225102029@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Necmi Cemal ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr, *ORCID: 0000-0000-0000-0000*

Özet
Avrupa Birliği (AB) 11 Aralık 2019 tarihinde yayınladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile; 2050 yılında ilk iklim-nötr kıta olma hedefini ortaya koymuştur. Bu bağlamda ilgili mutabakatta AB sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisinin geliştirileceği ve tüm politikalarını iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendirileceği açıklanmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında gerçekleştirilecek eylemler enerji, ulaşım, sanayi, finans, inşaat, tarım da dahil olmak üzere birçok alanda AB ekonomisini yeniden şekillendirecek ve her geçen yıl ivme kazanacak bir dönüşümün temellerini oluşturmaktadır. Bu çerçevede Türkiye de 16.07.2021 tarihinde "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nı yayınlamıştır. Ülke genelinde yüksek enerji tüketim değerlerine sahip olan *Su ve Kanal İdareleri* de "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" kapsamında çeşitli adımlar atarak, enerjilerinin temiz enerji ile sağlanması yolunda çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmada; Balıkesir İli Pamukçu İlçesi Merkez İçme Suyu Arıtma tesisi ve çevre arazilerinde GES kurulumu yapılması halinde karbon salınımına azaltılması yönünde sağlanacak fayda ile su kanal idarelerinin temiz enerji ile enerji gereksinimlerini karşılamaları halinde çıkan yatırım maliyetlerinin analizleri incelenerek raporlaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir, Solar Enerji, Güneş Enerjisi, Yeşil Mutabakat

SOLAR ENERGY IN WATER CHANNEL ADMINISTRATION: THE CASE OF BALIKESİR

Abstract
While the European Union (EU), with the European Green Consensus announced on 11 December 2019, set its target to be the first climate-neutral continent in 2050; At the same time, it has announced that it will adopt a new growth strategy that requires the transformation of its industry and that it will reshape all its policies on the axis of climate change. Relevant actions within the scope of the European Green Deal lay the foundations for a transformation that will reshape the EU economy, including energy, transport, industry, finance, construction, agriculture, and gain momentum with each passing year. In this context, our country published the "Green Reconciliation Action Plan" on 16.07.2021. Water and channel Administrations, which have high energy consumption values throughout our country, are also working towards providing their energy with clean energy by taking various steps within the scope of the "Green Reconciliation Action Plan". In this study, the benefits of reducing carbon emissions in case of installing a SPP in Balıkesir Province Pamukçu District Central Drinking Water Treatment Plant and its surrounding lands, and the investment costs incurred if the water channel administrations meet their clean energy and energy requirements were analyzed.
Keywords: Balıkesir, Solar Energy, Green Deal

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini, özellikle de SKH (Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri) 13'ü geliştirmeyi amaçlayan Paris Anlaşması, Yeşil İklim Fonu gibi yeşil finansal mekanizmaları güçlendirmekte ve küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre 2°C'nin altında tutmayı benimsemekte ve 1,5°C ile sınırlandırmaktadır.[1]

Türkiye, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 ülke tarafından imzalanan 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe giren Paris Anlaşması'nı, 175 ülkenin temsilcileriyle birlikte 22 Nisan 2016 tarihinde New York'ta düzenlenen Üst Düzey İmza Töreni'nde imzalamıştır. Anlaşma, Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından 7 Ekim 2021 tarihli ve 31621 sayılı Resmî Gazete'de "Paris

Anlaşması Onayının Onaylanmasına İlişkin Kanun"un yayımlanmasıyla Türkiye'de resmen yürürlüğe girmiştir. "Ortak ama Farklılaştırılmış Sorumluluklar ve Göreceli Yetenekler" ilkesini benimseyerek, anlaşmanın taraflarına kendi Ulusal İklim Değişikliği Stratejilerine mümkün olduğunca katkıda bulunma fırsatı verilmektedir. Bu startejiler ışığında Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ait yüksek enerji giderini karşılamak adına geliştirdiği güneş enerji santrali yatırımının gerçekleşmesi adına Pamukçu İçme Suyu Arıtma Tesisinin etrafında yer alan Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğüne bağlı Hazine arazileri aday saha olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada Balıkesir ilinde kurulması planlanan güneş enerjisi santrali projesinin teknik ve finansal analizlerini, tahmini üretim kapasitelerine göre yatırımlarını ve iki farklı kurulu gücün yıllık gelirleri karşılaştırılmış ve şebeke bağlantı senaryoları değerlendirilmiştir. Ayrıca, sermaye harcama maliyeti, odaklandığı şekliyle elektrik üretiminin seviyelendirilmiş maliyeti gözden geçirilmiş ve yatırımın finansal tabloları paylaşılmış, finansal fayda ve çıktılarına göre şebeke bağlantı tipi (dağıtım sistemi veya iletim sistemi kullanıcısı) avantajları ve dezavantajları paylaşılmıştır.

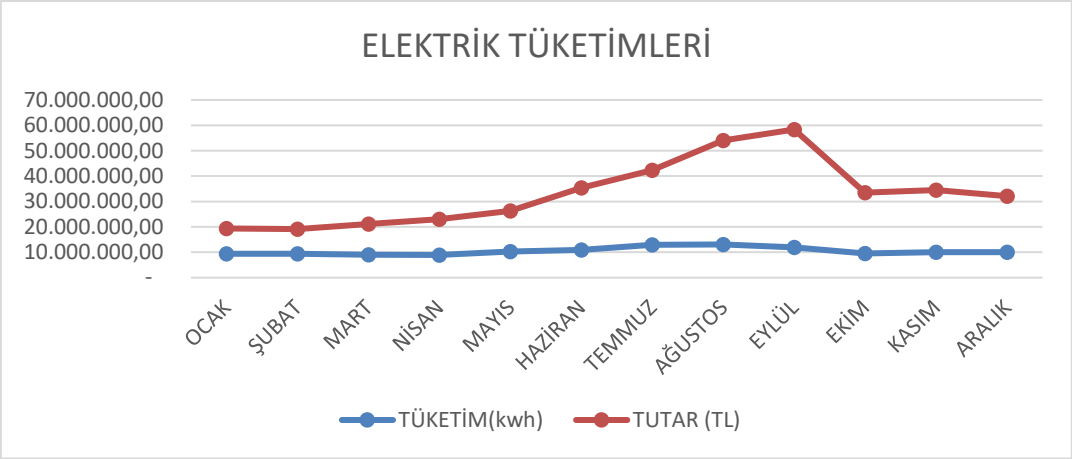
2. SEÇİLEN ARAZİ ÖZELLİKLERİ

Balıkesir İli, Altıeylül ilçesi, Pamukçu Mahallesi, 221/179 parselde bulunan Pamukçu Merkez İçme suyu Arıtma Tesisi ve çevre parselleri olan 221/4, 221/6,221/183 parselleri değerlendirilmiştir. Bölge de Marmara Bölgesi iklimi hakimdir. Belirtilen parsellerde yapılan Jeolojik incelemeler neticesinde Algomera toprak yapısına sahip olduğu anlaşılmıştır. Bölge 1.sınıf deprem bölgesi olup yakınından aktif fay hattı geçmemektedir. Deprem yönetmeliği kapsamında yapılan ölçümlerde zemin sınıfı ZC "çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakası" sınıfında olup sıvılaşma riski bulunmamaktadır.

3. TÜKETİM ANALİZLERİ

2019 yılı mayıs ayı itibariyle yürürlüğe giren Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kapsamında yenilenebilir enerji santrali kurma yetkisi özel sektöre sadece çatı tipi uygulamalar için verilmiştir. Bu yönetmelik kapsamında arazi tipi güneş enerji santrali yatırımları, üretim ve tüketiminin farklı ölçüm noktasından bağlandığı santral kurma hakkı sadece kamu kurum ve kuruluşlarına verilmiştir.

Kamu kurum ve kuruluşlarına verilen üretim ve tüketimin farklı ölçüm noktasından bağlandığı santral kurma yetkisi nedeniyle tek bir coğrafi bölgede en çok enerji tüketimi olan kamu kurum ve Kuruluşlarının belediyeler olduğu anlaşılmıştır. Yönetmelik sayesinde belediyelerin özellikle de su ve kanalizasyon idareleri en çok enerji giderine sahip iştirakleri olduğu için, su ve kanalizasyon idareleri yenilenebilir enerji yatırımları için proje geliştirmeye başlamıştır. Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi yıllık yaklaşık **125 GWh** enerji tüketimi ile çok yüksek miktarda enerji giderine sahiptir ve ivedilikle bu enerji tüketimini karşılamak adına enerji üretimine başlaması gerekmektedir.



4. FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİMİ

4.1. Güneş Radyasyonu

Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalar Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü güneş enerjisi potansiyelini belirlemeye yönelik çalışmaları, 1968-1982 döneminde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından elde edilen güneş ışığı verilerinin değerlendirilmesiyle başlamıştır. Bu değerlendirmede Türkiye'nin yıllık ortalama güneş radyasyonu değeri 3,6 kWh/m²-gün, güneş ışığı süresi ise 2.640 saattir. Bu çalışmadan sonra güneş enerjisinin potansiyelini belirlemek amacıyla çeşitli illerde güneş gözlem istasyonları kurulmuştur. Toplam 11 ilde yapılan ölçümlerin çoğu çok kısa dönemleri kapsamaktadır. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü gözlem istasyonlarından toplanan veriler ve Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verileri kullanılarak bir güneş potansiyeli modeli geliştirilmiş ve GEPA oluşturulmuştur.

4.2. Fotovoltaik Modül

Fotovoltaik hücreler, güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen, bakımı kolay, hareketli ve mekanik parçaları olmayan uzun ömürlü elektronik sistemlerden oluşmaktadır. Fotovoltaik hücreleri yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan Fotovoltaik hücresi, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılmaktadır. Fotovoltaik hücreleri, fotovoltaik panelleri oluşturmak için seri ve paralel olarak birleştirilmektedir. Ticari fotovoltaik paneller, hücrenin yapısına bağlı olarak %21'e kadar verimlilik değerlerine yakın değerlere sahip olacaklardır. Fotovoltaik paneller, ince film ve kristal olabilmektedir. Kristal yapılı fotovoltaik paneller avantajları ile öne çıksa da kendi aralarında Monokristalin (Tek kristal) ve Polikristalin (Çoklu kristal) olarak ikiye ayrılmaktadır

Monokristal fotovoltaik panellerdeki silikon, tek bir kristal silikondan oluştuğu için adlandırılmıştır. Fotovoltaik hücresi tek bir kristalden oluştuğundan, elektronların hareket etmesi için daha fazla alan vardır. Bu özellik monokristal panelleri daha verimli hale getirmektedir.

Polikristalin fotovoltaik paneller, tek kristalli silikon yerine birden fazla silikon parçanın birlikte eritilmesiyle oluşmaktadırlar. Benzer mantıkla, polikristalin fotovoltaik hücreleri çok sayıda kristalden oluşur, bu nedenle elektronların hareket alanı monokristalin fotovoltaik hücresinden daha azdır ve bu nedenle verimlilikleri daha düşük olmaktadır.

PERC(Pasifleştirilmiş Yayıcı ve Arka Hücre) teknolojisi, uzun yıllardır kullanılan standart panel mimarisinden farklı bir mimari kullandığı için adlandırılmıştır. Bu teknolojinin avantajı, arka yüzeylerin yakınındaki ışık yakalama oranını arttırmaktır, böylece fotovoltaik panel verimliliğinde bir artış olmaktadır. Teknoloji, şu anda olduğu gibi, üretim maliyetlerini düşürürken, verimlilikte %1 oranında mutlak bir artış sağlamaktadır. Yarım Hücreli fotovoltaik paneller bölünmüş fotovoltaik hücrelerine sahiptir. Geleneksel 60 ve 72 hücre panelleri bu teknoloji ile 120 ve 144 yarım hücreye sahip olabilir. Fotovoltaik hücreleri yarıya indirildiğinde, mevcut değer de yarıya iner, dirençten kaynaklanan kayıplar azalır ve her hücreden biraz daha fazla güç elde edilmektedir. Küçük hücreleri etkileyen mekanik stres de azalacağı için mikro kırık riski de azalmaktadır. Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi Güneş Enerjisi Santrali'nde 550 Wp gücünde Monokristal yapıya sahip fotovoltaik paneller tercih edilmiştir. Bu paneller kristal yapılı ince film panellerden, monokristal yapılı polikristal panellerden, monokristal PERC mimarisine sahip Standart Monokristal mimarili panellerden daha üstün panellerden oluşmaktadır.

4.3. Eviriciler

Elektrik gücü dönüşüm elemanı olarak tanımlanabilen invertöre inverter denir. Eviriciler, herhangi bir DC (Doğru Akım) kaynağından voltajı işleyerek sabit veya değişken genlik ve frekans AC (Alternatif Akım) voltajı elde etmek için kullanılan güç elektroniği devreleridir. DC/AC'nin dönüştürülmesine ek olarak, invertörlerin amacı sistem kesintilerini, dalgalanmaları, dengesizlikleri, harmonikleri önlemek ve sistemin daha verimli çalışmasını sağlamaktır. Güneş enerjisi santrallerinde kullanılan inverterlerin seçiminde standartların gerektirdiği güvenlik ve dayanıklılık dışındaki en önemli faktörler MPPT (Maximum Power Point Tracking) giriş sayısı, MPPT çalışma aralığı, inverter verimlilik eğrileri, inverter DC maksimum yük limitidir.

4.4. Tasarım

39.53º Enlem 27.88º Boylamında 137m rakımındaki bölge için yıllıkminimum ışınım 1400kWh/m² ile 1550kWh/m² arasında değişmekte ve tesis için 98180 adet PV panel 410 adet evirici kullanılması öngörülmüş olup toplam nominal güç olarak 54MWp değerine ulaşılmıştır.Tesiste 40 yatay panelli, 10 horizontal ve 4 dikey tablalar kullanılmıştır. Masaların yani panellerin eğimi, Türkiye için optimum eğim değeri olan 30° olarak belirlenmekte ve bu sayede paneller sabit bir açıda olsalar bile yıl boyunca değişen güneş yüksekliklerinden en yüksek faydayı sağlayabileceklerdir. Masalar arasında 6 metre boşluk bulunmaktadır. Bu serinin yeterliliği, PVsyst programı aracılığıyla 3D modellenmiş tesis gölge kontrolü ile test edilmiştir. 3,8 metrelik masa alanının sadece en kısa gün olarak bilinen 21 Aralık saat 16:00'dan sonra bir miktar gölgeye neden olduğu gözlemlenmiştir ve bu da enerji üretiminde önemli bir azalmaya neden olmaz.

Tesis uygulamasında kullanılan Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin 1355 aboneliğinin tamamı mesken tipi abonelikler olup, İdare tarafından sunulan verilere göre yıllık toplam tüketim miktarı 86.000 MWh civarındadır. PVsyst programı ile kurulması planlanan tesis yıllık 85.920MWh üretebileceği hesaplanmıştır.Tesisin yatırım maliyetleri ile üretilen enerji bedelleri kıyaslandığında 7,6 yıl içinde amorti etmesi beklenmektedir.

3. SONUÇ

Planlanan yatırımın hayata geçirilebilmesi için;

1)Kamulaştırma işlemlerinin tamamlanması gerektiğinden kamulaştırma işlemlerinin tamamlanamaması yatırımın hayata geçirilememesi için büyük bir risk oluşturmaktadır.

2)Dağıtım veya iletim sistemi bağlantısı için yetkili kuruluşlardan izinler alınmalı ve tesisin sisteme bağlanması için ilave alt yapı yatırımları yapılmalıdır.

3)Yıllık bazda üretilen enerji Kurumun tüm ihtiyacını karşılayabilecek durumda olmasına rağmen tesislerin 7 gün 24 saat kuralına göre çalıştığı göz önüne alındığında depolama sistemi ilavesi gerektiği aşikardır.

4. TARTIŞMA

Türkiye'nin ekonomik koşulları ve enerji piyasasındaki artışlar değerlendirildiğinde yatırımın ivedilikle hayata geçirilmesi kurum açısından avantaj sağlayacak olup tesisin depolama içeren bir sistem ile tasarlanması halinde sıfır karbon hedefine ulaşılması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Santrali Fizibilite Raporu,2023
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes

1,2,4-TİYADİAZOL HALKASINDA TEORİK ^{13}C-NMR KİMYASAL KAYMALARI (SCS) İLE SÜBSTİTÜENT ETKİ ÇALIŞMASI

Yeşim Saniye Kara
Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
yesimkara@kocaeli.edu.tr, *ORCID: 0000-0003-3498-0513*

Doğan Diran
Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
dirandogan20@gmail.com, ORCID:0009-0007-1505-8669

Özet
1,2,4-Tiyadiazoller, düşük aromatiklik ve zayıf bir O-N bağının varlığı ile karakterize edilen ve geniş çapta çalışılan hetero halkalı bileşiklerdir. Tıbbi kimyada en sık karşılaşılan nitrojen heterosikliklerinden biri olan tiyadiazoller çok geniş biyolojik aktiviteye sahiptirler. Örnek vermek istersek, antiviral, sedatif-hipnotik ve merkezi sinir sistemi (CNS) depresanı, analjezik ve antiinflamatuar, antibakteriyel ve antidiyabetik, antimikrobiyal, antitümör, antifungal v.b. gibi. Bu çalışmanın amacı böylesine önemli özellikler gösteren tiyadiazol hetero halkalı ailesine ait 10 farklı sübstitüentle 4-(sübstitüe fenil)-3-fenil-1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiğin önce optimizasyonunu gerçekleştirmek, ardından da ^{13}C NMR kimyasal kayma değerlerinin hesaplaması ve bu hesaplanan teorik ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri üzerinde sübstitüent etki çalışması yapmaktır. Yapılan hesaplamaların tamamı bir elektronik yapı modelleme yazılımı olan Gaussian 09W kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gauss View 5.0.9 yardımıyla da hesaplama ve inceleme yapılan moleküllerin geometrileri hazırlanmıştır. Moleküllerin teorik hesaplamaları Yoğunluk Fonksiyoneli Kuramı (YFK) ve Lee-Yang-Par, korelasyon enerjili 3 parametreli Becke karma modeli olan B3LYP yöntemi ve 6-311++G(2d,2p) temel baz seti ultra ince bir entegrasyon grid kullanılarak yapılmıştır. Teorik ^{13}C NMR spektrumlarının hesaplanmasında çözücü olarak kloroform kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tiyadiazole, Sübstitüent etki, ^{13}C-NMR, DFT, GIAO

SUBSTİTUENT EFFECT STUDY WİTH THEORETİCAL ^{13}C-NMR CHEMİCAL SHİFTS (SCS) ON THE 1,2,4-THİADİAZOLE RİNG

Abstract
1,2,4-Thiadiazoles are widely studied heterocyclic compounds characterized by low aromaticity and the presence of a weak O-N bond. Thiadiazoles, one of the most common nitrogen heterocycles in medicinal chemistry, have a wide range of biological activity. For example, antiviral, sedative-hypnotic and central nervous system (CNS) depressant, analgesic and anti-inflammatory, antibacterial and antidiabetic, antimicrobial, antitumor, antifungal etc. like. The aim of this study is to perform the optimization of 10 different substituents 4-(substituted phenyl)-3-phenyl-1,2,4-thiadiazol-5(4H)-one derivative compound belonging to the thiadiazole heterocyclic family, which has such important properties. Then, the calculation of ^{13}C NMR chemical shift values and the substituent effect study on these calculated theoretical ^{13}C NMR chemical shift values. All of the calculations were made using Gaussian 09W, an electronic structure modeling software. With the help of Gauss View 5.0.9, the geometries of the molecules that were calculated and analyzed were prepared. Theoretical calculations of the molecules were made using Density Functional Theory (DFT) and Lee-Yang-Par, the B3LYP method, which is a 3-parameter Becke mixed model with correlation energy, and an ultra-thin integration grid with the 6-311++G(2d,2p) fundamental basis set. Chloroform was used as a solvent for the calculation of teoretical ^{13}C NMR spectra.

Keywords: Thiadiazole, Substituent effect, ^{13}C-NMR, DFT, GIAO

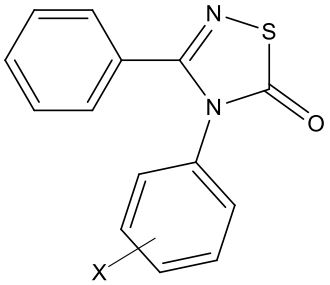
1. GİRİŞ

Kimya bir laboratuvar bilimi iken hesaplamalı kimya, kimyanın bilgisayar ortamında atomik ve moleküler boyutta modellenmesidir. Hesaplamalı kimya sayesinde laboratuvar deneyleri yapmadan da

kimya üzerinde araştırmaların yapılması mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmamızda Gauss View 5.0.9 kullanarak, inceleme yapılan moleküllerin geometrileri hazırlanmış ve ardından elektronik yapı modelleme yazılımı olan Gaussian 09W kullanılarak optimizasyon ve teorik ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri hesaplanmıştır. Tiyadiazol, beş üyeli heterosiklik organik bir bileşiktir. Yapısında hem elektron çekici (-S) hem de elektron verici bir grup (-C=N) olmasından dolayı, kimyasal reaksiyonlara karşı oldukça reaktiftir (Tahtacı, 2017). Bu bileşiklerin çeşitli biyolojik aktivite gösterdikleri uzun yıllardır bilinmektedir. Bu aktiviteleri sıralamak istersek antiviral (Chen ve ark., 2010), sedatif-hipnotik ve merkezi sinir sistemi (CNS) depresanı (Jatav ve ark., 2008), analjezik ve antiinflamatuar (Singh ve ark., 2011), antibakteriyel (Camoutsis ve ark., 2010), antimikrobiyal (Tahghighi ve ark., 2021), antitümör (Zhao ve ark., 2014), antifungal (Chen ve ark., 2007), antihelmintik (Marin ve ark., 1992), antikanser (Sridhar ve ark., 2020), antioksidant (Khan ve ark., 2010), antitüberküler (Oruç ve ark., 2004) v.s. Bu kadar önemli aktiviteler göstermesi nedeniyle tiyadiazol halkasını çalışmamızda hedef molekül olarak belirledik. On değişik substituent kullanarak teorik kimyasal kayma değerlerini hesapladık. Hesaplanan teorik kimyasal kayma değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Tüm kuantum kimyasal hesaplamalar Gaussian 09W (Frisch ve ark., 2010) programı kullanılarak gerçekleştirildi. Gausview 5.0 (Frisch ve ark., 2001) programı kullanılarak ise moleküllere ait modellemeler ve hesaplama sonuçlarının incelenmesi gerçekleştirildi. Tüm 4-(sübstitüe fenil)-3-fenil-1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevlerine ait moleküllere ait DFT (Parr ve ark., 1989) hesaplamaları Lee-Yang-Par, korelayon enerjili 3 parametreli Becke karma modeli olan B3LYP (Becke ve ark., 1993) yöntemi ve 6-311++g(2d,2p) temel seti kullanılarak gerçekleştirildi. Molekül geometrileri, integral=grid=ultrafine ve opt=verytight anahtar kelimelerinin kullanımı ile gaz fazında optimize edildi. GIAO (Ditchfield, 1974) metodu kullanılarak hesaplanan bağıl ^{13}C-NMR kimyasal kaymalarına aynı teorik seviyede hesaplanan TMS perdeleme değeri (184.19) kullanılarak atıfta bulunuldu. GIAO hesaplamaları IEFPCM (Tomasi ve ark., 2005) modeli kullanılarak kloroform çözücüsü seçilerek kullanılarak gerçekleştirildi.



X
a-H
b-p-CH_3
c-p-OCH_3
d-p-Br
e-p-F
f-p-Cl
g-p-CF_3
h-m-CF_3
i-m-F
j-m-Cl

Şekil 1. 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklerde değişen sübstitüentler.

3. TARTIŞMA

^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri sübstitüentlerin indüktif ve mezomerik etkilerinden güçlü bir şekilde etkilenir, başka bir ifadeyle ilgilenilen karbondaki elektron yoğunluğu ile direkt alakalıdır. On farklı sübstitüent bağlı 4-(sübstitüe fenil)-3-fenil-1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklerde ilgilenilen karbon atomları C=N ve C=O karbon atomlarıdır. Değişen sübstitüentler tiyadiazol halkasındaki azota bağlı fenil halkasındadır (Şekil 1). Çalışılan 1,2,4-Tiyadiazol türevi bileşiklerde C=N ve C=O karbonlarına ait teorik ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1'deki teorik ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri incelendiğinde, ilgilenilen karbon atomlarının kimyasal kayma değerlerinin fenil halkası üzerindeki sübstitüentin elektronik özelliklerine bağlı olduğu görülür. Elektron çeken ve elektron salan sübstitüentler, kimyasal kaymalarda bir değişikliğe neden olmaktadır. İncelenen seride C=O karbonuna ait kimyasal kayma aralığı 0,712 ppm (188,9485 ile 188,2365 ppm) iken C=N karbonuna ait kimyasal kayma aralığı sadece 0,6099 ppm (164.9148'den

164.3049 ppm) dir. Bu durum C=O karbonunda aril halkasındaki sübstitüentlerin etkisinin C=N karbonuna göre daha baskın olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 1. 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on bileşiklerinde ilgilenilen karbonlara ait teorik kimyasal kayma değerleri.

Substituent(x)	(C=O) ppm	(C=N) ppm
a. (H)	188.6937	164.6937
b. (*p*-CH_3)	188.7465	164.7852
c. (*p*-OCH_3)	188.9485	164.9148
d. (*p*-Br)	188.4058	164.4532
e. (*p*-F)	188.6373	164.5754
f. (*p*-Cl)	188.4788	164.4411
g. (*p*-CF_3)	188.2365	164.3300
h. (*m*-CF_3)	188.3951	164.3281
i. (*m*-F)	188.3374	164.3049
j. (*m*-Cl)	188.3490	164.3371

Sübstitüent çalışması SSP (tekli sübstituent parametre) (Eşitlik 1) yöntemi ile eşitlik 1 kullanılarak, tekli korelasyon analizi yapıldı. Tüm korelasyonlar için negatif ρ değerleri bulundu. Bu negative değerler ters sübstitüent etkiyi işaret etmektedir.
Tekli sübstitüent parameter eşitliği:

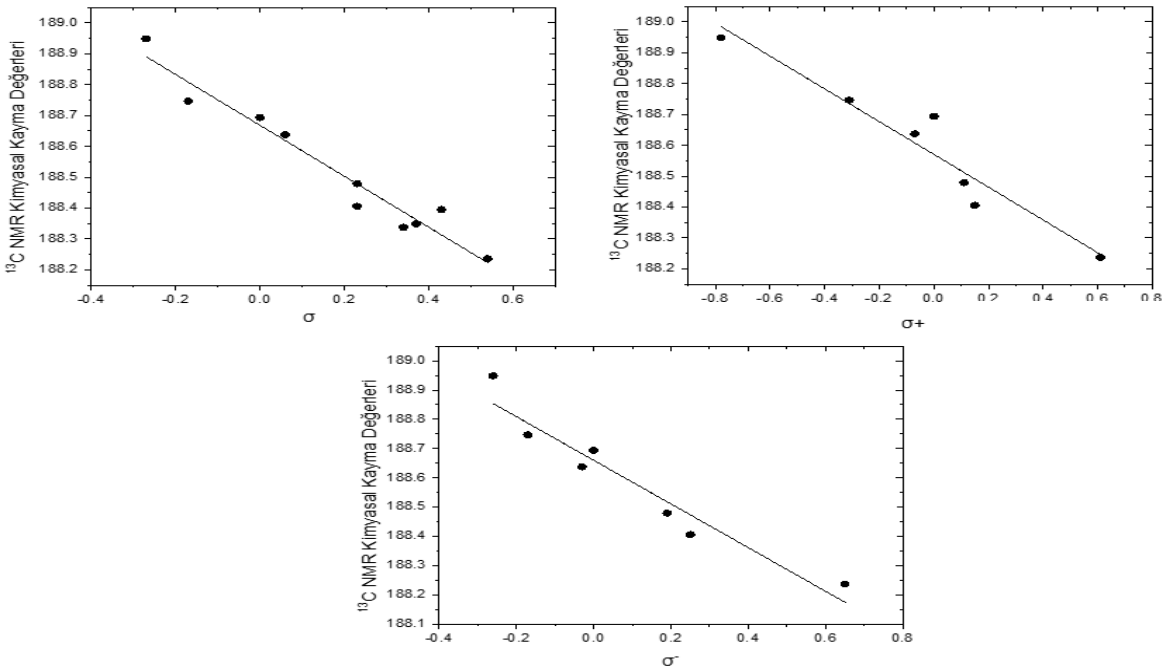
$$\delta = \rho\, \sigma\, (\sigma^{+}, \sigma^{-}) + h \qquad (1)$$

Eşitlik 1'de δ teorik kimyasal kayma değerlerini, ρ eğimi, σ Hammett sübstitüent sabitlerini (Hansch ve ark., 1991), σ^{+} ve σ^{-} Brown Okamoto sübstitüent sabitlerini ve h ise kesim noktasını ifade etmektedir. Eşitlik 1'e göre 4-(sübstitüe fenil)-3-fenil-1,2,4-tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklere ait C=O ve C=N karbonlarına ait teorik ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri (ppm) ile Hammett ve Brown-Okamoto sübstitüent sabitlerini göre yapılan tekli korelasyon analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

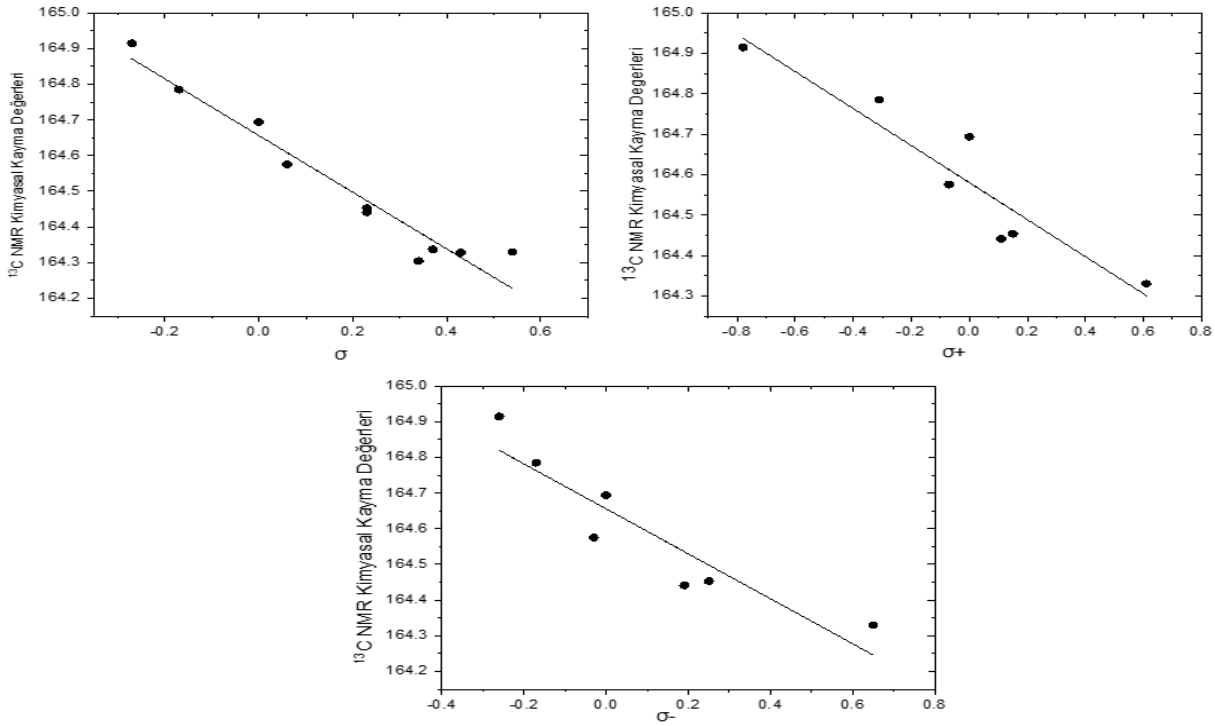
Tablo 2. 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklere ait teorik ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri (ppm) ile eşitlik 1'e göre yapılan tekli regresyon analiz sonuçları.

C	Sbt.	ρ	h	r	n
C=O	σ	-0,8251±0.0675	188.6681±0.0207	-0.9742	10
C=O	σ^{+}	-0,5310±0.0686	188.5705±0.0274	-0.9608	7
C=O	σ^{-}	-0,7471±0.0917	188.6597±0.0273	-0.9643	7
C=N	σ	-0,6308±0.1177	164.6558±0.0350	-0.9229	10
C=N	σ^{+}	-0,4580±0.0675	164.5801±0.0299	-0.9394	7
C=N	σ^{-}	-0,7953±0.0689	164.6563±0.0211	-0.9713	7

Elde edilen korelasyon katsayıları ($r \geq 0.8$) tatmin edici korelasyonu işaret etmektedir. Eğimlerin hepsinin negatif olması ters sübstitüent etkiyi ifade etmektedir. C=O karbonu için bulunan korelasyon katsayısının C=N karbonu için elde edilen korelasyon katsayısından büyük olmasını değişen sübstitüentlerin, C=O karbonuna daha yakın olmasıyla açıklanabilir. Ters sübstitüent etki, ^{13}C NMR spektrumunda normalde elektron çekici sübstitüentlerle düşük alana, elektron salan sübstitüentler yüksek alana kayma beklenirken tam tersi durumun görülmesidir. Yapılan korelasyon analizine ait grafik çizimleri C=O karbonu için Şekil 2'de, C=N karbonu için Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklerde C=O karbonuna ait korelasyon grafikleri.



Şekil 3. 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşiklerde C=N karbonuna ait korelasyon grafikleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada 1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşikler yapılan teorik hesaplarla elde edilen C=O ve C=N karbonlarına ait teorik ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri için yapılan tekli regresyon analizi sonçlarına göre ters substituent etki bulunmuştur. Korelasyon katsayısı değerlerine göre tatmin edici korelasyon tespit edilmiştir. Hesaplamalı kimya laboratuarda uzun çalışmalar sonuçu elde edilebilecek sonuçlara kısa zamanda ulaşabilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuca göre 4-(sübstitüe fenil)-3-fenil-1,2,4- tiyadiazol-5(4*H*)-on türevi bileşikler laboratuarda sentezlenirse, deneysel ^{13}C-NMR kimyasal kayma değerleri üzerindede substituent etki çalışılabilir ve anlamlı sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Becke, A.D. (1993) A New Mixing of Hartree-Fock and Local Density-Functional Theories. Journal of Chemical Physics, 98, 1372-1377.

Camoutsis, C., Geronikaki, A., Ciric, A., Soković, M., Zoumpoulakis, P., & Zervou, M. (2010). Sulfonamide-1,2,4-thiadiazole derivatives as antifungal and antibacterial agents: synthesis, biological evaluation, lipophilicity, and conformational studies. *Chemical & pharmaceutical bulletin*, *58*(2), 160–167.

Chen, C.-J., Song, B.-A., Yang, S., Xu, G.-F., Bhadury, P. S., Jin, L.-H., Hu, D.-Y., Li, Q.-Z., Liu, F., Xue, W., Lu, P. & Chen, Z. (2007). Synthesis and antifungal activities of 5-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-2- sulfonyl-1,3,4-thiadiazole and 5-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-2-sulfonyl-1,3,4-oxadiazole derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, *15*(12), 3981-3989.

Chen, Z., Xu, W., Liu, K., Yang, S., Fan, H., Bhadury, P. S., Hu, D. Y. & Zhang, Y. (2010). Synthesis and antiviral activity of 5-(4-chlorophenyl)-1,3,4- thiadiazole sulfonamides. *Molecules*, *15*(12), 9046– 9056.

Ditchfield, R. (1974). Self-consistent perturbation theory of diamagnetism. *Molecular Physics*, *27*(4), 789-807.

Frisch, A., Nielsen, A.B. and Holder, A.J. (2001) Gauss View Molecular Visualization Program. User Manual, Gaussian Inc., Pittsburg.

Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., Robb, M.A., Cheeseman, J.R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G.A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X., Hratchian, H.P., Izmaylov, A.F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J.L., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., M o n t g Montgomery Jr., J.A., Peralta, J.E., Ogliaro, F., Bearpark, M., Heyd, J.J., Brothers, E., Kudin, K.N., Staroverov, V.N., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A., Burant, J.C., Iyengar, S.S., Tomasi, J., Cossi, M., Rega, N., Millam, J.M., Klene, M., Knox, J.E., Cross, J.B., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R.E., Yazyev, O., Austin, A.J., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J.W., Martin, R.L., Morokuma, K., Zakrzewski, V.G., Voth, G.A., Salvador, P., Dannenberg, J.J., Dapprich, S., Daniels, A.D., Farkas, O., Foresman, J.B., Ortiz, J.V., CIoslowski, J. and Fox, D.J. (2010) Gaussian 09, Revision B.01. Gaussian Inc., Wallingford.

Jatav, V., Mishra, P., Kashaw, S., & Stables, J. P. (2008). Synthesis and CNS depressant activity of some novel 3-[5-substituted 1,3,4-thiadiazole-2-yl]-2-styryl quinazoline-4(3H)-ones. *European journal of medicinal chemistry*, *43*(1), 135–141.

Hansch, C., Leo, A. & Taft, R. W. (1991). A survey of Hammett substituent constants and resonance and field parameters. *Chemical Reviews*, *91*(2), 165-195.

Khan, I., Ali, S., Hameed, S., Rama, N. H., Hussain, M. T., Wadood, A., Uddin, R., Ul-Haq, Z., Khan, A., Ali, S., & Choudhary, M. I. (2010). Synthesis, antioxidant activities and urease inhibition of some new 1,2,4-triazole and 1,3,4-thiadiazole derivatives. *European journal of medicinal chemistry*, *45*(11), 5200-5207.

Marin, A., Valls, N., Berenguer, F. J., Alonso, M. T., Ramon Martinez, A., Mercedes Martinez, M., & E l Elguero, J. (1992). Synthesis and anthelmintic activity of carbamates derived from imidazo[2,1-b] [1,3,4] thiadiazole and imidazo[2,1-b]thiazole. *Farmaco (Societa chimica italiana) (1989)*, *47*(1), 63–75.

Oruç, E. E., Rollas, S., Kandemirli, F., Shvets, N., & Dimoglo, A. S. (2004). 1,3,4-thiadiazole derivatives. Synthesis, structure elucidation, and structure-antituberculosis activity relationship investigation *Journal of medicinal chemistry*, *47*(27), 6760-6767.

Parr, R. and Yang, W. (1989) Density-Functional Theory of Atoms and Molecules, Oxford University Press, New York.

Singh, A. K., Mishra, G., Jyoti, K. (2011). Review on biological activities of 1,3,4-thiadiazole derivatives. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *1*(5), 44–49.

Sridhar, G., Palle, S., Vantikommu, J., Gangarapu, K. (2020). Design, synthesis, and biological evaluation of amide derivatives of imidazo[2,1-b][1,3,4]thiadiazole as anticancer agents. *Synthetic Communications*, *50*(21), 3221-3233.

Tahtacı, H. (2017). 2-Amino-1,3,4-Tiyadiazol Halkası İçeren Schiff bazı türevlerinin sentezi ve karakterizasyonu. *AKU J. Sci. Eng.17*(021203), 460-468.

Tahghighi, A., Aghaee, S., Bakhteari, E., Azerang, P., Abdouss, M., Eslamifar, A. & Foroumadi, A. (2021). New Antimicrobial Nitro Heteroaryl-1,3,4-Thiadiazole Derivatives Containing Piperazinyl Benzonitrile Moiety: Synthesis and in silico Study. *Journal of Computational Biophysics and Chemistry*, *21*(2), 249–257.

Tomasi, J., Mennucci, B. & Cammi, R. (2005). Quantum Mechanical Continuum Solvation Models. *Chemical Reviews*, *105*(8), 2999–3094.

Zhao, J., Xuan, L., Zhao, H., Cheng, J., Fu, X., Li, S., Jing, F., Liu, Y. & Chen, B. (2014). Synthesis and antitumor activities of 1,3,4-thiadiazole derivatives possessing benzisoselenazolon scaffold. *Chemical Research in Chinese Universities*, *30*(5), 764–769.

THEORETICAL INVESTIGATION OF TOPOLOGICAL SEMIMETAL $BaGa_4$

Bahadır Salmankurt
Sakarya University of Applied Sciences / Distance Education Center
bsalmankurt@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7611-9647

Abstract
This study conducted a detailed analysis of the structural and mechanical properties of the Dirac Semimetal $BaGa_4$ using Density Functional Theory and Quantum Espresso Code, which is the first of its kind. The obtained data was found to be consistent with the experimental lattice parameters reported in the literature. The calculated elastic constants satisfied the mechanical stability conditions for the tetragonal structure, which enabled the determination of various material properties such as Bulk Modulus, B/G ratio, Shear ratio, Poisson's ratio, Debye Temperature, and Minimum thermal conductivity. The results indicated that the material exhibits brittle behavior and has dominant ionic character in its bonding mechanism. This study provides valuable information for three-dimensional Dirac semimetals and will pave the way for promising experimental studies in electronics.

Keywords: Density Functional Theory, Elastic constants, semimetals

1. INTRODUCTION

The discovery of Topological Semimetals (TS) sheds light on the emergence of a new and unique field. In general, TS can be divided into three categories: Weyl semimetal, nodal-line semimetal, and three-dimensional Dirac semimetal (3DM). The 3DM, also known as three-dimensional Graphene, exhibits a fourfold degeneracy where the valence and conduction bands touch each other at certain points in the reciprocal lattice space. Along the entire reciprocal lattice space, it possesses a linear band structure emanating from this point of degeneracy, forming a structure resembling two touching cones with sharp edges in three dimensions. This characteristic sets 3DM materials apart.

Examples of such materials in the literature include A_3Bi (A=Na, K, Rb), YAuTe (Y=Na, K, Rb), BaXBi (X=Cu, Ag, Au), CaAgBi (Du et al., 2015; Wang et al., 2012; Xu et al., 2022). 3DMs exhibit variations in the shape of the cones they form. They are generally categorized into type 1 and type 2. Materials that display both characteristics are referred to as Critical 3DMs, and KMgBi is one such material (Le et al., 2017). Another characteristic of KMgBi is its potential utility in thermoelectric materials. $BaGa_4$ is another example of 3DM (Haarmann et al., 2011; Makamura et al., 2016). These crystals are suitable for converting heat into electricity or vice versa (Zhu et al., 2015). The performance of these materials is determined by performance criteria, which include high temperature, high Seebeck coefficient, high electrical conductivity, and low thermal conductivity. In this study, the structural and elastic properties of $BaGA_4$ were investigated through calculations based on density functional theory.

2. METHODS

In this study, the Quantum-Espresso code was used, which is based on Density Functional Theory (Giannozzi et al., 2009; Hohenberg and Kohn, 1964; Kohn and Sham, 1965). The Generalized Gradient Approximation (GGA) with the Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) functional was employed for the exchange-correlation and mutual interaction (Perdew et al., 1996). The GBRV-ultrasoft potential was utilized due to its closer agreement with experimental results (Garrity et al., 2014). A plane-wave cutoff energy of 50 Ry was chosen, and a 10x10x8 Monkhorst-Pack k-point mesh was used for the Brillouin zone sampling. Charge calculations were performed using the Bader method (Tang et al., 2009). Tetragonal crystals have 6 independent elastic constants: C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{33}, C_{44}, and C_{66}. These constants were obtained using the thermo_pw program, which can be integrated with Quantum Espresso.

3. RESULTS

$BaGa_4$ possesses a body-centered tetragonal structure. It contains 5 atoms in its unit cell. The Wyckoff group is 139. Ba and Ga atoms are located at positions 2a (0.0, 0.0, 0.00), Ga1 4e (0.0, 0.0, 0.38), and Ga2 4d (0.0, 0.5, 0.25), respectively. The crystal structure is illustrated in Figure 1.

By varying the values of a and c, the lowest energy state was obtained. The corresponding values for this state are provided in Table 1. Additionally, the bulk modulus was determined and is presented in the corresponding table. The bulk modulus serves as a measure of the material's compression under surrounding pressure.

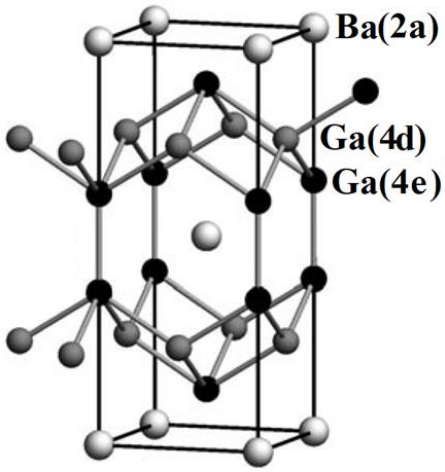


Figure 1 The crsystal structure of $BaGa_4$

Table 1. The Lattice parameters

$BaGa_4$	***a* (Å)**	***c* (Å)**	**c/a**	***B* (GPa)**
This work	4.53	10.58	2.34	54.5
Experimetal work (Makamura et al., 2016)	4.56	10.78	2.36	
Experimetal work (Bruzzone, 1965)	4.56	10.81	2.37	
Experimetal work (Dkipyakevich et al., 1966)	4.56	10.77	2.36	
Experimetal work (Häussermann et al., 2002)	4.56	10.77	2.36	
Experimetal work (Haarmann et al., 2011)	4.56	10.77	2.36	

The elastic constants for $BaGa_4$ are given in Table 2. The mechanical stability of the structure is determined by the following equations. If the conditions are met, the crystal is mechanically stable in a tetragonal structure.

$$C_{11} > 0,\ \ C_{33} > 0,\ \ C_{44} > 0,\ \ C_{66} > 0,\ \ C_{11} - C_{12} > 0,\ \ C_{11} + C_{33} - 2\,C_{13} > 0 \qquad (1)$$

Table 2. Elastic Constants

C_{11}(GPa)	C_{12}(GPa)	C_{13}(GPa)	C_{33}(GPa)	C_{44}(GPa)	C_{66}(GPa)
88.4	36.9	36.7	93.6	51.3	37.4

Table 3 provides the shear modulus, B/G ratio, elasticity modulus, Poisson ratio, and Debye temperature. The shear modulus represents the resistance to plastic deformation. The B/G ratio gives information about brittleness or flexibility (Salmankurt and Duman, 2017). If this value is above 1.75, the material is flexible; otherwise, it is brittle. The Poisson ratio is important in understanding the nature of the crystal's bonding, and a value close to 0.25 indicates an ionic character. The Debye temperature is closely related to the melting point and shows a strong correlation with hardness.

Table 3. Shear Modulus (G), B/G ratio, Young Modulus (E), Poisson ration, the lowest thermal conductivity (K_{min}) and Debye Temperature

G (GPa)	B/G	E (GPa)	Poisson ration	K_{min} (W/mK)	Debye Temperature (K)
37.1	1.47	90.7	0.22	0.63	285

The results of the Bader charge distribution are presented in Table 4, where a positive value indicates electron loss by the corresponding atom, and a negative value indicates electron gain.

Table 4. Net Bader Charge Distribution

Ba	Ga1	Ga2
+1.11	-0.35	-0.21

4. DISCUSSION

The results presented in Table 1 are in excellent agreement with experimental studies, showing a difference of less than 2%. This level of consistency, which is scientifically acceptable, demonstrates the reliability of the study. The bulk modulus (B) is determined to be 54.5 GPa, which is comparable to the bulk modulus of the Al crystal, indicating a relatively low value. By substituting the values of the relevant elastic constants into the equation required for mechanical stability, it is observed that the condition is met. Based on this result, the crystal is mechanically stable in the tetragonal structure. With a B/G ratio below 1.75, the crystal is considered to have a brittle characteristic. The lowest thermal conductivity value is found to be 0.63 W/mK, which is suitable for thermoelectric materials. This is supported by the obtained Debye temperature value. The Poisson ratio is determined to be 0.22, suggesting that $BaGa_4$ exhibits an ionic bonding mechanism. This observation is further supported by the results of the Bader charge distribution presented in Table 4.

ACKNOWLEDGEMENTS

The numerical calculations reported in this paper were fully performed at TUBITAK ULAKBIM, High Performance and Grid Computing Center (TRUBA resources).

REFERENCES

Bruzzone G. 1965. MX_4 compounds of alkaline earth metals with IIIB group elements. Acta Crystallographica, 18(6), 1081.

Dkipyakevich P., Gladyshevskii E. I., Dzyana D. I. 1966. Binary intermetallic compounds of the $BaAl_4$ type containing gallium. Soviet Phys Crystallogr, 10(4), 392.

Du, B. Wan, D. Wang, L. Sheng, C. G. Duan and X Wan. 2015. Dirac and Weyl Semimetal in XYBi (X= Ba, Eu; Y= Cu, Ag and Au), Scientific Reports 5(1), 1.

Garrity, K. F., Bennett, J. W., Rabe, K. M., and Vanderbilt, D. 2014. Pseudopotentials for high throughput DFT calculations. Computational Materials Science, 81 (1), 446.

Giannozzi, P., Baroni, S., Bonini, N., Calandra, M., Car, R., Cavazzoni, C., and Dal Corso, A. 2009. QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. Journal of Physics: Condensed Matter, 21 (39), 395502.

Haarmann F., Koch K., Jeglič P., Pecher O., Rosner H., Grin Y. 2011. NMR spectroscopy of intermetallic compounds: An experimental and theoretical approach to local atomic arrangements in binary gallides. Chemistry–A European Journal, 17(27), 7560.

Häussermann U., Amerioun S., Eriksson L., Lee C. S., Miller G. J. 2002. The s-p Bonded Representatives of the Prominent $BaAl_4$ Structure Type: A Case Study on Structural Stability of Polar Intermetallic Network Structures. Journal of the American Chemical Society, 124(16), 4371.

Hohenberg, P. and Kohn, W. 1964. Inhomogeneous electron gas. Physical Review, 136 (3B), B864.

Kohn, W. and Sham, L. J. 1965. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. Physical Review, 140 (4A), A1133.

Le, C., Qin, S., Wu, X., Dai, X., Fu, P., Fang, C., Hu, J. 2017. Three-dimensional topological critical Dirac semimetal in AMgBi (A= K, Rb, Cs). Physical Review B, 96(11), 115121.

Nakamura A., Uejo T., Harima H., Araki S., Kobayashi T. C., Nakashima M, Ōnuki, Y. 2016. Characteristic Fermi surfaces and charge density wave in $SrAl_4$ and related compounds with the $BaAl_4$-type tetragonal structure. Journal of Alloys and Compounds, 654(1), 290.

Perdew, J. P., Burke, K., and Ernzerhof, M. 1996. Generalized gradient approximation made simple. Physical Review Letters, 77 (18), 3865.

Salmankurt, B. and Duman, S. 2017. First-principles study of structural, mechanical, lattice dynamical and thermal properties of nodal-line semimetals ZrXY (X= Si, Ge; Y= S, Se). Philosophical Magazine, 97(3), 175.

Wang, Y. Sun, X. Q. Chen, C. Franchini, G. Xu, H. Weng and Z. Fang. 2012. Dirac semimetal and topological phase transitions in A_3Bi (A= Na, K, Rb), Physical Review B 85(19), 195320.

W. Tang, E. Sanville and G. Henkelman. 2009. A grid-based Bader analysis algorithm without lattice bias, Journal of Physics: Condensed Matter 21(8), 084204.

Xu, W. X., Deng, L., Wang, Z., Chang, J., and Cheng, C. 2022. A comparative study of the structural, electronic, vibrational, dielectric and elastic properties of the two phases CaAgBi through first-principles calculations. Chemical Physics 55(111449), 1.

Vogel, R. and Schuster, H. U. 1979. New Ternary Compounds of Potassium with Magnesium and Elements of the 5. Main Group. Zeitschrift für Naturforschung B, 34(12), 1719.

Young, S. M., Zaheer, S., Teo, J. C., Kane, C. L., Mele, E. J., Rappe, A. M. 2012. Dirac semimetal in three dimensions. Physical review letters, 108(14), 140405.

Zhang, X., Sun, S., Lei, H. 2017. Narrow-gap semiconducting properties of KMgBi with multiband feature. Physical Review B, 95(3), 035209.

Zhu, T., Fu, C., Xie, H., Liu, Y. and Zhao, X. 2015. High efficiency half-Heusler thermoelectric materials for energy harvesting. Advanced Energy Materials, 5 (19), 1500588.

THEORETICAL INVESTIGATION ON INTERACTION OF SMALL MOLECULES WITH TWO-DIMENSIONAL TOPOLOGICAL INSULATORS

Bahadır Salmankurt
Sakarya University of Applied Sciences / Distance Education Center
bsalmankurt@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7611-9647

Abstract
Two-Dimensional Topological Insulators (2D-TIs) are a class of materials that have attracted significant attention in the field of condensed matter physics in recent years. These materials possess unique electronic properties, where their surface is insulating while the edges are conducting due to the presence of topologically protected edge states. So, their sensing properties should be explored. In this study, theoretical investigations of H_2O, CO_2, N_2, H_2, CH_4 molecules with 2D-TLs GaBi, InBi, $GaBi_3$, $InBi_3$ have been performed for the first time using Density functional theory. When interactions were examined, it was calculated that the distances between surfaces and molecules were not close enough to create an effective interaction and that the interaction energies were also low. While the highest interaction energy was found in water molecules, the lowest interaction energy was in H_2 molecules. Therefore, these monolayers are not very effective in holding small molecules.

Keywords: Density Functional Theory, Topological Insulator, sensors

1. INTRODUCTION

Two-dimensional topological insulators (2D TIs) have emerged as a captivating field of study in condensed matter physics due to their unique electronic properties and potential applications in next-generation electronic devices. These materials exhibit a fascinating combination of insulating behavior in their bulk and conducting states on their surfaces or edges, driven by nontrivial band topology (Barhoumi et al., 2018). The distinct feature of 2D TIs lies in their topological protection, which ensures the robustness of their conducting surface states against disorder and scattering.

In the realm of 2D TIs, one prominent class of materials is based on bismuth (Bi) compounds, with bismuth telluride (Bi_2Te_3) being a well-known example. Bi_2Te_3 consists of alternating layers of Bi_2 and Te_3, and it exhibits a remarkable electronic structure characterized by the presence of a Dirac cone at the surface (Hewitt et al., 2017). This Dirac cone hosts protected metallic states known as surface states, which are immune to localization effects and strongly tied to the underlying topological properties of the material. These unique surface states make Bi_2Te_3 and other 2D TIs highly attractive for applications in quantum transport, spin manipulation, and potentially quantum computing (Li et al., 2019; Liu et al., 2016). The discovery and investigation of 2D TIs based on Bi compounds have paved the way for extensive research and exploration of their properties and functionalities. Researchers have been actively investigating methods to manipulate and control the surface states of Bi-based 2D TIs, aiming to unlock their full potential for advanced electronic devices. Moreover, the integration of Bi-based 2D TIs with other materials and the exploration of their spintronic properties have garnered significant interest (Freitas et al., 2015).

In addition to Bi-based materials, other compounds such as GaBi, InBi, $GaBi_3$, and $InBi_3$ have also attracted attention as 2D Tis (Zhang et al., 2018; Shen et al., 2022). In this context, this study aims to contribute to the understanding and advancement of 2D TIs by theoretically investigating the interaction of H_2O, CO_2, N_2, H_2, CH_4 molecules with InBi, GaBi, $InBi_3$, and $GaBi_3$ monolayers. This theoretical exploration will shed light on the potential for manipulating and engineering the electronic properties of these 2D TIs, opening up new possibilities for their applications in the realm of quantum materials and device technologies.

2. METHODS

All calculations were carried out using the Siesta program, which is based on Density Functional Theory (Soler et al., 2001; Hohenberg and Kohn, 1964; Kohn and Sham, 1965). The structure was optimized using the CG method. For sampling the reciprocal space integral, a grid of k-points with dimensions of

5x5x1 was defined. To minimize interactions with neighboring cells, a separation distance of approximately 20 Å in the z-direction was implemented. The Grimme (vdw-D2) method was employed to account for long-range interactions (Grimme, 2006). Atomic visualizations were generated using VESTA software (Momma and Izumi, 2011).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The interaction energy (E_e) of the systems were calculated using the following formula;

$$E_e = E_{Total} - E_{Mol} - E_{Monolayer} \quad (1)$$

Where, E_{Total} is the total energy of interacting system, E_{Mol} is the energy of the molecule and $E_{Monolayer}$ is the total energy of the pristine monolayer. In Table 1, it can be observed that there is generally a weak interaction even when the vdW effect (Grimme-D2) is included. It has been stated in the literature that for a molecule to effectively bind to the surface, the interaction energy should be at least -0.50 eV.

Table 1. The interaction energies of the molecules on the monolayers (in eV)

The molecules	GaBi	InBi	$GaBi_3$	$InBi_3$
H_2O	-0.27	-0.40	-0.74	-0.82
N_2	-0.24	-0.21	-0.38	-0.40
H_2	-0.12	-0.07	-0.12	-0.05
CO_2	-0.26	-0.25	-0.41	-0.41
CH_4	-0.18	-0.10	-0.29	-0.29

The molecule with the least interaction energy among all molecules is H_2. Therefore, using the pristine forms of the investigated materials as an H_2 storage material is not suitable. High interaction energy is needed for good storage. There is also a relatively weak interaction for methane molecules. Thus, these materials do not exhibit good adsorption properties for this molecule either. The interaction energies of Methane and Hydrogen gas with all materials are of similar magnitude. However, differences have been observed for H_2O, N_2, and CO_2. For instance, the interaction energies of these molecules with $GaBi_3$ and $InBi_3$ are higher than those with GaBi and InBi. This is because different arrangements of the layers. The molecule with the highest interaction energy among them is the water molecule with $GaBi_3$ and $InBi_3$, which has higher energies compared to the others and generally exhibits a strong interaction. Based on the Figure 1-5, it is observed that molecules generally prefer the hollow region of the materials to form long-range bonds, and the distances between molecules and the materials are not close enough to provide chemical bonding. This should result in low interaction energies, as shown in Table 1.

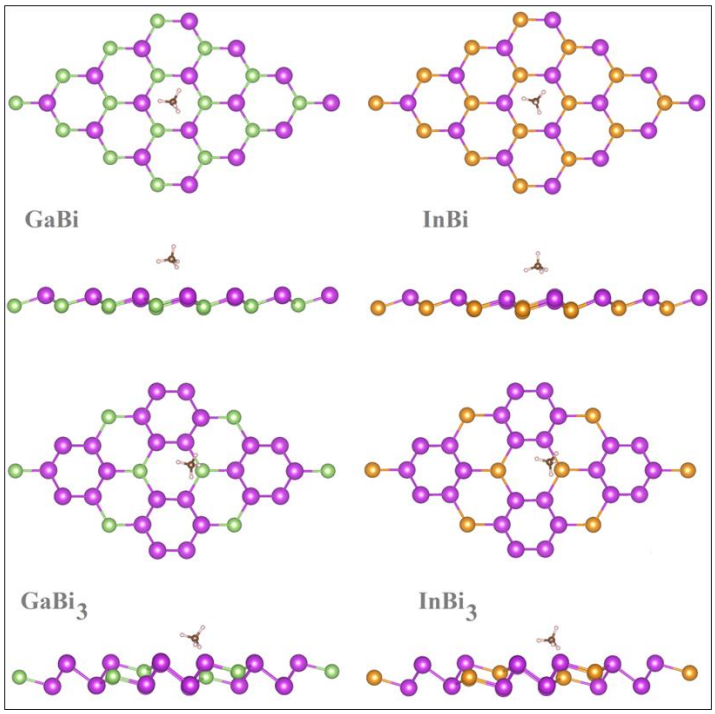


Figure 1. Optimized geometric structures CH_4 adsorption on the monolayers. Bi, Ga, In, H and C atoms were presented as purple, green, orange, pink and brown color, respectively.

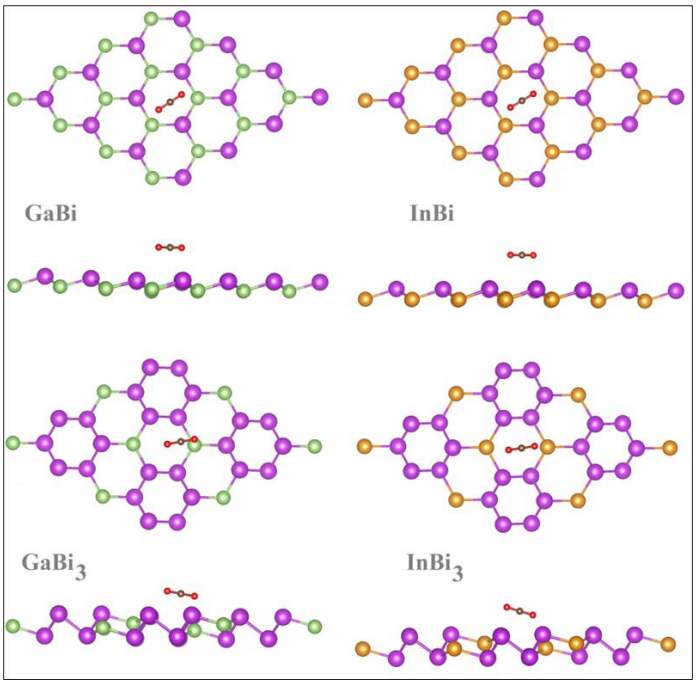


Figure 2. Optimized geometric structures CO_2 adsorption on the monolayers. Bi, Ga, In, O and C atoms were presented as purple, green, orange, red and brown color, respectively.

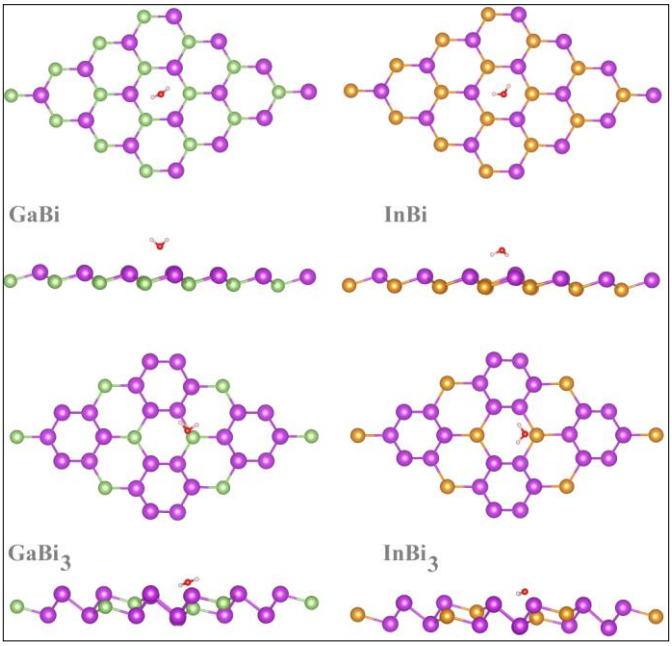


Figure 3. Optimized geometric structures H_2O adsorption on the monolayers. Bi, Ga, In, O and H atoms were presented as purple, green, orange, red and pink color, respectively.

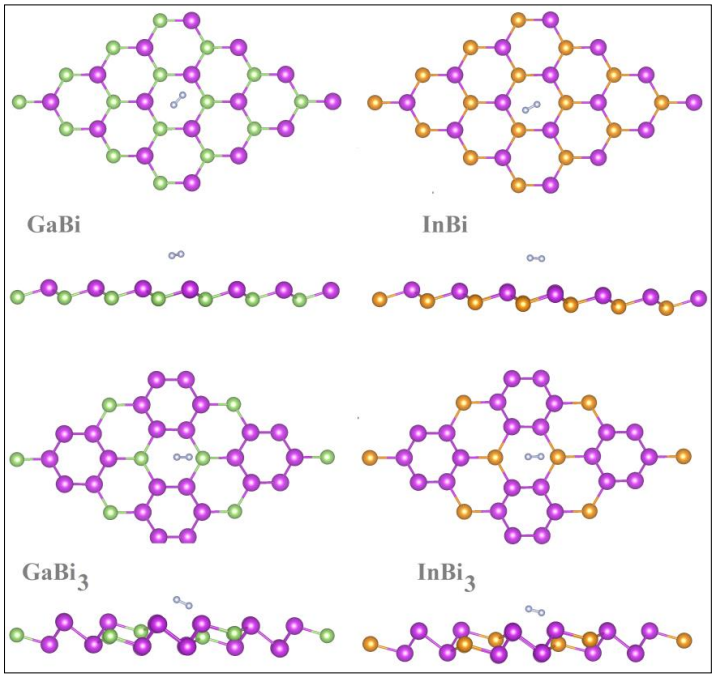


Figure 4. Optimized geometric structures N_2 adsorption on the monolayers. Bi, Ga, In, and N atoms were presented as purple, green, orange and blue color, respectively.

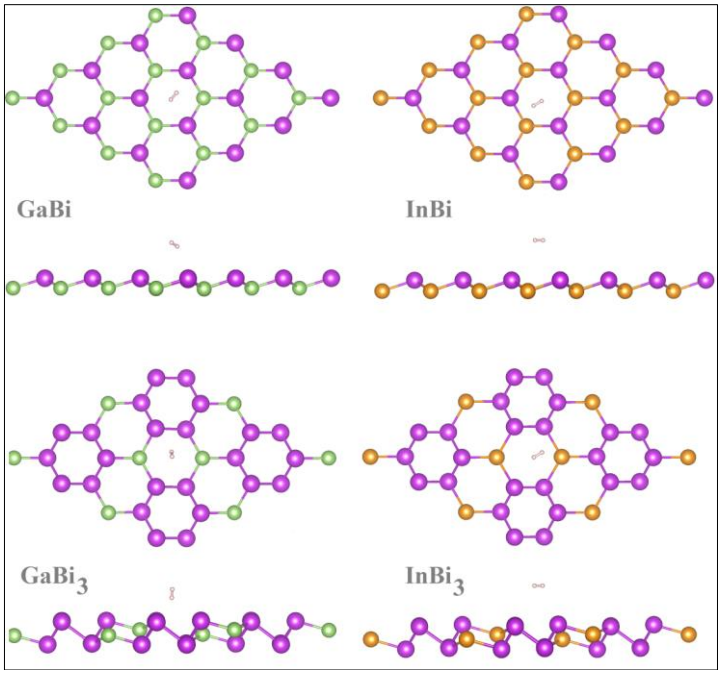


Figure 5. Optimized geometric structures H_2 adsorption on the monolayers. Bi, Ga, In, and H atoms were presented as purple, green, orange and pink color, respectively.

ACKNOWLEDGEMENTS
The numerical calculations reported in this paper were fully performed at TUBITAK ULAKBIM. High Performance and Grid Computing Center (TRUBA resources).

REFERENCES

Barhoumi, M., Lazaar, K., Said, M. 2018. A first principle study of the pristine InBi honeycomb film functionalized with fluorine atoms. Journal of Fluorine Chemistry, 212, 171-179.

Freitas, R. R., de Brito Mota, F., Rivelino, R., De Castilho, C. M. C., Kakanakova-Georgieva, A., Gueorguiev, G. K. 2015. Spin-orbit-induced gap modification in buckled honeycomb XBi and XBi_3 (X= B, Al, Ga, and In) sheets. Journal of Physics: Condensed Matter, 27(48), 485306.

Grimme, S. 2006. Semiempirical GGA-type density functional constructed with a long-range dispersion correction. Journal of Computational Chemistry, 27 (15), 1787-1799.

Hewitt, A. S., Boltersdorf, J., Maggard, P. A., Dougherty, D. B. 2017. Recovery of the bulk-like electronic structure of manganese phthalocyanine beyond the first monolayer on Bi2Te3. Surface Science, 662, 87-92.

Hohenberg, P. ve Kohn, W. 1964. Inhomogeneous electron gas. Physical Review, 136 (3B), B864.

Kohn, W. ve Sham, L. J. 1965. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. Physical Review, 140 (4A), A1133.

Li, S. S., Ji, W. X., Zhang, C. W., Hu, S. J., Li, P., Wang, P. J., Cao, C. L. 2016. Robust room-temperature quantum spin Hall effect in methyl-functionalized InBi honeycomb film. Scientific reports, 6(1), 1-9.

Liu, Q., Dai, Y., Ma, Y., Li, X., Li, T., Niu, C., Huang, B. (2016). Large gap quantum spin Hall insulators of hexagonal III-bi monolayer. Scientific reports, 6(1), 34861.

Momma, K. ve Izumi, F. 2011. VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. Journal of applied crystallography, 44(6), 1272-1276.

Shen, N., Wang, Y., Lei, S., Wan, N., Chen, J. 2022. New families of quantum spin Hall insulators with rashba effect in functionalized InBi monolayers. Micro and Nanostructures, 168, 207320.

Soler, J. M., Artacho, E., Gale, J. D., García, A., Junquera, J., Ordejón, P., Sánchez-Portal, D. 2002. The SIESTA method for ab initio order-N materials simulation. Journal of Physics: Condensed Matter, 14 (11), 2745.

Zhang, Y., Ye, H., Yu, Z., Gao, H., Liu, Y. 2018. Structural and electronic properties of hydrogenated GaBi and InBi honeycomb monolayers with point defects. RSC advances, 8(13), 7022-7028.

PC6 NOKTASINA AKUPRESSÜRÜN GEBELİKTE BULANTI VE KUSMA ÜZERİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ BİR DENEME

Melike Pündük Yılmaz
Düzce Halk Sağlığı Başkanlığı
melikepunduk@gmail.com/ ORCİD: https://orcid.org/0000-0001-5942-8026

Saadet Yazıcı
İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi/ Sağlık Bilimleri Fakültesi/ Hemşirelik Bölümü
saadetyazc@yahoo.com/ ORCİD: https://orcid.org/0000-0001-6348-0695

İsmail Yılmaz
Düzce Atatürk Devlet Hastanesi/ Kadın Hastalıkları ve Doğum Bölümü
drismailyilmaz84@gmail.com/ ORCİD: https://orcid.org/0000-0002-5083-6987

Özet
Bulantı ve kusma gebelerin %80'ini etkiliyen ve en sık görülen tıbbi sorunlardır. Çalışma gebelikte yaşanan mide bulantısı kusma ve öğürmede Pericard 6 (PC6) acupressure uygulanan bilekliğin etkisini görmek için kontrollü deneysel bir çalışma olarak yürütülmüştür. Araştırmanın evrenini 6-14 haftalık gebelik hafta arasında olup mide bulantısı ve kusması olan 74 gebe oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri; kişisel bilgi formu ve "Pregnancy-Unique Quantification of Emesisand Nausea (PUQE)" skalası ile toplandı. Deney ve kontrol grubu basit rastgele yöntemi ile seçildi. Deney grubu bir hafta akupresür bilekliği kullanırken, control grubu herhangi bir bileklik kullanılmadı. Bir hafta sonar her iki gruba PUQE ölçeği uygulnandı. Bileklik kullanan gebelerin bulantı, kusma, öğürme sayıları düşerken, kontrol grubundaki bulantı, kusma, öğürme sayılarında herhangi bir değişiklik saptanmadı. Aküpresür bilekliği gebelikte oluşan bulantı ve kusmayı önlemede etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.
Anahtar kelime: Akupresür, bileklik, bulantı, kusma, öğürme, gebelik.

EFFECT OF ACUPRESSURE APPLICATION ON PERICARDIUM 6 (PC6) POINT ON NAUSEA AND VOMITING IN PREGNANCY: A RANDOMIZED CONTROLLED EXPERIMENTAL STUDY

Abstract
Nausea and vomiting during pregnancy are among the most common medical problems affecting 80% of mothers. This study was conducted as a randomized controlled experimental study to determine the effect of acupressure applied to the pericardium 6 (PC6) point with a wristband on nausea and vomiting during pregnancy. The population of the study consisted of 74 pregnant women, who were between 6-14 weeks of gestation and were experiencing nausea-vomiting. The study data was collected with personal information from the Pregnancy-Unique Quantification of Emesis Scale (PUQE). Experimental and control groups were selected by a simple random method. Experimental and control groups were selected by a simple random method. The experimental group used acupressure wristbands for one week, while the control group did not use any method. One week later, the PUQE scale was applied to both groups. While the number of nausea, vomiting and retching decreased in the pregnant women who used wristbands, no change was found in the number of nausea, vomiting and retching in the control group. Acupressure wristbands can be used as an method to prevent nausea and vomiting during pregnancy.
Keywords: Acupressure, wristband, nausea, vomiting, retching, pregnancy.

GİRİŞ

Gebelikte oluşan bulantı ve kusma, annelerin %80' ini etkileyen en yaygın tıbbi sorunlardan biridir (Topçu vd., 2019). Gebelikte salgılanan östrojen, koryonik gonadotrip hormon (hCG), progesteron sevilerindeki değişiklikler bulantı ve kusmanın sebebi olabilir. Ancak bulantı patolojisi ve gebenin kusması birkaç baskın teori olmasına rağmen tam olarak bilinememektedir (Caren, 2019). Antiemetik ilaçlarının çoğunun, gebelik döneminde güvenliği hakkında çok az veri mevcuttur. Bu sebeple kadınlar genellikle alternatif tedavilere başvururlar. Bunlar, distraksiyon, rahatlama teknikleri, sistemik duyarsızlaştırma, hipnoz, terapötik masaj, akupunktur ve aküpresür olarak sıralayabiliriz (Genç & Tan,

2015). Bu alternatif tedavilerin arasında, aküpresür en iyi uygulamadır. Aküpresür invaziv olmayan, kendi kendine uygulanabilen masrafsız bir uygulama olmasından dolayı dikkat çekmektedir (Markose vd., 2004). Aküpresür; parmak, el, dirsek veya çeşitli cihazlarla belirli akupunktur noktalarına fiziksel baskı uygulayan non-invaziv bir tedavi yöntemidir (Agarwal vd., 2000; Ryait vd., 2011; Yang vd., 2019). Aküpresürün son yıllarda popüleritesi artmıştır ve tercih edilen alternatif tedavi olmuştur (Yang vd., 2019). Etkisi bilimsel olarak kanıtlanmamıştır fakat, mide bulantısı ve kusmanın tedavisi için P6' ya baskı (el bileğinin ön koluna medial olarak yerleştirilen eğim noktası) önerilmektedir (Maul, 2015). Alternatif bir yöntem olan bir PC6 akupunktur noktası uyarılmasının, bulantı ve kusmayı azalttığı bildirilmiştir (Lee vd., 2015). Bu araştırmanın amacı, 6.-14. gebelik haftaları arasındaki gebelerin, pericardium 6 (p6) noktasına bilek bandı ile uygulanan aküpresürün gebelikte görülen bulantı ve kusmaya etkisini değerlendirmektir.

MATERYAL VE METOD

Çalışma, 3 Temmuz 2020- 30 Nisan 2021 tarihleri arasında bir devlet hastanesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniğine başvuran, gebelik haftaları 6-14 arasında ve bulantı ve kusması olan gebeler ile yapılmıştır. Örneklem büyüklüğünü belirlemek amacıyla G*Power (v3.1.9) programı yardımı ile her iki grupta da örneklem sayıları n1=37, n2= 37 olmak üzere toplam 74 kişi olarak hesaplandı.

Çalışmaya dahil etme kriterleri; Bilişsel, duygusal veya iletişim sorunları olmayan gebeler, 6-14 haftalık gebelik döneminde bulantı ve kusması olanlar, çalışma için gönüllü olan gebeler.
Çalışmadan dışlanma kriterleri; Hiperemesiz gravidarum öyküsü olan, kronik hastalıkları olanlar (hipertiroidizm, diabetes mellitus, astım), psikatrik hastalığı olanlar, molar gebelik öyküsü olanlar, çoğul gebelikler, gastrointestinal hastalığı olanlar, 20 yaşından küçük olanlar, bilek rahatsızlığı ve bileklerinde skar dokusu olanlar.

Örnekleme dahil edilme ve dışlanma kriterleri değerlendirildikten sonra gebeler basit randomizasyon yöntemiyle deney ve kontrol gruplarına ayrılmıştır.

Deney Grubuna Yapılan İşlemler: Gebe tanıtım formu, PUQE testi yüz yüze görüşme tekniği ile dolduruldu. Elastik bir bandın üzerinde olan özel pim, P6 (Neiguan) noktası ölçülüp bilekliklere takıldı (Resim 1). Ölçüm için, bilek kıvrımından itibaren, üç parmakla ölçülüp üçüncü parmağın altı P6 (Neiguan) akupuntur noktası bulundu ve bant üzerindeki beyaz pimin bu noktaya yerleştirilmesi sağlandı (Resim 1) (Resim 1: uygulama esnasında çekilmiştir). Aynı işlem diğer bilek içinde yapıldı. Gebeler bu bandı, bir hafta boyunca kullandığı sürece, her iki el bileklerine sürekli takmaları, ellerini-kollarını yıkamaları ya da duş almaları gerektiğinde bilekliği çıkarabilecekleri veya sekiz saatte bir on dakika bileklerini dinlendirdikten, sonra en kısa zamanda tekrar takmaları istendi. Aşırı bulantı kusmada ve beklenmeyen herhangi bir farklı durumda tekrar polikliniğe başvurabileceği hatırlatıldı ve bir hafta sonra tekrar polikliniğe çağrılarak PUQE testi tekrar değerlendirildi, aküpresür bileklikten memnuniyet sorgulandı ve muayene sona erdi.

Resim 1: P6 akupressure uygulama bölge yeri tespiti

Kontrol Grubuna Yapılan İşlemler: Kontrol grubuna, araştırmanın amacı anlatılıp yazılı onam alındıktan sonra gebe tanıtım formu, PUQE testi yüz yüze görüşme tekniği ile dolduruldu. Aşırı bulantı

kusmada ve beklenmeyen herhangi bir farklı durumda tekrar polikliniğe başvurabileceği hatırlatıldı ve bir hafta sonra tekrar polikliniğe çağrılarak PUQE testi tekrar değerlendirildi ve muayene sona erdi.

SONUÇ

Tablodaki veriler incelendiğinde; Çalışmaya alınan gebelerin deney grubunun yaş ortalaması 28,70±6,12, ortalama gebelik haftası 9,32±2,16 idi. Gebelerin eğitim düzeylerine göre dağılımı incelendiğinde %29,7'sinin ilkokul mezunu, %32,4'ünün lise mezunu, %24,3'ünün üniversite mezunu ve %13,5'inin okur-yazar olduğu belirlendi. %45,9'u gebeliği sırasında bulantı kusma yaşarken, %32,4'ü ilk gebeliğini, %13,5'i ikinci gebeliğini, %32,4'ü üçüncü gebeliğini, %21,6'sı 4 ve üzeri gebeliğini yaşadı (Tablo 1).

Tablo 1. Gebelerin sosyo-demografik özelliklerinin dağılımı (n=74)

Characteristics		**n (%)***	**n (%)***
		Experimental group (n 37)	No treatment control (n 37)
Age (years,±SD)		28.70±6.12	28.84±5.14
Gestational Age (weeks, ±SD)		9.32±2.16	8.76±2.02
Level of education	Literate	5 (13.5)	1 (2.7)
	Primary-Secondary	11 (29.7)	12 (32.4)
	High School	12 (32.4)	12 (32.4)
	University	9 (24.3)	12 (32.4)
Nausea and vomiting in a previous pregnancy	Yes	17 (45.9)	14 (37.8)
	No	20 (54.1)	23 (62.2)
Parity	1	12 (32.4)	7 (18.9)
	2	5 (13.5)	15 (40.5)
	3	12 (32.4)	10 (27.0)
	≥4	8 (21.6)	5 (13.5)

*, Mean; SD, standart deviaton.

Tablo 2'de deney ve kontrol gruplarının ilk ölçümdeki PUQE puanları ve bir hafta sonra deney ve kontrol arasındaki bağımsız t-testi ile karşılaştırıldı. Gruplar hem öncesi hem de sonrası farkı belirlemek için ilgili örneklem t-testi kulanıldı ($p<0,05$) (Tablo 2).

Table 2. Deney ve kontrol gruplarının PUQE testi ilk değerlendirme ve son değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması (n=74)

Puqe Test Sonuçları	**Grup**	**1.Ölçüm**	**2.Ölçüm****	***Anlamlılık***	
		$\bar{X}$±SS	**$\bar{X}$±SS**	***t***	***p***
Son 12 saatte bulantı sayısı	Deney	3,46 ± 0,99	2,32 ± 1,11	5,25	**0,00**
	Kontrol	2,92 ± 0,95	2,59 ± 1,24	1,43	0,16
	Toplam	3,19±1,00	2,46±1,17	4,491	**0,00**
Son 12 saatte kusma sayısı	Deney	2,08 ± 0,98	1,54 ± 0,77	3,65	**0,00**
	Kontrol	1,43 ± 0,77	1,57 ± 0,73	-0,87	0,39
	Toplam	1,76±0,93	1,55±0,74	1,781	0,07
Son 12 saatte öğürme sayısı	Deney	3,16 ± 1,19	2,27 ± 1,12	4,62	**0,00**
	Kontrol	2,59 ± 1,19	2,35 ± 1,03	1,10	0,28
	Toplam	2,88±1,2	2,31±1,07	3,77	**0,00**
Puqe-Toplam	Deney	8,7 ± 2,60	6,14 ± 2,34	5,99	**0,00**
	Kontrol	6,95 ± 2,30	6,54 ± 2,24	0,96	0,34
	Toplam	7,82±2,59	6,33±2,28	4,58	**0,00**

TARTIŞMA

Çalışmada, akupunktur bilekliği kullandığı deney grubu ile herhangi bir şey kullanmayan kontrol grubu ile karşılaştırıldığında bulantı ve kusmayı önemli ölçüde azalttığı görüldü. Hamilelik sırasında kusma, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen. Bu veriler akupunktur bileziğinin bulantı ve kusmayı önlemek için ilaç dışı bir yöntem olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir ($p<0,05$) (Tablo 2). Çalışmalar farklı grup ve zamanlarda yürütülmüş olmasına ragmen birçok çalışmada perikardın 6 bölgesine uygulanan akupunkturun bileklik hamilelerde bulantı, kusma ve öğürmeyi azaltır. (Mobarakabadi ve ark, 2019; Karayalı, 2021; Lepcha ve ark, 2020). Bu çalışmaların aksine, sistematik bir derlemede randomize çalışmalarda, P6 akupunktur bilekliği uygulamasının etkili olmadığı bulunmuştur (Matthews ve ark, 2020). Hamilelik sırasında mide bulantısı ve kusma kaçınılmazdır. Bulantı ve kusma için kullanılan farmakolojik yöntemler fetüse zarar verebilir. Farmakolojik olmayan yöntemler daha güvenilir olarak kullanılabilir. Sonuç olarak, çalışmada kullanılan akupunktur bilekliği deney grubundaki gebelerin bulantı kusma puanlarını, kontrol grubundaki gebelerin bulantı ve kusma puanlarını değiştirmiştir. Akupunktur bilekliğinin gebede mide bulantı ve kusmayı önlemek için alternatif bir seçenek olarak kullanılabileceğini gözlemledi.

KAYNAKLAR

Agarwal, A., Pathak, A., & Gaur, A. (2000). Acupressure wristbands do not prevent postoperative nausea and vomiting after urological endoscopic surgery. *Canadian Journal of Anesthesia*, *47*(4), 319.

Caren, C. (2019). Nausea and Vomiting of Pregnancy. *Topics in Obstetrics & Gynecology*, *39*(9), 1-7.

Genç, F., & Tan, M. (2015). The effect of acupressure application on chemotherapy-induced nausea, vomiting, and anxiety in patients with breast cancer. *Palliative & Supportive Care*, *13*(2), 275-284. https://doi.org/10.1017/S1478951514000248

Karakayali, Ç. (2015). *Gebelikte Bulanti-Kusma Şiddetinin Doğum Korkusu Ve Psikososyal Sağlik Düzeyi İle İlişkisi*. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi).

Lee, A., Chan, S. K., & Fan, L. T. (2015). Stimulation of the wrist acupuncture point PC6 for preventing postoperative nausea and vomiting. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003281.pub4

Lepcha, K., Devi, B., & Das, M. (2020). Effectiveness of P6 Acupressure on Reduction of Nausea, Vomiting & Retching among Antenatal Women attending Antenatal Clinic at District Hospitals of Sikkim. *International Journal of Nursing & Midwifery Research (E-ISSN: 2455-9318)*, *7*(1), 24-30.

Markose, M. T., Ramanathan, K., & Vijayakumar, J. (2004). Reduction of nausea, vomiting, and dry retches with P6 acupressure during pregnancy. *Reduction of nausea, vomiting, and dry retches with P6 acupressure during pregnancy*, *85*(2), 168-169.

Matthews A, Dowswell T, Haas DM, Doyle M, O'Mathúna DP. Interventions for nausea and vomiting in early pregnancy. Cochrane Database Syst Rev 2010:CD007575. https://doi.org/10.1002/14651858.CD007575.pub2

Maul, H. (2015). Komplementäre und alternative Medizin bei (Hyper-)Emesis gravidarum. *Der Gynäkologe*, *48*(1), 28-35. https://doi.org/10.1007/s00129-014-3428-7

Mobarakabadi SS, Shahbazzadegan S, Ozgoli G. The effect of P6 acupressure on nausea and vomiting of pregnancy: A randomized, single-blind, placebo-controlled trial. Adv Integr Med 2020;7:67–72. https://doi.org/10.1016/j.aimed.2019.07.002.

Ryait, H. S., Arora, A. S., & Agarwal, R. (2011). SEMG signal analysis at acupressure points for elbow movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *21*(5), 868-876. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.002

Topçu, G. B., Ateş, N. A., & Küğcümen, G. (2019). *Gebelikte Bulantı ve Kusma Yönetimi*. 5.

Yang, J., Jiang, Y., Chen, Y., Sun, M., Chen, J., Zheng, Q., & Liang, F. (2019). Acupressure the PC6 point for alleviating postoperative nausea and vomiting. *Medicine*, *98*(33), e16857. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000016857

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN DOĞAL BİTKİLERİN KULLANIMI VE SÜS BİTKİSİ OLARAK DEĞERLENDİRMELERİ

Gül Yücel
Yalova Üniversitesi, Yalova Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü
gulyucel68@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1235-4482

Özet
Ülkemiz florasının zenginliği bilinen bir gerçektir. Ancak bu zenginlik içindeki doğal bitki türleri yeterince tanınmamaktadır. Çok sayıda doğal bitki türünün tanınırlığı, yöre insanları ve konuyla ilgilenen bilim insanlarıyla sınırlı kalmaktadır. Oysa doğal bitkilerin tanınması ve onlardan yararlanılması kaynakların sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Özellikle son yıllarda ülkemizde tasarım çalışmalarında kullanılan süs bitkisi materyali giderek alışılmış ve sıradan hale gelmeye başlamıştır. Daha kötüsü de kullanılan bitkilerin çok büyük kısmının yabancı yurtlu olup, uyum problemi yaşamalarıdır. Doğal bitkilerden süs bitkisi olarak yararlanılması halinde ise, tüketiciye alışılmış bitki türlerinin dışında seçenekler sunulabilecektir. Ayrıca ekolojiyle uyumlu bitkilerin kullanılması, bakım giderlerinin azalmasına ve daha az kimyasal madde kullanımına neden olacaktır. Bu çalışma, doğal bitkilerimizin süs bitkisi olarak değerlendirilmesi ve onlardan bu amaçla yararlanılması konusunun önemini ve gerekliliğini vurgulamak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süs bitkisi, doğal bitkiler, flora

IN TERMS OF SUSTAINABILITY THE USE OF NATURAL PLANTS AND THEIR EVALUATION AS ORNAMENTAL PLANTS

Abstract
The richness of our country's flora is a well-known fact. However, the natural plant species in this richness are not sufficiently known. Recognition of many natural plant species is limited to local people and scientists interested in the subject. However, recognizing and benefiting from natural plants is extremely important for the sustainability of resources. Especially in recent years, the ornamental plant material used in design studies in our country has become increasingly common and ordinary. What's worse is that most of the plants used are of foreign origin and they have adaptation problems. If natural plants are used as ornamental plants, options other than conventional plant species will be offered to the consumer. In addition, the use of ecologically compatible plants will result in reduced maintenance costs and less use of chemicals. This study has been prepared to emphasize the importance and necessity of evaluating our natural plants as ornamental plants and using them for this purpose.

Keywords: Ornamental plant, Natural plants, Flora

1. GİRİŞ

Ülkemizin, bitki çeşitliliği bakımından Kuzey yarıkürede yer alan diğer ülkelere oranla dikkat çekici ölçüde zengin olduğu bilinen bir gerçektir. Bu zengin bitkisel çeşitliliğin nedenleri arasında, Türkiye'nin Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan fitocoğrafik bölgelerinin kesiştiği noktada konumlanması, topografyanın çok kısa mesafelerde bile değişim göstermesi, ana kayalardaki farklılıklar farklı toprak tiplerini kapsaması, jeolojik yapısındaki ve iklimindeki değişimler vb. sayılabilir. Ülkemiz florası 11.707 taksonu bir arada barındırmaktadır. Ayrıca bu taksonlardan 3649 adedi Türkiye'ye özgü endemik takson olup % 32 gibi endemizm oranıyla temsil edilmektedir (Güner ve ark, 2012; Bağçıvan ve Daşkın, 2020)

Sürdürülebilirlik ve Doğal Bitki İlişkisi

Günümüz dünyasında iklim değişikliğinin etkileri, bozulan doğal kaynaklar, sık sık yaşanan kuraklıklar, azalan toprak verimliliği, haşere ve hastalıklar, diğer pek çok sorun özellikle de dünyanın kurak bölgelerinde, meskenler ve kentsel peyzajlar üzerinde baskı yapan bu etkileri iyileştirmek için eyleme geçmeye ihtiyaç vardır (E. Hopkins and R. Al-Yahyai, 2015) Bu nedenle bugün tükenmek üzere olan tüm kaynaklar, toplumları farklı çözüm arayışlarına yöneltmiştir. Mevcut kaynakların hem korunması

hem de devamının sağlanabilmesi için sürdürülebilirlik temeline dayanan planlamalar öne çıkmıştır. Sürdürülebilirlik; bir taraftan mevcut olanaklardan yararlanırken bir taraftan da onlara zarar vermeksizin devamlılıklarını sağlamayı hedeflemektedir. Bu önemli nokta kuşkusuz peyzaj tasarımları yapılırken de dikkate alınmalı ve tasarımlarda kullanılacak bitkilerin bölgenin doğal bitki türlerinden seçilmesine özen gösterilmelidir (Yener ve ark,2021). Peyzaj mimarlığı çalışmalarında başarılı ve bitkiyi tanımlayarak içlerinden en uygun olanları kullanıldığında başarı elde edilebilir. Bu nedenle peyzaj planlamasında doğal bitkilerin incelenmesi ve haritalanması çok önemlidir. Yerel bitkiler bünyelerini değişik sahalara uyarlayabilirler. Örneğin, nemli ya da daha kurak, güneş gören açık alan veya daha gölge yerler, değişken verimliliğe sahip asidik veya bazik topraklar gibi çok sayıdaki sıra dışı koşula kolayca uyum gösterebilirler.(Zencirkıran, 2009) Kentlerde yeşil alanların tasarımlarında yöreye ait doğal bitkilerden yararlanmak uzun vadede kentteki yeşil alanların bakım ve onarım giderlerinin en alt düzeyde tutulmasına, kent ekolojisinin zenginleşmesine, çevre sorunlarının büyük ölçüde çözülmesine ve doğal kaynakların sürdürülebilir olarak kullanılmasına neden olacaktır. Bütün bunlar hem kent ekolojisini hem de kent ekonomisini destekleyen çözümler olarak ortaya çıkacaktır. (Erduran ve Günal,2012) (Crewe, 2013)'e göre 1970'lerden bu yana, yerel bitkilendirmeleri kentsel tasarımla bütünleştiren tasarım projelerinde bir patlama olmuştur. İnsan ve doğal ekosistemleri birleştiren çok işlevli peyzajlara olan ihtiyacı dikkate alındığında, bu kentsel değişim giderek daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

Doğal bitkilerin kullanım alanları

Doğal bitkiler görsel özellikleri için kırsal ve kentsel peyzaj tasarımlarında kullanılacağı gibi ilaç veya boya hammaddesi olarak kullanılabilirler. Ayrıca yine doğal bitkilerden kozmetik sanayinde de yararlanılmaktadır (Koçhan, 2010). (Pouya ve Demir 2017)'ye göre, doğal bitki örtümüzde sanayide, tıp alanında, kimya endüstrisinde, parfümeri alanında, gıda ve katkı maddesi olarak ve tarımda pestisit olarak kullanılabilen çok sayıda bitki türü bulunduğunu işaret etmektedirler. Burada bizim için öncelikli olan kısmı süs bitkisi olarak kullanımdır.

Tasarımlarda yabancı orjinli süs bitkileri yerine kullanılabilecek bitkilerin özellikleri belirlenirken, bu bitkilerin çevresel faktörlerle uyumlu olması, görsel açıdan sıra dışı ve ilgi çekici bir çiçek yapısı, koku, meyve, yaprak, renk veya bitki formuna sahip olması ya da değişik mevsimlerde farklı görünümler oluşturabilmesi ilk etapta sayılabilecek özelliklerdir. Konuyu biraz daha genişlettiğimizde bitkinin yayılım özelliği, büyüme fizyolojisi, hastalık ve zararlılara olan dayanıklılığı, değişik koşullara adapte olabilirliği, gelişim fizyolojisi, taşıma esnasında dayanıklılığı ve süs bitkileri pazarında kabul görme oranı gibi daha pek çok faktörden söz etmek mümkündür. Bu bağlamda, günümüz dünyasında estetik anlamdaki beklentileri karşılamanın ötesinde mimarlık, mühendislik alanlarına ve iklim değişikliklerine katkı sunabilecek süs bitkilerinin ıslah çalışmaları sürdürülmektedir. (Alp ve ark,2020), (Surat,2020)

Sonuç

Doğal bitkilerin kültüre alınması ve süs bitkileri sektörü içinde değerlendirilmesi çeşitli aşamaları içeren uzun soluklu bir süreçtir. Burada ilk adım, pazarın isteklerine cevap verebilecek türün seçilerek teşhisinin yapılması olmalıdır. Seçilen türe ait üretim çalışmalarının yapılarak en uygun üretim modelinin belirlenmesi sürecin ikinci aşamasını oluşturmalıdır. Sonraki aşamada tercih edilen türe ilişkin yetişme faktörleri ve ekolojik istekler belirlenmelidir. Son aşamada ise türün söz konusu pazarda tanıtımının yapılması ve en etkin pazarlama yöntemlerinin saptanarak satışa sunulmasıdır (Alp ve ark, 2020)

Önceki yıllarda özellikle peyzaj uygulamalarında birincil amaç çevre-ortam birlikteliğinin niteliğini arttırmak iken, bugün ilk hedef; iklim değişiklikleri ile meydana gelebilecek istenmeyen durumları önleyebilmek adına bitkisel uygulamalarda kurakçıl türleri kullanmak olmuştur (Bayramoğlu, 2016). Bu nedenle son dönemlerde kent peyzajlarında kullanılan süs bitkileriyle suyun akılcı kullanımı ve yönetimi konusu çok önem verilen bir nokta olarak değerlendirilmektedir. Bunun ötesinde süs bitkileriyle hava kirliliğinin önlenmesi ve hava kalitesinin iyileştirilmesi, sürdürülebilir tasarımların oluşturulması, enerji tasarrufu gibi konularda başarılı sonuçlar elde edilirken, diğer yandan yapılan bu çalışmalarla söz konusu alanlarda toplumsal duyarlılık da artırılmıştır. Her alanda olduğu gibi süs bitkileri çeşitliliği alanında da zaman içinde farklılık arayışları oluşmaktadır. Var olanların dışındaki renklerde ve formlarda, gelişmiş fonksiyonel özellikleri olan, piyasada bulunan türlerdeki olumsuz

özelikleri olabildiğince alt seviyelerde barındıran, düşük maliyetli, özellikle hastalık ve zararlılarla savaşım konusunda yüksek beklentileri olmayan, güçlü adaptasyon yeteneğine sahip türlerin ıslah edilmesine yönelik yaklaşımlar giderek artmaktadır. Bu noktada doğal bitkilerden süs bitkisi olarak yararlanmak da çok önemli bir argüman olarak karşımıza çıkmaktadır (Alp ve ark, 2020).

KAYNAKLAR

Bağcıvan, G., & Daşkın, R. (2020). Orhaneli ilçesinin vasküler bitki çeşitliliği (Bursa, Türkiye). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(2), 416-434.

Bayramoğlu, E. (2016). Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(2), 119-127.

Crewe, K. (2013). Arizona native plants and the urban challenge. Landscape Journal, 32(2), 215-229.

Çimen, Ş., & Ulus, A. (2020). Türkiye Milli Botanik Bahçesi'nde Bulunan Bazı Doğal Bitki Taksonlarının Süs Bitkisi Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı), 269-290.

Erduran, F., & Günal, İ. (2012). Manisa, Soma ilçesi yeşil alanlarında kullanılan tasarım bitkilerinin belirlenmesi ve doğal bitki örtüsünden yararlanma olanakları. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 26(1), 1-10.

Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1, İstanbul, 1290 s.

Güneroğlu, N., & Pektaş, S. (2022). Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(1), 79-89.

Hopkins, E., & Al-Yahyai, R. (2015, August). Landscaping with native plants in Oman. In VIII International Symposium on New Ornamental Crops and XII International Protea Research Symposium 1097 (pp. 181-192).

Kılıçaslan, N., & Dönmez, Ş. (2016). Göller bölgesinde doğal olarak yetişen soğanlı bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. Türkiye Ormancılık Dergisi, 17(1), 73-82.

Koçhan, N. (2010). Peyzaj planlama ve tasarım çalışmalarında kuşburnu (Rosa canina L.) bitkisinin değerlendirilmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 14(4), 33-37.

Pouya, S., & Demir, S. (2017). Peyzaj Mimarlığında Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt: 10 Sayı: 54.

Surat, H. (2020). Artvin'de doğal olarak yetişen bazı tıbbi-aromatik ve ekonomik değere sahip odunsu bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanım alanlarının değerlendirilmesi. Journal of International Social Research, 13(74).

Şahin, E. K., Bekar, M., & Güneroğlu, N. (2020). Türk fındığı (Corylus colurna L.)'nın peyzaj mimarlığında kullanım olanakları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(1), 91-99.

Şevket, A. L. P., Zeybekoğlu, E., Salman, A., & Özzambak, M. E. (2020). Doğal bitkilerin kültüre alınması süreci ve süs bitkisi olarak kullanılması. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı), 351-357.

Yener, Ş. D., & Ak, B. R. A. (2021). Doğu Anadolu Bölgesi'nin etnobotanik kullanımı olan bazı bitkilerin peyzaj düzenlemelerinde kullanım olanakları. Eurasian Journal of Forest Science, 9(3), 92-106.

Zencirkiran, M. (2009). Determination of native woody landscape plants in Bursa and Uludag. African Journal of Biotechnology, 8(21).

KÜÇÜK GÜÇLÜ RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE KULLANILAN MANYETİK DİŞLİLER İÇİN ÖRNEK BİR HESAPLAMA

Taner DİNDAR
Ankara Üniversitesi, Nallıhan Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü
tdindar@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4112-2114

Kadir YILMAZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
kayel@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0819-3420

Mahir ÇELİK
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
mahir.celik@kocaeli.edu.tr, ORCİD: 0009-0000-7131-8049

Özet
Manyetik dişli sistemleri son zamanlarda umut verici şekilde gelişmeye başlamıştır. Rüzgâr türbinlerinde kullanılan klasik mekanik dişli kutusu yerine sürtünmesiz ve yağlama problemleri olmayan manyetik dişli kullanımı artmaktadır. Bu çalışmada küçük güçlü rüzgar türbinleri için matlab_simulink programı ile optimum tasarım parametreleri belirlenerek hesaplamalar yapılmıştır. Küçük güçlü rüzgâr türbinlerinde kullanılabilecek çift girişli koaksiyel manyetik dişlide hava boşluklarındaki manyetik akı yoğunluğunu hesaplamak için farklı parametreler karşılaştırılarak en iyi olanı seçilmiştir. Taşıyıcı ve iç rotor parametre değerleri değiştirilerek, dış rotor manyetik akı yoğunluğu 1,0313, iç rotor manyetik akı yoğunluğu 0,9848 olarak sayısal sonuç elde edilmiştir. Böylelikle uygulama aşamasına geçilmeden önce zaman ve maliyet anlamında tasarruf edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Manyetik dişli, Rüzgar türbini, Manyetik alan.

AN EXAMPLE CALCULATION FOR MAGNETIC GEAR USED IN SMALL POWER WIND TURBINES

Abstract
Magnetic gear systems have started to develop promisingly recently. Instead of the classical mechanical gearbox used in wind turbines, the use of frictionless and lubrication-free magnetic gears is increasing. In this study, calculations were made by determining the optimum design parameters for small powerful wind turbines with the matlab_simulink program. In order to calculate the magnetic flux density in the air gaps of the double input coaxial magnetic gear that can be used in small powerful wind turbines, different parameters are compared and the best one is selected. By changing the carrier and inner rotor parameter values, the numerical result was obtained as 1.0313 outer rotor magnetic flux density and 0.9848 inner rotor magnetic flux density. Thus, it is aimed to save time and cost before proceeding to the implementation phase.

Keywords: Magnetic gear, Wind turbine, Magnetic field.

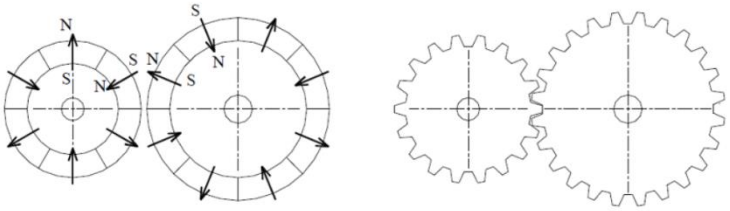
1. GİRİŞ

Gelişen ve sanayileşen Dünya'da artan enerji talebini karşılamak üzere teknolojiler geliştirilmekte ve mevcut kaynaklardan en verimli bir şekilde faydalanılmaya çalışılmaktadır. İklim krizi ve bu bağlamda fosil enerji kaynaklarının kullanılmasının sınırlandırılması çevre dostu teknolojilerinin geliştirilme ihtiyacı günden güne artmaktadır. Bu sebeple, rüzgâr enerji santralleri gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanılarak çevre dostu ve sürdürülebilir teknolojilerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir (Ming ve ark., 2022).

Rüzgâr türbinlerinde dönel hareketin aktarılabilmesi için dişli sistemlerinden faydalanılmaktadır. Bu tür dişli mekanizmaları dönen bir mil aracılığıyla hareketi aktardığı gibi moment ve hız değişimini sağlamaktadır. Rüzgâr türbinlerinde dişliler, açısal hızın değiştirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Bir

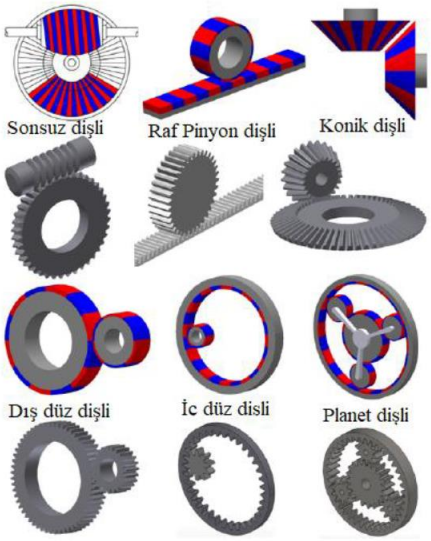
başka deyişle, türbindeki senkron jeneratörlerden elde edilen gerilim frekansının şebeke frekansında olabilmesi için jeneratörün açısal dönüş hızı bu koşulu sağlayacak tam değerde olmalıdır. Bu değeri elde etmek için rüzgârın dönüş hızı ile jenaratörün mevcut dönüş hızı arasındaki oranın ayarlanması gereklidir. Türbinler de bunu yapan sistemler de dişli sistemleridir. Bu değerin elde edilebilmesi amacı ile rüzgârın dönüş hızının jeneratörün mevcut dönüş hızına oranı kadar çevirme oranına sahip bir dişli sistemine ihtiyaç vardır (Akyerden, 2018).

Rüzgâr türbinlerinde mekanik ve manyetik dişli olmak üzere iki çeşit dişli çeşidi kullanılmaktadır. Mekanik dişli mekanizmalarında sürtünmeden kaynaklı problemler yaşanmaktadır. Dişler arasında temas nedeniyle dişli mekanizmalarında yorulma, ısınma ve aşınma gibi problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu tür problemleri önlemek amacıyla türbinlere sürekli bakım yapılmaktadır. Bakım sırasında dişlilerin periyodik olarak yağlanması gerekmektedir. Bu da mevcut maliyetin artmasına neden olmaktadır. Mekanik dişli sistemleri aynı zamanda gürültülü çalışır ve aşırı yüke karşı dayanıklı değildir. Manyetik dişli mekanizmalarında dönel hareket mekanik bir temas olmadan gerçekleşir. Bu bağlamda manyetik dişli mekanizmalarında mekanik dişli mekanizmalarında görünen sürtünme, periyodik bakım, yağlama, ısınma ve aşınma gibi problemler yaşanmaz. Aynı zamanda aşırı yüke karşı manyetik dişliler dayanıklıdır. Fakat manyetik dişliler manyetik alan etkisi ile çalıştığı için sürekli mıknatıslanma sonucunda manyetik akı yoğunluğu sınırlıdır. Bu etkiyle manyetik dişlilerde moment yoğunluk değeri düşer (Akyerden, 2018).

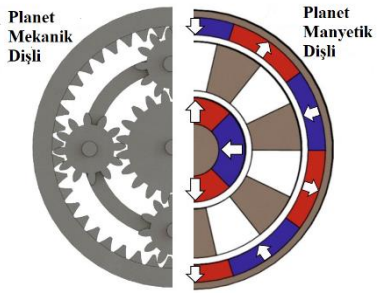


Şekil 1. Sabit mıknatıslı manyetik düz dişli şematik gösterimi ve mekanik karşılığı düz dişli (Atallah ve Howe, 2001).

Dişli sistemlerine bakıldığında Şekil 1'de görüldüğü gibi mekanik dişli yerine sabit mıknatıslardan yararlanıp manyetik dişliye çevrilebilmektedir. Manyetik dişlilerin çeşitleri bulunmaktadır.



Şekil 2. Literatürde yer alan yaygın manyetik dişli topolojileri (Tlali, 2014).



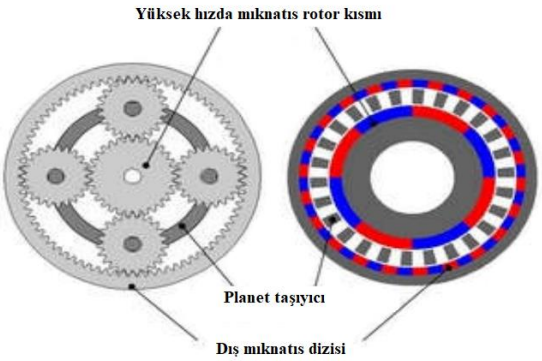
Şekil 3. Planet mekanik dişli ve manyetik dişli topolojisi (Martin, 2013).

Tasarım yaparken kullanım yerlerine göre dişli çeşidi belirlenip analizler yapılmaktadır. Şekil 2'de literatürde yer alan manyetik dişliler gösterilmiştir. Şekil 3'de planet dişlinin topolojisi gösterilmiştir. Eş merkezli olarak bilinen planet dişlinin içerisinde güneş merkezi ile adlandırılan bir merkez bulunmaktadır.

2. KOAKSİYEL MANYETİK DİŞLİ

Eşmerkezli manyetik dişli türleri, diğer manyetik dişli türlerine kıyasla, yüksek tork iletme kabiliyetine sahiptir. Çalışmamızda tasarlamak istediğimiz planet manyetik dişli eşmerkezli manyetik dişli türündendir, yapısında merkezi dişli, dairesel dişli, taşıyıcı ve halka dişliler bulunmaktadır. Çalışması sabit bir güneş dişlisi etrafında dönen planet dişli mekanizmasından çıkış şaftına aktarılan düşük devir ve yüksek moment prensibine dayanmaktadır. Yüksek hız oranı, kompakt tasarım ve daha küçük hacim gereken uygulamalarda, planet dişli iletim sistemlerinin kullanılması daha uygundur (Peng ve ark., 2019).

Rüzgar türbinlerinde kullanılan manyetik dişli çalışmaları incelendiğinde en çok kullanılanlardan koaksiyel manyetik dişlilerdir. Manyetik akı yoğunluğunu artırmak için çalışmalar yapılmıştır. Koaksiyel manyetik dişli yapısına bakıldığında dört kısma ayrılmaktadır; Dış rotor, iç rotor, taşıyıcı ve şafttır. Dış ve iç rotorda sabit mıknatıslardan, taşıyıcı kısmda ferromanyetik malzemelerden oluşmaktadır (Song ve ark., 2020).



Şekil 4. Planet mekanik dişli ve manyetik dişli gösterimleri

3. KOAKSİYEL MANYETİK DİŞLİ HESAPLAMALARI

Koaksiyel manyetik dişliye ait denklemler aşağıda verilmiştir. Burada, n_2 orta rotorda bulunan ferromanyetik sayısı, p_1 iç rotorda bulunan mıknatısların kutup çifti sayısı ve p_3 dış rotorda bulunan mıknatısların kutup çifti sayısıdır Ayrıca, T_1 iç rotor tork değeri, T_2 orta rotor tork değeri, ω_1 iç rotor açısal hız, ω_2 çıkış açısal hız ve G_{12} aktarma oranıdır.

$$n_2 = p_1 + p_3 \quad (1)$$

$$\omega_2 * n_2 = \omega_1 * p_1 + \omega_3 * p_3 \quad (2)$$

$$T_1 * \omega_1 + T_2 * \omega_2 + T_3 * \omega_3 = 0 \quad (3)$$

Dış rotor sabit olduğunda ω_3=0 olmaktadır. Bu noktada denklemler sadeleştirilerek aşağıdaki bağıntılar elde edilebilir.

$$\omega_1 = n_2 * p_1 * \omega_2 \quad (4)$$
$$\omega_1 * \omega_2 = n_2 * p_1 = G_{12} \quad (5)$$
$$T_1 * \omega_1 = -T_2 * \omega_2 \quad (6)$$
$$T_2/T_1 = -\omega_1/\omega_2 = -n_2/p_1 = -G_{12} \quad (7)$$

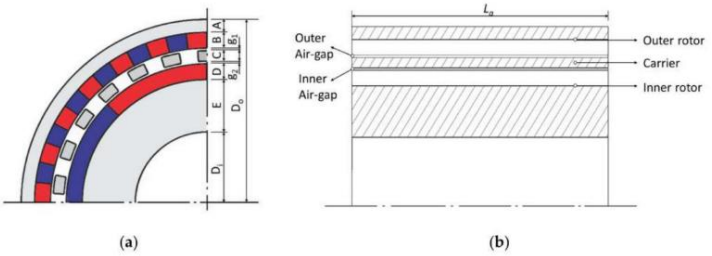
Denklem 7'de görüldüğü gibi giriş çıkış tork ve hız oranları dişli oranını belirlemekte ve eşeksenli MD için kayıplar yok sayıldığında aktarma oranı doğrudan hesaplanabilmektedir. Aktarma oranının eksi (-) işaretli olması dönüş yönlerinin ters olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada dış rotor sabit, orta ve iç rotor dönecek şekilde tasarım gerçekleştirilmiştir. HTY değeri tasarım için önemli parametrelerden biridir. Bu noktada, HTY Denklem 8 kullanılarak çıkış tork değerinin, T2 aktif hacme bölümünden hesaplanmıştır (Som, 2017).

Bu denklemlerde sırasıyla lmn, Am1-2, lp, Ap, gn, Agn mıknatıs uzunluğu, eksenel mıknatıs alanı, kutup parçası uzunluğu, kutup parçası eksenel alanı, hava aralığı uzunluğu ve hava aralığı eksenel alanını ifade eder. Ayrıca, μ_r ve μ_0 bağıl geçirgenlik ve mutlak geçirgenliği ifade etmektedir. İki mıknatısın Br değeri aynı olmaktadır bunun nedeni iç ve dış rotor kısımlarında kullanılan mıknatısların aynı cins olmasındandır.
Denklem 11-12 de verilen denklemlerle iç ve dış hava aralığında meydana gelen manyetik akı hesaplanmaktadır.

$$HTY = Tv = T2 / (\pi * (Ro)2 * d) \quad (8)$$
$$Am_1 = 2 * pi * roi / (po*2) * La \quad (9)$$
$$Am_2 = 2 * pi * rii / (po*2) * La \quad (10)$$
$$Bg_1 = Kl_1/(1+Kr * ((2 * Rg_1+2 * Rg_2+Rp+Rg_3)/(2 * Rm_1+2 * Rm_2))) * ((Am_1+Am_2)/Ag_1) * Br \quad (11)$$
$$Bg_2 = (Kl_2*Kl_1)/(1+Kr*((2*Rg_1+2*Rg_2+Rp+Rg_3)/(2*Rm_1+2*Rm_2)))*((Am_1+Am_2)/Ag_2)*Br \quad (12)$$

4. ÖRNEK TASARIM PARAMETRELERİ VE HESAPLANMASI

Mekanik dişli sistemlerinde dişlilerin oranını belirlemek için kullanılan formüller olduğu gibi manyetik dişliler içinde formüller vardır. Denklem 7'de verilen formülle ilk başta dişli oranı belirlenmektedir. Dişli oranı rüzgar türbinlerinde önemli bir yere sahiptir. Alternatörün üreteceği enerji miktarı dişli oranının yüksek olması ile direkt olarak doğru orantılıdır. Dişli oranını belirleyen iç, dış rotordaki mıknatıslar ile taşıyıcı kısmı belirlemektedir. İstenildiği durumda bir kısım sabit olup diğer kısımlar giriş ve çıkış olarak kullanılabilir. Konfigürasyonda dış rotorun sabit olduğu sistemin çıkış milinin ise çelik kutuplar ile sağlandığı bir yapı ile dişli oranının yüksek olduğu görülmektedir. Dişli oranının yanı sıra manyetik dişlide iç ve dış rotor kısmındaki parametrelerde manyetik akı yoğunluğunu etkilemektedir. Bu çalışmada 140 mm. dış çapı olan ve iç rotordaki manyetik alan yoğunluğunu artırmak için 4 farklı durum değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Manyetik dişli tasarım parametreleri (a) Kesit görünüm (b) Eksenel görünüm ((Ming ve ark., 2022)

Tablo 1. Koaksiyel manyetik dişli parametre değerleri

	Açıklama	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4
İÇ ROTOR	İç yarıçap, Di +E	43 mm.	42 mm.	41 mm.	40 mm.
	Dış yarıçap, Di +E+D	49 mm.	48 mm.	47 mm.	46 mm.
	Kutup çifti, p1	4	4	4	4
	Açı, θ1, 180/(2p1)	22,5	22,5	22,5	22,5
	Elektrik çeliği	1008	1008	1008	1008
ORTA ROTOR	İç yarıçap, Di +E+D+g2	50 mm.	49 mm.	48 mm.	47 mm.
	Dış yarıçap, Di +E+D+g2+C	55 mm.	55 mm.	55 mm.	55 mm.
	Çelik sayısı, n2	26	26	26	26
	Açı, θ2, 180/(n2)	7,16	7,16	7,16	7,16
	Laminasyonlu çelik	M19-26G	M19-26G	M19-26G	M19-26G
DIŞ ROTOR	İç yarıçap, A+B	14 mm.	14 mm.	14 mm.	14 mm.
	Dış yarıçap, A	5 mm.	5 mm.	5 mm.	5 mm.
	Kutup çifti, p3	22	22	22	22
	Açı, θ3, 180/(2p3)	4,09	4,09	4,09	4,09
	Elektrik çeliği	1008	1008	1008	1008
DİĞER	Mıknatıs NdFeB	1,2 T.	1,2 T.	1,2 T.	1,2 T.
	İç yarıçap, Di	38 mm.	38 mm.	38 mm.	38 mm.
	Dış yarıçap, Do	70 mm.	70 mm.	70 mm.	70 mm.
	Hava Boşluğu	1 mm.	1 mm.	1 mm.	1 mm.
	Eksenel boy, d	30 mm.	30 mm.	30 mm.	30 mm.
	Sıkıştırma faktörü	0,96	0,96	0,96	0,96

Dış ve iç rotor ile taşıyıcı arasındaki hava boşluğu 1 mm. olarak kabul edilmiştir. Mıknatıs boyutları direkt olarak maliyeti etkilediğinden B ve D değerlerinde değişiklik yapılmamıştır. Matlab_simulink programında denklemler yazılmış Tablo 1'deki parametreler girilmiştir. Durum 1,2,3 ve 4 parametreleri sıra ile değerlendirildiğinde dış rotor manyetik akı yoğunluğu 1.022 T., 1.0367 T., 1.0383 T., 1.0313 T., iç rotor manyetik akı yoğunluğu 0.9167 T., 0.9491 T., 0.9706 T., 0.9848 T. olarak bulunmuştur.

5. SONUÇ

Bu çalışmada manyetik dişli sistemlerinin küçük ölçekli rüzgar türbinlerinde kullanılmasının öneminde bahsedilmektedir. Manyetik dişli sistemleri, istenildiği durumlarda iyi bir tork değerine sahip olabileceği düşünülmektedir. Manyetik dişliler daha fazla araştırılarak ve farklı parametreler incelenerek sayısal hesaplar ile tork yoğunlukları hesaplanabilir. Manyetik dişliler temassız özelliğe sahip olduğundan yağlamaya ihtiyaç durmazlar ve az bakım gerektirirler. Manyetik dişliler, aşırı yüklenmelere karşı doğal olarak koruma sağlar ve kaymaya neden olan kısım kaldırıldığında dönmesine aynı şekilde devam edilebilmektedir. Bu çalışmada iç ve dış rotor kısımlarındaki manyetik akı yoğunluğu dört farklı durumlar incelenmiş en iyi olanı seçilmiştir. Çalışmada bahsedilen koaksiyel manyetik dişli sisteminin prototipi yapılmadan önce sonlu elemanlar yöntemi ile iç ve dış rotordaki tork değerlerinin analizi yapılmış durum 4 en iyi olarak seçilmiştir.

KAYNAKÇA

Akyerden, E. (2018). Koaksiyel Manyetik Dişlinin Moment Analizinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Gerçekleştirilmesi.

Atallah, K., Howe, D. (2001). A novel high-performance magnetic gear. IEEE Transactions on magnetics.

D. Som vd., "Analysis and Testing of a Coaxial Magnetic Gearbox With Flux Concentration Halbach Rotors", IEEE Trans. Magn., c. 53, sy 11, ss. 1-6, Kas. 2017, doi: 10.1109/TMAG.2017.2715799.

Hu, J., Mei, B., Peng, H., and Jiang, X. 2019. Optimization Design and Analysis for a Single Motor Hybrid Powertrain Configuration with Dual Planetary Gears. Applied Science (Smart Home and Energy Management Systems), 09:07, 2076-3417.

Johnson, M.; Gardner, M.C.; Toliyat, H.A. A parameterized linear magnetic equivalent circuit for analysis and design of radial flux magnetic gears-Part I: Implementation. IEEE Trans. Energy Convern. 2018, 33, 784–791.

Martin Jr., T. (2013). Modern Mechanical Engineering, Vol.3 No.4.

Shah, L.; Cruden, A.; Williams, B.W. A variable speed magnetic gear box using contra-rotating input shafts. IEEE Trans. Mag.2011, 47, 431–438.

Tlali, P. M., Wang, R. J., Gerber, S. (2014). Magnetic gear technologies: A review. International Conference on Electrical Machines (ICEM), IEEE.

Wu, Y., Ming Ou, F., Tsai, M., Fajri, N. (2022). Development of a Dual-Input Magnetic Gear Train for the Transmission System of Small-ScaleWind Turbines. Applied Science.

Zhao, H.; Liu, C.; Song, Z.; Yu, J. A fast optimization scheme of coaxial magnetic gears based on exact analytical model considering magnetic saturation. IEEE Trans. Ind. Appl. 2020, 57, 437–447.

POLİ[POLİ(ETİLEN GLİKOL) METAKRİLAT-co-AKRİLAMİD]-graft-POLİ(Ɛ-KAPROLAKTON) TARAK-TİPİ AMFİFİLİK GRAFT KOPOLİMERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Ergül MEYVACI
Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 28200 Giresun, Türkiye
ergulmeyvaci@giresun.edu.tr (ORCID: 0000-0003-3530-1316)

Özet
Amfifilik polimerler, yapısında hidrofobik ve hidrofilik polimer zincirleri bulunduran kopolimerlerdir. Bu polimerler farklı yapılarda sentezlenmektedirler. Son zamanlarda oldukça ilgi gören sentez, tarak-tipi amfifilik graft kopolimer sentezidir. Bu tür kopolimerler, farmasötik araçlarda, kontrollü ilaç salınımlarında, biyomalzeme ve nanopartikül üretimi gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Misellere göre daha az kümelenme değerlerine sahiptirler. Bu da düşük konsantrasyonlarda polimerleri daha kararlı hale getirmektedir (Hoskins ve ark., 2012). Poli[poli(etilen glikol) metakrilat-ko-akrilamid]-graft-poli(ε-kaprolakton) (P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL) tarak-tipi amfifilik graft kopolimerin sentezi, sırasıyla serbest radikal polimerizasyon (SRP) ve halka açılma polimerizasyonu (ROP) teknikleri kullanılarak gerçekleştirildi. Bu amaçla, poli(etilen glikol) metakrilat (PEGMA) makromonomeri ile akrilamid monomerinden, 2,2'-azobisizobutironitril varlığında SRP tekniği ile poli[poli(etilen glikol) metakrilat-ko-akrilamid] (P[PEGMA-ko-AAm]) kopolimeri elde edildi. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL tarak-tipi amfifilik graft kopolimeri, P[PEGMA-ko-AAm] kopolimer ve ε-kaprolakton kullanılarak ROP tekniğiyle sentezlendi. Ürünün izolasyonu ve kurutulması sonrasında temel polimer karakterizasyon yöntemleri olan ^{1}H-nükleer manyetik rezonans spektroskopisi, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi ve termogravimetrik analiz ile yapısal ve termal karakterizasyonu saptanmıştır. Graft kopolimerinin spektroskopik ve termal analizleri, kopolimerin SRP ve ROP tekniklerinin bir kombinasyonu ile kolayca oluşturulduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Tarak-tipi amfifilik graft kopolimer, ε-kaprolakton, akrilamid, serbest radikal polimerizasyonu, halka açılma polimerizasyonu.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLY[POLY(ETHYLENE GLYCOL) METHACRYLATE-co-ACRYLAMIDE]-graft-POLY(Ɛ-CAPROLACTON) COMB-TYPE AMPHILIC GRAFT COPOLYMER

Abstract
Amphiphilic polymers are copolymers that contain hydrophobic and hydrophilic polymer chains. These polymers are synthesized in different structures. The synthesis that has attracted a lot of attention recently is the comb-type amphiphilic graft copolymer synthesis. Such copolymers are frequently used in pharmaceutical vehicles, controlled drug releases, biomaterials and nanoparticle production. Comb-type amphiphilic graft copolymers have less aggregation values than micelles. This makes the polymers more stable at low concentrations (Hoskins ve ark., 2012). Synthesis of poly[poly(ethylene glycol) methacrylate-co-acrylamide]-graft-poly(ε-caprolactone) (P[PEGMA-co-AAm]-g-PCL) comb-type amphiphilic graft copolymer was carried out using free radical polymerization (FRP) and ring opening polymerization (ROP) techniques. For this purpose, poly[poly(ethylene glycol) methacrylate-co-acrylamide] (P[PEGMA-co-AAm]) copolymer was obtained from poly(ethylene glycol) methacrylate (PEGMA) macromonomer and acrylamide monomer in the presence of 2,2'-azobisisobutyronitrile by FRP technique. P[PEGMA-co-AAm]-g-PCL comb-type amphiphilic graft copolymer was synthesized by ROP technique using P[PEGMA-co-AAm] copolymer and ε-caprolactone. After isolation and drying of the product, its structural and thermal characterization was determined by ^{1}H-nuclear magnetic resonance spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis, which are the main polymer characterization methods. Spectroscopic and thermal analyzes of the graft copolymer reveal that the copolymer is easily formed by a combination of FRP and ROP techniques.

Keywords: Comb-type amphiphilic graft copolymer, ε-caprolactone, acrylamide, free radical polymerization, ring opening polymerization.

1. GİRİŞ

Günümüzde farklı mimarilerde, dış uyaranlara karşı duyarlı, çok işlevli özelliklere sahip polimerler sentezlenmektedir (Mishra ve ark., 2011). Tarak-tipi amfifilik graft kopolimerlerin sentezi bu konuda hızlı bir şekilde ortaya çıkmıştır. Hatta ilaç çözünürlüğü ile ilgili olarak amfifilik blok kopolimerlere alternatif olarak da gösterilmektedir. Hem doğrudan iğne ile enjekte edilerek hem de oral uygulamalarda kullanım alanları vardır (Hoskins ve ark., 2012). Bu çalışmada tarak-tipi amfifilik graft kopolimerlerin sentezi gösterilmiştir. Hidrofilik yapıda poli(etilen glikol) metakrilat, akrilamid monomerleri ile hidrofobik yapıda biyouyumlu ε-kaprolakton monomerlerinden tarak-tipi amfifilik graft kopolimeri sentezlenmiştir. Ürünlerin yapısal ve termal karakterizasyonu ele alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Kullanılan Maddeler

Poli(etilen glikol) metakrilat M_n= 360 g.mol^{-1} (PEGMA) (Sigma-Aldrich), akrilamid (AAm) (Sigma-Aldrich), ε-kaprolakton (Alfa Aesar, 99%), 2,2'-azobisizobütironitril (AIBN) (Sigma-Aldrich, 98%), toluen (susuz, Sigma-Aldrich, ≥99.8%), dietil eter (Merck), Dimetil sülfoksit (DMSO) (Merck, ≥99.7%), Kalay oktoat (Sigma-Aldrich).

2.2. Kullanılan Cihaz ve Aletler

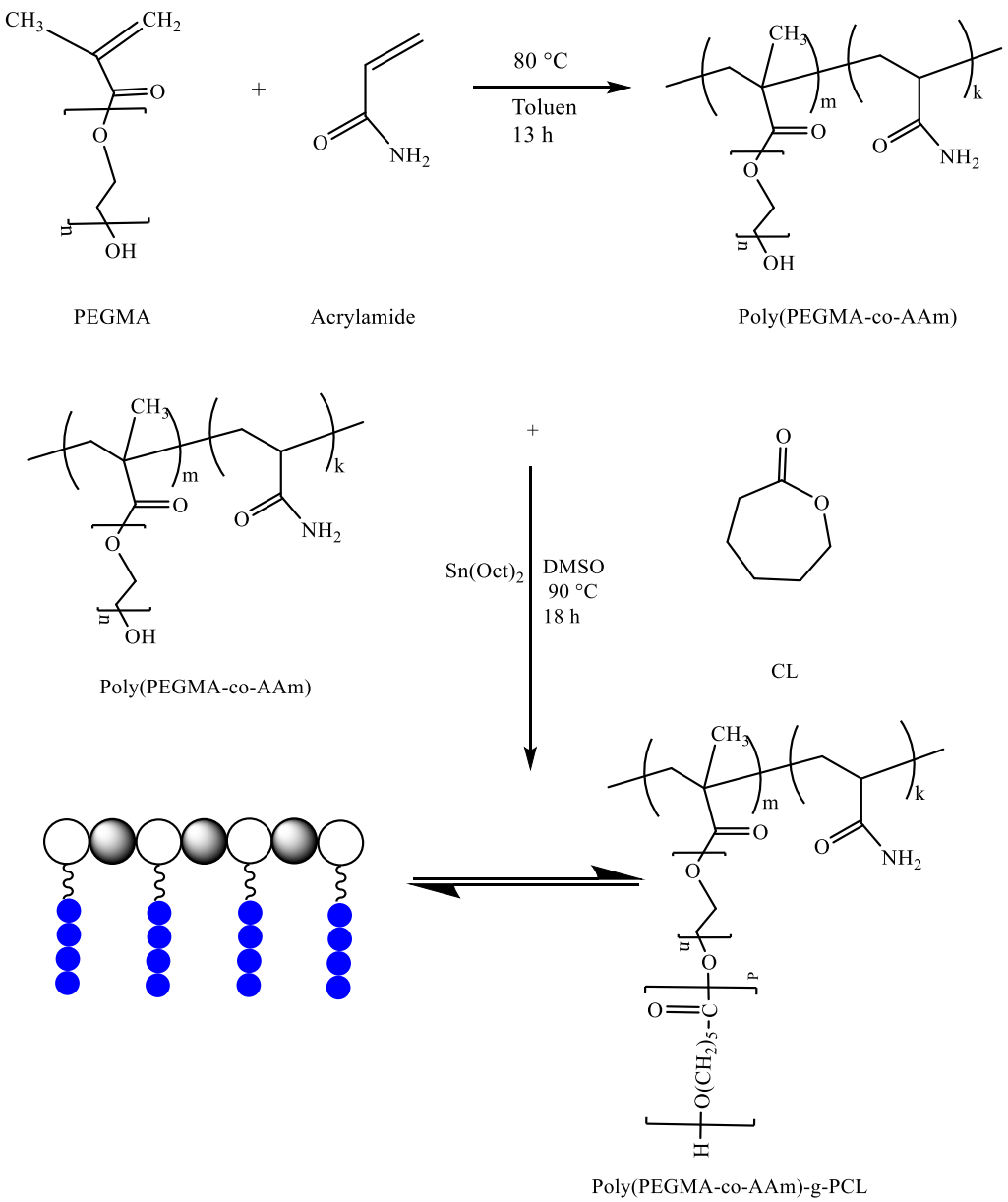
Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) Cihazı, Jasco FT/IR-6600 model ve Shimadzu IRaffinity 1 olup, 600-4000 cm^{-1} band aralığında kullanıldı. Termogravimetrik Analiz (TGA) Cihazı, SII EXSTAR6000 TG/DTA6200 model olup, sentezlenen ürünlerin termal özelliklerinin belirlenmesinde kullanıldı. Analizlerde sıcaklık aralığı 25 ºC ile 600 ºC arasında ve sıcaklık artış hızı da 10 ºC/dk olarak belirlendi. Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Spektroskopisi Cihazı, Bruker Ultra Shield Plus markalı olup, Ultra long hold time 400 MHz NMR Spektrometresi sentezlenen bileşiklerin yapısının anlaşılmasında kullanıldı.

2.3. Poli[poli(etilen glikol) metakrilat-ko-akrilamid)] P[PEGMA-ko-AAm] Kopolimerin Sentezi

P[PEGMA-ko-AAm] kopolimeri, serbest radikal polimerizasyonu (SRP) ile elde edildi. Poli[poli(etilen glikol) metakrilat (PEGMA) (3,315 gram, 0,009 mol), acrylamide (AAm) (0,8704 gram, 0,012 mol), 2,2'-azobisizobutironitril (AIBN) (0,0842 gram, 0,512 mmol) 250 ml'lik cam balon içerisinde 20 ml toluen çözücüsü içinde çözüldü. Karışımının 80 ºC sıcaklıkta 13 saat süreyle karışımı sağlandı. Reaksiyon sonlandırıldı ve karışımdan sentez ürünü ayrıldı. Sentezlenen ürün 3,3572 gram olarak tartılıp, yüzde verim ağırlıkça %86,74 olarak hesaplandı.

2.4. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL Tarak-tipi Amfifilik graft Kopolimeri Halka Açılma Polimerizasyonu Yöntemi ile Sentezi

P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL tarak-tipi amfifilik graft kopolimeri, halka açılma polimerizasyonu yöntemi ile sentezlendi. P[PEGMA-ko-AAm] (0,1308 gram), ε-kaprolakton (2,060 gram, 0,018 mol), katalizör olarak 1-2 damla kalay oktoat 50 ml'lik cam balon içerisinde 10 ml DMSO çözücüsü içinde çözüldü. Karışımın 90 ºC sıcaklıkta 18 saat süreyle karışımı sağlandı. Reaksiyon sonlandırıldı ve karışımdan sentez ürünü ayrıldı. Sentezlenen ürün 1,1838 gram olarak tartılıp, yüzde verim ağırlıkça %55,58 olarak hesaplandı. Reaksiyon aşamaları Şekil 1'de gösterildi.

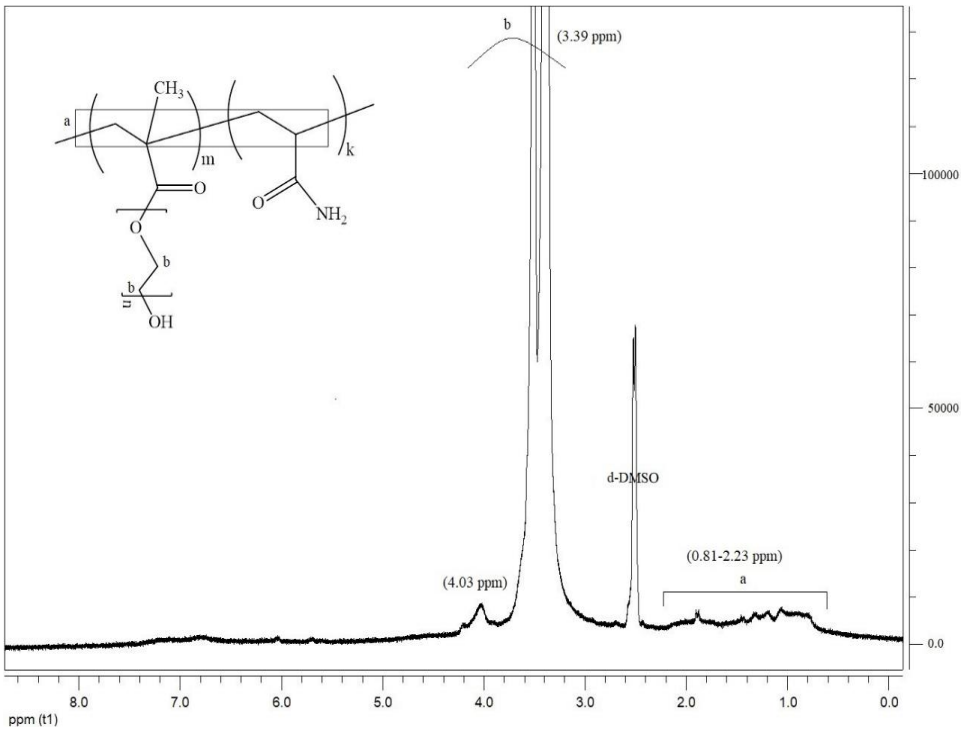


Şekil 1. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL tarak-tipi amfifilik graft kopolimerinin sentez rotası

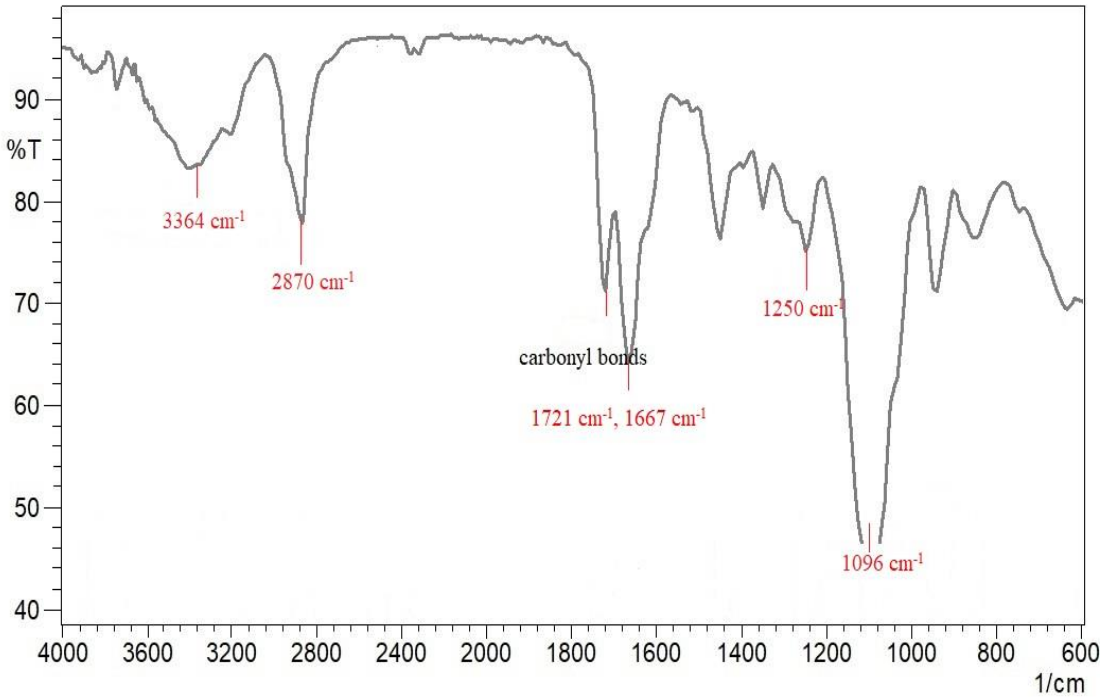
3. SONUÇ

3.1. Deneysel Bulgular

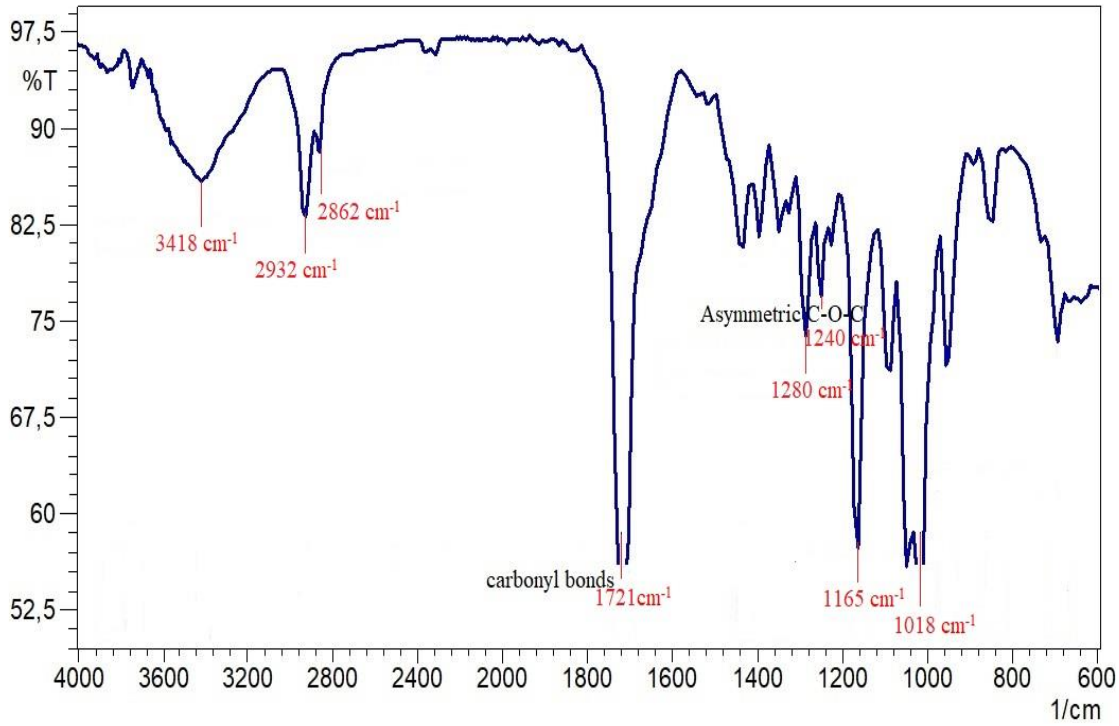
Sentezlenen polimerlerin kimyasal yapıları ve içerdiği fonksiyonel gruplar incelenmiştir. Elde edilen P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerin ^{1}H-NMR spektrumu Şekil 2'de, FT-IR spektrumu Şekil 3'de verilmiştir. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL tarak-tipi amfifilik graft kopolimerinin FT-IR spektrumu Şekil 4'de gösterildi. -NH, -CH_2, karbonil (C=O) ve -OC bağları net bir şekilde gözlemlenmiştir. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL graft kopolimerinin 1240 cm^{-1} ve 1165 cm^{-1} dalga boylarında görülen C-O-C grubu bağları, yapıda bulunan hidrofilik poli(ε-kaprolakton) varlığını göstermektedir (Çatıker ve ark., 2019; Öztürk ve ark., 2017; Öztürk ve ark., 2018). P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerlerinin bozunma sıcaklığı (T_d) değerleri TGA analizi ile bulundu. P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerinin termal bozunma eğrisi Şekil 5'de gösterildi. P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerinin TGA diyagramında, yaklaşık 245 ºC'den başlayarak yaklaşık 450 ºC'ye kadar iki adet bozunma sıcaklığı (T_{d1}=303 ºC ve T_{d2}=405 ºC) göstererek %92,74'ü bu sıcaklık değerleri arasında bozunduğu görünmektedir. Bu termal bozunma eğrisinde 245 ºC ile 327 ºC arasındaki bozunma eğrisi poliakrilamid grubunun kaybı olarak yorumlanır (Zhou ve Wu, 2011). Hem P[PEGMA-ko-AAm] hem de P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL'in termal kararlılığı Şekil 6'da verilen TGA diyagramlarıyla gösterilmiştir.



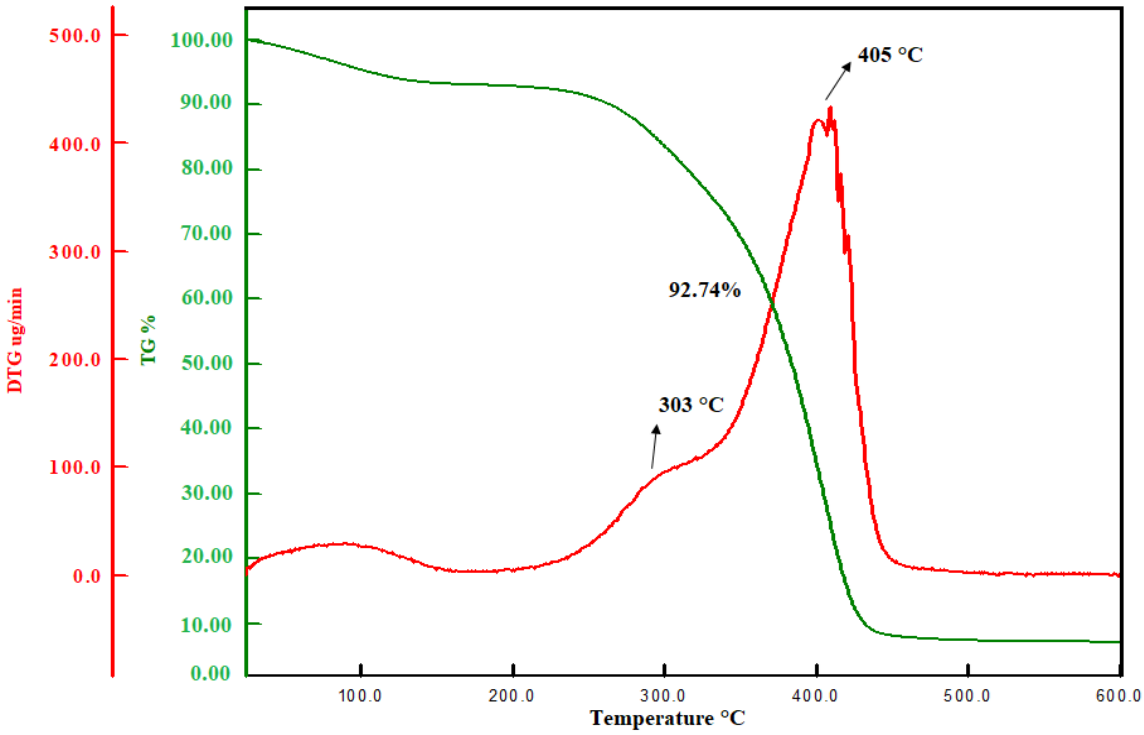
Şekil 2. P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerin ^{1}H-NMR spektrumu



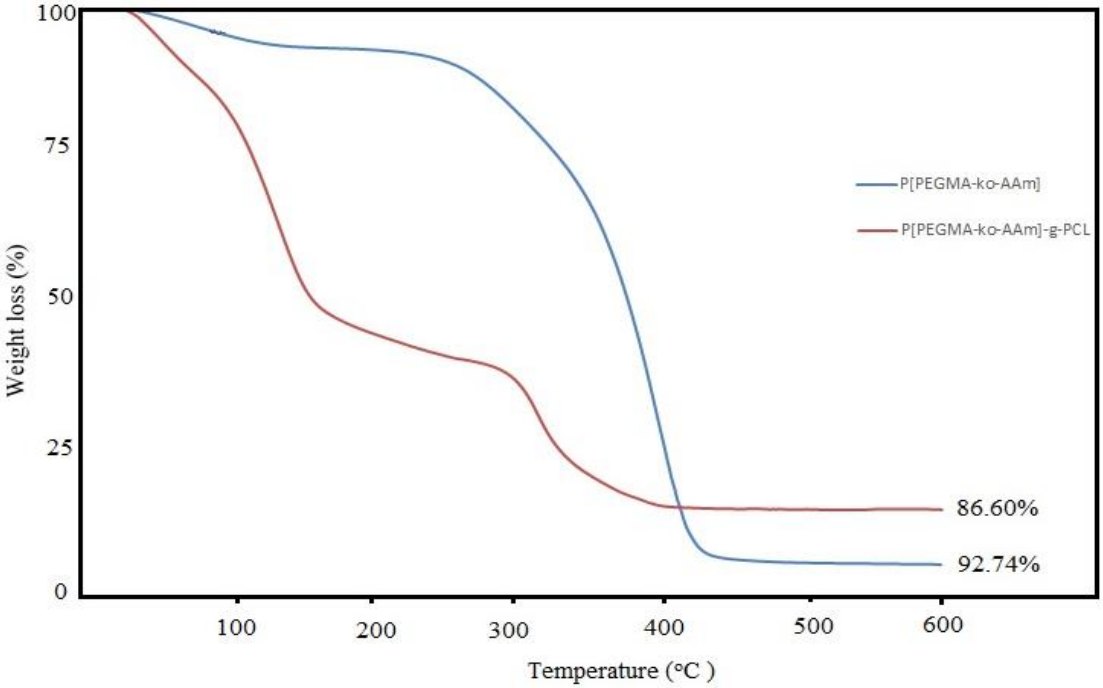
Şekil 3. P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerin FT-IR spektrumu



Şekil 4. P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL kopolimerinin FT-IR spektrumu



Şekil 5. P[PEGMA-ko-AAm] kopolimerinin TGA eğrisi



Şekil 6. P[PEGMA-ko-AAm] ve P[PEGMA-ko-AAm]-g-PCL kopolimerinin TGA eğrileri

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, tarak-tipi amfifilik graft kopolimerinin sentezi serbest radikalik polimerizasyon ve halka açılması polimerizasyonu tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirildi. Bu teknikler basit ve etkili yöntemlerdir (Öztürk ve ark., 2018). Ürünlerin karakterizasyonunda, oluşan polimerlerin yapısındaki bağların absorbans değerleri artmıştır. Hidrofobik ve hidrofilik polimer zincirleri bulunduran sentez materyali geniş uygulama potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

Çatıker, E., Meyvacı, E., Atakay, M., Salih, B. & Öztürk, T. (2019). Synthesis and characterization of amphiphilic triblock copolymers including β-alanine/α-methyl-β-alanine and ethylene glycol by "click" chemistry. *Polymer Bulletin*, *76*, 2113-2128.

Hoskins, C., Thoo-Lin, P. K. & Cheng, W. P. (2012). A review on comb-shaped amphiphilic polymers for hydrophobic drug solubilization. *Therapeutic Delivery*, *3*(1), 59-79.

Kaya, N. U. (2017). Enzimatik olarak sentezlenmiş polikaprolakton bazlı antibakteriyel amfifilik polimerler (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Meyvacı, E. (2023). Synthesis and characterization of poly [poly (ethylene glycol) methacrylate]-graft-poly(2-vinylpyridine) comb-type graft copolymer using the" grafting through" by free radical polymerization and atom transfer radical polymerization. *Journal of Polymer Research*, *30*(1), 22.

Mishra, G. P., Tamboli, V. & Mitra, A. K. (2011). Effect of hydrophobic and hydrophilic additives on sol-gel transition and release behavior of timolol maleate from polycaprolactone-based hydrogel. *Colloid and Polymer Science*, *289*, 1553-1562.

Öztürk, T., Kılıçlıoğlu, A., Savaş, B. & Hazer, B. (2018). Synthesis and characterization of poly(ε-caprolactone-co-ethylene glycol) star-type amphiphilic copolymers by "click" chemistry and ring-opening polymerization. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, *55*(8), 588-594.

Öztürk, T. & Meyvacı, E. (2017). Synthesis and characterization poly (ϵ-caprolactone-b-ethylene glycol-b-ϵ-caprolactone) ABA type block copolymers via "Click" chemistry and ring-opening polymerization. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, *54*(9), 575-581.

Sezgin, Z., Yüksel, N. & Baykara, T. (2003). Preparation and characterization of polymeric micelles as drug carrier system. *J. Fac. Pharm*, *32*(2), 125-142.

Xiong, B., Loss, R. D., Shields, D., Pawlik, T., Hochreiter, R., Zydney, A. L. & Kumar, M. (2018). Polyacrylamide degradation and its implications in environmental systems. *NPJ Clean Water*, *1*(1), 17.

Zhou, C. & Wu, Q. (2011). A novel polyacrylamide nanocomposite hydrogel reinforced with natural chitosan nanofibers. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *84*(1), 155-162.

MATEMATIKSEL MODEL VE ÇOK KRITERLI KARAR VERME YÖNTEMLERIYLE ELEKTRIKLI ARAÇ ŞARJ İSTASYONU SEÇIMI: KAYSERI İLI İÇIN UYGULAMA

Betül YILDIRIM
Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği
byildirim@nny.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0177-6540

Mehmet Asaf DÜZEN
Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği
mehmet.duzen@yalova.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-5200-368X

Özet
Elektrikli araç kullanım hızı diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de giderek artmaktadır. Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması beraberinde bu araçlar için kullanılacak şarj istasyonlarının makul şekilde belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizin önemli ticaret ve sanayi şehirlerinden olan Kayseri ili için elektrikli araç şarj istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kısıtlı sayıda şarj istasyonu açacak karar vericiye yardımcı olmak adına, fazla sayıdaki potansiyel istasyonlar arasından rastgele alternatifler belirlemek yerine matematiksel model geliştirilmiştir. Matematiksel model ile potansiyel istasyon yerleri arasından alternatifler belirlenmiş, ardından nüfus yoğunluğu, alışveriş merkezine yakınlık, resmî kurumlara yakınlık, petrol istasyonlarına yakınlık ve anayollara yakınlık olarak belirlenen ana kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle uzman görüşleri alınarak oluşturulmuştur. Karar vericiye yardımcı olmak amacıyla hem literatürde sıkça kullanılan TOPSIS yöntemi hem de son yıllarda kullanımı artan daha önce elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için kullanılmamış olan EDAS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç şarj istasyonu seçimi, Matematiksel model, AHP, TOPSIS, EDAS

ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION SELECTION WITH MATHEMATICAL MODEL AND MULTI-CRİTERIA DECISION MAKING METHODS: APPLICATION FOR KAYSERİ PROVINCE

Abstract
The rate of use of electric vehicles is increasing in Turkey as in other countries. The widespread use of electric vehicles necessitates the reasonable determination of charging stations to be used for these vehicles. In this study, it is aimed to determine the locations of electric vehicles charging stations for the province of Kayseri, one of the important commercial and industrial cities of our country. For this purpose, unlike the literature, a mathematical model has been developed to help the decision maker to open a limited number of charging stations, instead of randomly determining alternatives among a large number of potential stations. Alternatives were determined among the potential station locations with the mathematical model, and then the weights of the main criteria determined as population density, proximity to shopping centers, proximity to official institutions, proximity to petrol stations and proximity to main roads were formed by taking expert opinions with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. In order to help the decision maker, both the TOPSIS method, which is frequently used in the literature, and the EDAS method, which has not been used for electric vehicle charging station location selection, which has been used in recent years, have been ranked.

Keywords: Electric vehicle charging station selection, Mathematical model, AHP, TOPSIS, EDAS,

1. GİRİŞ

Günümüzde ulaşım için yaygın olarak fosil yakıtlı araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlar hava kirliliği ve gürültü kirliliğinin yanı sıra sera gazı etkisi gibi birçok çevresel probleme sebep olmaktadır. Ayrıca şehirde yaşayanların sağlıkları bu kirliliğe maruz kalarak olumsuz etkilenmektedir (Bilgilioğlu, 2022). Bu sebeple fosil yakıtlı araçlara alternatif çözümler aranmıştır. Şehirdeki yaşam kalitesini artırmak ve

daha temiz bir dünya için çevre dostu elektrik araçları kullanılmaya başlanmıştır. Elektrikli araçların kullanılma nedenleri sadece çevre dostu olması değil, yakıt tüketim maliyetinin de fosil yakıtlara göre daha düşük olmasıdır. Elektrikli araç kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek yaygınlaşmaktadır. 2022 verilerine göre ülkemizdeki elektrikli araç satışı 2021 yılına oranla %188 oranda artış gösterirken, şarj ağı lisans sahibi firma sayısı da artmıştır (Int Kyn. 1).Şarj ağı lisans sahibi firmalar elektrikli araç şarj istasyonlarını birtakım kriterleri göz önüne alarak planlamalıdırlar. Literatürde bu amaçla gerek matematiksel modeller (Arayıcı ve Poyrazoğlu 2018, Genevoıs ve Kocaman 2018, Erdem 2020, Dörtköşe vd. 2022)gerekse çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) pek çok kriteri göz önüne alarak alternatifleri sıralamaya yardımcı olan ve yer seçimi problemlerinde sıkça kullanılan yöntemlerdir. AHP, PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR gibi yöntemler bunların başında gelmektedir (Dalbudak ve Rençber, 2022).

Elektrikli araçların birçok avantajı olmasına rağmen en büyük dezavantajı düşük menzile sahip olmalarıdır. Bu nedenle elektrikli şarj istasyonu büyük önem taşımaktadır. Dünyada elektrikli araçların kullanımı yaygınlaşırken ülkemizde de bu yönde ilgi artmış ve pek çok şirket elektrikli araçlar için şarj istasyonu kurmaya başlamıştır (Alkan vd., 2023). Literatüre bakıldığında elektrikli araçların şarj istasyonu yer seçimiyle alakalı yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Özellikle yer seçimi konusunda ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar görülmektedir (Raposo vd. 2015, Guo ve Zhao 2015, Genevoıs ve Kocaman 2018, Erbaş et al. 2018, Güler ve Yomralıoğlu 2020, Zhang et al. 2020, Asnaz ve Özdemir 2021, Bilgilioğlu 2022, Skaloumpakas et al. 2022, Khalife et al. 2022, Yagmahan ve Yılmaz 2022, Alkan vd. 2023). ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı elektrikli şarj istasyonu yer seçimi için makaleler ve çeşitli yayınlar incelenmiş ve temel konu başlıkları üzerinden Tablo 1'de özetlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında da ülkemizin önemli ticaret ve sanayi merkezlerinden olan, konumu itibariyle başkent Ankara başta olmak üzere pek çok ilimize komşu olan Kayseri ili için elektrikli araç şarj istasyonu seçim problemi ele alınmıştır. Çalışma alanı olarak Kayseri ilinin nüfusunun büyük bir bölümünü oluşturan Melikgazi ve Kocasinan ilçeleri belirlenmiştir. İki ilçenin il merkezinde olması, nüfus yoğunluklarının fazla olması ve çok sayıda alışveriş merkezi, hastane, kamu kurumu gibi nüfus yoğunluğunun günün büyük bir bölümünde aktif olduğu yerleri barındırması potansiyel istasyon sayısının fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durumda potansiyel yerlerden rastgele alternatifler belirlemek yerine öncelikle matematiksel model yardımıyla potansiyel istasyon sayısı belirli kısıtlar altında indirgenmiş ve alternatifler belirlenmiştir. Matematiksel model kısıtlı sayıda şarj istasyonu açacak olan karar vericiye belirli amaç ve kısıtlar altında alternatif belirleme imkânı sunmaktadır. Sonrasında kriterler belirlenmiş ve uzman görüşleriyle birlikte AHP yöntemi kullanılarak ağırlıklandırmalar yapılmıştır. Alternatiflerin sıralanması için karar vericilere yardımcı olmak amacıyla TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) yöntemleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Literatür Taraması

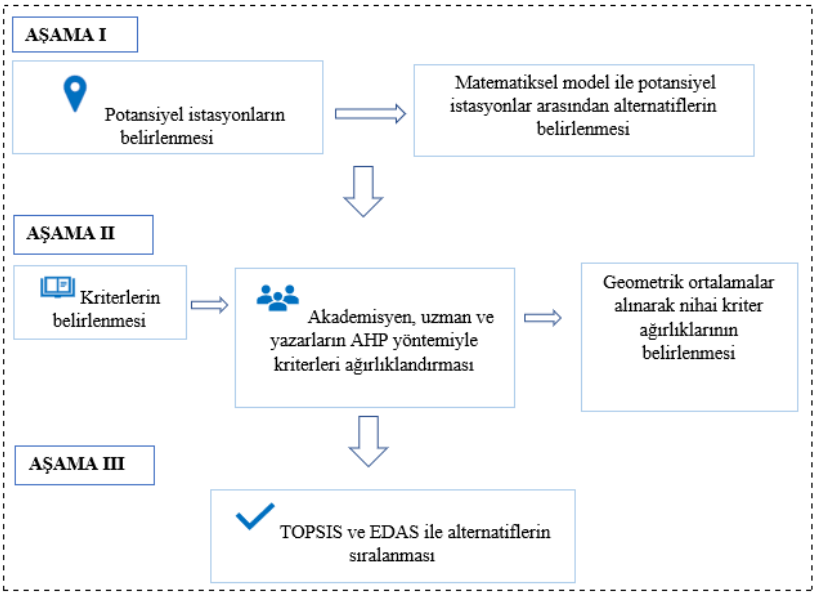
Kaynak	Yöntem	Çalışmanın Niteliği	Uygulama Alanı
Raposo vd., 2015	PROMETHEE	Halka açık elektrikli araç şarj istasyonları için çok kriterli karar verme yöntemi ile uygun yer seçimi.	Angra do Heroísmo
Guo ve Zhao, 2015	Fuzzy TOPSIS	Sürdürülebilirlik perspektifine dayalı bulanık TOPSIS kullanılarak elektrikli araç şarj istasyonunun en uygun yer seçimi.	Pekin (Çin)
Arayıcı ve Poyrazoğlu, 2018	Matematiksel Model	Elektrikli araç şarj istasyonunun doğru konumlandırılması.	İstanbul İli
Genevois ve Kocaman, 2018	AHP, Matematiksel Model	AHP tabanlı matematiksel modelleme ile elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun yer seçimi.	İstanbul İli
Erbaş et al., 2018	GIS, BAHP, TOPSIS	Coğrafi bilgi sistemleri ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi.	Ankara İli
Erdem, 2020	DKA Sezgiseli, Matematiksel Model	Elektrikli araçla periyodik teknisyen rotalama ve istasyon yeri seçim problemi.	Samsun İli
Güler ve Yomralıoğlu, 2020	CBS, BAHP	Açık kaynak kodlu Coğrafi bilgi sistemleri yazılımı ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi.	İstanbul İli
Zhang et al., 2020	TOPSIS	Şehir içi şarj hizmeti kalitesi performansının değerlendirilmesi için çok kriterli bir karar yöntemlerinde TOPSIS uygulanması.	Pekin (Çin)
Asnaz ve Özdemir, 2021	BAHP, SMART, PROMETHEE	Çok kriterli karar verme yöntemleri ile en uygun elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçimi.	Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsü
Bilgilioğlu, 2022	BAHP, ArcGIS	Coğrafi bilgi sistemleri ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile en uygun elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi.	Ankara İli
Dörtköşe vd., 2022	Çok Amaçlı Optimizasyon	Akış yakıt ikmal yer modeli kullanılarak elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi.	Sakarya İli
Skaloumpakas et al., 2022	TOPSIS	Karayollarında elektrikli araç şarj istasyonlarının TOPSIS yöntemi ile en uygun yer seçimi.	Egnatia Motoryolu (Yunanistan)
Khalife et al., 2022	K-means, AHP, GIS	Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi ile en uygun elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi.	Ruhr Bölgesi (Almanya)
Yagmahan ve Yılmaz, 2022	AHP, TOPSIS, MOORA	Grup çok kriterli karar verme yöntemleri ve duyarlılık analizine dayalı bütünleşik bir sıralama yaklaşımı ile en uygun şarj istasyonu yer seçimi.	Bursa İli
Alkan vd., 2023	AHP, GIS	AHP yöntemi ile en uygun elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi.	Konya İli
Bu çalışma	Matematiksel Model, AHP, TOPSIS, EDAS,	Elektrikli araç şarj istasyonlarının seçimi için matematiksel model ile belirlenen alternatiflerin AHP yöntemiyle kriter ağırlıklarının belirlenip, TOPSIS ve EDAS yöntemleriyle sıralanması.	Kayseri İli

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma 3 ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, uygulamanın yapılması için seçilen Melikgazi ve Kocasinan ilçelerinin çok fazla potansiyel istasyon yeri içermesi sebebiyle bu potansiyeller arasından rastgele alternatifler belirlemek yerine matematiksel model ile belirli kısıtlar altında, makul alternatiflerin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

İkinci aşamada ise literatürdeki çalışmalardan yararlanarak elektrikli araç şarj istasyonu seçimi için ana kriterler belirlenmiş (Tablo 1), bu kriterlerin AHP yöntemi ile ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulup ağırlıklandırılması akademisyen, uzman ve yazarlar tarafından ayrı ayrı uygulanmıştır. Farklı olarak belirlenen bu ikili karşılaştırma matrislerinden ortak tek bir matris elde etmek amacıyla her bir karşılaştırmanın geometrik ortalaması alınmış ve ortak matristen elde edilen sonuçlarla kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Son aşamada ise belirlenen alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması karar vericilere yardımcı olmak amacıyla hem literatürde sıkça kullanılan TOPSIS hem de son yıllarda kullanımı artan ve elektrikli araç yer seçimi problemlerinde daha önce kullanılmamış olan EDAS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya ilişkin metodoloji Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Metodolojisi

2.1. AHP Yöntemi

İlk kez Myers ve Alpert (1968) tarafından kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi çok kriterli karar verme yöntemleri arasında en sık kullanılan yöntemlerdendir. Saaty (1974) tarafından geliştirilen AHP yöntemi çeşitli kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleriyle ağırlıklandırılması ve mevcut alternatiflerin sıralanmasını sağlamaktadır. Yöntem aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [20]:

Adım 1: Problemin tanımlanması,
Adım 2: Karar hiyerarşisinin oluşturulması,
Adım 3: Kriter ve alt kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması,
Adım 4: Her bir kriterin ağırlığının belirlenmesi,
Adım 5: Alternatiflerin önceliklerinin belirlenmesi.

Problemin tanımlanması aşamasında kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek sonrasında bu bilgiler ile hiyerarşik yapı oluşturulur. İkili karşılaştırmalar ise $n * n$ boyutlu matrisler kullanılarak, Tablo 2'de verilen ikili karşılaştırma ölçeği yardımıyla oluşturulmaktadır (Saaty, 2008).
Bu karşılaştırmalar sonucu kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir.

Tablo 2. İkili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önem derecesi
3	Bir kriter diğerinden orta derece önemlidir
5	Bir kriter diğerinden kuvvetli derecede önemlidir
7	Bir kriter diğerinden çok kuvvetli derecede önemlidir
9	Bir kriter diğerinden aşırı derecede önemlidir
2,4,6,8	Ara önem dereceleri

İkili karşılaştırmalarda bu matrislerin tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla tutarlılık oranı hesaplanır. Bu oranın 0,10'a eşit veya küçük olduğu durumda karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilir. Aksi halde karşılaştırma matrislerinin tekrar oluşturulması gerekir.

2.2. TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen ve literatürde çok sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için de tercih edilen yöntemler arasındadır arasındadır (Yagmahan and Yılmaz 2023, Zhang and Zhao 2020, Erbaş et al. 2018, Guo and Zhao 2015). Bu yöntem, aynı anda pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip alternatifleri seçmeye çalışır. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterlerini maksimize edip maliyet kriterlerini minimuma indirirken, negatif ideal çözüm, maliyet kriterlerini maksimize edip fayda kriterlerini minimuma indirir (Behzadian et al., 2012).

TOPSIS altı adımdan oluşmaktadır (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012):

Adım 1: Karar matrisi oluşturulup normalize edilir. Her bir kriter ve alternatif için normalize matris değeri olan r_{ij}, Denklem 1'de gösterildiği gibi hesaplanır. Denklemdeki x_{ij}, karar matrisindeki kriter ve alternatif değerleridir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \tag{1}$$

Adım 2: Normalize karar matrisi kriter ağırlıklarıyla çarpılır.
Adım 3: Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir. Pozitif ideal matris için her kriterin en yüksek değeri seçilirken, negatif ideal matris en düşük değerleri seçilir.
Adım 4: Alternatifler arası uzaklık değerleri hesaplanır.
Adım 5: Alternatiflere ait c_i değeri Denklem 2 kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılır.

$$c_i = \frac{s_i^-}{(s_i^+ + s_i^-)} \tag{2}$$

2.3. EDAS Yöntemi

Keshavarz et al. (2015) tarafından geliştirilen, Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme yöntemi olarak adlandırılan EDAS yöntemi ÇKKV yöntemlerinden biridir. Yöntemi geliştiren Keshavarz et al. (2015), VIKOR, TOPSIS, SAW ve COPRAS gibi diğer ÇKKV yöntemleri ile EDAS yöntemini karşılaştırmış ve yöntemin geçerliliğini test etmişlerdir (Özbek ve Engür, 2018).

Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:
Adım 1: Karar matrisi oluşturularak kriterlerin kazanç yönleri belirlenir.
Adım 2: Karar matrisinin sütun ortalaması alınır.

Adım 3: Pozitif uzaklık ve negatif uzaklık değerleri hesaplanır. Kriterler fayda cinsinden olup Pozitif Uzaklık Değeri (PDA) ile maliyet cinsinden olup Negatif Uzaklık Değeri (NDA) formülü Denklem (3)'te, kriterler maliyet cinsinden olup PDA ile fayda cinsinden olup NDA formülü Denklem (4)'te verilmiştir.

$$PDA = \frac{mak(0, x_{ij} - \bar{x}_{ij})}{\bar{x}_{ij}} \tag{3}$$

$$NDA = \frac{mak(0, \bar{x}_{ij} - x_{ij})}{\bar{x}_{ij}} \tag{4}$$

Adım 4: Alternatiflerin tamamına ait PDA ve NDA'nın ağırlıklandırılmış toplamı belirlenir.
Adım 5: Alternatiflerin tamamına ait PDA ve NDA değerlerinin ağırlıklandırılmış toplamı normalize edilir. PDA ve NDA için ağırlıklı toplamlı normalize değerler Denklem (5) ve (6) ile bulunur.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{mak_i(SP_i)} \tag{5}$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{mak_i(SN_i)} \tag{6}$$

Adım 6: Alternatiflerin her birinin değerlendirme puanı (AS) hesaplanır ve sıralama yapılır. Burada hesaplama yapılırken Denklem (7)'deki formül kullanılır.

$$AS = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \tag{7}$$

3. BULGULAR

Kayseri ili için elektrikli araç şarj istasyonlarının uygun şekilde belirlenmesine katkı sağlamak amacıyla yapılan bu çalışmada öncelikle potansiyel istasyon yerleri ele alınmış ve bu istasyonların sayısının fazla olması nedeniyle alternatiflerin aralarından rastgele seçilmesi yerine matematiksel model yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Daha sonra Şekil 1'de açıklandığı şekilde literatürden yararlanılarak kriterlerin belirlenmesi, uzmanlar yardımıyla kriterlerin ağırlıklandırılması ve TOPSIS ve EDAS yöntemleriyle alternatiflerin sıralanması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışma Alanı

Çalışmada uygulama alanı olarak seçilen Kayseri ili, 16 ilçe ve 714 mahallesiyle yaklaşık 1.441.523 nüfusa sahip olup (Int Kyn. 2), 370 45′ ve 380 18′ kuzey enlemi, 340 56′ ve 360 59′ doğu boylamı arasında yer almaktadır (Int Kyn. 3). Kayseri konumu itibariyle ülkenin pek çok iliyle bağlantılı durumdadır. Özellikle başkent Ankara'ya kara yoluyla 316 km uzaklıkta bulunmaktadır. Sanayi ve endüstri şehri olması nedeniyle şehir içi ve dışı hareket ve trafik yoğunluğu da fazladır.

Elektrikli araç istasyon seçimi için Kayseri iline bağlı Melikgazi ve Kocasinan Merkez ilçeleri ele alınmıştır. Melikgazi ilçesi yaklaşık 589.852, Kocasinan ilçesi yaklaşık 404.780 (Int Kyn. 4) nüfusa sahip olması sebebiyle ilin nüfus yoğunluğunun büyük bir bölümünü oluşturmakta ve pek çok kamu kurumu, alışveriş merkezi (AVM), petrol istasyonu bulundurmaktadır. Çalışma alanına ilişkin harita Şekil 2'de sunulmuştur (Int Kyn. 5, Int Kyn. 6). Melikgazi ve Kocasinan ilçeleri harita üzerinde işaretlenmiştir.

Şekil 2. Çalışma Alanı Haritası

3.2. Potansiyel İstasyonlar Arasından Alternatiflerin Belirlenmesi: Matematiksel Model

Çalışmada ele alınan Kayseri iline bağlı Melikgazi ve Kocasinan merkez ilçeleri hem konum hem de kapsadıkları nüfus gibi nedenlerle elektrikli araç şarj istasyonları için pek çok potansiyel istasyon yeri içermektedir. Bu istasyon yerleri alışveriş merkezleri ve hastane otoparklarının yanı sıra adliye, üniversite, belediye binaları gibi gün içinde çok sayıda nüfusa hizmet eden önemli kurumlar olarak ele alınmıştır. Eldeki potansiyel istasyon sayısının fazla olması nedeniyle ilk aşamada amacımız, bu istasyonları belirli amaç ve kısıtlar doğrultusunda makul alternatif istasyonlara indirgemektir. Bu nedenle, bildiğimiz kadarıyla şu ana kadar yapılan çalışmaların aksine alternatiflerin rastgele belirlenmesi ya da mevcut alternatiflerin kullanılması yerine potansiyel istasyonlar arasından alternatif istasyonların seçimi için matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model alternatifleri sıralamak ya da doğrudan elektrikli araç şarj istasyon yerini belirlemek amaçlı olmayıp, daha önce belirtildiği gibi mevcuttaki potansiyel istasyon yerleri sayısı fazla olduğundan, makul şekilde bu yerler arasından alternatifleri seçmek içindir. Model sonucunda belirlenen alternatifler, çalışmada ele alınacak esas alternatifleri oluşturacaktır. Sonraki bölümlerde belirli puanlara göre açılacak istasyonların sıralanması bu alternatifler arasından yapılacaktır.

<u>Parametreler:</u>

A: Potansiyel istasyonlar kümesi

N_i: i alternatifinin bulunduğu mahallenin nüfusu, $\forall i = 1,2,\dots,A$

C_{ij}: i ve j alternatifi arasındaki mesafe (km), $\forall i \neq j = 1,2,\dots,A$

T: seçilen iki alternatif istasyon arası mesafe limiti (km)

L: seçilebilecek maksimum alternatif istasyon sayısı

<u>Karar Değişkeni:</u>

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{i alternatifi seçilirse,} \quad \forall i = 1,2,\dots,A \\ 0 & \text{diğer durumda.} \end{cases}$$

$$\text{Max. Z} = \sum_i N_i * x_i \tag{8}$$

Kısıtlar:

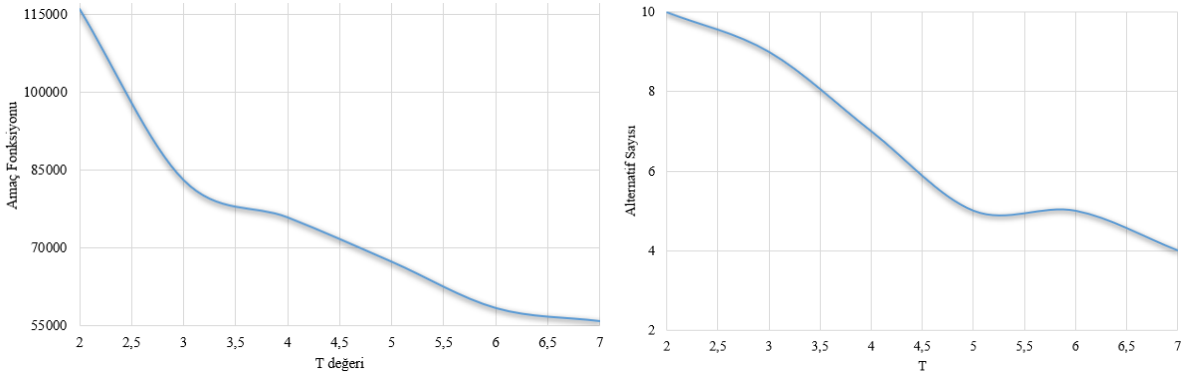
$$C_{ij} \geq T * (x_i + x_j - 1) \qquad \forall i \neq j = 1,2,\dots,A \tag{9}$$

$$\sum_i x_i \leq L \qquad \forall i = 1,2,\dots,A \tag{10}$$

$$x_i \in \{0,1\} \qquad \forall i = 1,2,\dots,A \tag{11}$$

Amaç fonksiyonu (8), alternatiflerin bulundukları mahallelerin nüfusunu en büyüklemektedir. Kısıt (9), seçilen iki alternatif arasındaki mesafeyi belirli bir eşik değer ile sınırlandırır. Böylece alternatif

istasyonların birbirlerine çok yakın olmasını engeller. Kısıt (10) ise potansiyel alternatif sayısı fazla olduğu için, bunlar arasından seçilecek alternatif sayısını sınırlar. Kısıt (11), karar değişkenini tanımlar.



(a) (b)

Şekil 3. T değerine bağlı olarak değişen amaç fonksiyonu değeri (a) ve alternatif sayısı (b)

Geliştirilen matematiksel model eldeki 28 potansiyel istasyon yeri için $L = 10$ için, CPLEX 12.9.1 kullanılarak çözülmüştür. Değişen seçilen iki alternatif istasyon arası mesafe limiti (km), T, parametresi değerlerine bağlı olarak elde edilen sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'e bakıldığında T değeri arttıkça hem amaç fonksiyonu değerinin hem de belirlenen alternatif sayısının azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni belirlenecek alternatifler arasındaki mesafe eşiğini artırdıkça modelin biraz daha zorlanmasıdır. Uygulamada, makul görüldüğü için $T = 4$ olarak alınmıştır. Bu durumda model 28 potansiyel istasyon arasından alternatif olarak 7 istasyon belirlemiştir. Bu alternatifler iki alışveriş merkezi, üç kamu binası, bir üniversite ve bir hastanedir.

3.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için kriterler belirlenirken genel olarak çevresel, sosyal, ekonomik faktörler göz önüne alınmaktadır (Yagmahan and Yılmaz 2023, Tang et al. 2013). Bu çalışma kapsamında literatürdeki çalışmalardan (bkz.Tablo 1) yararlanılarak, elektrikli araç kullanıcısının görüşleri alınarak ve uygulama alanının gereklilikleri ve konumu gibi çeşitli özellikleri dikkate alınarak 5 ana kriter belirlenmiştir:

- Nüfus Yoğunluğu (C1)
- AVM' ye yakınlık (C2)
- Resmî Kurumlara Yakınlık (C3)
- Petrol İstasyonlarına Yakınlık (C4)
- Anayollara Yakınlık (C5)

Nüfusun yoğun olduğu yerlerde hareketliliğin de fazla olması nedeniyle şarj istasyonlarının bu yerlere konuşlandırılması önemlidir. Alışveriş merkezleri ve resmî kurumlar gün içinde hareketliliğin fazla olduğu ve buradaki nüfusun vaktinin büyük bir bölümünü geçirebileceği yerlerdir. Petrol istasyonlarına ve anayollara yakın olan şarj istasyonları da özellikle elektrikli araç kullanıcıları tarafından tercih edilen şarj istasyonu yerlerindendir. Yapılan çalışmada, belirlenen 5 ana kriterin ağırlıklarının hesaplanması için ikili karşılaştırmalara dayalı AHP yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarına ilişkin değerler elektrikli araç alanında uzman mühendis, yer seçimi ve lojistik alanında uzman profesör akademisyen ve yazarların görüşleri tarafından belirlenmiştir. Uzman görüşlerinin tutarlılık değerleri %5 ve %9 arasında değişmekte ve %10'dan az olduğu için tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Tutarlı değerlere sahip olan uzman görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak ortak bir karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen ortak matris Tablo 3' te sunulmuştur.

Tablo 3. İkili Karşılaştırma Matrisi ve Kriter Ağırlıkları

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	4,5270	7,6372	4,0906	0,8165
C2	0,2209	1	4,4006	1	0,1996
C3	0,1309	0,2272	1	0,2582	0,1411
C4	0,2445	1	3,8730	1	0,1615
C5	1,2247	5,0100	7,0852	6,1920	1

Ortak ikili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra normalizasyon işlemi yapılmıştır. Normalize edilmiş matris ve hesaplanan kriter ağırlıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Normalize Edilmiş Matris ve Kriter Ağırlıkları

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	Ağrılıklar
C1	0,354	0,385	0,318	0,326	0,352	**0,347**
C2	0,078	0,085	0,183	0,080	0,086	**0,103**
C3	0,046	0,019	0,042	0,021	0,061	**0,038**
C4	0,087	0,085	0,161	0,080	0,070	**0,096**
C5	0,434	0,426	0,295	0,494	0,431	**0,416**

Tablo 4'e bakıldığında en önemli kriterin Anayollara Yakınlık (C5) olarak belirlendiği görülmüştür. Bu kriteri sırasıyla; Nüfus Yoğunluğu (C1), AVM' ye Yakınlık (C2), Petrol İstasyonlarına Yakınlık (C4) ve Resmî Kurumlara Yakınlık (C3) takip etmektedir.

3.4. TOPSIS Yöntemiyle Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmanın bu aşamasında matematiksel model ile çok sayıdaki potansiyel şarj istasyonu yeri arasından istasyon olarak belirlenen alternatifler arasında AHP yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları (bkz.Tablo 4) kullanılarak, TOPSIS yöntemi ile sıralama yapılmıştır. Sıralama sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. TOPSIS ile alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	C_i	Sıralama
A1	0,868	**1**
A2	0,277	**6**
A3	0,634	**3**
A4	0,398	**5**
A5	0,705	**2**
A6	0,401	**4**
A7	0,190	**7**

Tablo 5'te de görüldüğü gibi TOPSIS yöntemi sonucunda alternatifler arasındaki sıralama $A1 \succ A5 \succ A3 \succ A6 \succ A4 \succ A2 \succ A7$ şeklinde elde edilmiştir.

3.5. EDAS Yöntemiyle Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmanın bu bölümünde karar vericiye alternatif sunmak amacıyla, son yıllarda kullanımı artan EDAS yöntemiyle alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Sıralama sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. EDAS ile alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	AS Puanı	Sıralama
A1	0,905	**1**
A2	0,093	**6**
A3	0,601	**3**
A4	0,352	**5**
A5	0,763	**2**
A6	0,456	**4**
A7	0,030	**7**

EDAS yöntemi kullanıldığında, alternatifler arasındaki sıralama TOPSIS yönteminde olduğu gibi $A1 \succ A5 \succ A3 \succ A6 \succ A4 \succ A2 \succ A7$ şeklinde elde edilmiştir. İlk sırada seçilen alternatif şehir merkezinde nüfusun büyük bir bölümünün gün içinde zaman geçirdiği bir AVM' dir. Bu alternatifin ilk sırayı alma nedenleri arasında belirlenen pek çok kriter açısından önemli bir konumda olduğu söylenebilir. Her iki yöntemde de sonucun birebir aynı çıkması kullanılan metodun başarılı olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Elektrikli araç kullanımı dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de hızla artış göstermektedir. Bu araçlar için şarj istasyonlarının ilgili firmalar tarafından çeşitli kriterler göz önüne alınarak uygun lokasyonlara konuşlandırılması gerekmektedir. Bu amaçla çalışma kapsamında Türkiye'nin önemli sanayi ve ticaret şehirlerinden olan, konumu itibariyle pek çok şehir arasında bağlantı oluşturan, dolayısıyla da hareketliliğin ve nüfusun fazla olduğu Kayseri ili ele alınmıştır.

Literatürde elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için hem matematiksel modeller hem de ÇKKV teknikleri kullanılmaktadır. Çalışmada literatürden farklı olarak ilk aşamada, Kayseri iline bağlı iki merkez ilçede çok sayıda potansiyel şarj istasyonu yeri bulunması sebebiyle bu yerler arasından rastgele alternatifler belirlemek yerine matematiksel model geliştirilerek potansiyel istasyonlar alternatif istasyon yerlerine indirgenmiştir. Böylece kısıtlı sayıda şarj istasyonu açması gereken karar verici için alternatiflerin belirlenmesi belirli kısıtlar ve amaç altında sistematik olarak yapılmış. Belirlenen alternatifler arasında sıralama yapabilmek amacıyla öncelikle literatürden yararlanılarak kriterler belirlenmiş ve kriter ağırlıkları için uzmanların görüşleri alınmıştır. Uzmanların AHP yönteminden yararlanarak ikili karşılaştırmalar matrisleri oluşturduktan sonra elde edilen kriter ağırlıklarının geometrik ortalamaları alınarak nihai kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Son olarak belirlenen alternatiflerin bu kriter ağırlıkları kullanılarak sıralaması yapılabilmesi için literatürde sıkça kullanılan TOPSIS yöntemi ve son yıllarda kullanımı artan ve elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi problemlerinde daha önce kullanılmamış olan EDAS yönteminden yararlanılmıştır. Her iki yöntemden de elde edilen sonuçların aynı olduğu görülmüştür. Sonraki çalışmalar için EDAS yönteminin de elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için uygulanabilir olduğu görülmektedir. Bununla birlikte sonraki çalışmalar farklı büyükşehirler için yapılabileceği gibi alternatif seçimi için önerilen matematiksel model farklı kısıtlarla geliştirilip ÇKKV yöntemlerine entegre edilebilir.

TEŞEKKÜR

Çalışma sırasında kriter ağırlıklarının belirlenmesi konusunda görüşlerini bizlerle paylaşan uzmanlara teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

Alkan, T., Atiz, Ö. F. and Durduran, S. S., 2023. Elektrikli araç şarj istasyonları için AHP yöntemi ile uygun yer seçimi: Konya örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 193-199.

Arayıcı, K. C., and Poyrazoğlu, G., 2018. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Doğru Konumlandırılması. *Güç Sistemleri Konferansı*, 81-84.

Asnaz, M. S. K., and Özdemir, B. (2021). Elektrikli araç şarj istasyonlarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile optimal konumlandırması. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(2), 175-187.

Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., and Ignatius, J., 2012. A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, 39(17), 13051-13069.

Bilgilioğlu, S. S., 2022. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (1), 165-174.
Dalbudak, E., & Rençber, Ö. F., 2022. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Literatür İncelemesi. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-17.
Dörtköşe, S., Yazgan, H. R., and Cömert, S. E., 2022. Elektrikli Araç Şarj İstasyon Yerlerinin Akış Yakıt İkmal Yer Modeli Kullanılarak Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 38(2), 371-382.
Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E., and Çetinkaya, C., 2018. Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017-1031.
Erdem, M., 2020. Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16-27.
Genevois, M. E., and Kocaman, H., 2018. Locating electric vehicle charging stations in Istanbul with AHP based mathematical modelling. *International Journal of Transportation Systems*, 3.
Guo, S., and Zhao, H., 2015. Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. *Applied Energy*, 158, 390-402.
Guler, D., and Yomralioglu, T., 2020. Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS. *Annals of GIS*, 26(2), 169-189.
Hwang, C. L., Yoon, K., Hwang, C. L., and Yoon, K., 1981. Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making methods and applications a state-of-the-art survey*, 58-191.
Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., and Turskis, Z., 2015. Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451.
Khalife, A., Fay, T. A., & Göhlich, D., 2022. Optimizing Public Charging: An Integrated Approach Based on GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. *World Electric Vehicle Journal*, 13(8), 131.
Myers, J. H., and Alpert, M. I., 1968. Determinant buying attitudes: meaning and measurement. *Journal of Marketing*, 32(4_part_1), 13-20.
Özbek, A., ve Engür, M., 2018. EDAS yöntemi ile lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21(2), 417-429
Raposo, J., Rodrigues, A., Silva, C., and Dentinho, T., 2015. A multi-criteria decision aid methodology to design electric vehicles public charging networks. *AIP Advances*, *5*(5), 057123.
Saaty, T. L., 1974. Measuring the fuzziness of sets. *Journal of Cybernetics*, 4(4), 53-61
Saaty, T. L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
Skaloumpakas, P., Spiliotis, E., Sarmas, E., Lekidis, A., Stravodimos, G., Sarigiannis, D., ... and Psarras, J., 2022. A Multi-Criteria Approach for Optimizing the Placement of Electric Vehicle *Charging Stations in Highways. Energies*, 15(24), 9445.
Tang, Z., Guo, C., Hou, P., and Fan, Y., 2013. Optimal siting of electric vehicle charging stations based on Voronoi diagram and FAHP method. *Energy and Power Engineering*, 5(4), 1404–1409.
Uygurtürk, H., ve Korkmaz, T., 2012. Finansal performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: Ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(2), 95-115
Yagmahan, B., and Yılmaz, H., 2023. An integrated ranking approach based on group multi-criteria decision making and sensitivity analysis to evaluate charging stations under sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 96-121.
Zhang, L., Zhao, Z., Yang, M., and Li, S., 2020. A multi-criteria decision method for performance evaluation of public charging service quality. *Energy*, 195, 116958.
https://data.tuik.gov.tr/, (22.03.2023)
https://www.tarimorman.gov.tr/, (22.03.2023)
https://tuik.gov.tr/, (22.03.2023)
https://tr.wikipedia.org/wiki/Kocasinan#/media/, (23.03.2023)
https://www.turkiyeharitasi.gen.tr/2020/06/09/siyasi-kayseri-haritasi/, (23.03.2023)

PAMUKTA BAZI BİTKİ KORUMA SORUNLARI

Ayşe YEŞİLAYER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ayse.yesilayer@gop.edu.tr *ORCID:0000-0001-7174-9324*

Bilge GÖZENER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
bilget@gozener.gop.edu.tr, *ORCID:0000-0001-9988-7120*

Özet
Tarım uygulamaları sırasında verim artışı sağlanabilmesi entansif tarım ile daha iyi bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Özelikle ziraat alanında sertifikalı tohum ve fide kullanımı, gübreleme, hastalık ve zararlıların kontrolü, toprak işleme, sulama, çapalama gibi teknik yöntemler verimi artıcı entansif tarım uygulamalarından bazılarıdır. Dünyada nüfus artışına paralel tarımsal üretimi artırmak için bitkisel üretimi ve üretimdeki verim artışının sağlanması gerekmektedir. Bitkisel üretim içinde yer alan pamuk üretim ve tüketim alanında küresel öneme sahip ham maddelerden bir tanesidir ve Türkiye'deki en önemli endüstriyel bitkiler içinde yer alır. Yetiştiriciliğe bağlı olarak Pamuk üretiminde görülen bitki koruma sorunları ve çözüm önerileri oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye pamuk üretiminde önemli bir yeri olan Aydın ili Koçarlı ilçesinde pamukta üretiminde tarımsal alandaki bitki koruma sorunları ele alınmıştır. Yapılan çalışma sonucunda pamuk üretiminde yabancı ot olarak en çok Kanyaş-Sorgum halepense (%41)'nin, zararlı olarak ise en yoğun İki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranchus urticae*) (%38) problem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Pamuk, bitki koruma problemleri, anket

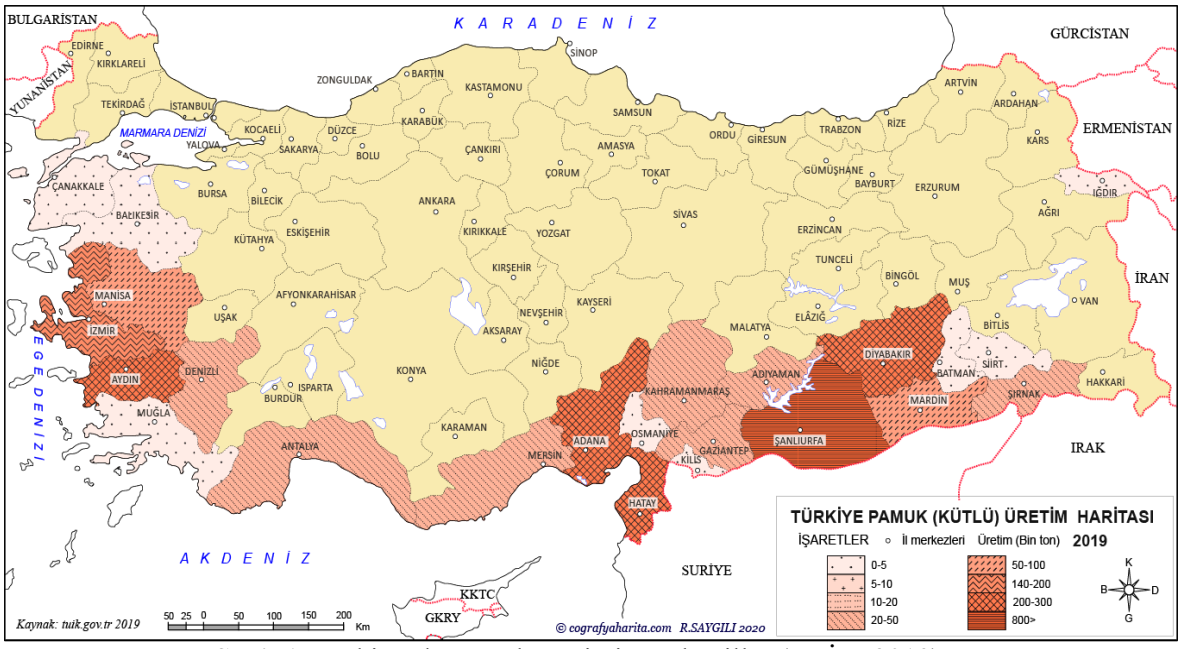
SOME PLANT PROTECTION PROBLEMS IN COTTON

Abstract
The increase in product yield during agricultural aplications can be achieved with intensive farming. Technical methods such as the use of certified seeds and seedlings, fertilization, control of diseases and pests, cultivation, irrigation and hoeing are some of the intensive agricultural aplication that increase productivity, especially in the field of agriculture. In order to magnification agricultural production in parallel with population growth in the world, it is necessary to enlarge crop production and productivity in production. Cotton, which is included in plant production, is one of the raw materials of global importance in the field of production and consumption and is among the most important industrial plants in Turkey. Plant protection problems and solution suggestions in cotton production depending on cultivation are very important. In this study, plant protection problems in the agricultural field in cotton production in Aydın province Koçarlı district, which has an important place in cotton production in Turkey, are discussed. As a result of the study, it was determined that Kanyaş-Sorghum halepense (41%) is the most common weed problem and the most intense two-spotted spider mite (*Tetranchus urticae*) (38%) is the most common pest problem in cotton production.

Keywords: Pamuk, bitki koruma problemleri, anket

1. GİRİŞ

Pamuk stratejik öneme sahip bir endüstri bitkisidir. Pamuk liflerinin tekstilde, çiğitlerinin yağ olarak ve küspesinin yem olarak kullanılan bir tarın ürünü olan pamuk için uluslararası platformda rekabetin hâkim olduğu bir piyasa söz konusudur. Çin, Hindistan ve Amerika'nın başta yer aldığı pamuk piyasasında Pakistan, Brezilya, Türkiye, Bangladeş ve Endonezya'da önemli rol oynayan ülkelerin başında gelmektedir (Nacak, 2004; Anonim, 2022). Pamuk yetiştiriciliği ülkemizde farklı bölge ve illerde yapılmaktadır. Marmara'da Bursa, Balıkesir ve Çanakale'de, Güne Doğu Anadolu'da Şanlıurfa ve Adana'da, Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Hatay ve Mersin'de toprak ve iklim uygunluğuna göre pamuk üretilen şehirlerdir. Bunun yanısıra Ege Bölgesinde en fazla pamuk yetiştirilen il Aydın'dır, Aydın'ı İzmir ve Manisa takip eder (Anonim, 2023 ;TUİK, 2019) (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'de pamuk üretimi yapılan iller (TUİK, 2019).

Bu çalışmada Aydın'ın Koçarlı ilçesindeki pamuk üreticilerinin bazı sosyo-demografik özellikleri ile pamukta bitki koruma sorunlarından elde edilen çalışmanın bir kısmı verilmeye çalışılacaktır. Burada paylaşılacak araştırma sonuçlarının ve çözüm önerilerin konu hakkında çalışacaklara konu ile ilgili bilgilerden yararlanmaları sağlanabilecektir.

2. MATERYAL VE METOD

Aydın İli Koçarlı İlçesindeki çalışmada pamuk üreticilerine pamukta sorun olan bitki koruma sorunları ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Çalışmanın materyalini ilçede pamuk üretimi yapan üreticilerden anket yolu ile veriler oluşturmuştur. Anket çalışmasında örnek hacmi için Tarım İlçe Müdürlüğü kayıtları incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda anket yapılacak köyler belirlenmiş ve bu köylerde üretim yapan 51 çiftçi ile yüz yüze görüşmeler yapılarak anket verileri elde edilmiştir.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Önemli bir endüstiri bitkisi olan pamuk gibi birçok kültür bitkisinde yapılan anket çalışmalarında bitki zararlıları, yabancı otlar, pestisitler ve kullanımları gibi bitki koruma problemlerini kapsayan çalışmalar yapılmış ve çiftçilerin bilinç düzeyleri belirlenmiştir (Yeşilayer ve ark., 2016; Akar ve Tiryaki, 2018; Aydın Eryılmaz ve Kılıç, 2019; Birişik ve ark., 2020; Yeşilayer ve ark., 2022).

Aynı şekilde farklı bölgelerde yapılan bitki koruma sorunları ile ilgili yapılan birçok çalışmada (Temel ve ark., 2017; Akar ve Tiryaki, 2018; Aydın Eryılmaz ve Kılıç, 2019; Birişik ve ark., 2020) üreticilerin bazı sosyo- demografik özellikleri incelendiğinde eğitim durumu ile yaşa göre, kültür bitkisindeki zararlıları tanıması ve buna göre mücadeleye karar vermesinde önemli bir etkisi olduğu kaydedilmiştir. Tablo 1'de üreticilerin eğitim durumu görülmektedir. Tablo incelendiğinde genel olarak eğitim seviyesinin düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca yapılan anketlerden elde edilen diğer veriler ankete katılan üreticilerin yaş ortalamasının %44.12 olduğunu belirlenmiştir.

Tablo 1. Ankete Katılan Üreticilerin Eğitim Durumu

		Frekans	Oran
Eğitim	İlkokul	32	64.00
	Ortaokul	8	16.00
	Lise	8	16.00
	Lisans	2	4.00
Toplam		50	100.00

Pamukta yürütülen bir çalışmada üreticilerin yaş aralığını 25-55 arasında olduğunu görmüştür (Pala ve Mennan 2018). Ankete katılan çiftçilerin yaş ortalamasının Pala ve Mennan 2018'deki çalışmasına benzerlik gösterdiği görülmüştür. Tablo 1'e bakıldığında katılımcıların eğitim durumlarını düşük olduğu ve %50'sinden fazlasının ilkokul mezunu olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde Bozkurt ve Aybek (2016)'in pamuk üreticileri ile yaptıkları bir çalışmada da %57 oranında katılımcıların ilk öğretim mezunu olduğu kaydedilmiştir. Koçarlı'daki önemli bitki koruma sorunları ile ilgili çalışmada, zararlı, hastalık ve yabancı otlarda tespit edilmiştir. Kültür bitkisinde görülen yabancı otlar bitkinin besin maddesi ve suyuna ortak olurlar (Sharma ve Singh, 2011). Koçarlı'daki çalışmada tespit edilen zararlı ve yabancı otlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Koçarlı İlçesi Pamukta Görülen Zararlı Ve Yabancı Otlar

		Frekans	**Oran**
Zararlılar	Kırmızı örümcek	19	38.00
	Yaprak biti	14	28.00
	Yeşil kurt	8	16.00
	Beyaz sinek	9	18.00
Yabancı Ot	Kanyaş	19	38.00
	İt üzümü	13	26.00
	Domuz pıtrağı	8	16.00
	Sirken	7	14.00
	Yapışkan ot	2	4.00
	Su otu	1	2.00

Ankete katılan üreticiler, kültür bitkilerin de sorun olan ve polifag bir zararlı olan kırmızı örümceğin (%38.00) en sık rastlanan zararlı olduğunu belirtmişlerdir. Birçok bölgede çiftçilerin pamukta kırmızı örümceğin yanısıra, yaprak biti, beyaz sinek ve yeşil kurttan da muzdarip olduğu bilinmektedir. Çalışmada yaprak biti (%28.00), yeşil kurt (%16.00) ve beyaz sinek (%18.00)'de karşılaşılan zararlılar olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş ve Çukurova gibi pamuk alanlarında sokucu-emici zararlılardan yaprak piresinin ön plana çıktığı, pamuğun koza ve olgunlaşma döneminde önemli zararar neden olduğuna dair bilgilere bazı çalışmalarda yer verilmiştir (Ölçülü ve Atakan, 2013; Güvercin ve Sunulu, 2010; Memiş ve Özpınar, 2020,2021). Koçarlı'da yürütülen çalışmada da yaprak biti ve kırmızı örümcek gibi sokucu emici zararlıların öne çıktığı görülmüştür.

Tablo 2 incelendiğinde en çok karşılaştıkları yabancı ot sorusuna; Kanyaşı, İt Üzümü, Domuz Pıtrağı, Sirken, Yapışkan Ot ve Su Otu olarak yanıt vermişlerdir. Benzer şekilde Menemen İlçesi pamuk üreticileri ile yapılanı anket çalışmasında Köpeküzümü ve Domuzpıtrağının yabancı ot sorunu olarak ilk ikide yer aldığı ve bu yabancı otların bulunuş oranlarının farklı olduğu belirtilmiştir (Demirkan ve Uysal, 2011). Zararlı ve yabancı ot mücadelesi ürünün verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Mücadeleye karar verirken çiftçiler kendi deneyimlerinin dışında ziraat mühendisi yada kamu kuruluşlarına da danışabilirler. Ankete katılan üreticilerin %90.00'ının hastalık veya zararlıyı ilk gördüğünde ziraat mühendisine danıştığı ancak sadece %30.00'unun ziraat mühendisinin verdiği doza uyduğu, %70'inin ise uymadığı dikkat çekmiştir.

Üreticilerin %41.00'inin zararlıyı görmeden yada uygulama öncesi zararlı varlığını kontrol etmeden düzenli aralıklarla ilaçlama yaptığını söylerken, %54.00'ünün zararlıyı görür görmez ilaçlama yaptıkları kaydedilmiştir. Herhangi bir ön kontrol yapmadan kimyasal uygulama yapmaya örnek olarak; GAP yöresinde yapılan bir çalışmada da Ekonomik Zarar Düzeyini dikkate almadan yabancı ot ve zararlı kontrolünde hemen pestisit uygulandığı rapor edilmiştir (Bayhan ve ark. 2015). Bir başka pamukta bitki koruma sorunları ile ilgili anket çalışmasında pamukta kimyasal kullanmayanların oranının %15 olduğunu bildirmişlerdir. Pestisit kullanmayanların dışında zararlılara karşı bir kez ilaçlama yapanların % 52.94, iki kez yapanların %23.52, üç kez yapanların %21.56, dört ve daha fazlasının ise %1.96 olarak belirtmişlerdir (Yücel et al. 1995)

Pestisit uygulamalarının uygulama zamanı, miktarı Kimyasalların kullanımı sonrası oluşacak zararlar hakkında %14'nün pestisitlere karşı direnç oluşabildiği, çevre ve canlılara olumsuz etkilerinin olduğunu düşünenlerin %42'si olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Pamuk Üreticilerin Kimyasal Mücadelenin Olumsuz Sonuçları Hakkındaki Düşünceleri

	Frekans	**Oran**
Zararlılara direnç geliştirmesi	14	28.00
İnsan ve çevre üzerine etkileri	42	84.00
Maliyetin yükselmesi	15	30.00
Yararlıların öldürülmesi	28	56.00
Doğal dengenin olumsuz etkilenmesi	29	58.00

İlçedeki pamuk üreticilerinin kimyasalların oluşturduğu zarar ve uygulamada teknik elemandan bilgi alması zayıf olduğu görülmüştür. Bu konuda yörede yapılacak eğitimler oldukça önemlidir.

4.SONUÇ

Bu çalışmada Aydın Koçarlı'daki pamuk üreticilerinin bazı demografik özellikleri ve bazı bitki koruma sorunlarına yer verilmiştir. Yapılan anket sonuçlarına bakıldığında bitki koruma sorunları içinde yer alan zararlı ve yabancı ot mücadelesinde bilinç düzeyinin yeterli olmadığı görülmüştür. Üretim süreçlerinde kimyasalların kullanımı kaçınılmazdır. Eğitim düzeyinin düşük olduğu yörede çiftçilerin katılımlarının sağlanacağı seminer ya da kurların düzenlemesinin yararlı olacağı görüşüne varılmıştır. Bitki koruma sorunları ile ilgili olarak özellikle pamuktaki zararlıların iyi belirlenmesi, tanınması ve bunlarla mücadelede yoğun pestisit kullanımı yerine alternatif yöntemlerin uygulamasına yönelik çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bilinçli ve yeterince kullanılan kimyasalların uygulamasında çevre ve insana duyarlı formülasyonların kullanılması, entegre mücadelenin tanıtılması da bu konuda çiftçilere şüphesiz destek olacağı düşünülmektedir. Ayrıca pamukta verimi artıcı girdilerin kullanımı ve ekonomisinin de iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun dışında bir çok zararlı ve hastalığın kültür bitkisi dışında yabancı otlarda kışladığı bilindiğinden yabancı ot temizliğine de dikkat edilmelidir. Bunlara ilave olarak ise kamu kuruluşları ve üniversite işbirliği ile yapılacak pamuk la ilgili projeler özendirilerek arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Anonim (2022). Better-Cotton-2020-Impact-Report.pdf (bettercotton.org). (Alıntılama tarihi:23.09.2022).

Anonim, (2023). Türkiye'de Pamuk Hangi Bölgelerde Yetişir? Türkiye'de Pamuk Hangi Bölgede Yetişir? | Hektaş (hektas.com.tr). (Erişim Tarihi: 28.04.2023).

Akar, Ö., Tiryaki, O. (2018). Antalya İli'nde Üreticilerin Pestisit Kullanımı Konusunda Bilgi Düzeyi Ve Duyarlılıklarının Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(1):60-70, 2018

Birişik N., Aslan R., Karaat F.E., Tohumcu E. (2020). Adıyaman İli Çiftçilerinin Sosyal, Ekonomik Ve Organik Tarım Eğilimlerinin Belirlenmesi. *ADYÜTAYAM*, 8(2):23-35.

Bozkurt M. Aybek A. (2016). Şanlıurfa İli Harran Ovasının Tarımsal Yapı Ve Mekanizasyon Özellikleri. *KSÜ Doğa Bilimsel Dergisi*, 19(3): 319-331.

Demirkan H., F. Uysal, (2011). Menemen (İzmir) Pamuk Üreticilerine Yönelik (Bitki Koruma Açısından) Bir Anket Çalışması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3): 277-282.

Güvercin R.Ş.,Sunulu S. (2010). Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.x *Gossypium barbadense* L.) Melezlerinin Lif Özelliklerinde Heterosis ve Korelasyon Katsayıları. YYÜ *Tarım Bilimleri Dergisi. (YYU J AGR SCI)*, 20 (2): 68-74.

Memiş, S., Özpınar, A. (2020). Manisa İli Pamuk Alanlarında *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae)'nın Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17 (3), 369-380.

Memiş, S., Özpınar, A. (2021). Manisa İli Pamuk Üreticilerinin Bitki Koruma Problemleri. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*.7(1);60-70.

Nacak, P.İ. (2004). Türkiye Pamuk Dış Ticaretinin Yapısı ve Bunu Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Araştırma. *İzmir Tic. Borsası Yayınları. İzmir*

Ölçülü, M., E. Atakan, (2013). *Thysanoptera Species Infesting The Flowers Of Citrus In The Eastern Mediterranean Region of Turkey. Book of Abstract*, IOBC WPRS Working Group Meeting on Integrated Control in Citrus Fruit Crops, 7-9 May 2013, Adana, Turkey p 28.

Pala, F., Mennan, H. (2018). Diyarbakır İli Pamuk Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Otlar Ve Uygulanan Kontrol Yöntemlerinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Dergisi*. 55 (1):111-117 DOI: 10.20289/zfdergi.330081

Sharma S.N., Singh R.K. (2011). Seed Rate And Weed Management On Yield And Nutrient Uptake of Wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 81(12):1174-1179

Tiryaki O., Canhilal R., Horuz S. (2010). Tarım İlaçları Kullanımı Ve Riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 26(2):154-169.

TUİK, 2019. 4cturkiye-2019-pamuk-uretim-haritasi.png (1361×706) (cografyaharita.com).

Yeşilayer, A., Erdal, G., Erdal, H., Özülkü, Ş. (2016). Tokat İli Zile İlçesinde Ayçiçeği Yetiştiriciliğinde Bitki Koruma Sorunları Ve Üreticilerin Bilinç Düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 13; 152-162.

Yeşilayer, A., Gözener, B. & Yıldızbakan, R. (2022). *Mersin İli Tarsus İlçesinde Mısır Üretiminde Görülen Bitki Koruma Sorunlarının Belirlenmesi*. Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research. 11 (2):299-310.

Yücel, A., Çıkman, E., Yücel, M. (1995). Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Uygulamaya Konulmadan Önce Harran Ovasında Çiftçinin Tarımsal Mücadeleye Bakış. *76 GAP Bölgesi Bitki Koruma Sorunları ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 27-29 Nisan 1995, Şanlıurfa*

6. SINIF ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN BİLGİ İŞLEMSEL DÜŞÜNME ODAKLI DOLAŞIM SİSTEMİ ÖĞRETİM MODÜLLERİNİN ÖĞRETİMDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Aydan AYTEKİN
Milli Eğitim Bakanlığı / Fen Bilgisi Öğretmeni
aydan0aytekin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7383-7691

Mustafa Sami TOPÇU
Yıldız Teknik Üniversitesi / Eğitim Fakültesi /Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü
mstopcu@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5068-8796

ÖZET
Bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin fen konularına entegre edilmesi, fen kavramlarının daha iyi öğrenilmesini ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını sağlar. Bu nedenle bu çalışmada, öğrenilmesi zor fen konularından biri olan dolaşım sistemi konusuna bilgi işlemsel düşünme becerileri entegre edilmiştir. Bu bağlamda, dolaşım sistemi konusunda bilgisayar kullanılarak ve bilgisayar kullanılmadan bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modülleri geliştirilmiştir. Bilgisayarlı öğretim modülü deney grubu 1'e, bilgisayarsız öğretim modülü ise deney grubu 2'ye uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise Türkiye fen öğretim programındaki sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefeye uygun aktif öğrenme etkinlikleri uygulanmıştır. Uygulama her üç grupta da 16 ders saatinde (4 hafta) gerçekleştirilmiş ve verilerin toplanmasında araştırmacı tarafından geliştirilen Dolaşım Sistemi Kavramsal Öğrenme ve Bilgi İşlemsel Düşünme Becerileri Ölçeği (DSKÖ-BİDBÖ) kullanılmıştır. Yarı deneysel desene göre 6. sınıf öğrencilerinin katılımıyla gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda deney 1 (n=30) ve deney 2 (n=30) grupları, kontrol grubuna (n=30) kıyasla dolaşım sistemi kavramsal öğrenme ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinde anlamlı düzeyde daha başarılı olmuştur. Dolayısıyla, bu deneysel çalışma hem bilgi işlemsel düşünmenin fen öğretimine entegrasyonu için somut bir örnek sunmakta hem de K-12 düzeyindeki fen sınıflarında bilgi işlemsel düşünme uygulamalarının hayata geçirilmesinde öğretmenlere ve araştırmacılara yol göstermektedir. Bununla birlikte zorlu fen kavramlarının daha kolay öğretiminde kullanılabilecek yeni düşünce süreçlerinin farkına varılmasında araştırmacılara rehber niteliğindedir.

Anahtar kelimeler: Bilgi işlemsel düşünme, dolaşım sistemi, kavramsal öğrenme, öğretim modülleri.

GİRİŞ
Bilgi işlemsel düşünme, bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu günümüz dünyasını anlamak ve bu dünyaya katılmak için öğrencilerin edinmesi gereken yirmi birinci yüzyıl becerisi olarak kabul edilmektedir (Wu, Hu, Ruis ve Wang, 2019). Bilgi işlemsel düşünme kavramı K-12 düzeyinde ilk kez Seymour Papert (1980) tarafından Mindstorm adlı çalışmasında kullanılmıştır. Daha sonra Wing'in (2006) çalışmasıyla popüler hale gelen "bilgi işlemsel düşünme" terimi, bir problemi tanımlamak, bu problemi çözmek için bir model oluşturmak ve çözüme ulaşmak için bir bilgisayar bilimcisi gibi düşünmek olarak tanımlanmaktadır.

Bilgi işlemsel düşünme becerisine sahip bireyler, bir problemi çözmek için genel matematiksel düşünme yöntemlerini kullanırlar; çok çeşitli karmaşık problemleri ele alarak ve insan davranışlarını bilimsel düşünce kalıbı içinde gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirerek bir mühendis gibi düşünürler (Wing, 2008). Wing'e (2006) göre bilgi işlemsel düşünme becerileri, bir problemin çözümünde veri düzenleme, soyutlama, yineleme, algoritma tasarımı, ayrıştırma, genelleme, eş zamanlı çalışma, örüntü tanıma, örüntü genelleme, dallanma ve modelleme gibi birçok alt unsurdan/bileşenden oluşmaktadır. Wing'e (2006) göre bilgi işlemsel düşünmeyi bu kadar önemli kılan şey, bilgi işlemsel düşünme becerilerinin birçok alt unsurdan/bileşenden oluşan üst düzey düşünme süreçlerine atıfta bulunmasıdır.

Bilgi işlemsel düşünme K-12 eğitim kademelerinde de önemli bir bileşen olarak görülmekte, öğrencilerin fen ve matematik öğrenmeleri ve analitik düşünme becerilerini geliştirmeleri için gerekli kabul edilmektedir (Lee vd., 2020; Peel ve Sadler, 2022). Bu nedenle bilgi işlemsel düşünmenin K-12

eğitim düzeyinde fen müfredatına entegre edilmesine yönelik çalışmalar son dönemde hız kazanmıştır (Basu, Biswas Kinnebrew 2014; Peel vd., 2019a,b; Weintrop vd., 2016). Çünkü bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin fene entegre edilmesi, fen kavramlarının öğrenilmesini kolaylaştırmakta ve fen için bir uygulama alanı yaratmaktadır (Arık ve Topçu, 2022; Fulton, Peel ve Pontelli, 2015; Wing, 2008). Aynı zamanda bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin fene entegre edilmesinin fen kavramlarının öğrenilmesini derinleştirdiği ve fende yaparak yaşayarak öğrenmeye olanak sağladığı düşünülmektedir (Fulton, Peel ve Pontelli, 2015; Wing, 2008). Bu bağlamda Blikstein ve Wilensky (2009) zorlu fen kavramlarının öğrenilmesinde bilgi işlemsel düşünme becerilerinin kullanılmasının fen öğretimini destekleyeceğini vurgulamıştır. Ayrıca, bilgi düşünmenin fene entegre edilmesine yönelik az sayıdaki çalışmalar incelendiğinde, ortaokul öğrencilerinin çeşitli fen kavramlarına (hız, ivme, kuvvet ve hareket, ekoloji, sindirim sistemi, iklim değişikliği ve protein sentezi gibi) ilişkin bilgilerinde anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir (Aksit ve Wiebe, 2020; Arık ve Topçu, 2022; Basu, Biswas ve Kinnebrew, 2014; Peel ve Friedrichsen, 2018; Tucker-Raymond vd., 2019).

Alanyazın incelendiğinde, bilgi işlemsel düşünme becerilerinin fen öğretimine olumlu etkileri olduğu belirtilse de bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin fen kavramlarına entegrasyonu uzun vadede araştırılması ve geliştirilmesi gereken çok yeni bir alandır (Kalelioğlu vd., 2016; Peel vd., 2019a, b). Özellikle bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin fen kavramlarına nasıl entegre edildiğini gösteren deneysel çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir (Grover ve Pea, 2013; Kalelioğlu vd., 2016; Peel ve Sadler, 2022). Ayrıca fen öğretiminde zor ve karmaşık konuların öğretiminde bilgi işlemsel düşünmenin entegrasyonunun kavramsal öğrenmeyi nasıl etkileyeceği merak konusudur. Bu doğrultuda, bu çalışmada öğrencilerin anlaması zor ve karmaşık olan dolaşım sistemi konusuna bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin nasıl entegre edildiği gösterilmektedir. Böylece bu entegrasyonun dolaşım sistemi kavramsal öğrenmeyi nasıl etkileyeceği belirlenecektir. Ayrıca bu çalışma, bilgi işlemsel düşünme bileşenleri ile uyumlu fen konularının belirlenmesinde nelere dikkat edilmesi gerektiğinin belirlenmesi açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Çalışma, bilgi işlemsel düşünme becerilerinin fen bilimlerine entegrasyonu sürecinin bilgi işlemsel düşünme becerilerinin gelişimini nasıl etkileyeceğini de belirleyecektir. Ayrıca bilgisayarlı (blok tabanlı görsel programlama araçları vb. yardımıyla gerçekleştirilen uygulamalar) ve bilgisayarsız (bilgisayar kullanılmadan somut materyaller yardımıyla gerçekleştirilen uygulamalar) yaklaşımlar kullanılarak tasarlanan öğretim modülleri ile gerçekleştirilen iki farklı uygulamanın olması araştırmanın önemini artırmaktadır. Çünkü mevcut çalışmada literatürden farklı olarak dolaşım sistemi kavramsal öğrenme ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde hangi yaklaşımın daha başarılı olduğu tespit edilecektir. Böylece çalışma, fen öğretiminde hangi yaklaşımın en iyi entegrasyonu sağlayacağı konusunda araştırmacılara fikir verecektir.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, dolaşım sistemi konusu bağlamında geliştirilen bilgisayarlı ve bilgisayarsız bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modüllerinin 6. sınıf öğrencilerinin dolaşım sistemine ilişkin kavramsal öğrenmeleri ve bilgi işlemsel düşünmeleri üzerindeki etkilerini incelemektir.
Bu amaçla aşağıdaki araştırma sorularına yanıt bulunmaya çalışılacaktır.

- Bilgisayarlı ve bilgisayarsız öğretim modülleri 6. sınıf öğrencilerinin kavramsal öğrenmelerini geliştirebilir mi?
- Bilgisayarlı ve bilgisayarsız öğretim modülleri 6. sınıf öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirebilir mi?
- Dolaşım sistemi kavramsal öğrenmesinde bilgisayarlı ve bilgisayarsız uygulamalardan hangisi daha başarılı sonuçlar vermektedir?
- Bilgisayarlı ya da bilgisayarsız uygulamalardan hangisi bilgi işlemsel düşünme becerilerinde daha başarılı sonuçlar vermektedir?

2. MATERYAL VE METOD

Araştırma Deseni

Bu çalışma, nicel araştırma desenlerinden yarı deneysel desene uygun olarak ön test-son test kontrol gruplu modele göre tasarlanmıştır. Tablo 1'deki araştırma deseninde de görüleceği üzere bu modelde 2

deney grubu ve 1 kontrol grubu olmak üzere üç grup bulunmakta olup gruplar yansız atama yoluyla oluşturulmuştur. Gruplar deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında ölçümlere tabi tutulmuştur. Her iki deney grubunda da sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefeyi benimseyen Türkiye fen bilimleri öğretim programında belirtilen etkinlikler kullanılmış, ayrıca deney grubu 1'de yapılan etkinliklere bilgisayarlı bilgi işlemsel düşünme yaklaşımı, deney grubu 2'de yapılan etkinliklere ise bilgisayarsız bilgi işlemsel düşünme yaklaşımı entegre edilmiştir. Kontrol grubunda ise öğretim modülleri kullanılmadan sadece sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefeyi benimseyen Türkiye fen bilimleri öğretim programında belirtilen etkinlikler kullanılmıştır.

Tablo 1. Araştırma deseni

Grup Adı	Ön test	Deneysel uygulama	Son test
Deney 1	DSKÖ-BİDBÖ	Bilgisayarlı bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modülüyle uygulama gerçekleştirilecektir.	DSKÖ-BİDBÖ
Deney 2	DSKÖ-BİDBÖ	Bilgisayarsız bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modülüyle uygulama gerçekleştirilecektir.	DSKÖ-BİDBÖ
Kontrol	DSKÖ-BİDBÖ	Sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefe etkinlikleri ile uygulama yapılacaktır.	DSKÖ-BİDBÖ

DSKÖ-BİDBÖ: Dolaşım Sistemi Kavramsal Öğrenme ve Bilgi İşlemsel Düşünme Becerileri Ölçeği

Örneklem

Bu araştırmanın çalışma grubunu Kocaeli ilinin Körfez ilçesindeki bir ortaokulda öğrenim gören 90 altıncı sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Bu okuldaki 6 sınıftan 3'ü bir önceki dönem akademik başarılarına bakılarak not ortalamaları birbirine en yakın olacak şekilde seçilmiş ve daha sonra bunlardan 2'si deney, 1'i kontrol grubuna rastgele atanmıştır. Gruplardaki öğrencilerin sayıları ve cinsiyetleri birbirine benzerdir; deney grubu 1'de 30 öğrenci (16 kız ve 14 erkek), deney grubu 2'de 30 öğrenci (15 kız ve 15 erkek) ve kontrol grubunda 30 öğrenci (14 kız ve 16 erkek).

Uygulama süreci

Uygulama süreci Milli Eğitim Bakanlığı'nda (MEB) görev yapan bir fen bilimleri öğretmeni tarafından 3 farklı grupta gerçekleştirilmiştir. Uygulamayı gerçekleştiren fen bilimleri öğretmeni 10 yıllık öğretmenlik deneyimine sahiptir ve uygulamaya başlamadan önce öğretim modüllerinde yer alan etkinlikler ve bilgi işlemsel düşünme becerileri hakkında 1 aylık (toplam 16 saat) eğitim almıştır. Eğitimin 6 saatlik süresi için modülü tasarlayan araştırmacı (1. yazar), uygulamayı yürütecek öğretmene bilgi işlemsel düşünme bileşenleri ve modül etkinlikleri hakkında bir sunum yapmıştır. Geri kalan 10 saatte ise öğretmen, araştırmacılar tarafından tasarlanan öğretim modülünün pilot uygulamalarına gözlemci olarak katılmış ve modüldeki tüm etkinliklerin uygulanışını gözlemlemiştir. Bu şekilde öğretmen, öğretim modüllerindeki etkinlikler ve uygulama süreci hakkında gerekli bilgiyi edinmiştir. Öğretmen, modüllerin tasarlanması ve düzenlenmesi sürecine katılmamıştır. Her bir gruptaki uygulama süreci aşağıda açıklanmıştır.

Deney 1 grubu

Deney 1 grubunda öğrenciler, dolaşım sistemi konusunu merkeze alacak şekilde tasarlanan ve toplam 10 etkinlikten oluşan bilgisayarlı bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modülünü görsel programlama araçlarından Scratch kullanarak tamamlamışlardır. Geliştirilen 10 etkinlik toplam 16 ders saati (her ders 40 dakika) uygulanmıştır.

Deney 2 grubu

Deney 2 grubunda öğrenciler, dolaşım sistemi konusunu merkeze alacak şekilde tasarlanan ve toplam 10 etkinlikten oluşan bilgisayarsız bilgi işlemsel düşünme odaklı öğretim modülünü somut öğretim

materyalleri (bilgisayarsız kodlama oyunu Tospaa, kağıt, kalem, renkli kartonlar, dolaşım sistemi yapboz parçaları, keçeli kalemler vb), yarışmalar, rol oyunları vb. kullanarak tamamlamışlardır. Geliştirilen 10 etkinlik toplam 16 ders saati (her ders 40 dakika) uygulanmıştır.

Kontrol grubu

Kontrol grubunda ise dolaşım sistemi konusu herhangi bir öğretim modülü kullanılmadan Türkiye fen öğretim programında yer alan sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefe doğrultusunda öğrenme etkinlikleri ile yürütülmüştür. Öğretim sırasında ders kitabı takip edilmiş ve ders videoları izlenmiştir (https://ders.eba.gov.tr/, https://v218.morpakampus.com/ogretmen.asp?page=ders). Bu süre zarfında öğrenciler kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu alırlar ve öğretmen bir rehber olarak hareket eder. Dolaşım sistemi konusu boyunca, ders kitabında kalbin yapısıyla ilgili bir deneysel etkinlik, kan grupları ve kan değişimi ile ilgili bir etkinlik, kan bağışı ile ilgili iki araştırma sorusu ve bir doğru-yanlış etkinliği yer almaktadır. Bu etkinlikler öğrencilerin aktif katılımıyla ve öğretmen rehberliğinde ders kitabı takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

Veri toplama araçları

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak Dolaşım Sistemi Kavramsal Öğrenme ve Bilgi İşlemsel Düşünme Becerileri Ölçeği (DSKÖ-BİDBÖ) kullanılmıştır. Ölçek araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Ölçek geliştirilirken 2018 Türkiye fen bilimleri öğretim programında 6. sınıf "Vücudumuzda Sistemler" ünitesinde yer alan "Dolaşım Sistemi" konusunda ele alınan 5 kazanımın tamamı dikkate alınmıştır. Geliştirilen ölçek, dolaşım sistemi ile ilgili 15 açık uçlu problem durumundan oluşmaktadır. Ölçek, öğrencilerin hem dolaşım sistemi ile ilgili kavramsal öğrenmelerini hem de bilgi işlemsel düşünme becerilerini aynı anda ölçebilmektedir. Dolaşım sistemi konusunda yer alan kazanımlar, bilgi işlemsel düşünmenin bileşenleri ile eşleştirilerek ölçeğe yerleştirilmiş ve ölçekteki hangi soruların dolaşım sistemi konusunda ele alınan hangi kazanımlarla ve hangi bilgi işlemsel düşünme bileşenleriyle ilişkili olduğunu gösteren bir belirtke tablosu hazırlanmıştır. Böylece dolaşım sistemi kavramlarının öğretiminde kullanılan bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin tamamı ölçekte kullanılmıştır. Böylece DSKÖ-BİDBÖ 'nin 6 boyuttan oluşacak şekilde yapılandırılmasına karar verilmiştir: Soyutlama, Algoritmik Düşünme, Ayrıştırma, Akış Kontrol Yapıları (Dallanma, Yineleme), Mantıksal Düşünme ve Örüntü Tanıma.

Geliştirilen DSKÖ-BİDBÖ 'nin geçerlilik çalışması için iki aşamalı bir pilot uygulama gerçekleştirilmiş ve uzman görüşlerine başvurulmuştur. Pilot uygulamanın ilk aşaması 182 yedinci sınıf öğrencisi ile ikinci aşaması ise 164 altıncı sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen DSKÖ-BİDBÖ 'nin güvenilirliğini belirlemek için cronbach alfa katsayısı hesaplanmış ve .856 olarak bulunmuştur. Cronbach alfa katsayısının $0.80 < \alpha < 1.00$ aralığında olması ölçeğin güvenirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Kılıç, 2016).

Verilerin analizi

Geliştirilen DSKÖ-BİDB açık uçlu sorulardan oluştuğu için ölçeği değerlendirmek amacıyla "Dolaşım Sistemi Kavramsal Öğrenme ve Bilgi İşlemsel Düşünme Becerileri Ölçeği Değerlendirme Rubriği" hazırlanmıştır. Dereceli puanlama anahtarı iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde bilgi işlemsel düşünme becerileri, ikinci bölümde ise dolaşım sistemine yönelik kavramsal öğrenme düzeyi puanlanmaktadır. Veriler her iki bölümün ayrı ayrı puanlanmasıyla elde edilir. Her bölüm öğrenci cevaplarına göre yetersiz (0), geliştirilebilir (1) ve yeterli (2) olmak üzere 3 seviyede puanlanmaktadır. Ayrıca bazı sorularda a, b ve c seçenekleri bulunmakta ve her bir seçenek ayrı ayrı 0, 1 ve 2 puan ile puanlanmaktadır. Veriler, 15 açık uçlu sorunun her birinin hem dolaşım sistemi kavramsal öğrenmesi hem de bilgi işlemsel düşünme becerileri açısından değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Dereceli puanlama anahtarının her iki bölümünden ayrı ayrı elde edilen veriler SPSS 21 program paketinde araştırma sorularına cevap verecek şekilde analiz edilmiş ve bulgular elde edilmiştir.

Ölçümde güvenirliği sağlamak amacıyla öğrencilerin cevaplarının %20'si 2 farklı araştırmacı tarafından bağımsız olarak analiz edilmiştir. Böylece araştırmacıların puanları %95 tutarlılık göstermiştir. Katılmayan %5'lik kısım için araştırmacılar bir araya gelerek öğrencilerin cevaplarını tekrar okumuş ve uzlaşmaya varmışlardır. Kalan veriler (%80) birinci araştırmacı tarafından analiz edilmiştir.

BULGULAR

Analizlere başlamadan önce grupların dolaşım sistemi kavramsal öğrenme (DSKÖ) ve bilgi işlemsel düşünme becerileri (BİDB) ön-test ve son-test puanlarının normal dağıldığı tespit edilmiş ve sonuç olarak (DSKÖ) ve (BİDB) ön-test ve son-test verileri üzerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Buna göre DSKÖ-BİDB ön-test ve son-test sonuçları başlıklar altında verilmiştir.

DSKÖ Ön Test-Son Test Sonuçları

DSKÖ ön test sonuçları aşağıdaki Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. DSKÖ ön test verilerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları

Gruplar	N	Ort.	Ss	F	Sd	p
Deney1	30	6,46	3,39	,082	2	,921
Deney 2	30	6,36	3,22			
Kontrol	30	6,70	3,18			
Toplam	90	6,51	3,23			

Tablo 2'ye göre deney grubu 1 (Ort.=6.46, Ss=3.39), deney grubu 2 (Ort.=6.36, Ss=3.22) ve kontrol grubunun (Ort.=6.51, Ss=3.23) dolaşım sistemi kavramsal öğrenme ön test ortalamaları benzer düzeydedir. Deney ve kontrol gruplarının dolaşım sistemi kavramsal öğrenme ön test başarı puanları arasında ise anlamlı bir fark yoktur [F(2,87)= .082, p>.05)].

DSKÖ son test sonuçları aşağıda Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. DSKÖ son test verilerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları

Gruplar	N	Ort.	Ss	F	Sd	p
Deney 1	30	21,10	8,09	9,846	2	,000*
Deney 2	30	20,16	10,80			
Kontrol	30	12,23	5,89			
Toplam	90	17,83	9,31			

*p< .05

Tablo 3'e göre, deney grubu 1 (Ort.=21.10, Ss=8.09) ve deney grubu 2'nin (Ort.=20.16, Ss=10.80) son test puanları benzer düzeyde iken, deney gruplarının ortalaması kontrol grubunun ortalamasından (M=12.23, SS=5.89) anlamlı derecede yüksektir [F(2, 87)=9.846, p<.05].

BİDB Ön test-Son test sonuçları

BİDB ön test sonuçları aşağıdaki Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. BİDB ön test verilerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları

Groups	N	Ort.	Ss	F	Sd	p
Deney 1	30	7,00	3,57	,217	2	,805
Deney 2	30	6,60	3,57			
Kontrol	30	7,23	4,12			
Toplam	90	6,94	3,73			

Tablo 4'e göre, BİDB ön test puan ortalamalarında deney 1 grubu (Ort.=7,00, Ss=3,57), deney 2 grubu (Ort.=6,60, SD=3,57) ve kontrol grubu (Ort.=7,23, SD=4,12) arasında anlamlı bir fark yoktur[F(2,87)=.217, p>.05]. Bu sonuçlar, tüm grupların bilgi işlemsel düşünme becerileri ön test ortalamaları açısından benzer düzeyde olduğunu göstermektedir.

BİDB son test sonuçları aşağıdaki Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. BİDB son test verilerine ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları

Gruplar	N	Ort.	Ss	F	sd	p
Deney 1	30	19,46	8,79	9,869	2	,000*
Deney 2	30	19,50	10,68			
Kontrol	30	11,10	4,70			
Toplam	90	16,68	9,24			

*p< .05

Tablo 5'e göre, BİDB son test ortalamalarında deney 1 grubu (M=19,46, SD=8,79), deney 2 grubu (M=19,50, SD=10,68') ve kontrol grubu (M=11,10, SD=4,70) arasında anlamlı bir fark vardır [F(2,87)=9,869, p<,05].

SONUÇ VE TARTIŞMA

Deney 1 grubu, deney 2 grubu ve kontrol grubunda gerçekleştirilen 3 farklı uygulamanın dolaşım sistemi kavramsal öğrenme ve bilgi işlemsel düşünme becerileri üzerindeki etkileri iki başlık altında ele alınmıştır.

Kavramsal Öğrenme Üzerindeki Etkisi

Deney grubu öğrencilerinin kavramsal öğrenme düzeyleri kontrol grubu öğrencilerine göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni deney grubundaki öğrencilerin büyük ve küçük kan dolaşımını öğrenirken algoritma oluşturmaları ve dallanma bileşenini kullanmaları olabilir. Çünkü öğrencilerin algoritma oluşturmaları, büyük ve küçük kan dolaşımını adım adım sırayla takip etmelerini sağlamıştır. Aynı zamanda dallanma bileşeni kan damarları, organlar ve kalp odacıkları arasındaki bağlantıları kurmalarına yardımcı olmuştur (kan sağ alt odacıkta ise temizlenmek için pulmoner arter yoluyla akciğere gider vb.) Dolayısıyla, bilgi işlemsel düşünmenin doğasında bulunan akış kontrol yapılarının (dallanma, yineleme) ilişkisel süreçlerin anlaşılmasını kolaylaştırması ve karmaşık yapıları basitleştirmesi (Weintrop vd., 2016) mevcut bulguların elde edilmesine yol açmış olabilir. Ancak kontrol grubunda dallanma ve algoritma becerileri kullanılmadan sadece aktif etkinliklerin kullanılması, deney grubuna kıyasla kavramlar arasında bağlantı kurmada ve süreçleri sistematik bir şekilde takip etmede zorluklara neden olmuş olabilir.

Deney grubunda öğrenmenin daha iyi olmasının bir diğer nedeni de öğrencilerin kalbin çalışma mekanizması ile küçük ve büyük kan dolaşımındaki örüntüyü fark etmeleri ve öğrenene kadar konuyu tekrar etmeleri olabilir. Ancak kontrol grubu öğrencilerinde örüntü oluşturma ve yineleme becerilerinin eksikliği kavramların yeterince öğrenilemediğini düşündürmektedir. Çünkü yineleme ve örüntü oluşturma becerileri döngüsel süreçlerin bir bütün olarak öğrenilmesini sağlamaktadır (Ling vd., 2018). Ayrıca deney grubu öğrencilerine kan hücrelerinin görevleri (vücut savunması için beyaz kan hücreleri, oksijen taşınması için kırmızı kan hücreleri, pıhtılaşma için kan pulcukları) ve farklı damar tiplerinin taşıdığı kan türleri (kirli kan için akciğer atar damarı, temiz kan için akciğer toplar damarı) hakkında soyutlama bileşeni aracılığıyla verilen kısa yönergenin konunun daha basit ve kolay anlaşılmasına yardımcı olduğu düşünülebilir. Son olarak, dolaşım sisteminin kalp, damarlar ve kan olmak üzere 3 bölüme ayrılması ve her bölümün kendi içinde alt bölümlere ayrılması (kanın kan plazması ve kan hücrelerine ayrılması) suretiyle ayrıştırma bileşeni temelinde kademeli olarak öğretilmesi, dolaşım sistemi kavramlarının anlaşılmasını kolaylaştırmış olabilir. Bu sayede bilgi işlemsel düşünme becerileri, bir sistemin ve bileşenlerinin bir bütün olarak birbirleriyle nasıl etkileşim ve ilişki içinde olduğunu anlamada etkili olmuştur (Weintrop vd., 2016). Dolayısıyla, dolaşım sistemi gibi zor ve karmaşık konularda bilgi işlemssel düşünme bileşenlerinin kullanılmasının bilimsel kavramların öğrenilmesinde sistematik bir bakış açısı sağladığı düşünülebilir.

Deney grubu öğrencileri, problemler karşısında akıl yürütme becerilerini kullanmada kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olmuştur. Alanyazında, öğrencilerin karmaşık süreçlerin altında yatan neden-sonuç ilişkisini sorgulamalarının ve bilimsel olayları ya da problemleri açıklamak için akıl yürütme becerilerini kullanmalarının fen öğretiminde kavramsal öğrenmeyi desteklediği bulunmuştur

(Peel vd., 2019). Aynı zamanda karmaşık fen kavramlarının gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirilmesinde ya da günlük yaşamdaki problemlerle başa çıkmada soyutlama bileşeni problemi ayrıntıya girmeden basitleştirerek çözüm için gerekli bilgiye odaklanmayı, ayrıştırma bileşeni ise problemi alt problemlere bölerek daha açık ve anlaşılır bir şekilde çözmeyi sağlar (Kalelioğlu, Gülbahar ve Kukul, 2016). Literatürdeki bu sonuçlar mevcut çalışma tarafından da desteklenmektedir.

Ayrıca çalışmada deney 1 grubunda yürütülen bilgisayarlı uygulama, deney 2 grubunda yürütülen bilgisayarsız uygulamaya göre kavramsal öğrenmeyi artırmada daha başarılı olmuştur. Bunun nedeni Scratch gibi görsel programlama araçlarının soyut ve anlaşılması zor fen kavramlarını bilgisayarsız uygulamalara göre üç boyutlu olarak görsel modellerle daha somut ve net bir şekilde temsil etmesi olabilir. Ayrıca öğrencilerin oluşturdukları kod blokları ile kuklanın nasıl hareket ettiği arasındaki ilişkinin çok kısa sürede doğrudan gözlemlenmesi (Sengupta vd., 2015) kavramsal öğrenme sürecinde kurulan bağlantıların gücünü artırmış olabilir. Ayrıca, bireysel farklılıklara hitap edebilecek öğretim seçeneği ile öğrencilere çalışmalarını kullanırken, oluştururken ve değiştirirken eylemlerini ifade edebilecekleri zengin bilişimsel ortamlar (Dickes ve Farris 2019) sunulmasının kavramsal öğrenmeyi olumlu yönde etkilediği düşünülebilir. Sonuç olarak, bu çalışmada bilgisayarlı uygulamalar bilgisayarsız uygulamalara göre kavramsal öğrenmede daha başarılı olsa da her iki uygulamanın da kavramsal öğrenmeyi artırmadaki başarısı gelecek çalışmalar için önem arz etmektedir.

Bilgi İşlemsel Düşünme Becerileri Üzerindeki Etkisi

Deney 1 ve deney 2 grubundaki öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerileri, sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefe etkinliklerinin uygulandığı kontrol grubundaki öğrencilerin becerilerine kıyasla anlamlı derecede daha fazla gelişim göstermiştir. Bunun nedeni, deney gruplarında uygulanan öğretim modüllerinde dolaşım sistemi kavramlarının bir ya da daha fazla bilgi işlemsel düşünme bileşeniyle eşleştirilerek öğrencilere aktarılması olabilir. Deney grubu öğrencilerinin bilgisayarlı ve bilgisayarsız öğretim modülleri aracılığıyla bilgi işlemsel düşünme bileşenlerini ilk elden keşfetmeleri, onların bilgi işlemsel düşünme bileşenlerini daha somut ve doğru bir şekilde öğrenmelerine katkı sağlamış olabilir. Ancak kontrol grubunda uygulanan sorgulamaya dayalı yapılandırmacı felsefe etkinliklerinde bilgi işlemsel düşünme bileşenlerine yer verilmemiş olması, kontrol grubu öğrencilerinde bilgi işlemsel düşünme bileşenlerinin gelişimini engellediği düşünülmektedir.

Deney 1 grubundaki öğrencilerin kendi kod bloklarını oluştururken ayrıştırma, soyutlama, örüntü oluşturma ve akıl yürütme bileşenlerini kullanmaları, deney 2 grubundaki öğrencilerin ise yapboz parçaları, renkli kartonlar, oyunlar ve eğlenceli yarışmalar aracılığıyla bu bileşenlere hakim olmaları yaparak yaşayarak bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirdiklerini göstermektedir. Deney 1 ve deney 2 grupları bilgi işlemsel düşünme becerileri açısından karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir fark bulunmamış ancak deney 2 grubunun bilgi işlemsel düşünme becerileri puan ortalaması daha yüksek bulunmuştur. Ortalamanın deney 2 grubunda daha yüksek çıkmasının nedeni, deney 1 grubundaki öğrencilerin teknolojik araçları kullanmada yaşadıkları zorluklar ya da programlama becerilerindeki yetersizlikleri olabilir. Diğer nedenler arasında bilgisayarsız etkinliklerin eğlenceli ve esnek yapısı (Bell ve Vahrenhold, 2018) ve oyunlaştırma bileşeni ile motivasyon kaynağı olması (Kotini ve Tzelepi, 2015; Tsarava, Moeller vd., 2017) ve rekabet ortamı oluşturmaya olanak sağlayarak işbirliğini güçlendirmesi (Li, Dong, Untch ve Chasteen, 2013) sayılabilir.

KAYNAKÇA

Aksit, O., & Wiebe, E. N. (2020). Exploring force and motion concepts in middle grades using computational modeling: A classroom intervention study. *Journal of Science Education and Technology, 29*: 65–82. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09800–z

Arık, M., Topçu, M.S.,(2022). Computational Thinking Integration into Science Classrooms: Example of Digestive System. *Journal of Science Education and Technology, 31*: 99-115. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09934-z

Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2014). Assessing student performance in a computational-thinking based science learning environment. In International conference on intelligent tutoring systems (pp. 476–481). Cham, Springer.

Blikstein, P., & Wilensky, U. (2009). An atom is known by the company it keeps: A constructionist learning environmentfor materials science using agent-based modeling. *International Journal of Computers for Mathematical Learning,14*(2), 81–119.

Grover, S. ve Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the State of the Field. *Educational Researcher, 42*(1), 38–43. hptt://doi.org/: 10.3102/0013189X12463051

Kalelioğlu, F., Gülbahar, Y., & Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing, 4*(3), 583.

Kılıç, S.(2016). Cronbachs Alpha Reliability Coefficient. *Journal of Mood Disorders (JMOOD), 6*(1):47-8.

Lee, I., Grover, S., Martin, F., Pillai, S., & Malyn-Smith, J. (2020). computational thinking from a disciplinary perspective: integrating computational thinking in K-12 science, technology, engineering, and mathematics education. *Journal of Science Education and Technology, 29*(1), 1–8. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09803-w

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York: Basic books.

Peel, A., Fulton, J., & Pontelli, E. (2015). DISSECT: An experiment in infusing computational thinking in a sixth grade classroom. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1–8). IEEE.

Peel, A., & Friedrichsen, P. (2018). Algorithms, abstractions, and itera- tions: Teaching computational thinking using protein synthesis translation. *The American Biology Teacher, 80*(1), 21–28.

Peel, A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P. (2019a). Learning natural selection through computational thinking: Unplugged design of algorithmic explanations. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(7), 983–1007.

Peel, A., Zangori, L., Friedrichsen, P., Hayes, E., & Sadler, T. (2019b). Students' model-based explanations about natural selection and antibiotic resistance through socio-scientifc issues-based learning. *International Journal of Science Education, 41*(4), 510–532

Peel, A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P.(2022). Algorithmic Explanations: an Unplugged Instructional Approach to Integrate Science and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 31:428–441. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09965-0

Tucker-Raymond, E., Puttick, G., Cassidy, M., Harteveld, C., & Troiano, G. M. (2019). "I Broke Your Game!": Critique among middle schoolers designing computer games about climate change. International Journal of STEM Education, 6(1), 41. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0194-z

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology, 25*(1), 127–147.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33–35.

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 366*(1881), 3717–3725.

Wu, B., Hu, Y., Ruis, A. R., & Wang, M. (2019). Analysing computational thinking in collaborative programming: A quantitative ethnography approach. *Journal of Computer Assisted Learning*. https://doi.org/10.1111/jcal.12348

TWİTTER VERİLERİNİN METİN ANALİZİNDE KULLANILAN YENİ NESİL YAPAY ZEKÂ ALGORİTMALARI: GPT-4

Çilem Koçak*[1]
[1]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
cilemkocak@isparta.edu.tr *ORCID: 0000-0002-4516-2076*

Tuncay Yiğit[2]
[2]Süleyman Demirel Üniversitesi,
tuncayyigit@sdu.edu.tr *ORCID: 0000-0002-6741-7826*

Özet
Çeşitli tekniklerin ve aletlerin icat edilmesiyle, teknolojik gelişmeler basitten karmaşığa doğru ilerlemiştir. İnsanlar yeni şeyler yarattı, bu da ekonomiden sanayiye, sosyokültürel geleneklerden politika ve askeri güce kadar yaşam dinamiklerini değiştirdi. Yeni gelişmelerle birlikte, sosyal medya platformlarının kullanımı ve araştırmaları hızla artmıştır. Sosyal medya, çeşitli ilgi ve tercihlere sahip tüm kuşakların buluşma noktası haline gelmiştir. Bu çalışmada Baba Boomer, X, Y ve Z kuşakları tarafından sıklıkla kullanılan sosyal medya platformlarından Twitter'da toplanan veriler incelenmiştir. Türkçe Twitter verileri kullanılarak yapılan metin analizlerinde sıklıkla Naive Bayes, KNN, Bert, Destek Vektör Makinesi, Lojistik Regresyon ve Karar Ağacı sınıflandırma algoritmalarının kullanıldığını gözlemlemekteyiz. Bu algoritmalar, Twitter verilerini metin madenciliği yöntemleriyle analiz etmek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda Gpt serisinde oldukça başarılı sonuçlar üretmiştir. OpenAI, Generative Pre-trained Transformers (GPT) olarak bilinen bir doğal dil işleme (NLP) modeli sınıfı oluşturdu. Bu modeller, Transformer mimarisine dayanmaktadır ve çeşitli dil işleme (NLP) görevlerinde etkili oldukları için popülerdir. GPT-2, GPT-3 ve GPT-4 en iyi GPT modelleridir. GPT API'leri ile metin analizi ve anlaması mümkündür. Bu, duygu (duygu) analizi, kelime frekansı analizi, anahtar kelime belirleme, verilen metni otomatik özetleme ve epostaları kendi başına yönetme gibi çok sayıda görevi gerçekleştirebilir. Yapılan testler, Gpt-4'ün en iyi sonuçları ürettiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: yapay zeka, doğal dil işleme, gpt-4

NEW GENERATION AI ALGORITHMS USED IN TEXT ANALYSIS OF TWITTER DATA: GPT-4

Abstract
With the invention of various techniques and tools, technological developments have progressed from the simple to the complex. People created new things, which in turn changed the dynamics of life, from economy to industry, from sociocultural traditions to politics and military power. With new developments, the use and research of social media platforms has increased rapidly. Social media has become the meeting point of all generations with various interests and preferences. In this study, the data collected on Twitter, one of the social media platforms frequently used by Baba Boomer, X, Y and Z generations, were examined. We observe that Naive Bayes, KNN, Bert, Support Vector Machine, Logistic Regression and Decision Tree classification algorithms are frequently used in text analyzes using Turkish Twitter data. These algorithms are used to analyze Twitter data with text mining methods. However, it has produced quite successful results in the Gpt series in recent years. OpenAI has created a class of natural language processing (NLP) models known as Generative Pre-trained Transformers (GPT). These models are based on the Transformer architecture and are popular because they are effective in a variety of language processing (NLP) tasks. GPT-2, GPT-3 and GPT-4 are the best GPT models. Text analysis and comprehension is possible with GPT APIs. It can perform a multitude of tasks such as sentiment (feeling) analysis, word frequency analysis, keyword identification, auto-summarizing given text, and managing emails on its own. Tests have shown that Gpt-4 produces the best results.

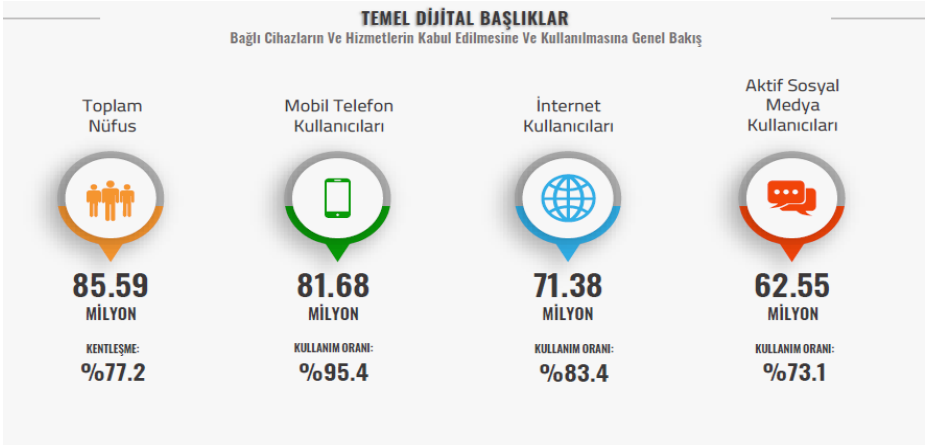
Keywords: artificial intelligence, natural language processing, gpt-4

1. GİRİŞ

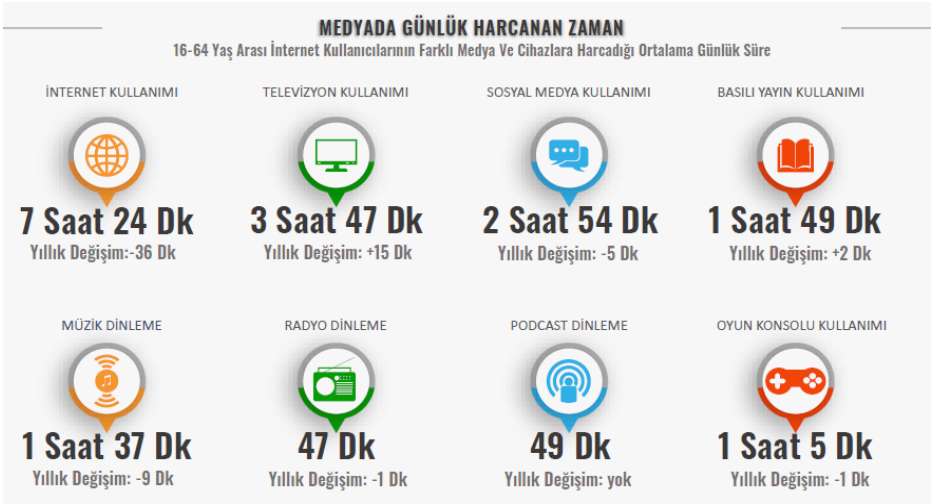
Kullanıcıların internete girdikleri her tık, kişisel veriler, kullanıcı bilgileri ve kullanıcı tarafından belirlenen bilgiler içeren dijital ayak izleri oluşturmaktadır. Akıllı şehirler, güvenlik kameraları, akıllı ev sistemleri, cep telefonları, giyilebilir teknolojiler ve sağlık gözlem cihazları dahil olmak üzere birçok şey bu teknolojik gelişmelerin içinde yer almaktadır. Kişisel verilerin hızlı bir şekilde işlenmesi, iletilmesi, saklanması ve kullanılması, sosyal medya platformlarının yaygın kullanımının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bu, kişilerin kendileriyle ilgili bilgileri üzerindeki kontrolünü azaltmıştır.

2. SOSYAL MEDYA

Günümüzde sosyal medya platformları, "bireylerin belli bir sistem içinde kamuya açık veya yarı açık profil oluşturmasına, bir bağlantıyı paylaşacağı diğer kullanıcılara ilişkin bir liste belirlemesine, diğer kişilerin sistem içindeki bağlantı listelerini görmelerine ve bu bağlantılarda dolaşmalarına izin veren web tabanlı hizmetlerdir."olarak açıklanmıştır. Sosyal medya, bilgi aramak, zaman geçirmek, rahatlamak, eğlenmek, iletişim kurmak, fikirleri açıklamak ve bilgi paylaşmak için kullanılır. Türkiyede Şubat 2022 itibari ile btk verilerine gore Şekil 1. de temel dijital başlıklar bulunmaktadır (https://internet.btk.gov.tr/).

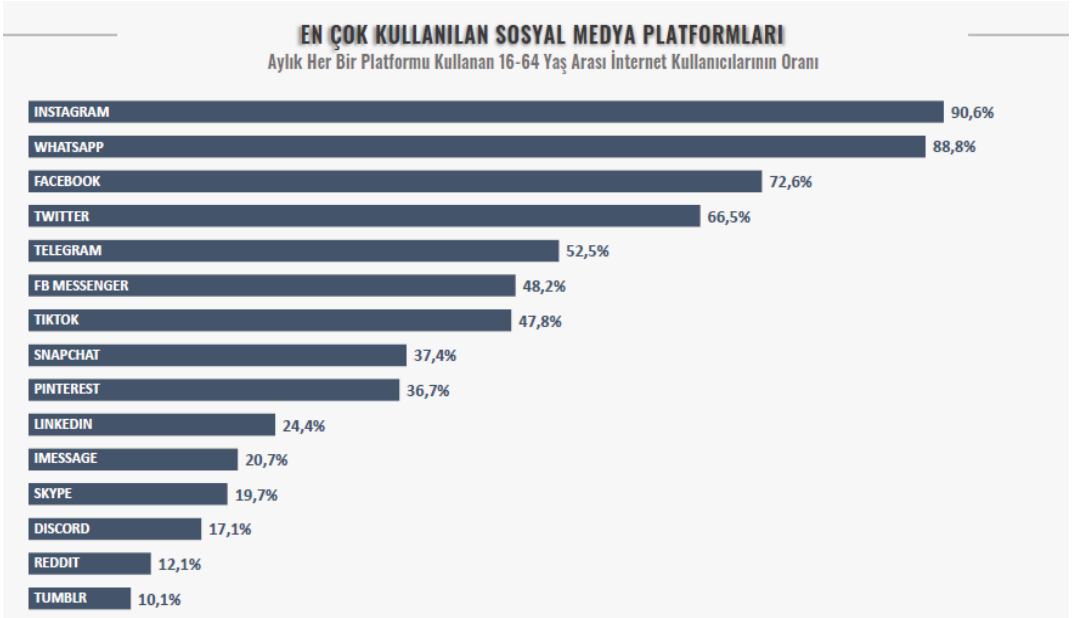


Şekil. 1. Temel Dijital başlıklar



Şekil 2. Medyada günlük kullanılan zaman

Yukarıdaki şekilde medyada günlük harcanan zaman verilmiştir https://internet.btk.gov.tr/).
Aşağıdaki şekil 3. De BTK Şubat 2023 verilerine göre Türkiye de en çok kullanılan sosyal medya verileri verilmiştir.



Şekil 3. En Çok Kullanılan sosyal medya platformları

Şekil 4. Sosyal Medyanın web trafiği

Şekil 4. De sosyal medya kullanımın web trafiğindeki yerini görebilmekteyiz. Sosyal medya platformlarındaki dijital veri paylaşımı, piyasalardaki bilgi seviyesini artırmakta ve daha iyi kararlar alınmasını sağlayabilmektedir (Demir, İ.,ve Özbuğday, F. C., 2021).

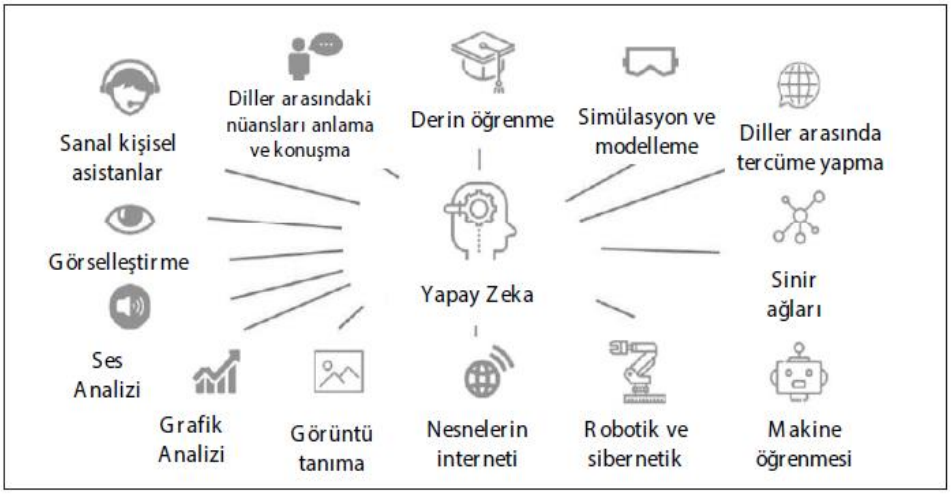
2.1.Twitter

Twitter, kişisel görüşlerin, videoların ve resimlerin paylaşılabildiği gerçek zamanlı bir bilgi ağı olarak tanımlanmaktadır. Kullanıcılarının ilgi çekici konularda en son bilgilere ulaşmalarını sağlar. Twitter'ın başlangıçta ana ekranında bulunan "what are you doing?" (şu anda ne oluyor) yazısı 2009'dan itibaren "what’s happening?" (şu anda neler oluyor) olarak değiştirilmiştir. amaç, toplumu bilgilendirmektir. Twitter, 280 karakterden oluşan bir tweet olarak bilinen bir mikroblog hizmetidir. Bu tweetler başkalarının internette okunabilir ve okunabilir (Genç, 2010: 4). Ayrıca Twitter sivil toplum kuruluşları, siyasi liderler, şirketler, özellikle üniversite öğrencileri kullanılarak tartışma ortamı oluşturmak amacıyla kullanmaktadırlar. Kullanıcı sayısı tüm dünya da hızla artmaktadır (Çalışkan, M., Mencik, Y. 2015).

3. YAPAY ZEKA

Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren çalışmaya başlanan ve adeta geleceğin en önemli teknolojileri arasında yer almayı amaçlayan yapay zekâ, bu kategoriye giriyor. Yapay zekâ, "bir sistemin verileri yorumlama, verilerden öğrenme, bu öğrenimleri belirli görevleri yerine getirmek için kullanma yeteneği" olarak tanımlanmaktadır (Adalı, E., 2012)

Çeşitli tekniklerin ve aletlerin icat edilmesiyle, teknolojik gelişmeler basitten karmaşığa doğru ilerlemiştir. İnsanlar yeni şeyler yarattı, bu da ekonomiden sanayiye, sosyokültürel geleneklerden politika ve askeri güce kadar yaşam dinamiklerini değiştirdi. Yeni sorunlar ve çözümler bu değişim ve dönüşümden doğdu. Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren çalışmaya başlanan ve adeta geleceğin en önemli teknolojileri arasında yer almayı amaçlayan yapay zekâ, bu kategoriye giriyor. "Bir sistemin verileri yorumlama, verilerden öğrenme, bu öğrenimleri belirli görevleri yerine getirmek için kullanma yeteneği", yapay zekanın tanımına atıfta bulunan bir tanımdır (Haenlein ve Kaplan, 2019). Şekil 5 de yapay zekanın kullanım alanları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 5. Yapay zeka Kullanım alanları

3.1. Gpt-4 (Generative Pre-trained Transformer-4)

OpenAI, Generative Pre-trained Transformers (GPT) olarak bilinen bir doğal dil işleme (NLP) modeli sınıfı oluşturdu. Bu modeller, Transformer mimarisine dayanmaktadır ve çeşitli dil işleme (NLP) görevlerinde etkili oldukları için popülerdir. GPT-2, GPT-3 ve GPT-4 en iyi GPT modelleridir.

Transformatör Modeli Nasıl Çalışır?
Bir sinir ağı, bir cümlenin kelimeleri gibi sıralı verilerdeki ilişkileri izleyerek bağlamı ve sonuç olarak anlamı öğrenir.

OpenAI, GPT-4'ün daha kullanışlı ve güvenli olduğunu söylüyor. Robot artık beste yapabilir ve senaryo yazabilir. Yazım tarzınızı öğrenebilmesi sayesinde, teknik veya kurgusal bir yazı yazmak istediğinizde sizinle birlikte metin yazabilir. GPT-4 ayrıca 25.000 kelimeyi işleme kapasitesine sahiptir. Daha uzun içerikler oluşturmak, daha karmaşık konuşmaları anlama ve buna cevap vermek, belgelerde arama yapmak ve belgeleri analiz etmek artık onların yetkisi dahilindedir.

Her GPT modeli, LAMBADA dil modelleme görevi ve SuperGLUE kıyaslaması dahil olmak üzere bir dizi dil işleme (NLP) kıyaslaması tarafından değerlendirilmiştir. Şekil 6 da, üç modelin bu karşılaştırma ölçütlerinde performanslarını karşılaştırır:

Model	LAMBADA Perplexity	SuperGLUE Score
GPT-2	8.4	44.5
GPT-3	3.8	71.8
GPT-4	2.6	89.5

Şekil 6. Gpt serisi karşılaştırma

LAMBADA: Paragraf uzunluğundaki hikâyelerin son kelimesinin tahminlenmesini sağlar.
SuperGLUE: Dengesiz veri seti, farklı sınıflar için eşit sayıda gözlem olmaması durumunu tarif eder.

4. SONUÇ

GPT modelleri, metin oluşturma, özetleme ve çeviri gibi çok çeşitli dil işleme görevlerinde başarıyla kullanılmıştır. Bu görevlerde her üç model de kullanılabilir, ancak her yeni sürüm çıktının kalitesini ve doğruluğunu artırır. Ek etkilerine rağmen, GPT modellerinin bazı sınırlamaları vardır. Modelin hesaplama ve bellek gereksinimleri, boyutu arttıkça artar. Bu, özellikle sınırlı kaynaklara sahip ortamlarda konuşlandırmayı ve ince ayar yapmayı zorlaştırır. Ek olarak, GPT modelleri, gerçek dünya uygulamalarında bu modelleri yaymak için endişe verici olan önyargılı veya zararlı içerik üretme potansiyeline sahiptir.

Model	Release Year	Number of Parameters	Number of Layers	Layer Size
GPT-2	2019	1.5 billion	48	1600
GPT-3	2020	175 billion	96	12288
GPT-4	2022	7 trillion	192	24576

Şekil 7. Gpt serisinin yıllara göre değişimi

GPT-2, GPT-3 ve GPT-4'ün mimarilerini, performanslarını, kullanımlarını ve sınırlamalarını inceledik. GPT modellerinin her yeni iterasyonu, boyut, mimari ve performans açısından önemli iyileştirmeler getirdi. Bu modellerin avantajları ve dezavantajları vardır, ancak olağanüstü sonuçlar da üretebilirler. Aşağıdaki tablo, her bir GPT modeli için temel uygulamaları göstermektedir: metin türü, özetleme, çeviri, duygu analizi ve konuşma dili.

Model	Text Generation	Summarization	Translation	Sentiment Analysis	Conversational AI
GPT-2	Good	Good	Good	Moderate	Moderate
GPT-3	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Good
GPT-4	Exceptional	Exceptional	Exceptional	Excellent	Excellent

Şekil 8. Gpt serisinin kullanım alanlarına göre başarısı

Bu modellerde önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, hala keşfedilmemiş çok sayıda potansiyel var. Bu modellerin doğasında var olan zorluklara ve etik sorunlara değinirken, araştırmacılar, geliştiriciler ve kullanıcılar hala mümkün olanın sınırlarını zorlamaya devam etmelidir. Turing'in bilgeliği, GPT modellerinin ve NLP'nin geleceğine rehberlik etsin ve önümüzdeki yolda sorumlu ve yenilikçi bir şekilde ilerlemeye çalışmalıyız.

KAYNAKLAR

1. Adalı, E., 2012. Doğal Dil İşleme. Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri Ve Mühendisliği Dergisi, 5 (2).
2. Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... & Agarwal, S.(2020). Language models are few-shot learners. arXiv preprint arXiv:2005.14165.
3. Çalışkan, M., & Mencik, Y. (2015). Değişen Dünyanın Yeni Yüzü: Sosyal Medya. Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi, (50), 254-277.
4. Demir, İ., & Özbuğday, F. C. Siber Güvenlik Bağlamında Sosyal Medya Platformları Ekonomisi ve Endüstriyel Organizasyonu.2021
5. Genç, H. (2010). "İnternetteki Etkileşim Merkezi Sosyal Ağlar Ve E-İş 2.0 Uygulamaları", Akademik Bilişim Konferansı Muğla: Muğla Üniversitesi
6. Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. Neural computation, 18(7), 1527-1554.
7. J. Devlin, et al. "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding." arXiv preprint arXiv:1810.04805, 2018.
8. *Models - OpenAI API*. (n.d.). Retrieved June 10, 2022, from https://beta.openai.com/docs/models/gpt-3
9. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *2017-December*, 5999–6009. https://doi.org/10.48550/arxiv.1706.03762
10. Žufić, T. Žajgar, S. Prkić, "Children Online Safety", 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 22-26 May 2017, Opatija, Croatia
11. Haenlein, M., ve Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. California Management Review, 61(4), 5-14. DOI:10.1177/0008125619864925
12. BAŞCILLAR, M., KARATAŞ, M., & GÜRE, M. D. P.(2022) Dijital Çağda Sosyal Algoritmalar: Yapay Zekâ Ve Sosyal Hizmet. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 22(56), 539-565.
13. Jiao, W., Wang, W., Huang, J. T., Wang, X., & Tu, Z. (2023). Is ChatGPT a good translator? A preliminary study. *arXiv preprint arXiv:2301.08745*.
14. https://openai.com/gpt-4
15. https://internet.btk.gov.tr/

TÜRKİYE DENİZ BALIKÇILARININ SOSYO-EKONOMİK YAPISI

Hakkı Sercan İBİŞ
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Su Ürünleri Ana Bilim Dalı
sercanibis@gmail.com, ORCID: 0009-0002-0339-4474

Arzu MORKOYUNLU
Kocaeli Üniversitesi / Hereke Asım Kocabıyık MYO / Çevre Temizlik Hizmetleri
arzu.yuce@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3678-4930

Özet
Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerindeki deniz balıkçılarının sosyo-ekonomik durumları hakkında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Dünyada ve Türkiye'de avcılık yolu ile gerçekleştirilen balıkçılık verilerine ve sağladıkları ekonomik katkıya da değinilmiştir. Balıkçılığın sosyal ve ekonomik koşullarının tekne boylarına, motor gücüne ve bireylerin yaşam şartlarına etkisi analiz edilmiştir. Balıkçıların çoğunluğunun en az temel eğitim düzeyinde bir okul tamamladığı ve okur yazar olmayanların bulunmadığı, denizle tanışma yaşı ne kadar erken olsa bile, çalışma şartlarının ağır olması nedeniyle gençlerin balıkçılığa olan ilgisinin azaldığı ve maddi zorluklar dışında genç bireylerin balıkçılık yapmayı tercih etmediği görülmektedir. Bakım ve onarımlarının diğer yapı malzemelerine göre ucuz ve kolay olması yönüyle ahşap teknelerin daha fazla tercih edildiği, Türkiye ticari balıkçı filosunun %89'unu 12 metreden daha kısa teknelerin oluşturduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak gıda maddelerinin üretiminin ve ulaşılabilirliğinin zorlaştığı son yıllarda balıkçıların sosyal olanaklarının, çalışma ortamlarının iyileştirilmesi ve gelir memnuniyetlerinin arttırılması fiziki ve beşerî anlamda en ağır şartları barındıran balıkçılık mesleğinin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: balıkçılık, sosyo-ekonomi, avcılık, tayfa

SOCIO-ECONOMIC STRUCTURE OF SEA FISHERMANS IN TURKEY

Abstract
In this study, studies on the socio-economic status of sea fishermen in different regions of Turkey were examined. The data on fisheries carried out by hunting in the world and in Turkey and the economic contribution they provide are also mentioned. The effects of the social and economic conditions of fishing on boat lengths, engine power and living conditions of individuals were analyzed. It is seen that the majority of the fishermen have completed a school at least at the basic education level and there are no illiterate people, no matter how early the age to meet the sea, young people's interest in fishing has decreased due to heavy working conditions, and young individuals do not prefer to fish except for financial difficulties. It has been determined that wooden boats are preferred more because they are cheaper and easier to maintain and repair than other building materials, and 89% of Turkey's commercial fishing fleet consists of boats shorter than 12 meters. As a result, in recent years, when the production and accessibility of foodstuffs has become difficult, improving the social opportunities, working environments and income satisfaction of fishermen will contribute to the sustainability of the fishing profession, which has the most severe physical and human conditions.

Keywords: fishing, socio-economics, hunting, crew

1. GİRİŞ

Balıkçılık sektörü; gıda, turizm, ekonomi, sosyoloji ve birçok farklı disiplinleri içinde barındıran multidisipliner bir yapıya sahiptir. Farklı alanları kapsayan bu sektörün, çok yönlü olarak değerlendirilmesi, izlenmesi ve sürdürülebilir olması oldukça önemlidir. Özellikle balıkçılık ekonomisi, birçok gelişmiş ülke tarafından izlenmekte ve desteklenmektedir (ÜNAL, 2001).

FAO raporunda, balıkçılığın milyonlarca insanın gıda, beslenme ve istihdamı açısından hayati önem taşıdığı, sektörün ekonomik kalkınmaya ve yoksullukla mücadeleye karşı yaptığı katkının arttığı da belirtilmektedir (Şakıma ve ark., 2021).

Türkiye'nin 8.333 km'lik kıyı şeridine sahip olması, balıkçılık sektörünün de önemini arttırmaktadır. Avcılık yoluyla elde edilen su ürünlerinin, her aşamasında ve son tüketiciye ulaşmasında da balıkçılar etkin rol almaktadır. Oldukça ağır şartlarda çalışan balıkçıların sosyo-ekonomik durumlarının belirlenmesi, balıkçıların talepleri ve yapılması gereken yasal konuların saptanması sorunların çözümünde kolaylıklar sağlayacaktır (Balık ve Ayyıldız, 2019; Arslan ve Yıldız, 2021; Anonim, 2012).

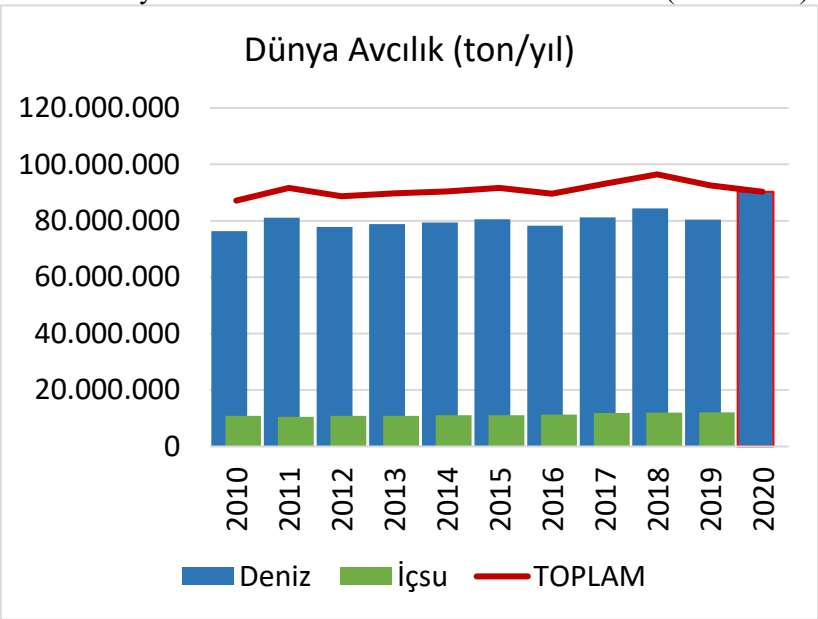
2. SU ÜRÜNLERİ İSTATİSTİKLERİ

2.1. Dünyada Su Ürünleri Avcılık Verileri (FAO 2022)

Son 50 yılda hızla gelişen su ürünleri sektörü ihracat getiri ile birçok ülke için önemli bir ekonomik katkı sağlamaktadır. Balıkçılıkta çalışan bireylerin ekonomik ve sosyal yapılarını anlayabilmek adına genelden özele doğru bir analiz yapmak daha faydalı olacaktır.

Tablo 1: Son 10 yıl içerisinde Dünyada avcılık yolu ile elde edilen deniz ürünleri miktarları (FAO 2022)

Yıllar	Dünya Avcılık Yolu ile Elde Edilen Su Ürünleri (ton)
2010	87.142.219
2011	91.638.696
2012	88.648.592
2013	89.747.801
2014	90.395.021
2015	91.670.838
2016	89.651.263
2017	93.130.516
2018	96.443.353
2019	92.508.623
2020	90.265.933

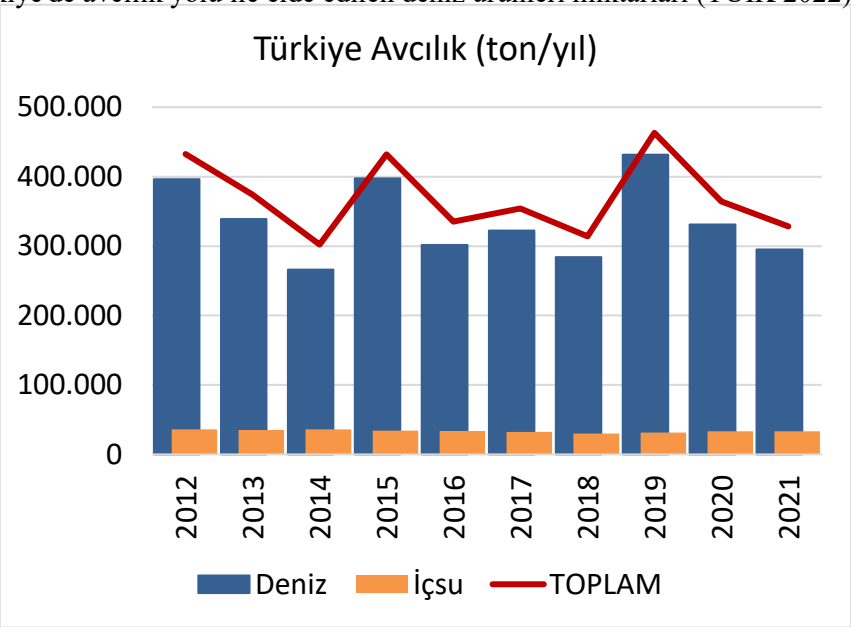


Dünyanın çeşitli su kaynaklarından son 10 yıldır ortalama 91 milyon ton su ürünü elde etmekteyiz. Ardışık yıllar halinde aynı oranda ürün avlanması stok baskısının dengede olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Aksi durumlarda türlerin aşırı avlanması sonucu ilerleyen yıllarda aynı türün bir önceki yıllara göre daha az avlanması durumunu ortaya çıkaracaktır.

2.2. Türkiye Su Ürünleri Avcılık Verileri (TUİK 2020)

Tablo 2: Son 10 yıl içerisinde Türkiye'de avcılık yolu ile elde edilen deniz ürünleri miktarları (TUİK 2022)

Yıllar	Türkiye'de Avcılık Yolu ile Elde Edilen Su Ürünleri (ton) (içsu avcılığı dahil)
2011	514.755
2012	432.442
2013	374.121
2014	302.212
2015	413.907
2016	335.320
2017	354.318
2018	314.094
2019	463.168
2020	364.400
2021	328.165



Türkiye'nin deniz ürünleri avcılığında, özellikle deniz balıklarının önemli bir yeri vardır. 2020 yılında toplam avcılık üretiminin %90'ı denizlerden sağlanmıştır. Bu da deniz balıkçılığı ile geçimini sağlayan grubun sosyo-ekonomik yapısına olumlu katkı sağlamıştır. Türkiye'de 2020 yılında avlanan 331.281 ton su ürünü denizlerimizden, 33.119 ton su ürünü ise içsulardan (göl, gölet, akarsu vs) elde edilmiştir.

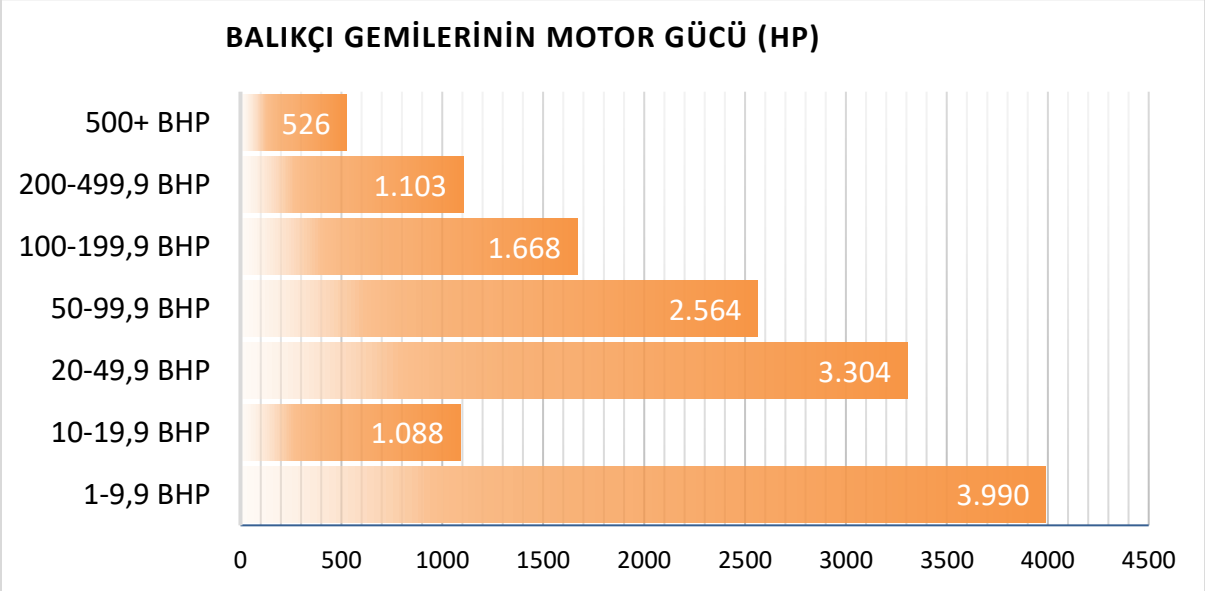
Denizlerden elde edilen su ürünleri %75'i Karadeniz'den, %12'si Ege Denizi'nden, %9'u Marmara Denizi'nden ve %4'ü Akdeniz'den olmak üzere 331.281 ton olarak kayıtlara geçmiştir. 2020 yılında Türkiye balıkçılarının bahsi geçen denizlerden avlamış oldukları su ürünlerinin %58'si su ürünleri kooperatifleri, birlikler, perakende işletmeler, balıkçılar ve kabzımallar aracılığı ile hal veya perakende satış yerleri vasıtasıyla bütün olarak son tüketiciye sunulmuştur. %41'i balık unu, balık yağı ve konserve ürün olarak işlenmiş gıda ve/veya yem sanayi ürünü olarak kullanılmıştır. %1'i ise karaya çıkış noktaları ve denizden tekneye alım esnasında morfolojik deformasyon uğrayanlar ile kullanımı/tüketimi uygun olmayanlar zayi olmuştur.

2.3. Türkiye Balıkçılık Filosu

Türkiye denizlerinde avlanan balıkçı teknelerini incelediğimizde 2020 yılında ticari ruhsatlı 14.243 adet balıkçı teknesi olduğu görülmektedir. Balıkçılarımızın mesleklerini icra ettikleri bu vasıtaların sahip olduğu özellikler ekonomik ve sosyal anlamda birçok yönden incelenmelidir. Örneğin tekne boyu ve motor gücü dikkate alındığında denizlerde can ve mal güvenliği açısından balıkçının avlak saha seçimini direk etkilemektedir. Küçük tekneler kıyı kesimlerde avcılık yapabilirken daha büyük ve güçlü motora sahip olan tekneler ise açık denizlerde çok daha fazla miktarda su ürünü avlayabilme kapasitesine sahip olmaktadır. Ayrıca tekne boyu ile tekne üzerinde çalışacak tayfa sayısı da doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Bu da istihdama, ülke ve bireylerin ekonomisine katkı sağladığının göstergesidir. Tabi balıkçıların sahip oldukları teknelerde yapabilecekleri geliştirmeler veya yeni tekne alımı gibi opsiyonlar ise yine gelirlerindeki artış ile mümkündür.

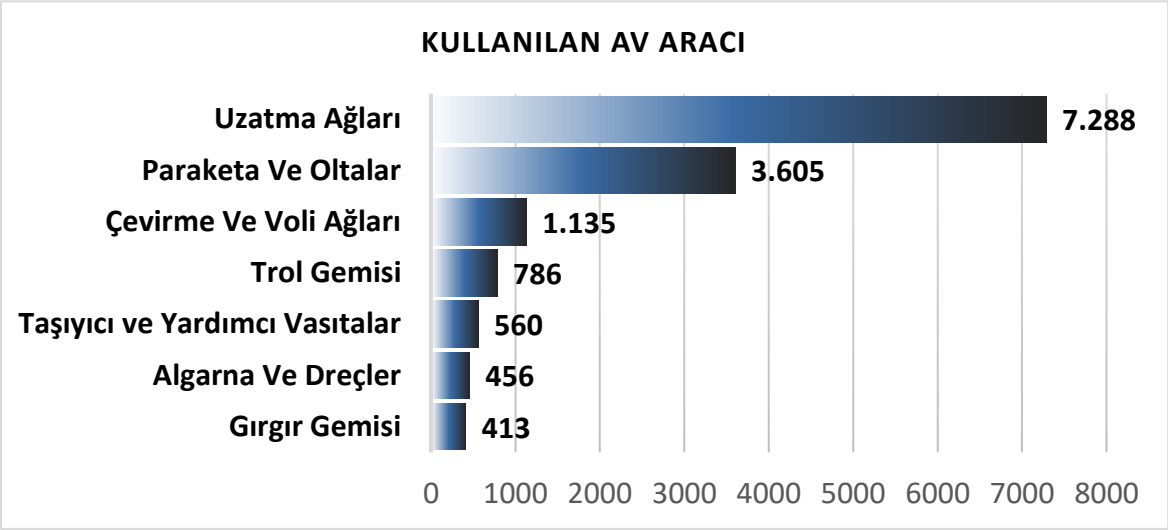
Tablo 3: Türkiye'de Denizlerde Faaliyet Gösteren Ticari Ruhsatlı Balıkçı Gemilerinin Sayısı (TUİK 2020)

	Tekne Boyu (m)	Tekne Sayısı (adet)
Türkiye'deki Ticari Ruhsatlı Balıkçı Gemileri **TOPLAM (14.243 adet)**	5-7,9	8.747
	8-9,9	3.301
	10-11,9	688
	12-14,9	514
	15-19,9	290
	20-29,9	448
	30-49,9	251
	50+	4



Şekil 1: Türkiye'de Denizlerde Faaliyet Gösteren Ticari Ruhsatlı Balıkçı Gemilerinde Kullanılan Motorların Güçleri (TUİK 2020)

Tablo 3 ve *Şekil 1'* de görüldüğü üzere denizlerde faaliyet gösteren 12.736 ticari ruhsatlı balıkçı teknesinin boyu 12 metreden daha kısa ve 10.946 ticari ruhsatlı balıkçı teknesi ise 50 beygirin altında güç üreten bir motor kullanmaktadır. Filodaki balıkçı gemilerinde kullanılmakta olan av araçları *Şekil 2*'deki gibidir. Türkiye'de balıkçılar yaygın olarak uzatma ağları, çevirme (voli) ağları ile parakete ve oltalar ile avcılık faaliyetleri sürdürülmektedir.



Şekil 2: Türkiye'deki Denizlerde Faaliyet Gösteren Ticari Ruhsatlı Balıkçı Gemilerinde Kullanılan Av Araçları (TUİK 2020)

İstatistiki veriler bütünü ile incelenirse; filodaki 14.243 balıkçı teknesinin %89'unun 12 metreden kısa olması, %77'sinin 50 beygirden daha az güç üreten motora sahip oluşu ve %84'ünün uzatma ağları, çevirme (voli) ağları ve oltalar ile avcılık yapıyor olması balıkçıların faaliyetlerini denizlerin kıyı kesimlerde sürdürdüğünü göstermektedir. Filodaki 12.671 tekne ahşap, 1.297 tekne sac/metal, 275 tekne ise fiber materyalden yapılmıştır. Çanakkale ve Yalova İllerinde yapılan araştırmalarda bakım ve onarımlarının diğer materyallere oranla ucuz ve kolay olması sebebiyle ahşap teknelerin daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir (Ayyıldız ve Balık, 2019., Şahin ve Özekinci, 2020).

Tablo 5: Balıkçılık sektöründe Gerçek Kişi Ruhsat Tezkeresi'ne sahip çalışanların sayısı (TUİK 2020)

Balıkçılık Sektöründe Çalışılan Pozisyon	Çalışan Sayısı (Kişi)
Balıkçının Kendisi	13.685
Ücretsiz Çalışan Ortak	854
Ücretli Çalışan Ortak	282
Ücretsiz Çalışan Hane Halkı Fertleri	3.037
Ücretli Çalışan Hane Halkı Fertleri	630
Paylı Çalışan Tayfa	10.856
Ücretli Tayfa	6.196
TOPLAM	**35.540**

1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu kapsamında ticari balıkçı statüsüne sahip olmak için gereken Gerçek Kişi Ruhsat Tezkeresini almış vatandaşlara balıkçı denmektedir. Türkiye denizlerinde balıkçılık sektöründe çalışanların %38'inin kendisine ait bir teknesi bulunmaktadır. %48'i ise teknelerde paylı veya ücretli tayfa olarak çalışmaktadır. Paylı sistem, sezon boyunca yakalanan balıklardan elde edilen gelirin kumanya, yakıt, tekne ve av aracı bakımı gibi giderler düşüldükten sonra kalan miktarın tekne sahibi ve çalışanlar arasında pay edilmesine dayanmaktadır. Genellikle bu pay %60 tekne sahibi %40 çalışanlar şeklindedir. Bu pay çalışanlar arasında eşit değil yapılan işin ağırlığı, niteliği ve önemine göre belirlenmektedir. Ücretli (aylıklı) sistemde ise tayfanın alacağı miktar avcılığa çıkmadan bellidir (Ulukan, U. (2016). Balıkçılık sektöründe çalışan bireylerin %83'ü 20-55 yaş aralığında, %16'sı 55 yaş üzeri ve %1'i ise 20 yaş altındadır.

3. TÜRKİYE'DEKİ DENİZ BALIKÇILARININ SOSYO-EKONOMİK YAPISI

Bilindiği üzere avcılık yöntemi ile yapılan balıkçılık faaliyetleri denizler ve içsular olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada denizlerde faaliyet gösteren ve geçimini balıkçılık ile sağlayan bireylerin sosyo-ekonomik yapıları bölgeler bazında değerlendirilmiştir. Sosyo-ekonomi çalışmalarında; teknelerin teknik ve fiziksel özellikleri, günlük av süresi, kullanılan av araçları, avlanan ürünlerin pazarlanması, teknede çalışan sayısı, tayfalara yapılan ödeme yöntemi, balıkçıların yaş dağılımı, eğitim durumları, medeni halleri ve çocuk sayıları, sosyal güvenceleri, hane ve taşıt mülkiyet durumları, kooperatif üyelikleri, mesleki deneyim süreleri, balıkçılığı seçme nedenleri, gelir memnuniyeti ve mesleği bırakma isteği gibi parametreler ile bireyleri sosyal ve ekonomik durumları ortaya konmuştur (Şahin, E., & Özekinci, U. (2020).

3.1. Tekne Boyu ve Yapı Malzemesi

Ege'de yapılan çalışmada teknelerin %97'sinin 12 metreden daha kısa olduğu ve bunlarında %95'inin ahşap malzemeden yapıldığı (Şahin ve Özekinci, 2020), Akdeniz'de; Teknelerin %78'inin 10 metreden küçük olduğu ve bunlarında %91'nin ahşap malzemeden yapıldığı (Erdoğan ve ark., 2016), Doğu Karadeniz'de; Teknelerin %92'sinin 12 metreden küçük olduğu ve bunlarında %94'ünün ahşap malzemeden yapıldığı bildirilmektedir (Sağlam ve ark.,2016).

3.2. Balıkçıların Yaş Dağılımı

Karasu (Sakarya) Bölgesinde yapılan çalışmada; balıkçı yaşlarının 32-76 arasında değiştiği ve 40-49 yaş aralığının %35 oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Uzmanoğlu ve Soylu, (2006). Akdeniz'de yapılan çalışmada; balıkçıların %56'sının, 31-50 yaş aralığında olduğu belirlenmiştir (Erdoğan ve Karadal, 2016). Doğu Karadeniz'de; %58'inin, 40 yaş üzerinde olduğu görülmektedir (Sağlam ve ark., 2016). Ayrıca Marmara Bölgesinde yapılan çalışmada balıkçılığa ilk başlama yaşı, daha doğrusu denizle tanışma yaşı 9 olarak tespit edilmiştir (Ayyıldız ve Balık (2019). Ege'de ise %51'inin 45-59 yaş aralığında olduğu tespit edilmiştir. (Şahin ve Özekinci, (2020). Bölgeler genel olarak değerlendirildiğinde, denizle tanışma yaşı ne kadar erken olsa bile, çalışma şartlarının ağır olması nedeniyle gençlerin balıkçılığa olan ilgisinin azaldığı ve maddi zorluklar dışında genç bireylerin balıkçılık yapmayı tercih etmedikleri görülmektedir.

3.3. Balıkçıların Eğitim Durumu

Yapılan çalışmalarda, üniversite mezunu balıkçı oranının %1-2 olduğu, ilkokul mezunlarının %50 ve üzerinde olduğu bildirilmektedir (Özyurt, 2013; Karadal, 2014; Demirci ve ark., 2015; Alıçlı ve ark., 2019). Tüm bu sonuçlar balıkçıların çoğunluğunun en az temel eğitim düzeyinde bir okul tamamladığı ve okur-yazar olmayanların bulunmadığı konusunda benzer sonuçlar göstermiştir.

3.4. Mülkiyet ve Sosyal Güvence Durumu

Sosyo-ekonomik yapının gelişmiş olduğunu gösteren önemli bir etken olan konut sahibi olma durumları incelendiğinde, yaklaşık olarak her üç balıkçıdan ikisinin mülkiyeti kendisine ait olan evde ikamet ettiği, birinin ise kiracı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Yalova balıkçılarının tamamının sosyal güvencesinin olduğu belirlenmiştir (Ayyıldız ve Balık,2019). Orta Karadeniz Bölgesinde yapılan benzer bir araştırmada balıkçılarının sosyal güvence durumunun yalnızca %43 olduğu görülmektedir (Yücel, 2006).

3.5. Aile ve Mesleki Deneyim

Yalova İli'nde yapılan çalışmada araştırma bölgesinde kadın balıkçı bulunmadığı tespit edilmiştir (Ayyıldız ve Balık,2019). İncelenen araştırmaların neredeyse tamamında bakmakla yükümlü oldukları hane halkı sayısı da 3 ve üzeri olarak belirlenmiştir. Ayrıca evli olan balıkçıların oranı da %81 ila %93 arasında değişmektedir.

Balıkçılıktaki tecrübelerine baktığımızda ise;

- Doğu Karadeniz'de ; %37'sinin 25 yıllık,
- Akdeniz'de ; %90'ının 30 yıllık,
- Marmara'da ; %70'inin 28 yıllık,
- Ege'de ; %30'unun 25 yıllık,

balıkçılık deneyimine sahip olduğu görülmüştür.

3.6. Gelir Getirici Faaliyetler

Balıkçıların sektör-içi ve sektör-dışı gelir getirici faaliyetleri Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6: Araştırma kapsamında anket çalışmasına katılan bireylerin balıkçılık sektörü ve diğer sektörlerde faaliyet oranları.

BÖLGELER	Balıkçılık dışında farklı bir meslek sayesinde de gelir sağlayanlar	Yalnızca balıkçılık faaliyeti ile gelir elde edenler
Marmara Bölgesi	%90	%10
Karadeniz Bölgesi	%62	%38
Ege Bölgesi	%36	%64
Akdeniz Bölgesi	%22	%78

Balıkçılık, yetersiz gelir sağlayan ve ağır şartlar altında çalışılan bir iş alanı olarak bilinmesine rağmen araştırmalarda balıkçıların; Akdeniz de %56, Egede ve Doğu Karadeniz de %89'u mesleği bırakmayı düşünmediği sonucuna ulaşılmıştır. Akdeniz, Ege ve Doğu Karadeniz'in aksine, Yalova da yapılan bir çalışmada, balıkçılık mesleğini bırakmayı düşünenlerin oranının %70 civarında olduğu tespit edilmiştir. Balıkçılığı bırakmayı düşünen genç bireyler balıkçılıktan elde edilen gelir düzeyinin yetersizliğini, daha yaşlı bireyler ise çalışma şartlarının ağırlığını bırakma nedeni olarak göstermektedirler (Ayyıldız ve Balık,2019).

3.7. Balıkçılık Kıyı Yapıları Envanteri

Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı kayıtlarında toplam 385 adet Balıkçı Barınağı, 13 adet Balık Hali ve bu yapıların denetiminde kullanılan 55 adet Balıkçılık İdari Binası bulunmaktadır. Balıkçı barınaklarında soğuk muhafaza ve depolama alanlarının olması balıkçıları, aracıların (kabzımal/tüccar) fiyat tuzaklarından kurtarmakla birlikte, balıkçıların sosyo-ekonomik düzeylerinin artırılmasında da önemli rol oynayacaktır. Barınaklarda, bu şartların iyileştirilmesi, balık fiyatlarına, balıkçılara ve ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır (Uzmanoğlu ve Soylu, 2006).

3.8. Su Ürünleri Kooperatifleri

Türkiye'de 31.241 balıkçının ortak olduğu, 572 tane Su Ürünleri Kooperatifi ve 16 tane Bölge Birliği bulunmaktadır. Su Ürünleri Kooperatifleri Merkez Birliğinin 235 Kooperatif ve 16 Bölge Birliği bünyesindedir. Su Ürünleri Kooperatifleri Merkez Birliği ise Dünya Balıkçılık Kooperatifleri Örgütü (ICFO) bünyesine dahildir.

3.9. Yasal Uygulamalar

Türkiye balıkçılarının, sosyo-ekonomik düzeylerinin iyileştirilmesinde, yasal düzenlemeler uygulanmaktadır. Bu kapsamda denizlerimizdeki su ürünlerinin sürdürülebilirliğini hedefleyen (boy, tür, zaman yasakları), balıkçıların haksız rekabet ile gelir dağılımı dengesizliğini engelleyen (av araçlarının asgari ve azami özelliklerini belirlenmesi), ekosistem dengesi, insan sağlığı ve ülke ekonomisini korumak amaçlı politika ve yaptırımlar uygulanmaktadır.

3.10. Balıkçıları Etkileyen Ağır Koşullar

Balıkçılık sektöründeki istihdamın en büyük kaynağı olan gırgır teknelerinde çalışan tayfaların çalışma ve yaşam koşullarını ortaya koyan ve balıkçılık sektöründeki emek sürecini değerlendiren bir çalışmada; kazaların %95'inin güvertede ve avlanma esnasında oluştuğu belirtilmiştir. Özellikle, çarpma, vurma, sıkışma olduğu, bunların da balıkçıların el ve parmaklar, yüz, baş-boyun bölgesi, omuz kol ve bileklerinde hasarlara yol açtığı vurgulanmıştır (Ulukan, U. (2016).

Araştırma kapsamındaki tayfaların %65'i son 5 yılda iş kazası geçirmiştir. Bizler için önemli kabul edilebilecek kazalar balıkçılar için alışılagelmiş durumdadır. Öyle ki; güvertede kayarak düşme sonucu incinme burkulma ve ağlarda bulunan kurşunların ağ çekme sırasında balıkçıların üzerine düşmesi sonucu kafalarında oluşan açık yaralar tayfalar arasında iş kazası olarak görülmemektedir. Halat

kopması, makara düşmesi, ırgata sarılan tele dolaşma, ağa takılıp denize düşme gibi durumlar ise genelde ölüm ile sonuçlanmaktadır. Gırgır teknelerinde özellikle gece hamsi avı esnasında teknede aydınlatma kullanılmaması kazaları arttırmaktadır. Balıkçılığın işçi sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler taşıdığından ve bu alanda denetimlerin gerekliliğinden bahsedilmiştir. (Ulukan, U. (2016). Ayrıca ağır çalışma şartları nedeniyle; kronikleşen kas ve kemik rahatsızlıkları, bel fıtığı, akciğer rahatsızlıkları, astım ve uyku düzensizliği gibi rahatsızlıklara maruz kalmanın yanı sıra, tekne içerisinde de uygunsuz koşullarda konaklamakta bireyleri sosyal açıdan olumsuz etkilemektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe hiç meslek hastalığı rapor edilmemiş olması, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde her yıl kayıtlara geçen 300'ün üzerinde iş kazası olması, iş kazası başına düşen ölüm oranı Türkiye ortalamasının 4 katına yakın oluşu (Baki ve ark., 2021). Sonuçlar gösteriyor ki; balıkçılık fiziki anlamda ağır şartlar barındıran bir meslek olmasının yanında balıkçılık faaliyetleri esnasında hane halkından ayrı geçirilen süre de düşünüldüğünde sosyal açıdan bireyi olumsuz yönde etkileyen bir meslek grubudur. Global ekonomik sarsıntıların yaşandığı son yıllarda gıdayı üretmek ve ulaşmak giderek zorlaşmışken tarımsal, hayvansal ve su ürünleri kaynaklarından elde edilecek gıda maddelerine ulaşım zincirinin ilk halkası konumundaki bireylerin sosyal olanakları, çalışma ortamı iyileştirilmesi (alet ekipman modernizasyonu) ve gelir memnuniyetini arttıracak uygulamalar ile sorunlarına çözüm getirmek iktisadi ve beşerî anlamda kalkınma yolunda bir adım daha atıldığı anlamı taşıyacaktır.

KAYNAKLAR

ARSLAN, G., & YILDIZ, P. O. (2021). Türkiye Su Ürünleri Sektörüne Genel Bakış. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 7(1), 46-57.

AYYILDIZ, M., BALIK, İ., (2019). Yalova İli'nde Deniz Balıkçılığı ve Balıkçıların Sosyo-ekonomik Yapısı, Kent Akademisi, 12 (38), Issue 2, Pages. 288-298

BİROL, B., KARAYÜCEL, İ., YAVUZCAN, A., & YÜCEL, Ş. "İnsanca İş" Kavramı Özelinde Türkiye'de Su Ürünleri Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği. Karaelmas Journal of Occupational Health And Safety, 5(3), 163-173.

CANDEMİR, S., & DAĞTEKİN, M. (2020). Türkiye Su Ürünleri Üretimi ve Yeterlilik Endekslerinin Tahmini. Acta Aquatica Turcica, 16(3), 409-415.

ERDOĞAN SAĞLAM, N., KARADAL, E. (2016). Akdeniz Bölgesi Sahil Şeridi Deniz Balıkçılığının Sosyoekonomik Yapısı. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 12(2), 158-169

SAĞLAM, N. E., DÜZGÜNEŞ, E., & ÖZBEK, G. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Deniz Balıkçılarının Sosyo-ekonomik Yapısı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(3), 259-270.

SOYKAN, O. (2021). An Analysis on The Statistics of Occupational Accidents in Turkish Fisheries and Aquaculture Sector; 2013-2019 Period. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(4), 533-544. Doi: 10.12714/Egejfas.38.4.16

ŞAHİN, E. & ÖZEKİNCİ, U. (2020). Socio-economic Status Of Small-scale Fisheries, Çanakkale (Northern Aegean) Turkey. Comu J. Mar. Sci. Fish, 3(1): 19-26. Doı: 10.46384/Jmsf.740894

ULUKAN, U. (2016). Balıklar, Tekneler ve Tayfalar: Türkiye'de Balıkçılık Sektöründe Çalışma Ve Yaşam Koşulları. Calisma ve Toplum, 48(1).

UZMANOĞLU, S., & SOYLU, M. (2006). Karasu (Sakarya) Bölgesi Deniz Balıkçılarının Sosyo-ekonomik Yapısı. Ege Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences, 23(3), 515-518.

ÜNAL, V. (2003). Yarı Zamanlı Küçük Ölçekli Balıkçılığın Sosyo-ekonomik Analizi, Foça (Ege Denizi). Su Ürünleri Dergisi, 20(1).

YÜCEL, Ş. (2006). Orta Karadeniz Bölgesi Balıkçılığı ve Balıkçıların Sosyo-ekonomik Durumu. Ege Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences, 23(3), 529-532.

ZENGİN, M., GÜNGÖR, H., GÜNGÖR, G., CEYLAN, T., DAĞTEKİN, M., DEMRİKOL, C., & ÇOLAKOĞLU, S. (2018) Marmara Denizi Balıkçılığının Sosyo-ekonomik Yapısı ve Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi Projesi.

https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM Su Ürünleri Rapor- Erişim tarihi 12/2022

https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr Su Ürünleri İstatistikleri- Erişim tarihi 12/2022

PID PARAMETRELERİNİN OTOMATİK AYARLAMA YÖNTEMİ İLE KESTİRİMİ: DC MOTOR KONUM KONTROLÜ

Enes Can Türkoğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
turkoglucanenes@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7333-0332

Yusuf Tunç
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
yusuftunc1998@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7110-5163

Tuğçe Yaren
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
tugce.yaren@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9937-3111

Selçuk Kizir
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
selcuk.kizir@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0582-5904

Özet
Bu çalışmada, röle geri besleme yöntemi ile bir DC motorun gerçek zamanlı konum kontrolü için PID parametrelerinin çevrim-içi otomatik kestirimi yapılmıştır. Otomatik ayarlamalı röle yöntemi uygulanarak, algoritmanın bilinmeyen sistem için en ideal PID parametrelerini otomatik bulması amaçlanmaktadır. Algoritmanın güvenilir sonuçlar vermesi için faz farkı ve osilasyon genlikleri arka planda test edilerek %90 oranının üzerinde doğruluk yakalandığında süreç durdurulmaktadır. Sistem için gerekli algoritma yazılımı, Matlab – Simulink ortamında Waijung blok seti yardımıyla gerçekleştirilmiş ve STM32F4 mikro denetleyicisi kullanılarak gerçek zamanda Canon FN38 S DC motor üzerinde uygulanmıştır. Ayrıca, PID parametreleri Ziegler-Nichols kapalı çevrim yöntemine göre hesaplanarak sisteme uygulanmış ve sonuçlar gözlenerek, kontrol performansları analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek zamanlı kontrol, otomatik ayarlama, PID kontrol, röle geri besleme, Ziegler-Nichols.

PID PARAMETER ESTIMATION WITH AUTO-TUNING METHOD: POSITION CONTROL OF DC MOTOR

Abstract
In this study, the on-line automatic estimation of PID parameters for real-time position control of a DC motor with relay feedback method is implemented. It is aimed that the algorithm automatically finds the most ideal PID parameters for the unknown system by realizing the auto-tuning relay method. In order to get reliable results from the algorithm, the phase difference and oscillation amplitudes are tested in the background and the process is stopped when accuracy of more than 90% is achieved. The algorithm software required for the system was implemented in Matlab - Simulink by using the Waijung block set and was applied on the DC motor of the Canon FN38 S model in real-time with the STM32F4 microcontroller. Besides, PID parameters were calculated and applied according to the Ziegler-Nichols closed loop method and the control performances were analyzed by observing the experimental results.

Keywords: Real time control, auto-tuning, PID control, relay feedback, Ziegler-Nichols.

1. GİRİŞ

PID (Oransal, İntegral ve Türevsel) kontrol yöntemi, uygulamadaki basitliğinden dolayı sıklıkla tercih edilen kontrol stratejileri arasındadır. Kontrol çevrimlerinin %90'ından fazlasında PID kontrolünün kullanıldığı tahmin edilmektedir (Kaplan ve ark., 2020). PID kontrolör tasarımında, parametre belirlenmesi, oldukça kritik bir konudur (Malhotra ve ark., 2011). PID kontrol parametrelerinin belirlenebilmesi için yapılan çalışmalar iki ayrı kategoride incelenmektedir. İlk kategoride kontrol

parametreleri, çalışma süresi boyunca sabittir ve süre sonunda kontrolör çıkışına göre parametreler çevrimdışı olarak ayarlanmakta ya da optimal olarak seçilmektedir. İkinci kategoride ise kontrol parametreleri, kullanılan otomatik ayarlama yöntemi aracılığıyla otomatik olarak hesaplanmakta ve sisteme uygulanmaktadır. Sistemdeki kontrolcü için ideal olan PID parametrelerinin analitik olarak hesaplanması, özellikle karmaşık sistemlerde oldukça zor olduğundan, bu problemin üstesinden gelebilmek için otomatik ayarlama yöntemleri geliştirilmiştir. P-I-D parametreleri, sistemden istenen cevaba göre ayarlanmaktadır. Ayarlanan parametrelerle, verilen girişe göre sistemin istenen değere oturma zamanı, ulaşma zamanı ve aşım miktarı ayarlanır.

Otomatik ayarlama yönteminin işleyişi, gerekli PID parametrelerinin, istenen kriterler çerçevesinde belirli bir metoda göre sistem tarafından otomatik şekilde ayarlanması şeklindedir. Maksimum performans ve sistem verimliliği elde etmek için, PID parametrelerinin proses dinamiklerine ve bozucu etkilere göre ayarlanması gerekmektedir. PID parametrelerinin deneme yanılma yöntemi ile belirlenmesi hem zahmetli hem zaman kaybına neden olmakta, sistem performansını da olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, gelişmiş ayarlama teknikleri kullanılarak PID denetleyici parametrelerinin belirlenmesi önemli hale gelmiştir (Çınar ve ark., 2019). PID parametreleri ayarlanırken kullanılacak ayarlama yöntemi ilgili sisteme uygun şekilde seçilmelidir. Gerçek zamanlı sistemlere göre, model bazlı sistemlere göre veya sistemin çıkış karakteristiğine göre ayarlama yöntemleri değişiklik göstermektedir (Kumar ve ark., 2015). Ayarlama yöntemleri; Doğrudan Sentez (Direct Synthesis), Ziegler-Nichols, Röle Geri Besleme (Relay Feedback), Cohen-Coon, Yinelemeli Geri Besleme (Iterative Feedback) şeklinde sıralanabilir.

Shehada ve ark. (2019), sürekli iletim modunda çalışan bir DC-DC düşürücü tip (buck) dönüştürücü için PI ve PID kontrol uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Kontrol parametreleri için röle geri besleme otomatik ayarlama yöntemini incelemişler ve farklı iki yöntemle (Ziegler-Nichols ve deneysel yöntem) karşılaştırarak; röle geri besleme yönteminin basitliği ve etkinliğinden dolayı kontrol tasarımcıları için uygun bir alternatif oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Poksawat ve Wang (2017), deneysel olarak hexacopter (6 pervaneli drone) kontrol sistemi üzerinde çalışmışlar ve PID kontrol tasarımı için röle geri besleme yöntemini kullanmışlardır. Röle geri beslemeli yöntemi ile klasik Ziegler-Nichols yöntemi karşılaştırılmış, dış bozucu etkilere karşı röle geri beslemeli yöntemi ile otomatik olarak parametreleri ayarlanan PID kontrolcünün başarılı performans sergilediği gözlenmiştir. Linggarjati (2020), Scilab yazılımı ile DC motor kontrol uygulaması geliştirmiştir. Hem PID kontrolün hem DC motorun endüstriyel uygulamalardaki önemini vurgulamış ve "gelişmiş PID modeli" olarak adlandırdığı kontrol yapısını tasarlamıştır. Tasarlanan kontrol yapısının en önemli bileşenleri otomatik ayarlamalı röle geri beslemesi ve integral yığılması önleyicidir.

Pozisyon kontrol uygulamaları için DC motor, çeşitli boyut ve güce sahip, uygun maliyetli ve daha küçük olduğu için tercih edilmektedir. Robotik ve endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılır ve diğer motorlara göre kolay sürüş tekniğine sahiptir. Bu çalışmada, ARM Cortex-M4 çekirdeğe sahip ve STM32F407 ailesine ait olan STM32F407VGTX mikro kontrolcüsünün kullanılması; yüksek osilatör frekansı, yeterli flash hafıza boyutu, yüksek çözünürlüklü ADC ve Timer birimi, iyi tasarlanmış ve desteği olan donanımsal soyutlama katmanı ve Matlab Waijung blokset desteğinin olmasından dolayı yeterli ve uygun görülmüştür. Otomatik ayarlamalı kontrolcü tasarımı Matlab-Simulink üzerinden gerçekleştirilmiştir. Matlab programında STM32F407 için özel olarak hazırlanmış olan Waijung blok seti kullanılarak sistemin yazılımsal geliştirmeleri yapılmıştır. Waijung, Tayvanlı bir firma tarafından geliştirilmiş ve kullanıcılarına simülasyon ortamında uygulama geliştirme imkânı veren blok set tabanlı çalışan bir yapıya sahiptir (Kizir ve ark., 2019). Matlab üzerinden yapılan kontrolör tasarımı hızlı kontrol prototipleme tekniği ile denetleyiciye gömülebilmekte, denetleyicinin çeşitli giriş – çıkış (IO) konfigürasyon ayarları yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, otomatik ayarlama yöntemlerinden röle geri besleme yöntemi kullanılarak DC motorun gerçek zamanlı konum kontrolüne ait PID parametre kestirimi yapılmıştır. Kontrol edilen sistemin modeli, kara kutu yaklaşım yöntemi ile elde edilmiştir. Ayrıca Ziegler-Nichols yöntemi kullanılarak kontrolcü tasarımı gerçekleştirilmiş ve sonuçları röle geri besleme yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Sistem için gerekli algoritma yazılımı, Matlab-Simulink ortamında Waijung blok seti yardımıyla

gerçekleştirilmiştir. STM32F4 geliştirme kiti ve DC motor tabanlı deney seti üzerinde geliştirilen algoritmalar gerçek zamanlı olarak uygulanmış ve sistem çıkışları gözlenmiştir. Tasarlanan kontrol algoritmaları, etkinliklerinin doğrulanabilmesi için farklı testlere tabi tutulur. Bu nedenle DC motor sistemi üzerinde kontrol algoritmalarının gerçek zamanlı olarak test edilmesi, gerçekleştirilen çalışmanın performansı ve etkinliği açısından oldukça önemlidir. Simülasyon çalışmaları, denetleyicilerin performansını analiz edebilmek için tek başına yeterli değildir. Bu nedenle, bu çalışma gerçek zamanlı olarak kontrol algoritması geliştirmeyi ve sistem üzerinde test edebilme bakış açısını geliştirmeyi amaçlamaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Sistem Modeli

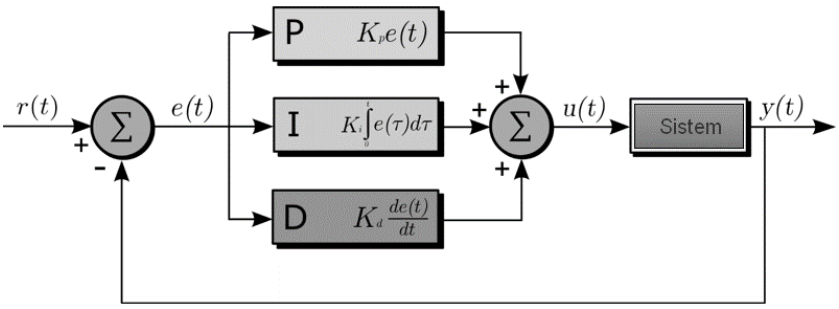
Bir sistemi tanımlamak için sisteme ait matematiksel modeli sadece fiziksel yasalar ve kabuller ile modellemek her zaman gerçek zamanlı sistemlerde istenilen sonucu vermeyebilir. Bununla birlikte üzerinde çalışılan sistemlerin parametrelerine de her zaman ulaşmak mümkün olmayabilir. Bu durumlarda sistemleri tanımlamak için Kara Kutu Modeli kullanılır (Kizir ve ark., 2019). Bu çalışmada kullanılan sistemin sürekli zaman transfer fonksiyonu %87.12 benzerlik oranında elde edilmiştir ve denetleyici tasarımında kullanılmasa da ek bilgi olarak 1 numaralı denklemde sunulmuştur.

$$\frac{2.103e4}{s^2 + 32.32s + 0.0001504} \tag{1}$$

2.2. PID Denetim

Oransal-integral-türev (PID) kontrol, geri beslemeli kontrol yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan kontrol yöntemidir. Bu kontrol yöntemine ait genel blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.
Blok diyagramda gösterilen örnek P-I-D kontrolcünün girişindeki;

- r(t) kontrolcüye verilen, sistemden istenen referansı
- y(t) sistemin çıkışını
- u(t) kontrolcünün çıkışını
- e(t) ise istenen referans ile sistem çıkışındaki hatayı göstermektedir.



Şekil 2. PID kontrol blok diyagramı (Urquizo, 2011)

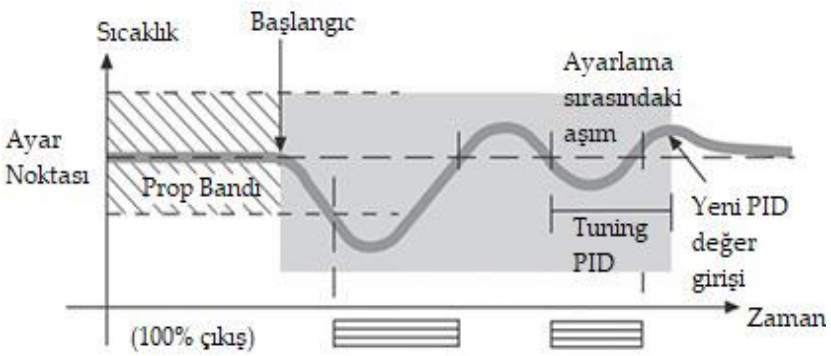
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{2}$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \tag{3}$$

Kontrol çevrimindeki amaç, sistemin istenen referansa istenen aşım ve hatayla ulaşması, istenen kararlı durum hatasıyla takip etmesidir. 2 numaralı denklemde kontrol çevriminin, 3 numaralı denklemde ise sistem çıkışındaki hatanın zamana bağlı matematiksel modeli verilmiştir. Denklemlerde yer alan Oransal (Kp), İntegral (Ki) ve Türev (Kd) kazançlarının tasarlanmış olan sisteme uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir. Kazançlar ne kadar doğru belirlenirse, sistem de o kadar istenen performansa uygun çalışacaktır. Bu çalışmada sistem için gerekli en ideal PID parametreleri otomatik bir şekilde algoritma tarafından bulunacaktır.

2.3. Otomatik Ayarlamalı PID

P-I-D parametreleri, sistemden istenen cevaba göre ayarlanır. Ayarlanan parametrelerle, verilen girişe göre sistemin istenen değere oturma, ulaşma zamanı ve aşım miktarı elde edilir. Otomatik ayarlama yöntemi, gerekli PID parametrelerini, istenen kriterler çerçevesinde belirli bir metoda göre sistem tarafından otomatik şekilde ayarlanmasıdır. Bu işlem manuel bir şekilde de yapılabilir fakat uzun bir süre ve meşakkatli bir uğraş ister. Bu çalışmada sistemin parametreleri röle geri besleme metodu kullanılarak ayarlanmıştır. Otomatik ayarlama yöntemi ile sistem parametreleri bulunduktan sonra PID kontrol yapısının sisteme entegre edildiği temsili görsel Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Otomatik bir şekilde PID katsayılarının ayarlanması ve sisteme uygulanması (Sommer, 2014)

2.4. Ziegler-Nichols Yöntemi

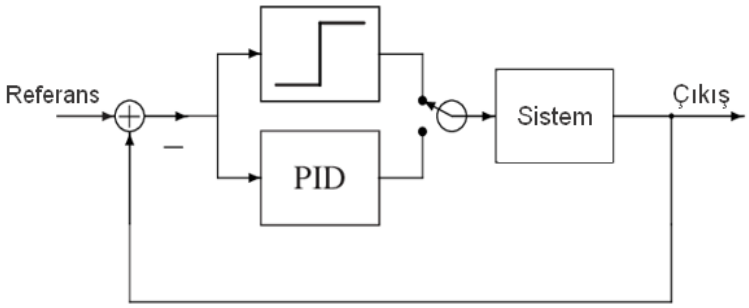
En çok tercih edilen kazanç-parametre ayarlama yöntemlerinden olan "Ziegler-Nichols" yöntemi, 1942 yılında John G. Ziegler ve Nathaniel B. Nichols tarafından geliştirilmiştir. Ziegler-Nichols yöntemi kapalı kontrol çevrimi olarak tasarlanmıştır. Sisteme uygun kazanç parametreleri bulunurken Ki (integral) ve Kd (türev) katsayıları sıfıra çekilir. Oransal kazanç katsayısı olan Kp; sistemin çıkışından sürekli, sönümlenmeyen ve kararsızlık göstermeyen bir osilasyon gözlemlenene kadar 0'dan başlatılarak yükseltilir. İstenen osilasyonun yakalandığı kazanç değerine Ku, osilasyon periyoduna ise Tu denir. Ku ve Tu parametreleri kullanılarak PID kazanç parametreleri olan Kp, Ki ve Kd değerleri, sisteme uygun olarak bulunur. Tablo 1'de bulunan Ku ve Tu değerlerine göre PID kazanç parametrelerine ulaşılmasını sağlayan eşitlikler verilmiştir. Eski bir teknik olmakla birlikte sistemi kararsızlığa götürmesi önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır.

Tablo 2. PID kazanç parametrelerinin hesaplanması (Ziegler ve Nichols, 1942)

	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_u$		
PI	$0.4K_u$	$0.8T_u$	
PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$

2.5. Röle Geri Besleme Yöntemi

1984 yılında Karl Johan Åström ve Tore Hägglund tarafından önerilmiştir (Yu, 2016). Ziegler-Nichols yöntemine alternatif olarak sunulmuştur. Kontrollü bir salınım üretme ve sürdürme avantajına sahiptir (salınımın büyüklüğü tanımlanabilir). Bu yöntemin başarısı, tanımlama ve kalibrasyon mekanizmalarının basitliğinden ve ayrıca yavaş veya doğrusal olmayan sistemlerde uygulanabilirliğinden kaynaklanmaktadır. Röle yöntemi kritik kazanç Ku ve kritik frekans ω belirlemede etkilidir. Röle yönteminin sisteme uygulandığı kontrol yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir.



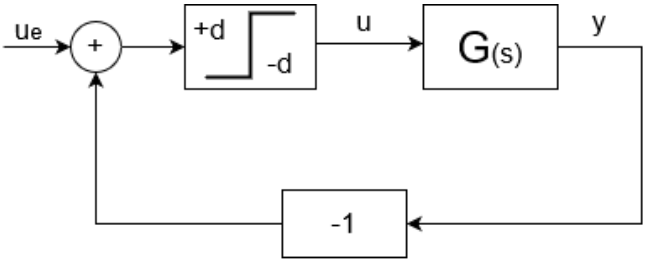
Şekil 4. Röle geri-besleme yöntemi (Wilson, 2005)

Röle yönteminin avantajları:

- Sistemi kararsızlığa sokmadan parametre kestirimi yapma,
- Az miktarda matematiksel işlem gerektirme,
- Çeşitli endüstriyel proseslere uyma,
- Bozulmalara karşı düşük hassasiyet,
- Uzun süren, deneme yanılma prosedürünü önleyerek kritik kazancın belirlenmesi şeklinde sıralanabilir.

2.5. Röle Geri Besleme Yöntemi ile Otomatik Ayarlama

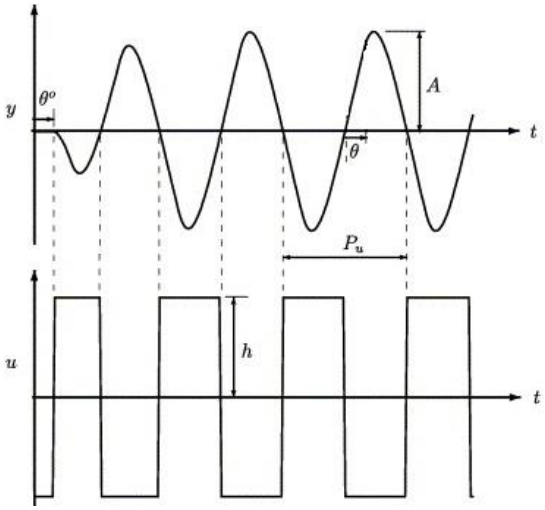
Amaç, röle yöntemi kullanılarak sistem için en ideal kazanç parametrelerinin otomatik bir şekilde bulunmasıdır. Otomatik ayarlama işlemi yaparken röle yöntemini seçmemizin nedeni sistemi kararsızlığa sokmamasıdır. Ziegler-Nichols yöntemi kullanırken Ku'daki ufak bir artış sistemin kararsızlığa sürüklenmesine sebep olabilir. Bunun önüne geçmek için röle yöntemi geliştirilmiştir. Çünkü röle yönteminde sisteme verilen girişler Ku parametre genliğiyle sınırlı olduğu için sistemin kararsızlığı engellenir, kontrol altında tutulur. Röle çıkışının sisteme uygulanması Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Röle kontrollü doğrusal sistem

Parametre bulma kısmında sisteme kontrolör dahil edilmez ve röle seri bir şekilde bağlanır. Giriş olarak sıfır giriş uygulanır. Röle ise gelen geri besleme değerine göre sistemin çıkışına zıt olacak bir şekilde çıkış üretir. Rölenin şiddeti röleye ait bir parametreyle sürekli olarak ayarlanır. Rölenin çıkışına göre sistemin çıkışı da değişir. Sistem ve röle çıkışları arasında 180° faz farkı oluşana kadar sistem, çıkış parametre güncellemesi ve röle çıkış genliği artırımı yapar. Anlatılan bu kontrol yapısının röle ve sistem çıkışları Şekil 5'te gösterilmiştir.

,



Şekil 6. Röle ve sistem çıkışları (Huang ve ark., 2005)

180° faz farkı olan, sürekli, ideal ve değişmeyen osilasyona sahip, örüntü şeklinde olan bir çıkış elde edildiği takdirde, çıkış sinyalinin periyodu Pu, sistemin çıkış genliği A, rölenin çıkış genliği ise h denir. Buna göre istenen Ku parametresi 4 numaralı denklemdeki gibi bulunur. Bulunan Ku ve Tu değerleri Tablo 1'de yerine konularak PID parametrelerine ulaşılır. Detaylı parametre kestirimi ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

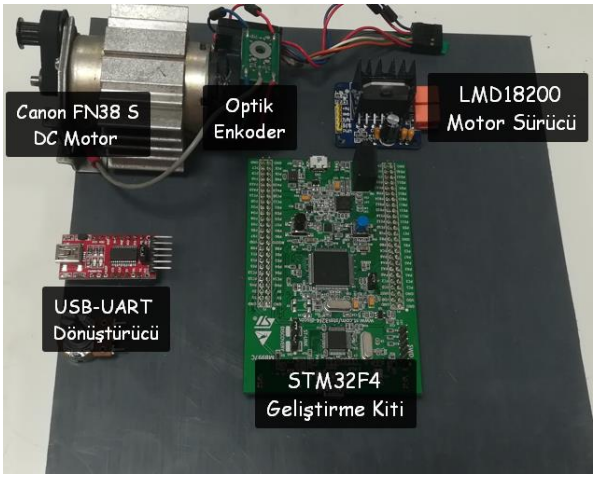
$$K_u = \frac{4h}{\pi A} \tag{4}$$

3. SONUÇ

3.1. Deney Düzeneği

Tasarlanan algoritmalar Matlab Waijung blok seti kullanılarak mikro denetleyiciye gömülmektedir. Denetleyici ile istenen algoritma doğrultusunda DC motor kontrolü gerçekleştirilmektedir. Encoder ile DC motorun anlık konum ve hız bilgileri elde edilmektedir. FT232RL (USB – UART dönüştürücü) kullanılarak Matlab ile mikro denetleyici arasında haberleşme sağlanarak sistem gözlenip, analiz edilir. Şekil 6'da görülen test düzeneğinde bulunan malzemeler:

- STM32F407VG (Mikrodenetleyici)
- Canon FN38 S (DC motoru)
- LMD18200 (Motor Sürücü)
- FT232RL (USB-UART dönüştürücüsü)
- Encoder



Şekil 6. Test düzeneği

3.2. Geliştirilen Algoritmanın İncelenmesi

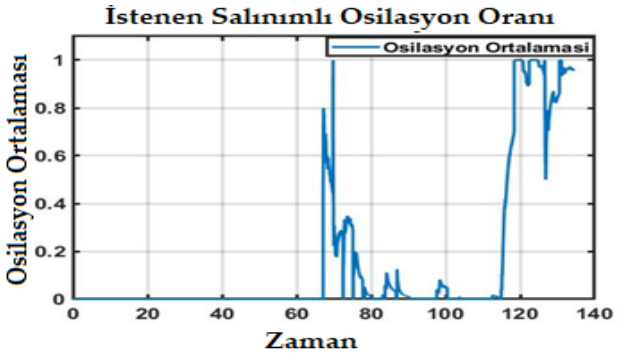
Kullanılan otomatik ayarlama yöntemi röle yöntemidir. Birkaç metot arasında bu yöntemin kullanılmasının en önemli sebebi sistemi kararlı durumda tutabilmesidir. Verilen sınırlı girişler sonucu sistemin sınırsız çıkışlar, kararsız durum, üretmesi engellenmektedir. Bu da çoğu sistem için en başta gelen istenmeyen bir durumdur. Uygulanan algoritmada sisteme sıfır girişi verilir. Sıfır giriş verilmesinin sebebi röledir. Rölenin genliği bir kazanç parametresi tarafından arttırılmaktadır. Sistem başlangıçta durağan olduğu için herhangi bir osilasyon gözlenmez. Bu yüzden rölenin çıkışı yükseltilerek sistem tepki vermeye zorlanır. Tepki verdiği anda röle ile sistem çıkışlarının arasında 180° faz farkı oluşmayabilir. Bu yüzden osilasyonlar arasında istenen derecede faz farkı oluşana kadar röle kazancı arttırılır. Sistemden istenen faz farkı yakalanmış olsa bile düzgün, sürekli, durağan ve örüntülü bir osilasyon yakalanmamış olabilir.

İstenen osilasyon gözlemlenene kadar röle kazancı sürekli olarak arttırılır. Kriterleri sağlayan osilasyon gözlemlenmeye başladığı an, röle ve sistemin çıkış genlikleri ile osilasyon periyodu alınır. Alınan bu değerler doğrultusunda sistemin PID parametreleri bulunur. Bulunan değerler 3 numaralı denklemde yerine konulur ve Ku kazancı bulunur. Bulunan Ku kazancına göre ise, sistemin çıkışı nasıl isteniyorsa, az aşımlı, orta aşımlı, çok aşımlı, yükselme zamanı vb. isterlere göre uygun yöntemle çözülüp sistem için gerekli olan PID katsayıları elde edilir. Yöntemlerden bazıları Tablo 2 ’de verilmiştir. Gerçek zamanlı olarak çalışıldığında sistem istenen tepkileri veremeyebilir. Bu yüzden en ufak bir hata sistemin yanlış katsayı bulmasına veya bulamamasına sebep olacaktır. Bu ve bu gibi çeşitli hataların önüne geçilmek için yüksek doğruluk oranları alınmıştır. Röle ve sistem çıkışı 180° faz farkı yaratması, bu faz farkının bozulmayacağı anlamına gelmez. Bu yüzden belirlenen bir periyottaki çıkış dalgaları arasındaki faz farkı doğruluğu asgari %98 olma şartı koşulmuştur. Yani çıkışlardaki her 100 dalgadan en az 98’inin 180° faz farkı ile gelme zorunluluğu vardır. Bu koşulun gerçekleşmesi ise şu şekildedir. Sistemin çıkışındaki düşen kenarlar, rölenin çıkışındaki yükselen kenarlar tespit edilir. Bu tespitler anlık olarak gerçekleştirilir. Eğer sistemin çıkışı düşen kenar olduğu anda rölenin çıkışı da yükselen kenar ise 180° faz farkı vardır denir ve faz farkı doğruluk sayacı arttırılır. Her 1000 dalga içinden en az 980 dalganın böyle gelmesi koşulu vardır. Eğer bu koşul sağlanmazsa röle kazancı arttırılır ve tekrar kontrol edilir.

Tablo 3. İstenen kriterlere göre uygun PID parametresi bulma yöntemleri

Kontrol Yöntemi	Kp	Ti	Td	Ki	Kd
P	0.5Ku	-	-	-	-
PI	0.45Ku	Tu/1.2	-	0.54Ku/Tu	-
PID	0.8Ku	-	Tu/8	-	KuTu/10
Klasik PID	0.6Ku	Tu/2	Tu/8	1.2Ku/Tu	3KuTu/40
Pessen Integral Kuralı	7Ku/10	2Tu/5	3Tu/20	1.75Ku/Tu	21KuTu/200
Az aşımlı	Ku/3	Tu/2	Tu/3	0.666Ku/Tu	KuTu/9
Aşımsız	Ku/5	Tu/2	Tu/3	(2/5)Ku/Tu	KuTu/15

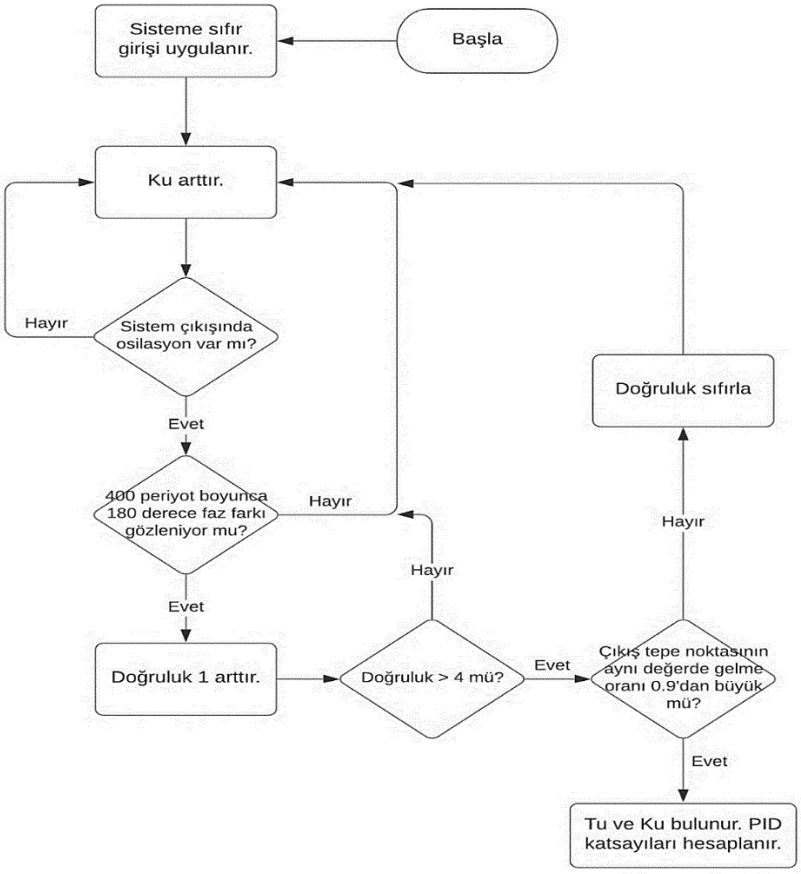
Bir diğer hata önleyici koşul ise osilasyon kontrolüdür. Çıkışlardaki osilasyon istenen faz farkıyla geliyor olabilir fakat bu durum genlik değerlerinin süreklilik gösterdiği anlamına gelmeyebilir. Eğer bu hata engellenmez ise parametre kestirimi yapılırken sistemin çıkış genliği yanlış bir değer alınabilir. Bu da PID parametrelerinin düzgün bulunamamasına yol açar. Değinilen hatanın önüne geçilmesi için sistemin çıkış genlik değerlerinin istenen yüzdenin sürekli olarak aynı değerde gelip gelmediğine bakılır. Sıralı dalgalar arasında sürekli olarak farkları alınır. Alınan bu farkların da aritmetik ortalaması alınarak aynı osilasyonun elverişliliği ölçülür. Çıkan sonuca göre bu doğruluk testini geçerse kazanç katsayıları hesaplanır. Eğer sürekli aynı tepe noktasına sahip olan dalgalar gelirse osilasyon ortalaması maksimum olan 1 değerini alır. Uygulanan sistemden elde edilen osilasyonun düzgün gelme oranı 0.94 olarak hesaplanmış ve bu değer ideal çıkış osilasyonuna oldukça yakındır. Sistemdeki osilasyon test oranı Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Sistemin çıkışındaki osilasyonun düzgün gelme oranı (0.94\1)

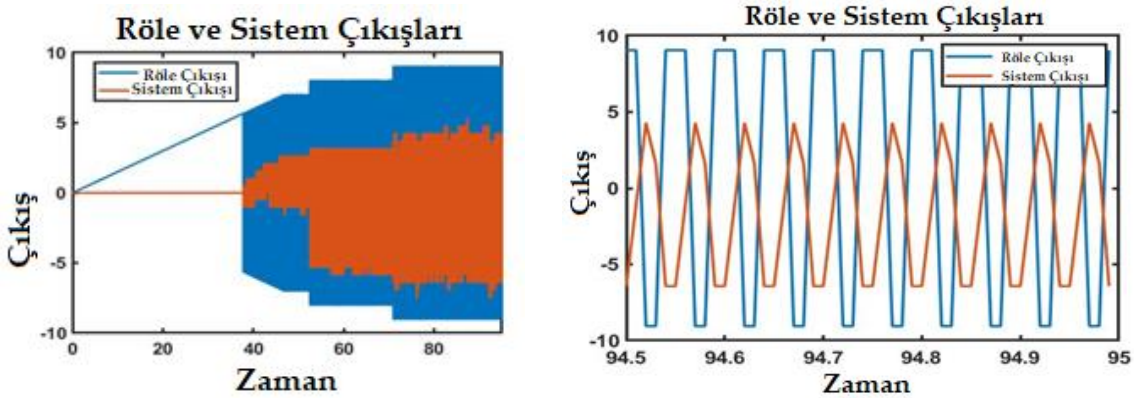
3.3. Geliştirilen Algoritmanın Sisteme Uygulanması

Röle otomatik ayarlama algoritması (Şekil 8) mikro denetleyiciye gömülüdür. Sistemin Matlab ortamında analizinin gerçekleştirilmesi için çevrim-içi seri haberleşmesi yapılmaktadır. Uart ile motorun anlık konumu, röle çıkışı, röle kazanç parametresi, faz farkı ve osilasyon doğruluğu gibi önemli parametrelerin takibi yapılır. Ayrıca istenen kriterlere göre parametre düzeltmeleri yapılarak sisteme geribildirim verilir. Sistem aldığı bu geribildirimler doğrultusunda iyileştirmeler yaparak ideal kazancın yakalanması sağlanır. Şekil 9'da sistemin gerçek zamanlı olarak ideal parametreyi bulana kadarki (baştan sona) çıkışları verilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı üzere belirlenen dalga sayısında istenilen doğruluğa ulaşmazsa röle parametresi arttırılır. Ne zaman ki sistem isterleri karşılar seviyede çıkış verir, o zaman simülasyon kendisini durdurur ve PID parametre hesaplama kısmına geçilir. İstenen doğruluk sayısı azaltılarak (doğruluk oranı sabit kalır) veya her kontrol sonucu röle kazanç katsayısının artırım hassasiyeti azaltılarak sistem hızlandırılabilir.



Şekil 8. Uygulanan algoritmanın akış diyagramı

Şekil 9'da aynı zamanda sistem çıkışının ayrıntılı görüntüsü verilmiştir. Görüldüğü üzere röle çıkış genliği 9 ve sistem çıkış genliği ise 4.77'dir. Çıkışlar arasında 180° lik bir faz farkı vardır. Sistemin yanıtındaki osilasyon düzgün dağılımlı, sürekli ve örüntü şeklindedir. Yanıtın tepe noktaları gerekli dalga sayısı (1000 dalga) boyunca sabit olarak gelmektedir ve herhangi bir sıçrama, kararsızlık veya beklenmeyen bir durum yoktur. Şekil 9'daki yanıtın periyot süresi ve çıkış genlikleri kaydedilir. Bulunan değerler 4 numaralı denklemde yerine konularak Ku değeri bulunur. Bulunan Ku değeri ve Pu süresi ise Tablo 2'de yerine konularak sistem için en uygun PID parametreleri hesaplanır.



Şekil 9. a) Sistemin istenen parametreyi bulana kadarki çıkışı b) Yakınlaştırılmış görüntü

Örnek olarak bir parametre kestirimi ele alalım. $P_u = 0.0404$ sn, $a = 4.77$ (Sistem çıkış genliği), $h = 9$ (Röle Çıkış Genliği) olsun. Bulunan değerler 4 numaralı denklemde yerine konularak 5 numaralı denklemdeki gibi Ku değeri hesaplanır.

$$K_u = \frac{4h}{\pi A} = \frac{(9)4}{\pi(4{,}77)} = 2.4023 \tag{5}$$

Bulunan Ku değerine göre az, orta ve orijinal aşımlı PID kontrol yöntemleri için bulunan PID katsayıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 4. Ku değeri bilinen sistemde PID parametre sonuçları

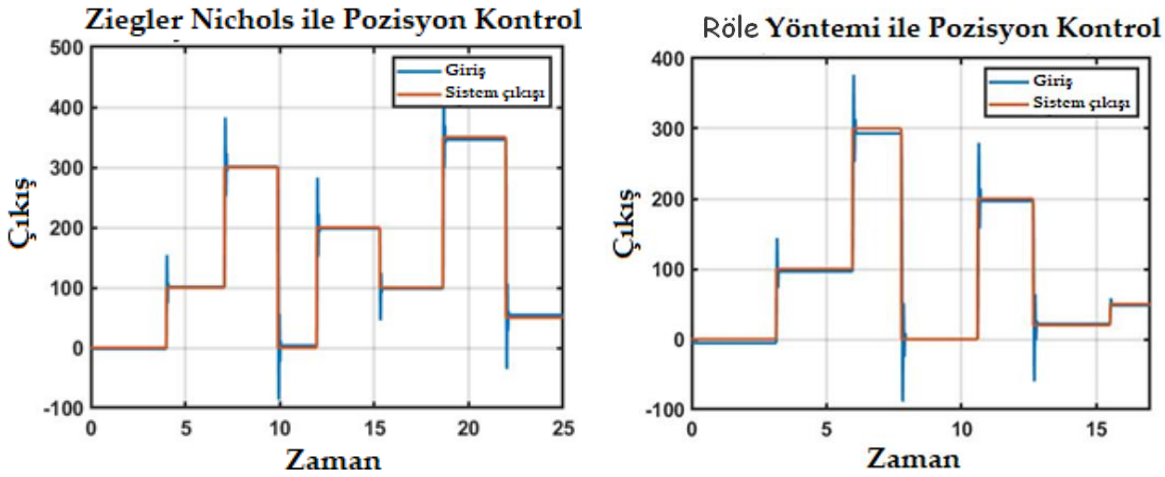
Kontrol Yöntemleri	Kp	Ki	Kd
Az Aşımlı	0.4805	0.2379	0.6470
Orta Aşımlı	0.7928	0.3925	1.0676
Orijinal Aşımlı	1.4414	0.72136	0.7279

DC motor sistemine Ziegler-Nichols ve röle geri besleme yöntemleri uygulanmıştır. Tablo 4'de yöntemlere göre elde edilen yanıtların yüzde aşımları, kalıcı durum hataları, yükselme ve yerleşme zamanları karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki yöntemde elde edilen PID parametreleri de verilmiştir. Sistem üzerinde manuel olarak Ziegler-Nichols PID kestirimi yapılmıştır. Sistem çıkışında osilasyon gözlemlenene kadar Ku parametresi arttırılmıştır. İlk osilasyon gözlemlendiği anda ise motor durdurulmuş ve çıkış sinyalinin periyodu ölçülmüştür. Ku değeri ve periyodu bilinen sistemin PID parametreleri Tablo 2'ye göre bulunmuştur. Örnekleme zamanı 0.01 sn' dir. Elde edilen PID parametrelerine göre sistemden gözlenen yanıtlar (DC motor konum bilgisi) Şekil 10'da verilmiştir. Grafiklerden anlaşılacağı üzere her iki yöntem sonucunda da DC motor konumu, referans sinyali başarı ile takip etmektedir.

Tablo 4. Performans karşılaştırması

Yöntem	Spesifikasyon	*Az Aşımlı*	*Orta Aşımlı*	*Orijinal Aşımlı*
Röle	Kp	0.4805	0.7928	1,4414
	Ki	0.2379	0.3925	0.72136
	Kd	0.6470	1,0784	0.7279
	Ts [s]	8,13	6,147	5,817
	Tr [s]	2,2	2	1,9
	Max OS [%]	68,644	74,561	74,605
	ess [%]	2,3	1,7	1,5
Ziegler - Nichols	Kp	0.3400	0.5667	1,02
	Ki	0.1347	0.2242	0.4040
	Kd	0.5723	0.9539	0.6439
	Ts [s]	7,26	5,43	5,035
	Tr [s]	1,8	1,6	1,6
	Max OS [%]	71,552	77,679	77,7
	ess [%]	2,1	1,5	1,4

Tablo 4'den anlaşılacağı üzere Ziegler – Nichols yöntemi uygulanan sistemden elde edilen yanıtta yüzde aşım daha fazla ve buna bağlı olarak yükselme zamanı daha düşükken, röle yöntemi uygulanan sistemin yüzde aşımı daha düşük ve yine buna bağlı olarak yükselme zamanı daha fazladır. Kalıcı durum hata oranları incelendiğinde ise yöntemler arasında fazla fark olmadığı, Ziegler – Nichols yönteminin daha düşük yüzde hata oranına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 100. a) Ziegler-Nichols yöntemi ile konum kontrolü b) Röle yöntemi ile konum kontrolü

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, röle geri besleme yöntemi ile DC motorun gerçek zamanlı olarak PID parametre kestirimi yapılmış, PID kontrolör tasarımı, PID kazanç parametrelerinin manuel ve otomatik olarak kestirimi, röle geri besleme yöntemi ve avantajları açıklanmış, röle ve Ziegler-Nichols yöntemleri ile elde edilen kazanç parametrelerinin sistem üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Sistem, kara kutu yöntemi kullanılarak tanımlanmış ve modeli verilmiştir. Röle geri beslemeli otomatik parametre kestirim algoritmasının tasarımı ve sistem üzerinde uygulanışı açıklanmış, akış diyagramı ile gösterilmiştir. Tasarlanan algoritmanın gerçek zamanda uygulanması için Matlab Simulink Waijung blok setleri kullanılmış ve STM32F407VGT6 mikro kontrolcüsü üzerinden sisteme uygulanmıştır. Algoritmanın gerçek zamanda uygulanması sonucu elde edilen sistem ile röle çıkışları ve aralarındaki faz farkı gözlemlenmiş, sistemin çıkışındaki osilasyonun düzgün bir şekilde gelme oranı analiz edilmiş, bu analizler denklemler ve grafiklerle açıklanmıştır. Kestirilen kazanç parametrelerinin değerleri sistemden

istenen aşım oranına göre birkaç farklı ister için gerçekleştirilmiştir. Röle ve Ziegler-Nichols yöntemleri kullanılarak bulunan kazanç parametrelerine göre sistemin verdiği cevaplar karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir.

Kullanılan kontrol yöntemine göre (az – orta – orijinal aşımlı) elde edilen PID parametreleri farklılık göstermektedir. Dolayısıyla sistem yanıtı da farklı olmaktadır. Yöntemlerin dayandığı temel spesifikasyon aşımdır. Az aşımlı yöntemde maksimum yüzde aşım diğer iki yönteme göre daha azdır; Ziegler-Nichols ve röle geri besleme karşılaştırmasında ise Ziegler-Nichols ile elde edilen sistem yanıt maksimum aşımının daha fazla olduğu görülmektedir. Aşım kriterinde, röle geri beslemenin avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kalıcı durum hatasında, her iki yöntemde yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Yöntemlerden birinin diğerine göre belirgin bir üstünlüğü ortaya çıkmamaktadır. En iyi kalıcı durum hatası ise orijinal aşımlı kontrol türünde elde edilmiştir. Yerleşme ve yükselme zamanı spesifikasyonlarında, Ziegler-Nichols yönteminin daha avantajlı olabileceği görülmüştür. Orijinal aşımlı kontrol türünde her iki zaman kriteri için en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bulunan sonuçlardan yola çıkılarak manuel Ziegler-Nichols yöntemi uygulanan sistemin aşımı daha fazlayken, otomatik ayarlamalı röle yöntemi uygulanan sistemin ise kalıcı durum hatası daha fazla çıkmıştır. Kullanılan yöntemlerden röle, PID parametrelerini otomatik bir şekilde sistemi analiz ederek bulmuştur. Ziegler-Nichols yönteminde ise sisteme bizzat müdahale edilerek manuel olarak PID parametreleri bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Çınar SM, Balcı Z, Yabanova İ, 2019. Performing Speed Control of a DC Motor with Auto-Tuning PID. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2019), 690-696.

Huang HP, Jeng IC, Luo KY, 2005. Auto-tune system using single-run relay feedback test and model-based controller design. Journal of Process Control, 15(6), 713-727.

Kaplan K, Kuncan M, Polat H, Tepe B, Ertunç HM, 2020, PID ve Bulanık Mantık Tabanlı DC Motorun Gerçek Zamanlı Konum Kontrolü. 10(2), 900-916.

Kizir S, Yaren T, Kelekçi E, 2019. Matlab Simulink Destekli Gerçek Zamanlı Kontrol. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 288 s.

Köse F, Kaplan K, Ertunç HM, 2013. PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda STM32F407 Tabanlı Hız Kontrolü. TOK Bildiri Kitabı, Malatya, 1178-1183.

Kumar R, Singla SK, Chopra V, 2015. Comparison among some well known control schemes with different tuning methods. Journal of Applied Research and Technology, 13(3), 409-415.

Linggarjati J, 2020. Advanced PID Simulation for DC Motor using Scilab. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 426(2020), 012136.

Malhotra R, Kaur T, Deol GS, 2011. DC Motor Control Using Fuzzy Logic Controller. International Journal Of Advanced Engineering Sciences and Technologies, 8(2011), 291-296.

Paz RA, 2001. The Design of the PID Controller. Klipsch School of Electrical and Computer Engineering, New Mexico State University.

Poksawat P, Wang L, 2017. Automatic tuning of hexacopter attitude control systems with experimental validation. 21st International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 753-758.

Shedada A, Yan Y, Beig AR, Boiko I, 2019. Comparison of Relay Feedback Tuning and Other Tuning Methods for a Digitally Controlled Buck Converter. IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 1647-1652.

Sommer S, 2014. West Control Solutions. https://www.west-cs.com/news/what-is-pid-tuning-and-how-does-it-work (Erişim Tarihi: 02.12.2020).

Taşçı G, Küçükyıldız G, Ertunç HM, 2012. PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda DSPIC Tabanlı Konum Kontrolü. TOK Bildiri Kitabı, Niğde, 503-506.

Tosun MF, Gençkal AA, Şenol R, 2019. Modern Kontrol Yöntemleri ile Bulanık Mantık Temelli Oda Sıcaklık Kontrolü. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(3), 992-999.

Urquizo A, 2020. PID controller overview. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PID.svg (Erişim Tarihi: 02.12.2020).

Wilson DI, 2005. Relay-based PID Tuning. Automation & Control, Feb/March, 10-12.

Yu CC, 2006. Autotuning of PID Controllers A Relay Feedback Approach. Springer-Verlag London, 261 s.

Ziegler JG, Nichols NB, 1942. Optimum settings for automatic controllers. Transactions of the ASME, 64(1942), 759–768.

TIBBİ SÜLÜK SEKTÖRÜNÜN TARİHÇESİ VE BUGÜNKÜ DURUMU

Zeynep ÇELİK
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü / Su Ürünleri ABD
celikzeynep1@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-6397-1125

Hamdi AYDIN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Biyoloji Bölümü
aydin@kocaeli.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-3854-6047

Özet
Sülükler eski zamanlardan beri hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Türkiye'de yaşadığı bilinen *Hirudo medicinalis* ve *Hirudo verbana* olmak üzere çok fazla sülük türü bulunmaktadır. Osmanlıda da tedavi amaçlı kullanıldığı da bilinen tıbbi sülükler, günümüzde de geleneksel ve tamamlayıcı tıp adı altında çokça kullanılmaktadır. Türkiye tıbbi sülük bakımından zengin bir ülke olup; son yıllarda doğadan toplayıcılık yerine sürdürülebilir yetiştiriciliği de başlamıştır. Bu çalışma tıbbı sülüklerin tarihçesi, dünyada ve ülkemizdeki bugünkü durumu hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi sülük, Hirudoterapi.

HISTORY AND PRESENT STATUS OF MEDİCAL LEECH INDUSTRY

Abstract
Leeches have been used in the treatment of diseases since ancient times. There are many leech species, including *Hirudo medicinalis* and *Hirudo verbana*, which are known to live in Turkey. Medicinal leeches, which are also known to be used for therapeutic purposes in the Ottoman Empire, are still widely used under the name of traditional and complementary medicine today. Türkiye is a country rich in medicinal leeches; In recent years, sustainable cultivation has started instead of collecting from nature. In this study, information is given about the history of medicinal leeches and their current situation in the world and in our country.

Keywords: Medical leech, Hirudotherapy.

1. GİRİŞ

Sülükler, yüzyıllardır insanlarda görülen çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılan, omurgalı ve omurgasız canlılarda parazit olarak bilinen canlılardır. İnsanlar, tıbbi sülük olan *Hirudo medicinalis*'i kan basıncını düşürmek için çok eski zamanlardan beri kullanmaktadır. Osmanlılar, sülükleri hastalıkların tedavisinde kullanmış ve bu konuyla ilgili yazılı eserler hazırlamışlardır. Sülüklerin kullanımı Fransızlar tarafından da benimsenmiştir. 1830 yılında Paris hastanelerinde beş milyon sülük tıbbi amaçlarla kullanılmıştır (Kaestner, 1967).

Günümüzde, çeşitli sülük türleri üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmakta olup, modern tıpta kullanılan bazı ilaçlar bu çalışmalar sonucunda elde edilmektedir. M.Ö.1500 yıllarında, Mısır'da sülüklerin terapötik kullanımıyla ilgili ilk yazılı kaynaklar bulunmaktadır. Ayrıca M.Ö. 1300'lerde Sanskritçe yazıtlarda da sülük tedavisinden bahsedilmektedir. Yunanistan'da sülük tedavisini başlatan Hipokrat, bu tedavi yönteminin eski Mısırlılar, Mezopotamyalılar, Aztekler ve Mayalar tarafından daha önceleri kullandıkları bilinmekteydi. Avrupa'da 1800'lerde sülükler yaygın bir şekilde kullanılıyordu. Sülük tedavisi, özellikle Fransa ve Rusya'da 19. yüzyılın başlarında büyük bir popülerlik kazanmıştır ve her yıl 130 milyondan fazla sülük kullanıldığı belirtilmektedir. Tıbbi sülüklerle ilgili en önemli ilerleme, 1884'te Haycraft tarafından yapılmıştır. Bu dönemde, sülüklerin salgıladığı tükürükte kanın pıhtılaşmasını önleyen bir madde keşfedilmiştir. Bu biyoaktif madde Hirudin olarak adlandırılmış ve etkili bir antikoagülan olduğu anlaşılmıştır (Ayhan ve Mollahaliloğlu, 2018).

Sülüklerin tıbbi tedavi amacıyla kullanıldığına dair en eski belgelenmiş kayıt, M.Ö. 1500 yıllarında bir Mısır mezarındaki bir tabloda ortaya çıkmaktadır. Sülük tedavisinin geçmişi, M.S. 17. ve 18. yüzyıllarda Avrupa'da doruk noktasına ulaşırken, Arap döneminde olduğu gibi sülükler yalnızca kan alma amaçlı

tıbbi olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Munshi ve ark., 2008). Kaynaklarda belirtildiğine göre, sülük tedavisi Roma'lı filozof Galen tarafından da uygulanmıştır. Bu tedavi yöntemi aynı zamanda İbn-i Sina (Avicenna) tarafından 1020 yıllarında yazılan 'El Kanun Fi't-Tıbb' adlı eserde de yer almaktadır (Ayhan ve Mollahaliloğlu, 2018). Sülüklerin bilimsel olarak ilk defa adlandırılması 1758 yılında Linnaeus tarafından yapılmıştır ve 1800'lerde Avrupa'da birçok hastalığın tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır (Sağlam ve ark., 2016).

Talmud, İncil ve geçmişe ait bazı el yazmalarında sülüğün tedavi amaçlı kullanıldığına değinilmiştir. (Knobloch 2011). M.Ö. 600-100 yıllarında yazılmış Hint kaynaklarında sülükle ilgili terimlere rastlanmıştır. (Abdualkader ve ark 2013). Hirudoterapi, Mezopotamyalılar, Yunanlılar, Mayalar ve Aztekler gibi eski uygarlıklarda kullanılmakla beraber Roma ve Arap medeniyetlerinde de tedavi amaçlı kullanılmıştır. (Lone ve ark 2011)

Eski Avrupa'da sülük kronik baş ağrıları, ateşli hastalıklar, psikozlar, epilepsi, kulak hastalıkları, karaciğer, dalak, artritler, bel, bacak ağrıları ve gut hastalığı için kullanılmaktaydı. 18. yüzyılda, Avrupa'da hastalıklar daralma ve genişleme olarak iki ana kategoriye ayrılmaktaydı. Bu gibi hastalıklarda sülük tedavisi yaygın olarak kullanılmaktaydı. Avrupa'da o dönemlerde obezite ve pnömoni gibi hastalıklar da dâhil olmak üzere diğer tüm hastalıkların tedavisinde kullanılmaktaydı (Louis PCA, 1828). Fransa'da her yıl 50 milyona yakın tıbbi sülük kullanıldığı kaydedilmiştir. Öyle ki 19. yüzyılın başlarında Fransa'da yatarak tedavi gören hastalarda hemen 20-30 tıbbi sülük uygulaması yapılır, hastaya tanı koyulduktan sonra tedavisine başlanırdı. Napolyon Bonaparte'e ait notlarda o döneme ait askerlerin tedavisinde kullanılmak üzere her yıl Macaristan'dan 6 milyona yakın sülük satın alınmaktaydı. (Whitaker ve ark, 2004). Günümüzde ise İngiltere, Almanya ve Fransa başta olmak üzere çoğu Avrupa ülkesinde Hirudoterapi kliniklerinin varlığından bahsetmekteyiz. Geleneksel ve tamamlayıcı tıp olarak kabul edilen tıbbi sülük tedavisi birçok hastalığın iyileşme sürecinde fayda sağlamaktadır.

Türkiye dünyaya tıbbi sülük ihraç eden ülkeler içinde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'den ihraç edilen tıbbi sülüklerin çoğunun Avrupa'da tedavide kullanıldığı bilinmektedir. Var olan yazılı kaynaklarda hirudoterapide kullanılan tıbbi sülüklerin Türkiye'den temin edildiği açıkça beyan edilmektedir. İhraç edilen tıbbi sülükler çoğunlukla doğadan avcılık yöntemiyle toplandığı için mevcut tıbbi sülük miktarını tehlikeye düşürmüştür. Bu sebeple ihracata kota uygulanmaya başlanmıştır. 1996 yılında 10.000 kg olan ulusal tıbbi sülük ihracat kotası 2014 yılından bu yana 2.000 kg, 2021 yılından bu yana ise 1500 kg olarak ilan edilmektedir (Anonim, 2021). Avrupa'ya ve diğer ülkelere tedavi amaçlı gönderilen tıbbi sülükler canlı olarak ihraç edilirken, kozmetik için kullanılacak tıbbi sülükler dondurulmuş olarak ülkelere gönderilmektedir.

2. TÜRKİYE'DE TIBBİ SÜLÜK SEKTÖRÜ

Su ürünleri sektörü ve Tıbbi sülük sektörü, resmi mevzuattaki yeri birbiri ile son derece ilişkili ve örtüşen konuma sahip iki sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bakıldığı zaman her iki sektörde faaliyetini yüksek oranda doğaya bağlı olarak yürütmekte ve elde edilen üretimin ağırlığını, her iki sektörde de avcılık ürünleri oluşturmaktadır. Öyle ki su ürünleri üretiminde dünyada ve ülkemizde avcılık yoluyla üretim ortalama % 60'lar civarında iken, Tıbbi sülük sektöründe bu oran % 90'ların üzerine çıkmaktadır. Yine sektörlerin sorunları incelendiğinde, yoğun avcılık faaliyetlerinden dolayı doğaya verilen zarar ve bunun sonucu olarak doğal stoklardaki azalma her iki sektörde de birinci sırada karşımıza çıkmaktadır. Bu duruma Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporlarında da dikkat çekilerek, su ürünleri rezervlerindeki çöküş noktasına gelmiş bu azalmanın, başta yetiştiricilik faaliyetlerinin desteklenmesi olmak üzere alınacak birçok yeni tedbirle iyileştirilmesi ve sürdürülebilir bir su ürünleri üretim sisteminin kurulması gerektiğinden önemle bahsedilmektedir. Bu kapsamda birçok ülke su ürünleri üretim politikalarında avcılığın toplam üretimdeki payını azaltmak ve doğal stokların korunabilmesi için, doğa dostu yetiştiricilik tesislerinin sayılarını artırmak amacıyla yetiştiricilik faaliyetlerini çeşitli sübvansiyon uygulamaları ile destekleyerek, yetiştiricilik yoluyla üretim oranının hızla artmasını hedeflemektedirler. Bu konuda Dünya Bankası kaynaklı uygulanan birçok sübvansiyonun yanında, ilgili ülkeler imzalamış oldukları anlaşmalarla tüm dünyada birçok türün avcılığına çeşitli yasaklar ve kotalar getirmişlerdir.

Konuya Tıbbi sülük sektörü özelinde baktığımızda ise, *H. verbana'*nın da CITES sözleşmesi ile koruma altına alınarak, avcılık ve ticareti sınırlandırılan türler arasında yer aldığı görülmektedir. Öyle ki Avrupa tıbbi sülük piyasasının 2/3 'ünü elinde bulunduran ülkemizde dahi, sucul alanların giderek azalması ve yapılan yoğun avcılık faaliyetleriyle stokların zarar görmesinden dolayı, kendisine tahsis edilen tıbbi sülük İhracat kotasının son yıllarda ancak % 20'sini doldurabildiği görülmektedir. İşte tamda bu noktada, sürdürülebilir bir üretim sistemi için, doğa dostu Tıbbi Sülük Üretim Tesislerinin kurulması ve desteklenmesi gerçeği kaçınılmaz bir şekilde önümüze çıkmaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı kayıtlarına göre ülkemizde 11 adet Tıbbi Sülük Üretim Tesisi bulunmaktadır. Giderek büyüyen bir sektör olduğundan, gelecek yıllarda bu sayının artması kaçınılmazdır. Türkiye'de bebek boy sülük 20 TL/tane, orta boy sülük 30 TL/tane ve en büyük boy sülük ise 40-45 TL/tane arasında iç pazarda alıcı bulmaktadır. Türkiye'den yurt dışına ihraç edilen ürünlerden ise kg için 400-600 $ gelir sağlandığı belirtilmektedir. (Anonim, 2023b). Türkiye tıbbi sülük yetiştiriciliği açısından dünya üzerinde son derece elverişli bir konuma sahiptir. Onuncu kalkınma planı ve uzun vadeli kalkınma amaçları açısından tıbbi sülük üretimi henüz başlangıç aşamasında olup, kaynaklar verimli bir şekilde değerlendirildiği takdirde çok ciddi bir gelir getirecek ve özellikle ülkemize döviz girdisi sağlayacak bir sektör olduğu görülmektedir. Bu bakımdan, ihracatın 500 milyar dolar, kişi başına gelirin 25 bin dolar olarak planlandığı ülkemiz 2023 hedeflerinde, tıbbi sülük üretiminin gerek döviz girdisi ve gerekse yeni yan kolları ile ciddi bir istihdam noktası olacağı görülmektedir.

Yine onuncu kalkınma planı incelendiğinde, su ürünlerinden elde edilen ürünler içerisinde üretim yoluyla elde edilen ürünlerin payının %30 a çıktığı görülmekte olup, stratejik planda da su ürünleri üretiminde artık avcılık değil üretimin giderek daha ön plana çıkmasının hedeflendiği görülmekledir. Yine aynı planın birçok maddesinde üretimin sürdürülebilir ve doğal stokları gözetir bir yapıya kavuşturulmasının önemi sık sık tekrarlanmaktadır. Dünyada ve ülkemizde giderek gelişen tıbbi sülük sektöründe, birçok ülke yayınladıkları yönetmeliklerde tıp alanında kullanılan sülüklerin sağlıklı ortamlarda yetiştirilen, hastalık unsurları içermeyen ve kayıtlı ürünler olması gerektiği vurgulanmaktadır (Anonim, 2014). Ülkemizde ciddi bir gelişim içerisinde olan ve Sağlık Bakanlığı tarafından 2007 yılından itibaren yönetmelikle yetkili hastanelerde kullanımı ve sertifika sahibi hekimler tarafından uygulanmasına izin verilen hirudo tedavi sistemleri alanında yeni bir sektör olarak hızla büyümektedir. Tahmin edileceği üzere, doğadan toplanan ve kaynağı bilinmeyen sülüklerin kullanımı ciddi risk içerdiğinden dolayı, hirudo tedavi alanında gerekli sağlıklı materyalin temelinde ciddi sıkıntı bulunmaktadır.

3. DÜNYADA TIBBİ SÜLÜK SEKTÖRÜ

Dünya'da sülük ticaretinde sağlık sektörünün ihtiyacı olan tıbbi sülük iki yolla elde edilmektedir. Birinci yol doğadan toplayıcılık yoluyla (avcılık) elde edilen ürünlerdir ve Türkiye Avrupa'da ilk sırasında yer almaktadır. İkinci yol ise başta Rusya, Fransa, Almanya ve İngiltere'nin başı çektiği üretim yoluyla çiftliklerden tıbbi sülüğün elde edilmesidir. Günümüzde dünyanın en önemli sülük ihraç eden ülkelerden birisi Türkiye'dir ve bu sektör Türkiye'de özellikle ihracat konusunda ciddi bir büyüme göstermektedir.

Gelinen noktada modern tıpta aşırı kullanımı nedeniyle neslinin tükenmesi tehlikesiyle karşı karşıya kalan *H. medicinalis* ve *H.verbana* CITES sözleşmesiyle koruma altına alınmıştır (Anonim, 1996). Bu sözleşmeye imza koyan ülkeler *H. medicinalis ve H.verbananın* toplanması ve ihracatı konusunda kota uygulamasına karar vermişlerdir. 2004 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin tıbbi sülüklerin medikal alanda kullanımına izin vermiş olması, soyu tükenme tehlikesi altında olan bu türün üretiminin önemini bir kez daha artırmıştır. Günümüzde ABD'de büyük boy sülüğün tanesi 9,95-10,95 $, küçük boy sülüğün tanesi ise 7,35-11,45$ a satılmaktadır ve bazı ülkelerde tıbbi sülüklerin satış fiyatları Tablo 1'de gösterilmiştir (Anonim, 2023).

Tablo 1. Dünya'da bazı ülkelerde tıbbi sülüklerin satış fiyatı(Anonim, 2023)

Ülkeler	Tıbbi Sülük Fiyatı ($/Adet)
ABD	10,00 – 13,00 $
Almanya	4,00 – 5,00 €
Avusturya	4,00 -5,00 €
Endonezya	3,00 -4,00 $
Rusya	2,00 €
İngiltere	4,00 – 7,00 €
Avustralya	5,00 – 7,00 $

Türkiye'de tıbbi sülüğün her ne kadar iç piyasada belli bir yeri olsa da asıl kullanım alanı ağırlıklı olarak yurt dışıdır. Bu noktada Türkiye dünyanın en büyük sülük ihracatçısı olarak ön plana çıkmaktadır. Tıbbi sülükler, hirudoterapi uzmanlarına, alternatif tıp kliniklerine ve bazı hastanelere tedarik edilmektedir. Ayrıca bazı ülkelerde tıbbi sülüklerin satışı için özel şirketler ve çevrimiçi platformlar da bulunmaktadır. Dünya sülük piyasasının 2/3 lük kısmı Türkiye menşeili ürünlerden oluşmaktadır. Yurt dışında kg satış fiyatı ise 3000-4000 EURO arasında değişmektedir, 2004 yılında FDI tarafından ABD'de eczanelerde tıbbi sülük satışına izin verilmiştir. 2007 yılında ise Türkiye'de sağlık bakanlığı yataklı hastanelerde doktor nezaretinde uygulanmasına izin vermiştir. Hali hazırda kotaların artması ile birlikte pazar veya bir pazarlama sıkıntısı görülmemektedir. Sülüğün gerek sağlık alanında ve gerekse alternatif tıp alanında öneminin hızla arttığı ve bu konuda da gerekli yönetmeliklerin ve oluşumların yavaş yavaş hayata geçtiği de dikkate alınırsa, gelecekte de herhangi bir pazar sıkıntısı olması beklenilmemektedir.

4. SONUÇ

Ülkemiz, dünya tıbbi sülük sektörü açısından son derece önemli bir konumdadır. Türkiye'deki tıbbi sülükler, uluslararası alanda da oldukça fazla talep görmekte ve birçok ülke Türkiye'den tıbbi sülük ithal etmektedir. Türkiye'nin sülük yetiştiriciliğinin gelişmesi ve ülkelerin ihtiyacı olan kaliteli sülüklerin sağlanması ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Dünyada ve ülkemizde tıbbi sülüklere olan talebin artmasıyla birlikte tibbi sülük yetiştiriciliği artmaya başlamış ve sülük uygulamalarında yetiştiricilik ürünleri tercih edilmeye başlanmıştır. Hem sağlık koşullarının uygun olması hem de doğal stok miktarını korumak amacıyla yetiştiricilik ürünlerinin kullanılması önem arz etmektedir. Dünyada ve Türkiye'de tıbbi sülük üretimi su ürünleri sektörünün büyümesine ve gelişmesine katkı sağlayacaktır. İhracat ürünü olması sebebiyle ülkemize ekonomik olarak getirisi oldukça yüksektir. Hem özel girişimlerle hem de devlet eliyle tıbbi sülük üretiminin desteklenmesi ve artırılması ülkemiz için de faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Abdualkader, A. M., Ghawi, A. M., Alaama, M., Awang, M., & Merzouk, A. 2013. Leech therapeutic applications. Indian journal of pharmaceutical sciences, 75(2), 127.

Anonim, 1996. Nesli Tehlikede olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme. 20 Haziran 1996 tarih ve 22672 Sayılı Resmi Gazete s. 16-115. Ankara

Anonim, 2021. 2004;42:133-7. Tibbi Sülük Yıllık İhracat Kotasının Tahsisi Belgesi Düzenlenmesi Hakkinda Tebliğ Tebliğ No: 2021/50).

Anonim 2014. Geleneksel ve Tamamlayıcı Tip Uygulamaları Yönetmeliği. 27 Ekim 2014. Sayı : 29158.

Anonim, 2023. https://bysleeches.tr.ggr (Erişim Tarihi:01.06.2023)

Ayhan, H., Mollahaliloğlu, S. 2018. Tıbbi Sülük Tedavisi: Hirudoterapi. Ankara Medical Journal, (1):141-148.

Gödekmerdan, A., Arusan, S., Bayar, B., & Sağlam, N. 2011. Tıbbi sülükler ve hirudoterapi.Türkiye Parazitoloji Derneği. 35:235-4

Kaestner, A. 1967. Invertebrate Zoology. Volume I. Interscience Publishers. A Division of John Wileyand Sons. p. 597. New York, London, Sydney.

Knobloch K. 2011. Leeches in microsurgery - An evidence-based approach. In: Kini RM, Clemetson KJ, Markland FS, McLane MA, Morita T, editors. Toxins and Hemostasis. Netherlands: Springer Science; 735-45.

Lone Ta, A., Mohd A., Shahida H., Gh Sofi, and Hashmat I. 2011. Leech Therapy- A Holistic Approach of Treatment in Unani (Greeko-Arab) Medicine. Ancient Science of Life;31(1).

Louis PCA. Recherche sur les effets de la saigne´edans plusieurs maladies inflammatoires. Archives Ge´ne´ralesde Me´decine. 1828;18:321-36.

Munshi, Y., Ara, I., Rafique, H., Ahmad, Z. 2008. Leeching in the history-A review. Pakistan Journal of Biological Sciences. Jul 1;11(13):1650-3.

Sağlam, N., Saunders, R., Lang, S.A., Shain, D.H. 2016. A new species of Hirudo (Annelida: Hirudinidae): historical biogeography of Eurasian medicinal Leeches. BMC Zoology ;1:5.

Whitaker IS, Rao J, Izadi D, Butler PE. 2004. Historical Article: *Hirudo medicinalis*: ancient origins of, and trends in the use of medicinal leeches throughout history. Br J Oral Maxillofac Surg. Apr;42(2):133-7.

RF VEKTÖREL ÖLÇÜMLERDE BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI

Ecem Karay
ASELSAN A.Ş. Elektronik Tasarım Doğrulama
eyurdakul@aselsan.com.tr

Mahmut Emin Çelik
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
mahmutemincelik@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1766-5514

Erkan Danacı
TÜBİTAK National Metrology Institute RF & Microwave Laboratory
erkan.danaci@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6358-8807

Özet
Bir büyüklüğü doğru ölçebilmek için güvenilir bir cihaz, uygun laboratuvar şartı, geçerlemesi yapılmış ölçüm yöntemi ve deneyimli bir personel ihtiyacı vardır. Tüm şartlar sağlansa bile ölçülen değer bazı hatalar içerir. Ölçülen değerin belirlenmiş bir güvenilirlik aralığında geçerli olduğunu göstermek için belirsizlik hesaplamasını yapmak gereklidir. Ölçüm belirsizliğinin hesaplanması, beyan edilen ölçüm sonuçlarına duyulan güveni ifade ettiğinden oldukça önemlidir. Ölçüm cihazlarının gelişmesi ile ölçülen büyüklüklerin sadece genliklerinin değil gerçek ve sanal bileşenlerinin de ölçümleri söz konusu olmuştur. Mikrodalga yansıma ve iletim katsayısı ölçümleri Vektörel Ağ Analizörlerinin (Vector Network Analyzer –VNA) gelişmesi ile vektörel olarak (gerçek ve sanal) ölçülebilmektedir. Gerçek ve sanal bileşen içeren karmaşık sayı yansıma ve iletim katsayısının belirsizlik hesaplaması da günümüze kadar gelmiş problemlerden biridir. Bu çalışmada, 30 dB'lik bir RF zayıflatıcının gerçek ve sanal olarak ölçülen yansıma ve iletim katsayısı ölçüm değerlerinden genlik ve faz değer belirsizliklerinin nasıl hesaplanacağı verilmiştir. Ölçümlerin yapılmasında ve belirsizlik hesaplamasında geçerlemesi yapılmış VNA Tools yazılımı kullanılmıştır. VNA, GPIB-USB adaptör ile PC ile kontrol edilmiştir. Ölçüm sonuçları ve matematiksel olarak elde edilen veriler karşılaştırılarak mikrodalga ölçümlerinde vektörel büyüklüklerin belirsizlik hesabı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Belirsizlik Hesaplamaları, RF vektörel ölçümlerde belirsizlik hesaplamaları, Genlik ve Faz Belirsizlik Hesaplamaları

UNCERTAINTY CALCULATIONS IN RF VECTORIAL MEASUREMENTS

Abstract
In order to measure a quantity accurately, a reliable instrument, appropriate laboratory conditions, validated measurement method and experienced personnel are needed. Even if all conditions are met, the measured value contains some errors. It is necessary to perform the uncertainty calculation to show that the measured value is valid within a specified confidence interval. The calculation of measurement uncertainty is very important as it expresses confidence in the declared measurement results. With the development of measuring devices, not only the amplitudes but also the real and imaginary components of the measured quantities have been performed. Microwave reflection and transmission coefficient measurements can be measured in vector (real and imaginary) with the development of Vector Network Analyzer (VNA). Uncertainty calculation of complex reflection and transmission coefficient, which includes real and imaginary components, is one of the problems that have survived until today. In this study, it is given how to calculate the amplitude and phase value uncertainties from the real and imaginary measured reflection and transmission coefficient measurement values of a 30 dB RF attenuator. Validated VNA Tools software was used for measurements and uncertainty calculation. VNA is controlled by PC with GPIB-USB adapter at ther measurement. By comparing the measurement results and the mathematically obtained data, the uncertainty calculation of vector quantities in microwave measurements was carried out.

Keywords: Uncertainty Calculations, Uncertainty Calculations in RF Vectorial Measurements, Amplitude and Phase Uncertainty Calculations

1. GİRİŞ

Vektörel büyüklükler, gerçel ve sanal bileşenler içeren sayılar olarak ifade edilebilir. Bu tür sayılar, karmaşık sayılar olarak bilinir ve genellikle "z = a + ib" şeklinde gösterilir. Ölçüm büyüklüklerinin gerçel ve sanal bileşenlerinin ölçümleri günümüz deneysel ve ar-ge çalışmalarından biridir. Bu ölçümler için mikrodalga frekanslarında vektörel ölçüm yapan cihazlar geliştirilmiştir. Vektörel Ağ Analizörü (Vector Network Analyzer -VNA) gibi cihazlarla yansıma ve iletim katsayısı büyüklüklerinin gerçel ve sanal değerleri ölçülebilmektedir [2]. Ölçüm belirsizliği, yapılan bir ölçümün belirlenmiş bir güven düzeyi içinde ne kadarlık bir aralıkta gerçekleşebileceğini ifade eden pozitif bir parametredir [6]. Ölçüm sonucunu ifade eden değer, belirsizlik aralığı içinde yer alır. Yani, ölçülen büyüklüğün hesaplanan belirsizlik aralığı içinde bulunduğu kabul edilir. Aynı zamanda, ölçüm belirsizliği ölçümün kalitesini yansıtır ve ölçüm sonuçlarının güvenilirliğini değerlendirmek için önemlidir. Daha düşük belirsizlik, daha yüksek kalite ve daha güvenilir ölçümlerle ilişkilidir.

TS EN ISO/IEC 17025 "Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar" standardı laboratuvarların deney ve kalibrasyon yetkinliği kazanabilmesi için kullanılan bir uluslararası standarttır [5]. Laboratuvarlar ölçüm sonuçlarını belirli bir güven düzeyi ile ifade edebilmek ve kalite standartlarına uygunluğunu kanıtlayabilmek adına bu standarda uygun sonuçlar beyan edilmelidir. ISO/IEC 17025'e göre, ölçüm belirsizliği hesaplanırken çeşitli faktörlere dikkat edilmelidir. Bu faktörler arasında ölçüm cihazlarının durumu ve teknik özellikleri, kalibrasyon verileri, ölçüm yöntemleri, ortam şartları gibi unsurlar yer alır. Bu faktörlerin tamamı, ölçüm belirsizliğini etkileyen unsurlar olarak değerlendirilir.

Ölçüm belirsizliğinin hesaplanması için "Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması Kılavuzu" (Guide on the Expression of Uncertainty in Measurement - GUM) kullanılması gerekmektedir [1, 7]. GUM, uluslararası bir standart olarak kabul edilir ve ölçüm belirsizliğinin hesaplanması konusunda genel bir yöntem sunar. Ölçülen büyüklüğün belirsizliği için belirlenen model fonksiyona uygun olarak, elde edilecek bileşik belirsizlik için duyarlılık katsayısı hesabı ön işleminin yapılması gereklidir. Duyarlılık katsayısı, model fonksiyonda verilen hesapta kullanılan her bileşenin ölçüm değeri hesabına katkısını belirleyen bir parametredir. Duyarlılık katsayısı (1) denklemindeki gibi model fonksiyonun ilgili hesap bileşenine göre kısmi türevi ile elde edilir.

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \tag{1}$$

(1) denkleminde f model fonksiyonu, x_i her bir girdi büyülüğünü ve c_i her bir girdi büyüklüğüne ait duyarlılık katsayısını ifade etmektedir. Duyarlılık katsayılarından yola çıkarak model fonksiyondaki her bir bileşene dayalı olarak bileşik belirsizlik hesabı aşağıdaki (2) denklemi ile hesaplanabilir.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} {c_i}^2 u^2(x_i)} \tag{2}$$

(2) denkleminde, c_i her bir bileşeninin duyarlılık katsayısını, $u(x_i)$ her bir bileşenin belirsizliğini ve $u_c(y)$ yapılan ölçümün bileşik belirsizliğini ifade etmektedir. Vektörel ölçümlerde belirsizlik hesaplamaları vektörel ölçümlerin yapıldığı her alanda ve otomatik vektörel ölçümleri yapan tüm yazılımlarda yapılması beklenen bir uygulamadır. Vektörel ölçümler yapan her bir ölçüm disiplinin bu hesapları bilip uygulaması gerekmektedir.

Mikrodalgadaki yansıma ve iletim katsayısı ölçümleri için İsviçre Ulusal Metroloji Enstitüsü METAS'ın VNA ile ölçümleri kolaylaştırmak amacıyla VNA Tools yazılımı geliştirilmiştir. VNA Tools yazılımı

VNA ölçümlerinin yanında vektörel ölçümlerin belirsizlik hesaplamalarını da yapabilmektedir [9]. Bu yazılımın arkasındaki hesaplama detaylarının bilinmesi yeni yazılımlar geliştirilirken kullanılabilecek bir bilgidir. Bu çalışmada, 30 dB'lik bir RF zayıflatıcının gerçek ve sanal olarak ölçülen yansıma ve iletim katsayısı ölçüm değerlerinden genlik ve faz değer belirsizliklerinin nasıl hesaplanacağı verilmiştir. Ölçümlerin yapılmasında ve belirsizlik hesaplamasında geçerlemesi yapılmış VNA Tools yazılımı kullanılmıştır. VNA Tools yazılımı ile alınan ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri ile matematiksel olarak elde edilen veriler karşılaştırılarak mikrodalga ölçümlerinde vektörel büyüklüklerin belirsizlik hesabı geçerlemesi çalışmaları da bu çalışmada verilmiştir.

2. VEKTÖREL ÖLÇÜMLERİN BELİRSİZLİK HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Vektörel ölçümlerde lineer genlik ve faz ifadelerinin ölçüm belirsizlikleri hesaplanırken gerçel ve sanal bileşenlerinin kendi değerleri ile belirsizlik değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu verilerin bilindiği varsayılarak lineer genlik (3) denklemiyle, lineer genliğin belirsizliği (4) denklemiyle, faz (θ) (5) denklemiyle ve fazın belirsizliği (6) denklemiyle elde edilebilir [8].

$$|\text{Genlik}| = \sqrt{re^2 + im^2} \tag{3}$$

$$u_{Genlik} = \sqrt{\left(\frac{re}{|\text{Genlik}|}\right)^2 u_{re}{}^2 + \left(\frac{im}{|\text{Genlik}|}\right)^2 u_{im}{}^2} \tag{4}$$

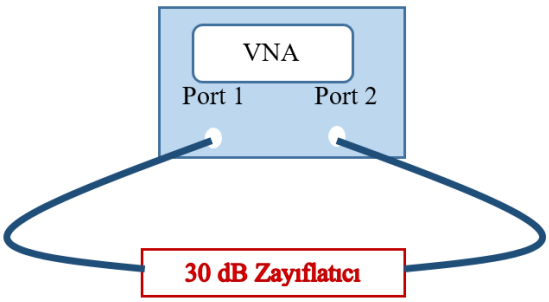
$$\theta = \arctan\left({}^{im}/_{re}\right) \tag{5}$$

$$u_\theta = \sqrt{\left(\frac{-im}{|\text{Genlik}|^2}\right)^2 u_{re}{}^2 + \left(\frac{re}{|\text{Genlik}|^2}\right)^2 u_{im}{}^2} \tag{6}$$

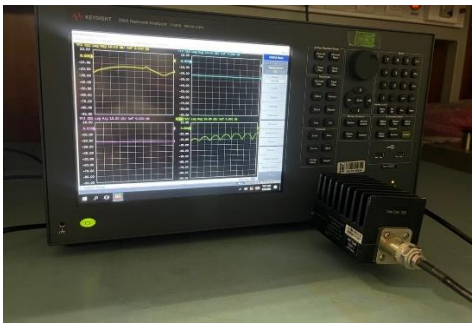
(3)-(6) denklemlerinde re vektörel büyüklüğün gerçel bileşenini, im sanal bileşenini, $|\text{Genlik}|$ vektörel büyüklüğün lineer genliğini, u_{Genlik} lineer genliğin belirsizliğini, θ vektörel büyüklüğün fazını ve u_θ fazın belirsizliğini ifade etmektedir. Denklemlerdeki u_{re} ve u_{im} yukarıda bahsedildiği gibi, lineer genlik ve faz belirsizliklerinin hesabı için gerekli olan gerçel ve sanal bileşen belirsizlikleridir.

3. MİKRODALGA FREKANSLARINDA İLETİM VE YANSIMA KATSAYILARININ DENEYSEL VEKTÖREL ÖLÇÜMLERİ

Önerilen ölçüm belirsizliklerinin hesaplanması için bu çalışmada deneysel bir ölçüm planlanmıştır. Ölçümde 1 MHz – 1 GHz frekans aralığında iletim ve yansıma katsayılarının ölçülmesi için bir RF zayıflatıcı ele alınmıştır. Bu zayıflatıcı PASTERNACK 30 dB ortalama güç 50 W bir zayıflatıcıdır. Ölçümler KEYSIGHT marka E5061B model ENA ağ analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Planlanan ölçüme ait kurulan ölçüm düzeneği blok diyagramı ve resmi Şekil 1'de verilmiştir.



a)



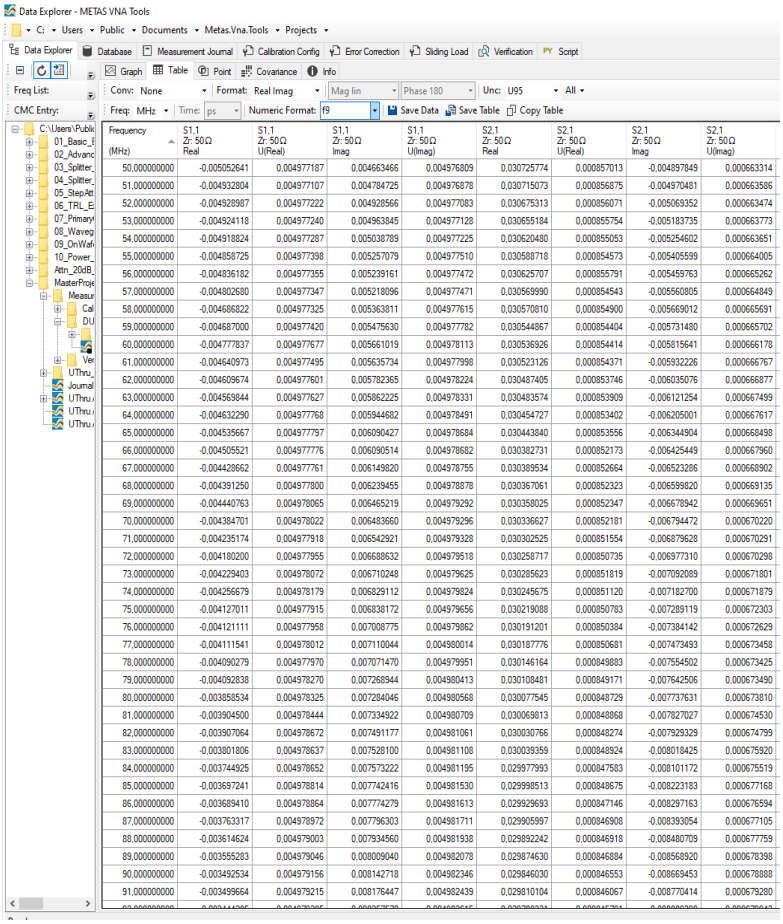
b)

Şekil 1. Deneysel ölçüm düzeneği blok diyagramı (a), ölçüm düzeneği resmi (b)

Gerçekleştirilen ölçümde 30 dB RF zayıflatıcı, iki kapılı hata terimleri öğretilmiş (günlük kalibrasyonu yapılmış) bir VNA'ya bağlanmıştır [3]. VNA NATIONAL INSTRUMENT GPIB-USB-HS+ aracılığı ile bir bilgisayara bağlanmış [4] ve ölçümler VNA Tools bilgisayar programı aracılığı ile gerçel ve sanal ifadeler verecek şekilde alınmıştır. Gerçel ve sanal ifadelerin belirsizlik değerleri de yine VNA Tools üzerinden elde edilmiştir [10]. RF zayıflatıcı için alınan yansıma ve iletim katsayısı ölçümlerinin VNA Tools üzerindeki ölçüm sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur.

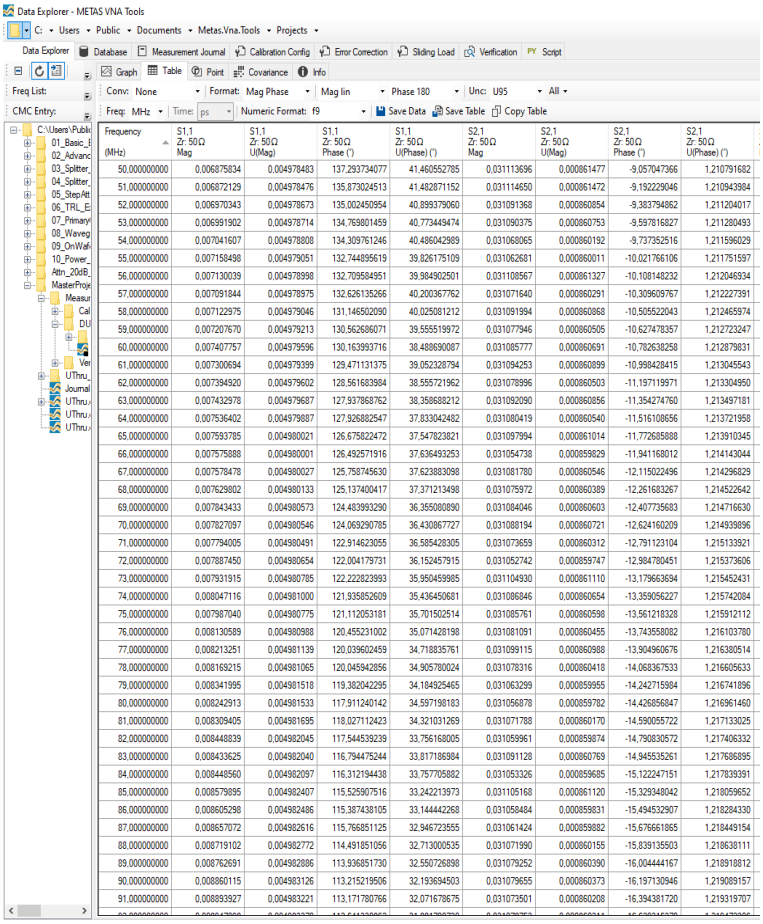
4. İLETİM VE YANSIMA KATSAYISI ÖLÇÜMLERİNİN BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI

İletim ve yansıma katsayısı ölçümleri VNA Tools üzerinden gerçekleştirildikten sonra yansıma katsayısının gerçel (re) ve sanal (im) bileşen değerleri ve bunların belirsizlikleri (gerçel belirsizlik - u_{re} ve sanal belirsizlik - u_{im}) örneklenen frekanslar için alınmıştır. Örneklenen frekanslar ve vektörel yansıma katsayısı verileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada Tablo 1'de verilen veriler kullanılarak lineer genlik ve genliğin belirsizliği (3) ve (4) denklemlerine göre hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler Tablo 2'de sunulmuştur.



Frequency (MHz)	S1.1 Zr: 50Ω Real	S1.1 Zr: 50Ω U(Real)	S1.1 Zr: 50Ω Imag	S1.1 Zr: 50Ω U(Imag)	S2.1 Zr: 50Ω Real	S2.1 Zr: 50Ω U(Real)	S2.1 Zr: 50Ω Imag	S2.1 Zr: 50Ω U(Imag)
50,000000000	-0,005052641	0,004977187	0,004663466	0,004976809	0,030725774	0,000857013	-0,004897849	0,000663314
51,000000000	-0,004932804	0,004977107	0,004784725	0,004976878	0,030715073	0,000856875	-0,004970481	0,000663586
52,000000000	-0,004928987	0,004977222	0,004928566	0,004977083	0,030675313	0,000856071	-0,005069352	0,000663474
53,000000000	-0,004924118	0,004977240	0,004963845	0,004977128	0,030655184	0,000855754	-0,005183735	0,000663773
54,000000000	-0,004918824	0,004977287	0,005038789	0,004977225	0,030620480	0,000855053	-0,005254602	0,000663651
55,000000000	-0,004858725	0,004977398	0,005257079	0,004977510	0,030588718	0,000854573	-0,005405599	0,000664005
56,000000000	-0,004836182	0,004977355	0,005239161	0,004977472	0,030625707	0,000855791	-0,005459763	0,000665262
57,000000000	-0,004802680	0,004977347	0,005218096	0,004977471	0,030569990	0,000854543	-0,005560805	0,000664849
58,000000000	-0,004686822	0,004977325	0,005363811	0,004977615	0,030570810	0,000854900	-0,005669012	0,000665691
59,000000000	-0,004687000	0,004977420	0,005475630	0,004977782	0,030544867	0,000854404	-0,005731480	0,000665702
60,000000000	-0,004777837	0,004977677	0,005661019	0,004978113	0,030536926	0,000854414	-0,005815641	0,000666178
61,000000000	-0,004640973	0,004977495	0,005635734	0,004977998	0,030523126	0,000854371	-0,005932226	0,000666767
62,000000000	-0,004609674	0,004977601	0,005782365	0,004978224	0,030487405	0,000853746	-0,006035076	0,000666877
63,000000000	-0,004569844	0,004977627	0,005862225	0,004978331	0,030483574	0,000853909	-0,006121254	0,000667499
64,000000000	-0,004632290	0,004977768	0,005944682	0,004978491	0,030454727	0,000853402	-0,006205001	0,000667617
65,000000000	-0,004535667	0,004977797	0,006090427	0,004978684	0,030443840	0,000853556	-0,006344904	0,000668498
66,000000000	-0,004505521	0,004977776	0,006090514	0,004978682	0,030382731	0,000852173	-0,006425449	0,000667960
67,000000000	-0,004428662	0,004977761	0,006149820	0,004978755	0,030389534	0,000852664	-0,006523286	0,000668902
68,000000000	-0,004391250	0,004977800	0,006239455	0,004978878	0,030367061	0,000852323	-0,006599820	0,000669135
69,000000000	-0,004440763	0,004978065	0,006465219	0,004979292	0,030358025	0,000852347	-0,006678942	0,000669651
70,000000000	-0,004384701	0,004978022	0,006483660	0,004979296	0,030336627	0,000852181	-0,006794472	0,000670220
71,000000000	-0,004235174	0,004977918	0,006542921	0,004979328	0,030302525	0,000851554	-0,006879628	0,000670291
72,000000000	-0,004180200	0,004977955	0,006688632	0,004979518	0,030258717	0,000850735	-0,006977310	0,000670298
73,000000000	-0,004229403	0,004978072	0,006710248	0,004979625	0,030285623	0,000851819	-0,007092089	0,000671801
74,000000000	-0,004256679	0,004978179	0,006829112	0,004979824	0,030245675	0,000851120	-0,007182700	0,000671879
75,000000000	-0,004127011	0,004977915	0,006838172	0,004979656	0,030219088	0,000850783	-0,007289119	0,000672303
76,000000000	-0,004121111	0,004977958	0,007008775	0,004979862	0,030191201	0,000850384	-0,007384142	0,000672629
77,000000000	-0,004111541	0,004978012	0,007110044	0,004980014	0,030187776	0,000850681	-0,007473493	0,000673458
78,000000000	-0,004090279	0,004977970	0,007071470	0,004979951	0,030146164	0,000849883	-0,007554502	0,000673425
79,000000000	-0,004092838	0,004978270	0,007268944	0,004980413	0,030108481	0,000849171	-0,007642506	0,000673490
80,000000000	-0,003858534	0,004978325	0,007284046	0,004980568	0,030077545	0,000848729	-0,007737631	0,000673810
81,000000000	-0,003904500	0,004978444	0,007334922	0,004980709	0,030069813	0,000848868	-0,007827027	0,000674530
82,000000000	-0,003907064	0,004978672	0,007491177	0,004981061	0,030030766	0,000848274	-0,007929329	0,000674799
83,000000000	-0,003801806	0,004978637	0,007528100	0,004981108	0,030039359	0,000848924	-0,008018425	0,000675920
84,000000000	-0,003744925	0,004978652	0,007573222	0,004981195	0,029977993	0,000847583	-0,008101172	0,000675519
85,000000000	-0,003697241	0,004978814	0,007742416	0,004981530	0,029998513	0,000848675	-0,008223183	0,000677168
86,000000000	-0,003689410	0,004978864	0,007774279	0,004981613	0,029929693	0,000847146	-0,008297163	0,000676594
87,000000000	-0,003763317	0,004978972	0,007796303	0,004981711	0,029905997	0,000846908	-0,008393054	0,000677105
88,000000000	-0,003614624	0,004979003	0,007934560	0,004981938	0,029892242	0,000846918	-0,008480709	0,000677759
89,000000000	-0,003555283	0,004979046	0,008009040	0,004982078	0,029874630	0,000846884	-0,008568920	0,000678398
90,000000000	-0,003492534	0,004979156	0,008142718	0,004982346	0,029846030	0,000846553	-0,008669453	0,000678888
91,000000000	-0,003499664	0,004979215	0,008176447	0,004982439	0,029810104	0,000846067	-0,008770414	0,000679280

a)



Frequency (MHz)	S1,1 Zr: 50Ω Mag	S1,1 Zr: 50Ω U(Mag)	S1,1 Zr: 50Ω Phase (°)	S1,1 Zr: 50Ω U(Phase) (°)	S2,1 Zr: 50Ω Mag	S2,1 Zr: 50Ω U(Mag)	S2,1 Zr: 50Ω Phase (°)	S2,1 Zr: 50Ω U(Phase) (°)
50,000000000	0,006875834	0,004978483	137,293734077	41,460552785	0,031113696	0,000861477	-9,057047366	1,210791682
51,000000000	0,006872129	0,004978476	135,873024513	41,482871152	0,031114650	0,000861472	-9,192229046	1,210943984
52,000000000	0,006970343	0,004978673	135,002450954	40,899379060	0,031091368	0,000860854	-9,383794862	1,211204017
53,000000000	0,006991902	0,004978714	134,769801459	40,773449474	0,031090375	0,000860753	-9,597816827	1,211280493
54,000000000	0,007041607	0,004978808	134,309761246	40,486042989	0,031068065	0,000860192	-9,737352516	1,211596029
55,000000000	0,007158498	0,004979051	132,744895619	39,826175109	0,031062681	0,000860011	-10,021766106	1,211751597
56,000000000	0,007130039	0,004978998	132,709584951	39,984902501	0,031108567	0,000861327	-10,108148232	1,212046934
57,000000000	0,007091844	0,004978975	132,626135266	40,200367762	0,031071640	0,000860291	-10,309609767	1,212227391
58,000000000	0,007122975	0,004979046	131,146502090	40,025081212	0,031091994	0,000860868	-10,505522043	1,212465974
59,000000000	0,007207670	0,004979213	130,562686071	39,555519972	0,031077946	0,000860505	-10,627478357	1,212723247
60,000000000	0,007407757	0,004979596	130,163993716	38,488690087	0,031085777	0,000860691	-10,782638258	1,212879831
61,000000000	0,007300694	0,004979399	129,471131375	39,052328794	0,031094253	0,000860899	-10,998428415	1,213045543
62,000000000	0,007394920	0,004979602	128,561683984	38,555721962	0,031078996	0,000860503	-11,197119971	1,213304950
63,000000000	0,007432978	0,004979687	127,937868762	38,358688212	0,031092090	0,000860856	-11,354274760	1,213497181
64,000000000	0,007536402	0,004979887	127,926882547	37,833042482	0,031080419	0,000860540	-11,516108656	1,213721958
65,000000000	0,007593785	0,004980021	126,675822472	37,547823821	0,031097994	0,000861014	-11,772685888	1,213910345
66,000000000	0,007575888	0,004980001	126,492571916	37,636493253	0,031054738	0,000859829	-11,941168012	1,214143044
67,000000000	0,007578478	0,004980027	125,758745630	37,623883098	0,031081780	0,000860546	-12,115022496	1,214296829
68,000000000	0,007629802	0,004980133	125,137400417	37,371213498	0,031075972	0,000860389	-12,261683267	1,214522642
69,000000000	0,007843433	0,004980573	124,483993290	36,355080890	0,031084046	0,000860603	-12,407735683	1,214716630
70,000000000	0,007827097	0,004980546	124,069290785	36,430867727	0,031088194	0,000860721	-12,624160209	1,214939896
71,000000000	0,007794005	0,004980491	122,914623055	36,585428305	0,031073659	0,000860312	-12,791123104	1,215133921
72,000000000	0,007887450	0,004980654	122,004179731	36,152457915	0,031052742	0,000859747	-12,984780451	1,215373606
73,000000000	0,007931515	0,004980785	122,222823993	35,950459985	0,031104930	0,000861110	-13,179663694	1,215452431
74,000000000	0,008047116	0,004981000	121,935852609	35,436450681	0,031086846	0,000860654	-13,359056227	1,215742084
75,000000000	0,007987040	0,004980775	121,112053181	35,701502514	0,031085761	0,000860598	-13,561218328	1,215912112
76,000000000	0,008130589	0,004980988	120,455231002	35,071428198	0,031081091	0,000860455	-13,743558082	1,216103780
77,000000000	0,008213251	0,004981139	120,039602459	34,718835761	0,031099115	0,000860988	-13,904960676	1,216380514
78,000000000	0,008169215	0,004981065	120,045942856	34,905780024	0,031078316	0,000860418	-14,068367533	1,216605633
79,000000000	0,008341995	0,004981518	119,382042295	34,184925465	0,031063299	0,000859955	-14,242715984	1,216741896
80,000000000	0,008242913	0,004981533	117,911240142	34,597198183	0,031056878	0,000859782	-14,426856847	1,216961460
81,000000000	0,008309405	0,004981695	118,027112423	34,321031269	0,031071788	0,000860170	-14,590055722	1,217133025
82,000000000	0,008448839	0,004982045	117,544539239	33,756168005	0,031059961	0,000859874	-14,790830572	1,217406332
83,000000000	0,008433625	0,004982040	116,794475244	33,817186984	0,031091128	0,000860769	-14,945535261	1,217686895
84,000000000	0,008448560	0,004982097	116,312194438	33,757705882	0,031053326	0,000859685	-15,122247151	1,217839391
85,000000000	0,008579895	0,004982407	115,525907516	33,242213973	0,031105168	0,000861120	-15,329348042	1,218059652
86,000000000	0,008605298	0,004982486	115,387438105	33,144442268	0,031058484	0,000859831	-15,494532907	1,218284330
87,000000000	0,008657072	0,004982616	115,766851125	32,946723555	0,031061424	0,000859882	-15,676661865	1,218449154
88,000000000	0,008719102	0,004982772	114,491851056	32,713000535	0,031071990	0,000860155	-15,839135503	1,218638111
89,000000000	0,008762691	0,004982886	113,936851730	32,550726898	0,031079252	0,000860390	-16,004444167	1,218918812
90,000000000	0,008860115	0,004983126	113,215219506	32,193694503	0,031079655	0,000860373	-16,197130946	1,219089157
91,000000000	0,008893927	0,004983221	113,171780766	32,071678675	0,031073501	0,000860208	-16,394381720	1,219319707

b)

Şekil 2. 30 dB RF zayıflatıcı için VNA Tools üzerinden alınan yansıma ve iletim katsayısı ölçümlerinin gerçel & sanal bileşen ölçümleri (a) ve lineer genlik & faz bileşen ölçümleri (b)

Tablo 2'deki $|\text{Genlik}|$ değeri denklem (3) ile elde edilmiştir. Tablo 2'deki c_{re} değeri denklem (4) denklemindeki $(\frac{re}{|\text{Genlik}|})$ ifadesinin, c_{im} değeri (4) denklemindeki $(\frac{im}{|\text{Genlik}|})$ ifadesine karşılık gelmektedir. Bu bileşenlerden yola çıkarak elde edilen bileşik belirsizlik (u_{Genlik}) değeri ise denklem (4) kullanılarak elde edilmiştir. Benzer işlemler yansıma katsayısının faz ve faz belirsizliğinin hesaplanması için uygulanmıştır ve Tablo 3 elde edilmiştir.

Tablo 3'teki θ değeri denklem (5) ile elde edilmiştir. Tablo 3'teki $c_{\theta re}$ değeri denklem (6)'daki $(\frac{-im}{|\text{Genlik}|^2})$ ifadesinin, $c_{\theta im}$ değeri (6) denklemindeki $(\frac{re}{|\text{Genlik}|^2})$ ifadesine karşılık gelmektedir. Bu bileşenlerden yola çıkarak elde edilen bileşik belirsizlik (u_θ) değeri ise denklem (6) kullanılarak elde edilmiştir. Faz için hem derece hem de radyan cinsinden hesaplamalar yapılmıştır. Verilen hesaplamalarda yansıma katsayısı ölçümleri örnek olarak alınmıştır. Benzer işlemler iletim katsayısı ölçümlerinin gerçel ve sanal bileşenleri referans alınarak gerçekleştirilebilir.

Tablo 1. 30 dB Zayıflatıcının Giriş Yansıma Katsayısı Vektörel Değerleri ve Belirsizlikleri

Frekans (MHz)	re	u_{re}	im	u_{im}
50	-0,005053	0,004977	0,004663	0,004977
55	-0,004859	0,004977	0,005257	0,004978
60	-0,004778	0,004978	0,005661	0,004978
65	-0,004536	0,004978	0,006090	0,004979
70	-0,004385	0,004978	0,006484	0,004979
75	-0,004127	0,004978	0,006838	0,004980
80	-0,003859	0,004978	0,007284	0,004981
85	-0,003697	0,004979	0,007742	0,004982
90	-0,003493	0,004979	0,008143	0,004982

Tablo 2. 30 dB Zayıflatıcının Giriş Yansıma Katsayısı İçin Hesaplanan Lineer Genlik ve Genlik Belirsizlik Değerleri

Frekans (MHz)	Gerçel Bileşen Duyarlılık Katsayısı c_{re}	Sanal Bileşen Duyarlılık Katsayısı c_{im}	S_{11} Genliği $\lvert$Genlik$\rvert$	Lineer Genliğin Belirsizliği $u_{Genlik}(k=1)$
50	-0,734840	0,678240	0,006876	0,004977
55	-0,678735	0,734383	0,007158	0,004977
60	-0,644978	0,764202	0,007408	0,004978
65	-0,597287	0,802028	0,007594	0,004978
70	-0,560195	0,828361	0,007827	0,004979
75	-0,516713	0,856158	0,007987	0,004979
80	-0,468103	0,883674	0,008243	0,004980
85	-0,430919	0,902391	0,008580	0,004981
90	-0,394186	0,919031	0,008860	0,004982

Tablo 3. 30 dB Zayıflatıcının Giriş Yansıma katsayısı (S_{11}) İçin Hesaplanan Faz ve Faz Belirsizlik Değerleri

Frekans (MHz)	Yansıma Katsayısı Fazı θ (rad)	Yansıma Katsayısı Fazı θ (°)	Gerçel Bileşen Duyarlılık Katsayısı $c_{\theta re}$	Sanal Bileşen Duyarlılık Katsayısı $c_{\theta im}$	Yansıma Katsayısı Faz Belirsizliği u_θ(k=1) (rad)	Yansıma Katsayısı Faz Belirsizliği u_θ(k=1) (°)
50	2,396	137,294	-98,641	-106,873	0,724	41,473
55	2,317	132,745	-102,589	-94,815	0,695	39,839
60	2,272	130,164	-103,162	-87,068	0,672	38,502
65	2,211	126,676	-105,616	-78,655	0,656	37,560
70	2,165	124,069	-105,832	-71,571	0,636	36,443
75	2,114	121,112	-107,193	-64,694	0,623	35,713
80	2,058	117,911	-107,204	-56,789	0,604	34,607
85	2,016	115,526	-105,175	-50,224	0,580	33,251
90	1,976	113,215	-103,727	-44,490	0,562	32,202

5. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Gerçel ve sanal değerlerin kendileri ve belirsizlik değerleri ile hesaplanan genlik, faz değerli ve genlik ve faz değerleri belirsizliklerinin Microsoft Excel ile hesaplaması ve VNA Tools ile elde edilen hesaplamalarının karşılaştırması yapılarak, bu çalışmada önerilen belirsizlik hesap formüllerinin geçerlemesi (validasyonu için) yapılmıştır (Tablo 4). Microsoft Excel hesapları ve VNA Tools hesapları

lineer genlik, genlik belirsizliği ve fazın 10^{-6} seviyesinde, faz belirsizlik değerinin ise 10^{-2} seviyesinde farka sahip olduğunu göstermektedir. Bu farklar kabul edilebilir bir farktır ve bu çalışmada önerilen Microsoft Excel'de kullanılan belirsizlik hesaplama formüllerinin doğruluğunu gösterir. Farklar Microsoft Excel ve VNA Tools'un hesaplamadaki ondalık yuvarlamalardan ve açı birimlerinin radyandan dereceye geçişlerinden gelmektedir.

Tablo 4. 30 dB Zayıflatıcının VNA Tools ve MS Excel ile Hesaplanan Genlik ve Faz Belirsizlikleri Farkı

Frekans (MHz)	Yansıma Katsayısı Genlik Belirsizliği (k=1) @ MS Excel	Yansıma Katsayısı Genlik Belirsizliği (k=1) @ VNA Tools	Yansıma Katsayısı Genlik Belirsizlikleri Arası Fark	Yansıma Katsayısı Faz (°) Belirsizliği (k=1) @ MS Excel	Yansıma Katsayısı Faz (°) Belirsizliği (k=1) @ VNA Tools	Yansıma Katsayısı Faz (°) Belirsizlikler i Arası Fark
50	0,004977	0,004978	-0,000001	41,472802	41,460553	0,012250
55	0,004977	0,004979	-0,000002	39,839077	39,826175	0,012902
60	0,004978	0,004980	-0,000002	38,501571	38,488690	0,012881
65	0,004978	0,004980	-0,000002	37,560305	37,547824	0,012481
70	0,004979	0,004981	-0,000002	36,442956	36,430868	0,012089
75	0,004979	0,004981	-0,000002	35,712872	35,701503	0,011370
80	0,004980	0,008243	-0,000001	34,607327	34,597198	0,010129
85	0,004981	0,008580	-0,000001	33,251448	33,242214	0,009234
90	0,004982	0,008866	-0,000001	32,201953	32,193695	0,008259

KAYNAKLAR

[1] JCGM 100:2008 (2008), "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of the uncertainty in measurement", 1st ed., Bureau Int. des Poids et Measures, 134 pp.
[2] Keysight Technologies Application Note 5965-7707 (2022), "Understanding the Fundamental Principles of Vector Network Analysis", https://www.keysight.com/us/en/assets/7018- 06841/application-notes/5965-7707.pdf, Published in USA.
[3] Keysight Technologies Application Note 5965-7709 (2022), "Applying Error Correction to Vector Network Analyzer Measurements", https://www.keysight.com/us/en/assets/7018-06761/application-notes/5965-7709.pdf, Published in USA.
[4] National Instrument Application Note Application Note (2018), "NI-488.2 GPIB Adapter User Manual", https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/ni-488.2-user-manual/resource/370428w.pdf.
[5] TS EN ISO/IEC 17025 (2017), "Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar" standardı, https://intweb.tse.org.tr.
[6] TÜBİTAK UME (2013), "Metroloj Kitabı", https://www.ume.tubitak.gov.tr, ISBN 978-975-403-731-9, 508 pp.
[7] TÜBİTAK UME (2020), "Genel Belirsizlik Eğitimi Dokümanı".
[8] TÜBİTAK UME (2021), "G1MD050 VNA Kullanımı ve VNA İzlenebilirliği Eğitim Dokümanı".
[9] Wollensack, M. (2020), "METAS VNA Tools - User Manual V2.4.3", Federal Institute of Metrology METAS, www.metas.ch/vnatools, 83 pp.
[10] Zeier, M., Allal, D., Judaschke, R. (2018), "Guidelines on the Evaluation of Vector Network Analysers (VNA)", EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0 (03/2018) ISBN 978-3-942992-51-0, Braunschweig, EURAMET.

HİDROLİK TEST MAKİNELERİNDE TEKRARLANAN HAREKETLER İÇİN POZİSYON DOĞRULUĞUNUN İYİLEŞTİRİLMESİ

Serkan ANLAK
Bursa Teknik Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Mekatronik Mühendisliği ABD
anlakserkan@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5197-732X

Ekrem DÜVEN
Bursa Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
ekrem.duven@btu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4957-6126

Özet
İmalat sanayiinde, üretilen ürünlerin dayanım ve performans seviyelerini belirlemek için çeşitli mekanik testler uygulanmaktadır. Söz konusu testlerin çoğunda aynı test işlemleri çok fazla sayıda tekrar ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle testlerde kullanılan makinelerin her işlemde aynı uygulamayı yapması yani doğruluğunun kesin olması gereklidir. Bu çalışmada, sözü edildiği şekilde mekanik testlerde kullanılan hidrolik test sistemlerinin pozisyon doğruluğunun iyileştirilmesi için mevcut denetim yapısının üzerinde geliştirmeler yapılmıştır. Mevcut uygulamalarda bu türden sistemler üzerinde sabit katsayılı PID tipi denetim kullanılırken çalışmamızda ilgili denetim katsayıları bulanık mantık tabanlı bir çıkarım ile güncellenmektedir. Bu sayede sistem performansı üzerinde anlamlı iyileşmeler elde edilmiştir. Geliştirilen yöntem gerçek bir hidrolik test sistemi düzeneği üzerinde denenmiş ve bu kurgu özelinde elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Son olarak sonuçlar yorumlanmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik piston, endüstriyel kontrol, bulanık mantık.

IMPROVEMENT OF POSITION ACCURACY FOR REPETITIVE MOTIONS IN HYDRAULIC TESTING MACHINES

Abstract
In the manufacturing industry, various mechanical tests are applied to determine the strength and performance levels of the products produced. In most of these tests, the same test operations are performed with too many repetitions. For this reason, it is necessary for the machines used in the tests to perform the same application in every process, that is, the accuracy must be certain. In this study, improvements were made on the existing control structure in order to improve the position accuracy of hydraulic test systems used in mechanical tests as mentioned. In current applications, fixed coefficient PID control is generally used on these test systems, while in our study, the relevant control coefficients are updated with a fuzzy logic-based inference. In this way, significant improvements have been achieved on system performance. The developed method has been tested on a real hydraulic test system setup and the results obtained in this setup are presented. Finally, the results were interpreted and suggestions were made for future studies.

Keywords: Hydraulic piston, industrial control, fuzzy logic.

1. GİRİŞ

Endüstride bir ürünün tamamının ya da onu oluşturan alt bileşenlerinin dayanım ve/veya performansının belirlenebilmesi hem üretimin ekonomikliği hem de kalite döngüleri açısından büyük önem arz etmektedir. Bu belirleme işleminin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan sistemler test sistemleridir. Test sistemlerinin çalışması esnasında ürün üzerine gerçek koşullarda maruz kalabileceği maksimum yükler dikkate alınarak belirlenen test profilleri uygulanmaktadır. Bu testlerde sıklıkla yüksek yük uygulanmasına ihtiyaç duyulduğundan gereksinimin karşılanması için hidrolik eyleyiciler kullanılması yaygın bir durumdur. Hidrolik test sistemlerinin ürüne uygulayacağı test profilleri genellikle konum ya da kuvvet büyüklüğü cinsinden olmaktadır. Bu test profili yapıda yer alan denetim organı için referans işaret anlamına gelmektedir. Çalışmamızda, sözü edilen büyüklüklerden konum bazlı test profilleri

üzerinden denemeler gerçekleştirilmiştir. Hidrolik sistemler, yüksek kuvvet sağlamalarının yanı sıra yüksek kuvvetlerde hassas konumlandırmaya imkân vermeleri, doğrusal veya açısal hareketleri kolayca üretilebilmeleri, ters yönde ani hareketleri yapabilmeleri, mekanik ve pnömatik sistemlere göre daha az yer kaplamaları gibi nedenlerle birçok endüstriyel uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır (Demirel, 2016). Bir hidrolik sistem akışkana uygulanan basıncın uyguladığı kuvvetin şekline ve tekniğine bağlı olarak bazen ağır yüklerin kaldırılmasında, bazen belirli yüklerin preslenmesinde, bazen de tekrarlanan hassas işlerin yapılmasında kullanılabilir. Tipik uygulama alanları olarak; takım tezgâhları, presler, enjeksiyon makinaları, test ekipmanları, endüstriyel robotlar, kaldırma ve iletme makinaları (forklift vb.), iş makinaları (beton pompaları, greyderler, mobil vinçler, ekskavatörler vb.), tarım makinaları gibi çeşitli örnekler gösterilebilir (Çınar ve ark., 2013). Hidrolik sistemlerde basınç miktarını ve dolayısıyla uygulanan kuvveti servo valfler belirlemektedir. Günümüzde bu servo valflerin kontrolü elektrik sinyalleri ile yapılmaktadır. Dolayısıyla servo valf, elektrik sistemi ile hidrolik sistem arasında bir arayüz görevi görmektedir (Eryılmaz ve Wilson, 2000).

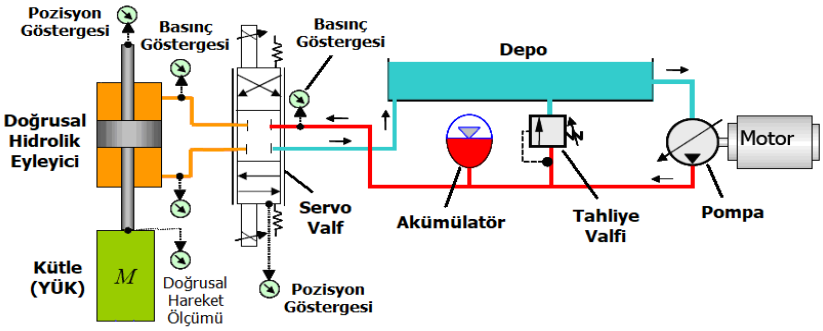
Günümüzde hidrolik sistemlerin kontrolü için endüstride yaygın olarak PID denetim yapısı kullanılmaktadır. Ancak hidrolik sistemler doğaları gereği doğrusal olmayan modellere sahip olduklarından daha etkin bir şekilde denetlenebilmeleri için klasik matematik temelli deterministik yaklaşımlar yanında bulanık mantık gibi destekleyici yöntemler kullanılarak verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalar da yapılmıştır (Jian ve ark., 2009). Bir diğer çalışmada ise bulanık mantık kullanımı ile mekanik sistemin dinamik modelinin yanı sıra sistemde kullanılan servo valf, hidrolik silindir, pompa vb. gibi elemanların özellikleri de göz önünde bulundurarak hassas konum kontrolü yapmayı ve ayrıca sistemde darbe, titreşim gibi istenmeyen sonuçların önlenmesi amaçlanmıştır (Jones ve ark., 2010). Ayrıca literatürdeki çalışmalar, doğrusal olmayan sistemlerde pozisyon kontrolü için bulanık mantık tabanlı PID denetleyici kullanımının referans izlemede standart PID denetleyiciye göre daha başarılı olduğunu göstermektedir (Özdemir ve ark., 2022). Benzer şekilde Jian ve ark. (2009)'nın, çalışmalarında geliştirdikleri PID-Fuzzy hibrid sistem ile Çınar ve ark. (2013)'ün çalışmalarında geliştirdikleri katsayıları kendinden ayarlamalı PID denetimin kullanıldığı sistemlerde pozisyon takip etme yeteneğinin arttığı da belirtilmektedir.

Bu çalışmada, yukarıda yer verilen literatür çalışmalarına benzer şekilde, bulanık mantık tabanlı bir yaklaşım geliştirilerek, bir hidrolik sistemin mevcut denetim yapısı hibritleştirilmiş ve böylece sistemin performansı (hidrolik pistonun uç noktasının pozisyon doğruluğu) iyileştirilmiştir. Yapılan iyileştirmelerin test edilebilmesi için laboratuvar ortamında örnek bir hidrolik test sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemde geleneksel (standart) denetleyici olarak PID tipi denetim etkisinin kullanıldığı endüstriyel kontrol sistemi kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

İmalat sanayiinde, üretilen ürünlerin dayanım ve performans seviyelerini belirlemek için çok çeşitli mekanik testler uygulanmaktadır. Özellikle üretim öncesi ARGE aşamalarında, geliştirilen ürünlerin teknik isterleri sağlama konusundaki uygunluğunun sınanması, üretim sonrasında da ürünlerin kalite kontrolünün gerçekleştirilmesi gibi safhalarda (bu süreç içerisindeki denemelerde) aktif olarak kullanılmaktadır (Aydoğdu ve Çatkafa, 2019). Kuvvetin, dolayısıyla hareketin akışkanlar vasıtasıyla esnek bir şekilde ve değişik kanallardan iletilebilir olması nedeniyle hidrolik sistemler bu türden test sistemlerinde genellikle de çoklu tekrar gerektiren deplasman/yük kontrollü hareketlerin gerçeklenmesinde rol almaktadır. Koltuk test makinesi, amortisör test makinesi, rot kol test makinesi, motor takoz test makinesi endüstride sıklıkla karşılaşılan hidrolik temelli test makinelerine birkaç örnek olarak sayılabilir. Hidrolik test sistemlerinin yer aldığı birçok uygulamada, piston uç noktasından elde edilen hareketin bir sinüzoidal işareti takip ediyor gibi davranacağı şekilde bir denetim gerçekleştirilmektedir. Bu testlerin çoğunda aynı işlemler çok sayıda (bazen milyon ile ifade edilen büyüklükte) tekrar ile gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla testlerde kullanılan makinelerin her işlemde aynı uygulamayı yapması yani doğruluğunun kesin olması gereklidir. Bu durum denetimin sağlaması gereken hassasiyeti ortaya koymaktadır. Bu amaçla, yaptığımız çalışmada hidrolik test sistemlerinin pozisyon doğruluğunun iyileştirilmesi için sistemde mevcutta kullanılan denetim yapısı korunmuş sadece bu yapı üzerinde düzenlemeler yapacak bir destek yöntemi geliştirilerek uygulanmıştır. Temel olarak bir hidrolik sistemin temel bileşenleri Şekil 1'deki blok diyagram üzerinde olduğu gibi

özetlenebilir. Böyle bir sistemde motor ve pompa ikilisi hidrolik basıncın oluşmasını sağlamaktadır. Üretilen hidrolik basıncı (gücü), değerinin ayarlanması ve akış yönünün belirlenmesi gibi denetim eylemleri için (servo) valf elemanına uygulanmaktadır. Servo valf üzerinde yönü ve şiddeti ayarlanmış hidrolik basıncı (gücü) hidrolik silindir (burada doğrusal eyleyici gibi çalışmaktadır) üzerinde tekrar mekanik güce ve dolayısıyla doğrusal bir öteleme hareketine dönüşmektedir. Bu hareket de silindire bağlı pistonun ucundaki kütle/yükü hareket ettirmektedir.

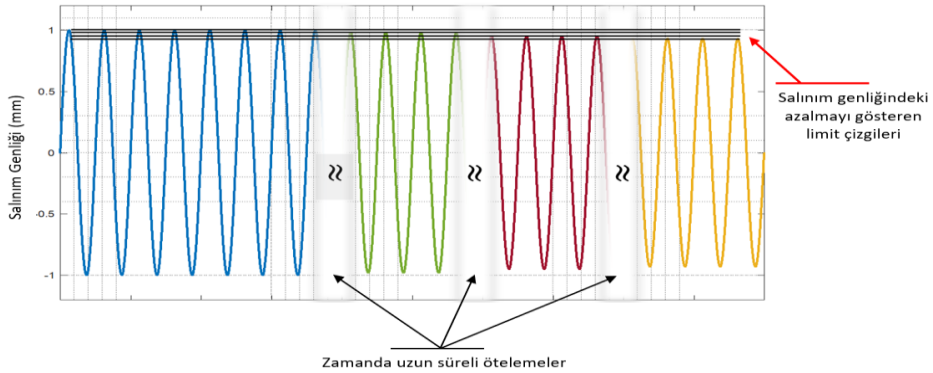


Şekil 1. Hidrolik sistem temel yapı blok diyagramı

Hidrolik sistemlerde (özellikle de test makinelerinde) asıl denetlenmek istenen silindirin uç noktasının konumunun doğru ve hassas şekilde belirlenmesidir. Bunu sağlamak için de gerçekte denetlenen eleman ise servo valf (ya da teknikte kullanılan diğer ismiyle elektrohidrolik servo valf) olmaktadır. Servo valfler, ağır yükleri hızlı ve yüksek hassasiyette hareket ettirme kabiliyetleri ile genel olarak bu türden sistemlerde tercih edilmektedir. İsminde geçen servo kelimesi aslında elemanın denetiminde kullanılan fiziksel büyüklüğün kuvvetlendirilerek kullanıldığını ifade etmektedir. Çalışmamızda kullanılan türde bir servo valfte bu büyüklük elektriksel boyuttadır. Yani denetim amaçlı oluşturulan küçük bir elektriksel gerilim/akım değeri ile büyük kuvvetler elde edilebilmektedir.

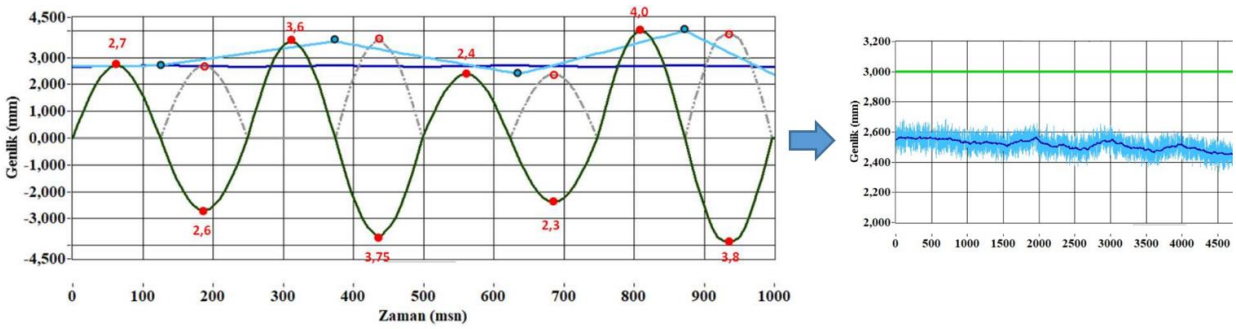
2.1. Örnek Bir Hidrolik Test Sistemi Düzeneği ve Standart Denetim Yapısı

Mevcut uygulamalarda bu yapılarda yoğunlukla PID denetim kullanımı tercih edilmektedir. Denetleyici yapısı olarak da firmaların hazır olarak piyasaya sürdükleri denetçi elemanları kullanılmaktadır. Böyle bir test sistemi üzerinde kullanıcı başlangıç olarak, endüstriyel denetçi üzerinde uygulanması gereken uç nokta hareketi frekans ve salınım mesafesini (genliğini) set etmektedir. Endüstriyel denetçi sistemi bu değerlere göre gerekli denetim (PID) katsayılarını otomatik olarak ayarlayarak uygulamaktadır. Ancak set edilen değerlerin (frekans ve salınım genliğinin) değiştirilmesi ya da sistemin çalışma ortamında (yağ sıcaklığı, viskozitesi, yükün niteliği gibi) değişimler olması gibi durumlarda sistem çıkışı üzerinde arzu edilmeyen (çıkışın istenen genlikte salınım yapmaması gibi) kaymalar oluşmaktadır. Bu kaymaların küçük olması halinde (ayarlama/çıkarım için kullanılan look-up tablosunda yeni bir veri hücresine geçilmediği için) denetçi parametre değerlerinde ilave bir düzeltme yapılamamakta olup bu da sistem çıkışında (piston uç noktasında) set edilen salınım genliği değerlerinde Şekil 2'de örnek olarak gösterildiği şekilde sapmaların oluşması ile sonuçlanmaktadır.



Şekil 2. Salınım genliğinde oluşan kaymayı gösteren örnek çizim

Çıkış genliğinde oluşan bu sapmalardan, performans karşılaştırması yapabilmek için Şekil 3'teki grafik ve akabindeki yöntemle açıklanan bir veri çıkarımı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çıkarım yöntemi ilerleyen bölümlerde yer verilen ve elde edilen sonuçların mevcut durum ile karşılaştırılmasının yapıldığı grafiklerde de kullanılmıştır.



a. **b.**

Şekil 3. a. 4 Hz frekans ve ±3 mm genlik girişi olan örnek bir çıkış işareti üzerinde gerçekleştirilen veri çıkarımı işlemi, **b.** Elde edilen örnek sonuç grafiği

Örnek olarak 4 Hz frekanslı ±3 mm genlikli salınım hareketi yapması beklenen bir sistemin çıkışının Şekil 3'teki gibi olduğu kabulüyle;

- (Koyu Yeşil Renkli Çizim) Pistonun uç noktasından elde edilen salınım işaretinin orijinal halidir. Öncelikle bu işaret üzerinde her bir periyot için pozitif ve negatif alternansın maksimum genlik değerleri (kırmızı içi dolu noktalar) tespit edilmektedir.
- (Gri Renkli Kesikli Çizim) Orijinal işaretin bir nevi doğrultulmuş halini göstermektedir. Böylece negatif alternansta elde edilen genlik tepe değerleri (kırmızı içi boş noktalar) hesaba doğru şekilde katılmış olmaktadır.
- (Açık Mavi Renkli Çizim) Her bir periyot içinde bulunan iki adet genlik tepe değerinin (içi dolu ve boş noktaların) aritmetik ortalaması hesaplanıp bu değer periyodun tam ortasında işaretlenmektedir (mavi noktalar ile gösterilen). Sonrasında bu noktalar birleştirilerek bir salınım tepe değerleri sapma eğrisi oluşturulmaktadır.
- (Koyu Mavi Renkli Çizim) Açık mavi renkli salınım eğrisine temel oluşturan (içi dolu ve boş) noktaların hareketli ortalaması alınarak bir nevi salınım genliği sapmalarının oturma değeri grafiği bulunmaktadır.
- (Açık Yeşil Renkli Çizim) Olması gereken salınım genliği set değerini göstermektedir.

Şekildekine benzer kaymaların oluştuğu çoğu durumda, daha önce de bahsedildiği nedenlerle, sistemde kullanılan endüstriyel denetçi bu değişimleri kompanze etmekte yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak bir insan operatörün manuel olarak denetçi katsayı ayarlamalarını yeniden yapması gerekmektedir. Proses üzerinde yapılan incelemeler ve edinilen tecrübeler sonucunda; sadece endüstriyel denetçinin kullandığı orantı denetim katsayısı (Kp) üst sınır değerinin ayarlanmasının bile sonuç üzerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. İlave olarak bu orantı denetim katsayısı (Kp) için iki farklı değer belirleyip uygulanması gerekliliği görülmüştür. Buna göre; pistonun ileri yönlü hareketinde (sinüs dalgasının yükselen kısmında) geçerli olacak ve Kpf ile gösterilen ile geri yönlü hareketinde (sinüs dalgasının düşen kısmında) geçerli olacak ve Kpb ile gösterilen iki farklı üst sınır değeri belirlenmesi gerekmektedir. Bunun nedeni, hidrolik sistemdeki pistonun ileri yönlü hareketinde sıvı kaçakları oluşması ve bu nedenle ileri yönlü hareketle geri yönlü hareketin aynı eyleme ile sağlanamamasıdır. Bu şekilde özel üst sınır değerler belirlenmesinin de sonuç üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu şekildeki bir değer belirleme işleminin ister kullanıcı ister ortam kaynaklı olsun sistemdeki her parametre değişiminde operatör tarafından hesaplanarak manuel olarak denetim sistemine girilmesi gerekmektedir. Pratikte bazı durumlarda 24 saat ve günler boyu aralıksız çalıştırılabilen bu türden bir sistemde böyle bir işlemin uygulanabilirliği düşük olmaktadır. İşte bu sebeple belirtilen işlemi otomatik olarak gerçekleştirebilecek ve mevcut parametre değişimlerine karşı belirli bir matematiksel modele bağlı olmaksızın sonuç üretebilecek nitelikte ilave bir hesaplama mekanizması oluşturulmasına ihtiyaç duyulmuştur.

2.2. Bulanık Mantık Temelli Hesaplama Yaklaşımı

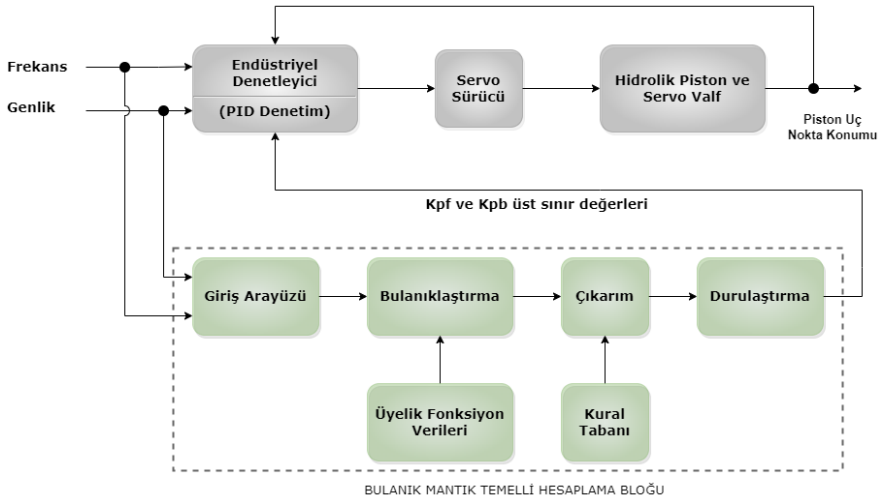
Çalışmamızda gerçekleştirilen tüm bulanık mantık tasarımı, gerçeklemesi ve elde edilen çıktıların sistem üzerinde uygulanması işlemleri NI-LabVIEW programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu program aynı zamanda gerçek deneysel test düzeneği üzerinden veri toplama ve değerlendirme işlemlerinde de kullanılmıştır. Hidrolik test sistemindeki mevcut denetleyicinin Kp orantı katsayısı üst sınır değerlerini belirleyecek olan bulanık mantık temelli hesaplama bloğu giriş olarak aynı zamanda standart PID denetleyicinin de girdi parametreleri olan aşağıdaki büyüklükleri kullanmaktadır;

i.Piston uç noktasında oluşması istenilen hareketin (salınımın) frekans değeri,
ii.Piston uç noktasında oluşması istenilen hareketin (salınımın) genlik değeri,

Bulanık mantık temelli hesaplama bloğundan çıkış olarak da hidrolik sistemdeki endüstriyel denetim birimine giriş olacak 2 adet parametre elde edilmektedir;

i.Pistonun ileri yönlü hareketinde geçerli olacak orantı denetim katsayısı Kpf için üst sınır değeri,
ii.Pistonun geri yönlü hareketinde geçerli olacak orantı denetim katsayısı Kpb için üst sınır değeri,

Tüm bu tanımlamaların ardından, bulanık mantık temelli hesaplama bloğu ilave edilmiş durum için hidrolik test makinesi deneysel düzeneğinin denetimine ilişkin blok diyagram Şekil 4'teki gibi olmaktadır (şekil üzerinde gri renkli bloklar standart denetim yapısına, yeşil renkli bloklar ise ilave yapıya aittir):



Şekil 4. Hidrolik test makinesi deneysel düzeneğinin denetimine ilişkin blok diyagram

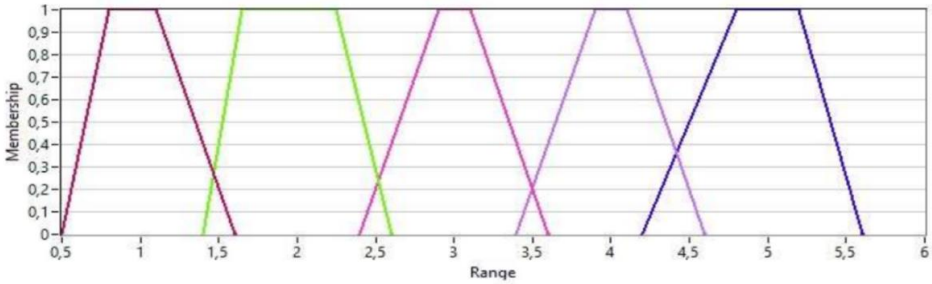
Blok diyagram incelendiğinde iki ana işlev bloğu göze çarpmaktadır. Bunlardan ilki, düzenekte pistonun hareketini sağlayan servo valfi denetleyen endüstriyel denetleyici (PID) bloğudur. Hidrolik piston uç noktasından (sistem çıkışından) alınan geribesleme bu temel denetim yapısını tamamlamaktadır. Diğeri ise bu temel denetleyicide geçerli olan iki farklı orantı denetim katsayısının (Kp) üst limit değerini belirleyen bulanık mantık temelli ilave hesaplama birimi bloğudur. Bulanık mantık temelli hesaplama bloğunun çıkış parametreleri olan Kpf ve Kpb üst sınır değerleri de endüstriyel denetleyici birimine yardımcı girdi olarak gönderilmektedir.

2.3. Giriş ve Çıkış Parametreleri ile Üyelik Fonksiyonları

Bulanık mantık temelli hesaplama kısmına ait olan giriş ve çıkış parametreleri için belirlenen değer aralıkları ile üyelik fonksiyonu sayıları ve tipleri Tablo 1'de belirtildiği gibidir:

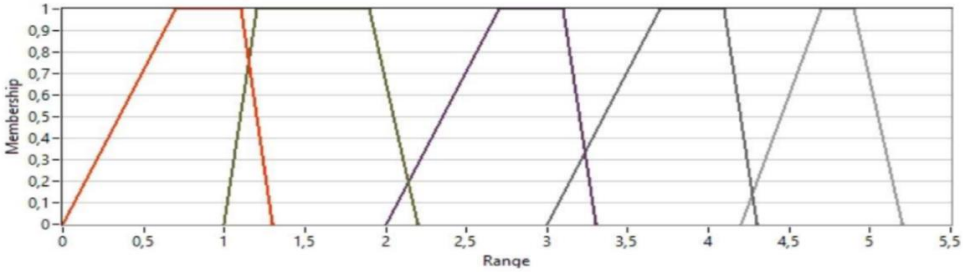
Tablo 1. Giriş-Çıkış Parametreleri, Değer Aralıkları ve Üyelik Fonksiyonları

	Parametre İsmi	Değer Aralığı	Üyelik Fonksiyonları	
			Sayısı	Tipi
Giriş Parametreleri	Frekans	0.5 – 5 (Hz)	5	trapezoidal
	Genlik (mesafe)	0.5 – 5 (mm)	5	trapezoidal
Çıkış Parametreleri	Kpf (üst limit)	0.1 – 1.75	16	üçgen
	Kpb (üst limit)	0.1 – 1.98	18	üçgen



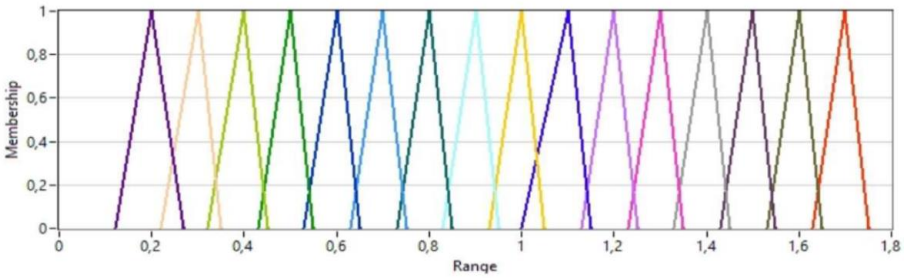
Şekil 5. Frekans giriş parametresi için üyelik fonksiyonları ve tanımlayıcı noktaları

Frekans isimli giriş parametresi için trapezoidal şekilli üyelik fonksiyonları belirlenmiş olup bunların grafiksel gösterimi ve tanımlayıcı noktaları Şekil 5 üzerinde verilmiştir. Genlik isimli giriş parametresi için de benzer şekilde trapezoidal şekilli üyelik fonksiyonları tanımlanmış olup bunların grafiksel gösterimi ve tanımlayıcı noktaları da Şekil 6 üzerinde gösterilmiştir.



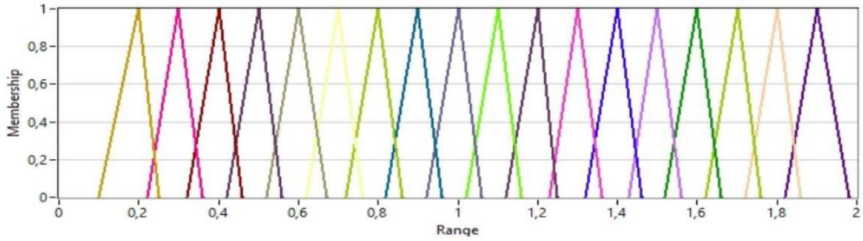
Şekil 6. Genlik giriş parametresi için üyelik fonksiyonları ve tanımlayıcı noktaları

Bulanık mantık temelli hesaplama bloğunun çıkış parametrelerinden olan Kpf üst limit için üçgen şekilli üyelik fonksiyonları belirlenmiş olup bunların grafiksel gösterimi ve tanımlayıcı noktaları Şekil 7 üzerinde verilmiştir.



Şekil 7. Kpf üst limit çıkış parametresi için üyelik fonksiyonları ve tanımlayıcı noktaları

Diğer çıkış parametresi olan Kpb üst limit için de benzer şekilde üçgen şekilli üyelik fonksiyonları belirlenmiş olup bunların grafiksel gösterimi ve tanımlayıcı noktaları Şekil 8 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 8. Kpb üst limit çıkış parametresi için üyelik fonksiyonları ve tanımlayıcı noktaları

2.4. Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması

Üyelik fonksiyonları yukarıdaki gibi belirlenen giriş ve çıkış parametreleri için toplam 25 adet kural içeren bir kural tabanı oluşturulmuştur. Bu kural tabanını gösteren kurallar listesi, birbirini takip eden satırlar çoğu zaman belirli bir mantık çerçevesinde ilerlediğinden, içerisinden sadece bazı satırlar örnek verilmek suretiyle Tablo2'deki gibi gösterilebilir.

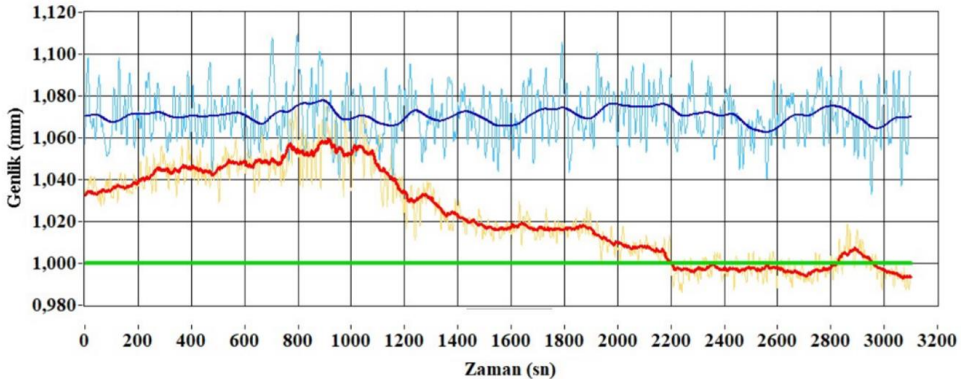
Tablo 2. Bulanık Kural Tabanını Oluşturan Kurallar Listesi

Sıra	Kural
1	IF 'frekans' IS 'f1' AND 'genlik' IS 'm1' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,2' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,2'
2	IF 'frekans' IS 'f2' AND 'genlik' IS 'm1' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,4' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,3'
3	IF 'frekans' IS 'f3' AND 'genlik' IS 'm1' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,5' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,4'
4	IF 'frekans' IS 'f4' AND 'genlik' IS 'm1' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,7' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,5'
5	IF 'frekans' IS 'f5' AND 'genlik' IS 'm1' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,7' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,6'
6	IF 'frekans' IS 'f1' AND 'genlik' IS 'm2' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,6' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,4'
7	IF 'frekans' IS 'f2' AND 'genlik' IS 'm2' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u0,7' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a0,5'
…	….. ….. …..
14	IF 'frekans' IS 'f4' AND 'genlik' IS 'm3' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1,3' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1,2'
15	IF 'frekans' IS 'f5' AND 'genlik' IS 'm3' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1,6' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1,6'
16	IF 'frekans' IS 'f1' AND 'genlik' IS 'm4' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1'
17	IF 'frekans' IS 'f2' AND 'genlik' IS 'm4' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1,2'
…	….. ….. …..
23	IF 'frekans' IS 'f3' AND 'genlik' IS 'm3' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1,6' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1,8'
24	IF 'frekans' IS 'f4' AND 'genlik' IS 'm4' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1,7' ALSO 'Kpb üst limit' IS
25	IF 'frekans' IS 'f5' AND 'genlik' IS 'm5' THEN 'Kpf üst limit' IS 'u1,7' ALSO 'Kpb üst limit' IS 'a1,9'

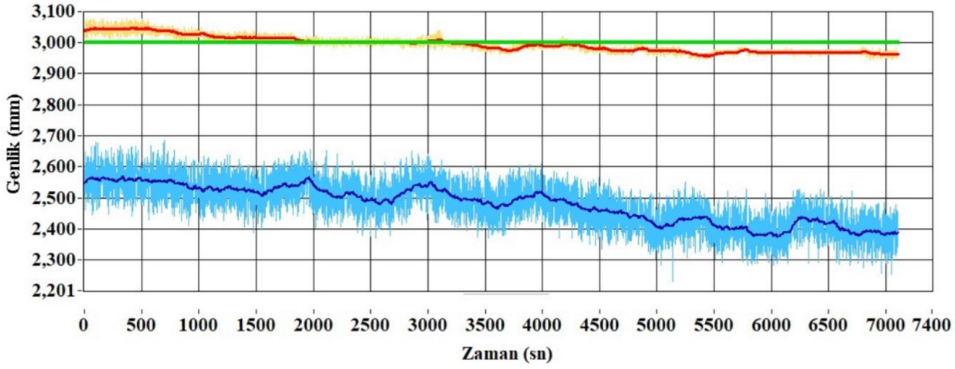
3. SONUÇ

Çalışmada geliştirilen bulanık mantık temelli hesaplama eklentisinin performansını karşılaştırmak amacıyla, hazırlanmış olan gerçek hidrolik test makinesi düzeneği üzerinde farklı giriş parametresi değerleriyle önce bulanık mantık eklentisinin devreye alınmadığı durum (standart PID denetim uygulaması) için ve ardından da bulanık mantık eklentisinin etkin olduğu durum için denemeler gerçekleştirilmiştir. Farklı giriş parametresi değerlerine karşılık her biri 60 dakikadan fazla süreli gerçekleştirilen denemelerde elde edilen sonuçlar verilerin kolay karşılaştırılması açısından grafikler üzerinde aşağıdaki gibi verilmektedir. Grafikler üzerindeki veriler, 2.1 bölümünde açıklanan veri çıkarım yöntemiyle elde edilerek çizimlere yansıtılmıştır. Çıkarımı yapılan veri sayısını azaltmak ve çizilen grafikler üzerinde değişimlerin daha ayırt edilebilmesi için bazı durumlarda periyot başına değil de frekans parametresinin değerine bağlı olarak 10-50 periyotta bir çıkarım yapılmaktadır.

İlk olarak, 2 Hz frekans ve ±1 mm genlik (mesafe) girişi için bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durumda elde edilen sonuçlar set değeri ile birlikte Şekil 9'da gösterilmiştir (veri azaltımı için 20 periyotta bir çıkarım yapılmıştır). Şekil incelendiğinde; bulanık mantık temelli eklentinin uygulanması öncesinde sistem uç noktasının %7 kadar fazla bir seviyeye oturduğu, ancak ilave sonrası durum için (oturma değerindeki) bu farkın %2 seviyesi altında kalacak şekilde iyileştiği görülmektedir. İkinci bir karşılaştırma ise; 4 Hz frekans ve ±3 mm genlik (mesafe) girişi için yine bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durum için yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuç grafikleri set değeri ile birlikte Şekil 10'da gösterilmektedir (veri azaltımı için 40 periyotta bir çıkarım yapılmıştır). Elde edilen sonuçlara bakıldığında, genlik ve frekans parametrelerinin artması ile bulanık mantık eklentisi yapılmadan önceki durumda arzu edilen değerden ortalama %15 kadar farklı bir değerde salınım gerçekleştiği ve zaman ile bu değer kaymasının daha da arttığı görülmektedir. Bulanık mantık ilavesi sonrasında elde edilen sonuç ise oldukça tatmin edici seviyededir.



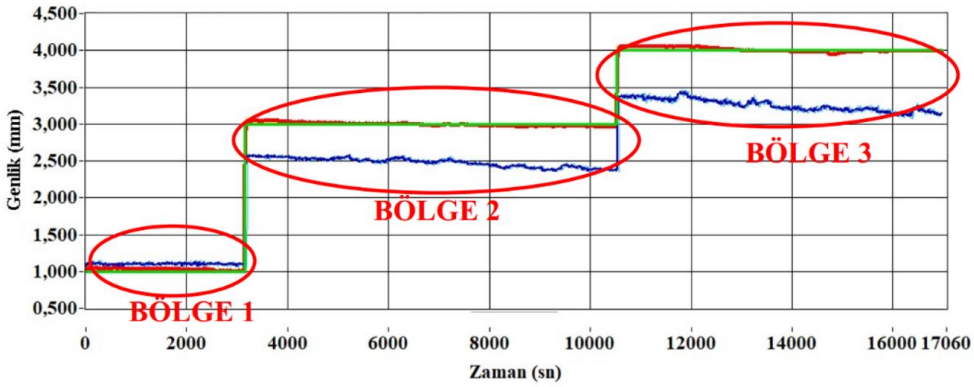
Şekil 9. Frekans giriş parametresi 2 Hz, Genlik giriş parametresi ±1 mm için bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durumda elde edilen çıkış verilerinin karşılaştırılması (*açık yeşil* renkli çizim: set değerini, *açık mavi* renkli çizim: standart PID denetim için salınım tepe değer sapma eğrisi, *koyu mavi* çizim: standart PID denetim için açık mavi renkli çizimin hareketli ortalaması, *sarı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası salınım tepe değer sapma eğrisi, *kırmızı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası için sarı renkli çizimin hareketli ortalaması)



Şekil 10. Frekans giriş parametresi 4 Hz, Genlik giriş parametresi ±3 mm için bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durumda elde edilen çıkış verilerinin karşılaştırılması (*açık yeşil* renkli çizim: set değerini, *açık mavi* renkli çizim: standart PID denetim için salınım tepe değer sapma eğrisi, *koyu mavi* çizim: standart PID denetim için açık mavi renkli çizimin hareketli ortalaması, *sarı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası salınım tepe değer sapma eğrisi, *kırmızı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası için sarı renkli çizimin hareketli ortalaması)

Farklı giriş parametrelerinin ardışık şekilde (kesintisiz olarak) uygulandığı daha uzun süreli bir deneme senaryosunun sonuçları da Şekil 11 üzerinde görülmektedir. Bu denemede de öncekilerde olduğu gibi sistemde bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi (standart PID denetim uygulaması) ve sonrası durumu için 4 Hz'lik frekans ve 1 mm, 3 mm ve 4 mm genlik giriş değerlerine karşılık sistem çıkışında (piston uç noktasında) salınım genliği verileri elde edilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Buna göre; diğer (tekil) denemelere benzer şekilde, düşük genlik girdi değeri için birbirine daha yakın sonuçlar oluştuğu (BÖLGE 1), genlik girdi değerindeki artışla birlikte bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi denetim (standart PID) ve bulanık mantık ilavesi sonrası için elde edilen sonuçlar arasında (BÖLGE 2 ve 3) anlamlı farklar oluştuğu, bu durumun test süresi uzadıkça daha da belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu da sistemde çalışma süresi uzadıkça yeni bir parametre ayarlaması yapılması gerektiğinin bir göstergesi olarak ön plana çıkmaktadır.



Şekil 11. Uzun süreli (~300 dk'lık) bir testte ardışıl parametre değişimlerine karşı bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durumda elde edilen çıkış verilerinin karşılaştırılması (Frekans giriş parametresi 4 Hz, Genlik giriş parametresi sırasıyla ±1, ±3 ve ±4 mm) (*açık yeşil* renkli çizim: set değerini, *açık mavi* renkli çizim: standart PID denetim için salınım tepe değer sapma eğrisi, *koyu mavi* çizim: standart PID denetim için açık mavi renkli çizimin hareketli ortalaması, *sarı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası salınım tepe değer sapma eğrisi, *kırmızı* renkli çizim: bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi sonrası için sarı renkli çizimin hareketli ortalaması)

Bu noktaya kadar paylaşılan ve farklı bazı giriş parametre değerleri için, bulanık mantık temelli hesaplama eklentisi öncesi ve sonrası durumda, sistem çıkış genliği açısından elde edilen sonuçlar ve yakalanan iyileşme oranları özet olarak Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Bulanık mantık temelli hesaplama eklentisinin uygulanmasıyla hidrolik test sistemi performansında elde edilen iyileşme oranları

Set Değerler		**Elde edilen ortalama salınım genlik değeri (mm)**		**İyileşme Bağıl (%)**
Frekans (Hz)	Genlik (mm)	Bulanık mantık uygulaması öncesi	Bulanık mantık uygulaması sonrası	
1	1	1.15	1.02	11.3
2	1	1.10	1.06	3.64
5	1	0.80	0.99	23.75
4	3	2.55	3.05	19.61
4	4	3.30	4.03	22.12

Tabloda sunulan veriler incelendiğinde görüldüğü üzere, 1 Hz gibi düşük bir frekans giriş parametresi ya da 1 mm gibi görece olarak düşük genlik giriş parametresi değerlerinde her iki (öncesi ve sonrası durum) deneme grubunda da birbirine daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. Frekans ya da genlik giriş parametresinin artması ile (öncesi ve sonrası durum) arasındaki farkın arttığı ve bulanık mantık temelli hesaplama kısmının ilave edildiği durumda daha da iyi sonuçlar elde edildiği dikkat çekmektedir. Nihai olarak; set edilen genlik değerine oturma bakımından elde edilen sonuçlar çoğunlukla ±0.1 mm değerinin altında olmuş, oransal olarak da eski duruma göre ortalama olarak %10'dan fazla bir iyileşme sağlanmıştır.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda başlangıç olarak üzerinde endüstriyel bir hazır denetleyici yapısı kullanılan hidrolik test makinesi düzeneği oluşturulmuştur. Bu sistem üzerinde standart PID denetimi uygulanarak makinenin çıkış noktası olan piston uç noktasında sinüzoidal profilde bir hareket gerçekleştirildiğinde oluşan sonuçlar gözlenmiştir. Bu noktada, özellikle hareketin frekans ve genlik set değerlerinde oluşan değişimler karşısında sistemin istenen genlik değerinde salınım yapma performansının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu performans düşümlerinin, sistemin çalıştığı ortam parametrelerinden de etkilendiği bilinmektedir. Sistem çıkışında gözlenen bu olumsuz durumun üstesinden gelmek için uygulanan

denetim katsayılarından orantı denetim katsayısı Kp'nin yeniden ayarlanması gerektiği, hatta bu parametre için pistonun ileri ve geri hareketinde iki farklı değer geçerli olacak şekilde bir ayarlama yapmak gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre ayarlama işleminin otomatik olarak gerçeklemesi için sisteme bulanık mantık temelli bir hesaplama kısmının da eklenmesi gerekmiştir. Bulanık mantık kullanılmasının temel sebebi; bulanık mantık kavramının esnek kural tabanları ile hidrolik sistemin modelinin elde edilmesi sorununa çözüm üretebilmesidir. Sistemde mevcut olan denetim yapısına bu şekilde bir ilave yapılarak parametre değişimlerine karşı bir nevi kendi kendini ayarlayan yapı ortaya çıkarılmıştır.

Hidrolik test makinesi düzeneği üzerinde, standart PID denetimine ilişkin Kp katsayılarının üst limitlerinin bulanık mantık temelli bir hesaplama yöntemi belirlenerek endüstriyel denetleyiciye uygulanmasının Tablo 3'te de özetlendiği şekilde sistem performansı üzerinde olumlu sonuçlar yarattığı gözlenmiştir. Set edilen genlik değerine oturma bakımından elde edilen sonuçlar çoğunlukla ±0.1 mm değerinin altında olmuş, oransal olarak da eski duruma göre ortalama olarak %10'dan fazla bir iyileşme sağlanmıştır. Gerek bu iyileşme değerleri gerekse sistemin otomatik olarak kendi kendini ayarlayabiliyor olması çalışmada elde edilen kazanımlar olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışmada gelinen nokta itibariyle, bulanık mantık temelli çıkarım mekanizmasında hidrolik sistemde dolaşan yağın viskozitesi, sistem çıkışındaki yük profilinin değişimi gibi farklı ortam ve sistem parametrelerinin de girdi olarak kullanılarak yeni kural tabanlarının oluşturulmasının sistemin daha da başarımlı sonuçlar ortaya koymasını sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AYDOĞDU, Ö., Çatkafa, A. (2019), Bir Hidrolik Derin Çekme Pres Makinesinin PLC Tabanlı Bulanık Mantık Kontrolü ve Endüstri 4.0 Uygulaması. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(3), 573-584. DOI: https://doi.org/10.36306/konjes.613867

ÇINAR, E., ULAŞ, H.B. & BİLGİN, M. (2014), Hidrolik Silindirin Bulanık Mantık Yöntemi ile Konum Kontrolü, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 214-229.

DEMİREL, K. (2016), Hidrolik ve Pnömatik, İstanbul: Birsen Yayınevi.

ERYILMAZ, B., Wilson, B.H. (2000), Combining Leakage of Hydraulic Servo Valve Model, *Journal of Dynamic Systems Measurement and Control*, 122(3), 576-579. DOI: https://doi.org/10.1115/1.1286335

JIAN, M.Z., Sheng, D.Z., Shu, G.W. (2009), Application of Self-Tuning Fuzzy PID Controller for a SRM Direct Drive Volume Control Hydraulic Press, *Control Engineering Practice*, 17(12), 1398–1404. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2009.07.001

JONES, E., DOPSON, A., Roskilly, A.P. (2000), Design of a Reduced-Rule Self-Organizing Fuzzy Logic Controller for Water Hydraulic Applications, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 214(5), 371-381. DOI: https://doi.org/10.1243/0959651001540726

ÖZDEMİR, C., ÖZTÜRK, S., Şengül, Ö., Kuncan, F. (2022), Position Control of the Suspended Pendulum System with Particle Swarm Optimization Algorithm, *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 9(2), 669-679. DOI: https://doi.org/10.31202/ecjse.993313

PERFORMANCE OF ARDUINO RDBDIMMER LIBRARY ON AC ZERO-CROSSING DISTORTION

Sabri UZUNER
Düzce University / Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering
sabriuzuner@duzce.edu.tr , ORCID: 0000-0002-9099-1324

Fatih Mert ÇELEBİ
Düzce University / Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering
fatihcelebi.dgh@duzce.edu.tr , ORCID: 0000-0002-1945-9343

Abstract
Zero-cross method provides sensitive control of devices that operate on AC voltage by detecting zero-crosses of AC signals and other than that, it is used in electronics for a variety of purposes such as AC motor speed control, lighting brightness control. In this study, the effect of the standard RBDdimmer library, designed by Arduino developers and used by many Arduino users, on AC zero-cross distortion was investigated. AC Dimmer module and potentiometer were used to control the amplitude of the PWM signal and the AC signal. Arduino Nano was used to control the system components and to execute zero-cross equation codes. The control performance of the zero-cross equations of the AC signals via PWM signals was evaluated by activating and passivizing the zero-cross method in the system. It has been observed that the AC signal amplitude cannot be regulated when the zero-cross method is passive, whereas the brightness of the lamp can be changed with sufficient resolution when it is active. The effect of zero-cross method on the halogen lamp was also observed by studying the oscilloscope images. Moreover, it has been clearly observed that the system components and the RBDdimmer library are sufficient for halogen bulb brightness control, but not sufficient for sensitive applications such as servo motor control using the zero-cross method. However, the proposed system can be used in many simple control applications in daily life (intelligent home automation) as an inexpensive and simple method to avoid zero crossing distortion.

Keywords: Arduino, RBDDimmer, Zero-Crossing, PWM, Distortion.

1. INTRODUCTION

Many devices we use in our daily lives operate on electricity. Hundreds of different electronic devices are used in many areas such as lighting, cleaning, kitchen appliances, industry, and transportation. As the number of electronic devices and the working area increase, electrical control becomes more and more necessary day by day for ease of use, electricity saving, security, smart home systems, adaptation to industry 4.0 and industry 5.0. Pulse Width Modulation (PWM) is a modulation technique to convert input voltage to a pulsed signal. The average value of the voltage supplying the load is controlled by quickly opening and closing the switch between the supply voltage and the load. When the switch-on times are more than the switch-off times, the total voltage transmitted the load is higher(Bhargava and Kumar, 2017). The PWM method was used in the control of amplitude of voltage (Mahmud and Zahedi 2016), (Holtz, 2015)as well as in DC motor control(Shrivastava et al., 2012), lighting brightness control (Büyükarıkan and Üncü, 2019)or servo motor control (Karcı and Tangel, 2016).

Since the DC voltage amplitude does not change with time, its amplitude is easier to control with the PWM method than the control of AC voltage amplitude. The brightness of a led operate on DC voltage can be directly controlled using the PWM method without any other method (Feng et al., 2013). Similarly, the speed of a DC motor can also be controlled with the PWM method (Yadav and Patidar, 2019). AC voltage, on the other hand, has a sinusoidal waveform and its amplitude changes constantly according to time. That is, AC voltages have a specific frequency value. When the frequency of the PWM and the AC signals applied to the system are different, zero crossing distortion (unstable flashes) occurs. In this case, the AC voltage amplitude cannot be directly controlled using the PWM method. Additional methods such as the zero-cross method are needed to eliminate this instability (Gupta et al., 2013). The zero-cross method detects the point where the AC signals pass through zero, allowing us to properly control the devices operate on AC signals and is used for many purposes in electronics. Vaino

et al. (Vainio and Ovaska, 1996) implemented a digital filter to remove harmonics, broadband noise, commutation notches and other pulsed disturbances using the zero-cross method. (Triasto et al., 2020) measured the ambient temperature with a thermal camera and performed AC motor speed control using the zero-cross method according to the measurement values. Nurhazizah and Muhammad Zaki, on the other hand, used zero-cross method in soft-start application of Asynchronous (AC) motor (Nurhazizah and Zaki, 2021).

As seen in the above studies, it is great importance to determine the zero-crossing points of the AC signal for precise control of the systems powered by the AC signals with the PWM method. There are system-specific controllers that can run zero-cross equations. However, Arduino varieties are one of the most popular controllers among the choices of beginners and advanced developers. The aim of this study is to control the brightness of a simple AC halogen bulb with PWM signal via Arduino Nano. The performance of the Standard RBDdimmer Library in controlling AC amplitude (220V 50Hz) by PWM method was examined on an oscilloscope. The zero-crossing distortion is prevented very effectively at low cost, thanks to the standard Arduino RBDdimmer Library, which includes simple zero-cross equations. This study also provides readers with a simple and understandable perspective on the zero-cross method used to control AC signals via PWM.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, five different hardware were used (Fig. 1). These are, respectively, an Arduino Nano, which evaluates its input-output units with the zero-cross method equations, an AC Dimmer module for AC voltage control and zero crossing detection, a potentiometer for determining the duty cycle of the analog input signal, an oscilloscope for displaying output signals. and finally, a halogen lamp for used to evaluate the performance of the output signal. PWM signal was used to control the brightness of the halogen lamp operating with AC voltage. Figure 2 shows a smooth PWM signal of 4.40V amplitude with 50% duty cycle and 491Hz frequency obtained from the Arduino output.

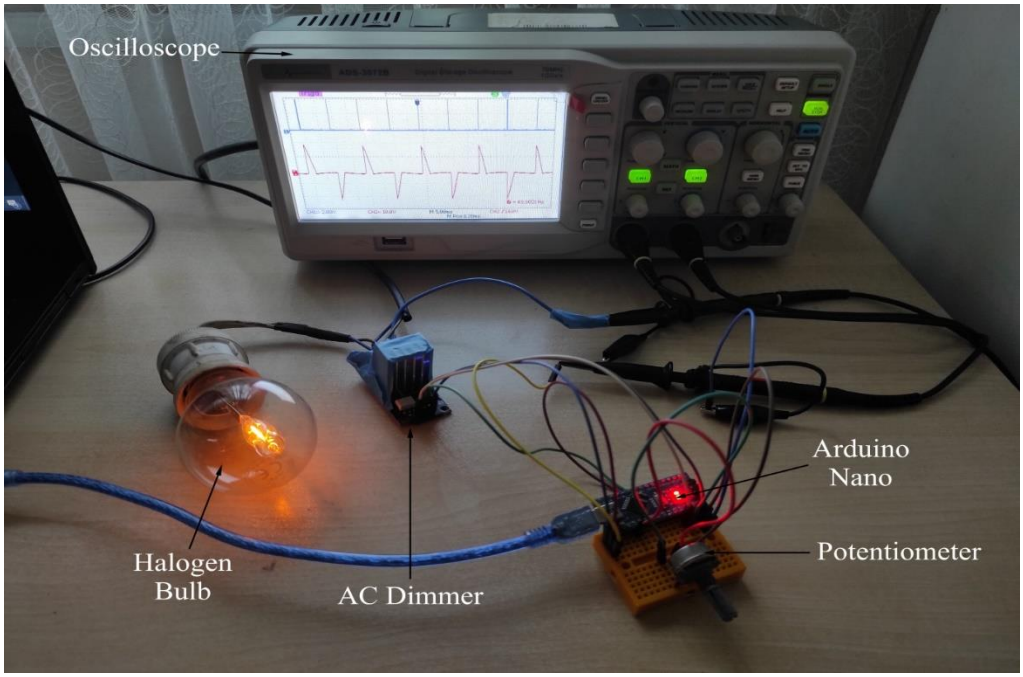


Figure 2. Experimental setup

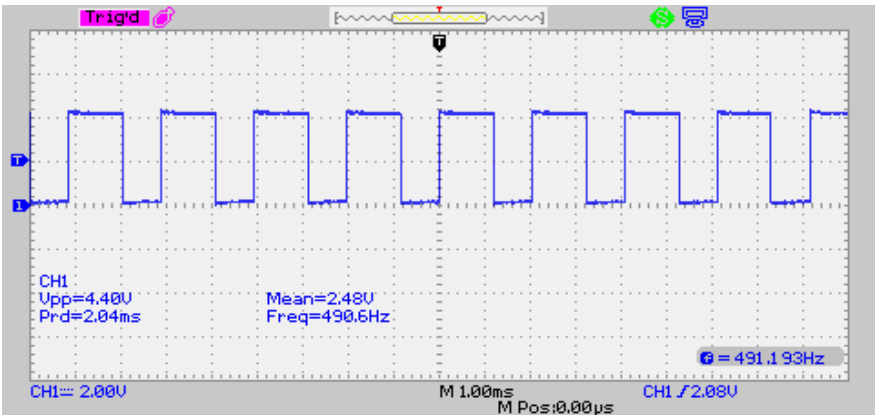


Figure 3. The signal of PWM

Arduino is an open-source microcontroller that can be easily programmed, erased, and reprogrammed. Introduced in 2005, the Arduino platform is designed to provide hobbyists, students, and professionals an inexpensive and easy way to build electronic devices that interact with their environment using sensors and auxiliary modules. It is an open-source computing platform used for building and programming electronic devices, based on simple microcontroller boards. It can also act as a minicomputer, like other microcontrollers, by controlling inputs and outputs for various electronic devices(Louis, 2016). Arduino board has various models according to user needs. Very common models of Arduino can be used such as Arduino Mega when more input and output numbers are needed, Arduino ProMini if smaller size is needed, or Arduino LilyPad for wearable technologies(Torun, 2021). In this study, an Arduino Nano microcontroller was used to read the analog signal obtained with the potentiometer range and convert it to digital signal. In addition, Arduino Nano was used to determine the duty cycle value of the PWM signal. Moreover, the Arduino Nano registered the zero-cross data of the AC signal from the zero-cross pin of the AC dimmer in its memory. Both the AC signal zero crossing data and the PWM signal duty cycle data were used by the mathematical equations in the RBDdimmer library included in the Arduino Nano. The purpose of these equations is to provide an accurate calculation of the on-off times of the triacs in the AC dimmer circuit and used to control the brightness of the AC halogen lamp.

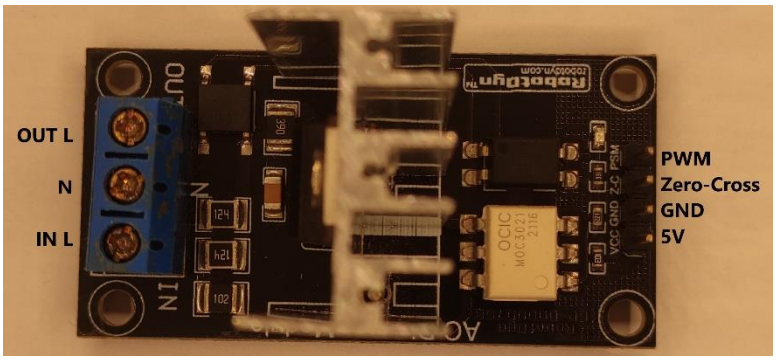


Figure 4. Pinout of Dimmer Module

AC Dimmer module (Fig. 3) is a circuit designed to control fans, pumps, AC motors and many devices working with alternating current. The AC Dimmer can be used to smoothly increase or decrease the luminous intensity of an AC halogen lamp. This module can work with a supply voltage of 3.3 and 5 Volts. In this way, they can be used with microcontrollers operating at both voltage values without any problems (Triasto et al., 2020). The AC dimmer module has four pins (Fig. 3). Two of them are supply (VCC, GND) and the other two are control (Z-C, PWM) pins (Figure 3). BTA/BTB16-600B triac series is used for AC voltage power switching on AC Dimmer. These triacs can operate up to 600V/16A. However, these high voltages and currents can be controlled with a small trigger current of 50mA(Ağrali, 2014). RBDdimmer Library developed by software developers can be used to control the

AC dimmer module with Arduino. Thanks to this library, the zero-crossing points of the applied AC signal can be determined mathematically and the trigger times of the triac series on the AC Dimmer module can be calculated exactly to obtain a non-distortion signal. The points where the AC voltage is 0V are detected from the ZC (zero- cross) pin on the AC Dimmer, and the AC voltage signal is synchronized with the applied PWM. This avoids the problem of zero crossing distortion in AC voltage control.The potentiometer allows to change the power obtained at the output as desired. Thanks to the variable resistor on the potentiometer, the PWM signal was controlled and thus the output power was controlled according to this value.

ADS-3072B model oscilloscope of AATech brand was used to measure and observe AC and PWM signals precisely. This oscilloscope has a reading speed of 70MHz. Thanks to this oscilloscope, which can read dual channels, AC signal and PWM signal are examined on a single screen at the same time. In this study, a simple household halogen lamp was used to facilitate the understanding of the zero-cross method. These lamps operate on 220V AC signals. It is similar to standard incandescent lamps and contains a small amount of halogens such as iodine and bromine. Arduino Nano with a resolution of 10 bits (2^{10}=1024) uses the data it reads through the potentiometer to generate the appropriate PWM signal. On the other hand, the equations in the RBDdimmer library calculate according to the percentile value of duty cycle. Therefore, 10-bit data (0-1023) needs to be normalized to percentile (0%- 100%). Arduino's map command is used for the normalization procedure(Aytekin, 2019). To briefly explain the map command; Percentage (%) = map (analog,0,1023,0,100); The task of the map command in the code line is to convert the digital data between 0-1023 recorded in the memory to the smallest and largest value (0-100) to be applied as a percentage.

3. RESULTS DISCUSSION

In this study, the AC dimmer module, which can be used in voltage control of devices operating with AC voltage, was examined. A simple halogen lamp was used to be easy to observe and to understand the system. Experimental studies were carried out under 220V (50Hz) AC mains power. Zero crossing distortion was observed when the 220V AC mains power was tried to be controlled directly over the triac using the PWM method without using the zero-cross method (Figure 4). These distortions caused unintentional flashes in the halogen lamp and the inability to precisely control the brightness. The main source of zero cross distortion is the frequency difference between the AC (50Hz) and the PWM signals (500Hz).

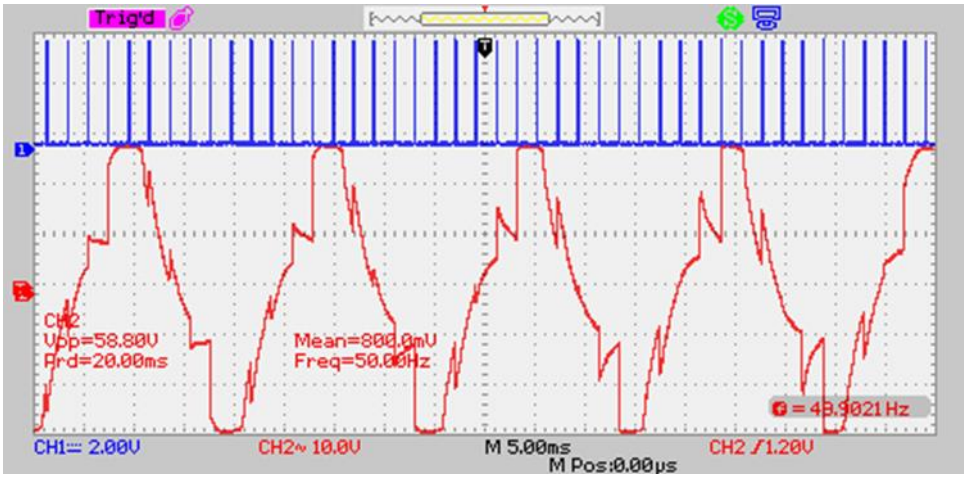


Figure 5. Zero-crossing Distortion when not using Zero-cross method

To evaluate the performance of the zero-cross method in the RBD Dimmer library, the zero-cross pin of the AC Dimmer module was activated and operated at 0%, 30%, 60%, 90% and 100% output power, respectively.

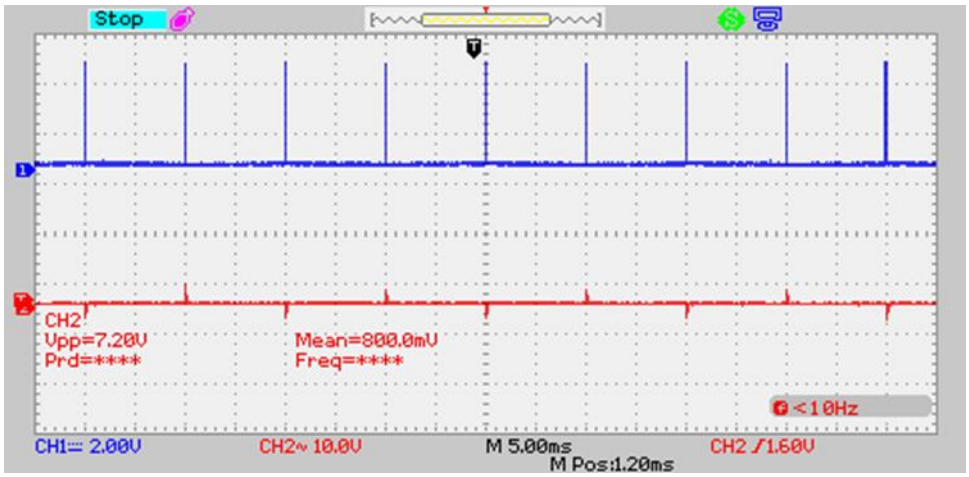


Figure 6. The output signal when chosen %0 Duty Cycle

Figure 5 shows the output signal when the dimmer output power is set to 0%. Normally, when the output power is set to 0%, no output signal should occur. On the other hand, looking at Figure 5, it is seen that there are small fluctuations. The main reason for this fluctuation is the speed of the microcontroller (Arduino Nano) used. Although Arduino works too fast for the human eye to detect, it is one of the slowest microcontrollers in the microcontroller family. Although this situation is not a problem in lamp brightness applications, it can create big problems in sensitive servo control applications. Therefore, it is recommended to use a faster microcontroller in sensitive applications where fluctuations are important.

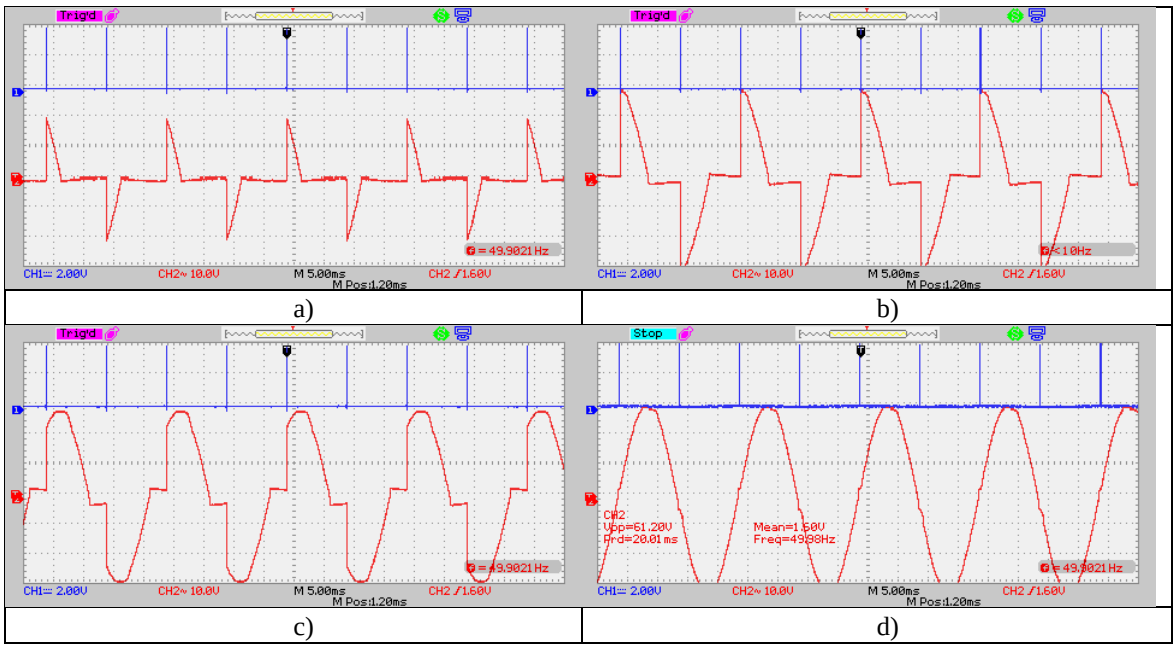


Figure 11. Setting the duty cycle of PWM signal as a percentage; a) %30, b) %60, c) %90, d) %100

4. CONCLUSION

In this study, the performance of the standard Arduino RBDdimmer library was tested over the brightness control of a simple halogen lamp. It has been observed that the proposed test setup and software components control the brightness of the halogen bulb at 0%, 30%, 60%, 90%, 100% output powers without distortion at a sufficient level. On the other hand, it was observed that the resolution of Arduino Nano and the zero- cross method in the RBDdimmer library were insufficient in sensitive applications that require servo motor control (Figure 5). In such applications, precision filter circuits, high-resolution controllers and more advanced equations may use the zero-cross method. However, the

experimental setup can be used as a cheap and simple method to avoid zero crossing distortion in many simple control applications in daily life (smart home automation) as performed in this study.

REFERENCES

AĞRALI, E. (2014), Üniversal motorun pıc kullanılarak bilgisayar destekli kontrolü Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi,* Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.

AYTEKIN, E. (2019), El rehabilitasyon tedavisinde kullanılmak üzere bir robotik sistemin tasarımı ve gerçeklenmesi, *Kocaeli Üniversitesi*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.

BHARGAVA, A. and KUMAR A. (2017), Arduino controlled robotic arm. *2017 International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, IEEE. 2**:** 376-380.

BÜYÜKARIKAN, B. and ÜNCÜ İ. S. (2019), Bilgisayarlı Görü Sistemleri İçin Sistem Tasarımı ve Kontrolü, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi* **7**(1), 228-240.

FENG, W., LEE, F.C., and MATTAVELLI, P. (2013), Optimal trajectory control of LLC resonant converters for LED PWM dimming, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(2), 979-987.

GUPTA, A., THAKUR R. and MURARKA S. (2013), An efficient approach to zero crossing detection based on opto-coupler, *Int. Journal Engineering Research Application*, 3(5), 834-838.

HOLTZ, J. (2015), Advanced PWM and predictive control—An overview, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(6), 3837-3844.

KARCI, H. and TANGEL A. (2016), Fpga Tabanli 5 Eksenli Mobil Robot Kolu Tasarımı ve Prototip Gerçeklenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 31(2), 295-302.

LOUIS, L. (2016), Working Principle of Arduino and Using it as a Tool For Study and Research, *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS),* 1(2), 21-29.

MAHMUD, N., and Zahedi, A. (2016), Review of control strategies for voltage regulation of the smart distribution network with high penetration of renewable distributed generation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 582-595.

NURHAZIZAH and ZAKI, M. (2021), Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Satu Fasa, *Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*.

PETRU, L. and MAZEN, G. (2015), PWM control of a DC motor used to drive a conveyor belt, *Procedia Engineering* 100, 299-304.

SHRIVASTAVA, S., RAWAT, J., and AGRAWAL, A. (2012), Controlling DC motor using microcontroller (PIC16F72) with PWM, *International journal of engineering research*, 1(2), 45-47.

TORUN, C. (2021), *Arduino Kartı Tanıyalım,* 15 Ocak 2023 tarihinde Tübitak Bilim Genç: https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/arduino-karti-taniyalim-0 adresinden alındı.

TRIASTO, A. G. H. and RIVAI M. (2020), Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal, *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), A115-A120.

VAINIO, O. and OVASKA S. J. (1996), Digital Filtering For Robust 50/60 Hz Zero-Crossing Detectors, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 45(2), 426-430.

YADAV, M. and PATIDAR, L. (2019), A Review Article of Speed Control of Dc Motor Using Chopper, *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*, 5(3), 1012-1015.

REBA ANALİZİ: BİR OTOMATİV YAN SANAYİSİNDE UYGULAMA

Sude Tosun
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Sudetosun97@hotmail.com,

Özet
Günümüzde gelişen teknolojiler sayesinde çalışma alanlarında yoğun ve hızlı olarak makinalaşma gerçekleşmektedir. Genellikle üretim alanları olmak üzeri fiziki olarak çalışan özelinde hem bedensel hem de düşünsel açıdan baskı yaratmaktadır. Çalışanın verimliliğini olumsuz yönde etkileyen bu hızlı ve baskıcı çalışma düzeninin olumsuz etkilerini en aza indirgeyebilmek için ergonomi çok önemlidir. Bu yüzden bu çalışmada ergonomi açısından analiz yapılarak iyileştirme hedeflenmiştir. Analizde, bir otomotiv yan sanayisinde koltuk montaj prosesisin çalışma döngüsü video çekilmiştir. Video üzerinden en riskli olabilecek hareketlerin 10 tanesi fotoğraflanmıştır. Fotoğraflar üzerinden gövde, boyun, bacaklar, üst kol, alt kol, blekler, yük, kavrama ve aktivite skorları incelenerek Reba (Rapid Entire Body Assesment) yöntemleri değelendirilmiştir. Reba Analizleri üzerinden etki analizi yapılmıştır ve en riskli olan hareketlere iyileştirme önerileri yapılmıştır. İnileştirme önerilerinden sonar vücudun duruşları paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, Reba Analizi, Ergonomik Risk Analizi

REBA ANALYSİS: APPLİCATİON İN AN AUTOMOTİVE INDUSTRY

Abstract
Today, thanks to the developing technologies, intensive and rapid mechanization takes place in the working areas. Generally, being a production area creates pressure both physically and mentally for those who work physically. Ergonomics is very important in order to minimize the negative effects of this fast and oppressive working order, which negatively affects the productivity of the employee. Therefore, in this study, improvement was aimed by analyzing in terms of ergonomics. In the analysis, a video of the working cycle of the seat assembly process in an automotive supplier industry was captured. 10 of the most risky movements were photographed through the video. Reba analyzes were conducted by examining the body, neck, legs, upper arm, lower arm, blouses, load, grip and activity scores on the photographs. Impact analysis has been made through Reba Analysis and improvement suggestions are made for the most risky movements. The postures of the body have been shared after the suggestions for abatement.

Keywords: Ergonomics, Reba Analysis, Ergonomic Risk Analysis

1. GİRİŞ

Bu çalışma binek araç koltuğu üreten bir Otomotiv Yan Sanayiinde belirlenmiş hattın çalışanların ergonomik açıdan en çok zorluk yaratan hücresinde analiz yapılmıştır. Yaklaşık 60 saniye olan işin 1 döngüsünün videosu çekilmiştir. Burada risk oluşturabilecek hareketler üzerinde çalışarak Reba Analizi yapılmıştır. Yapılan Reba Analizine göre etki analizleri çıkartılmıştır. En çok risk oluşturan hareketler için iyileştirme önerileri sunulmuştur. (Hignett ve Lynn, 2000) tarafından duruşları analiz etmek üzere geliştirilen REBA (Rapid Entire Body Assesment) yöntemi; elle yapılan taşıma, kaldırma işlemlerindeki riskleri hesaplamak için kullanışlı bir araçtır. REBA yöntemiyle dinamik hareketler analiz edilebildiği gibi sabit duruşlar da analiz edilebilmektedir. Tüm vücut faaliyetleri esnasında çalışanın duruşunu analiz ederek mesleki kas ve iskelet rahatsızlıklarına neden olabilecek çalışma şeklinin saptanmasına ve önlem alınmasına olanak sağlayan gözleme dayalı bir duruş analiz metodudur. (Kocabaş, 2009)

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Reba Analizi (Rapid Entire Body Assesment) methodu kullanarak yapılmıştır. Öncelikle çalışanın çalışma alanı içerisinde yaptığı hareketlerin videosu çekilmiştir. Çekilen video üzerinden riskli olabilecek hareketlerin 10 adet olacak şekilde fotoğrafları alınmıştır. Alınan fotoğraflar üzerinden A grubu olan gövde, boyun, bacaklar bölgeleri ve yük/kuvvet değerleri ile birlikte değerlendirip A skoru

oluşturulmuştur. B grubu olan üst kol, alt kol, bilek bölgeleri ve kavrama değerleri ile birlikte değerlendirip B skoru oluşturulmuştur. A ve B skorlarının toplamından oluşan C skoru oluşmuştur. Hareketin sıklığını gösteren Aktivite skoru ile C skoru toplanması ile Reba skoru oluşturulmuştur. Her analiz yapılan 10 adet hareketin Etki Analizi yapılarak risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Yüksek riskli hareketkerin ergonomik açıdan risklerini azaltabilmek adına iyileştirme önerileri yapılmıştır. Ayrıca iyileştirme önerileri sonrasında da ergonomik anlamda nasıl bir değişiklik oluşacağı değerlendirilmiştir.

2.1. Sünger Geçirme Hareketi Reba Analizi

Resim 1. Sünger Geçirme

0°-20° arası gövdede ekstansiyon olduğu için gövde skoru 2'dir. Boyunda >20° ekstansiyon olduğundan boyun için skor 2 oblarak belirlenmiştir. Bacaklarda bliteral duruş mevcut olduğundan bacak skoru 1 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 2, 2 ve 1 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 3 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük süngerin hafif bir malzeme olmasından dolayı 5 kg'dan düşüktür ve böylelikle skor 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 3 olarak bulunmuştur.

Üst kolda >90° Fleksiyon olduğunda 4 puan ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda <60° fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bilekler tutma eylemi yapılırken nispeten dik olduğundan 0°-15° arası fleksiyona sahiptir böylelikle 1 puan olarak verilmiştir. Sırasıyla 5, 2 ve 1 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan süngeri geçirirken parçanın özel bir tutamacı olan bölgeden tutmamaktadır. Fakat tutma eylemi çalışanı zorlayacak durumda olmadığı için 1 puan olarak belirlenmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 8 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 7 gelmektedir. 7 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 7 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 7 puanın risk seviyesi ortadır ve önlem almak gereklidir.

Tablo 1. Sünger Geçirme Reba Analiz tablosu

1- Sünger Geçirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	2	5	Üst kol
Boyun	2	2	Alt Kol
Bacaklar	1	1	Bilek
Tablo A	3	7	Tablo B
Yük/Kuvvet	0	1	Kavrama
A Skoru	3	8	B Skoru
C Skoru 7 Aktivite Skoru 0 Reba Skoru 7			

2.2. Sünger Yerleştirme Hareketi Reba Analizi

Resim 2 Sünger Yerleştirme

0°-20° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövde skoru 2'dir. Boyunda >20° fleksiyon olduğundan boyun için skor 2 olarak belirlenmiştir. Bacaklarda bliteral duruş mevcut olduğundan bacak skoru 1 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 2, 2 ve 1 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 3 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 3 olarak bulunmuştur.

Üst kolda 45°-90° Fleksiyon olduğunda 3 puan ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda 100°> fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Süngeri yerleştirme eylemi yaparken çalışan yumruklarını sıkarak süngere vurarak itme yapmaktadır ve bu hareketler beraber bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 4, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan süngeri yerleştirirken tutma eylemi yamadığı için kavrama puanı 0 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 7 olarak bulunmuştur.

C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 6 gelmektedir. Süngeri iyice yerleştirebilmek için çalışan birkaç kere vurma eylemi yapmaktadır böylelikle aktivite skoru 1 olarak belirlenmiştir. C Skoru olan 56değeri ile 1 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 7 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 7 puanın risk seviyesi ortadır ve önlem almak gereklidir.

Tablo 2. Sünger Yerleştirme Reba Analiz Tablosu

2- Sünger Yerleştirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	2	4	Üst kol
Boyun	2	2	Alt Kol
Bacaklar	1	3	Bilek
Tablo A	3	7	Tablo B
Yük/Kuvvet	0	0	Kavrama
A Skoru	3	7	B Skoru
C Skoru 6 Aktivite Skoru 1 Reba Skoru 7			

2.3. Kılıf Geçirme Hareketi Reba Analizi

Resim 3. Kılıf Geçirme

>60° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 4 puan verilmiştir ayrıca bu durumdayken yana esneme pozisyonu mevcut olduğundan +1 eklenerek gövde skoru 5 olarak belirlenmiştir. Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için skor 1 olarak belirlenmiştir. Bacaklarda unilateral duruş mevcut olduğundan bacak için 2 puan verilmiştir ayrıca 30°-60° dik fleksiyonu olduğundan +1 puan eklenerek bacak skoru 3 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 5, 1 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 3 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo 7 değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 7 olarak bulunmuştur.

Üst kolda 45°-90° Fleksiyon olduğunda 3 puan olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda 60°-100° fleksiyon olduğundan 1 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1

eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 3, 1 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 5 olarak gelmiştir. Çalışan kılıfı giydime yaparken kılıfı çekiştirdiği kavrama eylemi yapmaktadır ve özel bir tutamacı olan bölgeden tutmamaktadır. Fakat tutma eylemi çalışanı zorlayacak durumda olmadığı için 1 puan olarak belirlenmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skoru 6 olarak bulunmuştur.

C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 9 gelmektedir. 9 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 9 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 9 puanın risk seviyesi yüksektir ve kısa zaman içinde önlem almak gereklidir.

Tablo 3. Kılıf Geçirme Reba Analizi Tablosu

3- Kılıf Geçirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	5	3	Üst kol
Boyun	1	1	Alt Kol
Bacaklar	3	3	Bilek
Tablo A	**7**	**5**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	1	Kavrama
A Skoru	**7**	**6**	B Skoru
C Skoru 9 Aktivite Skoru 0 Reba Skoru **9**			

2.4. Kılıf Giydirme Hareketi Reba Analizi

Resim 4. Kılıf Giydirme

20°-60° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 3 puan verilmiştir. Boyunda >20° fleksiyon olduğundan boyun için skor 2 olarak belirlenmiştir. Bacaklarda unilateral duruş mevcut olduğundan

bacak için 2 puan verilmiştir ayrıca 30°-60° dik fleksiyonu olduğundan +1 puan eklenerek bacak skoru 3 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 3, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 6 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo 6 değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 6 olarak bulunmuştur. Üst kolda 45°-90° Fleksiyon olduğunda 3 puan olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda >60° fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 3, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 5 olarak gelmiştir. Çalışan kılıfı giydime yaparken kılıfı çekiştirdiği kavrama eylemi yapmaktadır ve özel bir tutamacı olan bölgeden tutmamaktadır. Fakat tutma eylemi çalışanı zorlayacak durumda olmadığı için 1 puan olarak belirlenmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skoru 6 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 8 gelmektedir. 8 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 9 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 8 puanın risk seviyesi yüksektir ve kısa zaman içinde önlem almak gereklidir.

Tablo 4. Kılıf Giydirme Reba Analizi Tablosu

4- Kılıf Giydirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	3	3	Üst kol
Boyun	2	2	Alt Kol
Bacaklar	3	3	Bilek
Tablo A	**6**	**5**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	1	Kavrama
A Skoru	**6**	**6**	B Skoru
C Skoru			
8			
Aktivite Skoru			
0			
Reba Skoru			
8			

2.5. Kılıf Giydirme-2 Hareketi Reba Analizi

Resim 5. Kılıf Giydirme-2

>60° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 4 puan verilmiştir ayrıca bu durumdayken yana esneme pozisyonu mevcut olduğundan +1 eklenerek gövde skoru 5 olarak belirlenmiştir. Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için 1 puan verilmiştir ayrıca yana esneme mevcut olduğu için +1 puan eklenmiş boyun için skor 2 olarak belirlenmiştir. Bacaklarda unilateral duruş mevcut olduğundan bacak için 2 puan verilmiştir. Sırasıyla 5, 2 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 6 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 6 olarak bulunmuştur. Üst kolda 20°-45° Fleksiyon olduğunda 2 puan verilmiştir ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan, rotasyon kaynaklı +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda >60° fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 4, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan kılıfı giydime yaparken kılıfı çekiştirdiği kavrama eylemi yapmaktadır ve özel bir tutamacı olan bölgeden tutmamaktadır. Fakat tutma eylemi çalışanı zorlayacak durumda olmadığı için 1 puan olarak belirlenmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skoru 8 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 10 gelmektedir. 8 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 9 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 8 puanın risk seviyesi yüksektir ve kısa zaman içinde önlem almak gereklidir.

Tablo 5. Kılıf Giydirme-2 Reba Analizi Tablosu

5- Kılıf Giydirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	5	4	Üst kol
Boyun	2	2	Alt Kol
Bacaklar	2	3	Bilek
Tablo A	**6**	**7**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	1	Kavrama
A Skoru	**6**	**8**	B Skoru
C Skoru			
10			
Aktivite Skoru			
0			
Reba Skoru			
10			

2.6. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme Hareketi Reba Analizi

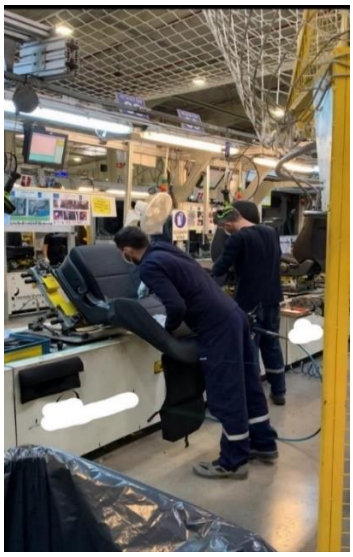
Resim 6. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme

20°-60° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 3 puan verilmiştir. Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için 1 puan verilmiştir. Bacaklarda blitarel duruş mevcut olduğundan bacak için 1 puan verilmiştir. Sırasıyla 3, 1 ve 1 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 2 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 6 olarak bulunmuştur. Üst kolda 45°-90° fleksiyon olduğunda 3 puan verilmiştir ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda 60°< fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 4, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan tutma eylemi yamadığı için kavrama puanı 0 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 7 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 5 gelmektedir. 5 değeri ile 1 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 6 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 6 puanın risk seviyesi ortadır ve önlem almak gereklidir.

Tablo 6. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme Reba Analizi Tablosu

6- Koltuk Arasından Kılıf Geçirme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	3	4	Üst kol
Boyun	1	2	Alt Kol
Bacaklar	1	3	Bilek
Tablo A	**2**	**7**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	0	Kavrama
A Skoru	**2**	**7**	B Skoru
C Skoru 5 Aktivite Skoru 1 Reba Skoru **6**			

2.7. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme-2 Hareketi Reba Analizi



Resim 7. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme-2

0°-20° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 2 puan verilmiştir ayrıca bu durumdayken yana esneme pozisyonu mevcut olduğundan +1 eklenerek gövde skoru 3 olarak belirlenmiştir Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için 1 puan verilmiştir. Bacaklarda uniteral duruş mevcut olduğundan

bacak için 2 puan verilmiştir. Sırasıyla 3, 1 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 4 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 4 olarak bulunmuştur. Üst kolda 45°-90° fleksiyon olduğunda 3 puan verilmiştir ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda 60°< fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 4, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan tutma eylemi yamadığı için kavrama puanı 0 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 7 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 7 gelmektedir. 7 değeri ile 1 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 8 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 8 puanın risk seviyesi yüksektir ve kısa zaman içinde önlem almak gereklidir.

Tablo 7. Koltuk Arasından Kılıf Geçirme Reba Analizi Tablosu

7- Koltuk Arasından Kılıf Geçirme-2			
A Grubu			B Grubu
Gövde	3	4	Üst kol
Boyun	1	2	Alt Kol
Bacaklar	2	3	Bilek
Tablo A	**4**	**7**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	0	Kavrama
A Skoru	**4**	**7**	B Skoru
C Skoru 7 Aktivite Skoru 1 Reba Skoru **8**			

2.8. Koltuk Kaldırma Hareketi Reba Analizi

Resim 8. Koltuk Kaldırma

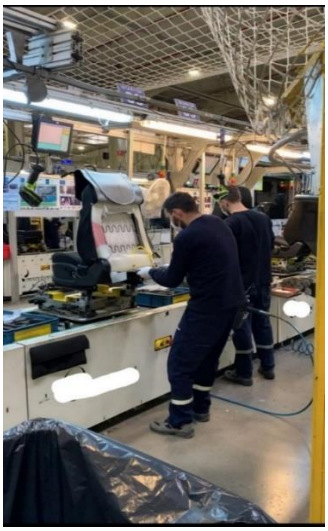
0°-20° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 2 puan verilmiştir ayrıca bu durumdayken yana esneme pozisyonu mevcut olduğundan +1 eklenerek gövde skoru 3 olarak belirlenmiştir Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için 1 puan verilmiştir. Bacaklarda uniteral duruş mevcut olduğundan

bacak için 2 puan verilmiştir. Sırasıyla 3, 1 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 4 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 4 olarak bulunmuştur. Üst kolda 45°-90° fleksiyon olduğunda 3 puan ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda <100° fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir ayrıca yana esnemeden +1 eklenmiştir, böylelikle Bilek puanı 3 olarak verilmiştir. Sırasıyla 4, 2 ve 3 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan tutma eylemi yamadığı için kavrama puanı 0 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 7 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 7 gelmektedir. 7 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 7 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 7 puanın risk seviyesi yüksektir ve kısa zaman içinde önlem almak gereklidir.

Tablo 8. Koltuk Kaldırma Reba Analizi Tablosu

8- Koltuk Kaldırma			
A Grubu			B Grubu
Gövde	3	4	Üst kol
Boyun	1	2	Alt Kol
Bacaklar	2	3	Bilek
Tablo A	**4**	**7**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	0	Kavrama
A Skoru	**4**	**7**	B Skoru
C Skoru			
7			
Aktivite Skoru			
0			
Reba Skoru			
7			

2.9. Kılıf Çekme Hareketi Reba Analizi



Resim 9. Kılıf Çekme

20°-60° arası gövdede fleksiyon olduğu için gövdeye 3 puan verilmiştir. Boyunda >20° fleksiyon olduğundan boyun için 2 puan verilmiştir. Bacaklarda bliteral duruş mevcut olduğundan bacak için 1 puan verilmiştir ayrıca 30°-60° dik fleksiyonu olduğundan +1 puan eklenerek bacak skoru 2olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 3, 2 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 5 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet

değerini toplandığında A skorunu 5 olarak bulunmuştur. Üst kolda 20°-45°-fleksiyon olduğunda 2 puan olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda >100° fleksiyon olduğundan 2 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir böylelikle Bilek puanı 2 olarak verilmiştir. Sırasıyla 2, 2 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo B değeri 3 olarak gelmiştir. Çalışan tutma eylemi yaparken cisimin özel tutamacı yoktur ve çekiştirme eylemi yaptığından kavrama puanı 2 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 5 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 6 gelmektedir. 6 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 8 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 6 puanın risk seviyesi ortadır ve önlem almak gereklidir.

Tablo 9. Kılıf Çekme Reba Analizi Tablosu

9- Kılıf Çekme			
A Grubu			B Grubu
Gövde	3	2	Üst kol
Boyun	2	2	Alt Kol
Bacaklar	2	2	Bilek
Tablo A	**5**	**3**	**Tablo B**
Yük/Kuvvet	0	2	Kavrama
A Skoru	**5**	**5**	B Skoru
C Skoru			
6			
Aktivite Skoru			
0			
Reba Skoru			
6			

2.10. Barkod Okutma Hareketi Reba Analizi

Resim 10. Barkod Okutma

Gövde dik konumda olduğu için gövdeye 1 puan verilmiştir. Boyunda 0°-20° fleksiyon olduğundan boyun için 1 puan verilmiştir. Bacaklarda unitarel duruş mevcut olduğundan bacak için 2 puan verilmiştir. Sırasıyla 1, 1 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo A değeri 2 olarak gelmiştir. Çalışanın taşıdığı yük olmadığı için yük/kuvvet skoru 0 olarak belirlenmiştir. Tablo A değeri ve yük/kuvvet değerini toplandığında A skorunu 25 olarak bulunmuştur. Üst kolda >90° Fleksiyon olduğunda 4 puan ayrıca harekette omuz yükseldiğinden +1 puan eklenerek üst kol grubu puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Alt kollarda 60°-100° fleksiyon olduğundan 1 puan olarak belirlenmiştir. Bileklerde >15° fleksiyona sahiptir böylelikle Bilek puanı 2 olarak verilmiştir. Sırasıyla 5, 1 ve 2 olarak belirlenen puanların tablo

B değeri 7 olarak gelmiştir. Çalışan tutma eylemi yamadığı için kavrama puanı 0 olarak verilmiştir. Tablo B değeri ve kavrama değerini tablodığımızda B skorunu 7 olarak bulunmuştur. C tablosundan A ve B değerlerinin karşılığındaki değer 5 gelmektedir. 5 değeri ile 0 olarak belirlenen Aktivite skoru ile toplandığında 8 puanlık Reba Skoru oluşmaktadır. 5 puanın risk seviyesi ortadır ve önlem almak gereklidir.

Tablo 10. Barkod Okutma Reba Analizi Tablosu

10- Barkod Okutma			
A Grubu			B Grubu
Gövde	1	5	Üst kol
Boyun	1	1	Alt Kol
Bacaklar	2	2	Bilek
Tablo A	2	7	Tablo B
Yük/Kuvvet	0	0	Kavrama
A Skoru	**2**	**7**	B Skoru
C Skoru			
5			
Aktivite Skoru			
0			
Reba Skoru			
5			

2.11. Etki Analizi

10 farklı vücut duruşunun reba analizleri yapılarak Tablo.11 Etki Analizi Tablosunda özetlenerek gösterilmiştir.

Tablo 11. Etki Analizi Tablosu

Proses	**Reba Skoru**	**Risk Seviyesi**	**Önlem**
5- Kılıf Giydirme	10	Yüksek	Kısa Zaman İçerisinde Gerekli
3- Kılıf Geçirme	9	Yüksek	Kısa Zaman İçerisinde Gerekli
4- Kılıf Giydirme	8	Yüksek	Kısa Zaman İçerisinde Gerekli
7- Koltuk Arasından Kılıf Geçirme	8	Yüksek	Kısa Zaman İçerisinde Gerekli
1- Sünger Geçirme	7	Orta	Gerekli
8- Koltuk Kaldırma	7	Orta	Gerekli
2- Sünger Yerleştirme	6	Orta	Gerekli
6- Koltuk Arasından Kılıf Geçirme	6	Orta	Gerekli

2.11. İyileştirme Önerileri

2.11.1. Kılıf Giydirme Prosesi için İyileştirme Önerileri:

- Kılıf giydirme prosesi için tasarlanan eğim sağlayan aparatın eğiminin daha düşürülmesi veya ayarlanabilir olması.
- Çalışanın ilk başta giydirme eylemini sünger geçirmedeki gibi koltuğun dik konumundayken yapılacak şekilde iş prosedürünü değiştirme

İyileştirme Sonrası:

- Vücut daha dik konuma kavuşacaktır ve Gövde puanı düşecektir.
- Çalışma alanının rahatlmasıyla ve gövdenin dikleşmesiyle beraber bacaklar bilateral konuma oluşabilecektir.

2.11.2. Kılıf Geçirme Prosesi için İyileştirme Önerileri:

- Kılıf giydirme prosesi için tasarlanan eğim sağlayan aparatın eğiminin daha düşürülmesi veya ayarlanabilir olması.
- Çalışanın ilk başta giydirme eylemini sünger geçirmedeki gibi koltuğun dik konumundayken yapılacak şekilde iş prosedürünü değiştirme
- Çalışanın eylemi yaptığı merkeze daha yakın çalışması gerektiğinin eğitimi verilmesi gerekiyor.

İyileştirme Sonrası:

- Vücut daha dik konuma kavuşacaktır ve Gövde puanı düşecektir.
- Çalışma alanının rahatlmasıyla ve gövdenin dikleşmesiyle beraber bacaklar bilateral konuma oluşabilecektir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada uygulama üzerinde koltuk montaj hattında çalışan işçinin çalışma süreinde ergonomik olarak hareketleri incelenmiştir. Yaptığı 10 hareketin Reba Analizi yapılmıştır. Yapılan Reba Analizine göre reba skoru en yüksek çıkan 3 hareket için iyileştime önerileri yapılmıştır. Yapılan hareketlerin çoğunda çalışanın yaptığı gereklilikten değilde tercihe dayalı olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden iyileştirme önerilerilerinde çalışanlar için ergonomik bir şekilde hareketler yapılması gerektiğinin kararına varılmıştır. Ayrıca iyileştirme sonrası vücutların durumunda nasıl iyileşeceği paylaşılmıştır.

4. TARTIŞMA

Son zamanlarda işçi sağlığı ve güvenliği hususunda önem kazandığı ergonomik risklerin sayısal verilerle belirlenebildiği REBA methodu, bilimsel olarak çalışan üzerinde oluşan riskleri belirleyebilmekte ve iyileştirme çalışmalarına da temel sağlamaktadır (Sağıroğlu, Çoşkun ve Erginel, 2015). Yalnızca sayısal oranlardaki artış, üretkenlikte ya da verimlilikte artış anlamına gelmemekte aynı zamanda en değerli kaynak olan işgücünü etkin kullanabilmek önem kazanmıştır. Emek-yoğun bir sektör olan mobilya sektöründe uygun olmayan çalışma duruşları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olduğu gibi verimliliğin düşmesine de neden olmaktadır (Polat ve ark., 2017). Çalışana rahat bir çalışma ortamı sunulmadığı takdirde çalışanda duruş bozuklukları ve kas iskelet hastalıkları görülmektedir. Çalışanın sağlığı bozulduğunda üretim etkilenmektedir. Risk değerlendirme yöntemlerinin amacı çalışma ortamını ve çalışanı analiz edip eksiklikleri tespit etmek ve iyileştirmeler sunmaktır. (Kahya ve Gürleyen, 2018). Bu çalışma bir işletmenin koltuk montaj hattında yapılmıştır. Amaç hattın risk durumunu REBA yöntemi ile analiz edilip iyileştirmeler sunulmasıdır. Montaj hattın tek istasyonda 10 iş hareketi için REBA yöntemiyle risk analizi yapılmıştır. Ayrıca iş hareketleri üzerinden iyileştirme önerileri sunarak değerlendirmeler yapılmıştır.

KAYNAKLAR

HIGNETT, S., LYNN, M., Technical note Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.

KAHYA, E., GÜRLEYEN, E., (2018), *Kombi Montaj Hattında Reba Yöntemi İle Ergonomik Risk Analizi,* Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6 (Özel Sayı), 58-66.

KOCABAŞ, M. (2009), *Ağır ve Tehlikeli İşlerde Çalışan İş Görenlerde Zorlanmaya Neden Olan Çalışma Duruşlarının Analizi (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* 25.05.2023 tarihinde http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/192/Mehlika_Kocaba%C5%9F_tez.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden alındı.

POLAT, O., MUTLU, Ö., ÇAKANEL, H., DOĞAN, O., ÖZÇETİN, E., ŞEN, E. (2017), *Bir Mobilya Fabrikasınfa Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının Reba Yöntemi İle Analizi,* Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(Özel sayı), 263-268.

SAĞIROĞLU, H., ÇOŞKUN, M.B., ERGİNEL N. (2015), Reba İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345.

MECHANICAL DESIGN AND ANALYSIS OF MOBILE PRE-CONDITIONED AIR (PCA) UNIT FOR A TACTICAL UNMANNED COMBAT AERIAL VEHICLE

Furkan EMEKSİZ
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Science, Department of Defence Technologies
femeksiz94@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1493-2068

Hüseyin CANBOLAT
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Science,, Department of Defence Technologies
hcanbolat@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2577-0517

Abstract
Unmanned aerial vehicles (UAVs), used by the air forces of many countries today, possess capabilities for reconnaissance, surveillance and precision strikes. Unmanned combat aerial vehicle (UCAVs) provide tactical advantages for air forces in almost every region of the world. However, their sensitive electronic components require appropriate thermal management for critical tasks during ground testing and maintenance activities. In general, Pre-Conditioned Air (PCA) units are responsible for cooling, heating, and conditioning the desired environment and delivering conditioned air to relevant spaces such as aircraft, military or medical shelters and command centers.The FE-PCA device is a portable, economical, durable, and efficient solution, designed with a special configuration where system components are integrated onto a sturdy steel chassis. This thesis consists of the establishment, design, and analysis of a climate control system utilizing an ideal vapor compression cooling cycle with a mobile PCA unit developed for an UCAV, addressing the identified needs.The designed mobile FE-PCA device aims to effectively provide cooling or if necessary, heating to the aircraft without relying on external sources.Its primary objective is to ensure the optimal ambient temperature for electronic devices within the aircraft. Additionally, when used in conjunction with a ground power unit (GPU) during ground tests and maintenance activities, it eliminates the need for the aircraft engine to run, resulting in fuel savings and ensuring the job safety of technicians. The conducted system design, mechanical design, and analysis have resulted in a next-generation mobile PCA unit with a cooling capacity of 6.1 tons. With the designed vehicle, UCAVs will be able to reliably perform critical attacks, coordination and intelligence reconnaissance missions.

Keywords: Air force, Unmanned combat aerial vehicle, Mobile PCA unit, Air conditioning, Mechanical design

BİR TAKTİK SİLAHLI İNSANSIZ HAVA ARACI İÇİN MOBİL ÖN ŞARTLANDIRILMIŞ HAVA (PCA) ÜNİTESİNİN MEKANİK TASARIM VE ANALİZİ

Özet
Günümüzde bir çok devletin hava kuvvetleri tarafından kullanılan insansız hava araçları, keşif, gözetleme ve hassas vuruş kabiliyetlerine sahiptirler. Silahlı insansız hava araçları dünyanın neredeyse her bölgesinde hava kuvvetleri için taktiksel avantaj sağlarlar. Ancak hassas elektronik aksamları yer testleri ve bakım-onarım faaliyetleri sırasında kritik görevler için uygun yer termal yönetimine ihtiyaç duyarlar. Genel manasıyla PCA(Ön şartlandırılmış hava) ünitelerinin amacı istenilen ortamı soğutmak, ısıtmak ve şartlandırılmış havayı, hava araçları,askeri veya tıbbi barınaklar ve komuta merkezleri gibi ilgili ortamlara vermekten sorumludur. FE-PCA aracı taşınabilir,ekonomik, dayanıklı ve tasarruflu çözüm sunarak çeşitli ortam ve hava koşullarında kullanılabilen, sistem komponentlerinin sağlam bir çelik şase üzerine entegre edildiği özel bir tasarıma sahiptir. Bu tez belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda bir silahlı insansız hava araçı için geliştirilen mobil PCA ünitesinin ideal buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi ile iklimlendirme sisteminin kurulması, tasarımı ve analizinden oluşmaktadır. Tasarlanan mobil FE-PCA aracı ile amaçlanan başka kaynaklara ihtiyaç duymadan etkili bir şekilde hava aracına soğutma veya ihtiyaç olması halinde ısıtma sağlayarak hem hava aracı içerisindeki elektronik cihazlar için optimum ortam sıcaklığını sağlamak, hem de yer testleri ve bakım onarım faaliyetleri sırasında bir yer güç ünitesi ile birlikte kullanılmasıyla uçak motorunun çalışmasına gerek duyulmamasından dolayı yakıt tasarrufu sağlanması ve aynı zamanda çalışan teknisyenin iş güvenliğini sağlamaktır. Yapılan sistem

tasarımı,mekanik tasarım ve analiz sonucunda 6.1 ton soğutma kapasitesine sahip yeni nesil bir mobil PCA ünitesi ortaya çıkmış olup, tasarlanan araç sayesinde silahlı insansız hava araçları görev açısından kritik saldırıları, koordinasyonu ve istihbarat keşiflerini güvenilir bir şekilde gerçekleştirebileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: Hava kuvvetleri, Silahlı insansız hava aracı, Mobil pca ünitesi, İklimlendirme, Mekanik tasarım

1. INTRODUCTION

PCA (Pre-Conditioned Air) units play a critical role in aircraft operations. These units provide fresh conditioned air at the optimum temperature to the aircraft while parked. Additionally, maintaining sufficient temperature inside the aircraft is crucial for the smooth operation of numerous electronic devices found onboard. (Van Heerden et al., 2022) By utilizing an FE-PCA unit, not only can avionics be kept at their optimal temperature, but unmanned aerial vehicles can also undergo maintenance and ground testing without the need to start their own engines, thanks to the unit's integration with GPUs (Ground Power Units). This enables important operations to be carried out seamlessly. Furthermore, the portability of the unit allows for its use in desired locations, facilitating rapid deployment during emergency situations.

The FE-PCA Mobile Air Conditioning Unit is designed to provide service to tactical unmanned combat aerial vehicle (UCAVs) and is a portable unit that can operate using grid electricity or external power sources in its operating area. It consists of cooling system components and heating resistors, forming an electrically powered portable unit. PCA units encompass cooling, heating and climate control capabilities. The system used in the unit is a vapor compression refrigeration cycle, utilizing the environmentally safe R-410a refrigerant gas. The system ensures that the aircraft is maintained at the optimum temperature while on the ground. Temperature control of the environment is achieved through thermostat regulation. The FE-PCA unit offers reliable operation with minimal maintenance requirements and has a long service life. It is specifically designed to meet the climate control needs of a particular UCAV.

2. PCA UNITS

2.1. Pca (Pre-Conditioned Air)

Pre-Conditioned Air (PCA) is a term related to HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) terminology. In HVAC terminology, a conditioned space refers to an area that needs to be cooled or heated, separate from the external atmosphere. (ALT, 2020), Air conditioning is the process of taking in outside air, filtering out any impurities and altering the temperature and humidity to achieve and maintain the desired atmosphere. As the outside air passes through the air conditioning system, its characteristics change, impurities are removed and its temperature decreases. The air that is ready to enter the conditioned space is referred to as "preconditioned air". The layout of a PCA unit in the field is shown below (Figure 1).

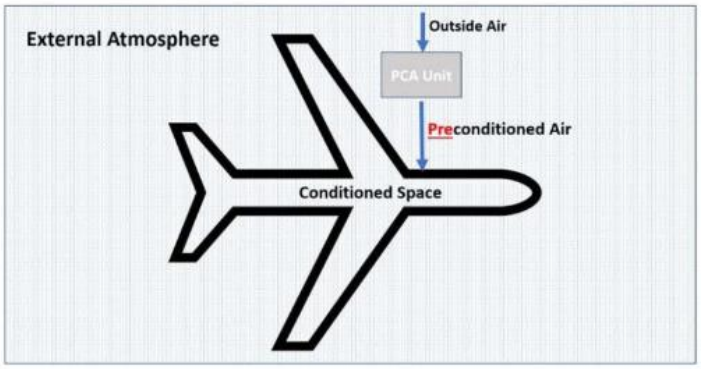


Figure 1. Placement of PCA Unit for an Aircraft

The interior of an aircraft is a conditioned space and the air ducts supply conditioned air while the unmanned combat aerial vehicle (UCAV) is in flight. The air received is already conditioned because it

is separate from the UCAV's own cooling system. Therefore, the air supplied by the Pre-Conditioned Air (PCA) Unit is already conditioned and is referred to as "pre-conditioned" air.

2.2. The Necessity of Using a Pca Unit

High-tech electronic devices in the avionics compartment of unmanned combat aerial vehicle tend to overheat. (Tooley and Wyatt, 2009) This issue can be observed in data center cooling for aircraft avionics, high-tech military electronic devices or command center cabins, negatively impacting the electronic equipment. To mitigate this problem and maintain optimal operating conditions, proper thermal management in suitable locations is necessary. Failure to do so can result in the malfunctioning of cameras and radars in intelligence, surveillance and reconnaissance (ISR) systems, leading to mission failure.

Tactical unmanned combat aerial vehicle cool their onboard electronic systems during flight using their own air ducts. However, while on the ground, they rely on PCA (Pre-Conditioned Air) and GPU (Ground Power Unit) to supply power, cool the cabin, and meet energy and climate control needs when required. Fuel is one of the biggest costs for an aircraft. (FAA, 2007) Reducing fuel usage lowers costs and produces fewer emissions. With the help of these units, during ground tests and maintenance, the aircraft's own engine does not need to be running as both climate control and energy requirements are met. This leads to significant benefits in terms of cost and emission reduction associated with military operations, addressing both economic and environmental factors. Additionally, the use of PCA (Figure 2) units plays a role in reducing air pollutants and greenhouse gas emissions.

Figure 2. Schematic of Towable a Mobile PCA Unit

Due to the various reasons mentioned, when an aircraft reaches its landing area, the aircraft engines are shut down. It is necessary for the air conditioning system to continue operating during maintenance, repair and ground testing activities. In cases requiring maintenance and repair, the Pre-Conditioned Air is activated. In this scenario, technicians perform ground tests and maintenance activities to ensure the unmanned aerial vehicle's controls and prepare it for flight.

3. SYSTEM DIAGRAM AND COMPONENTS

3.1. Ideal Vapor Compression Refrigeration Cycle

The working principle of vapor compression refrigeration is as follows: In the cycle, the condenser is an heat exchanger that releases heat to the surroundings, causing the compressed hot gas to condense into a liquid state. The liquid refrigerant then enters the expansion valve, which restricts the flow of the fluid through a small orifice, resulting in a pressure drop. As a result, the boiling point of the refrigerant decreases, making it easier for it to evaporate. When the refrigerant evaporates, it absorbs heat from its surroundings, thereby cooling the environment. The location where this evaporation occurs is called the evaporator. The refrigerant then returns to the compressor to complete the cycle. The refrigerant is reused to absorb heat and transfer it to another location. (Cerkezoglu, 2010). The ideal vapor compression refrigeration cycle and the T-s diagram are given in (Figure 3).

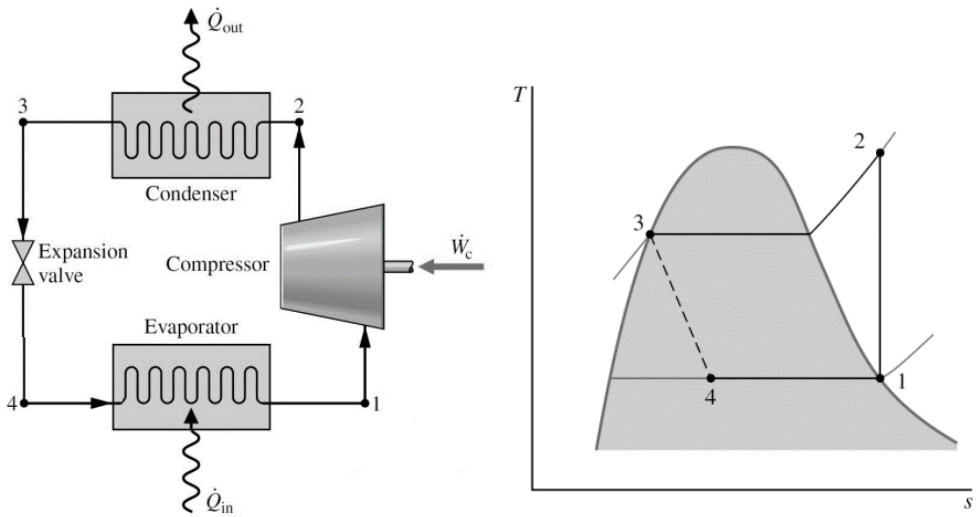


Figure 3. Ideal Vapor Compression Refrigeration Cycle and T-s Diagram.

3.2. Refrigerant Gas

It is known that the properties of refrigerants can vary depending on the application and operating conditions. The selection of the refrigerant should be based on the application requirements and the purpose of the system. In the case of the FE-PCA unit, R410a refrigerant has been chosen. R410a is a type of refrigerant gas that belongs to the class of refrigerants and is widely used in the HVAC industry, particularly for air conditioning purposes. It is commonly used for both heating and cooling applications and is among the most commonly used refrigerants in daily life.

R410a is a refrigerant that belongs to the class of hydrofluorocarbons (HFCs), which are pressurized, liquefied or highly volatile fluorinated hydrocarbon compounds. It consists of two components: difluoromethane (CH2F2) and pentafluoroethane (CF3CHF2). Compared to other refrigerant gases, R410a offers higher efficiency and energy savings. The physical properties of R410 gas are shown in Table 1.

Table 1. R410A Physical Properties (E.I. du Pont, 2004)

Chemical Formula	CH2F2/CHF2CF3 (50/50% by weight)
Molecular Weight	72.58
Boiling Point at One Atmosphere	–51.58 °C (–60.84 °F)
Critical Temperature	72.13 °C (161.83 °F) 345.28 K (621.50°R)
Critical Pressure	4926.1 kPa (abs) (714.50 psia)
Critical Density	488.90 kg/m3 (30.52 lb/ft3)
Critical Volume	0.00205 m3/kg (0.0328 ft3/lb)

3.3. System Components

Most avionics are mounted in aircraft cockpits. To sustain military operations, these values need to be brought to the optimum temperature. The FE-PCA device is designed for use in processes such as maintenance, repair and ground testing of unmanned aerial vehicles. Due to the excessive heat emitted by the avionics of unmanned aerial vehicles, it is aimed to maintain the avionics at an optimum temperature of 12°C to prevent damage and system losses during operation. The installed system (Figure 4) is specifically designed according to the requirements of a single unmanned aerial vehicle and differs from other PCA units.

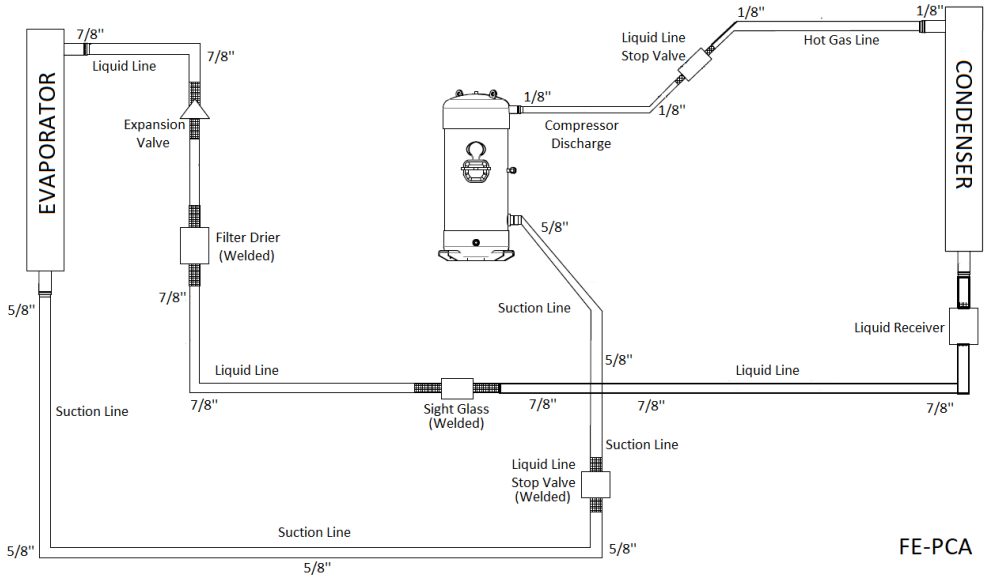


Figure 4. FE-PCA Unit General Refrigerant Scheme

3.4. System Specifications and Layout

The heating, cooling, and other system specifications of the mobile FE-PCA unit are shown in Table 2.

Table 2. System Features of Mobile FE-PCA Unit

Heating Capacity	13,4 KW
Cooling Capacity	21.6 KW
Heating Principle	Resistance
Cooling Principle	Ideal Vapor Compression Refrigeration Cycle
Electrical Consumption (During Heating)	13.6 kW/h
Electrical Consumption (During Cooling)	5.9 kW/h
Voltage and frequency	380 V / 50 Hz.
Refrigerant Gas	R410A
Filtration	G4 Filter

An optimal system layout has been attempted based on the selected components (Figure 5).

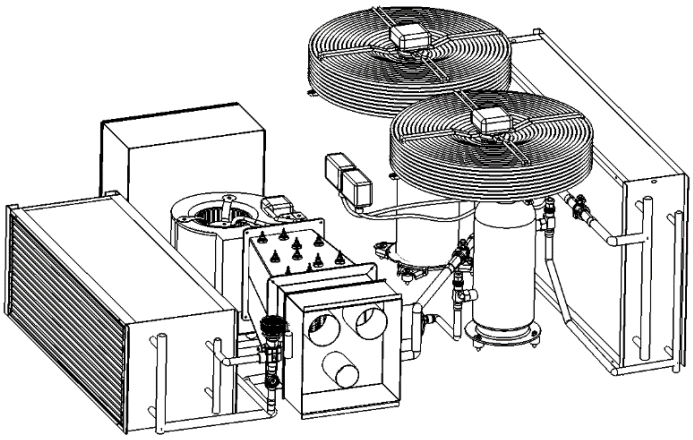


Figure 5. Components and System Piping of the Refrigerant Flow System of the FE-PCA unit.

4. DESIGN CRITERIA

The type of PCA units selected for an aircraft is determined during the design and planning phase, considering the specific performance requirements for heating and cooling. The design aims to provide suitable heating and cooling capabilities while taking into account factors such as energy efficiency,

emissions, environmental conditions, space utilization, operational efficiency and cost. The FE-PCA (Figure 6) model is a high-capacity Pre Conditioner Air (PCA) device with special systems that enable it to operate in harsh environmental conditions. It can be towed by any vehicle, allowing for quick and safe transportation to the desired location. With its specially designed wheels, it can move on various terrains, making it suitable for air, land or sea transportation.

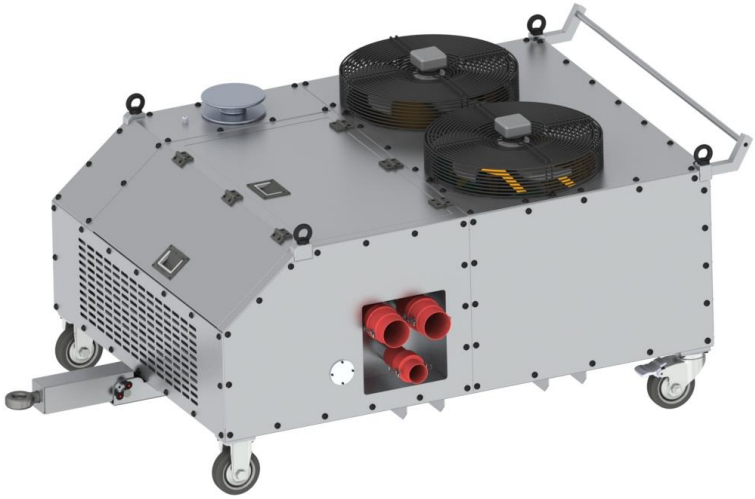


Figure 6. External Appearance of The FE-PCA Unit

Some mechanical specifications of the unit are given in Table 3.

Table 3. Design Features of Mobile FE-PCA Unit

Device Dimensions	938 x 1267 x 1914 mm (When the tow bar is extended 2255)
Device Weight	338 kg
Chassis	S235JR (ST37-2)
Covers	AL-5754

The mobile PCA vehicle should be designed with appropriate coating and painting processes to ensure a corrosion-resistant structure. It should be able to withstand extreme environmental conditions such as sand, dust, rain, snow, hail, salty and humid air and wind without compromising its functionality. These units should not only withstand the environmental hazards but also endure transportation to the field and remain operational.

The system components are mounted on a structurally robust steel chassis designed to withstand challenging conditions. The temperature can be adjusted from the control box inside the aircraft, allowing the unit to be used safely as a fully automatic device. Furthermore, energy efficiency and environmental considerations play a significant role in determining whether the PCA units used in an aircraft should be diesel-powered or electric. Electric PCA units are becoming increasingly common as they comply with aviation regulations related to environmental preservation. Additionally, electric PCA units are more energy-efficient.Therefore, the choice of operation principle for the mobile PCA vehicle has been electric, considering both its compliance with environmental regulations and its superior energy efficiency

5. STRUCTURAL ANALYSIS

Structural analysis demonstrates whether a system is in balance and mechanically safe under the load it is subjected to during a walking cycle. To determine deformations, equilibrium conditions, and stress distribution at critical points in the structure, structural analyses were performed using the Ansys program. This analysis aims to determine the mechanical safety and durability of the structure

throughout its operating cycle. After the final design is created, static load types are applied by creating analysis models in the Ansys Workbench program to evaluate whether their strengths are sufficient.

5.1. Constraints and Boundary Conditions

Constraints and boundary conditions refer to the specifications of the conditions under which the finite element analysis is conducted. These include determining the applied forces on the structure and the locations of supports, among other procedures.The deformation observed in the existing chassis under the defined boundary conditions and loading conditions is shown in (Figure 7), while the yield values are presented in (Figure 8). In the loading condition of the current design, the maximum deformation measured in the chassis is 1.41 mm.

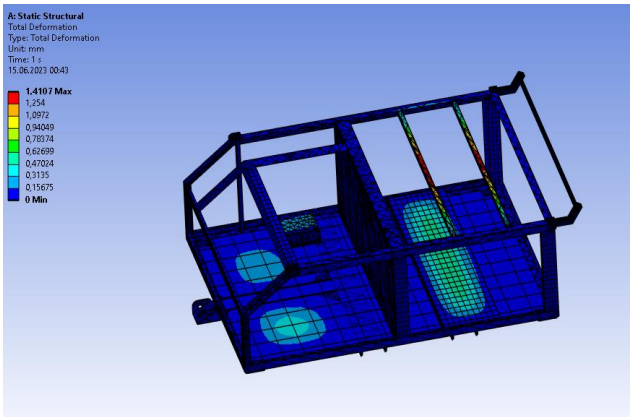


Figure 7. The Deformation Distribution Obtained Under The Loading Condition in The Mobile FE-PCA Unit

The stress levels observed in Figure 8 generally indicate that the existing chassis is structurally sound, with only localized and surface stresses observed in certain loading points. The stress level at critical points is observed to be 61,45 MPa, which is within the yield limit of the S235JR material used with a yield strength of 235 MPa, indicating that it remains within the elastic and plastic regions.

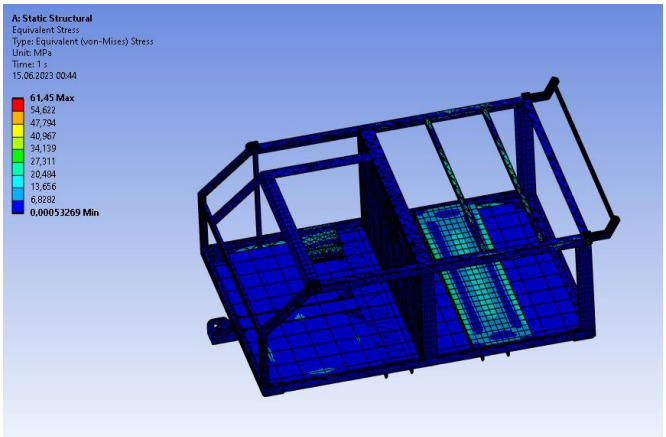


Figure 8. The Stress Distribution Obtained Under The Loading Condition in The Mobile FE-PCA Unit

6. DISCUSSION

The designed mobile PCA unit in the study enables the ground testing and maintenance activities of an unmanned combat aerial vehicle to be carried out, achieving the goal of sustainability. Thanks to the advantages of using mobile PCA units, PCA units have become crucial for unmanned combat aerial vehicle,which are being employed by many countries today.

7.CONCLUSION

This study provides a general overview of air conditioning systems and PCA (Pre-Conditioned Air) units. It is followed by providing general information about the components used in the refrigerant flow

system, including component selection and calculations. The design is carried out based on the arrangement of components and finally, the analysis outputs of the vehicle are included. Through the system design, mechanical design and analysis, a new generation mobile PCA unit with a cooling capacity of 6.1 tons is developed. The designed vehicle will assist in conducting critical attacks, coordination, and reliable intelligence reconnaissance for unmanned combat aerial vehicle.

REFERENCES

ALT.(2020), *What is an Aircraft Preconditioned Air (PCA) Unit*, Available at: https://aviationlearnings.com/pre-conditioned-air-pca-unit/ [Access Date: 16.04.23]

CERKEZOGLU B.(2010). Analysis of a cascade refrigeration system using CO2 as a refrigerant. MSc Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

E.I. du Pont.(2004), Technical Informatİon, *Thermodynamic Properties of DuPont Suva 410A Refrigerant*, 1.

FAA Office of Aviation Policy and Plans.(2007), *Economic Values For Faa Investment And Regulatory Decisions*,4-1-4-19

TOOLEY, M., WYATT, D.(2009), Cabin System, *Aircraft Electrical and Electronic Systems Principles, operation and maintenance* (pp. 241-254), Oxford: Elsevier

VAN HEERDEN, A.S.J., JUDT, D.M., BOSAK, D.(2022), Aircraft Thermal Management: Practices, Technology, System Architectures, Future Challenges and Opportunities, *Progress in Aerospace Sciences*, 128(1), 7-11

ÜLKELERİN ÖĞRETMENLERE YÖNELİK HİZMETİÇİ EĞİTİM UYGULAMALARI

Özet
Bu çalışma, dünya genelindeki hizmet içi eğitim uygulamalarını incelerken, öğretmenlerin profesyonel gelişimindeki önemli rolünün altını çizmektedir. Almanya ve Finlandiya'nın titiz, devlet destekli programları, ABD'nin esnek ve özelleştirilebilir yaklaşımları, Kore ve Japonya'nın öğretmen mentorluğu ve mesleki öğrenme odaklı yaklaşımları göz önünde bulundurulmuştur. Türkiye ise geniş öğretmen popülasyonuna hizmet veren merkezi bir yönetimle dikkat çekmektedir. Bu global bakış açısı, her ülkenin hizmet içi eğitimi öğretmenlerin sürekli öğrenme ve gelişimini teşvik etmek için bir araç olarak nasıl kullandığını göstermiştir. Bu çeşitlilik, Türkiye'nin kendi hizmet içi eğitim programlarını geliştirirken değerli bir perspektif sunar. Dünya çapında izlenen en iyi uygulamalar, Türkiye'nin eğitim sistemini daha da güçlendirebilecek yenilikçi ve etkili yöntemler için bir tür örnek oluşturmaktadır. Bu analizin sonucunda, hizmet içi eğitim programlarının, öğretmenlerin profesyonel yetkinliklerini sürekli olarak geliştirmek ve öğrenci başarısını maksimize etmek için etkili bir araç olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, Türkiye'nin, bu çeşitli global yaklaşımları kendi eğitim sistemi içerisine entegre etme çabalarının, gelecek nesillerin eğitim standartlarını yükselteceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eğitim Programı, hizmet içi eğitim, öğretmen, profesyonel gelişim

TEACHERS' IN-SERVICE TRAINING PRACTICES IN COUNTRIES

Abstract
This study, while examining in-service training practices worldwide, underscores the significant role in the professional development of teachers. Rigorous, state-supported programs in Germany and Finland, flexible and customizable approaches of the United States, and the teacher mentorship and professional learning focused approaches of Korea and Japan have been considered. Turkey, on the other hand, attracts attention with its centrally managed approach serving a broad teacher population. This global perspective demonstrates how each country uses in-service training as a tool to encourage continuous learning and development of teachers. This diversity provides a valuable perspective as Turkey develops its own in-service training programs. Best practices observed worldwide serve as a sort of model for innovative and effective methods that could further strengthen Turkey's education system. As a result of this analysis, it has been concluded that in-service training programs are an effective tool to continually enhance teachers' professional competencies and maximize student success. Therefore, it is anticipated that Turkey's efforts to integrate these various global approaches into its own education system will elevate the educational standards of future generations.

Keywords: Education Program, in-service training, teacher, professional development

1. GİRİŞ

Eğitim, günümüzde insan kaynaklarını nitelikli bir seviyeye çıkarma hedefinin merkezinde yer almaktadır. Bu sebeple hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler, eğitim sistemlerinin kalitesini artırmak adına sürekli reformlar uygulamaktadırlar. Bir eğitim sisteminin kalitesinin önemli bir belirteci ise öğrenci başarısıdır. Öğrenci başarısını şekillendiren birçok etmen mevcuttur, fakat öğretmen kalitesi bu etmenler arasında öne çıkan bir faktördür. Öğretmen kalitesini belirleyen bir dizi gösterge vardır: hizmet öncesi eğitimin kalitesi, teknolojik pedagojik alan bilgisi, mesleki ilerleme, iş deneyimi, öğretmenin kişilik özellikleri vb. Bununla birlikte, bu faktörler içinde mesleki gelişim, öğretmen kalitesini en doğru biçimde belirleyen en kritik unsur olarak kabul edilmektedir. Öğretmenlerin profesyonel gelişimleri için hizmet içi eğitime ihtiyaçları vardır ve öğretmenlerin büyük çoğunluğu hizmet içi eğitim programlarını değerli bulmaktadır (Gültekin vd., 2010; Uçar & Uçar, 2005).

Birçok araştırmacı, öğretmenlerin öğrencileri için seçkin sonuçlar yaratma becerilerini geliştirme süreci olan profesyonel gelişimin önemini vurgulamakta ve eğitimin geliştirilmesinin anahtarı olduğunu iddia etmektedir. Öğretmenlerin profesyonel yeteneklerini geliştirmek için geliştirilen ve yürütülen bir dizi aktivite olan profesyonel gelişimi, profesyonel büyüme ve gelişimi teşvik eden sistemli etkinlikleri içeren uzun süreli bir süreçtir. Hoque vd. (2011) öğretmenler için profesyonel gelişimi, öğretmenlikle

başlayan, hizmet içi eğitim ve personel gelişimini içeren ve emeklilik hazırlığı ile sona eren devam eden bir süreç olarak ifade etmişlerdir.

Hizmet içi eğitim, öğretmenlerin profesyonel becerilerini geliştirmelerine ve alanlarındaki en son gelişmelerle ayak uydurmalarına yardımcı olmaktadır (Duman, 2016). Hizmet içi eğitimin ana hedefi, tüm eğitim sistemine sürekli bir gelişim sağlamaktır, bu yüzden hizmet içi eğitim, öğretmenlerin öğretme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmak için politika yapıcılar tarafından sürdürülen profesyonel gelişimin ana bir parçası olarak kabul edilmektedir (European Union, 2013). Hizmet içi eğitim, ayrıca öğretmen eğitiminin genel sürecinin hayati bir parçası olarak kabul edilmekte ve seminerlere, konferanslara ve atölyelere katılmayı içermektedir. Bu etkinliklerde güncel problemlara pratik çözümler tartışılır ve bu, öğretmenlerin eğitim alanındaki yeni gelişmeler hakkında bilgi edinmelerine yardımcı olmaktadır (Alkuş & Olgan, 2014).

Eğitimin kalitesinin öğretmen eğitiminin kalitesine dayandığı düşüncesi, artık geniş çapta kabul gören bir görüştür; nitelikli profesyonel gelişim, eğitimi iyileştirmek için hayati öneme sahiptir (Lawless & Pellegrino, 2007). Okullardaki öğretimin kalitesini artırmak, öğretmenlerin kalitesini iyileştirmeye bağlıdır, bu yüzden öğretmenlerin sürekli gelişimi desteklenmelidir. Öğretmenlerin kendilerini geliştirme şansları olduğunda, öğrencilerine daha fazla fırsat sunabilirler. Ancak, öğretmenlerin sürekli büyümeyi ve profesyonel gelişimi sürdürebilmeleri için desteğe ihtiyaçları vardır. Öğretmenler, yeni dünyanın eğitim ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli olarak kendilerini geliştirmeli ve becerilerini yükseltmelidir ve kendilerini profesyonel olarak nasıl geliştireceklerini öğrenerek, kendi güçlü ve zayıf yanlarının daha fazla farkına varacak, profesyonel gelişim planlarını oluşturacak ve hedeflerine ulaşacaklardır (Cheung ve Cheng, 1997).

Öğretmenler, diğer tüm okul faktörlerinden daha önemli bir etkiye sahiptir ve öğretmen özellikleri arasında; öğretmenin mesleki gelişimi, öğrenci sonuçları için önemli bir konudur. Araştırmalar, kaliteli mesleki gelişimin öğretmenlerin uygulamalarını değiştirebileceğini ve öğrenci öğrenimini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermiştir. Etkili mesleki gelişim, öğretmenleri destekleyici, işe dayalı, eğitimsel odaklı, işbirlikçi ve sürekli öğrenme fırsatlarına dahil eder. Bu özellikler tarafından yönlendirildiğinde, okul liderleri tüm öğretmenler için anlamlı öğrenme deneyimleri tasarlayabilirler. Mesleki gelişim, öğretmenlerin belirlenen ihtiyaçlarına dayanan kapsamlı, sürdürülebilir ve sistemik öğrenme deneyimlerini içerir ve bu deneyimler, geliştirilmiş öğretim etkinliği ile artan öğrenci başarısı ve performans sonuçlarına ulaşmasını sağlamaktadır (İlğan, 2013: 41).

Hizmet içi eğitim programları, kurumların yetenekli bir personel gerekliliğini kavramasıyla daha önemli hale gelmiştir; bu aynı zamanda OECD'nin (2009) raporuyla da örtüşmektedir, çünkü rapor, ülkelerin profesyonel gelişimi bir öncelik olarak görmelerini ve buna göre hizmet içi öğretmen eğitimi programları düzenlemelerini önermektedir. Ancak, dokuz yıl sonra, OECD (2019) tarafından yürütülen Uluslararası Öğretme ve Öğrenme Anketi (TALIS-Teaching and Learning International Survey) raporu, öğretmenlerin teknolojiyi öğretme ve öğrenme için etkili bir şekilde kullanabilme konusunda hala bir zorluk olduğunu belirtmektedir. Rapor, Türkiye'nin de dahil olduğu 48 ülkede uygulanan eğitim politikalarını ve okullardaki etkilerini incelemiştir. TALIS (OECD, 2019), öğretmenler, okul liderleri ve öğretim üzerine odaklanan politikalarla ilgili uluslararası olarak karşılaştırılabilir bilgi oluşturmak için öğretmenler ve okul müdürleri için bir anket kullanmıştır. Ülkelerin çeşitli zorluklarla başa çıkabilmesi için öğretmenlere ve okul liderlerine kurumlarındaki çalışma koşulları ve öğrenme ortamları hakkında sorular soran rapor, yaklaşık 260.000 öğretmeni ve 15.000 okulu kapsamaktadır. Türkiye'den toplamda 815 okul müdürü ve yaklaşık 16.000 öğretmen anketi doldurmuştur. Rapor, teknolojinin sınıfta kullanımı ve öğretmenlerin bu teknolojileri nasıl etkili bir şekilde kullanacakları konusundaki eğitim arasında bir boşluk olduğunu belirtiyor. Rapor, öğretmen eğitiminin, yalnızca teknolojik cihazların dağıtılması değil, öğretmenlerin ve öğrencilerin dijital dünyada etkili olmalarını sağlamak olması gerektiğini ifade ediyor. Türkiye'deki öğretmenlerin çoğu aldıkları eğitimden memnun olmasına rağmen, OECD geneli öğretmenlerin ileri düzey teknoloji becerilerini geliştirmek için daha fazla eğitime ihtiyaçları olduğunu ortaya koymuştur. Rapor, öğretmenlerin teknolojiyi yenilikçi öğretim uygulamalarına entegre etmeleri konusunda yetersiz destek ve hazırlık olduğunu da göstermiştir. Sonuç olarak, öğretmen eğitiminin, sadece teknolojik araçlara değil, daha etkili öğretim metotlarına

odaklanması ve öğretmenlere teknolojiyi öğretime entegre etme konusunda sürekli destek sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Öğretmenlerin öğrencilerini hazırladıkları dünya değişip gelişirken, öğretmenlerin de öğretme becerilerini değiştirmeleri gerektiği kabul edilir ve öğretmen eğitim programlarının, emekli olana kadar öğretmenler için yeterli ve verimli olması beklenemez. Garet vd. (2001) genellikle öğretmenlerin mevcut öğretim uygulamaları için tasarlanıp geliştirilen profesyonel gelişim programlarının genellikle öğretim yöntemlerini olumlu etkilediğini ifade ederek okul organizasyonel yapılarının öğretmenlerin profesyonel gelişimini desteklemesini önermiştir. Bu programların geliştirilmesine gelince, Altan (2016) öğretmenlerin profesyonel gelişiminin aktarım modelini izlemek yerine yapılandırmacı bir şekilde geliştirilmesi gerektiğini belirtir, dolayısıyla öğretmenler gözlem, aktif katılım ve yansıma yardımıyla aktif rehberler olmalıdır. Öğretmenlerin profesyonel gelişim programlarına aktif katılımı, öğrenme teorisyenleri ve organizasyon teorisyenleri, insanların en iyi aktif katılımla ve öğrendikleri şey hakkında düşünerek ve ifade ederek öğrendiklerini öğrettikleri için önemlidir (Lieberman, 1995: 591). Guskey (2014) hedeflere ve öğrenci ihtiyaçlarına uygun olarak hizmet içi eğitimlerin gerçekleştirilmesini garantilemek için 'geriye dönük planlamanın' uygulanmasını önermiştir; okulların istenen öğrenme sonuçlarını belirlemekle başlaması gerektiğini, sonra bu sonuçları sağlayacak öğretim uygulamalarını, bu uygulamaları etkili bir şekilde kullanmak için gerekli organizasyonel desteği, öğretmenler için gerekli becerileri ve ardından bu becerileri geliştirmek için öğretmenlere yönelik faydalı profesyonel gelişim programlarını belirtir. Öğretmenlerin teknolojik bilgisi, teknolojideki hızlı ve devrim niteliğindeki değişiklikler nedeniyle kısa sürede eskimiş olabilir. Sonuç olarak, öğretmenlerin kendilerini sürekli geliştirmeleri ve güncellemeleri gerekmektedir ve yeni öğretim yöntemlerini geliştirmek zorunda kalabilirler, bu da yıl boyunca hizmet içi eğitim programlarına katılma ihtiyacını doğurur.

Öğretmen eğitim programları, öğretmenlerin bilgisini artırmalı, yeni yaklaşımlarda sağlam bir temele sahip olmalı ve dikkatlice planlanmış bir ihtiyaç analizi sürecine dayanmalıdır. İhtiyaç analizi yapıldıktan sonra, gelecek öğretmen eğitim programları, ihtiyaç analizinin sonuçlarına dayanarak tasarlanabilir ve geliştirilebilir. Öğretmenler, okul dışı tüm grup oturumları yerine günlük işleriyle bağlantılı hizmet içi eğitime ihtiyaç duyarlar (Sandholtz, 2002) ve bu süreçte öğretmenlere geri bildirim ve sürekli destek gerekebileceği için takip desteğinin yararlı olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Hizmet içi eğitimin öğretmenler üzerindeki olumlu etkileri birçok çalışmada genişçe tartışılmıştır (Nzarirwehi & Faith, 2019; Yadav & Bhardwaj, 2013). Nzarirwehi ve Faith (2019) tarafından yürütülen bir uzun dönemli çalışmada, veriler, 1994'te ilk kez tanıtılan Eğitim ve Spor Bakanlığı tarafından tanıtılan Öğretmen Geliştirme Yönetim Sistemlerine katılan 610 ilkokul öğretmeni ve eğitim paydaşlarından toplanmıştır. 2016'da birincil verileri kullanan çalışma, hizmet içi eğitimin öğretmenlerin beceri ve bilgilerini geliştirmede kritik bir rol oynadığı ve öğretmenlerin yetkinliklerini geliştirdiği sonucuna vardı. Nzarirwehi ve Faith (2019) ayrıca hizmet içi eğitim alan öğretmenlerin eğitimsiz öğretmenlerden daha nitelikli olduğunu, bu nedenle hizmet içi öğretmen eğitiminin yetenekli öğretim gücünün oluşumuna yardımcı olduğunu ve öğretme ve öğrenme üzerindeki etkisinin eğitim sistemini dönüştürdüğünü iddia ettiler. Öte yandan, hizmet içi eğitim alan tüm öğretmenlerin, yetersiz malzemeler ve kişisel nedenler gibi çeşitli nedenlerden dolayı iyi bir eğitim sağlamadığını buldular. Nzarirwehi ve Faith (2019) ayrıca bir öğretmenin performansının onun çalışma ortamının bir yansıması olduğunu tartıştılar, dolayısıyla eğitim kurumları içindeki öğrenme ortamları etkili öğretme ve öğrenme için daha elverişli hale getirilmeli ve eğitim yaklaşımı bir ihtiyaç analizini ve eğitim sonrası değerlendirmeyi içermelidir. Bu, öğretme ve öğrenme süreçlerinde eğitimin başarısını değerlendirmeye yardımcı olur. Bulgular ayrıca profesyonel gelişimin özellikle öğretmenlerin performansı ve eğitim nitelikleri üzerinde kritik bir etkisi olduğunu gösterdi, ancak bu avantajlar yalnızca eğitim dikkatlice yürütülür ve sürekli değerlendirilirse gerçekleştirilebilir. Ayrıca, ortaokullardaki öğretmenlerin performansının incelendiği bir çalışmada, müfredattaki değişiklikler konusunda öğretmenlerin farkındalığını artırarak, öğretmenlerin hizmet içi öğretmen eğitiminden sonra müfredatı başarıyla uygulayabildikleri bulunmuştur (Shakoor, Ghumman & Mahmood, 2013). Etkili öğretim üzerinde hizmet içi öğretmen eğitiminin rolüne dair literatüre paralel olarak, hizmet içi eğitim programları, öğretmenlerin öğretim becerilerini ve profesyonel kimliklerini geliştirmeye yardımcı olmak için

tartışılmıştır (Ju Youn, 2011), bu da eğitimin tamamının sunumunu olumlu etkiler (Nzarirwehi & Faith, 2019).

Okul ve eğitim süreçlerini iyileştirmeler, müfredat veya yapısal değişikliklerle değil, öğretmenlerle başladığı için öğretmenlerin sürekli olarak bir gelişim ve eğitim içinde olmaları gerekmektedir. Seferoğlu'na (2001) göre, öğretmenlerin kaynaklara sahip olmalarına rağmen, bu konuda tamamen bilinçli olmadıkları ve potansiyel ve becerilerini kullanabilmek için profesyonel desteğe ihtiyaç duyduklarını; öğretmenlerin en iyisini yapabileceklerini, yeni yöntemler deneyebileceklerini, ancak sonuçlar konusunda tamamen emin olmayabileceklerini belirtmiştir. Fullan'a (1993: 49) göre "yeniden yapılandırmak, yeniden kültür oluşturmak anlamına gelmez" ve "formal yapıları değiştirmek, normları, alışkanlıkları, becerileri ve inançları değiştirmek aynı şey değildir"; öğretmenlerin öğretme uygulamalarını değiştirmeleri gerekiyorsa, profesyonel gelişim kurslarına katılmaları gerektiğini belirtmiştir.

Profesyonel gelişim, öğretmenler için sürekli izlenmesi ve desteklenmesi gereken bir süreçtir; çünkü onların bu programlarda edindikleri bilgileri kullanabilmeleri için bu tür bir destek gereklidir. Borko ve Putnam (1995), iş yaşamına geçiş aşamasında olan öğretmenlerin özellikle sürekli takip ve destek gerektirdiğini belirtmiştir. Öğretme yeteneklerinde yeni iç görüler ve beceriler geliştirirken öğretmenlere devamlı bir destek sağlanması önemlidir (Lieberman, 1995). Eğitimler tamamlandıktan sonra bile öğrenme süreci devam ettiğinden, öğretmenlerin öğrendiklerini uygulayabilmeleri için sürekli bir destek gerekir; aksi halde, hizmet içi eğitim faaliyetleri etkili olmayabilir. Seferoğlu (1996) belirttiğine göre, öğretmenler genellikle hizmet içi eğitimlerde öğrendiklerini kendi başlarına uygulamaları beklenirken, bazı araştırmacılar (Baldwin ve Ford, 1988; Kauffeld et al., 2008; Lemke, 1995) eğitimin yalnızca %10-20'sinin iş yerinde kullanıldığını ifade etmiştir. Eğitimin iş yerinde kullanımına "eğitimin aktarılması" adını veren (Wilkie, 2013) Seferoğlu (1996), öğretmenlerin kurumlarında gereken profesyonel yardımı alamadıklarını ve bazı öğretmenlerin, eğitim uygulamalarında pek az fark yaratan bir hizmet içi eğitim programına katıldıktan sonra kendilerini bunalmış hissettiklerini dile getirmiştir. Hizmet içi eğitim programlarının başarılı olabilmesi için özenli bir şekilde planlanması gerekmektedir. Uysal (2012), Türkiye Millî Eğitim Bakanlığı tarafından düzenlenen bir hizmet içi eğitim programının, ilkokul dil öğretmenlerinin davranışları, bilgi birikimleri ve sınıf uygulamaları üzerindeki devamlı etkisini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada veri toplama yöntemi olarak mülakatlar, kurs materyallerinin analizi ve kurs sonrası 18 ay boyunca 72 öğretmene anket uygulama kullanılmıştır. Çalışma, öğretmenlerin bu kursa genelde pozitif bir yaklaşıma sahip olduklarını ancak kursun planlama ve değerlendirme aşamalarının, öğretmenlerin uygulamalarını etkileme oranı ile birlikte geliştir ilmeye ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. Hem öğretmenler hem de eğitmenler, kursa hazırlanmak için yeterli zamanlarının olmadığını ifade etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, Özer (2004) ve Yıldırım (2007), Türkiye'deki birçok hizmet içi eğitim programının, öğretmenlerin ihtiyaçlarını dikkate almadan ve yeterli özenle planlanmadan düzenlendiğini belirtmiştir. Ayrıca Uysal (2012), hizmet içi eğitim programlarının, bir defalık atölye modellerine karşın, sürekli profesyonel öğrenme süreci olarak ve devamlı destek sağlanacak şekilde planlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Bu hızla değişen ve teknoloji ile birlikte gelişen çağda, öğretmenlerin öğrendikleri bilgiler de hızla değişmekte ve bu değişimi yönetmek ve çok disiplinli bir bakış açısına sahip olmak önemlidir. Guskey (2002) tarafından belirtildiği gibi, değişimin sürdürülebilirliği genellikle en çok göz ardı edilen konudur, bu nedenle profesyonel gelişim bir olay değil, sürekli bir süreç olarak ele alınmalıdır. Değişim, bir olaydan ziyade, bir süreç olarak kabul edilmiştir ve bu süreç, organizasyonların ve bireylerin bilgi ve deneyimlerini artırdıkça meydana gelir (Fullan, 1993; Pratt, 1982). Eğitimdeki değişimler gibi, profesyonel gelişim de bir olay olmaktan ziyade bir süreç olarak görülmelidir, bu da başarılı bir öğrenme deneyimi için sürekli takibin önemini vurgular (Boy Ergül, 2020).

Hizmet içi eğitim programlarıyla ilgili bazı zorluklar mevcuttur. Eğitmenlerin rolünün net olmaması ve öğretmenlerin öğrencilerin tam anlamıyla öğrenip öğrenemeyeceği konusunda belirsizlik yaşamaları bu sorunlardan bazılarıdır (O'Dwyer & Atlı, 2015; Fullan, 1982). Hizmet içi eğitimle ilgili problemlı varsayımlar da bulunmakta olup, bunlar arasında öğrencilerin yeni bilgileri sadece absorbe

edemeyeceği, öğretmenlerin öğrenme sürecinin daima değişen bilgiye doğru düz bir çizgide ilerlemeyeceği ve hedefler belirlenmediğinde eğitimin değerlendirmesinin riskli olabileceği yer almaktadır (Nzarirwehi & Faith, 2019). Ayrıca, Eylül ve Haziran aylarında düzenlenen seminerlerin yetersiz planlama, eksik materyaller ve uygun olmayan çevre gibi sorunlara sahip olduğu belirlenmiştir (Erdem & Alcı, 2018). Bu konuda öğretmenlerin görüşleri, eğitimin güncellenmiş konular ve pratik çalışmaları içermesi ve öğretmenlerin görüşlerinin dikkate alınması yönündedir. Bir başka çalışmada öğretmenlerin kendi kurumlarında hizmet içi eğitim tercih ettikleri ve uzaktan eğitimi sevmedikleri belirtilmiştir (Shahbazi, 2013). Hizmet içi eğitim, iş hayatı boyunca gereken bilgi ve becerileri aktaran önemli bir süreçtir ve öğretmenlerin hizmet öncesi ve hizmet içi eğitimlere ihtiyacı vardır (Can vd., 1995; Gültekin & Çubukçu, 2008).

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, Türkiye'de ve Kore, Japonya, Finlandiya, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya gibi gelişmiş bazı ülkelerdeki öğretmenlerin hizmet içi eğitim programlarının hangi kurum veya birimler tarafından ve hangi yöntemlerle uygulandığını incelemeyi, bu ülkeler arasındaki benzerlik ve farklılıkları belirlemek; bu analizlere dayanarak Türkiye için daha etkili bir hizmet içi eğitim modeli önermeyi amaçlamaktadır.

Bu araştırmada doküman analizi yönteminden yararlanılmıştır. Doküman analizi, titizlikle ve düzenli bir şekilde yazılı belgelerin içeriğini incelemek için kullanılan bir nitel araştırma yöntemidir. Bu yöntem, tüm basılı ve elektronik materyalleri sistematik bir şekilde gözden geçirerek ve değerlendirerek bilgi çıkarmayı, ilgili konular hakkında anlayış geliştirmeyi ve ampirik bilgi elde etmeyi amaçlamaktadır. Nitel çalışmalarda kullanılan diğer yöntemler gibi, doküman analizi de verilerin incelenmesini ve yorumlanmasını gerektirir.

Öncelikle, Türkiye ve seçilen diğer ülkelerin (Kore, Japonya, Finlandiya, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya) öğretmenler için mevcut hizmet içi eğitim programları ve bu programların uygulanma biçimleri hakkında bilgi toplamak için ilgili belgeler, yönergeler, raporlar, akademik makaleler ve diğer belgeler toplanmış ve analiz edilmiştir.

Belgeler, öğretmenler için hizmet içi eğitim programlarının kimler tarafından uygulandığını, hangi yöntemlerle uygulandığını, hangi konuların ele alındığını ve bu programların öğretmenlerin profesyonel gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek için dikkatli bir şekilde incelenmiştir.

3. ÜLKELERİN ÖĞRETMENLERE YÖNELİK HİZMETİÇİ EĞİTİM FAALİYETLERİ

3.1. Türkiye

Türkiye'de, "Hizmet İçi Eğitim Dairesi Başkanlığı" öğretmenler için hizmet içi eğitim hizmetlerini sunmaktadır. Bu birim, Bakanlık personelini yurt içi ve yurt dışı eğitimlerle yetiştirmekle yükümlüdür. Bakanlığın yıllık hizmet içi eğitim planı, "Eğitim Kurulu" tarafından belirlenen kurallara göre hazırlanır ve diğer kamu kurumları ve üniversitelerle işbirliği içinde uygulanır. Türkiye'de, öğretmenlerin hizmet içi eğitimi, bir dizi kanun ve yönetmelikle düzenlenmiştir (MEB, 2006: 8). 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu, devlet memurlarının verimliliğini artırmak ve gelecekteki görevlere hazırlamak amacıyla hizmet içi eğitim düzenlemelerini belirtir. Milli Eğitim Temel Kanunu, öğretmenlerin ileri öğrenim görme olanağını ve hizmet içi eğitim seminerleri ve kurslarını sağlar. Bu kanun ayrıca, daha fazla bilgi ve deneyim kazanmak isteyen öğretmenlerin izin durumlarını düzenlemektedir. Bu öğretmenler ihtiyaca göre aylıklı ya da aylıksız izinli kabul edilmektedirler (DMK, 2008, m. 214).

3797 Sayılı Millî Eğitim Bakanlığı Teşkilât ve Görevleri Kanunu'nun 35. maddesi, Bakanlık personelinin hizmet içi eğitimlerinin Hizmet İçi Eğitim Dairesi Başkanlığı tarafından yürütüldüğünü belirtmektedir (MEBTveGHK, 1992, madde 35).. İlköğretim Kurumları Yönetmeliği'nde yapılan değişikliklere göre, ilköğretim okullarındaki yönetici ve öğretmenlerin genel kültür, özel alan ve pedagojik formasyon konularında bilgi ve becerilerini geliştirmek, eğitim-öğretimle ilgili sorunlara çözüm bulmak ve öğrenci ve çevre ihtiyaçlarına uygun plan ve programları hazırlayıp uygulamak amacıyla mesleki çalışmaları yapılır. Millî Eğitim Bakanlığı'nın merkezi ve yerel birimlerinde çalışan personelin her türlü hizmet içi eğitimlerinin hedeflerini, ilkelerini, planlamasını, uygulamasını,

değerlendirmesini ve yönetimini belirlemek amacıyla bir Hizmet İçi Eğitim Yönetmeliği hazırlanmış ve uygulanmaya başlanmıştır. Bu yönetmelik, hizmet içi eğitim programlarının kurumun amacına ve personelin eğitim ihtiyacına uygun olarak hazırlanması gerektiğini belirtir. Ayrıca öğretmenler için adaylık, uyum, bilgi yenileme, geliştirme, üst görevlere hazırlama, alan değiştirme ve özel eğitim gibi eğitimler de sağlanmaktadır (HİEY, 1994)

Öğretmenlerin mesleki gelişim süreci Türkiye'de, Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde faaliyet gösteren Öğretmen Yetiştirme Genel Müdürlüğü tarafından yönetilmektedir. 657 sayılı devlet memurları kanununun 214. maddesi, devlet memurlarının eğitimini ve gelişimini desteklemek, verimliliğini teşvik etmek ve ileriki roller için hazırlamak amacıyla gerçekleştirilen hizmet içi eğitimlerin, Devlet Personel Dairesi'nin ilgili kurumlarla birlikte hazırlayacağı yönetmelikler çerçevesinde yürütüleceğini belirtmektedir. Hizmet içi eğitimlere katılım genellikle eğitim faaliyetinin amacı ve doğası gereği isteğe bağlı veya zorunlu olabilir. Ancak katılımcı listesi onaylandıktan sonra eğitime çağrılan bireylerin ilgili eğitim etkinliğine katılmaları gerekmektedir. Milli Eğitim Bakanlığı'nın merkezi ve yerel yöneticileri, hizmet içi eğitimlere katılanlara ilgili yasalar çerçevesinde değerlendirme puanı atamaktadırlar (MEB, 2006: 8).

Türkiye'de hizmet içi eğitim aktiviteleri genellikle yaz tatili, ara tatil, hafta sonları ya da ders saatleri haricindeki zaman dilimlerinde düzenlenmektedir.

Öğretmen Yetiştirme Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan bir rapor, Türkiye'deki öğretmenlerin ve okul yöneticilerinin geri bildirimlerini ve eğitim şartlarını incelemiştir. 2018 yılında Türkiye'deki öğretmenlerin %86'sı son bir yıl içerisinde en az bir kursa ya da seminere katıldıklarını bildirmiştir (Ceylan vd., 2020). Bu katılım oranı, OECD ve PISA tarafından en üst seviye olarak kabul edilen Avrupa ve Asya ülkelerinin ortalamalarından daha yüksektir.

3.2. Amerika Birleşik Devletleri (Washington)

ABD'deki öğretmenlere yönelik hizmet içi eğitim programları, eyaletten eyalete değişiklik gösterir çünkü her eyalet, öğretmenlerin eğitim sertifikalarını yenileme süreçlerini belirler ve yönetir (MEB, 2006, s. 82). Genellikle eyaletler, öğretmenlerin belirli profesyonel gelişim kurslarını tamamlamasını talep ederler, ancak tamamlanan eğitimin kalitesinin genel gözetimi genellikle gerçekleştirilmez. Öğrenci öğrenmesine profesyonel gelişimin ne kadar etkili olduğunu ölçme konusuna çok az vurgu yapılır (Grossman & Hirsch, 2009, s. 1).

Öğretmenlere yönelik düzenli eğitimler, çeşitli seminer ve kurslar şeklinde gerçekleşir. En çok katılım gösterilenler arasında, özellikle düşük gelirli ailelerden gelen çocuklar ve İngilizceyi ikinci dil olarak öğrenen öğrenciler için eğitim seminerleri bulunur. Çoğu yerel okul bölgesinde, öğretmenler için hizmet içi eğitim sağlayan eğitim merkezleri mevcuttur. Bu merkezler genellikle kaynak kitaplığı, görsel ve işitsel materyaller, öğretim materyali hazırlama alanları ve seminer salonlarını içerir. Hizmet içi eğitim genellikle diğer okulların ziyaretleri, uzman konferansları ve benzeri programlarla desteklenir (MEB, 2006, s. 82).

Öğretmen sendikaları ve dergiler, yayın ve seminerler yoluyla öğretmenlerin profesyonel gelişimine katkıda bulunurlar. (Erdoğan, 1998, s. 82). Teknolojinin artan etkisiyle birlikte, birçok eyalette ve okul bölgesinde, öğretmenlerin erişimine sunulan çevrimiçi hizmet içi eğitim programları ve kaynakları bulunmaktadır. Bu tür programlar, öğretmenlere daha fazla esneklik ve farklı konularda daha fazla seçenek sunmaktadır. Öğretmenlerin sınıf yönetim becerilerini geliştirmek ve öğrenci başarısını artırmak için uygulamaya dayalı eğitimler çoğunlukla tercih edilir. Bu tür eğitimler, öğretmenlerin sınıf içinde gerçekleştireceği etkinlikler üzerine odaklanır.

Yerel okul bölümleri genellikle öğretmenlerin üniversite harçlarını öder, profesyonel toplantılara katılmalarını sağlar ve belirli saatlerde resmi izin alabilmelerini sağlar. Ayrıca, öğretmenler, hizmet içi eğitim programlarına katılım ve yükseköğrenim kurumlarında ders alımı yoluyla profesyonel gelişim sağladıklarında maaş artışı da alabilirler. Hizmet içi eğitim, bir öğretmenin sertifikasının yenilenmesi

için bir önkoşul olabilir (MEB, 2006, s. 82). Bu, öğretmenlerin düzenli olarak profesyonel becerilerini geliştirmelerini teşvik eder.

3.3. Japonya

Japonya'daki hizmet içi öğretmen eğitimi oldukça çeşitlidir ve bir dizi farklı yöntem ve kurumla uygulanmaktadır. Beş ana eğitim türü bulunur: Okul içinde gerçekleştirilen eğitimler, öğretmenlerin kendileri tarafından düzenlenen gayri resmi eğitimler, eğitim merkezlerinde sunulan eğitimler, devlet eğitim merkezlerinde müdürler ve yardımcılarına verilen eğitimler ve iki yıllık süreyle öğretmen gruplarına sağlanan eğitimler (Özen ve diğerleri, 1996, s. 36).

Hem belediyeler hem de mahalle ve köy eğitim komiteleri, kendi eğitim programlarını uygulamaktadır (MEB, 2006, s. 386). Japonya'da, Eğitimsel Kamu Hizmet Personeli ile İlgili Özel Yönetmelikler Yasası, öğretmenlerin sürekli hizmet içi eğitime devam etmeyi zorunlu kılar (MESSC [Ministry of Education, Science, Sports and Culture] 1999'dan Akt: Bayrakcı, 2009, s. 14).

Ulusal, yerel ve belediye düzeyinde örgütlenmiş birimler, öğretmenleri kurslar, seminerler, lisans tamamlama ve lisansüstü eğitim gibi çeşitli hizmet içi eğitim faaliyetlerine tabi tutarlar (Semerci 2000'den Akt: Uçar, R. & Uçar, H. İ., 2004, s. 10). Eğitim, Bilim, Spor ve Kültür Bakanlığı, merkezi çalıştaylar düzenleyerek müdürler ve yardımcı müdürlerin hizmet içi eğitimlerini yönlendirir ve bölgesel düzeyde liderlik yapan öğretmenlere koordinasyon ve tavsiye sağlar (MESSC 1999'dan Akt: Bayrakcı, 2009, s. 14).

Bölgesel düzeyde, İl Eğitim Komiteleri, öğretmenler ve diğer eğitim personeli için hizmet içi eğitim kurslarının planlaması ve uygulamasından sorumludur. Japonya'nın çeşitli bölgelerinde birçok eğitim merkezi bulunur ve bu merkezler, çalışanların hizmet içi eğitimleri için gerekli tesis ve ekipmanları düzenler (Bayrakcı, 2009, s. 14). Japonya ayrıca her yıl yaklaşık 5000 öğretmeni bilgi ve deneyimlerini genişletmek üzere yurt dışına gönderir (Güvenç ve diğerleri, 1998 , s. 79).

Bölge ve yerel eğitim kurulları, hizmet öncesi eğitimin genellikle yetersiz olduğuna inanır ve bu nedenle yeni öğretmenlerin ilk yılda en az 20 gün hizmet içi eğitime katılmalarını gerektirir (Özen ve diğerleri, 1996, s. 35). Kariyerlerinin ilk yılında yeni öğretmenler, "ilk öğretmenlik eğitimi"ni alırlar. Bu eğitim, okul müdürleri tarafından belirlenen deneyimli öğretmenlerin rehberliğinde ve eğitim merkezleri ve okullarda (stajyer eğitim programları) gerçekleştirilir (San, 1999, Akt: Bayrakcı, 2009, s. 15).

Öğretmenlerin profesyonel kariyerleri boyunca, beşinci, onuncu ve on beşinci yıllarında 'deneyimli öğretmen eğitimi' ve 'kariyer-ortası öğretmen eğitimi' alırlar. Mesleklerinin yirminci yılında, okulların eğitim bölümü başkanlarına 'okul yönetim eğitimi' verilir. Uzmanlaşmayı hedefleyen öğretmenler için, kendi uzmanlık alanlarında veya belirli konularda çeşitli hizmet içi eğitim kursları sağlanır. Bu kurslar belirli hedeflere ulaşmak için bölgesel eğitim merkezi tarafından planlanır ve düzenlenir (Bayrakcı, 2009, s. 15).

Japonya'daki eğitim yaklaşımı, Kaizen kavramı adı verilen toplam kalite anlayışını içerir. Kaizen, tüm kademe ve çalışanları, yani üst yönetimden öğretmenlere ve diğer çalışanlara kadar herkesi kapsayan ve sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bir felsefedir. Bu, okulların toplam kalite girişimlerini, sadece öğretmenler ve öğrencileri değil, tüm okul atmosferini etkileyecek şekilde genişletmişlerdir (Akay, 2009, s. 2-3). Bu sebeple, teknolojiyi tam anlamıyla benimsemek ve eğitim kalitesini artırmak için etkin hizmet içi eğitim seminerleri düzenlenir.

3.4. Almanya

Almanya'da hizmet içi eğitim, her eyaletteki Eğitim ve Kültür İşleri Bakanlığı tarafından yürütülmekte ve denetlenmektedir. Hizmet içi öğretmen eğitimi kurslarının kabul kriterleri, Eğitim ve Kültür İşleri Bakanlığı, Hizmet İçi Öğretmen Eğitim Enstitüleri veya diğer yetkili kurumlarca düzenli olarak ilan edilir. Hizmet içi eğitimlere katılma hakkı, bu kriterlere uyan ve eğitimin kendi öğretim becerilerine katkı sağlayabileceği düşünülen her öğretmene, belirli bir engel durumu olmadığı sürece verilir. Devlet tarafından sunulan hizmet içi eğitim aktiviteleri, merkezi, bölgesel ve yerel düzeylerde eyaletlerde

organize edilir (Eurydice Eurybase, 2008, s. 216). Hizmet içi eğitim aynı zamanda okul düzeyinde de gerçekleştirilir. Okula stajyer olarak atanan öğretmen adayları, okul içindeki eğitsel ve idari faaliyetlere katılmalarının yanı sıra, bölgesel öğretmen eğitim merkezi tarafından düzenlenen hizmet içi eğitim seminerlerine de katılmaları beklenir. Bu süreler, eyaletlere bağlı olarak 18 ila 24 ay arasında değişir. Tüm öğretmenler, her eyalette Eğitim Bakanlığı'na bağlı olarak kurulan Hizmet İçi Eğitim Enstitüleri tarafından düzenlenen hizmet içi eğitimlere katılmakla yasal olarak yükümlüdürler. Okullarda gerçekleştirilen hizmet içi eğitimler genellikle öğleden sonra veya akşamları düzenlenir. Her eğitim yılında, yarım günlük veya birkaç günlük tam günlük kurslar da sunulur (Sağlam, 1999, s. 49-50).

Hizmet içi eğitim kurslarına katılan öğretmenlerin performansları genellikle değerlendirilmez, ancak bazı eyaletlerde belirli hizmet içi eğitim kurslarına katılımı belgeleyen sertifikalar ödüllendirilir. Hizmet içi eğitim kurslarına katılım, öğretmenlerin değerlendirmelerinde veya maaşlarında doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen, düzenli olarak hizmet içi eğitimlere katılan öğretmenlerin, yüksek pozisyonlara (örneğin başöğretmenlik gibi) başvurularında bu durum olumlu bir etki yaratır (Sağlam, 1999, s. 49-50). Hizmet içi eğitimlerle ilgili olarak, işbirliği yapılması gereken tüm kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapma yeteneği bulunmaktadır. Bu tür işbirlikleri ve etkinlikler, eğitim uzmanları tarafından kararlaştırılır. Hizmet İçi Eğitim Dairesi, aile birlikleri, Sanayi Odası, sendikalar, diğer eyaletler, komşu ülkelerin stajyer eğitim bölümleri, üniversiteler ve yüksek okullarla işbirliği yapabilir. Bu geniş işbirliği ağı, hizmet içi eğitim programlarının çeşitliliğini ve etkinliğini artırmaktadır (Eurydice Eurybase, 2008, s. 216).

3.5. Güney Kore

Güney Kore'de ilköğretim ve ortaöğretim öğretmenleri için farklı yetiştirme kurumları mevcuttur. İlköğretim öğretmenlerini hazırlamak üzere, biri özel olmak üzere toplamda on üç eğitim üniversitesi bulunur. Ortaöğretim öğretmenleri ise öğretmen kolejleri, genel üniversitelerin öğretmen eğitim programları, eğitim bölümleri ve eğitim enstitüleri tarafından yetiştirilir. 1984 yılından itibaren, bu öğretmen eğitim kurumlarının eğitim süreleri dört yıl olarak belirlenmiştir (Karabaran, ve Görgen, 2016: 488).

Güney Kore'de görev yapan öğretmenleri, en az 30 günlük (toplamda 180 saat) bir hizmet içi eğitim sürecinden geçmekle yükümlüdürler. Bu hizmet içi eğitim süreci, eğitim teknolojileri, müfredat geliştirme ve genel ile özel öğretim yöntemlerini içerecek şekilde tasarlanmıştır. Öğretmenlerin bu eğitimlerdeki başarıları, kariyer ilerlemeleri ve maaş zamları söz konusu olduğunda önemli bir rol oynar. Bu eğitimlerin performansları, ilerlemelerinde ve maaş artışlarında önemli bir faktör olarak değerlendirilir (Yazıcı ve Gündüz, 2011, z. 11-12).

3.6. Finlandiya

Finlandiya'da, öğretmenlerin yıllık iş yükünün bir parçası olarak, okul saatleri dışında en az üç gün hizmet içi eğitimlere katılmaları gerekmektedir. Öğretmenlerin Mesleki Birliği, okul yöneticilerinin hizmet içi eğitimlere isteksiz olan öğretmenleri teşvik etmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, hizmet içi eğitimlere katılmayan öğretmenlerin maaşlarından üç ila beş günlük bir kesinti yapma hakkı okul yöneticilerine verilmiştir. Bu uygulama, ülkede öğretmenlerin yaşam boyu profesyonel gelişimini desteklemeye yardımcı olmaktadır (Eurydice, 2006).

Finlandiya'da, hizmet içi eğitim etkinlikleriyle geliştirilmek istenen yetenek alanları oldukça geniştir. Örneğin; 1993 yılında kurulan Ulusal Mesleki Gelişim Merkezi tarafından öğretmenler, yöneticiler ve diğer okul personeli için düzenlenen hizmet içi eğitim programları, program geliştirme ve eğitimin değerlendirilmesi, bağımsız çalışma alışkanlığının geliştirilmesi, bilgi ve iletişim teknolojileri ve öğretim materyallerinin geliştirilmesi, İsveççe konuşan öğretmenler için hizmet içi eğitim , iş yaşamı ve toplumla ilişkiler gibi çeşitli konuları kapsamaktadır. (Parmaksız ve Kısakürek, 2013, s. 125).

4. SONUÇ

Hizmet içi eğitim, Türkiye'de ve diğer ülkelerde öğretmenlerin profesyonel gelişiminde hayati bir rol oynamaktadır. Bu eğitimler, öğretmenlerin mevcut bilgi ve becerilerini güncellemelerini, yeni öğretim yöntemleri ve teknolojileri hakkında bilgi edinmelerini ve daha etkili bir şekilde öğretmeyi

sağlamalarını sağlar. Ayrıca, öğretmenlerin kendi uygulamalarını yansıtma ve düşünme fırsatı verir ve böylece profesyonel büyümeyi teşvik eder. Öğretmenler, hizmet içi eğitimler sayesinde öğrenci ihtiyaçlarına daha iyi yanıt verebilir ve öğrenme sonuçlarını iyileştirebilirler. Almanya ve Finlandiya'da, devlet tarafından yönetilen sıkı hizmet içi eğitim programları uygulanır. Bu programlar, genellikle öğretmenlerin kariyer ilerlemesi için etkilidir çünkü öğretmenlerin mesleki gelişimine ve yeteneklerinin artırılmasına yardımcı olur. Bu ülkelerde, hizmet içi eğitim genellikle belirli bir süre boyunca devam eder ve öğretmenlerin sürekli olarak yeni beceriler ve bilgiler edinmelerini sağlar. Bu sürekli öğrenme ve gelişim süreci, öğretmenlerin daha etkili öğretme uygulamalarına sahip olmalarına yardımcı olur.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, daha esnek ve özelleştirilebilir hizmet içi eğitim yaklaşımları benimsenmiştir. Bu yaklaşımlar, öğretmenlerin kendi öğrenme hedeflerine ve ihtiyaçlarına odaklanmasını sağlar. Öğretmenler genellikle özelleştirilmiş eğitim programlarına katılır ve bu programlar genellikle belirli bir konu, öğretim stratejisi veya öğrenme hedefine odaklanır. Bu esnek yaklaşım, öğretmenlerin kendi profesyonel gelişimlerini kendi ihtiyaçlarına göre yönlendirmelerine olanak sağlar. Kore ve Japonya, hizmet içi eğitimde öğretmen mentorluğuna ve mesleki öğrenmeye odaklanır. Bu yaklaşım, öğretmenlerin birbirlerinden öğrenmelerine ve deneyimlerini paylaşmalarına olanak sağlar. Öğretmenler genellikle bir mentor veya deneyimli bir öğretmenin gözetiminde çalışır ve bu kişilerden geri bildirim alır ve onlarla düşüncelerini paylaşır. Bu, öğretmenler arasında işbirliğini teşvik eder ve aynı zamanda öğretmenlerin mesleki gelişimlerine ve öğretme yeteneklerine yardımcı olur. Ayrıca, bu tür bir öğretmen mentorluğu ve mesleki öğrenme, öğretmenlerin profesyonel olarak büyümelerine ve kendi sınıflarında daha etkili olmalarına yardımcı olur.

Türkiye'de, genellikle merkezi olarak yönetilen ve geniş bir öğretmen popülasyonuna hizmet veren hizmet içi eğitim yaklaşımı benimsenmektedir. Hizmet İçi Eğitim Dairesi Başkanlığı, Türkiye'deki öğretmenler için çeşitli hizmet içi eğitim hizmetleri sunar. Bu programlar genellikle belirli bir süre boyunca devam eder ve öğretmenlerin yeni beceriler ve bilgiler edinmelerini sağlar. Ayrıca, bu programlar genellikle öğretmenlerin belirli öğretim stratejilerini ve teknolojilerini keşfetmelerine yardımcı olur. Türkiye'deki bu tür hizmet içi eğitimler, öğretmenlerin profesyonel gelişimlerini sürekli olarak destekler ve aynı zamanda öğrenci öğrenme sonuçlarını iyileştirebilir. Tüm bu ülkeler, hizmet içi eğitimi öğretmenlerin sürekli öğrenme ve gelişimini teşvik etmek için önemli bir araç olarak görürler. Bu eğitimler, öğretmenlerin öğretim yeteneklerini geliştirmelerini ve öğrenci öğrenme sonuçlarını iyileştirmelerini sağlar. Ayrıca, bu eğitimler öğretmenlere yeni öğretim stratejileri ve teknolojileri keşfetme ve uygulama fırsatı verir. Bu, hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin faydalanabileceği bir durumdur.

Türkiye'nin, hizmet içi eğitim programlarını geliştirmek için dünya çapındaki en iyi uygulamalardan yararlanması önemlidir. Bu bağlamada aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

- Finlandiya'nın yaşam boyu öğrenme yaklaşımı, Türkiye'deki öğretmenlerin sürekli profesyonel gelişimini teşvik edebilir.
- ABD'nin özelleştirilebilir eğitim modeli, öğretmenlerin kendi ihtiyaçlarına ve ilgi alanlarına göre öğrenmeyi seçmelerine yardımcı olabilir.
- Japonya ve Kore'nin meslektaş mentorluğu ve ders gözlemi uygulamaları, Türkiye'deki okullarda profesyonel öğrenme topluluklarının oluşturulmasını teşvik edebilir.
- Almanya'nın hizmet içi eğitim düzenlemeleri, eğitim programlarının Türkiye'deki öğretmenlerin belirli ihtiyaçlarına daha iyi hizmet etmesini sağlayabilir.

KAYNAKLAR

ALKUŞ, S., & OLGAN, R. (2014). Pre-service and in-service preschool teachers' views regarding creativity in early childhood education. Early Child Development and Care, 184(12).

ALTAN, M. T. (2016). The need for more effective in-service training for professional development of english language teachers. *British Journal of Education, Society & Behavioural Science*, 15(2), 1-12.

BALDWİN, T. T., & FORD, J. K. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel Psychology*, 41(65).

BORKO, H., & PUTNAM, R. T. (1995). Expanding a teachers' knowledge base: A cognitive psychological perspective on professional development. In T. R. Guskey, M. Huberman (Eds.). In *Professional Development in Education: New Paradigms and Practices* (pp. 35–66). New York: Teachers College Press.

BOY ERGÜL, I. (2020). *Effective integratıon of technology in schools: teachers' in-servıce training needs and preferences*. Doctoral Thesis, Bahçeşehir Unıversity

CAN, H., AKGÜN, A. & KAVUNCUBAŞI, Ş. (1995). *Kamu ve özel kesimde personel yönetimi*, Ankara: Siyasal Kitapevi.

CEYLAN, E., ÖZDOĞAN ÖZBAL, E., SEVER, M. VE BOYACI, A. (2020). *Türkiye'deki Öğretmen ve Okul Yöneticilerinin Görüşleri, Öğretim Koşulları: TALIS 2018 Öğretmen ve Okul Yöneticileri Yanıtları Analizi*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.

CHEUNG, M. W. AND CHENG, C. Y. (1997). The strategies for implementing multilevel self- management in schools. International Journal of Educational Management (Vol. 11, No. 4, pp. 159-169).

DUMAN, G. (2016). *In-service training needs analysis of Turkish language and culture teachers in Germany-the example of Wrüttenberg region* (Unpublished master's dissertation). Bahçeşehir University, İstanbul.

ERDEM, S., & ALCI, B. (2018). Teachers' views about in-service training seminars held in september and june. International Online Journal of Educational Sciences, 10(2), 29-44.

EUROPEAN UNİON. (2013). Teacher education for inclusion. https://www.europeanagency.org/projects/te4

EURYDİCE EURYBASE. (2008). Organisation of the Education System in Denmark, European Commission.

FULLAN, M. (1993). Why teachers must become change agents. Educational Leadership, 50/6.

FULLAN, M. (1993). Why teachers must become change agents. Educational Leadership, 50/6.

GARET, M. S., PORTER, A. C., DESİMONE, L., BİRMAN, B. F., & KWANG, S. Y. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. American Education Research Journal, 38(4), 915-945.

GUSKEY, T. R. (2002). Does it make a difference? Evaluating professional development. *Educational Leadership*, 59(6), 45–51.

GUSKEY, T. R. (2014). Planning professional learning. *Educational, School, and Counseling Psychology Faculty Publications*, 15.

GÜLTEKİN, M. & ÇUBUKÇU, Z. (2008). İlköğretim öğretmenlerinin hizmet içi eğitime ilişkin görüşleri. *Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19, 185-201.

HOQUE, K. E., ALAM, G. M., & ABDULLAH, A. G. K. (2011). Impact of teachers' professional development on school improvement an analysis at Bangladesh standpoint. *Asia Pacific Education Review*, 12(3), 337-348.

İLĞAN, A. (2013) Öğretmenler için etkili mesleki gelişim faaliyetleri. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı, 41-56.

KARABARAN, G. G: VE GÖRGEN, İ. (2016). Güney Kore, Hong Kong, Singapur ve Türkiye'deki Öğretmen Yetiştirme Sistemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(2), 478-495.

KAUFFELD, S., BATES, R., HOLTON, E. F., & MÜLLER, A. C. (2008). The German version of the Learning Transfer System Inventory (GLTSI): psychometric validation. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 7(2).

LAWLESS, K. A., & PELLEGRİNO, J. W. (2007). Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. Review of Educational Research, 77, 575-614.

LEMKE, J. C. (1995). Attracting and retaining special educators in rural and small schools: Issues and solutions. *Rural Special Education Quarterly*, 14(2), 25–30.

LİEBERMAN, A. (1995). Practices that support teacher development: Transforming conceptions of professional learning. *Phi Delta Kappan*, 76, 591-596.

NZARİRWEHİ, J., & FAİTH, S. (2019). In-service teacher training and professional development of primary school teachers in Uganda. *IAFOR Journal of Education*, 7(1).

O'DWYER, J. B., & ATLI, H. H. (2015). A study of in-service teacher educator roles, with implications for a curriculum for their professional development. *European Journal of Teacher Education*, 38(1).

OECD (2019). TALIS 2018 results (Volume I): Teachers and school leaders as lifelong learners. Paris: OECD Publishing. https://www.oecd.org/education/talis-2018-results-volume-i-1d0bc92a-en.htm

OZER, B. (2004). In-service training of teachers in Turkey at the beginning of the 2000s. *Journal of In-Service Education*, 30(1), 89-100.

PARMAKSIZ, R. Ş. ve KISAKÜREK, M. A. (2013). Türkiye ve Bazı AB Ülkelerinde Öğretmenlere Yönelik Hizmet içi Eğitim Programlarının Temel Öğeler ve Kalite Kontrolü/Güvencesi Açısından Karşılaştırılması. Karaelmas Journal of Educational Sciences, 1, 112-129.

PRATT, M. L. (1982). Interpretive strategies/strategic interpretations: On AngloAmerican reader response criticism. Boundary, 2(11), 201-31.

SAĞLAM, M. (1999). Avrupa Ülkelerinin Eğitim Sistemleri. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

SANDHOLTZ, J. H. (2002). Inservice training or professional development: Contrasting opportunities in a school/university partnership. *Teaching and Teacher Education*, 18(7), 815-830.

SEFEROĞLU, S. S. (2001). Elementary school teachers' perceptions of professional development. *Hacettepe University Journal of Education*, 20, 117-125.

SHAHBAZİ, H. (2013). The evaluation of guidance and high school teachers' opinions about in-service teacher training. The 11th TELLSI International Conference (pp. 648-656). Mashhad, Iran: Tabaran Institute of Higher Education.

SHAKOOR, A., GHUMMAN, M. S., & MAHMOOD, T. (2013). Effect of in-service training on the working capacity and performance of science teachers at secondary level. Journal of Educational and Social Research, 3(3)

UÇAR, R. & UÇAR; H. İ. (2004). Japon eğitim sistemi üzerine bir inceleme: çeşitli açılardan türk eğitim sistemi ile karşılaştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Elektronik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1).

UYSAL, H. H. (2012). Evaluation of anıın-service training program for primary-school language teachers in Turkey. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(7).

YADAV, B., & BHARDWAJ, P. (2013). Impact of in-service teacher education programmes on classroom transactions. Educationia Confab, 2(6), 8-16.

YAMAK, H., KAVAK, N., CANBAZOĞLU BİLİCİ S., DARICI, Ö., & ÖZKAYA, Y. (2011). Teachers' views about in-service teacher trainings. VI. Educational Administration Conference, 16-17. Turkish Republic of Northern Cyprus.

YAZICI, Ö. VE GÜNDÜZ, Y. (2011). Gelişmiş bazı ülkeler ile Türkiye'deki öğretmenlerin hizmet içi eğitimlerinin karşılaştırılması. Kuramsal Eğitimbilim Dergisi, 4(2), 1-15.

YILDIRIM, S. (2007). Current utilization of ict in turkish basic education schools: A Review of teacher's ict use and barriers to integration. International Journal of Instructional Media, 34(2), 171-186.

YİDANA, I. (2007). Faculty perceptions of technology integration in the teacher education curriculum: A survey of two Ghanaian Universities (Doctoral dissertation). Education Faculty, Ohio University.

W350 ISOBLOC TAKIM ÇELİĞİNDE YÜZEY MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI VE YAPISAL İNCELEMELER

Ali Kerem Timur
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
alikeremtimur@gmail.com

Ş. Hakan Atapek
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
hatapek@kocaeli.edu.tr

Ayşenur Keleş Dayauç
Hitit Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
aysenurkeles@hitit.edu.tr

Azmi Erdoğan
Bartın Üniversitesi / Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
aerdogan@bartin.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, W350 ISOBLOC sıcak iş takım çeliği üzerine çoklu yüzey işlemleri uygulanmış olup, yüzeyde ve kesitte yapısal karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Konvansiyonel olarak 1010°C sıcaklıkta 20 dakika östenitleştirilen takım çeliği havada soğutulmuş ve 580°C sıcaklıkta üç kez 2 saat boyunca temperlenmiştir. Isıl işlemi takiben 6-8 bar basınçta önce alumina ve sonrasında çelik bilya ile yüzeyleri dövülen çelik yüzeyinde karbonitrasyon, oksidasyon ve nitrasyon + oksidasyon içeren çeşitli yüzey işlemleri uygulanmıştır. Temper martenzitik matrikse sahip takım çeliğinin yüzeylerinde ve kesitlerinde yapılan metalurjik incelemeler; (i) yüzeylerde homojen bir kaplamanın var olduğunu, (ii) karbonitrasyon işlemi sonrası yüzeyden merkeze ~ 8 µm kalınlığında bir azot ve karbonca zengin tabakanın oluştuğunu ve difüzyon tabaka derinliğinin ~ 120 µm derinlikte olduğunu, (iii) oksidasyon ile yüzeyde ~ 2 µm kalınlığında demir oksit fazına ulaşıldığını ve (iv) nitrasyon işlemi ile beyaz tabaka oluşturulmaksızın ~ 20 µm derinliğinde bir difüzyon tabakasının var olduğunu ve bu tabaka üzerinde oksidasyon ile ~ 2 µm kalınlığında demirce zengin bir oksit tabakasının oluştuğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: W350 takım çeliği, yüzey mühendisliği, karakterizasyon

SURFACE ENGINEERING APPLICATIONS AND STRUCTURAL INVESTIGATIONS ON W350 ISOBLOC GRADE TOOL STEEL

Abstract
In this study, multiple surface treatments are applied on W350 ISOBLOC hot work tool steel, and structural characterization studies are carried out on the surfaces and cross-sections. Tool steel, which is conventionally austenitized at 1010°C for 20 min, is quenched in air and tempered three times at 580°C for 2 h. Following the heat treatment, the surfaces are shot peened first with alumina and then with steel ball at 6-8 bar pressure, and then various surface treatments including carbonitriding, oxidation and nitriding + oxidation are applied on the steel surfaces. Metallurgical investigations on the tool steel having a tempered martensitic matrix reveal that (i) there are homogeneous coatings on the surfaces, (ii) a nitrogen and carbon-rich layer (~ 8 µm) is formed from the surface to the center due to carbonitriding, and the depth of diffusion layer is ~ 120 µm, (iii) an Fe-rich oxide with a thickness of ~ 2 µm is formed by oxidation (iv) no white layer is observed, a diffusion layer (~20 µm) exists, and an Fe-rich oxide layer (~ 2 µm) is formed on the cross-section of nitrided and oxidized tool steel.

Keywords: W350 tool steel, surface engineering, characterization

1. GİRİŞ

Metallerin yüksek sıcaklıkta şekillendirilmesinde enjeksiyon, ekstrüzyon ve dövme gibi plastik şekillendirme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Huang *et al.*, 2020). Yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen plastik şekillendirme işlemlerinde gerekli özellikleri ve performansı elde etmek için kullanılan kalıplarda Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu'na (ASTM) göre H serisi olarak bilinen sıcak iş takım çelikleri tercih edilmektedir (Mesquita, 2017). Sıcak iş takım çelikleri, çalışma koşullarında özellikle 200°C ve üzeri sıcaklıklarda ortaya çıkan ısıl, mekanik ve tribolojik etkenlerin oluşturduğu gerilmelere karşı yüksek dirençlidir (Kumar *et al.*, 2020). Sıcak iş takım çelikleri ağırlıkça %0.35-0.45 seviyesinde karbon içeriği ile birlikte ağırlıkça %6-25 seviyesinde krom, tungsten, molibden ve vanadyum gibi çoklu karbür yapıcı elementler içeren bir alaşımdır. Takım çeliklerinden beklenen nihai özellikler östenitleştirme, su verme ve temperleme basamaklarını içeren ısıl işlem süreçleriyle sağlanmaktadır (Roberts *et al.*, 1998). Bu çeliklerin mikroyapısında uygulanan çoklu ısıl işlemler sonrasında, martenzitik ana matriks içerisinde yüksek sertlik değerlerine sahip MC, M_3C, M_7C_3 ve $M_{23}C_6$ türü karbürler bulunabilmektedir (Ognianov *et al.*, 2017).

Sıcak iş takım çelikleri, endüstriyel uygulamalarda yüksek sıcaklık ve basınç altında kullanıldığından ısıl şoklar ve darbe yüklenmelerinden dolayı sıklıkla aşınmaya maruz kalırlar (Gök *et al.*, 2017). Kalıp malzemesi olarak kullanılan çelikler, basınç altında yüksek sıcaklıktaki metaller ile olan temaslarında termomekanik ve tribolojik gerilmelerin açığa çıkması ve bu gerilmeler altında takım çeliğinin çalışması kaçınılmazdır. Yüzeyde oluşan gerilmeler aşınma hasarı ve kılcal çatlaklar oluşturarak malzeme erozyonuna (hasarına) ve kalıpta boyutsal değişimlere sebep olmaktadır. Bu durum, yüksek kalıp maliyetlerine ve nihai ürünlerde imalat hataları sebebiyle ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Aktaş Çelik *et al.*, 2023a; Aktaş Çelik *et al.*, 2023b). Bu tür kayıpları en aza indirmek için yüzey özelliklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Aktaş Çelik *et al.*, 2018). Bu açıdan bakıldığında yüzey mühendisliğine yönelik birçok işlem (bilyalı dövme, indüksiyonla sertleştirme, karbürizasyon, nitrasyon, borlama, CVD, PVD vb.) önem kazanmaktadır (Almeida, 2000). Bu çalışmada, W350 sıcak iş takım çeliğine konvansiyonel ısıl işlem sonrasında; (i) nitrokarbürizasyon, (ii) oksidasyon ve (iii) nitrasyon ve oksidasyon işlemlerinin içeren farklı yüzey işlemleri uygulanarak takım çeliğinin yüzey ve kesitinde yapısal incelemeler gerçekleştirilmiştir. Yapısal incelemeler ile bir sonraki adımda gerçekleştirilecek olan yüzey mekaniği ve tribolojik çalışmalara öncül veri sağlamıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında, altlık malzeme olarak W350 ISOBLOC sıcak iş takım çeliği kullanılmış olup, takım çeliğine ait kimyasal kompozisyon Tablo 1'de verilmiştir. Blok halinde temin edilen sıcak iş takım çeliğinden hassas kesme ile 15x15x15 mm boyutlarında numuneler alınarak yüzeyleri metalografik işlemler ile hazırlanmıştır. Numune yüzeyleri sırasıyla 320, 600, 1000 ve 2500 mesh'lik SiC aşındırıcı zımpara kağıtlarıyla zımparalanmıştır. Nihai parlatma 3 µm'luk elmas solüsyon ile yapılmıştır.

Tablo 1. W350 ISOBLOC sıcak iş takım çeliğinin kimyasal kompozisyonu (ağ-%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
0,38	0,2	0,55	5,00	1,80	0,55	balans

Numuneler öncelikle 650-850°C sıcaklık aralığına ön ısıtılmış ve östenitleştirme işlemi 1010°C sıcaklıkta 20 dakika tutma ile gerçekleştirilmiştir. Östenitleştirilmiş çelikler havada soğutulmuş ve 580°C sıcaklıkta üç kez 2 saat boyunca temperlenmiştir. Böylece bir taraftan çelik içerisinde bulunabilen kalıntı östenitin giderimi ve sertleştirilmiş çeliğin önemli ölçüde toklaştırılması sağlanmıştır. Bunu takiben mekanik yüzey işlem prosesi olan bilyalı dövme işlemi uygulanmıştır. Bilindiği üzere, bilyalı dövme işlemi ile malzeme yüzeyine sıkıştırılmış hava kullanılarak genellikle çelik/seramik esaslı sert bilyaların püskürtülmesi ve malzeme yüzeyinden içeri doğru belirli bir derinlikte kalıntı gerilimi oluşturularak yorulma mukavemetinin arttırılması hedeflenir (Mitrovic *et al.*, 2014). Bilyalı dövme işlemi, esasen iki kademede gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, 10 inç karbür nozülden 6-8 bar basınç ile 30 cm mesafeden 90-125 mikron boyutta alumina (9 Mohs) esaslı bilyaların çelik yüzeyi ile 3 dakika boyunca etkileşimi sağlanmıştır. Daha sonrasında ise yüzeyler 1.0-1.4 mm boyutlarında paslanmaz çelik (S100, 30-45 HRC) bilyaların 1 dakika püskürtülmesi ile dövülmüştür. Bilyalı dövme ile mekanik olarak

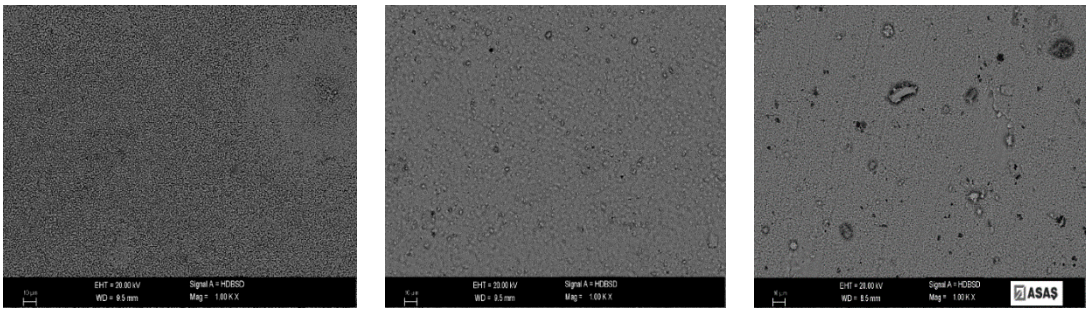
işlemlenmiş yüzeyler üzerine üç farklı yüzey işlemi uygulanmıştır. Birinci tür yüzey işlemi nitrokarbürleme prosesi olup, bu proseste nitrasyon potansiyeli (KN) 2 olarak belirlenmiş ve işlem 540°C sıcaklığında 4 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Bu proses kapsamında takım çeliği yüzeyinden azot ve karbonun eş zamanlı difüzyonu sağlanarak yüzeyde belirli bir kalınlıkta demirce zengin bir nitrür tabakası ve bu tabakanın hemen altından başlayıp belirli bir derinlikte karbür ve nitrürlerinde bulunduğu bir difüzyon tabakasının oluşturulması hedeflenir (Wang *et al.*, 2018). Ticari pratiklikte yapılan bu tür bir proses ile yüzeyde 6-8 µm kalınlığında γ'-Fe_4N faz oluşumu ve 150 µm derinliğinde bir difüzyon tabaka oluşumu hedeflenmiştir.

İkinci tür yüzey işleminde ise bilyalı dövülmüş yüzeylerin oksidasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, su buharı ortamında yüzeyde belirli bir kalınlıkta (2-3 µm) Fe-O bileşenin oluşumu hedeflenmiş olup, işlem 525 °C sıcaklıkta 2 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Oksidasyon işlemi ile demir esaslı malzeme yüzeyinde demirce zengin FeO, Fe_3O_4 ve Fe_2O_3 gibi oksitler oluşturulabilmektedir (Chang *et al.*, 2010). Üçüncü tür yüzey işlemi ise kendi içerisinde iki kademede gerçekleştirilmiştir. Öncelikle bilyalı dövülmüş çelik yüzeyinin nitrasyonu gerçekleştirilmiş olup, bu işlem 520°C sıcaklıkta nitrasyon potansiyelinin 2 seviyesinde tutulması ve parçalanmış amonyak atmosferinde çelik yüzeyinin 20 dakika boyunca serbest azot ile etkileşimi sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte yüzeyde beyaz tabaka oluşmaksızın sadece bir difüzyon tabakasının eldesi hedeflenmiştir. Daha sonrasında ise yüzey daha öncesinde de belirtilen oksidasyon prosesi ile oksitlenmiştir.

Yüzey işlemleri sonrası kaplama yüzeyleri alkol ile temizlenmiş ve taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss Evo 5) ile incelenmiştir. Yüzeyde faz analizi x-ışın difraksiyon (XRD, Rigaku Ultima +) ölçümleri ile yapılmıştır. XRD analizlerde Cu-K_α radyosyonu kullanılarak 25-100° açı aralığında 1°/dak.'lık bir hızla tarama yapılmıştır. Kesit incelemeleri için numuneler sıcak kalıplanmıştır. Kalıplama 180 °C sıcaklıkta 20kN basınç altında 5 dakika tutma süreci içerisinde gerçekleştirilmiştir. Metalografik işlem kademesinde ise 320, 600, 1000 ve 2500 mesh'lik SiC aşındırıcı içeren zımpara kağıtları ile yüzeyler zımparalanmıştır. Nihai parlatma ise 3 µm'luk elmas pasta kullanılarak yapılmıştır. Fazların kesitte belirgin bir şekilde açığa çıkarılması için %3 nital çözeltisi kullanılarak dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikroyapısal bileşenler ise ışık mikroskobu ve SEM (Jeol JSM 6060) kullanılarak karakterize edilmiştir. Fazlara ait elementel analizlerin gerçekleştirilmesinde enerji dağılımlı x-ışın spektrometresi (EDS, IXRF) kullanılmıştır.

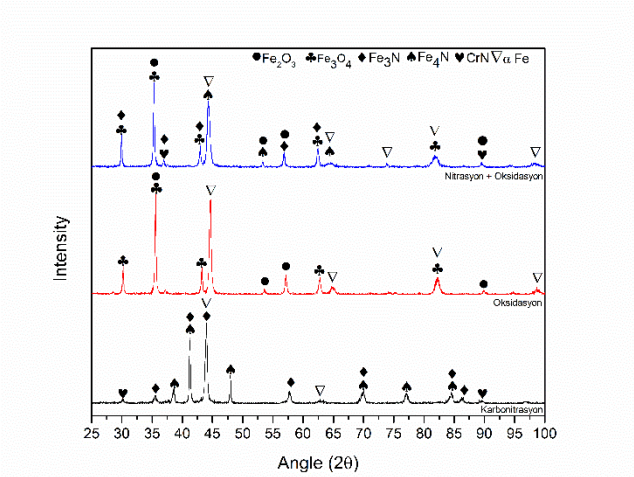
3. SONUÇ

Şekil 1'de yüzey işlemi uygulanmış takım çeliğinin yüzey karakteristiğini gösteren SEM görüntüleri verilmiştir. Görseller parlatılmış takım çeliği yüzeyinde homojen ve sürekli bir kaplama yapılarının var olduğunu göstermektedir. Yüzeyde var olan fazların tespitine yönelik XRD verisi ise Şekil 2'de verilmiştir. Demir esaslı altlık malzemelerin (α-Fe) nitrokarbürizasyonu boyunca azotun bir arayer katı ergiyik oluşturucu olarak yüzeye difüzyonu söz konusudur. Özellikle azot konsantrasyonunun yüzeyde artması sonucu bir bileşim tabakasının oluşması kaçınılmazdır. Beyaz tabaka olarak da bilinen bu tabaka esasen ε-$Fe_{2\text{-}3}$(N,C) ve γ'-Fe_4(N,C) gibi demir karbonitrürlerin bulunduğu bir çift faz yapısına sahiptir. Altlık malzemenin kimyasal kompozisyonunda yer alan kromun azot ile reaksiyonu sonrası bir CrN yapısının oluşması da mümkündür (King *et al.*, 2005). Şekil 2'de verilen XRD spektrası bahsi geçen bu fazları yansıtmaktadır. Takım çeliği üzerine uygulanan oksidasyon işleminin bir sonucu olarak yüzeyde farklı demir ve oksijen stokiyometrisine sahip demir oksitlerin oluşması hedeflenmiştir. XRD verisi oksitlenmiş takım çeliği yüzeyinde Fe_3O_4 ve Fe_2O_3 gibi oksitlerin var olduğuna işaret etmektedir. Nitrasyon işleminde özellikle nitrasyon potansiyeline bağlı olarak beyaz tabaka oluşmaksızın difüzyon tabakası içerisinde çeşitli demir nitrürlerin oluşumu sağlanarak prosesleme gerçekleştirilebilir. Şekil 2'den de görüleceği üzere, yüzey işlemlerden biri olan nitrasyon işlemi sonrası α-Fe matriksi içerisinde ε-Fe_3N ve γ'-Fe_4N gibi nitrürlerin oluşumu başarılı bir şekilde sağlanmış olup, bu işlemi takiben yapılan oksidasyon işlemi ile de demir oksit formları yüzeyde oluşturulabilmiştir.



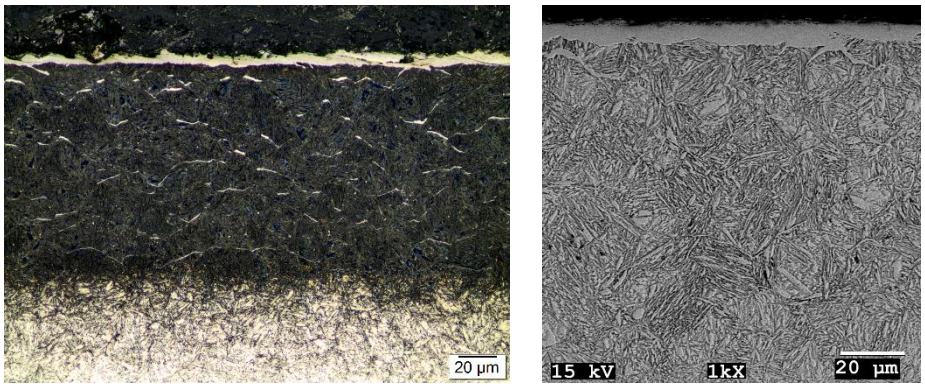
(a) (b) (c)

Şekil 1. Farklı yüzey işlemleri uygulanmış takım çeliğinin yüzeylerini gösteren SEM görüntüleri; (a) nitrokarbürizasyon, (b) oksidasyon ve (c) nitrasyon + oksidasyon.



Şekil 2. Farklı yüzey işlemleri uygulanmış takım çeliğinde yüzeyde var olan fazları gösteren XRD spektrası.

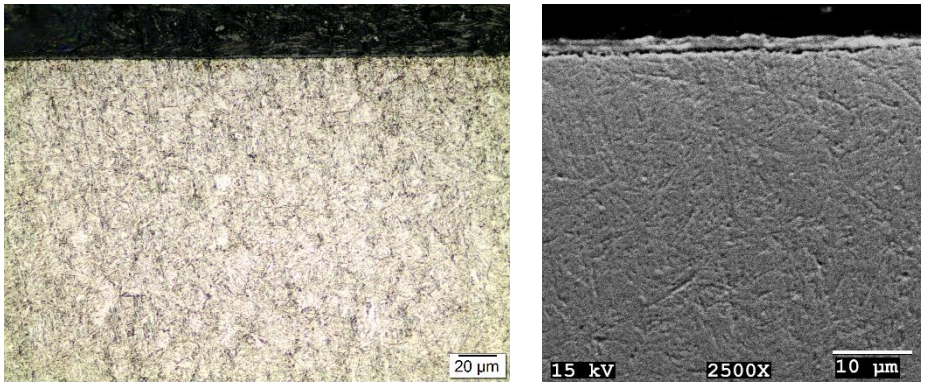
Şekil 3'te farklı yüzey işlemler uygulanmış takım çeliğinin kesitlerine ait IM görüntüleri verilmiştir. Konvansiyonel ısıl işlem uygulanmış takım çelik matriksi temperlenmiş martenzit yapısı içermektedir. Nitrokarbürizasyon işlemi sonrası yüzeyde ~ 8 mikronluk bir beyaz tabaka yapısı gözlenmiş olup, bu tabakanın hemen altında ~ 120 µm derinlikte bir difüzyon tabakası gözlenmiştir (Şekil 3a). Mevcut yapılara özgü daha yüksek büyütmeli SEM görüntüsü Şekil 3b'de verilmiştir. SEM görüntüsü takım çeliği yüzeyinde sürekli ve homojen kalınlıkta beyaz tabaka varlığını göstermektedir. Bu tabaka üzerine yapılan EDS analizleri tabaka içerisinde karbona kıyasla nispeten daha yüksek miktarda azot (0.32 C ve 3.21 N, ağ.-%) olduğunu da göstermiştir. Difüzyon tabakası içerisinde ise yoğun nitrür çökeltileri mevcuttur (Şekil 3b).



(a) (b)

Şekil 3. Nitrokarbürizasyon işlemi uygulanmış takım çeliğinin kesitine ait mikroyapı görüntüleri; (a) IM ve (b) SEM.

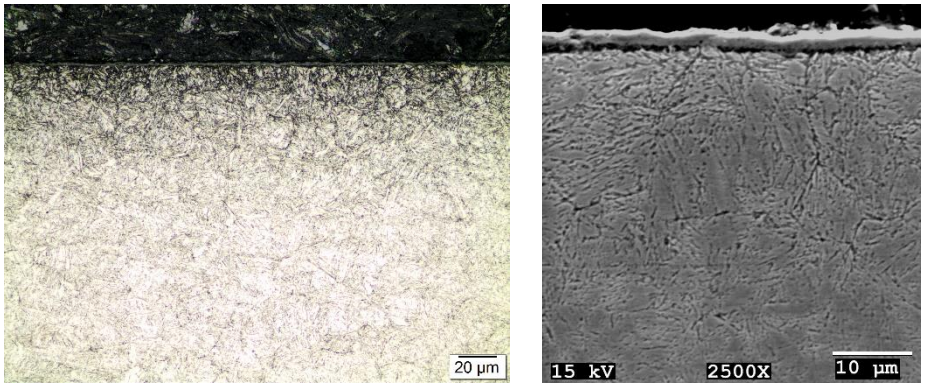
Şekil 4'te yüzeyi okside edilmiş takım çeliğinin kesitine ait mikroyapılar verilmiştir. Şekil 4a'da verilen IM görüntüsünde temper martenzitik matriksli takım çeliğinin yüzeyinde nispeten koyu gri kontrastlı oldukça ince bir oksit tabakası gözlenmektedir. Bu yapıya ait SEM görüntüsü oksit film yapısının yüzeyde sürekliliğini göstermektedir (Şekil 4b). Kalıplamadan kaynaklı çelik-oksit film arayüzeyinde düşük bir adhezyon kanısı oluşsa da oksit film yapısı esasen yüzeyde homojen kalınlıkta (~ 2 µm) bir varoluş sergilemektedir. Film yapısı üzerine yapılan EDS analizleri oksit fazının bileşimin ağırlıkça-% 78.93Fe, 7.22Cr ve 13.83O içerdiğini göstermiştir.



(a) (b)

Şekil 4. Oksidasyon işlemi uygulanmış takım çeliğinin kesitine ait mikroyapı görüntüleri; (a) IM ve (b) SEM.

Çalışma kapsamında takım çeliği yüzeyine nitrasyonu takiben oksidasyon işlemi gerçekleştirilmiş olup, Şekil 5a'da işlem sonrası malzeme kesitine ait bir IM görüntüsü verilmiştir. Yüzeyde oldukça ince bir oksit tabakası ve bu tabakanın altında herhangi bir beyaz tabaka oluşmaksızın doğrudan bir difüzyon tabakasının varlığı tespit edilmiştir. Şekil 5b'de verilen SEM görüntüsü dikkate alındığında oksit tabakası ~ 2 µm kalınlığında ve sürekli bir yapısı olarak yüzeyde bulunmaktadır. EDS analizleri bu tabaka bileşiminin ağırlıkça-% 77.62Fe, 2.2Cr ve 20.18O içerdiğini ortaya koymuştur. Nitrasyon proses koşullarına da bağlı olarak ~ 20 µm derinliğinde bir difüzyon tabakası gözlenmiştir.



(a) (b)

Şekil 5. Nitrasyon ve oksidasyon işlemi uygulanmış takım çeliğinin kesitine ait mikroyapı görüntüleri; (a) IM ve (b) SEM.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, W350 ISOBLOC kalite sıcak iş takım çeliğinin konvansiyonel ısıl işlemi sonrası yüzeyine farklı yüzey işlemleri uygulanarak yüzey ve kesitine ait mikroyapısal bileşenler tanıtılmıştır. Isıl işlem sonrası temper martenzitik bir matriks yapısına ulaşılmış olup, bu tür bir matriks yapısı ile çeliğin çalışma koşullarında gereksinim duyacağı iç yapı başarılı bir şekilde kazandırılmıştır. Nitrokarbürizasyon işlemi ile yüzeyde hedeflenen bir bileşim tabakası ve bu tabakanın altında difüzyon tabakası oluşturulmuştur. Çeliğin değişken koşullarda tribolojik performansı söz konusu iken, yüzeydeki sert bileşim tabakası ile abrasif aşınmanın bir miktar indirgenmesi ve özellikle de difüzyon

tabakası ile yük taşıma kapasitesinin arttırılması mümkündür. Yüzeyin uygulanan proses ile oksitlenmesi ve kararlı demirce zengin oksitlerin oluşturulması halinde ise korozyon nedenli yüzeysel kayıpların indirgenmesine yönelik bir girişim başarılı bir şekilde uygulanabilmiştir. Öte yandan herhangi bir bileşim tabakası oluşturulmaksızın temper martenzitik matriksli çelikte difüzyon tabakası üzerine demirce zengin oksitlerin oluşturulması mekanik ve kimyasal etkilere karşı yüzey direncinin arttırılması açısından önem arz etmektedir. Çalışmanın bir sonraki evresinde proseslenmiş yüzeylerin tribolojik etkileşimlere karşılık performansı çalışılacak olup, W350 ISOBLOC kalite sıcak iş takım çeliğinin farklı endüstriyel kullanımlara yönelik proses-yapı-özellik ilişkisi ortaya konulacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar çalışmaya olan desteklerinden dolayı Voestalpine High Performance Metal A.Ş.'e teşekkür eder. Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2023-3228 projesi ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Aktaş Çelik G., Polat Ş., Atapek Ş. H. (2018) Effect of single and duplex thin hard film coatings on the wear resistance of 1.2343 tool steel, *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 71, 411-419.

Aktaş Çelik G., Fountas K., Atapek Ş.H., Kamoutsi E., Polat Ş., Zervaki A.D. (2023a) Investigation of Adhesion and Tribological Performance of CrN-, AlTiN-, and CrN/AlTiN-coated X45CrMoV5-3-1 Tool Steel, *Journal of Materials Engineering and Performance*, DOI:10.1007/s11665-022-07652-0.

Aktaş Çelik G., Atapek Ş. H., Polat Ş., Obrosov A., Weiß S. (2023b) Nitriding effect on the tribological performance of CrN-, AlTiN-, and CrN/AlTiN-coated DIN 1.2367 hot work tool steel, *Materials*, 16(7), 2804.

Almeida E. (2000) Surface treatments and coatings for metals. A general overview, 1. Surface treatments, surface preparation, and the nature of coatings, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40(1), 3-14.

Chang S. H., Tang T. P., Huang K. T. (2010) Improvement of aluminum erosion behavior and corrosion resistance of AISI H13 tool steel by oxidation treatment, *ISIJ International*, 50 (4), 569-573.

Gök M.S., Küçük Y., Erdoğan A., Öge M., Kanca E., Günen A. (2017) Dry sliding wear behavior of borided hot-work tool steel at elevated temperatures, *Surface and Coating Technology*, 328, 54-62.

Huang W., Lei L., Fang G. (2020) Microstructure evolution of hot work tool steel 5CrNiMoV throughout heating, deformation and quenching, *Material Characterization*, 163, 110307.

King P. C., Reynoldson R. W., Brownrigg A., Long J. M. (2005) Ferritic nitrocarburising of tool steels, *Surface Engineering*, 21(2), 86-98.

Kumar S., Maity S. R., Patnaik L. (2020) Friction and tribological behavior of bare nitrided, TiAlN and AlCrN coated MDC-K hot work tool steel, *Ceramics International*, 46, 11, 17280-17294.

Mesquita R.A. (2017) Tool steel properties and performance, *Taylor & Francis Group*, 101-144.

Mitrovic S., Adamovic D., Zivic F., Dzunic D., Pantic M. (2014) Friction and wear behavior of shot peened surfaces of 36CrNiMo4 and 36NiCrMo16 alloyed steels under dry and lubricated contact conditions, *Applied Surface Science*, 290, 223-232.

Ognianov M., Leitner H., Wieser V. (2017) Influence of the cooling rate on the microstructure and mechanical properties in 5% Cr martensitic steel, *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 162, 94-100.

Roberts G., Krauss G., Kennedy R. (1998) Tool steels, 5th Edition, *ASM International*, Materials Park, Ohio.

Wang B., Zhao X., Li W., Qin M., Gu J. (2018) Effect of nitrided-layer microstructure control on wear behavior of AISI H13 hot work die steel, *Applied Surface Science*, 431, 39-43.

YÜKSEK ÇEKME MUKAVEMETLİ ÇELİK MALZEMELERDE HADDELEME YÖNÜNÜN GERİ YAYLANMA VE ŞEKİLLENDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Kudret Köse
Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi
kosek@toyotetsu.com.tr, ORCID ID: 0000-0002-0270-543X

Mustafa Oğuz Sevengil
Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi
sevengilo@toyotetsu.com.tr, ORCID: 0000-0001-9787-4895

Özet
Otomotiv sektöründe yüksek çekme mukavemetli çelik malzemelerin kullanımı günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Yakıt verimliliği, güvenlik ve tasarım standartları açısından birçok avantajı beraberinde getiren yüksek çekme mukavemetli çelikler, otomobil üreticileri arasında popüler bir malzeme haline gelmiştir. Bir otomobilin gövde ve şasisi form verilmiş birçok sac malzemeden oluşmaktadır. Sac malzemelerin şekillendirilmesi sonrasında ortaya çıkan en önemli problemlerden biri geri yaylanmadır. Özellikle yüksek çekme mukavemetine sahip sac malzemelerde geri yaylanma miktarı yüksek çıkmaktadır. Sac malzemelerde geri yaylanmayı etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; malzeme cinsi, malzeme kalınlığı, şekillendirme yöntemi, uygulanan form kuvvetleri ve haddeleme yönüdür. Bu çalışma, yüksek çekme mukavemetli çelik malzemelerde hadde yönü değişiminin geri yaylanma ve şekillenebilirlik üzerindeki etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında, farklı hadde yönüne sahip yüksek çekme mukavemetli çelik malzemeler ile soğuk şekillendirme analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde, 780 MPa ve 1180 MPa olmak üzere iki farklı yüksek çekme mukavemetine sahip sac malzeme kullanılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde, yüksek çekme mukavemetli sac malzemelerde haddeleme yönü değişiminin şekillenebilirlik ve geri yaylanma üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Çekme Mukavemetli Çelik Malzeme, Haddeleme Yönü, Geri Yaylanma ve Şekillenebilirlik, Soğuk Şekillendirme Analizi.

FINITE ELEMENT METHOD INVESTIGATION OF THE EFFECT ROLLING DIRECTION ON SPRINGBACK AND FORMABILITY IN HIGH TENSILE STRENGTH STEEL MATERIALS

Abstract
The use of high tensile strength steel materials in the automotive industry has become quite common today. High tensile strength steels have become a popular material among automobile manufacturers, bringing many advantages in terms of fuel efficiency, safety and design standards. The body and chassis of an automobile consists of many formed sheet materials. One of the most important problems that occur after the forming of sheet materials is springback. Especially in sheet materials with high tensile strength, the amount of springback is high. There are many parameters that affect springback in sheet materials. Some of those; material type, material thickness, forming method, applied form forces and rolling direction. This study was carried out to examine the effect of rolling direction change on springback and formability in high tensile strength steel materials. Within the scope of the study, cold forming analyzes were carried out with high tensile strength steel materials with different rolling directions. In the analysis, two different high tensile strength sheet materials, 780 MPa and 1180 MPa, were used. When the analysis results were examined, it was determined that the rolling direction change in high tensile strength sheet materials had an effect on formability and springback.

Keywords: High Tensile Strength Steel Material, Rolling Direction, Springback and Formability, Cold Forming Analysis.

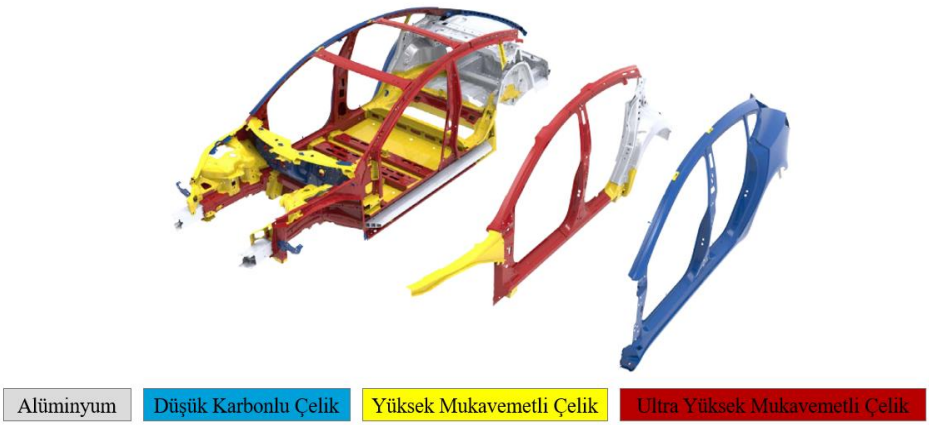
1. GİRİŞ

Araç ağırlığının azaltılmasıyla birlikte günümüzde gittikçe artan sürüş emniyeti gereksinimi yüksek mukavemetli çelik malzemelerin otomotiv sektöründe kullanımını arttırmıştır. Bu malzemelerin sunduğu yüksek dayanım sayesinde çekme mukavemetinden ödün vermeden daha hafif otomobil parçaları üretilebilmektedir. Bu sayede otomobil üreticileri hem güvenlik standartlarını karşılamakta hem de yakıt verimliliği sağlamaktadır (Takahashi, 2003). Minimum çekme dayanımlarına göre çelikler aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır.

Tablo 1. Minimum çekme dayanımlarına göre çeliklerin sınıflandırılması (Kvackaj ve ark., 2021)

Düşük mukavemetli çelikler (LSS)	≤ 270 MPa
Yüksek mukavemetli çelikler (HSS)	270 MPa < HSS < 700 MPa
Ulta yüksek mukavemetli çelikler (UHSS)	≥ 700 MPa

Otomobillerde yüksek çekme mukavemetli çelikler başlıca; tamponlar, darbe emiciler, kapı profilleri, kapı güçlendirmeleri ve süspansiyon başlıkları gibi yerlerde kullanılmaktadır. Aşağıdaki görselde yüksek çekme mukavemetli çeliklerin otomobil gövdesinin büyük bir kısmını oluşturduğu görülmektedir.

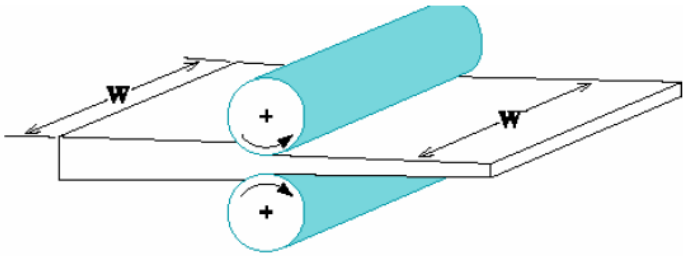


Şekil 1. Otomobillerde çeliklerin kullanım alanları

Yüksek çekme mukavemetli çelik malzemeler; darbe koruması, güvenlikte artış, araç kapasitesi ve performansında artış gibi birçok avantajı beraberinde getirse de bu malzemelerin şekillendirilmesi esnasında ortaya çıkan geri yaylanma miktarı, düşük ve orta mukavemetli çelik malzemelere göre bir hayli yüksektir (Yanagimoto ve ark., 2005). Geri yaylanma, sac şekillendirme işlemi esnasında ortaya çıkan elastik gerilimlerin geri kazanılmasıdır. Bir sac malzeme, üzerine uygulanan şekillendirme kuvvetleri ortadan kalktığında bir miktar deformasyona uğrar. Bu durum geri yaylanma olarak açıklanmaktadır. Deformasyona uğrayan sacın nihai parça şeklinden ne kadar farklılaştığının ölçütü geri yaylanma miktarı ile ifade edilir (Wagoner ve ark., 2012). Şekillendirme esnasında sacın bir kısmı plastik şekil değiştirmeye maruz kalırken bir kısmı ise elastik şekil değiştirmenin etkisi altındadır. Elastik ve plastik şekil değiştirme arasındaki gerilim farkları geri yaylanmaya sebep olmaktadır. Geri yaylanmayı etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; malzeme cinsi, malzeme kalınlığı, parça üzerindeki form yapıları ve hadde yönüdür (Chikalthankar ve ark., 2014).

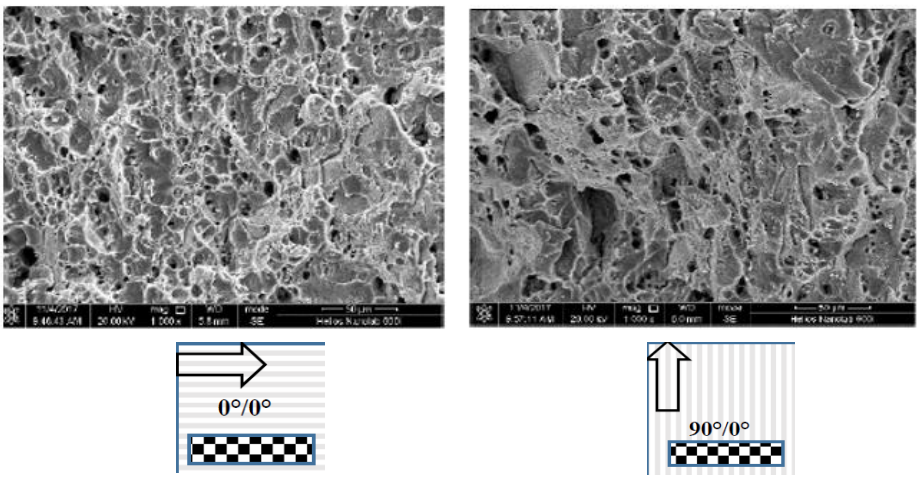
Haddeleme işleminde şekil verilecek olan malzeme, birbirine zıt yönde dönen iki veya daha çoklu silindirler arasından geçirilerek yeniden boyutlandırılır. Plastik şekil değiştirmenin en büyük kısmı haddeleme işlemi ile yapılmaktadır. Haddeleme yönteminde ilk amaç malzemeyi sıkıştırmak diğer bir ifadeyle daha yoğun hale getirmektir. Bu suretle tanecik arası boşluklar azaltılmakta ve malzemenin tanecik yapısı sıkılaşmaktadır. Bu durum aynı zamanda malzeme üzerindeki çapakların dışarı atılmasını sağlamaktadır. İkinci amaç ise malzemeyi daha küçük kesitler haline getirmektir. Böylece ham çelik bloklarından istenilen düzgünlükte ve teknikte kullanılabilir şekilli sac kesitler elde edilmektedir (Aydoğan, 2007).

Aşağıda haddeleme işlemine ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2. Haddeleme işlemi

Haddeleme işleminde şekil verilecek malzemenin hadde yönü, haddeleme sonucu elde edilen sac malzemelerin mikroyapısını etkilemektedir. Aşağıdaki görselde 0° ve 90° derece açıyla haddelenmiş malzemelerin mikroyapıları arasındaki fark görülmektedir (Medjahed ve ark., 2018).



Şekil 3. 0° ve 90° derece açılarla haddelenmiş malzemelerin mikroyapıları

Ramulu ve ark., (2016) hadde yönünün AA 6061 alaşımlı sacında geri yaylanma üzerine etkisi araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada 7 farklı hadde yönünde bükme işlemi gerçekleştirmişler ve hadde yönünün geri yaylanma üzerinde önemli etkileri olduğunu tespit etmişlerdir. Aydın ve ark., (2018) DP450 ve DP800 saclarında hadde yönünün çekme mukavemeti üzerine etkisini incelemişlerdir. 0°, 45° ve 90° olmak üzere 3 farklı açıda haddelenmiş saclar kullanarak yapmış oldukları çekme testlerinde DP450 ve DP800 saclarının 45°'lik hadde açısında nispeten daha yüksek çekme mukavemeti gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Karabulut ve Esen (2022), SCGADUB1180 yüksek mukavemetli sacının V büküm prosesinde, hadde yönü parametrelerinin geri yaylanma üzerine etkisini araştırmışlardır. 0°, 45° ve 90° 'lik hadde yönlerinde gerçekleştirmiş oldukları deneysel çalışma sonucunda hadde yönünde yapılan değişikliğin geri yaylanma miktarında değişikliğe sebep olduğunu belirtmişlerdir. Ötü (2012), V bükme kalıplarında alüminyum alaşımlı sacların şekillendirilmesi ve geri esneme miktarlarının tespiti üzerine çalışmalar yapmıştır. Yaptığı çalışmada farklı yönlerde haddelenmiş AA 5754-O ve AL 1050-O sac malzemelerini bükme işlemine tabi tutmuş ve hadde yönü farklılıklarının geri yaylanma açısında değişikliklere sebep olduğunu gözlemlemiştir.

Bu çalışmada, 780 MPa ve 1180 MPa yüksek çekme mukavemetine sahip sac malzemeler 0°, 45° ve 90° olmak üzere 3 farklı hadde yönünde şekillendirme analizine tabi tutulmuş ve hadde yönündeki değişikliklerin geri yaylanma üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde hadde yönünün geri yaylanma ve şekillenebilirlik üzerinde etkili bir parametre olduğu tespit edilmiş ve etki miktarları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Malzeme Özellikleri

Yapılan analizlerde kullanılan sac malzemelerin teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

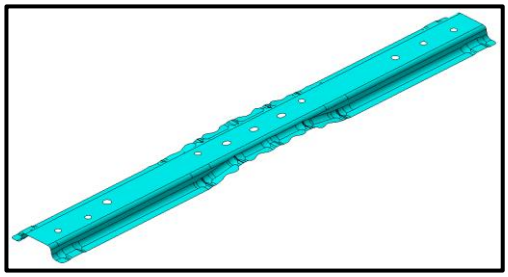
Tablo 2. Analizlerde kullanılacak malzemelerin özellikleri

Malzeme Özellikleri	780	1180
Young Modülü (GPa)	210	210
Poisson Oranı	0.3	0.3
Akma Gerilimi (MPa)	662	993,4
Çekme Mukavemeti (MPa)	869.8	1320
Kalınlık (mm)	2.3	2.3

Malzeme kartları tedarik skalasında üst limitlerde kullanılmıştır.

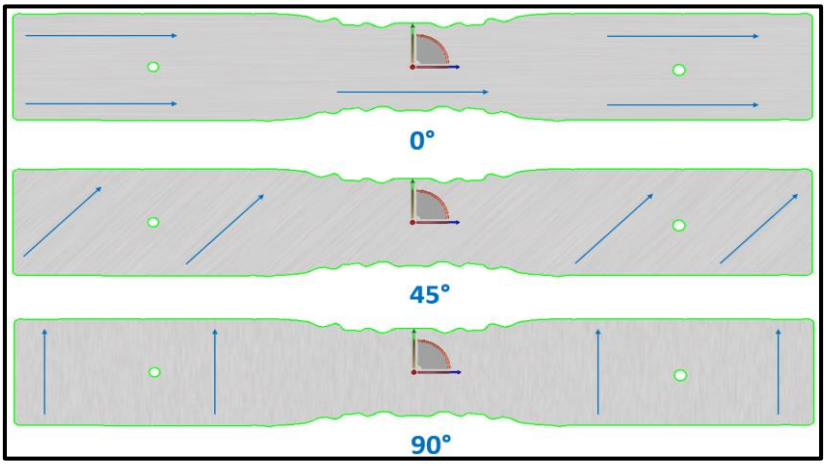
2.2 Proses Modelleme ve Analiz

Analiz edilecek parça datası Şekil 4.'te görülmektedir.



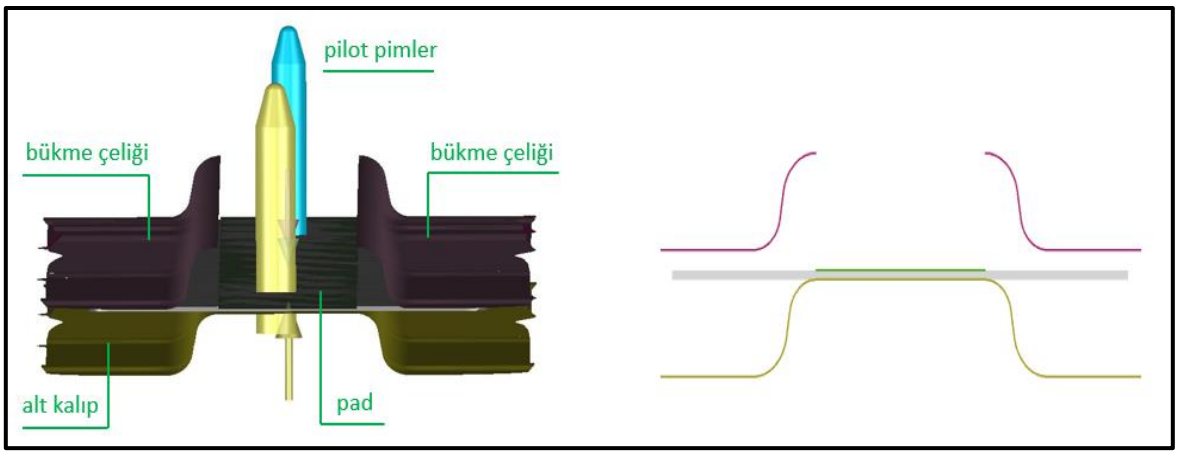
Şekil 4. Analizlerde kullanılacak parça datası

İlgili parçanın simülasyon ortamında üretimi için açınım kesme ve bükme prosesi belirlenmiştir. Bükme prosesinin belirlenmesinde parça geometrisinin bükme yapısına uygun oluşu en önemli etken olmuştur. İlk olarak dikdörtgen geometrideki bir malzemeden açınım kesme operasyonu gerçekleştirilmiştir. Açınım kesme hattı Autoform yazılımında yer alan trim optimizasyonu modülü ile belirlenmiştir. Daha sonra, elde edilen açınım malzemesi bükme operasyonuna tabi tutularak final parça datası elde edilmiştir. Proses yüzeyleri bilgisayar destekli tasarım programı olan Catia yazılımında tasarlanmıştır. Yapılan analizler, sac metal malzemelerin şekillenebilirliği için özelleştirilmiş ve sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çalışan Autoform yazılımında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.'te farklı açılarda haddelenmiş açınım malzemeleri görülmektedir.



Şekil 5. Farklı açılarda haddelenmiş açınım malzemeleri

Açınım malzemesinin bükme operasyonuna set işlemi, final parça datası üzerinde bulunan ve açınım kesme operasyonunda delinmiş deliklerden pilot pimler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bükme prosesine ait detaylar Şekil 6.'da yer almaktadır.



Şekil 6. Bükme prosesi

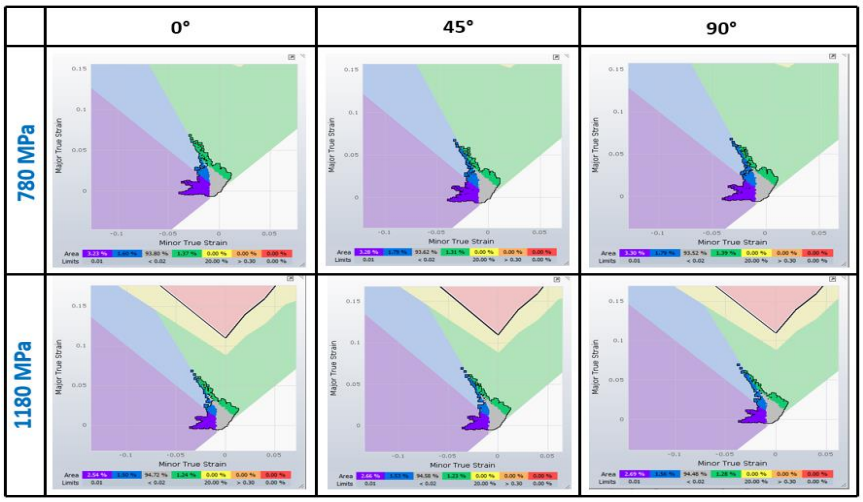
Yapılan analizlerin tamamında mesh toleransı, max. mesh kenar uzunluğu, max. mesh açısı, simülasyon çalışma şekli ve pad kuvveti gibi simülasyon sonucunu doğrudan etkileyen parametreler sabit tutulmuştur. Bu parametreler Tablo 3.'te belirtilmiştir.

Tablo 3. Analiz parametreleri

Mesh toleransı	0,050 mm
Max. mesh kenar uzunluğu	10 mm
Max. mesh açısı	22,5°
Simülasyon çalışma şekli	FV
Pad kuvveti	29,4 ton

3. SONUÇLAR

Şekil 7.'de farklı hadde yönlerindeki formability (şekillenebilirlik) analiz sonuçları verilmiştir. Hadde yönündeki değişikliklerin şekillenebilirlik üzerine etkisinin daha rahat analiz edilebilmesi için FLD diyagramı üzerinden kıyaslama yapılmıştır.



Şekil 7. Şekillenebilirlik analiz sonuçları

FLD diyagramı üzerinde farklı renklerle ifade edilen her bölge sacın şekillenebilirlik yeteneği hakkında bilgi vermektedir. FLD diyagramında renklendirilen bölgelerin her biri şekillendirilmiş sac üzerinde yüzdesel olarak belirli bir alana karşılık gelmektedir. Diyagram üzerindeki mor renk şekillendirme

sonrası sac üzerinde kalınlaşan bölgeleri, mavi renk kalınlaşmaya doğru giden bası bölgelerini, gri renk yetersiz gerinme bölgelerini, yeşil renk sorunsuz çekme bölgelerini, sarı renk incelme riski bölgelerini, turuncu renk aşırı incelmiş bölgeleri ve son olarak kırmızı renk yırtılan bölgeleri ifade etmektedir. Şekil 7.'de yer alan formability analiz sonuçları bu bağlamda değerlendirilmiş olup aşağıdaki tablolar oluşturulmuştur.

Haddeleme Yönü (°) - Şekillendirilebilirlik Parametreleri (%)	0°	45°	90°	Çekme Mukavemeti
Kalınlaşma	3,23	3,28	3,3	780 MPa
Bası	1,6	1,79	1,79	
Yetersiz Gerinme	93,8	93,62	93,52	
Sorunsuz Çekme	1,37	1,31	1,39	
İncelme Riski	0	0	0	
Aşırı İncelme	0	0	0	
Yırtık	0	0	0	

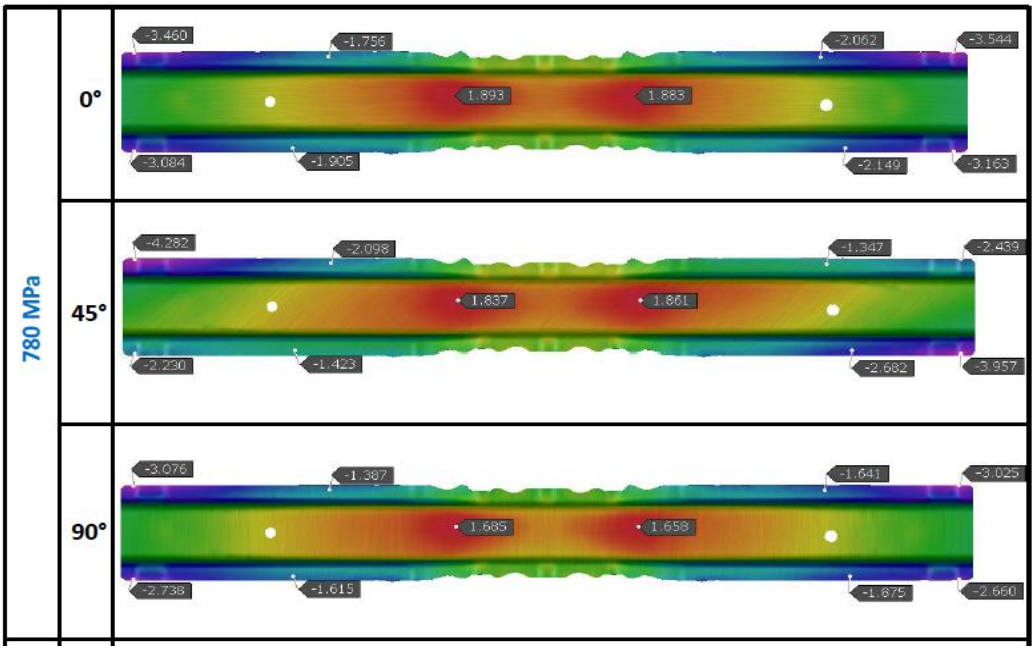
Tablo 4. 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzemenin farklı hadde yönlerindeki şekillendirilebilirlik parametreleri sonuçları

Haddeleme Yönü (°) - Şekillendirilebilirlik Parametreleri (%)	0°	45°	90°	Çekme Mukavemeti
Kalınlaşma	2,54	2,66	2,69	1180 MPa
Bası	1,5	1,53	1,56	
Yetersiz Gerinme	94,72	94,58	94,48	
Sorunsuz Çekme	1,24	1,23	1,27	
İncelme Riski	0	0	0	
Aşırı İncelme	0	0	0	
Yırtık	0	0	0	

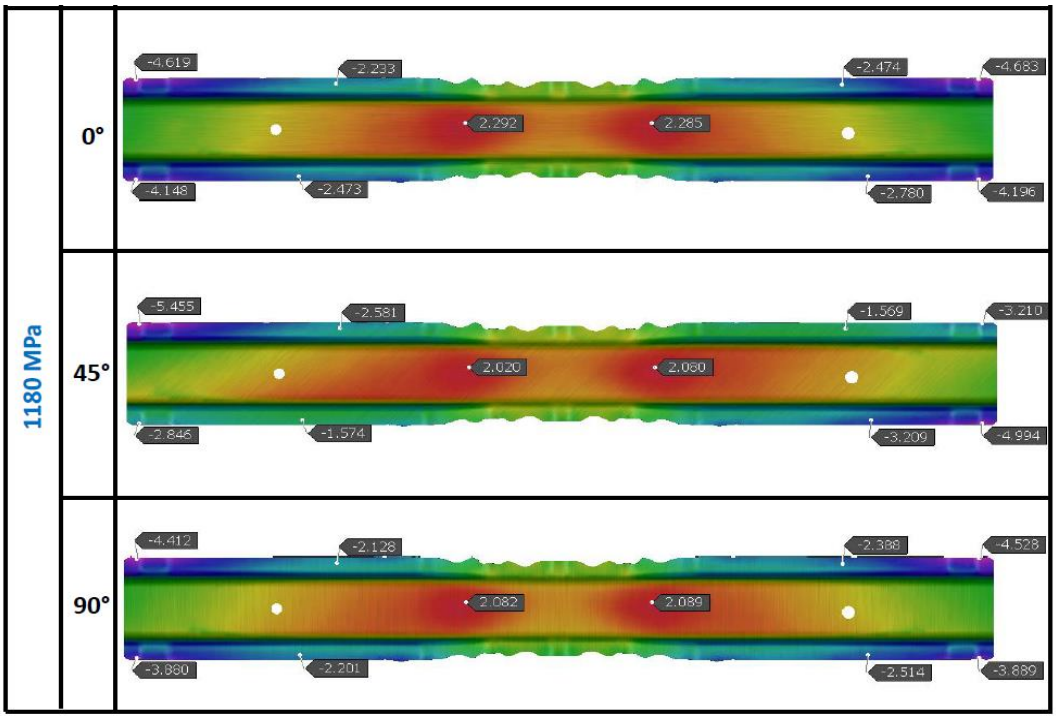
Tablo 5. 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzemenin farklı hadde yönlerindeki şekillendirilebilirlik parametreleri sonuçları

Tablo 4. ve Tablo 5. birlikte değerlendirildiğinde; 780 MPa ve 1180 MPa çekme mukavemetine sahip sacların her ikisinde de yetersiz gerinmenin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, sacın çekme yöntemiyle şekillendirilmemesinden kaynaklı olup bükme işlemine tabi tutularak şekillendirilmesinin bir sonucudur. Bir FLD diyagramında sorunsuz çekme bölgesi ne kadar fazlaysa şekillendirilmiş sac üzerinde elastik şekil değiştirmeden plastik şekil değiştirmeye geçmiş olan bölge sayısı o kadar fazladır. Bu durum aynı zamanda sacın şekillendirme esnasında yeterince gerildiği anlamına gelmektedir. Yeterince gerilmiş bir sacın üzerindeki stres min. seviyede olacağından şekillendirme sonrası ortaya çıkan geri yaylanma miktarı düşük olacaktır.

Hadde yönüne göre şekillenebilirlik yeteneği değerlendirilecek olursa; her iki çekme mukavemetine sahip malzeme için de sorunsuz çekme bölgesinin en yüksek olduğu haddeleme açısı 90°, en düşük olduğu haddeleme açısı 45°'dir. Farklı hadde yönleri için sorunsuz çekme bölgeleri arasındaki maksimum fark 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için % 0,08, 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için % 0,04'tür. Bu durum malzemenin çekme mukavemeti arttıkça hadde yönünün şekillenebilirlik yeteneği üzerindeki etkisinin azaldığını göstermektedir.

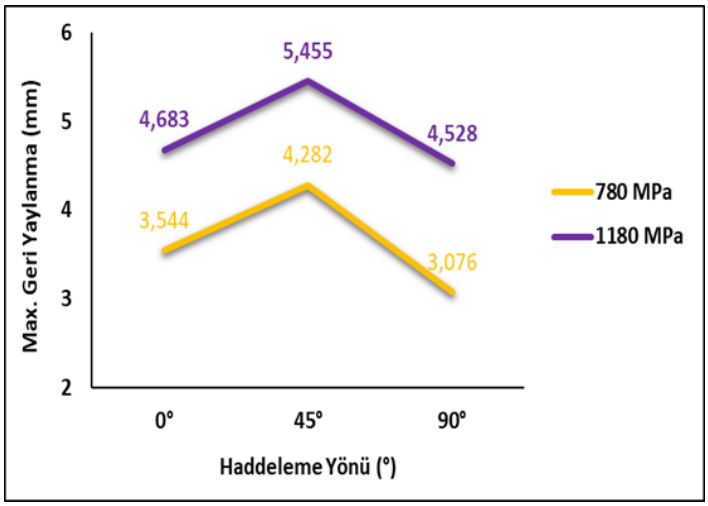


Şekil 8. 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzemenin farklı hadde yönlerindeki geri yaylanma analiz sonuçları



Şekil 9. 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzemenin farklı hadde yönlerindeki geri yaylanma analiz sonuçları

Şekil 8. ve Şelkil 9.'da farklı hadde yönlerindeki geri yaylanma analiz sonuçları color map (renk haritası) üzerinde gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hadde yönünde yapılan değişikliklerin geri yaylanma miktarı üzerinde etkili bir paramatre olduğu görülmektedir. Sonuçların daha rahat anlaşılması için Şekil 9.'da yer alan hadde yönü – max. geri yaylanma miktarı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 10. Hadde yönü – max. geri yaylanma grafiği

Grafik incelendiğinde, max. geri yaylanmanın her iki malzeme için de 45° haddelenmiş parçalarda olduğu görülmektedir. Bu durum, Tablo 4. ve Tablo 5.'te yer alan sorunsuz çekmenin en düşük 45° haddelenmiş saclarda karşımıza çıkmasının bir sonucu olarak ifade edilebilir. 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için maksimum geri yaylanma miktarı yaklaşık 4,3 mm, 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için yaklaşık 5,5 mm'dir. Bu durum malzemenin çekme mukavemeti arttıkça geri yaylanma miktarının arttığı anlamına gelmektedir. Grafik, 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için incelendiğinde 0° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarının, 90° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarından yaklaşık 0,5 mm daha yüksek olduğu, 45° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarından ise yaklaşık 0,8 mm düşük olduğu görülmektedir. 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzeme için aynı değerlendirme yapılacak olursa 0° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarının, 90° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarından yaklaşık 0,2 mm yüksek olduğu, 45° haddelenmiş sacın geri yaylanma miktarından ise yaklaşık 0,7 mm düşük olduğu görülmektedir.

Farklı hadde yönlerinin tamamında, 780 MPa çekme mukavemetine sahip malzemeden 1180 MPa çekme mukavemetine sahip malzemeye geçiş yapıldığında, geri yaylanma miktarının 0° hadde açısında % 32, 45° hadde açısında % 27, 90° hadde açısında ise % 47 arttığı görülmektedir. Bu durum 90° haddelenmiş sacın diğer açılarda haddelenmiş saclara göre çekme mukavemeti değişiklikleri için geri yaylanma üzerinde daha etkili bir anizotropiye sahip olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA

780 MPa ve 1180 MPa yüksek çekme mukavemetine sahip ve 0°, 45° ve 90° olmak üzere 3 farklı açıda haddelenmiş sac malzemeler ile yapılan simülasyon sonuçları incelendiğinde;

- Hadde yönünün bükme prosesi ile üretilen parçalarda şekillenebilirlik üzerine etkisi az olsa da geri yaylanma üzerine önemli etkisinin olduğu görülmüştür.
- Çekme mukavemeti arttıkça geri yaylanma miktarının arttığı tespit edilmiştir.
- 90° haddelenmiş sac, diğer hadde yönlerine göre her iki çekme mukavemetine sahip malzeme için de daha iyi şekillenebilirlik yeteneği sunmuştur. Bunun bir sonucu olarak minimum geri yaylanma miktarı yine 90° haddelenmiş sac malzemede elde edilmiştir.
- 45° hadde yönü, şekillenebilirlik ve geri yaylanma açısından değerlendirildiğinde 0° ve 90° hadde yönlerine göre daha kötü sonuçlar vermiştir.

KAYNAKÇA

TAKAHASHI, M. (2003), Development of High Strength Steels for Automobiles, *Nippon Steel Technical Report*, 88(88).

KVACKAJ, T. (2021), Overview of HSS Steel Grades Development and Study of Reheating Condition Effects on Austenite Grain Size Changes, *Materials*, 14(8), 1988.

YANAGIMOTO, J. (2005), Springback of High-Strength Steel after Hot and Warm Sheet Formings, *CIRP Annals*, 54(1), 213-216.

WAGONER, R. (2013), Advanced Issues in springback, *International Journal of Plasticity*, 45(1), 3-20.

CHIKALTHANKAR, S. (2014), Factors Affecting on Springback in Sheet Metal Bending: A Review, *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 3(4).

AYDOĞAN, İ. (2007), Haddeleme Prosesinde Malzeme Karakteristiğindeki Değişimlerin İncelenmesi ve Modellenmesi (İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi).

MEDJAHED, A. (2018), Influence of the rolling direction on the microstructure, mechanical, anisotropy and gamma rays shielding properties of an Al-Cu-Li-Mg-X alloy, *Materials Science and Engineering: A*, 732(1), 129-137.

RAMULU, P. (2016), Springback analysis on AA 6061 aluminum alloy sheets, *AIP Conference Proceedings*, 1769(1).

AYDIN, H. (2019), Otomotiv endüstrisinde kullanılan DP450 ve DP800 saçlarında deformasyon hızının ve haddeleme yönünün çekme özelliklerine etkisi, *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 21(1), 323-335.

KARABULUT, S. (2023), SCGADUB1180 yüksek mukavemetli sacında proses parametrelerinin geri esneme davranışına etkisinin deneysel olarak incelenmesi, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 29(1), 68-75.

ÖTÜ, R. (2012), V Bükme Kalıplarında Alüminyum Alaşımlı Sacların Şekillendirilmesi Ve Geri Esneme Miktarlarının Tespiti (Karabük: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi).

ÖZEL BLANKING PRES EKİPMANI İLE PRESTE İLAVE KESME İŞLEMİNİN YAPILMASI

Oğuzhan YAZICI
Atatürk Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği
yazicio@toyotetsu.com.tr

Korhan YETİM
Balıkesir Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği
yetimk@toyotetsu.com.tr

ÖZET
Bu projede malzemenin otomatik beslendiği blanking pres yapısında kullanılmakta olan ve kesme işlemi yapan blanking kalıbına ek özel pnömatik kesme ekipmanı tasarlanarak proses tasarrufu yapılması amaçlanmıştır. Üretimi yapılmakta olan 590MPa çekme mukavemetine sahip üst menteşe parçasında blanking kalıbında yapılan kesme işleminden çıkan parça, manuel besleme yapılan tandem prese gitmektedir ve burada form verme işleminden önce son kesme işlemi yapılmaktadır. Blanking kalıbının son operasyonuna ek özel bir kesme ekipmanı tasarlanarak yavaş çalışan ve maliyetli olan tandem pres operasyonu kaldırılmıştır. Üretim verimliliği arttırılmıştır. Böylelikle; tandem kalıbı imalatı-bakımı, tandem pres hattına kalıbın taşınması-bağlanması, tandem pres hattının meşgul edilmesi, blanking presi hattından çıkan parçaların tandem prese taşınması gibi süreçler ortadan kaldırılarak tasarruf edilmiştir.

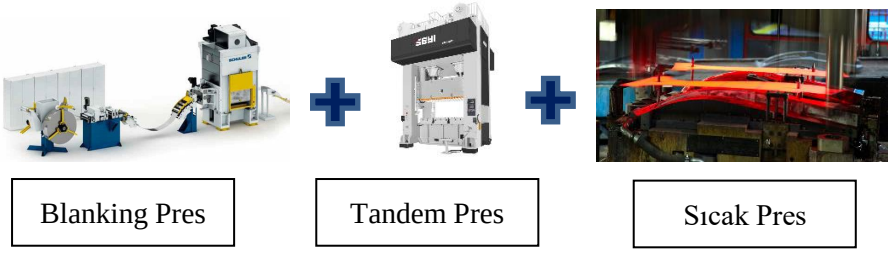
Anahtar Kelimeler: Soğuk Şekillendirme, Tandem Pres Kalıbı, Blanking Pres Kalıbı, Otomotiv

MAKING ADDITIONAL CUTTING TO THE PRESS WITH SPECIAL BLANKING PRESS EQUIPMENT

ABSTRACT
In this project, it is aimed to save process by designing special pneumatic cutting equipment in addition to the blanking die that is used in the blanking press structure where the material is fed automatically and that performs the cutting process. In the upper hinge part, which has a tensile strength of 590MPa, the part coming out of the cutting process in the blanking die goes to the tandem press with manual feeding, where the final cutting process is performed before the forming process. In addition to the last operation of the blanking die, a special cutting equipment has been designed and the slow and costly tandem press operation has been removed. Production efficiency has been increased. Thus; Processes such as tandem die manufacturing-maintenance, transporting-connecting the die to the tandem press line, keeping the tandem press line busy, and transporting the parts coming out of the blanking press line to the tandem press have been eliminated.

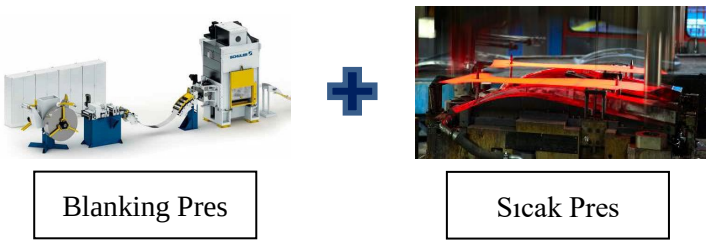
Keywords: Cold Forming, Tandem Press Die, Blanking Press Die, Automotive

1. GİRİŞ
Günümüz otomotiv sektöründeki parça üreticileri artan üretim adetlerini karşılayabilmek ve aynı zamanda verimliliği arttırabilmek için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Geçmişte üretim adetlerinin düşük olması sebebiyle tandem presler kullanılmaktaydı. Üretim adetlerinin ve gerekli tonajların artmasıyla beraber tandem preslerinin yerini blanking, progresif ve transfer presleri almıştır. Bu presler ile daha yüksek SPM (Stroke Per Minute) değerlerine ulaşılabilmiştir. Ancak üretimi yapılmakta olan üst menteşe parçasının proses sıralaması aşağıdaki gibidir:



Şekil 1: Mevcut Proses Sıralaması

Şekil 3'te görüldüğü gibi blanking preste rulo sacdan gelen malzemenin çevre kesme işlemi yapılmaktadır ve aynı anda iki parça çıkmaktadır. Parçaların birisinde kesilemeyen bölgeler kaldığı için, her iki parçadan birisi tandem pres hattına aktarılmaktadır. Tandem preste kesme işlemi tamamlanan parça sıcak pres hattında form almaktadır. Bir parçanın üretiminde izlenen standart yola göre; malzeme önce blanking kalıbında dilimlenir, ardından çevre kesme işlemi yapılır ve form verilir. Ancak incelenen bu parçada standart yolun dışında arada fazladan bir proses daha bulunmaktadır. Bu projede verimliliği düşük olan tandem pres prosesinin kaldırılması amaçlanmıştır. Hedeflenen proses sıralaması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Hedeflenen Proses Sıralaması

2. PRESLER

Presler genel olarak kesme, delme, derin çekme ve dövme gibi işlemlerin uygulanması sırasında kullanılan, mekanik ya da hidrolik bir kumandayla birbirine yaklaşan ve aralarına konulan malzemeleri sıkıştırarak mekanik özelliklerini değiştirmeye yarayan iki tabladan oluşan makineler olarak tanımlanır. Presler genel olarak tahrik sistemlerine göre mekanik presler ve hidrolik presler olmak üzere ikiye ayrılırlar [1]. Preslerde yapılacak işlemler soğuk şekil verme ve sıcak şekil verme işlemleri olarak genel anlamda iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bu bölümde soğuk şekillendirme yöntemlerinden blanking ve tandem, sıcak şekillendirme yöntemi olarak da sıcak pres (PQ= Press Quanching) anlatılmıştır.

2.1 Blanking Pres

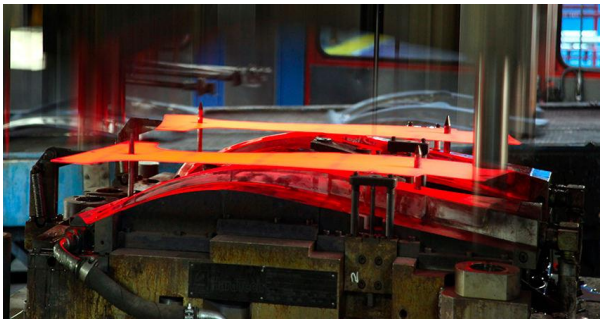
Rulo sac olarak tedarik edilen çelik malzemenin dilimlenmiş hale getirildiği mekanik preslerdir. Form verme işlemi yapılmaz ve sadece çevre kesme işlemi yapılır. Sac otomatik olarak beslenir, yanlarda bırakılan şeritler aracılığı ile malzeme ilerler ve son proseste bu şeritler kesilerek parça konveyöre düşürülür. 20-80 SPM aralığında üretim yapılabilmektedir.

Şekil 3: Blanking Pres

2.2 Tandem Pres

Kullanılacak olan kalıp özelliğine bağlı olarak düşük tonajlarda kesme, delme, form verme vb. işlemlerin gerçekleştirilebildiği preslerdir. Parça besleme işlemi manuel olarak operatör tarafından yapılır. Bu sebeple SPM değerleri ortalama 7'dir. Şekil 4'te tandem pres görseli görülmektedir.

Şekil 4: Tandem Pres



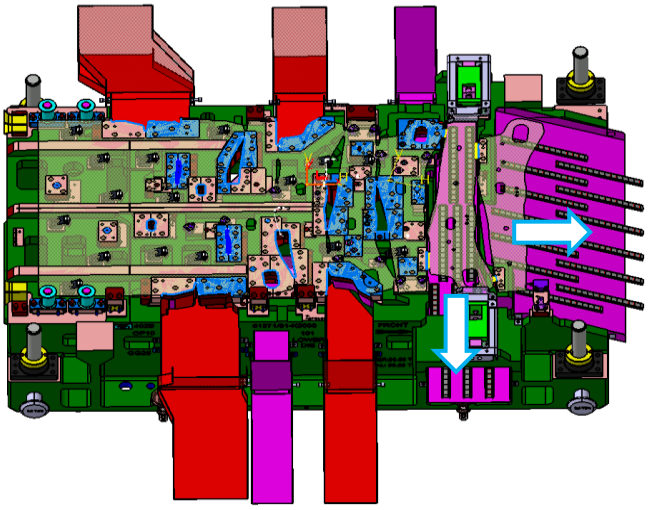
Şekil 5: Sıcak Pres

2.3 Sıcak Pres

Sıcak şekillendirme yöntemi olan bu presler, yüksek mukavemet ve hafiflik istenen durumlarda tercih edilir ve form verme işlemi yapılır. Şekil 5'te sıcak pres görseli görülmektedir. Saclar sıcak preslerde şekillenirken aynı zamanda ısıl işleme tâbi tutularak istenilen mukavemet ve sertlik değerlerine ulaşırlar. Ortalama 900°C sıcaklıkta östenitlenen saclar özel tasarlanmış ve imal edilmiş sıcak form verme kalıplarında şekillendirilir ve su verilerek sertleştirilir[2].

3. MATERYAL & METOD

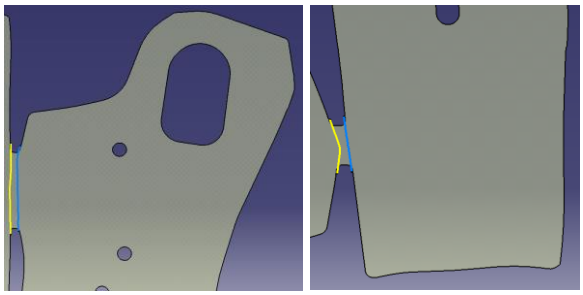
Bu projede ele alınan blanking pres eksantrik yapıdadır. 800 Ton'luk kuvvete sahip olan preste blanking kalıbı aracılığı ile blank yani açınım malzemeler basılmaktadır. Rulo sacdan gelen malzeme 590 MPa çekme mukavemetine ve 1,8 kalınlığa sahiptir. Mevcut blanking kalıbı ile üst menteşe parçalarından iki adet açınım parça basılmaktadır. Çıkan bu parçalar ortak olup, hem sağ hem de sol referansın üretimi için kullanılabilmektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi; son istasyonda pres bastıktan sonra sağ parça besleme yönünde ilerleyip ana konveyöre düşmekte, sol parça ise kalıp ön yüzeyi yönünde alt konveyöre düşmektedir.



Şekil 6: Mevcut kalıp

Çıkan parçalardan alt konveyöre düşen parça istenildiği gibi çıkmaktadır ancak ana konveyöre düşen parça çentikli çıkmaktadır. Kalıpta üretilen malzemenin çeşitli kesme operasyonlarından geçmesinden sonra nihai parçalar ön ve yan konveyörlere düşmektedir. Önden ve yandan düşen parçaların birbirleri ile olan bağlantı noktası tam yok edilememekte ve çentik oluşturarak ön banta düşen parçada

bırakılmaktadır. Ana konveyörden çıkan bu parçalar, transfer pres hattına aktarılmadan önce ikinci kesme operasyonuna girmek üzere tandem pres hattına aktarılmaktadır. Ana konveyörden çıkan parçada bulunan çentikler Şekil 7'de görülmektedir. Sarı renkle belirtilen trim hattı ile kesme işlemi yapılmaktadır.



Şekil 7: Çentikler

3.1 Amaç

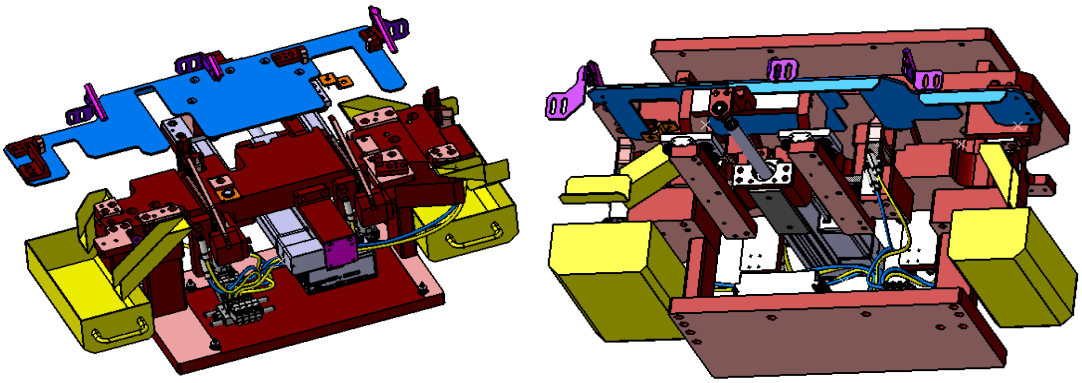
Bu projede amacımız parçanın üretim akışından tandem presi yani ikinci kesme prosesini kaldırmaktır. Bu prosesin ortadan kalkması ile beraber aşağıdaki kayıpların da önüne geçilmiş olacaktır:

- Parçaların blanking kalıbından tandem kalıbına taşınma süresi
- Fazla prosesten dolayı parça çıkma süresinin uzaması
- İkinci bir kesme işlemi yapılabilmesi için tandem kalıbına ihtiyaç duyulması
- Kalıp bakımı
- Tandem pres hattının meşgul edilmesi
- Tandem prese kalıp bağlama-sökme işlemleri
- Daha fazla iş gücü
- Daha fazla alan kaplanması
- Forkliftin meşgul edilmesi
- Vincin meşgul edilmesi

Parçadaki çentiğin blanking kalıbı içerisinde kesilmesi hedeflenmektedir.

3.2 Kesme Ekipmanı Tasarımı Ve Çalışma Prensibi

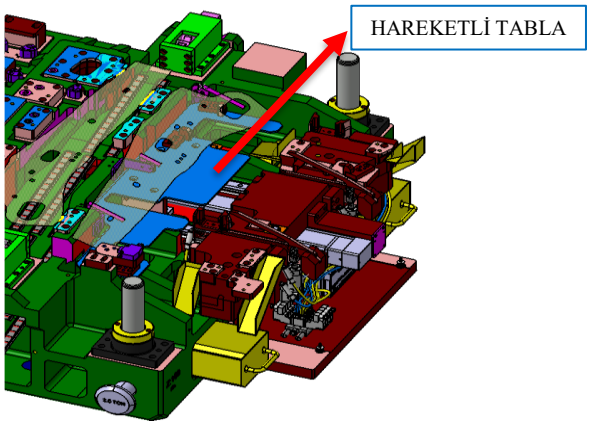
Mevcut blanking kalıbı üzerinde çalışmalar yapıldı. Catia V5 3D tasarım programında kalıbın çıkış tarafına montajlanabilecek bir kesme ekipmanı tasarlandı. Son operasyonda kesilen parçalardan ana konveyöre düşmesi gereken çentikli parça, tasarlanan hareketli bir tablaya düşürülmektedir. Hareketli tablanın hareketini alt tarafta bağlı olan pnömatik silindir sağlamaktadır. Tabla raylar üzerinde arabaya bağlı şekilde ileri gidip gelmektedir. Parça, tasarlanan ekipman ile ilerletilecek ve çentikli bölgelerde tek vuruşta kesme işlemi yapılacak. Ekipmanın montajlanabilmesi için kalıp dökümünde de bazı boşaltmalar yapıldı. Ekipman hem presle haberleşecek, hem de üzerinde bulunan varlık sensörlerinden uyarılar alacak ve sistem tahrik edilecektir.



Şekil 8: Tasarlanan Kesme Ekipmanı

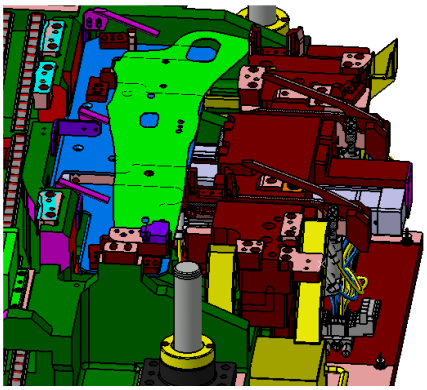
Tasarımı yapılan kesme ekipmanının çalışma prensibi ise aşağıdaki gibidir:

1) Normal şartlarda ana konveyöre düşmesi gereken parça, yeni tasarlanan mekanizmada hareketli tablaya düşmektedir.



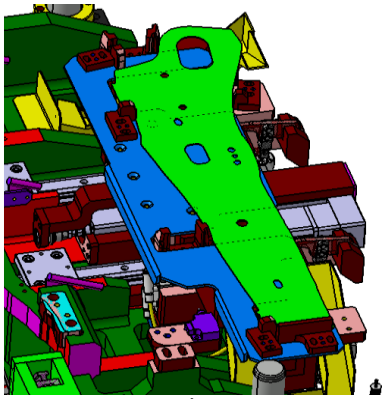
Şekil 9: Hareketli Tabla

2) Düşen parça sensörlerin uyarısı sonrasında aşağı-yukarı yönde hareket eden dayamalar ile merkezlenmektedir.



Şekil 10: İlk merkezleme

3) Dayamalar kapalı pozisyona geçmekte ve merkezlenen parça pnömatik silindirler ile hareket eden tabla yardımıyla otomatik olarak ileri sürülmektedir. Tabla strok mesafesini tamamladığında dayamalar tekrar açık pozisyona geçmektedir ve parçayı merkezlemektedir.

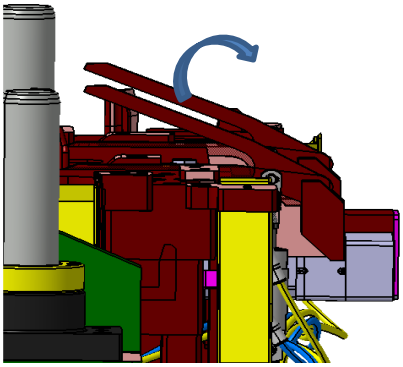


Şekil 11: İleri sürme

4) Parçanın merkezlenmesi ve sabitlenmesi sonrasında tabla ilk pozisyonuna geri dönmektedir. Tabla ilk pozisyonuna dönerken dayamalar açık pozisyonda olduğu için parçayı tutmaktadır ve parçanın tabla ile beraber geri gitmesi engellenmektedir.

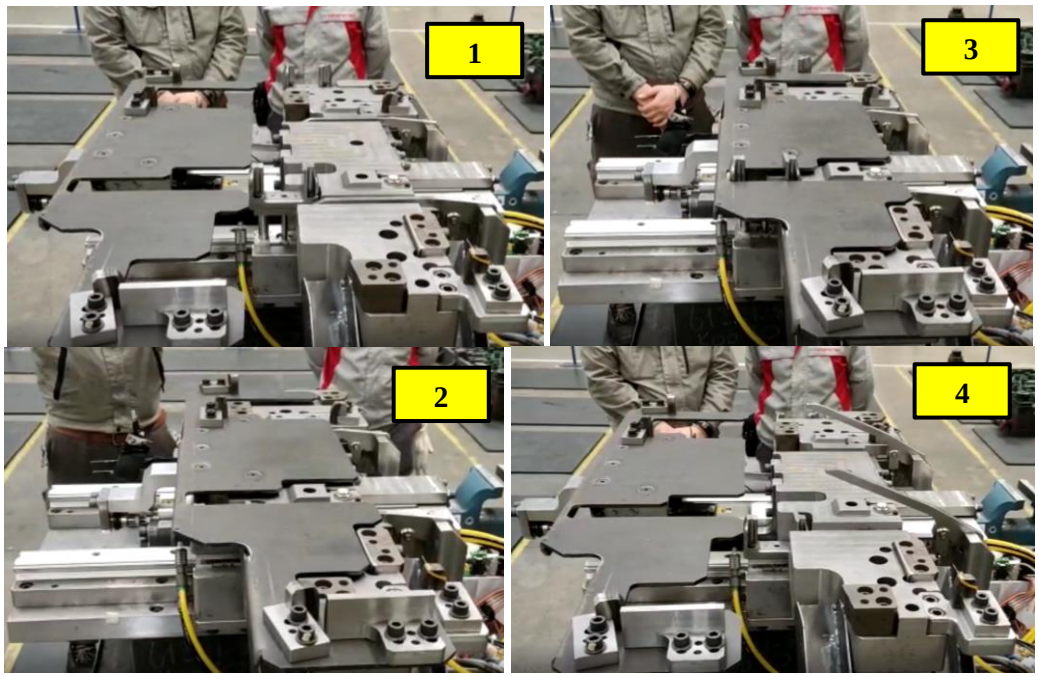
5) Kesme işlemi yapılmaktadır.

6) Dayamalar kapalı pozisyona geçmektedir ve çıkış tarafında bulunan iki adet kol, parçayı konveyöre düşürmektedir.



Şekil 12: Parça düşürme

7) Bu süreç döngü olarak devam etmektedir.



Şekil 13: Kesme Ekipmanı Prototipi

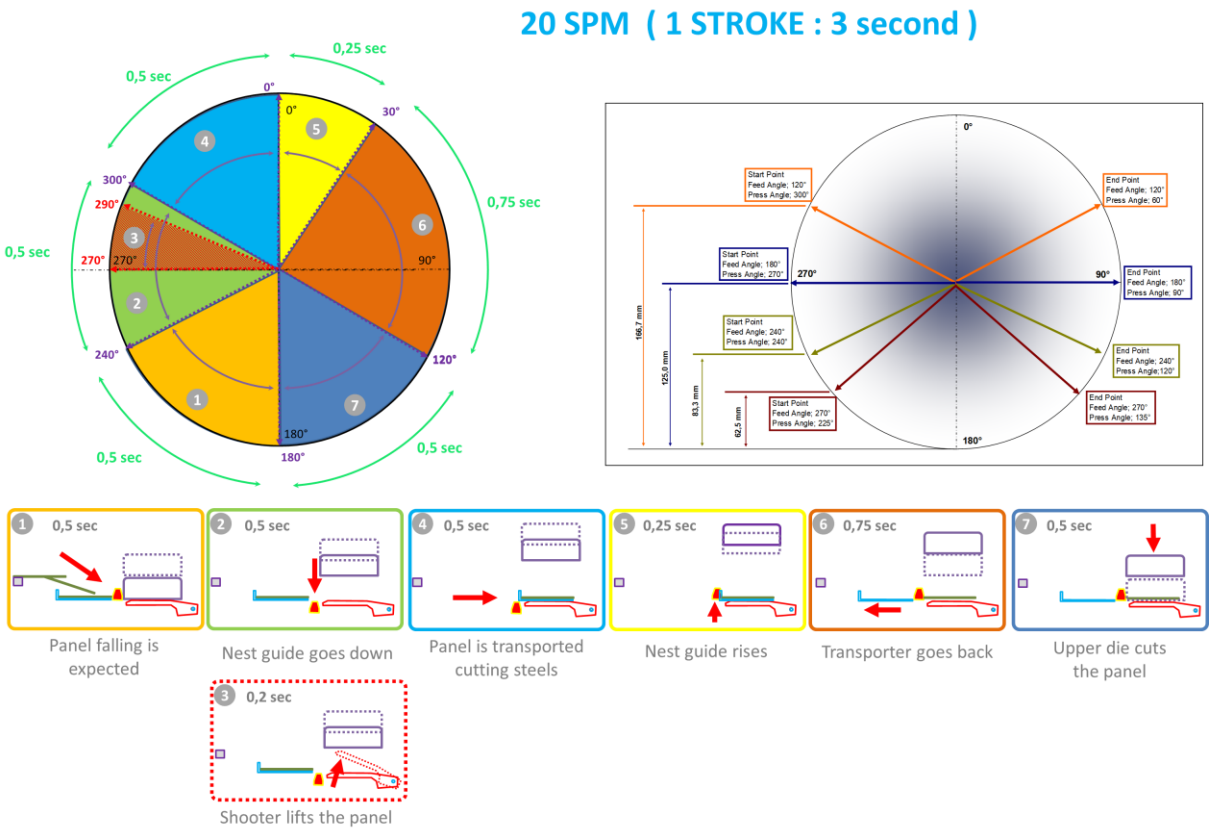
Tasarımı biten kesme ekipmanının prototip imalatı ve montajı yapılarak denemeler yapıldı. Denemeler sonrasında parçadaki çentiklerin başarılı bir şekilde kesildiği ve parça ölçülerinin uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 14: Kesme Ekipmanı Montaj

Şekil 14'te ise özel kesme ekipmanının mevcut kalıba montajı yapılmış hali görülmektedir.

3.3 Pres Döngüsü

Şekil 15'te pres döngüsü görülmektedir. Bu döngüye göre pres bir stroğu 3 saniyede tamamlamaktadır. Bu sayı dakikada 20'ye denk gelmektedir ve SPM değeri 20'dir. Tasarlanan kesme ekipmanı bu SPM değerine uygun çalışabilmektedir.



Şekil 15: Pres Döngüsü

4. SONUÇ

Çalışmaların sonucuna bakıldığında Toyotetsu Türkiye Arge Merkezi bünyesinde özgün bir pnömatik kesme ekipmanı tasarımı gerçekleştirilip tandem pres hattında gerçekleştirilen ikinci kesme prosesi ortadan kaldırılmıştır. Bir prosesi ortadan kaldırmak hem zaman hem de maliyet kazancı sağlamıştır. Bu iyileştirme sonrasında malzeme verimliliği artmıştır. Mali kazancın yanı sıra iş gücü ve hammadde harcamalarından da tasarruf edilmiştir. Çevre bilincinin gelişmesine katkıda bulunulmuştur. Elde edilen tüm tecrübe, bilgi ve yetkinlikler şirketimize ve ülkemize uluslararası platformda daha güçlü bir şekilde

rekabet etme fırsatı vermiştir. Tasarlanan bu sistem birden fazla kesme prosesi olan tüm parçalarda uygulanabilir.

KAYNAKÇA

[1] Ö. Açıkel, ‘’Savunma Sanayisi İçin Transfer Presi Geliştirilmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniv., Balıkesir, 2020.
[2] A. Baki, ‘’Sıcak Şekillendirme Kalıplarının Tasarımı ve Geliştirilmesi’’, Yıldız Teknik Üniv., İstanbul.

DEPREM VE ACİL DURUMLARDA ETKİLİ BİLGİ SAĞLAMA: ARDUİNO TEMELLİ AKILLI GÜVENLİK SİSTEMİ

Beytullah BOZALİ
Düzce Üniversitesi / Düzce Meslek Yüksekokulu Elektrik Teknolojisi,
beytullahbozali@duzce.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3633-5780

Can Berk PİRPİR
Düzce Üniversitesi / Düzce Meslek Yüksekokulu Elektrik Teknolojisi, Öğrenci,
canberkpirpir@gmail.com

Furkan ÇARMUK
Düzce Üniversitesi / Düzce Meslek Yüksekokulu Elektrik Teknolojisi, Öğrenci,
furkan.crmk504400@gmail.com

Özet
Deprem gibi felaketlerde can kaybını önlemek için hızlı ve etkili bir şekilde bilgi sağlama yeteneği, yaşamsal öneme sahiptir. Acil durumlarda apartmanda bulunan kişi sayısı hızlı bir şekilde tespit edebilmesi çok önemlidir. Özellikle deprem gibi afet durumlarında, apartmanda veya binalarda bulunan kişi sayısı bilgilerinin ilgili kurtarma ekiplerine iletilerek, kişilere etkili bir yardım sağlanabilir. Bu proje ile apartman güvenliğini artırmak ve deprem gibi acil durumlarda can kaybını önlemek amacıyla Arduino tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Arduino programlama dili olarak C++ kullanılmış ve projenin prototipi yapılmıştır. Sistem, IR sensörleri kullanılarak apartmana giren ve apartmandan çıkan kişilerin sayısının takibini gerçekleştirilebilmektedir. Algılanan veriler, anlık olarak LCD panel üzerinde görüntülenmekte ve aynı anda Bluetooth modülü aracılığıyla mobil uygulamaya üzerinden ilgili kurum, kuruluş ve kişilere iletilebilmektedir. Bu sayede kullanıcılar, uzaktan erişim sağlayarak apartmandaki kişi sayısını takip edilebilmektedir. Bu proje ile apartman güvenliği ve acil durum yönetimi konularında önemli bir adım niteliği taşımaktadır. Ayrıca apartman sakinlerine güvenli bir ortam sağlamanın yanı sıra, acil durum yönetimi konusunda da önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güvenlik Sistemleri, Acil Durum Yönetimi, Mobil Erişim, Arduino Sistem

PROVIDING EFFECTIVE INFORMATION IN EARTHQUAKE AND EMERGENCY: ARDUINO-BASED SMART SECURITY SYSTEM

Abstract
The ability to provide information quickly and effectively is vital to prevent loss of life in disasters such as earthquakes. It is very important to be able to quickly determine the number of people in the apartment in case of an emergency. Especially in disaster situations such as earthquakes, the information on the number of people in the apartment or building can be transmitted to the relevant rescue teams, and effective assistance can be provided to people. With this project, an Arduino-based system has been developed in order to increase the security of the apartment and to prevent loss of life in emergencies such as earthquakes. C++ was used as the Arduino programming language and the prototype of the project was made. The system can track the number of people entering and leaving the apartment using IR sensors. The detected data is displayed on the LCD panel instantly and can be transmitted to the relevant institutions, organizations, and individuals via the Bluetooth module at the same time via the mobile application. In this way, users can monitor the number of people in the apartment by providing remote access. With this project, it is an important step in apartment security and emergency management. In addition to providing a safe environment for apartment residents, it also makes an important contribution to emergency management.

Keywords: Security Systems, Emergency Management, Mobile Access, Arduino System

1. GİRİŞ

Deprem gibi büyük felaketlerde apartmanlarda, evlerde veya binalarda bulunan kişilerin sayısını bilmek, bu kişilere yardım ulaşması açısında önemlidir. Apartmanda veya binalarda bulunan kişi sayısının belirleyip ilgili kurtarma ekiplerine ileterek, bu kişilere etkili bir yardım sağlanabilir. Kişi sayısının belirlenmesi binalarda bulunan güvenlik sistemleriyle mümkündür. Kişi sayısı bina girişinden giren ve çıkanların sayısını sayarak belirlenebilir. (Tian ve ark., 2021) çalışmalarında, odaya giren ve odadan çıkan insanların sayısını belirlemek için Wi-Fi sinyallerini kullanan bir sistem önermişlerdir. Dinamik zaman atlama algoritmasını kullanarak tespit edilen sinyalleri önceden toplanmış veri tabanı ile karşılaştırılmış ve kişi sayısı belirlemişlerdir. Bir diğer çalışma, insan sayısını izlemek için, kızılötesi (IR) dizi sensörü tarafından algılanan verileri işleyen yeni bir gerçek zamanlı örüntü tanıma algoritması kullanılmıştır. Algoritma bir kapı aralığından rutin insan geçişi tespiti için yüksek doğrulukla gerçekleştiğini vurgulamışlardır (Perra ve ark., 2021). Binada oturanların sayısı ve konumu belirlenerek binanın güvenliği ve emniyeti yönetilebilir olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada, kapı girişlerine 8×8 IR dizi sensörü yerleştirip, odalardaki insan sayısını sayma olasılığını araştırmışlardır (Mohammadmoradi ve ark., 2018). (Yang, ve ark., 2016) çalışmalarında, Bir binadaki doluluk bilgisi, iç çevre kalitesi, enerji tüketimi ve bina enerji simülasyonu açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır. Bina güvenliğini sağlamayabilmek ve binanın enerji tüketimini belirleyebilmek için doğru doluluk sayımı yapmak, gerekmekte.

Doğru doluluk sayımı, binaya giren ve binadan çıkan insanları tespit etmekle yapabiliriz. Literatürde binaya giren ve binadan çıkan insanları tespit etmek için çalışmalar mevcuttur (Akbar ve ark., 2015; Ahmed ve ark., 2018; Chandran ve ark., 2019; Guan ve Huang, 2015; Munaro ve ark., 2015; Liu ve ark., 2015). Deprem meydana gelmesi sonucunda can kaybını en aza indirmek için deprem modellerini analiz edilmiş ve depremi tespit edebilmek için bir sistem oluşturulmuştur. Deprem ivme değişimi ölçen bir ivme ölçer ve yer sallanma şeklini kaydeden MPU6050 sensörü kullanılmıştır (Duggal ve ark., 2022). Bina girişlerinde giren ve binadan çıkan insanları saymak için birçok farklı sensör kullanılabilir. Örneğin, Terabee'nin 3D Time-of-Flight insan sayma sistemleri, insanların bir binaya, odaya veya alana giriş ve çıkışlarını gerçekleştirdikleri anlık ve birikimli verilerini sağlanabilir (TERABEE, 2023). Infineon'un XENSIV™ 60GHz radarı ile çalışan akıllı giriş sayacı, bir konuma giren ve çıkan kişi sayısını saymak için bir çözüm kullanılabilinir (infineon, 2023). (Sruthi, 2019) çalışmasında Raspberry pi ile PIR sensörlerini kullanarak binalardaki insanları saymak için Nesnelerin İnterneti (IoT)'yi uygulamıştır. Kişilerin varlığının tespiti için PIR (Pasif Kızılötesi Radyasyon) sensörleri kullanılmaktadır ve binalara giren kişileri saymaktadır. İnsan yoğunluğu sayımı için, önce insan hareketine duyarlı, temsili özellikleri seçmek için bilgi teorisine dayalı bir özellik seçim şeması tasarlanmıştır. Zamansal ve çevresel eşitsizliklere dayanıklı, transfer çekirdeği öğrenme ve bilgi füzyonuna dayalı kişi sayma sınıflandırıcısı önerilmiş ve WiFi yönlendirici ile uygulamışlardır (Zou ve ark., 2018).

Bu makalede, bina güvenliğini artırmak ve deprem gibi acil durumlarda can kaybını önlemek amacıyla Arduino tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. Sistemde, bina girişine hareket sensörleri yerleştirildi. Bu sensör, Arduino mikrodenetleyici ile bağlantılıdır ve verileri kablosuz olarak bir merkezi kontrol ünitesine gönderir. Merkezi kontrol ünitesi, depremi algılar ve son durumda binada bulunan kişi sayısı LCD panel üzerinde görüntülenmekte ve aynı anda Bluetooth modülü aracılığıyla mobil uygulamaya üzerinden ilgili kurum, kuruluş ve kişilere iletilebilmektedir. Sistem, gerçek zamanlı olarak bina durumunu izlemek ve olası tehlikelere karşı önlem almak için etkili bir yöntem sunmaktadır. Sistem, düşük maliyetli ve kolay kurulumlu olması nedeniyle yaygın olarak kullanılabilir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu proje, bir apartmanın girişinde bulunan IR sensörleri kullanarak, apartmana giren ve apartmandan çıkan kişilerin sayısını takip edebilen bir sistem tasarlanmıştır. Projenin prototipi yapılmıştır. Algılanan veriler anlık olarak LCD panel üzerinde görüntülenmekte ve aynı zamanda Bluetooth modülü aracılığıyla mobil uygulamaya iletilerek ilgili kurum, kuruluş ve kişilere bildirilmektedir. Bu sayede apartmanın güvenliği artırılabilir ve giriş çıkışların kontrolü sağlanabilir. Bu proje ile kurtarma işlemi sonrası apartmanlarda veya binalarda kişi kalıp kalmadığını rahatlıkla belirlene bilinir.

2.1. Arduino C++ Programlama Dilini

Arduino örnekleri ve kütüphaneleri genellikle C++ dilinde yazılmaktadır (arduino, 2023). Programlama dili olarak Arduino C++ programlama dilini kullanılmıştır. Projede binalara giren ve binadan çıkın kişi sayısını belirlemek için, kullanılan Arduino programlama dili aşağıda verilmiştir. Proje de, bir apartmanın girişinde bulunan IR sensörleri ile insanlar algılanmıştır. Ayrıca IR sensör yerine PIR veya ultrasonik sensör seçilebilir.

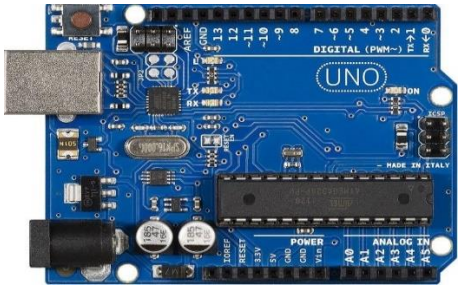
```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SoftwareSerial.h>
// LCD pin bağlantıları
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
// HC-05 Bluetooth modül pinleri
const int bluetoothRx = 0; // HC-05 Rx pini, Arduino'nun 0 numaralı piniyle bağlantılı
const int bluetoothTx = 1; // HC-05 Tx pini, Arduino'nun 1 numaralı piniyle bağlantılı
// IR sensör pinleri
const int sensorPin1 = A0;
const int sensorPin2 = A1;
// Nesne sayacı
int nesneSayisiSensor1 = 0;
int nesneSayisiSensor2 = 0;
bool nesneTespitEdildiSensor1 = false;
bool nesneTespitEdildiSensor2 = false;
SoftwareSerial bluetooth(bluetoothRx, bluetoothTx); // Rx ve Tx pinlerini ters sırayla bağlıyoruz
void setup() {
  // LCD ekranını başlatma
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Nesne Sayisi:");
  // IR sensör pinlerini giriş olarak ayarlama
  pinMode(sensorPin1, INPUT);
  pinMode(sensorPin2, INPUT);
  // HC-05 Bluetooth modülünü başlatma
  bluetooth.begin(9600);
  delay(1000); // Bluetooth modülünün başlatılması için biraz bekleyin
  // Nesne sayılarını başlangıç değerine ayarlama
  nesneSayisiSensor1 = 0;
  nesneSayisiSensor2 = 0;
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(nesneSayisiSensor1);
}
void loop() {
  // IR sensörlerden gelen verileri okuma
  int sensor1 = analogRead(sensorPin1);
  int sensor2 = analogRead(sensorPin2);
  // Nesne tespiti kontrolü
  if (!nesneTespitEdildiSensor1 && sensor1 < 500) {
    nesneTespitEdildiSensor1 = true;
  }
    if (!nesneTespitEdildiSensor2 && sensor2 > 500) {
    nesneTespitEdildiSensor2 = true;
  }
  // Sensör 1'den nesne tespit edilmediyse sayacı artırma
  if (nesneTespitEdildiSensor1 && sensor1 >= 500) {
    nesneTespitEdildiSensor1 = false;
    nesneSayisiSensor1++;
```

```
  // LCD'ye güncellenmiş sayıyı yazdırma
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("          "); // Önceki sayıyı temizleme
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(nesneSayisiSensor1);
 }
  // Sensör 2'den nesne tespit edilmediyse sayacı azaltma
 if (nesneTespitEdildiSensor2 && sensor2 <= 500) {
  nesneTespitEdildiSensor2 = false;
  nesneSayisiSensor2--;
  // LCD'ye güncellenmiş sayıyı yazdırma
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print("          "); // Önceki sayıyı temizleme
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print(nesneSayisiSensor2);
 }
 // Bluetooth üzerinden gelen veriyi kontrol etme
 if (bluetooth.available()) {
  String veri = bluetooth.readStringUntil('\n');
  if (veri == "cf") {
    // Gelen "cf" komutunu algıladıysa LCD bilgilerini gönderme
    bluetooth.print("LCD: ");
    bluetooth.print(nesneSayisiSensor1);
    bluetooth.print(", ");
    bluetooth.println(nesneSayisiSensor2);
  }
 }
 // Kısa bir gecikme
 delay(100);
}
```

2.2. Projede Kullanılan Malzemelerin Çalışması

2.2. 1. Arduino

Arduino projelerinde birçok farklı sensör kullanılabilir. Örneğin, sıcaklık ve nem, ışık, hareket PIR, gaz (CO2 gibi) ve su seviyesi gibi sensörler bunların en popüler olanlardır (ELECTRONICSHACKS, 2023). Bu sensörler, çevrede veya etraflarındaki nesnelerdeki değişiklikleri algılar ve projede olayları tetiklemek için kullanılabilir. Ayrıca, alev IR sensörleri, foto direnç sensörleri, toprak nem sensörleri, hız sensörleri, mikrofon sensörleri, pasif buzzer sensörleri, dijital termal sensörler ve MQ-2 gaz sensörleri gibi diğer sensörler de kullanılabilir (Microsoft Bing, 2023). Sensör seçimi projenizin amacına ve ihtiyaçlarına bağlıdır. Arduino Uno R3, 8-bit ATmega328P tabanlı bir mikrodenetleyici kartıdır (Amestica ve ark., 2019). Arduino, bir mikrodenetleyici platformudur ve Arduino kartlarında programlama için Arduino programlama dilini kullanır. Arduino programlama dili, C++ diline dayalı bir dildir ve basit, anlaşılır bir sözdizimine sahiptir. Örnek bir Arduino Uno R3, Şekil 1'de gösterilmektedir (Arduino+uno&source, 2023).



Şekil 1. Arduino Uno R3

2.2. 2. LCD Panel

LCD 1602, popüler bir karakter LCD (Liquid Crystal Display) modülüdür. İsminden de anlaşılacağı gibi, 16 karakter ve 2 satır şeklinde bir görüntüleme kapasitesine sahiptir. LCD 1602, birçok Arduino projede kullanılan standart bir LCD modülüdür. Bu modül, genellikle metin ve sayıları görüntülemek için kullanılır. LCD 1602, bir arka ışık kaynağı ile birlikte gelir, böylece okunabilirlik düşük ışık koşullarında bile sağlanır. Örnek bir LCD 1602, Şekil 2'de gösterilmektedir (arduino, 2023).

Şekil 2. LCD 1602

2.2. 3. IR Sensors

IR (Infrared) sensörü, çevresindeki nesnelerin veya varlıkların yakınındaki ısıyı veya hareketi algılayabilen bir sensördür. IR sensörleri, kızılötesi ışık yayan bir kaynak ve bu ışığı algılayan bir alıcıdan oluşur. IR sensörleri, elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesindeki ışığı kullanır. Nesneler, sıcaklıklarına bağlı olarak kızılötesi ışık yayarlar. IR sensörleri, bu kızılötesi ışığı algılayarak çevredeki nesnelerin varlığını veya hareketini tespit eder. IR sensörlerinin kullanım alanları oldukça geniştir. Birçok uygulamada, mesafe ölçme, hareket algılama, uzaktan kumanda sistemleri, güvenlik sistemleri ve otomatik aydınlatma gibi işlevler için kullanılır. IR sensörü yerine insanları algılamak için PIR sensör, ultrasonik sensör seçilebilir. Örnek bir IR sensörleri Şekil 3'te gösterilmektedir (arduino, 2023).

Şekil 3. IR sensörleri

2.2. 4. Bluetooth Modülü

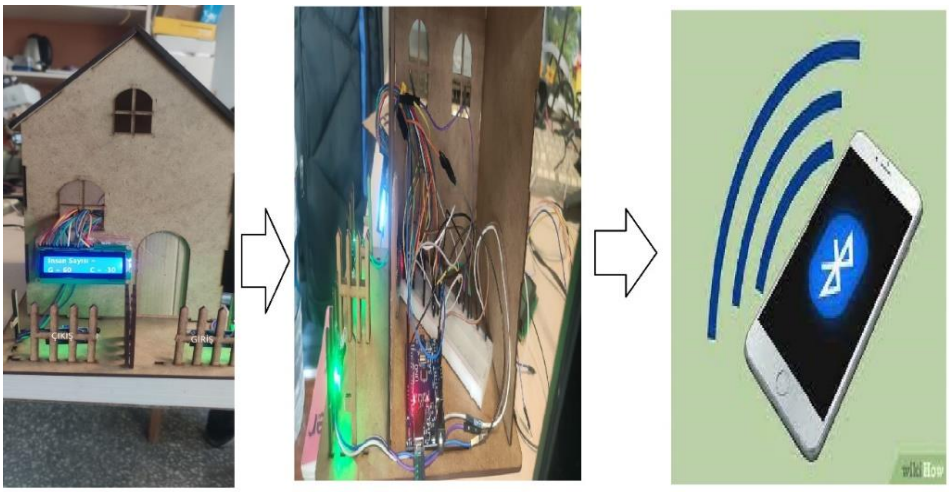
HC-05 Bluetooth modülü, kablosuz iletişim için kullanılan bir Bluetooth modülüdür. Genellikle mikrodenetleyici projelerinde kullanılır. HC-05, Bluetooth 2.0 sürümüne dayanır ve seri haberleşme protokolü üzerinden veri iletimini destekler. Bu modül, mikrodenetleyici ile kablosuz bağlantı kurmayı sağlar. HC-05 modülü, 3.3V besleme gerilimi ile çalışır ve genellikle 3.3V mantık seviyeleriyle uyumlu mikrodenetleyicilerle kullanılır. Modül, RX (alıcı) ve TX (verici) pinleri üzerinden mikrodenetleyici ile iletişim kurar. HC-05, düşük güç tüketimi ve geniş iletişim mesafesi sunar. 2.4 GHz frekans bandında çalışır ve yaklaşık 10 metreye kadar iletişim mesafesi sağlar. Bu modül, Arduino, Raspberry Pi ve diğer mikrodenetleyicilerle entegre edilebilir. Kablosuz veri transferi, akıllı ev sistemleri, uzaktan kumanda uygulamaları, sensör ağları gibi birçok projede HC-05 modülü kullanılabilir. Örnek bir HC-05 Bluetooth Modülü Şekil 4'te gösterilmektedir (Robotistan, 2023).

Şekil 4. HC-05 Bluetooth Modülü

3. PROTOTİP ÇALIŞMA SONUÇLARI

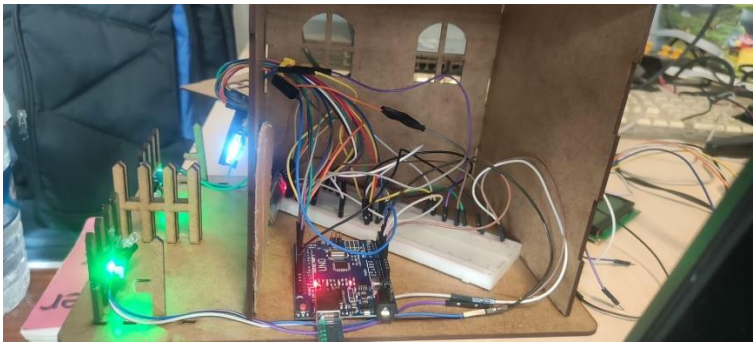
Arduino ve IR sensörler kullanarak, binalara veya apartmanlara giriş ve çıkış yapan kişileri tespit eden bir sistem tasarladık. LCD panel ile binalara veya apartmanlara giriş ve çıkış yapan kişi sayını görünümü sağlandı. Bluetooth modülü aracılığıyla binalara veya apartmanlara giriş ve çıkış yapan kişi sayını

telefona aktarılmaktadır. Bu proje, afet durumlarında bilgi sağlayarak olası sorunlar için gerekli birimlerin önceliğini ve hızlı bir biçimde çalışmalarını sağlamalarını sürdürmeleri için önem arz eden bir proje ortaya koymuş olduk. Anlık sonuçlar LCD ekranında görülmekte ve Bluetooth modül yardımıyla ilgili kurum ve kuruluşlara iletilebilmektedir. Binalar için Bluetooth modülü gerçek zamanlı insan sayma sistem mimarisi Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Binalar için Bluetooth modülü gerçek zamanlı insan sayma sistemi mimarisi

Bluetooth modülü kullanarak gerçek zamanlı insan sayma sisteminin çalışma prensibi:
Bluetooth Modülleri: Binalardaki her bir giriş noktasına Bluetooth modülleri yerleştirilir. Bu modüller, bina içerisine giren veya çıkan cihazların (telefon, tablet, akıllı saat vb.) Bluetooth sinyallerini algılar.
Cihazlar: Bina sakinleri, çalışanlar veya ziyaretçilerin Bluetooth özellikli cihazlarıyla binaya girdiklerinde, cihazlarından yayılan Bluetooth sinyalleri yakalanır ve bu sinyalleri izlemek için kullanılan bir veri tabanına kaydedilir.
İzleme ve Algılama: Bluetooth modülleri, yakaladıkları Bluetooth sinyallerini sürekli olarak izler ve kaydeder. Sinyal gücü, sinyal yoğunluğu ve diğer faktörler kullanılarak cihazın konumu tahmin edilir.
Veri Analizi: Yakalanan Bluetooth sinyalleri ve konum tahminleri gerçek zamanlı olarak bir merkezi sunucuya iletilir. Sunucu, bu verileri analiz eder ve mevcut olan cihazları tespit eder. Her cihaz için benzersiz bir kimlik belirlenir.
İnsan Sayma: Sunucu, benzersiz kimliklere sahip cihazları sayar ve bu sayıları gerçek zamanlı olarak günceller. Böylece, bina içerisindeki insan sayısı takip edilir.
Bildirim ve Raporlama: İnsan sayısı belirli bir eşiğe ulaştığında veya belirli bir olay gerçekleştiğinde (örneğin, kapasite sınırının üzerine çıkıldığında), sistem otomatik olarak bir bildirim gönderebilir. Ayrıca, istatistiksel verilerin raporlanması için günlük, haftalık veya aylık raporlar oluşturulabilir. Projemizde bina içine giren insanların ve binadan çıkan insanların anlık olarak sayar. LCD ekranında görüler ve Bluetooth modül yardımıyla ilgili kişi, kurum ve kuruluşlara anlık, günlük, haftalık olarak iletilebilmektedir. Binalar için insan sayma sistem mimarisi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Binalar için insan sayma sistemi mimarisi

Bu proje, Bluetooth sinyalleri üzerinden insanları sayma yeteneği sağlar. Ancak, bazı önemli noktaları dikkate almak önemlidir:

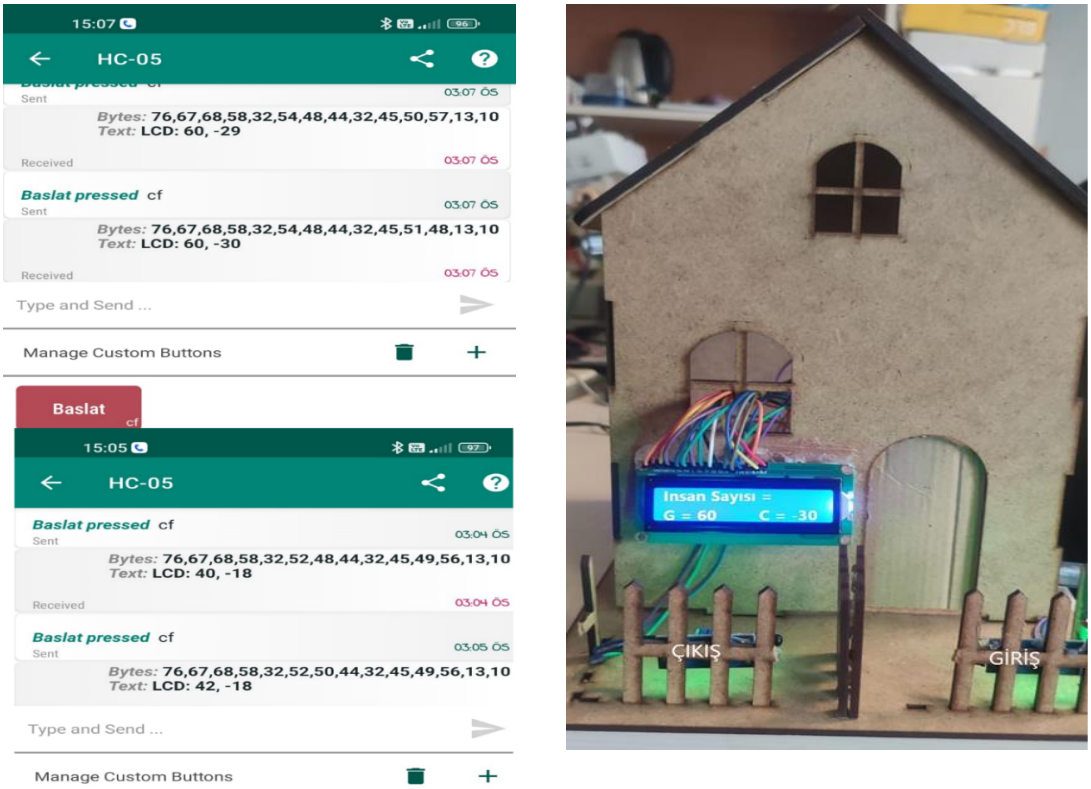
Sensörlerin yerleştirilmesi: İlk adım, insanları saymak için kullanılan sensörlerin binanın giriş ve çıkış kısımlarına yerleştirilmelidir. Genellikle hareket sensörleri, termal kameralar veya lazer sensörler kullanılabilir. Bu sensörler, insanların hareketini algılar ve bu bilgileri işlemek için bir kontrol birimine aktarır.

Bluetooth modüllerinin yerleştirilmesi: Her sensör, insanların varlığını tespit ettiğinde, Bluetooth modülleri kullanılarak bu bilgileri bir merkezi kontrol birimine iletebilir. Bluetooth modülleri, kablosuz iletişim sağlar ve verileri kablosuz olarak iletmek için Bluetooth protokolünü kullanır.

Merkezi kontrol birimi: Bluetooth modüllerinden gelen verileri almak ve işlemek için bir merkezi kontrol birimi kullanılır. Bu kontrol birimi, her bir sensörden gelen verileri analiz eder ve gerçek zamanlı olarak insanların sayısını hesaplar.

Veri analizi ve sayma: Merkezi kontrol birimi, Bluetooth modüllerinden gelen verileri analiz ederek insan sayısını belirler. Bu analiz genellikle algoritmalara dayanır ve insanların geçişlerini veya varlığını saymak için hareket desenlerini veya termal görüntüleri kullanır.

Sonuçların raporlanması: Gerçek zamanlı olarak insan sayısını belirleyen kontrol birimi, sonuçları bir rapor halinde sunabilir. Bu rapor, bina sahipleri veya yöneticileri tarafından kullanılabilir ve kalabalık alanları yönetmek, trafiği düzenlemek veya güvenlik tedbirlerini almak gibi birçok uygulama için değerli bilgiler sağlayabilir. Bu projede bina içine giren insanları ve binadan çıkan insanların anlık olarak sayıp sonuçları LCD ekranında gösterir ve Bluetooth modül yardımıyla telefonlara bilgiler anlık iletilmektedir. Projenin prototipi ve Bluetooth telefon ekranı Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Projenin prototipi ve Bluetooth telefon ekranı

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen Arduino tabanlı sistem, deprem gibi acil durumlarda apartman güvenliğini artırmak ve riskleri azaltmak için etkili bir çözüm sunmaktadır. C++ programlama dilini kullanan ve IR sensörlerini uygulayan sistem, binaya veya apartmana giren ve çıkan kişilerin hareketlerini doğru bir şekilde algılar. Gerçek zamanlı veriler, LCD panelde görüntülenir ve entegre Bluetooth modülü ve mobil uygulama aracılığıyla ilgili paydaşlara sorunsuz bir şekilde iletilebilir ve binalarda bulunan kişi sayısı uzaktan izlenmesine olanak tanır. Aynı zamanda, Bluetooth modülü aracılığıyla ilgili kurumlar, kuruluşlar ve kişilerle mobil uygulama üzerinden iletişim kurulabilir. Bu sistem sayesinde deprem durumunda hızlı

ve etkili bir şekilde binalarda bulunan kişi sayısı hakkında doğru bilgi paylaşımı sağlanabilir. Bu sayede güvenlik önlemlerini iyileştirmenin yanı sıra uygun kurum ve kuruluşlarla hızlı iletişim kurulmasını sağlayarak kritik durumlarda olası can kayıplarını ve kayıp vakalarını en aza indirilebilir. Ayrıca uzaktan erişim imkânı ile kullanıcılara, apartmandaki kişi sayısını takip edebilmekte ve güvenliği sağlama konusunda daha bilinçli bir şekilde hareket edebilmektedir. Bu sistem, etkili bir yöntem sunarak gerçek zamanlı olarak bina durumunu izlemek ve olası tehlikelere karşı önlem almak için ideal bir çözüm sunmaktadır. Hem düşük maliyetli olması hem de kolay kurulumu sayesinde geniş bir kullanım potansiyeline sahip olabilir. Gizlilik politikalarına ve veri koruma yönergeleri dikkate alınarak, binalara veya aparmanlar yüz tanıma sistemleri yerleştirip anlık olarak bilgi alıp, deprem anında binada bulunan kişileri kimlik bilgilerini tespit edebiliriz. Bu sayede bilgiler ilgili kurum ve kuruluşlara anlık iletimiyle olası can kayıplarını ve kayıp vakalarını minimuma indirebiliriz.

KAYNAKLAR

Ahmed, I. Ahmad, A. Piccialli, F. Angaiah, A. K. Jeon, G. (2018), A Robust Features-Based Person Tracker for Overhead Views in Industrial Environment, *IEEE Internet Things J.* 5(1):1598–1605.

Akbar, A., M. Nati, F. Carrez, K. Moessner. (2015), Contextual Occupancy Detection for Smart Office by Pattern Recognition of Electricity Consumption Data, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.:* London, UK, 2015, London, UK, pp. 8–12.

Amestica, O. E. Melin, P. E. Duran-Faundez, C. R. Lagos, G. R. (2019), An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications, *2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies* 1–6.

Arduino+uno&source. (2023), Https://Www.Google.Com/Search?Q=Arduino+uno&source= lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj6uKez5K7_AhVYRvEDHTDqBNEQ_AUo AXoECAEQAw&biw=1366&bih=568&dpr=1 (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Arduino (2023), Https://Www.Arduino.Cc/En/Tutorial/LibraryExamples/RobotIRremote (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Arduino (2023), Https://Www.Arduino.Cc/ (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Chandran, A. K., Poh, L. A. Vadakkepat, P. (2019), Real-Time Identification of Pedestrian Meeting and Split Events from Surveillance Videos Using Motion Similarity and Its Applications, *J. Real-Time Image Process. 2019* (16):971 – 987.

Duggal, R. ve ark., (2022), Building Structural Analysis Based Internet of Things Network Assisted Earthquake Detection, *Internet OfThings* 19(100561):1–19. doi: 10.1016/j.iot.2022.100561.

ELECTRONICSHACKS (2023), Https://Electronicshacks.Com/ (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Guan, Y. Huang,Y.(2015), Multi-Pose Human Head Detection and Tracking Boosted by Efficient Human Head Validation Using Ellipse Detection, *Eng. Appl. Artif. Intell.* 37:181 – 193.

Infineon (2023), Https://Www.Infineon.Com/Dgdl/Infineon-AN651_Shield_BGT60UTR11AIP-ApplicationNotes-V01_00-EN.Pdf?FileId=8ac78c8c88704c7a01888bade09f7c8b, (Erişim Tarihi: 06.06.2023).

Liu, J., Liu, Y. Zhang, G. Zhu, P. Chen, Y. Q. (2015), Detecting and Tracking People in Real Time with RGB-D Camera, *Pattern Recognit. Lett. 2015* 53:16 – 23.

Microsoft Bing (2023), Https://Www.Bing.Com/?ToWww=1&redig=FCBE64A0460E4211B4 826CBB52CE058A (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Mohammadmoradi, H. Munir, S. Gnawali, O. Shelton, C. (2018), Measuring People-Flow through Doorways Using Easy-to-Install IR Array Sensors *Proceedings - 2017 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, DCOSS 2017* 2018-Janua:35–43. doi: 10.1109/DCOSS.2017.26.

Munaro, M. Lewis, C. Chambers, D. Hvass, P. Menegatti, E. (2015), RGB-D Human Detection and Tracking for Industrial Environments, *In Intelligent Autonomous Systems 13 ; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2015* 1655 – 1668.

Perra, C. Kumar, A. Losito, M. Pirino, P. Moradpour, M. Gatto G. (2021), Monitoring Indoor People Presence in Buildings Using Low-Cost Infrared Sensor Array in Doorways, *Sensors* 21(12). doi: 10.3390/s21124062.

Robotistan (2023), Https://Maker.Robotistan.Com/Hc05-Hc06-Bluetooth-Uart-Modulleri-Kullanimi/ (Erişim Tarihi: 07.06.2023).

Sruthi, M. S. (2019), IOT Based Real Time People Counting System for Smart Buildings, *International Journal of Emerging Technology and Innovative Engineering* 5(2):83–86.

TERABEE (2023), Intelligent 3D Sensing for Smart Buildings, Https://Www.Terabee.Com, (Erişim Tarihi: 06.06.2023).

Tian, L. Chen, L. Xu, Z. (Davut) Chen, Z. (2021), A People-Counting and Speed-Estimation System Using Wi-Fi Signals, *Sensors Article* 21(10):1–15. doi: 10.3390/s21103472.

Yang, J. Santamouris, M. Lee, S. E. (2016), Review of Occupancy Sensing Systems and Occupancy Modeling

Methodologies for the Application in Institutional Buildings, *Energy and Buildings* 121:344–49. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.12.019.

Zou, H. Zhou, Y. Yang, J. Spanos, C. J. (2018), Device-Free Occupancy Detection and Crowd Counting in Smart Buildings with WiFi-Enabled IoT, *Energy and Buildings* 174:309–22. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.06.040.

GELECEĞİN LABORATUVARLARI VE LABORATUVARLARIN GELECEĞİ ÜZERİNE ÖNGÖRÜLER

Erkan DANACI
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
erkan.danaci@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6358-8807

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Gelişen teknoloji ile birlikte günümüz laboratuvarlarında değişimler zorunlu hale gelmiştir. Özellikle endüstri 4.0 çağı ile cihazların birbiriyle haberleşmesindeki gelişmeler ile laboratuvar cihazlarında da önemli değişiklikler olacağı bilinmektedir. Örneğin günlük hayatımızda kullandığımı birçok cihazın otomatik kalibrasyonunu kendi kendine yapabilmesi ve otomatik ölçüm alabilen sistemler giderek yaygınlaşacaktır. Otonom sistemler kendi kalibrasyon değerlerinin değiştiğini veya sapma oluştuğunu tespitini otomatik olarak tespit etmesi mümkün olacaktır. Teknolojik değişimlerin etkisi günlük hayatımızda çok fazla hissedilmese de, gelecekte ortaya çıkacak etkileri, gelecekte laboratuvarlarda olabilecek değişimler ve bazı öngörüler bu çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmanın hedefi, mevcut laboratuvarların gelecek planlamasını kolaylaştıracak bir kaynak oluşturmaktır. Bu çalışma ile ölçüm dünyasındaki değişimlerin geleceğin laboratuvarlara nasıl etkilerinin olacağı ve laboratuvarların geleceğinin nasıl olacağı konusunda bazı öngörüler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geleceğin laboratuvarları, Laboratuvarların geleceği, Ölçüm, Gelecek vizyonu

PREDICTIONS ON LABORATORIES OF THE FUTURE AND THE FUTURE OF LABORATORIES

Abstract
With the developing technology, changes have become mandatory in today's laboratories. It is known that there will be significant changes in laboratory devices, especially with the developments in the communication of devices with others in the age of Industry 4.0. For example, systems that can automatically calibrate many devices that we use in our daily life and that can take automatic measurements will become increasingly common. Autonomous systems will be able to automatically detect that their calibration values have changed or that deviation has occurred. Although the effect of technological changes is not felt much in our daily lives, future effects, possible changes in laboratories in the future and some predictions are discussed in this study. The aim of this study is to create a resource that will facilitate future planning of existing laboratories. In this study, some predictions are given about how the changes in the measurement world will affect the laboratories of the future and how the future of the laboratories will be.

Keywords: Laboratories of the future, Future of laboratories, Measurement, Vision of the future

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte ölçüm laboratuvarları önemli değişimlerle karşı karşıya kalmaktadır. Gelişen teknoloji ile üretim sektörü, sıfır hata, sıfır gecikme, sıfır risk ve sıfır atık prensipleri ile çalışmayı hedeflediğinden, üretime destek veren ölçüm laboratuvarındaki değişimlerde bu hedeflere ayak uydurması gerektirmektedir [1]. Ölçüm laboratuvarlarındaki değişimleri ilk olarak laboratuvar ortam şartlarının kontrolü için yapılan otomasyonlarda görmek mümkündür [2-6]. Ayrıca ölçüm laboratuvarlarında ölçülen büyüklüklerin tanımlarının değiştirilmesi ve ölçüm aralıklarının değişimleri de laboratuvarda teknolojik gelişimle meydana gelen değişimlerden en önemlilerinden biri olarak görülebilir [7].

Teknolojik gelişmeler sonunda ölçüm sistemleri ve geleceğin laboratuvarında öngörülebilen üç (3) farklı değişim olması beklenmektedir. Bunlar;

i. Ölçüm metotlarındaki değişimler
ii. Ölçüm sonuçlarının güvenliğine dair süreçlerdeki değişimler
iii. Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler

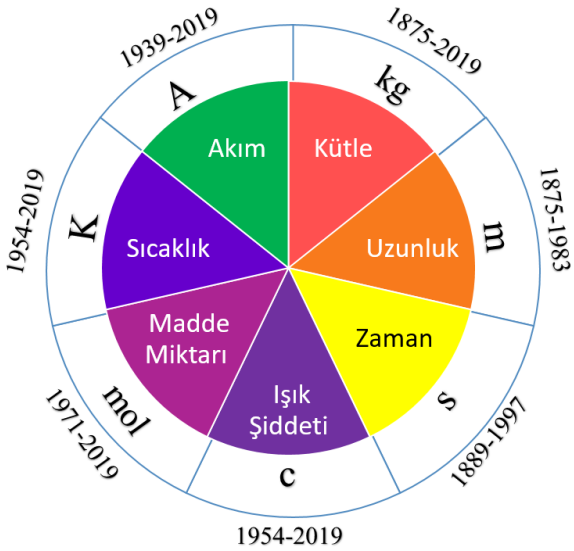
Ölçüm metotlarının beklenen değişimleri; ölçüm büyülüğünün uluslararası tanımının değişiminden, ölçüm büyülüğü tanımını gerçekleştirmek için kurulacak ölçüm sistemlerine ve gerek duyuldukça yeni ölçüm cihazları geliştirmeye kadar devam eden bir süreçler dizisi olarak verebiliriz. Teknolojik gelişimler paralelinde yeni uluslararası ölçüm büyüklükleri tanımları (SI Birimleri), ölçüm metotlarının değişimini de beraberinde getirmiş ve getirmektedir [7]. Ölçüm metodunun değişmesi için birçok ölçüm düzeneği alt bileşenin de yeniden tasarlanması ve gerçerlemesi yapılarak ürün şeklinde piyasaya sürülmüş olması gelecekte ölçümle ilgilenen tüm sektörleri ilgilendirmektedir. Ayrıca sadece laboratuvar ölçümlerinin değil, gerçek zamanlı ve uygulama ortam şartlarında yapılacak ölçümler de geleceğin öncelikli konularında biri olacaktır.

Ölçümler sonucunda birçok çıktılar üretilmektedir. Bunları, kalibrasyonlar için kalibrasyon sertifikaları, deneyler için deney raporları ve bu dokümanların içerdiği bir çok ölçüm sonuç tabloları şeklinde sıralayabiliriz. Günümüzde sosyalleşme adına birçok paylaşım ortamı (bulut sistemleri, dijital sertifikalar, veri bankaları vs.) kullanılmakla birlikte ölçüm verilerinin güvenli ortamlarda paylaşımı da gelecekte tüm sektörleri bekleyen durumlardan biridir [8]. Her bir ölçüm sistem ve cihazının çıktılarının yetkilendirilmiş ortamlarda paylaşımı ve kolay erişilebilir olması için birçok yardımcı sistem ve donanıma ihtiyaç duyulacağı bilinmekle birlikte, günümüzde birçok sektörde kısmen güvenli veri paylaşımı, metrolojik çıktıları içinde düşünülmesi gereken konulardan biridir. Laboratuvarlardaki ölçüm sistemlerinin değişmesi, ölçüm sonuçlarının farklı formatlarda üretilmesi ve paylaşımı gibi durumlar, hızlı ölçmek ve sonuçları hızlı paylaşmak gibi zamanla yarışan işleri de beraberinde getirecektir. Zamanla yarışabilmek için laboratuvar ortam şartlarının da kontrol edilebilir ve otomatik olarak yönetilebilir olmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı da laboratuvarların ortam şartlarının gözlemlenmesinde, ölçümleri otomatik alınmasına kadar birçok alanda otomasyon gelecekte laboratuvarları bekleyen durumlardan biridir [9].

Bu çalışmada, geleceğin laboratuvarlarına yönelik öngörüler ve potansiyel gelişmeler üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışma ile ölçüm birimlerindeki değişimlerin etkileri ve gelişen teknolojinin etkileri ayrı ayrı ele alınmıştır. Bunun yanında geleceğin laboratuvarlarında beklenilen çıktıların süreçleri ve otomasyonlar hakkında öngörüler paylaşılmıştır.

2. ÖLÇÜM METOTLARINDAKİ DEĞİŞİMLER VE LABORATUVARI BEKLEYEN GELECEKLER

20 Mayıs 2019 tarihinde çok önemli bir değişim ölçüm bilimi açısından gerçekleştirilmiş ve SI birimlerinin yeni tanımları kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. 2019 yılında tanımı değiştirilen SI birimleri ve bunların ilk ve son tanımlama tarihleri Şekil 1'de gösterilmiştir [7]. Bu değişimler ile SI birimleri insan yapımı fiziksel nesneler üzerinde (kilogram, metre vs) değil doğal sabitler üzerinden tanımlanmıştır. SI birimler sisteminin gelecek yıllarda daha da geliştirilmesi için, yine fiziksel nesnelerden uzak, kararlılığı yüksek ve hassas ölçümlere uygun olarak yeniden tanımlanmaları mümkün olabilecektir.



Şekil 1. SI birimleri ve tanımları

Ölçüm standartlarının doğal sabitlerden tanımlanması ile şimdiye kadar kullanılmayan pozitif ve negatif üstel sayıları karşılaşmamıza neden olacaktır. Bu sebepten 2022 yılında yeni büyük ve küçük çarpanların tanımlamaları kabul edilmiştir [10]. 10^{27} için oktilyon olarak okunan ronna, 10^{30} için noniliyonolarak okunan quetta, 10^{-27} için onda oktilyon olarak okunan ronto ve 10^{-30} için onda noniliyon olarak okunan quecto isimleri tanımlanmış ve metrik sisteminde kullanımına karar verilmiştir (Tablo 1).

Ölçüm metotlarındaki değişimlerin öncelikle ölçüm cihazlarını etkileyecektir. Ölçüm veya test cihazlarında yeni ölçüm metotlarına göre önemli gelişmeler ortaya çıkacaktır. Bu değişimlere ilave olarak personel etkisini ve zamanını azaltmak için ölçüm sistemleri yarı otonom, otonom, robotik veya otomatik sistemlere doğru evrilmesi gerçekleşecektir. Gelişen teknoloji ile birlikte operatör ihtiyacı duymadan otomatik kalibrasyon yapabilen ve otomatik ölçüm alabilen sistemler günlük hayatımızda giderek girecektir. Buna ek olarak örnekleri Şekil 2'de verilen otonom sistemler ile yıllık veya belirlenen periyotlarda yapılan kalibrasyon değerlerinin değişimi tespit edebilecektir. Günümüzde belli aralıklarla yapılan kalibrasyonlarla ölçüm cihazlarının takibi yapılarak cihazların gelecek kalibrasyon aralıkları belirlenirken, otomatik kalibrasyonların yaygınlaşması ile önceden belirlene kalibrasyon aralığına bağımlı kalmaksızın anlık kalibrasyon gereklilikleri ortaya çıkabilecektir. Bu sayede bilimsel verilere dayalı olarak kalibrasyon süreçlerinde iyileştirme, kalibrasyon periyotlarının tayinlerin yapılması mümkün olacaktır. Tüm bu değişimlere ilave olarak uzaktan test ve kalibrasyon hizmetlerin giderek yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Tablo 1. Güncel metrik sistemi çarpanları

İsmi	Sembol	Çarpan	Çarpan	Tanımı
quetta	Q	10^{30}	1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000	Noniliyon
ronna	R	10^{27}	1.000.000.000.000.000.000.000.000.000	Oktilyon
yotta	Y	10^{24}	1.000.000.000.000.000.000.000.000	Septilyon
zetta	Z	10^{21}	1.000.000.000.000.000.000.000	Sekstilyon
exa	E	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000	Quintilyon
peta	P	10^{15}	1.000.000.000.000.000	Quadrilyon
tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000	Trilyon
giga	G	10^{9}	1.000.000.000	Milyar
mega	M	10^{6}	1.000.000	Milyon
kilo	k	10^{3}	1.000	Bin
hecto	h	10^{2}	100	Yüz
deca	da	10^{1}	10	On
—	—	10^{0}	1	Bir
deci	d	10^{-1}	0,1	Onda bir
centi	c	10^{-2}	0,01	Onda yüz
milli	m	10^{-3}	0,001	Onda bin
micro	µ	10^{-6}	0,000001	Onda milyon
nano	n	10^{-9}	0,000000001	Onda milyar
pico	p	10^{-12}	0,000000000001	Onda trilyon
femto	f	10^{-15}	0,000000000000001	Onda quadrilyon
atto	a	10^{-18}	0,000000000000000001	Onda quintilyon
zepto	z	10^{-21}	0,000000000000000000001	Onda sextilyon
yocto	y	10^{-24}	0,000000000000000000000001	Onda septilyon
ronto	r	10^{-27}	0,000000000000000000000000001	Onda oktilyon
quecto	q	10^{-30}	0,000000000000000000000000000001	Onda noniliyon

Gelecekte; gerçek zamanlı ve uygulama ortam şartlarının sağlandığı durumlarda yapılacak dinamik ölçümlerin yaygınlaşması ve çok bileşenli, çok sensörlü ölçümler alanında tanımlamaların ve referans cihazların çeşitliliğinin artması, ölçüm doğruluk seviyelerinde iyileşmelerin olması öngörülmektedir. Ayrıca metrolojik izlenebilirlik açısından, laboratuvarların gerek akreditasyon ile deklere ettikleri kapsamlarının, gerekse ölçüm kabiliyetleri tabloları ile deklere ettikleri yeteneklerinin hızla artması beklenmektedir.

Şekil 2. Otomatik kalibrasyon sistem örnekleri

3. ÖLÇÜM SONUÇLARININ GÜVENLİĞİNE DAİR SÜREÇLERDEKİ DEĞİŞİMLER VE LABORATUVARI BEKLEYEN GELECEKLER

Ölçüm sonuçlarının güvenliğine dair süreçlerdeki değişimlere bakıldığında öncelikle laboratuvar ve sertifika veya rapor veri güvenliği karşımıza çıkmaktadır. Kalibrasyon sertifikası ve deney raporları günümüzde çoğunlukla kâğıt çıktı olarak üretilmekte ve ıslak imzalı olarak onaylanmaktadır. Çıktıların gelecekte dijital olarak üretilmesi ve dijital okunabilir olarak erişilebilir olması beklenmektedir. Bu kapsamda başta Avrupa Ülkeleri Ulusal Metroloji Enstitüleri (EURAMET) altında birkaç çalışma grubu kurularak hem sertifikaların dijital formatlarının belirlenmesi hem de internet üzerinden erişilebilir olması üzerine çalışmalar başlatılmıştır [11]. Dijital verilerin arttığı günümüzde, verilerin güvenliği ve depolanması oldukça önemli durum olarak önümüze çıkmaktadır. Gelecekte metrolojik uygulamalarda da bulut bilişim sistemleri kullanımının artması ile dijital olarak sertifika hazırlama ve yayınlama uygulamaları da giderek artması beklenmektedir. Bunula bağlantılı olarak hazırlanan sertifikalarda ölçüm belirsizliğinin otomatik olarak ve uluslararası kabul edilebilir yöntemlerce hesaplanması için de yazılım veya yardımcı programların olabileceği ön görülmektedir. Endüstri 4.0 politikasının laboratuvardaki uygulaması diğer bir adı ile Laboratuvar 4.0 olarak numune lojistiğinden veri yönetimine kadar laboratuvar dünyasında önemli değişimleri işaret eder ve yeni gelişmelere izin verir. Gelecekte, büyük veri, bulut bilgi işlem, nesnelerin interneti ve mobil internet, gelecekteki büyümeyi güvence altına almak söz konusu olduğunda yeni nesil teknolojiler olarak belirleyici bir öneme sahip olacaktır. Ölçüm laboratuvarlarındaki öngörülen değişimleri sıralayacak olursak,

- Yazılım, İnternet ve Uzaktan Erişim
- Robotik ve akıllı laboratuvar cihazları
- Yapay Zeka ve Otomasyon
- Büyük veri ve bulut sistemleri
- İnovasyon ve Çapraz Disiplinler Arası Çalışmalar
- 3D üretim ve Nanoteknoloji
- Sürdürülebilirlik ve Yeşil Laboratuvarlar
- Sanal ve Artırılmış Gerçeklik

sayılabilir. Bu çalışmada yukarıdaki değişim önerilerinin nasıl olacağı tek tek ele alınmıştır. Bu sayılan maddeler dışındaki konuları da laboratuvarları bekleyen değişimlere dahil etmek mümkündür. Ancak bu çalışmada yukarıdaki gibi gruplandırma uygun bulunarak ele alınmıştır.

Yazılım, İnternet ve Uzaktan Erişim

Donanım ve yazılımdaki çeşitli ara yüzlerin entegrasyonu, cihaz modülleri arasındaki iletişim için temel bir ön koşuldur. Bu alandaki gelişim ile yenilikçi teknik gelişmeler, optimize edilmiş ağ olanakları ve uzaktan servis sistemlerinde gelişmelere imkân sağlayacaktır. Gelecekteki laboratuvarlar, internetin gücünü kullanarak bilimsel topluluğun küresel bir ağ oluşturmasına yardımcı olacaktır. Araştırmacılar, uzaktan erişim ve paylaşılan laboratuvar altyapıları sayesinde farklı disiplinlerdeki kişiler ile kolayca işbirliği yapabilecek ve etkileşimleri artacaktır. Uzaktan erişim, zaman ve mekân sınırlamalarını azaltacak ve daha verimli bir bilgi paylaşımını mümkün kılacaktır.

Robotik ve akıllı laboratuvar cihazları

Artan dijitalleşme ile çeşitli süreç ve yapıların geleceğin laboratuvarında yeniden değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Amaç, verileri sürekli olarak kullanılabilir hale getirerek izlenen test / kalibrasyon süreçlerine kadar çeşitli esnek ilave işlevlerin sağlanmasıdır. Akıllı modüller mevcut durumda cihaz sistemlerini kontrol eder, laboratuvar cihazlarını otomatik olarak açar ve laboratuvardaki çeşitli süreçleri kontrol eder. Örneğin, laboratuvar yazılımları ile cihazlar otomatik olarak izlenir ve laboratuvar cihazlarıyla "iletişim kurar". Böylece, bütünleşmiş araçlar modern laboratuvar teknolojisini akıllı bir şekilde kontrol edebilirler.

Yapay Zeka ve Otomasyon

Geleceğin laboratuvarları, yapay zeka (YZ) ve otomasyon teknolojilerinin etkisi altında büyük değişimler ile karşılaşacaktır. Yapay Zeka algoritmaları, büyük miktarda veriyi analiz edebilme, hipotez üretebilme ve deneyleri optimize etme yeteneği sayesinde bilim insanlarına yardımcı olacaktır.

Otomasyon ise deneyleri daha hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirebilecektir. Bu sayede araştırmacıların daha fazla zamanlarını analizlere ve sonuçlara odaklamalarını sağlayacaktır.

Büyük veri ve bulut sistemleri
Otomasyon ve dijitalleşme, veri oluşturmayı kolaylaştırır. Bununla birlikte, tüm sistemlerden gelen büyük miktarda veri akışının amaca uygun olarak kullanımı oldukça önemlidir. Gelecekteki laboratuvarlar, bilimsel verilerin toplanması, depolanması ve analiz edilmesi için gelişmiş altyapılara ihtiyaç duyacaktır. Büyük miktarda verinin hızlı ve güvenli iletimi, büyük veriler için güvenli depolama kavramları ve tüm bunlar için gereken ağlar ve bulut sistemleri, endüstriyi ve geleceğin laboratuvarlarının karşı karşıya olduğu zorluklardır.

İnovasyon ve Çapraz Disiplinler Arası Çalışmalar
Geleceğin laboratuvarları, farklı disiplinler arasında işbirliği ve etkileşimi teşvik eden ortamlar olacaktır. Bilim insanları, biyoloji, kimya, fizik, mühendislik ve bilgisayar bilimleri gibi farklı alanlardaki uzmanlarla bir araya gelerek, sorunlara çok yönlü ve yaratıcı çözümler üretebilecekler. Bu şekilde, yeni inovasyonların ortaya çıkması ve beklenmedik keşiflerin yapılması olasılığı artacaktır.

3D üretim ve Nanoteknoloji
Geleceğin laboratuvarlarında, 3D baskı ve nanoteknoloji gibi gelişmiş üretim yöntemleri daha yaygın hale gelecektir. Bilim insanları, karmaşık yapıları daha küçük ölçekte ve hassas bir şekilde oluşturabilme yeteneğine sahip olan bu teknolojileri kullanarak, yeni malzemeler, biyolojik organlar ve cihazlar üretebilecekler. Bu da sağlık, malzeme bilimi ve elektronik gibi alanlarda büyük bir potansiyel sunacaktır.

Sürdürülebilirlik ve Yeşil Laboratuvarlar
Geleceğin laboratuvarları, sürdürülebilirlik ve çevresel etkilerin azaltılması konusunda önemli bir rol oynayacaktır. Yeşil laboratuvar girişimleri, enerji verimliliği, atık yönetimi ve çevresel denetimler gibi faktörler üzerinde odaklanarak, bilimsel araştırmaların doğal kaynaklar üzerindeki etkisini en aza indirecektir. Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ve geri dönüşüm teknolojileri de laboratuvarlarda yaygınlaşacaktır.

Sanal ve Artırılmış Gerçeklik
Sanal gerçeklik (VR) ve (AR) teknolojileri, geleceğin laboratuvarlarında da önemli bir yer tutacaktır. Araştırmacılar, deneyleri sanal ortamda gerçekleştirerek tekrarlanabilirlik ve güvenlik açısından avantaj elde edebilecektir. Ayrıca, artırılmış gerçeklik (AR) ile laboratuvar ortamında gerçek zamanlı verilerin görüntülenmesi, cihazların interaktif kullanımı ve deney tasarımlarının görselleştirilmesi gibi işlevler de laboratuvar çalışmalarını kolaylaştıracaktır.

4. OTOMASYONLARIN ARTMASI İLE LABORATUVARI BEKLEYEN GELECEKLER

Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen birçok değişim olacaktır. Dijital çağ ve getirdikleri olarak akıllı şehirler, akıllı binalar, akıllı Şebekeler, yapay zekâ uygulamaları ve otomasyon içeren sistemler giderek artacaktır. Laboratuvar otomasyonu temel olarak amacı laboratuvar personelinin diğer görevleri için zaman tasarrufu sağlayarak personeli verimli kullanmaktır. Laboratuvardaki iş akışlarının mümkün olduğunca robotik veya yazılım sistemleri ile donatılmış cihaz ve ekipmanların devralması olarak karşımıza çıkar. Otomasyon sistemlerin temel olarak hedefleri,

- Diğer önemli iş adımları için laboratuvar personeline zaman kazandırma,
- Maliyet tasarrufu (enerji, üretim tüketim vb.)
- Geliştirilen yeni ölçüm sistemlerine uyum sağlamak
- Cihaz doğruluğu ile tekrar üretilebilirliğini arttırmak
- Operatör problemlerini ortadan kaldırmak

olarak sayılabilir. Ölçüm laboratuvar otomasyonu, otomasyon teknolojisinin bir alt alanıdır. Buradaki amaç, cihazların, makinelerin giderek daha bağımsız çalışması ve insan müdahalesine olan ihtiyacı ortadan kaldırmasıdır.

Laboratuvar otomasyonu birçok alanda kullanıcıyı destekleyebilir, örneğin:

- Ölçme sistemi, sensör ve kullanılan sistemlerdeki ölçümlerde
- Deney, kalibrasyon ölçümlerini yapmak, örneğin robotik kullanarak
- Dokümantasyon, örneğin laboratuvar faaliyet takibi
- Veri tabanı yardımıyla raporlama, değerlendirme olarak sayılabilir.

Bilim ve teknoloji hızla gelişmekte ve bu gelişim pek çok test / kalibrasyon yapan araştırma ve geliştirmenin merkezinde yer alan laboratuvarları da etkilemektedir. Gelecekteki laboratuvarlar, bilim insanlarının yeni keşifler yapmaları, inovasyonları hızlandırmaları ve kompleks sorunlara çözümler üretmeleri için önemli bir rol oynayacaktır. Gelecekteki laboratuvar otomasyonunda olabilecek otomasyon sistemleri öngörüleri Şekil 3'te verilmiştir. Bu otomasyon sistemlerinde öngörülen faaliyet ve alt adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Ortam şartları otomasyonu
  a. Sıcaklık
  b. Nem
  c. Basınç
- Depo kontrol otomasyonu
  a. Depolama
  b. Giriş kontrol
  c. Sarf malzemeleri
  d. Kimyasallar
- İş/Süreç otomasyonu
  a. Ölçüm
  b. Örnek hazırlama
  c. Çıktılar
  d. Temizlik
- Enerji tüketimi otomasyonu
  a. Aydınlatma
  b. Güç
  c. Koşullandırılmış Hava / Gaz
- Ergonomik donanım
  a. Taşıma ekipman ve işlemleri
  b. Depolama işlemleri
  c. İş veya çalışma ortamı
  d. Dinlenme ortamı

Bu otomasyon sistemleri ile giderek daha modern ve çok daha fazla otomasyon sistemlerine sahip geleceğin laboratuvarları karşımıza çıkacaktır.

Şekil 3. Laboratuvar otomasyon sistemlerinin şekilsel gösterimi

Laboratuvar otomasyonu ve dijital dönüşümün mevcut araştırma laboratuvarına entegre etmenin başlıca faydaları 3 (üç) yönlüdür:
a) Hızlandırılmış yenilik:

- Etkin veri yönetimi, işbirliğine dayalı veri paylaşımı ve veri analizleri sayesinde üretkenlik ve araştırma verimliliğinde artış olarak karşımıza çıkacaktır.
- Bilim insanları çevrimiçi kaynaklardan doğru, güncellenmiş verilere ve bilimsel bilgilere gerçek zamanlı olarak erişebilecekler.

b) Artırılmış güvenlik:
Sayısallaştırma, verileri ve diğer kayıtlı bilgileri fiziksel tehditlerden koruduğu için artırılmış güvenlik sağlayacaktır. Ek olarak, erişilebilirliği izlemek için dijital dosyalar da izlenebilecektir.

c) Maliyet etkinliği:
Bu teknoloji, en azından kısmen artan tekrarlanabilirlik ile azaltılmış hatalar ve ayrıca daha az uygulamalı saat nedeniyle daha uygun maliyet sağladığı kanıtlanacaktır.

5. SONUÇLAR

20 Mayıs 2019 tarihinde çok önemli bir değişim metroloji açısından gerçekleştirilmiş ve uluslararası platformda SI birimlerinin yeni tanımları kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Yeni tanım değişiklikleri, birimin elde edilmesinde ve pratik uygulamalarda önemli bir fark yaratmasa da, yeni tanım ölçüm bilimi insanları önüne önemli görevler ve yeni bakış açıları getirmiştir. Ölçüm birimlerindeki değişikliklerin laboratuvarların geleceğini ve geleceğin laboratuvarlarını etkilerinden öngörülebilenler bu çalışmada açıklanmıştır. Çalışmada da ele alındığı gibi gerektiğinde ölçüm büyüklüklerinin tanımları isterlere göre yeniden yapılabilecektir. Ölçüm cihazları yeni tanımlara göre evrilecek ve ölçüm metotlarındaki değişiklikler görülecektir. Geleceğin laboratuvarlarında ölçüm sonuçları ve veri güvenliği bulut bilişime taşınacaktır. Ayrıca daha az enerji harcayan ve otonom laboratuvarlara geçiş yapılacaktır

Bu çalışma ile ölçüm birimlerdeki değişiklikler ve de değişikliklerin geleceğin laboratuvarlarına ve metroloji dünyasına olası etkileri verilmiştir. Birim tanımları değişikliklerinin deney ve kalibrasyon alanlarındaki ölçümlere olan etkileri vurgulanmak istenmiştir. Geleceğin laboratuvarları, bilimsel keşifler ve inovasyon için heyecan verici bir potansiyele sahiptir. Yapay zeka, otomasyon, internet erişimi, çapraz disiplinler arası çalışmalar, veri yoğunluğu, 3D baskı, nanoteknoloji, sürdürülebilirlik, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi gelişmeler, araştırmacıların daha hızlı, verimli ve etkili bir şekilde çalışmalarını sağlayacaktır. Bu ilerlemeler, tıp, enerji, çevre, malzeme bilimi ve daha pek çok alanda büyük etkiler yaratacaktır. Bu çalışma ile geleceğin laboratuvarları için değişim öngörüleri ortaya koyulmuş ve laboratuvarlar için karşılaşabilecekleri durumlar özetlenmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Evans A.; Przyklenk, A.; Bosse, H.; Zeleny, V.; Czułek, D.; Balsamo, A.; O'Connor, D.; Yandayan, T.; Phillips, D.; Meli, F.; Ragusa, C. S.; Flys, O., (2021)\ "European Metrology Network for Advanced Manufacturing", 20th International Metrology Congress CIM2021, pp. 28-29, 07-09 Sep 2021 Lyon/France.
[2] Sasaki M., Kageoka T., Ogura K., Kataoka H., Ueta T., Sugihara S., "Total laboratory automation in Japan: Past, present and the future", Clinica Chimica Acta, Volume 278, Issue 2, 1998, Pages 217-227, ISSN 0009-8981, https://doi.org/10.1016/S0009-8981(98)00148-X.
[3] Danaci, E. "Bilimsel Metrolojide Geleceğin Laboratuvarları ve Laboratuvarların Geleceği", Eurolab Türklab Geleceğin laboratuvaları kkonferansı, 20-21 Eylül 2022, Istanbul Türkiye.
[4] Aydemir, B., Yeni "kg" Tanımlamasının mevcut birimlere etkisi, Ölçümbilim Sempozyumu ve Sergisi, 20-22 Kasım 2019, İzmir
[5] Aydemir, B., SI Birimlerindeki Değişiklikler ve Etkileri, 2019, Yeditepe Üniversitesi, Metroloji Çalıştayı, İstanbul, 24/01/2019
[6] Uğur, H., SI Birimlerinde Ne Değişti, Ölçümbilim Sempozyumu ve Sergisi, 20-22 Kasım 2019, İzmir
[7] Danacı, E., Aydemir, B. "SI Birimlerindeki Değişikliklerin Etkilerinin İncelenmesi ", 9th International Marmara Sciences Congress (IMASCON Autumn), Kocaeli (09-10/12/2022) : 10 p.
[8] Hackel, S.; Schönhals, S.; Doering, L.; Engel, T.; Baumfalk, R. The Digital Calibration Certificate (DCC) for an End-to-End Digital Quality Infrastructure for Industry 4.0. *Sci* 2023, *5*, 11. https://doi.org/10.3390/sci5010011
[9] Marcazzo, C., 2022, The Smart Lab, Driving Innovation and Efficiency with Intelligent Solutions, idbs

[10] BIPM Report, "Resolutions of the General Conference on Weights and Measures", www.bipm.org/documents/20126/64811223/Resolutions-2022.pdf/281f3160-fc56-3e63-dbf7-77b76500990f, 27th meeting, 15-18 November 2022.
[11] Thiel F., "Digital transformation of legal metrology - The European Metrology Cloud", OIML Bulletin Volume LIX, Number 1, January 2018.

HAYVANCILIĞIN TEMEL GEÇİM KAYNAĞI OLDUĞU BİR MEZRADA ŞEBEKE BAĞLANTILI HİBRİT ENERJİ SİSTEMİ KULLANIMININ TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL ANALİZİ

Recep Tayyip AKARSU
Erciyes Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Enerji Sistemleri Mühendisliği
4012530056@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0066-6334

Nesrin Kayataş DEMİR
Erciyes Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Enerji Sistemleri Mühendisliği
nkayatas@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8863-8911

Özet
Biyogaz teknolojisi çevresel yararları açısından fosil yakıtlara alternatif olarak sürdürülebilir bir seçenektir. Bu çalışmada Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinde bulunan küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinin kümelendiği şebeke bağlantılı bir mezrada biyogaz tabanlı hibrit enerji sistemi kullanımının teknik-ekonomik ve çevresel analizi yapılmıştır. Biyogaz jeneratörü, FV Panel, rüzgar türbini ve şebekenin çeşitli kombinasyonlarından oluşan 3 hibrit senaryo ve sadece şebeke bağlantısını içeren baz senaryoyla birlikte toplamda 4 adet senaryo HOMER yazılımı aracılığıyla incelenmiştir. Hibrit senaryolar birbirlerine ve baz senaryoya göre kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Şebeke bağlantılı Biyogaz/FV panel hibrit sistemi 0.0806 $/kWh enerji maliyeti ve 518489$ net bugünkü maliyet değeriyle en uygun sistem olarak belirlenmiştir. Biyogaz/FV Panel/Şebeke senaryosu %85.1'lik yenilenebilirlik yüzdesine ve baz senaryoya kıyasla yıllık 68260 kg CO2 emisyonu azaltımı potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri, Anaerobik Çürütme, Hayvancılık İşletmesi

TECHNO-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF GRID-CONNECTED HYBRID ENERGY SYSTEM IN A SMALL VILLAGE WITH CONCENTRATED LIVESTOCK OPERATIONS

Abstract
Biogas technology is a sustainable alternative to fossil fuels in terms of environmental benefits. In this study, the techno-economic and environmental analysis of grid-connected biogas-based hybrid energy system usage was conducted in a village in the Central Anatolia region of Turkey, where small-scale livestock farms are clustered. Four scenarios, including three hybrid scenarios various combinations of biogas generator, PV panels, wind turbine and grid, and a base scenario involving only grid connection, were examined using HOMER software. The hybrid scenarios were compared to each other and the base scenario for evaluation. The Biogas/PV Panel/Grid hybrid system was determined as the optimal system with an energy cost of 0.0806 $/kWh and a net present cost of $518,489. The Biogas/PV Panel/Grid scenario has a renewable fraction of 85.1% and a potential annual reduction of 68260 kg CO2 emissions compared to the base scenario.

Keywords: Biogas, Hybrid Renewable Energy Systems, Anaerobic Digestion, Livestock Farm

1. GİRİŞ

Dünya enerji arzının büyük bir bölümü fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır. Bu yakıtlar özellikle hava kirliliği ve küresel ısınma gibi mevcut çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bu bağlamda, fosil kaynaklarının hızla tükenmesi ve bu kaynaklardaki fiyat dalgalanmaları, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebin dünya genelinde artmasına neden olmuştur. Fosil yakıt kullanımının olumsuz etkilerini azaltmak için, yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu hem sayı hem de kapasite açısından artmaktadır (Özer, 2017).

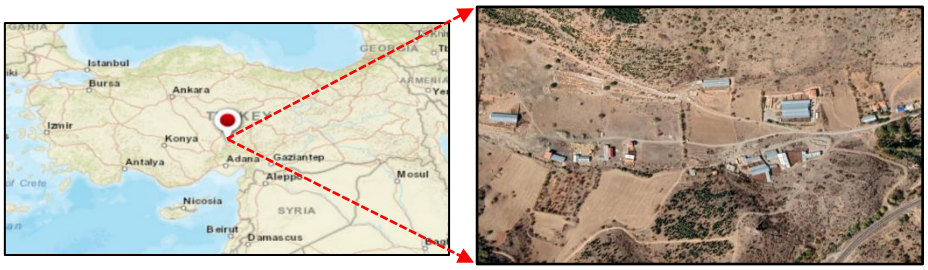
Biyokütle, çeşitli organik atıklardan elde edilebilen temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Hayvan gübresi bir biyokütle türüdür. Hayvan gübresinden anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretilebilmektedir. Üretilen biyogaz, elektrik enerjisi üretmek için bir yakıt olarak kullanılabilir (Younessi ve ark., 2023). Hayvan gübresinden biyogaz üretimi, fosil yakıtların yerine kullanılmasıyla CO2 emisyonlarını azaltmakta ve gübrenin depolanması sırasında oluşan CH4 emisyonlarının atmosfere salınmasını önlemektedir (Purdy ve ark., 2018). Dolayısıyla, elektrik enerjisi üretmek amacıyla inek gübresinden elde edilen biyogaz, yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir (Özer, 2017). Son zamanlarda kırsal kesimde ve ücra köylerde, mevcut hayvansal kaynaklı biyokütlenin hibrit sistemlerde kullanılarak değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır (Mohseni ve ark., 2022). Li ve arkadaşları (2022), Doğu Çin'de bulunan Xuzhou köyünün enerji talebini karşılamak amacıyla FV/biyogaz/dizel/batarya hibrit enerji sisteminin ekonomik ve çevresel değerlendirmesini yapmışlardır. Biyogaz üretimi için köyde bulunan 100 inek ve 500 koyuna sahip bir çiftlikte oluşan hayvan gübresi düşünülmüştür. FV panel ve biyogaz jeneratörünün birleştirilmesiyle oluşan hibrit enerji sistemlerinin gelişmekte olan ülkelerdeki köyler için ekonomik ve çevresel açıdan iyi bir seçenek olabileceğini belirtmişlerdir. Kırım ve arkadaşları (2022), Türkiye'nin Konya, Erzurum ve İzmir illerinde bulunan çeşitli süt sığırı ahırları için FV panel ve biyogaz kullanan hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Şebeke bağlantılı hibrit yenilenebilir enerji sisteminin şebekeden bağımsız çalışan sistemden daha uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Demirci ve arkadaşları (2022), Türkiye'de Sakarya ilinin tavuk çiftlikleri bulunan bir ilçesinin enerji ihtiyacının biyokütle tabanlı hibrit sistemlerle karşılanmasının tekno-ekonomik ve çevresel analizini HOMER yazılımı aracılığıyla gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, biyokütleden enerji üretiminin FV paneller ve rüzgar türbinleriyle birlikte umut verici bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, politikacıların özellikle kırsal kesimlerin elektrifikasyonu için biyokütle içeren hibrit sistemlerin kullanımına destek vermeleri gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinde bulunan bir mezrada şebeke bağlantılı biyogaz tabanlı hibrit enerji sistemlerinin kullanımının teknik, ekonomik ve çevresel açılardan incelenmesi yapılmıştır. FV Panel, rüzgar türbini, biyogaz jeneratörü ve şebekeden oluşan çeşitli senaryolar HOMER yazılımı aracılığıyla incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

HOMER, hibrit enerji sistemlerinin tasarımında çeşitli enerji kaynaklarının optimum kombinasyonlarını değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. HOMER, yük talebi, enerji kaynağı verileri, sistem ekipmanlarının teknik özellikleri, maliyet bilgisi ve kısıtlar gibi çeşitli girdi parametreleri istemektedir. HOMER tarafından bu girdiler arama alanında birleştirilerek, en düşük net bugünkü mnaliyet değerine sahip olan uygun sistemler sıralanmaktadır. Çözümlerden elde edilen diğer çıktılar arasında nakit akışı özeti, elektrik enerjisi üretim ve tüketimi, yenilenebilirlik yüzdesi ve emisyon seviyeleri gibi çeşitli parametreler yer almaktadır (Sanni ve ark., 2021).

2.1. Çalışmanın Konumu

Bu çalışma kapsamında incelenen bölge, Kayseri ilinin güneyinde bulunan Yahyalı ilçesinin merkezinden yaklaşık olarak 6 km uzaklıktadır. Bu bölge genel özellikleri bakımından küçük köy/mezra olarak nitelendirilebilir. Bölge halkının temel geçim kaynağı hayvancılık ve tarımdır. Bölgede toplamda 20 civarında farklı kapasitelere sahip küçük ölçekli büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı çiftliği bulunmaktadır. Dolayısıyla bölgede biyokütle kaynağı teşkil edecek bol miktarda hayvan gübresi bulunmaktadır. İncelenen bölge tam olarak sırasıyla 38°3.3'N, 35°23.4'E enlem ve boylamlarında konumlanmaktadır. Bölgenin konumu Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. İncelenen bölgenin konumu ve uydu görüntüsü.

2.2. Yük Talebinin Modellenmesi

Çalışma kapsamında incelenen bölgede mesken, hayvancılık işletmeleri, topluluk (dış aydınlatma) ve tarımsal (sulama) olmak üzere 4 adet farklı yük grubu modellenmiştir. Her yük grubu da mevsimsel olarak 4 kısımda incelenmiştir. Mesken kullanımında çiftlik sahiplerinin konakladığı evlerin günlük elektrik tüketimi incelenmiştir. Ahır için yapılan modellemede işletmelerde bulunan aydınlatma, süt sağım sisteminde kullanılan ekipmanların, su ısıtıcıların, süt soğutma tankları ve gübre sıyırıcılarının enerji tüketimi dikkate alınmıştır. Topluluk yük kategorisi sokak aydınlatması için kullanılan sokak lambalarını ve tarımsal kategoriyse yaz aylarında sulama amaçlı kullanılan dalgıç pompaları kapsamaktadır. Günlük ortalama elektrik talebi 503.45 kWh olarak belirlenmiştir. Daha gerçekçi bir yük profili sağlamak adına günlük %5 ve zaman adımı başına %10 rastgele değişkenlikler dikkate alınmıştır. Böylelikle pik yük değeri 68.2 kW bulunmuştur.

2.3. Enerji Potansiyeli

2.3.1.Güneş Enerjisi

HOMER, enlem bilgileri aracılığıyla NASA'nın veri tabanından yararlanarak incelenen bölgenin ortalama sıcaklık, rüzgar hızı, günlük radyasyon ve açıklık indeksi değerlerini aylara göre sunmaktadır. Buna göre, bu çalışmada incelenen bölgenin yıllık ortalama güneş radyasyon değeri 4.54 kWh/m^2/gün olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de gösterildiği üzere güneş radyasyonu 1.87 kWh/m^2/gün değeriyle aralık ayında minimum, 7.35 kWh/m^2/gün değeriyle temmuz ayında maksimum değerine ulaşmaktadır.

Tablo 1. Bölgenin aylara göre ortalama meteorolojik verileri.

Ay	Günlük radyasyon (kWh/m^2/gün)	Açıklık indeksi	Rüzgar hızı (m/s)	Ortalama sıcaklık (°C)
Ocak	2.180	0.477	4.700	-2.530
Şubat	2.940	0.495	4.990	-1.680
Mart	4.080	0.519	4.910	2.270
Nisan	4.990	0.511	4.480	7.530
Mayıs	5.990	0.542	3.770	12.320
Haziran	7.120	0.615	4.150	16.650
Temmuz	7.350	0.651	4.700	20.030
Ağustos	6.580	0.644	4.290	20.350
Eylül	5.270	0.621	3.620	16.460
Ekim	3.660	0.563	3.810	10.620
Kasım	2.430	0.499	4.110	4.100
Aralık	1.870	0.451	4.580	-0.800
Ortalama	4.54		4.34	8.78

2.3.2.Rüzgar Enerjisi

Aynı şekilde bölgeye ait ortalama rüzgar hızı NASA'nın veri tabanından elde edilmiştir. Aylık ortalama rüzgar hızı 4.34 m/s olarak bulunmuştur. Rüzgar hızının aylara göre değişimi Tablo 1'de gösterilmektedir.

2.3.3.Biyokütle Kaynakları

HOMER yazılımına her ay için ortalama mevcut bulunan biyokütle miktarı ton/gün olarak girilmelidir. Hayvan başına günlük gübre üretimi ve bu gübrelerin elde edilebilirliği (mevcudiyet) gibi parametreler literatürde bu değerlerin belirlenmesine yönelik yapılmış bir derleme çalışmasından yararlanılarak elde edilmiştir (Melikoğlu ve Menekşe, 2019). Belirlenen hayvan sayısı ve bu veriler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Hayvan gübresi biyokütle miktarı verileri (Melikoğlu ve Menekşe, 2019).

Hayvan	Adet (baş)	Gübre (kg/baş/gün)	Mevcudiyet Faktörü (%)	Toplam Gübre (kg/gün)
Büyükbaş	636	27.8	65	11492
Küçükbaş	1780	1.45	11.5	296.8
Kanatlı	345	0.0275	89.5	8.5

Ham biyokütle önce gazlaştırma adı verilen bir işleme tabii tutularak biyogaza dönüştürülmelidir. Denklem 1, gazlaştırma ünitesinin gaz kazancını hesaplamaktadır (HOMER, 2016).

$$Biyogas\ kazancı = f_{gaz}B_{fs} \tag{1}$$

Burada B_{fs} biyokütle miktarını ve f_{gaz} gazlaştırma oranını vermektedir. Gazlaştırma oranı, üretilen biyogazın, gazlaştırma işleminin gerçekleştiği ünitede tüketilen biyokütle miktarına oranıdır (HOMER, 2016). Bu çalışmada, 1 kg taze hayvan gübresi için gazlaştırma oranı 0.023 m^3 olarak kabul edilmiştir (Aisyah ve ark., 2020).

2.4. Ekipman Maliyetleri ve Detayları

Bu bölümde çalışma kapsamında kullanımı düşünülen çeşitli enerji sistemlerinin maliyet bilgisi ve teknik detayları verilmiştir. Ekipmanların maliyet bilgisi pazar araştırması ve literatür dikkate alınarak belirlenmiştir.

2.4.1.FV Panel

Bu çalışmada 340 watt gücünde polikristal FV modüllerin kullanımı düşünülmüştür. Modülün sıcaklık katsayısı -0.5 %/°C, Nominal işletme hücre sıcaklığı 47°C ve modül verimi %13 olarak belirlenmiştir. FV modüller için yatırım ve değiştirme maliyetleri 1000$/kW, işletme ve bakım maliyetleri 10$/ kW yıl ve PV panel ömrü 25 yıl olarak seçilmiştir (Li ve ark., 2020).

2.4.2.Rüzgar Türbini

Bu çalışmada rüzgar türbini olarak Bergey EXCEL-S türbininin kullanımı düşünülmüştür. Türbinin nominal gücü 13.8 m/s rüzgar hızında 10 kW'tır. Bir türbin için yatırım maliyeti 23000 $, değiştirme maliyeti 18000$ ve işletme maliyeti 100$/yıl olarak kabul edilmiştir. Türbinin göbek (hub) yüksekliği 24 m olarak seçilmiştir.

2.4.3.Biyogaz Jeneratörü

Biyogaz sistemi temel olarak bir çürütücü ve jeneratörden oluşmaktadır. Mevcut hayvan sayısı göz önünde bulundurularak çürütücünün hacmi denklem 2 kullanılarak hesaplanabilir (Rouhollahi ve ark., 2019):

$$V_D = (1 + a)\{HRT(V_f)\} \tag{2}$$

burada V_D (m^3) çürütücü hacmi, a emniyet faktörü, HRT hidrolik alıkonma süresi, V_f (m^3/gün) çürütücüye beslenen günlük toplam hammadde miktarıdır. Biyogaz jeneratör setinin yatırım maliyeti 500$/kW, değiştirme maliyeti 400$/kW, işletme ve bakım maliyetiyse 0.03$/kWh olarak seçilmiştir (Chisale ve ark., 2022).

2.4.4. Dönüştürücü

Dönüştürücüler, doğru akım (DA) ve alternatif akım (AA) hatları arasındaki enerji akışını sağlamak için kullanılır. Dönüştürücü yatırım ve değiştirme maliyetleri 300$/kW, işletme ve bakım maliyeti 0$/yıl olarak düşünülmüştür. İnvertör verimi %95 ve dönüştürücünün kullanım ömrü 15 yıl olarak belirlenmiştir.

2.4.5.Şebeke
Bu çalışmada şebekeye elektrik satışı için 0.03 $/kWh değeri uygun görülmüştür. Şebekeden elektrik satın alma fiyatıysa 0.13 $/kWh olarak seçilmiştir.

2.5. Ekonomik Girdiler
Çalışmada proje ömrü 25 yıl olarak belirlenmiştir. Nominal faiz oranı %8.5 olarak alınmıştır. Enflasyon oranı, TCMB tarafından yayınlanmış enflasyon raporlarında bulunan yılsonu enflasyon tahminleri dikkate alınarak %8.8 kabul edilmiştir (TCMB, 2023).

3. SONUÇ
HOMER yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen, baz senaryo olarak nitelendirilen ve halihazırda bölgenin enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan sadece elektrik şebekesinin bulunduğu konfigürasyonla birlikte, Biyogaz/Şebeke, Biyogaz/Fotovoltaik/Şebeke, Biyogaz/FV/RT/Şebeke olmak üzere toplamda 4 adet senaryonun boyutlandırma, ekonomik, teknik ve çevresel sonuçları Tablo 3'te özetlenmektedir.

Tablo 3. İncelenen senaryolar için HOMER aracılığıyla elde edilen sonuçlar.

Senaryo	Baz Senaryo	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Hibrit Sistem	Şebeke	Biyogaz/Şebeke	Biyogaz/FV/Şebeke	Biyogaz/FV/RT/Şebeke
Sistem Boyutlandırması				
FV Panel (kW)	-	-	57.2	50
Rüzgar Türbini (adet)	-	-	-	1
Biyogaz Jeneratörü (kW)	-	30	30	30
Dönüştürücü (kW)	-	-	35.6	31.3
Şebeke (kW)	100	100	100	100
Ekonomik Sonuçlar				
NPC ($)	618621	576860	518489	522972
COE ($/kWh)	0.13	0.103	0.0806	0.0823
İlk Yatırım Maliyeti ($)	0	122500	190412	204875
İşletme Maliyeti ($/yıl)	23868	17530	12658	12273
Teknik Sonuçlar				
Enerji Üretimi (kWh/yıl)	183597	215508	255465	251348
Biyogaz Jeneratörü (kWh/yıl)	-	154186	134288	128001
FV Panel (kWh/yıl)	-	-	84210	73572
Rüzgâr Türbini (kWh/yıl)	-	-	-	14404
Şebeke (kWh/yıl)	183597	61322	36967	35372
Çevresel Sonuçlar				
Yenilenebilirlik Yüzdesi (%)	0	71.5	85.1	85.6
Karbondioksit (kg/yıl)	91248	35789	22988	21979

3.1. Optimizasyon Sonuçları

3.1.1. Senaryo I (Biyogaz/Şebeke)

Senaryo 1'e göre belirlenen hibrit sistem sadece 30 kW'lık biyogaz jeneratörü ve şebeke bağlantısından oluşmaktadır. Bu sistemin birim enerji maliyeti 0.112 $/kWh ve NBM'i (Net Bugünkü Maliyet) 576860$'dır. NBM'te baz senaryoya göre %6.7 azalma bulunmaktadır. Tablo 3'te gösterildiği üzere bu senaryo incelenen hibrit sistemler arasında en yüksek işletme maliyetine sahiptir. Bu senaryoda toplam enerji üretiminin büyük çoğunluğu (%71.5 oranında) yılda 154186 kWh olmak üzere biyogaz jeneratörü tarafından gerçekleştirilmesidir. Bu senaryo şebekeden yıllık olarak 61322 kWh satın almaktadır. Böylelikle bu senaryo incelenen hibrit sistemler arasında şebekeden en çok elektrik temin eden senaryodur. Bu durum sistemin en yüksek işletme maliyetine sahip olmasının başlıca nedenidir. Tablo 3'e göre bu sistem baz senaryoya kıyasla yıllık %60 oranında CO2 emisyon azaltımı sağlamaktadır.

3.1.2. Senaryo II (Biyogaz/FV Panel/Şebeke)

Senaryo 2'de hibrit sistem 57.2 kW FV Panel, 30 kW biyogaz jeneratörü ve 35.6 kW dönüştürücüden oluşmaktadır. Bu hibrit sistem optimum senaryo olarak belirlenmiştir. FV/Biyogaz/Şebeke hibrit sisteminin birim enerji maliyeti 0.0806 $/kWh ve net bugünkü maliyeti 518489$'dır. Baz senaryo ile kıyaslandığında NBM'te % 8.3 oranında azalma sağlanmaktadır. Ayrıca sadece biyogaz jeneratörünün bulunduğu Senaryo 1'e kıyasla NBM %16.1 oranında azalma sağlanmaktadır. Bu senaryo yılık şebekeye 64359 kWh elektrik aktarımıyla en çok elektrik satışı gerçekleştiren hibrit sistemdir. Bu durum işletme maliyetinin diğer senaryolara kıyasla düşük olmasının başlıca nedenidir.Tablo 3'te görüldüğü üzere sistemin enerji üretiminde biyogaz yıllık 134288 kWh ile en büyük orana (%52.6) sahiptir. Biyogaz jeneratörü özellikle süt sağımı dolayısıyla elektrik talebinin pik yaptığı saatlerde devreye girmektedir. Tablo 3'e göre FV/Biyogaz/Şebeke hibrit sistemi %85.1 yenilenebilirlik yüzdesine ve baz senaryoya kıyasla yaklaşık %74.8'lik bir CO2 emisyon azaltımı potansiyeline sahiptir.

3.1.2. Senaryo III (Biyogaz/FV Panel/Rüzgar Türbini/Şebeke)

Senaryo 3 bu çalışmada düşünülen tüm yenilenebilir enerji sistemlerini içermektedir. Bu senaryo 50 kW FV panel, 1 adet XL10 rüzgar türbini, 30 kW biyogaz jeneratörü ve 31.3 kW dönüştürücüden oluşmaktadır. Sistemin net bugünkü maliyet değeri 522972$'dır Bu hibrit sistem, 204875$ değeriyle en yüksek ilk yatırım maliyetine sahip senaryodur. Yıllık olarak FV paneller 73572 kWh (%29.3), biyogaz jeneratörü 128001 kWh (%50.9), XL10 rüzgar türbini 14404 kWh (%5.73) elektrik üretmekte ve şebekeden 35372 kWh (%14.1) elektrik satın alınmaktadır. Tablo 4'ten görüleceği üzere bu hibrit sistem elektrik temininde şebekeyi en az kullanan sistemdir. FV/RT/Biyogaz/Şebeke hibrit sistemi baz senaryoya kıyasla yıllık 69269 kg CO2 emisyonu azaltımı (%75.9) potansiyeli ve %85.6'lik yenilenebilirlik yüzdesiyle en temiz senaryodur. Ancak ilk yatırım maliyetinin yüksek olması sistemi ekonomik olarak uygulanabilir olmaktan uzaklaştırmaktadır.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'nin orta Anadolu bölgesinde kırsal kesimde bulunan bir mezra için şebeke bağlantılı biyogaz tabanlı hibrit yenilenebilir enerji sisteminin tekno-ekonomik ve çevresel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bunun için çeşitli senaryolar HOMER yazılımı aracılıyla irdelenmiş ve aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Baz senaryoya ve birbirlerine göre kıyaslanan 3 farklı hibrit sistem arasında şebeke bağlantılı FV/Biyogaz hibrit sistemi 518489$ net bugünkü maliyet (NBM) ve 0.0806 $/kWh birim enerji maliyetiyle en uygun sistem olarak bulunmuştur.
- FV/Biyogaz/Şebeke hibrit sisteminin elektrik üretiminin %52.6'sı yıllık 134288 kWh üretimle biyogaz jeneratörü tarafından, %33'ü 84210 kWh ile FV panellerle gerçekleştirilmiştir. Optimum sistemde ana kaynak biyogaz olmuştur.
- FV/Biyogaz/Şebeke hibrit sistemi yıllık 68260 kg CO2 emisyonu azaltımıyla baz senaryoya kıyasla %74.8 daha az emisyon gerçekleştirmiştir.

Elde edilen sonuçlar küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinin yaygın olduğu kırsal kesimde biyogaz tabanlı hibrit enerji sistemlerinin kullanımının mevcut senaryo olan şebeke bağlantısına göre daha ekonomik bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Aisyah, R, Salman, D., Siregar, A., Baba, Syahdar. (2020). Potential of biogas production as renewable energy in smallholder dairy farming in Enrekang District, South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 473. 012114.

Chisale, S., Eliya, S., Taulo, J. (2022). Optimization and design of hybrid power system using HOMER pro and integrated CRITIC-PROMETHEE II approaches. *Green Technologies and Sustainability*. 1. 100005.

Demirci, A., Akar, O., Öztürk, Z. (2022). Technical-environmental-economic evaluation of biomass-based hybrid power system with energy storage for rural electrification. *Renewable Energy.* 195. 1202-1217.

HOMER Energy L. HOMER Pro Version 3.7 User Manual. 2016. http://www.homerenergy.com/pdf/HOMERHelpManual.pdf

Kirim, Y., Sadıkoğlu, H., Melikoglu, M. (2022). Technical and economic analysis of biogas and solar photovoltaic (PV) hybrid renewable energy system for dairy cattle barns. *Renewable Energy*. 188. 873-889.

Li, C., Zhang, L., Qiu, F., Fu, R. (2022) Optimization and enviro-economic assessme-nt of hybrid sustainable energy systems: The case study of a photovoltaic/ biogas/ diesel/battery system in Xuzhou. China. *Energy Strategy Reviews*. 41. 100852.

Li, J.,Liu, P.,Li, Z. (2020). Optimal design and techno-economic analysis of a solar-wind-biomass off-grid hybrid power system for remote rural electrification: A case study of west China. *Energy*. 208. 118387.

Melikoglu, M., & Menekse, Z. (2019). Forecasting Turkey's cattle and sheep manure based biomethane potentials till 2026. *Biomass and Bioenergy*. 132. 105440.

Mohseni, M., Moosavian, S., Hajinezhad, A. (2022). Feasibility evaluation of an off-grid solar-biomass system for remote area electrification considering various economic factors. *Energy Science & Engineering*. 10 (8). 3091-3107.

Özer, B. (2017). Biogas Energy Opportunity of Ardahan City of Turkey. *Energy*. 139. 1144-1152.

Purdy, A., Pathare, P., Wang, Y., Roskilly, T., Huang, Y. (2018). Towards sustainable farming: Feasibility study into energy recovery from bio-waste on a small-scale dairy farm. *Journal of Cleaner Production*. 174. 899-904.

Rouhollahi, Z., Ebrahimi-Nik, M., Ebrahimi, S., Abbaspour-Fard, M., Zeynali, R., Bayati, M. (2019). Farm biogas plants, a sustainable waste to energy and bio-fertilizer opportunity for Iran. *Journal of Cleaner Production*. 253. 119876.

Sanni, S., Oricha, J., Oyewole, T., Femi Ikotoni, B. (2021). Analysis of Backup Power Supply for Unreliable Grid using Hybrid Solar PV/Diesel/Biogas System. *Energy*. 227. 120506.

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), Enflasyon Raporu 2023-I , (Son Ulaşım Tarihi : Şubat 2, 2023).

Younessi, H., Adabi, F., Golpîra, H. (2023). Modeling the optimal sizing problem of the biogas-based electrical generator in a livestock farm considering a gas storage tank and the anaerobic digester process under the uncertainty of cow dung. *Energy*. 270. 126876.

İNKONTİNANS İÇİN KULLANILAN EMİCİ HİJYEN ÜRÜNLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Azize İnce
Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü/Pakten Sağlık Ürünleri Arge Merkezi
azize.ince@pakten.com, ORCID: 0000-0001-8731-080X

Züleyha Değirmenci
Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
degirmenci@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8669-4968

Ümit Gençtürk
Pakten Sağlık Ürünleri Arge Merkezi
umit.gencturk@pakten.com, ORCID: 0000-0002-6234-4007

Özet
Yaşlanma ile birlikte daha sık görülen diabet, felç, atrofik vajinit, nörojenik mesane, iltihaplı romatizma ve prostat iltihabı gibi birçok hastalık inkontinans riskini de arttırmaktadır. Yaşlanma oranının neredeyse tüm ülkelerde artış göstermesinin etkisiyle inkontinans hastaları için üretilen emici hijyen ürünlerinin tüketiminde de artış yaşanmaktadır. İnkontinans tedavisinde ilaç ve cerrahi müdahaleye varan uygulamalar mevcuttur. Ancak tüm tedavilerin işe yaramadığı durumlarda hastalar için emici hijyen ürünleri ana dayanak noktası olmaktadır. İnkontinans çeşidi, seviyesi, sıklığı ve hastanın hareket durumuna bağlı olarak pazarda farklı ürün tasarımları mevcuttur. Bununla birlikte kullanım sayısına göre tek kullanımlık veya yıkanabilir ürünler olarak bu ürünler ayrılmaktadır. Emici hijyen ürünlerinden istenen performansın elde edilebilmesi için doğru ürün seçimi oldukça önemlidir. Bu çalışmada farklı çeşit ve seviyede inkontinans problemi yaşayan bireyler için pazarda bulunan emici hijyen ürünleri derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: inkontinans, yetişkin pedleri, hijyen ürünleri

AN INVESTIGATION ON ABSORBENT HYGIENE PRODUCTS FOR INCONTINENCE

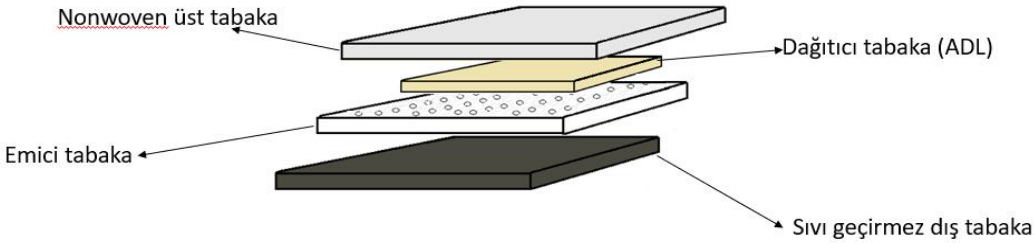
Abstract
Many health problem such as diabetes, stroke, atrophic vaginitis, neurogenic bladder, inflammatory rheumatism and prostate inflammation, which are more common with aging, increase the risk of incontinence. The rate of aging is increasing in almost all countries, and as a result, there is an increase in the consumption of absorbent hygiene products produced for incontinence patients. In the treatment of incontinence, there are applications up to drug and surgical therapy. However, in cases where treatments are not sufficient, absorbent hygiene products are the mainstay for patients. There are different product designs available in the market, depending on the type, level, frequency of incontinence and the patient's state of movement. In addition, these products are separated as disposable or washable products according to the number of uses. Selecting the right product is very important to obtain the desired performance from absorbent hygiene products. In this study, the designs of products in the absorbent hygiene market for adults with different types and levels of incontinence are reviewed.

Keywords: incontinence, adult pads, hygiene products

1. GİRİŞ

Uluslararası İnkontinans Derneği'ne (ICS) tarafından 1979 yılında 'sosyal veya hijyenik bir sorun olan ve nesnel olarak kanıtlanabilen istemsiz idrar kaçırma' olarak tanımlanan üriner inkontinans (Üİ), 2002 yılında “istemsiz idrar kaçırma şikâyeti” olarak değiştirilmiştir (Hampel, Wienhold, Benken, Eggersmann, & Thüroff, 1997). 65 yaş üstü bireylerin 7.4 milyonunda üriner inkontinans (Üİ) problemi görüldüğü ve kadınlar içerisinde bu oranının %30-%50 seviyelerinde olduğu tahmin edilmektedir (Newman, 2004). Birleşmiş Milletler Dünya Nüfus Beklentileri raporuna göre 2050 yılına kadar her altı kişiden biri 65 yaş üzerinde olması beklenmektedir. 2022 yılında toplumun %10’una denk gelen bu

oranın 2050 yılında %16'ya ulaşacağı ön görülmektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika için bu oranlar dört kişiden birine inmektedir. İlk defa 2018 yılında 65 yaş üstü nüfus, 5 yaş altı nüfus sayısını geçmiştir. 2050 yılında 65 yaş üstü nüfusun 5 yaş altı nüfusun iki katına, 12 yaş altı nüfusa eşit olacağı beklenmektedir. Bu noktada, 80 yaş üstü nüfusun 2019 yılından 2050 yılına kadar üçe katlanarak 143 milyondan 426 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Affairs, 2020) (Social, 2022). Her yaş grubunda görülebilen inkontinans, yaşlanma ile birlikte daha sık görülmektedir. Yaşlanma ile birlikte daha sık görülen diabet, felç, atrofik vajinit, nörojenik mesane, iltihaplı romatizma ve prostat iltihabı gibi birçok hastalık inkontinans riskini de arttırmaktadır (Newman, 2004). İnkontinans tedavisinde ilaç ve cerrahi müdahaleye varan uygulamalar mevcuttur. Ancak tüm tedavilerin işe yaramadığı durumlarda hastalar için emici hijyen ürünleri ana dayanak noktası olmaktadır. Emici hijyen ürünlerin farklı tasarımları mevcuttur. Kullanım sayısına göre tek kullanımlık veya yıkanabilir ürünler bulunmaktadır. Tek kullanımlık ürünlerin çoğunluğu Şekil 1.1'de gösterildiği gibi 3 tabakadan oluşmaktadır;



Şekil 1.1 Tek Kullanımlık Ürün Yapısı

- Non-woven üst tabaka: idrarın emici bölgeye iletimini sağlayarak cilt kuruluğu sağlar
- Emici tabaka: Bu tabaka emici ürünlerin ana işlevini yerine getiren tabakadır. "Core" olarak adlandırılan bu bölüm fibrilleştirilmiş odun hamuru ve SAP (Süper Emici Polimer) taneciklerinin bir arada bulunduğu bölümdür. Sıvı bu tabakada emilmekte ve SAP taneciklerinin yardımıyla baskı altında dahi sıvıyı tutmaktadır.
- Sıvı geçirmez dış tabaka: Bazı ürünler doğrudan plastik bir yüzeye sahipken diğerleri nonwoven kumaş ile lamine edilerek tekstil ürün hissiyatı yaratmaktadır. Bu ürünlerde kullanılan plastik yüzey (çoğunlukla polietilen), hava moleküllerini geçiren ama bununla birlikte sıvı taneciklerin geçişine izin vermeyen yapısıyla nefes alabilir yapıda da kullanılmaktadır (Buckley, 2019).

Yıkanabilir ürünler çoğunlukla tek kullanımlık ürünlerle benzer içeriklere sahip olmakla birlikte bu ürünlerde kullanılan malzemeler yıkanabilir yapıdadır.

- Üst tabaka: çoğunlukla polyester kumaş yapısındadır. Bu bileşenin görevi sıvının bir alt tabakaya iletilmesi ve cilt kuruluğu sağlamasıdır.
- Emici tabaka: keçe veya dokuma lifler kullanılmaktadır.
- Sıvı geçirmez dış tabaka

Bu ürünlerin en önemli farkı emici bölgede SAP taneciklerinin yer almamasıdır. Tekrarlı kullanımı bulunmayan bu polimerlerin olmaması ürünün sıvı emme kapasitesinin düşük olmasını ve emdiği sıvıyı baskı altında geri vermesine neden olmaktadır (Fader M. , ve diğerleri, 2008). Emici bölgede odun hamurunun SAP olmadan kullanımı idrar sonrasında sıvının yeterince tutulmayarak cildin ıslak kalmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında özellikle gaita sonrası cildin pH seviyesinde yükselme, cilt tahrişi riskini arttırmaktadır. SAP kullanımı hem cilt pH'nı düşürmekte hem de cildin kuru tutulması konusunda olumlu bir etki yaratarak pişik riskini azaltmaktadır (Davis, Leyden, Grove, & Raynor, 1989). Yaşa bağlı olarak yetişkinlerde gelişen cilt bütünlüğü ve bariyer işlevindeki değişimler, yetişkinleri kaşıntı, dermatit ve enfeksiyon gibi cilt patolojilerine karşı daha duyarlı hale getirir (Katoh, ve diğerleri, 2018). İdrar kaçırma probleminin yatar pozisyonunda geçtiği durumlarda kadınların anatomik yapısı nedeniyle idrar kaçırmaya bağlı pişik oluşumu riski daha fazladır (Shigeta, Nakagami, Sanada, Konya, & Sugama, 2010). İnkontinans seviyesine bağlı olarak ürün tercihleri de değişmektedir.

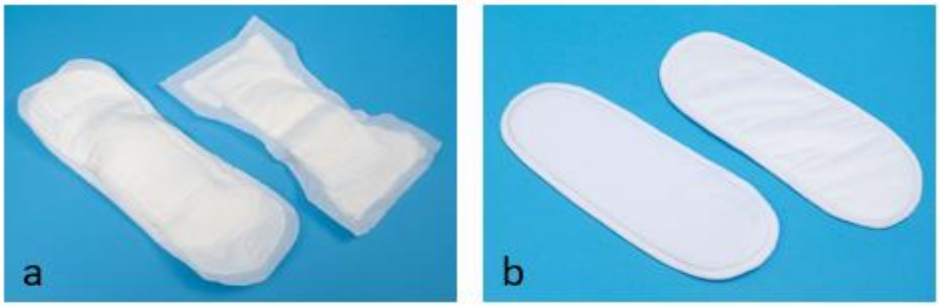
2. HAFİF SEVİYEDE İNKONTİNANS

İnkontinans rahatsızlık yaygın olmakla birlikte toplumda utanç verici ve kişinin sosyal ve psikolojik halini olumsuz etkileyen bir rahatsızlık olmaya devam etmektedir. Farklı seviyeler için önerilen ürünler de değişkenlik göstermektedir. Birçok kişi hafif seviyedeki hastalıkları için koruyucu ürünler ve kıyafetler kullanmaktadır. Hafif seviyedeki Üİ bireyler arasında idrar hacimleri, akış ve gerçekleşme sıklıkları konularında farklılık gösterebilir. Hafif idrar kaçırma, ayda bir gibi nadir sıklıklarda çok küçük miktarlarda sızıntılar (örneğin 1-2 g arası) olarak karşımıza çıkacağı gibi daha yüksek miktarlarda (örneğin 20 g) ve günde birkaç defa tekrarlayan frekanslarla da karşımıza çıkabilir. Hafif derecedeki Üİ basitçe küçük bir ped içersinde 50-500 g arasında tutulabilen idrar kaçırma problemi olarak tanımlanabilir (Fader, Cottenden, & Getliffe, Absorbent products for light urinary incontinence in women (Review), 2007).

Hafif derecedeki inkontinans problemi yaşayan bireyler için önerilen ürünler koruma sağlarken ince yapısıyla fark edilme riskini de düşürmektedir. Pazarda bulunan bu ürünler discreet (ihtiyat) olarak adlandırılmaktadır. Sorunun gizlenmesi anlamına gelen ihtiyatlılık ya da sağduyu, çok hafif idrar kaçırma ürünleri için çok önemlidir. İdrar kaçırma problemini hafif seviyede yaşayan hastalar için hacimli ürünler yerine küçük ürünlerin önerilmesi gerekmektedir. Bu ürünleri kullanan bireylerde yaşanan inkontinans problemi ciddi seviyelerde değildir ve aktif yaşamlarına devam etmektedirler. Özellikle vücut görünümünün daha önemli olduğu genç bireylerde bu ürünlerin fark edilerek yaşadıkları problemin açığa çıkması çekincelerin başına gelmektedir (Fader, Cottenden, & Getliffe, Absorbent products for light urinary incontinence in women (Review), 2007) (Miao, 2012). Hafif derecede inkontinans problemi yaşayan bireyler için emici hijyen ürünlerinin bazıları aşağıda sıralanmıştır.

2.1. Küçük iç pedler

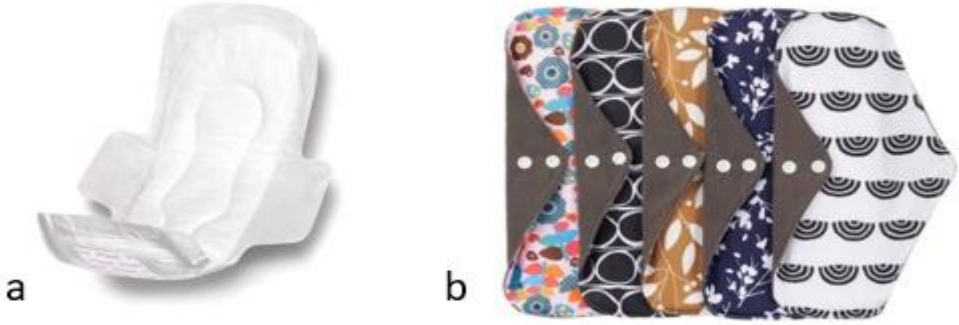
Basit ve nispeten küçük ebatta olan bu ürünler sıkı şekilde vucuda oturan bir iç çamaşırı ile birlikte kullanılmaktadır. Pazarda iç bez (insert) veya liner olarak adlandırılmaktadır. Bazı ürünler kum saati gibi anotomik bir şekle sahip iken bir kısmı da dikdörtgen yapıda olabilmektedir. Şekil 2.1'de verilen bu ürünlerde tek kullanımlık veya yıkanabilir versiyonları mevcut olmakla birlikte bu ürünler erkek ve kadın kullanımına uygundur.



Şekil 2.1 Tek Kullanımlık(a) ve Yıkanabilir(b) Küçük Pedler

2.2. Kadın pedleri

Adet pedi olarak da geçen bu ürünleri çok hafif seviyelerde idrar kaçırma problemi olan kadınlar tarafından kullanmaktadır. Ana işlevi idrar emme olmayan bu ürünler fiyat ve kıyafet altından fark edilmeme adına avantaj göstermektedir. Çoğunlu tek kullanımlık olan bu ürünlerin yıkanabilir versiyonları da mevcuttur (Şekil 2.2) . Çoğunluğu kanatlı olan bu ürünler iç çamaşırına kanatlar tarafından sarılarak kenar sızmalarının da önüne geçmektedir. Diğer ürünlerle karşılaştırıldığında bu ürünler daha düşük emicilik özelliğine sahiptir (Fader M. , ve diğerleri, 2008).



Şekil 2.2 Tek Kullanımlık(a) ve Yıkanabilir(b) Kadın Pedleri

2.3. Erkek Pedleri

Erkekler için tasarlanmış bu pedler bazen yaprak ped veya koruyucu ped olarak da adlandırılmaktadırlar (Şekil 2.3). Vücuda oturan sıkı bir iç çamaşırıyla birlikte kullanılmaktadır. Kadın pedlerindeki gibi dış katman iç çamaşırına yapışması için yapışkan bir malzemeyle muamele edilmiştir.Bazı ürünlerde kenarlardan sıvının kaçmasını önlemek amacıyla elastik ipliklerle kenarlar büzülmüş formdadır. Özellikle küçük yapıda olması sebebiyle ürüner inkontinans için erkekler tarafından tercih edilmektedir. Ancak fekal inkontinans probleminin de olduğu durumlarda ürün kullanılmamaktadır (Fader, Macaulay, Pettersson, Brooks, & Cottenden, 2006).

Şekil 2.3 Erkek Pedleri

2.4. Damla Toplama Keseleri

Bu ürünler paket görünümünde yapısıyla hafif ve orta seviyedeki üriner inkontinans problemi yaşayan erkekler için kullanıma uygundur. Bu ürünlerde de dış katmana uygulanan yapışkan yardımıyla ürün iç çamaşırına tutturulabilmektedir.

Şekil 2.4 Damla Toplama Kesesi (a) ve Koruyucu Ped(b)

Erkeklerde görülen hafif idrar kaçırma problemi için pazarda farklı ürünler mevcuttur. Bu ürünler içerisinde özellikle damla toplama keseleri ve koruyucu pedler tercih edilmektedir (Şekil 2.4).

2.4. Emici Külot

Emicilik oranlarına göre hem ağır hem de hafif inkontinans hastalarının kullanımına uygundur. İç çamaşırı gibi giyilen bu ürünler, kullanım açısından kolaylık sağlamaktadır. Bazı ürünlerde kadın ve erkekler için farklı tasarımlar mevcuttur. Farklı zaman dilimleri için inkontinans hastaları farklı ürün gruplarını kullanabilmektedir (Abrams, Cardoza, Wagg, & Wein, 2016).

Şekil 2.5 Emici Külot Ürünleri

3. ORTA İLE AĞIR SEVİYEDE İNKONTİNANS

Nüfus bazlı yapılan çalışmalarda, 60 yaş üstü kadınların %42'si orta ve yoğun seviyede inkontinans problemi yaşamaktadır (Melville, Katon, Delaney, & Newton, 2005). Kadınlar tarafından kullanılan emici pedler; tek kullanımlık eklenebilir pedler(insert) ve hijyenik pedler, pad eklenebilen yıkanabilir külotlar ve yıkanabilir pedler olarak dört grup altında toplanabilir. Sızıntıyı önleme açısından sırasıyla tek kullanımlık insert ürünler, hijyenik pedler, yıkanabilir külotlar ve yıkanabilir pedler en iyi performansı göstermektedir.

İngiltere'de gerçekleştirilen bir çalışmada en çok tercih edilen dört emici ürün kullanıcılar üzerinde denenerek farklı açılardan kullanımı incelenmiştir. Kullanıcılar açısından en önemli performans özelliği olan emicilik açısından ürünler incelendiğinde yaprak ped ürününün en iyi performansı gösterdiği görülmüştür. Yıkanabilir yaprak ped ve pantegral düşük sıvılarda bile sızdırma göstermiştir. Yıkanabilir ürünler dışında tüm ürünler 50 g miktarındaki sıvıyla muamele edildiğinde sızma göstermemiştir. Ürünlerin vücuda oturuşu ve dıştan belli olması noktasından yaprak ped ürünlerin kese şeklindeki ürünlere nazaran daha uyumlu olduğu görülmüştür. Kenarında lastik bulunan yaprak pedlerin kullanım esnasında sabit kalması konusunda da daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Pedin kullanım esnasında sabit kalmayarak sızdırması, üre ile doyduktan sonra pantolondan düşme ihtimali gibi çekinceler de pantegral dışındaki ürünlerde görülebilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için ürünlerin arka kısmına tutkal uygulaması yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tutkal uygulamasında tutkal miktarı ve tutkalın tutunma mukavemeti önemli parametlerdir. Pantegral ürünü pedin külot içerisine dikilmesi dolayasıyla bu riskin en az yaşanabildiği ürün grubudur. Konfor açısından bu ürünler değerlendirildiğinde, kese ve yaprak pedlerin kuru halde konforunun yüksek olduğu ancak ıslandığında konforsuzluk ve cilt tahrişi problemlerinin de oluşabileceği görülmüştür. Kuru halde konfor özelliği açısından yıkanabilir pantegral ve yaprak ped ürünlerinin daha iyi bir performans sergilediği, özellikle nadiren idrar kaçırma problemi yaşayan bireylerde her ihtimale karşı kullanabilecekleri ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır (Melville, Katon, Delaney, & Newton, 2005).

İdrar kaçırma problemi hafif derecede seyreden yetişkin bireylerde nispeten küçük ürünler yeterli olmakta iken bu problemi orta veya ağır seviyede yaşayan kişilerde daha hacimli ürünler gerekmektedir. Orta/ağır seviyede ÜİĬ ve Fekal İnkontinans (Gaita Kaçırma) (Fİ) tanımı kısaca 2000-3000 g arasında idrar veya gaita kaçırma olarak tanımlanabilmektedir (Fader M, 2008). Pazar ürünleri incelendiğinde dört ürün grubu karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; tek kullanımlık pedler (insört pedler), tek kullanımlık bezler, tek kullanımlık T-şeklinde bezleri ve emici külotlar. Bu tasarımların yıkanabilir muadilleri de bulunmaktadır.

3.1 Büyük iç pedler

Basitçe yapıdaki emici pedler insört ped ya da iki-parçalı emici sistemler olarak adlandırılmaktadır. Kullanımı için özel olarak tasarlanmış streç külotlarla birlikte kullanılmaktadır. Hastaların inkontinans

seviyelerine bağlı olarak emicilik değerlerinde de çeşitlilik göstermektedir. Üriner ve fekal inkontinans hastalarında kullanılabilmektedir. Günlük kullanımda ürünün kayma riskine karşı kullanıcıların sızdırma çekinceleri mevcuttur (Fader M. , ve diğerleri, 2008) (Abrams, Cardoza, Wagg, & Wein, 2016).

Şekil 3.1 Büyük Pedler

3.2 File külot destekli iç pedler

İki parçalı ürün sistemi olarak da adlandırılan bu ürünlerde özel olarak tasarlanmış vücuda oturan bir iç çamaşırı ve iç ped birlikte kullanılmaktadır (Şekil 3.2). İç pedler vücut anatomisine uygun olarak şekillenmektedir. İdrar kaçırma seviyesine bağlı olarak farklı emicilik değerlerinde ürün tedarik edilebilmektedir. Genel olarak emicilik değeri yüksek olan ürünler daha hacimli yapıdadır. Bu noktada kullanıcı, kendi ihtiyacına uygun ürünü seçmelidir (Continence Product Advisor, tarih yok).

Şekil 3.2 Destekli İç Pedler

3.3 Hasta Bezleri

Ağır ya da orta seviyedeki inkontinans rahatsızlığında en çok tercih edilen ürün çeşididir. Bebek bezi yapısına çok benzer olan bu ürünler, yetişkinlerin yapısına uygun olarak daha büyük ebattadır. Emicilik oranı çoğunlukla diğer ürünlerden daha yüksek iken hacimli yapısıyla başkaları tarafından fark edilebilen ürünlerdir. Hareketli hastalarda gün içerisinde fark edilebilir olması çekince oluştururken gece kullanımında yüksek emiciliği sebebiyle tercih edilebilmektedir. Açık yetişkin bezlerinin yanında benzer yapıda kemerli veya diğer bir şekilde adlandırılan T-shape ürünler de mevcuttur. T-shape ürünlerde kemer yardımıyla belde tutturulmakta ve ped bacak arasında sabitlenmektedir. Ek bir iç çamaşırı giyilmeden ürünler kullanılabilmektedir.

Şekil 3.3 Açık Hasta Bezi (a), T-Shape Hasta Bezi (b), Yıkanabilir Hasta Bezi (c)

İngiltere'de yapılan bir diğer çalışmada 185 panelist üzerinde ürün kullanımında maliyet, cilt sağlığı, sızdırma, kullanım kolaylağı gibi farklı açılardan incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde her ürün tipinin her kullanıcı için aynı seviyede yararlı olmadığı, farklı kullanıcı grupları içerisinde farklı ürünlerin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Tüm kullanıcılar için insört pedlerin sızma performansının en düşük olduğu, gün içerisinde külot tipi ürünlerin daha çok tercih edildiği, eski tip (kum saati şeklinde) hasta bezlerinin yeni T-şekli hasta bezlerine göre daha çok tercih edildiği ve özellikle bakım evlerinde emici külot ürünlerinin kullanım açısından zor olduğu gibi genel sonuçlara ulaşılmıştır.

Erkeklerin gündelik yaşamları için kullanımlar incelendiğinde yıkanabilir ve insört pedlerin en uygun maliyetli çözümü sunduğu ancak sızdırma ve kolay kullanım açısından klasik hasta bezlerinin seçildiği görülmektedir. Gece kullanım açısından da aynı sonucun ortaya konulduğu ancak daha uygun maliyet açısından yıkanabilir ürünlerin alternatif olarak görüldüğü ortaya konmuştur. Kadınlarda özellikle aktif olunan gündelik zamanda külot tipi ürünler yüksek maliyet oranlarına rağmen daha çok tercih edilmektedir. Maliyet noktasında problem yaşayan panelistlerin ikinci tercihi ise tek kullanımlık insört pedler olmuştur. Hasta bakım evlerinde kalan kadınlarda klasik bezler seçilmekte iken, evinde kalan ve öz bakımını yapabilen kadınların tercihi yine emici külot olmuştur (Fader M, 2008).

Özellikle yatağa bağımlı, ağır inkontinans hastalarında bası yaraları baş edilmesi gereken sorunların başında gelmektedir. Özellikle bez bölgesinde oluşan kapalı ve nemli ortamın cilt tahrişine neden olduğu bilinmektedir. Schwartz ve ekibinin yaptığı çalışmada farklı medikal tekstil kullanımdan nem ve nemden kaynaklanan derinin sürtünme katsayısındaki (COF) değişim üzerine bir çalışma yapılmıştır. Yetişkin bezi ve poliüretan kaplı çamaşırlarda kuru COF değeri sırasıyla 0,59 ve 0,91 olarak bulunmuştur. Nem eklenmesiyle birlikte her iki ürün için de COF değerinde artış yaşanmıştır. COF değerindeki artış cilt ve cildin alt dokularında gerilme enerjisinin yoğunluğunu ve kesme gerinimini (shear strain) değerlerini yükselterek bası yarası riskini arttırmaktadır. Dolayısıyla bası yaralarının önlenmesi veya azaltılması konusunda bez bölgesinin nemli tutulmayarak, kuru kalması önemli bir etken olmaktadır (Schwartz, Magen, Levy, & Gefen, 2018).

4. DEĞERLENDİRME

İnkontinans problemi yetişkin bireylerde sıklıkla görülmesine rağmen utanç duyulan bir tabu olmaya devam etmektedir. İlaç veya cerrahi tedavilerin sonuç sağlamadığı durumlarda emici hijyen ürünlerine başvurulmaktadır. Bu ürünlerden iyi bir performans alınabilmesinin temel koşulu uygun ürün seçiminden geçmektedir. Bireylerin inkontinans seviyesine, hareketli veya yatağa bağımlı olmasına üriner ve/veya fekal inkontinans problemi yaşamasına bağlı olarak ürün seçilmesi gerekmektedir. Bez bölgesi üreye sıklıkla maruz kalması sebebiyle diğer vucüt bölgelerinden 10 kat daha fazla nemli kalmaktadır. Aşırı ıslaklık, tahriş oluşumunun en önemli etmenlerindendir (Wright & Akin, 2005). Bu bağlamda emici hijyen ürünlerinden beklentinin başında emicilik, kuruluk ve sızdırmazlık gelmektedir. Bunun yanında fiyat, kolay kullanım ve hareketli hastalarda ürünün kıyafet altından belirgin olmaması aranan özelliklerdir. Pazarda tek kullanımlık hijyen ürünlerinin oluşturduğu maliyet-atık miktarı ve yıkanabilir ürünlerde görülen ıslaklık hissi ürün seçiminde karşılaşılan dezavantajlardır (Zimmerer, Lawson, & Calvert, 1986) .

5. KAYNAKLAR

Abrams, P., Cardoza, L., Wagg, A., & Wein, A. (2016). Incontinence. *6th International Consultation on Incontinence*. Tokyo.

Affairs, D. o. (2020). *World Population Ageing 2019.* New York: United Nations.

Buckley, B. S. (2019). User perspectives, preferences and priorities relating to products for managing bladder and bowel dysfunctions. *Journal of Engineering in Medicine, 233*, s. 7-18.

Continence Product Advisor. (tarih yok). Mayıs 11, 2023 tarihinde https://www.continenceproductadvisor.org adresinden alındı

Davis, J. A., Leyden, J. J., Grove, G. L., & Raynor, W. J. (1989, Haziran). Comparison of Disposable Diapers with Fluff Absorbent and Fluff Plus Absorbent Polymers: Effects on Skin Hydration, Skin pH, and Diaper Dermatitis. *Pediatric Dermatology*, s. 102-108.

Fader M, C. A. (2008, Şubat). Absorbent products for moderate-heavy urinary and/or faecal. *Cochrane database of systematic reviews*.

Fader, M., Cottenden, A. M., & Getliffe, K. (2007). Absorbent products for light urinary incontinence in women (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, s. 1-40.

Fader, M., Cottenden, A., Getliffe, K., Gage, H., Clarke-O'Neill, S., Jamieson, K., . . . Malone-Lee, J. (2008, Temmuz). Absorbent products for urinary/faecal incontinence: a comparative evaluation of key product designs. *Health Technology Assessment*.

Fader, M., Macaulay, M., Pettersson, L., Brooks, R., & Cottenden, A. (2006). A Multi-Centre Evaluation of Absorbent Products for Men With Light Urinary Incontinence. *Neurourology and Urodynamics*, s. 689-695.

Hampel, C., Wienhold, D., Benken, N., Eggersmann, C., & Thüroff, J. (1997). Definition of overactive bladder and epidemiology of urinary incontinence. *Urology, 50*(6), s. 4-14.

Katoh, N., Tennstedt, D., Kan, G. A., Aroman, M. S., Loir, A., Bacqueville, D., . . . Duplan, H. (2018). Gerontodermatology: the fragility of the epidermis in older adults. *Journal of European Academy of Dermatology and Venereology, 32*(4), s. 1-20.

Melville, J. L., Katon, W., Delaney, K., & Newton, K. (2005). Urinary incontinence in US women: a population-based study. *Arch Intern Med, 165*, s. 537-542.

Miao, S. (2012). *Study of Perceived Thickness of Light Incontinence Products.* Gothenburg, İsviçre: Chalmers University of Technology.

Newman, D. K. (2004, Eylül). Incontinence products and devices for the elderly. *Urologic nursing: official journal of the American Urological Association Allied*.

Schwartz, D., Magen, Y. K., Levy, A., & Gefen, A. (2018, Aralık). Effects of humidity on skin friction against medical textiles as related to prevention of pressure injuries. *International Wound Journal*, s. 866-874.

Shigeta, Y., Nakagami, G., Sanada, H., Konya, C., & Sugama, J. (2010, Aralık). Factors Influencing Intact Skin in Women with Incontinence Using Absorbent Products: Results of a Cross-sectional, Comparative Study. *Ostomy Wound Management*, s. 26-33.

Social, P. D. (2022, Temmuz). *World Population Prospects 2022: Summary of Results.* Mayıs 8, 2023 tarihinde www.un.org adresinden alındı

Wright, A., & Akin, F. (2005). Comfort Perception of Breathable and Nonbreathable Diapers. *International Nonwovens Journal*, s. 19-22.

Zimmerer, R., Lawson, K., & Calvert, C. (1986). The Effects of Wearing Diapers on Skin. *Pediatric Dermatology, 3*(2), s. 95-101.

MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE DOMATES ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Beytullah BOZALİ
Düzce Üniversitesi / Düzce Meslek Yüksekokulu Elektrik Teknolojisi,
beytullahbozali@duzce.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3633-5780

Sebilenur TANAYDIN
Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, *sebilenurTn@gmail.com - ORCID ID 0009-0008-4543-2268*

Rabia KAYMAK
Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, *rabiakaymak22@gmail.com - ORCID ID 0000-0001-7881-9022*

Özet
Domates, zirai ürünler arasında üretim/tüketim miktarı açısından ticarette ilk sırada olması ve gıda sanayisinde salça, konserve, ketçap, dondurulmuş gıda gibi çeşitli kullanım alanlarına sahip olması sebebiyle önemli sebzelerin en başında gelmektedir. TÜİK verileri incelendiğinde 2021 senesi itibariyle Türkiye, yaklaşık olarak 32 milyon ton sebze üretimi yapmıştır. Türkiye'de üretim miktarı olarak bakıldığında %41,2 oranı ile en çok üretimi yapılan sebze domates olmuştur. Türkiye'de üretim miktarının yüksek olması ihracat oranının da yüksek olduğunu göstermektedir. Domates sebzesinin Türkiye'deki önemi ve üretim miktarı göz önüne alındığında, makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılması ile domateslerin sınıflandırılması önemli bir araştırma alanı oluşturmuştur. Her domates türünün içerdiği karbonhidrat, asitler, pigmentler, çeşitli vitamin ve mineral değerleri kapsamında kullanım alanları farklılık göstermektedir. Endüstride ya da günlük beslenmede kullanım alanları bu değerler göz önüne alınarak belirlenir. Buradan yola çıkılarak domatesler şekil, boyut, renk ve olgunluk derecesi gibi özellikleri bilgisayar ortamında sınıflandırılacaktır. Domateslerin genel olarak bant sistemleri üzerinde yalnızca boyutlarına ya da olgunluk derecelerine göre ayrıştırılması bu çalışmanın çıkış noktası olarak gösterilebilir. Bu işlemlerin manuel olarak yapılması zaman alıcı ve maliyetli olabilirken yalnızca tek bir özelliğine göre ayrıştırılması yetersiz görülmüştür. Makine öğrenmesi yöntemleri, bu süreci otomatikleştirmek, daha hızlı ve verimli bir sınıflandırma sağlamak için kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda domateslerin türlerine göre daha doğru bir şekilde sınıflandırılmasını sağlanarak, üretilen ürünlerin kalitesinin artmasına katkıda bulunulabilir Sınıflandırma işlemi için K En Yakın Komşu (KNN), Naive Bayes (NB), Karar Ağacı (DT) ve İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (CFNN) algoritmaları kullanılacaktır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre makine öğrenmesi algoritmaları ile domates sebzesinin sınıflandırma işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Domates, Nesne Sınıflandırma

Abstract
Tomatoes, being at the forefront of agricultural products in terms of production/consumption quantity and having various uses in the food industry such as sauce, canned goods, ketchup, and frozen food, are among the most important vegetables. According to the TUIK data, as of 2021, Turkey produced approximately 32 million tons of vegetables, with tomatoes accounting for the highest production rate at 41.2%. The high production quantity in Turkey also indicates a high export rate. Given the importance of tomatoes in Turkey and their production volume, the use of machine learning methods to classify tomatoes according to their types has become a significant research area. Each tomato variety differs in terms of carbohydrates, acids, pigments, various vitamins, and mineral values, which determine their specific uses. Based on these differences, the aim is to classify tomatoes in a computer environment based on their shape, size, color, and ripeness degree. The general practice of sorting tomatoes based solely on size or ripeness degree on conveyor belt systems can be considered as the starting point of this study. While manually performing these processes can be time-consuming and costly, sorting based on a single feature alone is considered insufficient. Machine learning methods are used to automate this process and provide faster and more efficient classification. According to the results obtained, it is

expected that the use of machine learning algorithms will enable more accurate classification of tomatoes according to their types, thereby contributing to improving product quality. The classification process will involve the use of algorithms such as K-Nearest Neighbors (KNN), Naive Bayes (NB), Decision Tree (DT), and Feedforward Neural Networks (CFNN). According to the results of this study, the classification process of tomato vegetables can be performed successfully with machine learning algorithms.

Keywords: Machine Learning, Tomato, Object Classification

1. GİRİŞ

Domates, kökeni Orta ve Güney Amerika'ya dayanan bir bitkidir ve dünyanın en fazla sebze tüketilen bitkisi olarak bilinir (Ok, 2009). Bu bitki ilk olarak Peru'nun kıyı bölgelerinde kültür bitkisi olarak yetiştirilmeye başlanmıştır. Domatesin içeriğinde insan tüketimi için oldukça önemli yere sahip antioksidan, A, B1, B2, C ve K vitaminleri, çeşitli mineraller, protein, yağ, karbonhidrat ve organik asitler mevcuttur. 24 kromozoma sahip diploid bir bitki çeşididir. Domateste meyve rengi kalitenin önemli bir bileşenidir ve kırmızı rengi likopen olarak adlandırılan karotenoid verir. Domates yetiştiriciliği, üreticilerin ihtiyaçlarına ve tercihlerine bağlı olarak hem organik tarım yöntemleriyle hem de konvansiyonel tarım yöntemleriyle gerçekleştirilebilir (Eğilmez, 2022). Domates, dünyada insan beslenmesinde vazgeçilmez bir ürün olarak kabul edildiği için en büyük tarım ürünleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle hem üretim hem de tüketim açısından dünyada en yaygın ve ticari değeri yüksek tarım ürünleri arasında bulunmaktadır (Budak, 1998). Domates, dünyada en fazla üretilen sebze türlerinden biri olup çeşitli kültürlerde farklı şekillerde kullanılmaktadır. FAO verilerine göre, 2020 yılında Türkiye dünya domates üretiminde yaklaşık 13,2 milyon ton üretimle Çin ve Hindistan'ın ardından 3. sırada yer almaktadır. Bu, Türkiye'nin domates üretimindeki güçlü konumunu göstermektedir. Öte yandan, TÜİK verilerine göre, Türkiye'nin 2021 yılı itibarıyla sebze üretimi yaklaşık 32 milyon tondur. Bu da Türkiye'nin genel sebze üretimindeki büyük potansiyelini yansıtmaktadır. Türkiye'de domates, en yüksek üretim miktarına sahip olan sebze olarak öne çıkmaktadır. 2021 yılında Türkiye'nin toplam sebze üretiminin %41,2'sini oluşturan yaklaşık 13,1 milyon ton domates üretimi gerçekleşmiştir (Kaya ve ark., 2021). Tarımsal robotik ve mekatronik uygulamalar, domates gibi tarımsal ürünlerin üretimindeki fiziksel zorlukları, tekrarlanan işleri ve işçilik maliyetlerinin artışını hafifletmek amacıyla hızla yaygınlaşmaktadır. Bu uygulamalar, tarımda robot teknolojilerinin kullanımını hızlandırarak, gıda tedarik zincirinde verimliliği artırma ve israfı azaltma gibi ekonomik faydalar sağlamaktadır. Aynı zamanda, tarımsal robotik uygulamalar toplumsal ve çevresel faydalar da sunmaktadır. Bu teknolojiler, insan iş gücüne olan bağımlılığı azaltarak işçilik koşullarını iyileştirebilir ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini destekleyebilir (Şahin, 2022). Bu çalışmada mekatronik uygulamalardan olan makine öğrenmesi ile görüntü işleme tekniği kullanılarak insan için bu denli vazgeçilmez olan domatesin üretim sonrasındaki çeşitli ayrıştırılma aşamasının kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda domatesin çeşitlerine göre ayrımı için yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. (Doğanay, 2019) çalışmasında dokuz adet farklı makarnalık buğday türünün tam tane ve enine kesit alanına ait 12 morfolojik, fenotipik özelliklerin ve boyutun sınıflandırılması için geleneksel yöntemlere kıyasla daha ekonomik, daha hızlı ve daha güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla görüntü işleme teknikleri ve makine öğrenme algoritmalarının kullanılmasını içermektedir. Buğday tanelerinin fiziki özellikleri piksel boyutunda incelenerek ve boyutlarına göre üç elek sınıfına ayrılmıştır: 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm. YSA ‘da ki algoritmalar ile de sınıflandırma sonrası sonuçlar ile tahmin başarı oranları karşılaştırılmıştır. Gönenç vd., çalışmalarında zeytin tanesinin piksel boyutları ve renk özellikleri üzerinde görüntü işleme yöntemleri uygulanarak veri elde edilmiştir. Boyut değişkeni, zeytin tanelerinin net bir şekilde belirginleştirilmesi ve piksel cinsinden kapladıkları alanın hesaplanmasıyla oluşturulmuştur (Gönenç ve Öner 2021). Görüntü işlemenin tarımsal alanda kullanımına başka bir örnek olarak (Sabancı ve ark., 2012), patatesi ele almışlardır. Şekli bozukluğunun tespiti ve boyutlarını sınıflandırmak için yapay sinir ağlarını ve görüntü işleme metotlarını kullanmışlardır. MATLAB yazılımı kullanılarak patatesi boyutlarını küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırmışlardır. Değişik ebattaki patateslerin boyutlarına göre sınıflandırma işlemini başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Türkiye’de ki Napolyon kiraz üreticilerinin maddi kayıplarını önlemek

amacıyla Balcı ve arkadaşları, kirazları boyutlarına göre ayıran bir çalışma yapılmıştır. İlk olarak kirazların çok yönlü fotoğrafları çekilmiş ve bunlar MATLAB programına aktarılmıştır. Görüntü işleme kullanılarak kirazların boyutları belirlenmiştir. Bu sayede kirazlar hassas bir şekilde boyutlandırılarak satış için en uygun ücretlendirme uygulanacaktır (Balcı ve ark., 2016). Tarımda yaprak hastalıklarının erken teşhisi önemli bir faktör olduğundan Patil ve Manohar, çalışmalarında domates tarlalarında yaprak hastalıklarının tespiti için bir model geliştirilmiştir. Bu amaçla, bilgisayar görüşü ve derin öğrenme tekniklerinden faydalanılmıştır (Patil ve Manohar, 2022). Tarımsal ürün sınıflandırmasına başka bir örnek olarak Bul vd., fasulyenin kalite bazlı sınıflandırmasını yapmışlardır.

Bu süreçte MATLAB programı kullanarak görüntü işleme ile fasulyelerin boyutlarını analiz etmişlerdir. Bu çalışma sonrasında %93'lük bir başarı oranı elde etmişlerdir (Bul ve ark., 2005). (Dang ve ark., 2010) yaptıkları çalışma tarım sektöründe göreceli gömülü teknoloji kullanarak gerçekleştirilen bir araştırmayı ele almaktadır. Araştırma, görüntü işleme tabanlı bir sistem kullanarak meyve boyutlarını tespit etme ve sınıflandırma yeteneği üzerine odaklanmıştır. Sistem, hızlı bir şekilde çalışabilmesi, doğru ölçüm ve sınıflandırma yapabilmesi ve düşük maliyet avantajına sahip olması gibi önemli avantajlara sahiptir. Diğer bir çalışma da Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilmekte olan 10 farklı ceviz çeşidini ele alarak cevizleri boyutlarına ve şekillerini göre sınıflandırmışlardır. Bu çalışmayı görüntü işleme tekniklerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen veriler ceviz çeşitlerinin farklı büyüklük, şekil ve küresellik özelliklerini ortaya koymaktadır. Elde edilen ceviz çeşitlerinin boyut ve şekil özellikleri, çeşitleri birbirinden ayırmak ve ayrıca ekipman tasarımında kullanılacak sıralama ve hasat sonrası işleme parametrelerini belirlemek için değerli bilgiler sunmaktadır (Ercisli ve ark., 2012). Bir muzun boyutunu ve olgunluğunu tespit etmek isteyen Mustafa ve diğerleri bu çalışmalarında MATLAB programını kullanarak görüntü işleme tekniğini gerçekleştirmişlerdir. Temel amaçları boyut için kenar tespiti yapmak ve renk değişikliklerinin muzun kalitesini belirlemesine yardımcı olmasını sağlamaktır (Mustafa ve ark., 2008). (Solak ve Altınışık, 2018) çalışmalarında, fındık meyvesi üzerinde çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada fındığı küçük, orta ve büyük olmak üzere üç sınıfa ayırmışlardır. K- means kümeleme ve orta tabanlı sınıflandırma yöntemlerini kullanarak görüntü işleme teklikleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda %100 düzeyinde bir başarı oranı ortaya çıkmıştır.

Başka bir tarım ürünü olan badem için genetikçilere ve endüstriyel kullanıma yardımcı olması açısından MATLAB programı ile görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Bademin kabuklu ve iç kısmını ayrı ayrı kullanılarak boyutsal bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir (Antonucci ve ark., 2012). Bir diğer çalışmada gerçek zamanlı olarak çalışan bir bant üstünde gelen elmaları fotoğraflamışlardır. Sonrasında bu fotoğraflar MATLAB yazılımına aktarılmış ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak işlenmiştir. Elmaların boyut, renk ve ağırlık tahminleri yapılmıştır. Tahminler ile alınan veriler karşılaştırıldığında %95'lik bir başarı oranı görülmüştür (Orhan ve ark., 2013). Sert, yaptığı tez çalışmasında TSE'nin oluşturduğu TS42 ve TS100 kaynağında elma ve şeftalinin sınıflandırma işlemini elektronik donanım ve yazılım ile gerçekleştirmiştir. Görüntü işleme ile yaptığı bu çalışmada MATLAB programı kullanmıştır (Sert, 2010). (İncekara ve Selek, 2020), yaptıkları çalışmada kiraz meyvesinin boyutsal sınıflandırmasını amaçlamışlardır. Kirazları küçük orta ve büyük olacak şekilde üç sınıfta toplamışlardır. Her bir kirazın fotoğrafını çekmiş ve MATLAB programına aktarmışlardır. MATLAB programı kullanarak görüntü işleme yöntemini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada dikkat ettikleri durum fotoğraflama işlemi sırasında kirazların üst üste gelmemesidir. Böylece sınıflandırma sonucunda elde edilen başarı oranı %100 olmuştur. (Şenel, 2020), çalışmasında kayısı çekirdeklerinin görüntü işleme metodu ile tatlı ve acı olarak ayırmayı hedeflemiştir. Bu çalışma için 98 acı, 135 adet tatlı kayısı çekirdeği kullanmıştır. Algoritmalardan aldığı sonuçları karşılaştırdığında %100'lük bir başarı oranı elde etmiştir. Bu sayede insan faktörü ortadan kaldırılarak bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirilebilecektir.

Bu çalışma, domateslerin şekil, boyut, renk ve olgunluk derecesi gibi özelliklerinin bilgisayar ortamında sınıflandırılmasını hedeflemektedir. Domatesler genellikle bant sistemleri üzerinde boyut veya olgunluk derecesine göre ayrıştırılırken, bu çalışma daha kapsamlı bir sınıflandırma yapmayı amaçlamaktadır. Manuel olarak bu işlemleri yapmak zaman alıcı ve maliyetli olabilirken, makine öğrenimi yöntemleri bu süreci otomatikleştirerek daha hızlı ve verimli bir sınıflandırma sağlamaktadır. Çalışmada K En Yakın Komşu (KNN), Naive Bayes (NB), Karar Ağacı (DT) ve İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

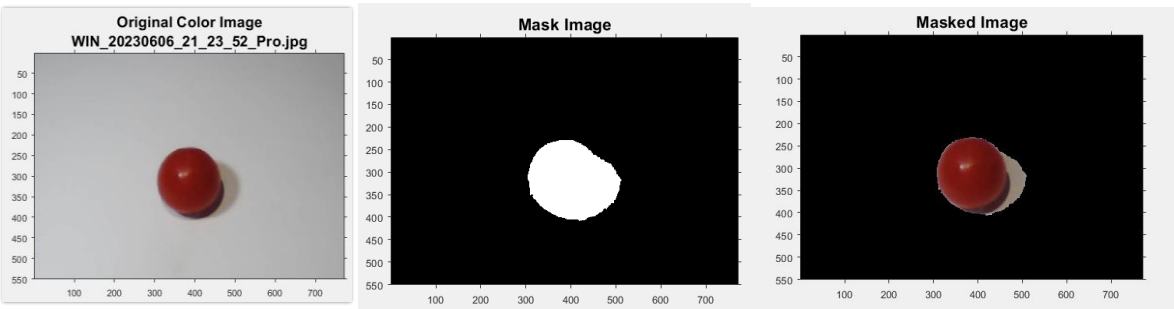
(CFNN) gibi makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır. Bu algoritmalar domateslerin özelliklerine dayalı olarak sınıflandırma yapmayı sağlar. Elde edilen sonuçlar, domateslerin türlerine göre daha doğru bir şekilde sınıflandırılmasını sağlayarak, ürünlerin kalitesinin artmasına katkıda bulunmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada domates sebzesini Çeri, Pembe ve Salkım olmak üzere türlerine göre sınıflandırma işlemi üzerine çalışılmaktadır. Çalışma için Şekil 1'de görülen işlem basamakları takip edilmiştir.

Şekil 1. Çalışmaya ait işlem basamakları

Çalışma yapılırken ilk olarak Çeri domates, Pembe domates ve Salkım domates gruplarından veri seti oluşturabilmek için her gruptan 10'ar tane örnek oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan bu örnek grubunun farklı açılardan 3'er adet fotoğrafı çekilerek elde edilen 90 fotoğraftan veri seti kütüphanesi oluşturulmuştur. Ardından bu fotoğrafların bulunduğu ortamdan arka planları kesilerek yalnızca nesnenin kaldığı, görüntüden nesne çıkarımı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem ile birlikte yalnızca nesne üzerindeki desen veya boyut özellikleri elde edilmiştir. Yapılan işleme ait örnek görüntü Şekil 2'de gösterilmiştir.



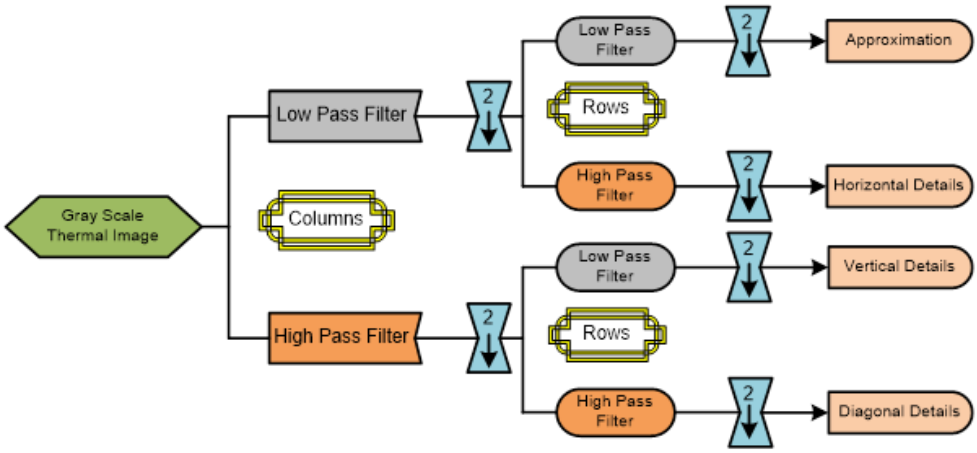
Şekil 2. Örnek görüntüye ait nesne çıkarımı ve maskeleme işlem aşamaları

Bu işlemin ardından elde edilen yeni görüntüler bir dosyada toplanarak, 2D Dalgacık Yöntemi kullanılarak özniteliklerinin elde edilmesi üzerine çalışılmıştır. Ardından elde edilen feat ve label parametreleri birleştirilerek data setleri elde edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen giriş veri seti

değerlerinin bulunduğu dosya alınarak makine öğrenmesi modellerinin bulunduğu klasöre dahil edilmiştir. Giriş veri seti değerleri bu aşamada sırasıyla K-en Yakın Komşu (KNN), Naive Bayes (NB), Karar Ağaçları (DT) ve İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (CFNN) makine öğrenmesi modellerinde eğitilmiştir. Bu aşamalar MATLAB R2021a programı kullanılarak modellenir. Program çıktısı olarak her bir modelin performans ve doğruluk sonuçları elde edilmiştir

2.1. Özniteliklerin Oluşturulması

Öznitelik oluşturma işlemi için 2D Dalgacık Dönüşümü modeli kullanılmıştır. Bu sayede her görüntüye ait farklı frekans bileşenleri elde edilebilir. Bu yöntem sonucundaki görüntü üzerindeki desenler, renkler ve boyut özellikleri ortaya çıkartılır. Görüntü önce alçak sonra yüksek filtreleme işlemi yaparak son adımda 4 adet alt görüntü oluşturur. Sonuç olarak bu işlemden geçen görüntü hakkında benzerlik değeri, yatay özellik, dikey özellik ve köşegen detayları elde edilir. 2D Dalgacık Dönüşümü Yönteminin çalışma prensibi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 2D Dalgacık Yöntemi çalışma yöntemi

Bu işlem sonucunda veriler elde edildikten sonra normalizasyon işlemi başlatılır. Normalizasyon işleminde elde edilen değerler sayısal olarak ifade edilir ve bu sayısal değerler çok basamaklı kompleks değerler olabilmektedir. Modelleri eğitme aşamasına geçmeden önde normalizasyon işlemi uygulanarak bu değerler 0 ve 1 arasına getirilir. Bu işlemin amacı çok değişkenli çalışmalarda doğru analizi yapabilmek için verilerin standartlaştırılmasıdır.

2.2 Sınıflandırma İşlemi Algoritmaları

2.2.1 K-en Yakın Komşu (KNN) Algoritması

KNN algoritması veriler arasında benzerlik ölçüsüne dayanarak tahmin yapmak için kullanılan bir algoritmadır. Bir girdi verisi girildiğinde KNN bu girdiye en yakın olan K sayıda bir eğitim verisi noktası belirler ve çoğunluk sınıfını ya da ortalama değeri tahmini olarak seçer. Bu iki değer arasında uzaklık hesaplamaları yapar ve bu hesaplama için de genellikle Pisagor bağıntısından yararlanır. KNN basit ve esnek bir algoritmadır bununla birlikte eğer girdi verileri çok büyük olursa hesaplama maliyeti artabilir. Böyle durumlarda uygun K değerini seçmek önemlidir.

2.2.2 Naive Bayes (NB) Algoritması

NB algoritması sınıflandırma için basit ve hızlı bir algoritmadır. Temel olarak Bayes teoremine dayanır. Bu şekilde sınıf etiketini tahmin etmektedir. Bayes Algoritması bağımsızlık varsayımına dayanır yani veri setinde ki özelliklerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Bu sebeple sınıf etiketinin olasılığı, özelliklerin olasılığının çarpımı olarak hesaplanır. Küçük veri setlerinde daha başarılıdır. Karmaşık modellerle rekabet edemez. Bayes yöntemi ile hesaplama yöntemi Denklem 1'de gösterilmektedir.

$$P(A|B)=\frac{P(B|A)*P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

P(A|B): B olayı gerçekleştiği durumda A olayının meydana gelme olasılığıdır.
P(B|A): A olayı gerçekleştiği durumda B olayının meydana gelme olasılığıdır.
P(A) ve P(B) : A ve B olaylarının önsel olasılıklarıdır.

2.2.3 Karar Ağaçları (DT) Algoritması

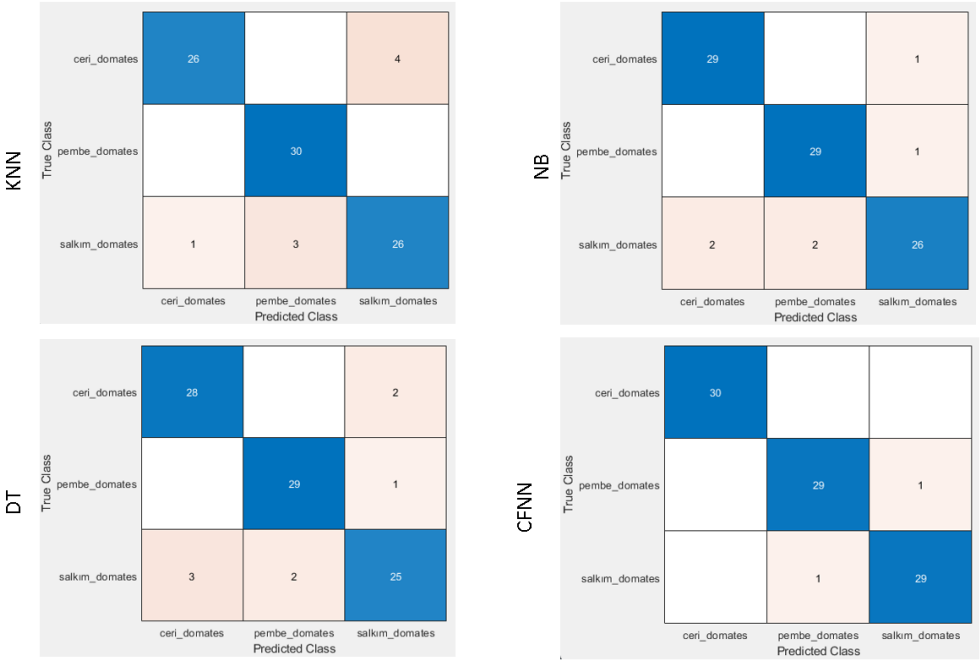
DT Algoritması temel olarak veri noktalarını kullanarak karar ağaçları dediğimiz veriler oluşturmaktadır. Bu ağaçlarda her iç düğüm bir özelliği temsil eder. Dallar ise özelliklere göre veri noktalarını farklı sınıflara veya değerlere ayırır. Yaprak düğümlerinde ise sonuç olarak bir sınıf etiketi bulunur. Karar ağaçları basit, anlaşılabilir ve yorumlanabilir olmasıyla ön plana çıkar. Ancak aşırı uyumlu olup problem yaşayabilirler yani veri setinin yapısına duyarlı olabilirler.

2.3.4 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (CFNN) Algoritması

CFNN Algoritması, görüntüleri tanımak ve sınıflandırmak için kullanılan bir yapay sinir ağıdır. Görüntülerdeki özellikleri bulmak için evrişimli katmanlar kullanır. Bu ağlar özelliklerin önemini anlamak için örnekleri öğrenir ve yeni görüntüleri sınıflandırmak için bu özellikleri kullanır. Yüksek doğruluk değerine sahiptir. Bu çalışmada İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarında veriler girdiden çıktıya doğru tek yönlü olarak ilerler ve burada katman düğümlerinde işlenirler.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada domates sebzesinin şekillerine göre sınıflandırma işlemi için K En Yakın Komşu (KNN), Naive Bayes (NB), Karar Ağacı (DT) ve İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (CFNN) algoritmaları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, CFNN algoritması %96 oranında en yüksek performansı sergilemiştir. Diğer üç algoritma olan KNN, NB ve DT ise sırasıyla %94, %90 ve %90 oranlarında benzer şekilde başarı göstermiştir. Bu sonuçlara göre, domates sınıflandırma işleminde en iyi performansı gösteren algoritmanın CFNN olduğu görülmektedir. CFNN, ileri beslemeli yapay sinir ağı yapısını kullanan bir algoritmadır ve domateslerin şekillerini doğru bir şekilde sınıflandırabilme yeteneği yüksektir. Bu bulgular, domates sınıflandırma sürecinin otomatikleştirilmesi ve verimliliğin artırılması için CFNN algoritmasının tercih edilebileceğini göstermektedir. Ancak diğer algoritmalar da yüksek başarı oranlarıyla iyi performans sergilemiştir, bu nedenle kullanılacak algoritmanın spesifik ihtiyaçlara ve kaynaklara bağlı olarak değerlendirilmesi önemlidir. Sonuç olarak, makine öğrenmesi algoritmalarının domates sınıflandırma sürecinde başarılı bir şekilde kullanılabildiği ve CFNN'nin en yüksek performansı sergilediği belirlenmiştir. Bu çalışma, tarım endüstrisinde verimliliği artırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Elde edilen doğruluk değerleri ve performans sonuçları Şekil 4'de ve Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sınıflandırma işleminden elde edilen doğruluk değerleri

Tablo 1. Performans değerleri tablosu

Makine Öğrenmesi Yöntemleri	Doğruluk Oranları	Duyarlılık	Kesinlik	F Ölçütü	Geometrik Ortalama (Gmean)
KNN	0.9000	1	0.7692	0.8695	0.9219
NB	0.9444	0.9666	0.8787	0.9206	0.9498
DT	0.9000	0.9666	0.7837	0.8656	0.9153
CFNN	0.9666	0.9666	0.9354	0.9508	0.9666

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, domateslerin çeşitlerine göre makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak başarılı bir şekilde sınıflandırıldığı gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, domates sebzelerinin fabrika ortamında, ihraç veya ürün yapımına hazır hale getirilmeden önce çeşitlerine göre sınıflandırılmasının bir dizi avantaj sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. İlk olarak, domateslerin çeşitlerine göre sınıflandırılması, elde edilen ürünün kalitesini artırabilir. Her çeşidin farklı özelliklere sahip olması ve farklı kalite standartlarına tabi olması muhtemeldir. Makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılmasıyla, her bir domates çeşidi için belirlenen kalite standartlarına uygun olarak sınıflandırma yapılabilir. Bu da daha homojen ve kaliteli ürünler elde edilmesine katkıda bulunabilir.

İkinci olarak, domateslerin çeşitlerine göre sınıflandırılması, ürün maliyetini düşürebilir. Farklı çeşitler arasında fiyat farklılıkları olabilir ve bazı çeşitler daha değerli veya talep edilen olabilir. Bu durumda, domateslerin doğru şekilde sınıflandırılmasıyla, daha değerli çeşitlerin ayrılması ve ayrı olarak işlenmesi mümkün olur. Bu da pazarlama stratejilerinin optimize edilmesini ve ürünlerin daha iyi bir fiyatlandırma ile satılmasını sağlayabilir. Son olarak, domateslerin otomatik olarak çeşitlerine göre sınıflandırılması, fabrika ortamında insan gücünün yetersiz kaldığı alanlarda sürecin otomatikleştirilmesini mümkün kılar. Manuel olarak sınıflandırma işlemi zaman alıcı ve maliyetli olabilirken, makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılmasıyla bu süreç otomatik hale getirilebilir. Bu da işgücü verimliliğini artırır ve fabrikada daha verimli bir üretim süreci sağlar. Sonuç olarak, domates sebzelerinin çeşitlerine göre makine öğrenmesi algoritmalarıyla başarılı bir şekilde sınıflandırılması, üretim sürecinde bir dizi avantaj sağlayabilir. Bu çalışma, domates ürünlerinin kalitesini artırmayı, ürün maliyetini düşürmeyi ve fabrika ortamında süreci otomatikleştirmeyi hedeflemektedir. Bu amaç

doğrultusunda yapılan çalışmanın olumlu sonuçları, domates üreticilerine ve fabrikalara önemli faydalar sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Antonucci, F., Costa, C., Pallottino, F., Paglia, G., Rimatori, V., De Giorgio, D., & Menesatti, P. (2012). Quantitative method for shape description of almond cultivars (Prunus amygdalus Batsch). Food and bioprocess technology, 5, 768-785.

Balcı, M., Altun, A. A., & Taşdemir, Ş. (2016). Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazlarin Sınıflandirilmasi. Selçuk-Teknik Dergisi, 15(3), 221-237.

Budak, Ş. (1998). Güney marmara bölgesi domates işleme sanayiinde işgücü planlaması ve farklı performans kriterlerine göre firmalararası karşılaştırma. Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2606899725).

Bul, E., Gelen, G., & Altun, H. (2005). Görüntü işlemeye dayalı tarımsal ürün sınıflandırma. Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı.

Dang, H., Song, J., & Guo, Q. (2010, August). A fruit size detecting and grading system based on image processing. In 2010 Second International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (Vol. 2, pp. 83-86). IEEE.

Doğanay, A. (2019). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde tanenin fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniği ile belirlenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Eğilmez, S., (2022). Ürün Raporu Domates 2022 Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.

Ercisli, S., Sayinci, B., Kara, M., Yildiz, C., & Ozturk, I. (2012). Determination of size and shape features of walnut (Juglans regia L.) cultivars using image processing. Scientia horticulturae, 133, 47-55.

Gönenç, S., ÖNER Y, (2021) Zeytin Tanelerinin Türünün Belirlenmesinde Görüntü İşleme ve Kümeleme Yöntemlerinin Kullanımı. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 6 (2), 137-151.

İncekara, H., & Selek, M. (2020). Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Kiraz Meyvesinin Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 108-112.

Kaya, S., Kaynaş, K., & Er, S., (2021). Farklı Domates Çeşitlerinin Güney Marmara Lokasyonlarındaki Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi: Çanakkale Domatesi Coğrafi İşaret Tescili. Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi , vol.2, no.4, 136-147.

Mustafa, NBA., Fuad, NA., Ahmed, SK., Abidin, AAZ., Ali, Z., Yit, WB, & Sharrif, ZAM (2008, Ağustos). Bir tarım ürününün görüntü işleme: Bir muzun boyutunun ve olgunluğunun belirlenmesi. 2008 yılında Uluslararası Bilgi Teknolojisi Sempozyumu (Cilt 1, s. 1-7). IEEE.

Ok, Ü. (2009). Tokat İli merkez köylerinde sırık domates' in üretim ve pazarlaması (Master's thesis, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Orhan, E. R., ÇETİŞLİ, B., SOFU, M. M., & KAYACAN, M. C. (2013). Gerçek zamanlı otomatik elma tasnifleme. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2), 31-38.

Patil, M. A., & Manohar, M. (2022). Enhanced radial basis function neural network for tomato plant disease leaf image segmentation. Ecological Informatics, 70, 101752.

Sabancı, K., Aydın, C., & Ünlerşen, M. F. (2012). Görüntü işleme ve yapay sinir ağları yardımıyla patates sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 2(2 Sp: A), 59-62.

Sert, E. (2010). *Görüntü işleme teknikleri ile şeftali ve elma sınıflandırma* (Master's thesis, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Solak, S., & Altınışık, U. (2018). Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflandırılması. Sakarya University Journal of Science, 22(1), 56-65.

Şahin, H. (2022) Dijital Tarım, Tarım 4.0, Akılı Tarım, Robotik Uygulamalar ve Otonom Sistemler. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 18 (2), 68-83.

Şenel, F. A. (2020). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Kayısı İç Çekirdeklerinin Sınıflandırılması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *9*(2), 807-815.

PALETLİ İNSANSIZ KARA TAŞITI (İKT) BAĞIMSIZ SÜSPANSİYON SİSTEMİNİN YAPISAL ANALİZİ

Mehmet Murat Topaç
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
murat.topac@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7462-1796

İsmail Duran
Katmerciler A.Ş., Ar-Ge Merkezi
ismail.duran@katmerciler.com.tr, ORCID: 0009-0008-1237-8963

Fahrettin Akpak
Katmerciler A.Ş., Ar-Ge Merkezi
fahrettin.akpak@katmerciler.com.tr, ORCID: 0009-0007-0336-8432

Şahan Sümer
Katmerciler A.Ş., Ar-Ge Merkezi
sahan.sumer@katmerciler.com.tr, ORCID: 0009-0006-4204-6121

Yaman Dökmecioğlu
Katmerciler A.Ş., Ar-Ge Merkezi
yaman.dokmecioglu@katmerciler.com.tr, ORCID: 0009-0005-0217-5327

Kübra Polat
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
kubra.polat@ogr.deu.edu.tr, ORCID: 0009-0004-7001-6291

Özet
Özel maksatlı bir paletli insansız silah platformu prototipinde kullanılan bağımsız süspansiyon sisteminin yapısal incelemesi, Sonlu Elemanlar Analizi (SEA) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, düz zeminde ve tam yüklü durumda palet makaralarına etkiyen düşey kuvvet, idealize edilmiş bir palet-zemin temas modeli yardımıyla hesaplanmıştır. İkinci aşamada, süspansiyonun kritik yüke maruz kaldığı durum, engebeli arazide düşük seyir hızında gerçekleştirilen saha testleri yardımıyla belirlenmiştir. Ek olarak, yanal eğimli yüzeyde, taşıt paletleri arasındaki yük transferi incelenmiştir. Son aşamada, bu veriler ışığında oluşturulan yük modelleri yardımıyla, bağımsız süspansiyonun SE analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen kritik yükler altında, süspansiyon kolu üzerinde ortaya çıkan gerilmeler elde edilmiş, sistemin yapısal emniyeti değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Savunma teknolojileri, İnsansız Kara Taşıtı (İKT), Paletli taşıtlar, Özel maksatlı taşıtlar, Bağımsız süspansiyon.

STRUCTURAL ANALYSIS OF A TRACKED UNMANNED GROUND VEHICLE (UGV) INDEPENDENT SUSPENSION

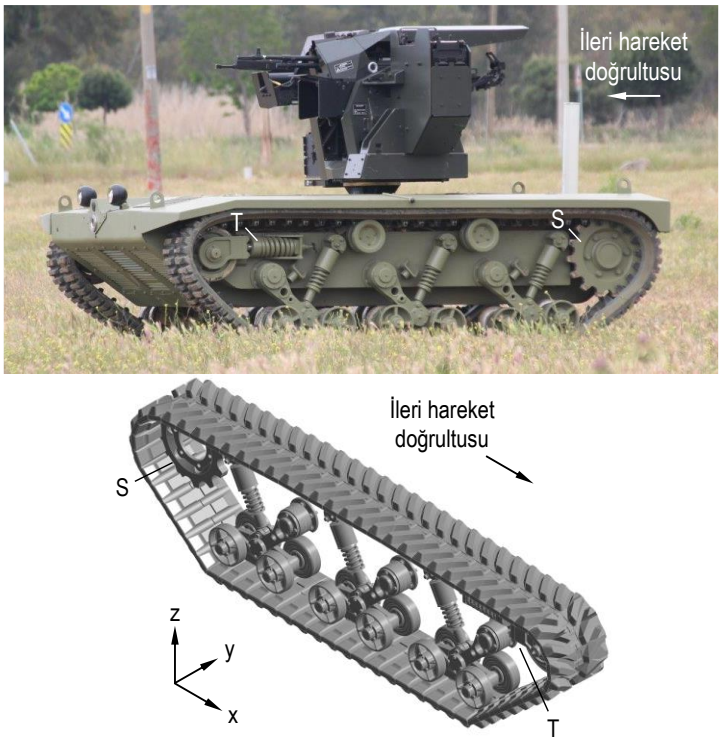
Abstract
The structural investigation of the independent suspension system used in a prototype tracked unmanned weapon platform was carried out with the help of Finite Element Analysis (FEA). For this purpose, firstly, the vertical force acting on the track rollers on flat ground and fully loaded is calculated with the help of an idealized track-ground contact model. In the second stage, the condition where the suspension is subjected to critical load was determined with the help of field tests carried out at low cruising speed on rough terrain. In addition, the load transfer between the vehicle tracks on the lateral inclined surface was investigated. In the last stage, FE analyses of the independent suspension were carried out with the help of load models created in the light of these data. Under the selected critical loads, the resulting stresses on the suspension arm were obtained and the structural safety of the system was evaluated.

Keywords: Defence technologies, Unmanned Ground Vehicle (UGV), Tracked vehicles, Special-purpose vehicles, Independent suspension.

1. GİRİŞ

İnsansız Kara Taşıtları / Araçları (İKT ya da İKA), mayın temizleme, yangın söndürme ve belirlenen bir hedefe atış yapabilme gibi insan hayatı açısından tehlike oluşturabilecek görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış özel maksatlı sistemleridir. Paletli yürüyüş sistemleri, yol dışı koşullarda çekiş ve manevra kabiliyeti açısından sağladığı üstünlük nedeniyle, bu tip taşıtlarda giderek artan oranda uygulanmaya başlamıştır (Bekker, 1956), (Wong, 1997), (Wong, 2001). Paletli taşıt tasarımında bağımsız süspansiyona sahip yürüyüş sistemlerinin kullanılması, özellikle yol dışı koşullarda avantaj sağlamaktadır. Mobilite açısından kritik öneme sahip olan süspansiyon elemanlarının, bu durumda ortaya çıkabilecek çok çeşitli yükleme senaryoları altında da mukavemet gereksinimlerini karşılaması beklenir.

Bu çalışmada, genel görünümü Şekil 1.a'da, lastik paletli yürüyüş düzeni ise Şekil 1.b'de görülen elektrik tahrikli bir insansız atış platformu prototipinin bağımsız süspansiyon sistemi, Sonlu Elemanlar Analizi (SEA) yardımıyla yapısal açıdan değerlendirilmiştir. İlk olarak, taşıtın yol dışı koşullardaki hareket davranışının gözlemlenmesi amacıyla gerçekleştirilen saha testleri sırasında, bağımsız süspansiyon elemanlarının kritik yüke maruz kaldığı değerlendirilen manevralar belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, bunlar arasından seçilen yük durumları için tasarım incelemesi gerçekleştirilmiştir. Taşıtın mobilite limitleri de dikkate alınarak, söz konusu manevraları temsil eden, idealize edilmiş yük modelleri oluşturulmuştur. Süspansiyonun sanal modeli yardımıyla, bir Sonlu Elemanlar (SE) modeli oluşturulmuş ve seçilen farklı yükleme senaryoları için sistemin gerilme analizlerini içeren bir durum çalışması yapılmıştır.



a **b**

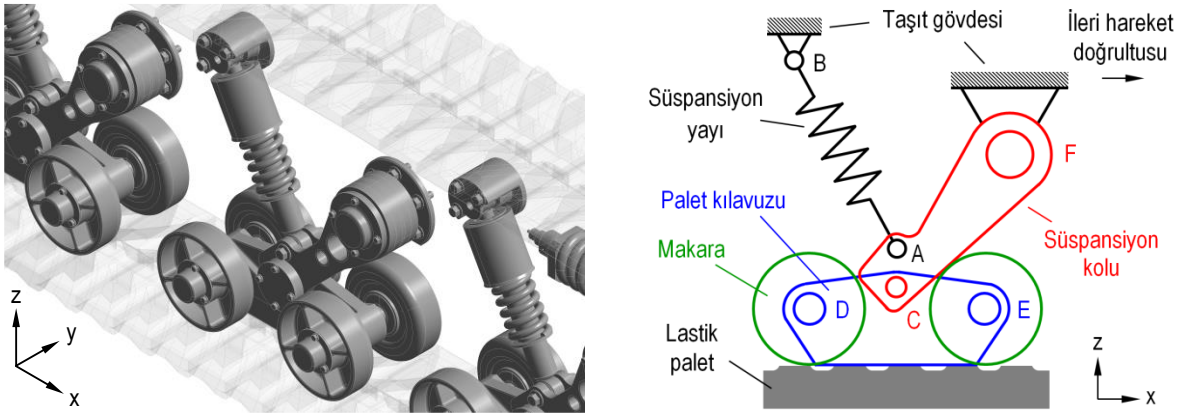
Şekil 7.a. İnsansız Kara Taşıtı'nın (İKT) genel görünümü, **b.** Lastik paletli yürüyüş düzeni

Açık literatürde, paletli bağımsız süspansiyonlu taşıtların dinamik analizine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Çalışkan ve Ünlüsoy, 2007) (Çalışkan ve ark., 2009). Ancak bu tip taşıtların süspansiyon elemanlarının yapısal değerlendirmesine yönelik yayınlara nadiren rastlanmaktadır. Bu çalışmayla, bu eksikliğin giderilmesine belirli ölçüde katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Sistemin Yapısı

Çalışma kapsamında incelenen lastik paletli yürüyüş düzenine ait bağımsız süspansiyon donanımı ve sistemin fiziksel modeli Şekil 2'de verilmektedir. Bir palet sisteminde toplam üç çift makara takımı bulunmaktadır. Her makara çifti, bir palet kılavuzuna D ve E pimleri yardımıyla, CDE palet kılavuzu ise ACF süspansiyon koluna C yatağı yardımıyla dönebilir şekilde yataklanmıştır. F döner mafsalı yardımıyla taşıt gövdesine yataklanan süspansiyon kolu, aynı zamanda AB helisel yayını ve bununla eş eksenli çalışan amortisörü taşımaktadır. Makara çiftleri ve palet kılavuzları, lastik paletin iç yüzeyinde hareket etmektedir. Palet, Şekil 1.a'da görülen bir tahrik çarkı (S) aracılığı ile motordan aldığı tahrik momentini zemine aktarmaktadır. Paletin zemine güç iletmesi sırasında ihtiyaç duyduğu gergi kuvveti ise bir gergi donanımı (T) yardımıyla sağlanmaktadır.

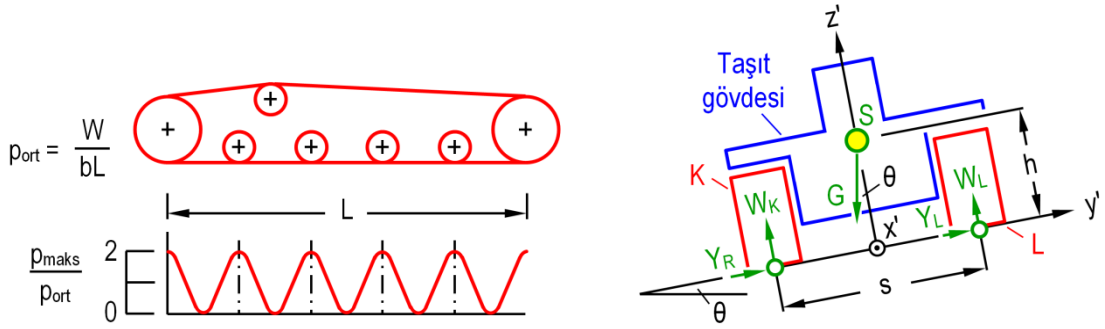


a **b**

Şekil 2.a. IKT bağımsız süspansiyonunun yapısı **b.** Sistemin fiziksel modeli

2.2 Yük Modeli

Süspansiyon bileşenlerinin farklı yük tipleri altındaki yapısal davranışının incelenebilmesi için taşıtın tam yüklü pozisyonda düz bir zemin üzerinde bulunduğu durumda, makaralara etkiyen düşey kuvvet, referans yük değeri olarak seçilmiştir. Literatürde, bu duruma karşılık gelen palet yüzey basıncı için düzgün ve düzgün olmayan çok çeşitli idealize edilmiş dağılım modelleri verilmektedir (Bekker, 1956), (Wong, 2001). Bu çalışmada, basitleştirme amacıyla, eğimsiz bir zemin üzerinde duran paletli taşıt için palet-zemin temas yüzeyindeki normal basınç dağılımının, Şekil 3.a'da görülmekte olan çok tepeli (multipeak) ideal sinüzoidal karakteristiğe uyduğu kabul edilmiştir (Wills, 1963) (Wong, 2001).



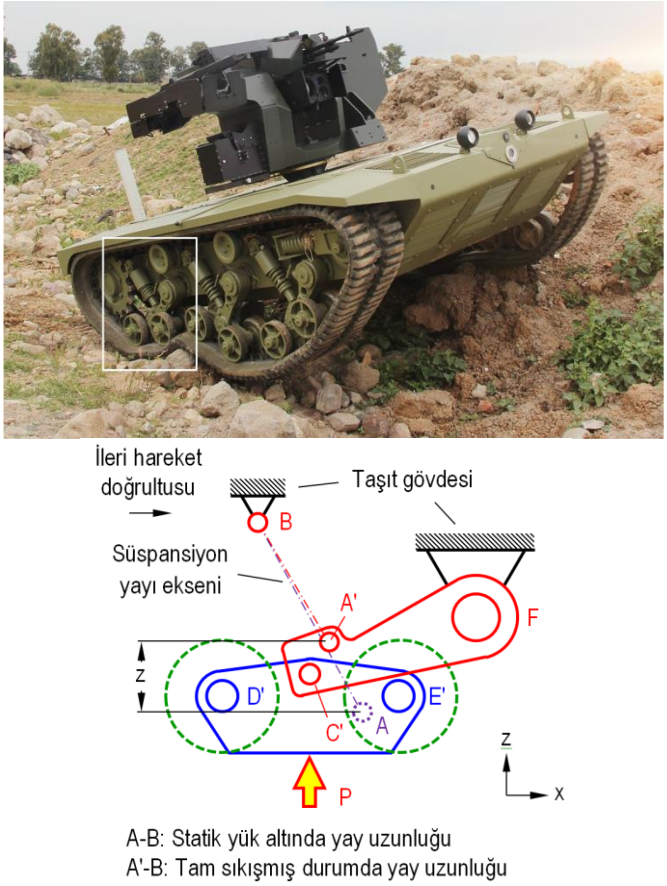
a **b**

Şekil 3.a. Palet-zemin temas yüzeyindeki idealize edilmiş normal basınç dağılımı (Wong, 2001)

b. Yanal eğimde taşıta etkiyen kuvvetler

Burada, W palete etkiyen düşey yük, b palet genişliği, L efektif palet-zemin temas uzunluğu, p_{maks} maksimum yüzey basıncı ve p_{ort} ortalama yüzey basıncıdır. Taşıtın kütle merkezinin x koordinatının, efektif L uzunluğunun ortasında olduğu varsayılmıştır. Taşıtın yanal eğimli bir yüzey üzerinde bulunması durumunda ise paletler arasında yük transferi meydana gelmesi beklenir. Kritik yük tiplerinin

incelendiği yapısal analizlerde, bu durumun etkileri de dikkate alınmıştır. Yanal eğimli bir yüzeyde bulunan bir paletli taşıtın serbest cisim diyagramı Şekil 3.b'de görülmektedir. Bu pozisyonda, K paletine etkiyen toplam düşey ve yanal yükler (Bekker, 1956) ve (Jazar, 2008)'e göre hesaplanmıştır. Burada θ, yanal eğim açısı, s palet iz genişliği, S kütle merkezi, h kütle merkezinin yerden yüksekliği ve G taşıt ağırlığıdır. Testlerde gözlenen kritik bir yükleme durumu, taşıtın engebeli arazi üzerinde hareketi sırasında, tümsek yüksekliğinin belirli bir sınırın üzerinde olması halinde ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.a'da da görülen bu durumda, palet yükünün yaklaşık tamamının bir makara çifti tarafından taşındığı kabul edilmiştir.



a **b**

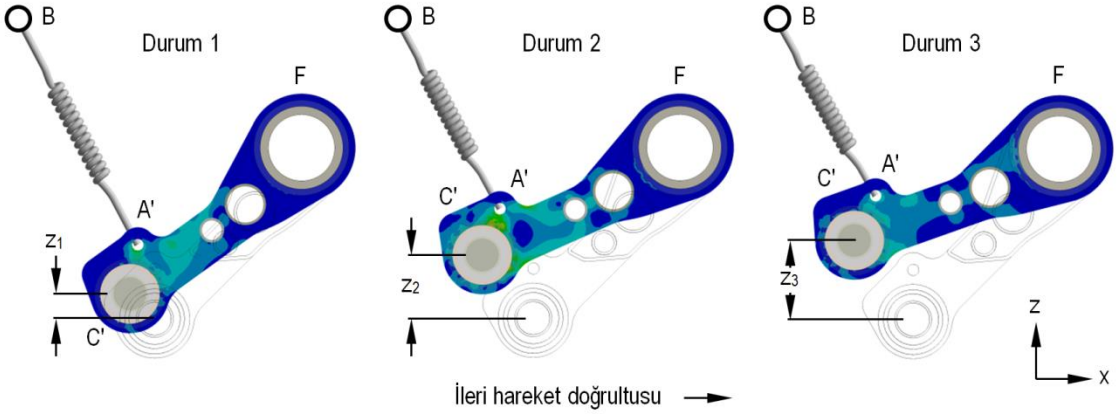
Şekil 4.a. Düşük hızda engel geçme manevrası **b.** Palet yükünün tek makara çifti tarafından karşılanması durumunda, süspansiyon elemanlarının şematik konumu

2.3 Sonlu Elemanlar Modeli ve Analizler

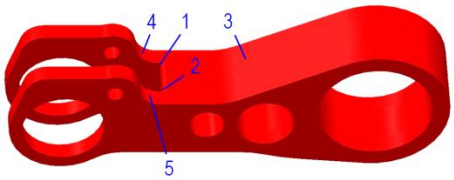
Süspansiyon sisteminin Şekil 2.a'da görülen katı modeli, sanki statik SE analizlerinin gerçekleştirilmesi için ANSYS® Workbench™ ticari yazılımına aktarılmıştır. Süspansiyonda kullanılan helisel yaya ait yay sabiti, yayın yapısal parametreleri yardımıyla belirlenmiş ve SE modelinde tanımlanmıştır. Zemin yükünün modele, Şekil 4.b'de görüldüğü gibi düşey olarak etkidiği varsayılmıştır. Modele ilk olarak, idealize edilmiş maksimum statik yük uygulanmış ve yapı elemanları üzerinde bu durumda ortaya çıkan eşdeğer gerilme dağılımı belirlenmiştir (Durum 1). Bu durumda, platformun eğimsiz düz bir zemin üzerinde bulunduğu ve taşıt yükünün tüm makaralara eşit olarak dağıldığı varsayılmıştır. Daha sonra, düz yolda tek palet tarafından taşınması gereken düşey yükün (taşıtın yarı ağırlığı), Şekil 4.a'ya uygun olarak bir makara çiftine etki ettiği durum incelenmiştir (Durum 2). Son olarak atış platformunun, Şekil 3.b'de görülen duruma benzer şekilde, taşıt tasarımı açısından öngörülen nominal yanal eğim açısının (θ) 1,5 katı eğim altında dengede bulunduğu durum incelenmiştir. Bu sırada, yanal yük transferi nedeniyle daha fazla yüke maruz kalan paletin taşıdığı düşey kuvvet W_R hesaplanmış ve bu kuvvetin, Durum 2'ye benzer şekilde, yalnızca bir makara çifti tarafından taşındığı düşünülmüştür (Durum 3). Bu analizde ek olarak, bu durum için palete etkidiği düşünülen yanal kuvvet de (Y_R) dikkate alınmıştır.

3. TARTIŞMA

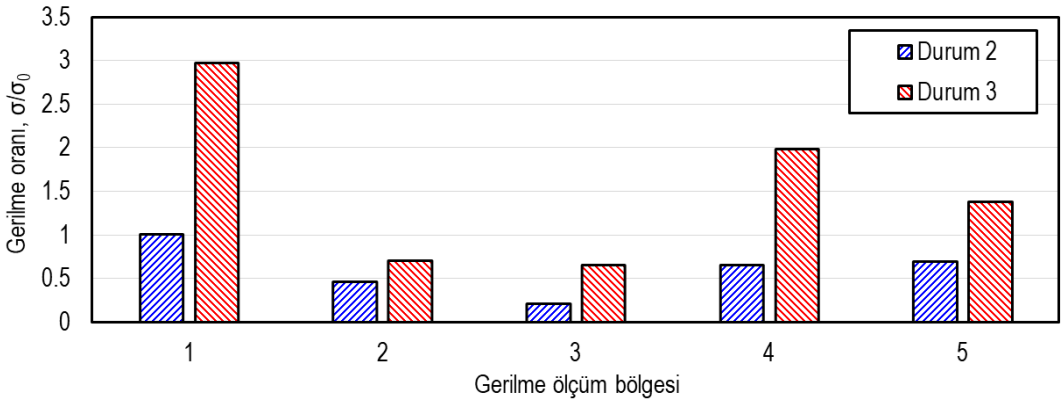
Seçilen üç farklı yükleme durumu için gerçekleştirilen analizler, süspansiyon kolunun diğer yapı elemanlarına göre daha fazla zorlandığını da ortaya koymuştur. Süspansiyon kolu üzerinde ortaya çıkan eşdeğer gerilme dağılımları, Şekil 5'te görülmektedir. Durum 1 için elde edilen gerilme değerlerinin, parçanın akma sınırının oldukça altında kaldığı görülmüştür. Bu durumda, süspansiyon kolu-palet kılavuzu bağlantı pimi C, düşey z ekseninde taşıt gövdesine göre z_1 kadar yer değiştirmektedir. C piminin taşıt gövdesine göre en yüksek düşey yer değişimi, beklendiği gibi Durum 3 için elde edilmiştir (z_3). Seçilen iki kritik yükleme durumunun, gerilme dağılımı üzerindeki etkisinin incelenebilmesi amacıyla, süspansiyon kolu üzerinde, Şekil 6.a'da görülen beş adet (1-5) gerilme ölçüm bölgesi belirlenmiştir. Durum 2 ve Durum 3 için bu bölgelerden elde edilen eşdeğer gerilme değerleri (σ), Şekil 6.b'de oransal olarak karşılaştırılmıştır. Burada, Durum 2 için ölçüm noktası 1'den okunan gerilme değeri (σ_0) referans kabul edilmiştir. Diğer bir deyişle, söz konusu yükleme durumu için bu noktada σ/σ_0 oranı 1 kabul edilmektedir.



Şekil 5. İncelenen yükleme durumları için süspansiyon kolu üzerinde eşdeğer gerilme dağılımları



a



b

Şekil 6.a. Süspansiyon kolu üzerindeki gerilme ölçüm noktaları **b.** bu noktalarda ölçülen gerilmelerin, yük durumlarına bağlı değişimleri

Buna göre, Durum 2'ye kıyasla ve Durum 3 için gerilme ölçüm bölgelerindeki eşdeğer gerilme değerlerinin yaklaşık olarak, birinci, üçüncü ve dördüncü bölgelerde 3 katına, ikinci bölgede 1,5 katına

ve beşinci bölgede 2 katına çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlar, eğimli yüzey üzerinde paletler arasındaki yanal yük transferinin ve süspansiyon sistemine etkiyen yan kuvvetin, süspansiyon kolu üzerinde ortaya çıkan eşdeğer gerilmeyi dikkate değer biçimde etkilediğini göstermektedir. Sistem genel olarak, incelenen tüm yük durumları için mukavemet koşullarını, yüksek emniyet katsayısı ile karşılamaktadır. Çalışma kapsamında incelenen en kritik yükleme durumu olan Durum 3 için elde edilen gerilme değerlerinin, süspansiyon yapı elemanlarının yorulma limitlerinin altında kaldığı gözlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, özel maksatlı bir paletli insansız kara taşıtının bağımsız süspansiyonu, farklı kritik yük durumları için SEA yardımıyla, yapısal olarak incelenmiştir. Taşıt süspansiyonunun, incelenen tüm örnek yükleme durumları için yapısal güvenlik koşulunu, yüksek emniyet katsayısıyla sağlamakta olduğu belirlenmiştir. Kritik yük durumları için gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen gerilmelerin, parçanın yorulma sınırının altında kaldığı görülmüştür. Diğer taraftan, özellikle yol dışı koşullarda gerçekleştirilen manevralar sırasında, yanal eğimin neden olduğu ek yüklemenin, süspansiyon elemanlarında ortaya çıkan gerilme dağılımını dikkate değer ölçüde değiştirebildiği belirlenmiştir. Bu durum, paletli taşıt bağımsız süspansiyonlarının tasarımında, yanal eğimde hareketi de içeren kritik yük senaryolarının da tasarım aşamasında dikkate alınmasının gerekliliğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışma kapsamında sağladıkları teknik destekten dolayı, başta Genel Müdür Sn. Mehmet Katmerci olmak üzere, Katmerciler A.Ş. yönetimine ve NUMESYS İleri Mühendislik A.Ş'ye teşekkür ederler. Bu çalışma kapsamında sunulan teknik malzeme ile Şekil 1, Şekil 2.a ve Şekil 4.a, Katmerciler A.Ş.'nin yazılı izniyle yayımlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Bekker, M.G. (1956), Theory of Land Locomotion, Michigan: University of Michigan Press.

Çalışkan K., Ünlüsoy, Y.S. (2007). 3-Boyutlu Paletli Araç Dinamiği Simülasyonu. USMOS 2007: İkinci Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı. ODTÜ, Ankara.

Çalışkan, K., Ünlüsoy, Y.S., Tuncer, B. (2009). 3-Boyutlu Paletli Araç Modeli Geliştirilmesi ve Doğrulanması, USMOS2009: Üçüncü Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı. ODTÜ, Ankara.

Jazar, R.N. (2008). Vehicle Dynamics: Theory and Application. New York: Springer Science+Business Media, LLC.

Wills, B.M.D. (1963), The Measurement of Soil Shear Strength and Deformation Moduli and a Comparison of the Actual and Theoretical Performance of a Family of Rigid Tracks. Journal of Agricultural Engineering Research, 8(2), 83-88.

Wong, J.Y. (1997), Dynamics of Tracked Vehicles. Vehicle System Dynamics, 28(2-3), 197-219.

Wong, J.Y. (2001), Theory of Ground Vehicles, Chichester: John Wiley & Sons, Inc.

VAGON KANTARI SİSTEMİ TASARIMI VE ANALİZİ

Ferhat BADEM
Atatürk Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Erzurum
ferhat.badem19@ogr.atauni.edu.tr, ORCID: 0009-0009-3526-4966

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Kantarlar, ağırlık veya kütle ölçümleri için kullanılan cihazlardır. Taşıt ve tren kantarları, büyük taşıtların ağırlığını ölçmek için kullanılan özel bir kantar türüdür. Kullanım kullanımının kolay olması ve ucuzluk sebebiyle alışılmış mekanik terazilerin yerini elektronik olanlar almaktadır. Bilgisayar yardımıyla kontrolü sağlanan elektronik teraziler kolaylık ve hızlı çalışma imkânı vermektedir. Bu çalışmada ise, Kantar üreticilerinin tasarımları incelenerek pazara uygun bir 200 ton kapasiteli dinamik vagon kantarı tasarımı Solidworks programında gerçekleştirilmiştir. Uygun yük hücreleri kullanılarak, farklı kuvvet aralıklarında yük uygulayarak bir CAE programında statik analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda deformasyon, gerinim ve gerilim değerleri bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak en uygun yük hücresinin seçiminde kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vagon Kantarı, Demiryolu Kantarı, Analiz, Yük Hücresi

DESIGN AND ANALYSIS OF RAILWAY MESURING SYSTEM

Abstract
Scales are devices used for weight or mass measurements. Truck and train scales are a special type of scale used to measure the weight of large vehicles. Due to ease of use and cheapness, electronic ones replace conventional mechanical scales. Electronic scales, which are controlled with the help of a computer, provide the opportunity to work easily and quickly. In this study, the designs of scale manufacturers were examined and a dynamic wagon scale design with a 200 ton capacity suitable for the market was carried out in Solidworks program. Static analysis was performed in a CAE program by applying loads at different strength ranges using appropriate load cells. As a result of the analysis, deformation, strain, and stress values were found. These values were used in the selection of the most suitable load cell.

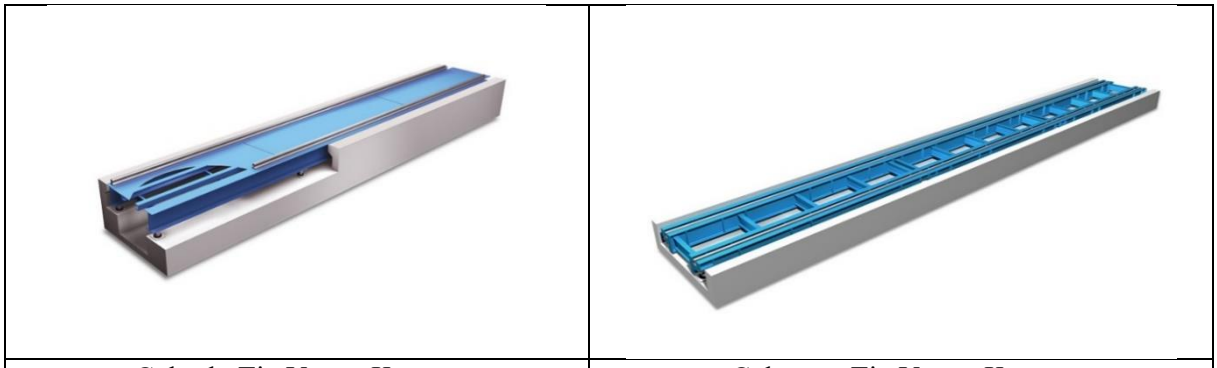
Keywords: Wagon scale, Railway Weighbridge, Analysis, Load Cell

GİRİŞ

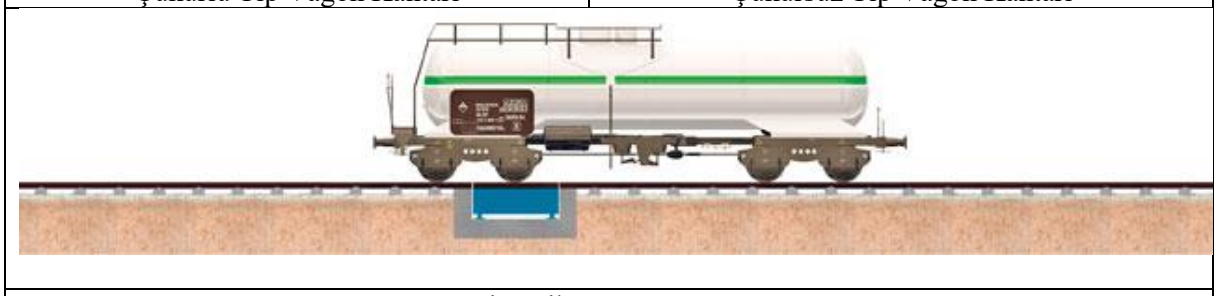
İnsanlık tarihinin başlangıcında insanlar ürettikleri fazla malları başka mal ve ürünlerle takas etmeye veya satmaya başladılar. Bu alışverişi doğru yapmak ve alıcılarla satıcıların satın alma konusunda anlaşmaya varmalarına yardımcı olmak için ölçüm cihazına ihtiyacı üzerine terazi sistemleri icat edildi (şekil 1). Zamanla ticaret, dünya çapında daha da genişledi ve tüccarlar diğer ülkelerden mal alıp satmaya başladı. Daha sonra sanayileşme hızlı üretime ve daha büyük miktarlarda ve ağırlıklarda ticarete yol açtı. Osmanlı zamanında kullanılan bazı terazi örnekleri Şekil 1'de verilmiştir. [1] Terazilerin genellikle daha büyük kapasiteleri olanları için kantar ifadesi kullanılır. Mekanik ve elektriksel olarak iki farklı tip kantar yaygın olarak kullanılır. Günümüzde otomasyon istemlere uyumluluğu sebebiyle yaygın olarak elektriksel prensipli kantarlar yaygın olarak kullanılırlar.

Şekil 12. Eskiden kullanılan Kantar tipleri

Taşıt kantarı, büyük taşıtların ağırlığını ölçmek için kullanılan özel bir kantar türüdür. Bu kantarlar, vagon, kamyon, otobüs, treyler, tanker ve diğer ağır vasıtalar gibi ağır vasıtaların taşıma yükünü kontrol etmek, aşırı yüklenmeyi önlemek ve güvenliği sağlamak için kullanılır. Taşıt kantarları, çeşitli tip ve boyutlardaki araçları tartmak için farklı şekillerde tasarlanabilir. Bu kantarlar ayrıca aracınızın ön ve arka tekerleklerini ayrı ayrı tartabilir. Aşırı yüklenmeyi önlemek için bu çok önemlidir. Aşağıda verilen Şekil 2'de farklı tiplerdeki vagon kantarları mevcuttur.



Çukurlu Tip Vagon Kantarı | Çukursuz Tip Vagon Kantarı



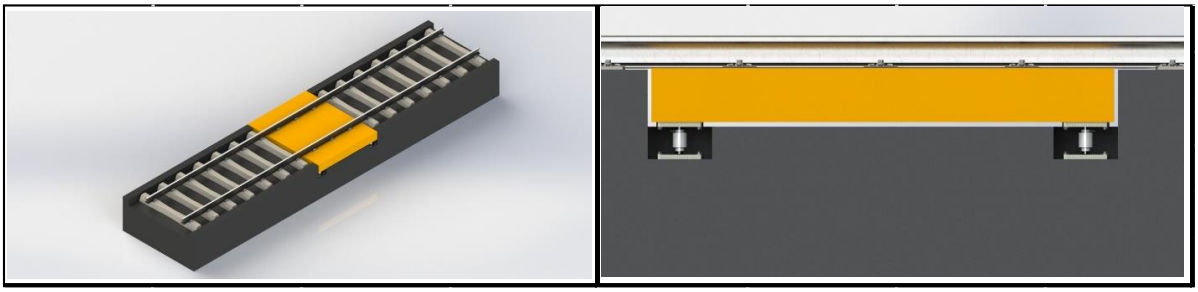
Dinamik Vagon Kantarı

Şekil 13. Vagon Kantarı Çeşitleri

Vagon Kantarlarının yapısı incelendiğinde platform, yük hücresi ve elektronik kısımdan meydana gelmektedir. Tasarım yukarıdaki şekilde belirtildiği gibi farklı şekillerden meydana gelebilmektedir. Tasarımı geliştirmeye başlamadan önce analiz edilmesi gereken farklı birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; yapımda kullanılan malzemeler, platform ebatları ve kullanılan elektronik malzemelerdir. Platform genellikle Çelik yapıdan oluşur ve çukurlu, çukursuz veya dinamik kantar seçeneğine göre boyutları değişmektedir. Bu çalışmada yukarıda verilen tüm kantar tipleri belirlenen kriterler neticesinde detaylı olarak incelenmiştir ve dinamik vagon kantarı tasarımına karar verilmiştir. Kantarı kapasitesi 200 ton olarak belirlenmiştir. Tasarımın ve kantarların en önemli parçası yük hücreleridir. Yük hücresi alaşımlı çelik veya alüminyum malzemelerin üzerine yapıştırılan dirençli uzama ölçerlerin (strain gauge) gerinimi daha fazla hissedebilmesi için belli yerlerinin zayıflatılarak üzerine yük uygulandığında oluşan gerinimi ölçmeleri ve meydana gelen elektrik sinyallerini analog-dijital çeviriciye göndererek ağırlığın ölçülmesini sağlaması yük hücrelerinin çalışma prensibidir.
Sistemin tasarımı ve sistemde kullanılacak yük hücreleri SOLIDWORKS programı kullanılarak 3D olarak tasarlanmıştır. Daha sonrasında tasarım Solidworks Simulation'a aktarılarak statik analizleri yapılmıştır. Statik analizler sonucunda deformasyon, gerinim ve gerilim değerleri belirlenmiştir.

VAGON KANTARI ve YÜK HÜCRELERİ TASARIMI

Piyasadaki farklı firmalar tarafından tasarlanmış dinamik vagon kantarları göz önünde bulundurularak piyasaya uygun bir dinamik vagon kantarı SOLİIDWORKS programında tasarlanmıştır. Tasarlanan vagon kantarı şekil 3'te gösterilmiştir. Demiryolunun altı beton zemin ve platform çelik malzemeden yapılmıştır. Piyasadaki araştırmalar sonucunda tasarımda 4 adet yük hücresi kullanılmasına karar verilmiştir.

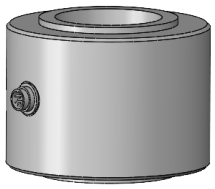
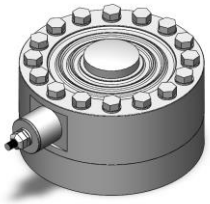
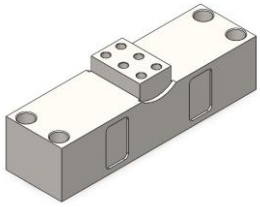


Şekil 14. Vagon Kantar Tasarımı

Yük hücrelerinin yerleştirileceği alan yardımcı aparatlar kullanılarak farklı tip yük hücreleri için uygun biçimde tasarlanmıştır. Platform ebadı 1.8 m x 3.5 m olarak belirlenmiştir. TCDD'den alınan verilere göre ortalama bir lokomotif ağırlığı 100 ton olduğu için buna göre yük hücresi seçimi yapılmıştır. Piyasa araştırması yapılıp farklı tiplerde uygun yük hücreleri belirlenmiştir. Bu yük hücreleri sıklıkla tercih edilen ve kolay tedarik edilebilecek yük hücreleridir. Şekil 4'te kullanılan yük hücrelerinin tasarım görüntüleri verilmiştir. Yapılan tasarıma uygun olarak piyasada bulunan ve tedarik edilebilirliği olan yük hücreleri araştırılmış ve bunlar arasından 4 farklı yük hücresi belirlenmiştir. Bunlar; Interface marka 2161 model yük hücresi, Esit marka HSCD model yük hücresi, İnterface marka LWHP18 model yük hücresi ve Baykon marka BY554HT yük hücresidir. Belirlenen yük hücrelerinin özellik tablosu aşağıda tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 5. Seçilen Yük Hücrelerinin Özellik Tablosu

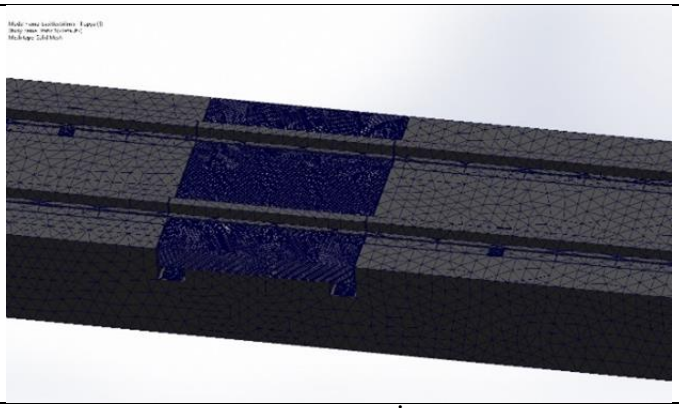
Kriter / Yük Hücresi Tipi	Kolon	Pancake	Piezo	Çift Mesnetli Lama
Maliyet (USD)	3850	760	1575	2600
Toplam Deformasyon Miktarı (mm)	0,320	0,248	0,190	0,168
Toplam Gerinim (mm)	0,003	0,004	0,002	0,003
Toplam Deformasyon (MPa)	236,2	1428	1080	1080
Doğrusallık (%)	0,15	0,012	0,5	0,1
Sürünme (%)	0,05	0,05	0,1	0,05
Sıfıra Dönüş Hatası	0,003	0,055	0,03	0,5
Toza Dayanıklılık	6 (IP 68)	6 (IP 68)	6 (IP 67)	6 (IP 67)
Suya Dayanıklılık	8 (IP 68)	8 (IP 68)	5 (IP 67)	7 (IP 67)
Max. Kapasite (kN)	4450	1250	1000	6700

	
2161 HIGH CAPACITY COLUMN COMPRESSION ONLY LOAD CELL	LWHP18 HIGH CAPACITY PRECISION LOAD WASHER LOAD CELL
	
HSCD BASI TİPİ DİJİTAL YÜK HÜCRESİ	BY554 / BY554HT ÇİFT MESNETLİ LAMA TİPİ YÜK HÜCRESİ

Şekil 15. Tasarımı Yapılan Yük Hücreleri

VAGON KANTARI ÖLÇÜM DÜZENEĞİ ve YÜK HÜCRELERİNİN ANALİZİ

Kantarın tasarımı tamamlandıktan sonra analiz çalışmasına geçilmiştir. Analiz aşamasını kolaylaştırmak adına tasarım basitleştirilmiştir. Analiz için SOLIDWORKS Simulation programı kullanılmıştır. Malzeme seçimi, uygun mesh işlemi, deformasyon miktarı, kuvvetin tanımlanması, stress ve strain analiz parametreleri olarak belirlenmiştir. Yük hücreleri Platformun altında kalacağı için kuvvet raylara uygulanmıştır. Platformun ve yük hücrelerinin davranışlarını incelemek için farklı kuvvetlerde yük uygulanmıştır. Bu kuvvetler; 1000 kN, 2000 kN ve 3000 kN olarak belirlelnmiştir. Vagon Kantarı Ölçüm Düzeneği tasarım aşaması gerçekleştirildikten sonra Şekil 5'te görüldüğü gibi bir mesh atması yapılır. Tanımlama yapılırken kantar platformunun yük hücrelerine atılan meshlerin sığ bir şekilde olması gerekmektedir ve bu şekilde mekanik kontrol sağlanmaktadır.



Şekil 16. Mesh İşlemi

Piezo Tip Yük Hücresi

Her bir yük hücresinin kendine özgü malzemesi olduğu gibi aynı tipteki yük hücrelerinde de malzemler farklılık gösterebiliyor. Tasarıma uygun kapasiteli yük hücresi seçilip malzemesi ise programda bulunan en uygun malzemelerden yapılmıştır. Buna göre piezo tipi yük hücresinin malzeme seçimi paslanmaz çelik malzeme olarak seçilmiştir ve yukarıda belirtildiği gibi 3 kuvvet uygulanmıştır.

Çift Mesnetli Lama Tip Yük Hücresi

Malzeme olarak Alaşımlı Çelik(17CrS3) seçilmiştir. Piezo tipli yük hücresi için uygulanan bütün adımlar bu yük hücresi için de uygulanmıştır.

Pancake Tip Yük Hücresi
Malzeme olarak paslanmaz çelik (ferritik) seçilmiştir. Piezo tipli yük hücresi için uygulanan tüm adımlar bu yük hücresi için de uygulanmıştır.
Kolon Tipi Yük Hücresi
Malzeme olarak Alaşımlı Çelik(14NiCrMo134) kullanılmıştır. Önceki aşamalardaki aynı adımlarla analiz yapılmıştır.

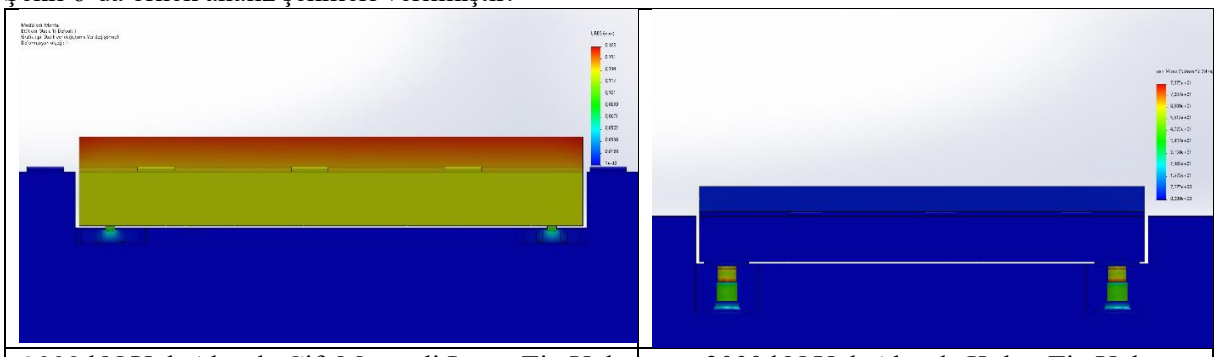
ANALİZ SONUÇLARI

Analiz işlemi yapılırken aşağıda belirtilen işlemler uygulanmıştır.

1. Öncelikle parçalara otomatik mesh atılmıştır. Sonrasında ise daha net sonuçlar elde edebilmek amacıyla platform ve yük hücrelerinin olduğu kısma ince mesh atılmıştır.

2. Kuvvet uygulanırken tren iki raya da temas edeceği için yayılı yük uygulanmıştır.

Şekil 6'da örnek analiz şekilleri verilmiştir.



2000 kN Yük Altında Çift Mesnetli Lama Tip Yük Hücresinin Deformasyon Sonucu	3000 kN Yük Altında Kolon Tip Yük Hücresinin Gerilim Sonucu

Şekil 17. Örnek Analiz Şekilleri

Aşağıda yer alan Tablo 3'te yük hücrelerinin üzerine uygulanan farklı kuvvetteki analiz sonuçları detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 6. Yük Hücrelerine Uygulanan Farklı Kuvvetlere Göre Analiz Sonuçları

Kriter / Yük Hücresi Tipi	Piezo	Çift Mesnetli Lama	Pancake	Kolon
MALZEME	Paslanmaz Çelik (1.4031 X39Cr13)	Alaşımlı Çelik (17CrS3)	Paslanmaz Çelik (ferritik)	Alaşımlı Çelik (14NiCrMo13-4)
Toplam Gerinim: 1000 kN	0,0008	0,0011	0,0014	0,0009
Toplam Gerinim: 2000 kN	0,0017	0,0022	0,0028	0,0017
Toplam Gerinim: 3000 kN	0,0025	0,0033	0,0043	0,0026
Toplam Gerilme: 1000 kN (MPa)	412,9	360,2	476,1	78,75
Toplam Gerilme: 2000 kN (MPa)	825,8	720,3	952,2	157,5
Toplam Gerilme: 3000 kN (MPa)	1080	1080	1428	236,2
Toplam Deformasyon: 1000 kN (mm)	0,0631	0,0559	0,0828	0,107
Toplam Deformasyon: 2000 kN (mm)	0,126	0,112	0,166	0,214
Toplam Deformasyon: 3000 kN (mm)	0,19	0,168	0,248	0,32

Deformasyon sonuçlarına bakacak olursak çift mesnetli lama tipin 3 kuvvet aralığında da diğer yük hücrelerine kıyasla daha az deformasyona uğradığı sonucu elde edilmiştir. Elde edilen deformasyon, gerinim ve gerilme değerleri en uygun yük hücresinin seçimi aşamasında kullanılmıştır. En uygun yük

hücresi seçiminde bu parametreler tek başına yeterli olmadığı için başka kriterlerde eklenerek seçim yapılacaktır. Diğer çalışmamızda ise en uygun yük hücresi seçimi mevcuttur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, vagon kantarları ölçüm düzeneği tasarımı bir CAD yazılımı olan Solidworks programında, statik analizlerini de Solidworks Simulation programında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda en uygun yük hücresi seçimi için birer parametre olan gerinim, gerilim ve deformasyon değerleri belirlenip kaydedilmiştir. Düzenekte kullanılacak yük hücresinin doğru seçimi mühendislik uygulamalarında oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma ile bir vagon kantarı tasarım ve analiz detayları açıklanmıştır. Benzer çalışmaları yapacak araştırmacılar için örnek olması amacıyla sunulmuştur.

KAYNAKLAR

[1] www.abskantar.com/kantar-tarihcesi/
[2] Yılmaz, H., Elektronik terazilerin (kantarların) tasarımı
[3] https://kobastar.com/tr/load-cell-nedir/
[4] www.esit.com.tr/tr/tasit_kantarlari/products/400
[5] Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Elektro Manyetik Kuvvet Ölçme Cihazı Yapısının ve Kullanım Yerlerinin İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
[6] Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Manyeto Elastik Kuvvet Ölçme Cihaz Yapılarının İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
[7] Aydemir B. (2021), Kuvvet Kalibrasyon Rehberi, TÜBİTAK UME, Eylül 2021.
[8] Aydemir B., Dizdar H., Vatan C., (2017), Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı, G2KV-010, TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Aralık 2017
[9] Akbas F., Güler F., Aydemir B., (2021). "*Kapasitif Etki Prensipli Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Türleri ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*", 6th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2021) October 25-27, 2021, Alanya Antalya/Turkey, p. 275-281
[10] Aydemir, B., Ayan, E., Elmas, B.S., Dizdar, H. (2019), Piezoelektrik Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Avantajları ve Kalibrasyonu, 4th International Mediterranean Science and Engineering (IMSEC 2019), Alanya/Turkey
[11] Stefanescu, D. M. (2011), *Handbook of Force Transducers,* Berlin: Springer-Verlag.
[12] Ştefănescu, D.M. (1999), *Methods for increasing the sensitivity of strain gauge force transducers*. PhD dissertation (160 pages, 26 tables, 86 figures and 336 references), Universitatea "Politehnica" Bucureşti, Romania.
[13] Hauptmann, P. (1991), *Sensors: Principles and Applications*. Carl Hanser Verlag, Munich.
[14] Hunt, A. (1998), *Guide to the Measurement of Force*. The Institute of Measurement and Control, London.

VAGON KANTARI ÖLÇÜM SİSTEMİ İÇİN UYGUN YÜK HÜCRESİNİN KARAR VERME TEKNİĞİ İLE SEÇİMİ

Ferhat BADEM
Atatürk Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Erzurum
ferhat.badem19@ogr.atauni.edu.tr, ORCID: 0009-0009-3526-4966

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Taşıt kantarı, büyük taşıtların ağırlığını ölçmek için kullanılan özel olarak tasarlanmış bir tartım cihazıdır. Bu kantarlar, kamyon, otobüs, tren, treyler, tanker gibi ağır vasıtaların taşıma yükünü kontrol etmek, aşırı yüklenmeyi önlemek ve güvenliği sağlamak için kullanılır. Vagon kantarı, genellikle trenlerle taşınan yüklerin ağırlık değerinin kontrolü için kullanılır. Bu kantar demiryolu üzerine yerleştirilir ve yük taşıyan trenler üzerinden geçerken yük hücreleri sayesinde ağırlıklarını ölçülür. Bu çalışmada, 200 ton kapasiteli bir dinamik vagon kantarı ve alternatif yük hücreleri Solidworks programında tasarlanmıştır. Solidwors Simulation programında statik analizleri yapılmıştır. Ulaşılan sonuçlar kullanılarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan MAUT yöntemi kullanılarak en uygun yük hücresi seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vagon kantarı, Yük hücresi, MAUT Yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme

SELECTION OF SUITABLE LOAD CELL FOR WAGON SCALE MEASURING SYSTEM WITH DECISION-MAKING TECHNIQUE

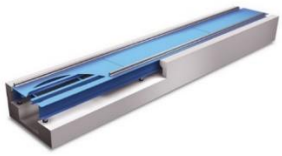
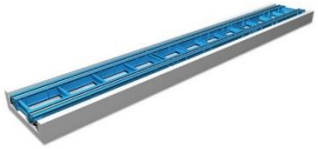
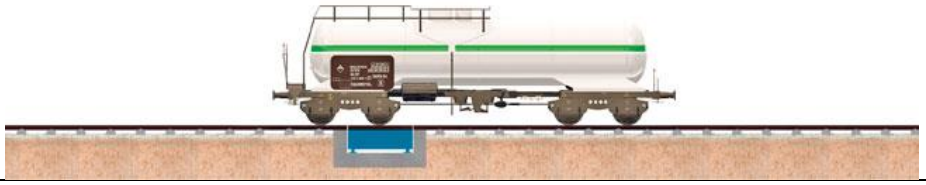
Abstract
A truck scale is a specially designed weighing device used to measure the weight of large vehicles. These scales are used to control the payload of heavy vehicles such as trucks, buses, trains, trailers, and tankers, to prevent overloading and to ensure safety. Wagon scales are generally used to control the weight value of loads transported by trains. This scale is placed on the railway and the load cells are used to measure the weights of the trains while they are passing. In this study, a 200 ton capacity dynamic wagon scale and alternative load cells were designed in Solidworks program. Static analyzes were made in Solidwors Simulation program. Using the obtained results, the most suitable load cell was selected by using the MAUT method, which is one of the multi-criteria decision making methods.

Keywords: Wagon scale, Load cell, MAUT method, Multi-criteria decision making

1. GİRİŞ

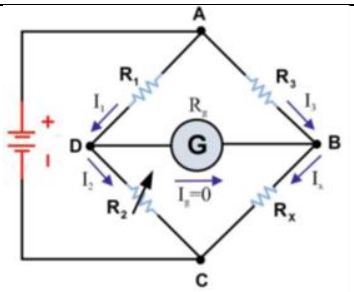
Vagon kantarları çukurlu, çukursuz ve dinamik şekilde üretimi yapılabilmektedir. Çukurlu tip vagon kantarları, bir elektronik terazi ve rayın altına gömülü bir tartı köprüsünden oluşur. Yük vagonları, kantarlarda durdurularak tren kantarlarında tartılır. Vagonlar birbirine bağlıdır ve kantar köprüsünün boyu vagonların boyuna uygun olmalıdır.. Vagon tiplerine, uzunluklarına uygun olarak çift veya tek kefeli olarak çukurlu vagon kantarları imal edilebilir. Çukursuz tip vagon kantarları, rayların altına gömülü olarak elektronik tartı ve tartım köprüsünden oluşmaktadır. Çukurlu tip de olduğu gibi çukursuz tip vagon kantarlarında da vagonlar kantar üzerinde durdurularak tartım yapılır. Ağırlığın ve lokomotif yolculuğunun dinamik etkileri için tasarlanmış olup, zorlu çalışma koşullarına dayanabilecek çok güçlü bir statik yapıya sahiptir. [1]. Çukurlu tip de olduğu gibi vagon tiplerine, uzunluklarına uygun olarak çift veya tek kefeli olarak çukurlu vagon kantarları imal edilebilir. Vagon lokomotiften ayrılmadan hareket halindeyken (belirlenmiş sabit bir hızla) ölçüm yapabilen kantarlara dinamik kantar adı verilmektedir. Kantarda hareket eden vagonların her bir dingili ölçülerek lokomotif ve vagonların toplam kütlesi ve taşıma kapasiteleri belirlenebilir. Ayrıca tartım sırasında ölçülen ağırlık değerleri, vagon tipleri ve geçiş hızları gibi veriler de sistem bilgisayarına aktarılabilmektedir. Tartım sırasında

her dingilin ayrı ayrı ağırlıkları, toplam ağırlık ve dingil sayısı ekranda gösterilebilir. Aşağıda şekil 1'de piyasadaki Vagon Kantar tipleri görülmektedir. [1]

	
Çukurlu Tip Vagon Kantarı	Çukursuz Tip Vagon Kantarı
	
Dinamik Vagon Kantarı	
Şekil 18. Vagon Kantarı Çeşitleri	

Bu çalışmada 200 ton kapasiteli dinamik vagon kantarı piyasa şartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Tasarımı geliştirmeye başlamadan önce analiz edilmesi gereken farklı birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; yapımda kullanılan malzemeler, platform ebatları ve kullanılan elektronik malzemelerdir. Vagon Kantarının yapısı incelendiğinde ise platform, indikatör, bağlantı kutusu, yük hücresi ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Dinamik Vagon kantarları vagonların aks veya boji değerini yani bulunduğu yüzeye uyguladığı ağırlığı ölçerek kg bazında sonuçlar verir.

Yük Hücresi tasarımdaki ana parça ve en önemli elektronik ekipman, algılama bileşenidir, test standının "kalbi" olduğu söylenebilir. Yükü (motor tarafından üretilen itme kuvveti) daha sonra işlenmek üzere elektrik sinyallerine dönüştürür. Numunelerin alınma doğruluğunu belirleyecektir. Çeşitli yük hücreleri Şekil 2'de bulunmaktadır. [2]

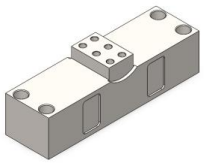
	
Şekil 19. Çeşitli Yük Hücreleri	**Şekil 20.** Wheatstone Köprüsü Devre Şeması

Vagon kantarı ölçüm düzeneği tasarımında uygun olarak 4 farklı tip yük hücresi belirlenmiştir. Belirlenen yük hücreleri Solidworks programında tasarlanmıştır. İnsan her zaman kendisi için en iyi seçimi yapmak ister. Bu sebeple günümüzde karar verme yöntemleri oldukça fazla kullanılır. Kriterler karar vermede önemli bir rol oynamaktadır. Kriterler duruma göre değişebilir. Karar, bir iş veya konuyla ilgili verilen nihai karardır. Karar verme, nihai karara ulaşmak için atılan tüm adımları içerir. Çok kriterli karar verme tekniği, birden fazla kriterin mümkün olduğu durumlarda çözüm adımlarından en iyi alternatifin seçildiği bir problem olarak tanımlanabilir. Çok kriterli karar problemlerine uygun çözümler bulmak için birden fazla çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılır. 4 farklı yük hücresinin tasarım aşaması tamamlandıktan sonra en uygun yük hücresinin seçimi için analiz sonuçlarıyla birlikte yük hücreleri için diğer kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada vagon kantarı ölçüm düzeneğinde kullanılacak en uygun yük hücresi seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan MAUT yöntemi kullanılmış ve en uygun yük hücresi belirlenmiştir.

2. YÜK HÜCRELERİ VE SEÇİMİ

Kantar sistemlerinde doğru ölçüm için uygulanan kuvvetin doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Tasarım, imalat, ürün testleri ve benzer birçok alanda kuvvet ölçümü yaygın olarak kullanılmaktadır. [3]. Yük hücresi, loadcell veya kuvvet ölçüm cihazı olarak ifade edilen cihaz, Kuvveti elektrik sinyaline dönüştüren bir sensördür.. Bu değişim dolaylı olarak ve iki aşamada gerçekleşir. Uygulanan kuvvet değeri, gerinim ölçerin şeklini değiştirir. Gerinim ölçerin şekli değişince direnç değeri değişir. Direnç değerinin ölçümü ile kuvvet elektriksel sinyale dönüştürülmüş olur. Bir yük hücresi genellikle bir Wheatstone köprüsü biçiminde bağlantıya sahiptir. Köprüye bir voltaj uygulandığında, çıkış voltajı uygulanan kuvvetle orantılı bir voltaj olur. Bu küçük voltaj sayesinde uygulanan kuvvetin değeri ölçülür. Wheatstone köprüsü devre şeması şekil 3'te verilmiştir. [2]

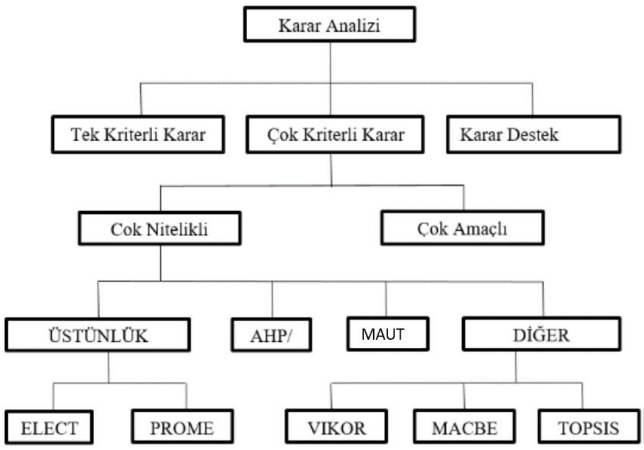
Wheatstone köprüsü, direnç varyasyonunu ölçmenin en iyi bilinen yöntemidir. Fiziksel boyuttaki bir mikrometrelik değişikliğin elektrik direncindeki bir değişikliğe dönüştürülmesi ve ölçümün yapıldığı yere köprü elemanı olarak kullanılan bir dirençli gerinim ölçer yerleştirilerek bu değişikliğin bir göstergeden okunması işlemini anlatır.[4] Yapılan bu tasarıma uygun olarak piyasada bulunan ve tedarik edilebilirliği olan yük hücreleri araştırılmış ve bunlar arasından 4 farklı yük hücresi belirlenmiştir. Bunlar; Interface marka 2161 model yük hücresi, Esit marka HSCD model yük hücresi, İnterface marka LWHP18 model yük hücresi ve Baykon marka BY554HT yük hücresidir. Bu yük hücrelerinin tasarımları şekil 4'te verilmiştir.

Interface 2161	Interface LWHP18
	
Esıt HSCD	Baykon BY554HT

Şekil 21. Tasarımı Yapılan Yük Hücreleri

3. KARAR VERME YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme, mümkün olan en iyi sonucu elde etmek için belirlenmiş kuralları takip etmekle ilgilidir. Gerçek dünya problemleri genellikle aynı ölçekte ifade edilemeyen çelişkili kriterler içerir. Bu nedenle, tüm seçim kriterlerini karşılayan bir çözüm bulmak çok zordur. Bu tür uyuşmazlıklarda genellikle belirli kurallar çerçevesinde tahkime gidilmektedir. Bu bağlamda çok fazla kriter ve seçim, karar vermeyi daha da zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Şekil 5'te karar verme metotlarının sınıflandırılması mevcuttur.



Şekil 22. Karar Verme Metotlarının Sınıflandırılması

Bu yöntemler incelenip vagon kantarı ölçüm düzeneğinde kullanılacak en uygun yük hücresinin seçici için MAUT yöntemi kullanılmıştır. Fayda Teorisi'nin kısaltması olan MAUT yöntemi, Fisburn (1967) ve Keeney (1974) tarafından kullanılan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. 2007'de Loken bu yaklaşımı benimsedi ve daha da geliştirdi. Günümüzde MAUT yönteminin uygulama alanı oldukça ilerlemiştir. Bu tekniğin temel özelliği hem nicel hem de nitel kriterlere göre en kullanışlı seçenekleri sunmasıdır. Bu teknik, karar vericilerin sübjektif verileri hesaplayarak en uygun seçimleri yapmalarını sağlar. MAUT yöntemi, nitel ve nicel kriterleri kullanarak en uygun alternatifleri belirleme yöntemidir. Bu yöntemin amacı, sübjektif verilerin hesaplanabilirliği yoluyla en uygun alternatifleri bulmaktır.

MAUT Yönteminin adımları aşağıda verildiği gibidir:
Adım 1: Bütün çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi MAUT yönteminde de ilk adım, karar verme problemiyle ilgili olan kriterleri (a_n) ve seçime yardımcı olan nitelikleri/kriterleri (x_m) belirlemektir.
Adım2: Niteliklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi için bir ağırlık değeri (wi) atanır. Tüm wi değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır.

$$\sum_{1}^{m} w_i = 1 \tag{1}$$

Adım 3: Kriter değerleri sayısal olarak belirlenir. Bu atamanın nicel olarak belirlenen kriterler için kendi değeri vardır, ancak nitel özelliklere sahip kriterler için ikili karşılaştırmalar yapılır ve sayısal bir değere dönüştürülür. İkili karşılaştırmalardan elde edilen değerler 5, 10 vb. ile aynı aralıkta olabilir (x_m).
Adım 4: Belirlenen değerlere göre karar matrisi oluşturulur ve normalizasyon süreci başlatılır. Normalleştirmenin ilk adımı, bütün parametreler adına değerler belirlenir ve en kötü değeri 0 ve en iyi değeri 1 olarak atar. Diğer değerleri hesaplamak için aşağıdaki Eşitlik (2)'deki formül kullanılır.

$$f_j(a_i) = \frac{f_i(a_i) - \min(f_i)}{\max(f_i) - \min(f_i)} \tag{2}$$

min($\boldsymbol{fi}$): Nitelik için en kötü değer.
max($\boldsymbol{fi}$): Nitelik için en iyi değer.
Adım 5: Normalleştirme işleminden sonra, aşağıdaki denklem kullanılarak fayda işlevi elde edilir.:

$$U(a_i) = \sum_{j=1}^{q} f_j(a_i).w_i \tag{3}$$

Tüm bu süreçlerden geçtikten ve toplam fayda değeri hesaplandıktan sonra en uygun seçim belirlenir. Ağırlık değerlerinin belirlenmesi için ise Entropi yöntemi kullanılmaktadır. Entropi yönteminin adımları ise aşağıda mevcuttur:
Adım 1: Karar matrisi için normalleştirme işlemi eşitlik (4) yardımı ile hesaplanır.

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}} \quad (4)$$

Adım 2: Bütün parametreler için Entropi değeri eşitlik (5) ile hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{j=1}^{n} p_{ij} ln p_{ij} \quad (5)$$

Adım 3: Bütün parametrelerin ağırlık değeri eşitlik 6' da ki gibi hesaplanır.

$$\sum_{1}^{m} w_j = 1 \quad (6)$$

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_1^m (1-e_j)}$$

4. YÜK HÜCRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Vagon Kantarı Ölçüm Düzeneği için 4 farklı tip yük hücresi aşağıdaki gibi belirlenmiştir bunlar:

- **a)** Kolon Tip Yük Hücresi
- **b)** Pancake Tip Yük Hücresi
- **c)** Çift Mesnetli Lama Tip Yük Hücresi
- **d)** Piezo Tip Yük Hücresi

Bu belirlenen 4 farklı yük hücresinin değerlendirme aşamasında kullanılacak kriterler ise; Maliyet, Deformasyon Miktarı, Toplam Gerinim, Toplam Gerilim, Doğrusallık, Sürünme, Sıfıra Dönüş Hatası (f_0), Toza Dayanıklılık, Suya Dayanıklılık ve Maximum Kapasite olarak belirlenmiştir. Bu kriterler müşteri isteği, öngörü ve beklentilere göre belirlemiştir. Vagon kantarı ölçüm düzeneğinin yük hücresi seçimi için kullanılan parametrelerin ağırlıklarının hesaplanmasında entropi yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak karar matrisinin oluşumu için firmalardan ve analizlerden alınan değerler Tablo 1'de bulunmaktadır ve Eşitlik 4 yardımı ile normalize edilmiş standart karar matrisi oluşturulur. Oluşturulan normalize karar matrisi Tablo 1'de mevcuttur.

Tablo 7. Uygulamada Kullanılan Karar Matrisi, Entropi Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi ve Entropi ile Ağırlık Değerinin Hesaplanması

	Uygulamada Kullanılan Karar Matrisi				**Emtropi Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi**				**Entropi değeri**	**Ağırlık değeri**
Kriter / Yük Hücresi Tipi	Kolon	Pancake	Piezo	Çift Mesnetli Lama	**Kolon**	**Pancake**	**Piezo**	**Çift Mesnetli Lama**		
Maliyet (USD)	3850	760	1575	2600	0,4382	0,0865	0,1792	0,2959	0,8957	0,1073
Toplam Deformasyon Miktarı (mm)	0,32	0,2484	0,19	0,168	0,3454	0,2681	0,205	0,1813	0,9771	0,0234
Toplam Gerinim (mm)	0,002592	0,004254	0,00245	0,003283	0,206	0,3381	0,1947	0,2609	0,982	0,0185
Toplam Deformasyon (MPa)	236,2	1428	1080	1080	0,0617	0,3734	0,2824	0,2824	0,982	0,0185
Doğrusallık (%)	± 0,15	± 0,012	± 0,5	± 0,1	0,1968	0,0157	0,6561	0,1312	0,6696	0,3402
Sürünme (%)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,05	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9609	0,0402
Sıfıra Dönüş Hatası	± 0,003	± 0,055	± 0,01	± 0,05	0,0254	0,4661	0,0847	0,4237	0,7373	0,2705
Toza Dayanıklılık	6 (IP 68)	6 (IP 68)	6 (IP 67)	6 (IP 67)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,9999	6,35E-11
Suya Dayanıklılık	8 (IP 68)	8 (IP 68)	5 (IP 67)	7 (IP 67)	0,2666	0,2666	0,1666	0,2333	0,9688	0,032
Max.Kapasite (kN)	4450	1250	1000	1500	0,5426	0,1524	0,1219	0,1829	0,8853	0,1489
										1

Her değer için entropi değeri, Eşitlik (5) kullanılarak belirlenir. Normalleştirilmiş değerler ile bu değerlerin logaritmaları çarpılarak, toplanır. Bu toplam, en son 'k' entropi faktörü ile çarpılır ve tabloya girilir. Entropi katsayısı 'k', dikkate alınan alternatif sayısının logaritmik şeklidir. Entropi değerleri aşağıda verilen Tablo 1'te yer almaktadır. Eşitlik (6) kullanılarak her kriter için bir ağırlık değeri belirlenir. Ağırlık değerini hesaplamak için, hesaplanan her entropi değerinden 1'den çıkarılmakta ve bu değerlere eklenmektedir. İstenilen kriterlere göre bu değerin entropi değeri 1'den çıkarılır ve başlangıçta hesaplanan toplama bölünerek ağırlıklı değer bulunur.. Ağırlık değerleri Tablo 1'te bulunmaktadır.

Vagon kantarı ölçüm düzeneğinin yük hücresi seçiminde kullanılan kriter ağırlıkları entropi yöntemi ile elde edildikten sonra MAUT yönteminde kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra her bir satır için en iyi, en kötü değer atamaları yapılmıştır. Değer atamaları aşağıda yer Tablo 2'de verilmiştir. Bir satırdaki en iyi değer yeşil renkte, en kötü değe ise kırmızı renkte gösterilmiştir. Atanan değerler karar matrisine yerleştirilir ve MAUT yöntemi normalleştirmeye başlar. Değerler, Denklem 2 kullanılarak normalleştirilir. Normalleştirilmiş değerler aşağıdaki Tablo 2'de gösterilmektedir. Normalleştirme işlemi, önceki adımda elde edilen sonuçlara göre her özellik için en iyi ve en kötü değerleri belirler. En iyi değer 1, en kötü değer 0 olarak verilmiştir. Diğer değerleri hesaplamak için o sütundaki istenen ve en kötü değerler arasındaki farkı aynı sütundaki en iyi ve en kötü değerler arasındaki farka bölün. Ortaya çıkan her normalleştirilmiş değer daha sonra, denklem (3)'te gösterildiği gibi, MAUT yönteminin fayda matrisini oluşturmak için entropi yöntemiyle hesaplanan ağırlık değeri ile çarpılır. Tablo 3'de fayda matrisi ve Tablo 4'de seçim sıralaması verilmiştir.

Tablo 2. En İyi ve En Kötü Değerlerin ve Maut Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Belirlenmesi

	En İyi ve En Kötü Değerlerin Belirlenmesi				**Maut Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi**			
Kriter / Yük Hücresi Tipi	**Kolon**	**Pancake**	**Piezo**	**Çift Mesnetli Lama**	**Kolon**	**Pancake**	**Piezo**	**Çift Mesnetli Lama**
Maliyet (USD)	3850	760	1575	2600	**0**	**1**	0,2637	0,5954
Toplam Deformasyon Miktarı (mm)	0,32	0,248	0,19	0,168	**0**	0,5289	0,144	**1**
Toplam Gerinim (mm)	0,0025	0,0042	0,0024	0,0032	0,0787	**0**	**1**	0,4617
Toplam Deformasyon (MPa)	236,2	1428	1080	1080	**1**	**0**	0,708	0,708
Doğrusallık (%)	0,15	0,012	0,5	0,1	0,2827	**1**	**0**	0,18
Sürünme (%)	0,05	0,05	0,1	0,05	**0**	**0**	**1**	**0**
Sıfıra Dönüş Hatası	0,003	0,055	0,03	0,5	**1**	0,1046	0,054	**0**
Toza Dayanıklılık	6 (IP 68)	6 (IP 68)	6 (IP 67)	6 (IP 67)	**1**	**1**	**1**	**1**
Suya Dayanıklılık	8 (IP 68)	8 (IP 68)	5 (IP 67)	7 (IP 67)	**1**	**1**	**0**	**0**
Max. Kapasite (kN)	4450	1250	1000	1500	**1**	0,7246	**0**	0,1449

Tablo 3. MAUT Yöntemine Göre Elde Edilmiş Fayda Matrisi

Kriter / Yük Hücresi Tipi	**Kolon**	**Pancake**	**Piezo**	**Çift Mesnetli Lama**
Maliyet (USD)	0	0,0508	0,0134	0,0302
Toplam Deformasyon Miktarı (mm)	0	0,0055	0,0015	0,0105
Toplam Gerinim (mm)	0,0006	0	0,0082	0,0038
Toplam Deformasyon (MPa)	0,0082	0	0,0058	0,0058
Doğrusallık (%)	0,066	0,2336	0	0,0421
Sürünme (%)	0,2841	0,2841	0	0,2841
Sıfıra Dönüş Hatası	0,3462	0,0362	0,0188	0
Toza Dayanıklılık	2,84E-11	2,84E-11	2,84E-11	2,84E-11
Suya Dayanıklılık	0,0053	0,0053	0	0
Max. Kapasite (kN)	0,0526	0,038	0	0,0076
Toplam	**0,7634**	**0,6539**	**0,0478**	**0,3841**

Tablo 4. Maut yöntemine göre belirlenen yük hücresi seçim sıralaması

Kolon Tip Yük Hücresi	**1**
Pancake Tip Yük Hücresi	**2**
Çift Mesnetli Lama Tip Yük Hücresi	**3**
Piezo Tip Yük Hücresi	**4**

Çalışma üç aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada niceliksel kriterlerin fayda değerlerinin belirlenmesi için ilgili değerler atanmıştır. Aynı zamanda niteliksel kriterler hakkında yedi kişiden sağlanan verilerde bu kriterlere fayda değerleri atanmıştır. İkinci aşamada kriterlere ait ağırlık değerleri Entropi yöntemi kullanarak bulunmuştur. Bu yöntemin kullanım amacı ağırlıkların belirlenmesinde daha objektif bir yaklaşım sağlamaktır. Üçüncü aşamada ise MAUT yöntemi kullanarak en çok fayda sağlayan yük hücresi seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Sonuçta, MAUT karar verme yönteminin uygulanması sonucu toplam fayda değeri en yüksek olarak hesaplanan yük hücresi "Kolon Tipi Yük Hücresi" olmuştur. Sonuçlara göre yük hücrelerinin tercih sırası tablo 4^'te verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Vagon kantarı ölçüm düzeneklerinde kullanılan yük hücresi veya kuvvet ölçüm cihazı sistemin performansında etken olan en önemli parçalardandır. Mevcut piyasada birden fazla yük hücresi bulunmaktadır. Bu cihazların çok farklı teknik özellikleri de üreticiler tarafından sunulmaktadır. En doğru sensörü belirlemekte pek çok kullanıcı zorlanmaktadır. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri ile doğru yük hücresinin seçilmesi için bir örnek uygulama yapılmıştır. Bu çalışmada en uygun yük hücresi MAUT çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem uygun çok kriterli bir karar verme yöntemi olduğunu ve sensör seçimi konusunda uzman olmayan kişiler için yararlı olabileceği sayısal bir örnekle sunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. www.esit.com.tr/tr/tasit_kantarlari/products/400
2. https://kobastar.com/tr/load-cell-nedir/
3. Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Elektro Manyetik Kuvvet Ölçme Cihazı Yapısının ve Kullanım Yerlerinin İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
4. Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Manyeto Elastik Kuvvet Ölçme Cihaz Yapılarının İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
5. Aydemir B. (2021), Kuvvet Kalibrasyon Rehberi, TÜBİTAK UME, Eylül 2021.
6. Aydemir, B., Elmas, B.S., Ayan, E., (2019), Jiroskopik Kuvvet Ölçme Cihazlarının incelenmesi, IMASCON spring 2019, Kocaeli/Turkey
7. Aydemir B., Dizdar H., Vatan C., (2017), Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı, G2KV-010, TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Aralık 2017
8. Akbas F., Güler F., Aydemir B., (2021). "*Kapasitif Etki Prensipli Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Türleri ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*", 6th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2021) October 25-27, 2021, Alanya Antalya/Turkey, p. 275-281
9. Aydemir, B., Ayan, E., Elmas, B.S., Dizdar, H. (2019), Piezoelektrik Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Avantajları ve Kalibrasyonu, 4th International Mediterranean Science and Engineering (IMSEC 2019), Alanya/Turkey
10. Konuşkan, Ö., Uygun, Ö., Çok nitelikli karar verme (MAUT) yöntemi ve bir uygulaması
11. Stefanescu, D. M. (2011), *Handbook of Force Transducers*, Berlin: Springer-Verlag.
12. Ştefănescu, D.M. (1999), *Methods for increasing the sensitivity of strain gauge force transducers*. PhD dissertation (160 pages, 26 tables, 86 figures and 336 references), Universitatea "Politehnica" Bucureşti, Romania.

13. Hauptmann, P. (1991), *Sensors: Principles and Applications*. Carl Hanser Verlag, Munich.
14. Hunt, A. (1998), *Guide to the Measurement of Force*. The Institute of Measurement and Control, London.

ÇOK DEĞİŞKENLİ REGRESYON ANALİZİ İLE OPTİMAL ENERJİ ÜRETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Efsun BACAKSIZ
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
bacaksizefsun@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1301-815X

Mücahit OPAN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
opanmucahit@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-5778-389X

Özet
Hızla artan nüfus, iklim değişikliği, artan kentleşme ve büyüyen sanayiyle sınırlı bulunan su kaynaklarının optimum kullanılması önem kazanmaktadır. Uzun süreli planlama ile optimal sistem boyutlandırması, optimal işletme politikaları ve bunlara karşılık risklerin belirlenmesi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, uzun süreli planlama işletme optimizasyon modeli kullanılmıştır. Barajlara havzadan gelen akımların olasılıkları belirlenmiş ve bu olasılıklar kullanılarak riskli durum verileri elde edilmiştir. Optimizasyon modelinde güvenilir güç enbüyüklenirken aylık kurak dönem akımları kullanılmaktadır. Modelde öncelikle güvenilir güç elde edilmekte, daha sonra bu güç kısıt olarak kullanılarak, aylık ortalama akımlar ile toplam enerjinin enbüyüklenmesi gerçekleştirilmektedir. Optimizasyon sonucunda, çok değişkenli regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizinde, barajlardaki aylık işletme seviyeleri, dolusavaktan bırakılan akım miktarları, üretilen enerji için bırakılan akım miktarları, barajların aylık ortalama akım miktarları ve güvenilir güç değerlerinin enerji üretimine etkisi incelenmiştir. Regresyon analizinde deterministik ve riskli durum sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzun süreli planlama, optimal işletme, çok değişkenli regresyon analizi

EVALUATION OF OPTIMAL ENERGY PRODUCTION BY MULTIVARIATE REGRESSION ANALYSIS

Abstract
Optimum use of limited water resources gains importance due to rapidly increasing population, climate change, increasing urbanization and growing industry. With long-term planning, optimal system dimensioning, optimal operating policies and determination of risks are performed. The long-term planning operation optimization model was utilized in this study. The probabilities of the inflows from the basin were determined and risky situation data were obtained by using these probabilities. In the optimization model, monthly dry period inflows are used while the firm power is maximized. In the model, firstly firm power is obtained then this power is used as a constraint and the total energy is maximized with monthly average inflows. As a consequence of the optimization, multivariate regression analysis was performed. In the regression analysis, the impacts of monthly operating levels in the reservoirs, the amount of inflow released from the spillway, the amount of inflow released for energy produced, the monthly average inflow of the reservoirs and firm power values on energy production were examined. Deterministic and risky situation results were evaluated in the regression analysis.

Keywords: Long term planning, optimal operation, multivariate regression analysis.

1. GİRİŞ

Ülkemiz coğrafi koşullardan dolayı su kaynaklarının yeterince kontrol edilememesi, dengesiz dağılan yağış ve su kaynakları nedeniyle su sıkıntısı çekmektedir. Kısa süreli ve bölgesel planlamalar yerine uzun süreli planlamalar yapılarak su kaynaklarından yararlanılabilir (DSİ,2014). Artan enerji ihtiyacı için yenilenebilir enerji olan hidroelektrik enerji sayesinde su kaynakları geliştirilerek yönetilmelidir. Barajlarda enerji üretimi istatistiksel sonuçlara göre belirlenir ve buna göre bir üretim planlaması yapılır. Enerji üretiminin doğru ve optimum şekilde ilişkilendirilmesi ve tahmin edilmesi önemlidir. Dinamik programlama, rezervuar işletmelerinde sistem performansını en iyilemek amacıyla kullanılan yöntemlerden biridir. Uzun süreli planlama ile optimal sistem boyutlandırması, optimal işletme

politikaları ve bunlara karşılık risklerin belirlenmesi gerçekleştirilmektedir. Akımların stokastik özelliklerinden dolayı risk durumu göz önüne alınmalıdır. Risk olasılıkla çarpılmış sonuçlardır. Risk analizi belirsizlik ve onun sonuçları ile ilgilidir. De Ladurantaye ve diğ. (2009), yapmış oldukları çalışmada deterministik ve stokastik modelleri kullanarak barajlardaki elektriğin satılmasıyla maksimum kar amaçlamışlardır. Jaafar (2014), simülasyon ve stokastik dinamik programlama modelini birleştirip enerji üretimini amaçlayarak rezervuara uygulamıştır. Fayaed ve diğ.(2019), rezervuara gelen akım ve buharlaşma gibi belirsiz parametreler ile ilişkili olarak stokastik dinamik programlama ve yapay sinir ağları modelini uygulayarak su kaynakları yönetimi yapmışlardır.

Bernard ve diğ. (2007), çok değişkenli regresyon ile enerji talep modellerindeki değişimi incelemişlerdir. Özkan (2016), enerji verimliliğine etki eden faktörler ile regresyon analizi gerçekleştirmiştir. Danladi ve Yunusa (2019), çok değişkenli regresyon analizini enerji üretimi için rezervuara gelen ve çıkan akımlar ile yağış, sıcaklık ve buharlaşma değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapmışlardır. Bu çalışmada, Opan (2007) tarafından geliştirilen optimizasyon modeli kullanılmıştır. Kullanılan uzun süreli planlama işletme modelinde güvenilir güç ve toplam enerji enbüyüklenmiştir. Barajlara havzadan gelen aylık akımların olasılık ve risk durumları belirlenmiştir. Optimizasyon sonucunda çok değişkenli regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ilişkisi irdelenmiştir. Regresyon analizi 5 bağımsız değişken ile enerji üretimi üzerine gerçekleştirilmiştir. Bağımsız değişken olarak barajlardaki aylık işletme seviyeleri, dolusavaktan bırakılan akım miktarları, üretilen enerji için bırakılan akım miktarları, barajlara gelen aylık ortalama akımlar, güvenilir güç değerleri kullanılmıştır. Deterministik ve riskli durum analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. İŞLETME OPTİMİZASYON MODELİ

Çok barajlı su kaynakları sisteminde, durum değişkeni barajdaki işletme seviyesi olmakla birlikte bu değer maksimum ve minimum sınırlar arasında değişmektedir. Barajdan üretilen enerji ise karar değişkenidir ve barajdan bırakılacak su miktarı ile sınırlanmaktadır. Amaç fonksiyonu doğrultusunda en iyi karar her durum ve her aşama için belirlenebilmektedir. Uzun süreli planlama işletme optimizasyonunda ardışık yaklaştırmalı dinamik programlama optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte amaç fonksiyonu gerçekleştirilirken durum değişkeni değerinin her biri tek tek ele alınmaktadır. Optimizasyon süreci çözümlerin içinden en iyi olanı seçilerek sonlandırılmaktadır (Opan, 2007). Uzun süreli optimal işletme amaç fonksiyonunda ilk olarak maksimum güvenilir güç elde edilmekte ve aylık minimum işletme seviyeleri bulunmaktadır. Maksimum güvenilir güç elde edilirken aylık kuraklık akımları kullanılmaktadır. Amaç fonksiyonu Denklem (1)'de gösterilmektedir;

$$\text{Max } P_F = \text{Max}(\min \textstyle\sum_{i=1}^{M} P_{i,t}) \qquad (1)$$

Sistemin t zamanındaki seçilen minimum toplam güç değeri maksimum güvenilir güç olarak alınmaktadır. Enbüyüklenen güvenilir güç kısıt olarak kullanılarak aylık ortalama akımlar ile toplam enerji enbüyüklenmekte ve aylık normal işletme seviyeleri bulunmaktadır.

3. ÇOK DEĞİŞKENLİ REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi Y bağımlı değişkeni ve X bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bağımsız değişkenler, bağımlı değişkeni açıklamaya çalışmaktadır (Chang ve diğ., 2011). Model parametrelerine göre her farklı bağımsız değişken değeri için bağımlı değişkenin değeri tahmin edilmektedir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbiriyle olan ilişkisi çok değişkenli regresyon analizi ile belirlenmektedir. Analizde Y bağımlı değişken ile X_1, X_2,X_3,……X_k bağımsız değişkenler Denklem (2)'de gösterilmektedir;

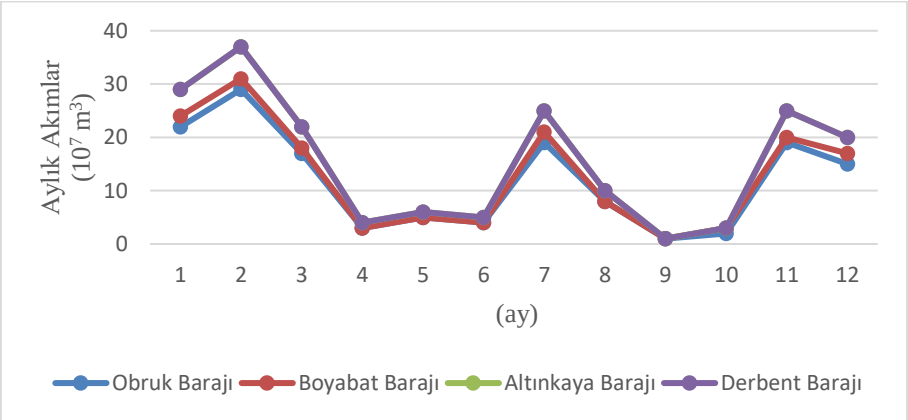
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \beta_k X_k + \varepsilon \qquad (2)$$

Doğrusal fonksiyonun sabit terimi β_0, X=0 durumunda regresyon doğrusunun dikey eksen ile kesiştiği noktayı, β_1 regresyon katsayısını, ε hata terimini göstermektedir. Regresyon katsayısı bağımsız

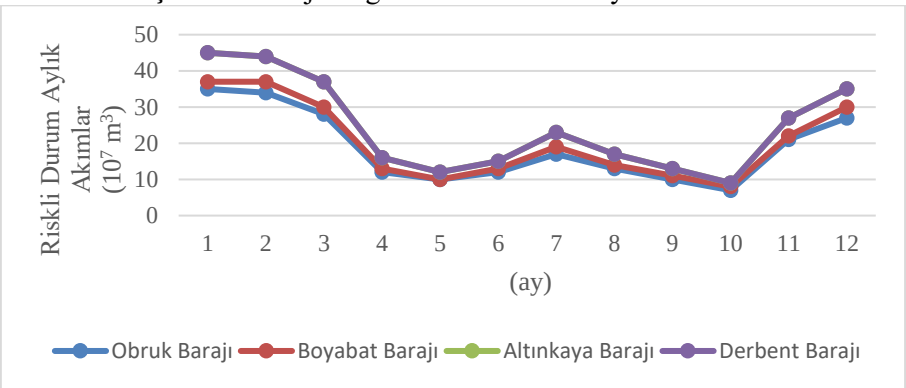
değişkendeki bir birimlik değişimin bağımlı değişkende yaratacağı değişimi göstermektedir (Karaca, 2016). Bağımlı değişkendeki değişimin bağımsız değişkenler tarafından açıklanma oranını belirlilik katsayısı olan R^2 vermektedir. R^2'nin bire yaklaşması bağımlı değişkendeki değişmelerin bağımsız değişken tarafından iyi açıklandığını ifade etmektedir (Tranmer ve diğ., 2020).

4. UYGULAMA

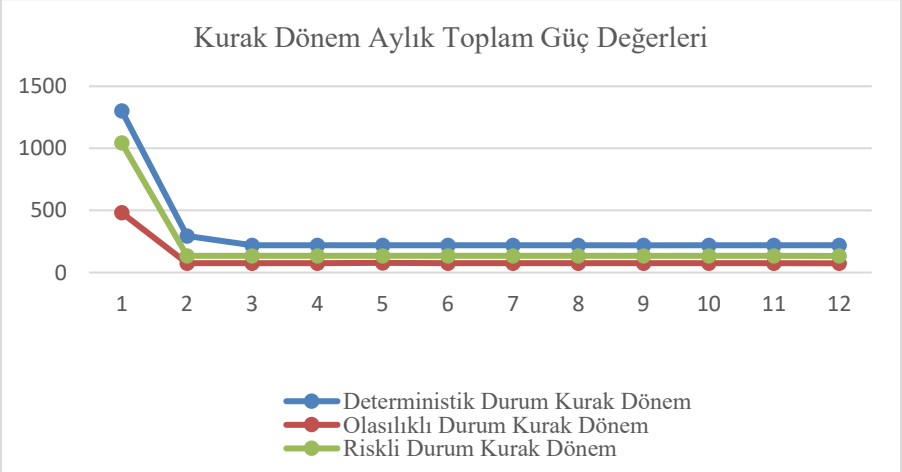
Kızılırmak havzası Aşağı Kızılırmak Nehri üzerindeki çok barajlı sistem uygulama amaçlı olarak seçilmiştir. Çalışmada kullanılan barajlardan Obruk enerji ve sulama amaçlı, Boyabat ve Altınkaya enerji amaçlı ve Derbent sulama, taşkından koruma ve enerji amaçlı yapılmışlardır. Barajlara havzadan gelen aylık akım değerleri kullanılarak olasılık ve risk durumları bulunmuştur. Şekil 1'de barajlara gelen kurak dönem aylık akım değerleri, Şekil 2'de barajlara gelen riskli durum kurak dönem aylık akım değerleri gösterilmiştir. Optimizasyon modeline göre, kurak dönem akımları ile güvenilir güç enbüyüklenmiştir. Şekil 3'te kurak dönemin aylık toplam güç değerleri verilmiştir.



Şekil 1. Barajlara gelen kurak dönem aylık akımlar

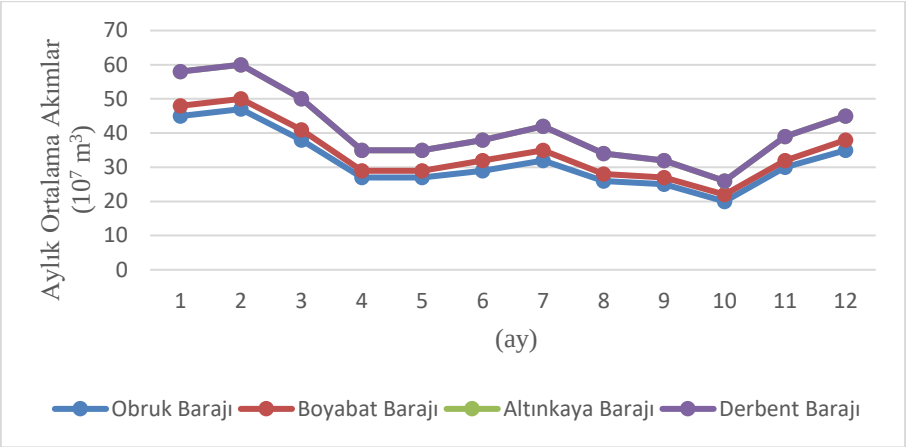


Şekil 2. Barajlara gelen riskli durum kurak dönem aylık akımlar

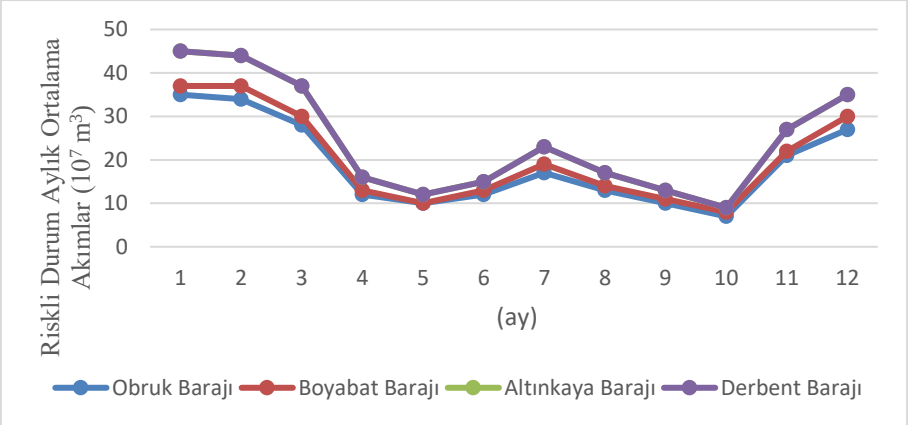


Şekil 3. Kurak dönem aylık toplam güç değerleri

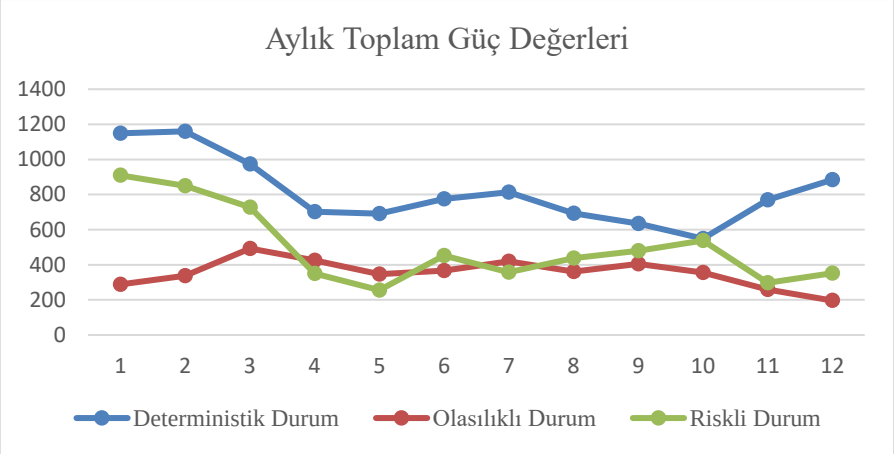
Aylık ortalama akımlar ve kurak dönem güç değerleri kısıt olarak kullanılarak toplam enerji enbüyüklenmiştir. Şekil 4'te barajlara gelen aylık ortalama akım değerleri, Şekil 5'te barajlara gelen riskli durum aylık ortalama akım değerleri gösterilmiştir. Şekil 6'da aylık toplam güç değerleri verilmiştir. Aylık normal işletme seviyelerinde karşılanan aylık akımlardan dolayı, barajlardan bırakılan akımların tamamı enerji üretimi için bırakılmıştır. Aylık işletme seviyelerine göre en fazla faydalı hacme sahip Boyabat Barajı güvenilir güç ve toplam enerjinin enbüyüklenmesinde etkili olmaktadır.



Şekil 4. Barajlara gelen aylık ortalama akımlar



Şekil 5. Riskli durumda barajlara gelen aylık ortalama akımlar



Şekil 6. Aylık toplam güç değerleri

Optimizasyon sonucu, regresyon analizi deterministik durum korelasyon katsayılarına göre, barajlardaki aylık işletme seviyesi (r=0,928), enerji üretimi için bırakılan akım (r=0,822), güvenilir güç (r=0,621) ve aylık ortalama akım (r=0,374) ile enerji üretimi arasında pozitif ve güçlü bir ilişki vardır. Dolusavaktan bırakılan akım (r=-0,467) ile enerji üretimi arasında negatif bir ilişki vardır. Enerji

üretiminin %86'sı barajlardaki aylık işletme seviyelerindeki değişimle açıklanabilir. Riskli durum korelasyon katsayılarına göre, riskli durum barajlardaki aylık işletme seviyesi (r=0,787), riskli durum enerji üretimi için bırakılan akım (r=0,641), riskli durum güvenilir güç (r=0,648) ve riskli durum aylık ortalama akım (r=0,384) ile riskli durum enerji üretimi arasında pozitif bir ilişki vardır. Dolusavaktan bırakılan akım (r=-0,177) ile enerji üretimi arasında negatif bir ilişki vardır. Riskli durum enerji üretiminin %62'si riskli durum barajlardaki aylık işletme seviyelerindeki değişimle açıklanabilir. Modelin açıklayıcılık gücü belirlenmiş ve deterministik durum model özeti Tablo 1'de, riskli durum model özeti Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 1'deki R ve R^2 değerlerine göre deterministik durum modelin açıklayıcılık gücü yüksektir. Deterministik durumda barajlardaki enerji üretimi %98,1 oranında bağımsız değişken faktörlerine bağlıdır. Riskli durum modelin açıklayıcılık gücü de yüksektir. Tablo 2'deki R^2 değerine göre riskli durumda barajlardaki enerji üretimi %89,5 oranında bağımsız değişken faktörlerine bağlıdır.

Tablo 1. Model Özeti

Model	R	R^2	Adjusted R^2	Std. Sapma
1	,990[a]	,981	,978	24,95397

Tablo 2. Riskli Durum Model Özeti

Model	R	R^2	Adjusted R^2	Std. Sapma
1	,946[a]	,895	,883	38,70701

Deterministik durum Anova analizinde F değeri 423,85 ρ (sig.) değeri 0.000 olduğundan oluşturulmuş olan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlıdır. Riskli durum Anova analizinde F değeri 71,770 ρ (sig.) değeri 0.000 olduğundan oluşturulmuş olan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlıdır. Deterministik durum regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayıları Tablo 3'te gösterilmektedir. Buna göre, enerji üretimi üzerinde işletme seviyesi, enerji üretimi için bırakılan akım, aylık ortalama akım ve güvenilir güç pozitif bir etki yaparken dolusavaktan bırakılan akım negatif bir etki yapmaktadır. Katsayılardan enerji üretiminde en fazla etkili olan faktör aylık ortalama akım değişkenidir. Analiz sonucunda değişkenler ρ (sig.)<0,05 olduğu için istatistiksel olarak anlamlıdır. VIF istenilen aralıktadır.

Tablo 3. Deterministik Durum Regresyon Katsayıları

Model	Standartlaşmamış Katsayılar		Standart Katsayılar	t	Sig.	B için % 95 Güven Aralığı		Eşdoğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Sapma	Beta			Alt Sınır	Üst Sınır	Tolerans	VIF
1 (Sabit)	-123,669	16,158		-7,654	,000	-156,277	-91,061		
İşletme_Seviyesi	,391	,033	,527	11,843	,000	,324	,457	,234	4,275
Enerji_Bırakılan	1,658	,271	,307	6,127	,000	1,112	2,204	,285	4,418
Ort_Akım	3,585	,629	,213	5,698	,000	2,315	4,854	,331	3,018
Dolusavak_Akım	-1,223	,148	-,280	-8,247	,000	-1,523	-,924	,401	2,496
Güvenilir_Güç	,068	,041	,047	1,648	,017	-,015	,151	,580	1,724

Riskli durum regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayıları Tablo 4'te gösterilmiştir. Tabloya göre enerji üretimi üzerinde riskli durum işletme seviyesi, riskli durum enerji üretimi için bırakılan akım, riskli durum aylık ortalama akım ve riskli durum güvenilir güç pozitif bir etki yaparken riskli durum dolusavaktan bırakılan akım negatif bir etki yapmaktadır. Katsayılardan riskli durum enerji üretiminde en fazla etkili olan faktör riskli durum enerji üretimi için bırakılan akımdır. Analiz sonucunda değişkenler ρ (sig.)<0,05 olduğu için istatistiksel olarak anlamlıdır. VIF istenilen aralıktadır.

Tablo 4. Riskli Durum Regresyon Katsayıları

Model (Riskli Durum)	Standartlaşmamış Katsayılar		Standart Katsayılar	t	Sig.	B için % 95 Güven Aralığı		Eşdoğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Sapma	Beta			Alt Sınır	Üst Sınır	Tolerans	VIF
1 (Sabit)	-62,579	15,038		-4,161	,000	-92,926	-32,231		
İşletme_Seviyesi	,285	,029	,573	9,940	,000	,227	,343	,751	1,331
Enerji_Bırakılan	1,622	,268	,386	6,046	,000	1,081	2,163	,613	1,630
Dolusavaktan_Akım	-,997	,345	-,178	-2,891	,006	-1,694	-,301	,660	1,514
Ortalama_Akım	1,574	,670	,161	2,349	,024	,222	2,926	,534	1,873
Güvenilir_Güç	,198	,078	,161	2,556	,014	,042	,355	,630	1,588

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, optimal işletme için Aşağı Kızılırmak Havza'sında bulunan barajlara ardışık yaklaştırmalı dinamik programlama optimizasyon yöntemi uygulanmıştır. Barajlardaki deterministik ve riskli durum güvenilir güç ve toplam enerji üretimi miktarları değerlendirilmiştir. Riskli durum olasılıkla azaltılmış değerler olduğu için deterministik durumdaki güvenilir güç ve toplam enerji daha büyük bulunmuştur. Optimizasyon sonuçlarına göre çok değişkenli regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizinde, barajlardaki aylık işletme seviyeleri, dolusavaktan bırakılan akım miktarları, üretilen enerji için bırakılan akım miktarları, barajların aylık ortalama akım miktarları ve güvenilir güç değerlerinin enerji üretimine etkisi incelenmiştir. Regresyon analizinde deterministik ve riskli durum sonuçları değerlendirilmiştir. Deterministik durum modelinin açıklayıcılık gücü riskli duruma göre daha büyük bulunmuştur. Regresyon katsayılarına göre, deterministik durumda enerji üretiminde en fazla etkili olan faktör aylık ortalama akım, riskli durumda en fazla etkiye sahip faktör riskli durum enerji üretimi için bırakılan akımdır.

KAYNAKLAR

Bernard T., Idoud N., Khalah L. and Ye´lou, C., (2007), Finite Sample Multivariate Structural Change Tests With Application To Energy Demand Models, *Journal of Econometrics*, 141, 1219–1244.

Chang,P.C., Fan,C.Y., Lin,J.J., (2011), Monthly Electricity Demand Forecasting Based on a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network Approach , *Electrical Power and Energy Systems*, 33(1), 17-27.

Danladi N., Yunusa M. B., (2019), Effect of Weather Variables on Reservoir Inflow for Hydroelectric Power Generation in Jebba Dam, Nigeria. *2rd School of Physical Sciences Biennial International Conference*, Nigeria, 24-28 June 2019.

De Ladurantaye, D., Gendreau, M., Potvin, J.Y., (2009), Optimizing Profits from Hydroelectricity Production, *Computers & Operations Research*, 36, 499-529.

Fayaed, S.S., Fiyadh, S.S., Khai, W.J., Ahmad, A.N., Afan, H.A., Ibrahim, K.R., Fai, C.M., Koting, S., Mohd, N.S., Jaafar, W.Z., Hin, L.S., (2019), Improving Dam and Reservoir Operation Rules Using Stochastic

Dynamic Programming and Artificial Neural Network Integration Model, *Journal of Sustainability*, 11, 5367. doi:10.3390/su11195367

Jaafar, H.H., (2014), Maximizing Hydropower Production From Reservoirs: The Case Study Of Markaba, *Lebanese Science Journal*, 15(2).

Karaca C., Karacan H., (2016), Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (3),183-194.

Opan M., (2007), Çok Barajlı Sistemlerde Çok Amaçlı Optimal İşletme, Doktora Tezi, *Kocaeli Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 232690.

Özkan G., (2016), Düzenleyici Reformların Türkiye Enerji Piyasası Üzerindeki Ekonomik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi*, Kırıkkale.

Tranmer, M., Murphy, J., Elliot, M. ve Pampaka, M., (2020), Multiple linear regression (2nd Edition), Cathie Marsh Institute Working Paper.

Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu Türk Milli Komitesi, (2014), *Türkiyedeki Barajlar*, 1. baskı, DSİ Vakfı, Ankara.

SİLİS DUMANININ BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Elif ERDEM YÜKSEL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği
21282625@stu.omu.edu.tr, ORCID: 0009-0003-4214-2082

Varol KOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği
kvarol@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4810-3845

Özet
Son zamanlarda betonun mekanik özelliklerini iyileştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla beton içeriğinde silis dumanı kullanımı artmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmalarından silis dumanının betonun dayanım özelliklerini iyileştirdiği, aşınma ve korozyon direncini arttırdığı ve geçirgenliği azalttığı tespit edilmiştir. Fakat silis dumanının farklı mineral- kimyasal- organik katkılarla ve farklı oranlarda kullanımında ve betonun artan yaşlarında değişken tepkiler verdiği de tespit edilmiştir. Beton içeriğinde silis dumanının kısmi çimento ikamesi olarak kullanılması ile klasik betonda olduğu gibi artan yaşlarda betonun mekanik özellikleri iyileşmiştir. Özellikle basınç dayanımındaki artış dikkat çekicidir. Bu özelliği sayesinde yüksek dayanımlı beton üretiminin de tercih sebebidir. Fakat beton karışımındaki silis dumanı %10 oranını aştığında betonda büzülme meydana gelebilmektedir. Bu nedenle sıcak hava koşullarında belli bir oranın üzerinde kullanımı uygun değildir. Beton içeriğinde sadece silis dumanının kullanılarak oranının arttırılması ile basınç dayanımında artış, su emme ve klorür geçirgenliğinde de azalma görülmektedir. Literatürde, silis dumanı ve bims tozunun birlikte kullanılmasının ise 28 günlük basınç dayanımını %20 oranında arttırdığı gözlenmiştir. Bakteri ile silis dumanının birlikte kullanılmasıyla basınç dayanımındaki artış %10-12 oranında meydana gelmiştir. Bakteriyel üçlü karışımın ikili karışıma kıyasla su emilimi ve gözeneklilik açısından %48- 55 ve %50-55 oranında azalma oluşturduğu gözlenmiştir. Kılcal boşluklardan su emilimi de, bakteriyel üçlü karışımda ikili karışıma göre daha azdır. Silis dumanının uçucu kül ile karışımının ise 2 yıl sonraki alkali silika reaksiyonuna bağlı genleşmeyi % 0,04' ün altına düşürmede etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışmada literatürdeki benzer çalışmalar birleştirilerek beton içeriğinde kullanılan silis dumanının betonun hangi özelliklerini iyileştirdiği, hangi oranlarda kullanımının daha uygun olduğu ve farklı mineral- kimyasal- organik katkılarla oluşturulan karışımlardaki performansı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Silis Dumanı, Mekanik Özellikler, İyileştirme, Basınç Dayanımı, Üçlü Karışımlar

THE EFFECT OF SILICA SMOKE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Abstract
Recently, the use of silica fume in the concrete content has increased in order to improve the mechanical properties of concrete and reduce the cost. From the literature researches conducted within the scope of this study, it has been determined that silica smoke improves the strength properties of concrete, increases wear and corrosion resistance and reduces permeability. However, it has been found that silica fume reacts variably with different mineral-chemical-organic additives and in different proportions, as well as with increasing ages of concrete. With the use of silica fume as a partial cement substitute in the concrete content, the mechanical properties of concrete have improved with increasing ages, as in classical concrete. In particular, the increase in compressive strength is noteworthy. Thanks to this feature, it is also the reason of preference for high-strength concrete production. However, when the silica fume in the concrete mixture exceeds 10%, shrinkage may occur in the concrete. For this reason, it is not suitable to use above a certain ratio in hot weather conditions. By increasing the ratio of concrete content using only silica fume, there has been an increase in compressive strength, a decrease in water absorption and chloride permeability. In the literature, it has been observed that the combined use of silica fume and bims powder increases the 28-day compressive strength by % 20. With the combined use of bacteria and silica fume, the increase in compressive strength occurred by % 10-12. It has been observed that the bacterial ternary mixture produces a decrease of % 48 55 and % 50 55 in terms of

water absorption and porosity compared to the binary mixture. Water absorption from capillary cavities is also less in the bacterial triple mixture than in the binary mixture. In the mixture of silica fume with fly ash, it was found to be effective in reducing the expansion due to the alkali silica reaction after 2 years to less than %0.04. In this study, similar studies in the literature were combined to examine which properties of the silica fume used in the concrete content improves the concrete, in which proportions its use is more appropriate, and its performance in mixtures created with different mineral-chemical-organic additives.

Keywords: silica fume, mechanical roperties, improvement, compressive strength, triple mixtures

1. GİRİŞ

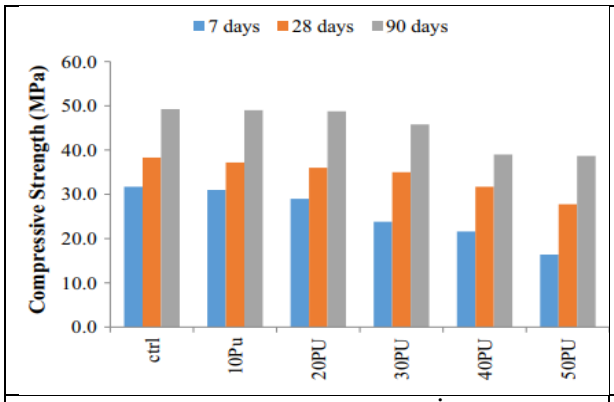
Son yıllarda çeşitli yapılarda yüksek mukavemetli beton kullanımı artmıştır. Yüksek mukavemetli beton üretiminde atık ve yan ürün malzemeler kullanılmaktadır. Bu sayede çevre kirliliğinin önüne geçilmiş ve beton özellikleri geliştirilmiş olmaktadır. Betonun mekanik özelliklerini iyileştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla beton içeriğinde silis dumanı (SF) kullanımı artmıştır. Beton içeriğinde SF kullanımının betonun dayanıklılığı üzerinde büyük etkisi vardır. SF betonun gözenekliliğinde ve klorür geçirgenliğinde önemli azalmalar göstermiştir (Poon ve ark., 2006; Cwirzen ve ark., 2005; Igarashi ve ark., 2005; Khan, 2003; Tautanji ve ark., 1999; Ramezanianpour ve ark., 1995; Song ve ark., 2010). Betonarme kalitesi, klorür kaynaklı korozyon, betonun karbonatlaşması, su- çimento oranı, yüzey çatlaklarının varlığı, nem, sıcaklık ve kaplama kalınlığı gibi çeşitli faktörlerle ilgilidir. Birçok araştırmacı (Vaysburd ve ark., 2004; Alizadeh ve ark., 2008; Ghoddousi ve ark., 1998) betonarme yapılarda çimento esaslı malzemelere silis dumanının eklenmesinin özellikle sert deniz ortamlarında betonarme yapıların dayanıklılığını ve hizmet ömrünü arttırmak için umut verici bir yaklaşım olduğunu göstermektedir (Shekarchi ve ark., 2009). Silis dumanlı beton, arayüzey geçiş bölgesinin mikro yapısını iyileştirir ve yayılmayı azaltır (Song ve ark., 2010). Çeşitli araştırmalarda da bakteriyel tekniklerin uygulanmasıyla betonun dayanıklılık özelliklerinde iyileşme olduğu bildirilmiştir (Ramachandran ve ark., 2001; Rodriguez ve ark., 2003; Muynck ve ark., 2008; Chahal ve ark., 2012). Bakteriyel teknik, taze betonlarda kullanıldığında boşluklarda klasik çökelmeye neden olur ve iç boşlukların dolmasıyla sonuç olarak betonun mukavemeti artarak geçirgenliği düşer (Muynck ve ark., 2008). Numune gözenekliliğine bağlı olarak yüzey kalsit çökeltisinin su emilimini %65-90 aralığında azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca beton numunelerin emiciliğinde ve geçirgenliğinde azalma gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, literatürde silis dumanının pomza taşı, bakteriyal teknikler, cam elyaf tozu ve uçucu kül ile birlikte kullanımının beton dayanım ve dayanıklılığını ne oranda değiştirdiğine yönelik yapılmış çalışmalar incelenip kıyaslanarak yorumlanmaya ve bu konularda genel kurallar belirlenmeye çalışılmıştır.

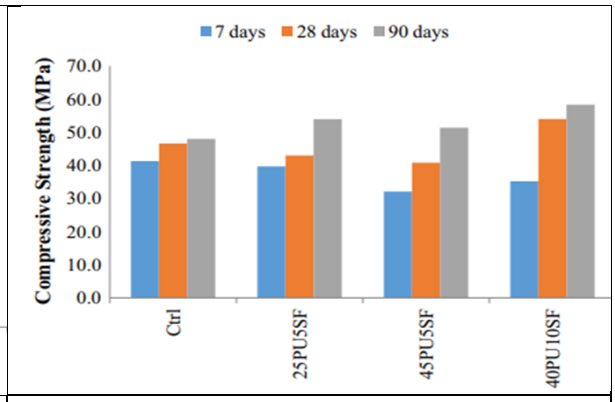
2. SİLİS DUMANI KATKISININ DİĞER KATKILARLA BİRLİKTE KULLANIMININ İNCELENMESİ

Çeşitli oranlarda pomza içeren harmanlanmış bağlayıcılar kullanılarak üretilen kendiliğinden yerleşen beton karışımlarının performansını belirlemeye yönelik yapılan çalışma doğrultusunda, Şekil 1'de gösterilen betonun 7, 28, 90 günlük basınç dayanım testinin sonuçlarına göre, beton içeriğinde pomza miktarının artmasıyla basınç dayanımında önemli bir düşüş gözlenmiştir. Beton içeriğinde pomza miktarının % 10-30 oranında kullanılmasıyla basınç dayanımı biraz azalırken, %40-50 oranlarında iken önemli bir düşüş meydana gelmiştir (Ardalan ve ark., 2017). Pomzanın düşük dayanıma sahip bir malzeme olması nedeniyle bu sonucun elde edilmesi normaldir. Bununla birlikte pomzanın hafif olması ve yalıtım kabiliyeti, hafif ve yalıtım değeri yüksek betonların üretilmesinde kullanılmasını sağlar. Portland çimentosu (OPC) , pomza ve silis dumanı üçlü karışım betonu ise kontrol betona kıyasla daha yüksek basınç dayanımına sahiptir. Bu durum da, silis dumanı kullanımının dayanımı artığının bir göstergesidir. Dolayısıyla pomza ve silis dumanının birlikte kullanımı, iki malzemenin sağlayacağı avantajları süperpoze etmesi açısından önemlidir. Özellikle pomza nedeniyle düşen dayanımın, sislis dumanı sayesinde artırılmış olması, ek olarak pomzanın sağladığı yalıtım ve hafiflik avantajını daha da öne çıkarır. Şekil 2'de gösterilen, %50 OPC, %40 pomza ve %10 silis dumanı içeren betonda 28 ve 90 günlük betonlara kıyasla daha yüksek basınç dayanımı görülmüştür. Beton içeriğinde silika dumanı

miktarının artmasıyla beton basınç dayanımında artış meydana gelmiştir. Bunun sonucunda silika dumanı betonun basınç dayanımını iyileştirmede önemli bir etken olduğu gözlemlenmiştir.

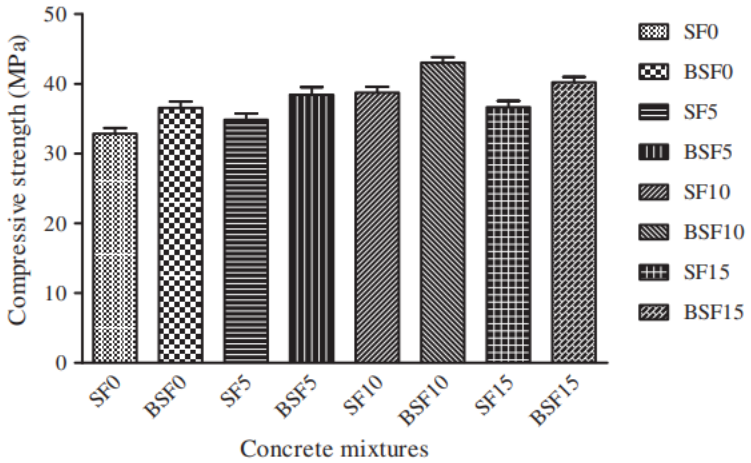


Şekil 1 Çeşitli Miktarlarda Pomza İçeren Beton Karışımları İle Basınç Dayanımının Değişimi (Ardalan ve ark., 2017)



Şekil 2 Çeşitli Miktarlarda Pomza ve Silis Dumanı İçeren Beton Karışımları İle Basınç Dayanımının Değişimi (Ardalan ve ark., 2017)

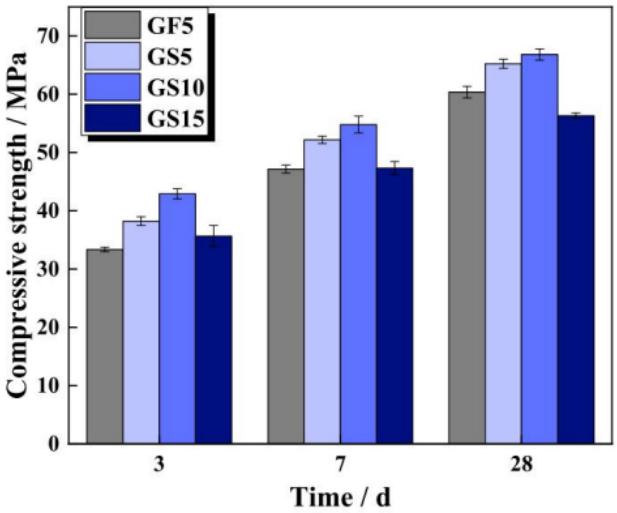
Chahal ve ark. *(2012)*'nın çalışmasında, çimento ikamesi olarak silis dumanı (SF) içeren betonun dayanım ve geçirgenlik özelliklerinin değişiminde bakterinin etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda Şekil 3' te gösterilen 28 günlük basınç dayanım testine göre, silika dumanı içeren numuneler, kontrol numuneye göre daha iyi basınç dayanımına sahiptir. SF'nin genel olarak %10- 15'den fazla oranda kullanımı dayanım ve dayanıklılığı olumsuz etkilemeye başladığı için, SF'nin kullanılabilecek en üst seviyede kullanımının en iyi sonucu vermesi normaldir. Bu sonuca ek olarak bakteriyel tekniklerin kullanımı da katkı sağlamaktadır. Zira bu teknikle de silis dumanında olduğu gibi dayanıklılık ve dayanım artmaktadır. BSF5, BSF10 ve BSF15 numuneleri SF5, SF10 ve SF15 numunelerine kıyasla sırasıyla %11.25, %20,28 ve %11,13 oranında basınç dayanımında artış meydana gelmiştir. En yüksek basınç dayanımı 46,85 Mpa ile % 10 oranında SF içeren bakteriyel numunede (BSF10) gözlenmiştir.



Şekil 3 28 Günlük Bakteriyel Silis Dumanlı Betonun Basınç Dayanımı (Chahal ve ark., 2012)

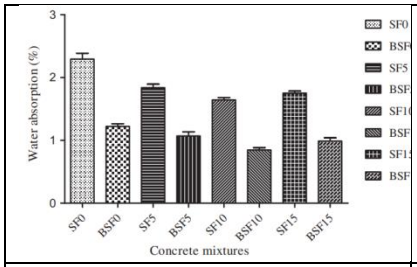
Şekil 4'te gösterilen Chen ve ark. *(2021)*'nın çalışmasında, %5, %10, ve %15 oranlarında SF içeriğine sahip 129.6 g cam elyaf tozu (GFR) harçlarının basınç dayanımının, silis dumanı (SF) içeriğinin artmasıyla arttığı söylenebilir. Silis dumanı miktarının %5, %10 ve %15 oranlarında kullanılmasıyla en yüksek dayanım genellikle SF içeren numunelerde meydana gelmiştir. 3, 7 ve 28 gün kürlenen GS10 numunelerinin 3 günlük basınç dayanımı 42,91 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 54,78 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 66,82 MPa olup, bu dayanımlar buna karşılık gelen 3,7 ve 28 günlük GF5 numunelerininkinden %28,6, %16,2 ve %10,7 oranlarında daha yüksektir. Burada GF numuneleri sadece cam elyaf içermekte, GS numuneleri ise cam elyafa ek olarak silis dumanı da içermektedir. Cam

elyafa ek olarak %10 oranında silis dumanı kullanımı olduğunda, en başarılı sonuçlar elde edilmiş, SF oranı %15'e çıktığında başarı oranı düşmüştür. Sadece silis dumanı içeren numuneler yapılmadığı için, çalışmadan daha fazla yorum çıkarma imkanı olmamıştır.

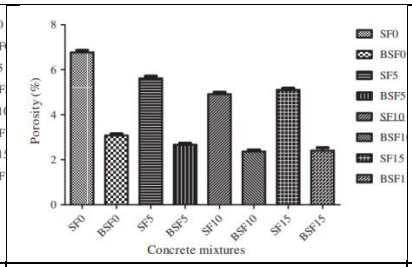


Şekil 4 Farklı SF İçeriğine Sahip GFR Harçlarının Basınç Dayanımları (Chen ve ark., 2021)

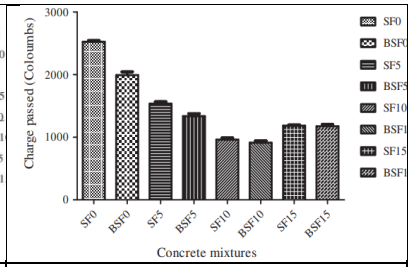
Şekil 5' te gösterilen Chen ve ark. *(2021)*'nın çalışmasında, 28 günlük SF5, SF10 ve SF15 karışımlarında, kontrol karışıma kıyasla daha az su emme meydana gelmiştir. Beton içeriğinde hem SF hem de bakteri kullanılmasıyla su emme oranının çok daha düşük seyrettiği görülmektedir. Minimum su emme, 10^5 cfu/mL bakteri ve %10 oranında silis dumanı içeren numunede meydana gelmiştir. Şekil 6 'da görüldüğü üzere, 28 günlük betonda çimento ikamesi olarak SF'nin dahil edilmesi, SF5, SF10 ve SF15 silis dumanı içeren beton karışımların gözenekliliğinde %17.04, %27.38, ve %24.82 azalma ile sonuçlanmıştır. Aslında bu durumun da etkisiyle, Şekil 7' de gösterildiği üzere 28 günde silis dumanı içeren numunelerin kontrol numunesine kıyasla daha düşük klorür geçirgenliğine sahip olduğu görülmüştür. 28 günlük bakteriyel silis dumanlı numunelerde sadece silis dumanı içeren numunelere göre %12-16 aralığında daha düşük yük geçişi gözlemlenmiştir. Bu durumlar, dayanım- dayanıklılığı içsel boşlukları kapatarak artıran SF ve Bakterilerin, birlikte uygun oranda kullanıldıklarında, betona avantaj sağlayan bu ortak özelliklerini, betonun yapısına artarak yansıyabildiğini göstermektedir.



Şekil 5 28 günlük Bakteriyel Silis Dumanlı Betonun Su Emmesi
(Chen ve ark., 2021)



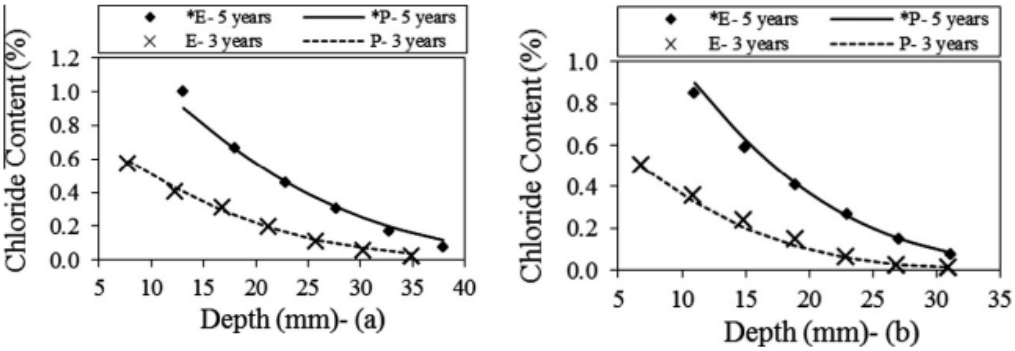
Şekil 6 28 Günlük Bakteriyel Silis Dumanlı Betonun Gözenekliliği
(Chen ve ark., 2021)



Şekil 7 28 günlük Bakteriyel Silis Dumanlı Betonun Klorür Geçirgenliği
(Chen ve ark., 2021)

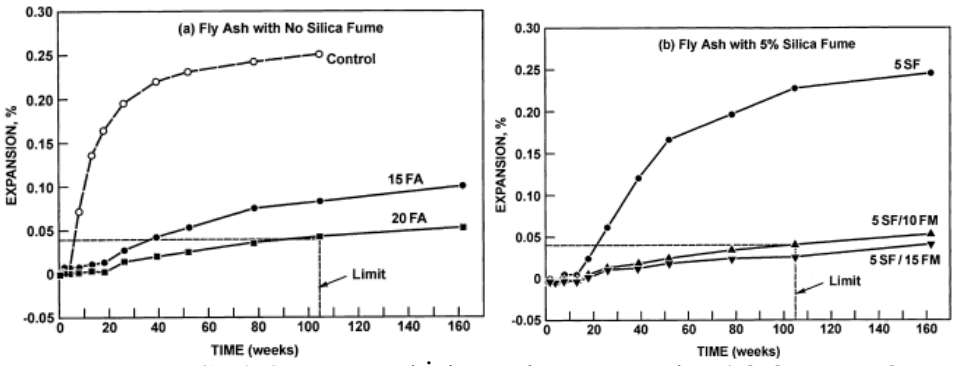
Uzun süreli deniz sahasına maruz bırakılan silis dumanı içeğine sahip betonun klorür difüzyon katsayısını belirlemeye yönelik olarak Farahani ve ark. *(2015)*'nın çalışmasıyla, betonun deniz koşullarına maruz kalma süresi, silis dumanı içeriği, Su/Bağlayıcı (S/B) oranı ve sıcaklık etmenlerinin klorür difüzyon katsayısını büyük oranda etkilediği gözlenmiştir (Şekil 8). Betonun erken yaşlarda difüzyon katsayısı yüksek olduğu, zaman içerisinde düştüğü ve puzolanik malzeme çeşitliliğine bağlı olarak bir noktadan sonra sabitlendiği gözlenmektedir. Betonda Portland çimentosu yerine silis dumanı kullanılması ve düşük oranda S/B kullanılması klorür difüzyonunu azaltmada çok ektilidir. 3-5 yıllık zaman dilimlerine bakıldığında ve beton içeriğinde % 12,5 ile %5 oranında silis dumanı kullanılan

numuneler kıyaslandığında, %12,5 silis dumanı kullanılan numunelerde klorür içeriğinin daha az olduğu görülmüştür. Bu durum da, silis dumanı kullanımının %10- 15 arasında olduğunda dayanım ve dayanıklılığa en fazla olumlu katkı sağlanabildiğinin bir göstergesidir. Aycıca çalışmada, deniz ortamında sıcaklığın artmasıyla klorür yayılımının arttığı gözlenmiştir.



Şekil 8 3 ve 5 Yıl Bandar Abbas'ta Gelgit Bölgesinde Maruz Kalan Numunelerin Genleşme Yüzdeleri (Farahani ve ark., 2015)
(a)W4SF1'in klorür profilleri (%5 SF) (b) W4SF4'in klorür profilleri (%12.5 SF)

Shehata ve ark.(*2002)*, Portland çimentosu, silis dumanı ve uçucu kül (FM) içeren çimentolu sistemlerin alkali silika reaksiyonu nedeniyle genleşme üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu araştırma sonucunda, Şekil 9'da gösterildiği gibi, beton içeriğinde %15-20 oranında uçucu kül kullanımı, kontrol betonuna kıyasla daha az genleşme meydana getirmiştir. %20 FM içeren numune, Kanada standardının %0.04 genleşme kriterini hemen hemen karşılamaktadır. %15 uçucu kül içeriğine sahip betona %5 oranında silis dumanı eklenmesiyle genleşme oranında %0,026'ya kadar azalma meydana gelmiştir. Ayrıca 5 SF/10 FM karışımının 2 yıllık genleşmesi %15 FM içeren karışımdan çok daha düşük çıkmıştır. 20 FM ve 5 SF/10 FM karışımları 3 yaşına kadar aynı genleşme eğrileri göstermiştir.



Şekil 9 Uçucu Kül İçin Genleşme Sonuçları (Shehata ve ark., 2002)

3. SONUÇ

- Literatürde yapılan araştırmaların inceleme sonuçlarına göre, silis dumanının beton içeriğinde kısmi çimento ikamesi olarak kullanılmasıyla kontrol numunelere kıyasla basınç dayanımı artmıştır. Beton karışımında %10- 15 aralığına kadar silis dumanı miktarının artmasına paralel olarak dayanıklılık ve basınç dayanımında artış meydana gelmiştir.
- Silis dumanı ve pomzanın birlikte kullanımı hafif ve yalıtımlı olmasına rağmen dayanımı normalleştirilmiş beton üretimine katkı verebilmektedir.
- Silis dumanının bakteriyel tekniklerle birlikte kullanımı, dayanım ve dayanıklılığı sadece silis dumanı ya da sadece bakteriyel tekniklerin kullanımından daha çok artırmaktadır.
- Şekil 4'te gösterilen Chen ve ark. *(2021)*'nın çalışmasına dayanarak, SF içeriğine sahip cam elyaf tozu (GFR) harçlarının basınç dayanımının, silis dumanı (SF) içeriğinin artmasıyla arttığı söylenebilir. Silis dumanı miktarının %5, %10 ve %15 oranlarında kullanılmasıyla en yüksek dayanım genellikle SF içeren numunelerde meydana gelmiştir. 3, 7 ve 28 gün kürlenen GS10 numunelerinin 3 günlük basınç dayanımı 42,91 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 54,78 MPa ve

28 günlük basınç dayanımı 66,82 MPa olup, bu dayanımlar, buna karşılık gelen 3,7 ve 28 günlük GF5 numunelerininkinden %28,6, %16,2 ve %10,7 oranlarında daha yüksektir. Dolayısıyla GFR ve SF nin birlikte kullanımının sadece GFR kullanımına oranla dayanımı daha çok artırdığı söylenebilir.

- %5 oranında silis dumanı içerikli cam elyaf harcının (GS5), silis dumanı içermeyen cam elyaf (GF5) harcına göre basınç dayanımı her yaşta daha yüksektir. Ayrıca beton içeriğinde silis dumanı miktarının artmasıyla, artan miktar ile birlikte basınç dayanımı da artışmış, en yüksek basınç dayanımı %10 oranında silis dumanı içeren cam elyaf harcında meydana gelmiştir.
- BSF5, BSF10 VE BSF15 Bakteriyel üçlü karışımların, S5, SF10 ve SF15 ikili karışıma kıyasla su emilimi %48- 55 ve gözeneklilik %50- 55 oranlarında azalma oluşturduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla sadece SF kullanımına kıyasla, bakteri ve SF kullanımının dayanıklılığı daha çok artırdığı rahatlıkla söylenebilir.
- 28 günlük beton karışımlarına bakıldığında silis dumanı içeren karışımların kontrol numuneye kıyasla daha düşük klorür geçirgenliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, silis dumanının dayanıklılık gibi dayanımı da artırdığının bir başka göstergesidir.
- %5 oranında silis dumanı ve %10 oranında uçucu kül ile oluşturulan karışımın, 2 yıl sonraki alkali silika reaksiyonuna bağlı genleşme değerini %0,04'ün altına düşürmede etkili olduğu görülmüştür. Daolayısıyla alkali silika dayanıklılığı sağlamak için SF ve FM nin birlikte kullanımı önerilebilir.

4. TARTIŞMA

Beton içeriğinde çimentonun kısmi ikamesi olarak kullanılan silis dumanı, betonun durabilitesini ve mekanik özelliklerini iyileştirmekte, bu sayede dayanıklı ve yüksek mukavemetli beton üretiminde tercih sebebi olabilmektedir. Literatürde silis dumanı kullanımının, diğer mineral- organik ve kimyasal katkılarla birlikte hangi oran ve koşullarda olduğunda beton ve betonarmenin dayanım ve dayanıklılığını ne oranda artırabildiğine yönelik yapılmış çok fazla sayıda çalışma vardır. Dolayısıyla bu bilgi birikimini verimli ve etkin şekilde değerlendirmeye yönelik olarak, bu çalışmada örneği sergilendiği üzere, literatürdeki çalışmaların sınıflandırılarak kıyaslanması ve genel toplu sonuçların çıkarılıp paylaşılmasına ihtiyaç vardır.

REFERANSLAR

Alizadeh R., Ghods P., Chini M., Hoseini M., Ghalibafian M., Shekarchi M. (2008) Effect of curing conditions on the service life design of RC structure in the Persian Gulf region. J Mater Civil Eng;20(1):2–8.

Ardalan, R.B., Joshaghani, A. & Hooton, R.D. (2017). Workability retention and compressive strength of self-compacting concrete incorporating pumice powder and silica fume, *Construction and Building Materials*, 134, 116-122.

Chahal, N., Siddique, R., Rajor, A. (2012) Influence of bacteria on the compressive strength, water absorption and rapid chloride permeability of fly ash concrete, Constr. Build. Mater. 28, 351–356.

Cwirzen A., Penttala V. (2005) Aggregate–cement paste transition zone properties affecting the salt–frost damage of high-performance concretes, Cem. Concr. Res. 35, 671–679.

Farahani, A., Taghaddos, H. & Shekarchi, M. (2015). Prediction of long-term chloride diffusion in silica fume concrete in a marine environment, *Cement and Concrete Composites*, 59, 10-17.

Ghoddousi P., Ganjian E., Parhizkar T., Ramezanianpour AA. (1998) Concrete technology in the environmental conditions of Persian Gulf. Iran: BHRC Publication.

Igarashi, S.I., Watanabe, A., Kawamura, M. (2005) Evaluation of capillary pore size characteristics in high-strength concrete at early ages, Cem. Concr. Res. 35, 513–519.

Khan, M.I. (2003) Isoresponses for strength, permeability and porosity of high performance mortar, Build. Environ. 38, 1051–1056.

Muynck, W., Debrouwer, D., Belie, N., Verstraete, W. (2008) Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials, Cem. Concr. Res. 38,1005–1014.

Poon, C.S., Kou, S.C., Lam, L. (2006) Compressive strength, chloride diffusivity and pore structure of high performance metakaolin and silica fume concrete, Constr. Build. Mater. 20 858–865.

Ramezanianpour A.A., Malhotra V.M (1995) Effect of curing on the compressive strength, resistance to chloride-ion penetration and porosity of concretes incorporating slag, fly ash or silica fume, Cement Concr. Compos. 17, 125–133.

Ramachandran, S.K., Ramakrishnan, V., Bang, S.S. (2001) Remediation of concrete using microorganisms, ACI Mater. J. 98, 3–9.

Siddique, R., Jameel, A., Singh,M., Barnat-Hunek, D., Kunal, Aït-Mokhtar, A., Belarbi, R. & Rajor, A. (2017), Effect of bacteria on strength, permeation characteristics and micro-structure of silica fume concrete, *Construction and Building Materials*, 142, 92-100.

Shehata, M.H. & Thomas, M.D.A. (2002), Use of ternary blends containing silica fume and fly ash to suppress expansion due to alkali–silica reaction in concrete, *Cement and Concrete Research*, 32(3), 341-349.

Shekarchi, M., Rafiee, A., Layssi, H. (2009) Long-term chloride diffusion in silica fume concrete in harsh marine climates. Cem Concr Compos;31(10):769–75.

Song, H.W., Pack, S.W., Nam, S.H., Jang, J.C., Saraswathy, V. (2010) Estimation of the permeability of silica fume cement concrete, Constr. Build. Mater. 24, 315–321.

Toutanji, H.A., Bayasi, Z. (1999) Effect of curing procedures on properties of silica fume concrete, Cem. Concr. Res. 29, 497–501.

Vaysburd, A.M., Emmons, P.H. (2004) Corrosion inhibitors and other protective systems in concrete repair: concepts or misconcepts. Cem Concr Compos; 26(3):255–63.

SERİ, PARALEL VE SERİ-PARALEL REZONANSLI DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Nebi Işık
Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
isiknebi.70@gmail.com, ORCID: 0009-0005-6478-6668

Hacı Bodur
Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
bodur@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1952-1039

Özet
Giderek artan teknolojik gelişmeler sayesinde elektronik cihazların kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Sınırlı enerji kaynaklarına sahip dünyamızda enerjinin verimli kullanılması konusu popüler hale gelmektedir. Elektronik cihazların sayısının artması ve kullanışlı olma durumu ile de cihaz boyutları oldukça küçülmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonları, endüstriyel otomasyon cihazları, sağlık ekipmanları, uydu sistemleri, insansız hava araçları, robotlar, bilgisayarlar ve savunma sanayi gibi çok çeşitli alanlarda elektronik cihazlar giderek yaygınlaşmaktadır. Elektronik cihazların boyut ve verimlilik bakımından avantajlı hale gelmesi konusu içerisinde, elektrik enerjisinin dönüşümü de oldukça büyük yer tutmaktadır. Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı alternatif akım (AC) ile yapılmasına karşın elektrik enerjisinin kullanımı alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) ile gerçekleşmektedir. Bu durumda elektronik cihazın talep ettiği gerilim çeşidi ve gerilim seviyesine göre elektrik enerjisinin dönüşümünün yapılması gerekmektedir. Klasik anahtarlamalı DC-DC dönüştürücülerde kullanılan darbe genişlik modülasyonu kontrol tekniğinde sert anahtarlamadan dolayı yarı iletken elemanların anahtarlama kayıpları aşırı artmaktadır. Temel PWM kontrollü DC-DC dönüştürücülerin yüksek frekanslarda çalıştırılması zorlaşmaktadır. Klasik anahtarlamalı DC-DC dönüştürücülerde endüktansın enerji aktarım prensibi göre yapılan gerilim regülasyonu rezonanslı DC-DC dönüştürücülerde rezonans tankın enerji aktarım prensibine göre yapılmaktadır. Rezonans frekansının kontrol edilmesi ile devre kazanç fonksiyonu değiştirilmekte ve çıkış gerilim regülasyonu sağlanmaktadır. DC-DC dönüştürücülerde rezonans sayesinde yarı iletken elemanların yumuşak anahtarlama yapılması sağlanmakta ve güç kayıpları azaltılmaktadır. Bu sayede yüksek frekanslarda çalıştırılabilen DC-DC dönüştürücülerin hacimleri ve devrelerde kullanılan eleman sayıları azaltılabilmektedir. Bu çalışmada seri, paralel ve seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücüler incelenmiş ve DC-DC dönüştürücülerde kullanılması açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güç Dönüştürücüleri, DC-DC Dönüştürücüler, Rezonanslı Dönüştürücüler

COMPARISON OF SERİES, PARALLEL AND SERİES-PARALLEL RESONANT DC-DC CONVERTERS

Abstract
The increasing technological advancements have led to the widespread usage of electronic devices. In our world with limited energy resources, the efficient utilization of energy has become a popular concern. As electronic devices continue to multiply and become more user-friendly, their sizes have significantly decreased. Electronic devices are now commonly found in various fields such as electric vehicle charging stations, industrial automation devices, healthcare equipment, satellite systems, unmanned aerial vehicles, robots, computers, and defence industry applications. The quest for size and efficiency in electronic devices emphasizes the crucial role of electrical energy conversion. While the production, transmission, and distribution of electrical energy are predominantly done using alternating current (AC), the utilization of electrical energy occurs in either alternating current (AC) or direct current (DC) form. Consequently, the conversion of electrical energy must be tailored to the specific voltage requirements and levels demanded by electronic devices. In classical switch-mode DC-DC converters, the pulse width modulation (PWM) control technique, due to hard switching, leads to increased switching losses of semiconductor devices. Operating basic PWM-controlled DC-DC converters at high frequencies becomes increasingly challenging. In contrast, resonant DC-DC converters achieve voltage

regulation through the energy transfer principle of the resonant tank, enabling soft switching of semiconductor devices and reducing power losses. The ability to operate at higher frequencies and minimize the number of components makes resonant DC-DC converters advantageous. This study examines and compares series, parallel, and series-parallel resonant DC-DC converters in terms of their suitability for DC-DC converter applications.

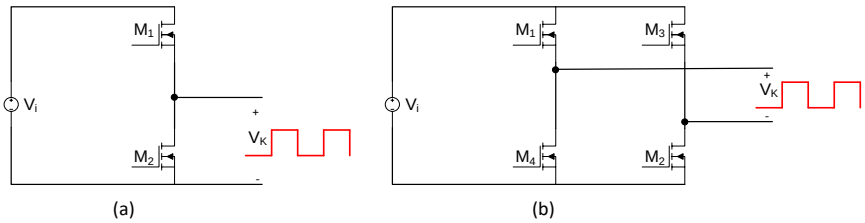
Keywords: Power Converters, DC-DC Converters, Resonant Converter

1. GİRİŞ

Giderek artan teknolojik gelişmeler sayesinde elektronik cihazların kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Sınırlı enerji kaynaklarına sahip dünyamızda enerjinin verimli kullanılması konusu popüler hale gelmektedir. Elektronik cihazların sayısının artması ve kullanışlı olma durumu ile de cihaz boyutları oldukça küçülmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonları, endüstriyel otomasyon cihazları, sağlık ekipmanları, uydu sistemleri, insansız hava araçları, robotlar, bilgisayarlar ve savunma sanayi gibi çok çeşitli alanlarda elektronik cihazlar giderek yaygınlaşmaktadır. Elektronik cihazların boyut ve verimlilik bakımından avantajlı hale gelmesi konusu içerisinde, elektrik enerjisinin dönüşümü de oldukça büyük yer tutmaktadır. Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı alternatif akım (AC) ile yapılmasına karşın elektrik enerjisinin kullanımı alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) ile gerçekleşmektedir. Bu durumda elektronik cihazın talep ettiği gerilim çeşidi ve gerilim seviyesine göre elektrik enerjisinin dönüşümünün yapılması gerekmektedir. Rezonanslı DC-DC dönüştürücülere ait temel blok diyagramı Şekil 23 ile gösterilmektedir.

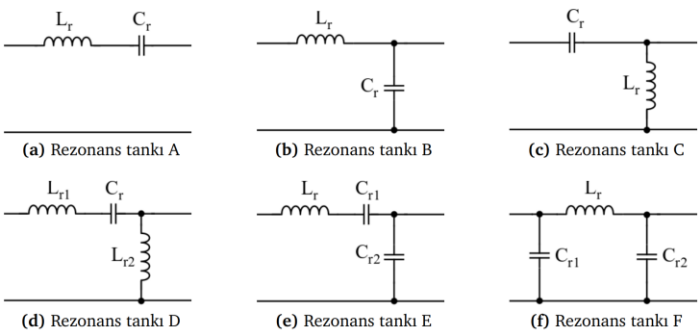
Şekil 23. Rezonanslı DC-DC Dönüştürücü Blok Diyagramı

Anahtarlama kısmı olarak gösterilen birinci blok literatürde kare dalga üreteci olarak da isimlendirilmektedir. Anahtarlama kısmında DC bir gerilim veya akımdan darbeli bir DC gerilim veya akım elde edilmektedir. Bu darbeli kare dalga rezonans tank elemanlarına uygulanmaktadır. Kare dalga üreteci devre şeması için farklı yapılar bulunmaktadır. Tasarlanan DC-DC dönüştürücüye göre uygun yapı seçilmektedir. Kare dalga üretmek için kullanılan devre şemaları Şekil 24 ile gösterilmektedir.



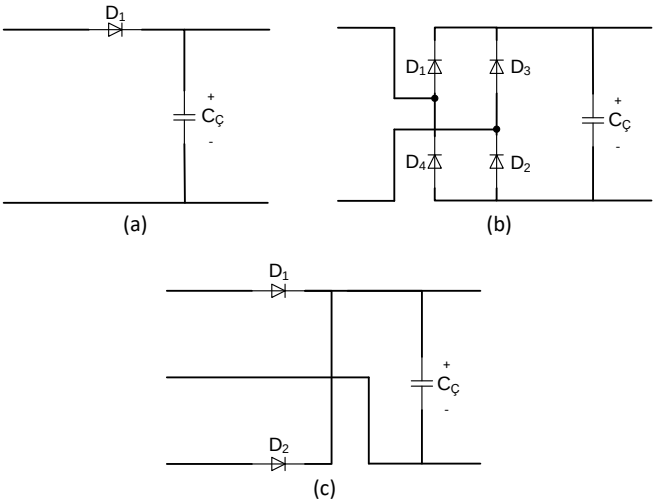
Şekil 24. Yarım Köprü(a) ve Tam Köprü (b) Kare Dalga Devre Şemaları

Rezonans tank kısmında, girişe uygulana kare dalga şeklindeki AC gerilim çıkışta sinüs dalgası şeklinde AC gerilime çevrilmektedir. Bu kısımda kare L-C rezonans elemanları rezonans anında kare dalganın temel bileşenini geçirmektedir, diğer harmonik içerikleri filtrelemektedir. Rezonans elemanlarının kazanç fonksiyonu ve kullanılan transformatörün dönüşüm oranına göre de doğrultucu kısmına gerilim aktarılmaktadır. Farklı rezonans şemaları Şekil 25 ile gösterilmektedir.



Şekil 25. Örnek Rezonans Devre Şemaları

Doğrultucu kısmında ise rezonans tank kısmından gelen yüksek frekanslı AC gerilim doğrultularak filtrelenmektedir. Kazanç fonksiyonu ve transformatörün dönüşüm oranına göre elde edilen çıkış gerilim ile yük beslenmektedir. Doğrultucu kısmında kullanılan devre şemaları Şekil 26 ile gösterilmektedir.



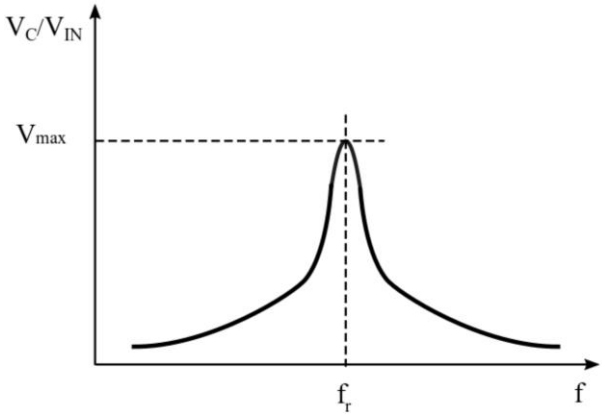
Şekil 26. Yarım Dalga (a), Tam Dalga (b) ve Orta Uçlu (c) Doğrultucu Şemaları

Şekil 25 (a) ile gösterilen seri rezonans devre şemasında rezonans frekansı (f_r) ve kalite faktörü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{1}$$

$$Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R} \tag{2}$$

Seri rezonans devresinde anahtarlama frekansına bağlı olarak elde edilen kazanç grafiği Şekil 27 ile gösterilmektedir.



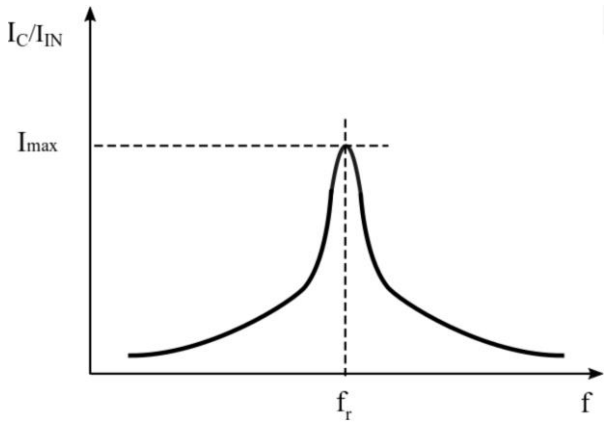
Şekil 27. Seri Rezonans Devresi Kazanç Grafiği

Şekil 25 (b) ile gösterilen paralel rezonans devre şemasında rezonans frekansı (fr) ve kalite faktörü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{3}$$

$$Q = \frac{R}{\sqrt{L/C}} \tag{4}$$

Paralel rezonans devresinde anahtarlama frekansına bağlı olarak elde edilen kazanç grafiği Şekil 28 ile gösterilmektedir.



Şekil 28. Paralel Rezonans Devresi Kazanç Grafiği

Son zamanlarda verimliliği artırmak ve boyutları küçültmek adına endüstride yaygın olarak kullanılan rezonanslı DC-DC dönüştürücüler klasik PWM kontrollü dönüştürücülere göre farklı tasarımsal zorluklar da getirmektedir. Farklı karakteristiklere sahip seri, paralel ve seri-paralel rezonanslı dönüştürücüler yumuşak anahtarlama da sağlaması ile avantaj sağlamaktadır. Tasarımsal isterlere göre uygun rezonans şemasının seçilmesi ile endüstriyel uygulamalarda rezonanslı DC-DC dönüştürücüler avantajlarını giderek artırmaktadır.

2. TANIM VE YÖNTEM

İlerleyen teknolojik gelişmeler sayesinde kullanımı artan elektronik cihazlar için DC-DC dönüştürücüler önemli hale gelmektedir. Farklı topolojiler ile yapılabilen DC-DC dönüştürücüler son yıllarda rezonanslı DC-DC dönüştürücüler yönünde popülerliğini artırmaktadır. Bu çalışmada seri, paralel ve seri-paralel rezonans şemaları içeren DC-DC dönüştürücülerin devre şemalarının incelenmesi, kazanç-frekans grafiklerinin yorumlanması, yumuşak anahtarlama yapılarının incelenmesi ve avantaj-dezavantajlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Rezonanslı DC-DC dönüştürücüler klasik PWM kontrollü DC-DC dönüştürücülere göre yumuşak anahtarlama sayesinde güç kayıplarını azaltmaktadır. Bu çalışma kapsamında seri, paralel ve seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücülerin gerilim kazanç fonksiyonları, çalışma bölgeleri, yarı iletken elemanların stresleri, klasik dönüştürücülere göre kayıp avantajları ve tasarım zorlukları açısından kıyaslanması yapılarak üç temel rezonans topolojisi irdelenecektir. Temel rezonans topolojilerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada literatürde daha önce yapılan bilimsel yayınlar, akademik makaleler ve tezler, mühendislik uygulama notları ve temel benzetim programları kullanılmıştır. Sayısal hesaplamalar ile teorik kontroller ve benzetim uygulamaları ile bilgisayar temelli kontroller yapılarak rezonans temelli DC-DC dönüştürücüler karşılaştırılmıştır.

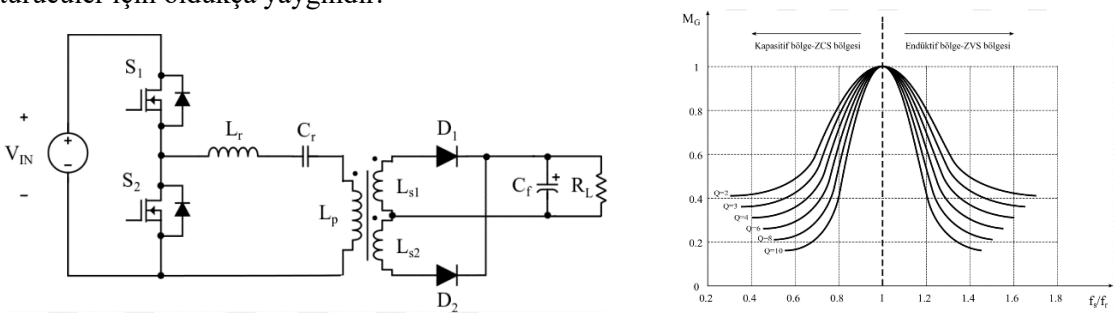
3. REZONANS VE REZONANSLI DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Periyodik olarak uygulanan bir kuvvetin frekansının, uygulandığı sistemin doğal frekansına eşit ya da yakın olduğu durumlarda sistemin genliğinin sonsuza gitme eğilimi göstermesi rezonans olarak adlandırılmaktadır. Rezonans, bir sistemde belirli bir frekansta salınım elde etmek ya da belirli frekanslardaki salınımları sönümlemek için kullanılmaktadır. Rezonanslar sistemin titreşim enerjisini depolayabildiği ya da aktarabildiği anlarda oluşmaktadır. Elektrik devrelerinde rezonans ise endüktans ve kondansatörün arasında sürekli enerji aktarımı ile sonuçlanmaktadır. Bu durumda elemanların gerilim veya akım genlik değerleri aşırı artmaktadır. Rezonanslı DC-DC dönüştürücülerde ise yarı iletken elemanların anahtarlanması anlarında rezonans sayesinde gerilim dalga şekillerinin öne veya geriye alınması ile yumuşak anahtarlama yapılması sağlanmaktadır.

3.1. Temel Seri Rezonanslı Yarım Dalga DC-DC Dönüştürücü Devresi

Lr ve Cr rezonans elemanlarının birbirine ve yüke seri bağlandığı yarım dalga seri rezonanslı DC-DC dönüştürücü devre şeması ve kazanç fonksiyonu grafiği Şekil 29 ile gösterilmektedir. Rezonans tank elemanlarının yüke seri bağlı olmasından dolayı yük bir gerilim bölücü gibi çalışmaktadır. Girişte yer alan kare dalga üretecinin frekansının değişmesi ile rezonans tank empedansı değişecektir ve yüke verilen gerilim de değişecektir. Bu sebeple seri rezonanslı DC-DC dönüştürücülerde kazanç daima 1'den düşük olmaktadır. Rezonans anında tank empedansının en düşük olması ile kazanç maksimum noktaya ulaşmaktadır.

Kazanç grafiğinde rezonans frekansının sağ tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak endüktif çalışma sağladığı için sıfır gerilimde anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlanmaktadır. Rezonans frekansının sol tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak kapasitif çalışma sağladığı için sıfır akımda anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlanmaktadır. Güç mosfetlerinde çoğunlukla sıfır gerilimde anahtarlama tercih edildiği için endüktif bölgede çalışma sağlamak seri rezonanslı DC-DC dönüştürücüler için oldukça yaygındır.



Şekil 29. Seri Rezonanslı DC-DC Dönüştürücü Devre Şeması ve Kazanç Grafiği

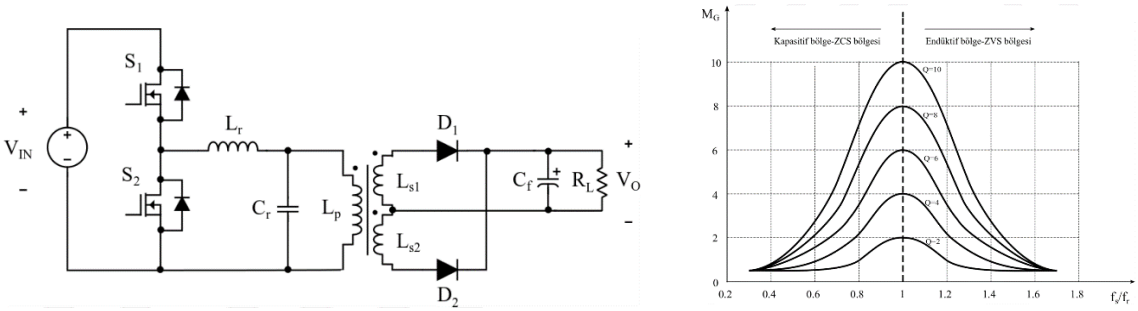
Seri rezonanslı DC-DC dönüştürücülerde düşük yüklerde çıkış gerilimi regülasyonunu sağlamak için anahtarlama frekansının aşırı artırılması gerekmektedir. Seri rezonanslı devreler için bu durum dezavantaj oluşturmaktadır. Düşük yüklerde regülasyon için farklı kontrol yöntemleri uygulanmaktadır. Nominal giriş geriliminde rezonans frekansında çalışan dönüştürücüde giriş gerilimi arttıkça rezonans frekansından daha yüksek frekanslarda dönüştürücü çalışmaktadır. Frekans arttıkça rezonans tank

empedansı da artmaktadır. Bu durumda çıkışa aktarılan enerji azalacak ve rezonans tank içerisinde daha çok enerji sirkülasyonu olacaktır. Bu durumda anahtarların kayıpları da artacaktır.

3.2. Temel Paralel Rezonanslı Yarım Dalga DC-DC Dönüştürücü Devresi

Lr ve Cr rezonans elemanlarının birbirine ve yüke paralel bağlandığı yarım dalga seri rezonanslı DC-DC dönüştürücü devre şeması ve kazanç fonksiyonu grafiği Şekil 30 ile gösterilmektedir. Yükün rezonans kondansatörüne paralel bağlı olmasından dolayı paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücü olarak isimlendirilmektedir. Girişte yer alan kare dalga üretecinin frekansının değişmesi ile rezonans tank empedansı değişecektir ve yüke verilen gerilim de değişecektir. Rezonans tank ve yükün paralel bağlı olasından dolayı bu dönüştürücülerde maksimum kazanç 1'den büyük olabilmektedir. Rezonans anında empedansın en düşük olması ile kazanç maksimum noktaya ulaşmaktadır.

Seri rezonanslı DC-DC dönüştürücüye benzer şekilde kazanç grafiğinin sağ tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak endüktif çalışma sağladığı için sıfır gerilimde anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlamaktadır. Kazanç grafiğinin sol tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak kapasitif çalışma sağladığı için sıfır akımda anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlamaktadır. Güç mosfetlerinde çoğunlukla sıfır gerilimde anahtarlama tercih edildiği için endüktif bölgede çalışma sağlamak paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücüler için de tercih edilmektedir.



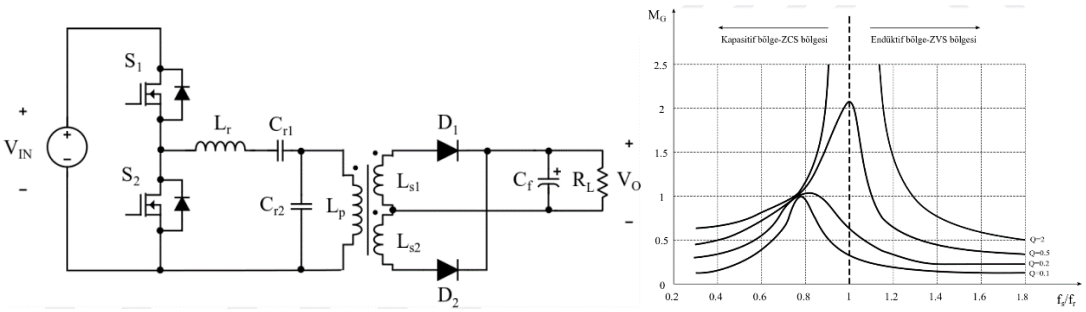
Şekil 30. Paralel Rezonanslı DC-DC Dönüştürücü Devre Şeması ve Kazanç Grafiği

Seri rezonanslı DC-DC dönüştürücüler ile karşılaştırıldığında kazanç grafiğinde çalışma bölgesi daha dardır. Düşük yüklerde çıkış gerilimi regülasyonu için frekansın aşırı artırılması gerekmemektedir. Düşük yüklerde çıkış gerilimi regülasyonu daha rahat sağlanmaktadır. Giriş gerilimi artırıldığında rezonans frekansından daha yüksek frekanslarda dönüştürücü çalışmaktadır. Giriş gerilimi artıkça rezonans frekansından uzaklaşılması sirkülasyon enerjisini de artırmaktadır. Seri rezonanslı DC-DC dönüştürücüye göre daha fazla sirkülasyon enerjisi oluşmaktadır. Bu durumda yarı iletken anahtarların kayıplarını artırmaktadır. Yüksüz durumlarda bile sirkülasyon enerjisi sistemde dolaşmaktadır.

3.3. Temel Seri-Paralel Rezonanslı Yarım Dalga DC-DC Dönüştürücü Devresi

Lr, Cr1 ve Cr2 rezonans elemanlarının birbirine seri bağlı olduğu ve Cr2 elemanının yüke paralel bağlandığı yarım dalga seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücü devre şeması ve kazanç fonksiyonu grafiği Şekil 31 ile gösterilmektedir. Girişte yer alan kare dalga üretecinin frekansının değişmesi ile rezonans tank empedansı değişecektir ve yüke verilen gerilim de değişecektir. Seri ve paralel rezonans yapılarının birleştirilmesi ile elde edilen seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücü devresi diğer rezonans şemalarının olumsuz yanlarını ortadan kaldırmaktadır. Kazanç grafiğinde iki farklı rezonans tepesi yer almaktadır.

Diğer rezonanslı topolojilerde olduğu gibi kazanç grafiğinin sağ tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak endüktif çalışma sağladığı için sıfır gerilimde anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlamaktadır. Kazanç grafiğinin sol tarafında kalan bölgede çalışma sağlamak kapasitif çalışma sağladığı için sıfır akımda anahtarlama ile yumuşak anahtarlama sağlamaktadır Güç mosfetlerinde çoğunlukla sıfır gerilimde anahtarlama tercih edildiği için endüktif bölgede çalışma sağlamak paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücüler için de tercih edilmektedir.



Şekil 31. Seri-Paralel Rezonanslı DC-DC Dönüştürücü Devre Şeması ve Kazanç Grafiği

Seri rezonanslı DC-DC dönüştürücüler ile karşılaştırıldığında yük değişimlerinde frekans değişimi daha az olmaktadır. Anahtarlama anları karşılaştırıldığında ise giriş akımı paralel rezonanslı dönüştürücülere göre daha az ancak seri rezonanslı dönüştürücülere göre bir miktar fazla olmaktadır. Bu durumun sonucunda sirkülasyon enerjisi paralel rezonanslı dönüştürücüye göre azalmaktadır. Giriş geriliminin arttığı durumlarda anahtarlama frekansı rezonans frekansından yüksek olmaktadır. Yüksek giriş gerilimlerinde sirkülasyon enerjisi ve yarı iletken elemanların kesime girme akımları artmaktadır. Bu durum elemanların kayıp güçlerini da artırmaktadır.

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Rezonanslı DC-DC dönüştürücüler geleneksel PWM kontrollü dönüştürücülere göre birçok avantaj sağlamasının yanında beraberinde bazı zorluklar da getirmektedir. Seri, paralel ve seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücüler kendi aralarında karşılaştırıldığında sirkülasyon enerjileri, kazanç grafiklerinde çalışma bölgeleri, yüksek giriş gerilimlerinde regülasyon sorunları, anahtarlama frekansının kontrol edilmesi gibi konularda farklılık göstermektedir. Seri ve paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücülerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için geliştirilen seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücü yapıları üstünlük sağlamaktadır. Farklı rezonans yapılarına sahip olan seri-paralel rezonanslı DC-DC dönüştürücüler endüstride sağladığı avantajlar sayesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

Bodur H. 2017. *Güç elektroniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Erickson, R., W., Maksimovic, D. (2007), *Fundamentals of power electronics.* Springer Science & Business Media.

Özdemir, B., (2019). *Rezonanslı dönüştürücülerin incelenmesi ve bir uygulama devresinin gerçekleştirilmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yang, B., (2003). *Topology investigation for front end DC/DC power conversion for distributed power system*. Virginia Polytechnic Institute and State University, 95-105

BETONUN OTOJEN BÜZÜLMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Elif ERDEM YÜKSEL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği
21282625@stu.omu.edu.tr, ORCID: 0009-0003-4214-2082

Varol KOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği
kvarol@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4810-3845

Özet
Yüksek mukavemetli betonun, dayanımı gibi, dayanıklılığı da yüksek olması istenen betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarında kullanımı oldukça yaygındır. Yüksek mukavemetli betonlar malzeme içeriği olarak genellikle düşük su/ bağlayıcı oranına ve silis dumanı (SF) gibi endüstriyel yan ürünlere sahiptir. Bu tür betonların dayanımı yüksek olsa da sertleşme esnasında çatlak geliştirme eğilimindedirler. Bu ise yüksek dayanımlı beton malzemeden yapılan yapılar için amaç olan dayanım ve dayanıklılığı düşürür. Bu nedenle bu tür betonların otojen büzülme açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Otojen büzülme su ile çimentonun reaksiyonundan kaynaklanan büzülmedir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde yüksek dayanımlı betonun otojen büzülmesinde su/bağlayıcı oranı, değişken sıcaklıklar, kimyasal ve mineral katkılar ve bu katkıların miktarının önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda yüksek dayanımlı beton numunelerde artan yaşlar ile birlikte otojen büzülmenin arttığı gözlenmektedir. Beton içeriğinde su/bağlayıcı oranının azaltılması otojen büzülmenin artmasına neden olmaktadır. Erken yaşlarda (2 günlük) otojen büzülme hızla gelişir. Beton içeriğinde cam elyaf ile SF'nin birlikte kullanıldığı durumlarda SF dozunun artmasıyla otojen büzülmenin arttığı gözlenmiştir. Betonun kür süresinin artmasının otojen büzülmeyi hızlandırdığı, portland çimentosu, cüruf ve SF den oluşan üçlü karışıma CaO mineralinin eklenmesi ve CaO oranının artmasının ise otojen büzülmeyi azalttığı gözlenmiştir. Su/Bağlayıcı oranı 0,15 olan silis dumanı katkılı çimento pastalarının sıcaklığa bağlı otojen büzülme gerinimleri bir bükülme noktası ile iki aşamaya ayrılır. 1. aşamada düşük sıcaklık geçmişlerine tabi tutulan numunelerin otojen büzülmesinde büyük bir artış yaşanır. 2. aşamada ise yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan numunelerde daha büyük bir artış olur. Bu çalışmada literatürdeki benzer çalışmalar birleştirilerek beton içeriğinde kullanılan silis dumanının betonun otojen rötre şekil değiştirmesini ne düzeyde etkilediği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otojen Büzülme, Silis Dumanı, Su/Bağlayıcı Oranı, Sıcaklık, Mineral ve Kimyasallar

FACTORS AFFECTING AUTOGENOUS SHRINKAGE OF CONCRETE

Abstract
The use of high-strength concrete in the load-bearing elements of reinforced concrete structures, which is required to have high durability as well as strength, is quite common. High-strength concretes generally have low water/binder ratio and industrial by-products such as silica fume (SF) as material content. Although such concretes have high strength, they tend to develop cracks during hardening. This reduces the strength and durability, which is the goal for structures made of high-strength concrete material. Therefore, such concretes should be evaluated in terms of autogenous shrinkage. Autogenous shrinkage is the shrinkage caused by the reaction of water and cement. When the researches are examined, it has been determined that the water/binder ratio, variable temperatures, chemical and mineral additives and the amount of these additives are significantly effective in the autogenous shrinkage of high strength concrete. In the studies in the literature, it is observed that autogenous shrinkage increases with increasing age in high strength concrete samples. Reducing the water/binder ratio in the concrete content causes an increase in autogenous shrinkage. Autogenous shrinkage develops rapidly at an early age (2 days). In cases where glass fiber and SF are used together in the concrete content, it has been observed that the autogenous shrinkage increases with the increase of the SF dose. It has been observed that increasing the curing time of concrete accelerates autogenous shrinkage, adding CaO mineral to the triple mixture consisting of portland cement, slag and SF and increasing the

CaO ratio reduces autogenous shrinkage. The temperature-dependent autogenous shrinkage strains of silica fume-added cement pastes with a water/binder ratio of 0.15 are divided into two stages by a bending point. Samples subjected to low temperature histories in stage 1 experience a large increase in autogenous shrinkage. In the second stage, there is a greater increase in samples exposed to high temperatures. In this study, similar studies in the literature were combined and the extent to which the silica fume used in the concrete content affected the autogenous shrinkage deformation of the concrete was investigated.

Keywords
Autogenous Shrinkage, Silica Fume, Water/Binder Ratio, Temperature, Minerals and Chemicals

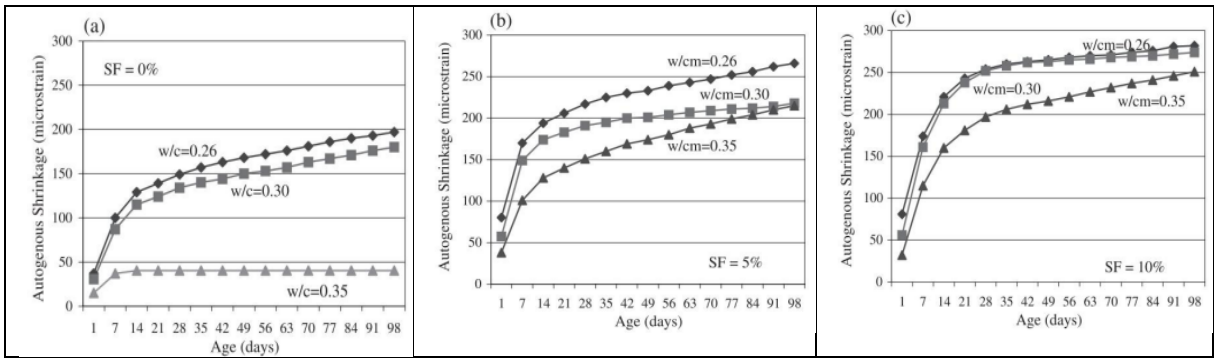
1. GİRİŞ

Son yıllarda yüksek betonarme yapılarda, yüksek mukavemetli beton yaygın olarak kullanılmaktadır. Beton içeriğinde düşük Su/Bağlayıcı (S/B) oranı ve silis dumanı (SF) kullanılması ile betonun mukavemeti artmaktadır. SF, portland çimentosu karışımına dahil edildiğinde gözenek boyutu dağılımının iyileştirilmesi yoluyla dikkate değer mekanik özellikler gösteren yaygın olarak kullanılan bir puzolan olarak kabul edilir (Mazloon ve ark., 2004). Ancak beton, yarı kırılgan bir yapıya sahip olduğu için mukavemetin artmasıyla kırılganlığı da artmaktadır. Bu durumda düşük S/Ç oranına sahip yüksek mukavemetli betonun otojen büzülmesi ve kontrolüne yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. (Paillere ve ark., 1989; Tazawa ve Miyazawa, 1992; Tazawa ve Miyazawa, 1995; Schrage ve ark., 1992; Tazawa ve ark., 1994; Tsutsui ve ark., 1996; Lura ve ark., 2001) Normal betonun tipik otojen rötre değerleri 1 aylıkken yaklaşık 40 x 10^{-6} ve 5 yıl sonra 100 x 10^{-6} 'dır (Davis, 1940). Bu değerler kuruma rötresi ile karşılaştırıldığında nispeten düşüktür. Bu nedenle sıradan beton için otojen büzülme göz ardı edilmiştir. Ancak S/B oranı düşük betonlarda özellikle SF içerdiğinde otojen rötre önemli olabilir. Aıtcin ve ark. (1997)'na göre S/B oranı yaklaşık 0.42'den büyükse otojen büzülme yüksek olmayacaktır. Ancak S/Ç oranı 0.42'den düşükse hızla gelişecektir. 0.17 gibi çok düşük S/B oranında beton için 700 x 10^{-6} otojen büzülme rapor edilmiştir (Tazawa ve Miyazawa, 1993). Çok erken büzülme davranışı da dikkate alınması gereken bir diğer konudur. Oda sıcaklığında bir gün içinde neredeyse hiç bağıl nem değişimi olmaksızın büyük ve hızlı otojen büzülme gözlendiği bildirilmiştir (Lura ve ark., 2003). Bilindiği üzere büzülme değeri beton konstrüksiyonun kalitesini ölçmek için de önemli bir faktördür ve betonun büzülmesi kaçınılmaz bir sorundur. Büyük büzülme betonun mekanik özelliklerini ve dayanıklığını olumsuz etkileyen beton çatlamasına neden olur. Alkaliye dayanıklı cam elyaf (ARGF) veya cam elyaf tozunun (GFP) beton üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalar mekanik ve dayanıklılık üzerine odaklanmıştır (Chen ve ark., 2021).

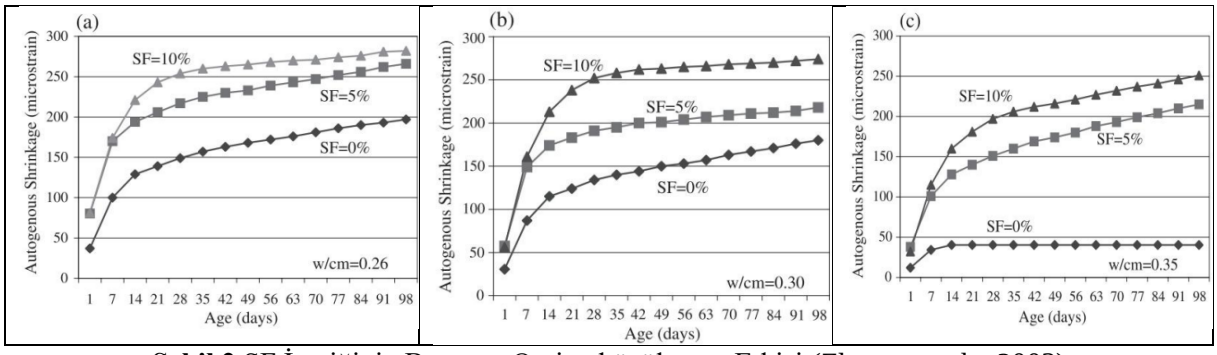
2. İNCELENME

Çimento ikamesi olarak toplam çimento esaslı malzemelerin kütlece 0.26 ile 0.35 aralığında ve SF içeriği kütlece %0 ile %10 aralığında olan beton numuneler için yapılan araştırma sonucunda (Zhang ve ark., 2003) Şekil 1' de görüldüğü üzere, betonun otojen büzülmesinde hem S/B oranının hem de SF katkısının önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Otojen rötre, azalan S/B oranı ve artan SF içeriği ile artmıştır. SF içeriğine sahip betonların 98 günlük otojen büzülmesi, 0,35 S/B oranındayken bile nispeten yüksektir. Ancak S/B oranını 0,26'ya düşürülmesi ile otojen büzülme 50 mikro gerinim daha artmıştır. %5 ve %10 SF'li beton için 30 mikro gerilim şekil değiştirme gözlenmiştir (Zhang ve ark., 2003). Şekil 1.'deki grafikler, SF oranları temel alınarak, Şekil 2.'deki grafikler S/C oranları temel alınarak birbirleri içinde gruplandırılmıştır. Böylece Şekil 1.'deki her bir grafikten, aynı SF oranına sahip karışımlarda S/Ç oranının değişimiyle nasıl bir rötre dağılımı oluştuğu, Şekil 2.'deki her bir grafikten de, aynı S/Ç oranına sahip karışımlarda SF oranının değişimiyle nasıl bir rötre dağılımı oluştuğu analiz edilebilmektedir. Şekil 1'deki grafiklerden, SF oranındaki artışın özellikle erken rötrede yüksek artış doğurduğu görülmektedir. Buna mukabil, SF oranı azaldıkça rötre artışı 21 gün sonrasında yaklaşık düzgün doğrusal olarak devam ederken, SF oranı arttıkça 21 gün sonrası yataya yakın bir artışla artmaktadır. Ayrıca SF olmayan karışımlardan hazırlanan betonlarda S/Ç oranı 0,30 eşiğinden daha çok oldukça hem erken hem ileri rötrenin çok büyük oranda azaldığı görülmektedir. Ancak karışıma katılan SF etkisiyle bu eşik sonrasında da yüksek oranda rötre oluştuğu görülmektedir. Benzer yorumlar Şekil 2.'deki grafiklerin incelenmesiyle de teyid edilebilir. Bu yorumlara paralel olarak, Şekil 3' te görüldüğü üzere düşük S/B oranı ve yüksek silis dumanı içeren betonun, erken saatlerde otojen büzülmesi hızlı bir

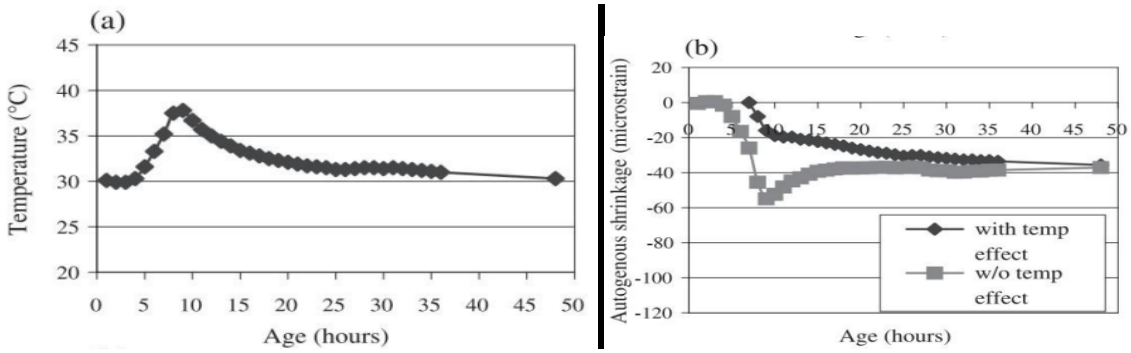
şekilde gelişmiştir. Özellikle S/B oranı 0,26 olan ve silis dumanı içeren numunede, 2 günlük otojen büzülme 100 mikro şekil değiştirmenin üzerinde olmuştur. Bu nedenle, erken gün ve saatlerdeki otojen büzülmeye dikkat edilmelidir. Çünkü beton, erken yaşlarda çatlamaya daha duyarlıdır (Zhang ve ark., 2003).



Şekil 1 Betonun S/B oranının otojen büzülmeye etkisi (Zhang ve ark., 2003)

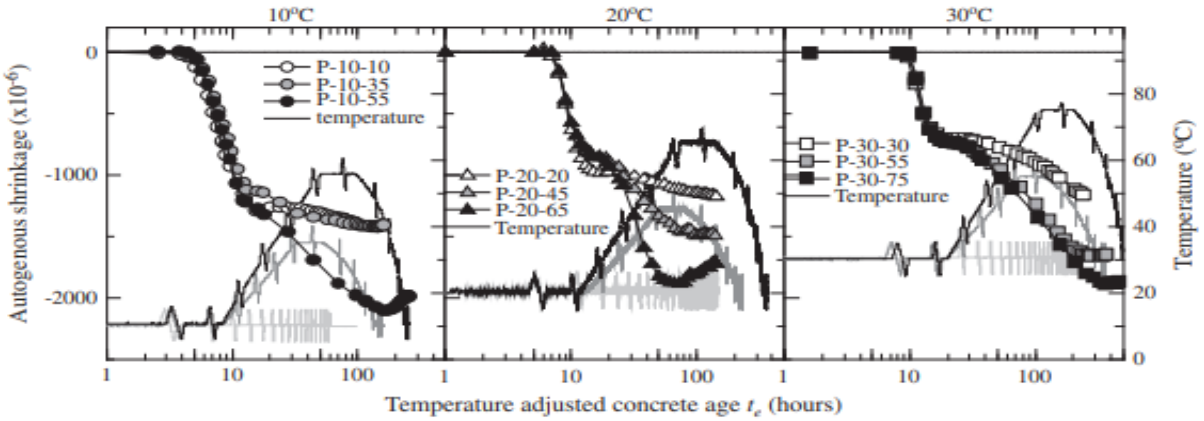


Şekil 2 SF İçeriğinin Betonun Otojen büzülmeye Etkisi (Zhang ve ark., 2003)



Şekil 3 S/B Oranı 0,30 Olan Kontrol Betonunun Otojen Büzülmesi
(a) Sıcaklık Değişimi (b) Erken Yaş (Referans sıcaklığı = 30 C) (Zhang ve ark., 2003)

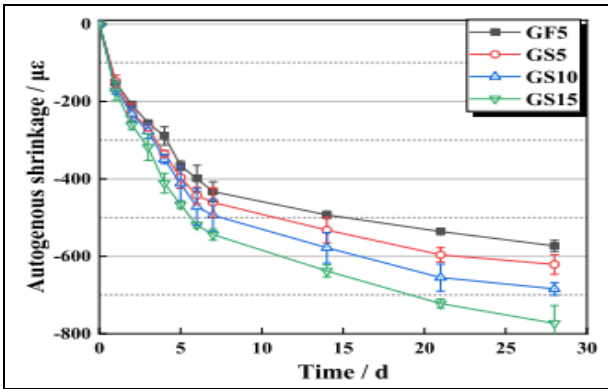
Literatürde S/B oranı 0.15 olan silis dumanı ön karışımlı çimento ile yapılan çimento pastalarının otojen büzülmelerinin sıcaklığa bağlılığı da incelenmiştir. (Maruyama ve ark., 2013) Bu araştırmanın sonucunda, Şekil 4'te gösterilen otojen büzülme gerinimi, bir bükülme noktası ile iki aşamaya ayrılmıştır. 1. aşamada numunelerin otojen büzülmesi, düşük sıcaklık geçişlerinde büyük bir artış gösterirken, 2. aşamadaki numuneler yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında ise daha büyük bir artış göstermiştir. Şekil 4.'de numuneler P ile simgelenmiştir. P harfinden sonra gelen ilk rakam taze beton sıcaklığını, ikinci rakam maksimum sıcaklığı göstermektedir. Dolayısıyla örneğin P-30-75 gösterimi, o numunede taze beton sıcaklığının 30^0C ve maksimum sıcaklığın 75^0C derece olduğu bilgisini verir. Grafiklerden görüleceği üzere, özellikle taze beton sıcaklığı ve/veya maksimum beton bünye sıcaklığı yüksek olan numunelerde ortam sıcaklığının etkisi rötreyi çok daha hızla büyük değerlere doğru artırmaktadır. Taze beton sıcaklığı ve/veya maksimum beton bünye sıcaklığı düşük olan numunelerde ise rötre daha yavaş artarak orta değerlerde hemen hemen sabitleşmektedir.



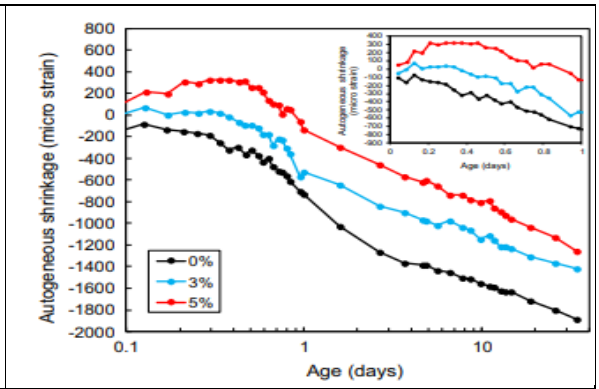
Şekil 4 Farklı sıcaklık geçmişlerinde çimento hamurunun otojen büzülmesi (Maruyama ve ark., 2013)

Chen ve ark. (2021)'nın çalışmasında cam elyaf (GF), harçlara takviye malzemesi olarak katılmış ve harçların mekanik ve büzülme özellikleri incelenmiştir. Şekil 5'te verilen araştırma sonucuna bakıldığında görüleceği üzere, 129.6 g cam elyaf içeren harcın içeriğinde, %5,%10 ve %15 oranlarında kullanılan silis dumanının miktarının artmasıyla otojen büzülme artmıştır. Bu da beton içeriğinde silis dumanının kulanılmasının rötre açısından dezavantaja sahip olduğunu göstermektedir. 7 günlük kürleme altında GF5 (129.6 g cam elyaf + %0 SF), GS5 (129.6 g cam elyaf + %5 SF), GS10 (129.6 g cam elyaf + %10 SF) ve GS15 (129.6 g cam elyaf + %15 SF) 'in otojen rötre miktarları sırasıyla - 433 με, - 461 με, - 494 με ve - 544 με idir ki, bu da GS15'in otojen çekmede %25,6'lık bir artışa sahip olduğunu göstermektedir. 28 gün kürlemede GF5 ile GS15 arasında %35'lik bir artış olmuştur. Bu durum silis dumanı içeren numunelerin otojen rötreyi hızlandırdığı anlamına gelmektedir.

Seo ve ark. (2020), cüruf ağırlığına göre %0, %3 ve %5'lik çeşitli kalsiyum oksit (CaO) içeriklerine sahip Portland çimento-cüruf-silika dumanı üçlü karışımlarının mikro yapısı ve otojen büzülmesi üzerindeki CaO etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmanın soncunda Şekil 6'da gösterildiği gibi, tüm beton numunelerinde otojen büzülme ilk üç gün hızla gelişmiştir, sonrasında numune yaşının ilerlemesiyle otojen büzülme çok daha düşük seyretmiştir. Kalsiyumoksit içeren numunelerde ilk günlerde gözle görülür bir genleşme gözlenmiştir ve bu durum ilerleyen yaşlarda gerinim değerlerinde farka neden olmuştur.



Şekil 5 SF dozajlı GFR harcının otojen rötresi (Chen ve ark., 2021)



Şekil 6 Portland çimentosu-cüruf-silika dumanı içeren üçlü karışım ve CaO'nun otojen büzülmesi (Seo ve ark., 2020)

3. SONUÇ

Literatürde düşük Su/Bağlayıcı oranı ve silis dumanı içeren betonun, 2 günlük numunelerinde otojen büzülme 100 mikro gerilimin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle özellikle bu özelliklerdeki betonun erken yaşlarında otojen büzülmeye dikkat edilmelidir. Beton içeriğinde Su/Bağlayıcı oranının azalması ve silis dumanının artması ile otojen büzülme artmaktadır. SF oranındaki artışın özellikle erken

rötrede yüksek artış doğurduğu, 21 gün sonrası yataya yakın bir artışla arttığı gözlenmektedir. Bu da SF katkılı yüksek dayanımlı betonlarda özellikle erken saatlerde ve sonrasında ilk hafta rötreye karşı çok yoğun önlemler alınması ve bu önlemlerin en az 3 hafta devam ettirilmesi gereğini göstermektedir. S/Ç oranı 0,35'in alında olan betonlarda rötreye karşı mutlaka özel önlemler alınmalıdır. Bunlarla paralel olarak, Su/Bağlayıcı oranı 0.15 olan ve silis dumanı katkılı çimento pastalarının değişken sıcaklıklara karşı otojen rötre şekil değiştirmesi, düşük sıcaklıklarda büyük bir artış göstermiştir fakat yüksek sıcaklıklarda daha büyük bir artış gözlenmiştir.

%5 oranında Cam elyaf katkılı harca 0.5, 0.10 ve 0.15 oranlarında silis dumanının ilave edilmesiyle otojen büzülme artmıştır. Beton içeriğinde silis dumanı miktarının artmasıyla otojen büzülmede de artış gözlenmiştir. Bu durum beton içeriğinde kullanılan silis dumanının rötre açısından avantajlı olmadığını göstermektedir. Portland çimentosu, cüruf ve silis dumanı içeriğine sahip betona %0, %3 ve %5 oranında kalsiyum oksit ilave edilmesi ile tüm numunelerde otojen büzülme, ilk yaşlarda hızla gelişmişken ilerleyen yaşlarında ise azalma gözlenmekle birlikte, CaO' nun ilk günlerde oluşturduğu genleşme sayesinde rötreyi düşürdüğü gözlenmiştir. Bu nedenle rötreye karşı önemli bir önlem olarak beton karışımına CaO ilavesi düşünülebilmektedir.

4. TARTIŞMA

Genel itibariyle, düşük Su/Bağlayıcı oranı ile çimentonun kısmi ikamesi olarak %5, %10 ve %15 oranlarında kullanılan silis dumanının beton içeriğinde S/B oranın azalması ve SF oranının artmasıyla otojen büzülme artmıştır. Literatürde silis dumanı kullanımının, diğer mineral- organik ve kimyasal katkılarla birlikte hangi oran ve koşullarda olduğunda beton otojen üzülmesini ne oranda artırabildiğine yönelik yapılmış çok fazla sayıda çalışma vardır. Bu çalışmada örneği sergilendiği üzere, literatürdeki çalışmaların sınıflandırılarak kıyaslanması ve genel toplu sonuçların çıkarılıp paylaşılmasına ihtiyaç vardır.

REFERANSLAR

Aıtcin, P.C., Neville, A.A., Acker, P. (1997) Integrated view of shrinkage deformation, *Concr. Int.* 19 (9), 35 – 41.

Chen, H., Wang, P., Pan, J., Lawi, A.S., Zhu, Y., (2021) Effect of alkali-resistant glass fiber and silica fume on mechanical and shrinkage properties of cement-based mortars, *Construction and Building Materials,* 307, 125054.

Davis, H.E. (1940) Autogenous volume changes of concrete, Proc. ASTM 40 1103 – 1110.

Lura, P., Breugel, K., Maruyama, I. (2001) Effect of curing temperature and type of cement on early-age shrinkage of high performance concrete, *Cem. Concr. Res.* 31, 1867–1872.

Lura, P., Jensen, O.M., Breugel, K. (2003) Autogenous shrinkage in high-performance cement paste: An evaluation of basic mechanisms, *Cem. Concr. Res.* 33, 223–232.

Mazloon, M., Ramezanianpour, A.A., Brooks, J.J. (2004) Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete, *Cem. Concr. Compos,* 26, 347–357.

Maruyama, I., A. Teramoto, A. (2013), Temperature dependence of autogenous shrinkage of silica fume cement pastes with a very low water–binder ratio, *Cement and Concrete Research,* 50, 41-50.

Paillere, M., Buil, M., Serrano, J.J. (1989) Effect of fiber addition on the autogenous shrinkage of silica fume concrete, *ACI Mater. J.* 86, 139–144.

Seo, J., Park, S., Yoon, H.N., Lee, H.K.. (2020) Effect of CaO incorporation on the microstructure and autogenous shrinkage of ternary blend Portland cement-slag-silica fume, *Construction and Building Materials,* 249, 118691.

Schrage, I., Mangold, M., Sticha, J. (1992) An approach to high-performance concrete in Germany, Fourth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzolans in Concrete, *Istanbul, Turkey, Supplementary Papers,* 493–511.

Tazawa, E., Matsuoka, S., Miyazawa, S., Okamoto, S. (1994) Effect of autogenous shrinkage on self stress in hardening concrete, *International RILEM Symposium on Thermal Cracking in Concrete at Early Ages,* pp. 221–228.

Tazawa, E., Miyazawa, S. (1992) Autogenous shrinkage of cement paste with condensed silica fume, Fourth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, *Istanbul, Turkey,* pp. 875–894.

Tazawa, E., Miyazawa, S. (1193) Autogenous shrinkage of concrete and its importance in concrete technology, in:Bazant, Z.P. Carol L.(Eds.), Creep and Shrinkage of Concrete, *Proceedings of the 5th International RILEM Symposium, E & FN Spon, London,* pp. 159 – 168.

Tazawa, E., Miyazawa, S. (1995) Experimental study on mechanism of autogenous shrinkage of concrete, *Cem. Concr. Res.* 25, 1633–1638.

Tsutsui, H., Sato, R., Xu, M. (1996) A study on stress due to autogenous shrinkage in high-strength concrete, *JCA Proc. Cem. Concr.* 50, 478–483, (in Japanese).

Zhang, M.H., Tam, C.T., Leow, M.P. (2003) Effect of water-to-cementitious materials ratio and silica fume on the autogenous shrinkage of concrete, *Cement and Concrete Research*, 33(10),1687-1694.

SOLİDWORKS İLE KAMYON KANTARI TASARIMI VE ANALİZİ

Tayyip DEMİR
Karabük Üniversitesi Makina Mühendisliği, Karabük
tayyipdmr4129@gmail.com, ORCID: 0009-0004-2952-5166

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Modern tartı veya ağırlık kontrol sistemlerinin otomasyona uyumlu, hassas, hızlı ve güvenilir olması beklenir. Elektronik kantarlar günümüz teknoloji ile beraber bu ihtiyaçları karşılamaktadır. Kantarların (teraziler) en önemli parçası, bütün işlemlerin ve bütün tasarımların ona göre hazırlandığı için yük hücresi (loadcell) veya diğer bir ismi ile kuvvet ölçme cihazı sensörüdür. Çeşitli şekillerde ve kapasitelerde olan yük hücrelerinin seçimi oldukça önem arz etmektedir. Yük hücresine karar verebilmek için farklı tekniklerde yararlanmak test düzeneği tasarımını kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada, 80 ton kapasiteli bir kamyon kantarlarının tasarımı tasarım sonrası deformasyon ve kırılma analizleri yapılmıştır. Analiz sonucundan uygun yük hücresi seçiminde kullanılacak olan deformasyon ve şekil değiştirme verilerine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tasarım, Solidworks, Kamyon kantarı, deformasyon analizi

TRUCK SCALE DESIGN AND ANALYSIS WITH SOLIDWORKS

Abstract
Modern scale or weight control systems are expected to be automated, sensitive, fast, and reliable. Electronic scales meet these needs with today's technology. The most important part of the scale is the load cell or force measuring device sensor, as all processes and all designs are prepared accordingly. The selection of load cells of various shapes and capacities is very important. Utilizing different techniques to decide on the load cell simplifies the design of the test setup. In this study, post-design deformation and fracture analyses of a truck scales with a capacity of 80 tons were carried out. As a result of the analysis, the deformation and strain data to be used in the selection of the appropriate load cell were obtained.

Keywords: Design, Solidworks, Truck scale, deformation analysis

1. GİRİŞ

Eski çağlarda ve günümüzde Tunç Çağı'ndan beri vazgeçilmez iş aletleri olan kantarlar (teraziler), kullanılmaya başlandığı ilk günden itibaren farklı şekillerde yapılmıştır. Kelime olarak, ağırlık sıfırken yatay duran bir kaldıraç koluna dik olarak tutturulmuş bir ibrenin sapmasıyla kütleleri tartan araç şeklinde tanımlanmıştır. [1]

Şekil 1. Günümüzde Kullanılan Elektronik Kantarlar

Şekil 2. Çeşitli yük hücreleri

Elektronik terazilerin en önemli elemanı loadcell (yük hücresi) teknolojisinde ülkemiz de dahil önemli adımlar atılmış; hassas, büyük tonajlara ve dış çevre etkilerine karşı mukavemetli yük hücrelerinin geliştirilmesiyle elektronik teraziler, hızlı endüstrideki mekanik ağırlık ölçme metotlarının yerini

almıştır. Yaklaşık 100 yıl öncesine kadar bilinen klasik metotlarla tartım yapılırken son yüzyılda bu sahada önemli adımlar atılmıştır. Büyük kütle tartımlarının hassas bir şekilde yapılması önem kazanmış elektronik terazi sistemleri bu hassasiyeti (+\-) 2 grama indirmiştir.[2] Mekanik ve elektronik olmak üzere iki gruba ayrılan kantarlarda elektronik kantarlar, günümüzde ucuzluğu, yere sabitlenmeksizin, yeri değiştirilebilen, çukurlu ve çukursuz tipleri, farklı tonajlarda imal edilmesi ve kolay kullanılabilirliği nedeniyle mekanik kantarlar yerini elektronik kantarlara bırakmaya başlamıştır. Adet sayımı gibi özellikler sayesinde elektronik teraziler hızlı ve kolay çalışma imkanı sunmaktadır.

Kantarın yapısı incelendiğinde platform yapısı, yük hücresi bölümü ve elektronik bölümden oluşmaktadır. Tasarımı, farklı çeşitlerden oluşturulabilmektedir. Tasarımı geliştirmeye başlamadan önce analiz edilmesi gereken farklı pek çok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; Yapımda kullanılan malzemeler, sac levhalar, kullanılacak elektronik sistemlerdir.[3] İskelet kısmı genellikle IPE demirlerinde [4] oluşur ve bu demirlerin ölçüsü tonaj kapasitesine göre değişmektedir. Bu çalışmada 80 tonluk kapasiteye sahip bir kantar tasarlanacaktır. Sac seçimi için yapılan analizler sonucunda 10mm kalınlık uygun görülmüştür. Tasarımın ana parçası ve en önemli elektronik donanımı yük hücreleridir. Kantara yüklenen kuvveti daha sonar işlemek üzere elektrik sinyallerine dönüştürür. Çeşitli yük hücreleri Şekil 2 de gösterilmektedir. Yapılan bu tasarımda 4 farklı yük hücresi seçilmiştir. Bunlar; Interface 1331 compression only, Interface LWCF clamping force, Esit SC20, Baykon BY550 çift mesnetli lama tipi yük hücreleridir.

2.KAMYON KANTARI VE YÜK HÜCRELERİ TASARIMI

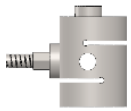
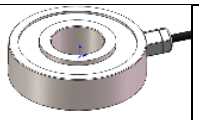
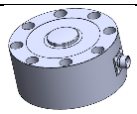
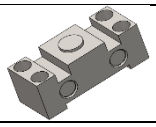
Piyasadaki farklı firmalardan alınmış kamyon kantarı tasarımlarından örnek alınarak bu çalışma için kullanılacak olan tasarım Solidworks programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada tasarlanan kamyon kantarı Şekil 3'te gösterilmiştir. Tasarımda ana kirişler için IPE 300, ara kirişler için IPE 246 ve 10 mm sac kullanılmıştır.

Şekil 3. Kamyon Kantarı Tasarımı

Yük hücrelerinin tasarımına geçmeden önce piyasa araştırması sonucunda farklı markalardan farklı model yük hücreleri araştırılmış kapasitesi ve temin edilebilirliği açısından bize en uygun modeller aşağıdaki Tablo 1'de özellikleri ile beraber sıralanmıştır; Tasarıma geçildiğinde Şekil 4'te verilen yük hücrelerinin tasarımları ele alınmıştır.

Tablo 1. Yük Hücreleri Özellikleri

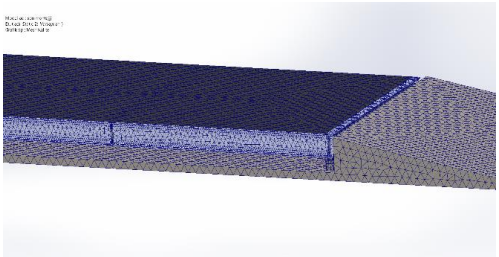
Model / Kriter	Maliyet	Doğrusallık	Sürünme	f(0) (%)	IP Değeri
MODEL 1331	1575	±0,05	±0,025	±0,0015	IP67
BY550 ÇİFT	1530	±0,02	±0,03	±0,02	IP67
LWCF MODEL	1215	±1	±1	±0,03	IP65
SC 20	320	±0,02	±0,02	0,0025	IP68

			
SC 20 MODEL PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ	LWCF MODEL PİEZO TİPLİ YÜK HÜCRESİ	MODEL 1331 PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ	BY550 ÇİFT MESNETLİ LAMA TİPİ YÜK HÜCRESİ

Şekil 4. Yük hücrelerinin tasarımları

3. TEST DÜZENEĞİ VE YÜK HÜCRELERİ ANALİZİ

Tasarım tamamlandıktan sonra analiz aşamasına geçilmiştir. Analiz için Solidworks Simulation programı kullanılmıştır. Analiz parametreleri şu şekildedir; malzeme seçimi, uygun mesh işlemi, kuvvetlerin tanımlanması ve deformasyon miktarı şeklindedir. Uygulanacak kuvvet sırasıyla 800 kN, 900 kN ve 1000 kN'dir. Tasarım aşaması sağlandıktan sonra kantar modeline Şekil 5'da gösterildiği gibi mesh ataması tanımlanır. Buradaki amaç mekanik dağılımın kontrollü bir şekilde kirişlere yayılmasıdır.[5]



Şekil 5. Mesh işleminin gerçekleştirilmesi

Her bir yük hücresi için analizler incelendiğinde;

SC 20 MODEL PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ

Malzeme olarak her yük hücresinin kendine özgü bir malzemesi bulunmaktadır. Model SC 20 için çelik alaşım olan 42CrMo4 malzemesi seçilmiştir. Kapasitesi 80 ton olacak olan kantar için 20 tonluk 8 adet yük hücresi gerekmektedir. Sebebi, kamyonun kantara çıkarken ki ilk ağırlığı 13 ton olacağı için 20 tonluk seçilmelidir.

LWCF MODEL PİEZO TİPLİ YÜK HÜCRESİ

Malzeme olarak çelik alaşım olan X39Cr13 seçilmiştir. Önceki aşamalardaki aynı adımlarla analiz yapılmıştır.

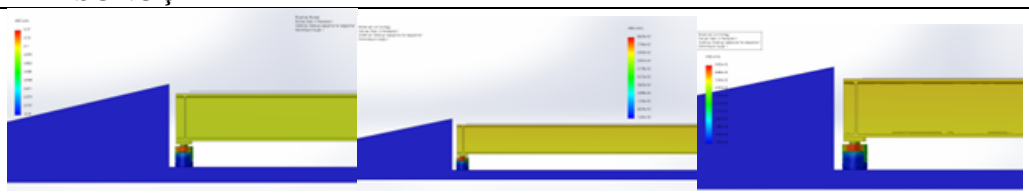
MODEL 1331 PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ

Buna göre çelik alaşımı malzeme olarak seçilmiştir. Yük hücresinin tipine göre uygulanan kuvvetin yönü de değişmiştir.

BY550 ÇİFT MESNETLİ LAMA TİPİ YÜK HÜCRESİ

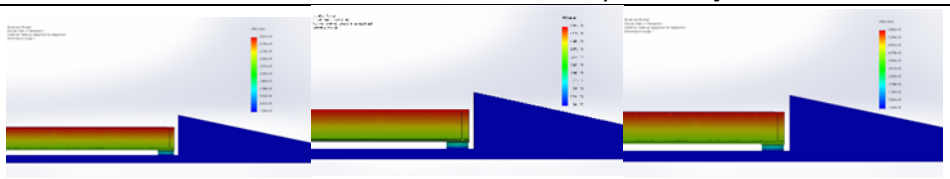
Malzeme olarak Alaşımlı Çelik(18CrMo4) seçilmiştir. Pankek tipli yük hücresi için uygulanan bütün adımlar bu yük hücresi için de uygulanmıştır.

3.1 ANALİZ SONUÇLARI



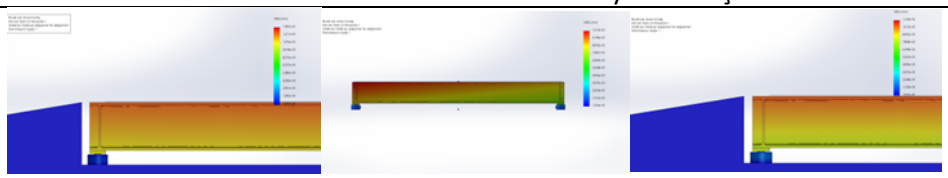
800 kN, 900 kN, 1000 kN

SC20 Model Yük Hücresi Deformasyon Sonuçları



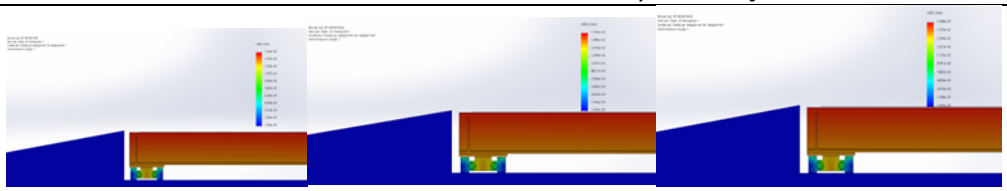
800 kN, 900 kN, 1000 kN

LWCF MODEL Yük Hücresi Deformasyon Sonuçları



800 kN, 900 kN, 1000 kN

MODEL 1331 Yük Hücresi Deformasyon Sonuçları



800 kN, 900 kN, 1000 kN

BY550 ÇİFT MESNETLİ Yük Hücresi Deformasyon Sonuçları

Analizler yapıldıktan sonra aşağıdaki tabloda yük hücrelerinin tiplerine, malzemelerine ve üzerlerine uygulanan farklı kuvvetlere göre deformasyon sonuçları detaylı olarak verilmiştir. Kriterler arasında gerinim ve gerilim olacağı için tabloda bunlara da yer verilmiştir.

Tablo 2. Yük Hücrelerine Uygulanan Farklı Kuvvetlere Göre Analiz Sonuçları

Kriter / Yük Hücresi Tipi	Model 1331 Pankek	BY550 Çift Mesnetli Lama	Model LWCF Piezo Tip	Model SC 20 Pankek
MALZEME	Paslanmaz Çelik (X39Cr13)	Alaşımlı Çelik (18CrMo4)	Paslanmaz Çelik (X39Cr13)	Alaşımlı Çelik (42CrMo4)
Toplam Gerinim: 800 kN	0,0010	0,0002	0,0001	0,0046
Toplam Gerinim: 900 kN	0,5445	0,0002	0,0001	0,0037
Toplam Gerinim: 1000 kN	0,6050	0,0002	0,0001	0,0022
Toplam Gerilme: 800 kN (MPa)	238,6000	52,7000	26,4100	1744,0000
Toplam Gerilme: 900 kN (MPa)	153,1000	59,3700	29,7100	881,7000
Toplam Gerilme: 1000 kN (MPa)	170,1000	65,9600	33,0200	772,4000
Toplam Deformasyon: 800 kN (mm)	0,0135	0,0157	0,0047	0,0814
Toplam Deformasyon: 900 kN (mm)	0,01012	0,0176	0,0052	0,0863
Toplam Deformasyon: 1000 kN (mm)	0,0112	0,0196	0,0058	0,0943

Yapılan analizin sonuçlarına bakıldığında LWCF model piezo tipli yük hücresinin her 3 kuvvette de diğer yük hücrelerine göre daha az deformasyona uğradığı sonucu elde edilmiştir. Ancak uygun yük hücresi seçimi bir tek deformasyon kriterine göre değil başka kriterlerinde değerlendirilmesi sonucunda elde edilebilir. Uygun yük hücresi seçimi diğer bir çalışmamızda sunulmuştur.[6,7]

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada kamyon kantarını Solidwork bilgisayar destekli çizim programı ile tasarlayıp analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda uygun yük hücresinin seçilebilmesi için en önemli kriter olan deformasyon miktarları belirlenmiştir. Düzenekte kullanılacak yük hücresinin doğru seçimi mühendislik uygulamalarında oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma ile bir vagon kantarı tasarım ve analiz detayları açıklanmıştır. Benzer çalışmaları yapacak araştırmacılar için örnek olması amacıyla sunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Altınok, M., & Aydemir, B. (2021, Mayıs). Roket Motoru Test Düzeneği için Uygun Yük Hücresinin Karar Verme Tekniği ile Seçimi.
2. Ekmen, F. G. (2011, Aralık). M.Ö. II. BİN ANADOLU TERAZİ KEFELERİ. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi(2), 35-44.
3. www.tunasistem.com.tr/kamyon-kantarlari adresinden alınmıştır
4. www.ozcedemir.com.tr/ipe_avrupa_i_profil_kirisler-s29.html adresinden alındı
5. R. Aktaş, M. D. (2015). Sayısal Karar Verme.
6. Ş. Lezgi, H. S. (2019). İşletmelerde Karar Verme Teknikleri. Anadolu Üniversitesi yayını
7. Taşkömür. (tarih yok). 80 TONLUK ELEKTRONİK ÇUKURSUZ TİP TAŞIT KANTARI TEKNİK ŞARTNAMESİ.
8. www.esit.com.tr/tr/tasit_kantarlari/products/400
9. Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Elektro Manyetik Kuvvet Ölçme Cihazı Yapısının ve Kullanım Yerlerinin İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
10. Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Manyeto Elastik Kuvvet Ölçme Cihaz Yapılarının İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
11. Aydemir B. (2021), Kuvvet Kalibrasyon Rehberi, TÜBİTAK UME, Eylül 2021.

TOPSİS KARAR VERME TEKNİĞİ İLE KAMYON KANTARI ÖLÇÜM DÜZENEĞİ İÇİN UYGUN YÜK HÜCRESİ SEÇİMİ

Tayyip DEMİR
Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği, Karabük
tayyipdmr4129@gmail.com, ORCID: 0009-0004-2952-5166

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Kamyon kantarı, ağır yükleri taşıyan kamyonların tartılması için kullanılan özel bir tartı aletidir. Bu kantarlar genellikle bir platform üzerine yerleştirilir ve kamyonlar, yükleri ile birlikte bu platforma sürülür. Kamyon kantarı, genellikle sanayi, nakliye ve lojistik sektörlerinde kullanılır. Platformun altında, kamyonun ağırlığını ölçen bir dizi sensör bulunur ve bu sensörlerden gelen veriler, kamyonun toplam ağırlığını hesaplamak için bir kontrol ünitesine gönderilir. Bu sensörlere yük hücresi (loadcell) adı verilir. Kantara yerleştirilecek yük hücreleri, kantarın tonajına ve uygunluğuna göre seçilir. Çeşitli yük hücreleri olduğundan yük hücresine karar verebilmek için farklı tekniklerde yararlanmak test düzeneği tasarımını kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada, kamyon kantarları için karar verme metotlarını kullanarak uygun olan yük hücresi (loadcell) seçimi, uygun çelik seçimi ve bu işlemler için izlenen yollar detaylı olarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme seçimi, Kantar loadcell, çok kriterli analiz, Topsis tekniği

SELECTION OF SUITABLE LOAD CELL FOR TRUCK SCALE MEASURING DEVICE WITH TOPSIS DECISION MAKING TECHNIQUE

Abstract
A truck scale is a particular weighing instrument used for weighing trucks carrying heavy loads. These scales are usually placed on a platform and trucks are driven to this platform along with their loads. The truck scale is mainly used in the industrial, transportation, and logistics sectors. Under the platform, there are a number of sensors that measure the weight of the truck, and the data from these sensors are sent to a control unit to calculate the total weight of the truck. These sensors are called load cells (loadcell). The load cells to be placed on the scale are selected according to the tonnage and suitability of the scale. Since there are various load cells, using different techniques to decide on the load cell facilitates the design of the test assembly.In this study, using the decision making methods for truck scales, the selection of the appropriate load cell (loadcell), the selection of the appropriate steel and the methods followed for these processes are explained in detail.

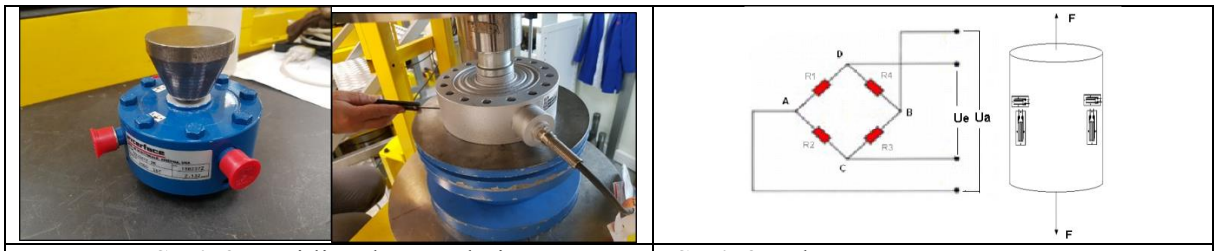
Keywords: Material selection; Sensor materials; Multi-criteria analysis; Topsis technic; weighbridge

1. GİRİŞ

TIR kantarları, hem hafif hem de ağır yüklerin ölçümünde gösterdiği yüksek hassasiyetle sektörün vazgeçilmezi haline gelmiştir. Farklı kapasitelerde üretilen bu kantarlar, ticari taşımacılıkta hayati bir rol oynar. [1]. Bu araçlar, yük taşıyan kamyonların doğru ve güvenli bir şekilde tartılmasını sağlar. Kamyon kantarı, aracın yüksekliği ve ağırlığına göre tasarlanmıştır ve bu nedenle farklı tonajlarda kamyonların tartılabilmesine olanak tanır.

Şekil 1. Günümüzde Kullanılan Elektronik kamyon Kantarı

Çukurlu (zemin altı) ve çukursuz (zemin üstü) olmak üzere iki çeşit kamyon kantarı bulunmaktadır. Çukurlu kantar, kantarın bulunacağı alanın dar ve manevra açısının düşük olması sebebiyle tercih edilmektedir. Çukursun kantar, yer konusunda herhangi bir sıkıntının olmadığı alanlarda tercih edilmektedir. Bu çalışmada 80 ton kapasiteli çukursuz tip kamyon kantarı piyasa şartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Tasarımı geliştirmeye başlamadan önce analiz edilmesi gereken farklı birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; yapımda kullanılan malzemeler, platform ebatları ve kullanılan elektronik malzemelerdir. Kamyon kantarının yapısı incelendiğinde ise platform, indikatör, bağlantı kutusu, yük hücresi ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Yük Hücresi tasarımdaki ana parça ve en önemli elektronik ekipman, test standının "kalbi" olduğu söylenebilir. Yükü (motor tarafından üretilen itme kuvveti) daha sonra işlenmek üzere elektrik sinyallerine dönüştürür. Numunelerin alınma doğruluğunu belirleyecektir. Çeşitli yük hücreleri Şekil 2'de gösterilmektedir. [2]



Şekil 2. Çeşitli Yük Hücreleri | **Şekil 3.** Wheatstone Köprüsü Devre Şeması

Kamyon kantarı ölçüm düzeneği tasarımında uygun olarak 4 farklı tip yük hücresi belirlenmiştir. Belirlenen yük hücreleri Solidworks programında tasarlanmıştır. Bu tipler; 2 Kolon tipi yük hücresi, piezo yük hücresi ve lama tipi yük hücreleridir. Geçmişten günümüze karar vermede sezgisel veya rasyonel yöntemler kullanılmıştır. Bu süreçte karar vericiler için en etkili ve anlamlı kararları verme süreci birçok disiplini bir araya getirir. Tüm yöneticiler karar verici olduğundan, karar verme iş yönetiminin temelidir.

Çok kriterli karar verme tekniği, birden fazla kriterin mümkün olduğu durumlarda çözüm adımlarından en iyi alternatifin seçildiği bir problem olarak tanımlanabilir. Çok kriterli karar problemlerine optimal çözümler bulmak için ÇKKV yöntemleri kullanılır. 4 farklı yük hücresinin tasarım aşaması tamamlandıktan sonra en uygun yük hücresinin seçimi için analiz sonuçlarıyla birlikte yük hücreleri için diğer kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada kamyon kantarı ölçüm düzeneğinde kullanılacak en uygun yük hücresi seçimi için ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

2. YÜK HÜCRELERİ VE SEÇİMİ

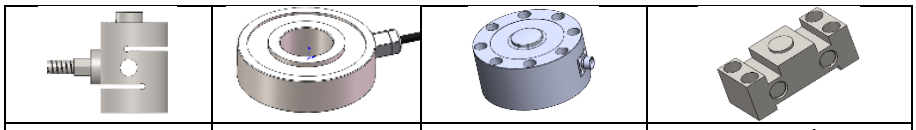
Yapılan çalışmaların doğru olarak yapılabilmesi ve ilerleyebilmesi için uygulanan kuvvetin doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Tasarım aşamalarında, imalat kısmında, ürün testlerinde ve benzer birçok alanda yük (kuvvet) uygulamaları yapılmaktadır. [3] Yük hücresi (loadcell), bir kuvveti elektrik sinyaline dönüştürmek için kullanılan bir sensördür. Bu değişim dolaylı olarak ve iki aşamada gerçekleşir. Mekanik kurulumda tespit edilen kuvvet, gerinim ölçerin yapısını değiştirmektedir. Gerinim ölçerin anlamı, gerilimi (gerinimi) bir elektrik sinyali olarak ölçer. Çünkü gerinim, telin etkin elektrik direncini değiştirmektedir. Bir yük hücresi çoğu zaman bir Wheatstone köprüsü biçimindeki gerinim ölçerden oluşur. Köprüye bir voltaj uygulandığında, çıkış voltajı uygulanan yükle orantılı bir voltaj olur.

Bu voltaj sayesinde uygulanan basıncın ağırlığı ölçülür. [2] Wheatstone köprüsü, direnç varyasyonunu ölçmenin en iyi bilinen yöntemidir. Fiziksel boyuttaki bir mikrometrelik değişikliğin elektrik direncindeki bir değişikliğe dönüştürülmesi ve ölçümün yapıldığı yere köprü elemanı olarak kullanılan bir dirençli gerinim ölçer yerleştirilerek bu değişikliğin bir göstergeden okunması işlemini anlatır.[4]

Ölçüm düzeneğinde kapasitesine göre kullanılabilecek yük hücreleri belirlenmiştir. Bunlar;

- Interface 1331 COMPRESSION ONLY
- Interface LWCF CLAMPING FORCE
- Esit SC20
- Baykon BY550 ÇİFT MESNETLİ LAMA TİPİ YÜK HÜCRESİ

Bu yük hücrelerinin tasarımları şekil 4'te verilmiştir.

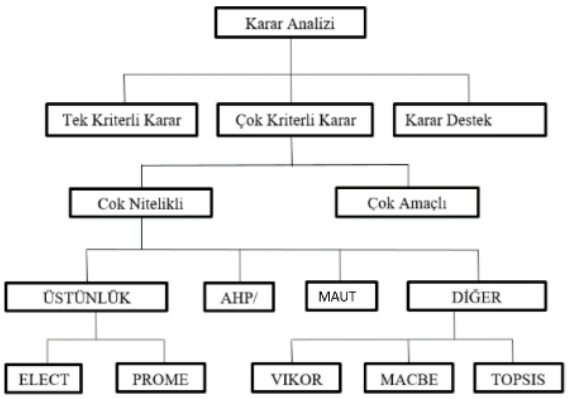


SC 20 MODEL PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ	LWCF MODEL PİEZO TİPLİ YÜK HÜCRESİ	MODEL 1331 PANKEK TİPİ YÜK HÜCRESİ	BY550 ÇİFT MESNETLİ LAMA TİPİ YÜK HÜCRESİ

Şekil 4. yük hücrelerinin tasarımları

3. KARAR VERME YÖNTEMİ

Günümüz işletmelerinin karşılaştığı kritik sorunlar; Kararlar karmaşık bir yapıya sahiptir, çünkü aynı anda birden fazla faktör ve hedefi dikkate alırlar, hedeflerin birlikte değerlendirilmesi gerekir, hedefler çoğu zaman birbiriyle çatışır, birden fazla karar vericinin karar alma sürecine katılması, belirsizlik faktörleri. Aynı anda birçok kişiyi etkileyen karar durumu ve kararın sonuçlarında. Karar vericilerin bu sorunları çözmelerine yardımcı olan yöntemlere çok kriterli karar verme teknikleri denir. Çok tabanlı karar verme teknikleri; Yüksek belirsizlik, çelişkili hedefler/parametreler, farklı durumlarda bilgi ve veriler içeren karmaşık problemleri çoklu bakış açılarıyla çözmek için kullanılır.[5]
Şekil 5'da karar verme metotlarının sınıflandırılması mevcuttur.



Şekil 5. Karar Verme Metotlarının Sınıflandırılması

Bu yöntemler incelenip kamyon kantarı ölçüm düzeneğinde kullanılacak en uygun yük hücresinin seçici için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olduğu gerçeğine dayananan bu yöntem Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. Karar vericiler için, belirlenmiş bir amaca veya ideal çözüme en yakın olan tek bir kriter yeterli değildir. Uygulamada, karar vericiler en büyük riskten kaçınırken en büyük faydayı sağlayan kararlar almaya çalışırlar. Bu durumda ideal ve negatif ideal çözümleri referans noktası olarak seçmek mantıklıdır. Çok kriterli karar vermede, çelişen kriterler nedeniyle ideal bir çözüme ulaşmak genellikle imkansızdır, bu nedenle TOPSIS yöntemi doğal olarak uzlaşmacı bir çözüm yaklaşımı sunmaktadır. Seçin bu TOPSIS

yöntemini diğer çok kriterli tekniklerine göre en büyük avantajı, yöntemin süreç adımlarındaki hesaplama kolaylığıdır. TOPSIS Yönteminin adımları şu şekildedir:

1. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, çeşitli kriterlerin boyutlarını boyutsuz forma dönüştürerek kriterler arasındaki karşılaştırmaları kolaylaştırır. Bu amaçla karar matrisi değerleri normalize edilerek normalleştirilmiş bir karar matrisi elde edilir. Matris değerlerini normalleştirmenin bir yolu, karar matrisinin her satır vektörünü o vektörün normuna bölmektir. Bu işleme vektör normalleştirme denir ve aşağıdaki işlemler kullanılarak gerçekleştirilir:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_i^2}}, \qquad i = 1,\ldots,m;\ 1,\ldots,n$$

2-) Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adım, önemini belirtmek için önceki adımdaki normalize değeri kriterin ağırlığıyla çarpar. $w_j = (w_1, w_2, \ldots, w_n), (\sum_{j=1}^{n} w_j = 1)$

Bu durumda ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi şu şekilde yazılır:

$$V_{ij} = \begin{pmatrix} w_1r_{11} & w_2r_{12} & \cdots & w_nr_{1n} \\ w_1r_{21} & w_2r_{22} & \cdots & w_nr_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1r_{m1} & w_2r_{m2} & \cdots & w_nr_{mn} \end{pmatrix}_{m\times n}$$

3-) İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi

Bu adımda i=1,…,m; j=1,…,n olmak üzere, ideal çözüm A^+ ve negatif ideal çözüm A^- hesaplanır.

$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \ldots, v_j^+, \ldots v_n^+)$, her kriterde en iyi değeri alan alternatiflere ait değerlendirmelerden oluşur. Eğer j fayda kriteri ise $v_j^+ = \left\{\max_i v_{ij}\right\}$ ve j maliyet kriteri ise $v_j^+ = \left\{\min_i v_{ij}\right\}$ olarak $A^- = (v_1^-, v_2^-, \ldots, v_j^-, \ldots v_n^-)$ ise her kriterde en kötü değerleri alan alternatiflere ait değerlendirmelerden oluşur. Eğer j fayda kriteri ise $v_j^- = \left\{\min_i v_{ij}\right\}$ ve j maliyet kriteri ise $\boldsymbol{v_j^- = \left\{\max_i v_{ij}\right\}}$ olarak belirlenir.

4-) Ayırım Ölçülerinin Bulunması

Bu adımda, seçenekler arasındaki mesafe ölçüleri için n-boyutlu Öklid uzayındaki mesafeler tanımlanır. Bu nedenle, her alternatifin ideal çözümden uzaklığı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}\ , \ i = 1,2,\ldots,m$$

Benzer biçimde her bir alternatifin negatif ideal çözüme olan uzaklığı ise

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}\ , \ i = 1,2,\ldots,m$$

formülü yardımı ile bulunur.

5-) İdeal Çözüme Olan Göreceli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal ve negatif ideal arasındaki ayrım ölçüleri, bütün karar noktalarının ideal çözüme göreli yakınlığı olan C_i^*'yi hesaplamak için kullanılır. Burada kriter, her bir alternatifin negatif ideal ayrım ölçüsünün toplam ayrım ölçüsüne oranıdır ve aşağıdaki formülle elde edilir:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

Burada $0 \leq C_i^* \leq 1$ arasında değer alır ve C_i^* =1 ilgili karar noktasının ideal çözüme, C_i^* = 0 ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını ifade eder.

6-) Alternatiflerin Sıralanması
Önceki adımda elde edilen ideal çözümün yakınlık değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak en popüler tercih/alternatifler elde edilir.

4. YÜK HÜCRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

TOPSIS yöntemini detaylıca anlattıktan sonra uygulanma aşamaları aşağıda detaylıca verilmiştir. En uygun yük hücresi seçimi için bu yöntem bu çalışmada uygulanmaktadır.

Kamyon kantarında için dört farklı yük hücresi seçeneği aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Model 1331 Pankek Tipi Yük Hücresi
- BY550 Çift Mesnetli Lama Tipi Yük Hücresi
- LWCF Model Piezo Tipli Yük Hücresi
- SC 20 Model Pankek Tipi Yük Hücresi

Yük Hücrelerinin Değerlendirilmesinde Kullanılacak Kriterler

- Maliyet
- Deformasyon Miktarı
- Toplam Gerinim
- Toplam Gerilim
- Doğrusallık
- Sürünme
- Sıfıra Dönüş Hatası (f_0)
- IP Değeri

Tablo 1. Belirlenen modeller ve değerlendirme için kullanılacak değerler

Model / Kriter	Maliyet	Deformasyon	Gerinim	Gerilme	Doğrusallık	Sürünme	f(0) (%)	IP Değeri
1331	1575	0,01124	0,605	170,1	±0,05	±0,025	±0,0015	IP67
BY550	1530	0,019958	0,000215	65,96	±0,02	±0,03	±0,02	IP67
LWCF	1215	0,005826	0,00012	33,02	±1	±1	±0,03	IP65
SC 20	320	0,09425	0,00217	772,4	±0,02	±0,02	0,0025	IP68

1- Söz konusu dört seçeneğin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler ve ağırlık değerleri ise; w=(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8) = (0.16, 0.125, 0.1, 0.11, 0.3, 0.05, 0.06, 0.095) şeklindedir.

Tablo 2. Normalize edilmiş karar matrisini ve Ağırlıklı normalize karar matrisi

MODEL	1331	BY550	LWCF	SC 20
K1	0,6220	0,6040	0,4800	0,1260
K2	0,1150	0,2010	0,0600	0,9700
K3	1,0000	0,0003	0,0001	0,0035
K4	0,2140	0,0830	0,0410	0,9720
K5	0,8710	0,3480	17,4200	0,3480
K6	0,5700	0,6840	22,8300	0,4560
K7	0,0410	0,5540	0,8310	0,0690
K8	0,5010	0,5010	0,4860	0,5090

MODEL	1331	BY550	LWCF	SC 20
w1=0,16	0,0995	0,0966	0,0768	0,0020
w2=0,125	0,0143	0,0251	0,0075	0,1212
w3=0,1	0,1000	0,0000	0,0000	0,0004
w4=0,11	0,0235	0,0091	0,0045	0,1069
w5=0,3	0,2613	0,1044	5,2260	0,1044
w6=0,05	0,0285	0,0342	1,1415	0,0228
w7=0,06	0,0024	0,0332	0,0499	0,0041
w8=0,095	0,0476	0,0476	0,0462	0,4836

2- Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması: Tablo 2'deki normalize edilmiş karar matrisinin her bir kriterin önem derecesini ifade eden w=($\boldsymbol{w_1}$, $\boldsymbol{w_2}$, $\boldsymbol{w_3}$, $\boldsymbol{w_4}$, $\boldsymbol{w_5}$, $\boldsymbol{w_6}$, $\boldsymbol{w_7}$, $\boldsymbol{w_8}$) = (0.16,0.125, 0.1,

0.11, 0.3, 0.05, 0.06, 0.095) ağırlıkları ile çarpılmasıyla ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi elde edilir. ankm $\boldsymbol{v_{11}}$ elemanı $\boldsymbol{v_{11}}$= $\boldsymbol{r_{11}}\cdot\boldsymbol{w_1}$= (0,622)·(0.16)= 0,0995 şeklinde bulunur. Ankm Tablo 2'de gösterilmiştir.

3- İdeal ve negatif ideal olan çözümlerin belirlenmesi: Bu aşamada ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesinde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü kriterlerin maksimum, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci kriterlerin ise minimum, ideal olduğunu düşünürsek ideal ve negatif ideal çözümler aşağıdaki gibi bulunur:
$\boldsymbol{A^+}$ = [(0,0995), (0,1212), (0,1), (0,10692), (0,1044), (0,0228), (0,00240), (0,04617)]
$\boldsymbol{A^-}$ = [(0,0020), (0,0075), (0,00001), (0,00451), (5,226), (1,1415), (0,04986), (0,48355)]
4- Ayrım ölçülerini bulma: Birinci varyantın (model 1331) ideal çözümden uzaklığı formül kullanılarak ideal çözümden uzaklığı yapılan işlemler sonucunda Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. İdeal ve Negatif İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar ile İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar/Göreceli Yakınlıklar değerleri

Model	S_1+	S_1-	S_{i*}
1331	0,463	5,109	0,917
BY550	0,363	5,203	0,915
LWCF	5,246	0,444	0,078
SC 20	0,451	5,244	0,921

5- İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması: İdeal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları kullanılarak alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlığı. $\boldsymbol{C_i^*}$= $\boldsymbol{S_i^-}$/($\boldsymbol{S_i^+}$+ $\boldsymbol{S_i^-}$) formülü ile bulunmaktaydı. Buna göre MODEL 1331 alternatifinin ideal çözüme göreli yakınlığı $\boldsymbol{C_i^*}$ = 5,1087 / 0,4626 + 5,1087 = 0.9169 olarak bulunur. Diğer alternatiflere de uygulandığında aşağıdaki tablo meydana gelir.

6- Alternatiflerin Sıralanması: Tablo 4'da her bir alternatifin ideal çözüme olan göreli yakınlıkları en büyükten en küçüğe doğru sıralandığında, karar vericiye alternatiflerin sıralaması SC 20 MODEL > MODEL 1331 > BY550 > LWCF MODEL olarak sunulur.

Tablo 4. Topsis yöntemine göre Sıralanma

Sıralama	Model
1	
2	
3	
4	

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kamyon kantarı ölçüm düzeneğinde kullanılacak sensörün tasarım, mühendislik gibi birçok alanda oldukça önemli bir yere sahiptir. Mevcut piyasada birden fazla yük hücresi modeli bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı seçime etkiyecek bütün kriterleri sistematik bir şekilde ortadan kaldırmaya yarayan çok kriterli karar verme yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada en uygun yük hücresi TOPSIS yöntemi

kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem uygun bir ÇKKV yöntemi olduğunu ve sensör seçimi konusunda uzman olmayan kişiler için yararlı olabileceği düşünülerek sayısal bir örnekle sunulmuştur.

Kaynakça

[1] https://www.abskantar.com/kantar-tarihcesi/ adresinden alınmıştır
[2] Altınok, M., & Aydemir, B. (2021, Mayıs). Roket Motoru Test Düzeneği için Uygun Yük Hücresinin Karar Verme Tekniği ile Seçimi.
[3] ARSLAN, R. (2018, Temmuz). ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ve BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ: OECD.
[4] Aydemir, B. (2021). Kuvvet Kalibrasyon Rehberi.
[5] https://www.karsiyakahaber.com/haber/tir-kantari-nedir/36051 adresinden alınmıştır
[6] https://kobastar.com/tr/load-cell-nedir/ adresinden alındı

IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMİC ON THE ALBANİAN LABOUR MARKET

Alma Zisi
Aleksandër Moisiu University, Departament of Economics, Durrës,
alma_zisi@yahoo.com ORCID 0000-0002-4881-4535

Flora Merko
Aleksandër Moisiu University, Departament of Economics, Durrës,
floramerko@uamd.edu.al ORCID 0000-0002-5135-1818

Enton Duro
University of Tirana, Faculty of Economy, Economics Department
duro7enton@gmail.com ORCID 0009-0008-9984-011X

Marta Biancardi
University of Bari, Aldo Moro, Department of Economy and Finance
marta.biancardi@uniba.it ORCID 0000-0001-9002-2358

Abstract
The COVID-19 pandemic brought a great shock to all countries in the world, both in the social and economic aspects of the countries. The adoption of austerity measures to prevent the spread of the COVID-19 pandemic would affect all sectors of the economy, but mainly in the tourism sector. Due to the restrictions on the movements of local vacationers and tourists, hotels, bars or travel agencies faced the negative effects brought by the COVID-19 pandemic. The effects of the pandemic were felt throughout the labor market in Albania. This paper aims to analyze the impact of the COVID-19 pandemic on the labor market in Albania. The paper will focus on the difficulty of the employed as a result of the COVID-19 pandemic, as well as on the increase of the unemployed as a result of the closure of the sectors hit hardest by the pandemic. Also, the paper will deal with the changes that various businesses suffered by developing their activity at home and making businesses adapt their activity towards technology.

Key words: Labour Market, COVID-19 pandemic, Unemployment, Albania

Introduction

The spread of the COVID-19 pandemic would bring a great shock to the entire world. The rapid spread of the pandemic would commit all countries to take immediate measures to protect people's health. To prevent the spread of the COVID-19 pandemic, countries around the world adopted numerous measures such as: social distancing, limited movement hours, closing schools and kindergartens, numerous travel restrictions, etc. all these measures affected the health, social and economic aspect of the countries. The negative effects of the pandemic would extend to all countries of the world, both in developed and developing countries. The COVID-19 pandemic hit all countries, but mainly in developing countries and poor countries, the negative impact would be even greater. Now all the countries were experiencing a great economic decline, which is thought to be the biggest since the second world war. The impact of the COVID-19 pandemic would also be reflected in the labor market, where according to ILO estimates, the crisis caused a strong reduction in economic activity and working time. According to the ILO[1] report, about 2.7 billion employees are affected by the measures taken against the spread of the Covid-19 pandemic. For the economies of the Western Balkan countries, the ILO[2] reports an 8 percent loss of working hours (equivalent to about 560,000 job losses).

Even in the labor market in Albania, the negative impacts of the COVID-19 pandemic would be reflected. Thus, according to INSTAT, during the year 2020 there would be an increase in unemployment due to the difficulties faced by various economic activities. During 2020, the labor

[1] https://www.ilo.org/global/topics/coronavirus/impacts-and-responses/WCMS_824092/lang--en/index.htm
[2] https://www.ilo.org/budapest/WCMS_741143/lang--

market faced the loss of 34,000 jobs and an increase in the unemployment rate by 0.6 percentage points per year to 12.5%. The tourism sector also received a big blow due to the measures taken such as the imposition of quarantine, keeping distance, restrictions on travel, closing or imposing restrictions on the performance of various activities, etc. The recovery of jobs will not be easy, as experience from other economic crises shows that the labor market will need time to recover.

After 2020, Albania faced a significant increase in people and mainly young people who wanted to migrate. In their perception, it seems that emigration is the best solution to fulfill their needs better opportunities for work, education and health care and to realize their aspirations for the future. The socio-economic consequences of this phenomenon are clearly evident: every year, qualified human and financial resources leaves the country (Gëdeshi, I and King, R 2018). According to the study of the European Training Foundation (2022), the large number of immigrants from Albania is expected to create labor shortages in all sectors of the economy for all types of professions in the coming years (predicted for 2030). If, the migration of young people continues at these rates, then the labor market will face great difficulties in finding employees according to the needs of the labor market. Also, the migration of persons with higher education will bring problems in the main sectors of the economy, problems in absorbing foreign direct investments, etc. The main purpose of this paper is to analyze the impact of the COVID-19 pandemic on the labor market, mainly in Albania. The paper relies on the extensive literature of many authors who have dealt with similar issues, on various reports that reflect the impact of the COVID-19 pandemic on the labor market, and on secondary data from sources such as: Bank of Albania, Institute of Statistics, World Bank, OECD, etc.

Literature Review

The COVID-19 pandemic was accompanied by a negative impact on all economic activities of all countries of the world. According to many authors, the spread of the pandemic would cause the countries to face a common health and economic crisis of great proportions. Taking measures to prevent the spread of the pandemic would have negative effects on the labor market. According to Gupta et al. (2020) measures taken to prevent the spread of the COVID-19 pandemic, increased the costs to business and workers resulting in an increase in the US unemployment rate. The various measures taken by all countries such as social distancing and lockdowns negatively affected the labor markets, contributing to a drastic increase in job losses as well as changed, and working conditions (Brodeur et al. 2021).

According to UN labor experts[3], the economic crisis caused by the COVID-19 pandemic has affected more than 200 million people in global unemployment, with women and young people the most affected. Even in the study of Verick (2014) it is emphasized that the participation of women in the labor force increases with the economic development of the country (although the relationship is not direct or coherent at the country level) and during the phases of the review, the involvement of women in the labor market decreases. According to a new assessment by the International Labor Organization (ILO)[4], the labor market crisis created by the COVID-19 pandemic is not over and employment growth will be insufficient to compensate for the losses suffered by 2023.

According to (Martinez and Jayawarna, 2020) the COVID-19 pandemic had an impact not only in terms of health, but the impacts of the pandemic will be reflected in both entrepreneurship and self-employment. Drawing on Labor Force Survey data for the past decade, the authors argue that marginalized entrepreneurs are likely to experience extreme uncertainty due to COVID-19 and thus require targeted support.

Impact of the COVID-19 Pandemic on the Albanian Labour Market

The COVID-19 pandemic would also reflect the negative impact on the labor market in Albania. Throughout 2020, an increase in the number of unemployed is observed due to the consequences that the Covid-19 pandemic had on economic activities in Albania. Since the Covid-19 pandemic, the lack of employees for all types of skills has become a serious problem for most businesses. The recession led

[3] https://news.un.org/en/story/2021/06/1093182
[4] World Employment and Social Outlook: Trends 2021

to deteriorating labour market indicators in Q2, as employment contracted 3.9% y-o-y, reflecting a loss of 34 000 jobs. The unemployment rate (15-64 years) increased by 0.6 pp y-o-y to 12.5%. The worst hit was the group of the15 to 29-year-old for whom the unemployment rate increased 1.4 pp to 21.4%[5].

Based on a study conducted[6], the hardest-hit sectors, in which the vast majority of businesses temporarily suspended operations were hospitality (78 per cent), transportation (63 per cent) and textiles (43 per cent). Near one third of enterprises reported a complete shutdown of their operations, then almost 40 percent remained partially operational at the time of the survey. The Covid-19 pandemic negatively affected all the economies of the Western Balkan countries as well but caused a deeper recession in tourism-dependent countries such as Montenegro, Albania and Kosovo (Gjermeni and Lika 2020). International arrivals dropped by -59%, while travel receipts decreased by -51% during this period. As a result, the contribution of Tourism to Albania's GDP decreased from 20.5% in 2019 to 10.3% in 2020.[7] Since tourism is the sector most affected by the COVID-19 pandemic, the people employed in this sector have been the ones who have experienced the negative impact of the pandemic the most. Based on INSTAT data, during the third quarter of 2020 there were over 29,600 less employed people than in the same period of 2019. In the table below we see an increase in the number of people looking for work according to sex, education level and age group. Based on the data in the table, we noticed the increase in the number of unemployed as a result of the negative impact of the COVID-19 pandemic on the labor market in Albania.

Table 1: Registered jobseekers by sex, education level and age group

Description	2017	2018	2019	2020	2021
Registered jobseekers	**89,780**	**74,686**	**70,930**	**82,921**	**87,419**
Male	42,386	35,535	33,702	39,274	42,294
Female	47,394	39,151	37,228	43,647	45,125
With primary education	50,250	42,676	39,582	46,420	48,752
With secondary education	34,260	27,102	26,062	29,803	30,834
With university education	5,270	4,908	5,286	6,698	7,833
16-19 years old	2,096	1,575	2,279	2,660	2,357
21-34 years old	23,148	18,650	18,594	23,527	26,136
35 years old and over	64,536	54,459	50,057	56,733	58,927

Source: INSTAT, 2022

During 2021, Albania began to recover from the recession caused by the COVID-19 pandemic. According to INSTAT[8], over the year 2021, the number of unemployed in Albania is 162,560 persons as seen in figure 1. The official unemployment rate is 11.5 %, decreasing by 0.2 percentage points compared to 2020. The official unemployment rate for males is 11.3 % and for females is 11.8 %. Youth (15-24 years old) unemployment rate is 27.1 %. Compared to the previous year, youth unemployment rate has increased by 0.6 percentage points.

[5] https://ec.europa.eu/info/publications/economic-and-financial-affairs-publications_en.
[6] The impact of the COVID -19 pandemic on enterprises in Albania, BiznesAlbania, 2020
[7] Tourism and Hospitality in Albania 2022
[8] INSTAT, Labour Market, 2021

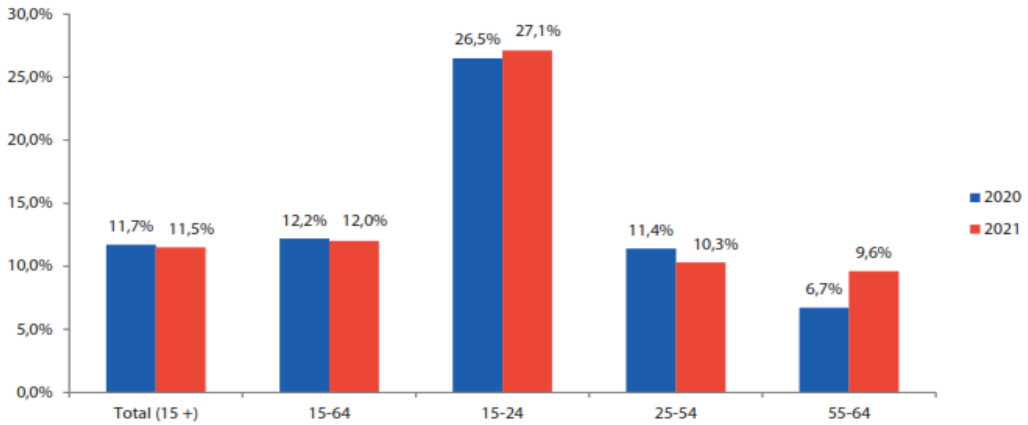


Figure 1: Unemployment rate by age groups, 2020-2021
Source: INSTAT, 2023

Even throughout the year 2022, the Albanian economy would continue to recover despite the increase in food and energy prices. Albania's economy expanded by an average of 4.84 percent in 2022[9] where trade and construction would be the main sectors influencing economic growth. The services sector grew by 5.9 percent in 2022, as a result of increased consumer demand. Also, the tourist season saw a significant increase in the number of tourists. For 2022, the number of tourists increased by 27.5 percent as seen in figure 2.

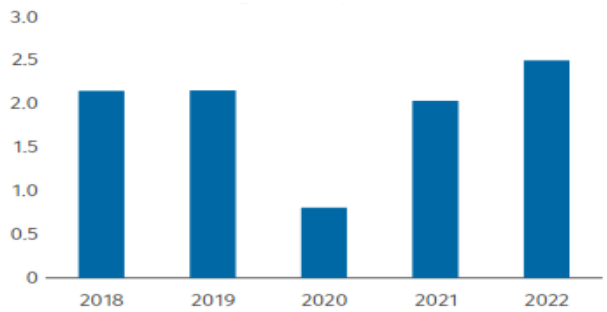


Figure 2: The tourism sector in years
Source: INSTAT, 2023

Improvements were also felt in the labor market due to the creation of new jobs. Annual employment growth reached 4.0 percent in 2022 and the unemployment rate fell to 11.0 percent in 2022, while labor force participation increased (INSTAT, 2022)

Emigration

The COVID-19 pandemic, in addition to the negative impacts it brought to all activities in Albania, influenced the increase in the desire to emigrate. After 2020, the number of people migrating from Albania, especially young people, increased significantly. Compared to other countries in the Western Balkans, Albania seems to be more affected by the phenomenon of immigration. Data from INSTAT, Table 2, showed that net immigration was about minus 32 thousand people in 2021. Young, educated, and skilled people are at the forefront of emigration from Albania.

A 2021 study by the Vienna Institute for International Economic Studies (WWIW)[10] found that all the Western Balkans experienced net emigration of young people at all levels of educational attainment between 2010 and 2019. Albania experienced substantial net emigration of the highly educated that is

[9] RAPORTI I RREGULLT EKONOMIK PËR BALLKANIN PERËNDIMOR Nr. 23 | Pranverë,2023
[10] Vienna Institute for International Economic Studies (WWIW, 2021)

brain drain, where almost 40 percent of the young emigrants from Albania were highly educated. The mass emigration that appeared especially after 2020 is accompanied by disturbing problems, therefore the government's intervention is seen as necessary to minimize this phenomenon.

Table 2: Number of immigrants, emigrants and net migration

Year	Immigrants	Emigrants	Net migration
2018	23,673	38,703	**-15,030**
2019	20,753	43,835	**-23,082**
2020	7,170	23,854	**-16,684**
2021	9,195	42,048	**-32,853**
2022	13,963	46,460	**-32,497**

Source: INSTAT, 2023

Conclusion and suggestion

The COVID-9 pandemic negatively affected all economic activities in Albania, which was also reflected in the significant increase in the number of unemployed. During 2020, around 34,000 jobs were cut as a result of taking measures to prevent the spread of the COVID-19 pandemic. The group of the 15 to 29-year-old received a big blow for whom the unemployment rate increased 1.4 pp to 21.4%.

After 2020, the number of people migrating from Albania, especially young people, increased significantly. The main reasons that young people emigrate from Albania are low wages, informal employment, precarious working conditions, job insecurity and poor career prospects. The shortages in the labor market will be even greater in the following years, as the supply of employees is being reduced not only by high migration but also by the drop in births. The reduction of the population due to emigration, the aging of the population, the decrease in the number of births bring negative impacts on the Albanian labour market. For all these reasons, the Albanian government focused on the policy objectives for preventing the spread of the pandemic and on taking measures to recover the country's economy. During 2020, the Albanian government offered social support to workers affected by the pandemic crisis. Also, due to the significant increase in prices, the Albanian government increased the minimum wage as well as the wage for other categories, providing support for the entire beneficiary category as well as reducing income inequality as a result of the pandemic crisis.To minimize the negative impacts of the COVID-19 pandemic, the government must continue to improve the domestic political and economic conditions and increase confidence for a better future. It is also necessary for the tourism sector to become as attractive as possible for both tourists and workers. The government also has a role to play in working with the sector to address structural issues and support them through financial and other forms of incentives (salary subsidies etc.)[11]. During the drafting of policies aimed at migration, actors from different sectors such as: from business, academia, civil society and youth should be involved in order to increase confidence in a better future for all those who want to live and work in Albania.

References

Brodeur, A, D. Gray, A. Islam and S. Bhuiyan (2021) 'A literature review of the economics of COVID-19' Journal of Economic Surveys 35 (4).

EU Candidate Countries' & Potential Candidates' Economic Quarterly (CCEQ) 3rd Quarter 2020 TECHNICAL PAPER 044 | OCTOBER 2020

Gëdeshi, I. & King, R. (2018), *Research Study into Brain Gain: Reversing Brain Drain with the Albanian Scientific Diaspora*, UNDP, March 2018

Gupta, S, L. Montenovo, T. Nguyen, F. Rojas, I. Schmutte, K. Simon, B. Weinberg and C. Wing (2020) 'Effects of social distancing policy on labor market out-comes' NBER Working Paper Series 27280, National Bureau of Economic Research: Cambridge, MA

[11] Tourism and Hospitality in Albania 2022

Gjermeni, E and A. Lika (2020) 'COVID-19 impact in the Western Balkans: Deep dive in Albania and how the pandemic impacted the SDG's Sustainable Development Goals'.

International Labour Organization (2021) Monitor: COVID-19 and the world of work. 8th edition INSTAT, Labour Market, 2021

Martinez Dy, A. and Jayawarna, D. 2020. Bios, mythoi and women entrepreneurs: A Wynterian analysis of the intersectional impacts of the COVID-19 pandemic on self-employed women and women-owned businesses. International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship, 38(5): 391-403.

RAPORTI I RREGULLT EKONOMIK PËR BALLKANIN PERËNDIMOR Nr. 23 |Pranverë,2023

The impact of the COVID -19 pandemic on enterprises in Albania, BiznesAlbania, 2020

United Nations Development Programme (UNDP) Tourism and Hospitality in Albania 2022 An assessment of tourism trends and performance

Verick, S. Female labor force participation in developing countries. IZA World Labor. 2014, 87, 1–10.

World Employment and Social Outlook: Trends 2021

ÖZEL MAKSATLI BİR MOBİL ROBOTUN PALETLİ YÜRÜYÜŞ SİSTEMİNİN ÇOKLU CİSİM SİSTEMLERİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Mehmet Murat Topaç
Dokuz Eylül Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
murat.topac@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7462-1796

Sefa Temur
Dokuz Eylül Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
sefa.temur@ogr.deu.edu.tr, ORCID: 0009-0008-5016-6769

Özet
Özel maksatlı mobil robotlar, yangın söndürme ve mayın temizleme gibi tehlikeli görevleri, insan hayatını riske atmaksızın gerçekleştirebilme özellikleri nedeniyle, gün geçtikçe daha fazla talep görmeye başlamışlardır. Bu sistemlerin özellikle yol dışı koşullarda çalışan tiplerinde, çekiş ve yol tutuş açısından sağladığı üstünlük nedeniyle, daha çok paletli yürüyüş sistemleri tercih edilmektedir. Bu çalışmada, paletli bir mobil robotun dinamik özelliklerinin parametrik olarak incelenmesine olanak sağlayan bir sanal yürüyüş sistemi modeli kısaca tanıtılmıştır. Çoklu Cisim Sistemleri (ÇCS) tabanlı MSC Adams® ticari yazılımı yardımıyla oluşturulan bu model, palet zinciri, gergi donanımı, taşıt gövdesi olmak üzere, başlıca üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bu model yardımıyla gerçekleştirilen örnek simülasyonlarda, mobil robotun engel geçme manevrası sırasında ihtiyaç duyduğu tahrik torku, yanal eğimde devrilme limiti gibi bazı özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler, analitik modellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Savunma teknolojileri, Mobil robot, Paletli yürüyüş sistemi, Özel maksatlı taşıtlar, Çoklu Cisim Sistemleri (ÇCS), Simülasyon

MODELLING AND ANALYSIS OF THE CRAWLER TRACK SYSTEM OF A SPECIAL-PURPOSE MOBILE ROBOT USING MULTIBODY SYSTEMS APPROACH

Abstract
Special-purpose mobile robots are increasingly in demand due to their ability to perform dangerous tasks such as firefighting and demining without risking human life. Crawler track undercarriage systems are mostly preferred especially in off-road types of these systems because of their advantages in terms of traction and handling. In this study, a virtual crawler track system model, that allows the parametric analysis of dynamic properties of a tracked mobile robot, is briefly introduced. The model, which was built via MSC Adams®, a Multibody Systems (MBS) approach-based commercial software, consists of three main parts, namely the track chain, the pre-tensioning equipment and the vehicle body. In the sample simulations carried out with the help of this model, some features of the mobile robot such as the driving torque required during the obstacle-crossing maneuver and the tipping limit on the lateral slope were determined. The obtained values were compared with the results obtained from the analytical models.

Keywords: Defence technologies, Mobile robot, Crawler track system, Special-purpose vehicles, Multibody Systems (MBS), Simulation.

1. GİRİŞ

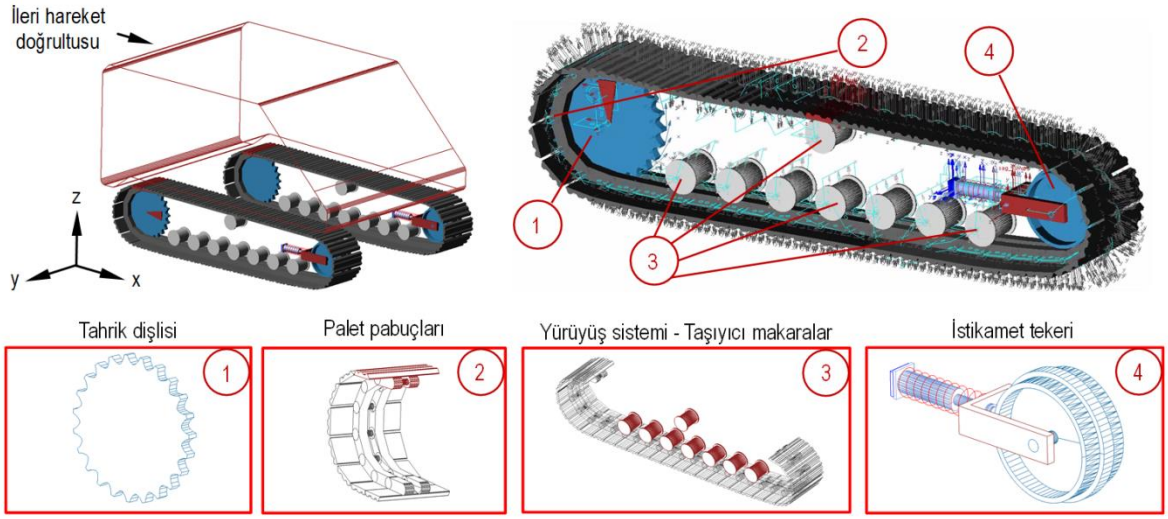
Paletli yürüyüş sistemleri, özellikle yol dışı koşullarda, zemin tutuşu ve çekiş kuvveti açısından tekerleklere göre sağladıkları üstünlükler nedeniyle, askeri taşıtlarda ve iş makinelerinde oldukça uzun zamandır geniş kullanım alanı bulmaktadır (Bekker, 1956), (Wong, 1997), (Wong, 2001). Bu sistemler son dönemde, yangın söndürme, mayın temizleme, deniz altı kazıları gibi insan hayatı açısından riskli özel görevleri yerine getirmek amacıyla tasarlanmış mobil robotlarda da uygulanmaktadır (Dai ve ark., 2021). Şekil 1'de, yangın söndürme amacıyla tasarlanmış olan MVF-5 paletli otonom yangın söndürme robotu, örnek olarak görülmektedir.

Şekil 1. MVF-5 otonom yangın söndürme robotu (Tan ve ark., 2013)

Bu çalışmada, özel maksatlı paletli mobil robotların tasarım aşamasında, hareket dinamiği özelliklerinin, yürüyüş sistemi yapısal parametrelerine ve zemin düzgünsüzlüğüne bağlı olarak incelenmesi gibi çalışmalarda kullanılabilecek Çoklu Cisim Sistemleri (ÇCS) tabanlı bir sanal model kısaca tanıtılmıştır. Açık literatürde paletli taşıtların dinamiğinin incelendiği nitelikli çalışmalara az da olsa rastlanmaktadır (Çalışkan ve Ünlüsoy, 2007) (Çalışkan ve ark., 2009). Bu çalışmaların önemli bir bölümünün, askeri maksatlı paletli taşıtların düzlemsel ya da üç boyutlu dinamik davranışlarının, çeşitli matematiksel modeller yardımıyla değerlendirilmesine yönelik olduğu görülmektedir. Özellikle, paletli mobil robotların yürüyüş sistemlerinin parametrik tasarımına yönelik dinamik model tabanlı çalışmalara, yazarların bilgisi dâhilindeki açık literatürde fazla rastlanmamaktadır. Bu çalışmayla, bu eksikliğin giderilmesine belirli ölçüde katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında incelenen paletli mobil robot, toplam 10 ton kütleye sahiptir. Oluşturulan ÇCS modeli, temel olarak rijit elemanlara sahip bir çift paletli yürüyüş sistemi ve bir taşıt gövdesinden oluşmaktadır. Model ve yürüyüş sistemi elemanları, Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Paletli yürüyüş sisteminin ÇCS modeli

Bir adet yürüyüş sistemi alt modeli ise tahrik sistemine bağlı bir tahrik dişlisi (1), palet zinciri (2), taşıyıcı makaralar (3) ve şasi kütle merkezine göre boyuna eksendeki konumu, bir gergi donanımı yardımıyla kontrol edilen bir istikamet tekerinden (4) meydana gelmektedir.

Yürüyüş zinciri, pim bağlantısı yardımıyla dönebilir biçimde birbirine bağlanmış rijit levhalardan oluşmaktadır. Bu levhalar, gerçek tasarımda cıvata yardımıyla bağlanmış zincir baklası-palet pabucu çiftlerinin görevini yerine getirmektedir. Tahrik dişlisi, tahrik sisteminden belirli bir devir sayısı altında aldığı torku, pimler üzerinden yürüyüş zincirine iletmektedir. Taşıyıcı makaralar taşıt şasisine dönebilir şekilde yataklanmış olup, yürüyüş zincirinin hareketini kolaylaştırarak, zincirin şasiye göre

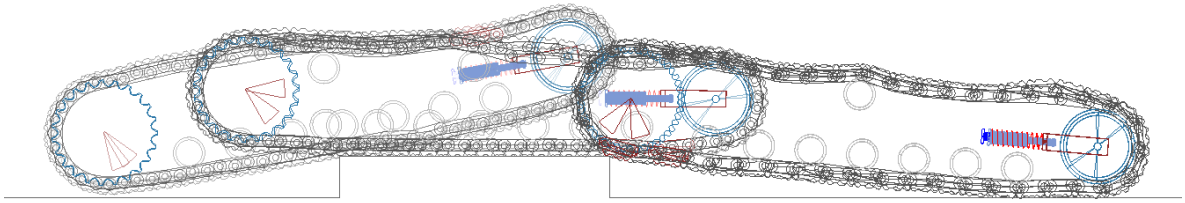
kılavuzlanmasını sağlamaktadır. Tahrik dişlisi ile istikamet tekeri arasında bulunan makaralar, aynı zamanda taşıtın düşey yükünü palete aktarmaktadır. İstikamet tekeri, bir adet avara kasnak ile ön gerilmeyle yüklenmiş bir yay sisteminin montajından oluşmaktadır. Avara kasnak, yürüyüş sistemine yataklık ve kılavuzluk etmekte olup, y ekseni çevresinde dönme ve x ekseninde ötelenme serbestliğine sahiptir. Paletli yürüyüş sistemlerinin, mobilite açısından kritik alt sistemlerinden bir tanesi de gergi donanımıdır. Palet zincirinde yeterli gergi kuvveti bulunmaması durumunda, paletin tahrik gücünü yola istenen şekilde iletememesi gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

3. TARTIŞMA

3.1. Engel geçme

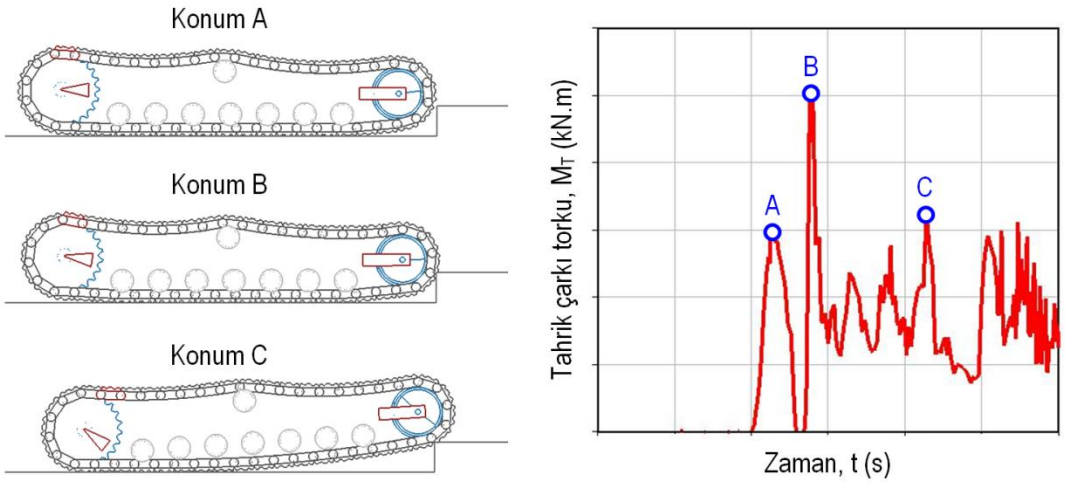
Mayın temizleme ya da yangın söndürme gibi özel maksatlarla tasarlanmış paletli robotların, tasarım amaçlarına uygun olarak, servis ömürlerinin önemli bir bölümünde engebeli arazilerde görev yapmaları beklenir. Bu nedenle, bu tip sistemlerin engel tırmanma yeteneklerinin tasarım aşamasında belirlenmesi, özellikle motor seçimi ve güç iletim sisteminin özelliklerinin tespiti açısından önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında oluşturulan ÇCS modeli yardımıyla ilk olarak, taşıtın bir engelden geçtiği sırada paletlere aktarılması gereken tahrik torkunun belirlenmesine yönelik örnek bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu manevrada model, önce düzgün yüzeye sahip rijit bir yol üzerinde duruştan 0,8 km/h maksimum sabit seyir hızına ulaşmaktadır. Hızın söz konusu değerde sabit tutulması, tahrik çarkının devir sayısı üzerinden kontrol edilmektedir. Taşıt daha sonra, istikamet tekeri yarıçapının yaklaşık 1,1 katı yüksekliğe sahip dikdörtgen prizma formundaki bir beton engelden düşük hızda geçmektedir. Simülasyon sırasında paletli yürüyüş sitemi elemanlarının hareketi, Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Paletli yürüyüş sisteminin engel geçme simülasyonu,

Simülasyonda, beton ve çelik palet arasında sürtünme katsayısı μ= 0,57 kabul edilmiştir (Wong, 2001). Bu sırada, taşıtın engeli tırmanması için motordan tahrik çarkına uygulanması gereken tork miktarı belirlenmiştir. Tırmanma sırasında tahrik çarkındaki tork ihtiyacının değişimi, Şekil 4.a'da verilmektedir. Burada görülen maksimum tork (B noktası) robotun engele tırmandığı ikinci durumda ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuç için basit bir doğrulama çalışması da gerçekleştirilmiştir. Bunun amaçla, tırmanma durumunda palete etkiyen kuvvetler dikkate alınmıştır. Önce, tırmanma durumunun gerçekleşebilmesi için paletin yan duvara temas ettiği noktada ortaya çıkması gereken yüzey sürtünmesi kaynaklı düşey kuvvet hesaplanmıştır. Daha sonra, sürtünme katsayısı da dikkate alınarak, söz konusu kuvveti oluşturmak için x ekseni boyunca duvara etkimesi gerekli itme kuvveti bulunmuştur. Aynı zamanda tahrik kuvvetine de eşit olan bu kuvvet ile palet- yatay zemin temas yüzeyi ve tahrik çarkı arasındaki düşey mesafe yardımıyla, tırmanma durumu için gerekli en düşük tahrik torku elde edilmiştir. Bu değer ile ÇCS modelinden elde edilen sonuç arasındaki farkın %1'in oldukça altında olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Engel geçme manevrası sırasında, tahrik çarkındaki tork ihtiyacı

3.2. Yanal devrilme stabilitesi

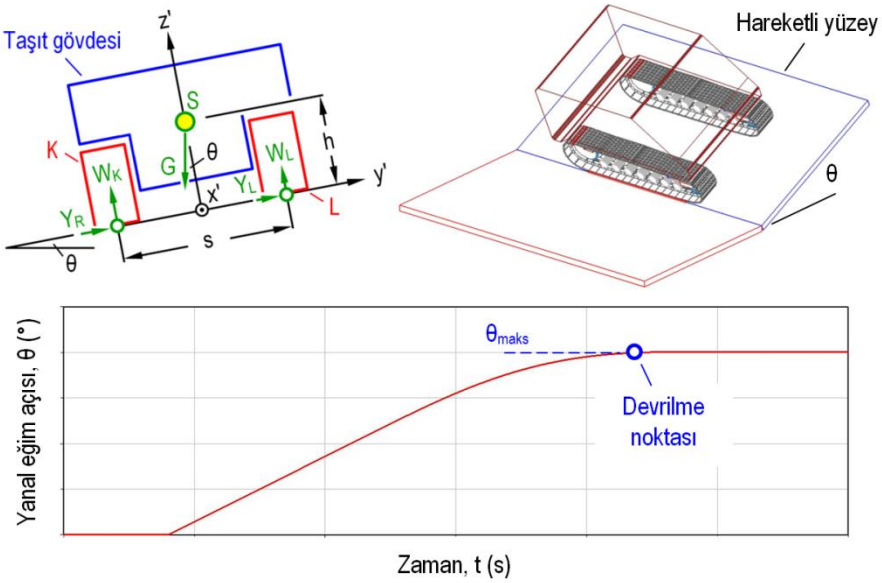
Engebeli arazilerde görev yapmak üzere tasarlanan özel maksatlı paletli mobil robotların tasarım aşamasında, yanal eğim stabilitesi değerlendirmeleri de gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır. Yanal eğimli bir yüzey üzerinde duran bir taşıta statik durumda etkiyen kuvvetler Şekil 5'te görülmektedir. Burada θ, yanal eğim açısı, s palet iz genişliği, S kütle merkezi, h kütle merkezinin yerden yüksekliği ve G taşıt ağırlığıdır. W_K ve W_L, palete etkiyen toplam düşey kuvvetler, Y_R ve Y_L ise yan kuvvetlerdir. Statik denge denklemleri yardımıyla (Jazar, 2017), taşıtın devrilme koşulu ya da diğer bir deyişle, hangi yanal eğim limitinin üzerinde yanal stabilitesini kaybederek devrileceği hesaplanabilir. Bu durumda, taşıtın kütle merkezi yüksekliği ve palet açıklığı, iki önemli tasarım faktörü olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında ikinci olarak, belirli bir kütle merkezi yüksekliğine ve palet açıklığına sahip bir mobil robotun yanal devrilme sınırı belirlenmiştir. Bu amaçla taşıt, Şekil 5'te görülen eğimi ayarlanabilir bir yüzey üzerine yerleştirilmiş ve zeminin yanal eğim açısı θ, kademeli olarak artırılmıştır. Bu sırada, referans eksen takımına göre yukarıda kalan paletin yüzeyle temasını kaybettiği nokta, sistemin devrilme sınırı olarak belirlenmiştir. Daha sonra sistemin kütle merkezi analitik olarak hesaplanmıştır. Bunun için paleti oluşturan tüm baklaların, taşıt kütle merkezine konumları ayrı ayrı belirlenmiş ve Şekil 2'de görülen yapı elemanlarının konumları yardımıyla da sistemin kütle merkezi koordinatları hassas biçimde hesaplanarak, (Jazar, 2008)'e göre robotun devrilme sınır açısı θ_{maks} elde edilmiştir. ÇCS simülasyonu ile analitik hesaplamalardan alınan sonuçların %0,26 farkla örtüştüğü görülmüştür.

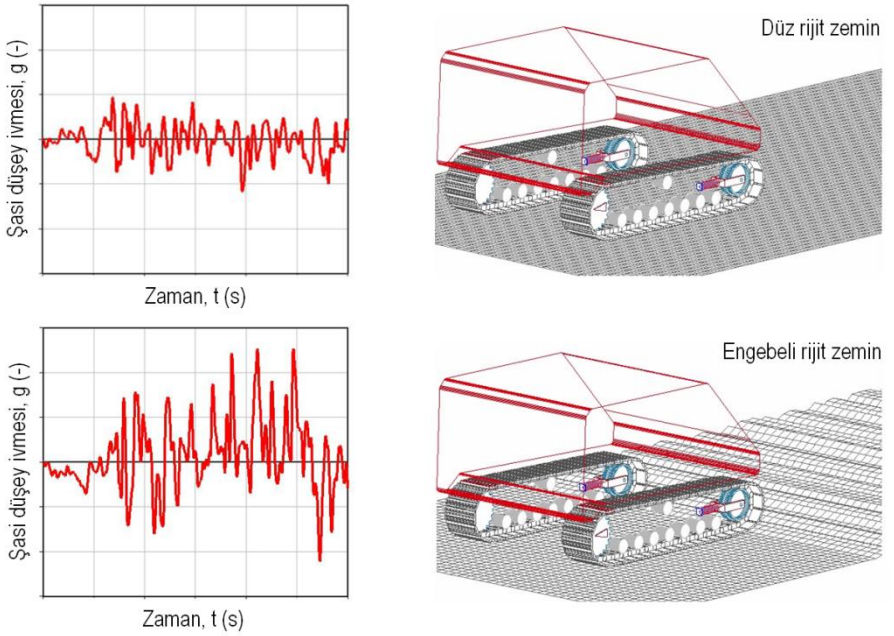
3.3. Zemin tipi ve poligon etkisi

Engebeli arazide gerçekleştirilen manevralar sırasında taşıta etkiyen düşey ivmelerin belirlenmesi, tekerlekli kara taşıtlarında olduğu gibi özel maksatlı mobil robotların mekanik tasarımında da önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında oluşturulan örnek ÇCS modeli yardımıyla, belirli bir hız altında, düzlemsel ve düzgün olmayan rijit zeminler üzerinde hareket eden paletli bir mobil robotun şasi ivmesindeki değişimler gözlenebilmektedir. Örnek bir simülasyon sonucu, Şekil 6'da görülmektedir. Burada taşıt, 5 km/h sabit doğrusal hızda hareket etmektedir.

Paletli yürüyüş sistemleri, lastik tekerleklerden farklı olarak, poligon etkisi nedeniyle belirli bir hareket düzgünsüzlüğüne sahiptir (Özemir, 1981). Örnek bir simülasyon, Şekil 7'de sunulmuştur. Sağda görülen ikinci taşıtın yürüyüş sisteminde kullanılan palet baklalarının ve pabuçlarının kinematik uzunluğu, soldaki taşıta kullanılanların iki katıdır. Her iki taşıtın tahrik çarkı ve istikamet tekeri merkezleri arası mesafeler eşittir. Diğer bir deyişle, sağda görülen taşıtın palet baklası sayısı, diğer taşıtın yarısı kadardır. Her iki taşıt 5 km/h ortalama sabit doğrusal hızda, düzgün ve rijit bir zemin üzerinde hareket etmektedir. Şekil 7'de de görüldüğü gibi, çalışma kapsamında oluşturulan model yardımıyla, kinematik açıdan farklı palet tasarımlarına sahip yürüyüş sistemlerinde ortaya çıkan hız düzgünsüzlüğü etkisi gözlenebilmektedir.



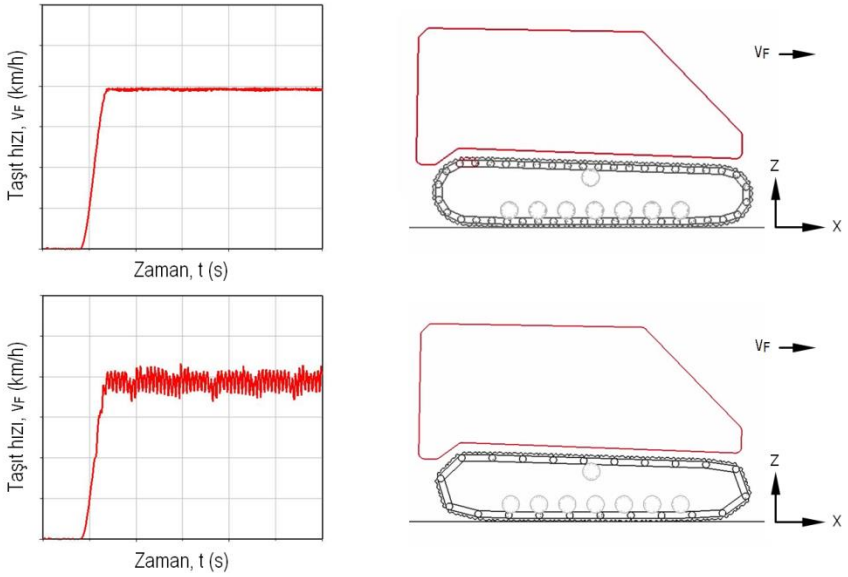
Şekil 5. Yanal devrilme stabilitesi simülasyonu



Şekil 6. Farklı rijit zeminler üzerinde sabit hızla ilerleyen mobil robotun düşey ivme değişimleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, özel maksatlı paletli mobil robotların dinamik özelliklerinin ve bu tip sistemlerde kullanılan paletli yürüyüş düzenlerinin yapısal tasarım parametrelerinin incelenebilmesi amacıyla hazırlanan Çoklu Cisim Sistemleri (ÇCS) tabanlı bir model kısaca tanıtılmıştır. Gerçekleştirilen örnek analizler, farklı manevralar için modelden ve analitik hesaplamalardan elde edilen sonuçların büyük ölçüde örtüştüğünü göstermiştir. Oluşturulan model yardımıyla, palet zincirinin yapısal parametrelerinin, taşıtın farklı profillere sahip zeminler üzerindeki seyir dinamiği özelliklerine etkisi incelenebilmektedir.



Şekil 7. Palet yapısına bağlı hız düzgünsüzlüğü

TEŞEKKÜR

Yazarlar, sağladığı lisanslı yazılım desteğinden dolayı başta, Ar-Ge Müdürü Sn. Ersen Pesen olmak üzere, Çukurova Makina İmalat ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederler. Yazarlar ayrıca, çalışmanın kaynakça taramasına sağladığı katkıdan dolayı Sn. Kübra Polat'a teşekkür eder. Bu çalışma kapsamında, herhangi bir ticari firmaya ait herhangi bir üretilmiş ve/veya üretilmesi planlanan ticari tasarıma, ürüne ya da benzerine ait bilgi ya da görsele yer verilmemiştir.

KAYNAKLAR

Bekker, M.G. (1956), Theory of Land Locomotion, Michigan: University of Michigan Press.

Çalışkan K., Ünlüsoy, Y.S. (2007). 3-Boyutlu Paletli Araç Dinamiği Simülasyonu. USMOS 2007: İkinci Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı. ODTÜ, Ankara.

Çalışkan, K., Ünlüsoy, Y.S., Tuncer, B. (2009). 3-Boyutlu Paletli Araç Modeli Geliştirilmesi ve Doğrulanması, USMOS2009: Üçüncü Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı. ODTÜ, Ankara.

Dai, Y., Xue, C., & Su, Q. (2021), An Integrated Dynamic Model and Optimized Fuzzy Controller for Path Tracking of Deep-Sea Mining Vehicle. Journal of Marine Science and Engineering, 9(3), 249.

Gelman, B., & Moskvin, M. (1975), Farm Tractors, Moscow: MIR Publishers.

Jazar, R.N. (2017). Vehicle Dynamics: Theory and Application. New York: Springer Science+Business Media, LLC.

Özemir, Y. (1981), Traktörler, İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası.

Tan, C.F., Liew, S.M., Alkahari, M.R., Ranjit, S.S.S., Said, M.R., Chen, W., Rauterberg, G.W.M., Sivakumar, D., Subramonian, S.. (2013), Fire Fighting Mobile Robot: State of the Art and Recent Development. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(10), 220-230.

Wong, J.Y. (1997), Dynamics of Tracked Vehicles. Vehicle System Dynamics, 28(2-3), 197-219.

Wong, J.Y. (2001), Theory of Ground Vehicles, Chichester: John Wiley & Sons, Inc.

ANTROPOMETRİK TASARIM

Bensu Kocaman
Endüstri Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 41380, Türkiye
225104061@kocaeli.edu.tr

Nilgün Fığlalı
Endüstri Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 41380, Türkiye
figlalin@kocaeli.edu.tr

Özet
Günümüzde insan sağlığı her geçen gün önem kazanmaktadır, bu yüzden ergonomi , antropometrik tasarım kavramları öne çıkmaktadır. Her grup insan tipine uygun olarak antropometrik tasarım çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Bu insan tipleri yaşa göre, cinsiyete göre ,ırka göre vs. farklılık gösterebilmektedir. Antropometrik ölçümler ile bu gruplar ayrıştırılabilmektedir. Ancak antropometrik ölçüm iki farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlardan ilki statik; yani sabit haldeyken insanlardan alınan ölçümler, ikincisi dinamik; yani hareket halindeyken insanlardan alınan ölçümlerdir. Bu ölçümler ile uygun antropometrik tasarımlar yapılabilmektedir. Bu çalışmada; antropometrik tasarımı anlamak için antropometri ve ergonomi kavramları araştırılmıştır. Antropometrik tasarım ve süreçlerinden bahsedilmiştir. Antropometrik tasarım ve ergonomi arasındaki bağlantı irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antropometri , Antropometrik Tasarım, Dinamik Antropometri, Ergonomi, Statik Antropometri

ANTROPOMETRİC DESİGN

Abstract
Today, human health is gaining importance day by day, so the concepts of ergonomics and anthropometric design come to the fore. Anthropometric design studies have started to be carried out in accordance with each group of people. These types of people are classified according to age, gender, race, etc. may differ. These groups can be separated by anthropometric measurements. However, anthropometric measurement is made in two different ways. The first of these is static; that is, measurements taken from humans while stationary, the latter dynamic; that is, measurements taken from people while they are on the move. With these measurements, appropriate anthropometric designs can be made. In this study; In order to understand anthropometric design, the concepts of anthropometry and ergonomics are explored. Anthropometric design and processes are mentioned. The connection between anthropometric design and ergonomics is examined.

Keywords: Anthropometry, Anthropometric Design, Dynamic Anthropometry, Ergonomics, Static Anthropometry

1.GİRİŞ

Antropometri, insan vücut ölçülerini inceleyen bir bilim dalıdır ve günümüzde antropometri bilimi önem kazanan bir bilim dalı olmaya başlamıştır. Ergonomi ise ilk başlarda iş düzeni kavramı olarak ortaya çıksa da günümüzde insan olan her yerde karşımıza çıkmaktadır. Ergonomi insanı etkilen fiziksel, psikolojik alanları inceleyip araştıran ve insana fayda sağlayacak şekilde düzenlenmesini öneren bir bilim dalıdır. Her insan aynı değildir. Aynı özelliklerde insan grupları vardır. Bu gruplar yaşa, cinsiyete, ırka vs. göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu gruplar da antropometrik ölçümler yardımıyla ortaya çıkmaktadır. Daha sonra bu ölçümler kullanılarak tasarımlar yapılmaktadır. Böylece insanlar kendilerine ergonomik açıdan uygun eşyalar ya da gereçler kullanırlar.

2.ANTROPOMETRİ

“ Antropometri ”, insan vücudunun boyutlarıyla ilgilenen bir bilim dalıdır. [1] “Antropometri” kelimesi, Yunanca “antropo” yani “insan” , “metron” da “ölçü” anlamına gelen kelimelerden türetilmiştir.[2] Ülkemizde ilk genel kapsamlı antropometrik araştırma 1937 yılında Atatürk'ün isteği üzerine gerçekleştirilmiştir. İkinci araştırma ise, 1960 yılında ülke genelinde 20 – 40 yaşları arasında kadınlar

üzerinde gerçekleştirilmiş olan antropometrik çalışmadır. Daha sonraki yıllarda daha çok yöresel nitelikli çalışmalar yapılmıştır.[1]

2.1.Antropometri Çeşitleri

Antropometri çeşitleri ikiye ayrılmaktadır.

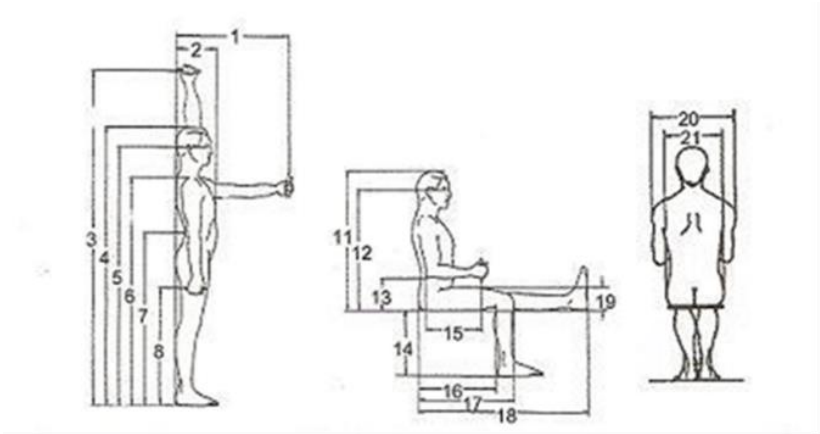
2.1.1. Statik Antropometri

Statik antropometri; antropometrinin, insanlardan sabit haldeyken alınan ölçüm değerlerini ele alan bir daldır. Örneğin ayakta boy, otururken boy, yerden dirsek yüksekliği gibi değerlerdir.[4]

2.1.2. Dinamik Antropometri

Dinamik antropometri; antropometrinin, insanlardan hareket haldeyken alınan ölçüm değerlerini ele alan bir daldır. Endüstri ve iş düzeninde iş görenler devamlı hareket halindedirler. İş görenlerin ayakta dururken yada otururken çevrelerindeki işlem noktalarına uzanabilmeleri için; eğilme, uzanma, kaldırma ve dönme gibi hareketlerinin sınırlarını ölçmek ergonomik açıdan önemlidir. Bu gibi durumlarda dinamik antropometri ölçümlerine gerek duyulur.[4]

2.2. Antropometrik Bazı Ölçüler



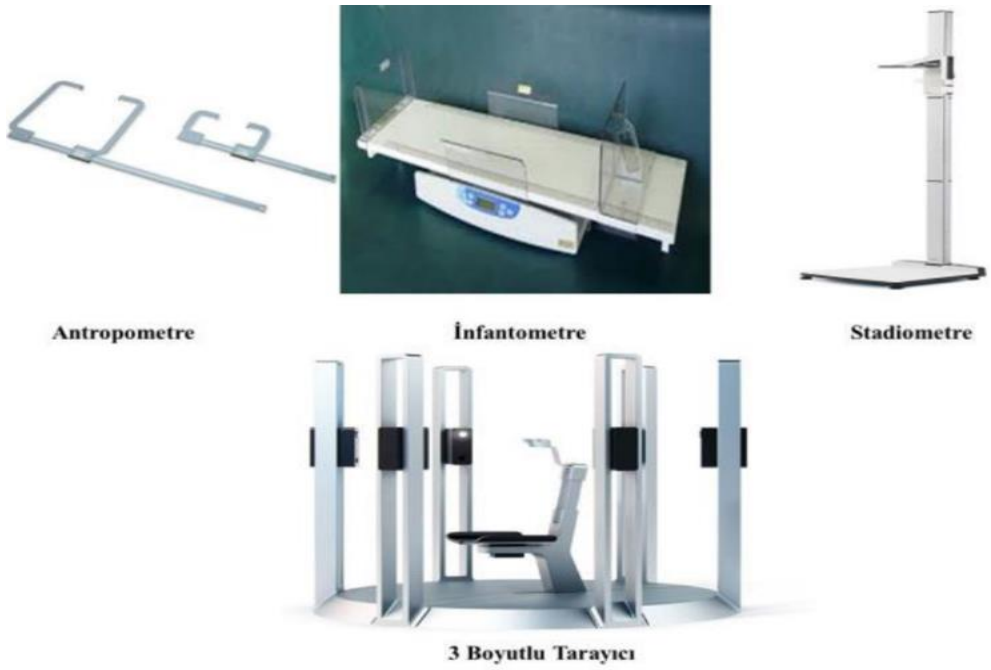
Şekil 1. Orta Avrupalar İçin Antropometrik Bazı Ölçüler [4]

Tablo1. Orta Avrupalıların Vücut Boyutları

Boyut	Yüzdelere göre boyutlar (mm) Erkek % 5	% 50	% 95	Kadın % 5	% 50	% 95
1 Önde tutuş	662	722	787	616	690	762
2. Gövde derinliği	233	276	318	238	285	357
3. Yukarda tutuş	1910	2051	2210	1748	1870	2000
4. Boy	1629	1733	1841	1510	1619	1725
5. Göz yüksekliği	1509	1613	1721	1402	1502	1596
6. Omuz yüksekliği	1349	1445	1542	1234	1339	1436
7. Dirsek yüksekliği	1021	1096	1179	957	1030	1100
8. El tutuş yüksekliği	728	767	828	664	738	803
9. Kalça genişliği	310	344	368	314	358	405
10. Sandalye üstü boy	849	907	962	805	857	914
11. Otururken göz yüksekliği	739	790	844	680	735	785
12. Otururken omuz yüksekliği	561	610	655	538	585	631
13. Otururken dirsek yüksekliği	193	230	280	191	233	278
14. Diz yüksekliği	493	535	574	462	500	542
15. Diz altı yüksekliği	399	442	480	351	395	434
16. Dirsek-avuç arası	327	362	389	292	322	364
17. Oturmada gövde derinliği	452	500	552	426	484	532
18. Kalça gerisi – diz arası	554	599	645	530	587	631
19. Kalça gerisi – bacak arası	964	1035	1125	955	1044	1126
20. Baldır yüksekliği	117	136	157	118	144	173
21. Dirsekler arası mesafe	399	451	512	370	456	544
22. Oturmada kalça genişliği	325	362	391	340	387	451

2.3 Antropometri Ölçümü

Antropometrik ölçümler çocuklarda infantometre, yetişkinlerde stadiometre kullanılarak veya antropometreler yardımıyla yapılır. Fakat gelişen teknoloji sayesinde üç boyutlu tarayıcılar ile fotogrometrik yöntem yardımıyla farklı açılara yerleştirilmiş kameralar kullanılarak kişilerin antropometrik ölçüleri bilgisayarda modellenip kolayca tespit edilebilmektedir .[8]



Şekil 2. Antropometrik Ölçüm Teknikleri[8]

Tablo 2. 1981 ve 2005 Yıllarında Yapılmış Çalışmalara Göre Türkiye'deki Antropometrik Veriler [5

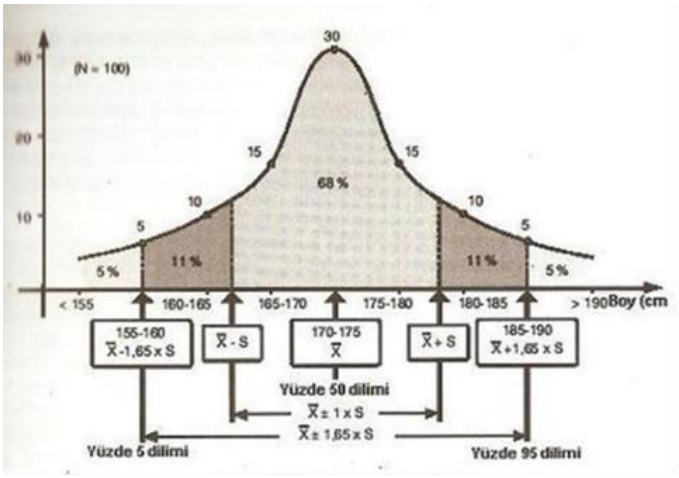
Ölçü Tipleri 1981- 2005	*1981*			*2005*					
	Erkek			*Kadın*			*Erkek*		
	Ort.	*%5*	*%95*	*Ort.*	*%5*	*%95*	*Ort.*	*%5*	*%95*
Boy	168,08	157,60	178,56	155,03	147,10	177,40	168,8	158,30	179,85
Ağırlık	66,47	51,14	81,30	67,12	50,21	95,30	74,74	55,90	96,80
Baş Yüksekliği	220,10	197,20	243,00	-	-	-	-	-	-
Büst Yüksekliği	887,50	829,60	945,40	820,74	775,05	935,00	887,27	825,55	946,00
Alt taraf Yüksekliği	-	-	-	869,14	804,00	1034,00	964,20	867,55	1050,00
Diz Yüksekliği	503,00	461,60	544,50	477,60	448,05	558,00	522,99	480,00	568,00
Alt bacak Yüksekliği	-	-	-	431,77	391,00	543,00	483,85	415,00	562,00
Omuz Yüksekliği (ayakta, yerden)	1382,70	1287,40	1477,90	-	-	-	-	-	-
Omuz Yüksekliği (oturarak, oturma yerinden)	593,70	543,40	644,00	-	-	-	-	-	-
Göz Yüksekliği (ayakta, yerden)	1572,20	1499,70	1674,70	-	-	-	-	-	-
Göz Yüksekliği (oturarak, oturma yerinden)	775,70	715,10	836,10	-	-	-	-	-	-
Parmak Ucu Yüksekliği (kol yukarı durumda)	2132,00	1990,20	2273,80	-	-	-	-	-	-
Parmak Ucu Yüksekliği (kol aşağı durumda)	624,40	567,50	681,30	-	-	-	-	-	-
Yumruk Yüksekliği (ayakta kol aşağı durumda)	696,90	633,90	759,90	-	-	-	-	-	-
Yumruk Yüksekliği (oturma yerinden, kol yukarı durumda)	1269,50	1171,50	1367,50	-	-	-	-	-	-
Apış arası Yüksekliği	751,30	675,50	827,10	-	-	-	-	-	-
Dirsek Yüksekliği (ayakta)	1022,60	944,50	1100,50	-	-	-	-	-	-
Dirsek Yüksekliği (oturarak)	678,10	624,00	732,20	-	-	-	-	-	-
Uyluk Yüksekliği (oturarak)	568,80	526,50	611,10	-	-	-	-	-	-
Oturma Yeri Yüksekliği	431,70	395,40	468,10	-	-	-	-	-	-
El Kalınlığı	462,20	38,30	54,10	-	-	-	-	-	-
Baş Uzunluğu	183,80	170,60	197,00	176,77	168,00	197,00	186,40	173,00	199,00
Tüm kol Uzunluğu (ayakta, omuz hareketsiz)	827,90	767,50	888,30	683,68	633,00	794,95	748,54	687,55	808,90
Tüm kol Uzunluğu (ayakta, omuz hareketli)	901,40	834,10	968,70	-	-	-	-		-
Tüm kol Uzunluğu (oturarak, omuz hareketsiz)	820,10	753,10	887,00	-	-	-	-	-	-
Tüm kol Uzunluğu (oturarak, omuz hareketli)	914,70	841,70	987,50	-	-	-	-	-	-
Ust kol Uzunluğu	-	-	-	325,72	289,00	384,00	353,11	312,00	390,00
Onkol Uzunluğu	-	-	-	237,17	217,00	289,00	269,22	241,55	295,00
Dirsekten Parmak Ucuna Olan Uzaklık	462,10	426,10	498,10	-	-	-	-	-	-
Kalça-Diz Uzunluğu	610,20	564,80	655,60	548,36	490,10	605,00	557,67	468,00	613,00
Ust bacak Uzunluğu	-	-	-	464,84	416,00	540,00	475,03	417,55	562,00
Ayak Uzunluğu	261,00	240,20	281,60	236,19	221,00	278,00	261,48	242,55	282,00
El Uzunluğu	191,30	175,00	207,60	180,27	167,00	209,00	195,54	178,55	212,45
Elparmak Uzunluğu	-	-	-	93,26	83,00	115,95	106,74	94,00	118,00
Gözler Arası Uzaklık	64,00	58,10	69,70	-	-	-	-	-	-

3.ERGONOMİ

"Ergonomi" teriminden ilk defa F.W.Taylor (1856-1915)'ın 18.yy da "İş Düzeni" anlayışını geliştirerek iş görenlerin daha verimli çalışabilmesi için çeşitli teorileri ortaya attığı çalışmasında bahsedilmeye başlanmıştır .[6] Ergonomi, Yunanca "Ergo: iş, çalışma" ve "Nomos: kural, yasa" sözcüklerinin birleştirilmesiyle elde edilmekte ve "İş yasası", "İş kuralı" ya da "İşbilim" anlamında kullanılmaktadır.[6] Ergonomi; esas olarak insan kullanımına yönelik tasarım, çalışma ve yaşama koşullarının optimal hale getirilmesini amaçlayan uygulamalar bütünüdür. .[7]

4.ANTROPOMETRİK TASARIM

İnsanı temel alan birçok sistemde ve bu sistemleri oluşturan araç, gereçlerin ergonomik tasarımı için antropometrik veriler temel oluşturmaktadır.[5] Tasarım çalışmalarının en önemli amacı kullanıcı kitlesinin tamamına yakın bir kısmına uyum sağlayabilecek tasarım standartlarının geliştirilmesidir.



Şekil 3. Normal Dağılım Eğrisi [4]

Normal olarak dağıldığı varsayılan bir araştırma grubunu ele aldığımızda %90lık kısım standart kapsamında düşünüldüğünde grafikteki alttaki %5 ve üstteki %5 'lik kısım standart dışı kabul edilir. Tasarım çalışmalarında, %5-%95 değerleri arasında yer alan kitle hedef alınır. [4]

4.1 Uç Değerler İçin Tasarım

Hacimle ilgili tasarımlarda %95'lik dağılım değeri, erişimle ilgili tasarımlarda ise %5'lik yüzde dağılım değerleri dikkate alınır.[4]Yani Hacimle ilgili bir örnek vermemiz gerekirse; bir kapı tasarlarken kapıdan geçebilecek en uzun insan (%95'lik dağılım değerleri) düşünülerek tasarlanır ki kısa boylu olanlar zaten kapıdan geçebilir. Erişimle ilgili bir örnek verirsek de bankalarda bulunan numaratörleri (kiokslar) düşünebiliriz. Erişim için en kısa boylu kullanıcı yada engelli vatandaşların kullanması için %5'lik kullanıcı grubuna göre yapılmalı ki diğer gruptaki kullanıcılar zaten numaratöre ulabilir.

4.2 Ayarlanabilir Aralıklar İçin Tasarım

Bir donanımın belirli ölçüleri, değişik boyutlardaki kullanıcı kitlesini kapsayacak şekilde ayarlanabilir ölçülerde yapılabilir. Örneğin bir otomobil ön koltuğunun ileri-geri hareketi, bir sandalyenin oturak kısmının aşağı-yukarı hareketi gibi. Ayarlanabilir özelliklere sahip olan araç gerecin %5 ve %95'lik dağılım içerisinde herhangi bir noktaya göre ayarlanabilecek şekilde tasarımlanması önerilmektedir. [4]

4.3 Ortalama Değer İçin Tasarım

Ortalama değere göre yapılan tasarımlar, düşünüldüğünün aksine, büyük bir kullanıcı kitlesini karşılamamaktadır. Örneğin; tişört, çorap ve eldiven gibi giysiler ortalama değerlere göre yapılmaktadır. [4]

4.4 Pozisyon Bağımlı Çalışma Alanı Boyut Hesabı

ÇAB¡ : i. çalışma alanı boyutu
$\bar{X}_i$: i. Vücut ölçüsünün aritmetik ortalaması

α : Anlam düzeyi
Si : Standart Sapma
n : Örnek büyüklüğü (kişi sayısı)
P1 : Giysi payı
P2 : Ayakkabı payı
P3 : Gevşek duruş payı
P4 : İşlem payı
Genel Formül,

ÇAB$_i$= $\bar{X}_i \mp \frac{Z_{\propto/2}*S_i}{\sqrt{n}}+P_1+P_2-P_3-P_4$ [4]
(1)

Oturma Yeri Yüksekliği (OYY) Örneği;
$\bar{X}_{16}$: Otururken diz altı yüksekliğinin aritmetik ortalaması
P1 : 6 mm
P2 : 45 mm

OYY=$\bar{X}_{16} \mp \frac{Z_{\propto/2}*S_{16}}{\sqrt{n}}$+6+45

α =%95 anlam düzeyi için;

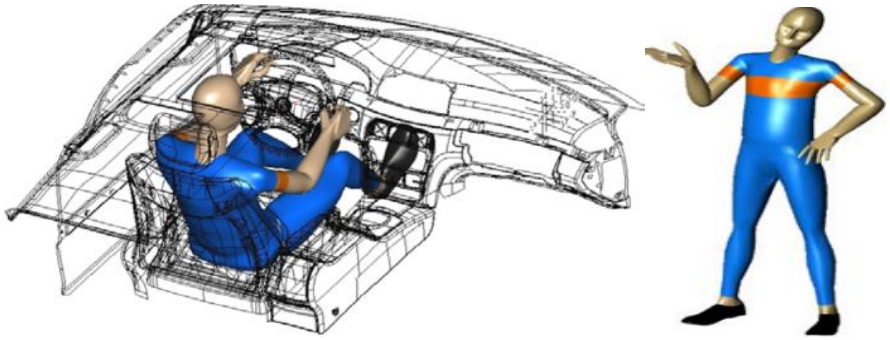
OYY=$\bar{X}_{16} \mp 1.645 * \frac{S_{16}}{\sqrt{n}}$+6+45

Tek kişi için,

OYY =$\bar{X}_{16}$ +51

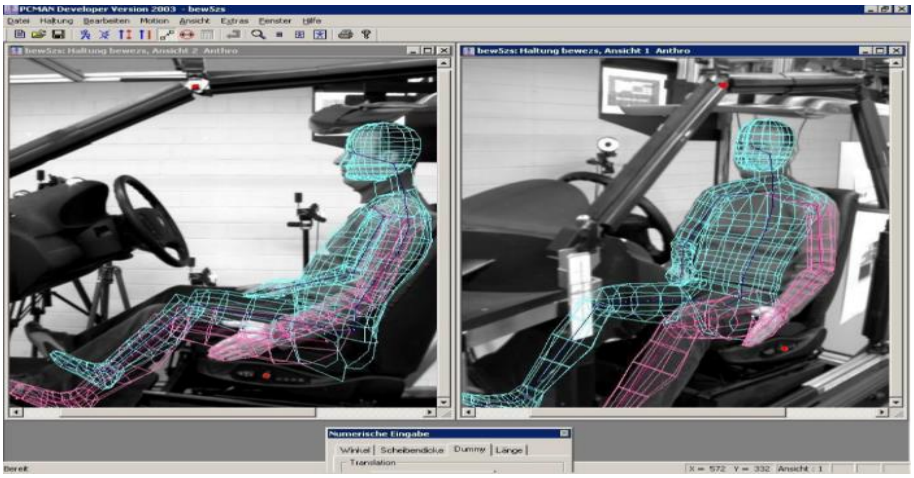
4.5 Antropometrik Tasarımın Simülasyon Örnekleri

RAMSIS ile statik insan antropometrisi, postürü, hareketleri, oturma düzeni, konforu ve uygulanan kuvvetler, bilgisayar ortamında simüle edilebilmektedir.



Şekil 4. RAMSIS'in otomotiv sektöründe bir uygulama örneği [9]

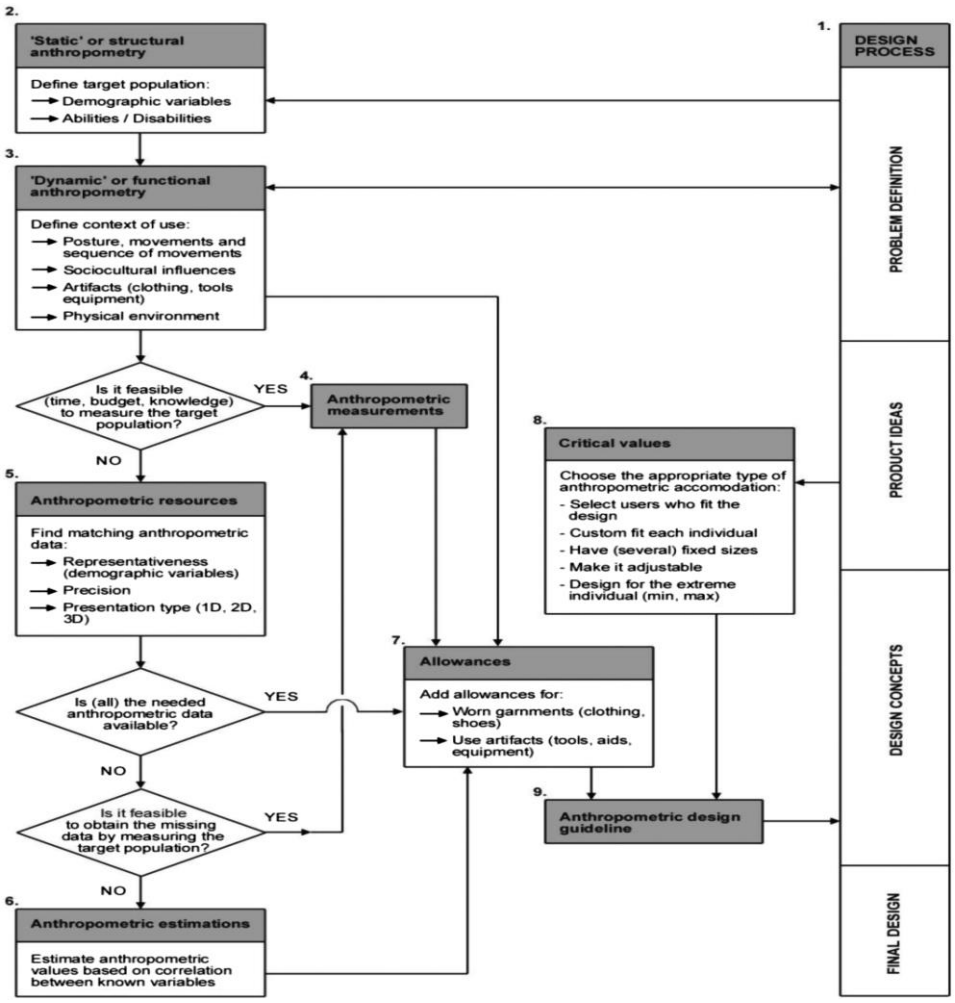
Antropometrik model programı olan PCMAN, gerçeğe en yakın antropometrik model oluşturulabilir.



Şekil 5. Otomobilde PCMAN kullanımı örneği [9]

Tasarım aşamasında böyle bir imkanın olması, bir teknik yapıt tasarlanırken daha az maliyet ve daha az zaman demektir.[9]

5.ANTROPOMETRİK TASARIM SÜRECİ



Şekil 6. Antropometrik tasarım süreci şeması [10]

6. ANTROPOMETRIK TASARIM VE ERGONOMI ARASINDAKI BAĞLANTI

Antropometrik tasarım insan-makine tasarımında en önemli tasarım ölçütlerinden biridir. Antropometrik veriler kullanılarak çalışma yeri düzenlemesi yapılır. Bu düzenleme sayesinde iş gören daha rahat çalışacağından iş yerinin verimliliği artırılmış olur.[4] Sadece çalışma yeri düzenlemesi değil insanı konu alan tüm alanlarda kullanılacak eşya, mobilya tasarımları antropometrik tasarım yardımıyla yapılmaktadır. Böylece düzenleme yapılan toplum kendilerine ergonomik açıdan uygun olan tasarımları kullanmış olurlar.

7. LİTERATÜR TARAMASI

Eryiğit,Buket (2019); çalışmasında acil servise başvuran geriatrik (yaşlı sağlığı) populasyonda vücut ağırlığı için antropometrik ölçümleri kullanarak bir formül geliştirmektir.[2] Çünkü hastalara uygulanacak ilaç dozu vücut ağırlığına göre değiştiği için hastalara verilecek ilaç dozunu bulmayı kolaylaştırmayı amaçlamıştır. Taifa, I. W., & Desai, D. A. (2017) Çalışmalarında ; Hindistan'da öğrenci mobilyalarının ergonomik tasarımı için antropometrik ölçümler yapmışlardır. Bu çalışmalarıyla Hindistan'daki öğrenci grubu topluluğuna uygun mobilyaların üretilmesi için bir zemin hazırlamışlardır.[13] Şenol,Mehmet Burak (2016) çalışmasında ; Kokpit tasarımlarının antropometrik değerlendirilmesini yapmıştır.Çalışmasıyla havacılık alanınına katkı sağlamıştır. [11] Hastürk , Ertan Yesari (2013) çalışmasında; hitap edilen kitlenin antropometrik verilerine dayanan ergonomik mobilya

tasarımını gerçekleştirmiştir. [3] M. Dwivedi, K. D. Shetty, M. Dwivedi, K. D. Shetty & L. Narendra Nath(2009) çalışmalarında ;Diz-ayak bileği ortezi boyutlarının standardizasyonu için antropometrik cihazın tasarımı ve geliştirilmesini konu almışlardır. Bu çalışmalarıyla medikal alanına bi katkı sağlamışlardır.[12]

8.SONUÇ

Bu derleme makalesinde antropometri kavramının ne olduğundan, antropometrinin öneminden, antropometrik tasarım kavramından, tasarım sürecinden ve öneminden daha sonrasında ise ergonomi ile bağlantısından bahsedilmiştir. Sonuç olarak her toplumun vücut ölçüleri aynı değildir. Bu toplumlar yaşa, ırka, cinsiyete, vs. göre değişir. Vücut ölçüleriyle ilgilenen antropometri dalıyla yapılan ölçümler sonucunda veriler elde edilir ve normal dağılım eğrisi oluşturulur. Bu sayede standart ve standart dışı yüzdelikler belirlenir. Antropometrik tasarım dediğimiz toplumların antropometrilerine uygun tasarım yapılmasıdır. Bazı tasarımlarda standart yüzdeliklere göre tasarım yapılırken , bazı tasarımlarda ise standart dışı yüzdelere göre tasarım yapılır. Örneğin; bir kapı tasarlarken standart dışı yüzdeliklere göre tasarlanır çünkü en uzun boylu bir insanın geçebildiği yerden diğer tüm insanlar geçebilir. Böyle bir tasarım daha fazla insana fayda amaçlamaktadır. Eğer tavsiye edildiği gibi her toplum için antropometrik tasarım yapılırsa; toplumlar ergonomik açıdan kendilerine uygun tasarımları kullanmış olacaktır. Böylece tasarımı kullanacak insan için; araç-gereçler ergonomik olacak ve verim artmış olacaktır. Bu yüzden bu çalışmadan çıkarılacak bir diğer sonuç ise bundan sonra antropometrik tasarıma ve ergonomiye daha fazla önem verilmesi gerektiğidir.

KAYNAKLAR

[1] Korkut, A . (2009). Peyzaj Mimarlığı Antropometri İlişkisi: İstanbul Örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (3), 245-255.

[2] ERYİĞİT, B.(2019). Acil Servise Başvuran Geriatrik Hastalarda Antropometrik Ölçümlerle Vücut Ağırlığının Tahmini, Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi İzmir Bozyaka Eğitim Ve Araştırma Hastanesi Acil Tıp Kliniği, İzmir.

[3] HASTÜRK E.Y.(2013). Statik Antropometrik Verilerle Ergonomik Oturma Mobilyası Tasarımı, Doktora Tezi , Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antropoloji (Fizik Antropoloji) Anabilim Dalı,Ankara.

[4]http://www.endustri.anadolu.edu.tr/mumtaze/enm426/icerik/2.uygulamali%20antropometr%C4%B1-asetat.doc (erişim 16/05/19)

[5] Kaya, Ö. ve Özok, A. F. (2017), TASARIMDA ANTROPOMETRİNİN ÖNEMİ, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 5(ÖS: Ergonomi2016), 309-316, 2017 e-ISSN: 1308-6693

[6]YALÇINKAYA, B . (2012). EĞİTİM ORTAMINDA BAŞARININ GİZLİ ETKENİ: ERGONOMİ. Education Sciences, 7 (2), 785-797.

[7] ÖNDER, H , GÜL, M , ERGÜLDÜRENLER, G . (2013). EĞİTİM ORTAMINDA ERGONOMİ KULLANILMASI VE ÖRNEK İDEAL SINIF ÇALIŞMASI. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (0), 41-55.

[8] KURBAN, H., KAYGIN, B., & TANKUT, A. N. MOBİLYA TASARIMINDA ANTROPOMETRİK ÖLÇÜ VE ERGONOMİK ANALİZLERİN KULLANIMI.

[9] GÜNDÜZ CENGİZ T., AVRUPA'DA ANTROPOMETRİ UYGULAMALARI, Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,Bursa

[10] Dianat, I., Molenbroek, J., & Castellucci, H. I. (2018). A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design. Ergonomics, 61(12), 1696-1720.

[11] Şenol, M. B. (2016). Anthropometric evaluation of cockpit designs. International journal of occupational safety and ergonomics, 22(2), 246-256.

[12]Dwivedi, M., Shetty, K. D., Dwivedi, M., Shetty, K. D., & Nath, L. N. (2009). Design and development of anthropometric device for the standardization of sizes of knee-ankle-foot orthoses. Journal of medical engineering & technology, 33(1), 87-94.

[13] Taifa, I. W., & Desai, D. A. (2017). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. Engineering science and technology, an international journal, 20(1), 232-239.

DÜŞÜK SICAKLIKLARDA SÜPER BAZLAR EŞLİĞİNDE PLLA HOMOPOLİMERLERİNİN SENTEZİ

Beyzanur TUTUŞ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Polimer Bilim ve Teknolojisi Bölümü
tutusbeyzanur@gmail.com, ORCİD: 0009-0008-0310-3749

Duygu ÇETİN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Polimer Bilim ve Teknolojisi Bölümü
duygucettin@gmail.com ORCİD: 0000-0002-1957-5715

Olcay MERT
Kocaeli Üniversitesi /Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya Bölümü/ Umuttepe/ Kocaeli
Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Polimer Bilim ve Teknolojisi Bölümü
olcay.mert@kocaeli.edu.tr ORCİD: 0000-0002-5769-8994

Özet
Artan çevre kirliliği sebebi ile biyobozunur polimerlere olan ilgi giderek artmaktadır. Biyolojik olarak kolayca parçalanabilen FDA (Gıda ve İlaç İdaresi) onaylı poli(laktit), biyouyumluluk, mekanik dayanım ve proses kabiliyeti gibi yüksek gelişmiş özellikleri sebebiyle biyomedikal uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Poli(laktit), çeşitli katalizörler ve alkol başlatıcıları kullanılarak halka açılma polimerizasyonu yöntemiyle sentezlenebilmektedir. Bu çalışmada fonksiyonel bir alkol olan klik kimyasında sıkça kullanılan propargil alkol başlatıcısı ile düşük toksik etkiye sahip "süper bazlar'' olarak adlandırılan, guanidin bazı 1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (TBD) ve 7-metil-1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (MTBD) organokatalizörleri kullanılmıştır. Oda koşulları ve -20°C, -40°C düşük sıcaklıklarda 5 dakika ve 1 saat reaksiyon süreleri uygulanarak L-laktit monomerinden halka açılma polimerizasyonu yöntemi ile poli(L-laktit) (PLLA) homopolimerlerin sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyonu spektroskopik (^{1}H-NMR, ATR-FTIR) ve kromatografik (GPC) teknikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Düşük sıcaklıklarda sentezlenen polimerlerin transesterifikasyon, polimerlerin molekül ağırlığı, polimerleşme dönüşümü, heterojenlik indeksi gibi özellikleri incelenmiş ve oda koşullarınkiyle kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PLLA, TBD, MTBD, Propargil alkol, Düşük sıcaklık

SYNTHESIS OF PLA HOMOPOLYMERS WITH SUPER BASES AT LOW TEMPERATURES

Abstract
Due to increasing environmental pollution, there is a growing interest in biodegradable polymers. FDA (Food and Drug Administration) approved poly(lactide), which is easily biodegradable, is widely used in biomedical applications due to its highly developed properties such as biocompatibility, mechanical strength and process ability. Poly(lactide) can be synthesized by ring opening polymerization using various catalysts and alcohol initiators. In this study, propargyl alcohol as initiator, which is a functional alcohol and frequently used in click chemistry, and guanidine base as 1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-ene (TBD) and 7-methyl-1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-ene (MTBD) organocatalysts, which are called "super bases" with low toxicity, were used. Poly(L-lactide) (PLLA) homopolymers were synthesized from L-lactide monomer by ring opening polymerization at room conditions and low temperatures of -20°C, -40°C with reaction times of 5 minutes and 1 hour. The characterization of the synthesized PLLA homopolymers was carried out using spectroscopic (^{1}H-NMR, ATR-FTIR) and chromatographic (GPC) techniques. The properties of polymers, synthesized at low temperatures, such as transesterification, molecular weight of polymers, polymerization conversion, heterogeneity index were studied and compared with those at room conditions.

Keywords: PLLA, TBD, MTBD, Propargyl alcohol, Low temperature

1. GİRİŞ

Dünyada çevre kirliliği giderek büyük bir sorun haline gelmektedir. Tek kullanımlık ve geri dönüşümü olmayan plastik ürünler günlük yaşamda pek çok alanda kullanılmakla birlikte büyük bir atık sorununu da beraberinde getirmektedir (Rhodes, 2018; Payne ve Jones, 2021). Plastikler, yaygın olarak çeşitli hidrokarbonlar ve petrol türevli yüksek moleküler ağırlığa sahip organik polimerler için kullanılan genel bir terimdir. Günümüzde üretilen plastiklerin yaklaşık % 99'u petrol bazlıdır ve bu plastiklerin çoğu biyolojik olarak parçalanamaz (Ahmed ve ark., 2018; Rabnawaz ve ark., 2017). Bu noktada biyo-bazlı poliesterler, petrol bazlı polimerlere nazaran daha sürdürülebilir ve çevre dostu alternatifler türetmek için güçlü bir potansiyele sahiptir (Liu ve ark., 2019; Abou-Zeid ve ark., 2001).

Poli(laktik asit) (PLA), biyolojik olarak parçalanabilen, mısır ve şeker pancarı gibi %100 yenilenebilir kaynaklardan kimyasal sentez ve mikrobiyal fermantasyon sonucu elde edilen, geniş uygulama alanına sahip alifatik poliesterdir (Singhvi ve ark., 2019). FDA onaylı poli(laktit), biyouyumluluk, mekanik dayanım ve proses kabiliyeti gibi üstün özellikleri nedeniyle biyomedikal (cerrahi sütürler, kemik vidaları, doku mühendisliği, yapı iskeleleri, salım sistemleri), tekstil, paketleme, elektronik, ilaç, gibi geniş uygulama alanlarında yer bulmaktadır (Parwe ve ark., 2017; Leng ve ark., 2015). Poli(laktit), laktik asitin kondenzasyon polimerizasyonu veya halka açılma polimerizasyonu yöntemi elde edilmektedir. Polimer sentezi iyonik katalizörler, metal alkoksitler, N-heterosiklik karbenler ve organokatalizörler gibi çeşitli katalizörler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Kamber ve ark., 2007; Idumah ve ark., 2013). Literatürde en çok PLA'nın kalay(II) 2-etilhekzanoat ($Sn(Oct)_2$) katalizörü ile polimer sentezi çalışmaları bulunmaktadır (Drumright ve ark., 2000; Ren ve ark., 2006). Fakat $Sn(Oct)_2$ katalizörü kullanılarak sentezlenen polimerler, yüksek toksik etkiye sahip ağır metal kalıntıları içermektedir. Bu sebeple $Sn(Oct)_2$ ile sentezlenen polimerlerin biyomedikal uygulamalarda kullanılması, kimyasal ve biyolojik bakış açısı olarak katalizör iyice ayrıştırılmadıkça ideal olmaktan uzaktır (Drumright ve ark., 2000; Choochottiros ve ark., 2012; Ren ve ark., 2006). Tanzi ve arkadaşlarının 1994 yılında yaptıkları çalışmada, TMBDA (tetrametilbütandiamin), DABCO (1-4 diazo (2,2,2) oktan), DBTDL (dibütil-kalay-dilaurat) ve $Sn(Oct)_2$(kalay oktoat) dört farklı katalizör ile kopolimer sentezleyerek canlı hücrelerde yaptıkları sitotoksisite testleri ile toksisitelerini kıyaslanmıştır. Test edilen katalizörlerin farklı değer aralıklarında sitotoksik olduğu bulunmuştur (sırayla: DABCO < TMBDA < $SnOct_2$ < DBTDL) (Tanzi ve ark., 1994).

Organokatalizörler toksik olmaması, düşük maliyeti ve ılıman reaksiyon koşulları kolaylığı sebebiyle halka açılma polimerizasyonlarında kullanılmaktadır. Küçük molekül yapılarına sahip guanidin bazı olan 1,8-diazo[5.4.0]bisikloundek-7-en (DBU) ve amin bazları olan 1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (TBD) ve 7-metil-1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (MTBD) organokatalizörleri, "süper bazlar" olarak adlandırılmaktadır (Liu ve ark., 2019; Leng ve ark., 2015; Makiguchi ve ark., 2013). TBD'nin yapısında bulunan iki erişilebilir azot atomunun varlığı, MTBD ve DBU organokatalizörlerine kıyasla TBD'ye daha aktif olma özelliği kazandırmaktadır (Kamber ve ark.,2007; Zhang ve ark.,2016; Simon ve ark.,2007). Bu süper baz katalizörleri, monomeri yüksek sıcaklık gerektirmeden katalizleyerek kontrollü ve daha uzun polimer zincirlerinin oluşmasını sağlar (Lohmeijer ve ark.,2006). Ayrıca reaksiyonun düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi zincir ucu kontrolü sağlamaktadır (Moins ve ark., 2020). Moins ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları çalışmada, ras/mezo-laktitin stereokontrollü polimerizasyon gerçekleştirilerek, düşük sıcaklıkların ve ras/mezo-laktit kullanılarak sentezlenen polimerlerin molekül ağırlığına üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Ras-laktit monomeri ve TBD organokatalizörü kullanılarak -75°C'de 30 saniye reaksiyon süresinde 11000 g/mol molekül ağırlığına ve 1.25 PDI değerine sahip PLA polimerleri sentezlenmiştir. Mezo-laktitle ise 17.200 g/mol molekül ağırlığına ve 1.24 PDI değerine sahip PLA polimerleri sentezlenmiştir ([monomer]:[başlatıcı]:[katalizör] oranları [100:1:1])(Moins ve ark., 2020). Halka açılma polimerizasyonlarında hidrojen kaynağı olarak kullanılan alkolün monomeri katalizlemede seçici olduğu bilinmektedir (Zhang ve ark., 2016). Polimer sentezinde alkol seçeneği oldukça fazladır ve literatürde en çok benzil alkol başlatıcısı varlığında polimer sentezi gerçekleştirilmektedir (Lohmeijer ve ark.,2006; Kiesewetter ve ark., 2009). Polimerizasyonda kullanılan alkolün modifikasyonu sağlayabilmesi için propargil alkol gibi bir alkin uç grubuna sahip alkol tercih edilmesi avantaj sağlayabilir. Propargil alkol, yapısında bulunan hidroksil grubu ve karbon-karbon üçlü bağı sayesinde kristaliniteyi azaltır ve yapıya etkinleştirici özellikler kattığından dolayı klik kimyasında en çok tercih edilen fonksiyonel alkollerden biridir (Newman ve ark., 2018). Yapısında bulunan alkin

grubunun varlığı, moleküle çok yönlülük katarak topolojik olarak iyi tasarlanmış polimerler (aşılı, aşırı dallanmış ve döngüsel) elde edilmesini sağlamaktadır (Su ve ark., 2022; Enomoto ve ark., 2012). Enomoto ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmada, *Di-O*-(6-azidohekzanoil)-ksilan-graft-poli(L-laktit) kopolimerleri sentezlenmiştir. L-laktit monomeri $Sn(Oct)_2$ katalizörü ve propargil alkol başlatıcısı varlığında toluen çözücüsü içerisinde 90 °C'de ve 24 saat reaksiyon süresinde halka açılma polimerizasyonu yöntemi ile üç farklı molekül ağırlığına sahip (M_n^{GPC}: 2900 g/mol, M_n^{GPC}: 5300 g/mol, M_n^{GPC}: 10900 g/mol) propargil sonlu poli(L-laktit) homopolimerleri sentezlenmiştir. Sentezlenen propargil sonlu poli(L-laktit) ve $KsilC6N_3$ polimeri k*lik kimyası aracılığıyla birleştirilmiştir.* Ardından sentezlenen *Di-O*-(6-azidohekzanoil)-ksilan-graft-poli(L-laktit) kopolimerlerinin termal analizleri gerçekleştirilmiştir (Enomoto ve ark., 2012).

Bu çalışmada L-laktit monomeri, propargil alkol başlatıcısı kullanılarak TBD ve MTBD organokatalizörleri ile -20°C ve -40°C düşük sıcaklıklarda 5 dakika ve 1 saat reaksiyon sürelerinde halka açılma polimerizasyonu yöntemi ile PLLA homopolimerleri sentezlenmiştir. Reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresinin TBD ve MTBD organokatalizörleri ile sentezlenen PLLA homopolimerlerinin molekül ağırlıklarına etkisi ve MTBD organokatalizörünün yapısında bulunan metil grubunun polimerizasyon aktivitesi üzerine etkileri tartışılmıştır.

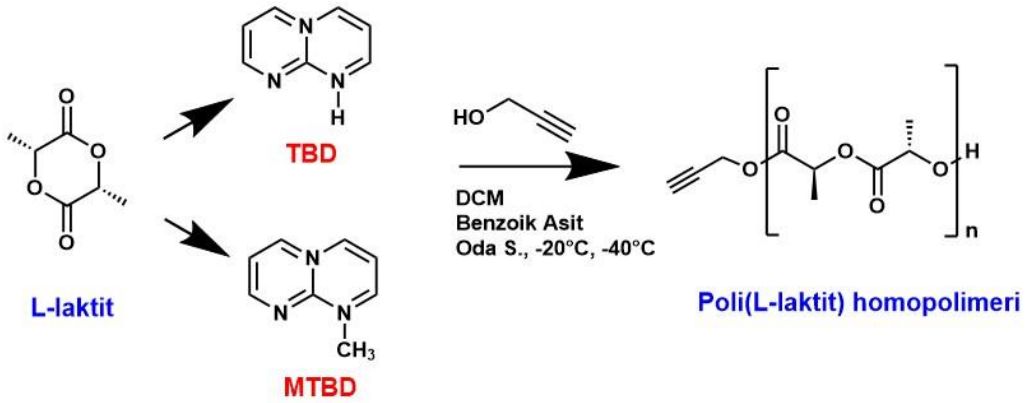
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

L-laktit monomeri (Sigma Aldrich, %98), etil asetat (Sigma Aldrich, %99,5>) çözücüsüyle 2 kez kristallendirildi ardından saf hekzan (Isolab, %99,5>) ile yıkanıp kuru toluen (Isolab, %99,5>) çözücüsü ile kurutuldu. Propargil alkol (Sigma Aldrich, %99) başlatıcısı ve diklorometan (Isolab, %99>) çözücüsü CaH_2 (Thermo Scientific, %93) ile destile edilerek kurutuldu. 1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (TBD) (Sigma Aldrich, %98) ve 1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (MTBD) (TCI, %95>) organokatalizörleri PLLA homopolimerlerin sentezinde kullanıldı. TBD ve MTBD organokatalizörlerini sönümlemek için benzoik asit (Sigma Aldrich, %99,5>) kullanıldı.

2.2. L-laktitin Halka Açılma Polimerizasyonu

PLLA homopolimerlerinin sentezi 40:1:1,5 [monomer]:[başlatıcı]:[katalizör] oranı kullanılarak -20°C ve -40°C'de ve sonuçları kıyaslamak amacıyla referans olarak seçilen oda sıcaklığında (Karaşahin ve ark., 2023) gerçekleştirildi (Şema 1). 2 ml'lik cam bir vial içerisine L-laktit (1,2 mmol, 173,0 mg) monomeri tartıldı, ardından inert bir ortam sağlaması amacıyla azot atmosferi ile doldurulmuş eldivenli poşet (glove bag) içerisinde TBD (0,045 mmol, 6,39 mg) organokatalizörü eklendi. Düşük sıcaklığı (-20°C/-40°C) sağlaması için kriyostat cihazı kullanıldı. Cihazının haznesi etil alkol ile doldurularak belirlenen sıcaklık değerine soğutuldu. Propargil alkol (0,03 mmol, 1,76 ul) 0,6 ml diklorometan (DCM) içerisine eklenerek karıştırıldı ardından cam viale eklendi ve reaksiyon başlatıldı. 5 dakika sonra polimerizasyon reaksiyon ortamına 10,0 mg benzoik asit eklenmesiyle durduruldu. Ardından DCM evaporatör yardımıyla uçurulup, sentezlenen polimer vakum altında kurutuldu. TBD ve MTBD (0,045 mmol, 6,8 mg) organokatalizörleri ile sentezlenen diğer tüm PLLA homopolimerleri (oda sıcaklığı, -20°C, -40°C/1 saat ve 5 dakika) için aynı metodoloji uygulanmıştır.



Şema 1. L-laktit'in halka açılma polimerizasyonu

3. TARTIŞMA

Bu çalışmada PLLA homopolimerleri, L-laktit monomerinin propargil alkol başlatıcısı ve TBD/MTBD organokatalizörleri varlığında halka açılma polimerizasyonu yöntemiyle sentezlenmiştir. Polimerizasyonlar -20°C/-40°C'de 5 dakika ve 1 saatlik reaksiyon sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyonları GPC (**Şekil 2A-B**), ^{1}H-NMR (**Şekil 2C**) ve ATR-FTIR (**Şekil 2D**) teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (**Tablo 1**).

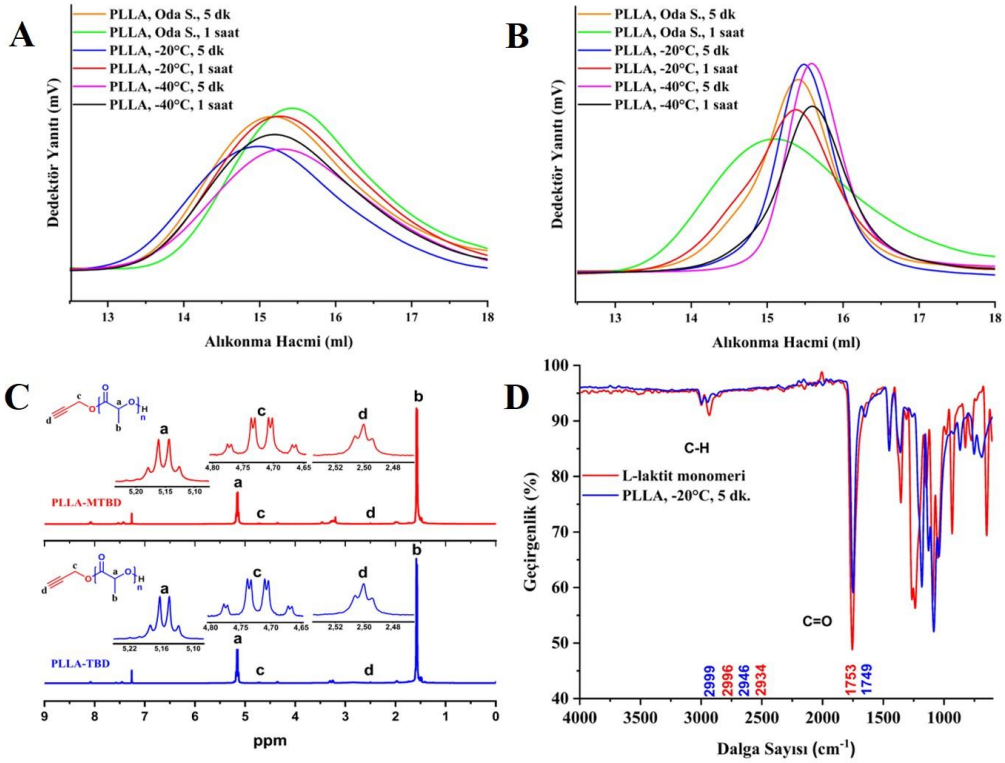
Tablo 1'de TBD ve MTBD organokatalizörleri varlığında sentezlenen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyon sonuçları özetlenmiştir. TBD organokatalizörü varlığında en yüksek molekül ağırlığına sahip PLLA homopolimeri -20°C'de 5 dk'lık (M_n^{GPC}: 6280 g/mol) reaksiyon koşullarında sentezlenmiştir. Aynı polimerizasyon sıcaklığında reaksiyon süresi 1 saaate çıkarıldığında (M_n^{GPC}: 4600 g/mol) molekül ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Oda sıcaklığı 1 saat (M_n^{GPC}: 3870 g/mol) reaksiyon koşullarında sentezlenen PLLA homopolimerinin molekül ağırlığı, oda sıcaklığında 5 dakika (M_n^{GPC}: 5450 g/mol) reaksiyon koşullarında sentezlenen PLLA homopolimerinin molekül ağırlığına kıyasla daha düşük değer vermiştir. Bu durum TBD organokatalizörünün transesterifikasyon etkisinden kaynaklanmaktadır. -40°C reaksiyon sıcaklığında ise moleküller arası etkileşim daha yavaş olduğundan dolayı (muhtemelen daha az transesterifikasyon meydana gelerek) -40°C'de 1 saat reaksiyon süresinde (M_n^{GPC}: 4520 g/mol) 5 dakika (M_n^{GPC}: 3990 g/mol) reaksiyon süresine kıyasla molekül ağırlığında artma gözlemlenmiştir.

MTBD organokatalizörü varlığında ise en yüksek molekül ağırlığına sahip PLLA homopolimeri oda sıcaklığında 5 dakika (M_n^{GPC}: 6760 g/mol) reaksiyon koşullarında sentezlenmiştir. Reaksiyon süresi 1 saate (M_n^{GPC}:5750 g/mol) çıkartıldığında molekül ağırlığında azalma gözlemlenmektedir. Bu durum TBD organokatalizöründe olduğu gibi transesterifikasyon etkisinden kaynaklanmaktadır. -20°C sıcaklıkta ise reaksiyon süresi 5 dakikadan (M_n^{GPC}: 6260 g/mol) 1 saate (M_n^{GPC}: 6430 g/mol) çıkartıldığında molekül ağırlığında artma gözlemlenmektedir. -40°C reaksiyon sıcaklığında 5 dakika (M_n^{GPC}: 5340 g/mol) ve 1 saat (M_n^{GPC}: 5350 g/mol) reaksiyon sürelerinde sayıca ortalama molekül ağırlığında değişim gözlemlenmemiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, MTBD organokatalizörünün transesterifikasyon etkisi TBD organokatalizörüne kıyasla daha az olduğu için daha kontrollü bir polimerizasyon meydana gelmektedir. Bu durumun sonucu olarak ise daha düşük PDI değerlerine sahip polimerler elde edilmiştir.

Tablo 1. Poli(L-laktit) homopolimerinin karakterizasyonu

	Katalizör	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	M_w^a (g/mol)	M_n^a (g/mol)	M_n^b (g/mol)	$M_n^{teo.}$ (g/mol)	M_w/M_n^a	Dön.^{b} (%)
Poli (L-laktit)	TBD	Oda K.	5	10230	5450	4020	5730	1,88	98,5
		Oda K.	60	7740	3870	3810	5770	2,00	99,1
		-20	5	13350	6280	3490	5750	2,13	98,8
		-20	60	9410	4600	4400	5740	2,05	98,7
		-40	5	10708	3990	3760	5740	2,70	98,7
		-40	60	9990	4520	3310	5730	2,21	98,4
	MTBD	Oda K.	5	9210	6760	3590	5750	1,36	98,7
		Oda K.	60	10820	5750	3880	5750	1,88	98,8
		-20	5	7640	6260	4260	5770	1,22	99,1
		-20	60	9940	6430	4060	5740	1,55	98,7
		-40	5	6400	5340	2660	5730	1,20	98,4
		-40	60	7910	5350	3360	5720	1,48	98,2

$[M_0]/[I_0]/[C_0]$: monomer/başlatıcı/katalizör oranı [40]/[1]/[1,5]. Monomer: L-laktit, başlatıcı: propargil alkol, ^{a}: GPC ile bulundu,
^{b}: ^{1}H-NMR ile hesaplandı. M_n^{teo} : [L-laktit] / [Propargil Alkol] × [Dönüşüm] × [M_n L-laktit] + [M_w Başlatıcı]



Şekil 2. (A) TBD organokatalizörü eşliğinde sentezlenen poli(L-laktit) homopolimerlerinin GPC kromatogramı, **(B)** MTBD organokatalizörü eşliğinde sentezlenen poli(L-laktit) homopolimerlerinin GPC kromatogramı, **(C)** TBD ve MTBD organokatalizörleri eşliğinde -20°C ve 5 dakika reaksiyon koşullarında poli(L-laktit) homopolimerlerinin ^{1}H-NMR spektrumu, **(D)** TBD organokatalizörü eşliğinde -20°C ve 5 dakika reaksiyon koşullarında sentezlenen poli(L-laktit) homopolimerinin ve L-laktit monomerinin ATR-FTIR spektrumu

TBD organokatalizörü ve MTBD organokatalizörü ile sentezlenen tüm PLLA homopolimerlerinin GPC kromatogramları incelendiğinde **Şekil 2A**'da TBD organokatalizörü ile sentezlenen PLLA homopolimerlerinin daha büyük PDI değerlerine sahip olmasından dolayı piklerin daha geniş olduğu, **Şekil 2B**'de ise MTBD organokatalizörü ile sentezlenen PLLA homopolimerlerinin daha küçük PDI değerine sahip olmasından dolayı piklerin daha dar olduğu gözlemlenmiştir. (Oda koşulları, 1 saat MTBD varlığında sentezlenen PLLA homopolimeri hariç) TBD ve m-TBD katalizörü ile sentezlenen PLLA homopolimerleri yüksek dönüşümlerde, monomodal pikler vermiştir.

TBD ve MTBD organokatalizörleri eşliğinde -20°C ve 5 dakika reaksiyon koşullarında PLLA homopolimerinin ^{1}H-NMR spektrumu **Şekil 2C**'de gösterilmektedir. 1,44-1,77 ppm aralığında gelen ikili pik **(b)** PLLA'in tekrar eden birimine ait olan CH_3 protonlarını, 5,00-5,47 ppm aralığında gelen dörtlü pik **(a)** PLLA'ın CH protonlarını göstermektedir. 2,47-2,52 ppm aralığında gelen üçlü pik **(d)** propargil alkolün uç grubuna ait CH protonlarını, 4,64-4,79 ppm aralığında gelen dörtlünün ikilisi pik **(c)** ise propargil alkolün CH_2 protonlarını göstermektedir.

TBD organokatalizörü eşliğinde -20°C ve 5 dakika reaksiyon süresinde sentezlenen PLLA homopolimerinin, L-laktit monomeri ile ATR-FTIR spektrumu **Şekil 2D**'de gösterilmektedir. L-laktit monomerinin C=O gerilmesine ait pik 1753 cm^{-1}, C-H gerilmesine ait pikler ise 2934 ve 2996 cm^{-1}'de görülmektedir. PLLA homopolimerinde bu pikler sırasıyla 1749, 2946, 2999 cm^{-1} değerlerine kayarak PLLA homopolimerleri sentezinin gerçekleştiğine yönelik GPC ve ^{1}H-NMR verilerine ek destekleyici bilgi vermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, L-laktit monomerinin, TBD ve MTBD organokatalizörleri ile propargil alkol başlatıcısı varlığında, [40]:[1]:[1,5] oranlarında -20°C, -40°C ve oda sıcaklığı, 5 dakika ve 1 saat reaksiyon

sürelerinde halka açılma polimerizasyonu yöntemi ile PLLA homopolimerleri sentezlenmiştir. TBD ve MTBD organokatalizörü varlığında sentezlenen PLLA homopolimerlerinin büyük bir kısmı hedeflenen molekül ağırlıklarına yakın ve yüksek dönüşüm oranına (>%98) sahiptir. MTBD ile yapılan PLLA homopolimerleri sentezlerinde TBD organokatalizörüne kıyasla daha yüksek molekül ağırlığı ve daha dar PDI dağılımına sahip PLLA homopolimerleri elde edilmiştir. TBD'nin sahip olduğu yüksek aktivite, homopolimer sentezi sırasında transesterifikasyona sebep olarak molekül ağırlığını düşürmektedir. Her iki organokatalizör içinde aynı reaksiyon sürelerinde reaksiyon sıcaklığı -20°C'den -40°C'ye düşürüldüğünde haraketliliğin azalması sebebiyle molekül ağırlığında düşme gözlemlenmiştir. L-laktit homopolimerlerinin sentezinde sıcaklık ve süre parametreleri, molekül ağırlıkları ve heterojenlik indeksleri üzerinde oldukça öneme sahip olduğu bulunmuştur.

TEŞEKKÜR
Çalışma arkadaşım Sezer KARAŞAHİN'e yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Abou-Zeid, D. M., Muller, R. J., ve Deckwer, W. D. (2001). Degradation of Natural and Synthetic Polyesters Under Anaerobic Conditions. J Biotechnol, 86(2), 113-126.

Ahmed, T., Shahid, M., Azeem, F., Rasul, I., Shah, A. A., Noman, M., Hameed, A., Manzoor, N., Manzoor, I., ve Muhammad, S. (2018). Biodegradation of Plastics: Current Scenario and Future Prospects for Environmental Safety. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(8), 7287-7298.

Choochottiros, C., Park, E., ve Chin, I.-J. (2012). Synthesis and Characterization of Polylactide Poly(methylmethacrylate) Copolymer by Combining of ROP and AGET ATRP. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(3), 993-1000.

Drumright, R. E., Gruber, P. R., ve Henton, D. E. (2000). Polylactic Acid Technology. *Advanced Materials*, 12(23), 1841-1846.

Enomoto-Rogers, Y., ve Iwata, T. (2012). Synthesis of xylan-graft-poly(L-lactide) Copolymers Via Click Chemistry and Their Thermal Properties. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 1933-1940.

Idumah, I. C. ve Nwachukwu A. N. (2013). Comparative Analysis of the Effects of Time of Heat Setting and Wet Processing on Tensile Properties of Treated and Untreated Knitted PLA Fabric. *American Journal of Materials Science and Engineering*, 1(3), 40-45.

Kamber, N. E., Jeong, W., Waymouth, R. M., Pratt, R. C., Lohmeijer, B. G. G., ve Hedrick, J. L. (2007). Organocatalytic Ring-Opening Polymerization. *Chemical reviews*, 107(12), 5813-5840.

Karaşahin, S., Çetin, D., Mert, O., (2023). L-laktitin Alkol Başlatıcılarla Organokatalitik Halka Açılma Polimerizasyonu. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, (Yayın aşamasında)

Kiesewetter, M. K., Scholten, M. D., Kirn, N., Weber, R. L., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2009). Cyclic Guanidine Organic Catalysts: What is Magic About Triazabicyclodecene? *J Org Chem*, 74(24), 9490-9496.

Leng, X., Wei, Z., Ren, Y., Li, Y., Wang, Y., ve Wang, Q. (2015). Facile Synthesis and Comparative Study of Poly(l-lactide) with Linear-Comb and Star-Comb Architecture. *RSC Advances*, 5(99), 81482-81491.

Liu, J., Zhang, C., Li, Z., Zhang, L., Xu, J., Wang, H., Xu, S., Guo, T., Yang, K., ve Guo, K. (2019). Dibutyl Phosphate Catalyzed Commercial Relevant Ring-Opening Polymerizations to Bio-Based Polyesters. *European Polymer Journal*, 113, 197-207.

Lohmeijer, B. G. G., Pratt, R. C., Leibfarth, F., Logan, J. W., Long, D. A., Dove, A. P., Nederberg, F., Choi,J., Wade, C., Waymouth, R. M., ve Hedrick, J. L. (2006). Guanidine and Amidine Organocatalysts for Ring-Opening Polymerization of Cyclic Esters. *Macromolecules*, 39(25), 8574-8583.

Makiguchi, K., Ogasawara, Y., Kikuchi, S., Satoh, T., ve Kakuchi, T. (2013). Diphenyl Phosphate as an Efficient Acidic Organocatalyst for Controlled/Living Ring-Opening Polymerization of Trimethylene Carbonates Leading to Block, End-Functionalized, and Macrocyclic Polycarbonates. *Macromolecules*, 46(5), 1772-1782.

Moins, S., Hoyas, S., Lemaur, V., Orhan, B., Delle Chiaie, K., Lazzaroni, R., Taton, D., Dove, A.P., ve Coulembier, O. (2020). Stereoselective ROP of Rac- and Meso-Lactides Using Achiral TBD as Catalyst. *Catalysts*, 10(6).

Newman, M. R., Russell, S. G., ve Benoit, D. S. W. (2018). Controlled Organocatalyzed D,L-lactide Ring Opening Polymerizations: Synthesis of Low Molecular Weight Oligomers. *RSC Adv*, *8*(51), 28891-28894.

Parwe, S. P., Warkad, S. D., Mane, M. V., Shedage, P. S., ve Garnaik, B. (2017). Investigation of The Biocompatibility and Cytotoxicity Associated with ROP İnitiator and it's Role in Bulk Polymerization of L-lactide. *Polymer*, 111, 244-251.

Payne, J. ve Jones, M. D. (2021). The Chemical Recycling of Polyesters for a Circular Plastics Economy: Challenges and Emerging Opportunities. *ChemSusChem*, 14(19), 4041-4070.

Rhodes, C. J. (2018). Plastic Pollution and Potential Solutions. *Sci Prog*, 101(3), 207-260.

Rabnawaz, M., Wyman, I., Auras, R., ve Cheng, S. (2017). A Roadmap Towards Green Packaging: The Current Status and Future Outlook for Polyesters in the Packaging İndustry. *Green Chem.*, 19(20), 4737-4753.

Ren, J., Hong, H., Ren, T., ve Teng, X. (2006). Preparation and Characterization of Magnetic PLA–PEG Composite Nanoparticles for Drug Targeting. *Reactive and Functional Polymers*, 66(9), 944-951.

Simon, L. ve Goodman, J. M. (2007). The mechanism of TBD-Catalyzed Ring-Opening Polymerization of Cyclic Esters. *Journal of Organic Chemistry*, 72(25), 9656-9662.

Singhvi, M. S., Zinjarde, S. S., ve Gokhale, D. V. (2019). Polylactic Acid: Synthesis and Biomedical Applications. *J Appl Microbiol*, 127(6), 1612-1626.

Su, Y., Zhao, X., Huo, X., Cao, G., Ling, Q., ve Zhao, X. (2022). Research Progress in the Cyclization Reactions with Propargyl Alcohols. *Chinese Journal of Organic Chemistry*, 42(9).

Tanzi, M. C., Verderio, P., Lampugnani, M. G., Resnati, M., Dejana, E., ve Sturani, E. (1994). Cytotoxicity of Some Catalysts Commonly Used in the Synthesis of Copolymers for Biomedical Use. *Journal of Materials Science-Materials in Medicine*, 5(6-7), 393-396.

Zhang, X., Jones, G. O., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2016). Fast and Selective Ring-Opening Polymerizations by Alkoxides and Thioureas. *Nat Chem*, 8(11), 1047-1053.

L-LAKTİT'İN ÇEŞİTLİ ALKOL BAŞLATICILARLA ORGANOKATALİTİK HALKA AÇILMA POLİMERİZASYONU

Sezer KARAŞAHİN
Kocaeli Üniversitesi /Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya Bölümü/ Umuttepe/ Kocaeli
sezerksahin@gmail.com, ORCİD :0009-0007-2887-4366

Duygu ÇETİN
Kocaeli Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü/ Polimer Bilim ve Teknolojisi Bölümü /Umuttepe/ Kocaeli
duygucettin@gmail.com, ORCİD: 0000-0002-1957-5715

Olcay MERT
Kocaeli Üniversitesi /Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya Bölümü/ Umuttepe/ Kocaeli
olcay.mert@kocaeli.edu.tr, ORCİD:0000-0002-5769-8994

Özet
Poli(laktit)(PLA) biyobozunur ve biyouyumlu polimerlerden biridir. Tıbbi alanlarda, ambalaj endüstrisinde, çevresel ve tekstil uygulamalarında kulanım alanına sahiptir. Kalay (II) 2-etil hekzanoat $Sn(Oct)_2$ katalizörü ile PLA homopolimeri sentezlendiğinde polimerden $Sn(Oct)_2$ iyice uzaklaştırılamazsa katalizörün toksisitesinden dolayı tıp/biyomedikal alanındaki uygulamalarda sıkıntı oluşturabilmektedir. $Sn(Oct)_2$ yerine daha az toksisiteye sahip organokatalizörler tercih edilebilir. Organokatalizörler düşük toksisitelerine ek olarak daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa reaksiyon sürelerinde polimer sentezi için kullanılmaktadır. Bu çalışmada biyobozunur polimerlerden biri olan poli(L-laktit) (PLLA) homopolimeri 1,5,7-triazabisiklo[4.4.0]dek-5-en (TBD) organokatalizörü varlığında farklı alkol başlatıcılar (metanol, etanol, n-propanol, izopropanol, benzil alkol, propargil alkol) kullanılarak halka açılma polimerizasyonu ile oda sıcaklığında 5 dakikalık reaksiyon süresinde sentezlenmiştir. Ayrıca izopropanol ve n-propanol başlatıcıları ile farklı sürelerde (1, 5 ve 30 dakika) reaksiyon kinetiği incelenerek reaksiyon süresinin polimerizasyon hızı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyonu spektroskopik olarak nükleer manyetik rezonans spektroskopisi (NMR), Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometresi (ATR-FTIR) ve kromatografik olarak ise jel geçirgenlik kromatografisi (GPC) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. TBD organokatalizörü varlığında başlatıcılardaki farklı sübstitüye grupların (alifatik, alkin ve aromatik) PLLA homopolimerlerinin molekül ağırlıkları üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: L-laktit, organokatalizör, halka açılma polimerizasyonu

ORGANOCATALYTIC RING-OPENING POLYMERIZATION OF L-LACTIDE WITH VARIOUS ALCOHOL INITIATORS

Abstract
Poly(lactide)(PLA) is one of the biodegradable and biocompatible polymers. It has applications in medical, packaging industry, environmental and textile applications. When PLA homopolymer is synthesized with tin (II) 2-ethyl hexanoate $Sn(Oct)_2$ catalyst, if $Sn(Oct)_2$ cannot be removed from the polymer, it may cause problems in medical/biomedical applications due to the toxicity of catalyst. Organocatalysts with less toxicity can be preferred instead of $Sn(Oct)_2$. In addition to their low toxicity, organocatalysts are used for polymer synthesis at lower temperatures and shorter reaction times. In this study, poly(lactide) (PLLA) homopolymer, one of the biodegradable polymers, was synthesized by ring opening polymerization using different alcohol initiators (methanol, ethanol, n-propanol, isopropanol, benzyl alcohol, propargyl alcohol) in the presence of 1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-ene (TBD) organocatalyst in a reaction time of 5 min at room temperature. In addition, the reaction kinetics with isopropanol and n-propanol initiators at different times (1, 5, and 30 minutes) were investigated, and the effect of reaction time on the polymerization rate was evaluated. The obtained PLLA homopolymers were characterized spectroscopically by nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR), Fourier

transform infrared spectrometry (ATR-FTIR) and chromatographically by gel permeation chromatography (GPC). The effect of different substituted groups (aliphatic, alkyne and aromatic) in the initiators on the molecular weights of PLLA homopolymers was studied in the presence of TBD organocatalyst.

Keywords: L-lactide, organocatalyst, ring opening polymerization

1. GİRİŞ

Son yıllarda çevre sorunlarına ilişkin artan endişeler ve sürdürülebilir çözümlere olan ihtiyaçlar nedeniyle biyobozunur ve biyouyumlu poliesterler üzerine olan araştırmalar önemli ölçüde artmıştır (Hillmyer ve Tolman, 2014; Miller, 2013; Miller, 2014; Pappalardo ve ark., 2019; Vilela ve ark., 2014; Zhu ve ark., 2016). FDA onaylı biyobozunur polimerlerden biri olan poli(laktik asit) (PLA), tıbbi alanlarda, paketleme, ambalaj endüstrisinde, çevresel ve tekstil uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Dechy-Cabaret ve ark., 2004; Seyednejad ve ark., 2011). Yenilebilir kaynaklardan üretilebilen PLA, laktit'in halka açılma polimerizasyonu veya laktik asit türevlerinin polikondenzasyonu olmak üzere iki farklı yöntemle üretilebilir (Pholharn ve ark., 2017). Çok sayıda çalışmada özellikle kalay (kalay-2-etilhekzanoat ($Sn(Oct)_2$)) ve alüminyum bazlı katalizör komplekslerinin polimerizasyonu daha iyi kontrol edebildiği gösterilmiştir (Dzienia ve ark., 2019; Pladis ve ark., 2014; Yu ve ark., 2011). Ancak organometalik komplekslerin yüksek toksisitesi nedeniyle, üretilen poliesterlerin tıp, ilaç ve elektronik endüstrilerinde kullanımı önemli ölçüde sınırlıdır (Dzienia ve ark., 2019; Tanzi ve ark., 1994).

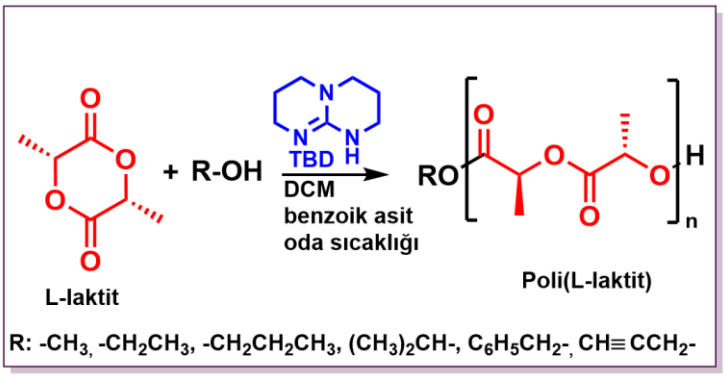
Organokatalitik halka açılma polimerizasyonu poli(ester)'ler üretmek için özellikle laktonların halka açılma polimerizasyonunda kullanılan çok yönlü bir stratejidir. Metal katalizörlere göre farklı zincir mekanizmaları nedeniyle, organokatalizörler yeni mimariler ve topolojiler oluşturmak için halka açılma polimerizasyonuna aracılık edebilirler (Brown ve ark., 2012). Alkol başlatıcıların varlığında N-heterosiklik karbenler, piridinler, fosfazenler, guanidinler ve amidinlerden türetilen organokatalizörlerle lineer poliesterler sentezlenebilirler (Brown ve ark., 2012; Dove, 2012; Dzienia ve ark., 2019; Kamber ve ark., 2009; Kamber ve ark., 2007; Kiesewetter ve ark., 2009; Kiesewetter ve ark., 2010). Organokatalizörler metal katalizörlere göre daha az toksisiteye sahip, yüksek seçicilik ve aktivite gösteren, biyouyumlu, ılıman reaksiyon koşullarında çalışabilen katalizörlerdir (Brown ve ark., 2012; Dove, 2012; Dzienia ve ark., 2019; Kamber ve ark., 2009; Kamber ve ark., 2007; Kiesewetter ve ark., 2009; Kiesewetter ve ark., 2010).

2001 yılında 4-dimetilaminopiridin (DMAP) organokatalizörü PLA'nın halka açılma polimerizasyonunda (ROP) ilk defa kullanılmıştır (Nederberg, ve ark., 2001.) O günden bu yana, organokatalizörlerin halka açılma polimerizasyonu için kullanımı geleneksel metal katalizörlere kıyasla güçlü bir alternatif sağlamıştır (Dove, 2012; Kamber ve ark., 2009; Kiesewetter ve ark., 2009; Kiesewetter ve ark., 2010). En çok çalışılan bisiklik guanidinlerden biri olan 1,5,7-triazabisiklo [4.4.0]dek-5-en (TBD), asetonitril'de (MeCN) pKa = 26,0 değerine sahiptir ve laktonların halka açılma polimerizasyonunda kullanılan güçlü bir organokatalizördür (Kaljurand ve ark., 2005; Lohmeijer ve ark., 2006). Alkol başlatıcıları varlığında, TBD özellikle bifonksiyonel bir aktivatör olarak monomerin karbonil grubunu ve alkol başlatıcıyı hidrojen bağıyla aynı anda aktive edebilme özelliğine sahiptir (Lohmeijer ve ark., 2006). Lohmeijer ve arkadaşları tarafından 2006 yılında TBD organokatalizörü kullanarak PLLA'nın homopolimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. L-laktit için monomer/başlatıcı oranını 100 ve monomere göre %0,1 TBD katalizörünü kullanarak, 4-pirenbütanol başlatıcısı ile diklorometan çözücü içerisinde 20 saniyede %99 dönüşümle 24200 g/mol ağırlığında 1.19 PDI değerine sahip PLLA homopolimeri elde edilmiştir. Monomer başlatıcı oranını 500'e çıkardıklarında ise 1 dakikada %95 dönüşümle 62600 g/mol ağırlığında 1.11 PDI değerine sahip PLLA homopolimeri sentezlenmiştir (Lohmeijer ve ark., 2006).

Mase ve arkadaşları 2018 yılında PLLA homopolimerini TBD organokatalizörü kullanarak süper kritik karbondioksit varlığında etanol başlatıcısı ile 10 saatte 60°C sıcaklıkta 10 MPa basınçta >95 dönüşümle 5100 g/mol (hedeflenen 3000 g/mol) molekül ağırlığında ve solvent kullanmadan sentezlemişlerdir (Mase ve ark., 2018).

Nifant'ev ve arkadaşları 2020 yılında PLLA homopolimerlerini TBD katalizörü varlığında benzil alkol başlatıcısı ve THF (2M) içerisinde halka açılma polimerizasyonu ile sentezlemişlerdir. [Monomer]/[başlatıcı]/[katalizör] oranı 400:1:1 oranında kullanılarak 20 °C sıcaklıkta 30 dakikalık bir reaksiyon süresinde %99 dönüşümün üzerinde 59400 g/mol molekül ağırlığında (hedeflenen molekül ağırlığı 57500 g/mol) PLLA homopolimeri sentezlenmiştir (Nifant'ev ve ark., 2020).

Literatürde TBD organokatalizörü ile 4-piren bütanol, benzil alkol, ethanol başlatıcıları kullanarak PLLA homopolimerinin sentezi gerçekleştirilmiştir (Lohmeijer ve ark., 2006; Mase ve ark., 2018; Nifant'ev ve ark., 2020). Bu çalışmada TBD organokatalizörü ile oda sıcaklığında metanol, n-propanol izopropanol, propargil alkol başlatıcılarını kullanarak farklı uç gruplara sahip PLLA homopolimerleri sentezlenmiştir (**Şema 1**). Başlatıcılardaki farklı sübstitüye grupların (alifatik, alkin ve aromatik) homopolimerlerin molekül ağırlıkları üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şema 1. Farklı alkol başlatıcılar varlığında L-laktit'in halka açılma polimerizasyonu (R: $-CH_3$, metanol ; $-CH_2CH_3$, etanol; $-CH_2CH_2CH_3$, n-propanol; $(CH_3)_2CH-$, izopropanol; $C_6H_5CH_2-$, benzil alkol; $CH{\equiv}CHCH_2-$, propargil alkol).

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Kullanılan Malzemeler

L-laktit (Sigma-Aldrich, 98%) etil asetatla 2 defa kristallendirildikten sonra hekzanla yıkandı ve ardından kuru toluenle kurutuldu. Benzil alkol (TCI, >99%), propargil alkol (Sıgma-Aldrich, %99) n-propanol (Merck, 99%), izopropanol (Isolab, ≥ 99,8%) başlatıcıları ve diklorometan (DCM) (Isolab ≥ 99,8%) çözücüsü CaH_2 ile destillenerek kurutuldu. Metanol (Isolab, ≥ 99,8%) ve etanol (Isolab, ≥ 99,8%) başlatıcıları Mg/I_2 ile destillenerek kurutuldu. Benzoik asit (Sigma-Aldrich, ≥ 99,5%) TBD organokatalizörünü sönümleyici ajan olarak kullanıldı.

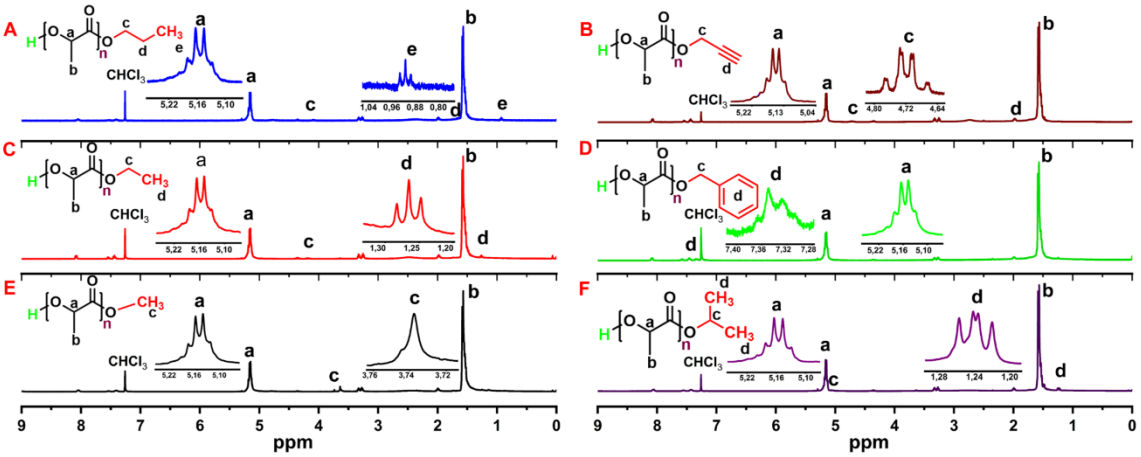
2.2 L-laktitin Halka Açılma Polimerizasyonu

Tüm polimerizasyonlar 40:1:1,5 [monomer]:[başlatıcı]:[katalizör] oranında oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle 2,0 ml'lik bir vial içerisine L-laktit (1,2 mol, 173 mg) tartıldı ve ardından eldivenli poşet içerisinde azot atmosferi altında TBD (0,045 mmol,6,39 mg) katalizörü viale eklendi. Belirlenen oranda alkol başlatıcı 0,6 ml DCM içerisinde çözünüp enjektör yardımıyla viale enjekte edildikten sonra reaksiyon başlatıldı. Manyetik karıştırıcıda 650 rpm de 5 dk karıştıktan sonra 10 mg benzoik asit viale eklenerek reaksiyon sönümlendi ve evaporatör yardımıyla DCM çözücüsü uçuruldu. Sentezlenen PLLA homopolimerleri vakum altında kurutuldu.

3. TARTIŞMA

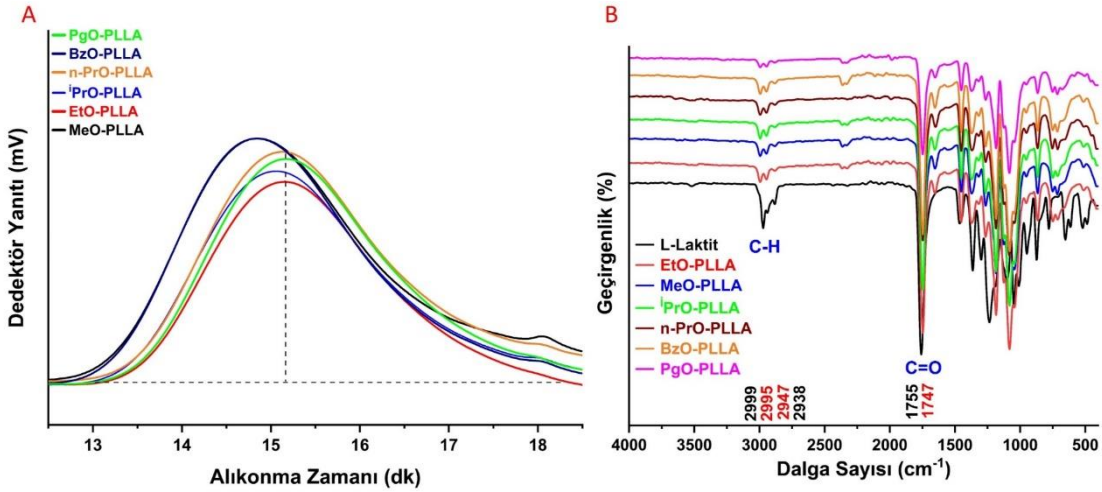
L-laktit monomerinin halka açılma polimerizasyonu farklı alkol başlatıcılar kullanarak 40:1:1,5 monomer: başlatıcı: katalizör oranında TBD organokatalizörü ile oda sıcaklığında 5 dk reaksiyon süresinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyonu ^{1}H-NMR (**Şekil 1A-F, Tablo 1**) GPC (**Şekil 2A, Tablo 1**), ve ATR-FTIR (**Şekil 2B**) teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Temsili bir örnek olarak n-propanol ile başlatılmış PLLA'nın ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde (**Şekil 1-A**) 1,40-1,62 ppm aralığında gelen ikili pik (**b**) laktit'in CH_3 protonlarını, 5,09-5,27 ppm aralığında gelen dörtlü pik (**a**) laktitin CH protonlarını, 4,05-4,13 ppm aralığında gelen çoklu pik (**c**) ve 1,65-1,68 ppm aralığında gelen çoklu pik (**d**) n-Propanol'ün CH_2 protonlarını, 0,91-0,95 ppm aralığında gelen üçlü

pik (**e**) ise n-propanol'ün CH_3 protonlarına ait piki göstermektedir. Benzer şekilde diğer başlatıcılarla başlatılmış PLLA homopolimerlerinin ^{1}H-NMR spektrumlarındaki piklerin atamaları belirtilerek **Şekil 1B-F**'de verilmiştir. n-Propanol'ün CH_3 protonlarına ait **e** pikinin integral alanını laktit'in CH protonlarına ait **a** pikinin integral alanına oranlayarak n-PrO-PLLA'nin $M_n^{(NMR)}$ değeri hesaplanmıştır (**Tablo 1**). Diğer başlatıcılarla başlatılmış PLLA homopolimerlerin $M_n^{(NMR)}$ değerleri de aynı strateji kullanarak belirlenmiştir.



Şekil 1. PLLA homopolimerlerinin ^{1}H-NMR spektrumu (A) n-PrO-PLLA, (B) PgO-PLLA, (C) EtO-PLLA, (D) BzO-PLLA, (E) MeO-PLLA, and (F) ^{i}PrO-PLLA.

PLLA homopolimerlerinin GPC spektrumu incelendiğinde (**Şekil 2A)** tüm PLLA homopolimerlerinde yüksek dönüşüme sahip monomodal bir pik elde edilmiştir. PLLA homopolimerlerinin ATR-FTIR spektrumunda L-laktit monomerinin C=O gerilmesine ait pik 1755 cm^{-1}'de ve CH gerilmelerine ait pikler 2938, 2999 cm^{-1}'de görülmektedir **(Şekil 2B**). Bütün PLLA homopolimerinde bu piklerin sırasıyla 1747, 2947, 2994 cm^{-1}'e kayması PLLA polimerizasyonunun gerçekleştiğine dair GPC ve ^{1}H-NMR spektrumunu destekleyici ek bilgi sunmaktadır.



Şekil 2. **A**) PLLA homopolimerlerinin çakışık GPC kromatogramları (BzO-PLLA ve MeO-PLLA homopolimerlerinde diğerleri ile daha iyi bir kıyas için dedektör yanıtındaki tüm y verileri 1,75 ile çarpılarak kromatogramlar birbirine yaklaştırılmıştır) **B**) PLLA homopolimerlerinin ATR-FTIR spektrumu

Kullanılan tüm başlatıcılarla teorik molekül ağırlığına yakın PLLA homopolimeri elde edilmiştir (**Tablo 1**). Başlatıcı olarak metanol kullanıldığında en yüksek molekül ağırlığına sahip homopolimer (M_n^{GPC} 6550 g/mol, M_n^{NMR} 6290 g/mol) elde edilirken propargil alkol kullanıldığında ise en düşük molekül ağırlığına sahip homopolimer ($M_n^{(GPC)}$ 5450 g /mol, $M_n^{(NMR)}$ 4020 g/mol) elde edilmiştir. Başlatıcının

sübstitüye grubu üzerindeki alkil grubun zincir uzunluğundaki artış PLLA homopolimerlerin molekül ağırlığında düşüşe sebep olmuştur (metanol (M_n^{GPC} 6550 g /mol, M_n^{NMR} 6290 g/mol) > etanol M_n^{GPC} 5530 g /mol, $M_n^{(NMR)}$ 5090 g/mol) ≥ n-propanol M_n^{GPC} 5500 g /mol, M_n^{NMR} 4600 g/mol)). Aromatik gruba sahip olan benzil alkol başlatıcı varlığında sentezlenen BzO-PLLA homopolimerinin molekül ağırlığı MeO-PLLA homopolimerinden düşük, diğer PLLA homopolimerlerine göre yüksektir (M_n^{GPC}; 6060 M_n^{NMR}: 5930). Alkin uç grubuna sahip PgO-PLLA homopolimerinin molekül ağırlığı propargil alkol başlatıcıdaki alkin grubunun elektron çekici etkisinin olmasından dolayı diğer alkol başlatıcılarla sentezlenen PLLA homopolimerlerinin molekül ağırlığına göre düşüktür (M_n^{GPC}; 5450 M_n^{NMR}; 4020) (Hansch ve ark., 1991). Tüm alkol başlatıcılarla sentezlenen PLLA homopolimerleri yüksek dönüşüme sahiptir (^{1}H-NMR >98).

Tablo 1. Farklı alkol başlatıcılarla varlığında sentezlenen PLLA homopolimerlerinin karakterizasyonu

Başlatıcı	M_w (GPC) (g/mol)	M_n (GPC) (g/mol)	M_n (NMR) (g/mol)	M_n (Teorik) (g/mol)	M_w/M_n	% Dönüşüm (NMR)
Metanol	21420	6550	6290	5730	2,00	98,7
Ethanol	10316	5530	5090	5720	1,87	98,5
İzopropanol	11060	5910	5310	5770	1,87	98,9
n-Propanol	10690	5500	4600	5770	1,94	>99
Benzil alkol	12960	6060	5930	5690	2,14	98,4
Propargil alkol	10230	5450	4020	5730	1,87	98,5

$[M_0]/[I_0]/[C_0]$: monomer/başlatıcı/katalizör oranı (40:1:1,5). Katalizör TBD. Süre 5 dk. $M_n^{(Teorik)}$; $[L\text{-laktit}]_0/[\text{başlatıcı}]_0$ x [dönüşüm] x [M_n laktit] + [M_w başlatıcı]

İzopropanol başlatıcısı için farklı reaksiyon sürelerinde PLLA homopolimerleri sentezlenerek reaksiyon kinetiği incelenmiştir (**Tablo 2**). 1 ve 5. dakikalarda en yüksek molekül ağırlığına sahip ^{i}PrO-PLLA homopolimeri elde edilirken reaksiyon süresi 30 dakikaya çıkarıldığında TBD organokatalizörünün transesterifikasyon etkisinden dolayı daha düşük molekül ağırlığına sahip ^{i}PrO-PLLA homopolimeri elde edildiği **Tablo 2** de görülmektedir. Ayrıca 1 ve 5. dakikalarda ^{i}PrO-PLLA homopolimerinin molekül ağırlıklarında çok az bir değişim gözlemlenmekle beraber birbirine yakındır. n-Propanol başlatıcısıyla da farklı reaksiyon sürelerinde n-PrO-PLLA homopolimerleri incelendiğinde izopropanol başlatıcısında olduğu gibi reaksiyon süresi arttıkça n-PrO-PLLA homopolimerinin molekül ağırlığı düşmüştür.

Tablo 2. İzopropanol ve n-Propanol başlatıcısı ile sentezlenen PLLA homopolimerlerinin süre taramasının karakterizasyonu

Başlatıcı	Süre (dk)	M_w (GPC) (g/mol)	M_n (GPC) (g/mol)	M_n (NMR) (g/mol)	M_n (Teorik) (g/mol)	M_w/M_n	% Dönüşüm NMR
İzopropanol	1	12540	6050	5480	5740	2,07	98,5
	5	11060	5910	5310	5770	1,87	98,9
	30	9470	4750	4010	5750	1,99	98,6
n-Propanol	1	11690	5690	4320	5760	2,05	98,8
	5	10690	5500	4600	5770	1,94	99
	30	8540	4460	4140	5700	1,93	97,9

$[M_0]/[I_0]/[C_0]$: monomer/başlatıcı/katalizör oranı (40:1:1,5). Katalizör TBD. $M_n^{(Teorik)}$; $[L\text{-laktit}]_0/[\text{başlatıcı}]_0$ x [dönüşüm] x [M_n L-laktit] + [M_w başlatıcı].

4. SONUÇ

Bu çalışmada PLLA homopolimerleri TBD organokatalizörü varlığında oda sıcaklığında halka açılma polimerizasyonu ile belirtilen başlatıcılardaki farklı sübstitüye grupların (alifatik, alkin ve aromatik) homopolimerlerin molekül ağırlıkları üzerindeki etkisi incelenmiştir. En yüksek molekül ağırlığına

sahip homopolimer MeO-PLLA homopolimeridir. Başlatıcı üzerindeki alkil grubunun zincir uzunluğu artıkça PLLA homopolimerlerinin molekül ağırlığı düşmüştür. Aromatik gruba sahip olan benzil alkol başlatıcısı ile sentezlenen BzO-PLLA homopolimerinin molekül ağırlığı metanol başlatıcısı ile sentezlenen MeO-PLLA homopolimerinden düşük ve alkil gruplu diğer PLLA homopolimerlerinden (EtO-PLLA, ^{i}PrO-PLLA, n-PrO-PLLA) yüksektir. Alkin uçlu başlatıcı olan propargil alkol başlatıcısıyla sentezlenen PgO-PLLA homopolimeri en düşük molekül ağırlığındadır. İzopropanol ve n-propanol başlatıcıları ile yapılan süre taramasında reaksiyon süresinin artışının homopolimerin molekül ağırlığında düşüşe sebep olduğu gözlemlenmiştir. Özetle farklı alkol başlatıcılar varlığında farklı uç gruplara sahip PLLA homopolimerleri TBD organokatalizörü varlığında oda sıcaklığında kısa reaksiyon süresinde sentezlenmiştir.

TEŞEKKÜR
2210-A Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı ile desteklerini sunan TÜBİTAK'a ve Beyzanur TUTUŞ'a teşekkür ederim .

KAYNAKLAR

Nederberg, F., Connor, E. F., Moller, M., Glauser, T., ve Hedrick, J. L. (2001). New Paradigms for Organic Catalysts: The First Organocatalytic Living Polymerization. *Angewandte Chemie-International Edition*, *40*(14), 2712-2715.

Brown, H. A., De Crisci, A. G., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2012). Amidine-Mediated Zwitterionic Polymerization of Lactide. *ACS Macro Lett*, *1*(9), 1113-1115.

Dechy-Cabaret, O., Martin-Vaca, ve B., Bourissou, D. (2004). Controlled Ring-Opening Polymerization of Lactide and Glycolide. *Chem Rev*, *104*(12), 6147-6176.

Dove, A. P. (2012). Organic Catalysis for Ring-Opening Polymerization. *ACS Macro Lett*, *1*(12), 1409-1412.

Dzienia, A., Maksym, P., Hachuła, B., Tarnacka, M., Biela, T., Golba, S., Zięba, A., Chorążewski, M., Kaminski, K., ve Paluch, M. (2019). Studying the Catalytic Activity of DBU and TBD Upon Water-Initiated ROP of E-Caprolactone Under Different Thermodynamic Conditions. *Polymer Chemistry*, *10*(44), 6047-6061.

Hansch, C., Leo, A., ve Taft, R. W. (1991). A Survey of Hammett Substituent Constants and Resonance and Field Parameters. *Chemical Reviews*, *91*(2), 165-195.

Hillmyer, M. A., ve Tolman, W. B. (2014). Aliphatic Polyester Block Polymers: Renewable, Degradable, and Sustainable. *Acc Chem Res*, *47*(8), 2390-2396.

Kaljurand, I., Kutt, A., Soovali, L., Rodima, T., Maemets, V., Leito, I., ve Koppel, I. A. (2005). Guanidinophosphazenes: Design, Synthesis, and Basicity in THF and in The Gas Phase. *Journal of the American Chemical Society*, *127*(50), 17656-17666.

Kamber, N. E., Jeong, W., Gonzalez, S., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2009). N-Heterocyclic Carbenes for The Organocatalytic Ring-Opening Polymerization of Epsilon-Caprolactone. *Macromolecules*, *42*(5), 1634-1639.

Kamber, N. E., Jeong, W., Waymouth, R. M., Pratt, R. C., Lohmeijer, B. G. G., ve Hedrick, J. L. (2007). Organocatalytic Ring-Opening Polymerization. *Chemical Reviews*, *107*(12), 5813-5840.

Kiesewetter, M. K., Scholten, M. D., Kirn, N., Weber, R. L., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2009). Cyclic Guanidine Organic Catalysts: What Is Magic About Triazabicyclodecene? *J Org Chem*, *74*(24), 9490-9496.

Kiesewetter, M. K., Shin, E. J., Hedrick, J. L., ve Waymouth, R. M. (2010). Organocatalysis: Opportunities and Challenges for Polymer Synthesis. *Macromolecules*, *43*(5), 2093-2107.

Lohmeijer, B. G. G., Pratt, R. C., Leibfarth, F., Logan, J. W., Long, D. A., Dove, A. P., Nederberg, F., Choi, J., Wade, C., Waymouth, R. M., ve Hedrick, J. L. (2006). Guanidine and Amidine Organocatalysts for Ring-Opening Polymerization of Cyclic Esters. *Macromolecules*, *39*(25), 8574-8583.

Mase, N., Moniruzzaman, Mori, S., Ishizuka, J., Kumazawa, F., Yamamoto, S., Sato, K., ve Narumi, T. (2018). Organocatalytic Ring-Opening Polymerization of L-Lactide in Supercritical Carbon Dioxide Under Plasticizing Conditions. *Tetrahedron Letters*, *59*(50), 4392-4396.

Miller, S. A. (2013). Sustainable Polymers: Opportunities for The Next Decade. *ACS Macro Lett*, *2*(6), 550-554.

Miller, S. A. (2014). Sustainable Polymers: Replacing Polymers Derived From Fossil Fuels. *Polymer Chemistry*, *5*(9).

Nederberg, F., Connor, E. F., Moller, M., Glauser, T., ve Hedrick, J. L. (2001). New Paradigms for Organic Catalysts: The First Organocatalytic Living Polymerization. *Angewandte Chemie-International Edition*, *40*(14), 2712-2715.

Nifant'ev, I. E., Shlyakhtin, A. V., Bagrov, V. V., Tavtorkin, A. N., Komarov, P. D., Churakov, A. V., ve Ivchenko, P. V. (2020). Substituted Glycolides From Natural Sources: Preparation, Alcoholysis and Polymerization. *Polymer Chemistry*, *11*(43), 6890-6902.

Pappalardo, D., Mathisen, T., ve Finne-Wistrand, A. (2019). Biocompatibility of Resorbable Polymers: A Historical Perspective and Framework For The Future. *Biomacromolecules*, *20*(4), 1465-1477.

Pholharn, D., Srithep, Y., ve Morris, J. (2017). Effect of Initiators on Synthesis of Poly(L-Lactide) By Ring Opening Polymerization. *2017 Global Conference on Polymer and Composite Materials (Pcm 2017)*, *213*.

Pladis, P., Karidi, K., Mantourlias, T., ve Kiparissides, C. (2014). An Experimental and Theoretical Investigation of The Ring-Opening Polymerization of L,L-Lactide. *Macromolecular Reaction Engineering*, *8*(12), 813-825.

Seyednejad, H., Ghassemi, A. H., van Nostrum, C. F., Vermonden, T., Hennink, ve W. E. (2011). Functional Aliphatic Polyesters for Biomedical And Pharmaceutical Applications. *J Control Release*, *152*(1), 168-176.

Tanzi, M. C., Verderio, P., Lampugnani, M. G., Resnati, M., Dejana, E., ve Sturani, E. (1994). Cytotoxicity of Some Catalysts Commonly Used In The Synthesis of Copolymers for Biomedical Use. *Journal of Materials Science-Materials in Medicine*, *5*(6-7), 393-396.

Vilela, C., Sousa, A. F., Fonseca, A. C., Serra, A. C., Coelho, J. F. J., Freire, C. S. R., ve Silvestre, A. J. D. (2014). The Quest For Sustainable Polyesters – Insights Into The Future. *Polym. Chem.*, *5*(9), 3119-3141.

Yu, Y., Storti, G., ve Morbidelli, M. (2011). Kinetics of Ring-Opening Polymerization of L,L-Lactide. *Industrial Engineering Chemistry Research*, *50*(13), 7927-7940.

Zhu, N., Feng, W., Hu, X., Zhang, Z., Fang, Z., Zhang, K., Li, Z., ve Guo, K. (2016). Organocatalyzed Continuous Flow Ring-Opening Polymerizations to Homo-and Block-Polylactones. *Polymer*, *84*, 391-397.

METRO HATLARINDA SCADA İLE ACİL DURUM SENARYOLARI VE TAHLİYE SİMÜLASYONU

Emre Çekerek
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
emrecekerek@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5730-3422

Banu Ayyıldız
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
banu.ayyildiz@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0841-4385

Özet
Araç içerisinde, bekleme alanlarında veya istasyonlara giriş - çıkış halinde olan yolcuların güvenliğini sağlamak için yangın ve havalandırma sistemleri metro yerleşkelerinde yaşanan yangın durumunda yolcu tahliyesinin sorunsuz yapılabilmesi adına hayati öneme sahiptir. Yangın algılama sistemi istasyonda oluşan yangın tehlikesinin zamanında ve güvenilir bir şekilde algılanması ve bunu takiben ihbar, anons ve kontrol fonksiyonların yerine getirilmesine olanak sağlayan sistemler bütünüdür. Havalandırma sistemleri, yangın anında yolcu tahliyesinin sağlıklı yapılabilmesi için kirli havanın dışarı atılmasını ve istasyona temiz hava basılmasını sağlayan sistemdir. Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan M5 Üsküdar-Çekmeköy sürücüsüz metro hattında meydana gelebilecek istasyon yangın senaryolarının modellenmesinin SCADA sistemi yazılımı üzerinden nasıl sağlanacağına değinilecektir. Tasarımı ve yazılımı yapılan tüm senaryolar acil durum anında otomatik veya istenildiğinde manuel olarak devreye girerek kontrolör algoritması içerisinde tanımlanan tüm senaryo şartlarını yerine getirecektir. Böylece yolcu tahliyesinin sorunsuz ve güvenli bir şekilde yapılması sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Metro, SCADA, Yangın, Havalandırma, Acil Durum Senaryoları.

EMERGENCY SCENARIOS AND EVACUATION SIMULATION WITH SCADA SYSTEMS ON SUBWAY LINES

Abstract
In order to ensure the safety of the passengers in the vehicle, in the waiting areas or in the entrance and exit of the stations, fire and ventilation systems are of vital importance for the smooth evacuation of passengers in the event of a fire in the metro campuses. The fire detection system is a set of systems that allow timely and reliable detection of the fire hazard occurring in the station, and subsequent notification, announcement and control functions. Ventilation systems are integrated set of systems that enable the evacuation of passengers to be carried out properly in the event of a fire by supplying clean air to the station. In this study, it will be discussed how the modeling of station fire scenarios that may occur in the M5 Üsküdar Çekmeköy driverless subway line in Istanbul will be provided through the SCADA system software. All scenarios to be designed and software will be activated automatically in case of emergency or manually when requested, and will fulfill all scenario conditions defined in the algorithm. Thus, passenger evacuation will be carried out smoothly and safely.

Keywords: Subway, SCADA, Fire, Ventilation, Emergency Scenario.

1. GİRİŞ

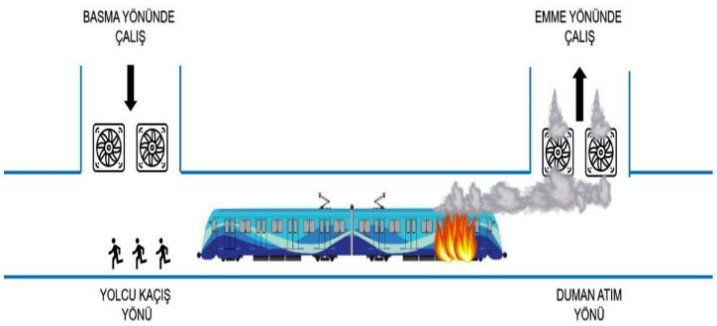
Büyükşehirlerde yaşanan hızlı nüfus artışından kaynaklı merkezi ve yerel yönetimler vatandaşların yaşamlarını kolaylaştırmak adına bir takım yatırımlar yapmaktadır. Yapılan yatırımlarda en büyük payı karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu gibi birçok alanı içerisine alan ulaşım sektörü almaktadır. Nüfus yoğunluğunun fazla ve coğrafi yapının sıkışık olduğu şehirlerde vatandaşların seyahat sürelerini azaltmak ve konforlu, hızlı, ekonomik, dakik ulaşım kolaylığı sağlamak adına demiryolu ulaşımı bu alanda önemli bir faaliyet alanıdır. Ülkemizde demiryolu ulaşımı alanında en gelişmiş şehirlerin başında İstanbul gelmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) bünyesinde 16 hat, 205, 14 km'lik raylı sistem ağı, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) bünyesinde 1 hat 76,6 km raylı sistem ulaşımı olmak üzere toplamda 281,84 km demiryolu ağı bulunmaktadır. İBB bünyesinde faaliyet

gösteren Metro İstanbul AŞ, Türkiye'nin en büyük kent içi raylı sistem işletmeci firması olarak, günde 2,5 milyondan fazla yolcu taşımaktadır. Hatlarda sağlanan hizmet tam kapasite ile kullanıldığı takdirde İstanbul'un toplu taşımasındaki payının yüzde 30'unu karşılamaktadır. Metro sistemlerinin güvenliği, büyükşehirlerin gelişimi ve istikrarı ile doğrudan ilgilidir. Yoğun olarak kullanılmasından dolayı işletmeci firmalar yolcu konforu ve güvenliğine önem vermektedir. Metro istasyonlarında ve tünellerinde olası yangınlar güvenlik tedbiri alınması gereken konuların en önemli kısmını oluşturmaktadır. Tünel içerisinde oluşabilecek bir yangın durumunda, yolcuların treni en kısa sürede terk ederek güvenli bir bölgeye ulaşmaları gerekir (Yazıcı, 2013). Gerçek metro işletmesinde kazalar genellikle tahmin edilemez ve rastgele gerçekleşir. Acil durumların zamanını, yerini, yoğunluğunu ve hasar derecesini tahmin etmekte zaten çok zordur (Lu, 2013). Birçok yangın kazası, patlama kazası ve terör saldırısı insanoğlunun malına ve hayatına büyük kayıplar vermiştir. Bu nedenle, acil bir olay meydana geldiğinde insanların tehlikeli bölgeden güvenli alana nasıl tahliye edileceğinin araştırılması büyük önem taşımaktadır (Boaqian ve Tong, 2009).

Yangın veya kaza anında yolcu kaçışının güvenle sağlanabilmesi, duman tahliyesinin en doğru şekilde yapılması ve uygun kapasitede fan seçimlerinin yapılabilmesi adına literatürde birçok çalışma yapılmış, NFPA (National Fire Protection Association) ve ASHRAE'de (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) belirli hesap yöntemleri önerilmiş, bunlarla ilgili de çeşitli tez, makale ve yayınlar ortaya konmuştur. (Yetgin, 2019). Lakin bunların SCADA sistemi gibi yazılımsal arayüz ile olası yangın anında kontrolünün yapılıp istasyon içerisindeki elektrik, elektronik ve elektromekanik ekipmanların yangın anında nasıl çalışması gerektiğine dair modelleme simülasyonuna ilişkin çeşitli tez, makale ve yayınlar bulunmamaktadır. Bu çalışmada, yolcunun dumandan etkilenmemesi adına tahliyenin güvenli bir şekilde çalışmasına imkân veren bu arayüz ile yangının çıktığı bölge operatörün kullandığı bilgisayar arayüzüne düşecek ve sistem otomatik veya isteğe bağlı elle devreye girmesi sağlanacaktır.

2. ACİL DURUM SENARYOLARI

Birçok insanın aynı anda metro kullanması nedeniyle, metro istasyonları, insanların günlük kullanımı esnasında ve acil durum tahliyesi sırasında sorunsuz ve güvenli bir şekilde hareket etmelerini sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır (Zou, Fernandes ve Chen, 2019). Yangın ve havalandırma sistemleri, istasyon ve tünel bölgelerinde çıkabilecek yangın durumunda insanların güvenli tahliyesini sağlamak adına önemli iki elektromekanik sistemlerdir. Metro istasyonlarında yolcu güvenliği ve konforunu sağlamak için acil durum senaryolarına ihtiyaç duyulmaktadır. Olası yangın anında yolcunun istasyondaki dumandan etkilenmemesi adına yangın sistemleri ile birlikte havalandırma sistemleri bu ihtiyacı karşılayabilmektedir. Yangın sistemi, yangının başladığını bildirmek için zamanında uyarı aracı olarak ortamları izlemek için gözetim sisteminde hayati bir anahtardır (Bu ve Gharajeh, 2019). Metro aracı içindeki yangının özelliklerini, özellikle yangın algılama ve koruma sistemi için en önemli ve temsili iki özellik olarak kabul edilen alev uzunluğu ve tavan altındaki sıcaklık dağılımını incelemek önemlidir (Penga ve Chenga, 2021). Havalandırma sistemleri ise yolcu ve personel sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. İstasyonlar yer altında bulunan yerleşkeler olduğu için doğrudan hava ile nüfuz etmemektedir. Bu sebeple istasyonlardaki kirli havanın dışarı atılması ve istasyona temiz hava basılmasını sağlamak için havalandırma sistemleri metro hatlarında insan sağlığı açısından olması gereken sistemdir. Yangın algılama sistemlerinin temel görevi bir istasyonda oluşabilecek yangın tehlikesinin zamanında ve güvenilir bir şekilde algılanması sağlamaktır. İstasyonların platform katı dediğimiz yolcu iniş ve biniş bölgeleri, ara katlar, konkors bölgesi olarak da adlandırılan bilet holleri, tüm teknik odalar ve yerleşkenin birçok yerinde kontrol paneli, dedektörler, alarm butonları ve ikaz elemanları bulunmaktadır. Dedektörler duman, ısı, alev, gaz vb. yangın belirtilerinin otomatik olarak algılanması ve değerlendirilmesi işlevini yerine getirir ve bu bilgileri kontrol paneline iletir. Alarm butonları yangın durumunun manuel olarak (insan aracılığıyla) ihbar edilmesini sağlamaktadır. Kontrol paneli ise sahadan gelen alarm ve durum bilgilerini değerlendirerek, bir kumanda konsolu vasıtasıyla operatöre iletir. Örnek olarak Şekil 1'de tünel araç yangın senaryosunda yolcu tahliyesine göre yolcu kaçış yönleri ve fanların çalışma türü gösterilmiştir.



Şekil 1. Acil durum havalandırma sistemi

Metro istasyonlarında görevli personel ve yolcuların sağlığı havalandırma sistemleri yardımıyla sağlanır. Havalandırma sistemleri, normal ve sıkışık zamanlarda istasyon ve tünellerde uygun koşulların elde edilmesini ve yangın durumunda insanların güvenle tahliyesini sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır (Yetgin, 2019). Sistemin simülasyon tasarımı yapılırken acil durum esnasında istasyon ve tünellerdeki fanlar devreye girerek hem dumanın tahliyesini ve tünelin soğutulmasını, hem de dumanı yolcu tahliye yönünden aksi yöne iterek yolculara güvenli bir kaçış yolunu sağlar. Acil durumlarda havalandırma sistemleri, bir yangın durumunda tünel içerisine yayılan sıcak ve zehirli gazları bir yönde süpürerek, diğer yönde yolcuların tahliyesi için gerekli olan güvenli kaçış yolunu sağlamaktadır (Eralp ve Musluoğlu, 2003).

M5 Üsküdar – Çekmeköy metro hattı İstanbul ili sınırları içerisinde Üsküdar ilçesinden başlayıp Çekmeköy ilçesine kadar 20 km uzunluğunda 16 istasyondan oluşan metro hattıdır. Metro hattı UTO (Sürücüsüz Tren işletmesi) modda sürüş için tasarlanmış ve Türkiye'nin ilk sürücüsüz işletim metro özelliğini taşımaktadır. Hat iki etap halinde açılmıştır. İlk etabı S01- S09 arasında 9 istasyondan oluşacak şekilde 15 Aralık 2017'de, ikinci etabı S10 - S16 arasında 7 istasyon 21 Ekim 2018 tarihinde hizmete açılmıştır. İşletme atında faaliyet gösteren 21 tren ve 126 vagon bulunmaktadır. Günlük yolcu taşıma kapasitesi ise 70.000 yolcu olarak tasarlanmış olup güncel durumda aylık 250.000 binden fazla yolcu taşımacılığı yapmaktadır. Yolcu yoğunluğunun fazla olduğu bu tür yerleşkelerde yangın ve havalandırma sistemleri güvenlik açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle işletmeci firmalar hat içerisinde yer alan tüm sistemlerin takip ve kumanda işlemlerini yapmak için SCADA sistemlerini kullanılır. Metro hattı kullanıcılarını olası yangın durumundan korumak için SCADA sistemlerinde yangın tahliye simülasyonları oluşturulmuştur. SCADA sisteminde acil durum senaryoları 4 başlık altında tasarlanmıştır. Birincisi istasyon geneli yangın senaryoları, ikincisi tünel ve peron bölgesi araç yangın senaryoları, üçüncüsü tüm hattın enerjisiz kalmasını önlemek amacıyla oluşturulan jeneratör senaryosu ve son olarak sıkışık mod senaryosu diye adlandırılan aracın 90 saniyeden fazla tünelde beklemesi sonucu o bölgedeki havalandırma sisteminin devreye girerek yolcu tahliyesinin güvenli yapılmasını sağlayan senaryolardır (Şekil 2). Bu çalışmada sadece istasyon geneli yangın senaryosu ile tünel - peron araç yangın senaryolarından bahsedilecektir.

Şekil 2. Acil durum senaryo çeşitleri

3. SCADA MODELLEMESİ VE SİMÜLASYON

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama) sistemi geniş bir alana yayılmış ekipman haberleşme protokolleri kullanılarak bir veya birden fazla merkezden yazılım aracılığıyla; izlenmesini, denetlenmesini, kontrol edilmesini, alarm durumları takibinin anlık ve geçmiş zaman birimlerine göre saklanmasını sağlayan sistemlere verilen genel isimdir

(Çekerek ve Demir, 2021). SCADA sistemi endüstri de birçok alanda kullanılmaktadır. Nükleer tesisler, enerji santralleri, otomotiv endüstrisi, doğalgaz çevrim tesisleri, demir çelik endüstrisi, reaktör güç kontrol tesisleri ve rüzgâr türbinleri tesisleri örnek olarak söylenebilir. SCADA sistemi yapı olarak 3 seviyeden oluşmaktadır. Bunlar;

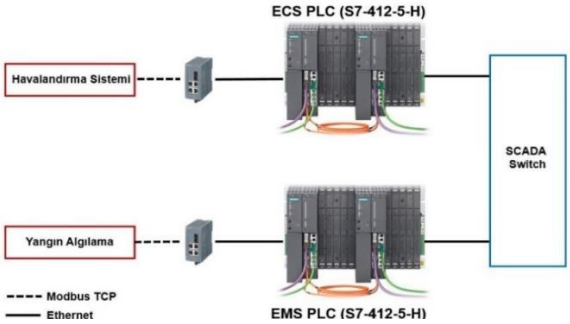
- Seviye 0: Saha ekipmanları (asansör, aydınlatma, OG hücreler, fanlar, tali panolar vb.)
- Seviye 1: Denetim sistemi (PLC - Programmable Logic Controller, Switch vb. ekipmanlar)
- Seviye 2: Gözlemleme (Operatörün kullandığı SCADA yazılım arayüz programı)

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bazı endüstri sektörlerinde Seviye 3 olarak adlandırılan dikey entegrasyon yapısına geçişler başlamıştır. Bu yapıya örnek olarak SAP, ERP, SRM gibi kurumsal kaynak planlama yazılımlarını sayılabilir. Yapı içeriğinde sahadan alınan veriler sonucunda bütünleşik ve merkezi bir sistem oluşturulur. Merkezi yapıda saha ekipmanlar sürekli takip edilir. Ekipman durumuna göre üretim, izleme, planlama, sipariş ve nakliye işlemlerini sistem kendisi organize eder. Böylelikle bakım kontrol yönetimine yardımcı olunur. Seviyeler arasındaki bağlantı çeşitli haberleşme protokolleri üzerinden gerçekleşmektedir. Kullanılan protokol kurumdan kuruma farklılıklar gösterebilir. M5 hattında kullanılan protokoller ise başlıca Profinet, IEC61850, IEC 60870-5-104, TCP/IP, Modbus TCP, Modbus RTU ve kuru kontak diye adlandırılan fiziksel bağlantı türleridir. M5 Üsküdar - Çekmeköy sürücüsüz metro hattında SCADA sistemi 3 tane alt sistemden oluşmaktadır. Birinci alt sistem Güç Kontrol Sistemi (Power Control System - PCS), ikinci alt sistem Elektromekanik Sistem (ElectroMechanical System - EMS) ve son olarak üçüncü alt sistem ise Çevresel Kontrol Sistemi (Environmental Control System - ECS)'dir.

- PCS; orta gerilim, cer gücü dc sistem, alçak gerilim sistemleri ile acil durum jeneratörlerin kontrol ve izleme işlemlerinin yapıldığı sisteme denir.
- EMS; metro enerji besleme merkezleri, jeneratör merkezi, istasyon geneli ve araç bakım alanlarındaki aydınlatma, yürüyen merdiven, yürüyen bantların, asansörlerin, tali panoların, drenaj ve atık su pompalarının, yangın koruma ve algılama sistemlerinin izleme ve kumanda işlemlerin yapıldığı sistemdir.
- ECS; Aksiyel tip tünel ve istasyon kirli hava fanları, istasyon havalandırma ve egzoz fanları, iklimlendirme üniteleri, motorlu damperler (elektrikli, pnömatik), yangın damperleri (motorlu, sigortalı), sıcaklık sensörleri, karbon monoksit sensörleri, elektrikli ısıtıcılar, yangın perdelerinin izlendiği ve kumanda edildiği sistemdir.

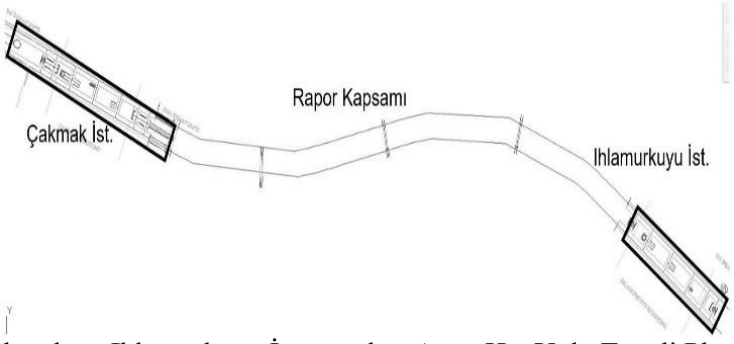
3.1. Yazılım Yapılandırması

Tasarlanan sistemde SCADA yazılımı olarak Siemens WinCC OA, PLC yazılımı Siemens Simatic Manager ve TIA Portal, PLC olarak ise S7-400 serisinden CPU 412-H kullanılmıştır. Uzak işlemci olarak ise ET200SP serileri CPU ve IO modülleri kullanılmıştır. Yapılandırma işlemi 3 adım üzerinden yapılmaktadır. Birinci adımda; PLC konfigürasyonun yapılması gerekmektedir. Saha ekipmanlarından alınan sinyallerinin tümü PLC'ye taşınır. Taşınan bilgiler için sonrasında senaryolar oluşturulur. Her bir senaryo için yazılım içerisinde kodlamalar yazılır ve SCADA yazılımının anlayacağı yazılım dilinde dönüşümler yapılır. Burada işlem adımı oldukça uzundur. İkinci adımda; PLC'ye taşınan sinyal verilerinin SCADA yazılımında tanımlama işlemi vardır. Buradaki işlemde tıpkı PLC yazılım adımındaki gibi uzundur. Gerekli sinyal tanımlamaları yapılır. Son adımda; operatörün anlayabileceği arayüz tasarım ekranları oluşturulur. Bu ekranlar yangın anında yangının çıktığı bölgenin ekran üzerinde göstermesine yardımcı olur. Senaryolar, istasyonun belirli noktalarına yerleştirilen yangın ihbar butonlarına basılması veya istasyonda konumlandırılan yangın detektörlerinden alınan duman-ısı algılaması sonucunda yangın kontrol paneline alarm düşmesiyle başlamaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi için oluşturulan sistem mimarisi ise Şekil'3 de belirtilmiştir.



Şekil 3. Sistem Mimarisi

İstasyon yangın senaryosunda peron, turnike, teknik alan ve ara katlar da çıkabilecek yangın durumlarına istinaden istasyon hacimsel büyüklüğüne göre her istasyon için ortalama 4 ile 8 arasında senaryo bulunur. Bu çalışmada örnek olarak Çakmak ve Ihlamurkuyu İstasyonları arası tünel bölgesi ele alınmıştır. Senaryolar oluşturulmadan önce sahanın fiziki şartları göz önünde bulundurularak tünel bölgelerinde simülasyonlar yapılmıştır (Tablo 1). Çakmak ve Ihlamurkuyu istasyonları arasında kalan hat yolu tünelinin plan gösterimi Şekil 4'de sunulmuştur. Tablo 1'de ise bu hat yolunun eğim profili gösterilmiştir.



Şekil 4. Çakmak ve Ihlamurkuyu İstasyonları Arası Hat Yolu Tüneli Plan Gösterimi

Çakmak İstasyonu – Ihlamurkuyu istasyonu arası Hat 1 ve Hat 2 profil özet bilgileri Tablo 1'de Aralık, Eğim ve Tünel tipi olarak verilmiştir. Aralık değeri her iki istasyon arasındaki mesafe bilgisini, Eğim istasyonlar arasındaki eğim derecesini, tünel tipi ise ana hat tüneli mi (A), peron tüneli mi (P), makas tüneli mi (T) ve bağlantı tüneli mi (B) olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Profil Özet Bilgileri

Açıklama	**Aralık (km-km)** **HAT 1**	**Aralık (km-km)** **HAT 2**
Aralık Eğim (%) Tünel Tipi	(+) 10+720 – (+) 10+755 0 A2	(+) 10+745 – (+) 10+776 0 A2
Aralık Eğim (%) Tünel Tipi	(+)10+767,50 – (+) 11+528 2,75 B	(+)10+788 – (+) 11+557 2,72 B
Aralık Eğim (%) Tünel Tipi	(+)11+528– (+)11+583 0 B	(+)11+557 – (+)11+612 0 B

Üsküdar-Çekmeköy sürücüsüz metro projesi kapsamında kullanılan araç için geometrik veriler sabitlenmiş ve proje kapsamındaki araç yangını senaryolarında bu veriler temel alınmıştır. Simülasyonlara girdi teşkil eden araç, yangın ve kritik hız verileri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Araç, Yangın ve Kritik Hız Parametreleri

Parametre	**Denklem ve Açıklama**
Yangın Yükü [MW]	12
Yangın Yükü Konvektif Kısım [MW]	9,6
Kritik Hız için referans denklem	Kennedy denklemi
Araç ağırlıklı ön kesit alan [m2]	10,3
Araç Toplam uzunluk [m]	132
Araç ön alanına bağlı sürükleme katsayısı	0,56
Araç yan alanına bağlı sürtünme katsayısı	0,023
Kritik Hız Denklemi	$V_c = K \cdot K_g \left(\frac{gHQ}{\rho c_p A T_f} \right)^{1/3}$ $T_f = \frac{Q}{\rho c_p A V_c} + T$

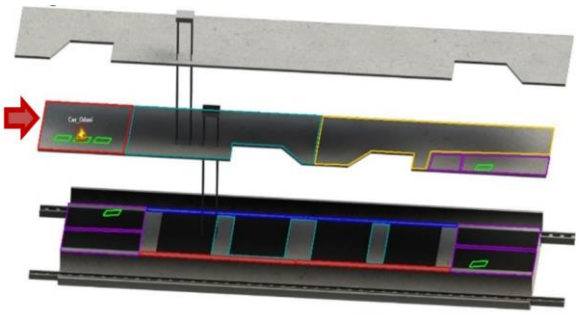
Kritik Hız Denklem Parametreleri;

- Vc [m/s] – Kritik Hız
- Q [w] – Yangın Yükünün Konvektif Kısmı
- Tf [K] – Yangın bölgesi sıcaklığı
- T [K] – Dış ortam sıcaklığı
- A [m2] – Yangın bölgesinde, araç ile tünel arasında kalan kesit alandır.
- P [kg/m3] – Havanın özgül ağırlığıdır.
- Cp [J/kg.K] – Sabit basınç altında havanın özgül ısı değeridir.
- K [-] – Birimsiz sabit: Değeri 0,61'dir.

3.2. Tahliye Simülasyonu

Tünel araç yangın senaryoları belirlenirken, hat eğimi, tünel kesit alanı, bölgede makas yapısının bulunup bulunmadığı gibi değişkenler göz önünde bulundurulmuş ve kritik hız değerleri bu değişkenlere bağlı olarak kritik noktanın seçimleri belirlenmiştir. Tüm hesaplama ve simülasyonlar yapıldıktan sonra bu değerlere uygun ve şartlarda SCADA yazılımında acil durum senaryoları oluşturularak yolcunun güvenli bir şekilde tahliyesi sağlanmaktadır. SCADA yazılımında oluşturulan senaryolara ilişkin örnek olarak İstasyon Geneli Yangın Senaryoları başlığı altında Çakmak istasyonu simülasyon adımları ele alınarak aşağıda sırasıyla açıklanmıştır. Çakmak istasyonu 6335,16 m2 kapalı alan ile orta büyüklükte bir istasyondur. Cadde seviyesinden ray hattına kadar ortalama derinliği 25 metredir.

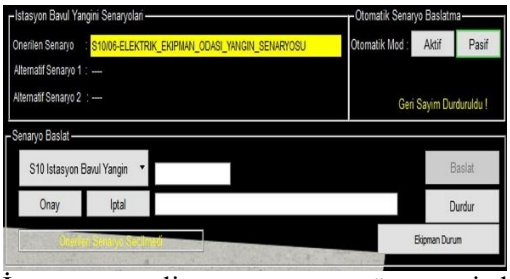
1. Çakmak istasyonunda yangın alarmının geldiği bölge ilk olarak SCADA ekrana düşer ve otomatik olarak açılır (Şekil 5). Ekran üzerinde yangın alev ikonu ve alarmın çıktığı bölgenin ismi yazılması operatörü detaylı olarak bilgilendirmesine yardımcı olur. Örnek olarak yangının çıktığı bölge CER odası olarak görülmektedir.
2.



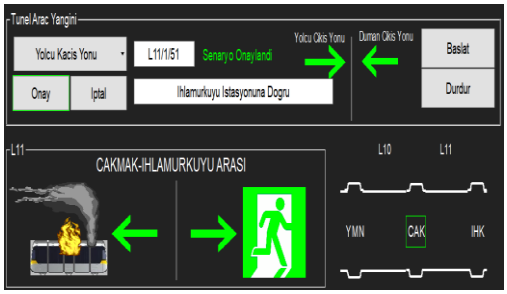
Şekil 5. SCADA yangın senaryo ekranı (CER odası)

3. Yangın alarm bilgisinin operatör ekranına düşmesi ve bölgenin yazmasıyla birlikte operatörün onayına bölgeye uygun yazılmış olan senaryo tipleri düşer. Bu senaryo tipleri yangın çeşidine göre değişiklik gösterebilir. Şekil 6 ve Şekil 7'de bu önerme ekranları gösterilmiştir. Simülasyon adımlarında İstasyon geneli yangın senaryolarına ilişkin çalışmadan bahsedilecektir.

4.

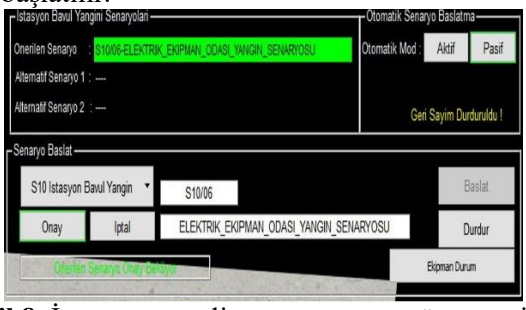


Şekil 6. İstasyon geneli yangın senaryo önermesi ekranı



Şekil 7. Tünel araç yangın senaryosu önerme ekranı

5. Yangın alarmı CER odasından geldiği için operatör ekranına önerilen senaryo olarak S10/06 Elektrik Ekipman Odası Yangın Senaryosu önermesi düşer. Operatör tarafından senaryo tipi seçilir. Onay verilir ve başlatılır.



Şekil 8. İstasyon geneli yangın senaryo önermesi

Çakmak istasyonunda kritik hız değerlerine göre oluşturulan istasyon geneli senaryolar ise Tablo 3'de yer almaktadır. Tahliye simülasyonunda 10-06 no'lu senaryo Şekil 8'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Çakmak istasyon yangın senaryo listesi

Senaryo No	Senaryo Açıklaması
10-01	Peron 1 Bavul Yangını Senaryosu
10-02	Bağlantı Tünelleri Bavul Yangını Senaryosu
10-03	Peron 2 Bavul Yangını Senaryosu
10-04	Bilet Holü Yangın Senaryosu
10-05	Teknik Birimler Yangın Senaryosu
10-06	Elektrik Odası Yangın Senaryosu

6. Senaryonun seçilmesi ile birlikte bu senaryolara bağlı olarak asansörler, yürüyen merdivenler, turnikeler, acil anonsları, acil aydınlatmalar, tehlike girilmez levhaları, tünel havalandırma ve egzoz fanları, peron sonu kapılar ve yangın söndürme sistemleri otomatik devreye girer (Tablo 4). CER odasında yangının varlığının teyit edilip onaylanması ile birlikte acil tahliye anonslarını öncelikle devreye girer. Bu anonslar "Acil Tahliye" ve "Teknik Personel Toplama" anonslarıdır. İstasyonda bulunan tüm yürüyen merdivenler ve asansörler acil moda geçiş yapıp yangın bölgesinin bulunduğu kattın ters yönünde çalışmaya başlar. Asansör basınçlandırma

fanları devreye girerek ortamın havadar olması sağlanır. Tünel havalandırma ve kirli hava fanları otomatik olarak kapanır.

Tablo 4. Senaryoda çalışan ekipmanların durum bilgisi

Ekipman Kodu	Ekipman Adı	Komut
LFP/101	Asansör	Yukarı Git
LFP/301	Asansör	Yukarı Git
ESC/101	Yürüyen Merdiven	Yukarı Çalış
ESC/102	Yürüyen Merdiven	Yukarı Çalış
ESC/301	Yürüyen Merdiven	Yukarı Çalış
ESC/302	Yürüyen Merdiven	Yukarı Çalış
TVF/101	Tünel Havalandırma Fanı	Durdurma Komutu
TVF/102	Tünel Havalandırma Fanı	Durdurma Komutu
TVF/151	Tünel Havalandırma Fanı	Durdurma Komutu
TVF/152	Tünel Havalandırma Fanı	Durdurma Komutu
EXF/301	Kirli Hava Fanı	Durdurma Komutu
EXF/302	Kirli Hava Fanı	Durdurma Komutu
INF/301	Temiz Hava Fanı (Hücre Tipi)	Normal Durum
INF/302	Temiz Hava Fanı (Hücre Tipi)	Normal Durum
AFC	Turnikeler	Serbest Komutu
EDP	Tehlike Girilmez Levhaları	Devreye Al Komutu
CPA	S10/CPA/01 Anons1	Acil Tahliye Anonsu
CPA	SXX/CPA/02 Anons2	Teknik Personel Toplama Anonsu
SCT	İstasyon Aydınlatma	Devreye Al Komutu
YP	Yangın Perde	İniyor (Perde Aşağı Komutu)
STPE	Tünel Acil Durum Aydınlatma	Devrede (Devreye Al Komutu)

Yangının peronda çıktığı bölgeye göre Hat1 - Hat2 veya Doğu - Batı yönleri tüm tünel havalandırma fanları otomatik kapanacak yolcu dumandan etkilenmeyecektir. Yolcunun istasyondan giriş ve çıkışı için kullanılan tüm turnikeler otomatik olarak boşa çıkacak ve yolcunun geçişi rahatlatılacaktır. İstasyon aydınlatma lambaları ve yangın kaçış yönlendirme tabelaları devreye girecek yolcunun kaçış yönü kolaylaştırılacak. Tüm bunların hepsi WinCC OA SCADA yazılımı ve PLC'ye yazılan kod yazılım sayesinde gerçekleştirilecektir. Her senaryo için ayrı ayrı kod yazılır. Yapacak olacağımız tasarım sonucunda yolcu güvenliği korunup mal ve can kaybı en aza indirgenmesi hedeflenmektedir.

4. SONUÇ

SCADA sistemiyle sahada bulunan tüm elektrik, elektronik ve elektromekanik ekipmanların takip ve kontrolünün yanı sıra acil durum senaryolarını yönetme ve izleme olanağı mevcuttur. Oluşturulan acil durum senaryolarına göre, senaryoda aktif olarak görev yapan sistem ekipmanları senaryo süresince SCADA sistemi tarafından kumanda edilecek ve bu sistemlere ait ekipmanların senaryo davranışları izlenebilecektir. SCADA sisteminde acil durum senaryoları istasyon geneli yangınlar, peron-tünel araç yangınları, acil durum jeneratör ve sıkışık mod olarak 4 gruba ayrılmaktadır. Bu çalışmada metro hatlarında uygulanan acil durum yangın senaryoları ele alınmıştır. İstanbul'da bulunan M5 Üsküdar - Çekmeköy sürücüsüz metro hattında Çakmak – Ihlamurkuyu istasyonları tünel bölgesinde meydana gelebilecek yangın durumda kritik hız değişkenlerine göre tespit edilerek simülasyon senaryolarının nasıl oluştuğunu buna ek olarak Çakmak istasyon içerisinde çıkabilecek yangın senaryosunda uygulanacak tahliye simülasyon adımlarının SCADA sistemi yazılımı üzerinden nasıl sağlanacağına değinilmiştir. SCADA ekran arayüz tasarımı, yazılımı ve tahliye simülasyonu oluşturulan tüm senaryolar acil durum anında otomatik veya manuel olarak devreye girerek algoritma içerisinde tanımlanan senaryo şartlarını yerine getirecektir. Yapılan işlemler sonucunda hat genelinde oluşturulan tüm senaryolar için test ve devreye alma süreçleri gerçekleştirilerek devreye alma süreçlerinde tespit edilen olumsuzluklar hattın açılışından önce giderilir ve yolcunun olay anında yaşayabileceği risk faktörü en aza düşürülür. Böylece yolcu tahliyesinin güvenli bir şekilde yapılması sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR
Bu çalışmada kullanılan verilerin kullanımı ve destekleri için Metro İstanbul A.Ş. Elektronik Sistemler Bakım Müdürlüğü' ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA GÖSTERİMİ

Yazıcı, Ö. (2013), *Metro istasyonları ve tünellerinde yangın ve tedbirlerinin analizi*, Kocaeli: Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lu, Y. (2013), Case-based reasoning for automated safety risk analysis on subway operation: case representation and retrieval Safety Science, 57, 75–81.

Baoqian D., Tong, W., Yueping, Q. (2009), Subway station evacuation simulation system *International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, China, 396-399.

Yetgin, A. (2019), *İstanbul metrosunda havalandırma sistemleri ve duman tahliyesi*, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zou, Q., Fernandes, S., Chen, S. (2019), Agent-based evacuation simulation from subway train and platform, *Journal of Transportation Safety & Security*, 13, 318-339.

Bu, F., Gharajeh, S. (2019), Intelligent and vision-based fire detection systems: A survey Image and Vision Computing, 91, 103803.

Penga, M., Chenga, X., Conga, W. (2021), Experimental investigation on the characteristics and propagation of fire inside subway train, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 107, 103632.

Eralp, O., Musluoğlu, E., (2003), Yeraltı toplu taşıma sistemlerinde acil durum havalandırması, *6. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi,* İzmir, Türkiye.

Çekerek, E. Demir, M. (2021), İstanbul metrolarında yolcu konforunun arttırılması sinyalizasyon sistemi ile otomatik anons kontrol uygulaması, *Demiryolu Mühendisliği,* 14, 110-121.

MICROWAVE-ASSISTED PYROLYSIS OF PARTICLE BOARD WASTES USING DIFFERENT MICROWAVE ABSORBENTS: CHARACTERIZATION OF BIO-OILS

Narin Tuğçe DOĞAN
Karabuk University/ Department of Environmental Engineering
2028140004@ogrenci.karabuk.edu.tr: ORCID: 0009-0001-8679-2808

Hamiyet ŞAHİN KOL
Karabuk University/Department of Environmental Engineering
hsahinkol@karabuk.edu: ORCID: 0000-0002-9016-584X

Elham AGHLARA
Karabuk University/ Department of Environmental Engineering
aghlaraelham@gmail.com: ORCID: 0000-0002-5302-7771

Mehmet Kuddusi AKALIN
Karabuk University/ Department of Environmental Engineering
mehmetakalin@karabuk.edu.tr: ORCID: 0000-0003-4996-8736

Abstract
Particle Board Wastes (PBW) are typical industrial biowaste with a massive global annual generation. Due to their low-value applications, potential toxicity, and problems arising from their disposal, the global growth of particleboard waste is regarded as a global issue. In the study, microwave-assisted pyrolysis (MAP) of PBW was carried out at 1800 W for 30 min duration under nitrogen gas flow using silicon carbide (SiC) and magnesium chloride ($MgCl_2$) as absorbents. $MgCl_2$ is used as both an absorbent and a catalyst in the experiments. The effects of waste to absorbent ratio, and SiC to $MgCl_2$ ratio on the yields and composition of bio-oils were investigated. The SiC to $MgCl_2$ ratio had a significant effect on the composition and the higher heating value of bio-oils.

Keywords: Particleboard waste, microwave pyrolysis, microwave absorbent

1. INTRODUCTION

Particleboard (PB) is an engineered wood product made from wood particles bonded with a synthetic resin at high pressure and temperature. In recent years, both its global demand and production have exhibited an upward trend (Zhan et al., 2019). PB is becoming increasingly important in people's lives, and it is widely used in furniture manufacture, construction, decoration, and packaging, among other things. In 2020, the PB was produced around 96.01 million m3 worldwide (Hua et al., 2022) with an expected annual growth rate of 4.4% the next six years. As Fig.1 shows Asia is the leading producers of particleboard, followed by Europe in the world.

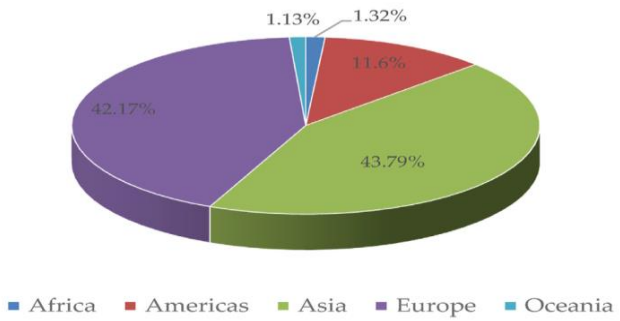


Fig 1. Particleboard production quantity by region in 2020

However, after production, processing, and use significant quantities of PBs are generated and must be disposed of effectively (Akaranta., 2000). Approximately, 10% of PBs and their associated products get discarded annually, therefore yielding a large amount of waste PB.

The dominant substance in PB is wood particle. So, it is classified as lignocellulosic biomass. It also contains resin as an adhesive (10-11 wt%) during the manufacturing process, with roughly 90% of resins being urea-formaldehyde (UF), phenol-formaldehyde (PF) and melamine-formaldehyde (MF), resulting in a high nitrogen content (1-7 wt%) in PBW (Xu et al., 2021; Girods et al., 2008). Regarding adhesives for PBs, urea–formaldehyde resins are predominantly used, and their low cost, high reactivity, and excellent performance contribute to their commercial success (Yong et al., 2022). As a result of the coexistence of wood and adhesives, effective disposal of PBW would present both apparent challenges and opportunities (Haeldermans et al., 2019). At present, PBW is sent to landfills, incineration sites, recycling centers, animal bedding and other low value uses. In a landfill, PBW not only poisons the soil through adhesive infiltration but also pollutes the air through the slow release of hazardous formaldehyde. To recycle, PBW must be degummed, resulting in a substantial quantity of nitrogen-containing wastewater. The resins in PBW can create toxic gases during incineration, posing environmental and human health dangers (Mayers et al. 2018). On the other hand, their plentiful wood fibers cause them to be classified as typical biomass resources that are thermally transformed into high value-added biofuel or chemicals (Zhan et al., 2019).

Pyrolysis is a promising and flexible process that can be used to produce high-added-value chemicals and fuel. Pyrolysis also is the thermal decomposition process in an oxygen-free environment that yields char, gas and condensable (liquid) products (Haeldermans et al., 2019). The product formation significantly varied depending on feedstock composition, pyrolysis parameters, and heating source. Due to their dual characteristics of wood and adhesives, the pyrolysis behaviors of PBW differ from those of wooden biomass. Through the addition of adhesives, extrinsic nitrogen sources were introduced into PBs, resulting in the presence of more fuel-bound nitrogen in PBW than in conventional wooden biomass (Yong et al., 2022). This fuel-bound nitrogen in BPW would be turned into NOx precursors in biogas and N-containing molecules in bio-oil and biochar. In comparison, the special N-rich features of bio-oil and biochar could be used in ways that add a lot of value (Xu et al., 2021**;** Lemonon et al., 2014). In pyrolysis, the required heat for the decomposition of biomass can be supplied either directly or indirectly through the heating sources (Haeldermans et al., 2019). During conventional pyrolysis (CP), the heat from the pyrolysis oven is delivered directly to the particle surface through convection, and it is then further transported from the particle's exterior to its interior via conduction (Wang et al., 2017). Therefore, the temperature gradient travels from the particle's exterior to its interior, whereas the released volatiles diffuse in the opposite direction, from the particle's interior to its exterior. Thus, a conventional pyrolysis system (CPS) has inherent limitations in terms of heat transfer resistance, heat losses, and nonselective heating. Recently, studies indicated that microwave-assisted pyrolysis (MAP) is a promising alternative to CP (Haeldermans et al., 2019; Li et al., 2016). Microwave systems provide a faster, more energy-efficient, and more selective heating process than CPS, leading to increased production rates and decreased costs. In MAP, microwaves penetrate the particle and energy is converted into thermal energy within the particle.

This occurs due to the rotation of ions and dipoles within the biomass in the direction of the microwaves hitting the biomass. This energy is transferred outwardly, resulting in a temperature gradient from the particle's inside to its outside, in the same direction as the released volatiles (Yong et al., 2022). In such a circumstance, the three-phase products of pyrolysis may have their own unique qualities and characteristics. The low MW absorption of wooden biomass requires microwave absorbent (MA) to increase the heating rate and polymer breakdown within a short period of pyrolysis time. The most important aspect of MAP is the utilization of an appropriate microwave absorbent (Suriapparao and Vinu, 2022a; Suriapparao et al., 2022). The poor thermal conductivity of wooden biomass results in the formation of a temperature gradient, which is then followed by the diffusion of volatiles from the interior to the outer surface of the feedstock. Several authors have proposed the use of suitable MA, such as SiC and MgCl2, in MW pyrolysis to increase the heating rate of feedstock and the yield and quality of bio-oil. Therefore, the MA is utilized to absorb the MW irradiation and transmit it to the biomass to increase the heating rate (Salema., 2013). During MAP, the MW energy absorbed by the MA is transformed into heat, which is then conducted on the substrate. (Neha and Remya., 2022). Thus, heat is accumulated within the MA and transmitted externally. Thus, a MA modifies the quantity and quality

of final products, such as bio-oil (Neha, S., 2022). Besides acting as an energy transfer medium, MA also acts as a catalyst which results in altering the product composition (Suriapparao and Vinu, 2022a). Several parameters, including reactor type, temperature, microwave power, residence time, carrier gas flow, and the type and amount of MA, must be considered in order to optimize the intended pyrolysis products (Haeldermans et al. 2019; Luque et al. 2012). While MAP is still a novel technique, considerable research has been conducted on this subject. Process parameters must be optimized depending on the type of biomass which have different complex composition. PB is a serious waste stream that requires a sustainable solution (Smets et al., 2011). The MAP of PBW was carried out in this study with the goal of producing bio-oil. The influence of different MAs in MAP on the characteristics of bio-oil is analyzed.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, PBW was used as raw materials. The 50 cm × 50 cm, 700 kg/m^3 PB sheets were purchased from the Kastamonu Particle Board Plant in Turkey. The PB is composed of pine, oak, and poplar wood particles which are pressed and glued together with additive UF (11%). This blend is put together in a well-balanced way to make it stronger and easier to shape. The as-received PB sheets were grinded to 1 mm. Then, it was dried at 103 °C to obtain a completely dry content and kept in a desiccator to prevent it from getting moisture until the experiment. The inherent moisture content of the as-received PBW was 8 wt%. The MA of analytic grade SiC and MgCl2 (≤0.5mm particle size) was used. The MAs were used for ensuring adequate heat generation and heating rates within the reaction.

The MAP experiments were carried out in a modified microwave oven which have a maximum microwave output power of 1800 W operated at 2.45 GHz. The experimental system consisted of a modified microwave oven, quartz reactor, N2 supply and pyrolysis oil collectors which were cooled with ice-water mixture. The sample amount was ≤ 30 g at all experiments. The waste powder was mixed with a microwave absorber (here SiC or MgCl2 or SiC + MgCl2) to reach high temperature that are necessary for pyrolysis. 30, 40, and 50 wt.% of absorbent were added to waste powder (20 g).

To explore and investigate the synergistic absorbent effects between SiC and MgCl2, the different combinations of SiC / MgCl2 were mixed with waste powder. Each premixed waste-absorbent sample, introduced in a round-bottom quartz reactor, was placed in the microwave system. An inert medium was provided during the experiments by using N2 gas and the N2 flow rate of 20 ml/min was passed through the quartz reactor for 15 min before and during the experiments. The N2 flow also helps to transfer the volatile compounds released during biomass heating. The quartz reactor was heated at 1800 W for a total of 30 minutes. To avoid excessively fast heating, every 60 seconds of microwave exposure was followed by 30 seconds of rest. At the end of each experiment, the microwave oven was shut down and the N_2 flow was kept until the biochar cooled down to about 25 °C before the solid residue (biochar) was removed from the reactor. Then obtained biochar and the condensable fraction (liquid fraction) were weighed, and the non-condensable vapors (gas) were evacuated. Mass balance calculations were performed to estimate the product yields. Experiments were repeated 3 times.

3. RESULTS and DISCUSSION

Figure 2 shows product distributions obtained from the microwave-assisted pyrolysis of PBW with absorbent ratios of 50 wt%. As a result of this study using of $MgCl_2$ in the experiments with 50 wt% absorbent ratio had a significant effect on the yields of bio-oils. The bio-oil yields obtained from the experiments using mixture of SiC and MgCl2 were found to be higher than the bio-oil yield obtained without $MgCl_2$. Increasing the ratio of $MgCl_2$ resulted an increase in the bio-oil yields while the maximum bio-oil yield (26.33 wt%) was obtained with the use of 5/5 ratio of SiC and $MgCl_2$. Another important result is A further increase in $MgCl_2$ ratio resulted in a slight decrease in the bio-oil yields.

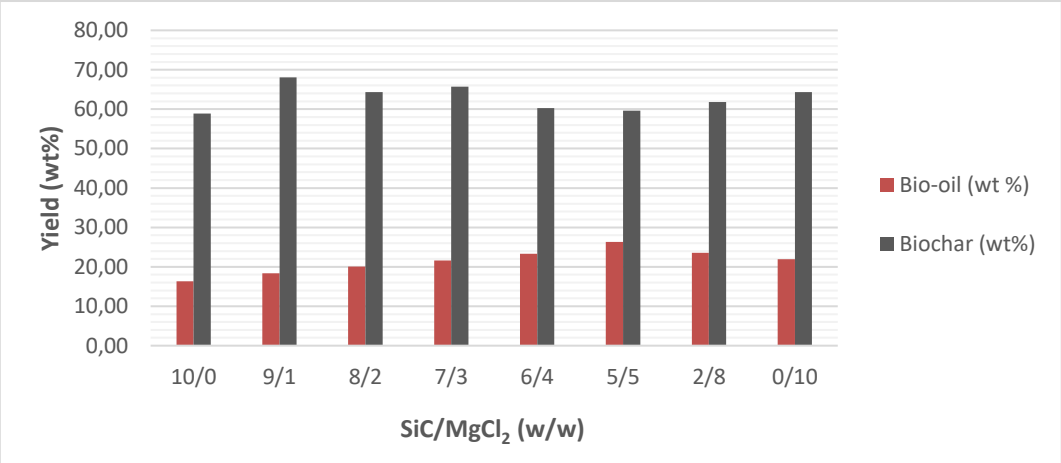


Fig 2. Product distributions obtained from the microwave-assisted pyrolysis of PBW with absorbent ratios of 50 wt%.

Figure 3 shows product distributions obtained from the microwave-assisted pyrolysis of PBW with absorbent ratios of 40 wt%. The use of $MgCl_2$ in the experiments with 40 wt% absorbent had a similar effect when compared to experiments with 50 wt%. 4 /4 ratio of ratio of SiC and $MgCl_2$ was very important ration in our study. Because the maximum bio-oil yield (27,55 wt%), which was also the maximum bio-oil yield in all tested absorbent ratios, was obtained in this ratio of absorbents.

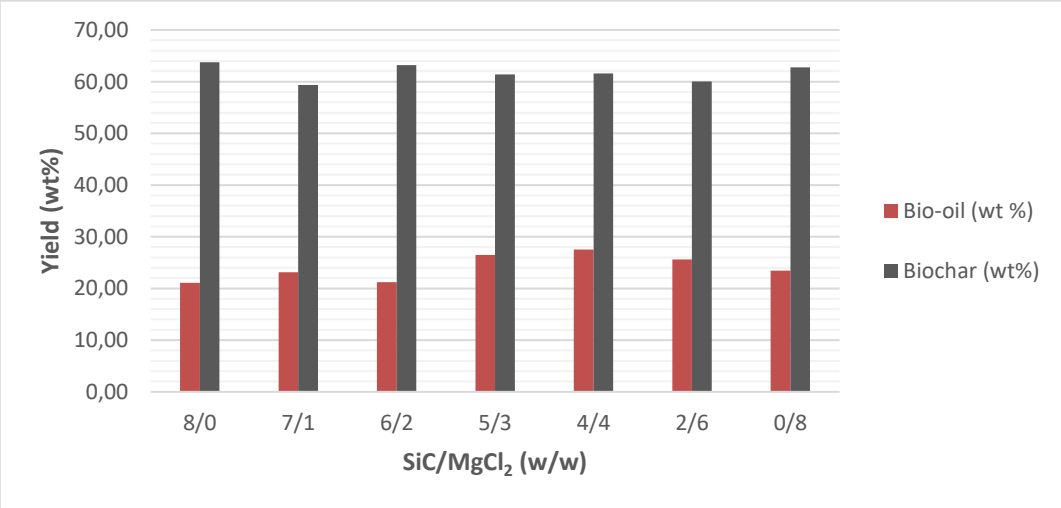


Fig 3. Product distributions obtained from the microwave-assisted pyrolysis of PBW with absorbent ratios of 40 wt%.

Fig 4 also shows elemental composition and higher heating values of obtained bio-oils with absorbent ratio of 50 wt%. The higher heating values of bio-oil obtained with the use of SiC -$MgCl_2$ mixture up to 1:1 ratio were found to be significantly lower than the bio-oil obtained with the individual use of SiC at 50 wt% absorbent amounts. The maximum HHV (30,79 MJ/kg) was obtained from the individual use of $MgCl_2$ followed by the HHV (26,89 MJ/kg) obtained by using 1:1 ratio of SiC -$MgCl_2$ mixture.

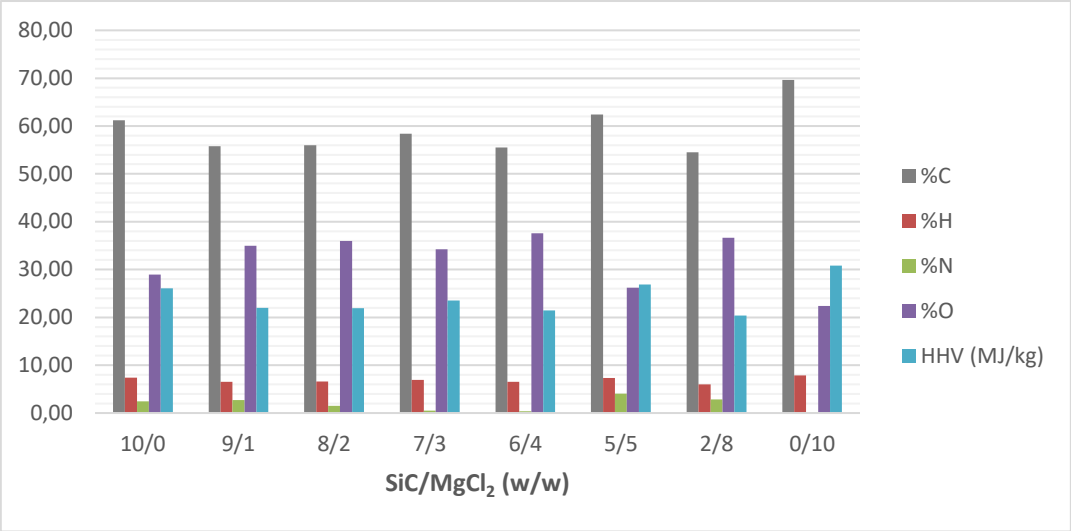


Fig 4. Elemental composition and higher heating values of obtained bio-oils with absorbent ratio of 50 wt%.

According to Fig 5, a similar trend for higher heating values were also observed in the experiments carried out at 40 wt% absorbent amounts when we compare the HHVs of absorbent mixtures. The HHVs of bio-oils obtained with the use of absorbent mixture were significantly lower than the HHV of bio-oil obtained with the individual use of SiC. On the other hand, maximum HHV (26,27 MJ/kg) was obtained from the individual use of SiC followed by the HHV (25,03 MJ/kg) obtained by using 1:1 ratio of SiC -$MgCl_2$ mixture.

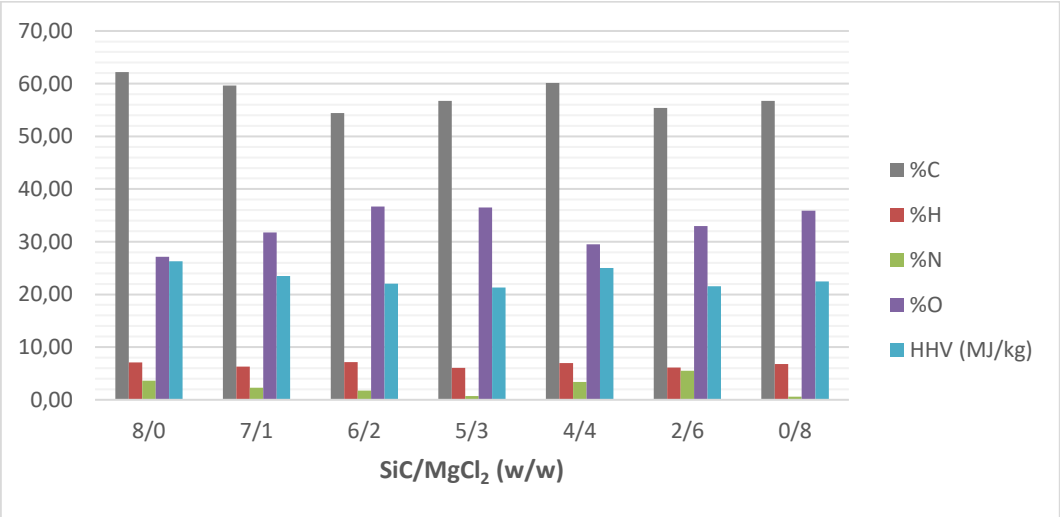


Fig 5. Elemental composition and higher heating values of obtained bio-oils with absorbent ratio of 40 wt%.

4. CONCLUSION

Overall, the findings of this study provide important insights into influence on of absorbents ratios and using of absorbent individually or together on bio-oil yield. The PBW to absorbent ratio had a significant effect on the yields of bio-oil as the bio-oil yields from the experiments with the use of 40 wt% SiC and $MgCl_2$ individually were found to be higher than the bio-oil yields obtained with the use of 50 wt% SiC and MgCl2 individually. The ratio of SiC to $MgCl_2$ mixture significantly affected the bio-oil yield and the maximum bio-oil yields were obtained from 1:1 ratio of SiC and $MgCl_2$ mixture for both absorbent amounts. The bio-oil with maximum higher heating value (30,79 MJ/kg) was obtained from the experiment with the use of 50 wt% of $MgCl_2$. The higher heating value of bio-oil (26,89 MJ/kg) obtained from 50 wt% absorbent ratio were higher than the HHV of bio-oil (25,03 MJ/kg) obtained from 40 wt% absorbent amount at a 1:1 ratio of SiC to $MgCl_2$. As a result of our conclusion, this study showed that

the waste which is generated in high amounts can be successfully converted to bio-oil via microwave-assisted pyrolysis, and the obtained bio-oil has a great potential to be used as a biofuel.

ACKNOWLEDGEMENTS
The authors are grateful for the support of Karabuk University Coordination of Scientific Research Projects (Project number: KBÜBAP-21-YL-027).

REFERENCES

Akaranta, O. (2000). Production of particle boards from bioresources. Bioresource technology, 75(1), 87-89.

Girods, P., Dufour, A., Rogaume, Y., Rogaume, C., & Zoulalian, A. (2008). Pyrolysis of wood waste containing urea-formaldehyde and melamine-formaldehyde resins. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 81(1), 113-120.

Haeldermans, T., Claesen, J., Maggen, J., Carleer, R., Yperman, J., Adriaensens, P., ... & Schreurs, S. (2019). Microwave assisted and conventional pyrolysis of MDF–characterization of the produced biochars. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 138, 218-230.

Hua, L. S., Chen, L. W., Geng, B. J., Kristak, L., Antov, P., Pędzik, M., ... & Pizzi, A. (2022). Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: A review. journal of materials research and technology.

Lemonon, J., Girods, P., Rogaume, C., Perrin, D., & Rogaume, Y. (2014). Nitrogen removal from wood laminated flooring waste by low-temperature pyrolysis. Waste and biomass valorization, 5, 199-209.

Li, J., Dai, J., Liu, G., Zhang, H., Gao, Z., Fu, J., ... & Huang, Y. (2016). Biochar from microwave pyrolysis of biomass: A review. Biomass and Bioenergy, 94, 228-244.

Luque, R., Menendez, J. A., Arenillas, A., & Cot, J. (2012). Microwave-assisted pyrolysis of biomass feedstocks: the way forward?. Energy & Environmental Science, 5(2), 5481-5488.

Mayer, F. M., Teixeira, C. M., Pacheco, J. G. A., de Souza, C. T., de Vila Bauer, D., Caramão, E. B., ... & Zini, C. A. (2018). Characterization of analytical fast pyrolysis vapors of medium-density fiberboard (MDF) using metal-modified HZSM-5. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 136, 87-95.

Salema, A. A., Yeow, Y. K., Ishaque, K., Ani, F. N., Afzal, M. T., & Hassan, A. (2013). Dielectric properties and microwave heating of oil palm biomass and biochar. Industrial crops and products, 50, 366-374.

Siddiqua, A., Hahladakis, J. N., & Al-Attiya, W. A. K. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. Environmental Science and Pollution Research, 29(39), 58514-58536.

Smets, K., Adriaensens, P., Reggers, G., Schreurs, S., Carleer, R., & Yperman, J. (2011). Flash pyrolysis of rapeseed cake: Influence of temperature on the yield and the characteristics of the pyrolysis liquid. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 90(2), 118-125.

Suriapparao, D. V., Tanneru, H. K., & Reddy, B. R. (2022). A review on the role of susceptors in the recovery of valuable renewable carbon products from microwave-assisted pyrolysis of lignocellulosic and algal biomasses: Prospects and challenges. Environmental Research, 114378.

Suriapparao, D. V., & Tejasvi, R. (2022). A review on role of process parameters on pyrolysis of biomass and plastics: Present scope and future opportunities in conventional and microwave-assisted pyrolysis technologies. Process Safety and Environmental Protection, 162, 435-462.

Wang, S., Dai, G., Yang, H., & Luo, Z. (2017). Lignocellulosic biomass pyrolysis mechanism: A state-of-the-art review. Progress in energy and combustion science, 62, 33-86.

Xu, D., Yang, L., Zhao, M., Zhang, J., Syed-Hassan, S. S. A., Sun, H., ... & Zhang, S. (2021). Conversion and transformation of N species during pyrolysis of wood-based panels: A review. Environmental Pollution, 270, 116120.

Yong, C., Wenliang, W., & Jianmin, C. (2022). Microwave-assisted pyrolysis of wood-based panels for producing N-enriched bio-oil and N-doped biochar. Biomass Conversion and Biorefinery, 1-12.

Zhan, H., Zhuang, X., Song, Y., Liu, J., Li, S., Chang, G., ... & Wang, X. (2019). A review on evolution of nitrogen-containing species during selective pyrolysis of waste wood-based panels. Fuel, 253, 1214-1228.

Zhang, Y., Fan, S., Liu, T., Fu, W., & Li, B. (2022). A review of biochar prepared by microwave-assisted pyrolysis of organic wastes. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 50, 101873.

DEPREM İZOLATÖR TEST CİHAZININ EKSTANSOMETRE ÖLÇÜM SİSTEMİNİN KALİBRASYON GEREKLİLİĞİ

Ufuk KURU
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
ufuk.kuru@tubitak.gov.tr, ORCID: ***0000-0002-6990-3414***

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Sismik izolatörler, yapıların deprem sırasında hasar görmesini önlemek amacıyla binada, köprülerde, santrallerde ve diğer birçok yapılarda kullanılırlar. Binalarda kullanılan sismik izolatörler, depremlerde binanın hasar görmesini azaltır ve insanların hayatını korur. Sismik izolatörlerin üretimi esnasında performanslarının test edilmesi gereklidir. Sismik izolatör performans test cihazlarından doğru ve güvenilir ölçüm sonuçları elde edebilmek için bu ekipmanların uluslararası standartlara göre kalibre edilmesi gerekmektedir. Sismik izolatör test cihazlarının kalibrasyonu için kuvvet ve uzama sistemlerinin ayrı ayrı kalibre edilmesi gerekir. Bu çalışmada, sismik izolatörlerin yapısı, sismik izolatör performans test cihazlarının yapısı, test cihazı uzama ölçümlerinin kalibrasyonu ve uzama ölçümleri için gerekli olan izlenebilirlik hakkında bilgiler ele alınmış ve verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik izolatör, ekstansometre ölçüm, kalibrasyon, izlenebilirlik

CALIBRATION REQUIREMENT OF THE EXTENSOMETER MEASUREMENT SYSTEM OF THE EARTHQUAKE ISOLATOR TESTER

Abstract
Seismic isolators are used in buildings, bridges, power plants, and many other structures to prevent structures from being damaged during earthquakes. Seismic isolators used in buildings reduce damage to the building in earthquakes and protect people's lives. During the production of seismic isolators, it is necessary to test their performance. In order to obtain accurate and reliable measurement results of seismic isolator performance test devices, these devices must be calibrated according to international standards. For the calibration of seismic isolator testers, the force and elongation systems must be calibrated separately. In this study, information about the structure of seismic isolators, the structure of seismic isolator performance testers, the calibration of test device elongation measurements, and the traceability required for elongation measurements are discussed.

Keywords: Seismic isolator, extensometer measurement, calibration, traceability

1. GİRİŞ

Günümüz endüstrisinde yaşanmış olan rekabet ve ilerleyen teknoloji sebebiyle, daha kaliteli ve emin ürünleri tüketiciye taktim etmek ve böylece pazar paylarını çoğaltmak isteyen üreticiler, ürünlerine çeşitli mekanik testler uygulamaktadırlar. Mekanik testlerinin ana amacı, ürünlerde kullanılan malzemelerin uygunluğunun belirlenmesidir. Böylece uygun olmayan malzeme kullanılmayarak veya daha iyi malzemeler geliştirilmesi sağlanarak, ortaya çıkabilecek muhtemel arızalar veya hasarlar önlenmiş ve olası tehlike ve zararlardan kaçınılmış olur. Son zamanlarda üretim sonrası kalite kontrol yerine üretim aşamalarında prosesin kontrolünün sağlanması, imalatı gerçekleştirilen bütün ürünlerde kalitenin gerçekleşmesini çok önemli bir faktördü. Bunun gerçekleşebilmesinin tek yolu ise üretim öncesi, üretim esnasında ve sonrasında kullanılan ölçme ve test cihazlarının doğruluğunun belirlenmesidir. Dizayn aşamasından ürün aşamasına kadar tüm proseste mekanik özellikleri uygun malzemelerin kullanılması daha ekonomik ve daha güvenilir ürünler oluşturulmasını sağlar. Bu amaç çerçevesinde kullanılan çekme-basma test makinalarının doğruluğunun belirlenmesi ve iyileştirilmesi, doğrudan ürün kalitesine yansıyacaktır.

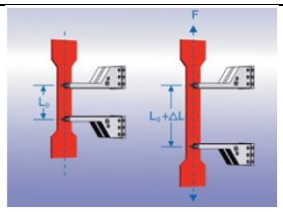
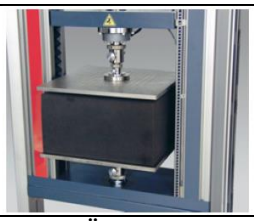
Çekme-basma test makinalarının doğrulanma veya kalibrasyon ölçümlerinde iki parametre kontrol edilir. Bunlardan birincisi, makinasının kontrol koşullarında yük(kuvvet) ölçme sisteminin doğrulanması, ikincisi ise uzama ölçerlerin (ekstansometre) doğrulanmasıdır. "Ekstansometre" teriminden yer değiştirme miktarını ölçen cihaz ve bu yer değişiklik yapma miktarını ölçümleyen veya kaydeden sistem anlaşılmalıdır. Çekme, basma ve eğme testleri, çeşitli malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalibrasyon ve doğrulama sırasında sadece malzemeye uygulanan kuvveti ölçmek değil. Malzemede meydana gelen deformasyonları (uzama, basma, eğilme) ölçerek malzemenin mekanik özelliklerini belirlemek de önemlidir. Malzemede şekil değişim 2 şekilde ölçülebilir; Doğrudan ölçüm ve Dolaylı ölçüm yöntemidir.

a) Doğrudan Ölçüm Yöntemi

Doğrudan ölçüm yönteminde, isminden de anlaşılacağı benzer biçimde numune üzerinden çeşitli yöntemlerle şekil değişiminin ölçümü doğrudan yapılır. Bu sayede makine gövdesi ve çenelerden gelen uzama değişiklikleri ortadan kaldırılır ve çok daha doğru ölçüm değerleri elde edilir.

b) Dolaylı Ölçüm Yöntemi

Dolaylı ölçüm yönteminde numunedeki hareketli tablanın hareketi ile deformasyon miktarı belirlenir. Bu durumda numunedeki deformasyon ölçüm değerinin içine; makine gövdesi (vidalı mil, kolonlar, hareketli tabla), kuvvet ölçer, numune tutucuları ve tutucu yüzeylerdeki hareketlerin tümü ölçüme dahil edilmiş olmaktadır. Şekil 1'de doğrudan ölçüm ve dolaylı ölçüm yöntemleri görülebilir.

	
Doğrudan Ölçüm Yöntemi	Dolaylı Ölçüm Yöntemi

Şekil 32. Doğrudan ve dolaylı Ölçüm Yöntemleri

Günlük hayatta iki ölçüm arasında fark olmadığını kabul ederek, metrolojide her iki ölçüm değeri içinde değişiklikler olduğu bilinmektedir.

2. SİSMİK İZOLASYON VE TEST SİSTEMLERİ

Sismik izolasyon, isminden de anlaşılabileceği üzere yapıları, binaları depremden ve depremin zararlı etkilerinden yalıtan teknolojidir. Nasıl su izolasyonu suyun geçişine engel oluyorsa yahut ısı izolasyonu ısı geçişine engel oluyorsa, sismik izolasyon da depremin yada yer sarsıntısının zararlı etkilerinin yapılara veya binaya geçişine engel olan teknolojidir. Sismik yalıtım için binaların temel seviyesinde kullanılan, sismik izolatörler, deprem veya yer sarsıntısı esnasında binanın hareketine veya sağa sola sallanmasına engel olur. Böylelikle binalar hasar almadan depremi atlatabilirler. Yalnızca binaların taşıyıcı kolonlarına yerleştirilen sismik izolatör binaların içindeki insanları, eşyaları koruyarak binaların ve içindekilerin hiçbir zarar almadan depremi atlatması sağlanabilir.

Sismik izolatörlerin yapısı, ince kauçuk ve çelik plaka tabakalarından oluşur ve bu katmanlar düşey doğrultuda yüksek ve yatay yönde düşük rijitlik sunan bir performans sergiler. Sismik izolatörler düşeyde binayı destekleme ve yatayda deprem sarsıntısını sönümleme yeteneğine sahiptir. İzolatörün düşey rijitliği, yapının ağırlığını güvenle taşırken, yatay yöndeki elastik davranış kabiliyeti deprem sarsıntısını binadaki yavaş salınımlara dönüştürür.

Şekil 2. Sismik İzolatörlerin kullanım Alanları

Sismik izolatör kontrol test makinaları veya sistemleri EN 1337-1 ve EN 15129 standartlara uygun olarak sismik izolatörlerin üretim kontrol testleri ve uygunluk testlerini gerçekleştirmek için geliştirilmiş özel test sistemleridir. [8-0].

Sismik izolatör test sistemleri, genel yapısı itibarıyla en az iki eksenli (düşey ve yatay eksenlerde) yük uygulayabilen (yaygın olarak düşey olarak 100 kN ile 20 MN ve yatay olarak 5 kN ile 5 MN) ve senkronize çalışabilirler. Ayrıca yüksek deformasyonlarına sahip izolatörlerde (1500 mm ve daha yüksek boyutlarda) % 150'ye kadar makaslama (shear displacement) hareketini döngüsel (cycling) olarak uygulayabilen, yüksek hızlı veri toplama (data acquisition rate) (en az 1000 veri/s ile 10000 veri/s) sahip elektronik kontrol sistemleri ile kontrol edilebilen, yüksek hızlarda (10 mm/s ile 2000 mm/s) gerçekleştirebilen çok fonksiyonlu sistemlerdir. İlave olarak yüksek mekanik yasarım kriterlerine (gövde rijitliği, sürtünmesi minimuma indirgenmiş özel aktüatör ve sarsma tablası parametreleri vb.) sahip yapıdadır. Şekil 3'te sismik izolasyon test sistemi örneği verilmiştir [10].

Gelişen teknoloji ve endüstride yaşanan rekabet nedeniyle daha kaliteli ve güvenli ürünleri tüketiciye sunmak ve böylece pazar payını çoğaltmak isteyen üreticiler, malzeme ve ürünlerine çeşitli testler uygularlar. Malzeme testleri, endüstriyel ürünlerde kullanılan malzemelerin uygunluklarının belirlenmesini hedeflemektedir. Böylece uygun olmayan malzeme kullanmı engellenmiş olacaktır. Malzeme testleriyle özellikleri belirlenen malzemeleri kullanmak, tasarım aşamasından ürün aşamasına kadar olan bütün proseste, ekonomik ve daha güvenli ürünlerin geliştirilmesini sağlar. Bu testlerde kullanılan test makinaları ve sistemleri yaygın olarak malzemeye bir kuvvetin uygulanması ile meydana gelen değişimlerden uzama veya kısalma ölçümlerinin yapılması prensibiyle çalışırlar.

Şekil 3. Sismik İzolasyon Test Sistemi

3. SİSMİK İZOLATÖR TEST MAKİNALARININ KALİBRASYONU

Test yapılan cihazların gerekli parametrelerinin kalibre edilmesi ile alınan kalibrasyon sertifikası cihazın doğru ölçümler yapabileceğinin bir delilidir. Kalibrasyon yöntemleri yaygın olarak uluslararası standartlarda tanımlanmıştır. Standarda uygun referans cihaz kalibre edilecek test cihazına bağlanarak aynı anda datalar alınır. Alınan verilen ve hesaplanan ölçüm belirsizliği değeri cihazın kalibrasyon sertifikası hazırlanarak raporlanır. Deprem izolatörlerindeki referans uzama ölçer sistemlerinin statik doğruluğunun kalibrasyonu ISO 9513 standardına göre yapılabilir[11-12]. Bu çalışmada ISO 9513 standardı esas alınarak kalibrasyon yöntemi açıklanmıştır. 9513 standardına göre tek eksenli statik

malzeme test makinalarının uzama ölçme cihazlarının kalibrasyonu kısaca aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir.

Öncelikle, test makinasının kalibrasyonu gerçekleştirilecek yer değiştirme ölçme sisteminin çalışması ve fonksiyon kontrolü yapılır. Cihaz uygun şekilde çalışıyor ise referans uzama ölçüm sistemi makinanın hareket eksenine dik olacak şekilde ve cihaz ekseni ile makinanın ekseninin aynı olacağı şekilde uygun kontroller yapılarak konumlandırılır (Şekil 4). Kalibrasyon öncesi, referans uzama cihazının sıcaklık kararlılığını sağlanması amacıyla önceden tanımlanan süre cihaz çalışır durumda ortamda bekletilir. Kalibrasyon 18 °C ile 28 °C arasında bir sıcaklıkta gerçekleştirilir. ISO 7500-1 standardı 10 °C ila 35 °C aralığında statik çekme test makinalarının kuvvet kalibrasyonu için müsaade etse de kalibrasyonun deney sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta yapılması tavsiye edilir. Kuvvet ölçme cihazının ve uzama ölçme sisteminin sıcaklığı kalibrasyon işlemi sırasında en fazla ± 2 °C aralığında değişim gösterebilir.

Ekstansometreye uygulanacak bilinen lt yer değişikliği miktarını sağlayan kalibrasyon aparatı, bir mastar veya ekstansometrenin üzerine bağlanabileceği. Başka bir düzenekten ibaret olabilir. Kalibrasyon aparatının, mastarı eksende hareket ettirecek bir mekanizması ve ortaya çıkan uzunluk değişikliğini doğru olarak ölçebilecek bir cihazı bulunmalıdır. Uzunluk değişiklikleri, örneğin, bir interferometre veya mastar blokları ve bir komparatör ya da bir vidalı mikrometre kullanarak ölçülebilir. Kullanılan interferometre, mastar blokları, komparatör ve vidalı mikrometre uluslararası uzunluk birimleri (SI) ile izlenebilir bir metotla kalibre edilmeli ve doğrulukları bilinmelidir. Kalibrasyon aparatının hatası, ISO 9513 standardı Ek B Şekil 4'te verilen değerlere uygun olmalıdır.

Class of extensometer system	Expanded bias of the calibration apparatus [a]	
	Relative value %	Absolute value µm
0,2	±0,08	±0,27
0,5	±0,20	±0,67
1	±0,40	±1,3
2	±0,80	±2,7

[a] Whichever value is greater. The expanded bias values include an element for uncertainty of measurement which was not the case in the previous edition of this International Standard.

Şekil 4. Ekstansometre kalibrasyon cihazının sınıflandırma tablosu

Sıcaklık kararlı hale geldikten sonra, ekstansometrenin, kalibrasyondan önce ve kalibrasyon aparatı ile, kalibrasyon aralığının üzerinde en az iki uzunlukta denenmesi tavsiye edilir. Mümkünse, yer değiştirme sıfırın hafifçe altına alınıp yeniden sıfıra getirilmelidir. Yapılabiliyorsa, ekstansometre yeniden sıfıra ayarlanır.

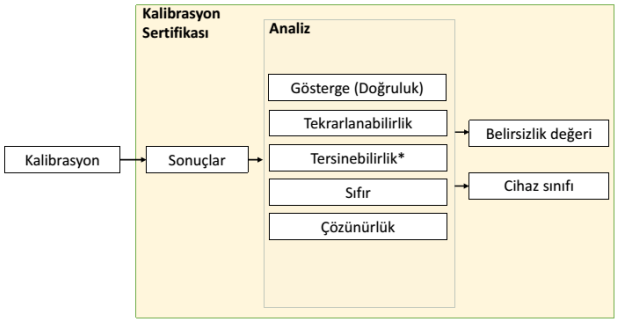
Kalibrasyon, her şeyden önce, ekstansometrenin kalibrasyon aralığına eşit aralıkla dağılmış şekilde yapılır. Bir seri ölçüm aldıktan sonra, ekstansometre kaldırılıp kalibrasyon aparatının üzerine yeniden yerleştirilir. Bundan sonra birincisiyle aynı tarzda ikinci bir seri ölçme yapılır. Ekstansometrenin bir sonraki kullanımı da hesaba katılarak iki seri ölçme artan uzunluğa veya azalan uzunluğa göre veya hem artan hem azalan uzunluğa göre yapılabilir. Her ölçme noktası için, göreceli ekstansometre sapması hesaplanır.

Kalibrasyon, ekstansometrenin hiçbir parçası temizlenmeden veya yağlanmadan yapılmalıdır. Her ne zaman, ekstansometreye ayar gerekirse, kalibrasyon belgesinde sonuçların yanına “ayardan sonra” ibaresi yazılmalıdır. Aşağıda verilen şekil 4’te kalibrasyon işleminin adımları verilmiştir.

Şekil 5. ISO 9513'e Göre Kalibrasyon İşleminin Adımları

4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

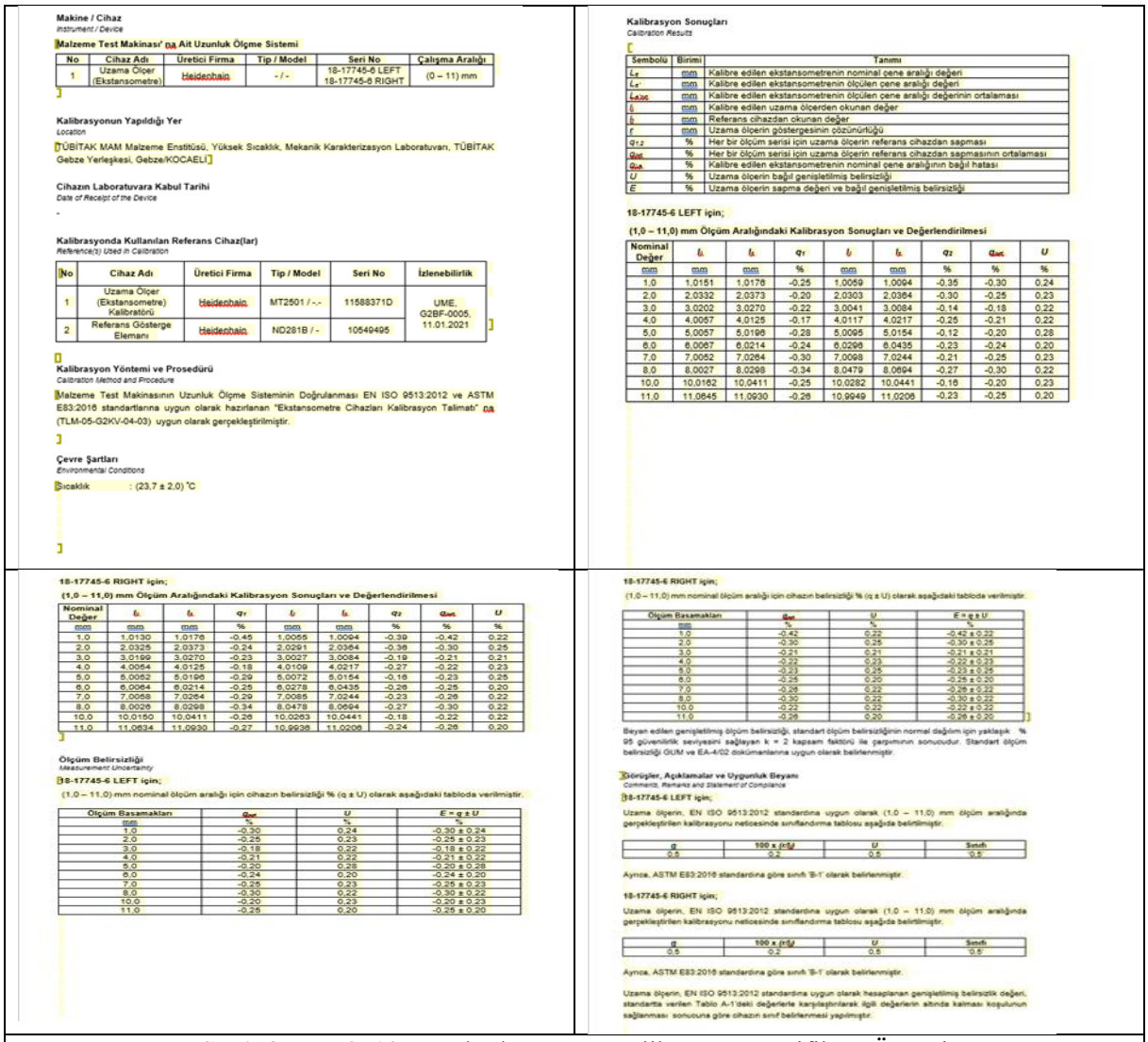
ISO 9513 standardına uygun olarak alınan verilerden standartta tanımlanan hata değerleri hesaplanır ve sınıf değerlendirmesi ile belirsizlik değeri hesaplanır. Tüm bu bilgiler cihazın kalibrasyon sertifikasında raporlanır [1].



Şekil 6. ISO 9513 standardına göre kalibrasyon sertifikasını oluşturan bilgilerin şematik gösterimi

ISO 9513 standardına göre yapılan kalibrasyon sonucunda ölçüm sonuçlarından hata değerleri ve ölçüm belirsizliği değeri bulunmuştur. Makinanın sınıfı ISO 9513 standardında Tablo B.1'e göre incelendiğinde sınıf 1 olarak belirlenmiştir. Birimin tanımından test ölçümlerine kadar olan izlenebilirlik zincirinin şematik resmi şekil 7'te verilmiştir [14]. ISO 9513 standardında yapılan kalibrasyon işleminin doğrulanmasında yapılan kalibrasyon sertifikası örneği şekil 6'da verilmiştir. Ekstansometre (Uzama ölçer) ve kuvvet biriminin tanımı ve ulusal metroloji enstitüleri tarafından sağlanan referans cihazlar ile birincil seviyede sağlanır. Ülkemizde TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü olarak 0,5 N dan 3 MN kadar kuvvet standardı makinaları ile kuvvet kalibrasyon hizmeti verilmektedir. Ancak sismik izolatör test makinalarının kalibrasyonunda daha büyük kuvvet değerlendirmelerine ve büyük ekstansometre deplasman ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. TÜBİTAK UME kuvvet laboratuvarı olarak 1000 mm kadar aralığında uzunluk ölçme cihazı ile hizmet vermektedir. Bu referans uzama ölçer cihazı kullanarak sismik izolatör test makinalarının uzama ölçüm kalibrasyonları gerçekleştirilmektedir. Yapılan kalibrasyon sonucunda ± % 0,40 ölçüm belirsizliği değerini sismik izolatör test cihazının kalibrasyonu sonucunda belirlenmiştir. Bu cihaza sahip özel laboratuvar ve üretici firmalar ürünlerini ± %1 belirsizlik değeri ile test edebilmektedir. Firmaların çalışma alanlarındaki taleplerine göre iki artan seri veya iki artan azalan seri olmak üzere ekstansometre kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir.

Şekil 7. İzlenebilirlik zincirinin şematik gösterimi



Makine / Cihaz
Instrument / Device

Malzeme Test Makinası' na Ait Uzunluk Ölçme Sistemi

No	Cihaz Adı	Üretici Firma	Tip / Model	Seri No	Çalışma Aralığı
1	Uzama Ölçer (Ekstansometre)	Heidenhain	- / -	18-17745-6 LEFT 18-17745-6 RIGHT	(0 – 11) mm

Kalibrasyonun Yapıldığı Yer
Location

TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, Yüksek Sıcaklık, Mekanik Karakterizasyon Laboratuvarı, TÜBİTAK Gebze Yerleşkesi, Gebze/KOCAELİ

Cihazın Laboratuvara Kabul Tarihi
Date of Receipt of the Device

-

Kalibrasyonda Kullanılan Referans Cihaz(lar)
Reference(s) Used in Calibration

No	Cihaz Adı	Üretici Firma	Tip / Model	Seri No	İzlenebilirlik
1	Uzama Ölçer (Ekstansometre) Kalibratörü	Heidenhain	MT2501 / -.-	11588371D	UME, G2BF-0005, 11.01.2021
2	Referans Gösterge Elemanı	Heidenhain	ND281B / -	10549495	

Kalibrasyon Yöntemi ve Prosedürü
Calibration Method and Procedure

Malzeme Test Makinasının Uzunluk Ölçme Sisteminin Doğrulanması EN ISO 9513:2012 ve ASTM E83:2016 standartlarına uygun olarak hazırlanan "Ekstansometre Cihazları Kalibrasyon Talimatı" na (TLM-05-G2KV-04-03) uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çevre Şartları
Environmental Conditions

Sıcaklık : (23,7 ± 2,0) °C

Kalibrasyon Sonuçları
Calibration Results

Sembolü	Birimi	Tanımı
L_0	mm	Kalibre edilen ekstansometrenin nominal çene aralığı değeri
L_0'	mm	Kalibre edilen ekstansometrenin ölçülen çene aralığı değeri
$L_{0,ort}$	mm	Kalibre edilen ekstansometrenin ölçülen çene aralığı değerinin ortalaması
l_i	mm	Kalibre edilen uzama ölçerden okunan değer
l_r	mm	Referans cihazdan okunan değer
r	mm	Uzama ölçerin göstergesinin çözünürlüğü
$q_{r,i}$	%	Her bir ölçüm serisi için uzama ölçerin referans cihazdan sapması
q_{ort}	%	Her bir ölçüm serisi için uzama ölçerin referans cihazdan sapmasının ortalaması
q_{un}	%	Kalibre edilen ekstansometrenin nominal çene aralığının bağıl hatası
U	%	Uzama ölçerin bağıl genişletilmiş belirsizliği
E	%	Uzama ölçerin sapma değeri ve bağıl genişletilmiş belirsizliği

18-17745-6 LEFT için;

(1,0 – 11,0) mm Ölçüm Aralığındaki Kalibrasyon Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Nominal Değer	l_0	l_0'	q_r	l_i	l_r	q_2	q_{ort}	U
mm	mm	mm	%	mm	mm	%	%	%
1,0	1,0151	1,0176	-0,25	1,0059	1,0094	-0,35	-0,30	0,24
2,0	2,0332	2,0373	-0,20	2,0303	2,0364	-0,30	-0,25	0,23
3,0	3,0202	3,0270	-0,22	3,0041	3,0084	-0,14	-0,18	0,22
4,0	4,0057	4,0125	-0,17	4,0117	4,0217	-0,25	-0,21	0,22
5,0	5,0057	5,0198	-0,28	5,0095	5,0154	-0,12	-0,20	0,28
6,0	6,0067	6,0214	-0,24	6,0299	6,0435	-0,23	-0,24	0,20
7,0	7,0052	7,0264	-0,30	7,0069	7,0244	-0,21	-0,25	0,23
8,0	8,0027	8,0298	-0,34	8,0479	8,0694	-0,27	-0,30	0,22
10,0	10,0162	10,0411	-0,25	10,0282	10,0441	-0,16	-0,20	0,23
11,0	11,0645	11,0930	-0,26	10,9949	11,0206	-0,23	-0,25	0,20

18-17745-6 RIGHT için;

(1,0 – 11,0) mm Ölçüm Aralığındaki Kalibrasyon Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Nominal Değer	l_0	l_0'	q_r	l_i	l_r	q_2	q_{ort}	U
mm	mm	mm	%	mm	mm	%	%	%
1,0	1,0130	1,0176	-0,45	1,0055	1,0094	-0,39	-0,42	0,22
2,0	2,0325	2,0373	-0,24	2,0291	2,0364	-0,36	-0,30	0,25
3,0	3,0199	3,0270	-0,23	3,0027	3,0084	-0,19	-0,21	0,21
4,0	4,0064	4,0125	-0,18	4,0109	4,0217	-0,27	-0,22	0,23
5,0	5,0062	5,0198	-0,29	5,0072	5,0154	-0,16	-0,23	0,25
6,0	6,0064	6,0214	-0,25	6,0278	6,0435	-0,26	-0,25	0,20
7,0	7,0058	7,0264	-0,29	7,0085	7,0244	-0,23	-0,26	0,22
8,0	8,0026	8,0298	-0,34	8,0478	8,0694	-0,27	-0,30	0,22
10,0	10,0150	10,0411	-0,26	10,0263	10,0441	-0,18	-0,22	0,22
11,0	11,0634	11,0930	-0,27	10,9938	11,0206	-0,24	-0,26	0,20

Ölçüm Belirsizliği
Measurement Uncertainty

18-17745-6 LEFT için;

(1,0 – 11,0) mm nominal ölçüm aralığı için cihazın belirsizliği % (q ± U) olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Ölçüm Basamakları	q_{ort}	U	$E = q \pm U$
mm	%	%	%
1,0	-0,30	0,24	-0,30 ± 0,24
2,0	-0,25	0,23	-0,25 ± 0,23
3,0	-0,18	0,22	-0,18 ± 0,22
4,0	-0,21	0,22	-0,21 ± 0,22
5,0	-0,20	0,28	-0,20 ± 0,28
6,0	-0,24	0,20	-0,24 ± 0,20
7,0	-0,25	0,23	-0,25 ± 0,23
8,0	-0,30	0,22	-0,30 ± 0,22
10,0	-0,20	0,23	-0,20 ± 0,23
11,0	-0,25	0,20	-0,25 ± 0,20

18-17745-6 RIGHT için;

(1,0 – 11,0) mm nominal ölçüm aralığı için cihazın belirsizliği % (q ± U) olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Ölçüm Basamakları	q_{ort}	U	$E = q \pm U$
mm	%	%	%
1,0	-0,42	0,22	-0,42 ± 0,22
2,0	-0,30	0,25	-0,30 ± 0,25
3,0	-0,21	0,21	-0,21 ± 0,21
4,0	-0,22	0,23	-0,22 ± 0,23
5,0	-0,23	0,25	-0,23 ± 0,25
6,0	-0,25	0,20	-0,25 ± 0,20
7,0	-0,26	0,22	-0,26 ± 0,22
8,0	-0,30	0,22	-0,30 ± 0,22
10,0	-0,22	0,22	-0,22 ± 0,22
11,0	-0,26	0,20	-0,26 ± 0,20

Beyan edilen genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standart ölçüm belirsizliğinin normal dağılım için yaklaşık %95 güvenilirlik seviyesini sağlayan k = 2 kapsam faktörü ile çarpımının sonucudur. Standart ölçüm belirsizliği GUM ve EA-4/02 dokümanlarına uygun olarak belirlenmiştir.

Görüşler, Açıklamalar ve Uygunluk Beyanı
Comments, Remarks and Statement of Compliance

18-17745-6 LEFT için;

Uzama ölçerin, EN ISO 9513:2012 standardına uygun olarak (1,0 – 11,0) mm ölçüm aralığında gerçekleştirilen kalibrasyonu neticesinde sınıflandırma tablosu aşağıda belirtilmiştir.

q	100 x (r/l)	U	Sınıfı
0,5	0,2	0,5	0,5'

Ayrıca, ASTM E83:2016 standardına göre sınıfı 'B-1' olarak belirlenmiştir.

18-17745-6 RIGHT için;

Uzama ölçerin, EN ISO 9513:2012 standardına uygun olarak (1,0 – 11,0) mm ölçüm aralığında gerçekleştirilen kalibrasyonu neticesinde sınıflandırma tablosu aşağıda belirtilmiştir.

q	100 x (r/l)	U	Sınıfı
0,5	0,2	0,5	0,5'

Ayrıca, ASTM E83:2016 standardına göre sınıfı 'B-1' olarak belirlenmiştir.

Uzama ölçerin, EN ISO 9513:2012 standardına uygun olarak hesaplanan genişletilmiş belirsizlik değeri, standartta verilen Tablo A-1'deki değerlerle karşılaştırılarak ilgili değerlerin altında kalması koşulunun sağlanması sonucuna göre cihazın sınıf belirlenmesi yapılmıştır.

Şekil 8. ISO 9513 Standardına Göre Kalibrasyon Sertifikası Örneği

5. SONUÇLAR

Ürünlerin testinde kullanılan cihazların kullanım alanlarında doğru ve güvenilir ölçümler ile ürün kalitesinin belirlenmesi hem üretici hem de kullanıcı için çok önemlidir. MN(MegaNewton) seviyesinde büyük kuvvet değerlerinin ölçülmesi de bu kuvvetlere ihtiyaç duyan test cihazları için gerekliliktir. Bilindiği gibi ölçümlerin doğruluğu ve güvenirliği, izlenebilirliğe sahip kalibrasyon cihazların kullanılarak elde edilen datalar değerlendirilerek kalibrasyon sertifikası düzenlenir. İzlenebilirlik zinciri birimin tanımını sağlamakla sorumlu olan ulusal metroloji enstitüleri ile başlar. Sonra kalibrasyon laboratuvarları ile devam eder ve sonrasında test ölçümleri seviyesine gelir.

Ülkemizde deprem izolatörü üretici şirketler bulunmaktadır. Üreticilerin sismik izolatör ürünlerinin performansını test etmek üzere farklı kapasitede test makinaları hem üreticilerde hem de bağımsız laboratuvarlarda bulunmaktadır. Bu cihazların kalibrasyonu için MN seviyesinde kuvvet değerleri ve yer değiştirme değerleri uygun referans cihazların kullanarak gerçekleştirilmesi gereklidir. TÜBİTAK UME kuvvet laboratuvarı olarak bu cihazların kalibrasyon hizmetini başarı ile gerçekleştirmektedir. Bu alanda ülkemizde izlenebilirliğini sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Aydemir B., 2021, Kuvvet Kalibrasyon Rehberi, TÜBİTAK UME, Eylül 2021
[2] Aydemir, B., Dizdar, H., Vatan,C.,2018, “Tek Eksenli Statik Malzeme Test Makinalarının Kuvvet Kalibrasyonu Eğitim Dokümanı”, TÜBİTAK UME Gebze-Kocaeli, Mayıs 2018
[3] Fank, S., Aydemir, B., Meganewton seviyesindeki kuvvetlerin çelik ensdüstrisinde uygulama alanları ve izlenebilirlik ihtiyacı, 2015, Metal Dünyası, Sayı 263, S.68-72, İstanbul
[4] https://www.maurer.eu/tr/ueruenler/sismik-cihazlar/izolatoerler/
[5] https://www.arsankaucuk.com.tr/urunlerimiz/yapi-urunleri/kursun-cekirdekli-kaucuk-izolator/
[6] https://depremizolasyon.com/
[7] EN 1337-1:2000, Structural bearings. General design rules
[8] EN 15129:2018, Anti-seismic devices
[9] http://www.besmaklab.com/Urunler/247/BESMAK_5500kN-1500kN_Ei_SERiES_900mm-sn_Deprem_%C4%B0zolator_Test_Sistemi/8
[10] ISO 7500-1, 2018, Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system
[11] ASTM E4-21, 2021, Standard Practices for Force Verification of Testing Machines
[12] ISO 376:2011, Metallic materials. Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines
[13] Dizdar H., Aydemir B., Vatan C., “ISO 7500-1 Standardına Göre Tek Eksenli Statik Malzeme Test Makinalarının Kuvvet Kalibrasyonunda Belirsizlik Hesabı ve İrdelenmesi” Kuvvet Laboratuvarı Teknik Dokümanı, S.2, N.2, 2019 (12-24)
[14] Howarth, P., Redgrave, F., kısaca metroloji, 3. baskısı, Temmuz 2008, ISBN 978-87-988154-5-7

PARKİNSON HASTALIĞI TEŞHİSİNDE EKSİK SENSÖR VERİSİNİN TAHMİNİ VE SINIFLANDIRMA PERFORMANSINA ETKİSİNİN ANALİZİ

Emine Meltem HAMZAOĞLU
Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye
meltemhamzaoglu@hotmail.com

Gökhan GÖKMEN
Marmara Üniversitesi , Teknoloji Fakültesi, Kontrol ve Otomasyon Sistemleri Anabilim Dalı, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet
Parkinson hastalığı(PD), 65 yaş ve üzeri nüfusu etkileyen en yaygın hastalıklardandır; motor, motor olmayan, psikiyatrik ve bilişsel semptomlarla sonuçlanır. Parkinson hastalığı genellikle klinikte yüz yüze epizodik değerlendirilmelerle ölçülmektedir. Bununla birlikte, hastalık özelliklerinin farklı seyri nedeniyle verilerin birkaç gün boyunca ölçülmesi ve değerlendirilmesi sonuçların doğruluğunu ortaya koymak adına önemlidir[3]. Bu projede açık kaynak kodlu bir sistemden alınan veriler kullanılmıştır. Bu veri seti, farklı özelliklere sahip Parkinson hastalarıyla birlikte sağlıklı bireylerden alınmış giyilebilir sensör ivmeölçer verilerinden oluşmaktadır. Bu verilerle data seti içerisinde çeşitli hatalar ile oluşan eksik sensör verilerinin yapay zekâ yöntemleri ile tahmini ve hastalığın sınıflandırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Parkinson Hastalığı, Veri Tahmini, Giyilebilir Sensörler, Sensör Validasyonu.

PREDICTION OF MISSING SENSOR DATA IN PARKINSON'S DISEASE DIAGNOSIS AND ANALYSIS OF ITS EFFECT ON CLASSIFICATION PERFORMANCE

Abstract
Parkinson’s disease (PD) is one of the most common diseases affecting the population aged 65 and over, resulting in motor, non-motor, psychiatric and cognitive symptoms. Parkinson's disease is usually measured by face-to-face episodic assessments in the clinic. However, due to the different course of disease characteristics, it is important to measure and evaluate the data over several days to ensure the accuracy of the results. In this project, data from an open source system was used. This data set consists of wearable sensor accelerometer data from Parkinson's patients with different characteristics and healthy individuals. With these data, the missing sensor data caused by various errors in the data set were estimated by artificial intelligence methods and the classification of the disease was made.

Keywords : Parkinson’s Disease, Data Prediction, Wearable Sensors, Sensor Validation.

1. GİRİŞ

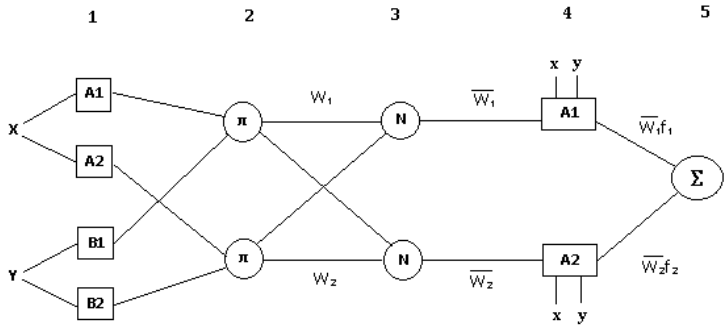
Parkinson Hastalığı (PD), 65 yaş ve üzeri nüfusu daha fazla etkileyen en yaygın nörodejeneratif hastalıklardan biridir. Risk faktörleri yaş, cinsiyet ve çevresel faktörleri içermektedir. Çoğu hastada hastalığın oluşma nedeni tam olarak bilinmese de farklı genetik nedenler etkili olabilmektedir. Genetik nedenlerin sebep olduğu vakalar %5-15 arasında olmasına rağmen, bu aileler üzerinde yapılan çalışmalar hastalığın genetiği hakkında kritik bilgiler sağlamıştır. Substantianigra’daki nöron kaybı ve α-sinüklein kümeler içeren hücre içi inklüzyonlar, Parkinson hastalığının nöropatolojik özellikleridir. Hastalığın erken safhalarından itibaren çok sayıda farklı hücre tipi, merkezi ve periferik otonom sinir sistemi boyunca rol oynar. Klinik tanıya göre Parkinson hastalığı, bradikinezi ve diğer temel motor özelliklerin yanı sıra motor olmayan (non-motor) semptomlarla da ilişkilidir[9]. Parkinson hastalığının semptomları titreme, bradikinezi, düşme, yalpalama, donma atakları, uykusuzluk, depresyon, salya salgısı, uyku bozukluğu, idrar kaçırma ve açıklanamayan ağrılar en yaygın olanlarıdır. Bilinen araştırmalara göre Parkinson hastalığının ilerlemesini durduracak ya da hastalığı tamamen bitirecek bir tedavi yoktur. Hastalar için en yaygın olarak kullanılan başlangıç tedavisi dopaminerjik ilaçlardır. Bu hastalığın tedavisinde erken tanı çok önemlidir. Giyilebilir sensörler, son on yılda farklı motor özelliklerini ölçmek için kullanılmaktadır. Giyilebilir sensörler, hem klinik hem de günlük rutin ortamlarında sürekli, nesnel ve boylamsal veriler sağlayabilmektedir. Fakat bugüne kadarki Parkinson

hastalığı üzerine olan çalışmaların çoğu hastanın günlük rutinine göre değil klinikteki ölçümlere göre değerlendirilmiştir. Bu sistemde açık kaynaktan elde edilen veriler kullanılmıştır. Kullanılan veri seti, katılımcıların iki ila üç gün boyunca her bir uzuvda ve gövdede birer tane olmak üzere toplam beş farklı giyilebilir sensör takmalarıyla elde edilmiştir. Veri setinde kullanılan sensörler MC 10 BioStamp RC sensörleridir[7].

Jamie L. Adams ve Arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada Parkinson hastalığına sahip olan bireylerin yanı sıra kontrol için hastaneye gelmiş bireyler de kullanılmıştır. Veri seti katılımcıların yaşları, cinsiyetleri, hastalık durumları, ilaç kullanım durumlarını kapsamaktadır. Veri setinde göğüs, sol bacak, sağ bacak, sol kol ve sağ kol olmak üzere beş farklı sensörden alınan veriler bulunmaktadır. Bu veriler x, y ve z eksenlerinde her bir uzuv için ayrı ayrı olacak şekilde kümelenmiştir[7]. Yapılan çalışmada veriler düzenlenerek kontrol bölgesine uyarlanmıştır. Sol bacak, sağ bacak, sol kol ve sağ kol sensörlerinden alınan veriler analiz edilerek göğüs bölgesindeki sensörün doğruluğu saptanmaya çalışılmıştır. Parkinson hastalığına sahip katılımcılar ile sağlıklı katılımcılar arasındaki farklılıklar ortaya çıkarılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada 17 Parkinson hastası ve 17 sağlıklı katılımcıdan alınan veriler kullanılmıştır. Katılımcıların arasında 20 kadın, 14 erkek vardır, yaş ortalamaları 60 üstüdür. Boyun testi olarak adlandırılan testte hastaların 2 gün boyunca verileri kaydedilmiştir. Veriler x, y ve z eksenlerindeki bileşenlerine göre vektörel olarak ortalaması alınarak elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.
Elde edilen veriler Sinirsel Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi kullanılarak üyelik fonksiyonlarıyla incelenmiştir. ANFIS(Adaptive Neural-Fuzzy Inference Systems) metodunun temelinde Takagi-Sugeno-Kang bulanık çıkarım sistemi vardır[5]. Basit bir ANFIS model örneği Şekil 1' de verilmiştir[8].



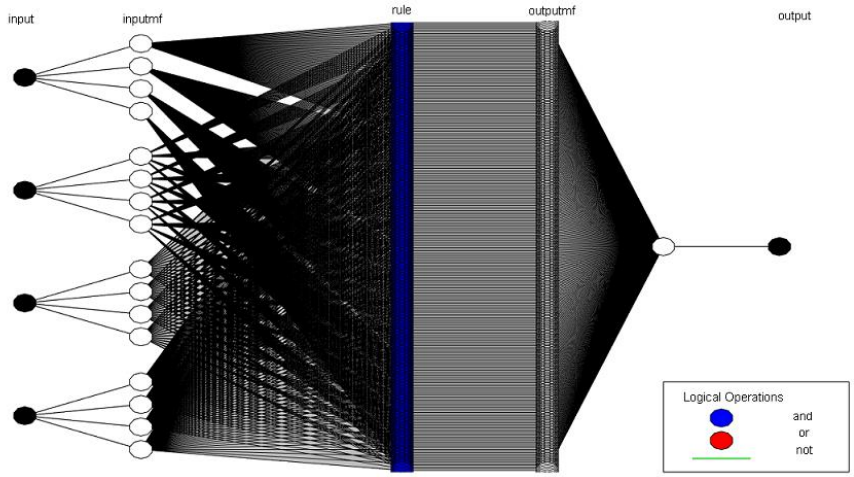
Şekil 1. Basit ANFIS modeli [8]

Kullanılan üyelik fonksiyonu seçilirken, her bir üyelik fonksiyonu için ayrı ayrı denemeler yapılarak ve sonuçlar arasında karşılaştırmalarla optimal fonksiyon seçilmiştir. Çalışmada dört adet giriş verisi bir adet çıkış verisi kullanılmaktadır. Sol bacak, sol kol, sağ bacak ve sağ koldaki sensörlerin verileri giriş verisi olarak tanımlanırken göğüs bölgesindeki sensörün verileri çıkış verisi olarak tanımlanmıştır. Üyelik fonksiyonları seçimi boyun testi üzerinden yapılmıştır, Tablo 1 'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sağlıklı Katılımcıların Üyelik Fonksiyonları Yüzde Hata Değerleri

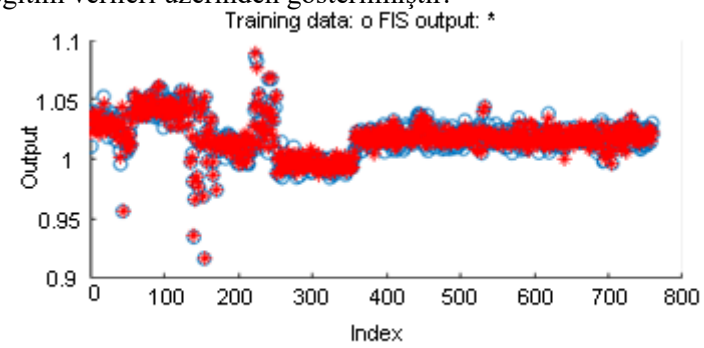
Üyelik Fonksiyonu	Matlab Kodu	Hata Değeri
Üçgen Üyelik Fonksiyonu	trimf	0,0001
Yamuk Üyelik Fonksiyonu	trapmf	0,0007
Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu	gbellmf	0,0007
Gauss Üyelik Fonksiyonu(Tam Simetrik)	gaussmf	0,0021
Gauss Üyelik Fonksiyonu	gauss2mf	0,0027
π Üyelik Fonksiyonu	pimf	0,0004
Sigmodial Üyelik Fonksiyonu(Tam Simetrik)	dsigmf	0,0016
Sigmodial Üyelik Fonksiyonu	psigmf	0,0016

Değerlendirme sonucu sağlıklı katılımcılarda üçgen şekilli üyelik fonksiyonu en az hata oranına sahip fonksiyon tipi olarak seçilmiştir. Optimizasyon modeli olarak hybrid, çevrim eğitim sayısı olarak 500 seçilmiş ve istenilen hata toleransı 0 olarak belirlenmiştir. Çalışmaya uygulanan ANFIS modeli Şekil 2 ‘de gösterilmiştir.



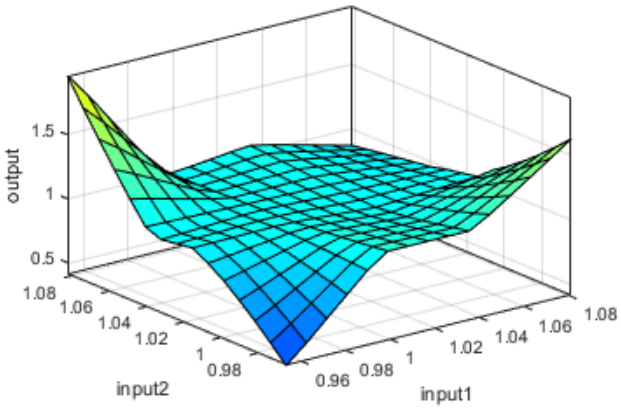
Şekil 2. Sağlıklı Katılımcılara Uygulanan ANFIS modeli

Boyun testinde kullanılan verilerin ANFIS’te işlenmesiyle 256 tane kural oluşturulmuştur. Uygulanan model Şekil 3’ te eğitim verileri üzerinden gösterilmiştir.



Şekil 3. Boyun Testi 4 4 4 4 Üçgen Üyelik Modeli Test Modellemesi

Çalışmaya uygulanan modellemenin Surface gösterimi Şekil 4’te sunulmaktadır. Görüldüğü üzere modelde kırılmalar ani olarak yaşanmamaktadır.



Şekil 4. Sağlıklı Katılımcılara Uygulanan Modelin Surface gösterimi

3.SONUÇ

Verilerin işlenmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Üçgen ve Gauss üyelik fonksiyonu kullanılarak bulunan sonuçlarda ilaç kullanan kişilerin verilerinin Gauss üyelik fonksiyonu 4 4 4 4 metoduyla minimum hataya ulaştıkları gözlenirken sağlıklı katılımcıların Üçgen üyelik fonksiyonu 4 4 4 4 metoduyla minimum hataya ulaştıkları gözlenmiştir. İlaç kullanmayan Parkinson hastalarının verilerinde Gauss üyelik fonksiyonu 4 4 4 4 metoduyla minimum hataya ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Boyun testine giren sağlıklı katılımcıların R^2 sonuçları ve RMSE(Root-Mean-Square Error) değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Sağlıklı katılımcıların ANFIS modellemesi sonuçları

Sağlıklı Katılımcılar	Eğitim R^2	Test R^2	RMSE
M3333 Trim	0,867346	0,921111	0,006
M4444 Trim	0,921813	0,958202	0,0046
M3344 Trim	0,903126	0,929612	0,0052
M4444 Gauss	0,918634	0,947688	0,0047
M3344 Gauss	0,893503	0,910784	0,0054

Boyun testine giren ve teste girmeden önce ilaç kullanımına devam eden hastaların R^2 sonuçları ve RMSE değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. İlaç Kullanan Parkinson Hastalarının ANFIS modellemesi sonuçları

İlaç Kullanan PD Hastaları	Eğitim R^2	Test R^2	RMSE
M3333 Trim	0,627985	0,403604	0,006945
M4444 Trim	0,803064	0,807351	0,005053
M3344 Trim	0,751394	0,743841	0,005677
M3333 Gauss	0,648347	0,565619	0,0067
M4444 Gauss	0,808046	0,808062	0,0049
M3344 Gauss	0,759826	0,753675	0,0055

Boyun testine giren ve teste girmeden önce Parkinson hastalığıyla ilgili herhangi bir ilaç kullanmamış hastaların R^2 sonuçları ve RMSE değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. İlaç Kullanmayan Parkinson Hastalarının ANFIS modellemesi sonuçları

İlaç Kullanmayan PD Hastaları	Eğitim R^2	Test R_2	RMSE
M3333 Trim	0,7107	0,4392	0,005
M4444 Trim	0,7391	0,5107	0,0048
M3344 Trim	0,7318	0,4623	0,0048
M3333 Gauss	0,7189	0,4369	0,005
M4444 Gauss	0,7647	0,5465	0,0045
M3344 Gauss	0,7364	0,4941	0,0048

Sağlıklı katılımcıların sonuçları dikkate alınarak yapılan çalışmada sensör verilerinin tahmini konusunda en uygun modelleme üçgen üyelik fonksiyonuna sahip 4 4 4 4 modellemesidir. R^2 değeri eğitim verilerinde 0,92'yi, test verilerinde 0,95'i, RMSE değeri 0,0046'yı bulmuştur. İlaç kullanımına devam eden Parkinson hastalarından alınan verilerle yapılan bulgularda sensör tahmin verilerinin doğruluğunun sağlıklı katılımcılara göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar arasında en yüksek doğruluk Gauss üyelik fonksiyonuna sahip 4 4 4 4 metodudur. Bu metodla yapılan çalışmada eğitim verilerinin R^2 değerinin 0,803'e, test verilerinin 0,807'ye, RMSE değerinin 0,005'e ulaştığı görülmüştür. Parkinson hastalığı ile ilgili hiç ilaç kullanmamış hastalardan alınan veriler kullanılarak yapılan analizde sensör tahmin değerlerinin ilaç kullanan hastaların veya sağlıklı katılımcıların sensör tahmin değerlerinden doğruluk oranı olarak daha az olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarında en yüksek doğruluk Gauss üyelik fonksiyonuna sahip 4 4 4 4 metodunda görülmüştür. Bu metodla yapılan

çalışmada eğitim verilerinin R^2 değerinin 0,76'ya, test verilerinin 0,54'e, RMSE değerinin 0,0045'e ulaştığı görülmüştür. Tüm bu bulgulardan ortaya çıkan sonuç, sağlıklı katılımcılar ile Parkinson hastalarının verileri arasında gözle görünür bir fark olduğu ve sensör verilerinin tahmini yapılırken farklı metodlar kullanılması gerektiğidir. Sistem dört girdili olduğu için daha düşük hata değerlerine sahip olsa da bu durum ağın veri setini ezberlemesi dolayısıyla yaşanabilen bir durumdur. Bu nedenle eğitilen ağ farklı veri setleri ile de değerlendirilebilir. Yeni veri seti ile test edilen modellerin performansı modelin etkinliği hakkında daha net sonuçlar verebilir.

KAYNAKLAR

[1] AYDIN, Fatih; ASLAN, Zafer. Recognizing Parkinson's disease gait patterns by vibes algorithm and Hilbert-Huang transform. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2021, 24.1: 112-125.
[2] BAHREPOUR, Majid, et al. Sensor fusion-based activity recognition for Parkinson patients. Sensor Fusion-Foundation and Applications, 2011, 171-190.
[3] Balestrino, Roberta, and A. H. V. Schapira. "Parkinson disease." *European journal of neurology* 27.1 (2020): 27-42.
[4]CAPRIOTTI, Teri; TERZAKIS, Kristina. Parkinson disease. Home healthcare now, 2016, 34.6: 300-307.
[5] DOĞAN, Onur. Uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) talep tahmini için kullanımı ve bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2016, 31.1: 257-288.
[6] GUZEL, Metehan, et al. ANFIS and Deep Learning based missing sensor data prediction in IoT. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2020, 32.2: e5400.
[7] Jamie L. Adams, Karthik Dinesh, Christopher W. Snyder, Mulin Xiong, Christopher G. Tarolli, Saloni Sharma, E. Ray Dorsey, Gaurav Sharma, December 19, 2020, "PD-BioStampRC21: Parkinson's Disease Accelerometry Dataset from Five Wearable Sensor Study", IEEE Dataport, doi: https://dx.doi.org/10.21227/g2g8-1503.
[8] Jang, J.S.R. (1993) ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 23, 665-685.
[9] Hao Deng, Peng Wang, Joseph Jankovic, The genetics of Parkinson disease, Ageing Research Reviews, Volume 42, 2018, 72-85.
[10] LEMKE, M. R. Depressive symptoms in Parkinson's disease. European Journal of neurology, 2008, 15: 21-25.
[11] M. Memedi, S. Aghanavesi, D. Nyholm, F. Bergquist, M. Senek. Parkinson hastalığı motor semptomlarının değerlendirilmesi için çok sensörlü bir veri birleştirme yönteminin uygulanabilirliği [özet]. Hareket Bozukluğu. 2018; 33 (ek 2).
[12] P. H. Ibarguengoytia, L. E. Sucar and S. Vadera, "Real time intelligent sensor validation," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 16, no. 4, pp. 770-775, Nov. 2001, doi: 10.1109/59.962425.
[13] POEWE, Werner, et al. Parkinson disease. Nature reviews Disease primers, 2017, 3.1: 1-21.
[14] Samuel D. Kim, Natalie E. Allen, Colleen G. Canning, Victor S.C. Fung, Chapter 11 - Parkinson disease, Editor(s): Brian L. Day, Stephen R. Lord, Handbook of Clinical Neurology, Elsevier, Volume 159, 2018, 173-193.
[15]ResearchGate, Nisan 2005, Manus Patrick Henry, Graeme G Wood, https://www.researchgate.net/publication/236848268_Sensor_Validation_principles_and_standards
[16]SVEINBJORNSDOTTIR, Sigurlaug. The clinical symptoms of Parkinson's disease. Journal of neurochemistry, 2016, 139: 318-324.
[17]YANG, Wen-Yi, et al. Association Between Dystonia-Related Genetic Loci and Parkinson's Disease in Eastern China. *Frontiers in Neurology*, 2022, 12: 2581.

THE EFFECT OF PARTICLE SİZE OF TiO_2 ON OPTICAL AND ROOM TEMPERATURE ACETONE VAPOR SENSING PERFORMANCE

Ayşe Nur Şahin
Yildiz Technical University / Faculty of Science and Letters, Department of Physics
aysenurs@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1664-2852

Yusuf Yerli
Yildiz Technical University / Faculty of Science and Letters, Department of Physics
yyerli@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8967-6485

Ahmet Altındal
Istanbul Technical University / Faculty of Science and Letters, Department of Physics Engineering
altindal@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2185-4094

Abstract
In this work, optical characterization and acetone gas sensing performance of 100 nm and 20 nm TiO_2 nanoparticles at room temperature was investigated. The optical characterizations of these films were made by measuring the optical transmittance spectrum in the range of 350 to 1100 nm. The detection performances of 20 nm and 100 nm sized brookite phase TiO_2 nanoparticles at acetone gas concentrations between 50 ppm and 350 ppm at room temperature were studied. The response and sensitivity of 100 nm TiO_2 nanoparticles to acetone gas increased with increasing concentration. It has been noticed that the sensors in which TiO_2 with 20 nm particle size is used as a sensor material do not respond to acetone gas at 50 ppm and 100 ppm concentrations, and also it was seen that the response at other concentrations is very low compared to the sensors where 100 nm particles are used as a sensing material. The sensors using TiO_2 nanoparticles with 100 nm particle size as the sensor material have a stable response-recovery characteristic for all concentrations of acetone vapors. The recovery time reached steady state in approximately 110 seconds. However, the recovery time decreased with the increase in acetone concentration in sensors where TiO_2 nanoparticles with 20 nm particle size were used as a sensor material.

Keywords: optic, gas sensing, TiO_2, nanoparticle

1. INTRODUCTION

Acetone (CH_3COCH_3) is a gas that is widely used in industry and threatens human health by causing respiratory tract irritation and damage to the central nervous system at concentrations higher than 173 ppm (Jia et al., 2014). Acetone gas is in the category of flammable gases and the importance of its detection in industrial environments is therefore important. In addition, the detection of acetone gas is important for the diagnosis of the disease. Researchers have shown that the amount of acetone in the blood is proportional to the concentration of acetone in exhaled breath, indicating its potential as a biomarker for diabetes diagnosis (Crafford et al., 1977; Fan et al., 2021). Therefore, it is very important to develop high sensitivity acetone gas sensors, and the sensing material is the most critical component of gas sensors. Studies on metal oxide materials as sensing materials are progressing rapidly in the literatüre (Lee, 2009; Tricoli et al., 2010). Regarding gas detection performance on metal oxides in researches,

- The increasing the amount of oxygen adsorbed by the oxygen species on the surface of the metal oxides and improving the adsorption sites can improve the gas detection performance (Dey, 2018; Korotcenkov and Cho, 2017).
- The rate of diffusion of the target gas to the surface with the change of the surface area of the different nanostructures affects the response of the sensor, because the target gases diffuse through the sensing material with a concentration gradient along the particle and pore depth, causing a surface reaction. (Rossinyol et al.,2007; Zhang et al.,2021).
- Sensing properties have a close relationship with the crystal phase, nanostructure and particle size of the sensing materials. Optimization of nanoparticle size of sensing materials with the same phase

and nanostructure is an important parameter for gas detection, as it will vary in the active surface area. (Lee, 2009; Teleki et al., 2006; Tung et al., 2019; Hana et al.,2019).

In this study, TiO_2 which is n-type metal oxide that particle size of 100 nm and 20 nm was used as the sensing material and the effect of particle size on the detection performance of acetone gas at room temperature was investigated.

2. MATERIALS AND METHODS

The 20 nm and 100 nm TiO_2 nanoparticles were purchased from Merck. The nanoparticles solution (1M) were dispersed in ethanol and coated onto the plexiglass substrate with a gold electrode structure used a transducer, with 50-micrometer intervals, using spin coating at 3000 rpm for 30 seconds. The homemade cylindrical stainless steel chamber through which gas can pass was used to investigate the acetone vapor sensing charactersitcs of the TiO_2-based sensor.The concentration of the acetone vapour were adjusted by mixing the dry nitrogen with the acetone gas using computer driven mass flow controllers (Alicat Scientific, Inc.). In general, the sensing tests were performed by exposing the sensor to acetone gas and then purging with dry nitrogen.This process was carried out for acetone concentrations ranging from 50 to 350 ppm. In order to compare and interpret the sensing data, the variation of the current with time under 0.5 volts constant voltage was studied. In addition, optical transmittance measurements were coated on glass substrate with the same molarity of the same spinning process, and the bandgap calculation was made based on the optical transmittance data in the range of 350 nm to 1100 nm.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Firstly, optical transmittance were measured by Uv-vis spectrometer in the range of 350 to 1100 nm, and the bandgap calculation was carried out using the Tauc plot method (Figure 1).

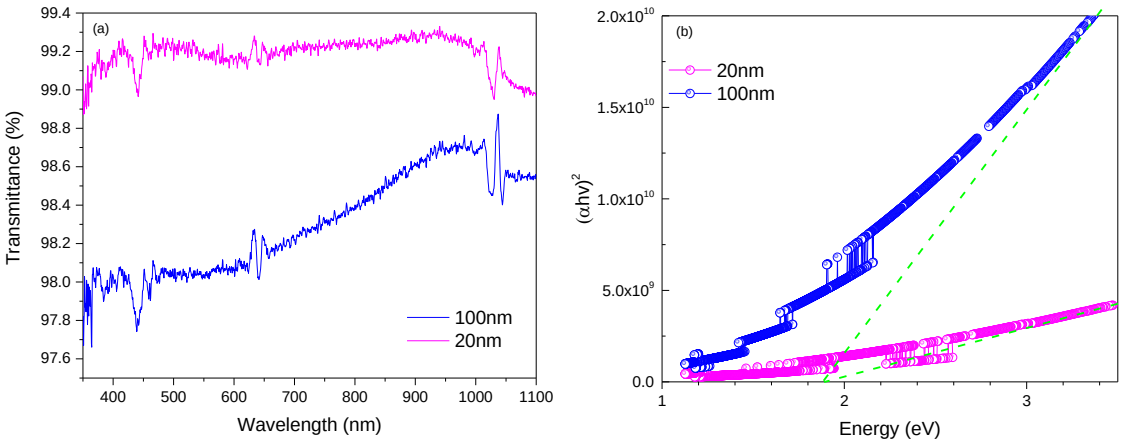


Figure 1.a) The optical transmittance b) Tauc plot of the 100 nm and 20 nm TiO_2 thin films

As can be seen in the figure 1, the transmittance of thin films prepared with 20 nm TiO_2 is higher than thin films prepared with 100 nm TiO_2, and the optical transmittance of 100 nm TiO_2 films increases as the wavelength increases. The-absorption coefficient (α) was calculated from the transmittance spectrum by using following equation (Mott and Davis, 1979) $\alpha = \left(\frac{1}{d}\right) \ln\left(\frac{1}{T}\right)$. Here, d represents the film thickness and T represents the transmittance. Therefore, the values of E_g $(\alpha h\nu)^2$ were obtained by extrapolating the linear portion of the $(\alpha h\nu)^2$ - hν graph for the films, and the band gaps were found to be 1.9 eV for both the 100 nm and 20 nm TiO_2 films. This value for the brookite phase is consistent with the literatüre (Paola et al.,2013).

As it is known, the alterations in sensor current determine acetone sensing performance and sensor characteristics. The sensor characteristic results obtained to sensing various concentrations of acetone vapor at room temperature are as in figure 2. The sensing tests were carried out starting from 50 ppm concentration and increasing the concentration by 50 ppm up to 350 ppm. From this figure, it can be

clearly seen that the sensor of A, in which 100 nm TiO_2 nanoparticles are used as a sensing materails (A sensor), indicates good detection performance with high sensitivity and fast response-recovery time compared to the sensor of B, in which 20 nm TiO_2 nanoparticles are used as a sensing material (B sensor) (Figure 2-3).

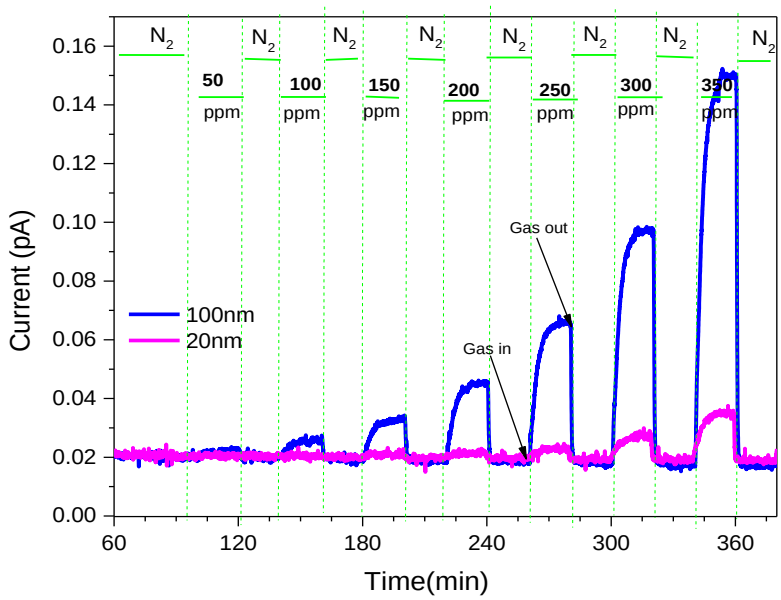


Figure 2. Sensor current to time for different concentrations of acetone vapors at room temperature

TiO_2 nanoparticles, especially particles with a size of 100 nm, showed higher sensor current than the basic current in dry nitrogen when exposed to acetone vapor. As is seen from Figure 2, TiO_2 nanoparticles, which are the sensing material, cause an increase in conductivity due to the acetone vapor exposure. This is largely related to the acetone concentration.

The interaction and sensing mechanisms between TiO_2 nanoparticle and acetone vapour molecules can be explained below. The sensing chracteristic of the TiO_2 nanoparticles-based sensor is primarily related to the change in conductivity caused by the oxygen adsorbed on the sensing surface and its reaction on the surface of the acetone vapor molecules.. TiO_2 nanoparticles-based sensor exposed to acetone vapour reacts with oxygen adsorbed on the surface and acetone vapour, which is a reducing gas Then, the electrons formed here are released back to the conduction band of the semiconductor, resulting in a thinner space charge layer and a lower potential barrier (Liu et al.,2015). Therefore, the sensor resistance decreases, that is, the current increases and can be expressed by the following equations (Chen et al.,2012; Bian et al., 2015):

$$CH_3COCH_{3(gas)} \leftrightarrow CH_3COCH_{3(ads)}$$

$$CH_3COCH_{3(gas)} + 8O^- \rightarrow 3CO_{2(gas)} + 3H_2O_{(gas)} + 8e^-$$

$$CH_3COCH_{3(ads)} + 4O_{2ads}^- \rightarrow 3CO_{2(gas)} + 3H_2O_{(gas)} + 4e^-$$

The response and recovery times of the sensor are highly dependent on O_{ads} and gas concentration.The gas sensing performance varies depending on both adsorbed oxygen (O_{ads}) ions and the reactions between the adsorbed oxygen ions and the target gases (acetone vapor in our case). The higher surface area means that it provides a larger contact area for the reaction of oxygen molecules with the target gases (acetone) and assists in having more O_{ads} exposed to get in touch with gases. This reduces the sensor response and recovery times. The bigger the particle size are the smaller the contact surface per unit volume applicable to the particles. However, as can be clearly seen from figures 2 and 3 in this study, the sensor of the A respond to concentrations ranging from 50 ppm to 350 ppm at room temperature but the sensors of the B sensor did not respond at concentrations of 50 ppm and 100 ppm. As mentione above, while all results shows that smaller sized particles may be more advantageous in gas detection,but in this study shows that it needs to be optimized.

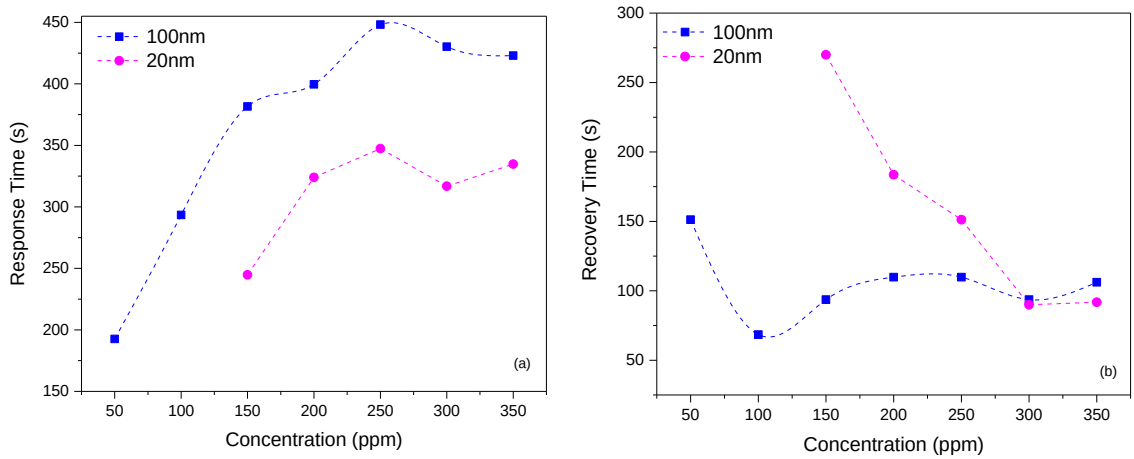


Figure 3. Concentration dependent (a) the response time (b) recovery time in various acetone vapours at room temperature

The acetone vapour sensing performance of the sensors was compared by calculating the response and recovery times (Figure-3). The response time of the sensors is the time it takes for the sensor current to reach 90% of its maximum value. The recovery time is defined as the time required for the sensor current to return to 10% below the baseline value after exposure to carrier gas.The response time of the A sensor increases with increasing concentration up to 150 ppm, while it is almost the same at increasing concentrations after 150 ppm. The response time behavior of sensor B is similar to the sensor A. However, the sensor B did not respond to acetone concentrations of 50 ppm and 100 ppm, and responded faster to all concentrations than sensor A. Considering the recovery times of these two sensors, the sensor A returned to the baseline value (dry nitrogen state) faster than sensor B, and it was the same value at all concentrations. The sensor B showed a decreasing recovery time characteristic with increasing concentration. It is also seen that the recovery time of both sensors is almost equal at high acetone concentrations of 300 and 350 ppm.

In order to compare the acetone sensing performance of TiO_2 nanoparticles-based sensors, sensitivity for each acetone concentration is calculated from the measured sensor characteristic,

$$S = \frac{1}{C}\frac{\Delta I}{I_0}$$

where ΔI is the changes in current at a concentration of acetone vapor (C), and I_0 is the sensor current in the baseline current (Figure 4).

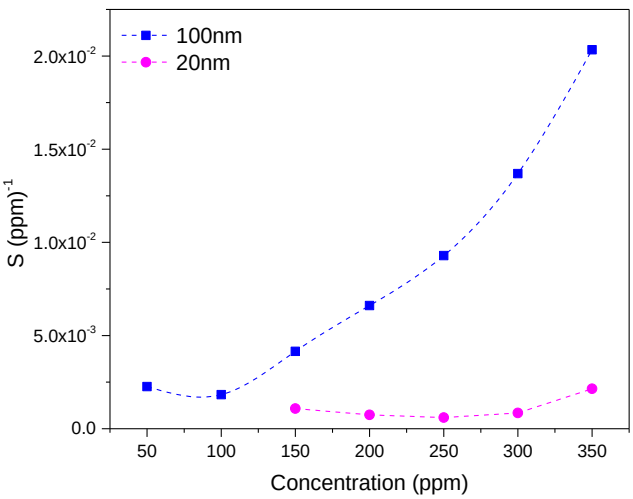


Figure 4. Room temperature acetone vapor sensitivity of the TiO_2 nanoparticles

As shown in Figure 4, the sensitivity of the sensor increases with increasing concentration for the A sensor, while the sensitivity for the B sensor is almost the same at all concentrations and its sensitivity is very low compared to the A sensor.

5. CONCLUSION

As a result, in this study, the particle size-dependent acetone vapor detection parameters of TiO_2 sensors with particle sizes of 20 nm and 100 nm were investigated. While the recovery and response characterizations are expected to improve due to the increase in the surface area as the particle size decreases, it has been observed that the sensors with large nanoparticles give better results. Therefore, this study is a strong conclusion that the particle size of the sensing material in gas sensors needs to be optimized.

REFERENCES

Bian H.Q, Ma S.Y , Sun A.M, Xu X.L, Yang G.J, Gao J.M, Zhang Z.M, Zhu H.B, 2015. Characterization and acetone gas sensing properties of electrospun TiO2 nanorods, Superlattices Microstuct. 81 107 - 113.

Chen T., Jung H., Kim J., 2012. Acetone vapor sensor made with cellulose-TiO2/MWCNTs hybrid nanocomposite, Proc. SPIE 8344 83440B1-5.

Crofford, O.B.; Mallard, R.E.; Winton, R.E.; Rogers, N.L.; Jackson, J.C.; Keller, U. 1977. Acetone in breath and blood. Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc., 88, 128–139.

Dey A. 2018. Semiconductor metal oxide gas sensors: a review, Mater. Sci. Eng. B Adv. 229 206–217.

Fan, X.; Xu, Y.; Ma, C.; He, W. 2021. In-situ growth of Co3O4 nanoparticles based on electrospray for an acetone gas sensor. J. Alloys Compd., 854, 157234.

Hana M.A. , Kim H-J. , Lee H.C, Park J-S , Lee H.N. 2019. Applied Surface Science 481 133–137.

Jia Q.Q., Ji H.M., Zhang Y., Chen Y.L., Sun X.H., Jin Z.G., 2014. Rapid and selective detection of acetone using hierarchical ZnO gas sensor for hazardous odor markers application, J.Hazard. Mater. 276 262–270.

Korotcenkov G., Cho B.K., 2017. Metal oxide composites in conductometric gas sensors: achievements and challenges, Sens. Actuators B 244 182–210.

Lee J.-H. 2009 Gas sensors using hierarchical and hollow oxide nanostructures: overview,Sensors Actuators B Chem. 140 319–336.

Liu X., Chen N., Han B.Q., Xiao X.C., Chen G., Djerdj I., Wang Y.D., 2015. Nanoparticle cluster gas sensor: pt activated SnO2 nanoparticles for NH3 detection with ultrahigh sensitivity, Nanoscale 7 14872–14880.

Mott N.F., Davis E.A., 1979. Electronic Processes in Non-CrystallineMaterials, Clarendon Press,Oxford.

Paola A.D, Bellardita M., Palmisano L. 2013. Catalysts, 3, 36-73; doi:10.3390/catal3010036.

Teleki A., Pratsinis S.E., Kalyanasundaram K., Gouma P.I., 2006. Sensors and Actuators B 119 683–690.

Tricoli, Righettoni M., Teleki A., 2010. Semiconductor gas sensors: dry synthesis and application, Angew. Chem. Int. Ed. 49 7632–7659.

Tung T.T., Chien N.V., Duy N.V., Hieu N.V., Nine M.J., Coghlan C.J. , Tran D., Losic D., 2019. Journal of Colloid and Interface Science 539 315–325.

Rossinyol E., Prim A., Pellicer E., Arbiol J., Hernández-Ramírez F., Peiró F., Cornet, J.R. Morante A., Solovyov L.A., Tian B., Bo T., Zhao D., 2007. Synthesis and characterization of chromium-doped mesoporous tungsten oxide for gas-sensing applications, Adv. Funct. Mater. 17 1801–1806.

Zhang J., Leng D., Zhang L., Li G., Ma F., Gao J., Lu H., Zhu B., 2021. Porosity and oxygen vacancy engineering of mesoporous WO3 nanofibers for fast and sensitive low temperature NO2 sensing, J. Alloy. Compd. 853 157339.

ÇELİK LİFLİ BETONLARDA LİF HACİM ORANINA BAĞLI OLARAK YARMADA ÇEKME VE EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIMININ İNCELENMESİ

Serkan Kam
Namık Kemal Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
kamserkan04@gmail.com, ORCID: 0009-0006-3912-0554

Zekeriya Aydin
Namık Kemal Üniversitesi / Çorlu Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
zaydin@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1597-998X

Mehmet Timur Cihan
Namık Kemal Üniversitesi / Çorlu Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
mehmetcihan@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5555-5589

Özet
Bu çalışmada çelik lifli betonlarda, lif hacim oranına bağlı olarak, çekme dayanımındaki değişimin incelenmesi amaçlanmaktadır. Lifli betonların çekme dayanımının belirlenmesi için, iki farklı yaklaşım olarak, yarmada çekme deneyi ve orta noktadan yüklemeli eğilmede çekme deneyi gerçekleştirilmiştir. Yarmada çekme deneyi için 150×150×150 mm ebatlarında küp numuneler kullanılmış iken, eğilmede çekme deneyi için 150×150×600 mm ebatlarında kiriş numuneleri kullanılmıştır. Çalışma %0, %1.5 ve %3 olmak üzere üç farklı lif oranı için gerçekleştirilmiştir. Lifsiz (lif hacim oranı %0) betonlar için beton sınıfı C30 olarak tasarlanmıştır. Çelik lif türü olarak 50 mm uzunluğunda 1 mm kalınlığında kıvrımlı lifler tercih edilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, lifli beton numunelerin ortalama çekme dayanımı lifsiz betonlara oranla %1.5 lif oranı için %45, %3 lif oranı için %141 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca orta noktadan yüklemeli eğilmede çekme deneyi ile belirlenen çekme dayanımı yarmada çekme deneyi ile belirlenen çekme dayanımına göre, lifli betonlar için, %51 daha fazla olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lifli beton, Çekme dayanımı, Lif hacim oranı

INVESTIGATION OF SPLITTING AND FLEXURAL STRENGTHS DEPENDING ON FIBER VOLUME RATIO IN STEEL FIBER CONCRETE

Abstract
This study aims to examine the change in tensile strength depending on the fiber volume ratio in steel fiber concretes. In order to determine the tensile strength of fibrous concretes, a splitting test and a center-point loading flexure test were performed using two different approaches. While cube samples with dimensions of 150x150x150 mm were used for the splitting test, beam samples with dimensions of 150x150x600 mm were used for the flexure test. The study was carried out for three different fiber volume ratios, 0%, 1.5%, and 3%. It is designed as C30 concrete class for non-fibrous (fiber-volume ratio of 0%) concretes. As the steel fiber type, hooked-end fibers with a length of 50 mm and a thickness of 1 mm were preferred. As a result of the experimental study, it was determined that the average tensile strength of fibrous concrete samples was 45% higher for 1.5% fiber ratio and 141% higher for 3% fiber ratio compared to non-fiber concrete. In addition, the tensile strength determined by the center-point loading flexure test is 51% higher than the tensile strength determined by the splitting test, for fiber concrete.

Keywords: Fibrous concrete, Tensile strength, Fiber volume ratio

1. GİRİŞ

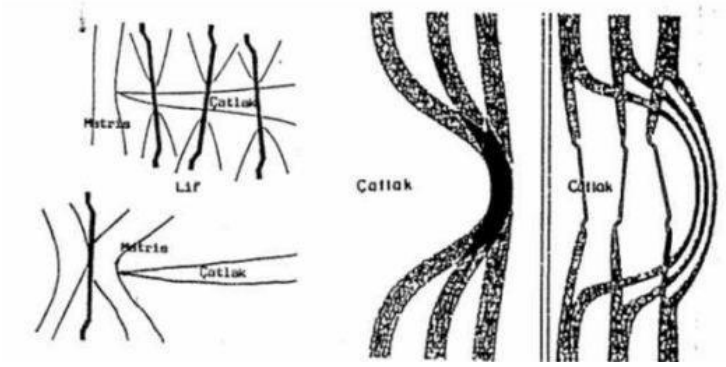
Beton, çimento, iri agrega, ince agrega, su ve katkılar ilave edilerek oluşturulan ve çimentonun hidratasyonu ile gerekli özelliklerini kazanan yapı malzemesidir (TS EN 206, 2021). Beton basınç altında yüksek dayanıma sahip olmasına karşı, çekme ve eğilme dayanımı oldukça düşük bir kompozit malzemedir (Türkmenoğlu ve ark., 2016). Beton çekme dayanımı, basınç dayanımına göre çok düşük bir malzeme olmasından dolayı, çekme ve eğilme gerilmeleri altında betonda çatlamalar meydana gelir.

Bu çatlaklar kontrolsüz bir şekilde yayılır. Betonun mekanik özelliklerinin (süneklik, tokluk) artırılması amacıyla çeşitli lif katkılar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan lif çeşidi çelik liflerdir (Güler ve Yavuz). Betonun içerisine yerleştirilmiş olan çelik lifler, betonda oluşacak çatlakları büyük oranda azaltır, yüksek tokluk, şekil değiştirme kapasitesinde ve sünekliğinde iyileşme olmasını sağlar.

(Yalçın ve ark., 2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada çelik lifler farklı narinlikte ve farklı hacim oranlarında betona eklendiğinde betonun basınç dayanımı ve elastisite modülünde bir fark görülmemiş iken yarmada çekme ve eğilme dayanımlarını önemli oranda etkilediği görülmüştür. Ayrıca, çelik lifli kiriş numunelerin yük-sehim eğrilerinde, belirli bir hacim oranından daha yüksek oranda lif eklenmesi durumunda, ilk çatlak oluştuktan sonra eğrinin tekrar yükseldiği ifade edilmiştir. (Şahin ve Köksal, 2011) yaptıkları çalışmada eklenen çelik liflerin oranı arttıkça betonlardaki yarmada çekme dayanımlarının önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, 2000 MPa çekme dayanımına sahip çelik liflerin kullanıldığı betonların, 1050 MPa çekme dayanıma sahip liflerin kullanıldığı betonlara göre yarmada çekme dayanımlarının daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. (Ünal ve ark., 2007) tarafından yapılan çalışmada 1 m^3 betona 60 kg çelik lif ilave edilmesiyle, yalın betonun gerilme-şekil değiştirme yeteneğini ve tokluğunu önemli derecede arttırdığı görülmüştür. Ayrıca, bu artış yalın betonun 5 katı mertebesinde olduğu, betonların basınç dayanımlarının beton içerisindeki liflerin yönelim ve dağılımından dolayı olumlu ve olumsuz etkiler gösterdiği, betona ilave edilen liflerin eğilme dayanımını önemli derecede arttırdığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada çelik lifli betonların çekme dayanımı (yarmada çakma ve eğilmede çekme) lif hacim oranına bağlı olarak incelenmektedir. Çalışmada %1.5 ve %3 lif oranına sahip betonların yanı sıra sonuçların karşılaştırılması için lifsiz (lif oranı %0) beton ele alınmaktadır. Çelik lif türü olarak 50 mm uzunluğunda 1 mm kalınlığında kıvrımlı lifler kullanılmıştır. Lifsiz betonlar için karışım hesaplarında C30 beton sınıfı hedeflenmiştir. Çekme dayanımının belirlenmesi için yarmada çekme ve orta noktadan yüklemeli eğilmede çekme deneyinden yararlanılmıştır. Yarmada çekme deneyi için 150×150×150 mm ebatlarında küp numuneler, eğilmede çekme deneyi için ise 150×150×600 mm ebadında kiriş numuneleri üretilmiştir.

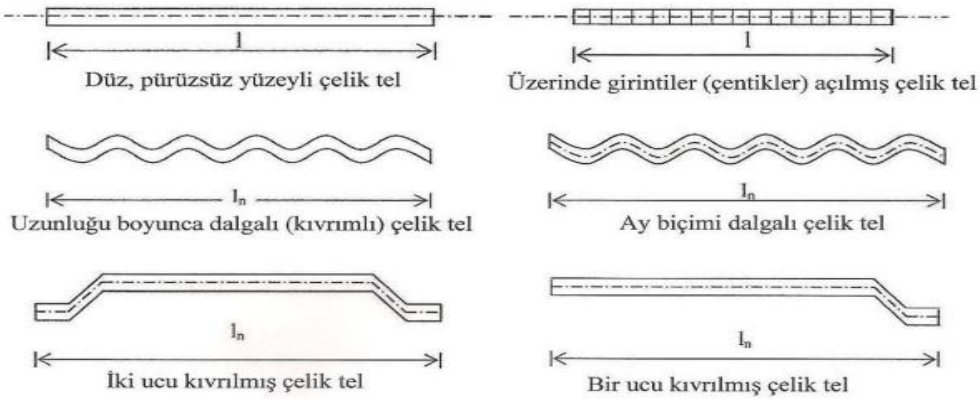
2. ÇELİK LİFLİ BETON

Çelik lifli beton, taze beton imalatı sırasında farklı geometrik şekillerdeki çelik liflerin belirli oranlarda taze betona eklenerek homojen bir yapıya ulaşana kadar karıştırılmasıyla üretilen kompozit bir yapı malzemesidir (Turunç, 2022). Mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için betona eklenen süreksiz çelik liflerin kullanımı ile ilgili araştırmalar 1910 yılından beridir devam edilmektedir (Topçu, 2006). Beton çekme dayanımının çok düşük olması nedeni ile betonarme taşıyıcı yapı elemanlarının boyutlandırılmasında betonun çekme gerilmesi zorunlu olmadıkça dikkate alınmamaktadır. Fakat özel üretimlerde özellikle saha betonlarında yüksek beton çekme dayanımı gerekebilmektedir. Çekme gerilmelerine maruz kalan betonlarda çatlaklar oluşmakta ve bu çatlaklar ilerleyip daha büyük çatlaklara dönüşerek betonun göçmesi gerçekleşmektedir. Betonda çatlak oluşumu ve ilerlemesine karşı beton direncini arttırmak için çelik lifli beton kullanımı önem kazanmaktadır (Topçu, 2006). Çelik lif takviyeli betonların özellikle enerji yutma kapasiteleri, darbe ve yorulma dirençleri yüksektir. Çelik lifler betondaki çatlak oluşumunu azaltmakta, çatlakların genişlemesini engellemekte ve çatlaklarda köprü oluşturarak yükün bir kısmını çatlağa dik doğrultuda matrise iletmektedir (Ekincioğlu, 2003). Liflerin çatlaklara gelen yükün köprüleme yaparak matrise aktardığı Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir (Sarı, 2013).



Şekil 1. Liflerin çatlakları köprülemesi (Sarı, 2013).

Beton içerisine eklenen çelik liflerin hangi oranda eklendiği, kullanılan lifin geometrik şekli ve lif ile beton matrisi arasındaki kenetleme dağılımına bağlıdır. Bundan dolayı çelik lifler farklı geometrik şekillerde üretilip beton içerisinde kullanılmaktadır (Kozak, 2013). (TS 10513, 1992) standardına göre beton takviyesinde kullanılan çelik lifler şekillerine göre Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çelik lif şekilleri (TS 10513, 1992)

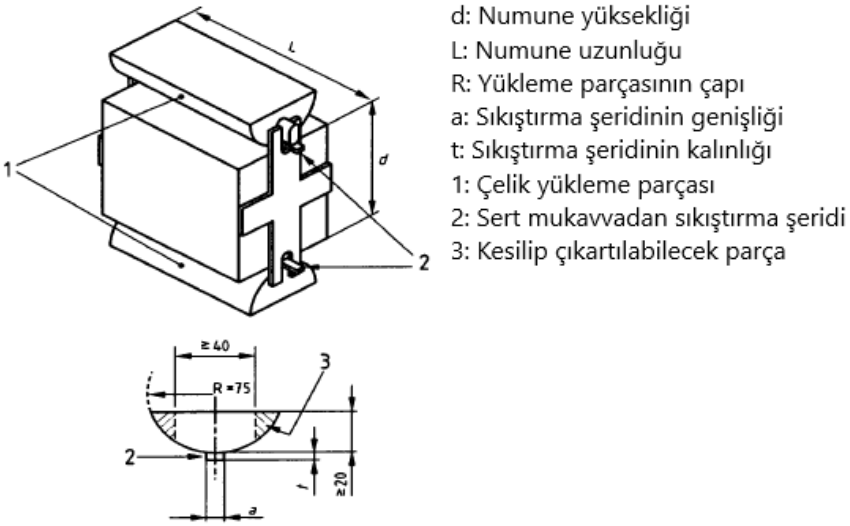
Çelik lifli betonların performansını etkileyen en önemli faktörler aşağıda verilmiştir;

- Çelik lif tipi,
- Çelik lifin hacimsel oranı,
- Çelik lifin geometrik yapısı,
- Liflerin beton matrisinde dağlımı,
- Liflerin beton içerisindeki yönelimi,
- Beton matrisinin mukavemeti,
- Lifli beton üretim yöntemi (Zeynal, 2008),
- Lif yüzeyinin özellikleri (Çakır, 2013)

Betondaki rastgele yönlenmiş lifler hem mikro çatlamayı hem de çatlak yayılımını durdurmaktadır ve böylece betonun çekme mukavemeti ile sünekliğini artırmaktadır. Betona lif ilavesi, gerilme birim şekil değiştirme eğrisinin artan kısmını çok az etkilemektedir ancak en büyük çekme gerilmesinde ve süneklikte önemli bir artışa yol açmaktadır (Faisal ve Ashour, 1992; Naaman ve Homrich, 1985). Normal betona çelik liflerin eklenmesi onu darbelere karşı daha dayanıklı hale getirmektedir (Farnam ve ark., 2010).

3. YARMADA ÇEKME DENEYİ

Direkt çekme deneyinin uygulama zorlukları nedeniyle malzemelerin çekme dayanımının belirlenmesi amacıyla dolaylı deneyler kullanılmaktadır. Kullanılan dolaylı deneylerden bir tanesi de yarmada çekme deneyidir. Yarmada çekme deneyi (TS EN 12390-6, 2010)'a göre yapılmaktadır. Yarmada çekme dayanımı, kullanılan deney numunesinin biçim ve boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Küp şekilli numuneler, silindir şekilli numunelere göre yaklaşık %10 daha yüksek yarmada çekme dayanımı vermektedir. 150 mm boyutlarındaki küp numunelerde ölçülen yarmada çekme dayanımları, 100 mm boyutlarındaki küp numunelerde ölçülen yarmada çekme dayanımlarından daha düşüktür. Silindir numunelerde, numune boyutunun, ölçülen yarmada çekme dayanımı üzerindeki etkisinin önemli olmadığı belirtilmektedir (TS EN 12390-6, 2010). (TS EN 12390-6, 2010)'da referans yöntem olarak silindir numuneler kullanılarak gerçekleştirilen deneyler önerilmektedir. Ancak uygulamada küp veya prizma şekilli numunelerde kullanıldığı için standart kapsamında küp numunelerin kullanımı da verilmiştir. Küp şekilli numunelerde kullanılması gereken sabitleme düzeneği Şekil 3'de (TS EN 12390-6, 2010) verilmiştir.



Şekil 3. Küp şekilli numuneler için sabitleme düzeneği (TS EN 12390-6, 2010)

Yarmada çekme deneyinde yük yükleme hızı, 0,04 MPa/s ile 0,06 MPa/s arasında sabit gerilme hızı sağlanacak şekilde ayarlanmaktadır. Yarmada çekme dayanımı, aşağıda verilen (1) eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (TS EN 12390-6, 2010):

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot L \cdot d} \tag{1}$$

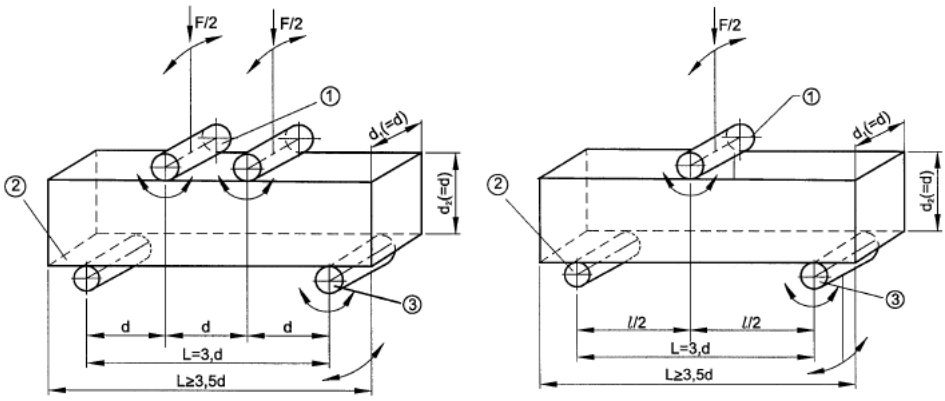
Burada;
f_{ct}: Yarmada çekme dayanımı, MPa,
F: En büyük yük, N,
L: Numunenin yükleme parçasına temas çizgisinin uzunluğu, mm,
d: Numunenin seçilen en kesit ölçüsü, mm.

4. EĞİLMEDE ÇEKME DENEYİ

Eğilmede çekme deneyinde prizma şekilli deney numuneleri, mesnet (alt) ve yükleme (üst) silindirleri yoluyla yük uygulanarak eğilme momentine maruz bırakılmaktadır. Eğilmede çekme deneyi (TS EN 12390-5, 2010)' a göre iki noktadan yükleme veya orta noktadan yükleme yapılarak gerçekleştirilmektedir. Orta noktadan yükleme yapılarak belirlenen eğilmede çekme dayanımı iki noktadan yükleme yapılarak belirlenen eğilmede çekme dayanımından daha yüksek elde edilmektedir. Orta noktadan yükleme deneyi ile bulunan sonuçlar, iki noktadan yükleme deneyiyle bulunan sonuçlara göre %13 daha yüksek değer vermektedir (TS EN 12390-5, 2010). Eğilmede çekme deneyi deney numunesi yükleme düzenekleri Şekil 4'de (TS EN 12390-5, 2010) verilmiştir. Eğilmede çekme deneyi esnasında ulaşılan en büyük yük belirlenerek eğilmede çekme dayanımı hesaplanmaktadır. Eğilmede çekme deneyi, (TS EN 12390-4)' e uygun deney makinası kullanılarak yapılmalıdır (TS EN 12390-5, 2010). Orta noktadan yükleme yapılan deneylerde eğilme dayanımı, aşağıda verilen (2) eşitlik kullanılarak hesaplanır (TS EN 12390-5, 2010);

$$f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2} \tag{2}$$

f_{cf}: Eğilmede çekme dayanımı, MPa,
F: En büyük yük, N,
L: Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm
d_1, d_2: Numunenin en kesit boyutları, mm



1: Yükleme silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)
2: Mesnet silindiri
3: Mesnet silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)

(İki noktadan yükleme) (Orta noktadan yükleme)

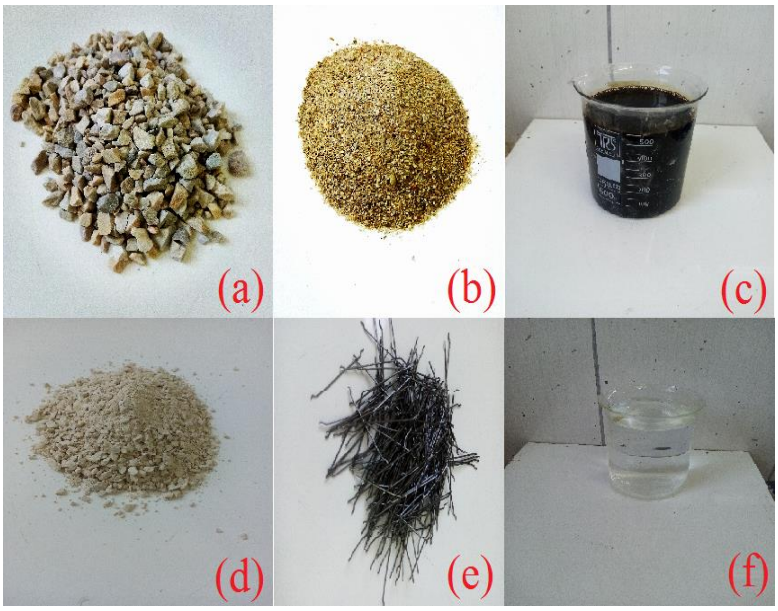
Şekil 4. Deney numunesi yükleme düzenekleri (TS EN 12390-5, 2010)

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada çelik lif katkılı normal dayanımlı betonların yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarının çelik lif hacim oranlarına bağlı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Eğilmede çekme dayanımı için 9 adet 150×150×600 mm boyutlarında prizma numuneler üretilmiştir. Yarmada çekme dayanımı için ise 9 adet 150×150×150 mm boyutlarında küp numuneler üretilmiştir.

5.1. Beton

Beton üretiminde, Mıcır I, kırmataş tozu, doğal kum, Portland çimentosu (TS EN 197-1 (Enstitüsü, 2002) standardına uygun üretilmiş CEM I 42,5 R), su, süper akışkanlaştırıcı ve çelik lif kullanılmıştır (Şekil 5). Beton tasarımı (TS 802, 2016) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Beton tasarımında su/çimento oranı 0.573 seçilmiştir. Beton numune üretiminde kullanılan beton bileşen malzeme miktarları Tablo 1'de verilmiştir.



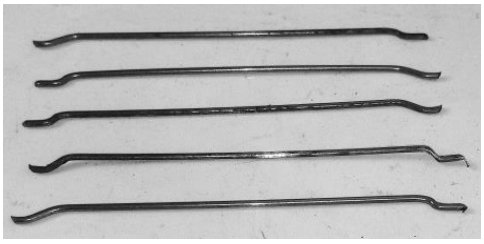
Şekil 5. (a) Mıcır I, (b) doğal kum, (c) süper akışkanlaştırıcı, (d) kırmataş tozu, (e) çelik lif, (f) su

Tablo 1. Beton bileşen malzeme miktarları

Malzeme	Mıcır I	Kırmataş tozu	Kum	Çimento	Su	Kimyasal katkı	Çelik lif
Miktar (kg/m^3Beton)	440.78	633.80	429.19	436.39	250.00	8.73 (%2)	0.00 (hacimce %0)
	440.78	633.80	429.19	436,39	250.00	8.73 (%2)	117.75(hacimce %1.5)
	437.90	629.65	426.38	436.39	250.00	12.92 (%2.96)	235.5 (hacimce %3)

5.2. Lifli beton

Lifli beton üretiminde üç farklı lif hacim oranı (%0, % 1.5 ve % 3) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çelik lif görselleri Şekil 6, çelik lif özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Lifli beton üretiminde lifler karışıma taze beton aşamasında ilave edilmiştir. Yüksek lif içeriği lifli betonda işlenebilirliği azaltmaktadır. Bu nedenle istenilen işlenebilirliğe sahip lifli beton üretimi için yüksek lif içeriğine sahip betonlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Çelik lifli betonların bileşen malzeme miktarları Tablo 1'de verilmiştir. Normal ve çelik lifli betonlar (TS EN 12390-2, 2019) standardına uygun olarak kalıplara doldurulup 38 gün küre tabi tutulmuştur.



Şekil 6. Çelik lif

Tablo 2. Çelik lif özellikleri

Tip	Kenar türü	Açı	Lif uzunluğu, l	Lif çapı, ϕ	Görünüş oranı, l/ϕ	Çekme dayanımı, σ_u
		°	mm	mm	mm/mm	MPa
Soğuk çekme	Kıvrımlı	45	50	1	50	1200

5.3. Normal Beton ve Çelik Lifli Beton Üretimi

Bu çalışmada, çelik lif hacim oranına (%0, %1,5, %3) bağlı olarak yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarının değişimi incelenmiştir. İmalata başlamadan önce standartlara göre beton tasarımı yapılmış olup daha sonra üretime geçilmiştir. Lifsiz (lif hacim oranı %0) betonlar için beton sınıfı C30 olarak tasarlanmıştır. Önceden tartılarak hazırlanan malzemeler karıştırma mikserinin içerisine alındıktan sonra her çelik lif oranı için ayrı ayrı üretimler yapılmıştır (Şekil 7). Karıştırılan beton 150×150×150 mm olan küplere ve 150×150×600 mm kiriş kalıplara doldurulmuştur (Şekil 8). Numunelere yarmada çekme ve eğilmede çekme deney tarihine kadar (38 gün) kür uygulanmıştır.

Şekil 7. Hazırlanan karışımın mikserle karıştırılması

Şekil 8. Küp ve kiriş numunelerin hazırlanması

Numunelere 38 gün kür uygulanarak yarmada çekme ve eğilmede çekme deneyleri 38 günlük numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

5.4. Yarmada Çekme ve Eğilmede Çekme Deneyi

Yarmada çekme deneyi (TS EN 12390-6, 2010) standardına göre 38 günlük 150×150×150 mm küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yarmada çekme deneyi için 3 adet % 0, 3 adet %1.5 ve 3 adet %3 çelik lif hacim oranına sahip toplam 9 adet numune üretilmiştir. Yarmada çekme deney düzeneği ve yarmada çekme deneyi uygulanmış numune örnekleri sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da görülmektedir.

Şekil 9. Yarmada çekme deney düzeneği

Şekil 10. Yarmada çekme deneyi uygulanmış numune örnekleri

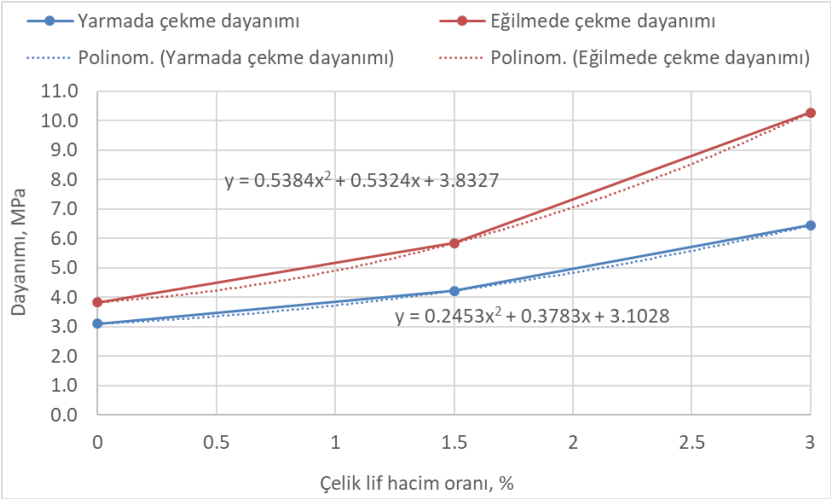
Eğilmede çekme deneyi (TS EN 12390-5, 2016) standardına göre 38 günlük 150×150×600 mm prizma numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Eğilmede çekme deneyi için % 0, %1.5 ve %3 çelik lif hacim oranına sahip 3'er adet olmak üzere toplam 9 adet numune üretilmiştir. Eğilmede çekme deney düzeneği ve eğilmede çekme deneyi uygulanmış numune örnekleri sırasıyla Şekil 11 ve Şekil 12'de görülmektedir.

Şekil 11. Eğilmede çekme deney düzeneği

Şekil 12. Eğilmede çekme deneyi uygulanmış numune örnekleri

5.5. Deneysel Sonuçlar

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarının çelik lif hacim oranına göre değişimi Şekil 13'de görülmektedir.



Şekil 13. Yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarının çelik lif hacim oranına göre değişimi

Şekil 13 incelendiğinde beklendiği gibi eğilmede çekme dayanımının yarmada çekme dayanımından daha yüksek olduğu görülmektedir. Lif hacim oranı arttıkça hem eğilmede çekme hem de yarmada çekme dayanımı artmaktadır. Ancak, lif hacim oranındaki artış eğilmede çekme dayanımında çok daha yüksek iyileşme sağlamaktadır. Eğilmede çekme ve yarmada çekme dayanım sonuçları %1.5 çelik lif hacim oranına kadar benzer düzeyde artışa neden olurken, %1.5 lif hacim oranından daha yüksek oranlarda ise eğilmede çekme dayanımında daha yüksek düzeyde artışa neden olmaktadır.

6. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Beklendiği gibi eğilmede çekme deney sonuçları, yarmada çekme deney sonuçlarına göre daha yüksek elde edilmiştir.
- Genel olarak lif hacim oranın artmasıyla birlikte yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarının önemli oranda arttığı görülmüştür.
- %1.5 çelik lif oranından daha yüksek lif hacim oranlarında eğilmede çekme dayanımı, yarmada çekme dayanımına göre daha belirgin bir artış göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından NKUBAP.06.YL.23.456 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Çakır, C., 2013. Makrosentetik ve çelik lif donatılı betonların mekanik davranışı. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ekincioğlu, Ö., 2003. Karma Lif İçeren Çimento Esaslı Kompozitlerın Mekanik Davranışı–Bir Optimum Tasarım. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Faisal, F.W., Ashour, S.A., 1992. Mechanical properties of high-strength fiber reinforced concrete. ACI Material journal 89, 449-455. https://doi.org/10.30684/etj.28.12.13

Farnam, Y., Mohammadi, S., Shekarchi, M., 2010. Experimental and numerical investigations of low velocity impact behavior of high-performance fiber-reinforced cement based composite. International Journal of Impact Engineering 37, 220-229. https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2009.08.006

Güler, S., Yavuz, D., Düşük hacimsel oranlarda lif katkılı betonların mekanik özelliklerinin incelenmesi.

Kozak, M., 2013. Çelik lifli betonlar ve kullanım alanlarının araştırılması. Teknik Bilimler Dergisi 3, 26-35.

Naaman, A.E., Homrich, J.R., 1985. Properties of high-strength fiber reinforced concrete. Special Publication 87, 233-250. https//doi.org/10.14359/6532

Osman, Ü., Uygunoğlu, T., Gençel, O., 2007. Çelik Liflerin Beton Basinç Ve Eğilme Özeliklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 13, 23-30.

Sarı, M., 2013. Farklı tipteki liflerin betonun mekanik davranışına etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şahin, Y., Köksal, F., 2011. The influences of matrix and steel fibre tensile strengths on the fracture energy of high-strength concrete. Construction and Building Materials 25, 1801-1806. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.084

Topçu, İ.B., 2006. Beton Teknolojisi. Uğur Ofset, Eskişehir.

TS 10513, 1992. Çelik teller - Beton takviyesinde kullanılan. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 197-1, 2002. Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-5, 2010. "Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-6, 2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS 802, 2016. Beton karışım tasarımı hesap esasları. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-2, 2019. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-4, 2019. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinelerinin özellikleri. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 206+A2, 2021. Beton - Özellik, performans, imalat ve uygunluk. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

Turunç, D., 2022. 3D,4D ve 5D çelik lif katkılı betonların donma-çözülme etkisi sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi Investigation of the physical and mechanical properties of 3D, 4D and 5D steel fiber reinforced concrete after freeze-thaw effect, Civil Engineering. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Türkmenoğlu, Z.F., Güler, S., Korkut, F., Yavuz, D., 2016. Çelik lif katkılı betonların mekanik özelliklerinin incelenmesi. Engineering Sciences 11, 93-99.

Yalçın, M., Taşdemir, C., Taşdemir, M.A., 2011. Çelik lif donatılı betonların performans sınıflarının belirlenmesi. İTÜDERGİSİ/d 8.

Zeynal, E., 2008. Çelik lif ve s/ç oranlarının çelik lifli betonların darbe mukavemetine ve mekanik özelliklerine etkisi. Ege Üniversitesi.

INDUSTRIAL SYMBIOSIS APPROACH IN CIRCULAR ECONOMY

Işılay TEKTEN
Ondokuz Mayıs University/ Engineering Faculty/ Environmental Engineering
22280866@stu.omu.edu.tr, ORCID: 0009-0001-7591-5534

Nurdan Gamze TURAN
Ondokuz Mayıs University/ Engineering Faculty/ Environmental Engineering
gturan@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6500-6188

Abstract
Natural resources started to be used inefficiently as the industrial revolution caused changes in the production and consumption understanding of the society, and as time passed, negative consequences for the environment and human health occurred. The limitedness of natural resources has made it necessary to use resources efficiently in terms of sustainability and has led to the formation of a number of new legislation and strategies. The EU Green Deal is the most important international strategic agreement on this subject. The Green Deal is a set of strategies by the European Union that aims to reduce carbon emissions by 55% by 2030 and to become the world's first carbon-neutral continent by 2050. The main objective of the agreement is to control climate change, minimize environmental damage, create more job opportunities and provide economic benefits. The Green Deal is the new economic growth strategy of the European Union and the circular economy model is one of the most important components of the consensus. The circular economy model is based on waste minimization, using the raw material resources for a longer time by keeping them in the loop, providing energy savings, reducing resource waste and increasing symbiosis studies for resource efficiency. With industrial symbiosis, independent industrial enterprises can provide advantages in terms of reducing costs and increasing environmental performance by changing materials, water, energy, by-products and wastes. In this study, the circular economy model, its elements and its legislation were examined and the importance of industrial symbiosis in the circular economy was discussed. In addition, its applicability and benefits are explained in detail by examples from industrial symbiosis applications in the world and in Turkey.

Keywords: Sustainability, Circular Economy, Zero Waste, Clean Production, Eco-Industrial Park

1. INTRODUCTION

Natural resources began to be used unlimitedly with the industrialization that started in the 18th century. As of the second half of the 20th century, with the further development of industry and technology, non-renewable resources began to decrease rapidly and environmental problems and economic fluctuations emerged on a global scale. Sustainable strategies have been developed by engineers and scientists in order to reduce the problems experienced and to establish the balance between a healthy environment and the economy. It is seen that a new economic fluctuation called the sixth wave is added to the existing economic fluctuations, when the researches on the economic fluctuations in the world are examined. Production activities in various parts of the world were tried to be continued with the awareness of environmental responsibility with the adoption of the sustainable development approach, which took its place on the agenda with this economic wave. Societies have started to search for environmentally friendly production alternatives and have accelerated their studies on the subject with this awareness. As a result of the studies on the concept of sustainable development, it has been seen that concepts such as clean production, eco-efficiency, industrial ecology and industrial symbiosis have started to take place on the agenda and in the literature.

The concept of sustainability was defined for the first time in the Brundtland Report published by the United Nations World Commission on Environment and Development in 1987 as "meeting our own needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs" and was accepted internationally (Özsoy, 2018; Bozlogan, 2005). Sustainable development, on the other hand, is defined as providing economic development without compromising the principle of using environmental values and natural resources within the framework of reason and logic, taking into account the rights and needs

of present and future generations (Tıraş, 2012). In 2015, "Sustainable Development Goals" were published by the United Nations Special Summit in order to combat injustice and economic inequality, to prevent climate change and to achieve sustainable production-consumption goals. This publication includes 17 sustainable development goals, 169 goals and 304 criteria for evaluating the success of these goals (Özsoy, 2018). The concept of sustainable development is shaped around 3 main factors. These are social, economic and environmental factors. Since environmental and social factors directly affect economic factors, economic development is not possible without sustainable environmental and social components. Sustainable development goals include the following titles:

- The titles of ending hunger and poverty, ensuring access of the society to health and education opportunities, preventing inequalities, ensuring peace and justice in social terms,
- The titles of healthy living conditions, clean water and accessible energy, sustainable cities and living spaces, climate change, sustainability in water and land life in environmental terms,
- The titles of providing economic growth and infrastructure in a decent way, developing the industry, and realizing production-consumption activities in economic terms (Akın, 2021).

As a result of the studies carried out within the framework of sustainable development, many concepts including sustainable policies, sustainable systems, subsystems, approaches and principles have emerged. Sustainable development goals can be achieved by implementing the whole process from economic, environmental and social factors to sustainable policies. Each element or concept has its own unique tool and method. It was seen that the current economic model, the "linear economy", could not meet the needs, and a new economic model, the "circular economy", emerged with the concept of sustainable development (Akın, 2021). In the linear economic model, while the high profit target is in the first stage, the concept of sustainability is in the second stage. This model adopts the take-make-dispose approach. In this economic model, besides the generation of waste as a result of consumption, waste also occurs during production. The wastes generated as a result of production and consumption are released to nature without any treatment (Akın, 2021). In the circular economic model, the wastes generated as a result of production and consumption activities are recycled and evaluated as raw material for other production activities. As a result, wastes are not released to nature and wastes with economic value are reused. Thus, the damage to the environment is minimized (Veral, 2018).

This study aims to examine in detail the concept of industrial symbiosis, which was put forward within the framework of sustainable environmental management. In the study, examples of industrial symbiosis from Turkiye and the world are also evaluated.

2. INDUSTRIAL ECOLOGY

Cleaner production is defined by the United Nations Development Program (UNEP) as "to increase efficiency and minimize risks with an environmental strategy to be applied to processes, products and services with a continuous, holistic and preventive approach" (Özen, 2008). Eco-efficiency, which is another concept that has the same meaning as cleaner production, is the realization of the same production or service activities by using less resources and consuming less energy (Demirer, 2011).

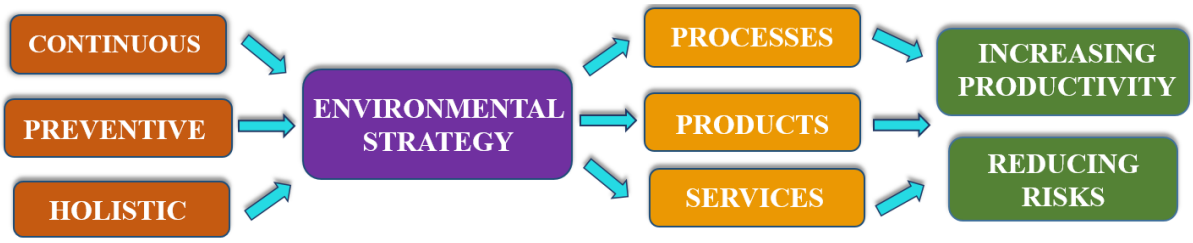


Figure 1. Cleaner Production Concept

The concept of industrial metabolism, defined for the first time by Ayres, covers all processes in which manpower, energy and raw materials used during production are converted into products and waste. The concept of industrial ecology, on the other hand, was first introduced in 1989 by being inspired by the concept of industrial metabolism by Frosch and Gallapoulos and was defined as the design of industrial

systems within the framework of ecological principles. According to the concept of industrial ecology, the waste generated during or after the production process should be reused as a raw material during the production of another product, thus preventing the generation of waste from the system (Ulutaş, 2017). Industrial ecology is in the subsystem of the sustainable development approach, and one of the installation methods of this subsystem is industrial symbiosis (Akın, 2021). In biology, the way of life of two different organisms by helping each other is called symbiosis. Industrial symbiosis, on the other hand, is the exchange of matter and energy between two or more independent industrial firms in order to increase their competitiveness in a way that is similar to the one in nature, mutually beneficial to each other. The relationship between them is called a symbiotic relationship (Atalay, 2012). This symbiotic relationship protects the environment and human health, minimizes waste as a requirement of sustainability and provides a great economic contribution to companies.

The linear input-output system is a system in which the production inputs turn into products and wastes directly after production, and the wastes are disposed of directly (Figure 2). In input-output systems where industrial symbiosis is effective, the waste obtained by one company as a result of production becomes the raw material of another company (Figure 3) (Gümüş, 2016).

Figure 2. Linear Input-Output System

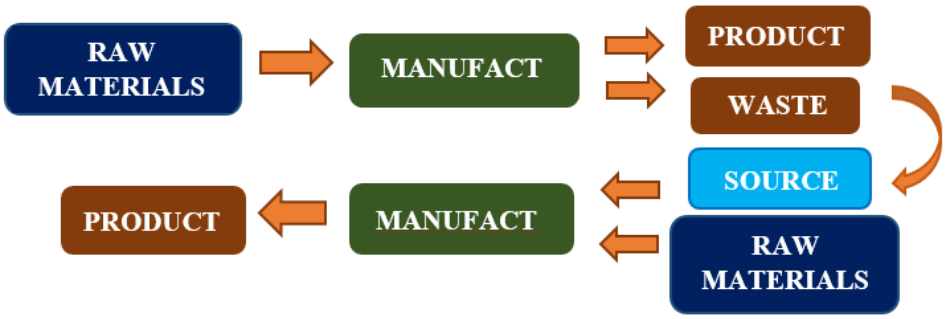


Figure 3. Input-Output System In Industrial Symbiosis

The waste exchange is the most basic and simple form of industrial symbiosis. It is the process of transferring the waste obtained by a company as a result of production activities to another company that can use the same waste as raw material instead of eliminating it if it cannot use it as raw material within its own structure (Orhan, 2009). Since 2010, a license requirement has been sought in the recycling of wastes in accordance with the European Union legislation. This situation caused the transactions not to be carried out under the name of waste exchange and companies started to give their wastes to licensed companies within the framework of the Environmental Permit and License Regulation published in the Official Gazette in Turkey (Öktem, 2016). The eco-industrial park model is a way of applying the concept of industrial symbiosis. It is defined as the business community in which industrial companies and local businesses operating in the form of production or service increase their environmental, social and economic gains by cooperating on issues such as energy, raw materials and waste management. The biggest advantage of eco-industrial parks is that they provide competitive power to the companies within the symbiosis network (Atalay, 2012).

There are criteria related to the concept of industrial symbiosis in many laws, strategies, action plans and regulations in the national policies. In this context, the European Union Integrated Environmental

Adaptation Strategy, Climate Change Action Plan (IDEP), Integrated Urban Development Strategy and Action Plan can be given as examples of national policies. The main legislations related to the subject in Turkiye are the "Environmental Law" numbered 2872, which was published in the Official Gazette on 11.08.1983 , "Waste Management Regulation", numbered 29314, which was published in the Official Gazette on 2.04.2015, “Regulation on the Regular Landfilling of Wastes” numbered 27533, which which was published in the Official Gazette on 26.03.2010, “Regulation on the Incineration of Wastes” numbered 27721, which was published in the Official Gazette on 06.10.2010 (Akın, 2021).

3. INDUSTRIAL SYMBIOSIS PROJECTS

The eco-industrial park in the world first emerged in the 1970s in Kalundborg, Denmark. Then, industrial symbiosis practices were adopted by other countries and became increasingly widespread around the world. The project in Kalundborg was carried out within the framework of 3 basic elements, namely economic, social and environmental, and includes 33 different industrial symbiosis projects (TTGV, 2014). In the Kalundborg Industrial Park Project, with the recycling and reuse activities, energy savings equivalent to the annual electricity consumption of more than 75.000 households were achieved, as well as annual savings of 45.000 tons of oil, 15.000 tons of coal, 90.000 tons of gypsum and 3 million cubic meters of water. In addition, according to the data, more than 240.000 tons of carbon dioxide, 10.200 tons of sulfur dioxide and 4.500 tons of sulfur emissions were saved (Özsoy, 2018).

The first study conducted in Turkiye within the scope of industrial symbiosis is the Iskenderun Bay Industrial Symbiosis Project, supported by the Baku Tbilisi Ceyhan Petroleum Pipeline Company and carried out by the Technology Development Foundation of Turkey. For the project, which was completed between 2011-2014, firstly, sectoral analysis studies were carried out within the region, and then an industrial symbiosis database was created. After various consultations with the relevant companies, more than 500 industrial symbiosis opportunities were determined in the project area and it was decided to realize 8 industrial symbiosis projects as a priority. Later, detailed feasibility studies were carried out on behalf of these projects (TTGV, 2014). Animal feed production from fruit pulp, biogas and energy production from agricultural and animal wastes, bioremediation product production from cottonseed waste (lint waste), electricity production from waste oil, granule production from end-of-life tires, lead recovery from scrap batteries and slag from iron and steel production in road construction are 8 industrial symbiosis projects determined for the region (Demircioğlu, 2020).

Iskenderun Bay Industrial Symbiosis Project has achieved 330.000 tons of waste reduction, 6.500 m^3 water savings, 280.000 tons of natural resource replacement, 45.000 m^2 land gain, 34.000.000 kWh energy savings, 37.000 tons of CO_2 reduction in terms of environmental aspects. Socially, 21 new employments, 10 new product production, 6 new entrepreneurial activities, participation of 27 institutions and 5 universities were achieved. In terms of economy, an investment of 7.000.000 dollars was made, an annual net income of 6.400.000 dollars was achieved and the expenditures made within the scope of the project were amortized in approximately 1 year.

4. CONCLUSION

The increase in population and industrial developments causes environmental pollution to increase on a global scale and necessitates sustainable environmental management. Industrial symbiosis is one of the important tools of sustainable environmental management. Industrial symbiosis provides many advantages from economic, social and environmental perspectives. These advantages are increases in employment, additional sales, private sector investments, degree of compliance with legislation, innovation and entrepreneurship, competition and cooperation between companies, and reductions in resource use, amount of waste stored, carbon dioxide emissions, water use, production costs and the amount of foreseen risks. The widespread use of industrial symbiosis projects in the world and in Turkey, which is seen as a new approach in the circular economy, will benefit the whole society together with local and private sectors.

REFERENCES

AKIN, C., (2021), Sıfır Atık Kapsamında Endüstriyel Simbiyoz Ve Atık Borsası Uygulamalarının İncelenmesi, 16.06.2023 tarihinde https://acikbilim.yok.gov.tr sitesinden alındı.

ATALAY, N., (2012), Temiz Üretim (Eko-Verimlilik), *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, 24(280), syf. 16–20

BOZLOĞAN, R., (2005), Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı, *Journal of Social Policy Conferences,* 50, syf. 1011 – 1028

DEMİRCİOĞLU, E., N., EVER, D., (2020), Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyozun Maliyetler Üzerine Etkisi, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(3), syf. 461-473

DEMİRER, G., (2011), Eko-verimlilik (Temiz Üretim) Kavramsal Çerçeve, *Ankara Ticaret Odası İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi BM Ortak Programı Kapanış Konferansı Ekoverimlilik (Temiz Üretim) Paneli*, syf. 10.

GÜMÜŞ, T. Ç., (2016), Eko-Endüstriyel Parklar İçin Temiz Üretim Ve Endüstriyel Simbiyoz Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi, 17.06.2023 tarihinde *https://gcris.etu.edu.tr/handle/20.500.11851/2211* sitesinden alınmıştır.

ORHAN, A., (2009), Atık Borsası Uygulaması ve Sanayi Sektörüne Etkisinin SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 21(1), syf. 1–9

ÖKTEM, B., (2016), Atık Yönetiminde Entegre Uygulama, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/1), syf. 135–147

ÖZEN, G., (2008), Küresel Isınma Sürecinde Örgütsel Performansın Sürdürülebilir Kılınması Açısından İşletmelerde Eko-Verimlilik Çalışmaları: Örnek Uygulamalar, 16.06.2023 tarihinde *http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/9121* sitesinden alındı. Syf. 57

ÖZSOY, T., (2018), Endüstriyel Ekolojiyi Anlamak Adına Endüstriyel Ortakyaşarlık Örneklerinin İncelenmesi, *Artıbilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 1(2) syf. 22-34

TIRAŞ, H. H., (2012), Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre: Teorik Bir İnceleme, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*

TTGV, (2014), EKOSKOP, 17.06.2023 tarihinde *http://www.ttgv.org.tr/content/docs/ekoskop.pdf* sitesinden alınmıştır. Syf. 30

ULUTAŞ, F., (2017), Endüstriyel Ekoloji, *Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Bölgesel Çevre Merkezi Türkiye*

UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), (2018), Ankara, syf. 8

VERAL, E., (2018) Döngüsel Ekonomiye Geçiş Doğrultusunda Yeni Tedbirler Ve AB Üye Ülkelerinin Stratejileri, *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), syf. 463-488

EVALUATION OF SLUDGE FROM WASTEWATER TREATMENT BY VERMISTABILIZATION METHOD

Işılay TEKTEN
Ondokuz Mayıs University/ Engineering Faculty/ Environmental Engineering
22280866@stu.omu.edu.tr, ORCID: 0009-0001-7591-5534

Nurdan Gamze TURAN
Ondokuz Mayıs University/ Engineering Faculty/ Environmental Engineering
gturan@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6500-6188

Abstract
Water use is increasing day by day, and large amounts of municipal and industrial wastewater are generated due to the rapid population growth. While wastewater is treated by physical, chemical and biological methods and discharged to the receiving environment, tons of treatment sludge is produced. It has the potential to cause secondary environmental pollution due to the heavy metals, pathogenic bacteria, viruses and toxic chemicals it contains. Therefore, the sustainable management of wastewater treatment sludge is very important. In addition to final methods such as incineration and landfill, stabilization methods such as composting and biomethanization are used in the disposal of sludge. Today, approaches aiming at the sustainable use of wastewater treatment sludge are of great interest both economically and ecologically. The priority approach is to evaluate the sludge not as a waste material, but as a resource that can be reused or recycled. The most common application within the scope of reuse of sludge is the utilization of stabilized sludge in agricultural lands. Vermistabilization is an environmentally friendly alternative method used in the stabilization of sludge. Vermistabilization enables the conversion of organic wastes such as sludge into a high quality valuable product with the help of earthworms. In this study, the applicability of the vermistabilization method in the disposal of sludge is examined. Studies on the vermistabilization of sludge are investigated and their advantages and limitations compared to other methods are discussed in detail.

Keywords: Sludge, Heavy metal, Vermistabilization, Vermicomposting, Vermicompost.

1. INTRODUCTION

Environmental disasters due to global warming necessitate the protection and protection of the natural environment, especially groundwater and surface waters. While the number of wastewater treatment plants is increasing day by day, it is seen that there is a direct increase in the amount of treatment sludge obtained from the plant as a final product. Sludge has the potential to cause serious damage to the environment due to toxic pollutants. As a requirement of sustainable goals, it has become one of the priority targets to bring the sludge to the national economy by using it as a fertilizer in agricultural areas after stabilizing it instead of being disposed of directly or incinerated. Although there are many stabilization methods, the vermistabilization process performed with the help of earthworms is increasing in popularity all over the world, due to its very low cost.

Sludge is a semi-solid by-product containing 95–99.5% water, which is formed by the precipitation of domestic or industrial wastewaters by using physical, chemical and biological processes in wastewater treatment plants (Şenkaya, 2020; Topaç et al., 2020). Sludge should be disposed of after some processes, since it poses a great risk for the environment and public health (Topaç et al., 2020). It is also seen in the relevant legislation of Europe that 75% of the pathogens and organics in the sludge should be eliminated (Yüksekdag et al., 2020). Sludge disposal methods are mainly stabilization, conditioning, thickening, landfill, biomethanization and incineration. The sludge disposal cost constitutes 20%-30% of the total construction cost of a treatment plant and 50%-70% of the operating cost. Therefore, it creates a very high cost economically (Yüksekdag et al., 2020). Although there are many disposal methods of sludge, it is seen that it is more preferred to use sustainable methods both ecologically and economically today. Sludge is no longer considered as a waste material, but as a product that can be recycled or reused (Topaç et al., 2020).

The most common application in terms of reuse of sludge is to use it as fertilizer in agricultural fields after stabilization. Since waste water treatment sludge contains macro plant nutrients such as N (2%-8%), P (1%-3%), K (0.1%-0.6%) and many essential micronutrients such as Mo, B, Zn, Fe, Mn and Cu, it has an alternative fertilizer value to commercial fertilizers. Economic gain is provided for producers as the plant nutrients and organic compounds in its content are included in the natural cycle of the soil with the application of sewage sludge to agricultural areas (Topaç et al., 2020). However, recent studies prove that standard and micro-sized pollutants in sludge threaten public and environmental health. For this reason, stabilizing the treatment sludge, which is desired to be applied in agricultural areas, in order to meet the hygiene standards has been made mandatory within the framework of a legal requirement (Topaç et al., 2020). Chemical stabilization, thermal stabilization and biological stabilization methods are used in sludge stabilization (Angın, 2016).

In this review study, vermistabilization of sludges, the parameters affecting the process and their optimum conditions were examined and the applicability of the vermistabilization method in the disposal of treatment sludge in Turkey and in the world was evaluated.

2. VERMICOMPOST

Vermicompost is a composting method carried out by passing certain organic wastes through the digestive system of earthworms, such as epigeic worm species, under mesophilic conditions (Ceritoğlu, 2019; Büyükparmak, 2023). The wastes that can be used for vermicomposting are ground paper and cardboard, teapot or tea bag waste, vegetable and fruit waste, cereals such as oat, rye, corn, animal excreta, forest waste, ground eggshell, pulp waste from sugar factory, organic waste from yeast factory, coconut and pineapple husk, bran, rice and cotton processing wastes (Büyüparmak, 2023). The preparation method and duration of each of the organic wastes used to obtain vermicompost vary. For example, if cattle wastes are to be used, straw should be used together or it should be purified from the liquid part in order to reduce the amount of urea in its content. Poultry wastes, on the other hand, are not preferred to be used in vermicompost process, as they contain high levels of ammonia and can have a toxic effect on worms (Ceritoğlu, 2019).

As a result of the researches, it has been revealed that the time needed for the vermicompost to be fully fermented and for the destruction of pathogens is 9 days. Temperature, humidity and C/N ratio during vermicompost are very important for worms to continue their vital activities. High values of C/N ratio negatively affect microbial activities, while very low C/N ratio negatively affects worm activities (Ceritoğlu, 2019). Vermicompost is a product of much higher quality and economic value compared to other compost products, when evaluated in terms of chemical, physical and biological aspects, . Another feature that makes vermicompost valuable is that it does not contain pathogens at a level that threatens public and environmental health. In addition, vermicompost products contain hormones secreted by microorganisms and contribute to plant growth. The plant nutrient content of the fertilizer obtained by vermicomposting is much richer than the fertilizer content obtained by other means, it attracts a lot of attention in many parts of the world (Angın, 2016).

In the vermicomposting process of organic wastes, 6 epigeic worm species are generally used (Büyükparmak, 2023). These are Eisenia fetida, Eisenia andrei, Dendrobaena veneta, Lumbricus rubellus, Perionyx excavatus, Eudrilus eugeniae (Ceritoğlu, 2019). Earthworm species are divided into three as epigeic, endogeic and anecics species according to the depth they live in the soil. Epigeic species are non-grooving species that feed on decomposed wastes on the soil surface. Endogeic species are species that feed on the minerals of the deeper soil and rarely make permanent grooves. Anecics species, on the other hand, are the species that make much deeper grooves and drag the organic matter into the deeper layers of the soil (Büyükparmak, 2023). Studies have shown that vermicompost products obtained with Eisenia fetida are much richer in terms of total organic matter, C/N ratio, total nitrogen, potassium and phosphorus content, as well as lower salinity and electrical conductivity. This species, which is mostly preferred by producers, is also called "Red California Worm" (Ceritoğlu, 2019).

3. HEAVY METAL REMOVAL BY SOIL WORMS

It is necessary to monitor the amount of heavy metals in the treatment sludge to be applied to agricultural areas. Even if the limit values are not exceeded, heavy metals in the sludge may pose a risk for soils as a result of the applied amount and cumulative application (Gökmen, 2020). The regulations in force in the USA, European Union and Turkiye regarding the usage limits of the treatment sludge in the agricultural field are given in Table 1-3.

Table 1. Permissible Pollution Concentration Limits for Land Treatment Sludge According to the US Environmental Protection Agency (Angın, 2016)

Pollutant*	Limit concentration (mg/kg)[1]	Cumulative concentration (kg/ha)	Annually concentration (kg/ha)
Arsenic	75	41	2
Cadmium	85	39	1,9
Copper	4300	1500	75
Lead	840	300	15
Mercury	57	17	0,85
Molybdenum[2]	75	-	-
Nickel	420	420	21
Selenium	100	100	5
Zinc	7500	2800	140

*Chromium was removed from regulation in 1995; [1]As dry matter; [2]Values valid for molybdenum were removed from the regulation on February 25, 1994.

Table 2. Permitted Pollution Concentration Limits for Sewage Sludge to be Applied to the Land in the European Union (Angın, 2016)

Pollutant	Maximum concentration (mg/kg)[1]	Annual concentration (g/ha)[2]
Cadmium	20 – 40	150
Copper	1000 - 1750	12000
Mercury	16 - 25	100
Nickel	300 – 400	3000
Lead	750 - 1200	15000
Zinc	2500 - 4000	30000

[1] As dry matter; [2] The amount allowed to be applied every year considering the 10-year period

Table 3. Maximum Permissible Heavy Metal Contents in Sewage Sludge According to the Regulation on the Use of Domestic Sewage Sludge in Soil in Turkey (Angın, 2016)

Pollutant	Maximum concentration (mg/kg)[1]	Annual concentration (g/da)[2]
Lead	750	225
Cadmium	10	3
Chromium	1000	300
Copper	1000	300
Nickel	300	90
Zinc	2500	750
Mercury	10	3

[1] As dry matter; [2] The amount allowed to be applied every year considering the 10-year period

As it can be seen from the given limit values, it is not possible to apply the treatment sludge directly to the soil without any stabilization process (Angın, 2016). Although earthworms increase metal mobility in soils contaminated by metals, they are much more resistant to metal toxicity than other living things in the soil. In addition, since earthworms are creatures that have the ability to accumulate metals in the soil and increase the amount of metal that can be taken, they can be used to remove heavy metals from the soil (Gökmen, 2020).

4. VERMISTABILIZATION

Vermistabilization is the process of converting domestic or industrial wastes such as sewage waste, sewage sludge into useful with worms. Since vermistabilization is a very low-cost process, it can be preferred primarily compared to other stabilization methods of sewage sludge (Angın, 2016). Sinha et al. (2010) reported that vermicompost was obtained by vermistabilization process in a period of 8 months by adding 5 kg of earthworms to 5000 m^3 of treatment sludge. Contreras-Ramos et al. (2005) mixed urban and textile sewage sludge with barn manure and straw and vermistabilized it for 60 days. In the analyses made on the product obtained as a result of the process, they reported that the amount of volatile solids decreased by 5 times compared to the control, while the heavy metal concentrations and the amount of pathogens remained below the limits set by the US Environmental Protection Agency. Vigueros et al. (2002), as a result of their research, found that the helminth eggs in the treatment sludge, which has undergone the vermistabilization process, were completely purified, and the amount of fecal coliform was reduced by 90%. Iwai et al. (2013) included 5% sewage sludge in cassava pulp and bark mixtures and subjected it to a 30-day vermistabilization process. As a result, they found that the worms used showed vital activity at a rate of 96% to 100% and a significant decrease in the amount of heavy metals such as Cr, Cu, Cd, Pb and Hg in the sludge. Parvaresh et al. (2004) 85% sewage sludge by mixing 15% straw them vermistabilized. As a result of the study made on the obtained product, it was determined that it was much richer in terms of nitrogen, phosphorus and humic acid, while the heavy metal content and conductivity were reduced.

5. CONCLUSION

Stabilizing the treatment sludge before using it in the soil is required by the regulations in Turkey as well as in many parts of the world. Stabilization and disposal processes of sludge obtained from wastewater treatment plants increase operating costs. The vermistabilization method, which is an environmentally friendly and low-cost method, provides a great advantage in terms of reducing costs, especially for small and medium-sized treatment plants. In addition, it makes it possible to reuse the treatment sludge, which is planned to be used in agricultural areas, by ensuring that it is purified from harmful content that may cause toxic effects.

REFERENCES

ANGIN, İ., (2016), Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonuna Alternatif Bir Yaklaşım: Vermistabilizasyon, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2), syf. 123-129

BÜYÜKFİLİZ, F., AYDOĞAN, D., BELLİTÜRK, K., (2023), Organik Gübrelerin ABC'si: Vermikompost Örneği, *1st International Conference on Scientific and Innovative Studies*, syf. 18-20

CERİTOĞLU, M., ŞAHİN, S., ERMAN, M., (2019), Vermikompost Üretim Tekniği ve Üretimde Kullanılan Materyaller, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* , 6(2), syf. 230-236

CONTRERAS-RAMOS, S.M., ESCAMİLLA-SİLVA, E.M., DENDOOVEN, L., (2005), Vermicomposting Of Biosolids With Cow Manure And Wheat Straw, *Biology and Fertility of Soils*, 41(3), syf. 190-198

GÖKMEN, F., (2020), Toprak Solucanı Kullanımının Ağır Metal Giderimine Etkisi, *Journal of Agriculture*, 2(2), syf. 92-99

IWAI, C.B., TA-OUN, M., CHUASAVATEE, T., BOONYOTHA, P., (2013), Management Of Municipal Sewage Sludge By Vermicomposting Technology: Converting A Waste İnto A Bio Fertilizer For Agriculture, *International Journal of Environmental and Rural Development*, 4(1), syf. 169-174

PARVARESH, A., MOVAHEDİAN, H., HAMİDİAN, L., (2004) Vermistabilization Of Municipal Wastewater Sludge With Eisenia Fetida, *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 1(2), syf. 43-50.

SİNHA, R.K., HERAT, S., BHARAMBE, G., BRAHAMBHATT, A., (2010), Vermistabilization Of Sewage Sludge (Biosolids) By Earthworms: Converting A Potential Biohazard Destined For Landfill Disposal İnto A Pathogen-Free, Nutritive And Safe Biofertilizer For Farms, *Waste Management & Research: The Journal For A sustainable Circular Economy*, 28(10), syf. 872-881.

SÖNMEZ, O., KILIÇ, F. N., (2021), Toprakta Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri, *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research,* 2(2), syf. 493-507

ŞENKAYA, E. M., (2020), Atık Su Arıtma Çamurlarının Solucanlar (Eisenia Fetida) İle Kompostlanarak Bünyelerindeki Ağır Metalin Giderilmesi, 11.06.2023 tarihinde https://acikbilim.yok.gov.tr sitesinden alındı.

TOPAÇ, F. O., UÇAROĞLU, S., (2020), Atık Su Arıtma Çamurlarının Sürdürülebilir Kullanım Alternatifleri: Öncelikli Yaklaşımlar, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), syf. 728-739

VİGUEROS, L.C., CAMPEROS, E.R., (2002), Vermicomposting Of Sewage Sludge: A New Technology For Mexico, *Water Science & Technology*, 46(10), syf. 153-158

YÜKSEKDAĞ, M., GÖKPINAR, S., YELMEN, B., (2020), Atık Su Arıtma Tesislerinde Arıtma Çamurları ve Bertaraf Uygulamaları, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), syf. 895-904

BETONARME YAPILARDA DONATIYA ELEKTROD KAYNAĞININ ETKİLERİ

Abdulkadir MUTLU
Ondokuz Mayis Universitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
İnşaat Mühendisliği (YL) (Tezli)
kmutlutr@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3366-5450

Varol KOÇ
Ondokuz Mayis University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
kvarol@omu.edu.tr, ORCİD: ID/0000-0003-4810-3845

Özet
Değişik gereklilikler ve zorundalıklardan kaynaklanarak betonarme yapılar ve çelik yapılar birçok alanda statik olarak beraber çalışmaktadır. Bu betonarme ve çelik yapının bileştiği alanlarda iki yapı türünün de statik açıdan sağlıklı çalışmasına engel oluşturan planlama ve uygulama sorunları oluşabilir. Özellikle bu sorunlar karmaşık, büyük hacimli ve çeşitli türde işlerin bir arada ilerlediği endüstriyel yapılarda farklı sebeplerden oluşmaktadır. Bu sorunlardan biri olan betonarme yapının donatısına yapılan elektrod kaynağını konu alan bu çalışmada, durumun statik açıdan etkileri irdelenmektedir. Betonarme yapıların deprem anında sünekliğinin önemi hayatidir. Kaynaklama yönteminin betonarme yapılara süneklik özelliği veren donatılara olumsuz etkileri vardır. Bu çalışmada bu konudaki sorunlu imalatlarla ilgili görseller paylaşılmıştır. Donatıya elektrodla bir cisimin montajlanması sırasında olumsuz etkiler tespit edilerek olası olumsuzlukların oluşmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, bu tarz montaj uygulamasına nerelerde başvurulabileceği nerelerde nasıl kesinlikle uygulanmaması gerektiği tartışılmıştır. Çalışmada Samsun ili Tekkeköy ilçesinde imalatı süren endüstriyel yapıların betonarme içindeki donatılarına yapılan elektrod kaynaklarının etkileri tespit edilmekte, durum kalite kontrol laboratuvarında ilgili testlerle ortaya koyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: donatıya kaynağın etkisi, betonarmede elektrod kaynağı, betonarmede ankraj, betonarmede plaka sabitlemesi

EFFECTS OF ELECTRODE WELDING ON REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract
Due to different requirements and obligations, reinforced concrete structures and steel structures work together statically in many areas. In the areas where this reinforced concrete and steel structure is combined, planning and application problems may occur that prevent the statically healthy operation of both types of structures. Especially, these problems occur for different reasons in industrial structures where complex, large volume and various types of works progress together. In this study, which is about the electrode welding to the reinforcement of the reinforced concrete structure, which is one of these problems, the effects of the situation in terms of static are examined. The importance of ductility of reinforced concrete structures during earthquakes is vital. Welding method has negative effects on reinforcements that give ductility to reinforced concrete structures. In this study, images related to problematic productions on this subject are shared. During the assembly of an object with an electrode to the reinforcement, negative effects should be determined and attention should be paid to prevent possible negative effects. In this study, it is discussed where this type of assembly application can be applied and where it should not be applied. In the study, the effects of electrode welding on the reinforcements in reinforced concrete of industrial buildings in Tekkeköy district of Samsun province are determined, and the situation is revealed with the relevant tests in the quality control laboratory.

Keywords: effect of welding on reinforcement, electrode welding in reinforced concrete, anchoring in reinforced concrete, plate fixing in reinforced concrete

1. GİRİŞ

Özellikle doğal afetler sırasında ve sonrasında, yapı davranışı, yapı güvenliği açısından riskli duruma gelebilmektedir. Bu risk, olası proje ve imalat hatalarından kaynaklanan olumsuz yapı davranışından kaynaklanır. Yapının afete uğrama ihtimali ve uğrayabileceği afetin şiddeti yükseldikçe afet riski artmaktadır. Zira risk, olasılık ile şiddetin çarpımıdır. Riskli bölgelerde bulunan yapıların imalatlarında oluşabilecek tehlikeler, riskin büyümesine ve gerçekleşmesine neden olur. Zira olumsuz imalatlar hem afet anında yapının hasar görme olasılığını hem de hasarın şiddetini büyütür. Can ve mal kayıpları çok daha büyük ölçekli olabileceğinden, tüm yapılarda olduğu gibi, endüstriyel yapılarda da daha hassas çalışmalar ve detaylı imalatlar zorunlu hale gelmektedir. Özellikle diğer yapılardan genelde farklı olarak endüstriyel yapıların açıklık ve yükseklikleri fazla, betonarme ve çelik yapı sistemlerinin birlikte kullanımı daha yaygın olduğundan bu tip yapılarda imalat detaylandırmaları önem kazanır. İmalat detaylandırmalarında uygulama hatalarının yapılmaması, riski kaynağında azaltmaya yönelik proaktif bir çaba olduğundan, depremle mücadelede özel bir değere sahiptir.

Birbirinden farklı gereklilikler ve zorundalıklardan betonarme elemanların donatısına imalat sırasında sabitlemeler yapmak amacıyla kaynak yapılmakta. Bazen bu sabitlenmek istenen ankraj kancaları olan çelik plaka, levha gibi bir çelik eleman olabilmektedir. Bazense kalıbı tutan gerdirme çirozları bu donatılara sabitlenmek istenmektedir. Bu gibi elemanların beton dökümünde oluşabilecek sarsıntılardan dolayı montajlandıkları koordinatların değişmesi zorundalıkları vardır. Bu sebepten betonarmeye gömülü çelik elemanların betonarme içindeki donatılara elektrod kaynağıyla montajlanması günümüzde sık karşılaşılan bir uygulama. Çalışma alanının kısıtlı ve betonarme imalatın zor oldu kalıp ve iskelenin kurulamadığı alanlarda da kalıp gergi elemanlarının donatıya kaynaklanarak tutturulduğu uygulamalar vardır. Bu durumda donatıya elektrod kaynağının etkilerini tanımalı nelere yol açabileceğini bilerek ilgili hesaplamalara dâhil edilmeli. Veya bu uygulamayı yapmamalı başka çözüm arayışına gidilmelidir. Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de görülen uygulamalar, betonarme kolona çelik profilin kaynaklanması için bırakılan plakanın beton dökümü sırasında koordinatlarının değişmemesi için montajlanması amacıyla yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında "kaynaklanmıştır" ifadesi kullanıldığında, bazik elektrod kaynağından oluşan punta (fit up) uygulamasından bahsedilmektedir.

Şekil 1. Kolon donatılarına tümüyle elektrod kaynaklı plaka

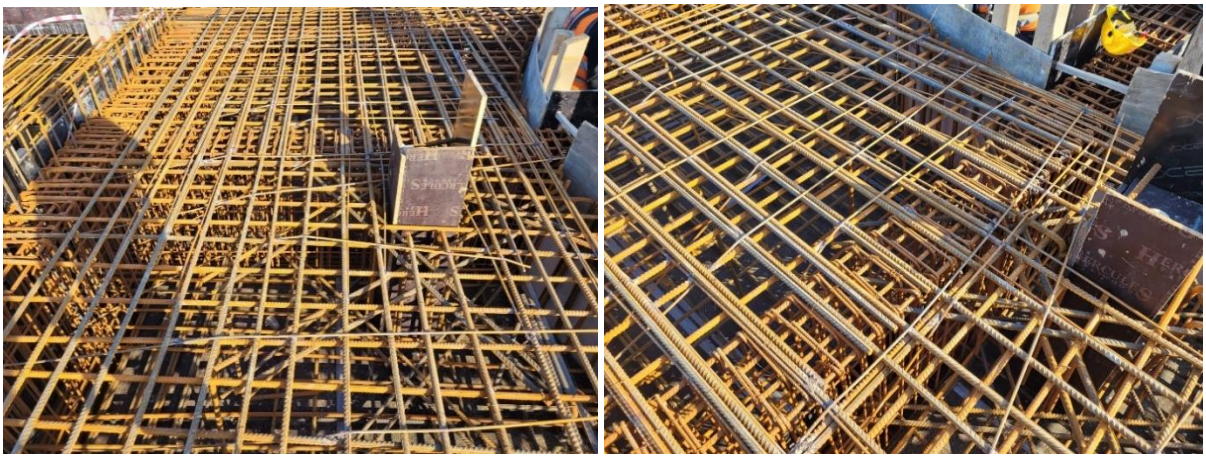
Şekil 2. Kolon boyuna donatılarına elektrod kaynaklı plaka

Şekil 3. ve Şekil 4. Kolon boyuna donatılarına elektrod kaynaklı plaka

Şekil 5 ve Şekil 6'da görülen uygulamada betonarme kirişin altında çelik profilin kaynaklanması için bırakılan plakanın beton dökümü sırasında koordinatlarının değişmemesi için montajlanması görülmektedir. Burada kanca şeklindeki ankraj donatılar kesilerek boyuna donatılara yatay donatılar bazik elektrodlarla kaynatılmıştır.

Şekil 5. ve Şekil 6. Kolon boyuna donatılarına elektrod kaynaklı plaka

Kısıtlı alanlarda betonarme kalıp kurulumunda da kalıp kilidini gerdirilmesinde kullanılacak donatıyı, betonarme elemanının hesap donatısına sabitlemek amacıyla da kaynak yapılmaktadır. Bu tür uygulamaya piyasada Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi döşeme veya temel imalatlarında rastlanmaktadır.



Şekil 8. ve Şekil 9. Kalıp kilidinin gerdirilme donatısının kaynakla sabitlenmesi

2. MATERYAL VE METOD

Yapılan kaynakların etkisini tespit etmek amacıyla kalite kontrol laboratuvarında sahada kullanılan malzemelerden alınan numuneler ile kaynaklı ve kaynaksız donatıya çekme testi yapılmıştır.

2.1. Kullanılan Malzemeler

- Yeşilyurt Demir Çelik fabrikasında üretilmiş olan TS 708 : 2016 Standardındaki S420 çeliği (Nervürlü, karbon ve mangan elementlerinin katılmasıyla dayanaklılık ve esneklik kazandırılmış çelik)
- AS B-248 2.50X350 elektrod bazik (1 PKT/90 AD) 71G20127; TS EN ISO 2560-A: E 42 3 B 42 H10; AWS A5.1: E 7018 ; C:0,07; Si:0,50; Mn:0,90: Bazik karakterli örtüye sahiptir. Kaynak metalinin çatlamaya karşı yüksek direnç göstermesi sayesinde özellikle kuvvetli kaynak gerilmelerinin kaçınılmaz olduğu büyük kütleli sabit çelik yapıların kaynağında kullanılır. Cürufu kolay kalkar ve yüksek kalitede kaynak dikişleri elde edilir. Aşağıdan yukarıya kaynak pozisyonunda yüksek kaynak hızı ile çalışma olanağı sağlar. Verimi % 125'dir.

2.2. Test Aşaması

Numunulerin biri Şekil 10'da görüldüğü gibi kaynaklanarak Şekil 11'deki numunelere çekme testi yapılmış olup Şekil 12 de görüldüğü gibi akarak kırılmıştır. Kaynaklı numunenin kopma dayanımından önce daha az şekil değiştirdiği, uzama boyunun daha kısa olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 10. Kaynaklı numune

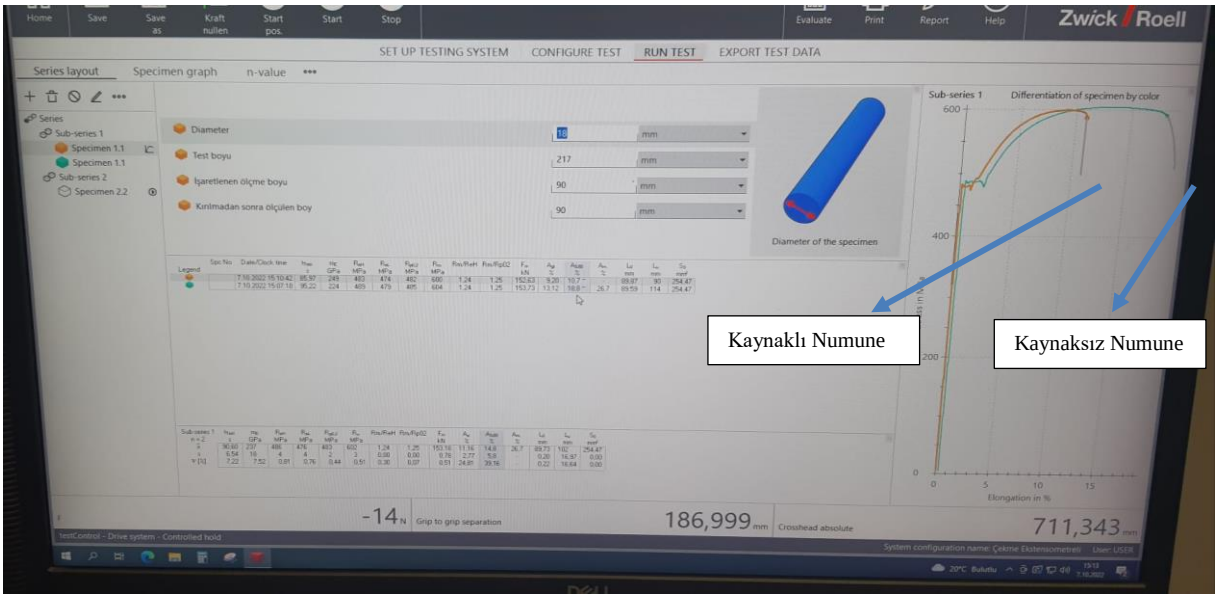
Şekil 11. Kaynaklı ve kaynaksız numune

Şekil 12. Deney sonrası kırılmış numuneler

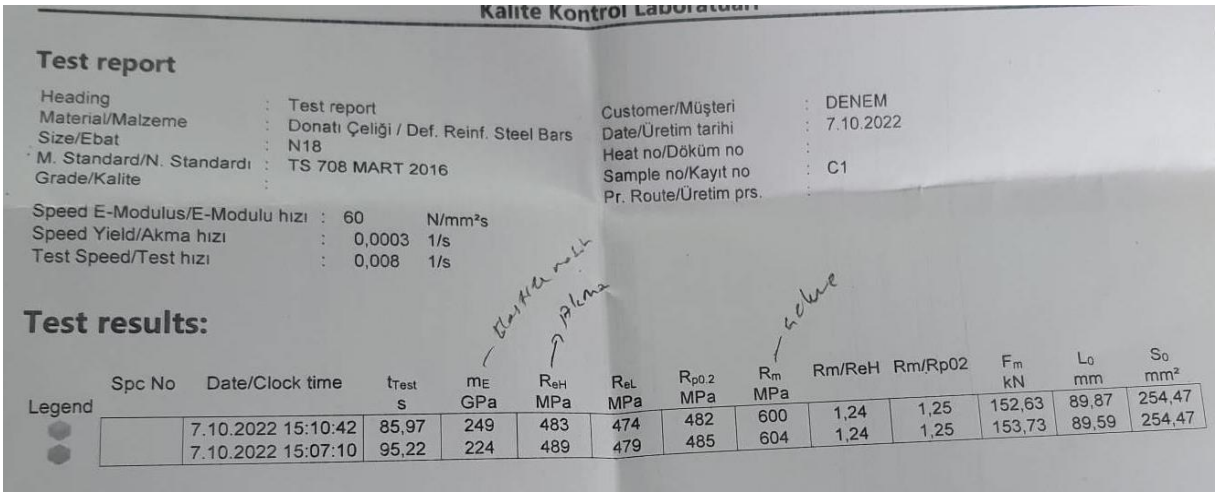
2.2. Test Sonuçları

Şekil 13, Şekil 14 ve Şekil 15'de görüldüğü gibi;

- Kaynaklı numune daha kısa sürede testi tamamlayıp, akma ve kopma dayanımını aşıp koptuğu gözlemlenmiştir.
- Grafiğin altında kalan alan malzemenin sünekliğini ifade eder. Kaynaklı numunenin sünekliğinin yarı yarıya azaldığı tespit edilmiştir.
- Donatıların kopma anlarındaki dayanımlarına bakıldığında kaynaklı numunenin dayanımını direkt kaybettiği, kaynaksız malzemenin bel vererek dayanımını yavaş yavaş kaybederek koptuğu gözlemlenmiştir.
- Akma ve çekme dayanımında kayda değer bir değişiklik gözlemlenmese de kaynaklı numunede 4-5 Mpa daha düşük sonuç gelmiştir.
- Numune kaynaklı bölgeden değil başka yerden kopmuştur. Bu durum kaynağın güçlü olduğunun ve kaynağın donatıyı özellikle kaynak bölgesinde perkittiğinin de bir göstergesidir.
-



Şekil 13. Test Ekran Görüntüsü



Kalite Kontrol Laboratuarı

Test report

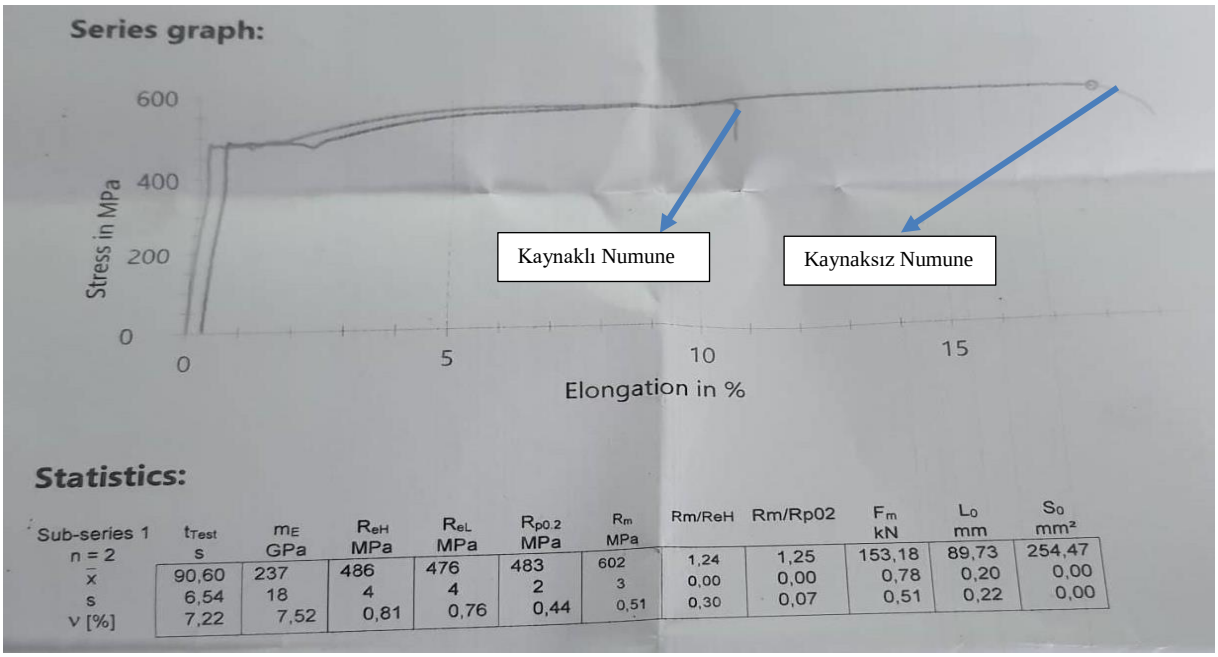
Heading	: Test report	Customer/Müşteri	: DENEM
Material/Malzeme	: Donatı Çeliği / Def. Reinf. Steel Bars	Date/Üretim tarihi	: 7.10.2022
Size/Ebat	: N18	Heat no/Döküm no	:
M. Standard/N. Standardı	: TS 708 MART 2016	Sample no/Kayıt no	: C1
Grade/Kalite	:	Pr. Route/Üretim prs.	:

Speed E-Modulus/E-Modulu hızı : 60 N/mm²s
Speed Yield/Akma hızı : 0,0003 1/s
Test Speed/Test hızı : 0,008 1/s

Test results:

Legend	Spc No	Date/Clock time	t_{Test} s	m_E GPa	R_{eH} MPa	R_{eL} MPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	Rm/ReH	Rm/Rp02	F_m kN	L_0 mm	S_0 mm²
		7.10.2022 15:10:42	85,97	249	483	474	482	600	1,24	1,25	152,63	89,87	254,47
		7.10.2022 15:07:10	95,22	224	489	479	485	604	1,24	1,25	153,73	89,59	254,47

Şekil 14. Test Sonuç Verileri



Statistics:

Sub-series 1 n = 2	t_{Test} s	m_E GPa	R_{eH} MPa	R_{eL} MPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	Rm/ReH	Rm/Rp02	F_m kN	L_0 mm	S_0 mm²
$\bar{x}$	90,60	237	486	476	483	602	1,24	1,25	153,18	89,73	254,47
s	6,54	18	4	4	2	3	0,00	0,00	0,78	0,20	0,00
v [%]	7,22	7,52	0,81	0,76	0,44	0,51	0,30	0,07	0,51	0,22	0,00

Şekil 15. Testin Grafiksel ve Verisel Sonuçları

3. SONUÇ

Betonarme yapılar yarı sünek yapılardır; süneklikleri, başarılı tasarım ve donatı detaylandırma teknikleri ile artar. Afet anlarında hasar görülmesi durumunda, yapının göçmemesi istenir. Bu hasar görmeye rağmen göçmeme durumu büyük oranda donatılar sayesindedir. Kaynağın donatıları perkittiği ve donatının da beton gibi rijit davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla betonarme yapı donatılarına zorunlu kalmadıkça elektrod kaynağı yapılmamalıdır. Sabitlemek için başka yöntemlere başvurulmalıdır. Kaynakla sabitlemek zaruri ise uzama şekil değiştirmesi en az olacak donatıya kaynak yapılmalıdır. O bölgedeki ana donatıya kaynak yapılmamalıdır. Deprem anında sünekliği fazla olan, fazla şekil değiştirmelerin görüldüğü, genelde kolon- kiriş- döşeme gibi elemanların donatılarına kaynak yapmamaya dikkat edilmelidir. Yine de kaynak kullanılması gerekiyorsa bunun tasarım aşamasında hesaplara dahil edilmesi gerekmektedir. Deprem anında sünekliği fazla olmaya fazla şekil değiştirmelerin görülmediği kalın radye temellerde bu hassasiyetin tolere edilebileceği düşünülebilir.

4. TARTIŞMA

Sonraki çalışmalarda, bu çalışmada bahsedilen ve ek olarak Şekil 16 ve 17'de verilen uygulamalar tartışılmalı, çeşitli çözüm önerileri geliştirilerek denenmelidir.

Şekil 16. Kiriş yan plakaları sakalları kesilmeden ana donatıya kaynaklanmadan montajlanışı

Şekil 17. Kiriş alt plakasının sakalları kesilmeden ana donatıya kaynaklanmadan montajlanışı

TEŞEKKÜR

Aileme, özellikle benden manevi desteğini hiç eksik etmeyen annem Gülyaz MUTLU'ya, babam Rahmi MUTLU'ya çok teşekkür eder, ellerinden öperim. Bu çalışmada bana yardımcı olan Yeşilyurt bünyesinde görev alan makine mühendisi Bayram ÖZDEMİR'e, bünyesinde görev aldığım Samsun ETİ Bakır A.Ş. – AHEN Maden A.Ş Kalite Kontrol birimindeki arkadaşlarıma, tüm şantiye çalışanlarına ve bu yoğun zaman diliminde bana desteklerini esirgemeyen bütün dostlarıma teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. TS500, (2000), Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü,
2. TS500, (Şubat 2001), Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları standart tadil teklifi ve standart revizyonu, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü,
3. TS 708, (Mart 1996), Beton Çelik Çubukları Standardı, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü,
4. TS 708, (Nisan 2010), Çelik-Betonarme İçin Donatı Çeliği Standardı, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü,
5. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (2007), Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,
6. Fırat F.K,Yucemen M.S. (2009), B9 III-a Beton Çelik Çubuklarının Türk Deprem Yönetmelikleri Açısından İncelenmesi, Kocaeli: Uluslararası Deprem Sempozyumu

BAHÇE TİPİ FUTBOL KALESİ TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ, ÜRETİM VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI, YENİLİKÇİ BAĞLANTI ELEMANI GELİŞTİRİLMESİ VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Osman Çulha
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
osman.culha@twinarge.com.tr, ORCID: 0000-0003-1611-8452

İlter Kilerci
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Eko Grup Şirketleri, Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ilter.kilerci@ekoendustri.com, ORCID: 0000-0003-2314-4966

Fatma Nur Gülalan
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Eko Grup Şirketleri, Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
fatma.gulalan@ekoendustri.com, ORCID: 0000-0003-3061-6431

Mehmet Beşpınarlı
Ege Üniversitesi / Eko Grup Şirketleri / Ege Üniversitesi MYO
mehmet.bespinarli@ekoendustri.com, ORCID: 0009-0004-1744-9506

Özet
Kavramsal tasarım, bir ürün veya sistemin başlangıç aşamasında, genel bir kavram veya fikir üzerine odaklanarak tasarım sürecinin ilk adımını oluşturan bir yaklaşımdır. Bu aşamada, ürünün veya sistemin işlevleri, özellikleri, kullanıcı gereksinimleri ve tasarım hedefleri belirlenir. Kavramsal tasarım aşamasında, ürünün veya sistemin genel fonksiyonları, bileşenleri, yapısal özellikleri, işleyişi ve kullanıcı deneyimi gibi temel unsurlar üzerinde odaklanılır. Tasarımın gelecekteki aşamalarında daha ayrıntılı ve spesifik tasarım kararlarının alınmasına temel oluşturur. Çalışma kapsamında geliştirilen Küçük Kale ürünü, spor malzemeleri satan global bir firmanın müşteri deneyim verilerini dikkate alınarak tasarımda iyileştirme ve geliştirmeye gitme talebi ile ortaya çıkmıştır. Küçük Kale ürünün üretiminde fonksiyonlara ait amaç belirlenmiş, tasarım sürecinin tüm fonksiyonları irdelenmiş, proses adımlarının oluşturulmuş ve süreç ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Metal işleme alanında üretimi gerçekleştirilen Küçük Kale ürünü için kavramsal tasarım yapılarak çözüm varyantlarının sistematikleştirilmesi hedefine ulaşılmıştır. Mevcutta olan boru kesme, boru bükme, boru uç boğma, delik delme, pim kaynatma, boya-montajdan oluşan altı aşamalı üretim prosesi, boru boy kesme, dirsek işleme, boya-montaj olarak üç aşamaya düşürülmüştür. Kullanıcıların kolay kullanımı, montaj ve demontaj imkanı, kolay üretilebilirlik, düşük paketleme maliyeti ve modüler estetik gibi özellikler göz önünde bulundurularak tasarım iyileştirmeleri yapılmıştır. Ayrıca, kaleye ait sarkma, topun fileden kurtulması ve devrilme gibi sorunlar çözülmüş, üretim prosesi iyileştirilerek maliyetlerin düşürülmesi ve katma değerin arttırılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kavramsal tasarım, montaj, proses geliştirme

DEVELOPING THE GARDEN-TYPE GOALPOST DESIGN, INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY, INNOVATIVE FITTING DEVELOPMENT AND PROTOTYPE PRODUCTION

Abstract
Conceptual design is an approach that creates the first step of the design process by focusing on a general concept or idea at the initial stage of a product or system. At this stage, the functions, features, user requirements and design goals of the product or system are determined. In the conceptual design phase, the focus is on basic elements such as the general functions, components, structural features, operation and user experience of the product or system. It provides the basis for making more detailed and specific design decisions at future stages of design. The goalpost product, which was developed within the scope

of the study, emerged with the demand for improvement and development in design, taking into account the customer experience data of a global company that sells sports equipment. In the production of the goalpost product, the purpose of the functions was determined, all the functions of the design process were examined, the process steps were created and the process was determined in detail. The goalpost of systematizing the solution variants was achieved by making a conceptual design for the goalpost product, which is produced in the field of metalworking. The existing six-stage production process consisting of pipe cutting, pipe bending, pipe end choking, hole drilling, pin welding, paint assembly has been reduced to three stages as pipe length cutting, elbow processing, paint-assembly. Design improvements were made taking into account features such as ease of use by users, possibility of assembly and disassembly, easy manufacturability, low packaging cost and modular aesthetics. In addition, problems such as sagging of the goal, getting rid of the ball from the net and tipping over have been solved, the production process has been improved, reducing costs and increasing added value.

Keywords: conceptual design, assembly, product development

1. GİRİŞ

Günümüzde bir ürünü alırken ürünlerin pratik olması,ucuz ve kaliteli olması kullanıcılar için oldukça büyük önem arz etmektedir. Pek çok tasarımcı bu özelliklere sahip ürünleri hayata geçirebilmek için çalışmaktadır. Tasarım dört aşamadan oluşmakta olup bu aşamalar görev belirleme, kavramsal / şekillendirme / ayrıntılı tasarım olarak sıralanmakta olup, maliyeti düşüren ve en önemli aşama olarak bilinen kavramsal tasarımı içermektedir. Kavramsal tasarım, bir ürün veya sistemin başlangıç aşamasında, genel bir kavram veya fikir üzerine odaklanarak tasarım sürecinin ilk adımını oluşturan bir yaklaşımdır. Ürünün veya sistemin işlevleri, özellikleri, kullanıcı gereksinimleri ve tasarım hedefleri belirlenir. Mühendislik bakış açısı ile bakıldığında ürünün maliyeti ve ürün üzerindeki inovatif fikirlerin ortaya atılması bu aşamada belirlenmektedir(Mayda ve Börklü, 2014). Kavramsal tasarım aşamasına geçilmeden önce problem tanımlaması yapılmalıdır. Kavramsal tasarım aşamasında, ürünün veya sistemin genel fonksiyonları, bileşenleri, yapısal özellikleri, işleyişi ve kullanıcı deneyimi gibi temel unsurlar üzerinde odaklanılır. Bu aşama, tasarımın gelecekteki aşamalarında daha ayrıntılı ve spesifik tasarım kararlarının alınmasına temel oluşturur. Kavramsal tasarım, tasarım sürecinin önemli bir aşaması olarak kabul edilir ve genellikle kavramsal çizimler, prototipler, tasarım dokümantasyonu veya sunumlar gibi görsel veya yazılı materyallerle ifade edilir. Bu aşamada belirlenen kavramlar, daha sonra ayrıntılı tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerine dönüştürülerek gerçek ürün veya sistemlerin geliştirilmesi sağlanır(Bozdemir, 2017). Ayrıca tasarım alternatifleri oluşturulup bir veya birden çok seçim alternatif üzerinde yoğunlaşılabilmektedir(Mayda ve Börklü, 2008).

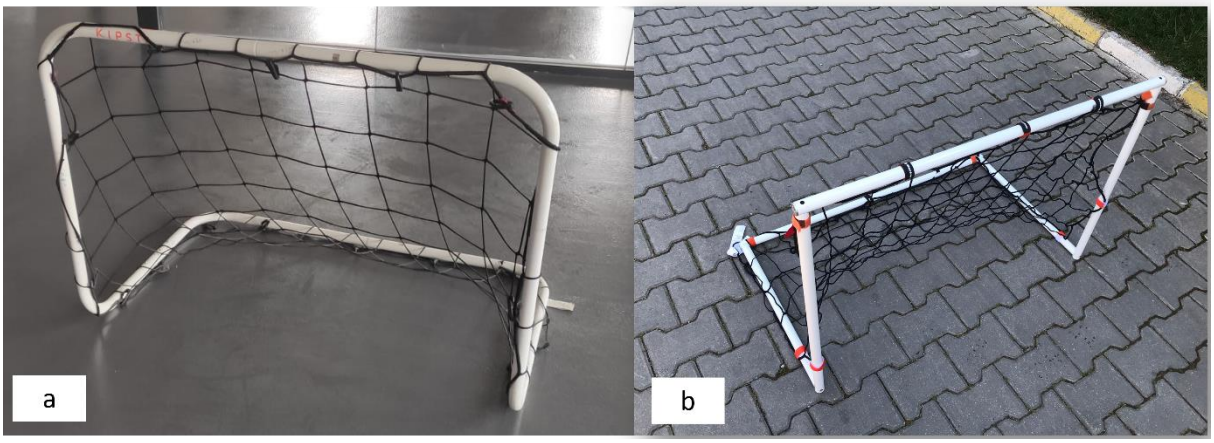
Tasarım aşamalarından biri olan kavramsal tasarım genel anlamda beş aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların ilki istenenlerin neler olduğunu belirlemek ve açıklamasını yapmaktır. Bu aşamadan sonra ön hesaplamalar gerçekleştirilerek çözüm önerilerinin ortaya konması gelmektedir. Taslak şeklinde bir tasarım burada saptanabilmektedir. Ardından çalışma aşamaları belirlenir, prototip üretim yapılır. Çoğu zaman üç boyutlu tasarım programlarından yararlanarak işlem süresinin kısaltılması sağlanır. Dördüncü aşama olarak tüm hesaplamalar yapılıp, teknik resimler ortaya konulur. Son aşamada ise ürünün üretimi gerçekleştirilip kavramsal tasarım aşaması tamamlanır(Şekercioğlu, 2019).

Çalışma kapsamında geliştirilen Decathlon firmasının Küçük Kale ürünü, müşteri deneyimi verilerini dikkate alarak tasarımda iyileştirme ve geliştirmeye gitme talebini oluşturmuştur. Küçük Kale ürünün üretiminde fonksiyonlara ait amaç belirlenmiş, tasarım sürecinin tüm fonksiyonları irdelenmiş, proses adımlarının oluşturulması ve sürecin ayrıntılı olarak belirlenmesi planlanmıştır. Metal işleme alanında üretimi gerçekleştirilen Küçük Kale ürünü için kavramsal tasarım yapılarak çözüm varyantarının sistematikleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada Küçük Kale ürününün kavramsal tasarımının yapıldığı ve optimum proses tasarımının oluşturulduğu bir geliştirme süreci elde edilmiştir. Kavramsal tasarım 4 iş adımından oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla tasarım şartnamesinin oluşturulması, problemin tanımlanması, fonksiyon yapılarının oluşturulması ve çözüm prensiplerinin belirlenmesi şeklindedir. Kullanıcıların kolay kullanımı, montaj ve demontaj imkanı, kolay üretilebilirlik, düşük paketleme maliyeti ve modüler estetik gibi özellikler göz önünde bulundurularak tasarım iyileştirmeleri yapılmıştır.

Ayrıca, kaleye ait sarkma, topun fileden kurtulması ve devrilme gibi sorunlar çözülmüş, üretim prosesi iyileştirilerek maliyetlerin düşürülmesi ve katma değerin artırılması sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma ile birlikte Küçük Kale ürününün geliştirme sürecinde mevcut koşullar ve istekler göz önünde bulundurularak kavramsal tasarım ve optimum proses tasarımının oluşturulmasını amaçlamıştır. Kavramsal tasarım sürecinde, taleplerin karşılanabilmesi için gerekli çözüm seçenekleri belirlenmiş ve taleplerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli koşullar seçim kartında gösterilmiştir. Böylece, Küçük Kale ürününün bütün talepleri karşılayacak bir proses tasarımı ortaya konmuştur. Proses tasarımı belirlenirken üründe kolay montaj ve demontaj yapabilme özelliği, kolay kullanıma sahip olması, üretiminin kolaylığı, modüler ve estetik olması göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca ürüne ait eski paketleme maliyetinin engellenmesi, daha kolay paketlenebilirliği olan bir ürün haline gelmesi sağlanmıştır. İstenen tüm özellikleri sağlama isteği doğrultusunda Küçük Kale ürünü için kavramsal tasarım gerçekleştirilmiş ve gerekli özellikler sağlanmıştır. Kaynaklı imalat üretim yöntemi, kolay üretilebilirlik sağlaması ve yüksek dayanım sunmasının yanı sıra montaj ve demontaj imkanını ortadan kaldırarak yüksek paketleme maliyeti oluşturuyordu. Bu nedenle, çalışma kapsamında kolay üretilebilirlik ve aynı dayanım imkanını sağlayan kolay montaj ve demontaj yapılabilen bir proses tasarımı oluşturulmuştur.



Şekil 1. (a) Küçük Kale ürününün ilk hali (b)Küçük Kale ürününün firmamız tarafından geliştirilmiş hali

Çalışma ile birlikte;

- Kale ağının kale çizgisi izdüşümüne kadar sarkmasının engellenmesi,
- Kaleye hızlı şut çekildiğinde topun fileden kurtulması probleminin giderilmesi,
- Kalenin devrilme sorununun ortadan kaldırılması,
- Kale üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve katma değerin artırılması hedeflerine odaklanılmıştır.

Öncelikli olarak, kaleye ait filenin sarkma problemi ele alınmış ve file ölçüleri optimize edilerek ürün-montaj elemanı-file ölçüleri optimize edilmiştir. Böylece, filenin sarkması engellenmiştir. Hızlı şutlarda topun fileden kurtulması problemine yönelik olarak, cırt cırtlı bir tasarım çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, topun fileye sıkı bir şekilde yapışması sağlanmış ve topun fileden kolaylıkla kurtulması önlenebilmiştir. Kalenin devrilme sorununu ortadan kaldırmak amacıyla, kale alt arka borusuna zemin saplaması eklenmiştir. Bu sayede, kale daha istikrarlı hale getirilerek devrilme riski azaltılmıştır. Proje aşamasında üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve katma değerin artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, üretim prosesi iyileştirilmiştir. Başlangıçta 6 aşamadan oluşan üretim prosesi, üç aşamaya düşürülmüş, iyileştirme sağlanmıştır. İş gücünden ve zamandan tasarruf edilmiştir.

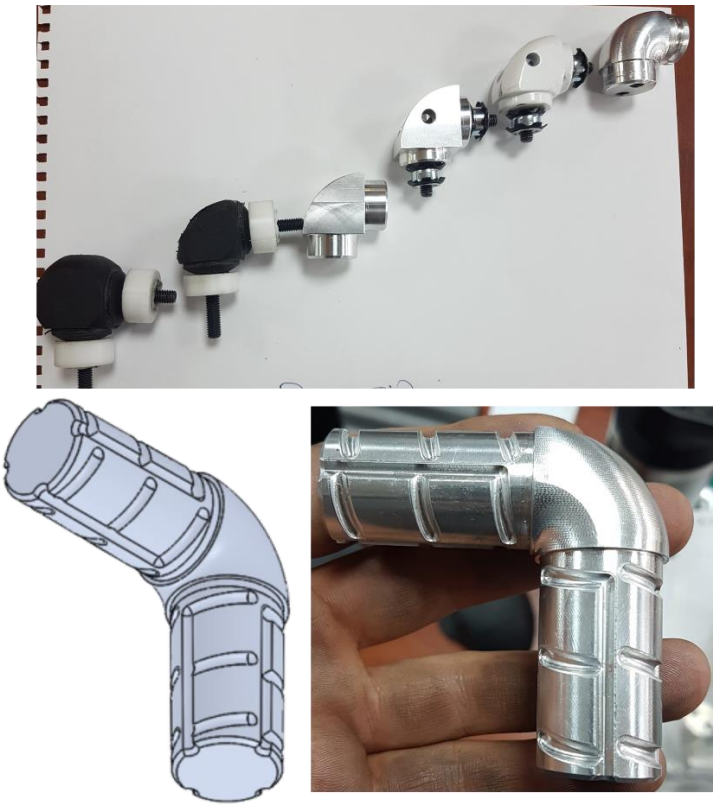
Önceden kullanılan üretim prosesi aşağıdaki adımlardan oluşmaktaydı:

- Boru boy kesme
- Boru bükme
- Boru uç boğma
- Boru delik delme
- Pim kaynatma
- Boya-montaj

Proses iyileştirme sonrası iş akışı ise aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

- Boru boy kesme
- Dirsek işleme
- Boya-montaj

Ayrıca çalışma ile birlikte özgün, cıvata – somun gerektirmeyen, kendini kilitleyen bağlantı elemanı tasarımı geliştirilmiştir.



Şekil 2. Özgün, cıvata – somun gerektirmeyen, kendini kilitleyen bağlantı elemanı tasarımı

3. SONUÇ

Sonuç olarak Kale ağının sarkma sorunu, ölçülerin optimize edilmesi ve yeni tasarımın uygulanmasıyla ortadan kaldırılmıştır. Bu sayede kale ağının doğru bir şekilde yerleşmesi ve sarkmaması sağlanmıştır. Hızlı şutlarda topun fileden kurtulma sorununu engellemek amacıyla cırt cırtlı file tasarımı geliştirilmiştir. Bu tasarım sayesinde topun fileye sıkı bir şekilde tutunması ve dışarı çıkması engellenmiştir. Müşteri geri bildirimleri dikkate alınarak kale devrilme sorunu çözülmüştür. Alt arka boruya eklenen zemin saplaması aparatı sayesinde kale zemine sabitlenerek devrilme sorunu ortadan kaldırılmıştır. Ürüne kazandırılmak istenen özelliklerin üretim verimliliğini etkilememesi hedeflenmiştir. Bu sayede üretim kapasitesi ve koşulları göz önünde bulundurularak tasarım yapılmış ve üretim verimliliği artırılmıştır. Kaynaklı imalat üretim sürecinde yenilikçi bir proses tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım sayesinde üretim çevrim süresi azaltılmış ve üretim verimliliği artırılmıştır. Ürün iş parçalarının yeni tasarımı ve bağlantılarının proses tasarımıyla birlikte paketleme maliyeti düşürülmüştür. Bu sayede yüksek paketleme maliyeti sorunu ortadan kalkmıştır. Ürüne kolay

kurulum işlevselliği kazandırılarak kolay montaj/demontaj özelliği sağlanmıştır. Bu özellik sayesinde kullanıcılar ürünü kolaylıkla kurabilir ve istedikleri zaman söküp taşıyabilirler. Ürünün kolay kullanım, modüler yapı ve estetik tasarımıyla birlikte tüm bu özellikler elde edilmiştir. Kullanıcılar tarafından rahatlıkla kullanılabilen, parçaları değiştirilebilir ve estetik olarak çekici bir ürün elde edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Günümüzde ürünlerin üretiminin kolay olması, müşterilerin kolay kurulum gerçekleştirebileceği, pratik ürünler oldukça yaygın hale gelmiştir. Çalışma ile birlikte firmamızda kavramsal tasarım ve yenilikçi bakış açısı gelişmiş, başka projelerde de aynı kültürün devamı sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma için bizimle birlikte yol alan Decatlon firmasına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

BOZDEMİR, M.(2017), Yapay Zeka Destekli Bir Tasarım İşlem Modelinin Yapısı, *International Journal Of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 1-8.

MAYDA, M., BÖRKLÜ, H.R. (2008), Yeni Bir Kavramsal Tasarım İşlem Modeli, *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 1(1), 13-25.

MAYDA, M., BÖRKLÜ, H.R. (2014), Yeni ve İnovatif Bir Kavramsal Tasarım İşlem Modeli ile Su Filtresi Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 169-180.

ŞEKERCİOĞLU, T.(2019), Kavramsal Tasarım Aşamalarında Bakımın Yeri ve Önemi, *Mühendis ve Makina*, 60(694), 67-76.

KAYSERİ İLİ EVSEL ATIKSULARI YENİDEN KULLANIMI GENEL BAKIŞ

Figen ENÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
figenc@hotmail.com.tr

Eyüp DEBİK
Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
debik@yildiz.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, arıtılmış evsel atıksuların istenilen kaliteye getirildikten sonra yeniden kullanımı değerlendirilmiştir. Literatürde birçok kullanım alanı bulunan bu suların Kayseri genelinde arıtma tesisi bazlı en uygun değerlendirme yöntemi belirlenmiştir. Bu kapsamda özellikle tarımsal sulamada kullanımı ön plana çıkmıştır. Bu yöntemde de su kalitesi, ürünlerin ve sulama sistemlerinin uygunluğu önemli parametreler olarak ele alınmıştır. Sulama su kalitesi ve geri kazanımı konusundaki ulusal mevzuat olan "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" ile Kayserinin coğrafi, iklimsel vb. diğer koşulları göz önünde bulundurularak, Kayseri sınırlarındaki bazı arıtma tesisleri için literatür ve uygulamalarda incelenen alternatifler değerlendirilmiştir. İl sınırlarında bulunan bazı atıksu arıtma tesislerinin mevcut su kalitesi, arıtılmış su uzaklaştırma/değerlendirme durumları, gelecek projeksiyonları, literatür verileri ışığında öncelikle tarımsal sulamada kullanım metodu olmak üzere, endüstriyel kullanım ve diğer yöntemlerde değerlendirilmesi önerilmiştir. Sonuç olarak, Kayseri'de bulunan evsel atıksu arıtma tesisleri çıkış sularının uygun kaliteye getirildikten sonra başta tarımsal sulamada kullanım metodu olmak üzere, diğer bazı uygulamalarda da değerlendirilerek geri kazanımının sağlanabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arıtılmış atıksu, yeniden kullanım, geri kazanım, tarımsal sulama

REUSE OF DOMESTIC WASTEWATER IN KAYSERİ OVERVIEW

Abstract
In this study, the reuse of treated domestic wastewater after bringing it to the desired quality was evaluated. The most appropriate evaluation method based on the treatment plant in Kayseri has been determined for these waters, which have many usage areas in the literature. In this context, its use especially in agricultural irrigation has come to the fore. In this method, water quality, suitability of products and irrigation systems are considered as important parameters. With the "Wastewater Treatment Plants Technical Procedures Communiqué", which are the national regulations on irrigation water quality and recovery, Kayseri's geographical, climatic, etc. Considering other conditions, the alternatives examined in the literature and applications for some treatment plants in the borders of Kayseri were evaluated. Within the scope of current current water quality, treated water removal/evaluation status, future projections, literature data, some wastewater treatment plants located within the borders of the province should be evaluated in industrial use and other methods, primarily in agricultural irrigation. As a result, it has been seen that after the effluent of the domestic wastewater treatment plants in Kayseri is brought to the appropriate quality, it can be recycled by evaluating it in some other applications, especially in agricultural irrigation.

Keywords: Treated wastewater, reuse, recovery, agricultural irrigation

1. GİRİŞ

2016 yılında küresel ortalama sıcaklık, 20. yüzyıl ortalamasına göre 0,94°C; bir önceki yıla göre ise 0,04°C daha yüksektir [1]. Sera gazı emisyonları mevcut artış hızıyla devam ederse sıcaklık artışları 2060 yılında 4°C, 2100 yılında 6°C'yi bulabilir [1]. İklim değişikliği her geçen gün önemini arttırmaktadır. Ülkemizin de içinde yer aldığı ve birçok ülkenin onaylamış olduğu Paris İklim Anlaşması, küresel ısınmayı 2°C ile sınırlandırma hedefi belirlemiştir. Benzer şekilde AB, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında (AYM), sera gazı emisyonlarını, 2030'a kadar en az %55 oranında azaltmayı

ve 2050'ye kadar da sıfır emisyona ulaşmayı hedeflemektedir. TBMM tarafından "Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun" 2021 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda ülkemiz tarafından "2053 Net Sıfır Emisyon" ve "2040 Sıfır Emisyonlu Araçlara Geçiş" hedefleri açıklanmış ve tüm paydaşların katılımıyla kısa, orta ve uzun vadeli stratejik hedefleri ve politika öncelikli eylemleri içeren bir yol haritası oluşturulması amacıyla "İklim Şurası" gerçekleştirilmiştir.

İklim Şurası'nda, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında, ülke hedeflerimiz doğrultusunda 217 karar alınmıştır. Bu 217 kararın 20'sini iklim değişikliğine uyum çalışmaları oluşturmaktadır. "İklim Değişikliğine Uyum Komisyonu" nda "Tarım ve sanayi başta olmak üzere sektörlerde suyun verimli kullanılması sağlanmalı, drenaj suları ve arıtılmış atıksular gibi kullanılmış suların yeniden kullanım oranı 2030 yılında %15'e çıkarılmalıdır" kararı alınmıştır. "Yerel Yönetimler Komisyonu" nda ise "Yağmur suyu hasadı ve gri suyun kullanımı yaygınlaştırılmalı ve bu amaçla yönlendirici mevzuat geliştirilmelidir. Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksuyun yeniden kullanımı sağlanmalıdır. Ayrıca, kentsel alanlarda yağmur suyunun yer altı sularına katılımını sağlayan uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır" kararı alınmıştır.

Bu şura kararları hazırlanmakta olan "İklim Kanunu" na bir hazırlık niteliğinde olup, ilgili kanunun hazırlanmasında tavsiyeler içerdiği için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca AB düzenlemelerinden biri olan AB Yeşil Mutabakatına uyum kapsamında ülkemizde yayımlanan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nın Yeşil ve Döngüsel bir ekonomi başlıklı maddesinde, küresel iklim değişikliği nedeniyle suyun öneminin giderek arttığı ülkemiz, su ve atık su yönetimi politikasının, devam eden AB'ye katılım süreci, nüfus artışı, hızlı sanayileşme ve kentleşme ile mevcut ve gelecek su ihtiyaçlarına göre geliştirildiği belirtilmiştir [2]. Atık suların geri kazanımı konusunda büyük potansiyel bulunduğu ifade edilerek, arıtılmış atık suların yeniden kullanımının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik eylemlerin hayata geçirilmesi, teşvik mekanizmalarına ilişkin çalışmalar ve planlamalar yapılması ve 2023 yılında atık su yeniden kullanım oranının %5'e çıkarılmasının hedeflendiği belirtilmiştir [2].

Bu kapsamda "Yeşil ve döngüsel bir ekonominin tesisi hedefi doğrultusunda:
• Arıtılmış atık suların kullanımının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması sağlanacaktır [2].
• "Su Yeniden Kullanım Ulusal Master Planı" hazırlanacaktır [2].
Birleşmiş Milletler projeksiyonlarına göre dünya nüfusunun 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla 9,7 milyar ve 10,9 milyar olması beklenmektedir [3]. Bu nedenle sınırlı su kaynakları hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye paralel olarak bu kaynaklara olan talebin artması düşünüldüğünde, atık suların geri kazanılması ile ilgili teknolojilerin yaygınlaştırılması gerektiği görülmektedir.

Birleşmiş Milletler dünyadaki su rezervlerinin yalnızca %2,5 oranındaki bir kısmının tatlı su kaynağı olduğunu ve 25 yıl içerisinde dünya nüfusunun üçte iki olan kısmının kuraklık çeken bölgelerde yaşamak zorunda kalacağını belirtmektedir [4]. Bir çok ülkede suyun geri kazanımı ile ilgili tecrübe ve uygulama bulunmamaktadır. Dünya genelinde suyun yeniden kullanım kriterlerine ilişkin belirli bir standardizasyon yoktur. Farklı uluslararası düzenlemeler arasında daha fazla tutarlılık için su kalitesi iyileştirilmelidir [5]. Avrupa Birliği ülkeleri arasında çeşitli su yeniden kullanım gerçekleri vardır. Güney Avrupa'da atık suyun yeniden kullanımı hala sınırlı, ancak büyüyen bir sulama suyu kaynağı iken, kuzey Avrupa'da neredeyse hiç uygulanmamaktadır, ancak giderek sıkılaşan çevre düzenlemelerine yanıt olarak sanitasyon veya çevre koruma amaçları için geliştirilebilir. Dünya'da; Avusturya, ABD, İsrail, Kuveyt, Namibya, Singapur, Güney Afrika, İspanya ve Tunus arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımında uygulama aşamasında olan ülkelerdir.

Dünyada ve Türkiye'de giderek artan su sıkıntısı ile birlikte alternatif su arayışları sonucu yeniden kullanım önem kazanmıştır. Gelişen geri kazanma teknolojileri de atıksuların tekrar kullanılmasını cazip hale getirmektedir. Artan su talebi ve yaşanan kuraklıklar nedeniyle, özellikle sulamada arıtılmış atıksuların kullanılması son derece önemli hale gelmiştir. Sulamada kullanılan su miktarının toplam su tüketimindeki oranı oldukça yüksektir. Bu nedenle arıtılmış atıksuların sulama amaçlı kullanımı, iyi kaliteli suların sulama dışındaki kullanım amaçları için korunmasını sağlamaktadır. Türkiye, kişi başına düşen 1.519 m^3/yıl'lık su miktarı ile "su sıkıntısı çeken" bir ülke kabul edilmektedir.

Ülkemizde, su temini ve atıksu arıtma ihtiyacının belirlenmesi, atıksuyun yeniden kullanılmasının su teminine yararlarının vurgulanması, geri kazanılmış atıksuyun pazarlanması, mühendislik açısından ekonomik olarak alternatiflerin değerlendirilmesi ve maliyet analizi, atıksuyun geri kazanılması ve yeniden kullanılmasına yönelik tesislerin planlanmasında takip edilecek adımlar konusunda henüz yeterli seviyeye gelinmemiş olup, eksiklikler söz konusudur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından 2016 yılında 'Evsel/Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Belirlenmesi ve Revizyon İhtiyaçlarının Belirlenmesi (TURAAT)' projesi ile 'Türkiye'de Arıtılmış Atık Suyun Yeniden Kullanımı' kapsamındaki ilk çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada Kayseri ilinde bulunan ikinci büyük arıtma tesisi olan Develi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının yeniden kullanım alternatiflerinin araştırılması, kullanım amacına uygun hale getirilmesi kapsamında mevzuatsal değerlendirme ve arıtma teknolojisi önerileri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Metodolojisi

2.1.1. Veri Toplama

Tez çalışmasının veri temini kısmında başta Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi olmak üzere Kayseri'de bulunan, DSİ Bölge Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlüğü, Belediyelerin Park ve Bahçe Müdürlükleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İl Müdürlüğü, Ticaret ve Sanayi Odaları, Organize Sanayi Bölgelerinin, öncelikli olarak faaliyet raporları, planları incelenmiş, bazı kurumlarla yüz yüze görüşmeler yapılarak veriler temin edilmiştir. İlgili kurum ve kuruluşlar ile yapılan görüşmelerde geri kazanılmış suyun yeniden kullanım imkânı olup olmadığı ve böyle bir uygulama için talep olup olmadığı araştırılmıştır.

2.1.2. Arıtılmış Atıksu Envanterinin Temini ve Karakterizasyonu

Çalışma kapsamında 9.030 m^3/gün kapasiteli Develi Atıksu Arıtma Tesisine ait atıksuların 2022-2023 yıllarında belirli dönemlerde KASKİ Atıksu Laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Kullanılmış su kalitesinin belirlenmesi için yapılan analizlerde parametreler "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" kapsamında belirlenen limitlerin kontrol edilmesini sağlayacak şekilde seçilmiştir.

2.1.3. Atıksu Yeniden Kullanım Alanlarının Belirlenmesi

Atıksu arıtma tesisi çıkış suları için yeniden kullanım alanları belirlenirken 5 farklı kullanım kategorisi için İlçenin tamamında değerlendirme yapılmıştır. Tesis proje debisinin tamamı alternatifler arasında dağıtılmıştır. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra miktar ve oran bazlı dağılımlar arıtma tesisi bazında tablo olarak verilmiştir. Bu kapsamda, tarımsal sulama amaçlı kullanım, peyzaj sulama amaçlı kullanım, endüstriyel amaçlı kullanım, çevresel besleme amaçlı kullanım ve içme suyu amaçlı kullanım alternatifleri değerlendirilmiştir.

2.1.4. Analiz Çalışmaları

2.1.4.1. Mevzuat Açısından Değerlendirme

Atıksu arıtma tesislerinin bulunduğu ilçelerde yer alan ve kullanılmış su talep potansiyeli bulunan kullanıcılar belirlenmiştir. Kullanıcıların talep ettiği su kalitesi göz önünde bulundurulmuş, su kalitesinin önerilen su kullanım alanına uygunluğu "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine" göre değerlendirilmiştir.

2.1.4.2. Önerilen Arıtma Teknolojisi

Atıksu çıkış sularının ilgili mevzuattaki sınır değerlere uygun hale getirilmesi için tesislerde hangi arıtma teknolojilerinin (revizyonlar) kullanılacağı belirlenmiştir.

2.2. Modelleme ve Analiz Çalışmaları

2.2.1. Develi Atıksu Arıtma Tesisi Genel Özellikleri

- Kapasite: 9.030 m^3 /gün
- Proses: İleri Biyolojik (Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur)
- İşletmeye Alma Tarihi: 03.08.2017

Develi Atıksu Arıtma Tesisi, Kayseri ili, Develi ilçesi Güneyaşağı mahallesinde yer almakta olup, 13.007 m^2 yüzölçümlü alan üzerinde, 4223 m^2 açık ve 1344 m^2 kapalı alana sahiptir [6].

Proses; kaba ızgara, ince ızgara, giriş terfi istasyonu, giriş debi ölçer, havalandırmalı kum ve yağ tutucu, anaerobik bio-p havuzu, havalandırma havuzları, çökeltim havuzları, geri devir ve fazla çamur terfi merkezi, çamur susuzlaştırma ve klor temas havuzu ünitelerinden oluşmaktadır[6].

2.2.2. İhtiyaç Analizi ve Yeniden Kullanım Alanları

Develi AAT civarı su kullanıcıları tespit edilmiş ve talepler değerlendirilmiştir. Buna göre tesis çevresinde organize sanayi bölgesi ve herhangi bir sanayi kuruluşu bulunmamaktadır. Bölgede yeraltı su sıkıntısı bulunmamaktadır. Ayrıca tarımsal alanların sulama ihtiyacı da bulunmamaktadır. En önemli alternatif olarak ise tesis çıkış sularının Sultansazlığı Milli Parkı'nda çevresel kullanım olarak verilmesi değerlendirilmiştir. Ayrıca tesis çok yakın olan Saray Hayvan Çiftliği de 2. Alternatif olarak değerlendirilmiştir. 3. Alternatif olarak ise Develi Belediyesi tarafından sulaması yapılan yeşil alanlar önerilmiştir. Arıtılmış suların yeniden kullanılabileceği alanlar ve talepler Tablo 1'de verilmiştir. [7].

Tablo 1. Alternatif kullanım alanları ve oranları

Kullanım Alternatifleri	Tarımsal Amaçlı Sulama	Peyzaj Sulama Amaçlı Kullanım	Endüstriyel Amaçlı Kullanım	Çevresel Besleme Amaçlı Kullanım	İçme Suyu Amaçlı Kullanım
Miktar(m^3/yıl)		40.000		3.295.950	550.000

Çevresel Kullanım

Develi AAT'ye yaklaşık 10 km mesafede Sultansazlığı Milli Parkı bulunmaktadır. Sulak alandaki başlıca göller, her ikisi de tuzlu birer göl olan Yay Gölü ve Çöl Gölü'dür. Sultansazlığı'nın nadir bir sulak alan olması, Avrupa Konseyi tarafından nesli tehlike altında olduğu belirlenen küresel tehdit altındaki türler başta olmak üzere bir çok su kuşunun bu alanda bulunması nedeniyle 2006 yılında Sultansazlığı'nın koruma statüsü değiştirilmiş, Milli Parkı olarak ilan edilmiştir. [7]. Develi AAT çıkış sularının Sultansazlığı Milli Parkı'ndaki göllerden biri olan Yay Gölü'ne cazibeli hat ile verilmesi önerilmiştir. [7].

İçme Suyu Amaçlı Kullanım

Develi AAT'ye yaklaşık 1 km uzaklıkta 15.000 büyükbaş hayvan kapasiteli Saray Hayvan Çiftliği bulunmaktadır. Günlük su 100 L olarak kabul edilerek hesap yapıldığında, Saray Hayvan Çiftliği'ndeki hayvanlar için yaklaşık olarak günlük 1500 m^3 suya ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Buna göre bir yıl için ihtiyaç duyulan su miktarı 550.000 m^3 olarak belirlenmiştir. [7].

Peyzaj Sulama Amaçlı Kullanım

Develi ilçesinin toplam yeşil alan sulaması yaklaşık 40.000 m^3/yıl'dır. Bu tüketimin mor şebeke ile karşılanması öngörülmüştür.

3. SONUÇ

3.1. Mevzuat Açısından Değerlendirme

Develi Atıksu Arıtma tesisi çıkış atıksularının Sultan Sazlığı beslemesinde çevresel besleme olarak ve Saray çiftliğinde içme suyu amaçlı değerlendirileceği öngörülmüştü. Bu kapsamda Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7 Tablo E7.1'e göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar belirtilmiştir.

Tablo 2. Alternatif kullanım alanları ve oranları

Parametreler	**Analiz Sonuçları**	**Tebliğ Ek-7- E 7.1**	**Değerlendirme**
pH	7,65	6-9	Sağlıyor
$BOİ_5$	10,0 mg/L	< 30 mg/L	Sağlıyor
AKM	10,0 mg/L	< 30 mg/L	Sağlıyor
Fekal koliform	107600 CFU /100 mL	< 200 ad/100 mL	Kum filtresi + UV

3.2. Önerilen Arıtma Teknolojisi

Sonuçlara göre Yalnızca Fekal koliform değeri sınırlar üzerinde kalmakta olup, Kum filtrasyonu ve UV Dezenfeksiyonu ile giderim sağlayacağı öngörülmekte olup sadece Sultan Sazlığına verilmesi durumunda UV Filtrasyon yeterlidir.

4. TARTIŞMA

Ülkemizde altyapı, atıksu miktar ve özellikleri, yeni arıtma teknolojileri vb. konularda çalışmalar yürütülmekte olup arıtılmış atıksuların geri kazanımına ilişkin çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle özellikle evsel atıksuların yeniden değerlendirilmesi amacıyla kurumların işbirliği ile detaylı bir envanter çalışması yapılması, ihtiyaçların belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizde bu atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili ciddi bir potansiyel bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi (NOAA),2020
[2] T.C. Ticaret Bakanlığı, Yeşil Mutabakat Eylem Planı, 2021
[3] BM Dünya Nüfus Beklentileri Raporu, 2019
[4] I. A. Alaton, A. Tanık, S. Övez, G. İskender, M. Gürel and D. Orhon, “Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluent in Turkey: a case study on selected plants”, Desalination, vol. 215, pp. 159-165, 2007.
[5] Andreas N. Angelakis, Takashi Asano, Akissa Bahri, Blanca E. Jimenez and George Tchobanoglous, “Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future” Frontiers in Environmental Science, Volume 6-2018
[6] KASKİ Yılı Faaliyet Raporu,2022
[7] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi,2019

KAYNAKLI İMALAT YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN ÇERÇEVE PROFİLLERİNDE MEYDANA GELEN DİSTORSİYONLARIN GİDERİLMESİNE YÖNELİK YENİLİKÇİ BİR YÖNTEM TASARIMI GELİŞTİRİLMESİ

Osman Çulha
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
osman.culha@twinarge.com.tr, ORCID: 0000-0003-1611-8452

İlter Kilerci
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Eko Grup Şirketleri, Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ilter.kilerci@ekoendustri.com, ORCID: 0000-0003-2314-4966

Fatma Nur Gülalan
Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Eko Grup Şirketleri, Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
fatma.gulalan@ekoendustri.com, ORCID: 0000-0003-3061-6431

Özet
Günümüzde değişen yaşam koşulları ve beğenilerle birlikte ergonomik, çok yönlü kullanılabilen, genellikle endüstriyel tasarımlı ve farklı malzeme gruplarının bir arada kullanıldığı masa, sehpa gibi ürünleri daha cazip hale getirmiş ve ev dekorasyon ürünleri satan mağazaları da bu tür ürünler geliştirmeye sevk etmiştir. Çalışma ile birlikte firmamız Eko Grup Şirketleri metal işleme bölümünde, global orijinal ekipmanlar üreten bir firma için üretilmekte olan COFFE TABLE ürününün prosesine ilişkin pazar araştırmaları yapılmıştır. Takip eden süreçte bilgisayar destekli tasarımları geliştirilmiş ve sonrasında da gerçek üretim ortamında deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kaynak fikstürü, kalibrasyon kalıbı ve ürüne özgü mastarlar geliştirilmiştir. Ürünün kaynaklanma esnasında şeklinde bozukluk olduğu saptanmıştır. Çember kalibrasyonu sürecinde ovalite sorunun giderilmesi ve malzeme kaynaklı koniklik problemi aynı anda giderilebilmiştir. Hatasız üretilebilirliğine yönelik proses tasarımlarının gerçekleştirilmesi ve üretim verimliliğinin arttırılması hedefine ulaşılmıştır. Bu bağlamda yeni bir üretim metodu ve proses geliştirilmiş olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kaynaklı imalat, distorsiyon, tasarım geliştirme

DEVELOPING AN INNOVATIVE METHOD DESIGN FOR THE ELIMINATION OF DISTORTIONS IN FRAME PROFILES PRODUCED BY WELDED MANUFACTURING METHODS

Abstract
Today, with the changing living conditions and tastes, ergonomic, versatile, generally industrial design and different material groups used together have made products such as tables and coffee tables more attractive and prompted the stores selling home decoration products to develop such products. Along with the study, market researches were conducted on the process of the COFFE TABLE product, which is produced for a company that produces global original equipment, in the metal processing department of our company Eko Group Companies. In the following process, computer-aided designs were developed and then trial productions were carried out in the real production environment. Within the scope of the study, welding fixture, calibration mold and product-specific gauges were developed. It was determined that the product was deformed during welding. During the circle calibration process, the ovality problem and the material-induced taper problem were solved at the same time. The goal of realizing process designs for error-free manufacturability and increasing production efficiency has been achieved. In this context, a new production method and process has been developed.

Keywords: Welded manufacturing, distortion, design development

1. GİRİŞ

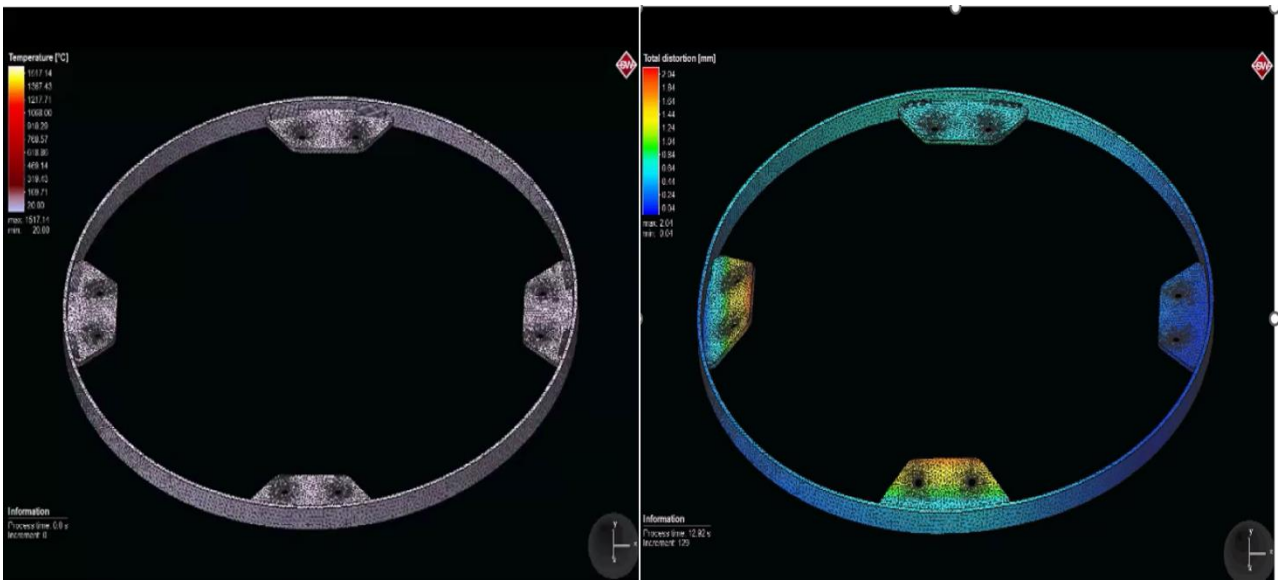
Kaynak malzemeleri birleştirme için kullanılan bir yöntemdir. İki metalin birleştirilmesi sırasında kaynak metalinin ergime sıcaklığına ulaşılır. Isı ve basınç bu üretimde rol almaktadır. Kaynak işlemi sonrası malzeme üzerinde çeşitli distorsiyonlar ve gerilmeler oluşması oldukça olası bir durumdur. Bu durum malzemelerin tasarımı, güvenli kullanımı ve imal edilebilme özelliklerini etkilemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken unsurlar kaynak işlemi tamamlandıktan sonra malzemelerde korozyon oluşumu gözlemlenmemesi ve malzemelerin mekanik özelliklerini korumasıdır. Kaynak işlemi ile malzemede iç gerilmelerden dolayı oluşan, düzenli olmayan deformasyonlar meydana gelir. Buna distorsiyon adı verilmektedir(Çeliker, 2018). Distorsiyon, malzeme için istenmeyen bir durum olup ısınma ve soğuma nedeniyle meydana gelmektedir. Distorsiyonlara neden olan bazı sebepler kaynak bölgesinin sıcaklığının artması, metalin ısıl geçirgenliği, ısı akışının düzensiz bir şekilde olması sayılabilmektedir. Kaynakta oluşan distorsiyonları düzeltmek amacıyla doğrultma işlemleri yapılmaktadır. Bu durum malzemede bir kez daha gerilmelere sebebiyet verirken maliyette de artış oluşturur. Ayrıca zaman kaybına yol açmaktadır(Altan,2002).

Günümüzde teknoloji günden güne değişmektetir. Bununla birlikte üretim endüstrisinde de değişimler başlamış, müşteri talepleri doğrultusunda daha hızlı, kaliteli üretim yapma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Üretim hızını arttırıp, daha büyük üretim hacminde üretim yöntemlerine geçmek istenmektedir (Sütcü, 2018). Yüksek kaliteli ürünlerin düşük maliyetler ile birlikte üretilmeye başlanması sonucu küresel pazarda rekabet ortamı artmaktadır. Bu istekleri büyük oranda sağlayan kaynaklı imalat yöntemlerinde hatasız kaynaklı birleştirme ve üretim hızını arttırmak, hatalarını en aza indirmek için robot kullsnımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Robot kullanımı ile birlikte kaynaklı imalat seri imalat için oldukça önem arz etmektedir(Okuyan ve Uzun, 2017). Günümüzde değişen yaşam koşulları ve beğenilerle birlikte ergonomik, çok yönlü kullanılabilen, genellikle endüstriyel tasarımlı ve farklı malzeme gruplarının bir arada kullanıldığı masa, sehpa gibi ürünleri daha cazip hale gelmiş ve IKEA gibi ev dekorasyon mağazalarını da bu tür ürünler geliştirmeye sevk etmiştir. Kuruluşumuzun EKO Endüstri Metal Şekilendirme Fabrikası' nda IKEA için üretilmekte olan yuvarlak sehpa ürününe ait konvansiyonel fikstür sistemleri kullanılarak üretilmekte olan çerçeve gruplarının kaynak prosesleri sonundaki boya ve montaj proseslerinde cam-sehpa çerçevesi arasında meydana gelen montajlanabilirlik / görsel bütünlük bozulması sorunları ele alınarak, kaynak esnasındaki ısı girdisinden dolayı çerçeve grubunda meydana gelen ve cam montajını etkileyen distorsiyonların giderilmesine yönelik kaynak prosesleri geliştirilmiş olup, daireselliği bozulmuş ve montajlanabilirlik problemi yaşanan nihai ürünlerdeki ovalitenin giderilmesine ilişkin yenilikçi bir yöntem tasarımı ve geliştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Firmamız metal işleme bölümünde IKEA için üretilmekte olan COFFE TABLE ürününün prosesine ilişkin Pazar araştırmaları yapılmıştır, takip eden süreçte bilgisayar destekli tasarımları geliştirilmiş ve sonrasında da gerçek üretim ortamında deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kaynak fikstürü, kalibrasyon kalıbı ve ürüne özgü mastarlar geliştirilmiş olup, ürünün hatasız üretile bilirliğine yönelik proses tasarımlarının gerçekleştirilmesi ve bu kapsamda üretim verimliliğinin arttırılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, S235JR hammaddeli silindirik parçanın iç alın yüzeyine 3 mm kalınlıklı bağlantı braketlerinin robotik MIG kaynak yöntemi ile SG2 kaynak teli kullanılarak birleştirilmesi ile meydana gelen alt ve üst çerçevelerde, fikstür tekniği ve ısı girdisi sebebi ile meydana gelen distorsiyonlardan dolayı cam yüzey – çerçeve arasında yaşanan montajlanabilirlik sorunu ele alınmıştır. Bu kapsamda ise, Sonlu Elemanlar Metodu temelli kaynak simülasyonları ile çerçeve kaynak prosesi irdelenerek distorsiyonlar belirlenmiş, distorsiyonların etkisinin yok edilmesi amacı ile de fikstür tasarımları geliştirilmiştir. Kaynak yöntemleri ile birleştirilmiş ve distorsiyon yoğunluğunun yüksek olduğu ovalleşmiş çerçevelerin ovalite probleminin giderilmesi amacı ile ise çerçeve ovalite giderme sistemi tasarlanmış ve ovalite giderme sistemi devreye alınarak ovaliteden kaynaklı montajlanabilirlik probleminin giderilmesi sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma yönetim süreci multidisipliner bir proje grubu tarafından yürütülmektedir, proje çalışma grubu; makine, malzeme ve metalürji ve elektrik elektronik mühendislerinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında öncelikle kaynak simülasyonları destekli proses parametreleri optimizasyon faaliyetleri yönetilmiştir.



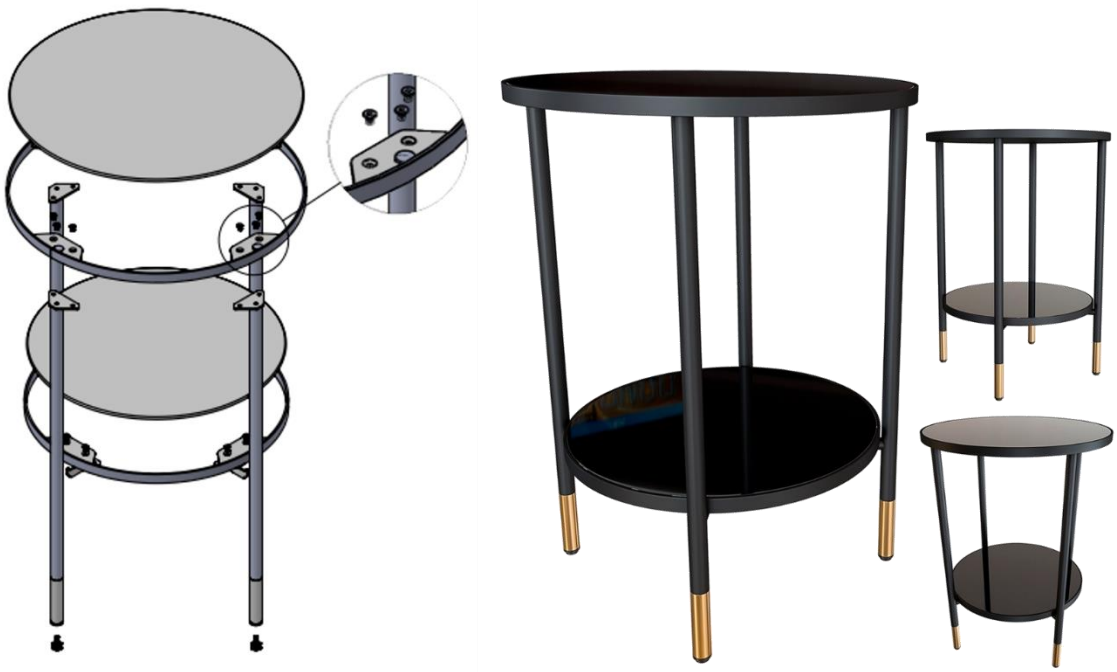
Şekil 1. Kaynak simülasyonları destekli proses parametreleri optimizasyon faaliyeti

Simülasyon çıktıları göz önünde bulundurularak fikstür tasarımları geliştirilmiştir. Fikstür tasarımı ile birlikte distorsiyonlar önlenmek istenmiş ve sanal ortamda gerçekleştirilen kaynak simülasyonları ile distorsiyonların elimine edildiği kanısına varılmıştır. Ovalite problemi olan kaynaklı parçalardaki ovalite sorunun ortadan kaldırılmasına yönelik ovalite giderme sistemi tasarlanmış ve sistem devreye alınmıştır.

Şekil 2. Ovalite giderme sistemi

Ürüne özel tasarlanmış kalibre kalıbı temel olarak pnömatik pistona bağlı hareketli bir zımba ve farklı boyutlarda tasarlanmış, kılavuz pimleri üzerinde hareket eden 8 adet üçgen dilim plaka oluşmaktadır. Hareketli zımba diye tanımlanan aparat küçük çember (391mm) ve büyük çemberi (444mm) ayrı ayrı hareket ettirebilmek için 45° lik iki harekete sahiptir, böylece istenilen duruma göre bürük çember ya da küçük çemberi kalibre edebilir. Çember kalibrasyon sürecinde ovalite sorunun giderilmesinin yanında malzeme kaynaklı koniklik problemi de aynı anda giderilebilmektedir. Dış çember kalibrasyonu gerçekleştirilirken aynı zamanda da üçgen dilim plakalarda bulunan askı sacı cepleri sayesinde, askı saclarında varsa açısal sapmalar giderilir. İşlem süresi hareketli ucun batması beklemesi ve kalkması sırası ile gerçekleşir ve çevrim süresi yaklaşık 20 sn olarak hesaplanmıştır ve bu kısa terminde önceki üretimlerde büyük sıkıntı yaratan ovalite, koniklik ve askı sacındaki açısal sapmalar tek bir kalibrasyon kalıbı ile tek işlemde giderilebilmektedir. Kalibrasyon sonrası ise proje konusu ürüne özel hazırlanan mastar ile son kontroller yapılmaktadır. Pnömatik pistona bağlı hareketli zımbanın aşağı doğru doğrusal hareketi ile kılavuz pimleri üzerinde hareket eden üçgen dilim plakalar dışa doğru itilmesi hareketi ile üçgen plakalar çemberi dışarı doğru açar ve ovalite sorunu, malzeme kaynaklı koniklik sorunu ve aynı

zamanda askı saclarının, askı sacı ceplerine konumlanmasıyla, askı saclarındaki açısal kalibrasyon gerçekleştirir. Bu bağlamda kaynaklı imalat yöntemleri ile üretilen çerçeve profillerinde meydana gelen distorsiyonlarin giderilmesine yönelik yenilikçi bir yöntem tasarımı geliştirilmiştir.



Şekil 3. Ürüne ait görseller

3. SONUÇ

Sonlu Elemanlar Metodu Temelli Kaynak Simülasyonları kullanılarak yürütülen parametre optimizasyon faaliyetleri neticesinde, S235 hammaddeli 3 mm kalınlıklı çerçeve ve braketlerin SG2 kaynak teli ile kaynağında optimum parametrelerin 120A, 19V olduğu, robot kaynak hızının ise 45 mm/sn olduğu belirlenmiştir. Gerçek zamanlı üretimlerde simülasyon faaliyetlerinden elde edilen kaynak parametreleri kullanıldığında, simülasyonlar neticesinde elde edilen dairesellik ile gerçek üretimlerden elde edilen numunelerden alınan dairesellik ölçümlerinde ±0,05 mm sapmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Çerçeve kaynak prosesinin optimizasyon süreci öncesinde ovalite yaratan 3 eksenli distorsiyonların bileşkesi 2,1 mm iken, optimizasyon faaliyetleri neticesinde distorsiyonların kaynak fikstür tasarımları ile desteklendiğinde %94 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. Ovalite problemi olan farklı iç ve dış ölçülerdeki çerçevelerin aynı sistem üzerinde ovalitesinin düzeltilebilmesinin amacı ile simülasyon çıktıları doğrultusunda tasarlanan sistemin Ø300 mm e kadar ölçüdeki çerçeveleri %87 oranında, Ø400 mm üzerindeki çaptaki çerçeveleri ise %75 oranında düzeltebildiği dolayısıyla çaptaki artış ile ovalitesi düzeltilecek çerçeve yüzey alanının doğru orantılı olarak artış gösterdiğinden ovalite giderme etkinliğinin düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Üretimi gerçekleştirilen ürün ile firmanın metal işleme bölümünde yeni bir üretim metodunun ve yeni bir prosesin deneyimlenmesi sağlanmıştır. Proje kapsamda tüm şartnameleri ve kalite gereksinimlerini karşılayacak bir ürün elde edilmesi ile ihracat alanındaki faaliyetlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. IKEA firmasının Türkiye'deki tedarikçisi olma hedefine giderek yaklaşan firmamız yapmış olduğu ürün çalışmaları ile IKEA firmasına proje konusu ürünü üreten tek firma olma hedefini gerçekleştirmiştir. Proje kapsamında imalatı yapılan proses e özgü kalibre kalıbının endüstriyel tasarım tescilinin alınmıştır. Firmamız bünyesinde mevcut sorunlara çözüm sunulması noktasında Ar-Ge çalışmalarının bir kültür haline gelmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma için bizimle birlikte yol alan IKEA Türkiye firmasına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ALTAN, M. (2002), *Kaynak Distorsiyonları ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi,* 11.06.2023 tarihinde Polen-İtü Akademik Açık Arşiv sitesi https://polen.itu.edu.tr/items/50509a56-cb01-4ee9-8e7e-08de967dbf80 adresinden alındı.

ÇELİKER, H.İ. (2018), *Kaynaklı Malzemelerde Distorsiyon Analizi,* 12.06.2023 tarihinde Kurumsal Akademik Arşiv sitesi https://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/trakya/3115 adresinden alındı.

OKUYAN, A., UZUN, H. (2017), Boru İle Lamanın Robot Ark Kaynak Tekniğiyle Birleştirilmesinde Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(2), 297-307.

SÜTCÜ, E. (2018), Kaynaklı İmalat Operasyon Sürelerinin Matlab Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 4(1), 16,-24.

3D YAZICI İLE ÜRETİLEN METATARSAL KEMİK MODELİNİN BURULMA TESTİ İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE GERÇEK KEMİK İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Talip Çelik
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
talip.celik@kocaeli.edu.tr

Sümeyra ÇOLAK
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
celiktlp@gmail.com

Zeliha COŞKUN TAŞ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
zeliha.coskun@kocaelie.du.tr

Mehtap AYAL
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
123@gmail.xcom

Zeynep HEPGÜLER
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
ze@kou.edu.tr

Feyzanur HANTAL
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
f@eeeeeee.com

Özet
Biyomekanik çalışmalar için en önemli zorluk biyolojik doku bulmasıdır. Bu durum kadavra bulmadaki zorluk sebebi ile ilişkilidir. İmplantların veya protezlerin biyomekanik performanslarını değerlendirmek, yeni ameliyat yöntemlerinin mekanik performansını belirlemek için biyomekanik çalışmalara başvurulur. Biyomekanik çalışmalarını gerçekleştirmek için deneysel veya sonlu elemanlar yöntemleri tercih edilmektedir. Deneysel çalışmalarda elde edilen değerlerin doğruluğu deney düzeneğinin doğru kurulması ile birlikte biyolojik dokuların tercih edilmesi önem arz eder. Fakat biyolojik dokuların bulunamaması durumunda yapay kemik modelleri kullanılır. Bu modeller ise biyolojik doku mekanik özelliklerine yakın olması gerekmektedir. Bu çalışmada da özellikle küçük kemiklerin değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Özellikle 3B yazıcıların gelişmesi ile modellerin iç doluluk oranları değiştirilerek model mekanik özellikleri değiştirilebilmektedir. Bu çalışmada da metatarsal kemik modellemesi yapılarak 3B yazıcılardan farklı doluluk oranlarında ve farklı doldurma şekillerinde çıktılar alınmış ve burulma testine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre modellerin maksimum tork dayanımları 10 – 19 Nm arasında değişmektedir. Maksimum dönme açısı ise 17,12 derece olmuştur. Maksimum dayanım Tri-hexagon doldurma şeklinde ve iç doluluk oranı %30 olan kemik modellerinde elde edilmiştir. Gerçek insan kemiği ise 6 Nm civarında dayanıma ve 4,5 derece burulma açısına sahiptir. Elde edilen kemik modellerinin dayanımı normal insan kemiğine göre yüksek elde edilmiştir. Ancak modellerin iç doluluk oranı azaltılıp model içi doldurma şekilleri değiştirilirse gerçek insan kemik modeline yakın mekanik özellikler elde edilebilir.

Anahtar kelimeler: *Metatarsal kemik, mekanik özellik, burulma testi*

DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE METATARSAL BONE MODEL PRODUCED BY A 3D PRINTER BY TORSIONARY TEST AND COMPARISON WITH REAL BONE

Abstract
The most important challenge for biomechanical studies is finding biological tissue. This situation is related to the difficulty of finding cadavers. Biomechanical studies are used to evaluate the biomechanical performance of implants or prostheses and to determine the mechanical performance of new surgical methods. Experimental or finite element methods are preferred to perform biomechanical studies. The accuracy of the values obtained in experimental studies, together with the correct setup of the experimental setup, is important when choosing biological tissues. However, if biological tissues cannot be found, artificial bone models are used. These models, on the other hand, should be close to the mechanical properties of biological tissue. In this study, a new approach is presented, especially in the evaluation of small bones. Especially with the development of 3D printers, the mechanical properties of the models can be changed by changing their internal occupancy rates. In this study, metatarsal bone modeling was performed, and printouts were taken from 3D printers with different filling rates and different filling shapes and subjected to a torsion test. According to the results obtained, the maximum torque endurance of the models varies between 10 and 19 Nm. The maximum angle of rotation was 13 degrees. Maximum strength was obtained in trihexagonal filling and bone models with a 30% internal filling rate. Real human bone, on the other hand, has a strength of around 6 Nm and a torsional angle of 4.5 degrees. The strength of the obtained bone models was higher than normal human bone. However, mechanical properties close to those of the real human bone model can be obtained if the filling rate of the models is reduced and the filling shapes of the models are changed.

Keywords: Metatarsal bone, mechanical property, torsion test

1. GİRİŞ

Metatarsal kemiklerde ani hareketlere bağlı olarak kırık oluşma riski yüksektir. Kırılan kemiği tamir etmek için geliştirilen İmplantların tasarımı ve geliştirilmesi kemik malzeme özelliğinin ne kadar bilindiğine bağlıdır. Metatarsal kemiklerde yaralanmaların anlaşılması ve önlenmesi için metatarsal kemiklerin biyomekanik özelliklerinin kapsamlı bir şekilde araştırılması önemlidir [1]. Kemik, vücudumuza yapısal destek, hareket ve koruma sağlayan sert bir dokudur. Osteoblast, osteosit ve osteoklast adı verilen hücrelerden oluşur. Bu hücreler, kemiklerin yeniden şekillenmesi sürecinde birlikte çalışarak eski kemik dokusunun osteoklastlar tarafından emilmesini ve osteoblastlar tarafından yeni kemiğin oluşturulmasını sağlar [2]. Kemikler çekme, kesme ve sıkıştırma gibi farklı gerilmelere maruz kalırlar. Bu tip gerilmeler kemik üzerinde farklı şekilde etkileyerek çeşitli yön ve momentlere dinamik olarak tepki oluştururlar [3]. Eklemeli imalat teknolojisi biyomedikal alanında özelleştirilmiş tıbbi ürünlerin doğrudan elde edilebilmesine olanak tanıyan önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle sentetik kemik modellerinin imalatında sıklıkla tercih edilen bir teknolojidir. Eklemeli imalatın, yüksek esneklik dayanımı sayesinde tıbbi uygulamalarda üretilen ve hastaya özel geometrilerde tasarlanmış kemikler basit bir şekilde imal edilebilir [4]. Bunların yanında yapay kemik üretim çalışmalarında numunelerin yük taşıma performanslarının incelenmesi gerekir. Doğal kemiğe benzer bir yapıya sahip bileşimin bulunması oldukça umut verici bir çalışma olabilir [5].

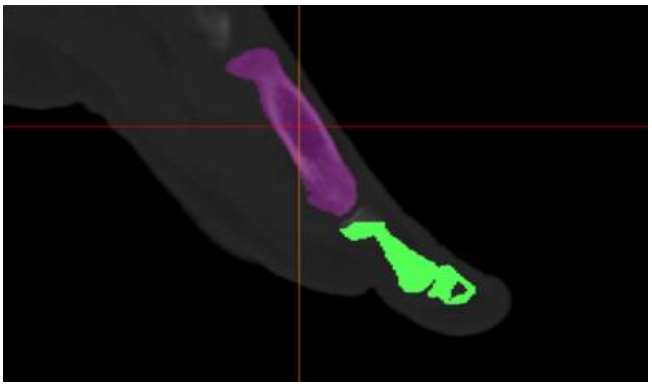
Bu çalışmada da 3B yazıcı kullanılarak, farklı doldurma parametrelerinde birinci metatarsal kemik modeli üretimi yapılmıştır. Ayrıca bu kemik modelleri burulma testine tabi tutulmuş ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen mekanik özellikler gerçek kemik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. 3B Kemik Modellerin Oluşturulması

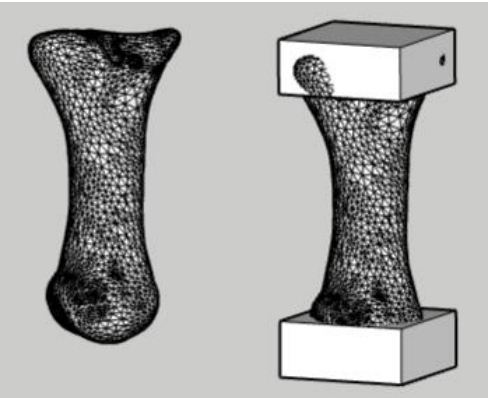
Çalışma kapsamında modellemesi yapılmış olan metatarsal birinci kemiğin BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntüleri Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji bölümünde yer alan Toshiba Aquilion BT tarayıcı aygıtıyla 1 erkek hastadan elde edilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine) formatında Materialise's Interactive Medical Image Control System

(MIMICS 10.0) (Materialise, Leuven, Belgium) üç boyutlu görüntü işleme yazılımına aktarılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Metatarsal birinci kemiğin MIMICS'de modellenmesi

MIMICS programında, ilk olarak kemik BT görüntüsüne threshold (eşik değeri) ayarı uygulanarak kemik dokunun diğer kas ve yumuşak dokulara göre daha belirgin hale getirilmiştir. Bu ayarlama, kemik dokusunun diğer dokulardan daha kolay seçilebilmesini sağlar. Bu işlem sonrasında segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon aşamasında, metatarsal birinci kemiğin frontal, sagittal ve transversal düzlemlerde diğer kemiklerle olan bağlantıları koparılmıştır. Bu yöntemle, diğer kemiklerden ayrılan metatarsal birinci kemiğe "region growing" işlemi uygulanarak bir maske atanmıştır. Bu maske, metatarsal birinci kemiğe üç boyutlu bir model niteliği kazandırmıştır. Oluşturulan üç boyutlu model, kemiğin STL (Standard Tessellation Language) formatında çıktısı alınmıştır. Elde edilen çıktı metatarsal birinci kemiğin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi için kullanılmıştır. Modelin 3B baskısı alınmadan önce, mekanik testlerin uygulanabilmesi için modelin proksimal ve distal uçlarına $29x29\ mm$ ve $8\ mm$ kalınlığında olan parça SketchUp programı kullanılarak tasarlanmıştır (Şekil 2).

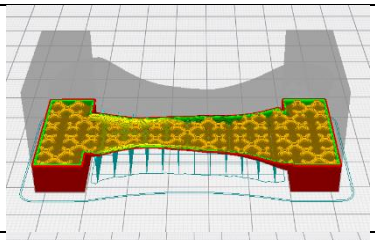
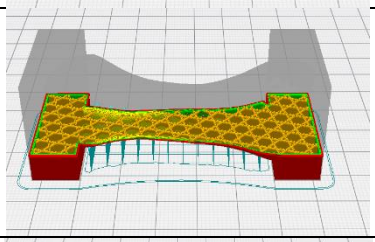
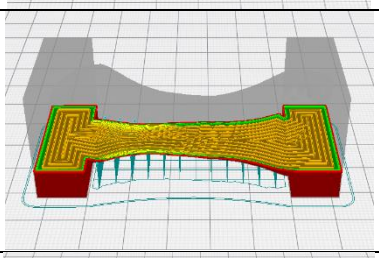
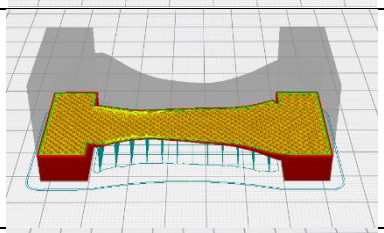
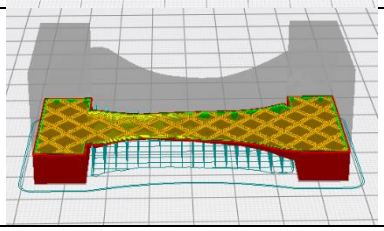


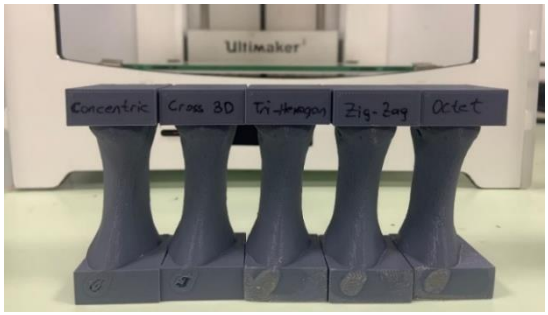
Şekil 2. Kemik modelinin tamamlanması

2.2. Kemiğin 3B yazıcı ile Üretilmesi

Kemiğin 3B modeli, Cura yazılımına STL formatında aktarılmış ve baskı aşamasına geçilmiştir. Modellerin dolgu oranı, bütün modeller için sabit olup %30 olarak belirlenmiştir. Ancak, iç dolgu şekil parametreleri değişkenlik göstermektedir. Dolgu şekli iç dolgu yapılarının nasıl oluşturulduğunu ve modellerin içerisindeki dolgu desenini belirlemektedir. Katman kalınlığı, doluluk oranı, baskı hızı, destek yapılandırması gibi ayarlar yapıldıktan sonra model Ultimaker[2] 3B baskı cihazına aktarılmış ve baskı alınmaya başlanmıştır (Tablo 1 ve 2). Baskı alındıktan sonra proksimal ve distal uçlara eklenen parçalardan taşan malzeme törpülenmiştir (Şekil 3).

Tablo 1. 3B yazıcıdan alınacak çıktıların Cura yazılımında iç desenlerinin ayarlanması

Baskı Modeli	Baskı Görüntüsü
Cross 3d	
Tri-hexagon	
Concentric	
Zig-zag	
Octet	



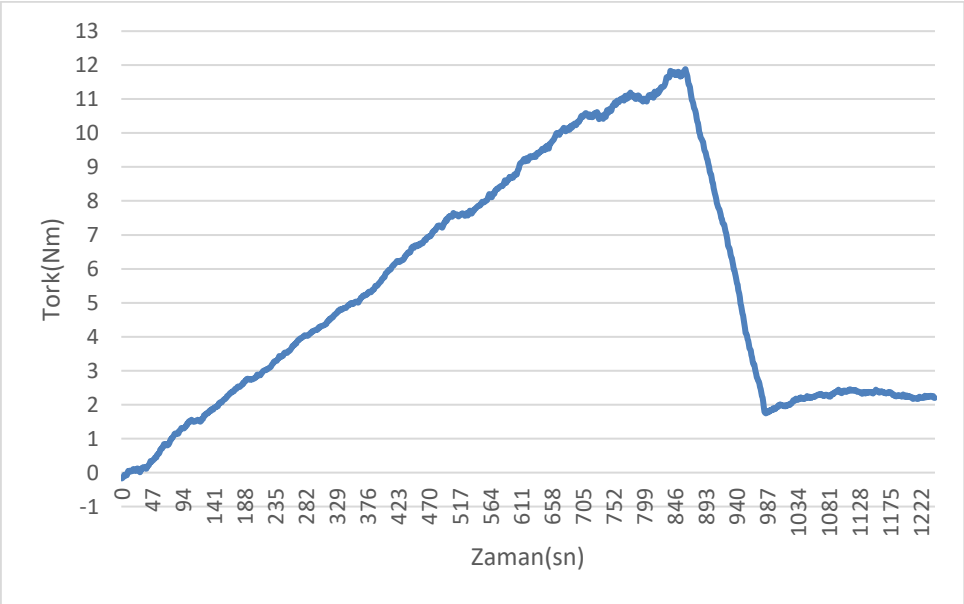
Şekil 3. 3B baskı sonucu elde edilen model kemikler

Tablo 2. Üretilen kemik modellerine ait parametreler

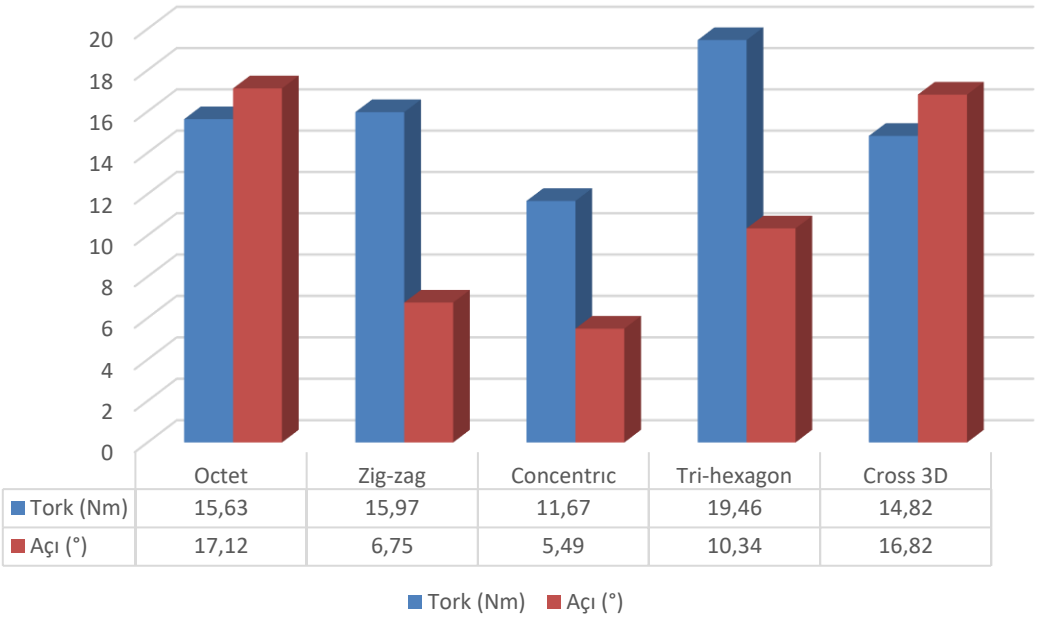
Desen	Doluluk Oranı	Duvar Kalınlığı	Doldurma Açısı
Octet	%30	1.15 mm	50°
Zig-zag	%30	1.15 mm	50°
Concentric	%30	1.15 mm	50°
Tri-hexagon	%30	1.15 mm	50°
Cross 3D	*%30*	*1.15 mm*	*50°*

3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen yazıcı çıktıları tork cihazında burulma testine tabi tutulmuştur. Örnek elde edilen grafik Şekil 4'te gösterilmektedir. Üretilen modellere göre Tork (Nm)-Açı (derece) değerleri özet olarak Şekil 5'te verilmiştir. Tri-hexagon (19.46) en yüksek burulma tork değerine sahipken, Concetric (11.67) en düşük tork değerine sahiptir. Bu sonuçlar, Tri-hexagon modelinin diğer modellere göre daha yüksek bir dayanıklılığa sahip olduğunu ve Concetric modelinin daha düşük bir dayanıklılığa sahip olduğunu göstermiştir. Aynı şekilde plastik deformasyon noktalarına bakıldığında Tri-hexagon (15.41) en yüksek plastik deformasyon noktasına sahipken, Concetric (11.06) en düşük plastik deformasyon noktasına sahiptir. Bu, Tri-hexagon modelinin diğer modellere göre daha esnek olduğunu ve Concetric modelinin daha az esnek olduğunu gösterir. Genel bir karşılaştırma yapılacak olursa Tri-hexagon, Zig-Zag, Cross 3D, Octet, Concentric modelleri sırasıyla incelendiğinde en yüksek dayanıklılığın Tri-hexagon, en düşük dayanıklılığın Concentric modelinde olduğu görülmüştür. Diğer modeller arasında da benzer tepe noktaları görülmektedir, ancak Tri-hexagon modeli daha yüksek plastik deformasyon noktasına sahip olması sebebiyle yüksek dayanıklılığa ve esnekliğe sahip olduğunu gösterir.



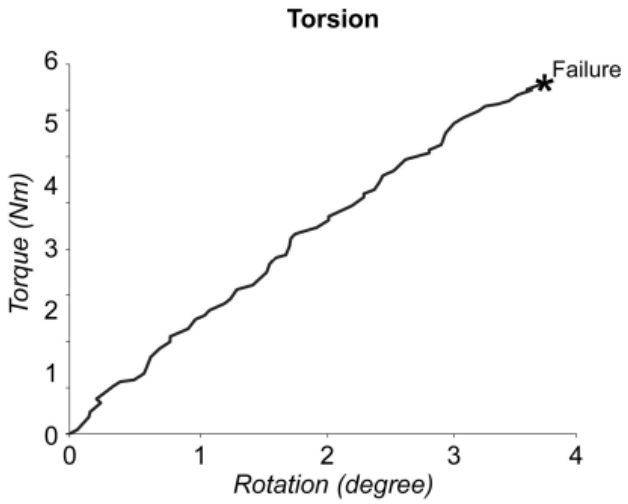
Şekil 4. Tork (Nm)-zaman (s) grafiği



Şekil 5. Desenlere göre tork-açı verileri

4. Sonuçlar

Elde edilen kemik modelinin, dayanıklılığını ve performansını değerlendirmek amacıyla burulma testine tabi tutulmuştur. Bu test, modelinin gerçek kemik dokusuna benzer bir şekilde davranıp davranmadığını belirlemek için önemli bir adımdır. Literatürden elde edilen gerçek kemiğe ait burulma tork ve açı grafiği Şekil 6'da verilmiştir [1]. Burulma testi sonuçları, modelin gerçek kemiğe göre daha yüksek mukavemet sağladığını ve gerçek kemik dokusunun özelliklerini taklit etme yeteneğine sahip olmadığını göstermiştir. Model, burulma kuvvetlerine maruz kaldığında istikrarını koruyarak dayanıklı bir şekilde tepki vermiştir. Bu değerler, modelinin uygun koşullar altında güvenilir sonuçlar verebildiğini fakat gerçek kemiğe göre daha mukavemetli olduğunu göstermiştir. Burulma testi, kemik modelinin tasarımı ve üretim sürecinin doğruluğunu değerlendirmede önemli rol oynamıştır.



Şekil 6. Gerçek metatarsal birinci kemiğin burulma grafiği [1]

Bu çalışma, MIMICS ile kemik modelleme, 3B yazıcı ile baskı alma ve burulma testinin birleşimini sunmaktadır. Bu yöntem, kemik dokusu yeniden yapılanması ve cerrahi uygulamalar için önemli bir araç olabileceğini göstermiştir. 3B baskı teknolojisi sayesinde daha hızlı, daha ekonomik ve kişiselleştirilebilir kemik modelleri üretilebilir. Ayrıca, burulma testi gibi mekanik testler, modellerin dayanıklılığını ve performansını objektif bir şekilde değerlendirmek için kullanılabilir.

Bu yeni yaklaşım, gelecekte kemik dokusu mühendisliği ve cerrahi uygulamalarında daha fazla kullanım potansiyeline sahip olabilir. Ancak, gerçek kemiğin mekanik özelliklerine yaklaşmak için daha fazla çalışma ve doğrulama gerekmektedir. Bu araştırma, 3B baskı ve biyomalzeme teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte, kemik tedavisinde yeni ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine ilham verebilir.

Kaynakça

[1] Danesi V, Cristofolini L, Juszczyk MM, et al. Mechanical Properties of the human metatarsal bones. J Mech Med Biol 2012; 12: 1250062.
[2] Cerri, P.S., Silva, R. F., Rodrigues, G., Cerri, E. S., Simões, M. J. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/421746/
[3] Hart, N.H., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A., Newton, R.U. (2017). Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action.
[4] Dan Wu (2020). 3D-printed PLA/HA composite structures as synthetic trabecular bone. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, Volume 103, March 2020, 103608.
[5] Ye, X., Li, L., Lin, Z., Yang, W., Duan, M., Chen, L., & Zhang, Y. (2018). Integrating 3D-printed PHBV/Calcium sulfate hemihydrate scaffold and chitosan hydrogel for enhanced osteogenic property. Carbohydrate polymers, 202, 106-114.
[6] Alizae, M. M. (2008). An Overview of Bone Cells and their Regulating Factors of Differentiation.
[7] Coşkun Z. Metatarsal bone model production using 3D printing and comparison of material properties with results obtained from CT-based modeling and real bone. IMechE 2023.