



ISSN : 2458-7494
E-ISSN: 2458-7613

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Cilt / Volume: 7

Sayı / Number: 1

Haziran / June 2021

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

e-mail:fbedergi@klu.edu.tr

editor@klu.edu.tr



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Sahibi / Owner

Kırklareli Üniversitesi Rektörlüğü Adına / Owner on Behalf of Kırklareli Rectorship
Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR (Rektör)

Baş Editör / Editor in Chief

Prof. Dr. Erol TÜRKEŞ

Editörler / Editors

Doç. Dr. Alptekin KISASÖZ
Doç. Dr. Mustafa ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN
Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN
Dr. Öğr. Üyesi Soner YELER

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR
Prof. Dr. A. Sabih ATADAN
Prof. Dr. Erol TÜRKEŞ
Prof. Dr. Meryem ÇAMUR
Prof. Dr. Serpil AKÖZCAN
Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN
Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN
Dr. Öğr. Üyesi Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editing Manager

Sedat KEÇELİ

İnternet Adresi / Web Address

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Kırklareli Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
Rektörlük Kültür Merkezi B Blok Merkez/ Kırklareli
e-mail: fbedergi@klu.edu.tr
Tel: 0 (288) 246 15 16
Fax: 0 (288) 246 16 02

Baskı / Publisher

Kırklareli Üniversitesi Matbaası / Kırklareli University Publishing Centre

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın Süreli Yayın / International Periodical

Yılda iki kez yayınlanır: Haziran, Aralık / Twice a year: June, December

Bu sayı 100 adet basılmıştır / This issue published as 100 copies

Basım Tarihi / Publication Date: 30.06.2021



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Danışma Kurulu / Advisory Board

Abdurrahman GÜNER, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul
A. Fevzi BABA, Marmara Üniversitesi, İstanbul
A. Sabih ATADAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Aleksandar GEORGIEV, Sofya Teknik Üniversitesi, Bulgaristan
Asım KURTOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Bilal BALKAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Bülent AKBAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
Bülent ŞENGÖRÜR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Deris STIAWAN, Sriwijaya University, Endonezya
Emrah DOĞAN, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
Erhan BUDAK, Sabancı Üniversitesi, İstanbul
Erol TÜRKEŞ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Fahri VATANSEVER, Uludağ Üniversitesi, Bursa
F.Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
Gökhan GÖKMEN, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Göksel DEMİR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Hasan DEMİR, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
İsmail KIYAK, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Kadir GÜLER, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Kanat Burak BOZDOĞAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale
Kamil KAHVECİ, Trakya Üniversitesi, Edirne
Lambros EKONOMOU, Hellenic American University, Yunanistan
M. Hakan HOCAOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
Meryem ÇAMUR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
M.S. Bhaskar RANJANA, Marathwada Institute of Technology, Hindistan
Murat BOSTANCIOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
Murat KARAHAN, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Mustafa BİRİNCİ, İnönü Üniversitesi, Malatya
Nadide SEÇKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Oğuzhan ERBAŞ, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Osman KILIÇ, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Osman Nuri UÇAN, İstanbul Kemerburgaz Üniversitesi, İstanbul
Özlem AYTEKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Ramazan ÇAĞLAR, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Sarp ERTÜRK, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
Serpil AKÖZCAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Sezai TAŞKIN, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
Veselina Nedeva, Trakia Üniversitesi, Bulgaristan
Yılmaz ÇAN, Trakya Üniversitesi, Edirne
Youcef Soufi, University of Tébessa, Cezayir
Yunus BİÇEN, Düzce Üniversitesi, Düzce
Yüksel OĞUZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
Zafer AĞDELEN, Girne Amerikan Üniversitesi, KKTC
Witold Charatonik, University of Wroclaw, Polonya



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

İçindekiler / Contents

Sinan BOZKURT, Kadir KILINÇ; YATAY DERZ DONATISIYLA GÜÇLENDİRİLMİŞ HARMAN TUĞLASI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ <i>(Araştırma)</i>	1-20
Ercüment Şakir GÜREL, Armağan ALTINIŞIK, FARUK YILMAZ; ARTIFICIAL AGING COMPARISON BETWEEN HIGH SOLID AND THREE LAYER PAINT SYSTEM <i>(Araştırma)</i>	21-33
Hatice UÇAR; BALIKESİR'DE ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİ MÜSTAKİL KONUT ÖRNEĞİ İBRAHİM CUMALI EVİ'NİN MİMARİ ÖZELLİKLERİ <i>(Araştırma)</i>	34-56
Ebru EFEOĞLU, Gürkan TUNA; RADYOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ VE SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARI KULLANILARAK OMUZ PROTEZLERİNİN ÜRETİCİLERİNİN BELİRLENMESİ <i>(Araştırma)</i>	57-73
Mehmet Taciddin AKÇAY; METRO HATLARINDAKİ RAY GERİLİMİNİ EN 50122 STANDARDINA UYGUN OLARAK SINIRLANDIRILMADA KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI <i>(Araştırma)</i>	74-93
Hüseyin ÖZEL, Pınar CİHAN, H. Kurtuluş ÖZCAN, Serdar AYDIN, Asu HANEDAR; HAVA KİRLETİCİ PARAMETRELERİNİN HAVA KALİTESİ İNDEKSİNE UZUN ZAMANLI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: ÇERKEZKÖY ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÖRNEĞİ <i>(Araştırma)</i>	94-106
Hatice ŞANLIDERE AĞAOĞLU; TEFF (Eragrostic tef) UNUNUN EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN ÜRETİME ETKİSİ <i>(Araştırma)</i>	107-121
İsmail KILIÇ; HORASAN HARCINDA YUMURTA AKI KULLANIMININ İNCELENMESİ <i>(Araştırma)</i>	122-134
Seda KUĞU, Ramazan KÖSE; ISI DEĞİŞTİRİCİ ÜRETİM HATTINDA DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASININ ETKİLERİ <i>(Araştırma)</i>	135-146
Buse DAĞÇI İSMAİLLER, Fatma KURŞUN BAYSAK, Cemile ÖZCAN; DETERMINATION OF TITANIUM IN ZINC ASH BY FAAS AFTER DIGESTED USING ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION <i>(Araştırma)</i>	147-154
Ayşegül SEVİNDİK, Remziye Nur GÜLTEKİN, Harun URAN; ALTIN TAHİL: KİNOA <i>(Derleme)</i>	155-165
Mümin Mehmet KOÇ; A GLIMPS TO THE MODERN OPTICIANRY TECHNIQUES <i>(Teknik Not)</i>	166-186

YATAY DERZ DONATISIYLA GÜÇLENDİRİLMİŞ HARMAN TUĞLASI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sinan BOZKURT^{1*}  ve Kadir KILINÇ² 

^{1,2} Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Öz

Çalışmada, yatay derz donatısı kullanılarak duvarların basınç ve eğilme etkisine karşı direnci artırılmaya çalışılmıştır. Duvar elemanı olarak dolu harman tuğlası seçilmiştir. Dolu harman tuğlası seçilmesinin temel sebebi tarihi yapılar da sıkça kullanılmış olmasıdır. Çalışmada 3 farklı seri, laboratuvar ortamında üretilmiştir. 1. seride; herhangi bir güçlendirme gerçekleştirilmemiş şahit numuneler, 2. seride; CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) kumaş ile güçlendirilmiş numuneler, 3. seride ise yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numuneler yer almaktadır. Numunelere basınç deneyi ve 3-noktalı eğilme deneyi uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, yatay derz donatısının basınç dayanımına kayda değer bir etkisi olmamıştır ancak eğilme dayanımında önemli bir artış sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yatay derz donatısı, CFRP, Harman tuğla, Güçlendirme, Restorasyon

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE BRICK ELEMENTS REINFORCED WITH HORIZONTAL JOINT REINFORCEMENT

Abstract

In the study, it has been tried to increase the resistance of the walls against pressure and bending effects by using horizontal joint reinforcement. Standard solid brick was chosen as a wall element. The main reason for choosing standard solid brick is that it has been used frequently in historical masonry buildings. In the study, 3 different series were produced in the laboratory environment. In the 1st series; reference samples with no reinforcement, in the 2nd series; samples reinforced with CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) fabric, in the 3rd series; samples reinforced with horizontal joint reinforcement. Pressure test and 3-point bending test were applied to the samples. When the results are examined, although the effect of horizontal joint reinforcement on pressure strength was not much, it provided a significant increase in bending strength.

Key Words: Horizontal joint reinforcement, CFRP, Standard solid brick, Strengthening, Restoration

Sorumlu Yazar: Sinan BOZKURT, insmuhsinanbozkurt@hotmail.com

1. Giriş

19. yüzyıla kadar en çok kullanılan yapı sınıfı yığma yapılar olmuştur [1]. 19. yy'dan itibaren betonarme sistemlerin ve çelik yapı sistemlerinin geliştirilmesiyle yapıların depreme dayanıklılığı artmıştır. Günümüzde, ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun %51'i yığma yapılardan oluşmaktadır [2]. Ahunbay [3], yığma yapılarda oluşan hasarların sebeplerini dört ana başlık altında toplamıştır. Bunlar; fizyolojik sebepler, biyolojik ve kimyasal sebepler, doğal afetlerin sebep olduğu hasarlar ve insanların sebep olduğu hasarlardır. Fizyolojik sebeplerin başında zeminin niteliği gelmektedir. Yapı tasarlanırken zemin analizinin teknik imkânsızlıklardan dolayı yapılamaması, zeminin jeolojik değişimler geçirmesiyle dayanımın azalması yapıya ağır hasar verebilecek en büyük etkenlerdir [4]. Yapının zemine eğik oturması, iklimsel şartlar, donma-çözünme ve yüksek ısı farklılıkları sonucu oluşan mekanik deformasyonlar da diğer fizyolojik sebeplerdir [3], [4], [5]. Biyolojik ve kimyasal sebepler bağlamında başlıca biyolojik hasar sebebinin bitkiler olduğu belirtilebilir. Rüzgar ya da hayvanlar tarafından taşınan tohumların yapı duvarları üzerinde filizlenmesi ve filizlenen bitki köklerinin duvar içinde gelişmesi sonucu yığma yapılar zarar görmektedir. Bitkilerin dışında kuş ve böceklerin duvarlara yuva yapması sonucu malzeme kaybına neden olabilmektedir. Nemli ortamlarda oluşan küf, mantar gibi mikroorganizmalar yapıya ciddi hasarlar verebilmektedir. Kimyasal hasarlar özellikle sanayi bölgesine yakın yapılarda gözlenmektedir. Sanayi bölgesinden havaya karışan kimyasallar yağmur suyuyla taşınarak yapı yüzeyinde aşınmalara sebebiyet vermektedir. [3], [5], [6], [7]. Doğal afetlerin sebep olduğu hasarlar, deprem, çığ, volkanik patlama, tsunami, toprak kayması, yangın, sel gibi ani yıkıcı etkiye sahip olan doğa olaylarıdır [3], [5], [7]. İnsanların sebep olduğu hasarlarda birincil nedenin, yapının tasarlanması ve tatbik edilmesi sırasında yapılan hatalar olduğu vurgulanabilir. Tasarım yapılırken koşullara uygun malzeme seçilmemesi, yapım sırasında işçiliğin iyi olmaması yapının kullanım ömrüne etkileyen hatalardır [3], [5], [8]. Tasarım yükünün üstünde yük bindirilmesi, mahallerin tasarlanan işlevlerinin dışında kullanılması, yapı karakterine uygun olmayan tadilatlar da insanların sebep olduğu hasarlardandır [3], [5], [9], [10]. Dolgu duvarlarda oluşan hasarlar, dört başlık altında toplanabilir. Bu hasar tipleri yatay derz kayması, çapraz çatlama, köşe kırılması, düzlem dışı kırılma olarak belirtilmektedir [11]. Yatay derz kayması, dolgu duvar bloklarının yapımında kullanılan harcın, dolgu duvar elmanlarından zayıf olması durumunda meydana gelir. İlerleyen

aşamalarda kolon ve kirişlerde kesme ve eğilme momentleri artar. Çerçeve sistemde meydana gelen birim değiştirme miktarı, dolgu duvarda meydana gelen birim yer değiştirme miktarından fazla olduğunda çapraz çatlamlar oluşur. Bu çatlaklar dolgu duvarın merkezinden başlarayarak yük arttıkça köşegenlere doğru uzanır. Köşe kırılması hasar durumunda ise çerçeve sistemde oluşan gerilmelerin dolgu duvar köşelerinin birinde daha yüksek değere çıkması sonucu oluşur. Gerilmenin şiddeti arttıkça çatlak başladığı köşeden merkeze doğru ilerlerler. Düzlem dışı kırılmalarda, dolgu duvar düzlemine etki eden dik kuvvetlerin kesme ve moment oluşturmaları sonucu dolgu duvar düzlem dışına sehim yapmaya zorlanır. Bu zorlanma duvar dayanımının üstüne çıktığında düzlem dışı kırılmalar oluşur. Bu hasar tipinde çatlaklar düşey ve diyagonal olabilmektedir [12]. Bu çalışmayla, yapılarda sıkça kullanılan dolu harman tuğlasının mekanik özellikleri çeşitli malzemelerle iyileştirilmeye çalışılmıştır. Buna göre; yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş dolu harman tuğlası numunelerinin ve CFRP kumaş uygulanmış olan dolu harman tuğlası numunelerinin düşey yükleme altındaki eğilme ve basınç gerilmelerine karşı, dayanımlarındaki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Standart harçla oluşturulmuş ve herhangi bir güçlendirmeye tabi tutulmamış numuneler şahit numuneleri olarak değerlendirilmiştir. Numuneler oluşturulurken iki dolu harman tuğlası arasına harç malzemesi 12 mm olacak şekilde uygulanmıştır. Deney sonucu elde edilen eğilme ve basınç dayanımlarındaki değişimlerle ilgili veriler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yatay Derz Donatısı

Yatay derz donatısı kullanımının amacı, kesme ve çekme gerilmelerine maruz kalındığında duvarın daha iyi bir performans sergilemesini sağlamaktır [13]. Yatay derz donatısı, yapısal performansı iyileştirmek için kolay bir çözüm olarak belirtilebilir. Yatay derz donatısı çeşitli kalınlıktaki harç katmanlarına kolaylıkla uygulanabilmektedir [14]. Çeşitli tipte yatay derz donatısı üretimi yapılmaktadır. Makas tip, merdiven tip, ızgara tip ve şerit tip yatay derz donatısı çeşitleri bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan Murfor® marka şerit tip yatay derz donatısı (Bkz: Şekil 1), 7 çelik kord telleri ve iç içe geçmiş fiberglas cam fitillerin örülmesinden oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısının tatbiki.

Şekil 2’de çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısına ait teknik bilgiler verilmiştir.

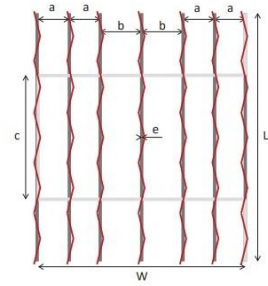
Teknik Özellikleri

Çelik kesiti		
Boylamasına kord	mm ²	0.69
Toplam	mm ²	4.83
Karakteristik		
Akma dayanımı	Mpa	1770
Young modülü	Gpa	180
Gerilme-Agt	%	2.2
Kaplama referansı		
EN843-3	R 20	

Boyutlar

Genişlik	mm	w	50
Aralık _{kısa yönde}	mm	a	7.5
Aralık _{uzun yönde}	mm	b	10
Basamak	mm	c	33
Kalınlık	mm	e	1.75
Uzunluk	m	L	30
Ağırlık	kg/rulo		1.40

Geometri

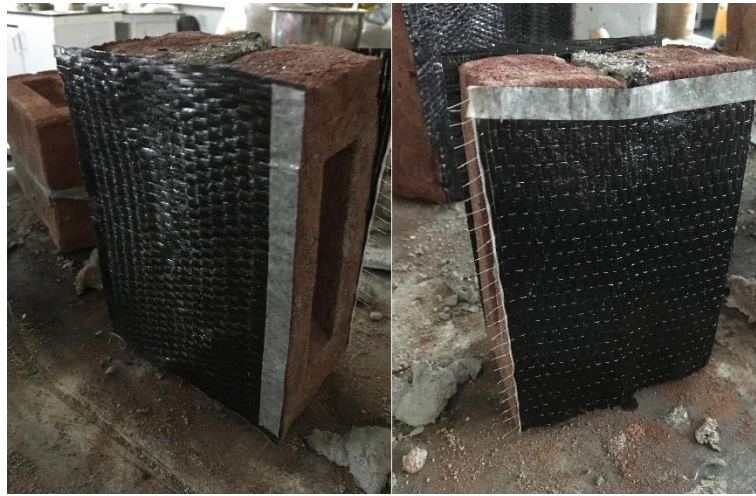


Şekil 2. Çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısına ait teknik bilgiler [15].

Yatay derz donatısı ile ilgili yapılmış çalışmalarda: Ateş tuğlasından müteşekkil duvarlarda yatay derz donatısı kullanılmış lento altlarında, çatlak gerilme dayanımının %19 arttığı [16], yatay derz donatısı kullanılan duvar bloklarının standart donatısız duvar bloklarına göre daha yüksek kesme gerilme dayanımı gösterdiği [17], yatay derz donatısı kullanılan pencere ve kapı boşluklu duvarların köşelerinde daha az çatlak oluştuğu [18], pencere boşluklarında lento yerine yatay derz donatısı kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde, yatay derz donatısının betonarme lentodan daha yüksek dayanım değerlerine ulaştığı [13], yatay derz donatılı dolgu duvarların mukavemetinde belirgin bir artış olduğu, dolgu duvarlarda sünekliliği iyileştirdiği, çerçeve sistemin dayanımına katkı sağladığı ve aldığı hasarı azalttığı [14] tespit edilmiştir.

2.2. CFRP Kumaş

Lifli polimer kompozitler (FRP), ilk olarak savunma sanayisinde ve uçak mühendisliği alanında kullanılmıştır. Günümüzde FRP kompozit malzemeler, yapı güçlendirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri; her ebat ve şekilde kesilerek kullanılabilmesi, yapının dayanım değerlerini olumsuz yönde etkilememeleri, hafif olması sebebiyle yapıya fazladan yük oluşturmamaları, çevresel faktörlere karşı dayanıklı olup yapıyı da çevresel faktörlere karşı koruması, çekme dayanımının yüksek olması, uygulanabilirliğinin kolay olmasıdır [19]. FRP malzemeler genel olarak plaka ve dokuma şeklinde üretilmektedir. Plakalar çeşitli ebatlarda üretilebilmektedir. Dokuma FRP çeşitleri liflerin tek yönlü ya da çift yönlü dokunması şeklinde imal edilir. Çalışmada, katalog değerleri; 300 gr/m², nominal kalınlığı 0,17 mm, çekme dayanımı 4.900 MPa, elastisite modülü 230.000 MPa, uzama %2,1 olan tek yönlü CFRP kumaş kullanılmıştır (Bkz: Şekil 3).



Şekil 3. Çalışmada kullanılan tek yönlü CFRP kumaş

CFRP ile ilgili inşaat alanında yapılmış çalışmalarda: CFRP ile güçlendirilen bölme duvarların, çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitelerini ve rijitliklerini arttırdığı [20], CFRP ile güçlendirilmiş kirişlerin kesme dayanımının arttığı [21], FRP ile güçlendirilmiş betonarme kirişlerin yük taşıma kapasitelerinde büyük artış olduğu [22], CFRP kullanılan kısa kolonlardaki kesme göçme dayanımının arttığı [23] tespit edilmiştir.

2.3. Dolu Harman Tuğlası

TS EN 771-1+A1’de tuğla; “Kil veya diğer killi topraktan, kum veya diğer toz katkı maddesi ilâve edilerek veya edilmeden seramik bağ elde etmeye yeterli yüksek sıcaklıkta pişirilmek suretiyle elde edilen kâgir birim” olarak tanımlanmıştır. Delikli harman tuğlası ve dolu harman tuğlası olmak üzere 2 tip harman tuğlası bulunmaktadır. Dolu harman tuğlası, ortasında harç cebi olacak şekilde üretilmektedir. Harç cebi 10 mm’den derin, kenarlara uzaklığı 20 mm’den fazla olamaz [24]. Çalışmada, TS EN 771-1+A1 standartına uygun olarak 180x85x50 ebatında 48 adet dolu harman tuğlası (Bkz: Şekil 4) kullanılmıştır.

Tablo 1. Harman tuğlası standartları (TS EN 771-1+A1)

Boyutlar		Toleranslar
Uzunluk (b)	190	+ 6
		- 13
Genişlik (a)	90	+ 4
		- 5
Yükseklik (h)	50	+ 3
		- 2



Şekil 4. Çalışmada kullanılan dolu harman tuğlası

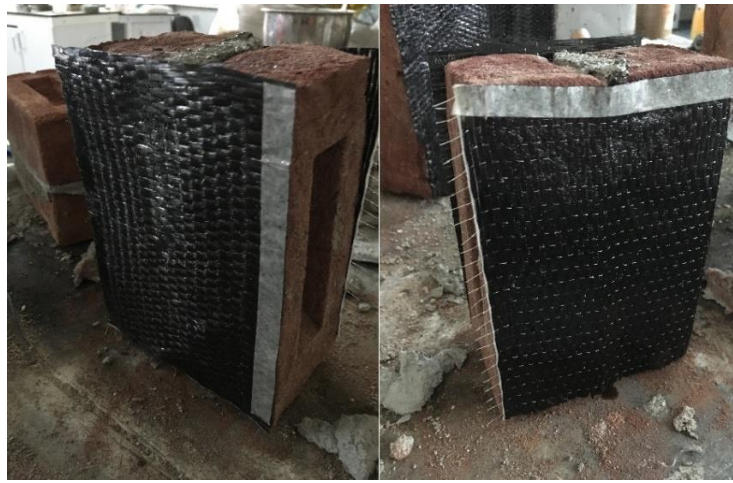
3. Deneysel Çalışmalar

3.1. Numunelerin Hazırlanması

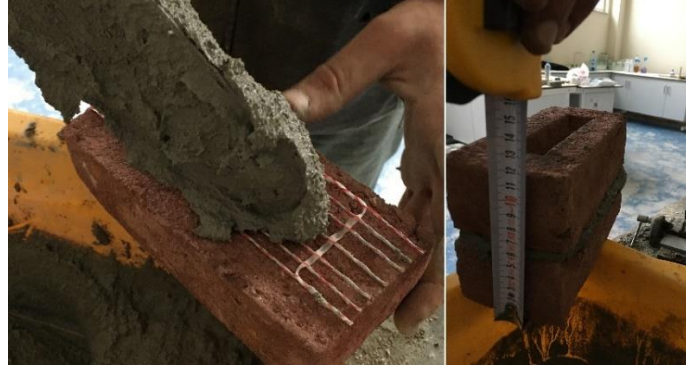
Bu çalışmada 24 adet numune oluşturulmuştur. Oluşturulan numunelerin 8 adeti herhangi bir güçlendirme uygulanmamış standart harçla birleştirilmiş şahit grubu numuneler (Bkz: Şekil 5), 8 adeti tek yönlü CFRP kumaşla güçlendirilmiş numuneler (Bkz: Şekil 6), 8 adetiye şerit tip yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerdir (Bkz: Şekil 7). Tablo 2’de çalışmada kullanılan serilere ait numune kodları verilmiştir.



Şekil 5. Şahit grubu numune



Şekil 6. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numune



Şekil 7. Yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numune

Oluşturulan numuneler 28 gün boyunca kullanılan harcın dayanımını kazanması için bekletilmiştir. Epoksi bazlı reçinenin dayanımını kazanması için tavsiye edilen süre 7 gün olduğundan 21. günde, tek yönlü CFRP kumaş parçaları uygun ebatlarda kesilerek epoksi bazlı reçine ile 8 adet numunenin yan yüzeylerine yapıştırılmıştır. Tek yönlü CFRP kumaş parçaları numunenin bir yüzüne kuvvet yönüne dik diğer yüzeyine ise kuvvet yönüne paralel olarak tatbik edilmiştir. Deneyde kullanılan harç malzemesinden 40x40x160 mm ebatlarında numuneler alınmış alınan numuneler 1 gün prizini alması için bekletildikten sonra kür havuzunda bekletilmiştir. Yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numuneler oluşturulurken iki dolu harman tuğlası arasına önce şerit tip yatay derz donatısı uygun ebatlarda kesilerek yerleştirilmiş ardından yatay derz donatısının üzerine harç malzemesi uygulanmıştır. Tüm serilerde harç malzemesi 12 mm olacak şekilde uygulanmıştır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan serilere ait numune kodları

Numune Grupları	Şahit	CFRP	Murfor® Yatay derz donatısı	Harç
Basınç Deneyi Numuneleri	ŞAHB01	CFRPB01	MURB01	HB01
	ŞAHB02	CFRPB02	MURB02	HB02
	ŞAHB03	CFRPB03	MURB03	HB03
	ŞAHB04	CFRPB04	MURB04	HB04
3-Noktalı Eğilme Deneyi Numuneleri	ŞAH301	CFRP301	MUR301	H301
	ŞAH302	CFRP302	MUR302	H302
	ŞAH303	CFRP303	MUR303	H303
	ŞAH304	CFRP304	MUR304	H304

3.2. Harç Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Kür havuzundan çıkarılan 40x40x160 mm ebatlarındaki harç numunelerin gerekli temizleme ve kurulama işlemleri yapılmıştır. Numuneler TS EN 12390-5 [25] standartlarında belirtildiği gibi 3-noktalı eğilme deneyi TS EN 772-1+A1(2015) [26] standartlarına göre basınç deneyi gerçekleştirilmiştir (Bkz: Şekil 8). Tablo 3’de deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 8. Harç numunelerin basınç ve 3- nokta eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 3. Harç numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanımı, f_{cf} (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
H301	3,74	18,53
H302	3,42	18,33
H303	4,12	21,22
H304	4,07	19,59
Ortalama	3,84	19,42

3.3. Şahit Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Üretilen şahit numunelerin 4’ü basınç deneyine diğer 4’ü ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur (Bkz: Şekil 9-10). Deney sonuçları Tablo 4’de sunulmuştur. Şahit, CFRP ile güçlendirilmiş ve yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş tüm numunelerin basınç deneyi TS EN

772-1+A1(2015) [26] standartına göre 3- noktalı eğilme deneyi ise ASTM C67 [27] standartına göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Şahit numunenin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 10. Şahit numunenin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 4. Şahit numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

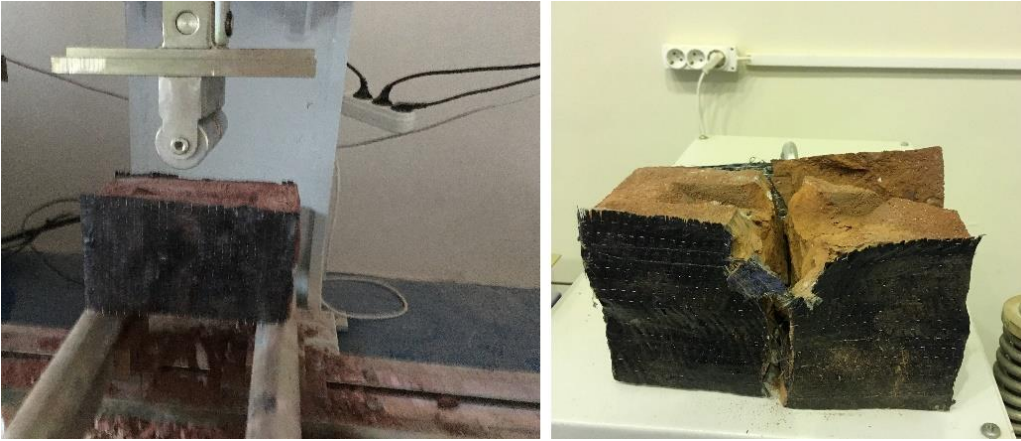
Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
ŞAHB01	3,58	7,56
ŞAHB02	2,74	8,18
ŞAHB03	3,77	7,35
ŞAHB04	3,49	7,96

3.4. CFRP Kumaş ile Güçlendirilmiş Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Üretilen CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin 4'ü basınç deneyine diğer 4'ü ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur (Bkz: Şekil 11-12). Deney sonuçları Tablo 5'te görülmektedir.



Şekil 11. CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 12. CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 5. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
CFRPB01	5,24	11,41
CFRPB02	6,31	6,79
CFRPB03	5,90	9,40
CFRPB04	5,60	9,63

3.5. Murfor® Yatay Derz Donatısı ile Güçlendirilmiş Numunelerde Basınç ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Oluşturulan Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin 4 adeti basınç deneyine 4 adeti ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuş (Bkz: Şekil 13-14) ve yapılan ölçümler sonucu Tablo 6 oluşturulmuştur.



Şekil 13. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 14. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 6. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
MURB01	5,34	7,97
MURB02	4,95	7,80
MURB03	4,56	8,43
MURB04	5,16	8,25

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

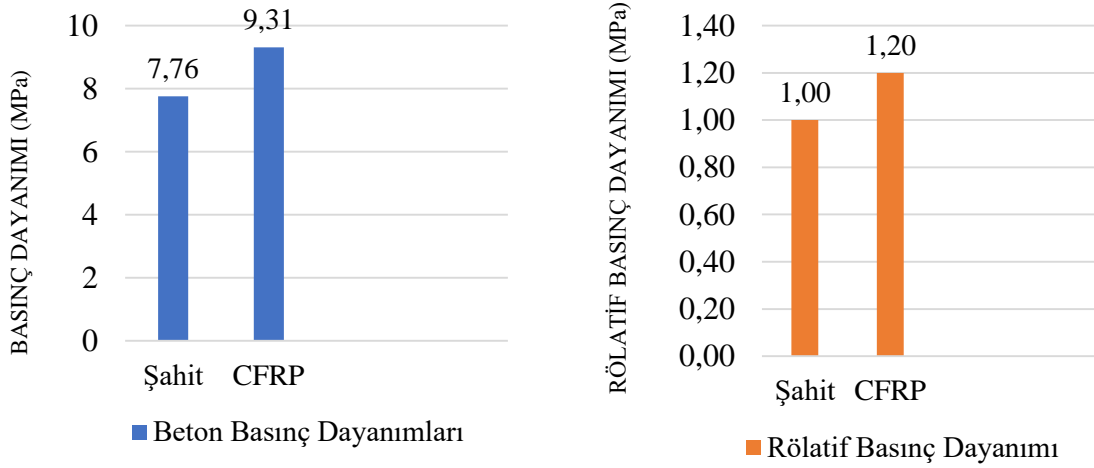
4.1. Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Basınç deneyine tabi tutulan numunelerin basınç dayanım değerleri ve ortalama basınç dayanım sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur. Basınç dayanım sonuçları irdelenecek olursa en yüksek ortalama basınç dayanımı CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde gözlenmiştir. Hem CFRP kumaş ile güçlendirilmiş hem de Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama basınç dayanımı şahit numunelerin ortalama basınç değerinden yüksek çıkmıştır. Tablo 7 incelendiğinde, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerle şahit numunelerin ortalama basınç değerleri karşılaştırıldığında CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin ortalama %20 daha fazla dayanım gösterdiği görülmektedir (Bkz: Şekil 15).

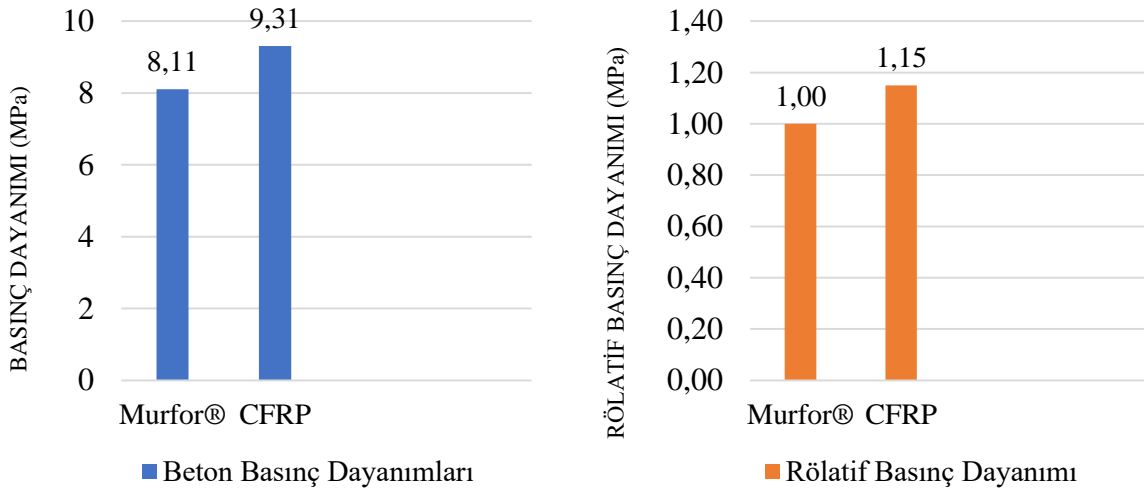
Tablo 7. Numunelerin basınç dayanım değerleri

Numune	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama
ŞAHB01	7,56	7,76
ŞAHB02	8,18	
ŞAHB03	7,35	
ŞAHB04	7,96	
CFRPB01	11,41	9,31
CFRPB02	6,79	
CFRPB03	9,40	
CFRPB04	9,63	
MURB01	7,97	8,11
MURB02	7,80	
MURB03	8,43	
MURB04	8,25	

Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerle CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numuneler karşılaştırıldığında, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ortalama basınç dayanımının Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerden %15 daha fazla olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 16). Harman tuğlasıyla oluşturulmuş numunelerde CFRP kumaş, yanal şekil değiştirmeleri önleyerek numunelerin daha fazla basınç yükünü taşıyabilmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 15. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ve şahit numunelerin basınç dayanım değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 16. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin ve CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin basınç dayanım değerlerinin karşılaştırılması

4.2. 3-Noktalı Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

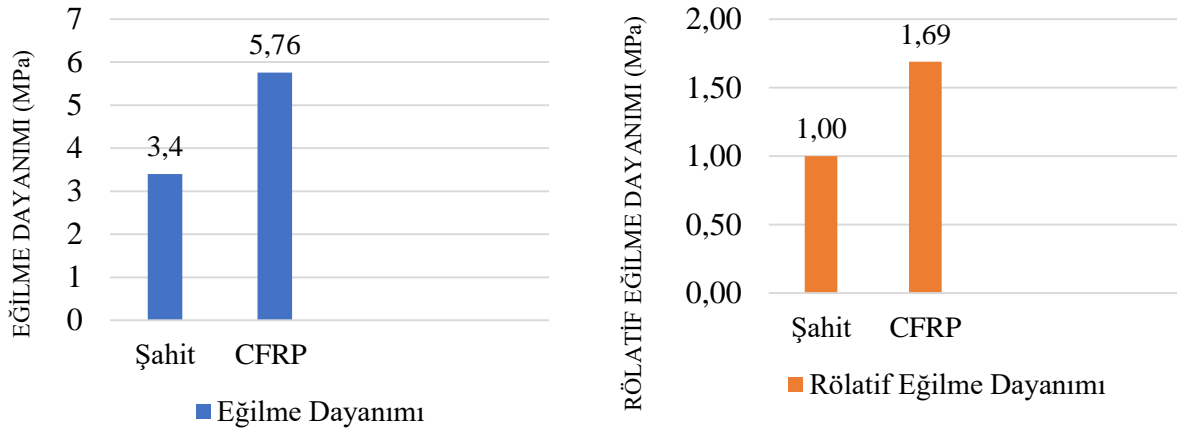
3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulan numunelerin eğilme dayanımı değerleri ve ortalama eğilme dayanımı değerleri Tablo 8’de sunulmuştur. Sonuç olarak; hem CFRP kumaş ile güçlendirilmiş hem de Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımının şahit numunelerdeki ortalama eğilme dayanımına göre daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. CFRP

kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımı ile Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımı birbirine yakın çıkmıştır.

Tablo 8. Eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

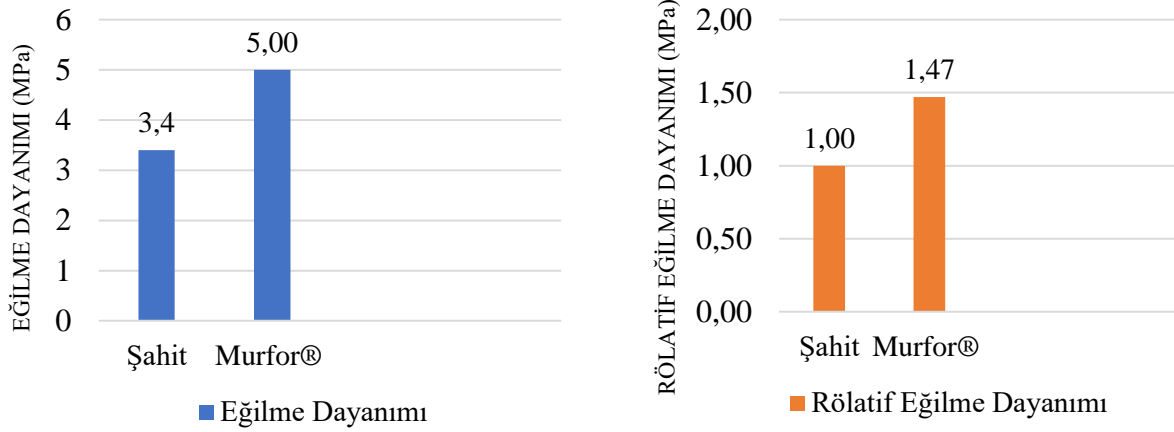
Numune	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ortalama
ŞAH301	3,58	3,40
ŞAH302	2,74	
ŞAH303	3,77	
ŞAH304	3,49	
CFRP301	5,24	5,76
CFRP302	6,31	
CFRP303	5,90	
CFRP304	5,60	
MUR301	5,34	5,00
MUR302	4,95	
MUR303	4,56	
MUR304	5,16	

Tablo 8 incelendiğinde, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerle şahit numunelerin ortalama eğilme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin ortalama %69 daha fazla dayanım gösterdiği görülmektedir (Bkz: Şekil 17).



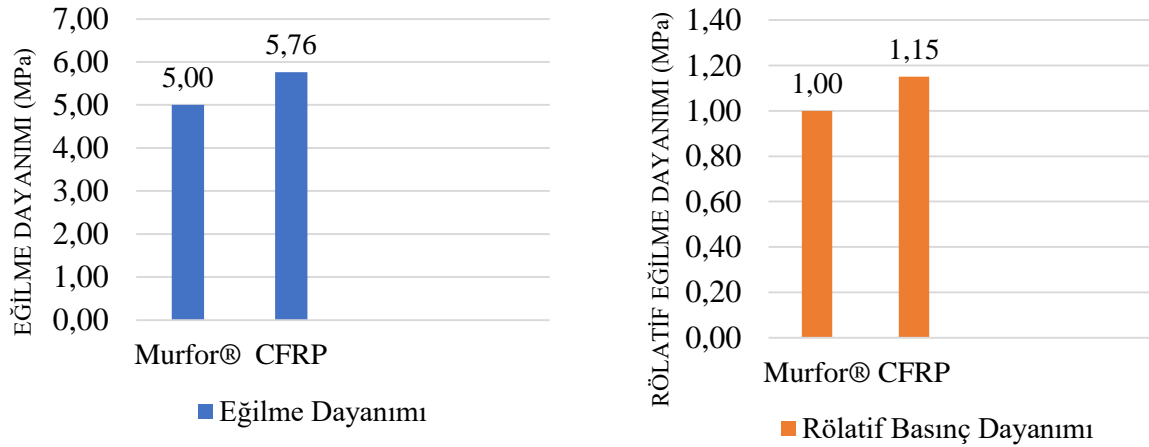
Şekil 17. Şahit numunelerde ve CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 8 incelendiğinde, Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımının, şahit numunelerdeki ortalama eğilme dayanımına oranla %47 daha yüksek olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 18).



Şekil 18. Şahit numunelerde ve Murfor® ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 8'deki değerler göz önünde bulundurulduğunda, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ortalama eğilme dayanımının Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin ortalama eğilme dayanımına oranla %15 daha yüksek olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 19). Eğilme dayanımı açısından CFRP kumaş, Murfor® yatay derz donatısına göre daha yüksek bir performans göstermiştir.



Şekil 19. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde ve Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışma kapsamında toplam 24 adet numune üretilmiştir. Üretilen numunelerin 12'si basınç deneyi, diğer 12'si ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Tek yönlü çalışan CFRP kumaşla güçlendirilmiş dolu harman tuğlası numunelerinin, hem basınç hem de eğilme dayanımlarında ciddi bir artış gerçekleşmiştir.
- Tek yönlü çalışan CFRP kumaş, numunelerin iki yan yüzeyine farklı doğrultuda çalışacak şekilde yapıştırılmış, hem basınç deneyinde hem de 3-noktalı eğilme deneyinde kuvvet yönüne paralel doğrultudaki yüzeyde deformasyonlar oluşmuştur. Kuvvet yönüne dik olarak yerleştirilmiş yüzeylerde ise CFRP kumaşta hasar oluşmamıştır. CFRP kumaşla güçlendirilmek istenen yapı elemanlarının kuvvet yönüne dik olarak yerleştirilmesinin son derece önemli olduğu anlaşılmıştır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin basınç dayanımında ciddi bir artış olmamıştır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin, basınç deneyindeki kırılma tiplerinin çok benzer olması değerlendirildiğinde, dolu harman tuğlası eniyle yatay derz donatısı eninin eşit olması durumunda dayanımın artıp artmayacağı araştırılmalıdır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin eğilme dayanımında ciddi bir artış gerçekleşmiştir.
- Yapımında dolu harman tuğlası numuneleri kullanılmış olan tarihi eserlerin restorasyon ve güçlendirmelerinde harç içinde kalarak görsel estetiği bozmaması nedeniyle Murfor® yatay derz donatısı kullanılabileceği önerilebilir.
- Murfor® yatay derz donatısının güçlendirmedeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gerçek boyutlarda duvar elemanlarıyla daha spesifik test cihazlarıyla çalışılması gerekmektedir.
- Murfor® yatay derz donatısının, konutlarda sıklıkla kullanılan delikli tuğla, gaz beton gibi duvar elemanlarıyla da test edilmesi önerilmektedir.
- Murfor® yatay derz donatısının lento ve hatıl yerine kullanılabilmeleri hakkında çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.
- Farklı tipteki yatay derz donatılarının etkinliğinin ölçülebilmesi için çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.

- Yığma yapılarda en sık görülen hasar tipi olan oturma çatlakları için yatay derz donatısı kullanımı önerilmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Bu makaledeki tüm deneysel çalışma sonuçları ve değerlendirmeler, danışmanlığını Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ'ın yaptığı Sinan BOZKURT tarafından tamamlanmış olan yüksek lisans tez çalışmasında yer almaktadır. Laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Murat MUMCUOĞLU'na teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] Bayraktar, A., Tarihi Yapıların Analitik İncelemesi ve Sismik Güçlendirme Teknikleri., İstanbul: Beta Basım Yayım, 2006
- [2] TC. Başbakanlık DİE, Bina Sayımı 2000, Ankara, S 236-238, 2001
- [3] Ahunbay, Z., Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon., İstanbul: Yem Yayın, S 38-58, 1996
- [4] Karakuş, F., Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Sorunlar ve Çözüm Yolları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012
- [4] Zakar, L., Eyüpgiller, K., K., Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri., İstanbul: Yem Yayınları, 2015
- [5] Kuban, D., Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu., İstanbul: Yem Yayınları, 2000
- [6] Orbaşlı, A., Architectural Conservation: Principle and Practise., Oxford: Blackwell Publishing Company, 2008
- [7] Mahrabel, H. A., Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
- [8] Boussalh M., Mustapha J., Hubert G. ve Sébastien M., Conservation Manual For Earth Architecture Heritage in the pre-Saharan valleys of Morocco., CERKAS and CRATerre-EAG, with the financial help of UNESCO World Heritage Centre, Fransa, 2005
- [9] Madran, E., Cumhuriyet Öncesi Koruma Etkinliklerine Genel Bir Bakış., ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, C 16 (1-2), S 59-97, 1996



[10] Kanit, R., Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik ve Deneysel Değerlendirilmesi., Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, C 22(2), S 441-449, 2007

[11] Toker, A., Betonarme Bir Yapıda Dolgu Duvar Etkisinin Doğrusal Olmayan Dinamik Hesap Yöntemiyle İncelenmesi., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007

[12] Rezende, F., Mohamad, G., Rizzatti, E., Kirchhof, L.D. & Bavastri, E.,Y.,N., Experimental Analysis of Mechanical Behavior of Lintels with Murfor® Reinforcement in Structural Masonry., Journal of Civil Engineering and Architecture, C 8(5), S 573-580, 2014

[13] Penna A., Calvi G.M., Bolognini D., Design of masonry structures with bed joint reinforcement., Intl. Seminar "Paredes de Alvenaria. Inovação e possibilidades actuais" 15 novembre 2007, LNEC Lisbona, 2007

[14] Bakeart, Murfor® Compact I-50 Rulo Halinde Duvar Güçlendirme Ürünü Bilgi Föyü, <https://www.bekaert.com/en/product-catalog/content/dop/murfor-compact-technical-documents>, Erişim Tarihi: 07.03.2021

[15] Łukasz, D., Study of impact of bed joint reinforcement on load-carrying capacity and crack resistance of masonry walls made of calcium silicate units. Journal of Building Engineering, Silesian University of Technology, Department of Building Structures; Ul. Akademicka 5, S 44-100, 2020

[16] Jasinski, R., Research on the Influence of Bed Joint Reinforcement on Strength and Deformability of Masonry Shear Walls., Materials, C 12 (2543), S 1-28, 2019

[17] Jasinski, R., Research of Behaviour of Bed Joints Reinforced Masonry Walls with Openings Made of Autoclaved Aerated Concrete under Horizontal Shearing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 603, 022102, 2019

[18] Peker, Ö., Düşük Dayanımlı Betonarme Elemanların CFRP ile Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005

[19] Fukuyama, K., Higashibata, Y., Miyauchi, Y. Studies on Repair and Strengthening Methods of Damaged Reinforced Concrete Columns. Cement and Concrete Composites. C 22(1), S 81-88, 2000

[20] Ökten, M.S., Lifli Çimento Esaslı Kompozitlerle Güçlendirilmiş Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Deneysel İncelenmesi., Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013



[21] Ibrahim, A.M. ve Mahmood, M.S., Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Beams Strengthened with FRP Laminates, European Journal of Scientific Research, C 30(4), S 526-541, 2009

[22] Çetinkaya, N., Kaplan, H. ve Şenel, M.Ş., Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (Frp) Malzemeler Kullanılarak Onarım ve Güçlendirilmesi., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, C 10(3), S 291-298, 2004

[23] TS EN 771-1+ A1, Kâgir Birimler- Özellikler -Bölüm 1: Kil Kâgir Birimler (Tuğlalar), 2015

[24] TS EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, 2019

[25] TS EN 772-1+A1, Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini, 2015

[26] ASTM C67, Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile, 2017

ARTIFICIAL AGING COMPARISON BETWEEN HIGH SOLID AND THREE LAYER PAINT SYSTEM

Ercüment Şakir GÜREL^{1*}, Armağan ALTINIŞIK¹, Faruk YILMAZ¹

¹Tofaş, Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., Turkey, Bursa,

Abstract

Due to the usage of the conversional high solid topcoat paint cycle and three-layer paint cycle system on vehicle body high bake aesthetical painting process, there is so much controversial opinion on last decade about aging performance of these two-painting system. Generally, vehicle manufacturers prefer three-layer aesthetical paint cycle on vehicle body. This cycle is formed as respectively primer layer, coloured basecoat layer and transparent clearcoat layer.

High solid systems are generally applied by vehicle manufacturers to obtain value optimization when compared with three-layer paint system. On the other hand, UV and atmospheric aging resistance is not competitive as three-layer paint system. This is the main focussing point of manufacturers choice.

In this study, these two paint systems artificial aging resistance (SAE J2527-2500 kj) compared. In order to understand situation in numeric system, the gloss and colour values were measured. In this comparison, solid white colour was chosen due to its easiness to obtain for both paint cycle system and being pure colour.

At the end of study it was seen that until 60 % percent of test, colour & gloss properties behave not durable and there are main changings as colour and gloss values.

Keywords: Primer, Basecoat, Clearcoat, Artificial Aging

Corresponding author: Ercüment Şakir GÜREL, ercument.gürel@tofas.com.tr

YÜKSEK KATI ORANLI SONKAT VE ÜÇ KATMANLI DÖNGÜ SİSTEMLERİ ARASINDA HIZLANDIRILMIŞ YAŞLANDIRMA DAYANIMI KARŞILAŞTIRILMASI

Öz

Yüksek fırınlamalı olarak kullanılan yüksek katı oranlı Topcoat ve üç katmanlı döngü estetik boya uygulama proseslerinin yaşlanma performansları arasında son 10 yılda birçok karşıt görüş oluşmuştur. Genelde otomobil üreticileri üç katmanlı boya döngüsünü tercih ederler. Bu uygulama döngüsü sırasıyla, primer katmanı, bazkat katmanı ve transparant vernik katmanı olarak şekillenir. Yüksek katı oranlı sistemler ise üç katmanlı boya döngüsü ile karşılaştırıldıklarında, genel olarak otomobil üreticileri tarafından maliyet iyileştirmesi amaçlı uygulanmaktadırlar. Diğer yandan bu sistemlerin UV ve atmosferik yaşlanma dayanımları üç katmanlı döngü sistemleri kadar rekabetçi değillerdir. Bu özellik ise otomobil üreticilerinin seçimlerinin ana odak noktasıdır.

Bu çalışmada, iki boya uygulama sistemi yaşlandırma dayanımı (SAE J2527-2500 kJ) karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmayı numerize etmek için renk ve parlaklık değerleri ölçülmüştür. Bu karşılaştırmada iki uygulama sistemiyle de elde edilmesi kolay ve saf bir renk olmasında dolayı bu çalışmada beyaz renk esas alınmıştır.

Çalışmanın sonunda ise %60 tamamlanma yüzdesine kadar renk ve parlaklık değerlerinin değerlerin değiştiği ve bu periyotta stabil kalmadıkları görülmüştür.

Keywords: Primer, Bazkat, Vernik, Hızlandırılmış Yaşlandırma

1. INTRODUCTION

Main focus of this study understand every steps of artificial aging on both systems as numerical explanation using gloss and colour measurement Also step by step control approach in this study simplifies prediction of test results.

Generally vehicle manufacturers demand specific aesthetical requirements from body paintings [1]. These requirements could be classified as two main focus;

Aesthetical Requirements;

- Gloss measurement,
- Colour measurement,

- Wave scan (orange peel) requirements,
- Visual inspections,

Durability Requirements During Service Time

- Adhesion,
- Humidity resistance,
- Aesthetical durability,
- Stone stroke resistance,
- Water resistance,
- Chemical resistance,
- Thermal shock resistance.

Vehicle manufacturers can obtain this requirement with applying high solid paint cycle system or three-layer paint cycle system. On the other hand high solid system's innovativeness, vehicle manufacturers apply three-layer paint cycle system. Both systems shown in Figure 1 as cross sectional image. This both systems are high bake systems [1-2] Due to competitions on automotive market validation in this study is needed.

Advantage of this cycle is every layer has own main function and additional cycle function. Primer layer has filling of surface, excellent adhesion function. Basecoat and clearcoat layers have aesthetical appearance, UV and atmospheric resistance functions. Also all layers should provide excellent adhesion function between layers to keep full cycle intacting in service life. On the other hand, high solid topcoat paint cycle is formed as respectively primer layer and coloured topcoat layer. In this cycle, primer's function is same with three-layer cycle system. But topcoat layer's functions has to provide an excellent UV and atmospheric aging resistance and aesthetical visuality with one layer. Also this cycle system could only serve in solid colours because solid ratio couldn't provide good metallic orientation and visuality where aesthetical focus has increased [3-4]. Figure 1 shows related layers about both paint systems.

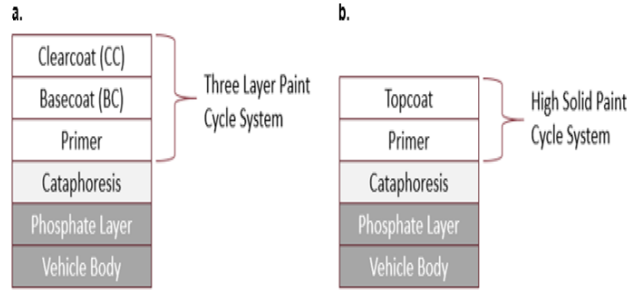


Figure 1. a) Three Layer Paint Cycle System b) High Solid Paint Cycle System

2. GENERAL

Due to increased aesthetical expectation and durability demands of vehicle customers, vehicle manufacturers are increased atmospheric aging requirements, in order to estimate durability of vehicle aesthetical paint. Nowadays SAE J2527 standard has been widely used by so many manufacturers. However, recently ASTM 7869 standard has become well liked to obtain more simulated results [5].

With increased durability demand, three-layer paint cycle system has become more well liked and convenient to provide high level of aesthetical durability. The technological speed of respond to the demands also makes this choice as perfectly preferable. For this reason, manufacturers prefers three cycle paint system rather than high solid system [3].

In order to understand durability of paint system both numerical colour and visual analysis are main focus points. Manufacturers generally decide with results of both analysis.

In this study, two paint cycle system's artificial and accelerated aging results were compared for the aspect of visual changing, gloss loss and colour changing analysis [4-5]. For measurements and artificial aging tests, TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. Material Engineering laboratory infrastructures and professional experince has been used.

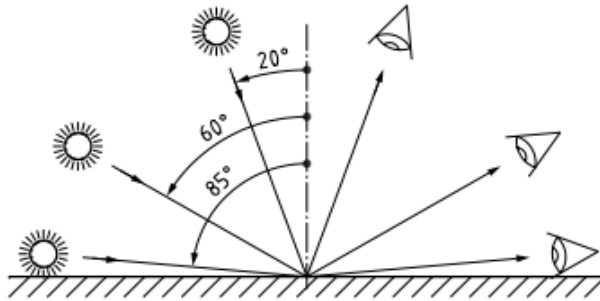
Artificial and accelerated aging tests were performed with Atlas CI 4000 measurement device. SAE J2527 standard was applied as the measurement test procedure. Boro/boro filter was used to simulate daylight. The details of the test procedure were summarized in Table 1.

Table 1. SAE J 2527 Standart's Cycle

Step #	Irradiation (w/m ² @ 340 nm)	Duration (Min)	Water Spray	Chamber Humidity (% rh)	Chamber Temperature (°C)	Black Panel Temperature (°C)
1	0,55	40	Off	50	47	70
2	0,55	20	Front	95	47	70
3	0,55	60	Off	50	47	70
4	0	60	Front/Back	95	38	38

2.1. Colour and Gloss Measurements

Measurements were performed with gloss and colour measurement devices. Gloss controls were made with Erichsen gloss measurement device. 20° and 60° were chosen as gloss angles, these angles are highly suggested for mid-high gloss surfaces [4-6]. Figure 2 shows gloss angles simple explanation.

**Figure 2.** Gloss Measurement Angles

CIE L. a. b. colour space was chosen in order to analyse colour changing. Colour controls were made with X-Rite MA-98 spectrophotometer. 15°, 25°, 45°, 75° and 110° (Fig. 4) were chosen [1] as angle of colour to understand colour differences in different aspects of customer [5-7]. Figure 3 shows angles and Figure 4 shows L. a. b. 3-D colour space.

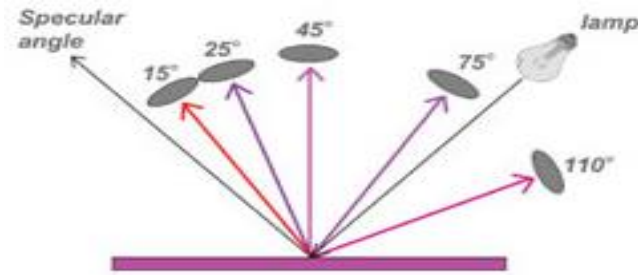


Figure 3. Colour Measurement Angles

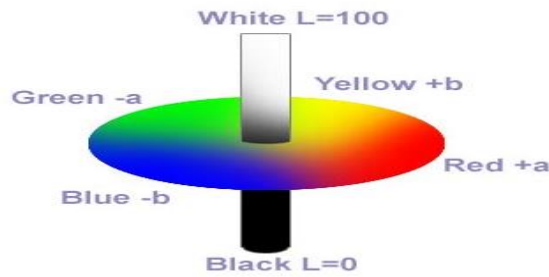


Figure 4. CIE L. a. b. Colour Space

2.2. Sample Preparation and Data Collection

Both system samples have been prepared in laboratory condition as indicated in supplier technical data sheet. Same primer material was used for samples to avoid any variability caused by this material [1-4]. In order to avoid this kind of variability, systematic approach were used on Table 2

Table 2. Sample Preparation Details

System	Layers							
	Primer	Basecoat			Clearcoat			Curing Oven
		Application	Thickness	Flash-off	Application	Thickness	Flash-off	
High Solid	PPG	Robotic	TDS	TDS	Robotic	TDS	TDS	Thermograph Curve as TDS
Three Layer	PPG	-			Robotic	TDS	TDS	Thermograph Curve as TDS

In order to understand the differences in each cycle, the controls and measurements were planned and performed in six different periods shown in Table 3.

Table 3. Data Collection periods

Phase	Control	
	High Solid Paint Cycle System	Three Layer Paint Cycle System
0 Kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement
500 kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement
1000 kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement
1500 Kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement
2000 Kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement
2500 Kj	Colour & Gloss Measurement	Colour & Gloss Measurement

3. RESULTS

3.1. Gloss Retention after Aging Test

After aging test, panels are conditioned in laboratory condition for six hours. Then, 20° and 60° gloss controls were performed. The result at 60° gloss is shown below Figure 5 as decrease amount. Also gloss retention ratios are given in Figure 6.

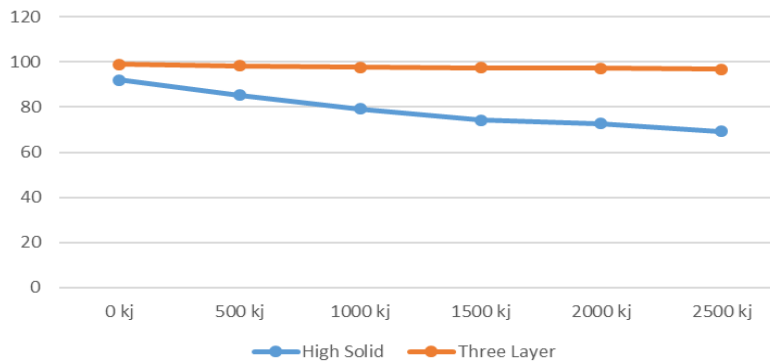


Figure 5. 60° Gloss Changing of Paint Systems

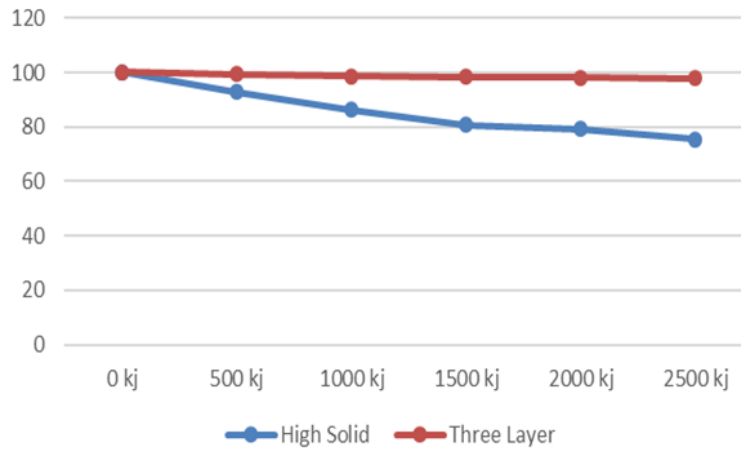


Figure 6. 60° Gloss Retention Comparison

60° gloss measurements show that (as seen in Figure 7 and 8) the loss ratio is about 20 % for high solid paint cycle system that is lower than 5 % for three-layer paint cycle system. The gloss decrease ratio after 1500kJ test cycle is significantly better than early test cycles especially for high solid paint cycle system. The test results will not change noticeably after this test completion ratio. The gloss values and related retention ratios at 20° are shown in Figure 9 as decrease amount and Figure 10 as gloss retention ratio, respectively.

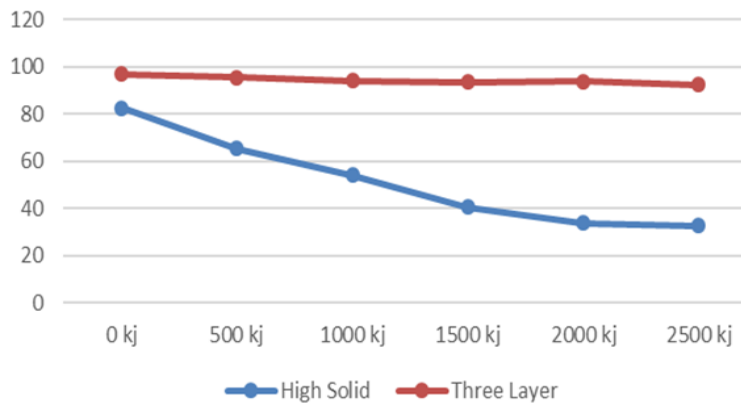


Figure 7. 20° Gloss Changing of Paint Systems

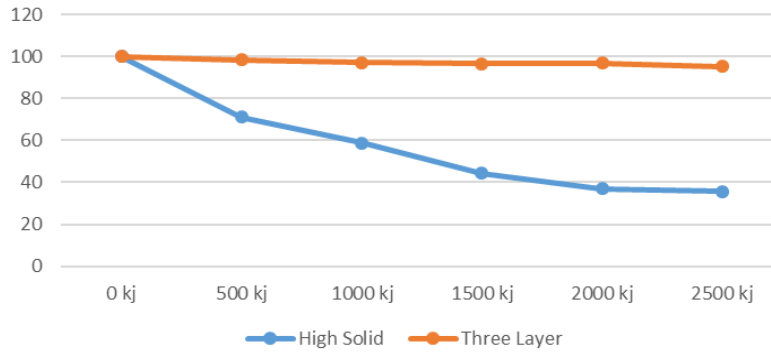


Figure 8. 20° Gloss Retention Comparison

20° gloss changes is not in same way with 60° gloss changings. 20° gloss measurements, Figure 7 and Figure 8 show that loss ratio is about 60 percents for High solid paint cycle system, lower than 5 percents for three layer paint cycle system.

When all gloss datas were analyzed, first 1500 kj test duration gloss decrease ration is significantly better than early durations gloss loss especially for high solid paint cycle system. In this test completion ratio we can comment that test result will not change excessively after this ratio but vehicle manufacturers requirements acceptance criteria is very important in this point especially for high solid paint cycle system due to high gloss loss. When 60° and 20° gloss loss differences show that 20° gloss is more compatible than 60° gloss in order to understand differences in changings

2.2. Colour Changings after Aging Test

After aging test, panels are conditioned in laboratory condition for 6 hours. Then 15° - 25° - 45° - 75° - 110° colour measurement controls were made. Values were shown in Figure 9, 10, 11, 12, 13 respectively as changing of L, a, b, values in every 500 kj.

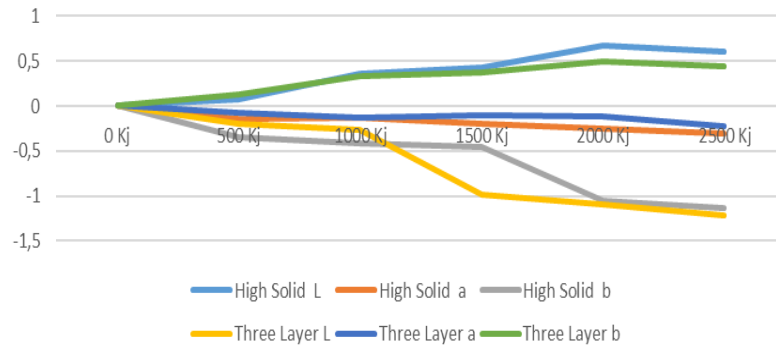


Figure 9. 15° L. a. b. Colour Changings Graph.

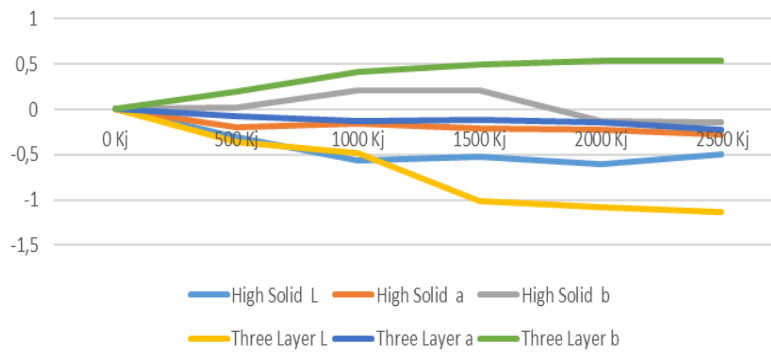


Figure 10. 25° L. a. b. Colour Changings Graph.

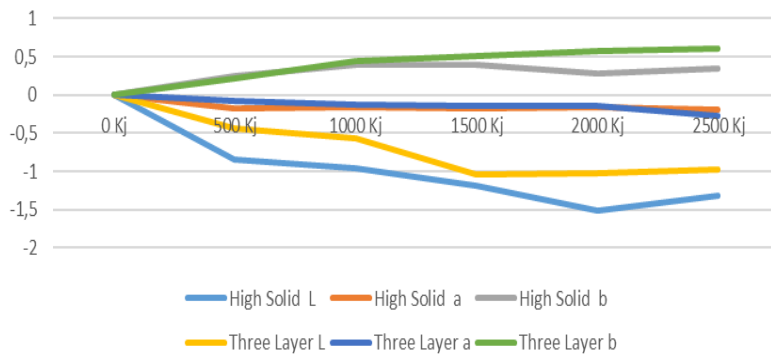


Figure 11. 45° L. a. b. Colour Changings Graph.

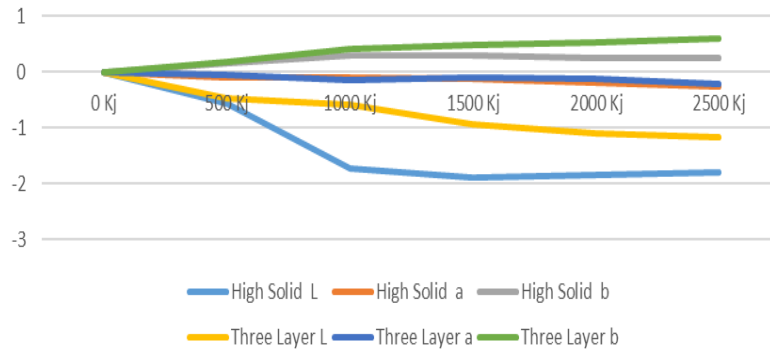


Figure 12. 75° L. a. b. Colour Changings Graph.

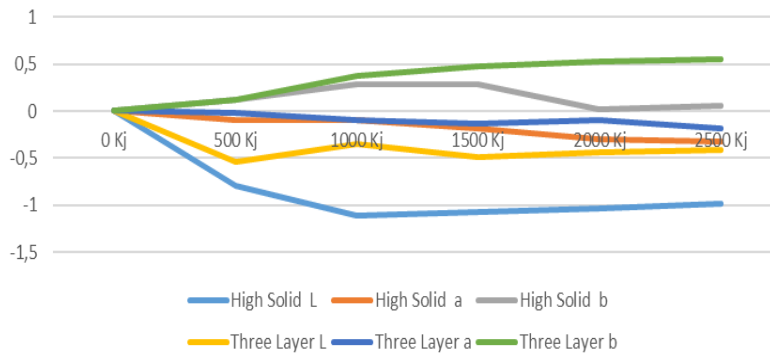


Figure 13. 110° L. a. b. Colour Changings Graph.

15° colour changings in Figure 9 show that b values are changed in different way and according to Figure 4 this increase commented as high solid paint cycle system are bluish in the contrary high solid paint cycle system is slightly yellowish. The decrease on L values are especially in three layer paint cycle system results, can be commented as paint cycle darkened. But when samples were inspected visually this effects seen invisible.

On the other angles, decrease of L values that shown in Figure 10, 11, 12, 13 higher for High Solid Paint Cycle. Also all angles result shows that Three Layer Paint System's b values has increased more and we can comment that this paint cycle shows less resistance to yellowishing.

When all colour changing datas were analysed, first 1500 kj test duration, colour deviations were stayed stable. In this test completion ratio we can comment that test result will not change excessively after this ratio as same in gloss values. This point of test give a chance to comment that values of both systems didn't change significantly for all angles.

4. CONCLUSION

In this study High Solid and Three Layer Paint Cycle System's aging performances analysed as aspect of gloss & colour values. Results of both systems were compared as numerically.

As summary both high solid system and three layer system have no great differences after SAE J2527-2500 kj aging test as aspect of colour. This general colour result was commented with only 15° angle results differences neglected due to thinking all angles as an entire evaluation system and 15° angle results couldn't effect other angles as shown in Figure 10,11,12,13.

On the other hand, three layer paint cycle system has a very good resistance to gloss loss criteria. In contrary, high solid system's gloss level was decreased to very low gloss levels. This result give very important feedback about vehicle paint durability. Also both systems result give vehicle manufacturers to estimate tests final result at 1500 kj test duration as mentioned above. Experimental study shows us above mentioned results needs to be taken in to consideration by manufacturer during part design and process selection phases.

5. REFERENCES

- [1] Streitberger N.J., Dossel K.F., Automotive Paints and Coatings. John Wiley and Sons, Inc. 2005, 2nd edn, 2008.
- [2] Beck, E., European Coatings Journal, 4, 32, 2006.
- [3] Sing, L.P., Nadal, M.E., Knight, M.E., Marx, E., Laurenti, B., Journal of Coatings Technology, 74(932), 55, 2002.
- [4] Osterhold, M., Wagner, G., Progress in Organic Coatings, 45, 365, 2002.



[5] ASTM Standart D 7869:17, Standard Practice for Xenon Arc Exposure Test with Enhanced Light and Water Exposure for Transportation Coatings, Annual Book os ASTM Standarts, Vol. 06.01, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2017.

[6] Billmeyer, F.W. Jr., Saltzmann, M., Principles of Color Technology, 2nd edn, John Wiley & Sons, Ltd, NewYork, 1981.

[7] DIN EN ISO 2813: 1999–Paints and Varnishes – Measurement of Specular Gloss of Non-Metallic Paint Films at 20, 60 and 85, International Organization for Standardization, 1999.

BALIKESİR'DE ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİ MÜSTAKİL KONUT ÖRNEĞİ İBRAHİM CUMALI EVİ'NİN MİMARİ ÖZELLİKLERİ

Hatice UÇAR^{1*} 

Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Balıkesir, Türkiye

ÖZ

Balıkesir, Cumhuriyet Dönemi öncesinde İstanbul ve Bursa'yı İzmir'e bağlayan önemli bir kara yolu güzergâhı üzerindedir. Kent, uzun yıllar tek olan merkezini aynı bölgede korumayı başarmıştır. 1900'lü yılların başlarında Tren İstasyonu ile eski Hükümet Meydanını birleştiren cadde günümüzde Milli Kuvvetler olarak anılan caddedir. Tren istasyonunun yer aldığı Vasıf Çınar Caddesi üzerinde Yeni Hükümet Konağı binası, Vali Konağı binası ve doğumevi binasının inşa edilmesi Vasıf Çınar Caddesi'nin ve kentin bu mevkide gelişmesini sağlamıştır. Kemalist projelere kendini adayın Ernst Egli'nin ülkeye 1927 yılında gelişi sonrasında Ankara'nın yanı sıra ülke genelinde de kendisine kentsel tasarım görevleri verilir. Halkına, iklimine, doğal yapısına ve kültürel mirasına uygun mimari arayışında, ulus kimliğini mimariye yansıtma anlayışını benimseyen Egli'den 1939 yılında Balıkesir kentinin planlaması istenir.

Çalışmada incelenen İbrahim CUMALI Evi; Egli'nin tasarım anlayışında da karşılaşılan yerel koşullara uygun bir mimari oluşum ile tasarlanmış Erken Cumhuriyet Dönemi müstakil konuttur. Ayrıca İkinci Cumhur Başkanı İsmet İNÖNÜ kenti ziyareti sırasında bu konutta misafir edilmiştir. Erken Cumhuriyet Dönemi'nin nitelikli yapılaşmasının ürünü olarak tescil edilen konutun, önlem alınmadığı taktirde rant kaygıları nedeniyle yok olma olasılığı yüksektir. Bu nedenle çalışmada, dönemin nitelikli yapılanmasını temsil eden İbrahim Cumalı evinin mimari kurgusu bağlamında rölöve, restitüsyon ve restorasyon projesi hazırlanarak, gelecek kuşaklara aktarılması amacıyla kültür varlığı değerleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İbrahim Cumalı evi, Cumhuriyet sonrası konut, modernist düşünce, müstakil ev, esnek planlama, dairesel form

ABSTRACT

Balıkesir is on an important highway route that connects Istanbul and Bursa to Izmir before the Republic Period. The city has managed to preserve its only city center in the same region for many years. In the early 1900s, the street connecting the Train Station with the former Government Square is today called the Milli Kuvvetler. On the Vasıf Çınar Street where the train station is located, the construction of the New Government Office building and the Governor's House building, and then the construction of the maternity building, enabled the development of Vasıf Çınar Street and the city. After the arrival of Ernst Egli, who devoted himself to the Kemalist projects in 1927, he was given urban design duties throughout Ankara as well as throughout the country. Egli, who embraced the concept of reflecting the nation's identity to architecture in the search for architecture proper for people, climate, natural structure and cultural heritage, was asked to plan the city of Balıkesir in 1942.

In this study, Ibrahim CUMALI House is a detached residence of the Early Republic Period, designed with an architectural structure in accordance with local conditions in Egli's understanding of design. In addition, the second President Ismet INONU was hosted in this residence during his visit to the city. The housing registered as the product of the qualified building of the Early Republican Period is likely to disappear rapidly due to unearned income concerns if precautions are not taken. Due to this danger, a survey, restitution and restoration project was prepared in the context of the architectural design of the house of İbrahim Cumalı, which represents the qualified structure of the period, and the cultural assets to be passed on to future generations were examined.

Key Words: Ibrahim Cumalı House, post-republic housing, modernist idea, detached house, flexible projection, circular form

1.GİRİŞ

Yirminci yüzyıl ortalarında ülkemizin ekonomik, sosyal, politik ve kültürel yapısının değişmesine bağlı olarak, yerleşme alanlarının temel karakterinin değişimi ve yeni yapılanmalarda geleneksele öyküner onu dışlamayan bir oluşumdan mimaride söz etmek mümkündür. Fakat hızlı kentleşme sonucu bu oluşum negatif yönde gelişim göstermiştir.

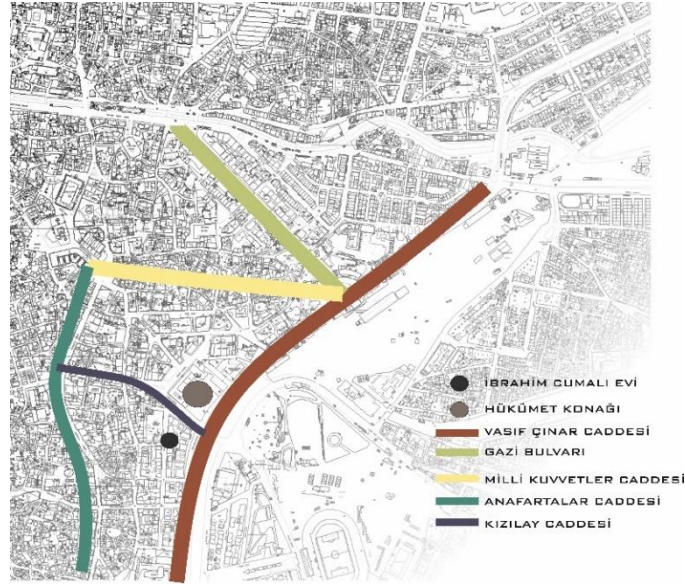
Modern Türkiye'nin inşasında ilk olarak organları ve yapılarıyla yeni-ulus devlet kurulması hedeflenmişti. İkinci olarak ülkeye davet edilen yabancı mimarlar gelir [1]. Yabancı mimarlar arasında İsviçreli mimar Ernst Arnold Egli, yeni kurulan Cumhuriyet hükümetince Milli Eğitim

Bakanlığı'nın baş mimarı olarak davet edilir [2]. Egli ülkemizde modern mimarinin uygulayıcılarından olmuştur. XX. yüzyıl başlarında, öncelikle büyük kentlerde inşa edilen yeni kamu binalarında uygulandığı gözlenen modern mimarinin giderek konut yapılarında da uygulandığı görülür.

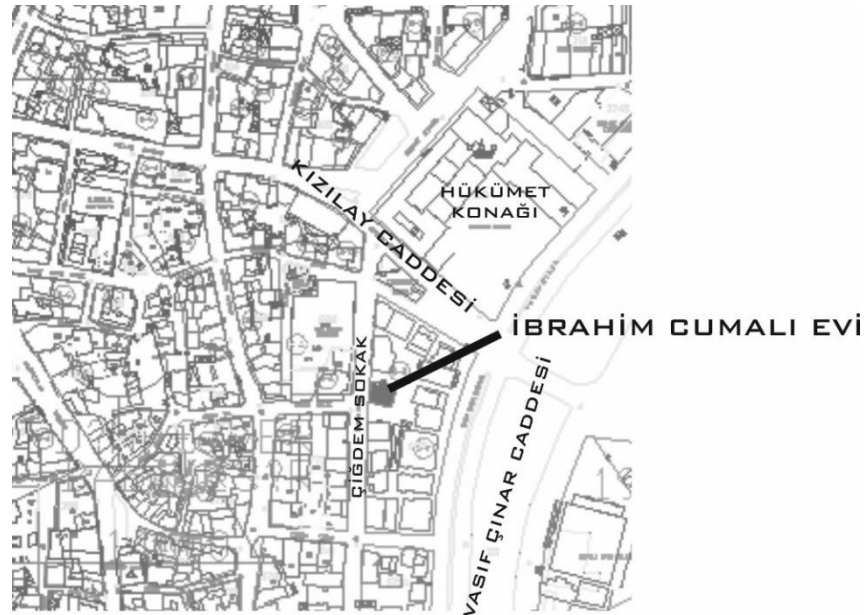
Kent merkezinin araştırmacılar tarafından yapılan incelenmesinde, dünyada ve ülkemizde yaşanan değişim ve dönüşümün Balıkesir'de de yaşandığı öğrenilmiştir. Cumhuriyetin ilanından sonra modern Türkiye'nin inşası için Cumhuriyet hükümeti tarafından ülkemize davet edilen Avrupalı mimarlardan Ernst Arnold Egli modern bir başkent kurulması ve Anadolu'nun bazı kentlerinin imar planlarının hazırlanması için görevlendirilmiştir. Bu kentlerden biri Balıkesir'dir. 1939 Yılında kente gelen Egli'nin hazırladığı imar planı ve eki teknik rapor 1944 Yılında onaylanmıştır. Egli plan eki raporunda kentin gelişiminin batıda Çamlık Bölgesi ile güney doğuda demiryolu hattı ile sınırlandırılmı savunarak kentin gelişiminin güney, kuzey ve doğu yönlerinde olabileceğini belirtmiştir. Egli hazırladığı imar planında kentin tarihi ticari çekirdeğini ve tarihi dokusunu yerinde koruyarak kentin gelişebileceği yönleri ve aksları belirten bir tutum sergilemiştir [3]. Bu akslardan biri Cumhuriyetin ilanından sonra kentte inşa edilen yeni yönetim binalarını üzerinde barındırması ile önem kazanan Vasıf Çınar Caddesidir. Egli imar planında Vasıf Çınar Caddesinin batısında kalan bölgede yeni hükümet konağı ile doğumevi binası arasında kalan bölümü konut alanı olarak önermiştir. Bu bölgede Vasıf Çınar Caddesine paralel ilk sokak Çiğdem Sokaktır. Hükümet konağından doğumevine kadar devam eder. Gerek Vasıf Çınar Caddesine yakınlığı ve gerek hükümet konağı ile doğumevini birbirine bağlayan yol olması nedeniyle 1945 Yılından itibaren kentte görev yapan hakim, savcı, doktor, vb. üst bürokratlar (Altılar Apartmanı) ile kentin ileri gelen ailelerinin (Cumalı Evi ve İnaler Apartmanı) ikamet etmek için tercih ettikleri konutları barındıran prestij sokağı haline bürünmüştür. Çalışma konusu yapı da bu sokakta olup yan komşu parselde Altılar Apartmanı, karşı parselde İnaler Apartmanı konumlandırılmıştır.

Yapılan incelemelerde, Cumhuriyet'in ilanına kadar kentin en önemli yapılarının Anafartalar Caddesi'nin iki kenarında konumlandıkları tespit edilmiştir. Yüzyıl başında, kentteki en önemli değişim, 1900'lü yılların başlarında Tren İstasyonu ile eski Hükümet Meydanını birleştiren ve günümüzde Milli Kuvvetler olarak anılan caddenin oluşmasıdır. Cumhuriyet'in ilanından önce oluşan Milli Kuvvetler Caddesi'nden sonra 1920'li yıllarda istasyonun önünden geçen Vasıf Çınar Caddesi üzerinde yeni Vali Konağı binasının yer alması caddenin idari aksa dönüşmesinin

başlangıcı olmuş ve cadde önem kazanmıştır. Bu nedenle öncelikle kentin yeni hükümet konağı binası ile daha sonra da doğumevi binasının bu cadde üzerinde yer almasının kentin gelişmesi bakımından uygun olacağı düşünülerek bu cadde üzerinde inşa edilmiştir.



Şekil 1. Balıkesir Kentinin ulaşım ağları.
(Balıkesir Belediye Başkanlığı İmar Müdürlüğü Arşivi)



Şekil 2. İbrahim Cumalı Evi Vaziyet Planı.
(Balıkesir Belediye Başkanlığı İmar Müdürlüğü Arşivi)

Bu çalışmanın yöntemi olarak, Balıkesir İli'nin Altı Eylül Mahallesi, Çiğdem Sokakta yer alan ve kentin, Cumhuriyetin ilanından sonrası kazanılmış, hem konutun yer aldığı kentsel oluşumun, hem özgün mimari özelliklerini müstakil ev olarak taşıyan, İbrahim Cumalı Evi, modernist kurguların mimariye getirdiği yansımalar ve geleneksele öykünen öğeler kapsamında incelenmiştir. Bu amaçla Cumhuriyetin ilanından sonra kentte inşa edilen konutlarla ilgili İl Müze Müdürlüğü'nün, Belediye Başkanlığının arşivi ve dönem yapıları ile ilgili Ulusal kütüphaneler ile üniversitelerin kütüphanelerinde araştırmalar yapılarak konuyla ilgili kitaplar ve tezler incelenmiştir. Kentin yerli ve yaşlı sakinleri ile yapılan birebir görüşmelerde yaşayan sözel tarih bilgileri ile Erken Cumhuriyet Döneminde kentin imar faaliyetleri hakkında bilgi alınmaya çalışılmıştır. Ayrıca kentte günümüze kadar gelebilen müstakil konutlar da mekan örgütlenmesi ve cephe düzeni bakımından incelenerek dönem yapılarının mimari özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bu bilgilere dayanarak İbrahim Cumalı Evi'nin mimari kurgusu belirtilmeye çalışılmıştır. 1980'li yıllardan sonra yaşadığı hızlı değişim ve dönüşüm sürecinde ulaşım ağında da ciddi değişimler meydana gelen kentte [3], İbrahim Cumalı evi bu değişime maruz kalan alan içinde kalmıştır.

2. EGLİ'NİN KENTLE İLGİLİ PLANLAMA KARARLARI

Hazırladığı imar planı ve raporunda kentin gelişebileceği yönleri belirten Egli'nin kentin tarihi ticaret merkezini yerinde koruduğu görülür. Bu dönemde Anafartalar Caddesi, Milli Kuvvetler Caddesi ve Cumhuriyet Döneminde oluşan Vasıf Çınar Caddesi'nin sınırladığı bölgenin boş olduğu döneme ait hava fotoğraflarından görülmektedir. Kentin tarihi ticaret merkezinin devamında bulunan bu bölgenin Vasıf Çınar Caddesi'nde Hükümet Konağına kadar uzanan bölümü Egli'nin imar planlarının 1944 Yılında uygulanmasından itibaren giderek alt katı ticaret üst katları konut olarak kullanılan çok katlı binaları barındıran bölge haline bürünmüştür. Tarihi ticaret merkezi devamında yer alan ve çok katlı binaları barındıran bu bölge ile özgün konumunu koruyarak genişleme imkanı bulmuş ve bu konumuyla günümüze kadar gelebilmiştir.

Çalışma konusu müstakil konut, Egli'nin imar planında konut olarak önerdiği yeni gelişme alanında olup bu bölgeye komşu yapı adasında konumlandırılmıştır. Egli'nin planında konut alanı olarak önerdiği kentin yeni gelişme bölgeleri bu plan kararlarının uygulanmaya başlamasından

itibaren ayırık nizamda müstakil konut ve apartman yapılarını barındıran bölgeler haline büründükleri gözlenir (Bandırma Caddesi üzerinde Elli iki evler ve Esen evler konut örnekleri, Vasıf Çınar Caddesinin batısında hükümet konağının yanında Altı Eylül Mahallesinde yer alan müstakil konut ve apartman örnekleri, ile Atatürk Kültür Parkının yakınında yer alan Subay evleri konut örnekleri, vb.). Gerek incelenen bu konut örneklerinin ve gerek müstakil ev ve apartman örneklerinin, küçük boyutlu pencereler ile dışarıdan doğrudan ışık alabilen bodrumlu ve üç katlı apartman yapıları ile iki katlı müstakil konut örnekleri oldukları görülür. Bu yeni gelişme alanlarının barındırdıkları apartman ve müstakil konutların yoldan doğrudan ulaşılabilen ve arka cephe önünde bir bahçesi olan örnekleri ile karşılaştığı gibi yoldan ve komşu parsellerden belli miktarlarda çekilerek parselin ortasında konumlandırılan önde, arkada ve iki yanda bahçesi bulunan örneklerle de karşılaşılmaktadır (Cumalı Evi, Altılar apartmanı, Esen evler, Elliiki evler konutları, vb.).

Halkına, kültürel mirasına, coğrafyasına ve iklimine uygun bir mimari arayışla ulus ve devlet kimliğini mimariye yansıtmayı hedefleyen ve geleneksele öykünen bir yaklaşımla modern bir ulus ve modern bir Türkiye'nin kurulması amacıyla Cumhuriyet hükümetinin Avrupa'dan ülkemize davet ettiği mimarlardan biri olan ve hükümetin bu konudaki isteklerini yerine getirme çabası içinde olan Egli Ülkemizde modern mimarinin uygulayıcılarından biridir. Egli ve Ülkemize davet edilen diğer yabancı mimarlar tarafından yirminci yüzyılın başlarında öncelikle büyük kentlerde inşa edilen kamu binalarında uygulandığı gözlenen modern mimarinin öğelerinin ve çizgilerinin giderek cumhuriyet dönemi konut yapılarında uygulandığı gözlenmektedir.

Cumhuriyet devrimlerinin uygulanmasıyla batılı yaşam biçimi bu dönemde inşa edilen konut yapılarının hem mekânsal örgütlenmesini etkilemiş hem de konutun cephelerinin modernist çizgiler ve öğelerle biçimlenmesini sağlamıştır. Dönemin Türk mimarları tarafından konut mimarisinde benimsenen modernist çizgiler, geniş saçaklar, yatay çatı çizgisi, fonksiyonel planlama özellikleri, giriş katta konumlanan kapalı çıkmalar, silindirik kütle kullanımı, köşelerde dairesel dönüşler, geleneksel malzemeler (taş, tuğla, ahşap) ile yığma sistem inşa teknikleri, vb. özelliklerde yeni müstakil konut ve apartman yapılarının cumhuriyet döneminde kentlerde inşa edildikleri görülmektedir.

3. İBRAHİM CUMALI EVİ'NİN KENT TARİHİNDEKİ ÖNEMİ

Müstakil konutun sahibinin o dönem ki siyasi erke yakınlığı ile ilişkili olarak ikinci Cumhur Başkanı İsmet İNÖNÜ kenti ziyaretinde bu konutta misafir edilmiştir. Erken Cumhuriyet Dönemi'nin nitelikli yapılaşmasının ürünü olarak, günümüze gelebilen bu yapının önem alınmadığı takdirde rant kaygıları nedeniyle hızlı bir şekilde yok olma olasılığı yüksektir.

Mimarı Ali Cumalı olan, İbrahim CUMALI Evi, günümüz varisleriyle yapılan bire bir görüşmelerde, evin temelini 1947 veya 1948 yılında atıldığı ve inşaatın birkaç yıl sürdüğü öğrenilmiştir. Evin mimarisinde dönemin Türk mimarlarınca kabul görmüş modernist çizginin özelliklerinden, Fonksiyonist planlama özellikleri, giriş katta yer alan kapalı çıkmlar, Türkiye'de 1930'ların sonları ile 1940'larda görülen formalist bir neo-klasik üslup etkileri, konutlara ağır başlı bir görünüm ifade kazandırmak amacıyla uzun simetrik kütle, yanı sıra silindirik kütle kullanımları[4] ritmik dikdörtgen pencere kullanımı, yatay çatı çizgisi, geniş saçaklar [4],yığma sistem inşa tekniği ve 1940 lı yılların revivalist denemelerini[5] çağrıştıran binanın cephe kurgusu ile karşılaşılır.

1949 Yılı'nda evin ahşap işlerini çalışmaya başlayan Halil usta 1951 Yılı'nda çalışmalarını tamamlayabilmiş ve aynı yıl (1951) iskân izni alınan evde oturulmaya başlanmıştır. Aynı varisler ile yapılan görüşmede konutta 2004 yılı'nda evin hanımının vefat edene kadar ikamet ettiği öğrenilmiştir. Konut 2005 Yılı'ndan itibaren kreş olarak kullanılmıştır. 2011 Yılı'nda yöresel yemeklerin ve et yemeklerinin sunulacağı bir lokanta olarak işlevlendirilebilmesi çalışmaları, Bursa Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu denetiminde sürdürülmüştür.

3.1. KONUTUN KENT İÇİ KONUMU

İnceleme konusu olan ve Egli'nin önerdiği konut alanlarından birinde konumlanan İbrahim Cumalıya ait müstakil konut, Çiğdem Sokak'tan 5.00 metre, arsanın sol kenarından ise 9.00 metre çekilerek arsaya oturtulmuştur. Çiğdem Sokak'tan üç basamaklı beton bir merdiven ile bahçeye inilir. Binanın açık otoparkına giriş de yine bu sokaktan verilmiştir. İki yanda birer taş ayakla sınırlandırılan bu girişler arasında bahçeyi sokaktan sınırlayan taş duvar devam eder. Konutun, sağ yan bahçesinde düzenlenen açık otoparkın denetimi girişte düzenlenen çift kanatlı demir kapı ile sağlanmıştır.

Konutun sol yan cephesinden dışarı taşırılan dairesel formlu ve pencereleli kütlenin ön cephesinde yer verilmiş ana giriş kapısına, sol yan cepheye bitişik olarak tasarlanan sekiz rıhtlı, mermer kaplamalı betondan bir merdivenle ulaşılır.

Binanın giriş katında ve ön cephenin orta aksında dikdörtgen formlu, arka cephenin orta aksında çokgen formlu birer kütle beden duvarından dışarı taşırılmıştır. Sağ yan cephe; ön cephenin sağ köşesinden itibaren arka cepheye doğru kademeli olarak iki defa dışarı taşırılmış ve cephede kütle hareket verilmiştir.

4. MEKÂNSAL ÖRGÜTLENME

Batıda yaşanan gelişmeler sonrası oluşan mimarlık, o devrin ruhunu yansıtmaktaydı, bu ruhun temelinde yeni yaşam koşullarının getirisi yadsızdı. Uluslararası mimarlığın sosyal içerikli amaçlarından olan sağlıklı konutun hedefini İnci Aslanoğlu (2010) bizde de, İsmail Hakkı'nın "Muasır insanın meskeni aynı zamanda havadar, güneşli temiz olmalıdır " ifadesiyle dile getirir [6].

Cumhuriyetle beraber hızlanan, toplumsal yaşamın değişmesi, en küçük kurumu olan aile yapısının değişimini getirmiştir. Ataerkil aileden çekirdek aileye dönüşüm konutun mimarisini biçimlendirmiştir. Yaşam tarzının değişmesi ile birlikte, toprağa bağlı tarım toplumu yerini sanayiye dayalı toplum yaşantısına bırakmıştır. Geleneksel konutta bir işletme niteliği taşıyan ev Cumhuriyet sonrasında çalışma hayatı dışında aile yaşantısının geçtiği mekan konumuna gelmiştir. Çalışma hayatının modernleşmesi, konutun pratik kullanımını gerekli kılmıştır. Kadının çalışma hayatına girmesi, ev işlerine ayırdığı zamanı kısıtlamış ve pratik kullanım ön plana çıkmıştır. Islak hacimlere konut içinde yer verilmesi, konutun mekansal organizasyonuna yansımıştır. Başka bir deyişle Cumhuriyet ile değişen sosyal yapı yeni konut mimarisinde ıslak hacimlerin konut içinde çözümünü getirmiştir [7]. İncelenen İbrahim Cumalı Evi gibi evlerde merdiven ahşap olarak inşa edilmiştir. Ayrıca Cumhuriyet le başlayan hızlı kentleşme ile birlikte iç sofa daralıp koridora, orta sofa ise küçülüp mekanlar arası geçişi sağlayan hole dönüşmüştür [8].

4.1. GİRİŞ KAT MEKÂN ÖRGÜTLENMESİ

İbrahim Cumalı Evinde giriş sahanlığından çift kanatlı bir demir kapı ile konutun giriş holüne girilir. Giriş holünün, bir bölümü sol yan cephe duvarından, dairesel formlu tek katlı bir kütle halinde, adeta cumba niteliğinde dışarı taşırılarak cephede vurgulanmıştır. Konutun giriş holünün bir karşılama mekânı niteliğinde olması ve dairesel formu Erken Cumhuriyet Dönemi yapılarının barındırdığı en belirgin mimari özelliklerden biridir. Dairesel kütlede yer verilen pencereler ile giriş holünün gün ışığından faydalanmasının yanı sıra girişin vurgulandığı görülür. Ayrıca konutun giriş bölümünün gece sunduğu fener görünümü ile de vurgulandığı gözlemlenir.



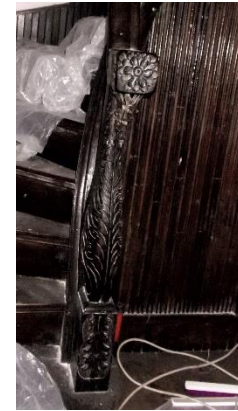
Şekil 3. Giriş Kat Planı (Rölöve çizimleri Hatice Uçar arşivinden (2012))

Giriş holünün sağında ve solunda yer alan iki odaya evin orta holünden ahşaptan tek kanatlı birer kapıdan geçilir. Giriş holünün sağ yanında konumlanan odaya, hem giriş holünden hem de orta holden giriş verilmiştir. Bu mekânsal kurgu, dışarıdan gelen kişiyi kademeli olarak iç mekâna almayı hedefler. Dıştan girişli bu oda kurgusu dönemin karakteristik özelliği olarak tasarlanmıştır. Giriş holünün açıldığı orta hol, üzerinde kapı genişliği boyunca bant şeklinde devam eden birer aydınlık penceresi bulunan, çift kanatlı camekânlı ahşap birer kapı ile yaşama ve yemek yeme mekânlarına açılır. Mutfak yanında çokgen çıkmalı olarak yer alan mekân yeme içme mekânı ve mutfak koridoruna geçiş mekânıdır. Terasla ilişkili ve ön cepheye yönlendirilen mekân ise yaşama

mekânı olarak tasarlanmıştır. Ayrıca çift kanatlı ahşap kapı kanatları açıldığında total mekân kurgusuna ve esnek planlamaya imkân verilmiştir. Böylelikle konutta günlük yaşamda fonksiyona bağlı ayrımlanabilen yaşam nişleri ve bütünleşebilen mekân kurgusu elde edilmiştir.

Yemek yeme mekânında tek kanatlı ahşap bir kapıdan geçilen koridor, dış mekâna bir pencere ve kapı ile açılır. Bu koridorun solunda yer alan evin mutfağı, pişirme tezgâhlı ve üzerinde davlumbazlıdır. Mutfağın solunda duvar boyunca devam ettirilen ve bitişiğinde yer alan dış cephe duvarına da dönerek L formu oluşturan hazırlık tezgâhı soldaki pişirme tezgâhı ile beraber orijinal konumları ile günümüze kadar bozulmadan gelebilmişlerdir.

Holde giriş kapısının karşısında, hole bakan cephesi ahşap kaplamalı ve giriş katını üst kata bağlayan oldukça bezemeli ahşap bir merdiven yer alır. Merdivenin hole bakan cephesinde yer alan yan yana ve üst üste konumlandırılmış açık niş şeklindeki dolabı, merdiven görünümüne atektonik özellik kazandırmaktadır. Baba dikmesi ve küpeştesi el oyması ahşap işçilik ürünü olan bu merdivenin korkuluklarında, ard arda tekrar eden düseyde dikdörtgen formlu ahşap çerçeveler yer alır. Bu çerçevelerin her birinin içinde aynı tip el oyması motifin yer aldığı bezemeli cam bulunur. Evin merdiveni ve bezemeleri, kentte günümüze gelebilmiş eşsiz tek örnektir. Binanın mimarisinde ve iç mekândaki yapı elemanları ile bezemelerindeki özenli işçilik, aile reisinin ekonomik gücünün yansıması olarak karşımıza çıkar.



Camlı korkuluk detayı Merdivenin orta holden görünümü Baba dikmesi
Şekil 4. İbrahim Cumalı Evi'nin iç mekân merdiven ayrıntısı (Hatice Uçar arşivinden)

Merdivenin çıkış istikametinin altında kalan ve baş kurtaran kısımda yer alan tek kanatlı ahşap kapı ıslak hacim önündeki küçük geçiş holüne açılır. Holden yine tek kanatlı bir ahşap kapı ile lavabonun yer aldığı alana, buradan da helâ kısmına geçilir. Bu düzenleme ile ıslak hacim kısmı merdiven altı boşluğunun akılcı dizaynı ile orta mekândan separe edilmiştir. Ayrıca orta mekândan ıslak hacme geçişi sağlayan hol evin vestiyer ihtiyacına cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Karşıdan bakıldığında ahşap kapılı bir duvar yüzeyi gibi algılanan askıların konumlandığı ahşap yüzey aslında merdivenin altında oluşturulan ve depo olarak kullanılan mekâna geçişi sağlayan bir kapıdır. İç mekândan ayrımlanan ıslak hacim binanın dış duvarlarına yaklaştırılarak, doğal aydınlanma ve havalanma imkânına kavuşturulmuştur.

Holün sağında, gerek boyutları gerekse mermer kaplamalı cephesi ve zeminden yükseltilmiş şöminesi ve pencere çıkması niteliğindeki cumba ile yaşama mekânı oldukça zengin bir görünüm sergiler.

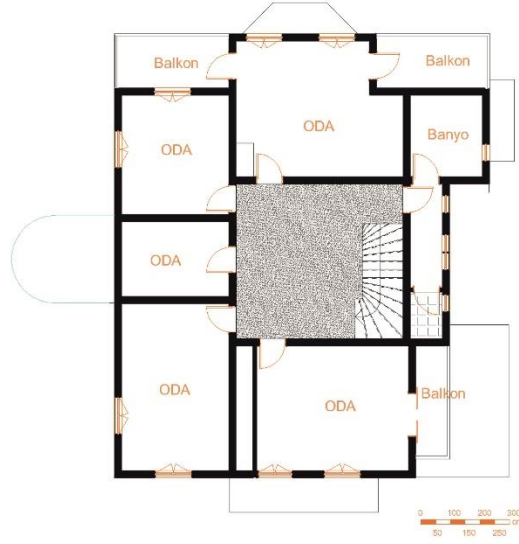
Salonun ön cephesinde yer alan çıkıntı aynı zamanda; evin ön cephesinin orta aksında konumlanan ve enine dikdörtgen formlu bir kütle olarak algılanan cumbanın ön cephesidir. Cumba binanın ön cephesinde tavandan taban döşemesine kadar devam eden büyük boyutlu ahşap penceresiyle ve evin arka cephe duvarında yer alan çokgen çıkmanın tasarımında, geleneksel Türk evlerinin üst katında yer alan cumba ve çıkma oluşumuna referans vermektedir. Bu kurgu Erken Cumhuriyet Dönemi evlerinde geleneksel Türk evlerine atıf yapan diğer bir mimari oluşumu işaret etmektedir. Koridorun sağ kenarında yan yana konumlandırılan iki kapıdan biri olan köşedeki camlı demir kapıdan evin yan bahçesine diğer kapıdan ise evin bodrum katına ulaşımı sağlayan merdiven sahanlığına geçilmektedir. Evin dışında, demir kapının önünde konumlanan küçük teras devamında yer alan koridor ile evin ön cephesinde tasarlanan ve evin yaşama mekânına hizmet veren büyük terasa bağlanır. Bu düzenleme ile büyük teras salon ve mutfakla ilişkilendirilmiş ve terasa mutfaktan servis imkânı sağlanmıştır. Bu terastan ve evin mutfak koridorunun önünde konumlanan küçük terastan mermer kaplamalı birer beton merdiven inilerek, evin bahçesine ulaşım sağlanmıştır. Bahçenin bu bölümü aynı zamanda evin açık otoparkı olarak da kullanılmaktadır. Bu olanak eve dışarıdan getirilen mutfak ihtiyaçlarının kolaylıkla bodrum katta konumlanan ana mutfaka ve evin giriş katına götürülebilmesini sağlamaktadır.

4.2. ÜST KAT MEKÂN ÖRGÜTLENMESİ

Üst katın plan şeması bir orta hol ve bu hole birer tek kanatlı ahşap kapı ile doğrudan açılan dört adet oda ve bir koridordan oluşmaktadır. Orta holden geçilen koridor, dış cephe duvarında konumlanan büyük bir pencere sayesinde oldukça ferah ve aydınlık bir mekândır. Giriş kata bağlanan merdivenkovası boyunca da devam eder. Bu koridorun sol kenarında yer alan bir kapıdan evin tek olan banyo mekânına geçilir. Banyo bir ahşap kapı ile bitişiğinde konumlanan ebeveyn yatak odası ile doğrudan ilişkilendirilmiştir. Ebeveyn yatak odasından banyonun arkasında konumlandırılan balkona da camlı bir ahşap kapı ile geçilir. Banyo balkona yönlendirilen büyük bir pencere ve sağ yan cephe duvarında yer alan iki tane küçük pencereden aldığı doğal ışık doğal havalandırma ile oldukça ferah ve aydınlık bir mekândır. Günümüzde son 15 yıldan itibaren inşa edilen lüks apartmanların tasarım programında karşılaştığımız ve sadece ebeveyn yatak odasından bir kapı ile doğrudan geçilebilen banyo mekânı kurgusu geleneksel konuta atıf yapar.

Öyle ki gelenekselde yıkanmalık veya yunmalık olarak adlandırılan ve dolap içinde yer alan ıslak hacim, bu konutta yeniden değerlendirilerek ıslak hacme dönüştürülmüştür.

Bu kurgunun aynı zamanda Anadolu'da Erken Cumhuriyet Dönemi evlerinde de devam ettirildiği bu konutta görülmektedir. Ancak o dönemde yatak odası ile doğrudan ilişkilendirilen banyonun sadece yatak odasına hizmet veren banyo değil evin genel banyosu niteliğinde tasarlanmış olduğu görülür. Bu nedenle günümüzün lüks apartmanlarının tasarım programında karşılaştığımız ebeveyn banyosu Erken Cumhuriyet Dönemi evlerinin bazılarında konumlanan banyo- yatak odası arasında kurulan doğrudan ilişkinin bir ileri versiyonudur. Merdivenkovasının arkasında yer alan ıslak hacim, yine orta holden separe edilmiştir. Ayrıca üst üste gelen ıslak hacimlerde tesisat birliği sağlanmıştır. Bu katta da ıslak hacimlerin dış duvarda yer almaları aynı zamanda temiz hava almalarına da imkân tanır. Günümüz koşullarında dahi havalanma ve su tesisatının çözümünde yaşanan olumsuzluklar mimari mekân planlaması ile o dönemde çözümlenmiştir.



Şekil 5. Üst Kat Planı (Rölöve çizimleri Hatice Uçar arşivinden (2012))

4.3. BODRUM KAT MEKÂN ÖRGÜTLENMESİ

Binanın sağ yan cephe duvarının önünde ve duvara bitişik olarak tasarlanan tek kollu beton merdiven, bodrum katı giriş kata bağlar ve giriş katı üst kata bağlayan merdivenin arkasında konumlandırılmıştır. Giriş kat ve üst katta tekrarlanan orta hol bodrum katta da aynen tekrarlanmıştır.

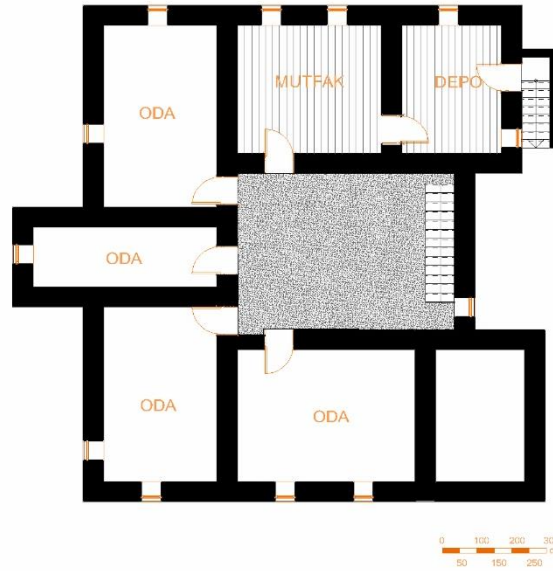
Bahçeden giriş katına yedi adet rıhtla ulaşılması, bodrum katta sokl niteliğinde kat oluşumuna ve kuranglez yapılmadan bu katta yer alan odaların birer kareye yakın dikdörtgen formlu pencere aracılığı ile doğal havalandırılması ve ışıklandırılmasına olanak vermiştir.

Aynı zamanda giriş katı altında oluşturulan hava boşluğu zemin rutubetinin giriş döşemesinden uzaklaştırılmasını sağlamıştır. Bodrum kat pencerelerinin bazıları tek kanatlı bazıları da çift kanatlı olarak tasarlandığı görülür.

Bu katta da orta holü sınırlayan duvarlarda konumlandırılan tek kanatlı ahşap kapılardan orta holün etrafında tasarlanan odalara geçilir. Orta holün bir kenarında tasarlanan tek kollu merdivenin altında, baş kurtarma mesafesi gözetilerek konumlanan tek kanatlı ahşap bir kapıdan evin dikdörtgen formlu esas mutfağına geçilir. Mutfakta evin inşa edildiği döneme ait özgün dökme mozaik tezgâhın bozulmadan günümüze kadar gelebildiği görülmektedir. Ancak tezgâhın solunda

yer alan ocağın ön cephesi sonradan tuğla ile örülerek ocağın bacası evin sonradan oluşturulan kalorifer bacasına dönüştürülmüştür. Özgününde bu mutfak bacası kış döneminde üst mekânların ısı konforuna katkı sağlamıştır.

Mutfağın bitişiğinde yer alan ve mutfağa bir kapı ile bağlanan kiler dış cephe duvarında yer alan ve iki basamaklı bir beton merdiven çıkılarak ulaşılan bir demir kapı aracılığıyla evin bahçesi ile ilişkilendirilmiştir. Dış cephede bu kapının açıldığı sahanlığa bağlanan ve evin sağ yan cephe duvarına bitişik olarak konumlanan tek kollu bir beton merdiven çıkılarak ulaşılan açık otoparka getirilen malzemeler yedi basamaktan oluşan bu merdiven ve demir kapı aracılığı ile kolaylıkla bodrum katın iç mekânına taşınabilmektedir.



Şekil 6. Bodrum Kat Planı, (Rölöve çizimleri Hatice Uçar arşivinden (2012))

5. KONUTUN İÇ MEKÂN ÖRGÜTLENMESİNİN CEPHE TASARIMINA GETİRİLERİ

Konutta giriş cephesi hariç diğer cephelere balkon, teras, kütle hareketi ve çıkmalar ile hareket kazandırılmaya ve cepheler zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Giriş cephesinde yer alan ve cephe duvarından dışarı taşırılan dairesel formlu kütle de yapının taşıdığı Erken Cumhuriyet Dönemi özelliklerinden bir diğeridir. Dört cephede de beden duvarlarının; çevresini dolanan tretuvarın hemen üstünden giriş katın taban döşemesinin cephedeki izi olan taş su basman silmesine kadar

olan yüzeyi düz kesme plak taş kaplamadır.

Müstakil konutun cephelerinin tamamı su basman kotundan saçak kotuna kadar çimento esaslı serpme sıva (edelputz) üzeri badanalıdır.

Cephelerde çatı saçağından tretuvara kadar devam ettirilen dörtgen kesitli saç yağmur oluklarının cephe yüzeyinden dışarı taşırılan profilli taş su basman silmesine rastlayan bölümünü geçmek için oluşturulan yarım daire biçimli saç detay, balkon korkuluklarını oluşturan soğuk demir işçiliği ürünü demirler ve iç mekânların güvenliğini sağlamak amacıyla dışarıdan pencere önlerine yerleştirilen demirlerin varlığı yapının cephelerine zengin bir görünüm kazandırdığı gibi, inşa aşamasında ne kadar özenli bir işçilikle yapıldığına ve evin sahibinin ekonomik durumunun oldukça iyi olduğuna da işaret etmektedir.

5.1. ÇİĞDEM SOKAK CEPHESİ

Bu cephenin sağ tarafında giriş katta bir teras ve bu terasın üstünde üst katta bir balkon yer alır. Cephenin sol yanında, yine giriş katta cephenin gerisinde dairesel formlu bir kütle bulunur. Kütlenin ön cephesinde konumlanan çift kanatlı demir kapı evin ana giriş kapısıdır. Kapının önünde yer alan ve giriş cephesine bitişik olarak tasarlanmış mermer kaplamalı merdiven bahçeden evin giriş kapısına ulaşımı sağlar. Kapıdan hemen sonra başlayan dairesel formlu duvarın üzerinde dar, uzun ve düşeyde dikdörtgen formlu pencereler yer alır. Bu dairesel formlu kütle, sokak cephesinde yer alan cumba ve arka bahçe cephesinde yer alan çıkmada da olduğu gibi üstte beton bir terasla sonlandırılmıştır. Üstteki önde, alttaki geride olarak düzenlenen ve iki bölümden oluşan, giriş katın taban döşemesinin cephedeki izi olarak kesintisiz devam eden taş su basman silmesi çıkmanın ve cephenin sağ yanında konumlanan terasın da dış cephelerinde taban döşemesinin izi olarak devam ettirilmiştir. Bu su basman silmesiyle cephedeki cumbayı üstte sonlandıran ve cumbanın cephesinde düzgün yatay bir hat oluşturan derin saçaklı beton tabliye, yine terasın dış çevresini sınırlayan soğuk demir işçiliği ürünü demir korkuluklar ve terasın üzerinde üst katta yer alan balkonun dış cephelerini sınırlayan parapet duvarının üzerinde konumlanan demir korkuluklar ve balkonun taban döşemesinin parapet duvarının üzerinde yer alan yatay izi ön cepheyi süsleyen ve cephede yatay bir etki yaratan başlıca öğelerdir.



Şekil 7. İbrahim Cumalı Evi Çiğdem Sokak ve Arka Cephesine ait çizim ve görseller (cephe rölövesi (2012) ve fotoğraflar Hatice Uçar arşivinden)

5.2. ARKA BAHÇE CEPHESİ

Giriş katın arka bahçe cephe duvarı üst katta, cephenin her iki yan tarafında simetrik olarak geriye çekilerek bu bölümde, cephenin her iki yanında simetrik olarak aynı boyutlarda dikdörtgen formlu birer balkon düzenlenmiştir. Üst katta bu iki balkonun arasında kalan cephenin orta bölümü giriş katın arka cephe duvarının üst katta devamı şeklinde olup çatı saçağına kadar devam ettirilmiştir. Balkonlar ön ve yan cephelerinde soğuk demir işçilikli demir korkulukla sınırlandırılmıştır. Üst katta bu her iki balkonun gerisinde konumlanan cephe duvarının orta aksı üzerinde, düşeyde dikdörtgen formlu birer büyük boyutlu pencerenin sol yanında üst katta yer alan banyoyu aydınlatan pencere yer alır. Üst katta arka bahçe cephesinin orta aksında dışa taşırılan masif bölüm, giriş katın arka bahçe cephe duvarının devamı şeklinde olup çatı saçağına kadar devam ettirilmiştir. Üst katta cephenin bu bölümünün orta aksında yer alan masif bölümde yan yana iki oda penceresi düzenlenmiştir.

5.3. GİRİŞ CEPHESİ

Konutun en hareketsiz cephedir. Cephede görülen tek hareket giriş holünün cephenin dışına taşan dairesel formlu uzantısı ile önünde konumlanan ve yapının sokak cephesine doğru devam eden mermer kaplamalı merdivenin varlığıdır.

Dışarıdan bakıldığında dairesel formlu giriş ögesi ve önünde konumlanan çift sahanlıklı merdiven bu cepheye sonradan eklenmiş intibayı yaratmaktadır. Sahanlıklardan biri yapıya esas giriş kapısının

önündedir. Diğeri ise merdivenin ilk üç basamağından sonra tasarlanmıştır. Cephede dairesel kütlenin sağında ve solunda giriş kata, üst kata ve sokl niteliğindeki bodrum kata ait birer pencere bulunur. Bodrum kata ve giriş kata ait pencerelerin önüne iç mekânların güvenliği nedeniyle soğuk demir işçilikli demir yerleştirilmiştir. Dairesel formlu giriş öğesinin duvarlarında aynı biçim ve aynı boyutlu dikdörtgen formlu üç pencere eşit aralıklarla yerleştirilmiştir.

Düşeyde üç eşit bölüme ayrıldığı görülen bu pencerelerin her birinde üst ve orta bölüm cam, alttaki tek bölümde doğramaya cam yerine demir plak yerleştirilmiştir. Bu bölümün bahçede dolaşıldığında evin içinin dışarıdan görülmemesi ve iç mekânların güvenliği nedeniyle demir plak kaplandığını düşündürmektedir.



Şekil 8. İbrahim Cumalı Evi Giriş Cephesi
(2012 yılına ait cephe rölövesi ve fotoğraflar Hatice Uçar arşivinden)

5.4. YAN BAHÇE CEPHESİ

Yapının en hareketli cephesidir. Cephenin sol kenarından başlayarak iki kez ve her defasında yaklaşık birer metre genişlikte dışarı taşırıldığı gözlenen kütle yan bahçe cephesine hareketli bir görünüm kazandırmıştır. Bu cephenin sol köşesinde konumlanan büyük teras cephede kesintisiz olarak cephenin sağ kenarına doğru devam ettirilmiştir. Teras; yapının mutfak bölümünde koridoru sınırlayan duvarın dışarıya taşırılmasıyla da sonlandırılmıştır. Terasın cephesinde devam eden beton sıvalı su basman silmesi yan bahçe cephesi boyunca da devam ederek yatay bir çizgi etkisi yaratmıştır. Cephe boyunca devam eden teras mermer basamaklı bir merdiven ile bahçeyle ilişkilendirilmiştir. Yapının giriş kat bölümünde terasın arka cephesinde yaşama mekanını aydınlatan büyük boyutlu bir pencere bulunmaktadır. Bu cephede terasın üst katında bir balkon yer alır. Balkonun taban döşemesinin izi ile balkonun dökme mozaik denizliği bu köşe balkonun

cephelerinde yatay bir etki yaratmıştır. Ayrıca balkonun taban döşemesinin izi üst katın taban döşemesinin iziyle birleşerek cephede yatay bir etki yaratmıştır. Balkonun ve altında yer alan terasın çevresini sınırlayan soğuk demir işçilikli demir korkuluk cepheyi süsleyen ve cephede yatay etki yaratan diğer öğelerdir. Yan bahçe cephesinin orta bölümünde giriş katta yan yana eşit aralıklarla yerleştirilmiş dört tane küçük, dikdörtgen formu ve tek bölümlü pencere yer alır. Bu dört pencerenin üzerinde ve bunlarla aynı düşey aksta konumlanan, aynı boyut ve aynı biçimli dört pencere daha yer alır. Bu iki sıra pencerenin arasında tek parça olarak yatayda devam eden ve dışardan bakıldığında sanki üst sırada yan yana konumlanan dört pencerenin denizliği olarak algılanan yatay bir beton eleman yer alır. Bu iki sıra pencereden alt sıradakiler evin giriş katında konumlanan tuvalet, lavabolu ön mekan ve bodrum katın merdiven kovanını aydınlatan pencerelerdir. Alt sırada konumlanan bu dört pencerenin önlerine iç mekanın güvenliği açısından demir ferforje yerleştirilmiştir. Üst sıradaki dört pencere ise: iç mekanda giriş kattan üst kata ulaşımı sağlayan merdiveni sınırlayan dış cephe duvarında konumlanan pencerelerdir.

Cephenin orta bölümü üst katta yan yana düzenlenmiş üç tane büyük pencere ve giriş katta iki sıra halinde yan yana yerleştirilen dört tane küçük pencere ile oldukça sade bir görünüm sunmaktadır. Cephenin bodrum kat bölümü üstte cephe boyunca devam eden ve giriş kat beden duvarından dışarı taşırılan teras sayesinde oldukça vurgulanmıştır. Ancak cephe ard arda düzenlenen küçük pencereler ile oldukça sade bir görünüm sunar. Cephenin sağ tarafı cephenin dışa taşan son bölümüdür. Bu bölümde aynı düşey aks üzerinde her katta birer pencere bulunur. Bu pencerelerden giriş kattaki büyük boyutlu oda penceresi, üst kat ve bodrum kat penceresi ise aynı boyut ve biçimde küçük birer penceredir. Cephenin sağ kenarı üst katta konumlanan balkonun parapet duvarı ve parapetin üstünde yer alan demir korkulukla sonlanır. Üst katta cephe iki köşesinde konumlanan birer balkonla sonlanmaktadır. Ancak üst katın tavan tabliyesi bu iki balkonun üstünü de örtmektedir. Balkonlardan soldaki geniş cephesi ile, sağdaki ise dar cephesi ile bu cepheye yönlendirilmiştir. Yapının tamamında balkonlar aynı parapet düzeninde tasarlanmıştır. Cephenin sağ bölümünde bodrum kat duvarında tek kanatlı bir demir kapı yer alır. Kapının önünde konumlanan sahanlıktan başlayan ve cephe duvarına bitişik olarak tasarlanan yedi basamaklı, mermer kaplamalı bir merdiven bodrum katı bahçeyle ilişkilendirmiştir.



Şekil 9.İbrahim Cumalı Evi Yan Bahçe Cehesi ve rölöve çizimi
(fotoğraflar Hatice Uçar arşivinden, 2012)

6. SONUÇ

Erken Cumhuriyet dönemi, hayatın her alanında yaşanan değişiklikleri içeren içselleştirme uğraşının mimariye yansıdığı bir süreç yaşanmıştır. Bu süreç, üç boyutlu olarak mimarideki değişimle izlenebilir. Cumhuriyet ideolojisinin yansımalarını, farklılaşan yapı tipleri, üsluplar, yapı programlarında gözlemleyebiliyoruz [9].

Yapıların iç mekan düzenlemelerinde, mekanlar işlevlerine göre biçimlendirilmiş ve ölçülendirilmiştir [10].

XX.yy ortalarında Balıkesir kenti merkezinde inşa edilen müstakil bir ev olan İbrahim Cumalı Evi, Erken Cumhuriyet Dönemi kültür mirası olarak aşağıda sunulan gerekçeler bağlamında kent belleğinde yer almalıdır.

Müstakil bir konut olan bina gerek plan şeması ile gerek cephe oluşumu ile geleneksel Türk evlerinin tasarım öğelerine atıfta bulunduğu özgün bir örnektir.

İnşa edildiği dönemin siyasi ve fiziksel koşullarının yansıması olan bu konut, XX. yy ortalarında kentin fiziksel gelişim ve değişiminin belgesi değerini taşır. Döneminin mekânsal örgütlenmesine bağlı oluşan cephe kurgusu, yaşamsal kurgunun verisi olan mekânsal değeri yanı sıra cephede yer alan bezeme ve düzenlemelerde karşılaşılan mimari eğilimin yansıması sonucu üslupsal değere sahiptir [11].

İncelenen dönem konutu, cumhuriyet sonrası dönemin kentsel dokusunda, yer aldığı cadde de ve sokak dokusunda yer alışı, kent duvarına katkısı ile kent tarihi ve görsel değeri, strüktürel

dayanıklılığı ile de fiziki değer taşır.

İbrahim Cumalı Evi fonksiyon ve çevreye yaklaşımı ile oluşan mimari sürekliliği sonucu değer kazanır. Mekânsal ve biçimsel kurgu ile bütünleşen yapısal sağlamlık, binanın özgün mimarisine değer katar. Özellikle geleneksel dokular içinde ve bir arada yer almaları ile de kentsel dokunun bileşeni oldukları gibi toplumun sosyo-kültürel değişimini de plan şemaları ile yansıtan binalardan olan bu konut yeniden kullanımda ekonomiktir ve sürdürülebilirliğin kentteki kültürel adreslerinden olacaktır.

Kentin fiziksel gelişim ve değişiminin belgesi değeri, 1983 tarihli Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'na ait yasa gereğince koruma kapsamı dışında kalan Erken Cumhuriyet Dönemi sonrasında inşa edilmiş konutlar Balıkesir kentinde de hızla yok olmaktadır. Bu nedenle 02/10/2010 tarihli 6159 sayılı karar ile koruma altına alınmıştır. Ancak binanın yeniden işlevlendirilmesinde, yapısal yıpranmaya neden olacak değişikliklere yönelinmiştir. Çalışma esnasında görülmüştür ki binanın cephelerinde tahribata neden olacak müdahaleler yapılmakta ayrıca bahçe sınırı içinde özgünlüğü bozacak oluşumlar gözlenmiştir.

Mekânsal değer; Orta sofalı plan tipinin kurgulandığı bina tasarımında, yaşam bu sofa ve etrafında kurgulanmıştır.

Kendisini çevreleyen mekânların fonksiyonlarında farklılaşma olduğundan sofa toplanma ve oturma mekânı olmak yanı sıra bir dağılım ve geçiş alanı özelliğini sürdürmüştür. Geleneksel konuta göre banyosu, tuvaleti, mutfağı evin içinde olan, buzdolabı gibi elektrikli ev aletleri için yer isteyen plan şemasına sahiptir. Konutun bölümleri her amaca hizmet edebilecek odalar yerine belirli fonksiyonları karşılayacak nitelikte tasarlanmıştır [12].

Erken Cumhuriyet Dönemi yapılarının bazı örneklerinde karşılaşılan dairesel köşe tasarımı bu yapıda giriş holünün sol yan cephe duvarından dışarıya taşırılan devamını sonlandıran dairesel duvar şeklindedir. Geleneksel Türk evlerinde odaların dolaplarında konumlanan banyo ile evin bahçesinde veya açık avlusunda konumlanan tuvalet, Erken Cumhuriyet Dönemi Evlerinde olduğu gibi bu yapıda da iç mekânda ve her biri ayrı bir mekân olarak yer alır. Geleneksel Türk evlerinde düz ahşap kirişlerle geçilen tavan döşemeleri ile ahşap rabıta kaplanan taban döşemeleri bu yapıda tavan döşemesinde yerini betonarme tabliyeye bırakmıştır.

Ancak taban döşemelerinde beton tabliyenin üstünün odalarda ve üst kat orta holünde yine ahşap rabıta ile kaplanması, Geleneksel Türk evlerinin taban döşeme kaplaması geleneğinin Erken

Cumhuriyet Dönemi evlerinde hala devam ettiğine işaret etmektedir.

Üslupsal değer; Geleneksel Türk evlerinin cephelerini süslemek amacıyla kat izlerinin cephedeki yansımaları olan ve ahşap kaplamalı cephelerde profilli ahşap olarak, kargir evlerde profilli taş olarak karşılaştığımız su basman silmesi, kat silmesi ve saçak silmesinin bu yapıda sadece giriş katın cephelerinin tamamında su basman silmesi olarak yer aldığı görülür.

Yapıda üst katta ve giriş katta yer alan odaların dış cephe duvarlarına açılan düşeyde dikdörtgen formlu pencerelerin boyutlarının geleneksel Türk evlerinin üst katlarında yer alan odaların pencereleriyle aynı form ve aynı nispette olduğu gözlenmektedir.

Evin giriş katında sokak cephesinde yer alan cumba ve arka bahçe cephesinin orta aksında konumlandırılan çıkma da geleneksel Türk evlerinin tasarım programında yer alan cephe hareketinin bu yapıda devam ettirilen izidir.

Geleneksel Türk evlerinde yaşama mekânları üst katın, servis mekânları ise giriş katının tasarım programını oluştururken bu yapıda yaşama mekânları üst katın tasarım programının tamamını, giriş katın tasarım programının büyük bir bölümünü, servis mekânları da giriş katın tasarım programının bir bölümünü ve bodrum katın tasarım programının tamamını oluşturmuştur.

Giriş katın tasarım programında yaşama mekânlarının yer alması nedeniyle bu mekânlar büyük boyutlu pencerelerle dışa açılmışlardır. Ayrıca bu yapının konut mimarisine getirdiği bir başka yenilik de yapıya dışarıdan bakıldığında yaşama bölümü, odaların ve ıslak hacimlerin; pencere boyutu ve düzeniyle anlaşılabilmesidir. Yapının tamamında her odaya aynı biçim ve aynı boyutlu tek tip pencere açılmıştır. Giriş katta konumlanan yaşama mekânının sokak cephesini oluşturan cumba cephesine ve terasa bakan yan cephesine hemen hemen cephenin tamamını kaplayan büyük pencere yerleştirilerek hatta terasa bakan pencere camlı kapılı tasarlanarak evin yaşama bölümü bahçe ve çevreyle doğrudan ilişkilendirilmiştir.

Konutun taş ve harman tuğlasından, kalıcı malzemeler ile inşa edilmesi, yapım sisteminin strüktürel dayanıklılığını getirmiş ve bu açıdan konut fiziki değer kazanmıştır. Bodrum katının taş duvar, giriş ve üst katın yığma kargir olması, döşemelerin ve tavanların betonarme plak olması, binanın fiziki sağlamlığını arttırmaktadır. Deprem sıklığı yaşandığı ülkemizde, binanın gerek az katlı olması, gerekse yapım sisteminin sağlamlığı, konutun fiziki değerini arttırmaktadır.

Taşınmaz kültür varlığı olarak değer taşıyan İbrahim Cumalı Evi, modernleşme yolunda toplumsal olarak sarf edilen sürecin bir belgesidir. Bu nedenle gelecek kuşaklara aktarılması gerekli sosyo-

kültürel, ekonomik, siyasi ve mekânsal değerlere sahip ve geleceğe aktarılması gerekli görsel ve mekânsal bir belge olarak, sürekliliği gözetilerek, Balıkesir kentimizde yaşatılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Franck, O. A. (2010). “Bir Modernlik Arayışı: Ernst Egli ve Türkiye (1927-1940) Cumhuriyet’in Mekanları Zamanları İnsanları” (Derleyenler Elvan Altan Ergut ve Bilge İmamoğlu) Dipnot Yayınları 82,1. Baskı Ankara, ISBN 978-975-9051-88-4, s: 253.
- [2] TCBA, N.030, 18.01) “Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Arşivi”, Cumhuriyet Arşivi, Ankara, n.030. 18. 01.
- [3] Güney, Y., Uçar, H. (2007) “Küreselleşme Ve Arada Kalan Kentler: Balıkesir Örneği.” Kent Kültür Konut Sempozyum” (14-16 Aralık 2007) İstanbul, s.128-134.
- [4] Çetin, S., (2010). “Kimlik Arayışında Arkitekt Dergisinin Konut Söylemi ve Uygulamalar” Cumhuriyet’in Mekanları Zamanları İnsanları’ (Derleyenler Elvan Altan Ergut ve Bilge İmamoğlu) Dipnot Yayınları 82,1. Baskı Ankara, ISBN 978-975-9051-88-4, s:239-240; s.244.
- [5] Batur, A., (1984). “Cumhuriyet Döneminde Türk Mimarlığı” Cumhuriyet Dönemi Türkiye Ansiklopedisi, İstanbul, İletişim Yayınları.
- [6] Aslanoğlu, İ., (2010). “1930’lar Türk Mimarisinde Erken Modernizm” Cumhuriyet’in Mekanları Zamanları İnsanları” (Derleyenler Elvan Altan Ergut ve Bilge İmamoğlu) Dipnot Yayınları 82,1. Baskı Ankara, ISBN 978-975-9051-88-4, s:28.
- [7] Kaprol, T., (2000). “Bursa’da 1930-1950 Yıllarında İnşa Edilmiş Konutların Cephe Özelliklerinin Değerlendirilmesinde Tipolojik Bir Yöntem Denemesi” Yayınlanmamış, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Programında hazırlanmış doktora tezi
- [8] Eruzun, C., (1985). “Kültürel Süreklilik İçinde Türk Evi”. Mimarlık IV, İstanbul.
- [9] Aslanoğlu, İ., (2001). Erken Cumhuriyet Dönemi Mimarlığı 1923-1938, ODTÜ Mimarlık Fak.Yayınları ISBN 975-429-169-1 s.112-114.
- [10] Batur, A., (1998). “1925-1950 Döneminde Türk Mimarlığı” Sey Yıldız (der.) ’75 Yılda Değişen Kent ve Mimarlık’ içinde. İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları, s:209-234.



[11] Polat Omay, E., (2010) “Erken Cumhuriyet Dönemi Yapılarını Koruma Sorunları Cumhuriyet’in Mekanları Zamanları İnsanları” (Derleyenler Elvan Altan Ergut ve Bilge İmamoğlu) Dipnot Yayınları 82,1. Baskı Ankara, ISBN 978-975-9051-88-4,s:268.

[12] Bozdoğan, S., (2001) “Modernizm ve Ulusun İnşası” (Çev: Birkan T) Metis Yayınları, İstanbul, ISBN-13: 978-975-342-375-5.

RADYOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ VE SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARI KULLANILARAK OMUZ PROTEZLERİNİN ÜRETİCİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ebru Efeoğlu¹, Gürkan Tuna^{2*}

¹ İstanbul Gedik Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, İstanbul

² Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler MYO, Edirne

Öz

Omuz protezlerinin zamanla farklı nedenlerden dolayı bakımının yapılması ya da değiştirilmesi gerekebilir. Bu bakım işlemleri yine ameliyatlara yapılır. Farklı türlerde ve farklı üreticiler tarafından üretilmiş omuz protezleri bulunmaktadır ve her birinin çıkarılmasında ve bakımının yapılmasında farklı ekipmanlar kullanılması gereklidir. Protez türü ile ilgili yeterli bilginin sağlanamadığı durumlarda bazı sorunlar ile karşılaşılabilir. Radyografi görüntülerinin görsel muayenesi ve karşılaştırılmasının uzmanlar tarafından yapılması hem yorucudur hem de süreci uzatır. Ameliyattan önce doğru donanım ve prosedürlerin seçilmesi için ameliyatı gerçekleştirecek olan cerraha bilinmeyen protezleri tanımda yardımcı olacak, hızlı ve yüksek doğruluk oranına sahip bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada 3 farklı üreticiye ait omuz protezlerinin radyografi görüntülerinden tanınması için 12 farklı sınıflandırma algoritması kullanılmış ve bu algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. K-En Yakın Komşu algoritmasının diğer algoritmalara göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Radyografi görüntülerinden protez tanımda bu algoritmanın kullanılmasının doğru tercih olacağı ve diğer protez türlerini tanımda da kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Omuz protezleri, Radyografi görüntüleri, Sınıflandırma algoritmaları, K-en yakın komşu algoritması, Performans analizi

DETERMINATION OF MANUFACTURERS OF SHOULDER PROSTHESES USING RADIOGRAPHY IMAGES AND CLASSIFICATION ALGORITHMS

Abstract

Shoulder prostheses may need to be maintained or replaced over time for different reasons. These maintenance procedures are also performed by surgeries. There are different types of shoulder prostheses produced by different manufacturers, and different equipment is required to remove and care for each. In cases where sufficient information about the prosthesis type cannot be provided,

Sorumlu Yazar: Gürkan TUNA, gurkan@trakya.edu.tr

some problems may be encountered. Visual examination and comparison of radiographic images by experts is both tiring and prolonged. In order to select the correct equipment and procedures before surgery, a fast and highly accurate solution is needed to assist the surgeon who will perform the operation in identifying unknown prostheses. In this study, 12 different classification algorithms were used to identify shoulder prostheses from 3 different manufacturers from radiographic images and the performances of these algorithms were compared. It has been observed that K-Nearest Neighbor algorithm performs better than other algorithms. It is thought that this algorithm will be the right choice for prosthesis recognition from radiography images and can be used to identify other prosthesis types.

Keywords: Shoulder prostheses, Radiography images, Classification algorithms, K-nearest neighbor algorithm, Performance analysis

1. GİRİŞ

Özellikle yaşlılarda kemik kırılabilirliği artmaktadır. Eklemlerdeki kırılma veya deformasyon durumlarında en iyi tedavi yöntemlerinden biri protez takma ameliyatlarıdır [1, 2]. Fakat bu protezlerde zamanla meydana gelebilecek hasarlar hastada acıya neden olmaktadır. Bunun tedavisi için yapılması gereken protezlerin bakımının yapılması veya değişimidir. Çeşitli protezler bulunmaktadır ve protezlerin revizyon oranı artmaktadır [3, 4]. Hasarlı omuz ekleminin protez ile değiştirildiği ameliyat türüne Total Omuz Artroplastisi (TOA) adı verilir. Revizyon cerrahisinin başarısı, mevcut protezler hakkındaki tip ve boyut gibi bilgilerin tespitine bağlıdır.

Radyografi görüntülerinden tespit ve sınıflandırma yapabilmek için farklı algoritmalar denenmiştir. Örneğin radyografi görüntülerinden diz osteoartritini tespit etmek için görüntü işleme ve sınıflandırma tekniklerine dayalı bir algoritma önerilmiştir [5]. Şablon eşleştirme [6] ve görüntü işleme [7] teknikleri kullanılarak radyografi görüntülerinde diz protezi modellerinin tanımlaması yapılmıştır. Fakat kontrast ayarı, gürültü vb. nedenlerden dolayı şablon eşleştirme yönteminde olumlu sonuçlar alınamamıştır. Öte yandan, makine öğrenmesine dayalı yöntemler daha pratik olup, yüksek doğruluğa sahip sonuçlar vermektedir. Literatürde K-En Yakın Komşu (K-EYK) [8], Destek Vektör Makinesi (DVM) [9], Naive Bayes (NB) [10], Lojistik Model Ağacı (LMA) [11], Ekstra Ağaç (EA) [12] ve Hoefding Ağacı (HA) [13] da dahil olmak üzere birçok makine öğrenmesi yöntemi bulunmaktadır ve bu yöntemler radyografi görüntülerinden sınıflandırma yaparken kullanılabilir.

Makine öğrenme algoritmaları insan kemik röntgen görüntülerinden kırık tespitinde [14], omurga

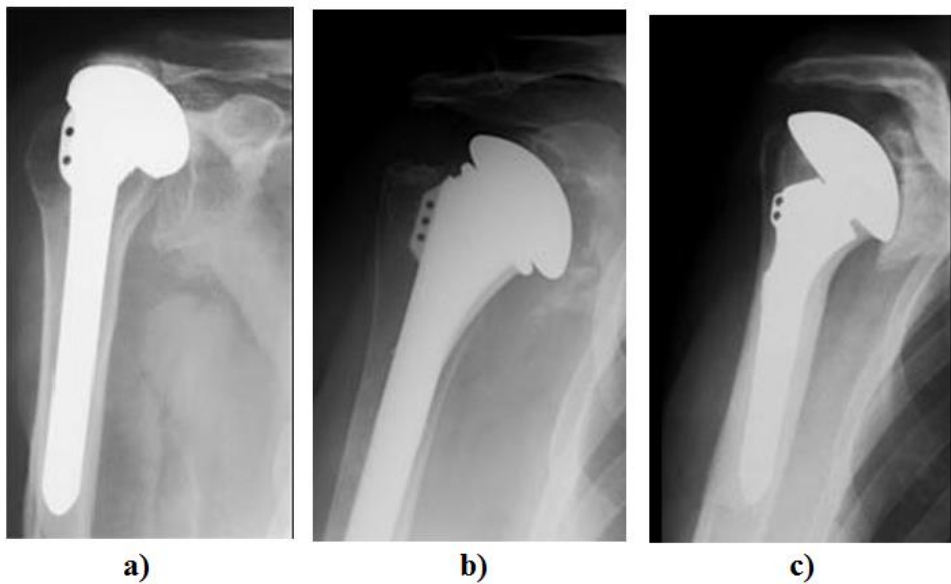
röntgen görüntülerinden kemik yoğunluğunu tahmin etmede [15], kalça protezi tanımada [16], farklı diş implant markalarının doğruluğunu sınıflandırmada [17], diz osteoartritinde [18] kullanılmıştır. Kotti, insan yürüyüşünün karmaşıklığı ve diz osteoartriti incelediği bir çalışmada NB algoritmasını kullanmıştır [19]. Geçmişte omuz protezlerinin sınıflandırılmasında Hough dönüşümü [20] yöntemi yaygın olarak kullanılmıştır. Son yıllarda, omuz protezlerinin sınıflandırılması için bölümlenme tabanlı bir algoritma kullanılmıştır [21]. TOA modellerini saptamada ve tanımlamada Derin Evrişimli Sinir Ağlarının performansını geliştirmek ve değerlendirmek için de çalışmalar yapılmıştır [22, 23]. Bu makalede farklı üreticilere ait omuz protezlerinin radyografi görüntülerinden tanınması için en popüler makine öğrenme yöntemleri kullanılmış ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, çalışmada kullanılan veri seti, sınıflandırma algoritmaları ve performans metrikleri hakkında bilgiler verilmektedir.

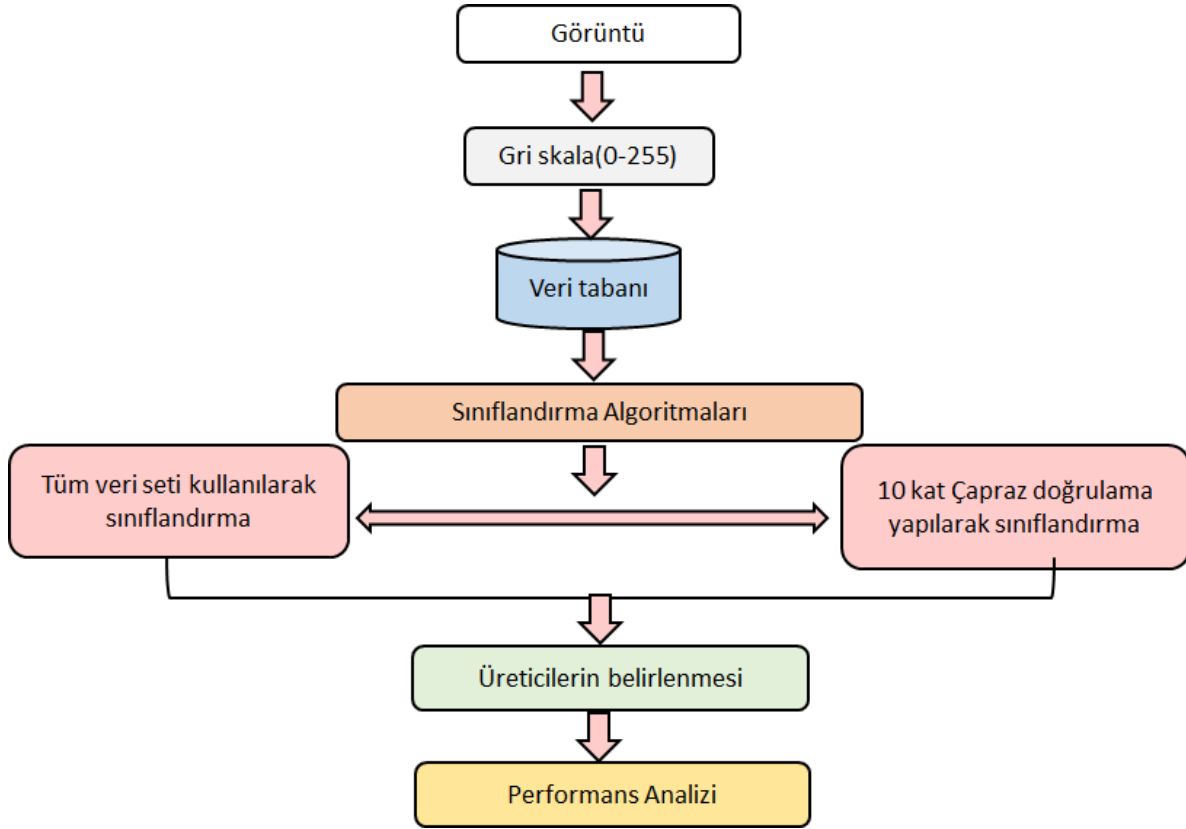
2.1. Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan veri seti, farklı üreticiler tarafından üretilmiş omuz protezlerine ait 349 adet radyografi görüntüsünden oluşmaktadır. Veri setinde 67 adet Cofield, 239 adet Depuy ve 43 adet Zimmer tarafından üretilmiş omuz protezlerine ait görüntüler bulunmaktadır. Şekil 1’de veri setinden temsili örnek radyografi görüntüleri gösterilmektedir.



Şekil 1. Veri seti örnekleri a) Cofield b) Depuy c)Zimmer

Bu görüntüler, en yüksek değer 255 ve en düşük değer ise 0 olacak şekilde gri tonlamalı görüntüye dönüştürülmüş ve bu değerler sınıflandırma algoritmalarında kullanılmıştır. Yöntemin akış diyagramı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Sınıflandırma çalışmasının akış diyagramı

2.2. Sınıflandırma Algoritmaları

NB: Bu yöntemde, bir test veri kümesinden bir verinin doğru sınıfını bulma olasılığı, o sonucu etkileyen tüm faktörlerin olasılıklarının çarpılması ile hesaplanır [24]. Bu hesaplamalar sonucunda, test verilerinin sınıfı belirlenir [24].

DVM: DVM, istatistiksel öğrenme teorisi alanındaki bir yöntem olup, bir düzlemde bulunan örnekler arasına bir sınır çizerek örnekleri iki gruba ayırır [9]. İlgili sınırın çizileceği yer, iki grubun üyelerine en uzak olan yer olup, iki gruba da yakın ve aynı zamanda birbirine paralel olan iki çizgi çizilir ve bu çizgiler birbirine yaklaştırılarak sınır çizgisi elde edilir. DVM, veriyi birbirinden ayırmak için en uygun fonksiyonun tahmin edilmesine dayanır.

Sıralı Minimal Optimizasyon Algoritması (SMO): DVM ve Karesel Programlama (KP) problemini ekstra matris alanı ve nümerik KP optimizasyon adımları kullanmadan hızlıca çözebilen bir algoritmadır [25]. SMO yakınsamayı koruyarak Osuna teoremi yoluyla tüm KP problemlerini alt problemlere ayrıştırmaktadır. SMO her adımda en küçük optimizasyon problemini çözmeyi seçmektedir. Lagrange çarpanları lineer eşitlik kurallarına uymak zorunda olduğundan standart DVM KP problemi için en küçük optimizasyon problemi iki Lagrange çarpanı içermektedir. Her adımda SMO iki Lagrange çarpanını birlikte optimize ederek bu çarpanlar için en iyi değeri bulmaktadır ve DVM’i yeni en iyi değerleri yansıtarak güncellemektedir.

K-EYK Algoritması: Öznitelik uzayındaki en yakın eğitim örneklerine dayanarak nesnelere sınıflandırmayı amaçlar. K-EYK algoritmasında test edilecek örnek, eğitim kümesindeki her bir örnek ile tek tek işleme alınır. Test edilecek örneğin sınıfını tespit etmek için eğitim kümesindeki ilgili örneğe en yakın k adet örnek seçilir. Seçilmiş olan örneklerden oluşan küme içerisinde hangi sınıfa ait en çok örnek varsa test edilen örnek bu sınıfa aittir. Örnekler arası uzaklıklar farklı uzaklık ölçütleriyle belirlenebilmekte olup, sıklıkla Öklid (*Euclidean*) uzaklığı tercih edilir.

K^* Algoritması: Algoritma, test veri setinde bulunan, özneteliği bilinmeyen bir örneğin, veri tabanı içerisinde daha önceden sınıflandırılmış ama ortaya çıkmamış gizlide kalmış olan eğitim veri setindeki örnekler ile karşılaştırılması esasına dayanır [26].

Doğrusal Ayrıcılık Analizi (DAA): Matematiksel olarak DAA sınıf içi ve sınıf içi değişkenlik oranını maksimuma çıkarır. DAA, sınıflar arasında ayırım yapmak için özellik alanındaki bir hiper düzlemi temsil eden verilen sınıflar arasında doğrusal bir karar bölgesi çizer. Sınıf sayısının ikiden büyük olması durumunda, birden fazla doğrusal düzlem çizilecektir [27].

REPTree Algoritması: İlk olarak Quinlan tarafından önerilen bu algoritmada [28] regresyon ağacı mantığı kullanılmaktadır. Bu mantıkla farklı yinelemelerde birçok ağaç oluşturulmakta ve daha sonra oluşturulan bu karar ağaçları arasından en iyi ağaç seçilmektedir. Kısaca, REPTree varyansdan kaynaklanan hatayı en aza indirme ilkesine ve entropi ile bilgi kazanımına dayanmaktadır [29].

Rastgele Model Ağaçlar (RMA) Algoritması: Bu algoritma özellikle büyük miktarda verilerin sınıflandırılmasında gösterdiği iyi performans nedeniyle tercih edilmektedir. Algoritma tek bir karar ağacı üretmek yerine her biri farklı eğitim kümelerinde eğitilmiş olan çok sayıda karar ağacını birleştirmektedir [30].

CART Algoritması: Bu algoritmada karar ağaçları, her bir karar düğümünün çeşitli ayrılma kriterleri kullanılarak iki farklı dala ayrılmasıyla oluşturulmaktadır [31].

LMA Algoritması: Bu algoritma, ağacın her düğümünde bir lojistik regresyon modeli üretmek için LogitBoost algoritması kullanır. Daha sonra düğümler C4.5 kriterleri kullanılarak bölünür [32].

EA Algoritması: Algoritma, birden fazla ilişkisiz karar ağacının sonuçlarını bir araya getiren bir toplu öğrenme tekniğidir. RMA algoritmasına benzerlik göstermektedir. Her karar ağacı, orijinal eğitim örneğinden oluşturulur. Daha sonra, her test düğümünde, Her ağaç, her bir karar ağacının verileri Gini İndeksine göre bölünür. En iyi özelliği seçmesi gereken özellik kümesinden rastgele bir k özellik örneği ile sağlanır. Bu rastgele özellik örneği, birden çok ilişkisiz karar ağacının oluşturulmasına yol açar.

HA Algoritması: Bu algoritma ilk olarak Hulten ve ark. tarafından ileri sürülmüştür [33]. HA algoritması, karar ağacının her bir düğümünde, düğümün nasıl parçalanacağına ilişkin kararı verebilmek için Hoefding sınırı olarak bilinen istatistiksel bir değeri kullanır. Her bir örneği en çok bir kez okur ve uygun bir zaman aralığında işler [33].

2.3. Performans metrikleri

Algoritmaların sınıflandırma performansını karşılaştırmak için kullanılan bazı performans ölçütleri vardır. Bu ölçümler, belirli bir sınıflandırma probleminde hangi sınıflandırma algoritmasının daha iyi performans sergilediğini gösterir. Sınıflandırma yapıldığında dört farklı durum söz konusudur. Bu durumlar aşağıda belirtildiği şekilde açıklanabilir.

- *DP (Doğru pozitif)* gerçek durum pozitifken test sonucunun pozitif olması,
- *YP (Yanlış pozitif)* gerçek durum negatifken test sonucunun pozitif olması,
- *DN (Doğru negatif)* gerçek durum negatifken test sonucunun negatif olması,
- *YN (Yanlış negatif)* gerçek durum pozitifken test sonucunun negatif olması durumunu ifade etmektedir.

Bu durumlar birçok sınıflandırma ölçütünde kullanılarak ölçüt değerleri hesaplanır ve bu ölçütlerle sınıflandırma performans değerlendirme yapılır [34]. Sıklıkla kullanılan performans ölçütleri bu çalışmada kullanılmıştır.

Doğruluk: Doğru sınıflandırılmış numunelerin toplam örnekleme oranını veren bir ölçüttür.

Sınıflandırma algoritmasının doğruluk oranı denklem (1) kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad (1)$$

Sınıflandırma algoritmasının tüm tahminleri sayıca fazla olan sınıftan yapması durumunda, algoritma neredeyse hiçbir şey öğrenmediği halde doğruluk oranı yüksek çıkabilir. Bu nedenle sadece doğruluk ölçütüne bakılarak performans değerlendirmesi yapmak yeterli değildir [35].

Kesinlik: Tahmin edilen sınıftaki örneklerin gerçekten kaç o sınıfta sorusuna verilen cevaptır. Düşük kesinlik değeri, birçok yanlış pozitifin bir göstergesi olarak da düşünülebilir [36]. Denklem (2) kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{DP}{DP+YP} \quad (2)$$

Duyarlılık: Tespit edilmek istenen sınıfı doğru tespit etme oranıdır. Doğru pozitif değerinin doğru pozitif ile yanlış negatif toplamına oranıdır (3).

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP+YN} \quad (3)$$

Yüksek kesinlik ve duyarlılık değerlerine sahip bir sınıflandırma algoritması iyi bir sınıflandırma yapmış demektir. Bu ölçütler 0 ile 1 arasında değer alırlar ve ölçütlerin 1'e yakın bir değer alması sınıflandırmanın başarısının yüksek olduğunu göstermektedir.

F1 skoru: Kesinlik ve duyarlılık arasında bir denge aranması gerektiğinde veya eşit olmayan bir sınıf dağılımı olduğunda kullanımı faydalı olan bir ölçüttür. Bu ölçüt kesinlik ve duyarlılık ölçütlerinin harmonik ortalaması alınarak hesaplanır (4).

$$F1 \text{ skoru} = 2 \times (\text{Duyarlılık} \times \text{Kesinlik}) / (\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik}) \quad (4)$$

Kappa: Gerçek durum ve tahmin edilen durumun ne kadar uyumlu olduğunu gösterir. Kappa istatistik değeri -1 ile +1 arasında değişen değerler alır. Kappa değeri 1 olması mükemmel uyumun var olduğu anlamına gelir. Bu nedenle Kappa değeri 1'e ne kadar yakınsa algoritma o kadar iyi bir sınıflandırma yapmıştır. Denklem (5) kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Kappa} = \frac{P(a)-P(e)}{1-P(e)} \quad (5)$$

Burada, P(a) algoritmanın doğruluğunu P(e), aynı veri kümesinde rastgele tahminler yapan algoritmanın beklenen doğruluğunun ağırlıklı ortalamasını ifade eder.

Kök Ortalama Karese Hata (KOKH): Algoritmaların ne kadar hata ile sınıflandırma yaptığını gösterir. a tahmini değerleri, b ise gerçek değerleri temsil ettiğinde KOKH değeri denklem (6) kullanılarak hesaplanır.

$$KOKH = \sqrt{\frac{(a_1 - b_1)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2}{n}} \quad (6)$$

ROC Eğrisi Altında Kalan Alan (AUC): ROC eğrisinde, yatay eksen yanlış pozitif oranı (YPO)'nı, düşey eksen ise doğru pozitif oranı (DPO)'nı gösterir. Bu eğrinin altında kalan alan (AUC) sınıflandırma ölçütü olarak kullanılır. Alanın mümkün olduğunca 1'e yakın bir değer çıkması istenir. Sırasıyla YPO ve DPO oranı denklem (7) ve denklem (8) kullanılarak hesaplanır.

$$YPO = \frac{YP}{YP+DN} \quad (7)$$

$$DPO = \frac{DP}{DP+YN} \quad (8)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Veri setinde bulunan 3 farklı üreticiye ait 349 tane omuz protezinin radyografi görüntüleri bulunmaktadır. Bu görüntülerden omuz protezinin hangi üreticiye ait olduğunun tespiti 12 farklı algoritma kullanılarak yapılmıştır. Algoritmaların hem çapraz doğrulama yapılmadan eğitim setinin kullanılması sonucunda yapılan sınıflandırmadaki performansları hem de çapraz doğrulama sonrası performansları karşılaştırılmıştır. algoritmaların yanlış ve doğru tahmin ettikleri protez sayılarını gösteren hata matrisleri Şekil 3'te verilmiştir. Bu matrislerde Cofield sınıfı (C), Depuy sınıfı (D) ve Zimmer sınıfı (Z) ile gösterilmiştir. Matrislerin köşegen değerleri yeşil renkli kutularda verilmiştir. Bunlar algoritmaların doğru tahmin ettikleri protez sayılarını ifade etmektedir. Çapraz doğrulama yapılmadan önce tüm eğitim setinin kullanıldığı sınıflandırmada, Şekil 3'te gösterildiği gibi NB, DAA, DVM, SMO [37], K-EYK, K*, EA, HA, LMA, RMA, REPTree [38] ve CART [39] algoritmalarının her sınıfa ait yanlış tahmin edilen protezleri bulunmaktadır.

		NB						DAA						DVM			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z			
	C	31	30	6		C	29	34	4		C	60	7	0			
	D	28	191	20		D	12	216	11		D	0	239	0			
	Z	4	19	20		Z	3	20	20		Z	0	5	38			
		SMO						K-EYK						K*			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z			
	C	1	66	0		C	67	0	0		C	67	0	0			
	D	0	239	0		D	0	239	0		D	0	239	0			
	Z	0	43	0		Z	0	0	43		Z	0	0	43			
		EA						HA						LMA			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z			
	C	67	0	0		C	31	31	5		C	19	47	1			
	D	0	239	0		D	33	187	19		D	5	230	4			
	Z	0	0	43		Z	3	17	23		Z	2	34	7			
		RMA						REPTree						CART			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z	Gerçek		C	D	Z			
	C	67	0	0		C	21	44	2		C	29	35	3			
	D	0	239	0		D	5	230	4		D	3	234	2			
	Z	0	0	43		Z	2	26	15		Z	2	26	15			

Şekil 3. 10 kat çapraz doğrulama öncesinde hata matrisleri

Tablo 1. 10 kat çapraz doğrulama öncesinde performans metrikleri

Algoritma	Sınıf	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skoru	AUC	Kappa
NB	Cofield	0,492	0,463	0,477	0,815	0,3588
	Depuy	0,796	0,799	0,797	0,768	
	Zimmer	0,435	0,465	0,449	0,826	
DAA	Cofield	0,659	0,433	0,523	0,829	0,445
	Depuy	0,800	0,904	0,849	0,801	
	Zimmer	0,571	0,465	0,513	0,840	
DVM	Cofield	1,000	0,896	0,945	0,948	0,9254
	Depuy	0,952	1,000	0,976	0,945	
	Zimmer	1,000	0,884	0,938	0,942	
SMO	Cofield	1,000	0,015	0,029	0,649	0,0135
	Depuy	0,687	1,000	0,814	0,505	
	Zimmer	---	0	---	0,700	
K-EYK	Cofield	1	1	1	1	1
	Depuy	1	1	1	1	
	Zimmer	1	1	1	1	
K*	Cofield	1	1	1	1	1
	Depuy	1	1	1	1	
	Zimmer	1	1	1	1	
EA	Cofield	1	1	1	1	1
	Depuy	1	1	1	1	
	Zimmer	1	1	1	1	
HA	Cofield	0,463	0,463	0,463	0,813	0,3625
	Depuy	0,796	0,782	0,789	0,764	
	Zimmer	0,489	0,535	0,511	0,825	
LMA	Cofield	0,731	0,284	0,409	0,760	0,2821
	Depuy	0,740	0,962	0,836	0,766	
	Zimmer	0,583	0,163	0,255	0,820	
RMA	Cofield	1	1	1	1	1
	Depuy	1	1	1	1	
	Zimmer	1	1	1	1	
REPTree	Cofield	0,750	0,313	0,442	0,740	0,3879
	Depuy	0,767	0,962	0,853	0,725	
	Zimmer	0,714	0,349	0,469	0,728	
CART	Cofield	0,853	0,433	0,574	0,735	0,4855
	Depuy	0,793	0,979	0,876	0,735	
	Zimmer	0,750	0,349	0,476	0,742	

Tablo 1’de görülebileceği gibi kesinlik ve duyarlılık değerleri değişkenlik göstermektedir. K-EYK, K*, EA ve RMA algoritmaları tüm sınıflara ait protezlerin tamamını doğru tahmin ettikleri için kesinlik ve duyarlılık değerleri 1 tam puan almıştır. DVM algoritmasında Depuy olarak tahmin edilenlerin tamamı gerçekte Depuy sınıfına ait olduğu için duyarlılık 1 değerini almıştır. DVM algoritması gerçekte Cofield sınıfına ait olan 7 tane protezi, Zimmer sınıfına ait 5 tane protezi ise doğru tespit edemediğinden sırasıyla Cofield sınıfı için duyarlılık değeri 0,89 ve Zimmer sınıfı için duyarlılık değeri 0,88 olmuştur. DVM algoritmasının Cofield ve Zimmer sınıfında olduğunu tahmin ettiklerinin hepsi gerçekte Cofield ve Zimmer sınıfında olduğundan Cofield ve Zimmer sınıfları için kesinlik değerleri 1 olarak hesaplanmıştır. SMO algoritması ise, Cofield sınıfına ait hiçbir protezi doğru tespit edemediği için duyarlılık değeri 0’dır ve kesinlik değeri ise hesaplanamamıştır. Aynı zamanda en düşük AUC ve Kappa değeri de SMO algoritmasına aittir. Bu durumda en kötü performansı sergilen algoritmanın SMO algoritması olduğu ifade edilebilir. En iyi performansı sunan algoritmalar ise kesinlik, duyarlılık, F1 skoru, AUC ve Kappa değeri 1 tam puan alan K-EYK, K*, EA ve RMA algoritmalarıdır.

Sınıflandırıcıların 10 kat çapraz doğrulamalı performans değerlendirmeleri yapıldığında, Şekil 4’teki hata matrislerinden DVM ve SMO algoritmalarının Zimmer sınıfını tanımada yine başarısız olduğu ve Zimmer sınıfına ait hiçbir protezi tanımadıkları görülmektedir. Çapraz doğrulama yapılmadan önce bütün protezleri doğru tahmin eden K-EYK, K*, EA ve RMA algoritmaları aynı başarıyı çapraz doğrulamada gösterememişlerdir. K-EYK algoritması yine tüm algoritmalar arasından en fazla doğru sınıflandırma yapan algoritma olmuştur. K-EYK algoritmasının doğru sınıflandırdığı protez sayısı 260, yanlış sınıflandırdığı protez sayısı ise 89’dur. Her sınıfa ait doğru ve yanlış sayıları göz önünde bulundurulursa, K-EYK algoritması 67 tane Cofield sınıfına ait protezden 27 tanesini doğru tahmin etmiş, 34 tanesinin Depuy ve 6 tanesinin ise Zimmer sınıfında olduğunu tahmin etmiştir. 239 tane Depuy sınıfına ait protezden 217 tanesini doğru tahmin etmiş, 14 tanesinin Cofield ve 8 tanesinin ise Zimmer sınıfında olduğunu tahmin etmiştir. Zimmer sınıfındaki protezleri tespit ederken 43 protezden 16 tanesini doğru sınıflandırmış fakat 4 tane protezi Cofield ve 23 tanesini ise Depuy olarak sınıflandırmıştır. Bu nedenle, K-EYK algoritması en yüksek kesinlik ve duyarlılık değerlerini Depuy sınıfında elde etmiştir. K-EYK algoritmasının diğer performans metriklerine bakıldığında ortalama metrik değerlerinin diğer algoritmalarından daha yüksek olduğu görülmektedir. K-EYK ayrıca en yüksek Kappa değerine erişmiş algoritmadır. DVM ve SMO algoritmaları özellikle Zimmer sınıfının tespitinde başarılı olamamışlardır. Bu

algoritmaların Zimmer sınıfına ait doğru tespit ettikleri protez sayıları 0'dır. Dolayısıyla, Zimmer sınıfının duyarlılık değerleri 0 ve kesinlik değerleri ise hesaplanamamıştır. 10 kat çapraz doğrulama sonrasında elde edilen performans metriklerinin tümü Tablo 2'de listelenmektedir.

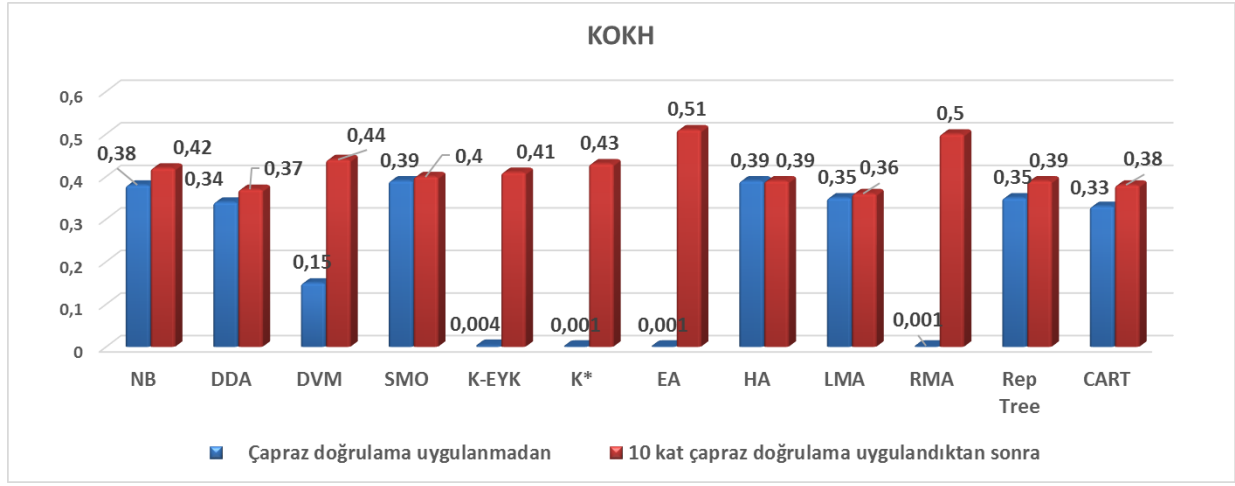
		NB						DAA						DVM			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
			C	D	Z				C	D	Z				C	D	Z
Gerçek	C	25	37	5	Gerçek	C	23	38	6 <th rowspan="4">Gerçek</th> <th>C</th> <td>5</td> <td>62</td> <td>0</td>	Gerçek	C	5	62	0			
	D	33	184	22		D	17	208	14		D	0	239	0			
	Z	5	21	17		Z	5	20	18		Z	0	43	0			
		SMO						K-EYK						K*			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
			C	D	Z				C	D	Z				C	D	Z
Gerçek	C	2	65	0	Gerçek	C	27	34	6	Gerçek	C	23	39	5			
	D	0	239	0		D	14	217	8		D	24	204	11			
	Z	0	43	0		Z	4	23	16		Z	6	29	8			
		EA						HA						LMA			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
			C	D	Z				C	D	Z				C	D	Z
Gerçek	C	22	38	7	Gerçek	C	0	67	0	Gerçek	C	22	42	3			
	D	35	176	28		D	0	239	0		D	11	221	7			
	Z	6	25	12		Z	0	43	0		Z	6	27	10			
		RMA						REPTree						CART			
		Tahmin edilen						Tahmin edilen						Tahmin edilen			
			C	D	Z				C	D	Z				C	D	Z
Gerçek	C	30	30	7	Gerçek	C	21	44	2	Gerçek	C	22	41	4			
	D	35	178	26		D	16	213	10		D	14	222	3			
	Z	3	30	10		Z	3	32	8		Z	1	34	8			

Şekil 4. 10 kat çapraz doğrulama sonrasında hata matrisleri

Tablo 2. 10 kat çapraz doğrulama sonrasında performans metrikleri

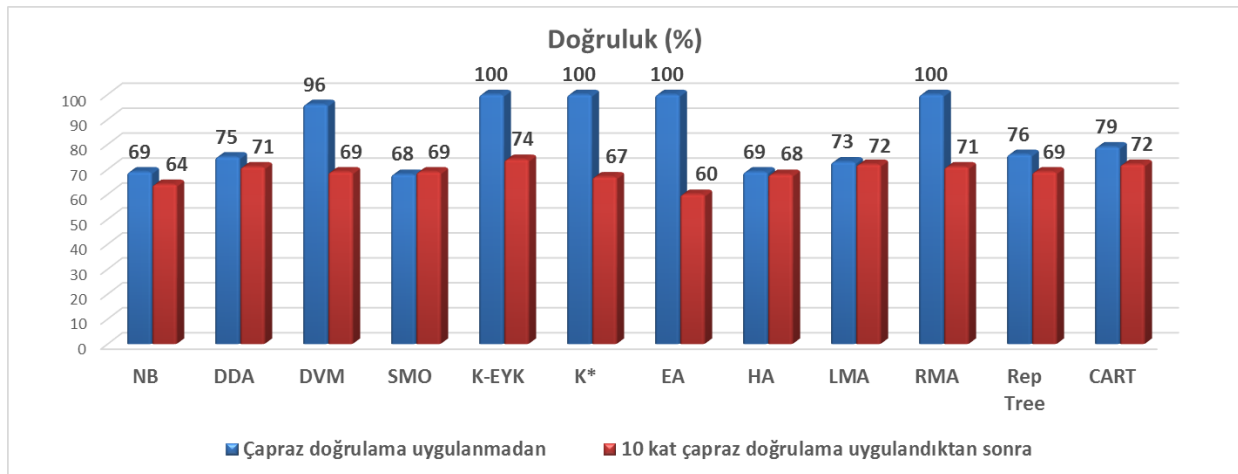
Algoritma	Sınıf	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skoru	AUC	Kappa
NB	Cofield	0,397	0,373	0,385	0,752	0,258
	Depuy	0,760	0,770	0,765	0,712	
	Zimmer	0,386	0,395	0,391	0,304	
DAA	Cofield	0,511	0,343	0,411	0,739	0,3486
	Depuy	0,782	0,870	0,824	0,737	
	Zimmer	0,474	0,419	0,444	0,749	
DVM	Cofield	1,000	0,075	0,139	0,537	0,0664
	Depuy	0,695	1,000	0,820	0,523	
	Zimmer	---	0	---	0,50	
SMO	Cofield	1	0,030	0,058	0,597	0,0269
	Depuy	0,689	1,000	0,816	0,509	
	Zimmer	----	0	----	0,675	
K-EYK	Cofield	0,600	0,403	0,482	0,672	0,4028
	Depuy	0,792	0,908	0,846	0,687	
	Zimmer	0,533	0,372	0,438	0,637	
K*	Cofield	0,434	0,343	0,383	0,730	0,238
	Depuy	0,750	0,854	0,798	0,727	
	Zimmer	0,333	0,186	0,239	0,763	
EA	Cofield	0,349	0,328	0,338	0,591	0,1699
	Depuy	0,736	0,736	0,736	0,582	
	Zimmer	0,255	0,279	0,267	0,582	
HA	Cofield	---	0	---	0,482	0
	Depuy	0,685	1	0,813	0,498	
	Zimmer	---	0	----	0,471	
LMA	Cofield	0,564	0,328	0,415	0,743	0,3165
	Depuy	0,762	0,925	0,836	0,748	
	Zimmer	0,500	0,233	0,317	0,792	
RMA	Cofield	0,441	0,448	0,444	0,657	0,2187
	Depuy	0,748	0,745	0,746	0,600	
	Zimmer	0,233	0,233	0,233	0,562	
REPTree	Cofield	0,525	0,313	0,393	0,646	0,2408
	Depuy	0,737	0,891	0,807	0,636	
	Zimmer	0,400	0,186	0,254	0,653	
CART	Cofield	0,595	0,328	0,423	0,648	0,2902
	Depuy	0,747	0,929	0,828	0,660	
	Zimmer	0,533	0,186	0,276	0,700	

Çalışmada kullanılan algoritmaların sınıflandırmayı ne kadar hata ile yaptıklarını göstermek için kullanılan KOKH değerlerini gösteren grafik Şekil 5’te verilmiştir. Çapraz doğrulamadan önce en az hata değerine sahip olan algoritmalar K-EYK, K*, EA ve RMA algoritmalarıdır. En yüksek hata değeri 0,39’dur ve bu değer HA ve SMO algoritmalarına aittir. Çapraz doğrulamadan sonra hata değerleri artmıştır ve en yüksek hata değerini veren algoritma EA algoritması olmuştur. Öte yandan, en düşük hata değeri LMA algoritmasının olmuştur.



Şekil 5. KOKH değerleri

Çalışmada kullanılan algoritmaların doğruluk oranlarını gösteren grafik Şekil 6’da verilmiştir. Bu grafik dikkate alındığında çapraz doğrulamadan önce ve sonra en yüksek doğruluk değerini veren algoritmanın K-EYK olduğu görülebilir.



Şekil 6. Doğruluk değerleri

K-EYK algoritmasının çapraz doğrulamada doğru tespit ettiği protez sayısındaki düşüşün, veri setinde bulunan görüntülerin farklı boyutta olmasından ve çoğu görüntünün çözünürlüğünün ve kontrastının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, sınıflar arasındaki dengesizliğin de sınıflandırıcının performansını düşüren önemli bir etken olduğu düşünülmektedir. Bu sorunlar, sayıca az olan veri sınıfına ait yüksek çözünürlüğe sahip görüntüler eklenerek giderilebilir ve algoritmanın başarısı arttırılabilir. Sonuç olarak radyografi görüntülerinden protez tanımda K-EYK algoritmasının kullanımının yararlı olacağı anlaşılmıştır.

4. SONUÇ

Omuz protezlerinin değiştirilmesi veya bakımlarının yapılması öncesinde radyografi görüntülerinin incelenmesinin gerekmektedir. Ameliyat öncesinde, uygun donanım ve prosedürlerin seçilmesi için ameliyatı gerçekleştirecek olan cerraha değişim veya bakım gerektiren protezleri tanımda yardımcı olabilecek, hızlı ve yüksek doğruluk oranına sahip bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, 3 farklı üreticiye ait omuz protezlerinin radyografi görüntülerinden tanınabilmesi için 12 farklı sınıflandırma algoritması kullanılmış ve bu algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. Radyografi görüntülerinden protezlerin tanınmasında K-EYK algoritmasının diğer algoritmalara göre daha iyi bir performans sergilediği görülmüş olup, diğer protez türlerini tanımda da kullanılabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Grau, L. et al. Operative trends in the treatment of hip fractures and the role of arthroplasty, Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation Vol.9, 2151459318760634, 2018
- [2] Gasbarra, E. et al. Total hip arthroplasty revision in elderly patients, Aging clinical and experimental research 25, Vol.1, 61-63, 2013
- [3] Lee, J.-M. The current concepts of total hip arthroplasty, Hip & pelvis 28 Vol.4, 191, 2016
- [4] Schwartz, B.E. et al. Revision total hip arthroplasty in the United States: national trends and in-hospital outcomes. International orthopaedics 40, Vol.9, 1793-1802, 2016.
- [5] Saleem, M. et al. X-ray image analysis for automated knee osteoarthritis detection, Signal, Image and Video Processing 14, Vol.6, 1079-1087, 2020.
- [6] Bredow, J. et al. Software-based matching of X-ray images and 3d models of knee prostheses, Technology and Health Care 22, Vol.6, 895-900, 2014.
- [7] Wu, J. and Mahfouz, M.R. Robust x-ray image segmentation by spectral clustering and active shape model, Journal of Medical Imaging 3 Vol.3, 034005, 2016.
- [8] Cover, T. and Hart, P. Nearest neighbor pattern classification, IEEE transactions on


information theory 13, Vol.1, 21-27, 1967.

- [9] Cortes, C. and Vapnik, V. Support-vector networks. *Machine learning* 20, Vol.3, 273-297, 1995.
- [10] John, G.H. and Langley, P. Estimating continuous distributions in Bayesian classifiers, arXiv preprint arXiv:1302.4964, 2013.
- [11] Landwehr, N. et al. Logistic model trees, *Machine learning* 59 (1-2), 161-205, 2005.
- [12] Geurts, P. et al. Extremely randomized trees, *Machine learning* 63, Vol.1, 3-42, 2006.
- [13] Hulten, G. et al., Mining time-changing data streams, *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pp. 97-106, 2001.
- [14] Umadevi, N. and Geethalakshmi, S., Multiple classification system for fracture detection in human bone x-ray images, *Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12)*, IEEE, 2012, pp. 1-8, 2012.
- [15] Lee, S. et al. The exploration of feature extraction and machine learning for predicting bone density from simple spine X-ray images in a Korean population, *Skeletal radiology* 49 Vol.4, 613-618, 2020.
- [16] Kang, Y.-J. et al. Machine learning–based identification of hip arthroplasty designs. *Journal of orthopaedic translation* 21, 13-17, 2020.
- [17] Sukegawa, S. et al. Deep neural networks for dental implant system classification, *Biomolecules* 10 Vol.7, 984, 2020.
- [18] Kokkotis, C. et al. Machine learning in knee osteoarthritis: A review, *Osteoarthritis and Cartilage Open*, 100069, 2020.
- [19] Kotti, M. et al. The complexity of human walking: a knee osteoarthritis study, *PloS one* 9 Vol.9, e107325, 2014.
- [20] Hough, P.V., Method and means for recognizing complex patterns, *Google Patents*, 1962.
- [21] Stark, M.B.C.G. Automatic detection and segmentation of shoulder implants in x-ray images, 2018.
- [22] Urban, G. et al. Classifying shoulder implants in X-ray images using deep learning, *Computational and structural biotechnology journal* 18, 967-972, 2020.
- [23] Yi, P.H. et al. Automated detection and classification of shoulder arthroplasty models using deep learning, *Skeletal radiology* 49, 1623-1632, 2020.
- [24] Yang, G. et al. Tree Species Classification by Employing Multiple Features Acquired from Integrated Sensors. *Journal of Sensors* 2019.
- [25] Keerthi, S.S. et al. (2001) Improvements to Platt's SMO algorithm for SVM classifier design. *Neural computation* 13 Vol.3, 637-649.
- [26] Aha, D.W. et al. Instance-based learning algorithms. *Machine learning* 6 (1), 37-66, 1991.
- [27] McLachlan, G.J. *Discriminant analysis and statistical pattern recognition*, John Wiley & Sons, 2004.



- [28] Quinlan, J.R. Simplifying decision trees. *International journal of man-machine studies* 27 Vol.3, 221-234, 1987.
- [29] Srinivasan, D.B. and Mekala, P. Mining social networking data for classification using reptime. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies* 2 Vol.10., 2014.
- [30] Pfahringer, B. *Random model trees: an effective and scalable regression method*, 2010.
- [31] Breiman, L. et al. *Classification and regression trees*, CRC press, 1984.
- [32] Landwehr, N. et al. *Logistic model trees*. *Machine learning* 59 (1-2), 161-205, 2005.
- [33] Hulten, G. et al., *Mining time-changing data streams*, *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 2001, pp. 97-106.
- [34] Runkler, T.A. *Data Visualization*. In *Data Analytics*, pp. 37-59, Springer, 2020.
- [35] Joshi, R. Accuracy, precision, recall & f1 score: Interpretation of performance measures, Retrieved April 1 (2018), 2016.
- [36] Brownlee, J. *Classification accuracy is not enough: More performance measures you can use*, *Machine Learning Mastery* 21, 2014.
- [37] Platt, J. *Sequential minimal optimization: A fast algorithm for training support vector machines*, 1998.
- [38] Al Snousy, M.B. et al. Suite of decision tree-based classification algorithms on cancer gene expression data, *Egyptian Informatics Journal* 12, Vol.2, 73-82, 2011.
- [39] Bhargava, N. et al., *An approach for classification using simple CART algorithm in WEKA*, 2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO), IEEE, 2017, pp. 212-216.

METRO HATLARINDAKİ RAY GERİLİMİNİ EN 50122 STANDARDINA UYGUN OLARAK SINIRLANDIRILMADA KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Taciddin AKÇAY¹ 

¹ *Istanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul/TÜRKİYE*

Öz

Bu çalışmada DC beslemeli raylı sistemlerde ray toprak geriliminin devre topolojisi üzerinden analizi yapılarak bu problemin çözümü için kullanılan kontrol yöntemleri karşılaştırmalı olarak anlatılmıştır. Devre modeliyle birlikte ilgili standart anlatılarak, uygulanan yöntemlerin başarı oranı önceki durumla karşılaştırılarak hesaplanmıştır. EN 50122 standardı ilgili kısımda anlatılarak işletmenin sağlaması gereken değerler verilmiştir. Çalışma için ray geriliminin düşürülmesi için işletmede tercih edilmesi muhtemel yöntemler benzetim üzerinden grafiklerle anlatılmıştır. Bu yöntemlerden besleme gerilimi değiştirilerek sistemin her bir gerilim seçiminde ayrı ayrı çalıştırılması, sistemin besleme bölgesine ek bir besleme merkezi ilave edilmesi, ray iletkenine paralel bir iletken bağlanması, araç sinyalizasyon teknolojisi yardımıyla enerjinin verimli kullanılması ve VLD (gerilim limitleme cihazı) ekipmanının kullanılması yöntemleri tercih edilerek sistem çözümlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada VLD ekipmanı çalışma algoritması verilirken yöntemlere ait elde edilen sonuçlar ve iyileştirme oranları karşılaştırmalı olarak tablo ile verilmiştir. Sonuç olarak kullanılan bu beş yöntemle sırasıyla % 12.5 ile % 56.2 arasında, % 71.4, % 54.3 ve % 74.3 başarı elde edilmiştir. Son yöntemde ise ray gerilimi kısa devreden dolayı sıfır olduğu için % 100 başarı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analiz, Gerilim, Kontrol, Ray, Toprak.

Sorumlu Yazar: Mehmet Taciddin AKÇAY, taciddin.akcay@ibb.gov.tr

COMPARISON OF THE METHODS USED IN LIMITING RAIL VOLTAGE IN METRO LINES IN ACCORDANCE WITH EN 50122 STANDARD

Abstract

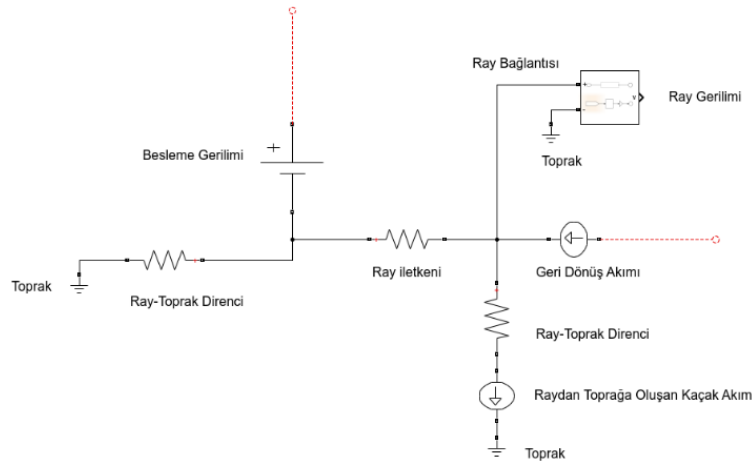
In this study, the analysis of the rail ground voltage in DC powered rail systems over the circuit topology and the control methods used to solve this problem are explained comparatively. By explaining the relevant standard with the circuit model, the success rate of the applied methods is calculated by comparing with the previous case. The EN 50122 standard is described in the relevant section and the values that the operation must provide are given. For the study, the methods that are likely to be preferred in the enterprise to reduce the rail voltage are explained with graphics by simulation. Among these methods, operating the system separately for each voltage selection by changing the supply voltage, adding an additional feeding center to the supply area of the system, connecting a conductor parallel to the rail conductor, using the energy efficiently with the help of vehicle signaling technology and using the VLD (voltage limiting device) equipment are preferred and system has been tried to be resolved. While the VLD equipment working algorithm is given in the study, the results and improvement rates obtained from the methods are given in a comparative table. As a result, success was achieved between % 12.5 and % 56.2, % 71.4, % 54.3 and % 74.3 with these five methods. In the last method, % 100 success has been achieved since the rail voltage is zero due to short circuit.

Key Words: Analysis, Control, Ground, Rail, Voltage.

1. Giriş

Raylı ulaşım sistemlerinde yapılan yatırımlar dünya genelinde hız kesmeden devam etmektedir. Yeni hatların işletmeye açılmasıyla birlikte elektrifikasyon sistemi de teknolojiyle eşgüdümlü olarak kendini yenilemektedir. Elektrikli ulaşım sistemlerinde ülkemizde ve dünyada çeşitli gerilim aralıkları kullanılırken şehir içi elektrikli raylı sistemlerin önemli bir kısmında DC gerilim tercih edilmektedir. Besleme gerilimleri belirlenirken hat özellikleri, kapasite ihtiyacı, yerel şebekenin durumu gibi birtakım etmenler etkili olurken her sistem kendi içinde bazı avantajlar sağlarken bazı olumsuz durumlara da neden olabilmektedir. AC şebeke yapısına sahip ülkelerde raylı sistem araçları ihtiyacı olan enerjiyi AC beslemeli hatlarda cer transformatörü ile elde ederken DC hatlarda bu durum farklı olmaktadır. DC beslemeli hatlarda AC gerilim DC gerilime

dönüştürülerek ihtiyaç olan enerji elde edilmektedir. DC gerilim, şehir içi hatlarda elektrifikasyon sisteminin tasarımı için optimal koşulları sağlamakla birlikte istenmeyen bazı durumların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. AC şebekeye enerji dönüşümü için ek olarak bağlanan ilave ekipmanlarla işletme ve bakım maliyetleri artarken sistemde bulunan redresör negatif ucunun bağlantı noktasının topraktan izole olmasının sonucunda raylarda gerilim meydana gelmektedir [1-5]. Şekil 1 ile ray geriliminin oluşumuna ait eşdeğer bağlantı devre elemanları kullanılarak ifade edilmektedir.



Şekil 1. Ray Gerilimi ve Kaçak Akımın Oluşumu

Besleme gerilimi ile aracın ihtiyacı olan akım elde edilirken araçtan kaynağa doğru dönen akım raylar vasıtasıyla sağlanmaktadır. DC beslemeli hatlarda raylar genellikle cer akımının geri dönüş iletkeni olarak kullanılmaktadır [1]. Bu tercih ekonomik nedenlerden kaynaklanmakta olup bu şekilde akımın taşınması için özel bir montaj gerekliliği ortadan kaldırılmaktadır [2]. Mükemmel yalıtım mümkün olmadığı ve rayın sonlu bir dirence sahip olmasından dolayı dönüş akımı toprağa sızar ve en az dirençli yolu tercih ederek besleme merkezine geri döner [3]. Geri dönüş iletkeni olarak rayların kullanılmasından ötürü raylarda gerilim meydana gelmektedir. Raylı sistemlerde oluşan ray geriliminin, kaçak akımların kontrol edilmesi ve EN 50122 standardının sağlanmasının gerekliliği bu çalışmasının gerekçesini oluşturmuştur. Bu gerilim literatürde dokunma gerilimi diye isimlendirilmiştir. Araç hareketleri ile raylarda ortaya çıkan kaçak akımlar cer besleme

merkezlerine yakın bir noktada raya geri dönmektedir [4]. Oluşan akım raylardan kaynağa doğru dönerken ray ile toprak farklı potansiyelde olduğu için raydan toprağa doğru kaçak akımlar ortaya çıkmaktadır. Bu akımlar raylarda ve demiryolu yakınındaki gömülü metalik yapılarda korozyona neden olmaktadır [5]. Oluşan kaçak akımları minimize etmek için kaçak akım kontrol sistemleri uygulanmaktadır [6]. Kaçak akımları azaltma yöntemleri genel olarak elektriksel direncin azaltılması ve izolasyon direncinin artırılması olarak iki temel prensibe dayanmaktadır [7]. Katodik koruma yine kaçak akımların yarattığı korozyonu azaltmak için kullanılan bir yöntemdir [8]. Oluşan korozyonun hızı dış boyu hattının yüzeyi Kaçak akımlar ve ray gerilimleri güncel metro sistemlerinde çözümlenmesi zor konulardır [9]. DC beslemeli hatlarda rayların topraktan izolasyonunun en iyi seviyede olması beklenirken bu duruma ait kriterler EN 50122 standardı ile ifade edilmiştir. EN 50162’de ise kaçak akımlar sonucu oluşan tehlikelerin derecelendirilmesine ait bazı yöntemler anlatılmaktadır [10]. Bu standart ile sistem için olması gereken minimum koşullar belirtilirken standardın üstünde elde edilen veriler için sistem daha yüksek performans sağlamaktadır. Yüksek ray gerilimi insan hayatıyla ilgili önemli derecede tehlikeli durumlar ortaya çıkarabilmektedir [11]. Yoğun işletme altında araç hareketiyle birlikte aracın ihtiyaç duyduğu akım bin amperler seviyesinde artarken rayın miliohm’lar seviyesindeki elektriksel direnci sonucu raylarda (60-100 V) gerilim düşümü oluşmaktadır [12]. EN 50122’e göre ray-toprak elektriksel direnci $2 \Omega\text{km}$ ’ye kadar izin verilirken tasarım için önerilen değer ise $100 \Omega\text{km}$ mertebesindedir [13]. Akım yoğunluğu dış ortamın ve yüzeyin elektriksel iletkenliğine bağlıdır [14]. Bu çalışmada ray gerilimi ve kaçak akımların azaltılması için uygulanması önerilen bazı yöntemler verilerek benzetim üzerinden analiziyle performans durumlarının karşılaştırılması olarak anlatılması amaçlanmıştır

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada DC beslemeli bir raylı sistem hattında elektrifikasyon sistemine ait eşdeğer devre modellenerek Matlab/Simulink ortamında benzetimi yapılmıştır. Benzetim için alt sistemlere ait veriler kullanılmıştır. Oluşturulan model ile ray gerilimini ve kaçak akımı azaltmak için alınan tedbirler bu devre üzerinden çözümlenmiştir. 2.1’de anlatılan devre topolojisi üzerinden benzetim modeli oluşturularak farklı yöntemler üzerinden sistem test edilmiştir. I. yöntemde Besleme

gerilimi değiştirilerek sistem her bir gerilim seçimi için ayrı ayrı çalıştırılırken II. yöntemde sistemin besleme alanına ek bir besleme merkezi konumlandırılarak sistem bu şekilde çalıştırılmıştır. III. yöntemde ise ray iletkenine paralel bir iletken bağlanarak devre tamamlanmıştır. Burada raylarda bulunan elektriksel direncin düşürülmesi hedeflenmiştir. IV. yöntemde ise enerji optimizasyonu seçeneğiyle araçların birbiriyle haberleşme altyapısı ile bilgi alışverişinde bulunduğu durum gözönüne alınarak araçların aynı anda pik değerlerde akım çekmesinin önüne geçilerek besleme merkezlerinin daha az faaliyet göstermesi sağlanmıştır. Son yöntemde ise VLD ekipmanı ile ray gerilimi değerine bağlı olarak ray toprak arasını kısa devre eden bir cihaz uygulanmıştır.

2.1. Devre Topolojisi

DC beslemeli bir raylı sistem hattının işletme halinde olduğu iki besleme merkezi arası bölgenin temsil edildiği eşdeğer devre şekil 2 ile gösterilmiştir. Bu model ile 2.5 km'lik bir bölgede 4 adet aracın işletme altında olduğu durum ifade edilmiştir.

Vh1 ile Vh2 karşılıklı DC cer besleme merkezlerine ait kaynak gerilimini ifade etmektedir. Bu iki nokta arasındaki numerik aralıklara yerleştirilen dirençlerden her biri 0.5 km'lik mesafelere eşdeğer hat dirençlerini simgelemektedir. (1) denklemini ile n. araca ait hattan çekilen akım I_n hesaplanırken r ray gerilimine ait direnci simgelemektedir. t ray-toprak direncini ifade ederken k ile katener (3.ray) hattına ait direnç gösterilmiştir. V ray gerilimini göstermekte olup Vh1 kaynak geriliminin eksi ucuna bağlı olan kısım 0 noktasını göstermektedir. r_n . direnç ile r_{n+1} . direnç arasındaki kısım n. noktayı temsil etmektedir.

Kinoa, insan gıdası olarak kullanılan en besleyici tahıllardan birisidir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından bu yüzyılda gıda güvenliğine katkı sağlayan bir tahıl olarak seçilmiştir. Kinoa proteininin insan beslenmesi için elzem olan 8 esansiyel aminoasidi içermesi sebebiyle, besin değeri süt proteinleri ile karşılaştırılabilir. Kinoadaki lisin, metiyonin ve sistein içeriği, diğer tahıllar ve baklagillerden daha yüksektir [3; 8].

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{r_n} & \frac{1}{r_{n+1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{n-1} \\ V_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_{n+1}} + \frac{1}{t_{n+1}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_n \\ 0 \end{bmatrix} - [I_n] \quad (1)$$

(1) nolu denklem bazı matris işlemleri yapılarak geliştirildiğinde ise (2) nolu eşitlik elde edilerek n. noktaya ait ray gerilimleri hesaplanmaktadır.

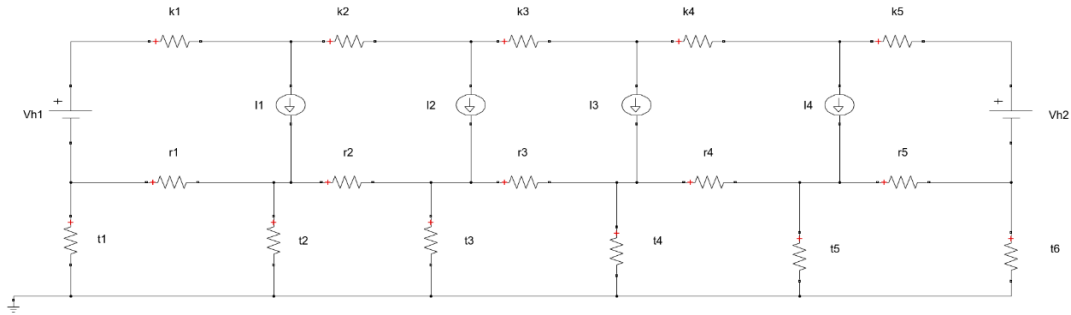
$$\begin{bmatrix} V_n \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_{n+1}} + \frac{1}{t_{n+1}} & 0 \\ \frac{1}{r_n} & \frac{1}{r_{n+1}} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \frac{1}{r_n} & \frac{1}{r_{n+1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{n-1} \\ V_{n+1} \end{bmatrix} + [I_n] \quad (2)$$

(3) ile n. araca ait güç denklemi verilirken V_{arac} araç üzerindeki gerilimi ifade ederken, P_n n. araca ait gücü göstermektedir.

$$P_n = V_{arac} I_n \quad (3)$$

(4) eşitliğinde ise aracın çektiği güç araca etkiyen cer kuvveti (F) ve aracın hızı (v) kullanılarak elde edilen eşitlik verilmektedir.

$$P_n = Fv \quad (4)$$



Şekil 2. İşletme Altında DC Demiryoluna ait Eşdeğer Devre

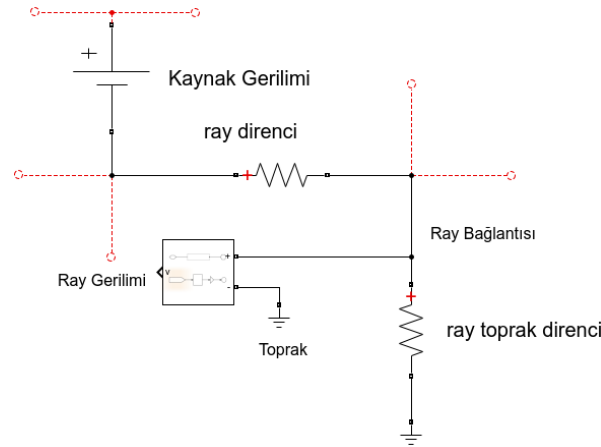
Cer kuvveti hız eğrisi araca ait karakteristik bir özellik olup araç üreticisinin konfigürasyonuna göre değişiklik gösterebilmektedir. İşletme altında olan araç sayısı ise (5) denklemi ile elde edilmektedir. A araç sayısı iken Δt iki nokta arasında gerçekleşen seyir süresini ifade etmektedir. h ise raylı sistem işletmesinde sinyalizasyon sistemi için çok önemli bir parametre olan sefer sıklığı süresini göstermektedir [15].

$$A = \Delta t/h \quad (5)$$

DC demiryollarında sistem güç elektroniği dönüştürücüleri, ray, elektrik motoru, kontrol sistemi ve mekanik sistemleri içeren kompleks bir yapıya sahiptir [16].

2.2. Ray Gerilimi

Ray iletkeni DC hatlarda hem geri dönüş iletkeni hem de araç hareketlerinin kontrolü için sinyalizasyon devrelerinin parçası olarak kullanılmaktadır [17]. Eksi uç olarak kullanılan ray hattı ile toprak iletkeni arasında meydana gelen gerilim ray gerilimi olarak ifade edilmektedir. Bu gerilim şehir içi hatlarda yolcu emniyeti ve işletme tarafından bakım dönemlerinde hat çalışmaları için tehlike unsuru olarak görüldüğü için işletme için gereken tedbirler alınmaktadır. Şekil 3 ile ray gerilimine ait şematik verilmektedir.



Şekil 3. Ray Gerilimi

(6) ve (7) nolu eşitlikler ile ray gerilimi ve ray akımına ait denklemler verilmekte olup burada $V(x)$ ve $i(x)$ gerilim ve akımı ifade etmektedir. Ray iletkenine ait karakteristik direnç R_0 ile gösterilirken C_1 ve C_2 ilgili katsayıları göstermektedir. R_G kaçak iletkenlik olurken R ise ray direnci olarak ifade edilmiştir. γ sembolü ise propogasyon sabitini belirtmektedir.

$$V_{(x)} = -R_0(C_1 e^{\gamma x} + C_2 e^{-\gamma x}) \quad (6)$$

$$i_{(x)} = C_1 e^{\gamma x} + C_2 e^{-\gamma x} \quad (7)$$

Oluşan ray gerilimi hatta bulunan unsurlar için temas riskini bulunduğundan dolayı bu gerilim ayrıca dokunma gerilimi olarak tanımlanarak alınacak tedbirler bu doğrultu özelinde de değerlendirilmektedir.

2.3. Kaçak Akımlar

İşletme altında raylı sistem araçlarının hareketiyle oluşan ray gerilimi neticesinde oluşan akım güzergahın jeolojik yapısına ve ray izolasyon sisteminin özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan ray-toprak direncinin üzerinden toprağa akmaktadır. Bu durum literature kaçak akım olarak girmiş olup ray altında bulunan ekipmanların ve alt sistemlerin performansına olumsuz etkiler yol açmaktadır. Kaçak akımın değerini azaltmak için ray ile toprak arasındaki izolasyon seviyesinin sonsuz derecede olması istenilse de pratikte hat koşullarının zorluğundan dolayı EN 50122 standardının sağlanması kabul kriteri sayılmaktadır.

(8) ve (9) nolu eşitlikler ile tren hareketleri geçişinden sonra hatta oluşan korozyon yükleri hesaplanmaktadır. $CCC_{(x)}$ toplam kümülatif korozyon yükünü belirtirken, $i_{korozyon}$ korozyon akımını $C_{korozyon}$ ise korozyon yüklenmesini simgelemektedir.

$$CCC_{(x)} = \iint i_{korozyon}(x, t) dt \quad (8)$$

$$dt = \int_T C_{korozyon}(x) dt \quad (9)$$

Kümülatif korozyon yükü hatta meydana gelen korozyon yüklerinin toplamından oluşmaktadır. Korozyon yükü hattın ömründe korozif etkinin derecesini gösteren önemli bir etkeni tanımlamaktadır. Ray gerilimi sonrasında oluşan kaçak akımlar ana besleme sisteminden çıkıp çıktığı kaynağa geri dönmemesi açısından kayıp akım olarak değerlendirildiği için elektrifikasyon

sisteminin veriminin de düşmesine neden olmaktadır. Bu durumdan ötürü kaçak akım hem sistem emniyet hem performans kriterleri açısından minimize edilmesi gereken bir değerdir.

2.4. EN 50122 Dokunma Gerilimi Limitleri

Ray gerilimi hatta bulunan unsurlara yakınlığından dolayı dokunma gerilimi standartlarına uyumluluk esaslarını gerektirmektedir. Bu konuyla ilgili olarak EN 50122 standardı uygulanmakta olup tasarım yapılırken ray-toprak gerilimi araç hareketleri ve elektrifikasyon sistemini kapsayan detaylı analiz çalışmaları ile incelenmektedir. Bu doküman literatüre cer gücü analizi olarak girmiş olup ray gerilimi analizi bu çalışmanın bir kolunu oluşturmaktadır. Tablo 1 ile EN 50122'ye ait değerler verilmektedir.

Tablo 1. Dokunma gerilimine ait standart [EN 50122]

t (s)	Ute max (V)uzun süreli	Ute max (V) kısa süreli
> 300	120	-
300	150	-
1	160	-
0,9	165	-
0,8	170	-
0,7	175	-
< 0,7	-	350
0,6	-	360
0,5	-	385
0,4	-	420
0,3	-	460
0,2	-	520
0,1	-	625
0,05	-	735
0,02	-	870

t : süre
Ute max: izin verilen temas gerilimi

Bu standarda göre ray geriliminin 5 dakikadan uzun süre boyunca 120 V sınır değerinin üzerinde olmaması gerekmektedir. Bu değer 1 saniye ile 300 saniye arasındaki durumlar için 150 V olarak belirlenmiştir. Bu değer 0.6 saniyeden büyük 0.7 saniyeden küçük olarak gerçekleşen durumlar için 360 V'u geçmemelidir. Tablodan görüldüğü üzere dokunma gerilimi kısa süreler için daha yüksek rakamlara ulaşırken uzun süreler için daha az olmaktadır. Ray gerilimi analiz edilirken

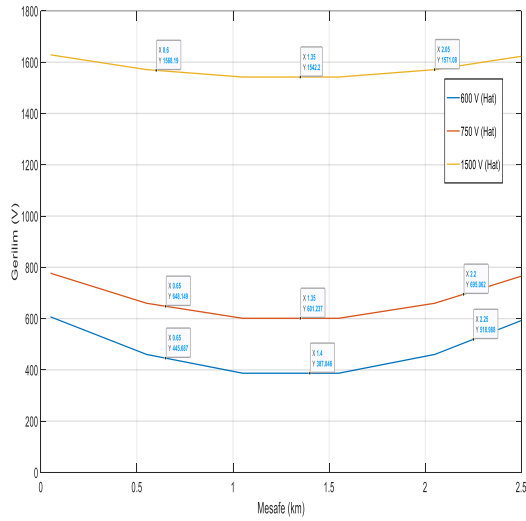
oluşan gerilimin bu süreler içinde bu limit değerlerin altında kalıp kalmadığı kontrol edilirken limit dışı durumlar için ilave tedbirlerin alınması gerekmektedir.

3. Bulgular

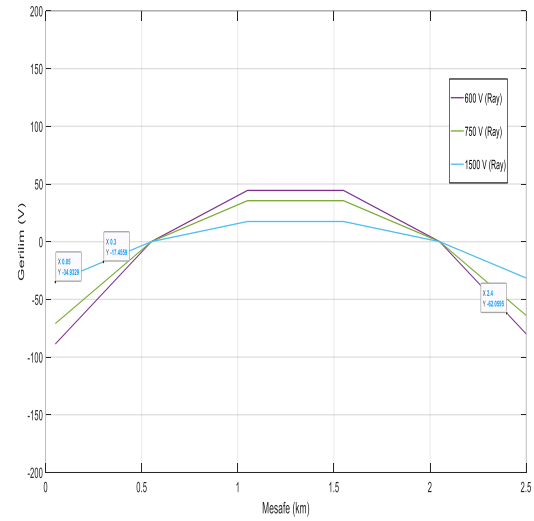
Bu çalışmada DC beslemeli bir raylı sistem hattının elektriksel olarak modellenmesi yapılarak ray gerilimi analizi yapılmıştır. Benzetim için gerçek hat verilerine ait özelliklerden yararlanılmıştır. Benzetim için farklı besleme gerilimlerinin tercih edilmesi, ek cer merkezinin sisteme ilave edilmesi, ray iletkenine paralel iletken bağlanması, araç trafiğinde enerji optimizasyonunun kullanılması, gerilim limitleme cihazlarının kullanılması gibi yöntemler uygulanarak ray geriliminin değişimi gözlemlenmiştir.

3.1. DC İletim Hattı Besleme Geriliminin Değiştirilmesi

Benzetim için EN 50163 standardında bulunan demiryollarında cer besleme gerilimleri seçilerek sistem test edilmiştir. Diğer tüm koşullar aynı bırakılarak ray geriliminin ve katener (3.ray) geriliminin değişimi izlenmiştir. Şekil 4’de bu duruma ait grafik gösterilmektedir.



(a) İletim Hattı Gerilimi



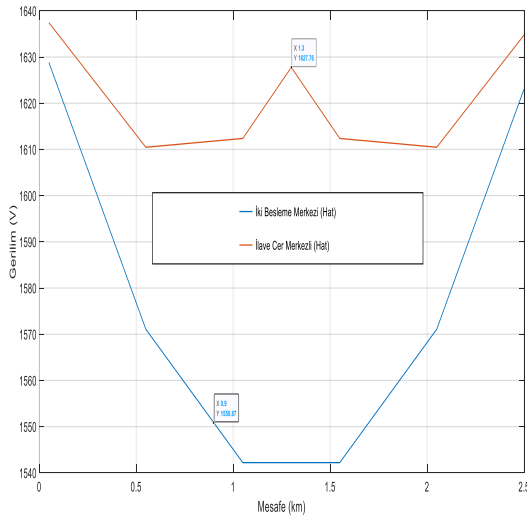
(b) Ray Gerilimi

Şekil 4. Farklı DC Gerilim Seviyelerinde Ray ve İletim Hattı Geriliminin Değişimi

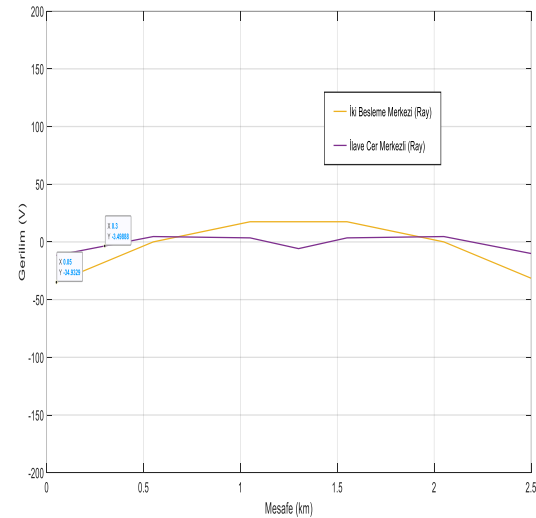
Şekil 4 (a)'da görüldüğü üzere iletim hattı gerilimleri sarı, turuncu ve mavi renk ile gösterilmiş olup sırasıyla bu renkler 1500, 750 ve 600 V besleme gerilimine karşılık gelmektedir. Şekil 4 (b)'de Ray geriliminde ise bu gerilim seçimleri mavi, yeşil ve mor renk ile gösterilmiştir. Sisteme 600 V, 750 V ve 1500 V besleme gerilimleri uygulanarak değişim incelenmiştir. Ray gerilimin en yüksek değeri aldığı gerilim seviyesi 600 V kaynak gerilimi olurken en düşük değeri aldığı kaynak gerilimi 1500 V olmuştur. 750 V seçiminde ise bu iki gerilim seviyesinin arasında gerçekleşen değerler gözlemlenmiştir. 600 V seviyesinde en yüksek (mutlak değer) ray gerilimi 80 V civarında gerçekleşirken 1500 V seviyesinde bu değer 35 V olmuştur. 750 V seçiminde ise bu değer 70 V olmuştur.

3.2. Sisteme Ek Cer Merkezinin İlave Edilmesi

Bu durumda aynı hat gerilimi ve diğer hat özellikleri sabit tutularak iki cer besleme noktası arasına ilave cer besleme merkezi ilave edilmesi durumundaki değişim incelenmiştir. DC Raylı sistem işletmelerinde yaygın olarak 1500 V DC kullanıldığı için bu gerilim durumu analiz edilmiştir. Değişimle ilgili grafik şekil 5'te gösterilmiştir.



(a) İletim Hattı Gerilimi



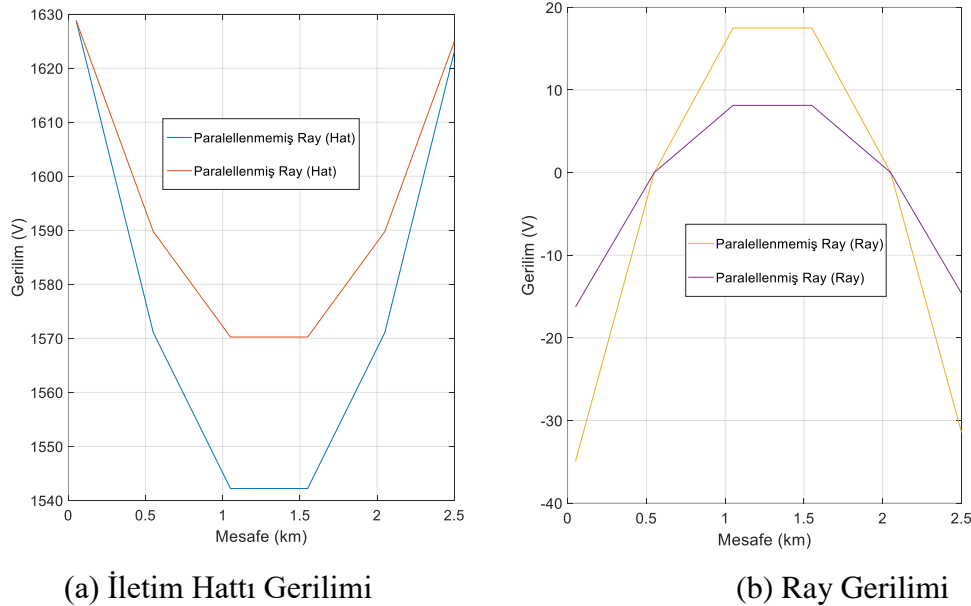
(b) Ray Gerilimi

Şekil 5. İlave Cer Merkezi Eklenmesi Durumuna ait Grafik

Şekil 5 (a) ile mavi renk ile iki besleme merkezi olması durumu gösterilirken turuncu renk ile bir cer merkezinin sisteme ilave edilmesi durumundaki değişim gösterilmiştir. Şekil 5 (b)'de ise bu durumun gösterimi için sarı ve mor renkleri seçilmiştir. İlave cer merkezi eklenmeden önce 35 V seviyelerinde gerçekleşen en yüksek ray gerilimi cer merkeziyle birlikte 10 V seviyelerinde gözlemlenmiştir. İlave cer merkeziyle birlikte hatta gerçekleşen gerilim düşümü azalarak hat gerilimi daha yüksek mertebelere ulaşırken ray gerilimi daha düşük mertebelerde gerçekleşmiştir. Bu yöntem işletmeye alınan hatlarda araç sayısı artırılınca yüksek gerilim düşümünün ve cer merkezlerine düşen akım yükünün azaltılması yönünden uygulanmaktadır. Bu çözüm bu sayılanlara ek olarak ray geriliminin düşürülmesinde de kullanılmaktadır.

3.3. Ray İletkenine paralel iletken bağlanması

Bu durumda ray iletkenine paralel bir iletken bağlanarak eşdeğer direncin düşürülmesi hedeflenmektedir. Pratikte bu yöntem 250 metrede bir raylar arası bağlantı yapılarak uygulanırken bu çalışmada hat boyunca bir paralel iletkenin bağlanması durumu incelenmiştir. Direncin düşmesiyle ray üzerinde oluşan gerilim düşümü azalarak ray üzerinden geçen akım limitlenmektedir. Bu yönetime ait sonuçlar şekil 6'da gösterilmektedir.



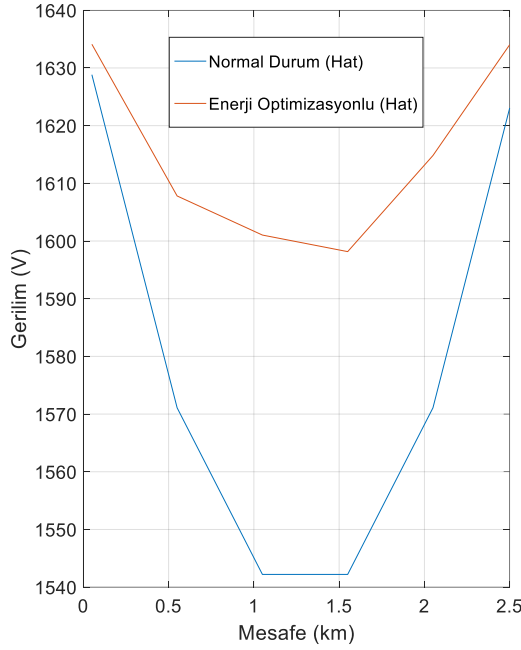
Şekil 6. Ray İletkenlerinin Parallellenmesi ile Oluşan Sonuçlar

Şekil 6 (a) ile mavi renk ile rayların paralellenmediği duruma ait hat gerilimi sonuçları gösterilirken turuncu renk ile rayların paralellenmediği duruma ait gerilim sonuçları gösterilmiştir. Şekil 6 (b)'de ise bu durum için sarı ve mor renkleri seçilmiştir. Raya bağlanan paralel iletkenin direnci 0.02 ohm/km seçilmiş olup hat boyunca raylara paralelleme işlemi yapılmıştır. Paralel ray bağlantıları yapılmadan önce ray gerilimi 35 V seviyelerinde görülürken paralelleme işleminin ardından bu değer 16 V seviyelerine kadar indirilmiştir. Bu yöntemle ray geriliminin yanısıra iletim hattı geriliminde de iyileşme sağlanarak hat geriliminin daha yüksek mertebelerde gerçekleşmesi sağlanmıştır. Paralellenmeden önce en düşük hat gerilimi 1570 V olarak kayıt edilirken paralelleme ile bu değer 1542 V civarına düşürülmüştür.

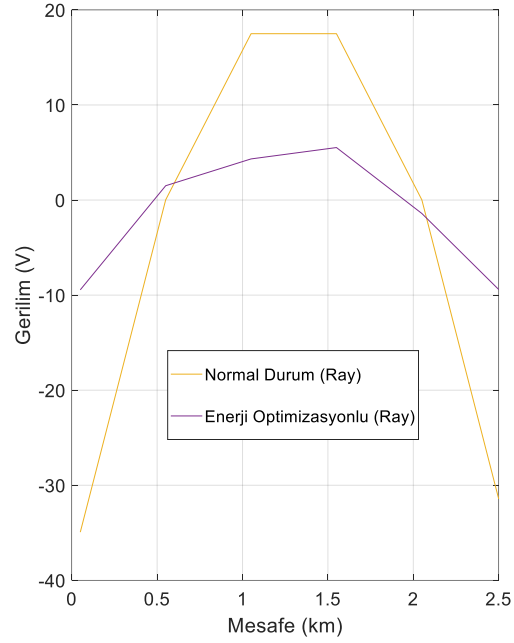
3.4. İşletme Araç Trafiki Yönetiminde Enerji Optimizasyonu

Bu kısımda işletme halinde olan araçların haberleşme sistemi arayıcılığıyla bir yazılım alt yapısıyla birlikte enerji optimizasyonu sağlanarak sefer sıklığı hedefinden sapmadan işletilmesi amaçlanmaktadır. Bu şekilde araçların maksimum güç tüketimi trendlerinin çakışması engellenerek hattın çekilen akımın minimize edilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmaya ait grafik şekil 7 ile gösterilmektedir. Raylı sistemlerde enerji tasarrufu enerji fiyatındaki dalgalanmalardan dolayı çok önemli bir konudur [18].

Şekil 7 (a) ile mavi renk ile normal duruma ait hat gerilimi sonuçları gösterilirken turuncu renk ile enerji optimizasyonu uygulandığındaki duruma ait gerilim sonuçları gösterilmiştir. Şekil 7 (b)'de ise bu durum için sarı ve mor renkleri tercih edilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere enerji optimizasyonu ile ray geriliminde ve hat geriliminde daha verimli eğriler elde edilmiştir. Enerji optimizasyonu ile araçların manevra hareketleri kontrol edilerek maksimum güç tüketim eğrilerinin çakışması engellenmiştir. Bu durumda hattın çekilen akım ve hat üzerinde oluşan gerilimde azalma meydana gelmiştir. Ray geriliminin en yüksek değeri normal durumda 35 V olarak kayıt edilmişken enerji optimizasyonu ile bu değer 10 V'lara kadar düşürülmüştür. Hat geriliminde ise 56 V civarında iyileşme sağlanmıştır.



(a) İletim Hattı Gerilimi

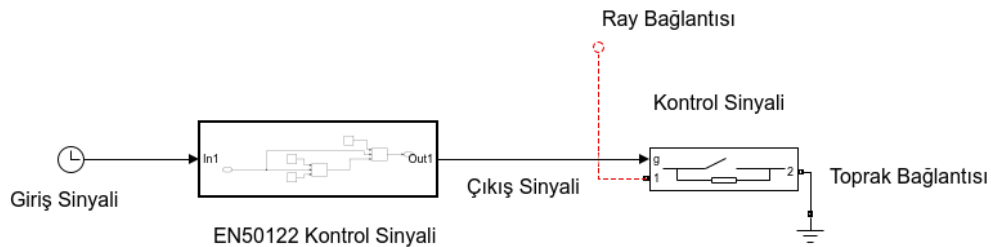


(b) Ray Gerilimi

Şekil 7. Enerji Optimizasyonlu Durumda Ortaya Çıkan Durum

3.5. Gerilim Sınırlandırılması için Ek Cihazların Kullanılması

Ray gerilimlerini azaltmanın bir diğer yöntemi ise gerilim sınırlayan ilave cihazların (VLD) raya bağlanmasıdır. Bu yöntemde ray gerilimi belirli aralıklarla ölçülerek EN 50122 standardının sağlanması kontrol edilmektedir. Ray gerilimi limit dışı değerler aldığı anda sistem topraklanarak ray gerilimi azaltılmaktadır. Şekil 8 ile VLD cihazına ait elektriksel model gösterilmektedir.



Şekil 8. VLD Cihazının Elektriksel Modeli

Ray gerilimi limit içi değerlere ulaştığında ise sistemin toprak bağlantısı kaldırılarak nominal durumdaki işletme koşullarına devam edilmektedir.

3.5.1. VLD Algoritması

VLD cihazı ray gerilimini ölçerken bazı adımlar gerçekleşirken sisteme ait çalışma şartlarının standart dışına çıkmaması sağlanmaktadır. Bu adımlara ait çalışma algoritması şekil 9 ile gösterilmektedir.



Şekil 9. VLD Çalışma Algoritması

Sistem belirli zaman aralıklarının ray toprak potansiyel farkını ölçerek EN 50122 standardına uyum kriterlerine ait denetleme sağlarken limit dışı durumlarda toprakla kısa devre gerçekleştirmektedir. Kısa devre durumunun ardından sistem nominal koşullara dönerken VLD cihazı sahadan tekrar ölçüm almaya devam etmektedir. Bu durum standartta belirtilen koşulların sağlanmasında süreklilik elde edilene kadar devam ettirilmektedir. Bu adımlarla ray gerilimi kontrol altına alınmaktadır.

4. Tartışma ve Bulgular

Ray geriliminin kontrol edilmesi için uygulanan yöntemlerin sonuçlarına ait özet durum tablo 2 ile gösterilmiştir. Yöntemler uygulanmadan ve uygulandıktan sonra ortaya çıkan durum ifade edilerek karşılaştırma yapılmıştır.

Tablo 2. Uygulanan yöntemlere ait özet durum

Uygulanan Yöntem	Yöntem Öncesi Ray Gerilimi (V)	Yöntem Sonrası Ray Gerilimi (V)	İyileştirme Oranları (%)
DC İletim Hattı Besleme Geriliminin Değiştirilmesi	80 V	70 V - 35 V	12.5 – 56.2
Sisteme Ek Cer Merkezinin İlave Edilmesi	35 V	10 V	71.4
Ray İletkenine paralel iletken bağlanması	35 V	16 V	54.3
İşletme Araç Trafığı Yönetiminde Enerji Optimizasyonu	35 V	9 V	74.3
Gerilim Kontrolü için Ek Cihazların Kullanılması	35 V	0	100

Uygulanan kontrol yöntemleriyle ilgili olarak performans değerlendirmesi yapıldığında tablodan anlaşıldığı üzere en iyi yöntem VLD cihazının sisteme bağlanmasıyla elde edilmiştir. Sonrasında bu yöntemi sırasıyla; işletme araç trafiği yönetiminde enerji optimizasyonu, sisteme ek cer merkezinin ilave edilmesi ve DC iletim hattı besleme geriliminin değiştirilmesi izlemektedir. Performans bakımından en düşük sonuç ise ray iletkenine paralel iletken bağlanması yöntemiye sağlanmıştır. VLD yönteminin gerilim iyileştirme oranı sistemin çalışma mantığından dolayı % 100 olarak elde edilmiştir. [1] nolu çalışmada simülasyon modeli ile araç hareketleri ile oluşan ray geriliminin % 50 oranında azaltıldığı belirtilmiştir. Bu yayında gömülü iletken modeli tercih edilerek ray-toprak potansiyelin azaltılması hedeflenmiştir. [2]'de tasarlanan emulator yardımıyla dokunma gerilimi ve kaçak akımların tahmini yapılmıştır. İki besleme merkezi arası 50 V'a kadar

çıkaran ray gerilimi durumuyla ilgili olarak devresel parametrelerin elde edilmesi anlatılarak gerçekleşen durum yüksek doğrulukla hesaplanmıştır. [3] nolu çalışmada kaçak akım korozyon yayılımının önlenmesi için test ve bakım yöntemlerinin uygulanması ifade edilmiştir. EN 50122 standardının yakalanması için yapılması gereken kaçak akım ölçüm testleri özellikle vurgulanmıştır. [4]'de kaçak akım sistemi için önerilen Base modeli ile kaçak akımların % 44'e kadar toplandığı belirtilmiştir. [5] nolu çalışmada tristör topraklı sistemin tercih edilmesi durumunda tehlikeli gerilimlerin % 0.14 seviyesinde gerçekleştiği anlatılmıştır. [6] ile yapılan çalışmada gerçekleştirilen bilgisayar simülasyonu ile ray gerilimi ve kaçak akımlar modellenerek raylar arası çapraz bağlama yöntemiyle ray geriliminde % 20 oranında iyileştirme sağlanmıştır. [7] nolu çalışmada EN 50122 standardı vurgulanarak ray geriliminin azaltılması kategorize edilmiştir. Ray-toprak arası izolasyon direncinin yüksek mertebelerde olması gerektiği belirtilmiştir. [8]'de ise akım izleme bazlı yeni bir yaklaşımla kaçak akım kontrolü sağlanarak ΔE hatasında başarı sağlanmıştır. Bu çalışmada ise VLD sisteminin başarısını değerlendirme dışı bırakırsak ray geriliminin iyileştirilmesi için ek cer merkezinin ilavesi ile % 71.4 iyileştirme başarısı elde edilmiştir. VLD sistemi gözönüne alındığında ise çok yüksek bir başarı sağlandığı ortaya çıkmaktadır. VLD cihazı yüksek performansına ve ray gerilimi konusunda önemli katkıda çözüm sunmasına rağmen sürekli devrede olan ve sürekli güç tüketen bir ekipman olduğu için bazı işletmeler sisteme ilave bir yük getirmeden sistemi kalıcı olarak çözüme seçeneklerini değerlendirebilmektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada DC beslemeli raylı sistemlerde ray geriliminin kontrol edilerek EN 50122 limitleri içinde kalması için uygulanan yöntemler anlatılmıştır. DC raylı sistem elektrifikasyon sisteminde ortaya çıkan ray gerilimi devre topolojisi üzerinden anlatılarak sonrasında sistemin modellenmesi yapılmıştır. EN 50122 limitleri tablo üzerinden verilerek saniye bazında hangi gerilim aralığının sağlanması gerektiği ifade edilmiştir. VLD cihazının sisteme bağlanması, işletme araç trafiği yönetiminde enerji optimizasyonu, sisteme ek cer merkezinin ilave edilmesi, DC iletim hattı besleme geriliminin değiştirilmesi ve ray iletkenine paralel iletken bağlanması yöntemleri uygulanarak sağlanan başarılar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yöntemler uygulanırken kullanım

yaygınlığından dolayı nominal besleme gerilimi olarak 1500 V DC tercih edilmiştir. İşletme koşulları iki besleme merkezi arasında 4 adet raylı sistem aracının aktif olması durumu benzetilerek ve diğer hat parametreleri girilerek oluşturulmuştur. Besleme gerilimleri olarak EN 50163 ile uyumlu olarak 600 V DC, 750 V DC ve 1500 V DC gerilimleri kullanılmıştır. Ray gerilimi özellikle şehir içi hatlarda olmak üzere sisteme bağlı ekipmanların sağlıklı işletilebilmesi ve sistem emniyet kriterleri bakımından kontrol edilmesi gereken bir unsurdur. Dokunma geriliminin sınırlandırılması için sistem emniyet kriterlerinin en önemli hususlarından biri insan hayatının korunması ve olası iş kazalarının önlenmesi olduğundan dolayı bu durum özellikle takip edilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte raylı sistem endüstrisinde yaşanan problemlerin çözümü için işletmenin karmaşıklığına en uygun yeni keşifler sisteme entegre edilmektedir. Mevcut klasik yöntemler önemini ve geçerliliğini korumakla birlikte işletmesel verilerden yararlanarak uygulanan yapay zeka, machine learning tabanlı yazılımlarla problemler önceden tespit edilerek çözümler için dinamik bir yanıt sağlayabilmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışmada anlatılan yöntemlerin uygulanış biçimleri ve uygulanma zamanları yazılımlarla desteklenerek seçilen yöntemlerin başarısı artırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Xu, S.,Y., Li, W., Wang, Y., Q. Effects of Vehicle Running Mode on Rail Potential and Stray Current in DC Mass Transit Systems. Vehicular Technology, IEEE Transactions on. 62, (2013), 3569-3580.
- [2] Ibrahem, A., Elrayyah, A., Sozer, Y., Abreu, A. DC Railway System Emulator for Stray Current and Touch Voltage Prediction. IEEE Transactions on Industry Applications. 53(1), 2017, 439-446.
- [3] Memon, S. A., Fromme, P. Stray current corrosion mitigation, testing and maintenance in DC transit system. International Journal of Transport Development and Integration. 1(3), (2017), 511-519.
- [4] Charalambous, C., Cotton, I., Aylott, P., Kokkinos, N. A Holistic Stray Current Assessment of Bored Tunnel Sections of DC Transit Systems. Power Delivery, IEEE Transactions on. 28, (2013), 1048-1056.

- [5] Alamuti, M., M., Nouri, H., Jamali, S., Effects of earthing systems on stray current for corrosion and safety behaviour in practical metro systems, IET Electr. Syst. Transp., 1, (2011), 69–79.
- [6] Tzeng, Y., S., Lee, C.,H. Analysis of Rail Potential and Stray Currents in a Direct-Current Transit System. Power Delivery, IEEE Transactions on. 25, (2010), 1516 - 1525.
- [7] Vranesic, K., Serdar, M., Lakusic, S. Analysis of electrical potential and stray currents at DC transit system. International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures (SMSS 2019), 40-44.
- [8] Brenna, A., Lazzari, L., Ormellese, M. Stray current control by a new approach based on current monitoring on a potential probe. Corrosion Engineering, Science and Technology. 52(5), (2017), 359-364.
- [9] Yang, X.,Hao, X., Zheng, T. Stray Current and Rail Potential Dynamic Simulation System Based on Bidirectional Variable Resistance Module. Diangong Jishu Xuebao/Transactions of China Electrotechnical Society. 34, (2019), 69-81.
- [10] Zakowski, K. The determination and identification of stray current source influences on buried pipelines using time/frequency analysis. Anti-corrosion Methods and Materials - Anti-Corros Method Mater. 56, (2009), 330-333.
- [11] Du, G., Wang, C., Liu, J., Li, G., Zhang, D. Effect of Over Zone Feeding on Rail Potential and Stray Current in DC Mass Transit System. Mathematical Problems in Engineering. 2, (2016), 1-15.
- [12] Niasati, M., Gholami, A. Overview of stray current control in DC railway systems. International Conference on Railway Engineering, (2008), 1 - 6.
- [13] Charalambous, C., Buxton, D., Aylott, P. Practical Contemplation of Stray Current Calculation and Monitoring in DC Mass Transit Systems. IEEE Vehicular Technology Magazine. 11(2), (2016), 24-31.
- [14] Susanto, A., Koleva, D., Copuroglu, O., Beek, K., Breugel, K. Mechanical, Electrical and Microstructural Properties of Cement-Based Materials in Conditions of Stray Current Flow. Journal of Advanced Concrete Technology. 11, (2013), 119-134.
- [15] Akçay, M., T., Kocaarslan, İ. Simulation of Multi-Vehicle Signaling System with Matlab / Simulink and Design of Train Timetable, Journal of Science and Engineering, 6, (2019), 799-807.
- [16] He, J., Yu, L., Wang, X., Song, X. Simulation of transient skin effect of DC railway system based on MATLAB/simulink. Power Delivery, IEEE Transactions on. 28, (2013), 145-152.



[17] Ogunsola, A., Mariscotti, A., Sandrolini, L. Estimation of Stray Current From a DC-Electrified Railway and Impressed Potential on a Buried Pipe. *IEEE Transactions on Power Delivery.* 27, (2012), 2238-2246.

[18] Tian, Z., Hillmansen, S., Roberts, C., Weston, P., Chen, L., Zhao, N., Su, S., Xin, T. Modeling and simulation of DC rail traction systems for energy saving. 2014 17th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC. (2014), 2354-2359

HAVA KİRLİTİCİ PARAMETRELERİNİN HAVA KALİTESİ İNDEKSİNE UZUN ZAMANLI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: ÇERKEZKÖY ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Hüseyin ÖZEL*¹, Pınar CİHAN², H. Kurtuluş ÖZCAN¹, Serdar AYDIN¹,
Asude HANEDAR³

¹ İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Tekirdağ/TÜRKİYE

³ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ/TÜRKİYE

Öz

Hava kirliliği, küresel ölçekte en önemli halk sağlığı etkenlerinden birisidir. Bu nedenle ulusal ve uluslararası değerlendirmeler sonucu hava kalitesini tayin etmek için izlenmesi gereken parametreler belirlenmiştir. Azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), ozon (O₃), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM₁₀) ölçüm sonuçlarına göre hava kirliliği seviyeleri belirlenmektedir. Günümüzde insanlığın büyük bir bölümü yaşamlarını şehirlerde devam ettirmektedir. Yoğun nüfusun olduğu alanlardaki hava kirliliğinin olumsuz etkileri kısa ve uzun vadede çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. İnsani aktiviteler olan ulaşım, ısınma ve sanayi kaynaklı hava kirliliğinin yanı sıra yanardağ, toz taşıma, orman yangınları gibi doğal kaynaklı hava kirliliği oluşmaktadır. Şehir ölçeğinde hava kirliliğinin oluşumunu önleyebilmek için hava kirliliğinin ölçümlerle takip edilmesi ve sonuçlara istinaden gereken önleyici politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının takibinde kullanılan Hava kalitesi İndeksi (HKİ), hava kalitesini değerlendirmenin önemli bir göstergesidir. Bu çalışmada bir sanayi bölgesindeki hava kirleticilerin HKİ'ye etkilerinin zamansal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak yoğun endüstriyel faaliyetlerin olduğu Çerkezköy bölgesi seçilmiş ve 4 yıllık HKİ değişimi incelenmiştir. Ayrıca 2020 yılında COVID-19 pandemisi kaynaklı kısıtlamaların HKİ'ye olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında; 2016-2020 yılları arasında HKİ değerlerinin ağırlıklı olarak orta ve iyi seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca 2019 ve 2020 yıllarında 2016 ve 2017 yıllarına karşılık HKİ değerlerinin daha iyi seviyede olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, hava kalitesi indeksi, hava kirliliği, pandemi, PM₁₀, PM_{2.5}

Sorumlu Yazar: Hüseyin ÖZEL, huseyinozel@ogr.iu.edu.tr



INVESTIGATION OF LONG-TERM EFFECTS OF AIR POLLUTANT PARAMETERS ON AIR QUALITY INDEX: A CASE STUDY FOR ÇERKEZKÖY ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE

Abstract

Air pollution is one of the most important public health factors on a global scale. For this reason, the parameters to be monitored in order to determine the air quality have been determined as a result of national and international evaluations. Air pollution levels are determined according to the measurement results of nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), ozone (O₃), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM₁₀). Today, most of people continues their lives in cities. The negative effects of air pollution in densely populated areas cause various health problems in the short and long term. In addition to human activities such as transportation, heating and industry-induced air pollution, naturally sourced air pollution such as volcanoes, dust transport and forest fires occurs. In order to prevent the formation of air pollution at the city scale, it is necessary to monitor the air pollution with measurements and to develop the necessary preventive policies based on the results. The Air Quality Index (AQI), which is used to monitor the concentrations of air pollutants, is an important indicator of air quality. In this study, it is aimed to examine the temporal change of the effects of air pollutants on the air quality index in an industrial area. Çerkezköy region, which has intensive industrial activities, was selected as the study area and the 4 years air quality index change was examined. In addition, in 2020, the effects of the restrictions caused by the COVID-19 pandemic on AQI were investigated. In the light of the findings; Between the years 2016-2020, it is seen that the AQI values are mainly at medium and good levels. In addition, it was observed that the AQI values were at a better level in 2019 and 2020 compared to 2016 and 2017.

Key Words: COVID-19, air quality index, air pollution, pandemic, PM₁₀, PM_{2.5}

1. Giriş

Sanayi tesislerinin bir arada olduğu bölgeler beraberinde ulaşım yoğunluğunu getirmektedir. Ayrıca bu bölgelere yakın yerleşim söz konusu olduğunda hava kalitesini etkileyen unsurlarda çeşitlilik ortaya çıkmaktadır. Küresel kentleşme oranı 2018 yılında %55'e ulaşmıştır [1]. Kentleşme ve sanayileşmenin hızla ilerlemesiyle, artan enerji tüketimine bağlı olarak, dünya genelinde giderek daha ciddi hava kirliliği problemi oluşmaktadır [2]. Sanayi kaynaklı hava kirliliği ile ısınma kaynaklı hava kirliliğinin, ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği ile birleşmesi sonucu SO₂, NO₂, O₃, CO ve yüksek konsantrasyonlarda partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}) atmosfere salınmakta ve kirliliğe neden olmaktadır [3].

Sanayileşme ve kentleşmenin hızlı temposu, kentlerin yapısına ve bölgenin topografyasına bağlı olarak toz veya partikül madde (PM) kirliliğinde artışa neden olmaktadır [4]. Çok sayıda çalışma havadaki partikül maddenin (PM) erken ölüm riski, hastaneye yatış ve çocuklarda daha yüksek olumsuz solunum sağlığı göstergeleri gibi olumsuz sağlık etkileri ile ilişkili olduğunu göstermiştir [5]. SO₂, NO₂, O₃ ve CO insan sağlığını olumsuz etkileyen ve hatta ölüme neden olabilen kirlleticilerdir. Araştırmacılar SO₂ kirliliğinin etkisinin nefes almayı zorlaştırdığı ve solunum yolu hastalıkları nedeniyle gerçekleşebilecek ölüm oranını artırdığını ortaya koymuşlardır [6, 7]. NO₂ kirliliği güçlü toksisitesinden dolayı böbrekleri, kalbi ve diğer organları olumsuz etkileyen ve akciğer alerjilerine neden olabilen bir kirleticidir [8, 9]. O₃, enflamasyona neden olabileceği, pulmoner epitel hücrelerini tahrip edebildiği ve insanları solunum yolu hastalıklarına duyarlı hale getirebileceği için en zararlı fotokimyasal kirleticilerden biri olarak kabul edilmektedir [10]. CO kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltma kabiliyetine sahiptir, bu da doku oksijenasyon mekanizmasını bozabilmektedir. Vücuda, özellikle beyine oksijen tedarikini azaltabilmekte ve merkezi sinir sistemi ve kalbin hasar görmesine neden olabilmektedir [11, 12]. İnsan sağlığına yönelik bu riskler nedeniyle, bu kirleticilerin havadaki konsantrasyonlarının takip edilmesi halk sağlığının korunması adına oldukça önemlidir.

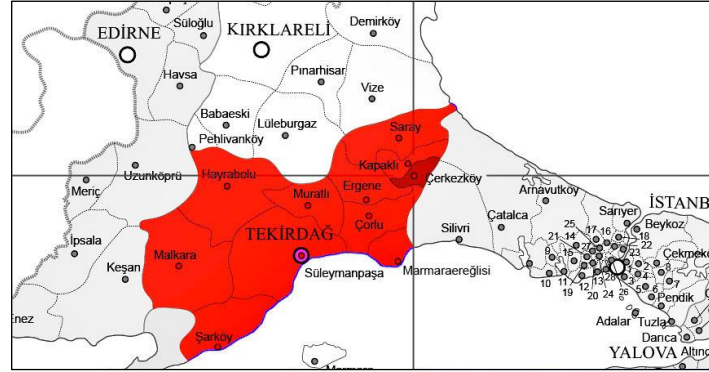
Hava kirliticilerinin konsantrasyonlarının takibinde kullanılan Hava Kalitesi İndeksi (HKİ), hava kalitesinin önemli ve kapsamlı bir göstergesidir ve devlet kurumları tarafından havanın şu anda ne kadar kirli olduğunu veya havanın ne kadar kirli olacağını tahmin edebilmek için kullanılmaktadır [13]. HKİ değeri hava kalitesi üzerine teknik bilgisi olmayan kişilerin kolay bir şekilde hava

kalitesi hakkında bilgi sahibi olmasını sağladığı gibi günlük aktivitelerinde hava kirliliğine maruziyeti engellemek adına yol göstericidir.

2020 yılının ilk aylarında dünyayı etkisi altına alan yeni koronavirüs hastalığı, küresel bilinen adıyla COVID-19, koronavirüs ailesinden yeni bir virüsün (SARS-CoV-2) insandan insana geçerek enfekte etmesi ve özellikle solunum sistemini etkilemesi ile ortaya çıkmıştır. Aralık 2019'da Çin'in Hubei Eyaleti, Wuhan şehrinde pnömoni enfeksiyonu olan 27 hasta bildirilmiştir [14]. Daha sonra 7 Ocak'ta Şiddetli Akut Solunum Sendromu Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) olarak adlandırılan yeni bir koronavirüs, COVID-19'un nedensel patojeni olarak tanımlanmıştır [15]. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ilk vakaların Çin tarafından raporlanmasından başlayarak pandemi ilanına kadar geçen süreci küresel kamuoyuyla paylaşmıştır. Pandemi ilanından önce DSÖ, tarihindeki altıncı “Uluslararası Öneme Sahip Halk Sağlığı Acil Durumu”nu 30 Ocak 2020’de ilan etmiştir. COVID-19 salgınının yayılması, ülke çapındaki benzeri görülmemiş müdahaleler sonucunda Çin gibi bazı ülkelerde önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, COVID-19 salgını küresel ölçekte yavaşlama belirtisi göstermeden etkisini sürdürmektedir. COVID-19 pandemisinin bir nedeni olan sokağa çıkma yasaklarının yaşanması, endüstriyel üretimin kısıtlanması, ulaşımın ve lojistiğin azalması sonucu küresel ölçekte tüm çevre faktörlerinde ve en hızlı etkisi görülen hava kalitesinde iyileşmeye neden olmuştur. Bu çalışmada, seçilen bir sanayii bölgesindeki uzun süreli HKİ değerleri incelenmiştir. Sokağa çıkma kısıtlamalarının uygulandığı Nisan-Mayıs 2020 dönemine ait HKİ indeksi ve hava kirletici konsantrasyonları geçmiş dönemlerle kıyaslanarak, pandemi sürecinin olası hava kalitesine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, bir sanayi bölgesindeki hava kirleticilerin HKİ’ye etkilerinin zamansal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır Çalışma alanı olarak yoğun endüstriyel faaliyetlerin olduğu Çerkezköy bölgesi seçilmiştir (Şekil 1). Organize sanayi bölgesi 1273 hektarlık alanda faaliyet gösteren 300 sanayi kuruluşu ile Türkiye’nin en önemli endüstriyel alanlarından birisidir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında 1 Ocak 2016 ile 31 Aralık 2019 tarihleri arasındaki 1460 güne ait HKİ verileri kullanılmıştır. Kullanılan HKİ değeri günlük HKİ değerini ifade eder ve HKİ verileri Marmara Temiz Hava Merkezi bünyesindeki Çerkezköy istasyonuna ait veriler olup World's Air Pollution'dan temin edilmiştir [16]. Söz konusu istasyon şehir kenarında olan site şeklinde yerleşimin olduğu, Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi girişinde yer almaktadır. Konumundan dolayı kentsel hava kirliliği ile endüstriyel hava kirliliğinin etkisinde olan ve trafikten kaynaklı hava kirliliğinin etkisinin olabileceği bir noktada yer almaktadır.

Tablo 1'de HKİ Kesme Noktaları yer almaktadır. Farklı kirleticiler için farklı konsantrasyon aralığı HKİ için bir sayıya denk gelmektedir. HKİ sayısı da hava kalitesinin iyi, orta, hassas, sağlıksız, kötü ve tehlikeli olmak üzere hangi seviyede olduğunu ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Yıllık hava kirletici değerleri karşılaştırıldığında çalışma süresi olan dört yıl boyunca PM₁₀ kirliliğinin günlük limit değer olan 50 µg m⁻³'ün üzerine çıktığı, SO₂ kirliliğinin de bir yıl yıllık limit değer olan 125 µg m⁻³'ün üzerinde kirliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir [18]. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü'nün [19] belirlemiş olduğu yıllık ortalama 20 µg m⁻³ limit değere sahip olan PM₁₀ kirliliği dört yıl boyunca çok yüksek oranda limitlerin üzerinde seyretmiştir.

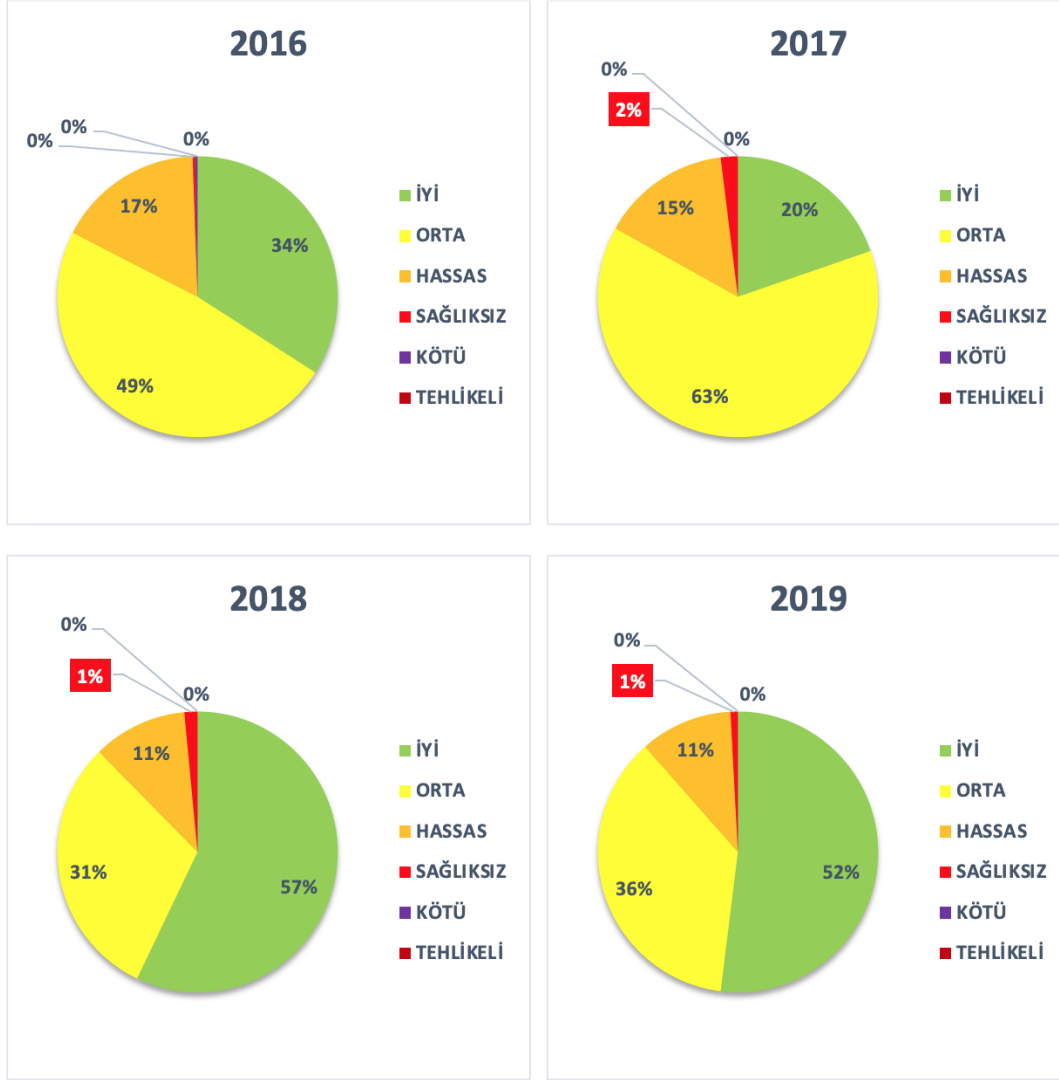
Tablo 1. Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları [17]

İndeks	HKİ	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃		PM ₁₀	PM _{2.5}
		(ppb)	(ppb)	(ppm)	(ppm)		(µgm ⁻³)	(µgm ⁻³)
		1 sa. ort.	1 sa. ort.	8 sa. ort.	8 sa. ort.	1 sa. ort.	24 sa. ort.	24 sa. ort.
İyi	0-50	0-35	0-53	0-4.4	0-0.054	-	0-54	0-12.0
Orta	51-100	36-75	54-100	4.5-9.4	0.055-0.070	-	455-154	12.1-35.4
Hassas	101-150	76-185	101-360	9.5-12.4	0.071-0.085	0.125-0.164	155-254	35.5-55.4
Sağlıksız	151-200	186-304	361-649	12.5-15.4	0.086-0.105	0.165-0.204	255-354	55.5-150.4
Kötü	201-300	305-604 (24 sa. ort.)	650-1249	15.5-30.4	0.106-0.200	0.205-0.404	355-424	150.5-250.4
Tehlikeli	301-500	605-1004 (24 sa. ort.)	1250-2049	30.5-50.4	-	0.405-0.604	425-604	250.5-500.4

HKİ değerlerinin çalışma periyodu olan 2016-2019 yılları arasındaki günlük değişimleri Şekil 2 ve 3'te sunulmuştur. Buna göre “Kötü” sınıfına giren gün sayısı 1 günle sadece 2016 yılı Mart ayında görülmüştür. “Sağlıksız” gün sayısı en fazla olan yıl 7 adet ile 2017, en az olan yıl 1 adet ile 2016’dır. “Hassas” gün sayısı da 60 adet ile en fazla 2016 yılına ait iken 36 adet ile 2018 yılına aittir. “Orta” gün sayısı ise 225 adet ile en fazla 2017 yılında, 101 adet ile en az 2018 yılında görülmüştür. Hava kalitesinin “İyi” sınıfında değerlendirilen, açık alanda sağlıklı bir şekilde insanların vakit geçirip spor ve aktivite yapabileceği en temiz havaya sahip yıl ise 189 gün sayısı ile 2018 yılı olurken 70 gün sayısı ile iyi seviye hava kalitesi indeksine en az sahip olan 2017 yılı olmuştur.

Toplumda hava kalitesinin farkındalığını arttırmak amacıyla kullanışlı bir yöntem olan Hava Kalitesi İndeksinin (HKİ) günlük değerleri karşılaştırıldığında günlük maksimum HKİ değerinin %91.85 oranında PM_{2.5} kirliliğinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Toplam partikül madde kaynaklı günlük maksimum HKİ değeri ise diğer kirlleticiler içinde %94.82 oranına sahiptir.

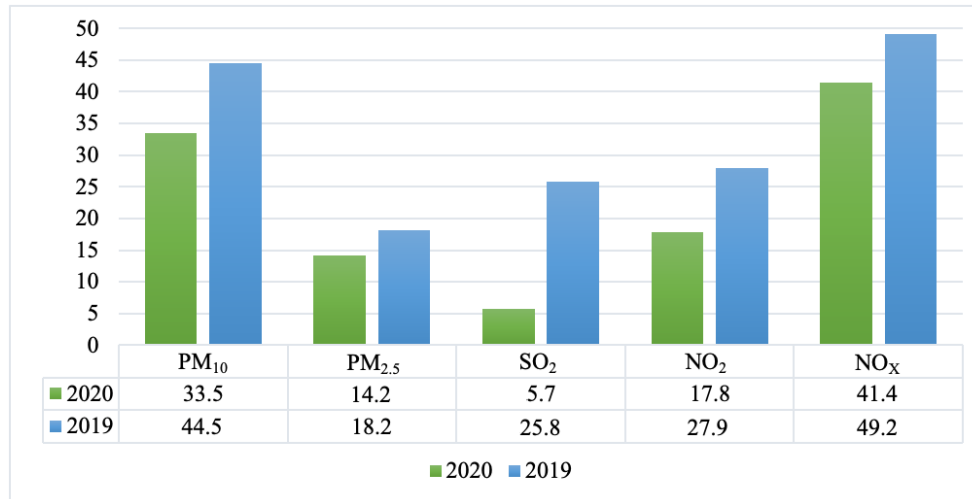
hava olarak nitelendirirsek en yüksek hava kalitesine sahip yılların %57+%31 ve %52+%36 oranlar ile toplam %88 oranına sahip 2018 ve 2019 yıllarında olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Yıllık Hava Kalitesi İndeks Oranları

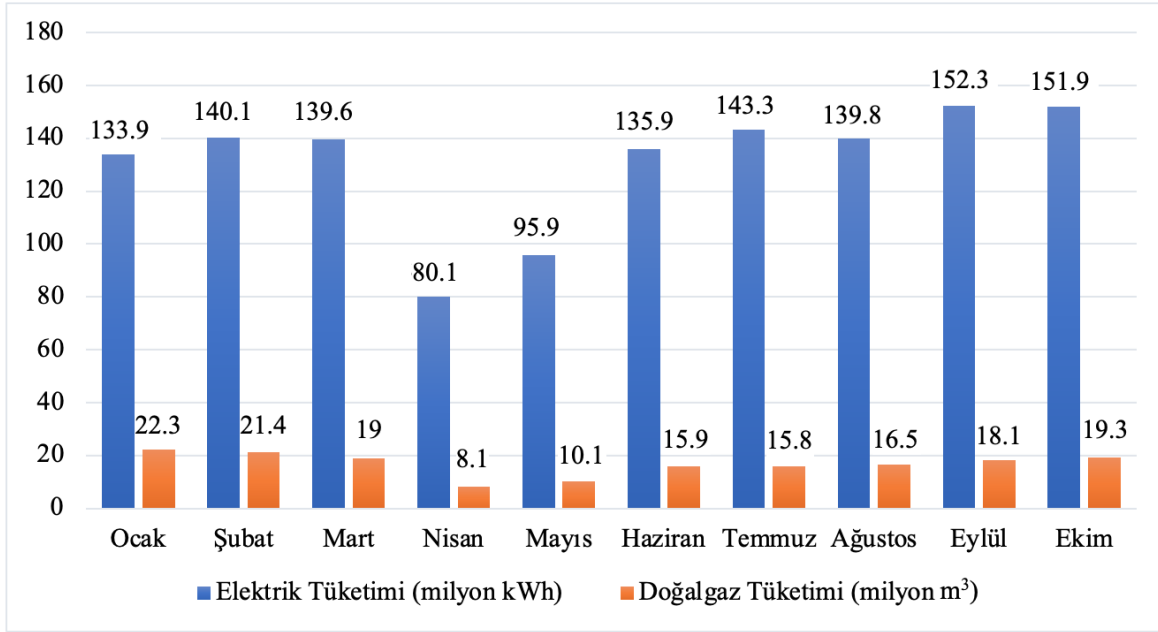
COVID-19 salgını nedeniyle, hava kirliliği parametrelerinin değişimini incelemek amacıyla sokağa çıkma yasaklarının uygulandığı 11.04.2020-11.05.2020 tarihleri arasında hava kalitesinin bir önceki yıla (11.04.2019-11.05.2019) göre nasıl değiştiği incelenmiş olup sonuçlar Şekil 5’de verilmiştir. SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ ve PM_{2.5} hava kirliliği parametrelerine ait verileri kullanılmıştır.

Kullanılan veriler günlük ortalama değerlerdir. Hava kirliliğine ait veriler Marmara Temiz Hava Merkezi bünyesindeki Çerkezköy istasyonuna ait veriler olup, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından [20] alınmıştır. Sokağa çıkma yasaklarının uygulandığı 2020 yılındaki kirlenici parametrelerin, bir önceki yıla göre düşüş gösterdiği görülmektedir. En fazla değişim %352.84 oranında azalış ile SO₂ parametresinde görülmekte olup 11.04.2019-11.05.2019 arasında ortalama 25.8 µgm⁻³ iken 11.04.2020-11.05.2020 arasında 5.7 µgm⁻³'e düştüğü görülmektedir. PM₁₀ kirliliğinde %32.84 oranında azalma gözlenerek dönemsel ortalama değerinin 44.5 µgm⁻³'den 33.5 µgm⁻³'e, PM_{2.5} değerinin 18.2 µgm⁻³'den 14.2 µgm⁻³'e, NO₂ kirliliğinin de %56.74 oranında azalış ile 27.9 µgm⁻³'den 17.8 µgm⁻³'e ve NO_x değerinin 49.2 µgm⁻³'den 41.4 µgm⁻³'e düştüğü görülmüştür. COVID-19 salgınında sokağa çıkma yasaklarından dolayı hava kirlenici parametrelerin tümünde bir düşüş gerçekleştiği ve hava kalitesinin yükseldiği görülmektedir.



Şekil 5. 2019-2020 Yılları Arası Hava Kalitesi Değişiminin Karşılaştırılması

Hava kalitesi indeksinin ve hava kalitesi değişimlerinin ilişkilendirilebilmesi amacıyla Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinin (ÇOSB) 2020 yılının Ocak-Ekim dönemi arası elektrik ve doğalgaz tüketim değerleri, COVID-19 pandemisinin başlangıç süreci olarak Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Çerkezköy Organize Sanayii Bölgesi Doğalgaz ve Elektrik tüketim verileri (Ocak 2020-Ekim 2020) [21]

ÇOSB'ye ait elektrik tüketim değerlerine bakıldığında Ocak-Mart ayları arasında 133.9-139.6 m³kWh aralığında olan elektrik tüketim değeri, Nisan ayında COVID-19 pandemisi nedeniyle azalan endüstriyel faaliyetler sonucu %40 civarında değişim ile 80.1 m³kWh'ye düşmüştür. Mayıs ayının gelmesiyle elektrik tüketim miktarı 95.9 m³kWh'ye artış göstermiş ve Haziran ayından itibaren tekrar pandemi öncesi tüketim değerlerine dönmüştür.

ÇOSB bünyesinde kullanılan doğalgaz tüketim değerleri de 2020 yılının Ocak-Ekim ayları arası incelendiğinde elektrik tüketim değerlerine paralel bir değişim gözlemlenmektedir. Ocak-Mart ayları arasında 22.3-19.0 milyon m³ aralığındaki değişimin ardından Nisan ayında tüketimde yaşanan yaklaşık %60 oranında düşüşle 8.1 milyon m³ değerine inen tüketim miktarı Mayıs ayında 10.1 milyon m³ değerine yükselmiş ardından gelen aylarda 15.9-19.3 milyon m³ aralığında paralel bir grafik sergilemiştir.

4. Sonuç

Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji geliştirmek adına ilgili otoriteler ve bilimsel çalışma üretenler hava kirleticilerini takip etmeye ve analiz etmeye odaklanmışlardır. Hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi otoritelerin sorumluluğu olsa da doğrudan halk sağlığına etkisi olduğundan hava kalitesi hakkında güncel bilgileri kamuoyuna sunması da bir sorumluluktur. Bunu yaparken, farklı kirleticilerin ölçüm sonuçlarını anlamak bu konuda uzman bilim insanları için mümkün olsa da, halk ve yerel otoritelerin kolayca anlayabileceği şekilde sunulması gerekmektedir. Bu nedenle hava kirliliğinin halka sunumunu kolay anlaşılır bir şekilde yapılabilmesi adına Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada seçilen bir sanayi bölgesinde HKİ'nin uzun vadeli değişimi incelenmiş ve pandemi sürecinin hava kalitesi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2016-2020 yılları arasında HKİ değerleri incelendiğinde hava kalitesinin ağırlıklı olarak orta ve iyi seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca 2019 ve 2020 yıllarında 2016 ve 2017 yıllarına karşılık indeks değerlerinin daha iyi seviyede olduğu söylenebilir.

2019-2020 yılları Nisan-Mayıs dönemi hava kalitesi değişimi ile ÇOSB elektrik ve doğalgaz tüketim değerleri karşılaştırıldığında, 2020 yılında yaşanan COVID-19 pandemisi sonucu sanayide kullanılan elektrik ve doğalgaz tüketiminin azalması, 2019 yılındaki hava kalitesi değerleri ile 2020 yılına ait hava kalitesi değerleri arasındaki farkın oluşmasına neden olmuştur. Söz konusu 2020 yılı Nisan-Mayıs döneminde hava kirliliğine etken olan kirletici konsantrasyon miktarlarında 2019 yılına göre azalma gözlemlenmiş olup hava kalitesi adına olumlu sonuçlar oluşmuştur. Hava kalitesinin izlenmesine yönelik çalışmaların artması bölgesel ve ulusal ölçekte hava kirliliğine karşı alınacak önlemlerin ve yol haritasının belirlenmesine ışık tutacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yürütülen, Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Eğitilebilir Algoritmalarda Modellenmesinin Araştırılması; Çerkezköy Örneği başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Prospects W.U. Department of Economic and Social Affairs. Available: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>, (Erişim tarihi: 01 Nisan 2021).
- [2] Li, X., Hussain, S.A., Sobri, S., Syazarudin, M. Overviewing the air quality models on air pollution in Sichuan Basin, China. *Chemosphere*, 129502, 2021.
- [3] Cihan, P., Ozel, H., and Ozcan, H. K. Modeling of atmospheric particulate matters via artificial intelligence methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(5), 1-15, 2021.
- [4] Rai, P.K., *Biomagnetic Monitoring of Particulate Matter*: Elsevier, 2016.
- [5] Bell, M.L., Dominici, F., Ebisu, K., Zeger, S.L., Samet, J.M. Spatial and temporal variation in PM_{2.5} chemical composition in the United States for health effects studies. *Environmental health perspectives*, 115(7), 989-995, 2007.
- [6] Guo, H., Wei, J., Li, X., Ho, H.C., Song, Y., et al. Do socioeconomic factors modify the effects of PM₁ and SO₂ on lung cancer incidence in China? *Science of The Total Environment*, 756, 143998, 2021.
- [7] Yun, Y., Gao, R., Yue, H., Li, G., Zhu, N., et al. Synergistic effects of particulate matter (PM₁₀) and SO₂ on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NF- κ B activation. *Journal of Environmental Sciences*, 31, 146-153, 2015.
- [8] Temam, S., Burte, E., Adam, M., Antó, J.M., Basagaña, X., et al. Socioeconomic position and outdoor nitrogen dioxide (NO₂) exposure in Western Europe: A multi-city analysis. *Environment international*, 101, 117-124, 2017.
- [9] Liu, Z., Guan, Q., Luo, H., Wang, N., Pan, N., et al. Development of land use regression model and health risk assessment for NO₂ in different functional areas: A case study of Xi'an, China. *Atmospheric Environment*, 213, 515-525, 2019.
- [10] Jerrett, M., Burnett, R.T., Pope, III C.A., Ito, K., Thurston, G., et al. Long-term ozone exposure and mortality. *New England Journal of Medicine*, 360(11), 1085-1095, 2009.
- [11] Hampson, N.B., Piantadosi, C.A., Thom, S.R., Weaver, L.K. Practice recommendations in the diagnosis, management, and prevention of carbon monoxide poisoning. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 186(11), 1095-1101, 2012.

- [12] Asl, F.B., Leili, M., Vaziri, Y., Arian, S.S., Cristaldi, A., et al. Health impacts quantification of ambient air pollutants using AirQ model approach in Hamadan, Iran. *Environmental research*, 161, 114-121, 2018.
- [13] Du, R., Li, J., Dong, G., Tian, L., Qing, T., et al. Percolation analysis of urban air quality: A case in China. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 541, 123312, 2020.
- [14] Hao, X., Chonghuai, Y., Qingyan, F., Kai, X., Yamei, Y., et al. Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. *Science of The Total Environment*, 731, 139211, 2020.
- [15] Lu, R., Zhao, X., Li, J., Niu, P., Yang, B., et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The lancet*, 395(10224), 565-574, 2020.
- [16] Pollution W.s.A. Real-time Air Quality Index. Available: <https://waqi.info>, (Erişim tarihi: 01 Haziran 2020).
- [17] Agency E.P., "Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality - the Air Quality Index (AQI) by U.S. Environmental Protection Agency," 2018.
- [18] UNION P. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, 2008.
- [19] Organization W.H. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Summary of Risk Assessment, 2006.
- [20] Ağı U.H.K.İ. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sürekli İzleme Merkezi, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. Available: <https://www.havaizleme.gov.tr>, (Erişim tarihi: 05 Haziran 2020).
- [21] Bölgesi Ç.O.S. Doğalgaz ve Elektrik Tüketim verileri. Available: <https://cosb.org.tr>, (Erişim tarihi: 10 Kasım 2020).

TEFF (*Eragrostic tef*) UNUNUN EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN ÜRETİME ETKİSİ

Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU^{1*}

¹ Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Öz

Bu çalışmada teff unu ve transglutaminaz (TG) enzimi kullanılarak üretilen ekmeklerin bazı kimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Buğday unu (kontrol), buğday unu+teff unu, buğday unu+ TG ve buğday unu+teff unu+ TG olmak üzere 4 farklı şekilde ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Teff unu buğday ununa 1:3 oranında katılmıştır. TG enzim oranı 100 ppm olarak kullanılmıştır. Sonuçta teff unu içeren ekmeklerin gluten oranının daha düşük olması nedeni ile buğday unundan üretilen ekmeklere göre bazı kalite parametrelerinde farklılıklar gözlenmiş fakat duyuşal açıdan ekmekler beğenilmiştir. Ayrıca hem sadece buğday unu hem de buğday unu-teff unu karışımına TG enzimi ilavesinin ekmeklerde önemli bir iyileştirici etkisinin bulunmadığı, hatta kalitenin olumsuz olarak etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teff unu, Transglutaminaz, Buğday unu

THE USE OF TEFF (*Eragrostic tef*) FLOUR IN BREAD PRODUCTION AND THE EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE ENZYME ON PRODUCTION

Abstract

In this study, the possibilities of use of teff flour in the addition of wheat flour and its effect on production of transglutaminase (TG) enzyme on chemical, rheological and sensory properties were investigated. Breads were produced in four different ways as wheat flour (control), wheat flour+TG, wheat flour+teff flour, wheat flour+teff flour+TG. Teff flour was added to wheat flour 1:3 ratio. TG enzyme ratio was 100 ppm. As a result, due to the fact that the gluten content of the breads containing teff flour is lower, there were differences in some quality parameters compared to the breads produced from wheat flour, but the breads were liked in terms of sensory. In addition, it was determined that the addition of TG enzyme to both wheat flour and wheat flour-teff flour mixture did not have a significant improvement effect on breads, and even negatively affected the quality.

Key Words: Teff flour, Transglutaminase, Wheat flour

Sorumlu Yazar: Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, haticealoglu@klu.edu.tr

1. Giriş

Dünya'nın en küçük tahılı olarak anılan ve gluten içermediğinden dolayı çölyak hastaları için bir avantaj olan teff tohumu yüksek protein, diyet lifi, manganez içeriği ve yüksek enerji kaynağı olması nedeni ile dikkatleri üzerine çekmektedir [1,2]. Teff, Eragrostae familyasından chlaridoideae alt familyasına giren bir bitkidir. Teff tohumu beyaz, krem rengi veya kahverengi tonlarda olabilmektedir. Tohumun, esansiyel aminoasit içeriği yüksek, mineral içeriği iyi düzeydedir ve bileşimi darıya benzemektedir. Teff unununun protein oranı %10-11 arasındadır [3,4]. Teff, taf ya da khakshir olarak da adlandırılan (Eragrostis tef) Kuzey Afrika'da bulunan Kuzey Etiyopya'da dağlık alanlarına özgü çayırgüzeli bitkisinin çeşidi olarak bilinen ve yılda bir kez ekilen bir tahıl grubudur. Özellikle en çok Etiyopya'nın dağlık kesimlerinde ekilse de Mısır, Uganda, Avusturya, Birleşik Devletler ve Kanada'da da teff üretimi yapılmaktadır [5]. Beyaz, kırmızı ve kahverengi olarak üç çeşidi bulunan teff dünyada en küçük tahıl tanesi (çapı 1 mm'den daha küçük) olarak bilinmesiyle beraber bu küçük tohum özelliğinden dolayı elle geniş bir alana ekilip üretimi yapılabilmektedir [6]. Teff kuraklık stresinden, su dolu toprak koşullarına kadar değişik şartlarda yetişebilmektedir. Teff yazlık bir bitki olmakla beraber adaptasyon kabiliyeti oldukça yüksektir [2].

Teff, Etiyopya'da geleneksel tahıl ürünü olarak yetiştirilmekte, çoğunlukla enjera denilen gözleme benzeri yerel bir ekmek üretimini yapmak için kullanılmakla birlikte, bazen lapa yapmak, bazen de yöreye özgü tela ve katikala denilen alkollü içeceğin üretimi için kullanılmaktadır. Teff samanı, en beğenilen sığır yemi olmasının yanı sıra çamur ve sıva yapılarak yerel hububat depolama tesislerinin güçlendirilmesinde yararlanılmaktadır. Teff'in bileşimi darıya benzemektedir, fakat lizin de dahil olmak üzere fazla miktarda esansiyel amino asit içermektedir. Teff'in lizin içeriği pirinç ve yulaf hariç tüm hububatlardan daha yüksektir [5]. En fazla içerdiği aminoasitler lösin, asparajin, prolin, glutamin ve alanin'dir [4].

Günümüzde insanların beslenmesinde proteince zengin gıda maddelerine yönelim artmasına rağmen, un temel gıda maddesi olarak yerini hala korumaktadır [7]. Dünya nüfusu günlük enerji ihtiyacının % 60'ından fazlasını tahıllardan karşılamaktadır. Tahıllar yüksek oranda karbonhidrat, protein ve az da olsa yağ içermektedir. İklimsel koşullara dayanıklı ve ucuzdurlar. En çok tüketilen tahılların başında buğday gelmektedir [8]. İnsanların ihtiyaç duyduğu besin miktarının önemli bir

kısmını karşılayan buğday, birçok unlu mamul yapımında kullanıldığından beslenme açısından önemli bir yere sahiptir [9]. Ülkemizde yaklaşık 22 milyon ton buğday üretimi yapılmakta ve bunun % 82’lik kısmı ekmeçlik buğdaydan oluşmaktadır. Türkiye, Dünyada en fazla buğday tüketen ülkeler arasında yer almaktadır [10]. Geniş bir aralıkta yetiştirildiği için tüm tahıl ekim alanlarının en geniş uygulamasına sahip olduğu kabul edilen buğday, insan beslenmesi için zorunlu olan tiamin, riboflavin, pentotanik asit, nikotinik asit, tokoferol gibi vitaminlerin önemli bir kaynağıdır. Ancak beslenme açısından gerekli vitamin ve mineraller çoğunlukla buğdayın embriyosunda ve dış kısmında bulunduğundan, öğütülürken ve saflaştırma durumunda miktarı azalmaktadır [11, 12]. Temel besin bileşenleri arasında yer alması nedeni ile ekmeğin üretiminde çeşitli bileşenlerin ilave edilmesi ile ekmeğin besin içeriğinin zenginleştirilmesi ve fonksiyonel özellikler kazandırılması ile ilgili çok fazla sayıda araştırma yapılmaktadır [13, 14, 15, 16, 17]. Bu araştırmaların arasında enzimlerle ekmeç ununu muamele ederek ekmeç kalite özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan araştırmalarda yer almaktadır [18, 19, 20, 21]. Un ve ekmeç üretiminde prosesi kolaylaştırmak ve kaliteli ürün elde etmek için en çok amilaz, proteaz, hemiselülaz, glukoz oksidaz ve transglutaminaz (TG) enzimleri kullanılmaktadır [22].

Gıda proteinlerinin fonksiyonel niteliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde etkili olan “enzimatik çapraz bağlanma” alternatif bir metottur [23]. TG enzimi, buğday proteinlerinden albumin, globulin ve glutenin çapraz bağlanmasını sağlamaktadır. Süne zararı görmüş buğdayların gluten kalitesini düzeltip hamur nitelikleri üzerinde olumlu etki yaratmak amacıyla kullanılmaktadır [22]. Enzim özellikle lizin ve glutamin içeren proteince zengin gıdalarda fiziksel değişikliklere neden olabilmektedir [24].

Bu araştırmada ilk olarak buğday unu ile teff unu karıştırılarak içerik olarak daha zengin ekmeçlik un elde edilmesi amaçlanmıştır. Fakat teff unu, gluten içermediği için ekmeç yapımında hacmi olumsuz etkilemekte, hacmi düşük ve basık ekmeçler elde edilmektedir. Bu durum ekmeğin albenisini düşürmektedir. Bu nedenle çalışmada TG enziminin proteinleri bağlama özelliğinden yararlanarak lizin ve glutamince zengin, gluten oranı azaltılmış hamurlardan üretilen ekmeçlerde etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Teff tohumu Migros Ticaret A.Ş. marketlerinden temin edilmiş ve öğütülerek un haline getirilmiştir. Ekmek üretiminde kullanılan buğday unu Kırklareli’de faaliyet gösteren bir un fabrikasından temin edilmiştir. Ekmek üretiminde ticari maya (Pakmaya) kullanılmıştır. Enzim olarak bileşiminde taşıyıcı olarak maltodekstrin içeren bakteriyel kökenli TG (Activa WM-Ajinomoto, Japonya) kullanılmıştır. Analizlerinde kullanılan kimyasalların tamamı analitik saflıktadır (Merck, Almanya).

2.2. Un Örneklerinde Yapılan Analizler

Buğday unu ve teff ununda nem miktarı analizi Preuffer HE 50 (Almanya) marka nem tayin cihazı kullanılarak; kül tayini Wisd (Kore) marka kül fırınında yapılmıştır [25]. Un örneklerinin ham protein tayini Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır (Şimşek Labortechnik, Türkiye) [26]. Yağ miktarının tayini AOAC (1990)’a göre yapılmıştır [27]. Buğday ununda yaş gluten miktarı, gluten yıkama cihazı ve gluten indeks cihazı (Bastak GLW-02; Bastak 2100, Türkiye) kullanılarak (AACC 38-10), Zeleny sedimentasyon değeri, sedimentasyon cihazı (Bastak 3100, Türkiye) kullanılarak (AACC 56-60), ile yapılmıştır. Buğdayın süne ve kımıl tarafından zarar görüp görmediği belirlemek amacı ile gecikmeli sedimentasyon değeri ile belirlenmiştir (AACC 56-60). Düşme sayısı değerinin belirlenmesi düşme sayısı cihazı ile (Bastak 5100, Türkiye) yapılmıştır (AACC 56-81B). Zedelenmiş nişasta miktarı iyodin absorpsiyonu ölçülerek SD Matic kullanılarak yapılmıştır [27, 28].

2.3. Reolojik Analizler

Unun, su ile karıştırılıp hamur haline geçerken yoğurmaya ve paletlere karşı gösterilen direncin bir yazıcı ile grafiğinin çizilmesi esasına dayanan farinograf analizi için 300g kapasiteli farinograf (Brabender, Almanya) cihazı kullanılmıştır (AACC 54-21). Farinograf özellikleri 2 paralel olarak analiz edilmiştir [28]. Ekstensograf analizi 2 paralel olmak üzere hamurların, enerji, sabit deformasyondaki direnci (R5), uzama kabiliyeti ve uzamaya karşı gösterdiği dirençlerinin (Rm)

45, 90 ve 135. dakikalardaki kurveleri ekstensograf cihazı (Brabender, Almanya) ile çizdirilerek hesap edilmiştir (AACC 54-10) [28].

2.4. Ekmek Üretimi

Ekmek örnekleri; un ağırlığı baz alınarak % 0.75 tuz, % 1.25 instant maya ve farinografta (Brabender, Almanya) belirlenen su tutma kapasitesine uygun miktarda içme suyu kullanılarak üretilmiştir. Çalışmada 4 deneme grubu yer almaktadır. 1. grup kontrol grubu olup sadece buğday unu kullanılarak üretilmiştir. 2. grup buğday ununa 100 ppm TG enzimi ilave edilerek; 3. grup 1:3 oranında teff unu ve buğday unu karışımı kullanılarak; 4. grup 1:3 oranında teff unu ve buğday unu karışımına 100 ppm TG enzimi ilave edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmekler Sinbo SBM 4705 (Türkiye) ekmek pişirme makinesinde pişirilmiştir.

2.5. Ekmek Örneklerinde Yapılan Analizler

2.5.1. Tekstür Analizi

Ekmek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA), tekstür analiz cihazı (TA.HD Plus Stable Micro Systems Ltd., Surrey, İngiltere) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için 36 mm çapında alüminyum silindir prob kullanılmıştır. Ölçüm için güç-zaman deformasyon eğrileri, 30 kg'lık yük hücresi uygulanarak elde edilmiştir. Ölçümleri yapılacak ekmek örnekleri, eşit sıcaklıklarda olacak şekilde 2 cm yüksekliğinde ve 2 cm kenar uzunluğunda eşit boylarda kesilerek cihaza yerleştirilmiştir. Cihazın ön test, test ve son test hızı sırasıyla 1, 5 ve 1 mm/s olarak ayarlanmıştır. Güç-uzaklık eğrileri kaydedilmiştir ve kuvvet ve maksimum kuvvet pikinin mesafesi ile eğriyi temsil eden mekanik parametreler (sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik ve yapışıklık) belirlenmiştir [29].

2.5.2. Renk Analizi

Ekmeklerin CIE L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri Hunter Renk Ölçüm Sistemi (Hunter Associates Laboratory, Inc.) kullanılarak belirlenmiştir. Eşit boylarda kesilen örneklerden iç ve dış kesitlerin renklerine bakıldıktan sonra aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır.

2.5.3. Duyusal Analiz

Ekmeklerin duyusal değerlendirilmesi 10 kişilik eğitimli bir panelist grubu tarafından yapılmıştır. Duyusal değerlendirme öncesinde panelistlere ekmeklerin duyusal değerlendirme kriterleri hakkında bilgi verilerek ön denemeler yapılmıştır. Ekmekler görünüş, renk, hacim, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, tekstür, ağızda hissedilen yumuşaklık, lezzet, genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Duyusal analizde kalite kriterleri 1’den 5’e kadar puanlama sistemine göre yapılmıştır. 1. Çok zayıf (kötü), 2. Zayıf (yeterli değil) 3. Orta (kabul edilebilir), 4. İyi ve 5. Çok iyi şeklinde değerlendirmeler yapılmıştır [30].

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Un ve Hamur Örneklerinde Yapılan Analizler

Un örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde Teff ununun buğday unundan daha düşük nem oranına fakat daha yüksek kül, yağ ve protein miktarına sahip olduğu görülmektedir. Protein miktarı ve kalitesi, buğday ununun kalitesi üzerinde birincil derece etkili olup, çeşit ve çevre koşullarından etkilenmektedir [31]. Teff ununun protein miktarı genellikle %10-%12 arasında olmakla beraber bu değerler tahılın olgunluğuna ve iklime göre değişiklik göstermektedir [32]. Ekmek üretiminde unun kalitesi ve randıman oranı önemlidir. Kaliteli bir unun yaş gluten oranı % 28-35, protein oranı % 10-12 arasında değişmektedir [33]. Tablo 1’ de görüldüğü gibi yaş gluten miktarının %27’nin üzerinde ve gluten indeks değerinin %100’e yakın olması nedeniyle araştırmada kullanılan buğday ununun optimum pişirme kalitesi göstereceği belirtilebilir. Teff ununda ise gluten bulunmaması nedeni ile tespit edilememiştir.

Sedimentasyon değeri, unun ekmekçilik değeri hakkında bilgi verir ve protein kalitesinin belirlenmesinde kullanılan kalite kriterlerinden birisidir. Böcekler vb. tarafından zarar görmüş buğdaydan una geçen enzimin çalışması için gerekli sürenin sağlanması açısından da gecikmeli sedimentasyon testi uygulanmaktadır [16]. Çalışmada, bu değer yüksek olması özün iyi su tuttuğu anlamına gelmekte ve ekmek hacminin iyi düzeyde olacağı anlaşılmaktadır (Tablo 1). Ayrıca bulunan değerler TGK Buğday Unu Tebliğine (en az 30 mL) uygun bulunmuştur [34].

Buğday ununun düşme sayısı değeri 306 sn olarak bulunmuştur (Tablo 1). Düşme sayısı, gaz miktarı ile ekmek hacmi büyümesi açısından önemlidir [35]. Düşme sayısı 150 ve altında ise amilaz aktivitesi yüksektir, buğday çimlenmiştir ve üretilen ekmeğin içi yapışkan olabilir; 200-250 arasındaysa amilaz aktivitesi normaldir, 300 ve daha yukarı ise düşük amilaz aktivitesini göstermektedir. Bu unlardan üretilen ekmekler kuru ve hacmi küçük olabilmektedir [33, 35]. Elde edilen sonuçlara göre araştırmada amilaz aktivitesi normal düzeydedir. Yapılan analizler sonucunda buğday ununda bulunan nişasta zedelenmesi %24.3 olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Un örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Analizler	Buğday un	Teff unu
Nem (%)	13.90±0.14	11.00±0.14
Kül (%)	0.481±0.02	2.332±0.34
Yağ (%)	1.309±0.31	2.141±0.32
Protein (%)	10.76±0.15	11.29±0.13
Yaş Gluten (%)	27.6±0.71	TE
Gluten İndeks (%)	97±0.00	TE
Sedimentasyon (mL)	38.5±0.71	14±0.00
Gecikmeli Sedimentasyon (mL)	62±1.41	14±0.00
Düşme sayısı (sn)	306±2.83	-
Zedelenmiş nişasta	24.3±0.14	-

TE: Tespit edilmemiştir.

Un örneklerinin 135. dakikadaki ekstensograf değerleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Un örneklerinin ekstensograf değerleri (135.dakika)

Özellikler	Buğday unu	Teff+Buğday unu	Teff+Buğday unu+ TG
Enerji (cm ²)	95.0±2.88	39.5±4.95	14.5±7.78
Hamurun sabit deformasyondaki direnci (R _s) (BU)	1096.0±15.60	336.0±45.25	326.0±96.27
Uzama kabiliyeti (mm)	79.0±0.56	91.5±0.71	42.0±4.24
Hamurun uzamaya karşı gösterdiği max. direnç (R _m) (BU)	1096.0±5.56	335.5±44.55	23.0±4.24

Buğday ununa, teff unu ilavesi hamurun sabit deformasyondaki direnci (R5), uzamaya karşı gösterdiği direnci ve enerjisini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç, hamurun gluten yapısı ile ilgilidir. Kuvvetli glutene sahip unların hamurlarının uzamaya karşı gösterdiği direnç de fazla olmaktadır. Ekstensograf değerlerindeki gözlenen bu düşüş; teff unu ilavesi ile undaki protein ve kül miktarının artması, buna karşılık toplam protein içinde gluten miktarının düşmesiyle unda protein kalitesinin zayıflaması ile açıklanabilir. Buğday ununa, teff unu ilavesi hamurun uzama kabiliyetini artırmıştır, viskoelastik yapısını bozmamıştır. Şen (2013) yapmış olduğu çalışmada ekmeklik una ilave edilen % 5 oranındaki nar ve kuşburnu çekirdeği unlarının hamurun uzama kabiliyetini artırıcı, daha yüksek oranda ilavenin ise azaltıcı yönde etki gösterdiğini belirlemiştir [16]. Tablo 2' de teff ve un karışımına eklenen TG enziminin, ekstensograf değerlerinin hepsinde daha da düşmeye neden olduğu görülmektedir. Enzim içermeyen teff ve un karışımından oluşan hamurlara göre enzim ilavesi Rm değerini 335.5'ten 23.0'e düşürmüştür. Yapılan bazı çalışmalarda TG enziminin hamurun reolojik özelliklerini olumlu yönde etkileyerek kuvvetini, stabilitesini, elastikiyetini ve yoğurma toleransını arttırdığı, buna karşılık su kaldırmasını ve yapışkanlığını azaltarak hamurun işlenebilme özelliklerini geliştirdiği ve ekmek hacminin artırılmasında başarıyla kullanıldığı bildirilmesine rağmen [22, 24, 36] bu çalışmada TG enzimi hamur kalitesine olumsuz yönde etki göstermiştir. Hayıt (2014) ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan hamurların özelliklerini incelediği araştırmasında, ekmeklik buğday ununa TG ilavesinin hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnci artırmasına rağmen, %30 düzeyinde karabuğday unu ilavesinden sonra bu değer azalmasına neden olduğunu tespit etmiştir [24]. Bu çalışma ile benzer şekilde karabuğday karışımı ile hazırlanan hamurlara TG ilavesinin hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç değerleri üzerinde negatif bir etkisi olmuştur. Buğday ununa teff ilavesi hamurun uzman kabiliyetini çok düşük oranda da olsa artırıcı etki göstermiştir, bu un karışımına TG ilavesi ise uzama kabiliyetinin azalmasına neden olmuştur.

3.2. Tekstür Analizi Sonuçları

Gıdalarda sertlik değeri duyuşsal anlamda gıdayı ön dişler arasında sıkıştırmak için ve fiziksel anlamda deformasyon için gerekli gücü ifade etmektedir. Ekmekte sertlik, ekmek içi

yumuşaklığında meydana gelen azalma olarak belirtilmektedir. Yumuşaklıkta meydana gelen azalmanın iki sebebi vardır. Bunlar ekmeğin nem kaybetmesi ve nişasta regradasyonudur [37].

Tablo 3. Ekmek örneklerinin tekstürel analiz sonuçları

Gruplar	Sertlik (N)	Yaylanma (mm)	Yapışkanlık (g.s)	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Esneklik (mm)
1. grup	0.732±0.19	1.564±1.04	0.638±0.43	0.491±0.35	1.023±0.73	0.360±0.24
2.grup	5.385±2.94	0.960±0.01	0.747±0.07	3.888±1.75	3.704±1.63	0.470±0.03
3.grup	7.652±0.24	0.863±0.01	0.690±0.02	5.280±0.06	4.554±0.04	0.359±0.35
4.grup	21.040±0.02	0.903±0.01	0.743±0.02	15.642±0.01	14.121±0.03	0.489±0.03

Tablo 3'te ekmeğin tekstürel analiz sonuçları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi buğday ununa teff unu ve TG enzimi ilavesi ekmeklerin sertlik değerini artırmıştır. Teff ilaveli una yapılan enzim ilavesi, buğday ununa göre sertlik değerini daha da artırmıştır. Şen, 2013'te benzer şekilde ekmeğin hamuruna üzüm, nar ve kuşburnu çekirdek unlarının ilave edilmesini artan çekirdek oranına paralel olarak önemli derecede arttığını belirtmiştir [16]. Hayıt (2014), ekmeğin buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday eklenmesinin sertlik değerini karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırdığını ve bu artışın gluten ağlarının zayıflaması ve ekmeğin hacminde meydana gelen azalmayla ilgili olabileceğini belirtmiştir [24].

Yapışkanlık değeri ekmeğin içi bağların kuvveti hakkında fikir veren bir değerdir [23]. Tablo 3 incelendiğinde teff ve TG enzim ilavesinin yapışkanlığı çok düşük düzeyde de olsa artırdığı gözlemlenmiştir. Hamurda glutenin olmaması hamurun daha sıvı olmasına, pişmiş ürünün çökmesine bağlı kalite sorunlarına sebep olmuştur [38]. Çalışmanın sonuçları literatürdeki bazı çalışmalardan farklılık göstermektedir. Hayıt ve Gül (2017)'ün çalışmasındaki kohezif yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değeri kontrol grubu örneklerinin aldığı görülürken, karabuğday unu ilavesi oranındaki artışa paralel olarak kohezif yapışkanlık değerlerinin azaldığı görülmüştür [23]. Bu durumun gluten miktarının azalması nedeniyle gözlemlendiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada TG enzim ilavesinin, kontrol grubu ve % 10 karabuğday unu ilaveli örneklerde önemli bir değişiklik yapmadığı saptanmıştır. Sakızimsılık gıdayı yutmak için hazır hale getirmeyi ifade etmektedir. Çiğnenebilirlik ise fiziksel anlamda katı bir maddenin yutmaya hazır hale getirmesi için harcanan enerji olarak ifade edilmektedir [37]. Teff ve TG enzimi karışımı sakızimsılığı ve

çiğnenebilirliği oldukça arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca teff ve buğday unlu karışıma TG ilavesi sakızımsılığın ve çiğnenebilirliğin daha da artmasına neden olmuştur. Bu değerler sertlik değerleri ile paralel olup sertlikteki artışa paralel olarak sakızımsılık artmış, çiğnenebilirlik zorlaşmıştır. Esneklik değerleri incelendiğinde teff ilavesinin etkisinin olmadığı, fakat çok düşük düzeyde de olsa TG ilavesinin esnekliği artırdığı gözlemlenmiştir. Yaylanma değerleri incelendiğinde ise teff ve TG enzim ilavesi yaylanmayı azalttığı görülmektedir. Hayıt ve Gül (2017)'ün esneklik değerleri incelendiğinde ekmeklik buğday ununa % 10 oranında karabuğday unu eklenmesi önemli bir fark yaratmazken, % 20 ve % 30 ilaveli örneklerde esneklik değeri önemli oranda azalmıştır [23]. Aynı çalışmada TG enzim ilavesinin ve miktarının örneklerin esneklik değerinde fark yaratmadığı saptanmıştır.

3.3. Renk Analizi Sonuçları

Renk analizinde L* parlaklık (siyah-beyaz), a* kırmızılık (kırmızı-yeşil), b* değeri ise sarılık (sarı-mavi) değerlerini göstermektedir [39]. Ekmeklerin kabuk ve iç dokusunda yapılan ölçüm sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre buğday unundan yapılan ekmeklerin kabuk ve iç renginin daha parlak olduğu gözlemlenmiştir. Teff unu tam tahıllı un olduğundan, kepek parçacıkları nedeni ile ilave edildiği ekmeklerde daha koyu bir renk oluşumu beklenmektedir [18]. Teff ve enzim ilavesinin rengi olumsuz etkileyerek parlaklığı düşürdüğü gözlemlenmiştir. Teff'in ekmek kabuğu ve iç dokudaki a*değerini artırdığı, b*değerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Tablo 4. Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk analiz sonuçları

Gruplar	Ölçüm yeri	L*	a*	b*
1.grup	Kabuk	72.367±0.71	5.910±0.41	24.047±0.58
	İç	69.497±1.37	-0.683±0.18	13.143±0.34
2.grup	Kabuk	70.550±3.33	5.107±1.11	17.407±1.35
	İç	63.027±1.50	-0.373±0.24	13.573±0.67
3.grup	Kabuk	50.453±1.72	8.543±1.83	16.120±2.23
	İç	50.070±3.47	5.970±0.05	11.720±1.26
4.grup	Kabuk	58.567±2.78	6.613±0.54	16.920±1.92
	İç	41.557±1.32	6.213±0.49	9.547±1.75

Hem buğday unu hem de teff-buğday unu karışımına TG enzimi ilavesi a* değerinin azda olsa kabukta düşmesine, ekmek içinde ise artmasına neden olmuştur. Ekmek grupları içerisinde en

yüksek b^* değeri buğday unundan üretilen ekmeğin kabuğunda gözlenmiş olup, diğer gruptaki değişimler önemsiz düzeyde olmuştur. Buğday ununa nar, üzüm ve kuşburnu çekirdek unu ilave edilerek üretilen ekmeklerde ilave edilen bileşenin miktar ve özelliğine göre parlaklık değerlerinde değişikliklerin olduğu ve genellikle L^* değerinin azaldığı, a^* değerinin arttığı, b^* değerinin ise katılan çekirdek unu çeşidine göre artış veya azalış gösterdiği belirtilmiştir [16]. Koca ve Anil (2007), yapmış oldukları çalışmalarında kontrol ve keten tohumlu ekmekler arasında kabuk renginde önemli farklılıklar gözlemiştir. Keten tohumu ununun, kabuk L^* , a^* ve b^* değerlerini düşürdüğünü belirlemişlerdir [14].

3.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Ekmek gruplarının duyusal analiz sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Genel olarak panelistlerin değerlendirdiği duyusal özelliklerden en yüksek beğeniyi buğday unundan üretilen ekmekler, en az beğeniyi ise buğday ununa TG enzimi ilave edilen ekmekler almıştır. Teff-buğday unu karışımından üretilen ekmeklerin buğday unundan üretilen ekmeklere yakın değerlere sahip oldukları ve genel olarak beğenildikleri görülmektedir. Teff-buğday unu karışıma TG enzimi ilave edilerek üretilen ekmeklerde hacim, tekstür ve ağızda hissedilen yumuşaklık değerlerinin daha düşük değerler aldığı görülmüştür.

Tablo 5. Duyusal analiz sonuçları

Özellik	1.grup	2.grup	3.grup	4.grup
Görünüş	5.0±0	3.2±0.92	4.4±0.52	4.3±0.82
Renk	5.0±0	3.8±0.79	4.1±0.88	4.6±0.70
Hacim	5.0±0	2.9±0.88	4.3±0.67	3.6±1.07
Ekmek içi rengi	4.5±0.53	3.0±0.94	4.5±0.53	4.4±0.84
Gözenek yapısı	4.5±0.53	3.0±1.05	3.8±1.03	3.6±0.84
Tekstür	4.5±0.53	2.8±1.14	4.0±0.45	3.8±0.92
Ağızda hissedilen yumuşaklık	4.5±0.53	3.0±0.82	4.1±0.74	3.8±0.92
Lezzet	5.0±0	3.3±0.82	4.1±0.83	4.1±0.52
Genel kabul edilebilirlik	5.0±0	3.1±0.74	4.0±0.47	3.9±0.99

Ekmek üretiminde TG enzimi kullanımının tekstür sonuçlarında yarattığı olumsuz sonuçlar duyusal analiz sonucunda da doğrulanmıştır. Genel olarak enzim iç dokunun yapışkan olmasına, gözenek yapısının olumsuz etkilenmesine ve düşük hacme neden olmuştur. Kontrol ekmeğinin aroması

zaten tüketiciler tarafından bilinen bir tat olduğundan, panelistlerce de yadırganmamış, teff-buğday unu karışımından üretilen ekmeklerin duyuşal özellikleri kontrol ekmeğine yakın olarak bulunmuştur.

4. Sonuç

Bu araştırmada, insanların büyük bir zevkle tükettiği ekmeğin, buğday ununa besleyici değeri yüksek ve esansiyel aminoasitlerce zengin teff unu eklenerek fonksiyonel bir gıda eldesi hedeflenmiştir. Teff ununun glutensiz olmasından dolayı kaynaklanabilecek hacim düşüklüğünü gidermek amacıyla TG enzimi ilave edilmiştir. Ancak TG enzimi unun yapısında bulunan proteinleri çapraz bağlayarak şişmeyi engellemiş ve hacmi arttırmak yerine düşürmüştür. TG enzimi hem buğday unu hem de teff-buğday unu karışımından üretilen ekmeklerde olumlu sonuçlar gösterememiştir. Teff unu kullanılan ekmeklerin rengi sadece buğday unundan yapılan ekmeklere göre daha koyu olmuştur, duyuşal açıdan kontrol grubuna yakın değerler almıştır. Farklı oranlarda teff-buğday unu karışımlarının tekstürel ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesinde ayrıca farklı dozlarda TG enzim muamelelerinin ileride çalışılması tavsiye edilmektedir.

Teşekkür

Araştırmanın laboratuvar aşamasında destek olan İlknur Bilgin ve Ayşe Erdal'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] El-Alfy, T.S., Ezzat, S.M., Sleem, A.A., Chemical and Biological Study of the Seeds of *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter. Natural Product Research, 26 (7), 619-629, 2012.
- [2] Üke Ö., Kinoa ve Teff Bitkilerinde Hasat Zamanının Ot Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [3] Gebru, Y.A., Hyun-II, J., Young-Soo, K., Myung-Kon K., Kwang-Pyo, K., Variations in Amino Acid and Protein Profiles in White versus Brown Teff (*Eragrostis Tef*) Seeds, and Effect of Extraction Methods on Protein Yields. Foods, 8, 202, 1-15, 2019.

- [4] Gebremariam, M.M., Zarnkow, M. Becker, T., Teff (*Eragrostis tef*) as a Raw Material for Malting, Brewing and Manufacturing of Gluten-free Foods and Beverages: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (11), 2881-2895, 2014.
- [5] Ketema, S., Tef *Eragrostis Tef* (Zucc.) Trotter, Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops 12, International Plant Genetic Resources Institute Ethiopia, 1997.
- [6] Ketema S., Tef *Eragrostis Tef* Breeding, Genetic Resources, Agronomy, Utilization and Role in Ethiopian Agriculture, Ethiopian Institute of Agricultural Research, Ethiopia, 1993.
- [7] Ersoy G., Hasbay A., Sporcu Beslenmesi, Sinem Matbaacılık, Ankara, 2016.
- [8] Naneli İ. Sakin, M.A., Kırıl, A.S., Tokat-Kozova Şartlarında Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1), 91-103, 2015.
- [9] Hayıt F., Gül H., Çölyak ve Çölyak Hastalıkları İçin Üretilen Ekmeklerin Kalite Özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 163-169, 2017.
- [10] Yıldırım, S., Fırat A., Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum L. em Thell*) Adaptasyonunda Vernelizasyon Tepkiyi Kontrol Eden Genlerin Etkisi 1. Kalıtım Dereceleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16 (1), 1-34, 2006.
- [11] Ereku, O., Yiğit, A., Koca, Y.O., Ellmer, F., Weib, K., Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum L.*) Çeşitlerinin Kalite Potansiyelleri ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Önemi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel sayı-1), 31-36, 2016.
- [12] Kotancılar, G., Çelik, İ., Ertugay, Z., Ekmegin Besin Değeri ve Beslenmedeki Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 431-441, 1995.
- [13] Ertaş, N., Bilgiçli, N., Türker, S., Aktif Soya Unu, Glukoz Oksidaz ve Lipaz Enzim Katkılarının Un, Hamur ve Ekmek Özelliklerine Etkisi. *Gıda*, 31 (3), 143-149, 2006.
- [14] Koca, A.F., Anil, M., Effect of Flaxseed and Wheat Flour Blends on Dough Rheology and Bread Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1172-1175, 2007.
- [15] Blanco, C.A., Ronda, F., Pérez, B., Pando, V. Improving Gluten-free Bread Quality by Enrichment with Acidic Food Additives. *Food Chemistry*, 127, 1204-1209, 2011.
- [16] Şen, H., Bazı Doğal Bitkisel Katkıların Ekmek Hamurunun Reolojik Özellikleri ile Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2013.

- [17] Fendri, L.B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S.E., Ghribi-Aydi, D. Wheat Bread Enrichment by Pea and Broad Bean Pods Fibers: Effect on Dough Rheology and Bread Quality. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 584-591, 2016.
- [18] Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P., Derbyshire, E., Improving the Quality of Nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) Breads by Combination of Enzymes in Straight Dough and Sourdough Breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55, 22-30, 2012.
- [19] Dłużewska, E., Marciniak-Lukasiak, K., Kurek, N., Effect of Transglutaminase Additive on the Quality of Gluten-free Bread. *CyTA - Journal of Food*, 13 (1), 80-86, 2015.
- [20] Bardi, R.R., Tabari, M., Tavakolipor, H., Improving the Rheological Properties of 18% Wheat Flour as Affected by Transglutaminase Enzyme. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3 (2), 138-146, 2020.
- [21] Moradi, M., Bolandi, M., Arabameri, M., Karimi, M., Baghaei, H., Nahidi, F., Kanafi, M.E. Semi-volume Gluten-free Bread: Effect of Guar Gum, Sodium Caseinate and Transglutaminase Enzyme on the Quality Parameters. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 2344-2351, 2021.
- [22] Erem F., Certel M., Fırın Ürünlerinde Enzim Uygulanmaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 2006.
- [23] Hayıt, F., Gül, H., Tam Karabuğday Unu ve Transglutaminaz İlavesinin Kısmi Pişirilerek Dondurulmuş Ekşi Mayalı Ekmeklerin Fiziksel ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (2), 113-119, 2017.
- [24] Hayıt, F., Karabuğday, Transglutaminaz ve Ekşi Mayanın Dondurulmuş Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [25] MEGEP Gıda Teknolojisi, Un ve Unlu Mamüllerdeki Analizler 2, Ankara, 2013.
- [26] Cemeroglu, B., Özkan, M., Yemenicioğlu, A., Kırca, A., Yemiş, O., Gıda Analizleri. Ed: Cemeroglu B., Bizim Büro Basımevi, Ankara, 2007.
- [27] AOAC, 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- [28] AACC, 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn, USA.
- [29] Dertli, E., Yılmaz, M.T., Tatlısu N.B., Toker, O.S., Cankurt, H., Sagdic, O., Effects of in Situ Exopolysaccharide Production and Fermentation Conditions on Physicochemical Microbiological, Textural and Microstructural Properties of Turkish-type Fermented Sausage (Sucuk). *Meat Science*, 121, 156-165, 2016.



[30] Hayıt, F., Gül, H. Kinoa Ununun ve Kısmi Pişirilerek Dondurma Yönteminin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 406-427, 2019.

[31] <http://www.tusaf2016.org/wp-content/uploads/2016/04/Serta%C3%A7-%C3%96zer.pdf>

[32] Stallknecht, G.F., Gilbertson, K.M., Eckhoff. J.L., Teff: Food Crop for Humans and Animals. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New Crops*. Wiley, New York, 1993.

[33] Elgün, A., Ertugay, Z., Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, 2002.

[34] Türk Gıda Kodeksi, Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No:2013/9, Ankara.

[35] Dizlek H., Gül H., Farklı Düzeylerde Kullanılan L-askorbik Buğday Kepekli Ekmeklerin Bazı Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2), 1-10, 2007.

[36] Dizlek, H., Özer, M.S., Süne Zararına Uğramış Ekmeklik Buğdayların Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve İyileştirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma. *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (1), 33-43, 2010.

[37] Demiray E., Çelik, İ., Nogay, O., Tülek, Y., Denizli Karahöyük Ekmeği Zığır'ın Renk ve Tekstürel Özellikleri. *Akademik Gıda*, 13 (3), 223-228, 2015.

[38] Torbica, A., Hadnadev, M., Dapcevic, T., Rheological, Textural and Sensory Properties of Gluten-free Bread Formulations Based on Rice and Buckwheat Flour. *Food Hydrocolloids*, 24, 626-632, 2010.

[39] Keskin M. Setlek, P., Demir, S., Use of Color Measurement Systems in Food Science and Agriculture. *International Advanced Researches & Engineering Congress*, 16-18 November, Osmaniye/Türkiye, 2017.

HORASAN HARCINDA YUMURTA AKI KULLANIMININ İNCELENMESİ

İsmail Kılıç^{1*} 

Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, tarihi eserlerimizde yaygın olarak kullanılan horasan harcı üzerine araştırma yapılmıştır. Horasan harcı üretiminde, doğal hidrolik kireç, standart kum ve tuğla kırığı kullanılmıştır. Horasan harcında çeşitli katkıları kullanıldığı bilinmektedir. Bu katkılardan bir tanesi de yumurta akıdır. Çalışmada, bir tanesi katkısız beş tanesi katkılı olmak üzere altı farklı horasan harcı karışımı üretilmiştir. Yumurta akı, karışımlarda %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında kullanılmıştır. Yumurta akı, kireç ağırlığının yüzdesi miktarında ilave olarak karışımlarda kullanılmıştır. Harç kalıbı kullanılarak 40mm x 40mm x160mm boyutlarında prizmatik horasan harcı örnekleri üretilmiştir. Taze harçlar üzerinde kıvam tayini deneyi, 28 günlük prizmatik harç örnekleri üzerinde ise birim hacim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucu elde edilen verilere dayalı olarak yumurta akının horasan harcı üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik kireç, Horasan harcı, Kireç harcı, Tuğla kırığı, Yumurta akı

INVESTIGATION OF EGG WHITE USAGE IN KHORASAN MORTAR

Abstract

In this study, a research has been done on khorasan mortar, which is widely used in our historical artifacts. In the production of Khorasan mortar, natural hydraulic lime, standard sand and brick crush are used. It is known that various additives are used in khorasan mortar. One of these additives is egg whites. In the study, six different mixtures of khorasan mortar were produced, one without additives and five with additives. Egg whites were used at the rates of 5%, 10%, 15%, 20% and 25% in the mixtures. Egg whites were used in the blends in addition to the percentage of lime weight. By using a mortar mold, 40mm x 40mm x 160mm size prismatic mortar mortar samples were produced. Determination of consistency test has been carried out on fresh mortars. Unit weight, ultrasound velocity, flexural strength and compressive strength tests were performed on 28-day-old prismatic mortar samples. Based on the data obtained as a result of the experiments, the effects of egg white on the khorasan mortar were determined.

Keywords: Hydraulic lime, Khorasan mortar, Lime mortar, Brick fracture, Egg white

Sorumlu Yazar: İsmail KILIÇ, ismail.kilic@klu.edu.tr

1. Giriş

Tarihi eserlere sahip çıkmak her bireyin sorumluluk alanına girmektedir. Onları korumak ve gelecek kuşaklara en iyi şekilde emanet etmek gerekir. Gerektiğinde bu eserler restore edilmelidir. Restorasyon aşamasında aslına uygun malzemelerin kullanılması çok önemlidir. Horasan harcı tarihi eserlerin restorasyonunda yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bu nedenle özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Horasan harcı Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde kullanılmıştır. Horasan kelimesinin İran'ın Horasan bölgesinden geldiği bilinmektedir [1,2]. Horasan, kırılmış, öğütülmüş tuğla ve kiremit gibi pişmiş killere denilmektedir [3]. Horasan harcı ise tuğla kırığı, kireç, su, çeşitli lifler ve katkıları kullanılarak hazırlanan, bağlayıcı ve taşıyıcı özelliğe sahip, harç veya sıva olarak kullanılan bir malzemedir [4-6]. Bu harçların geliştirilmesi için katkı olarak organik maddeler kullanılmaktadır [3,7-9].

Kireç içeren harç ve sıvalar, eski dönemlerden çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede yapıların inşalarında yaygın olarak kullanılmıştır [10-12]. Kireç içeren harçlar, su kemerleri, sarnıç ve hamam gibi inşaatlarında değerlendirilmiştir. [13-17]. Roma, Bizans, Selçuklu dönemi harçları, bağlayıcı/agrega oranları ve içerikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri açısından birbirine benzemektedir [18].

Horasan harçlarında kullanılan bağlayıcı/agrega oranı 1/1 ile 1/4 arasında değişmekle birlikte 1/2 ile 1/3 arasında oranlar önerilmektedir [16,19-21]. Tuğla kırığı harcın mekanik dayanımını artırmaktadır. Harcın içindeki agrega yoğunluğu ve boyutu harçların kullanım amaçlarına göre değişmektedir. İri agregalar mekanik dayanımı sağladıkları için örgü harçlarında daha fazla kullanılmaktadır [22]. Horasan harcında kullanılan pişmiş kil tozlarındaki silikatlar, kirecin su ile reaksiyonu sonucunda oluşan kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek, suda çözünmeyen ve harca dayanım kazandıran kalsiyum silikat hidrat jellerine dönüşürler [23,24].

Bu çalışmada, horasan harcında katkı olarak kullanılan yumurta akının, harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine ne gibi etkilerinin olacağı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Horasan harcı üretiminde, 0-4 mm aralığında tuğla kırığı, standart kum, hidrolik kireç, su ve yumurta akı kullanılmıştır. Standart kum, Trakya Çimento Fabrikasından temin edilmiştir. Harman tuğlası veya dolu tuğla diye de adlandırılan tuğlaların çeneli kırıcıda kırılmasıyla 0-4 mm aralığındaki tuğla kırığı elde edilmiştir. Bağlayıcı olarak Teknorep 550 doğal hidrolik kireç kullanılmıştır. Harç karışımında kullanılan yumurta akı, standart kum ve tuğla kırığına ait görseller Şekil 1’de verilmiştir. Tablo 1’de ise elek analizi sonucu belirlenen, kum ve tuğla kırığına ait granülometrik veri bulunmaktadır.



Şekil 1. Horasan harcı karışımında kullanılan yumurta akı, standart kum ve tuğla kırığı görüntüleri

Çalışmada, altı farklı horasan harcı üretilmiştir. Bunlardan bir tanesinde katkı olarak yumurta akı kullanılmamıştır. Bu harçtan üretilenler şahit örnek (M0) olarak değerlendirilmiştir. Diğer beş karışımda, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında yumurta akı kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla M1, M2, M3, M4 ve M5 olarak kodlanmışlardır. Yumurta akı, bağlayıcı olan kirecin ağırlıkça yüzdesi şeklinde ilave olarak karışıma katılmıştır.

Tablo 1. Kum ve tuğla kırığına ait granülometrik veriler

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	
	Kum	Tuğla Kırığı
4	100	100
2	100	52,5
1	64,5	33,7
0,5	37,6	22,8
0,25	21,5	9,2

Horasan harcı üretiminde ağırlıkça karışım oranları su, kireç ve agrega (kum+tuğla kırığı) için sırasıyla 1, 1 ve 3 olarak tercih edilmiştir. Agreganın (kum+tuğla kırığı) kendi içerisindeki ağırlıkça oranı ise 1/4 kum ve 3/4 tuğla kırığı olacak şekilde tasarlanmıştır. Üretilen horasan harçlarında kullanılan malzemelerin kendi içerisinde ağırlıkça oranları ve 1 adet harç kalıbı (768 cm³) için kullanılan malzeme miktarları Tablo 2’de verilmiştir. Katkı olarak kullanılan yumurta akı karışımlarda kireç ağırlığının ağırlıkça yüzdesi miktarında ilave olarak kullanılmıştır.

Tablo 2. Üretilen horasan harçlarında kullanılan malzemelerin kendi içerisinde ağırlıkça oranları ve karışımlardaki malzeme miktarları

Karışım Kodu	Katkı Oranı (%)	Karışımdaki Malzemelerin Ağırlıkça Oranları			1 Adet Harç Kalıbı İçin Kullanılan Malzeme Miktarları (g)				
		Su	Kireç	Kum + Tuğla Kırığı	Yumurta Akı	Su	Kireç	Kum	Tuğla Kırığı
M0	0	1	1	3	0	400	400	300	900
M1	5	1	1	3	20	400	400	300	900
M2	10	1	1	3	40	400	400	300	900
M3	15	1	1	3	60	400	400	300	900
M4	20	1	1	3	80	400	400	300	900
M5	25	1	1	3	100	400	400	300	900

Horasan harç örneklerinin kıvamı yayılma tablası ile TS EN 1015-3 [25], eğilme ve basınç dayanımları TS EN 1015-11 [26] standardına uygun olarak yapılmıştır. Ultrases geçiş süresi ise ASTM C 597 [27] standardına uygun olarak ve Pundit PL200 marka ultrasonik test cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Örnekler üretilirken, mikserde öncelikle kum, tuğla kırığı ve kireç karıştırılmış, sonra su ve yumurta akı ilave edilerek karışıma devam edilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü gibi karıştırma işlemi bitince, taze horasan harcı üzerinde yayılma tablası kullanılarak kıvam deneyi yapılmıştır.



Şekil 2. Horasan harcının mikserde karıştırılma aşaması ve kıvam deneyi görüntüleri

Horasan harcı, 40mm × 40mm × 160mm boyutlarında prizmatik örnekler olacak şekilde üretilmiştir. Her bir metal harç kalıbında üç adet, bu boyutlarda örnek üretmek mümkündür. Taze horasan harcı daha önce içerisi yağlanan metal kalıplara doldurulmuş ve sarsma tablası kullanılarak kalıba yerleşmesi sağlanmıştır. Her karışım kodu için birer adet olmak üzere toplam 6 adet metal kalıp kullanılmıştır. Her bir karışımdan üçer adet olmak üzere toplam 18 adet, 40mm × 40mm × 160mm boyutlarında prizmatik horasan harç örnekleri üretilmiştir. Harç örnekleri, yeterli dayanım kazanması için 48 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkarılmıştır. 24 saat sonra kalıp tan çıkarmanın sakıncaları olabileceği düşünülmüştür. Kalıptan çıkarılan örnekler 28 günlük oluncaya kadar laboratuvar ortamında bekletilmiştir.

28 günlük harç örnekleri öncelikle tartılmış ve birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Şekil 3’de görülen örneklerin, ultrasonik test cihazı kullanılarak öncelikle ultrases geçiş süreleri ölçülmüş ve daha sonra eğilme dayanımları belirlenmiştir. Eğilme dayanım deneyinde ikiye ayrılan örneğin her iki tarafında kalan parçaları üzerinde basınç dayanım deneyi yapılmıştır. Her bir karışım koduna ait örnekler üzerinde yapılan ölçüm ve test sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmış ve çalışma ile ilgili bulgularda kullanılmıştır.



Şekil 3. Horasan harcı örnekleri ve eğilme dayanım deneyi

3. Bulgular

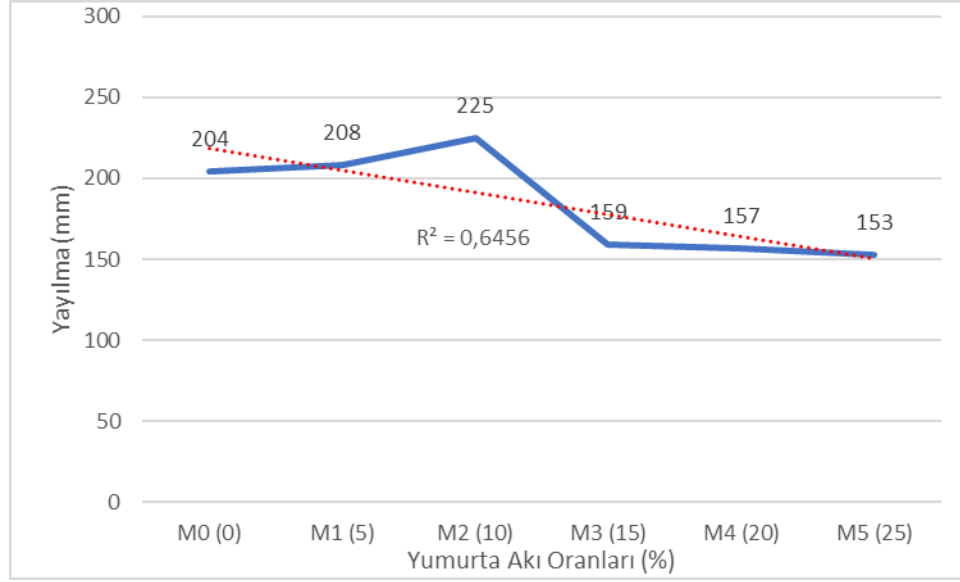
Harç örnekleri görsel olarak incelendiğinde, tuğla kırığının harcın rengini etkilediği Şekil 3'te görülmektedir. M2 ve M3 kodlu örneklerin diğerlerine oranla daha koyu renkte olduğu belirlenmiştir. M3 kodlu % 15 yumurta akı katkılı harç örneklerinin diğerlerine oranla en koyu renkte olduğu tespit edilmiştir.

Horasan harç örnekleri üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 3'te ve grafik halinde Şekil 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Tablo 3. Yayılma, birim hacim ağırlık, ultrases geçiş süresi, eğilme ve basınç dayanımı deney sonuçları

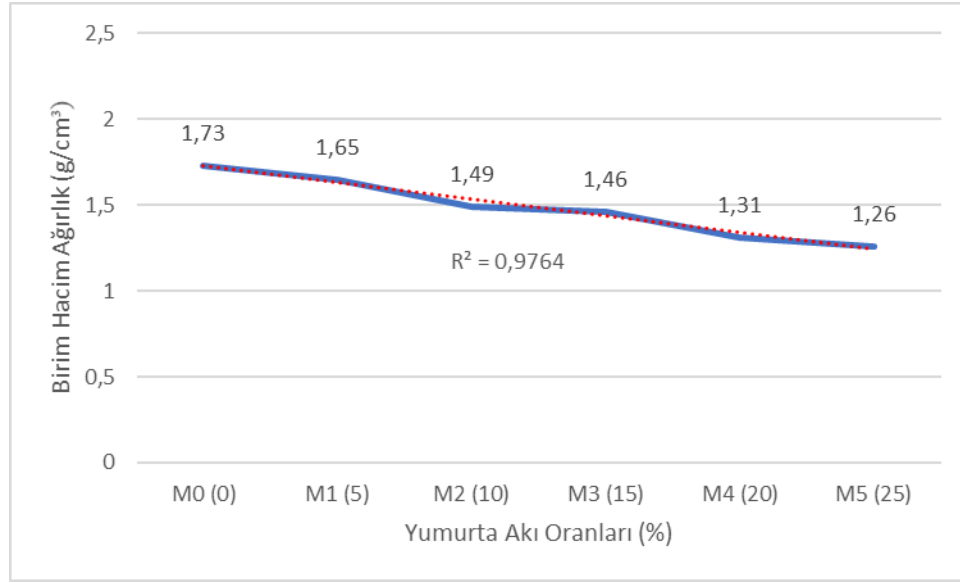
Karışım Kodu	Katkı Oranı (%)	Yayılma (mm)	Ağırlık (g)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Ultrases Geçiş Süresi (µs)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
M0	0	204	443	1,73	70,3	3,6	9,1
M1	5	208	421	1,65	81,5	2,8	5,2
M2	10	225	383	1,49	93,4	2,4	2,9
M3	15	159	373	1,46	95,6	2,2	2,4
M4	20	157	336	1,31	105,1	1,9	1,2
M5	25	153	322	1,26	115,2	1,3	0,8

Taze harçların kıvamını belirlemek amacıyla yayılma tablası ile yapılan deneyler sonucunda M0, M1, M2, M3, M4 ve M5 kodlu harç örneklerinin yayılma miktarları sırasıyla 204, 208, 225, 159, 157 ve 153 mm bulunmuştur. % 5 ve %10 yumurta akı katkılı örneklerde yayılma miktarı artmıştır. % 10 katkılı M2 kodlu karışım örnekleri, % 10,3 oranında en yüksek artış ile 225 mm yayılma miktarı vermiştir. % 15, 20 ve 25 katkılı örneklerin, katkısız örneklere oranla yayılma miktarlarında, katkı oranı arttıkça azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4. Horasan harç örneklerinin yayılma miktarları

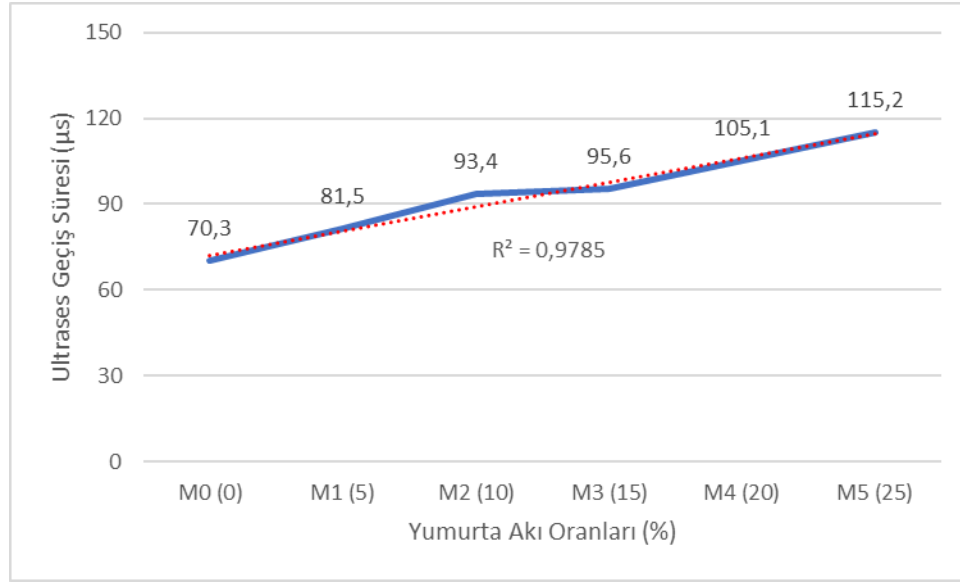
Karışımlarda, yumurta akı yüzdesinin artmasıyla doğru orantılı olacak şekilde harcın hacminde artış olduğu görülmüştür. Yumurta akı harç içerisinde hava kabarcıkları oluşturarak, boşluklu bir yapı oluşturmuştur. Horasan harcında yumurta akı kullanımının, harcın birim hacim ağırlık değerini katkı miktarıyla ters orantılı olarak düşürdüğü belirlenmiştir. Katkısız M0 harç örneğine oranla yumurta akı katkılı M1, M2, M3, M4 ve M5 kodlu harç örneklerinin birim hacim ağırlık değerlerinin sırasıyla %4, 14, 15, 24 ve 27 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Horasan harç örneklerinin birim hacim ağırlık değerleri

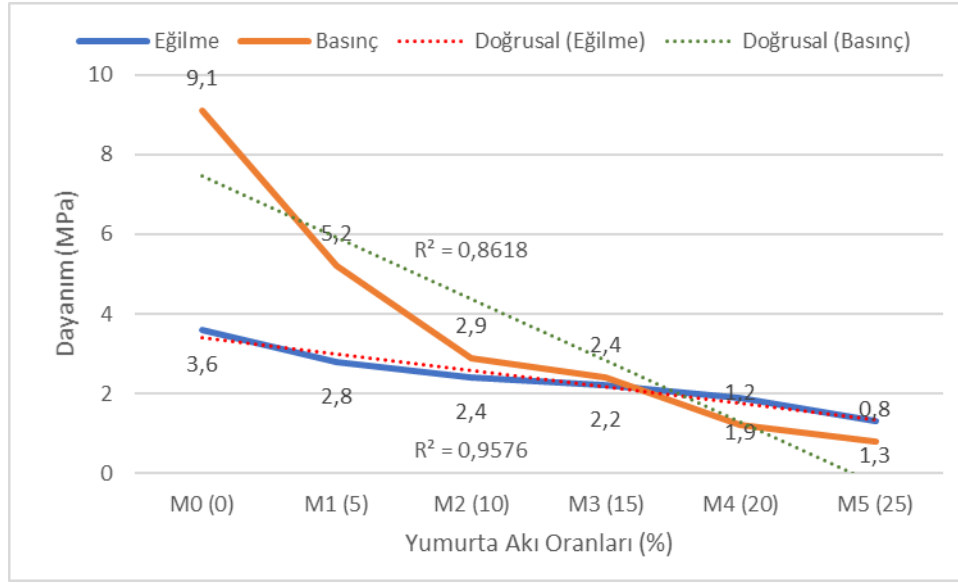
Oğuz vd. (2015) [18], tarihi eserler üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda, birim hacim ağırlık değerlerini Roma dönemi eserlerinde $1,65 \text{ g/cm}^3$, Bizans dönemi eserlerinde $1,57 \text{ g/cm}^3$ ve Selçuklu dönemi eserlerinde ise $1,68 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit etmişlerdir. Altaş vd. (2012) [22], tarihi yapılarıdaki horasan harçlarında görülen birim hacim ağırlığının $1,32 \text{ g/cm}^3$ ile $1,61 \text{ g/cm}^3$ arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bu verilere göre %5, 10 ve 15 yumurta akı katkılı horasan harç örneklerinden elde edilen birim hacim ağırlık değerlerinin, araştırmacıların belirtmiş olduğu değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Ultras ses geçiş süreleri incelendiğinde, karışımlardaki yumurta akı oranının artmasıyla doğru orantılı olarak ultras ses geçiş sürelerinin de arttığı belirlenmiştir. Katkısız M0 harç örneğine oranla M1, M2, M3, M4 ve M5 kodlu katkılı harç örneklerinin sırasıyla %16, 33, 36, 49 ve 64 oranlarında değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Horasan harcında katkı olarak yumurta akı kullanılması, harcın içyapısında boşluklar oluşturmuş ve hacimce genişmesine neden olmuştur. Boşluklu içyapı oluşumu ise ultras ses geçiş süresinin artmasında en önemli etken olmuştur.



Şekil 6. Horasan harç örneklerinin ultrases geçiş süreleri

Horasan harcında yumurta akı kullanımının eğilme ve basınç dayanımını belirgin bir şekilde azalttığı Şekil 7'deki grafiklerde görülmektedir. Katkısız M0 harç örneğine oranla M1, M2, M3, M4 ve M5 kodlu katkılı harç örneklerinin eğilme dayanımı değerlerinde sırasıyla %22, 33, 39, 47 ve 64 oranlarında, basınç dayanımı değerlerini ise %43, 68, 73, 87 ve 90 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Eğilme ve basınç dayanım değerlerinde, katkı oranının artmasına ters orantılı olacak şekilde azalma meydana gelmiştir. Basınç dayanımının, eğilme dayanımına oranla daha yüksek oranda azaldığı görülmüştür. %20 ve %25 yumurta akı katkılı harç örneklerinin, basınç dayanımı eğilme dayanımından daha düşük değerler vermiştir.



Şekil 7. Horasan harç örneklerinin eğilme ve basınç dayanımı değerleri

Oğuz vd. (2015) [18], tarihi eserler üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda, basınç dayanımı değerlerini Roma dönemi eserlerinde 6 MPa, Bizans dönemi eserlerinde 8,3 MPa ve Selçuklu dönemi eserlerinde ise 6,6 MPa olarak belirlemişlerdir. Altaş vd. (2012) [22], tarihi yapılardaki horasan harçlarında basınç dayanımı değerinin 6 MPa ile 8 MPa arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bu verilere göre horasan harcında %5 ve daha fazla oranda yumurta akının katkı olarak kullanılması ile tarihi eserlerdeki harç dayanım değerlerine ulaşamamıştır. %5 katkılı horasan harcı örneğinde 5,2 MPa basınç dayanımı elde edilmiştir. Tarihi eserlerdeki harç dayanım değerlerine ulaşabilmek için yumurta akının %5'ten daha az oranlarda kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu şekilde horasan harcının dayanım değerlerini fazla düşürmeden, yumurta akının olumlu yönlerinden yararlanmak mümkün olabilecektir.

4. Sonuçlar

Horasan harcında yumurta akının katkı olarak kullanılmasına yönelik yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Karışımlarda, %5 ve %10 oranlarında yumurta akı kullanılması harçların kıvamını artırmıştır. %15, 20 ve 25 oranlarında katkı kullanılan harçların kıvamında ise azalma

meydana gelmiştir. En belirgin azalma %15 katkı kullanılan M3 kodlu harç örneğinde 159 mm yayılma miktarı ile %22 oranında olmuştur.

- Yumurta akı, harcın hacimce artışına neden olmuş ve birim hacim ağırlık değerlerini düşürmüştür.
- Harcın içyapısında boşluklar oluşturan yumurta akınının karışımdaki oranının artmasıyla doğru orantılı olarak ultrases geçiş süreleri de artmıştır.
- Yumurta akı kullanılması, eğilme ve basınç dayanımında azalmaya neden olmuştur. Özellikle karışımdaki yumurta akı oranının artmasıyla ters orantılı olarak basınç dayanımında belirgin bir azalma meydana gelmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre, dayanım açısından yumurta akının horasan harcı karışımlarında %5'ten fazla kullanılmaması gerekmektedir. Boşluklu bir yapı oluşturmasından dolayı, özellikle sıva harçlarında ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, yumurta akının horasan harcına katılacak lifli malzemeler ile harç arasında ki aderansa ne yönde etkilerinin olabileceği araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- [1] İpekoğlu B., Böke H., and Çizer Ö., Assessment of Material Use in Relation to Climate in Historical Buildings. *Building and Environment*, 42(2), 970-978, 2007. Doi:10.1016/j.buildenv.2005.10.029
- [2] Uğurlu E., Böke H., The Use of Brick-Lime Plasters and Their Relevance to Climatic Conditions of Historic Bath Buildings. *Construction and Building Materials* 23(6):2442-2450, 2009. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2008.10.005
- [3] Topçu İ. B., Canbaz M., Karanfil H., Horasan Harç ve Betonun Özellikleri, Yapı Mekaniği Semineri, ODTÜ-ESOGÜ, 99-107, Eskişehir, 2005.
- [4] Özkaya Ö.A., Böke H., Properties of Roman Bricks and Mortars Used in Serapis Temple in The City of Pergamon, *Materials Characterization*, 60(9), 995-1000, 2009. Doi:10.1016/j.matchar.2009.04.003
- [5] Prince W., Castanier G., Giafferi J.L., Similarity Between Alkali-Aggregate Reaction and The Natural Alternation of Rocks, *Cement and Concrete Research*, 31(2), 271-276, 2001. Doi:10.1016/S0008-8846(00)00478-6

[6] Mavioğlu Ü.A., Farklı Puzolanik Katkıllar ile Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

[7] Fang S., Zhang H., Zhang B., and Zheng Y., The Identification of Organic Additives in Traditional Lime Mortar, Journal of Cultural Heritage, 15(2), 144-150, 2014. Doi:10.1016/j.culher.2013.04.001

[8] Ventola L., Vendrell M., Giraldez P., and Merino L., Traditional Organic Additives Improve Lime Mortars: New Old Materials for Restoration and Building Natural Stone Fabrics, Construction and Building Materials, 25 (8), 3313-3318, 2011. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.03.020

[9] Altun M.G., Özen S., Aghabaglou, A.M., Polipropilen Lif Kullanımının Doğal Hidrolik Kireçli Harçların Kuruma Büzülmesine Etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 427-435, 2018. Doi: 10.16984/saufenbilder.342521

[10] Böke H., Akkurt S., İpekoğlu B., Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı Dergisi, 269, 90-95, 2004.

[11] Dariz P., Schmid T., Ferruginous Phases in 19th Century Lime and Cement Mortars: A Raman Microspectroscopic Study, Materials Characterization, 129, 9-17, 2017. Doi: 10.1016/j.matchar.2017.04.009

[12] Seabra M., Paiva H., Labrincha J. and Ferreira V., Admixtures Effect on Fresh State Properties of Aerial Lime Based Mortars, Construction and Building Materials, 23(2), 1147-1153, 2009. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.06.008

[13] Güleç A., Tulun T. Physico-Chemical and Petrographical Studies of Old Mortars and Plasters of Anatolia, Cement and Concrete Research, 27(2), 227-234, 1997. Doi:10.1016/S0008-8846(97)00005-7

[14] Böke H., Akkurt S., Ettringite Formation in Historic Bath Brick-Lime Plasters. Cement and Concrete Research, 33(9), 1457-1464, 2003. Doi:10.1016/S0008-8846(03)00094-2

[15] Stefanidou, M., Pacht, V., Konopissi, S., Karkadelidou, F., Papayianni, I., Analysis and Characterization of Hydraulic Mortars from Ancient Cisterns and Baths in Greece, Materials and Structures, 47(4), 571-580, 2014.

[16] Matias, G., Faria, P., Torres I., Lime Mortars with Heat Treated Clays and Ceramic Waste: A Review, Construction and Building Materials, 73, 125-136, 2014. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.028



[17] Nezerka, V., Nemecek, J., Slizkova, Z., Tesarek, P., Investigation of Crushed Brick-Matrix Interface in Lime-Based Ancient Mortar by Microscopy and Nanoindentation, Cement and Concrete Composites, 55, 122-128, 2015. Doi: 10.1016/j.cemconcomp.2014.07.023

[18] Oğuz C., Türker F., Koçkal N.U., Andriake Limanı'nda Roma, Bizans ve Selçuklu Dönemi Harçların Özellikleri, İMO Teknik Dergi, 429, 6993-7013, 2015.

[19] Tosun Y., Oltulu M., Polat R., Şahin R., Bingöl, A.F., Hidrolik Kireçli Harçlarda Uçucu Kül Kullanımı, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Cilt 1, 103-112, 2015.

[20] Özgen Ö., Horasan Harcı Üzerine Deneysel Çalışmalar, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2002.

[21] Gürdal E., Altaş G.K., Özgünler S.A., İstanbul'da Bulunan Erken Bizans Dönemi Dini Yapılarında Kullanılan Horasan Harçlarının Özelliklerinin İncelenmesi, Vakıf Restorasyon Yıllığı, 2, 2012.

[22] Altaş G.K., Özgünler S.A., Güldal E., İstanbul'daki Roma Dönemi Saray Yapılarındaki Horasan Harçlarının İncelenmesi, Vakıf Restorasyon Yıllığı, 4, 2012.

[23] Canbaz M., Güler E., Kireç Türünün Horasan Harcı Özelliklerine Etkisi, 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2017.



[24] Cinemre M., Kesme Taş Duvarlarda Kullanılan Tarihi Horasan Harçlarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, 2019.

[25] TS EN 1015-3, Kagir Harcı-Deney Metotları-Bölüm3: Taze Harç Kıvamının Tayini (Yayılma Tablası ile), TSE, Ankara, 2000.

[26] TS EN 1015-11, Kagir Harcı-Deney Yöntemleri-Bölüm11: Sertleşmiş Harcın Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 2020.

[27] ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concete, American Society for Testing and Materials, ASTM International, USA, 2002.

ISI DEĞİŞTİRİCİ ÜRETİM HATTINDA DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASININ ETKİLERİ

Seda KUĞU^{1*}, Ramazan KÖSE¹

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

ÖZ

Günümüz şartlarında rekabet koşulları göz önüne alındığında emek yoğun olarak üretim yapan işletmelerde verimlilik çalışmaları önem arz etmektedir. Verimlilik artırma çalışmalarının temelinde yalın üretim çalışmaları vardır. Bu çalışmada yalın üretim çalışmaları kapsamında bir proje olarak seçilen ısı değiştirici akışında yapılan değer akış haritalama çalışmasına yer verilmiştir. Mevcut durum detaylı olarak incelenerek, elde edilen veriler ışığında kaizen noktaları belirlenmiştir. Belirlenen kaizenler için aksiyon planı oluşturularak, tüm çalışmaların tamamlanması için 12 haftalık termin süresi verilmiştir. Yapılan çalışmalar ışığında gelecek durum haritası hazırlanarak proses sürelerinde %30, ara stok miktarlarında %50 düşüş hedefi verilmiştir. Çalışmalar tamamlandığında proses sürelerinde %31,1 ve ara stok miktarlarında %59,1 azalma görülmüş ve verilen hedefler tutturularak daha etkin bir çalışma elde edilmiştir. Alınan aksiyonların etkinliği hat düzeni ve diğer çalışma hatlarını da pozitif yönde etki etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Değer akış haritalama, yalın üretim, verimlilik, ısı değiştirici, süreç iyileştirme

Abstract

Considering the competitive atmosphere in recent conditions, productivity operations are important in labour intensive enterprises. Lean production studies are the basis of productivity enhancement efforts. In this study, the value stream mapping study in the heat exchanger product which selected as a project carried out within the scope of lean production studies is included. The current situation was examined in detail and the kaizen points were determined based on the data obtained. An action plan was created for the determined kaizens and 12 weeks deadline was given to complete all works. Based on the studies carried out, a future situation map has been prepared, targeting a 30% reduction in process times and a 50% reduction in intermediate stock amounts. When the studies were completed, a decrease of 31.1% in process cycle times and 59.1% in the amount of buffer stocks was observed, and more effective work was achieved by achieving the given targets. The effectiveness of the actions taken had a positive effect on the line layout and other working lines.

Keywords: Value stream mapping, leanmanufacturing, efficiency, heat exchanger, process improvement

Sorumlu Yazar: Seda KUĞU, sedahkugu@gmail.com

1.GİRİŞ

Bu çalışma; ısı değiştirici sektöründe üretim yapan bir işletmede, katma değeri yüksek ürün grubu olarak üretimi yapılan bir ürün hattında yapılan değer akış çalışması üzerine hazırlanmıştır. Hazırlanan çalışmada, yıllık sipariş adeti diğer ürünlere oranla yüksek olan ve tek kod olarak üretilen ısı değiştiricisi incelenmiştir.

Verimlilik artırma ve yalın üretim çalışmalarına büyük ölçüde önem verildiği için ısı değiştirici üretim hattı; her açıdan incelenmiş ve iyileştirme noktaları belirlenerek aksiyon planları oluşturulmuştur. Aksiyonlar takip edilip gerçekleştirilmesi sağlanarak, çalışmanın sonunda, en başta verilen hedefler gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar ortalama 12 hafta gibi bir sürede tamamlanmış ve 12 haftanın sonunda sürekliliği sağlamak için hat üzerinde takip çalışmaları devam etmiştir.

Isı değiştiriciler; bakır boru, alüminyum boru, çelik boru, çelik tel, alüminyum sac, çelik levha, bakır tel vb. gibi başlıca malzemelerle üretilmektedir. Kullanılan malzemeler mekanik ve termofiziksel özelliklerine göre uygun işlemlerden geçirilerek üretilmektedir. Üretim hacmi yüksek ve değişken adetlerde hatlardan geçirilen ürünler genellikle emek yoğun olarak üretilmektedir. Bu sebeple hatlarda çalışan operatörlerde dikkat ve yetkinlik aranmaktadır. Üretim adetleri ve çeşitliliğin fazla olduğu bu tarz üretim yapan işletmelerde, kaliteden ödün vermeden kendi içerisinde bir takım çalışmalar yaparak daha ucuza mal etmek önemlidir. Yapılan bu çalışmalar rekabet edilebilir olmak açısından da gereklilik arz eder.

Isı, sıcaklık farkının neden olduğu geçiş halindeki bir enerji şeklidir. Bu işlem, ısı geçişi olarak adlandırılır. Bir bölgeden diğer bölgeye ısı enerjisinin geçişi iletim, taşınım ve ışıyım olmak üzere üç şekilde görülebilir. [1]

Isıl uygulamalarda en çok karşılaşılan işlemlerden biri, katı bir cidarla birbirinden ayrılan farklı sıcaklıklarda bulunan akışkanlar arasındaki ısı alış verişidir. Farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimini sağlayan bu sistemler ısı değiştiriciler diye adlandırılır [2]. Isı değiştiricilerin pratikte geniş bir uygulama alanı bulunmakta olup değişik tasarımda olabilirler [3].

Isı değiştiricileri genelde akış düzenlemelerine ve konstrüksiyon tiplerine göre sınıflandırılırlar. En basit ısı değiştirici konstrüksiyonu, iç içe eş eksenli iki boru içinde, sıcak ve soğuk akışkanların birbirine göre aynı ya da ters doğrultuda hareket etmesi ile gerçekleştirilebilir. Örnek olarak, paralel

akışlı düzenlemede, sıcak ve soğuk akışkanlar ısı değiştiricinin aynı ucundan girerek aynı doğrultuda akarlar ve ısı değiştiricinin diğer ucundan ısı değiştiriciyi terk ederler. [4]

Bu çalışmada, soğutma sistemlerinde evaporatör (buharlaştırıcı) olarak kullanılan ısı değiştiricinin değer akış çalışması ile üretim aşamaları ve iyileştirme çalışmaları anlatılmıştır.

2. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA YÖNTEMİ

Değer akış haritalama, israfı ya da mudaları yok etmek için yaygın olarak kullanılan bir yalın araçtır. Değer akış haritalama, bir ürünün değer zincirindeki malzeme ve bilgi akışında yer alan her sürecin haritasını ortaya çıkardığı için faydalıdır. Mevcut durum ve gelecek durum olarak çizilir. Hammadde alımından bitmiş ürünün müşteriye teslim edilene kadar tüm aşamalarını gösterir. Klasik bir süreç haritasından ya da altı sigma süreç iyileştirme çalışmalarından daha kapsamlıdır ve daha fazla bilgi içerir [5].

Değer akış, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. Her ürünün akışı için gerekli olan ana akışları sıralamak gerekirse; hammaddeden müşteriye üretim akışı, ürün geliştirme süreci yani tasarım olarak verilebilir. [6]

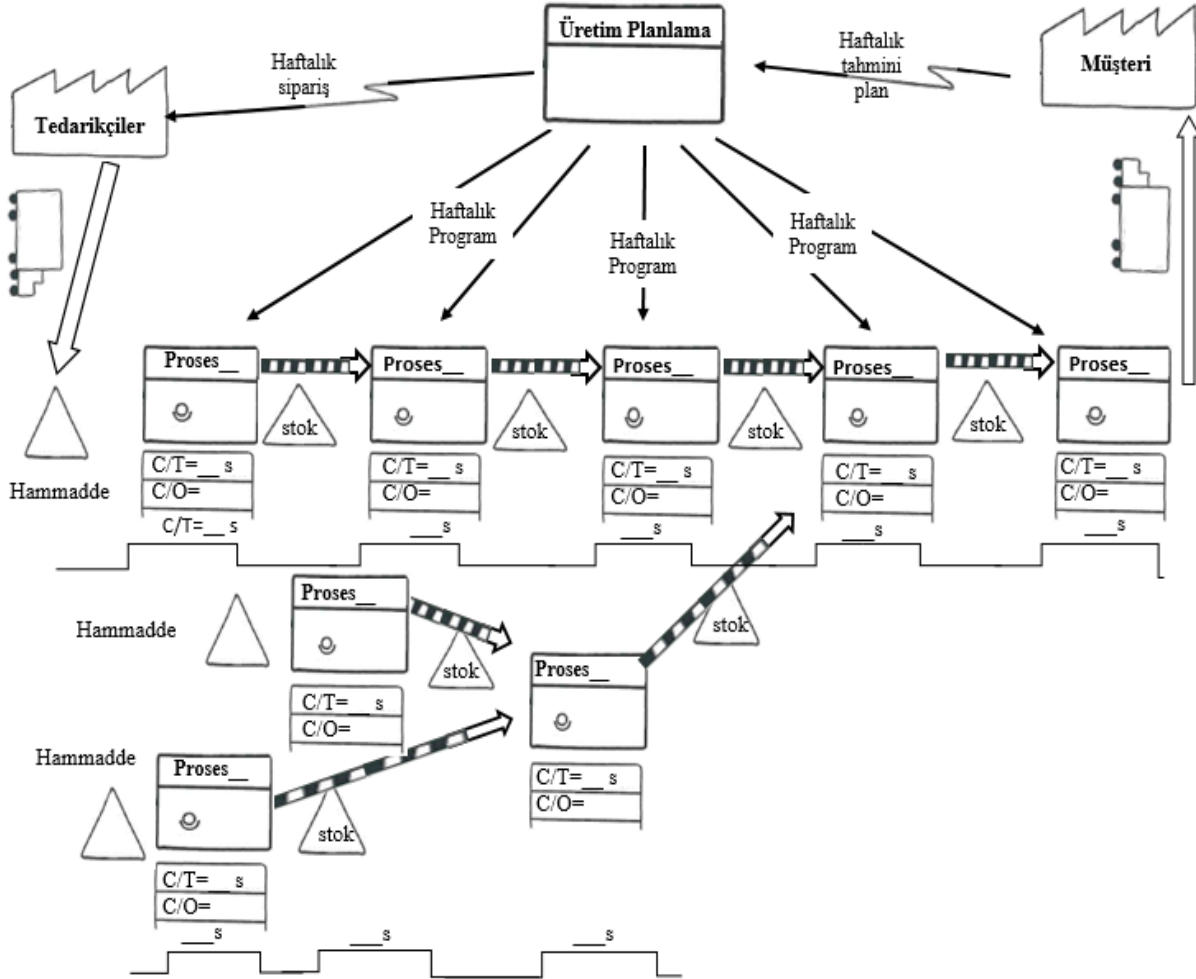
İşletmelerde konusu geçen iyileştirme kavramının temeli, yalın üretim sistemlerinden gelmektedir. Yalın üretim bir şirketin her bir faaliyetinde bulunan israf ve gecikmeleri yok ederek faaliyetin katmış olduğu değeri maksimize eden üretim sistemleridir. İşletmelerin imalat süreçleri olup olmamasına bakmaksızın süreçleri iyileştirmek çok önemlidir [5].

Yalın sistemlerin hedefi muda olarak adlandırılan sekiz israfı ortadan kaldırmaktır. Bu sekiz israf; fazla üretim, fazla işlem, gereksiz taşıma, gereksiz hareket, bekleme, hatalı üretim, fazla stok, çalışandan az yararlanma olarak sıralanabilir. Yalın sistemlerde, mudaları ortadan kaldırarak gerek duyulduğunda ürün ve hizmet üretmek ve sürekli iyileştirme amaçlanır. Sürekli iyileştirme yaklaşımı için Japonca kaizen terimi kullanılır [5].

Yalın sistemlerde en popüler olan öğelerden biri de kanban sistemidir. Kanban, Japonca kart ya da görünür kayıt anlamında olup üretimin akışını kontrol etmede kullanılır. Üretimde kullanılan kapların her birine kart eklenir. Bu kaplar günlük üretimin belli oranda yüzdesini karşılar. Kaptaki ürünler tamamen tükendiğinde, kaptaki ürünleri kullanan operatör kartı kaptan alarak sipariş kutusuna asar. Boş kap depolama alanına gider ve asılan kart yeni parçalara ihtiyaç olduğunu haber

verir. Kap doldurulduğunda kart tekrar dolu kaba gider ve üretime verilir. Çevrim bu şekilde devam eder. Kanban sistemleri çoklu üretim yapan hatlarda kullanılır [5].

Hammaddelerin işletmeye girdiği andan itibaren her bir kademede işlenip üzerine bir şeyler eklenerek bitmiş ürün olana kadar ardışık işlemlerden oluşan yola üretim hattı denir. Üretim hattında bulunan operasyonların gerçekleştirildiği alanlar iş istasyonu olarak tanımlanır [8].



Şekil 1. Değer akış haritalama yöntemi [6]

Şekil 1’de ve uygulamada verilecek olan değer akış haritalama çalışmasında bazı kısaltmalara yer verilmiştir. C/T ürün çevrim süresi, C/O model değiştirme süresi, s saniye, sa saat olarak kullanılmaktadır.

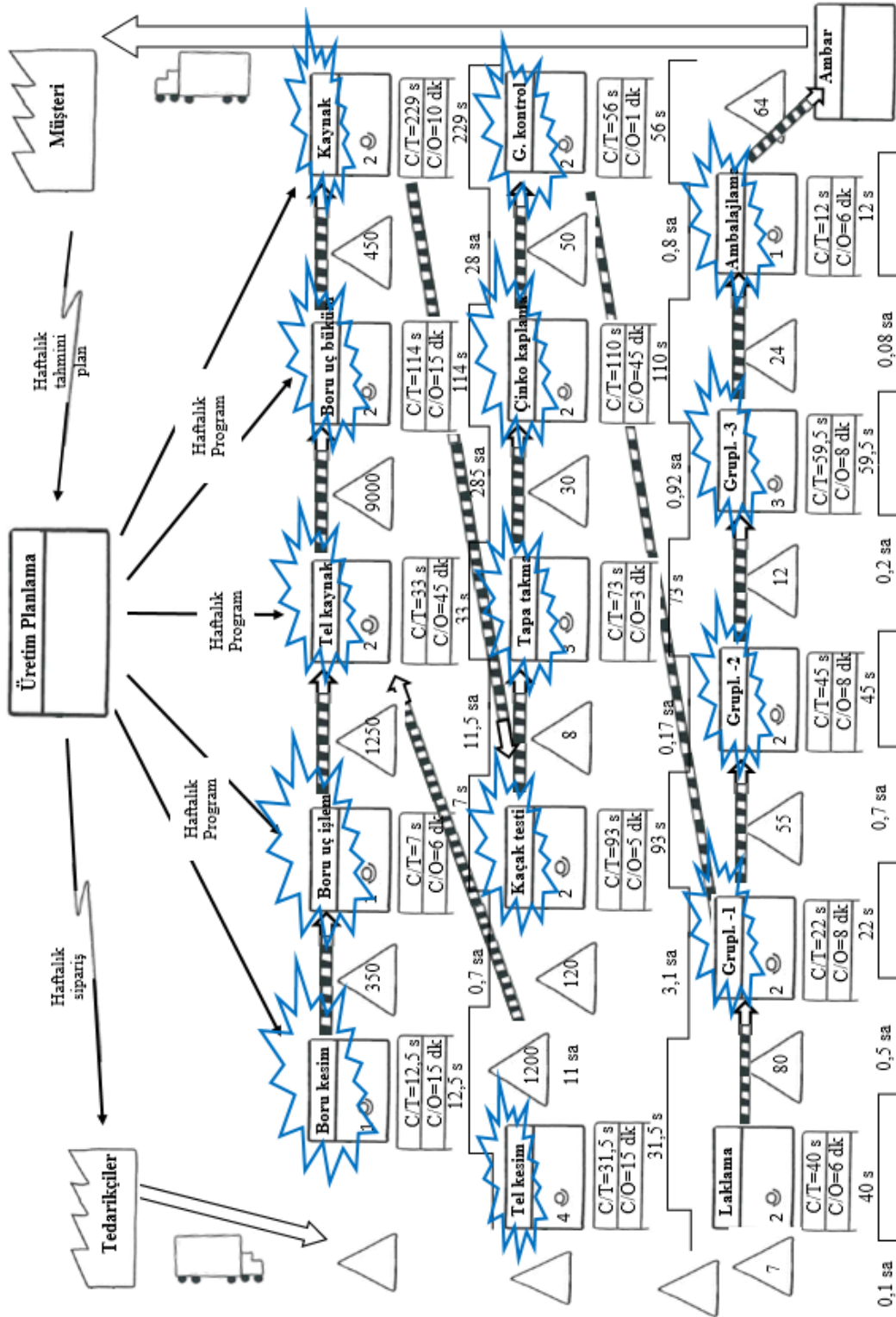
Rother ve Shook (1999) değer akış haritalama adımlarını anlattıkları çalışmalarında: sırası ile ürün ailesi seçimi, mevcut durum çizimi, gelecek durum çizimi ve iş planını açıklamışlardır. Benzer bir iyileştirme çalışmasında da, iyileştirmeler ve sürekli akış açıklanmıştır [7].

Değer akış haritalama yönteminin verildiği Şekil 1' de, işlemlerin anlaşılır olması için proses ve akışı gösteren bazı sembol ve şekiller kullanılmıştır. Sağ tarafta dağıtım noktası olarak sipariş gönderen işletme, sol tarafta hammaddelerin alındığı tedarikçiler verilmiştir. Üretim planları üretim yapacak işletmeye gelir ve üretim başlar. Üretim aşamaları operasyon olarak gösterilmiştir. Üretilen ürünler sevkiyata ile dağıtım noktasına gider. Süreç bu şekilde gösterilmiştir. Bu şekilde mevcut durum ve gelecek durum haritası hazırlanır. Gelecek durum ile ilgili fikirler mevcut durum haritasını çizerken oluşacaktır. Gelecek durumun geliştirilmesi mevcut durumun analizi ile başlamaktadır [6].

3. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Yapılan değer akış haritalama çalışmasında, üretim adeti yüksek bir ürün seçilmiştir [9]. Hattaki mevcut durumu çıkarmak için tüm üretim bölümleri incelenmiştir. Ürünün ambara tesliminden başlayarak ilk proseslere doğru tüm aşamalar tek tek, bir ekip halinde incelenmiştir. Üretimi aksayan yerler, darboğaz noktaları, fazla stok miktarı, bekleyen operasyonlar gibi verimsizlik noktaları kaydedilmiştir. Operasyonların süreleri, makine sayıları ve operasyon sayıları zaman etüt formuna kaydedilerek saniye cinsinden ortalama üretim süresi çıkarılmıştır [6].

Mevcut durum haritasında iyileştirme yapılacak kaizen noktaları sembol içine alınmış olup Şekil 2'de gösterilmektedir. Kaizen noktalarına gelecek durum için uygulama adımları adı altında aksiyon planı hazırlanmıştır [6].



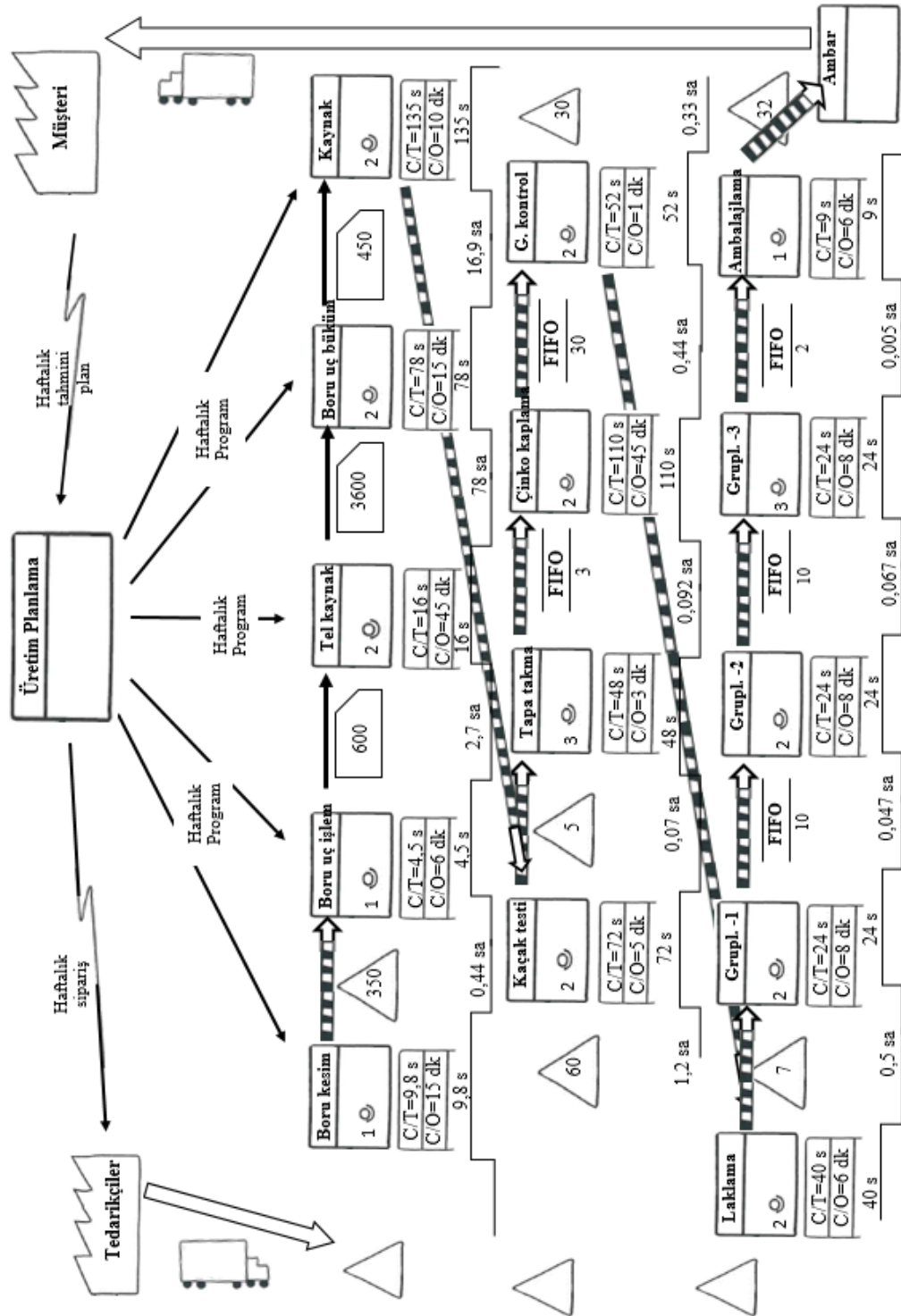
Şekil 2. Isı değiştirici hattı değer akış haritalama mevcut durum [6]

Tablo 1. Evaporatör üretim süreleri - önceki durum

Evaporatör Üretim Hattı	Önce			
	Süre (s)	Makine sayısı	Çalışan Operatör Sayısı	Ortalama süre (s)
Boru kesim	12,5	1,0	1	12,5
Boru uç işlem	7,0	1,0	1	7,0
Tel kaynak	33,0	1,0	2	16,5
Boru uç büküm	114,0	3,0	2	19,0
Tel kesim	31,5	4,0	2	31,5
Evaporatör birleştirme kaynağı	229,0	1,0	2	114,5
Kaçak testi	93,0	1,0	2	46,5
Tapa takma	73,0	0,0	3	73,0
Çinko kaplama	110,0	1,0	2	55,0
Görünüş kontrol	56,0	0,0	2	56,0
Laklama	40,0	1,0	2	20,0
Gruplandırma-1	22,0	0,0	2	22,0
Gruplandırma-2	45,0	0,0	2	45,0
Gruplandırma-3	59,5	0,0	3	59,5
Ambalajlama	12,0	0,0	1	12,0
Toplam	937,5	10,0	28,0	590,0

Tablo.1’de görüldüğü gibi, üretim hattında toplam 15 sıralı operasyon ve 10 makine vardır. Toplamda da 29 operatör çalışmaktadır. Toplam proses süresi 937,5 saniyedir.

Mevcut durum oluşturulduktan sonra gelecek durum haritası hazırlanmaya başlanır [6]. Gelecek durum için kanban, çekme sistemleri kullanılabilir [5]. Seçilen ürünün adetleri yüksek olduğundan üretim akışı ve sürelerde iyileşme hedeflenen şekilde hazırlanmıştır [9]. Hazırlanan gelecek durumda, bitmiş ürünlerin ambara daha kısa sürede gittiği yani proses sürelerinin iyileşerek kısaldığı görülebilir [10].



Şekil 3. Isı değıştirci hattı değeri akış haritalama gelecek durum [6]

Şekil 3'te, gelecek durum haritası verilmiştir. Gelecek durum haritası hazırlanması aşamasında iyileştirme çalışmaları devam etmiş ve sürekli olarak güncellemeler yapılmış ve haritalamanın son

hali eklenmiştir [6].

Çalışmalar tamamlandıktan sonra güncel süreler alınarak hattın verimliliği hesaplanmıştır. Üretim hattına yeni hedefler verilerek üretim takip edilmiştir. İyileştirilmiş sürelerde Tablo 2’de, görüldüğü gibi, proses sürelerinde düşüş olmuştur. Çalışma başlangıcında 15 adet proses varken iyileştirme sonrası proses sayısı 14’e düşürülmüş ve operatör sayısı azalmıştır.

Çalışmada israf sayısı minimuma indirilmiştir [6]. Fazla üretim ortadan kaldırılarak bazı proseslerde çekme sistemi için kanban kullanılmıştır [5]. Bazı proseslerde çevrim süresini en kısa süreye getirerek istasyon sayısını küçültmek ve hatlardaki denge kaybını en aza indirmek amaçlanmıştır [8].

Tablo 2. Evaporatör üretim süreleri - sonraki durum

Evaporatör Üretim Hattı	Sonra			
	Süre (s)	Makine sayısı	Çalışan Operatör Sayısı	Ortalama süre (s)
Boru kesim	9,8	1,0	1	9,8
Boru uç işlem	4,5	1,0	1	4,5
Tel kaynak	16,0	1,0	2	8,0
Boru uç büküm	78,0	3,0	2	13,0
Tel kesim	0,0	0,0	0	0,0
Evaporatör birleştirme kaynağı	135,0	1,0	2	67,5
Kaçak testi	72,0	1,0	2	36,0
Tapı takma	48,0	0,0	3	48,0
Çinko kaplama	110,0	1,0	2	55,0
Görünüş kontrol	52,0	0,0	2	52,0
Laklama	40,0	1,0	2	20,0
Gruplandırma-1	24,0	0,0	2	24,0
Gruplandırma-2	24,0	0,0	2	24,0
Gruplandırma-3	24,0	0,0	3	24,0
Ambalajlama	9,0	0,0	1	9,0
Toplam	646,3	10,0	27	394,8

İyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra, proseslerin son süreleri verilmiştir. Hatta gözle görülür

bir iyileştirme sağlanmıştır. Çalışmaların tamamlanması 12 haftayı bulmuştur. İyileştirmelerin sürekliliğinin sağlanması için düzenli olarak günlük, haftalık ve aylık denetim planı hazırlanarak devreye alınmıştır [10].

Evaporatör değer akış çalışması öncesi ve iyileştirme sonrası değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Evaporatör üretim süreleri – kazanım tablosu

Evaporatör Üretim Hattı	Önce			Sonra		
	Süre (s)	Çalışan Operatör Sayısı	Stok Miktarı (adet)	Süre (s)	Çalışan Operatör Sayısı	Stok Miktarı (adet)
Boru kesim	12,5	1	350	9,8	1	350
Boru uç işlem	7	1	1.250	4,5	1	600
Tel kaynak	33	2	9.000	16,0	2	3.600
Boru uç büküm	114	2	450	78,0	2	450
Tel kesim	31,5	2	1.200	0,0	0	
Evaporatör birleştirme kaynağı	229	2	120	135,0	2	60
Kaçak testi	93	2	8	72,0	2	5
Tapa takma	73	3	30	48,0	3	3
Çinko kaplama	110	2	50	110,0	2	30
Görünüş kontrol	56	2	7	52,0	2	30
Laklama	40	2	80	40,0	2	7
Gruplandırma-1	22	2	55	24,0	2	10
Gruplandırma-2	45	2	12	24,0	2	10
Gruplandırma-3	59,5	3	24	24,0	3	2
Ambalajlama	12	1	64	9,0	1	32
Toplam	937,5	29	12.700	646,3	27	5.189
Ortalama	32,3			23,9		
Süre kazanımı (saat)		10.113		saat/yıl		
Süre kazanımı (TL)		404.514		TL/yıl		
Operatör kazanımı (çalışan sayısı)		2,0		operatör/yıl		
Operatör kazanımı (TL)		85.860		TL/yıl		
Toplam Kazanım (TL)		490.374		TL/yıl		

Tablo 3'te görüldüğü gibi; toplam süre 937,5 s'den 646,3 s'ye düşürülerek %31,1 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Yine aynı şekilde, toplam stok miktarı 12700 adetten 5189' a düşürülerek %59,1 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Toplam operatör sayısı 29 kişiden 27 kişiye indirilmiştir. Operatör maliyeti yıllık ortalama 42.930 TL'dir, 2 operatör için toplam kazanım 85.860 TL olmuştur.

Değer akış haritalama için seçilen ürünün yıllık sipariş miktarı 125.000 adettir. Bu adet için süre kazanımı yıllık olarak 10.113 saat, karşılığı olan maliyet indirimi 404.514 TL olarak hesaplanmıştır.

4. SONUÇLAR

Günümüzde üretim yapan işletmeler sıkı rekabet içerisindedir. Benzer sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler ise kalite ve maliyet faktörleri açısından daha fazla rakip olmuş durumdadırlar. Değişen teknoloji ve isteklere karşı hızlı reaksiyon verebilmek de önemlidir. İşletmelerin artan maliyetler, rekabet içerisindeki işverenler ve rekabet edilebilir ürün fiyatları karşısında güçlü kalabilmeleri için kar etmeleri gerekmektedir. Kar edebilmenin yolu kaliteden ödün vermeden verimlilikleri artırıp maliyetleri düşürmekten geçer. Verimlilikleri artırmak için işletmenin uyguladığı bazı uygulamalar ve teknikler vardır. Bu tekniklerden biri olan değer akış haritalama çalışması bu çalışmada uygulanmıştır. Mevcut durum haritası hazırlanarak kaizen noktaları belirlenmiş ve bu noktalara iyileştirmeler uygulanmıştır. Planlanan iyileştirmelere göre gelecek durum değer akış haritası oluşturularak proses sürelerinde, ara stok miktarlarında, operatör sayılarında, hat düzeninde iyileştirme yapılmıştır. Ürünün üretim süresi kısaltılarak daha kısa sürede ve stok maliyeti daha düşük ürün üretilebilir hale getirilmiştir. Hat düzeninin standartlaşması için hat sürekli takip edilerek yeni düzenin devam etmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmanın sonunda, seçilen ürün için değer akış haritalama çalışmasından elde edilen toplam kazanım 490.374 TL olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Genceli, O. F., Parmaksızoğlu, C., Kalorifer Tesisatı, Tmmob Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/ 352/ 8, S 27-30, 2016.
- [2] Onat, K., Genceli, O. F., Arısoy, A., Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları (3. Baskı), S 138-145, 1998.
- [3] Çengel, Y., A., Boles, M. A., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik (5. Baskı), Nobel Matbaacılık, S 242-244, 2008.
- [4] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Isı Ve Kütle Geçişinin Temelleri (4. Baskı). Literatür Yayınları, S 630-633, 2006.
- [5] Krajewski, L., Ritzman, L. P., Malhotra, M. K., Üretim Yönetimi (9. Baskı), Nobel Akademik Yayıncılık, S 306-320, 2014.
- [6] Rother, M., Shook, J., Görmeyi Öğrenmek (Versiyon 1.2), The Lean Enterprise Institute, Brooklie, Massachusetts, Usa, 1999, S 310-313, 1999.
- [7] Rother, M., Harris, J., Sürekli Akış Yaratmak (Versiyon 1.0), The Lean Enterprise Institute, Brooklie, Massachusetts, Usa, S 1-60, 2001.
- [8] Tanyaş, M., Baskak, M., Üretim Planlama Ve Kontrol, İrfan Yayıncılık Alioğlu Matbaacılık, 3. Yayın 5. Baskı, S 323-375, 2013.
- [9] Patil, V.M., Bhatwadekar, S.G., Applicaiton of Value Stream Mapping for Lead Time Reduction And Inventory Control, International Journal Of Engineering, Business And Enterprise Applications (IJEBEA), S 1-4, 2015.
- [10] Rosa, D.C., Ferreira, J. C. E., Use of Value Stream Mapping to Evaluate The İmplementtation of Conwip and Kanban In A Manufacturing Company, 20th Internatonl Progress Of Mechanical Engineering, Brasil, November, S 15-20, 2009.

DETERMINATION OF TITANIUM IN ZINC ASH BY FAAS AFTER DIGESTED USING ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION

Buse DAĞCI İSMAİLLER¹, Fatma KURŞUN BAYSAK¹, Cemile OZCAN^{1*}

¹Department of Chemistry, Science and Art Faculty, Kirkklareli University, Kirkklareli, Turkey

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the amount of Ti (titanium) in waste ash samples taken from galvanizing factories by using flame atomic absorption (FAAS). Various time periods and different solvent mixtures were examined by using ultrasound-assisted extraction for digestion of zinc ash which taken from various processes of galvanizing metal sheet or pipe. The best solvent mixtures for Ti metal in galvanized waste was found HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, v:v:v)>HCl>HNO₃:HCl (1:3, v:v)>HNO₃>HNO₃:H₂SO₄ (3:1, v:v)>HNO₃:H₂SO₄ (1:1, v:v)>HNO₃:H₂SO₄ (3:2, v:v)>HNO₃:H₂SO₄ (2:1, v:v), respectively.

Keywords: Ultrasound-assisted extraction, Waste ash, Titanium, Solvent mixtures.

ULTRASON DESTEKLİ EKSTRAKSİYON KULLANILARAK ÇÖZÜNÜRLEŞTİRMEYEN SONRA ÇİNKO KÜLÜNDEKİ TİTANYUMUN FAAS İLE TAYİNİ

ÖZ

Bu çalışmada, alevli atomik absorpsiyon (FAAS) kullanılarak galvaniz fabrikalarından alınan atık kül örneklerindeki Ti (titanyum) miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çeşitli galvanizleme sac veya boru proseslerinden elde edilen çinko külünün çözünürleştirilmesi için ultrases destekli ekstraksiyon kullanılarak çeşitli zaman periyotları ve farklı çözücü karışımları incelenmiştir. Galvanizli atıkta Ti metali için en iyi çözücü karışımları sırasıyla, HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, h:h:h) > HCl > HNO₃:HCl (1:3, h:h) > HNO₃ > HNO₃:H₂SO₄ (3:1, h:h) > HNO₃:H₂SO₄ (1:1, h:h) > HNO₃:H₂SO₄ (3:2, h:h) > HNO₃:H₂SO₄ (2:1, h:h) olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ultrases destekli ekstraksiyon, Atık kül, Titanyum, Çözücü karışımları.

Sorumlu Yazar: Cemile ÖZCAN, cemilebal.ozcan@klu.edu.tr

INTRODUCTION

The method of zinc coating applied to the surface in order to prevent corrosion in metals is called galvanization. Zinc ash is formed during the various processes of galvanizing metal sheet or pipe. In the galvanizing process, the casting, smelting and other metal industries generate large amounts of waste containing high amounts of zinc [1-4]. In the galvanizing process, while zinc and nickel are commonly used for metallic coating; Cadmium, copper, tin, chrome, gold and silver metals are also used [5]. Since the waste ash generated after the galvanizing process may contain precious metals, it should be evaluated.

Ti element, which is rare in the nature, is the most abundant element in the earth's crust, after aluminum, iron and magnesium at the rate of 6 per thousand. Ti is one of the transition metals with atomic number 22, located in the 4B group 4th period d orbital in the periodic table [6]. The sparse distribution of ore and the difficulty of obtaining Ti from its ore makes it an expensive metal. The element Ti, which is very distributed in the earth's crust, is rutile (TiO_2), ilmenite (FeTiO_3), titanomagnetite ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{TiO}_2$), perovskite (CaTiO_3), etc. It is one of several important ossicles and is also found in alluvial-volcanic rocks and sediments formed from them. Sediments can generally contain the heavy metals in the range of 3-12%, consisting of ilmenite, rutile, leucosene, zircon and monazite [3-4]. Ti, which is a 57% lighter metal compared to steel, has low density (4.5 g/cm^3) and good hardness, has low thermal conductivity and expansion coefficient, high melting point ($1660 \text{ }^\circ\text{C}$). As it is easily processed between $-240 \text{ }^\circ\text{C}$ and $540 \text{ }^\circ\text{C}$ and has the highest corrosion resistance of all metals against atmospheric corrosion, is more resistant than steel and resistant to almost all chemical effects, titanium is a sought-after metal in aircraft, space, medical and many other fields material. In addition, it is widely used in the plastic industry and electrical applications as it increases the durability of materials against UV rays and extreme temperatures [8,9].

Petry et al. determined Ti and V in Ziegler-Natta polymerization catalysts by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). They determined 0.80%-1.00% Ti in the catalysts used in polymerization. In addition, they determined that Ti in catalysts did not show homogeneous distribution with scanning electron microscope-energy dispersing X-ray (SEM-EDX) device [10]. Mirzaei and Naeini conducted a study to determine the trace amount of Ti by



flame atomic absorption spectrometer after cloud point extraction. They determined the RSD (relative standard deviation) value for Ti as 3.8% [11].

Solvent extraction, ionexchange, ultrasound-assisted extraction and adsorption were investigated the digestion technique for removal of heavy metals from natural samples by many researchers [12-18]. In this study was used the ultrasound-assisted extraction as digestion technique.

In study, it is aimed to perform method validation and optimization by using flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) for the analysis of total Ti in waste ash used in galvanizing process. To prepare the ash samples for analysis, different solvent mixtures were tried and the best solvent/solvent mixture was determined. During the preparation of the samples for analysis, the fast and effective SAE device (with time optimization) was used. The optimum results found were applied to the real samples.

MATERIAL AND METHOD

Preparation of Standard Solutions

In order to obtain the calibration plots used in quantitative analysis, stock and dilute solutions were prepared for Ti at known concentrations and metal contents were analyzed with FAAS. The standard of Ti is 1000 mg/L standard NIST (National Institute of Standard and Technology, primary standard material) stock solution. A suitable appropriate dilute (50 mg/L) solution was prepared from a 1000 mg/L stock solution. Then, standard solutions for Ti in the range of 1-25 mg/L were prepared from these appropriate dilute solutions [19].

Solubilization Study with Different Acid Mixtures

Samples weighed in 0.25 g on analytical precision balance 5 mL of HCl; HNO₃; HCl:HNO₃; H₂O₂ (1:3:2, v:v:v); HNO₃:H₂SO₄ (1:1, v:v); HNO₃:H₂SO₄ (2:1, v:v); HNO₃:H₂SO₄ (3:1, v:v); HNO₃:H₂SO₄ (3:2, v:v); HCl:HNO₃ (3:1, v:v); It was dissolved in ultrasonic bath for different times (5 min; 10 min; 20 min; 30 min; 60 min) with solvents and centrifuged at 8000 rpm for 15 min and decanted. In order to prevent small particles from remaining in the solution, filtering was carried out with a filter paper. The volume of the prepared solutions was completed to 10 mL with ultrapure water and analysed with FAAS

RESULTS

The measurement of Ti was performed at a wavelength of 363.4 nm, a slit width of 0.5 nm, and a deuterium lamp current of 20.0 mA at 6.95/11.00 acetylene/N₂O gas flow.

Calibration charts of standard solutions are presented in Figure 1.

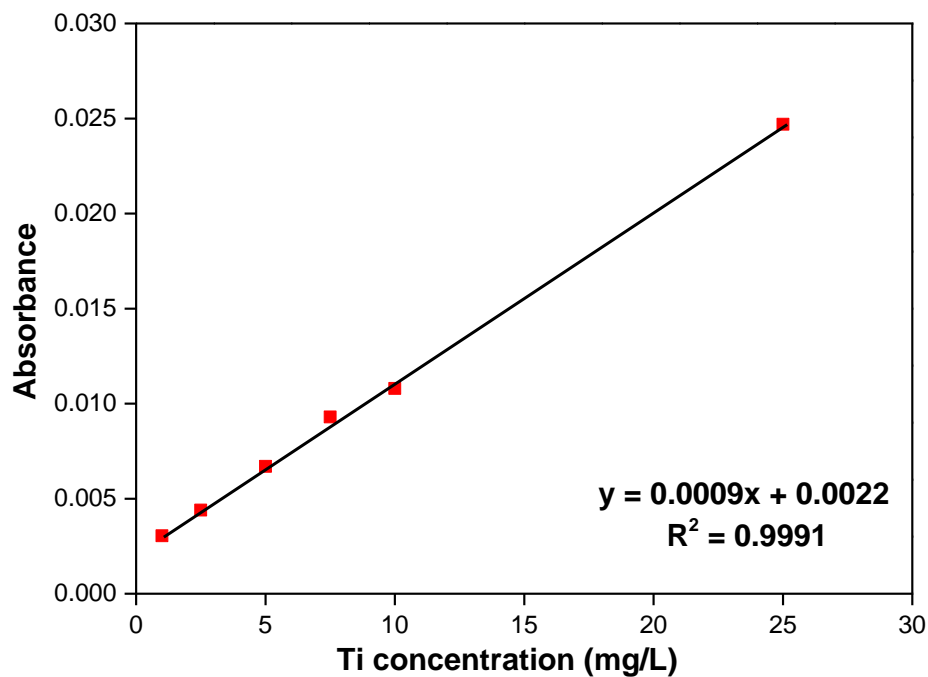


Figure 1. Ti concentration-absorbance curve determined by FAAS

The Ti concentration curve against the time obtained in the dissolution process with HCl, HNO₃, HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, v:v:v), and HNO₃:HCl (1:3, v:v) are given in Figure 2.

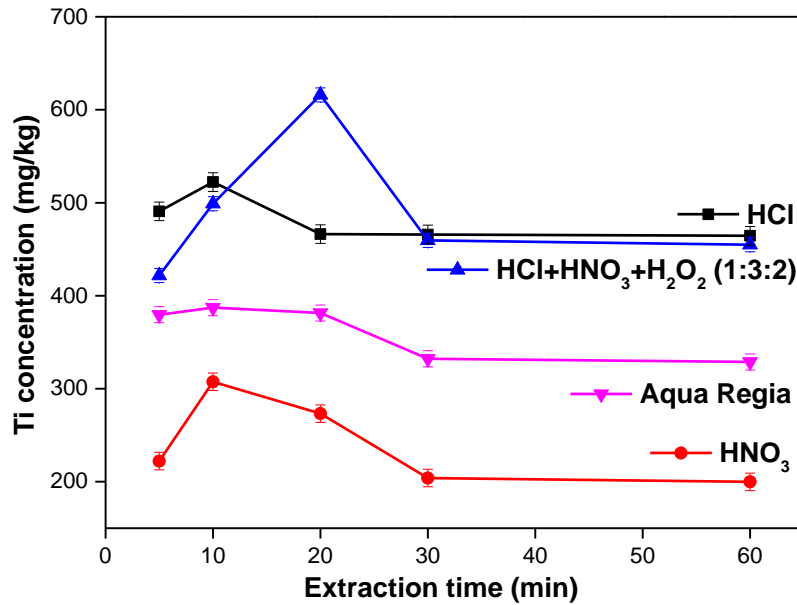


Figure 2. The best extraction time of Ti in the solubilization processes with HCl, HNO₃, HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, v:v:v), and HNO₃:HCl (1:3, v:v)

The Ti concentration curve against the time obtained in the dissolving process with the mixture of HNO₃:H₂SO₄ (2:1, v:v), HNO₃:H₂SO₄ (3:1, v:v), HNO₃:H₂SO₄ (3:2, v:v), and HNO₃: H₂SO₄ (1:1, v:v) are given in Figure 3.

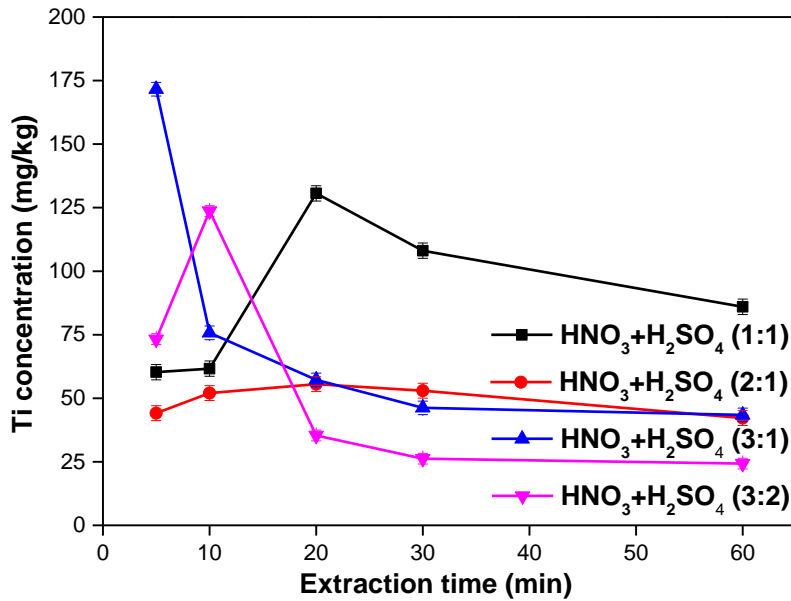


Figure 3: The best extraction time of Ti in the solubilization processes with HNO₃:H₂SO₄ (2:1, v:v), HNO₃:H₂SO₄ (3:1, v:v), HNO₃:H₂SO₄ (3:2, v:v), and HNO₃: H₂SO₄ (1:1, v:v)

CONCLUSION

Ti; It is a material that is sought and used in many areas such as the plastic industry, electrical applications, aviation industry (in aircraft body construction, jet engines, missiles), biomedical applications, fire retardants, insulation materials, rubber, leather and textile industries, as it can be easily processed, has high corrosion resistance, and is more robust and lighter than steel.

During the preparation of the samples for analysis, the fast and effective SAE device (with time optimization) was used. Different solvent mixtures (HCl, HNO₃, HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, v:v:v), HCl:HNO₃ (3:1, v:v)) and different solubilization times (5 min; 10 min; 20 min; 30 min; 60 min) in an ultrasonic bath were tried to prepare the ash samples for analysis. When the obtained results were examined, it was determined that the maximum dissolution process took place in 20 minutes with the mixture of HCl:HNO₃:H₂O₂ (1:3:2, v:v:v) for Ti.

REFERENCES




- [1] Dvorak, P., Jandova, J., Hydrometallurgical recovery of zinc from hot dip galvanizing ash. Hydrometallurgy, C 77, S 29-33, 2005.
- [2] Ahmer, C., Maaß, P., Peißker, P., Handbook of Hot-dip Galvanization. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim, 2011.
- [3] Delvasto, P., Casal-Ramos, J. A., González-Jordán, O., Durán-Rodríguez, N. C., Domínguez-Vargas, J. R., Moncada, P., Caracterización de residuos sólidos procedentes de dos procesos distintos de galvanizado en caliente por inmersión, Revista De Metalurgia, C 48(1), S 33-44, 2012.
- [4] Trpcevska, J., Holkova, B., Briancin, J., Koralova, K., Piroskova J., The pyrometallurgical recovery of zinc from the coarse-grained fraction of zinc ash by centrifugal force, Int. J. Miner. Process., C 143, S 25-33, 2015.
- [5] [Url4<https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Galvaniz_Kaplama_Kilavuzu.pdf>](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Galvaniz_Kaplama_Kilavuzu.pdf), erişim tarihi 13.06.2020.

- [6] Ogden, H. R., Clifford, A. H., Rare Metals. Handbook, Reinhold Publishing Corporation, Chapman&Hall Ltd., London, UK, S 559-579, 1961.
- [7] Url-1<<https://www.britannica.com/technology/titanium-processing/The-metal-and-its-alloys>>, erişim tarihi 31.03.2020.
- [8] Burke, R. A., Hazardous Materials Chemistry for Emergency Responders, CRC Press, S 51-516, 2013.
- [9] Bıyıkoğlu, M., Çiftçi, H., Adsorption of Ag(I) ions from wastewaters using poly(2-aminothiazole): kinetic and isotherm studies, Polymer Bulletin, 77, 6161, 2020.
- [10] Pety, C. F., Capeletti, L. B., Stedile, F. C., dos Santos, J. H. Z., Pozebon, D., Determination of Titanium and Vanadium in Ziegler-Natta Catalysts by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Analytical, Sciences, The Japan Society for Analytical Chemistry, C 22, S 855-859, 2006.
- [11] Mirzaei, M., Naeini, A. K., Determination of Trace Amounts of Titanium by Flame Atomic Absorption Spectrometry after Cloud Point Extraction, Journal of Analytical Chemistry, C 68(7), S 595-599, 2013.
- [12] Turan, N. B., Çağlak, A., Bakirdere, S., Engin, G. Ö., Removal of Selected Micropollutants from Synthetic Wastewater by Electrooxidation Using Oxidized Titanium and Graphite Electrodes, Clean - Soil, Air, Water, C 48, S 1900378-6 2020.
- [13] Yaman, M., Okumus, N., Bakirdere, S., Akdeniz, I., Nanomaterials-based solid phase extraction and solid phase microextraction for heavy metals food toxicity; Zinc speciation in soils and relation with its concentration in fruits, Asian Journal of Chemistry, C 17(1), S 66-72, 2005.
- [14] Soylak, M., Erdogan, N. D., Copper(II)-rubeanic acid coprecipitation system for separation-preconcentration of trace metal ions in environmental samples for their flame atomic absorption spectrometric determinations, Journal of Hazardous Material, C 137, S 1035–1041, 2006.
- [15] Caprarescu, S., Corobea, M. C., Purcar, V., Spataru, C. I., Ianchis, R., Vasilievici, G., Vuluga, Z., San copolymer membranes with ion exchangers for Cu(II) removal from synthetic wastewater by electrodialysis, Journal of Environmental Science, C 35, S 27–37, 2015.



- [16] Tokalioglu, S., Yilmaz, V., Kartal, S., Delibas, A., Soykan, C., Synthesis of a novel chelating resin and its use for selective separation and preconcentration of some trace metals in water samples, *Journal of Hazardous Material*, C 169, S 593–598, 2009.
- [17] Kurklu, K., Sayilgan, E., Optimization of major elements recovery from thermal power plant fy ash using Taguchi experimental design, *International Journal of Environmental Science and Technology*, C 17, S2645–2654, 2020.
- [18] Weibel, G., Eggenberger, U., Kulik, D. A., Hummel, W., Schlumberger, S., Klink, W., Fisch, M., Mäder, U. K., Extraction of heavy metals from MSWI fy ash using hydrochloric acid and sodium chloride solution, *Waste Management*, C 76, S 457–471, 2018.
- [19] Harris, D. C., *Quantitative Chemical Analysis* (8th edition) Translation Editor: Türker, A.R., Ankara, 2015.

ALTIN TAHIL: KİNOA

Ayşegül SEVİNDİK¹, Remziye Nur GÜLTEKİN² ve Harun URAN^{3*}

^{1,2,3} Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Öz

Tahıl benzeri bir bitki olan kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), protein, yağ ve vitamin gibi besinsel öğeler açısından zengin olması sebebiyle dünya genelinde yoğun miktarda tüketilmektedir. Beslenme değerinin yanı sıra olumlu sağlık etkileri ile de ön plana çıkmaktadır. Günden güne kinoa ile ilginin artmasıyla insan ve hayvan beslenmesinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Üzerine çalışmalar yapılması ve birçok gıda bileşimine katılması da popülerliğini arttırmıştır. Bu derlemede kinoa ve çeşitli özellikleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, Tahıl, Gluten, Besin Değeri, Sağlık.

GOLDEN SEED: QUINOA

Abstract

Quinoa a grain-like plant (*Chenopodium quinoa* Willd.), because it is rich in nutritional elements such as protein, fat and vitamins, it is consumed in excess throughout the world. In addition to its nutritional value, it also stands out with its positive health effects. With the increasing interest in quinoa day by day, its use in human and animal nutrition has become widespread. Studies on it and its participation in many food compositions have also increased in popularity. In this review, general information about quinoa and its various properties has been given.

Key Words: Quinoa, Cereal, Gluten, Nutritional Value, Health.

1. Giriş

Kinoa, Amerika kıtasının en eski bitkilerinden birisidir. Kuzey Şili'deki arkeolojik bulgular, kinoanın 3000 yıl önce kullanıldığını göstermiştir. Ayacucho-Peru'da, kinoanın 5000 yıl önce o bölgede yetiştirildiğine dair kanıtlar elde edilmiştir [1]. Bu bitki İnka Uygarlığı tarafından “ana tahıl” olarak adlandırılmıştır [2]. Kinoa, bu ataların kültürlerinde çeşitli roller üstlenmiş, insan ve hayvan beslenmesindeki önemine ek olarak, kutsal bir değere sahip olmuştur [3].

Kinoa, 1–2 m. boyunda, derinlere nüfuz eden köklere sahip, geniş yapraklı bir bitkidir ve deniz seviyesinden 3800 m. yüksekliğe kadar yetiştirilebilir. Bitki donmaya, tuzluluğa ve kuraklığa tolerans gösterir ve alışlagelmişin dışındaki topraklarda gelişme kabiliyetine sahiptir. Kinoa tanesi, olağanüstü protein kalitesi, yüksek orandaki mineral ve vitamin mevcudiyeti sayesinde oldukça besleyicidir [4]. Kinoa, tipik tahıl (monokot) taneleri gibi gerçek bir tahıl değildir, daha çok bir meyvedir. Ancak tahıl ve yağlı tohum olarak da nitelendirilebilmektedir. Bunun sebebi, sıra dışı bileşimi ve yağ oranı, aynı zamanda protein ve yağ arasındaki olağanüstü dengeden kaynaklanmaktadır [5]. Düz ve oval şekilli tohumlar genellikle soluk sarıdır, ancak rengi pembeden siyaha kadar değişebilir. Kinoa tüm temel aminoasitleri içermekle birlikte, yüksek protein konsantrasyonu, doymamış yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriğinin yanı sıra düşük glisemik indekse (GI) sahip, glutensiz bir tahıl olarak belirtilmektedir [6].



Şekil 1. Farklı meyve renklerine sahip *Chenopodium quinoa* [7].

2. Kinoa'nın Besinsel Özellikleri

Kinoa, insan gıdası olarak kullanılan en besleyici tahıllardan birisidir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından bu yüzyılda gıda güvenliğine katkı sağlayan bir tahıl olarak seçilmiştir. Kinoa proteininin insan beslenmesi için elzem olan 8 esansiyel aminoasidi içermesi sebebiyle, besin değeri süt proteinleri ile karşılaştırılabilir. Kinoa'daki lizin, metiyonin ve sistein içeriği, diğer tahıllar ve baklagillerden daha yüksektir [3; 8].

Tablo 1. Pişmemiş Kinoa'nın Besin Değerleri [9].

Besinsel Özellik	Miktar (g/100 g)
Su miktarı	13.28
Protein	14.12
Lipid	6.07
Kül	2.38
Karbonhidrat	64.16
Toplam Diyet Lifi	7.0
Nişasta	52.22
Enerji	368 kcal

2.1. Protein ve Aminoasit İçeriği

Kinoa, protein açısından en zengin gıdalardan birisidir. Biyolojik protein değeri, bir gıdadaki sindirilebilen ve vücut tarafından kazanılan protein oranını ölçmektedir. Kinoa, sığır etine benzer şekilde yüksek biyolojik değere (%73) sahiptir [10].

Kinoa tohumları, sadece protein içeriği açısından (yaklaşık %15) değil, aynı zamanda yüksek aminoasit dengesi itibarıyla da dikkate değer besin özelliklerine sahiptir [11].

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Üniversitesi (United Nations University-UNU) konsensüsü ilgili raporunda, insan beslenmesinde 100 g protein alımı ile saptanan standart aminoasit profilindeki karşılaştırmaya göre, kinoa'nın aminoasit içeriğinin yetişkin bir bireyin günlük gereksinim oranını karşılayabilecek yeterlilikte (izolösinin %274'ü, lizin %338'i, triptofanın %228'i, metionin ve sisteinin %212'si, fenilalanin ve tirozinin

%320'si, treoninin %331'i, histidinin %180'i, valinin %323'ü) olduğu vurgulanmıştır. Kinoa, tahıl ve baklagillerde eksik olan esansiyel aminoasitler açısından özellikle de lisin aminoasiti açısından oldukça zengindir. Ayrıca metiyonin ve sistein aminoasit içeriği bakımından da tamamlayıcı rol oynamaktadır [2; 12].

2.2. Karbonhidrat ve Besinsel Lif İçeriği

Karbonhidratlar, kinoa tohumlarının kuru maddesinin ana kısmını oluşturmaktadır. Ana bileşenler olarak nişasta ve diyet lifi içerir [14]. Kinoa nişastasını, kuru tohumlarda %58.1 ile %64.2 oranında mevcuttur, ancak düşük glisemik indekse sahiptir [7].

Tablo 2. Kinoa, Bazı Tahıllar ve Sütün Esansiyel Aminoasit içeriği (g/100 g protein) [13].

Aminoasit	Kinoa	Buğday	Mısır	Pirinç	Süt
Histidin	3.2	2.0	2.6	2.1	2.7
İzolösin	4.9	4.2	4.0	4.1	10.0
Lösin	6.6	6.8	12.5	8.2	6.5
Lisin	6.0	2.6	2.9	3.8	7.9
Metiyonin	5.3	3.7	4.0	3.6	2.5
Fenilalanin	6.9	8.2	8.6	10.5	1.4
Treonin	3.7	2.8	3.8	3.8	4.7
Triptofan	0.9	1.2	0.7	1.1	1.4
Valin	4.5	4.4	5.0	6.1	7.0

Kinoa %7-10 oranında diyet lifi içerir. Toplam lif içeriğinin %78'ini galakturonik asit, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve glikoz içeren çözünmeyen lif; %22'sini ise glikoz, galakturonik asit ve arabinoz içeren çözünebilir lif oluşturmaktadır. Lif, ince bağırsakta enzimatik sindirime ve emilime dirençli olan ve genellikle kalın bağırsakta tam veya kısmi fermentasyona maruz kalan karbonhidrat fraksiyonudur. Diyet lifi, optimal sindirim sağlığı için gerekli olarak kabul edilir ve tokluğu artırma, kolesterol ve lipid emilimini azaltma, bağırsak mikrobiyotasını iyileştirme gibi çeşitli fonksiyonel faydalar sağlamaktadır [7; 14; 15].

2.3. Lipid ve Yağ Asidi İçeriği

Kinoa tohumları, yağ bitkileri ile yağ oranı açısından karşılaştırıldığında fakir, ancak tahıllara göre daha zengindir. Bu tohumlar toplamda %4.5-8.75 oranında yağa sahiptir ve bu oranın %24'ünü oleik asit, %52'sini linoleik asit oluşturmaktadır. Besinsel değerinin yüksek olması linoleik asit bakımından zengin olmasından kaynaklanmaktadır [16]. Kinoa tohumlarında en fazla bulunan çoklu doymamış yağ asidi linoleik asittir. Bu çoklu doymamış yağ asitlerinin kardiyovasküler hastalık ve artmış insülin duyarlılığı üzerinde pozitif etkileri bulunmaktadır [17]. Kinoa da bulunan palmitik asit ise toplam yağ asitlerinin %10'unu oluşturmaktadır [18]. Kinoa yağının aroması belirgin kokulu, acı ve yakıcı; rengi ise sarımsıdır [16].

2.4. Vitamin ve Mineral İçeriği

Kinoa taneleri, vitamin (C, E, B kompleks) ve mineral (Ca, K, Fe, Mg, Mn, P), bakımından zengindir [19]. Sınırlı araştırma olmasına rağmen vitamin içeriği bakımından yüksek konsantrasyonlarda piridoksin (B₆) ve folik asit içerdiği bilinmektedir. 100 g kinoa da ki piridoksin ve folik asit oranının yetişkin bireylerin günlük gereksinimlerini karşıladığı belirtilmektedir. 100 g kinoa da ki riboflavin miktarının yetişkinlerin ihtiyaçlarının %40'ını, çocukların ise %80'ini karşıladığı bildirilmiştir [18].

Kinoa da ki E vitamini içeriği, hücre zarı seviyesinde antioksidan görevi görmesi ve hücre zarlarının yağ asitlerini serbest radikallerin neden olduğu hasara karşı koruması sebebiyle önemlidir [5].

Kinoa da ki mineral miktarı, çoğu tahıl ürününün kepek dış katmanlarında bulunan miktarından daha yüksek düzeydedir. Kinoa da demir (81 mg/kg), kalsiyum (874 mg/kg) ve fosfor seviyeleri mısır ve arpadan daha yüksektir. Fosfor, potasyum ve magnezyum gibi mineraller kinoa embriyosunda bulunur, perikarptaki kalsiyum ve fosfor, hücre duvarının pektik bileşikleri ile ilişkilidir. Kükürt, kinoa embriyosu içinde eşit olarak dağılır. Kinoa da ki demir yüksek oranda çözünür olduğu için demir eksikliği anemisi için alternatif bir besin kaynağı olabileceği bildirilmektedir [20].

2.5. Antioksidan Özelliği

Tahıllar genellikle fenolik bileşikler ve doğal antioksidan kaynakları olarak bilinir. Kinoanın fenolik bileşikleri ve antioksidan aktivitesi ile ilgili bazı çalışmalar yayınlanmıştır. Bu araştırmalar, kinoanın çok iyi bir antioksidan kaynağı olduğunu ve sıradan tahılların yerini alabileceğini göstermiştir [3].

Kinoa tohumu (*Chenopodium quinoa Willd.*) yüksek besin değeri ve insanlarda pozitif biyolojik aktiviteye sahip doğal antioksidan ve diğer fitokimyasalların içeriğinden dolayı son yıllarda büyük ilgi görmektedir [14]. Kinoada doğal antioksidan özellikli Vitamin-E'nin de yüksek miktarda olması (yaklaşık 700 ppm α - tokoferol ve 840 ppm γ - tokoferol), hızlı lipid oksidasyonunu önlemektedir [21].

2.6. Besin Ögesi Olmayan Bileşenleri

Besinsel üstünlükleri açısından oldukça dikkat çeken kinoanın bazı antibesinsel özelliklere sahip olduğu da bilinmektedir. Özellikle acı ve sabunumsu tada sahip olup, ürünün lezzet ve rengini etkileyen saponinler ile protein emilimini olumsuz etkileyen fitik asit bu antibesinsel faktörlerin başında gelmektedir. Bu bileşenler yıkama, kabuk soyma veya ısıl işlem ile azalmakta ya da inaktif olmaktadır. Besin ögesi olmayan bu bileşiklerin etkilerine yönelik çalışmalar sınırlıdır [8; 12; 22].

3. Potansiyel Sağlık Etkileri

Yirmi birinci yüzyılın önde gelen tahılları arasında gösterilen kinoa, zengin biyoaktif içeriği ve nitelikli besin ögesi kompozisyonuyla sağlayacağı potansiyel sağlık etkileri nedeniyle araştırmacıları bu konuda çalışmaya yöneltmiştir. Çeşitli teröpatik özelliklerinin vurgulandığı güncel araştırmalarla ve özellikle biyoaktif içeriği ile fonksiyonel besin olarak tanımlanmaya başlanmıştır. Kateşin, saponin, fitosteroller, betalainler, karotenoidler gibi biyoaktif bileşikler içermesi sebebiyle antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, hipokolesterolemik, antiobezite, antikarsinojenik, antimikrobiyal, antialerjik, nöroprotektif,, anjiyotensin dönüştürücü enzimin inhibisyonu gibi etkiler gösterdiği belirtilmektedir [22; 9; 7].

Kinoa, birçok hastalık riskini azaltmayı hedefleyen bir fonksiyonel gıda olarak tanımlanabilir. Vitaminler, mineraller, yağ asitleri ve antioksidan gibi insan sağlığına ve beslenmesine katkısı olan

besinsel öğelerin bulunması, hücre zarını koruyan nörolojik işlevleri gibi fonksiyonel özellikleri mevcuttur. Mineralleri enzimler için kofaktör olarak görev alır. Diğer bitkisel gıdalara göre fitohormonları içermesi kinoayı daha avantajlı kılar [17]. 1970'lerin ortalarında, Ulusal Akademik Bilim (NAS) kinoayı, "gelişmekte olan" ülkelerde nüfusun beslenmesini ve yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan çalışmalar için umut verici ve tavsiye edilen 23 bitkiden biri olarak kabul etmiştir. FAO tarafından bu yüzyılda gıda güvenliği ile işbirliği yapacak ürünlerden biri olarak seçilen ve insan beslenmesinde kullanılan en besleyici gıdalardan biri olarak bildirilmiştir [23].

Dünya genelinde tüketim alışkanlıkları değişmesine rağmen tahıl ürünleri beslenmedeki yerini korumaktadır. Ancak buğday, çavdar, yulaf gibi tahıllar ve ürünleri bazı insanlarda bir bağırsak emilim bozukluğu olan Çölyak Hastalığı'na sebep olur. Bu hastalık ömür boyu sürebilen tek gıda alerjisidir ve kinoanın gluten içermemesi bu hastalığa sahip kişilere alternatif seçenek oluşturmaktadır [21]. Çölyak hastaları buğdayın gliadin fraksiyonunu, çavdar, arpa ve yulafın prolaminlerini tolere edemez ve bu hastalığın tüm dünyada 100 kişiden 1'ini etkilediği tahmin edilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmenin tek yolu, yaşam süresi boyunca sıkı bir glutensiz diyet izlemektir [24; 10]. Tedavi edilmezse, demir eksikliği anemisi, osteopeni, infertilite, laktoz intoleransı gibi çeşitli ek sağlık sorunlarına yol açabilir. Birçok araştırmacı, kinoayı glutensiz diyetle, özellikle ekmek ve makarna gibi öğelerden vazgeçmek istemeyen insanlar için uygun bir bileşen olarak görmektedir. Çalışmalar göstermiştir ki rafine tapyoka, patates, mısır ve pirinç unu gibi glutensiz bileşenlerin yerine kinoa kullanılarak diyetin besin ve antioksidan değeri daha fazla arttırılabilir [10].

150 g kinoa, 1 g şeker dahil olmak üzere toplam 32 g karbonhidrat içermesi sebebiyle glisemik indeks skoru 53'tür. Bu karbonhidratların çoğu nişasta kaynaklı olduğundan, yavaşça sindirilerek kan dolaşımına girer ve böylece zararlı kan şekeri artışlarından kaçınılmış olunur [10].

Bir çalışmada 18-45 yaşları arasındaki 22 öğrenciye her gün 30 gün boyunca mısır gevreği barı şeklinde kinoa uygulanmıştır. Grubun glisemik ve biyokimyasal profilini belirlemek için 30 günlük tedaviden önce ve sonra kan örnekleri toplanmıştır. Sonuçlar, kinoa destekli beslenmenin, toplam kolesterol, trigliserit ve LDL-c seviyelerinde azalma yönünde etkisi olduğunu göstermiştir. [25].

Kinoanın yüksek besin değeri, tıbbi özellikleri ve glutensiz kalitesi, risk altındaki birçok kişiye fayda sağlayabilir. Özellikle çocuklar, yaşlılar, yüksek performanslı sporcular, laktoz intoleransı olan tüketiciler dahil olmak üzere tüketici popülasyonları, osteoporoz eğilimli kadınlar ve anemi,

diyabet, dislipidemi, obezite veya çölyak hastalığı olan kişiler için tüketimi önerilebilir. Kinoa yaprakları, sapları ve taneleri tıbbi amaçlar için kullanılır. Ayrıca yaraları iyileştirmek, şişliği azaltmak, ağrıyı yatıştırmak (diş ağrısı) ve idrar yolunu dezenfekte etmek amacıyla kullanılabileceği gibi, böcek kovucu olarak da kullanılabilir.[14].

4. Sonuçlar

Geçmiş İnkâ Uygarlığı'na ve And Dağları'na uzanan bu eski tahıl, Birleşmiş Milletler'in 2013 yılını "Kinoa Yılı" ilan etmesiyle dünya gündeminde önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Yaprak ve başaklarının genç olan kısımları besin olarak kullanılmaktadır. Çocuk ve yetişkinlerde vitamin ve mineral içeriği ile günlük beslenmede alınması gereken miktarları büyük oranda karşılamaktadır. Gün geçtikçe insan beslenmesinde kullanılmaya ve artan talep doğrultusunda işlenmiş kinoa ürünleri piyasaya sunulmaya başlamıştır. Kinoa'nın diğer tahıllarda daha az olan lizin aminoasidini içermesi, vücuda alındıktan sonra kana yavaş karışarak glisemik indeksi hızlı bir şekilde yükseltmemesi, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde olumlu sonuçlar vermesi ve çölyak hastaları için alternatif bir kaynak oluşturması talebin artmasındaki en önemli etkenleri oluşturmaktadır. Bu doğrultuda kinoa ve kinoa ürünlerinin gelecekte de insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yer tutması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Jancurova M., Minarovicova L., Dandar A., Quinoa – A review, Department of Food Science and Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Bratislava, Slovak Republic, 2009.
- [2] Gordillo-Bastidas, E., Díaz-Rizzolo, D. A., Roura, E., Massanés, T., Gomis, R., Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*), from nutritional value to potential health benefits: An integrative review. *Journal of Nutrition & Food Sciences* 6(497), 10-4172, 2016.
- [3] Repo-Carrasco-Valencia, R.A.M., Serna, L.A., Quinoa (*Chenopodium quinoa, Willd.*) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(1), 225-230, 2011.
- [4] Bhargava A., Shukla S., Ohri D., *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective, division of genetics and plant breeding, National Botanical Research Institute, Industrial Crops and Products, 23(2006), 73-87, 2006.
- [5] Vega-Galvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L., Martinez E. A., Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), an ancient andean grain: A review, *Journal of The Science of Food And Agriculture*, 90, 2541-2547, 2010.
- [6] Karyotis, T., Iliadis, C., Noulas, C., Mitsibonas T., Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline-sodic. *Journal of Agronomy & Crop Science* 189, 402-408, 2003.
- [7] Graf, B.L., Rojas-Silva, P., Rojo, L.E., Delatorre-Herrera, J., Balde´On, M.E., Raskin, I., Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 431-445, 2015.
- [8] Demir B., Çimlendirilmiş kinoa ununun glutenli ve glutensiz makarna üretiminde kullanım imkanları, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2018.
- [9] Dağ O. R. Ş., Özkan G. M. A., Kinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) üzerine bir derleme, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 43(3), 309-333, 2019.
- [10] Singh, K. V., Singh, R., Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), functional super food for today’s world: A review. *World Scientific News*, 58, 84-96, 2016.

- [11] Carciochi, R. A., Manrique, G. D., Dimitrov, K., Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*), International Food Research Journal, 21(2), 767-773, 2014.
- [12] Üçok G., Cankurtaran T., Demir M. K., Geleneksel tarhana üretiminde kinoa ununun kullanımı, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(1), 22-30, 2019.
- [13] Karahan E. L., Karahan A. M., Köten M., Ekinci D. P., Kinoa ve kinoaın süt ürünlerinden kullanımı, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 4(2), 7-15, 2019.
- [14] Sharma, V., Chandra, S., Dwivedi, P., Parturkar, M., Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): a nutritional healthy grain, International Journal of Advanced Research, 3(9), 725-736, 2015.
- [15] Hernández-Ledesma, B., Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) as source of bioactive compounds: a review, Bioactive Compounds in Health and Disease, 2(3), 27-47, 2019.
- [16] Keskin Ş., Evlice K. A., Fırın ürünlerinde kinoa kullanımı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24 (2), 150-156, 2015.
- [17] Orhan, D. D., Bayram, M., Pekacar, S., Kinoa ve sağlık üzerine etkileri, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 7(2), 47-57, 2018.
- [18] Navruz-Varli, S., Sanlier, N., Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), Journal of Cereal Science, 69, 371-376, 2016.
- [19] Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Rodríguez, M. J., Maureira, H., Martínez, E. A., Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) ecotypes from three geographical areas of Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 72(2), 175, 2012.
- [20] Arneja, I., Tanwar, B., Chauhan, A., Nutritional composition and health benefits of golden grain of 21 St Century, Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): A review, Pakistan Journal of Nutrition, 14(12), 1034, 2015.
- [21] Demir M. K., Kılınç M., Kinoa: besinsel ve antibesinsel özellikleri, Journal of Food and Health Science, 2(3), 104-111, 2016.
- [22] İlkay Ö. H., Mutlu A. A., Fonksiyonel bir besin: kinoa, Beslenme ve Diyet Dergisi, 1-10, 2020 (Baskıda).




[23] Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., Coimbra, J. S. D. R., Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618-1630, 2017.

[24] Al Shehry, G. A., Use of corn and quinoa flour to produce bakery products for celiac disease, *Advances in Environmental Biology*, 10(12), 237-244, 2016.

[25] Farinazzi-Machado, F. M. V., Barbalho, S. M., Oshiiwa, M., Goulart, R., Pessan Junior, O., Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases, *Food Science and Technology*, 32(2), 239-244, 2012.

A GLIMPS TO THE MODERN OPTICIANRY TECHNIQUES

Mümin Mehmet KOÇ^{1*} 

¹ School of Medical Service, Kırklareli University, Kırklareli, TURKEY

Abstract

Millions of people are suffering from eye refractive errors such as myopia, hypermetropia, astigmatism, presbyopia, etc. Every day, modern opticianry techniques were used to diagnose and treat the patients. And they find solutions to such disorders; therefore, touching the lives of millions of people. In the last decades, laser surgery becomes popular. However, it still has the risk to damage the inner structure of eyeballs such as the inner lens, cornea, etc. Laser surgery is costly since it requires high tech equipment and good experience with outstanding surgical skills. At this point, people continue their daily life via their glasses or contact lenses where simple and effective techniques can solve the problem of millions of people who suffer from refractive errors. In this report, we briefly explain the eye refractive errors and lenses used in the treatment of such errors. We discuss lens types and properties, lens prescriptions, lens cut and preparation techniques, frame types, and contact lenses.

Key Words: Refractive errors; Lenses; Myopia; Hyperopia; Astigmatism

MODERN OPTİSYENLİK TEKNİKLERİNE BİR BAKIŞ

Öz

Milyonlarca insan miyopi, hipermetropi, astigmatizm gibi göz kusurlarından muzdariptir. Her gün modern optisyenlik teknikleri kullanılarak milyonlarca insanın muzdarip olduğu bu göz kusurları teşhis ve tedavi edilmektedir. Son yıllarda lazer cerrahisi gibi teknikler göz kusurlarının tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bahsi geçen tekniklerin göz küresinin içerisinde bulunan kornea, mercek aköz humor gibi hassas yapılara uygulanması oldukça risklidir. Lazer cerrahisi operasyonlarında yüksek teknoloji içeren ve sınırlı sayıda üretilmiş cihazlar kullanıldığı için bu uygulamalar oldukça pahalıdır. Ayrıca bu operasyonların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yüksek tecrübeli ve iyi yetişmiş hekimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebepten insanların çoğu günlük hayatına gözlük ya da kontak lensler ile devam etmektedirler ki bu aparatlar basit ve etkili bir şekilde insanların göz kusurlarından doğan sorunları ortadan kaldırmaktadır. Raporumuzda kısaca göz kusurlarını açıklayıp göz kusurları tedavisinde kullanılan lensler tartışılacaktır. Ayrıca cam (lens / mercek) tipleri ve özellikleri, gözlük camı reçeteleri, gözlük camı (lensi) kesim ve hazırlama teknikleri, çerçeve tipleri ve mercekler ile ilgili genel teknik bilgiler verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Göz Kusurları; Mercekler; Lensler; Miyopi; Hipermetropi; Astigmatizm

Sorumlu Yazar: Mümin Mehmet KOÇ, muminmehmetkoc@klu.edu.tr

1. Introduction

Millions of people suffer from refractive errors. Refractive errors are often referred to as a disorder since refractive errors occur as a result of a dysfunctional part of the eye. Myopia, hyperopia (hypermetropia), presbyopia, and astigmatism are prevalent refractive errors. It was estimated that the number of people with refractive errors is between one and two billion. Global burden of diseases report of 2013 claims that almost 10 % of people do not aware of their refractive error and/or are living with not corrected refractive error [1]. Epidemiology of the refractive errors alters depending on the region; it was predicted that almost 25% of Europeans suffer from eye refractive errors while such percentage increases up to 80% in some Asian countries [2]. Myopia is one of the most common disorder which defines nearsightedness [3]. The people suffering from myopia cannot see the objects which are far away from their eye. Another common refractive error is hyperopia or also known as hypermetropia where people suffering from such a disorder are not able to see the object which is close to their eye. Astigmatism is another refractive error where the eye of the patient cannot focus the light properly on the retina due to deformation of the cornea. Since the light comes from different angles the vision of the patient was blurred.

Unfortunately, there is no simple medication or drug-based treatment to overcome such refractive errors[4]. Laser eye surgery, which is also known as LASIK (laser-assisted in situ keratomileusis), is a promising method to correct presbyopia, myopia, hyperopia and astigmatism [5]. In most cases, it corrects the refractive errors. However, it is not suitable for each eye. There are certain criteria to define the suitability of an eye. For example, eye pressure is an important criterion in the assessment where the patients with high intraocular pressure and glaucoma are not suitable for such operation [6], [7]. It was reported that eye surgery often increases intraocular pressure. Therefore, patients with glaucoma and high intraocular pressure have a risk to damage the inner structure of the eye [6]–[8]. The thickness of the cornea is also an important criterion where thin corneas pose a risk [9]. It was reported that corneal thickness decreases after eye surgery [8], [10]. Moreover, corneal infection (keratitis) may be observed after eye surgery which may have a deteriorative effect on eye health [6], [11]. Laser surgery has certain risks for eye health. The procedure is quite complex, and the equipment used in the surgery is sophisticated and costly which uses high tech gears and software. Such a case increases the cost of the operation reduce and affect the patience

preference [12]. Moreover, the equip take part in the operation should have a vast experience about the process. Hence, training requires a long time, and sophistication in the field is essential to reduce the risks and increase the success rate which also increases the price of the operation [13]. At this point, modern opticianry techniques help patients to solve their refractive error problems. Modern opticianry techniques can easily diagnose and treat refractive errors. The techniques and equipment used in the correction of refractive errors are facile and cheap. The training of an optician is slightly easier than that training of an ophthalmologist. The technique and tools used in the correction of a refractive error are safer than refractive surgery which minimizes the long-term eye health risks. Due to the benefits mentioned above, people chose modern opticianry techniques to correct their refractive errors. Such techniques are simple, fashionable, affordable, reliable, and safer.

In this report, we discuss modern opticianry techniques that are used in the preparation of glasses for people with refractive errors. Hence, we first illustrate the basic anatomy of an eye, refractive errors, lenses, lens types, lens properties, lens cutting techniques, frame types.

2. Essentials Of Opticianry

2.1. Eye Anatomy

The eye has a quite complex structure that consists of different segments and parts. The purpose and structure of each part are different from each other. Basic anatomical parts of an eye were presented in Figure 1. Basic anatomical parts were as follows:

Cornea: Cornea stands in the very front part of the eye. It is transparent. Light coming into the eye pass through the cornea. The main refraction occurs in the cornea. The refractive power of the cornea was estimated as 43 dioptres [14]. Such a case means that most of the refraction sustaining the eyesight exist in cornea region.

Iris: Iris is the coloured section in the eye. It stays in the anterior chamber. Iris adjusts the amount of light entering the interior chamber and shedding on the lens. It is colourful since it contains colour pigments in its structure. Iris is often accepted to be a part of the choroid.

Aqueous humour: Aqueous humour is a transparent water like fluid that exists in the anterior chamber between the iris and cornea which feeds and supports cornea and iris by providing sufficient pressure.

Pupil: Pupil is a black hole in the middle of the iris. The light getting in the eye transfer through the pupil. The pupil arranges the amount of light entering the posterior chamber.

Lens: The lens is the main part of the eye that arrange the amount of refraction that accommodates the eye to see the object which is close or far away from the eye.

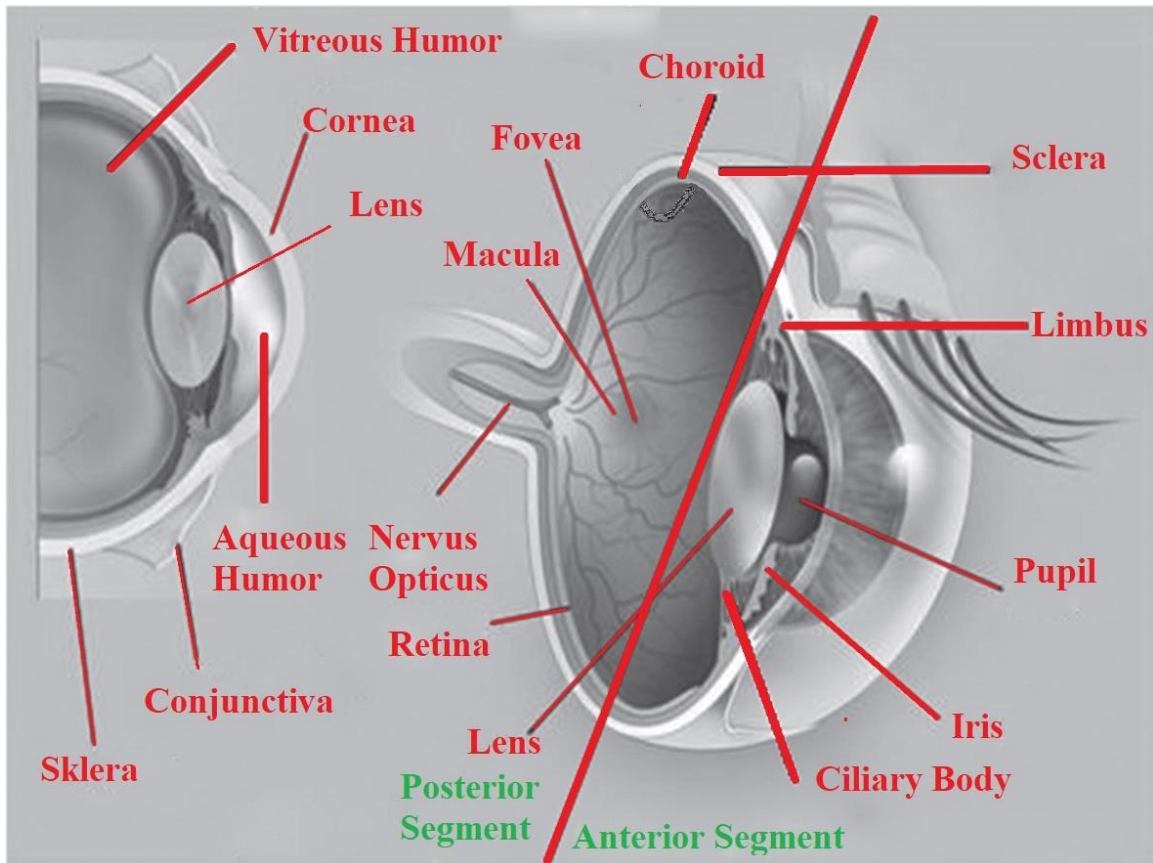


Figure 1. Sketch shows basics of eye anatomy.

Ciliary body: The ciliary body is a part of an eye which is consisting of a special muscle group that surrounds the lens. The muscles adjust the shape of the lens where suitable accommodation and positioning were obtained for the lens for a perfect view.

Sclera: Sclera is a hard and resistant tissue surrounding the eye which is also known as white of the eye. The colour of sclera tissue is white, it helps to protect the inner structure of the eye and contains fibre, and collagen.

Conjunctiva: The conjunctiva is a vascularized tissue that covers the sclera and position between the eyelid and sclera.

Choroid: The choroid is a vascularised part lying under the sclera. It consists of connective tissues and vessels choroid covers the eye under the sclera which is called the uveal tract. The tract ends in the iris where the iris is also considered anterior uvea.

Retina: Inner wall of the eye was known as the retina. The retina is covered with blood vessels and nerves and photoreceptors. The vision occurs on the retina where the light was converted to electric signals. Macula took part in the eye where the coloured vision occurred.

Macula: Macula is a yellow pigmented area in the retina which has an oval and/or spherical shape.

Fovea: High resolution colour vision was performed in the fovea which is in the middle of the macula where all the colour sensitive photoreceptors exist.

2.2. Refractive Errors and Corrective Lenses

Different refractive errors were known which were reported as follows:

Astigmatism: The eye with astigmatism cannot totally focus on an object. Most of the time single object was seen as doubled. The reason lying behind the phenomena is an irregular structure of cornea which make the incoming light refracted from a different direction. Therefore, a blurred an/or doubled vision was obtained. Cylindrical lenses were used to correct the refractive error where the angular position of the cylindrical lens is important (see Figure 2).

Myopia: An image in the myopic eye was seen blurred and foggy since the lights coming from the image do not fall on the fovea on the retina where it appears before the macula. Hence, the image was not focused properly on fovea and patient with myopia cannot see the objects which are far away. Concave spherical lenses were used to correct the refractive error. Such lenses disperse the light and help the light focus on the fovea.

Hyperopia: Hyperopia is a refractive error that patients cannot see small objects which are close to their eye. The main reason lying behind this case is the refractive error of the lens where the lens in the eyeball over refracts the lights coming from the objects. Therefore, the vision appears beyond the fovea therefor small objects close to the eye cannot be seen. Convex type spherical lenses were used in the correction of the refractive error where convex lenses collect the dispersed light and help the light focus on the fovea.

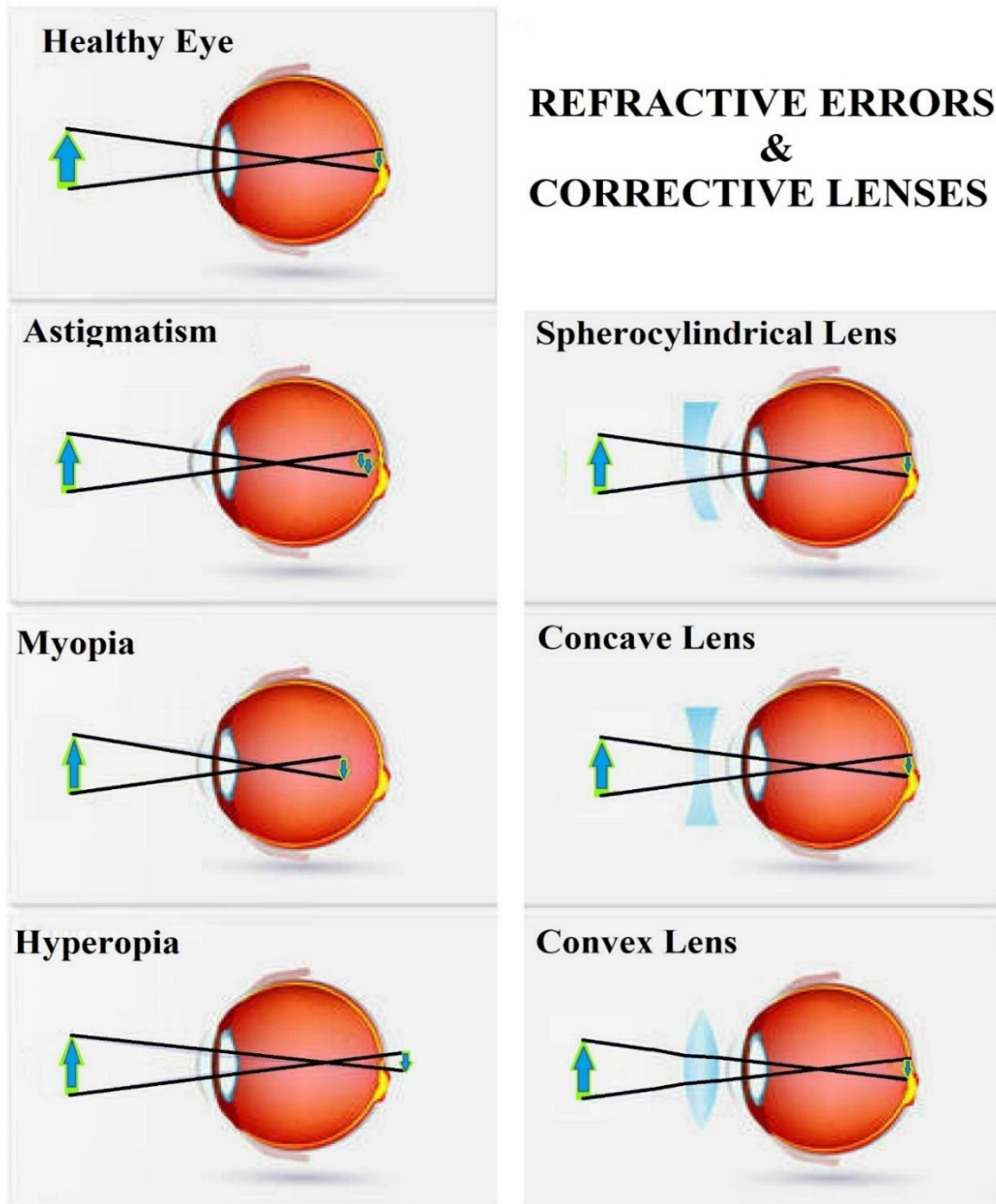


Figure 2. Figure illustrates refractive errors and proper corrective lenses to correct errors.

2.3. Lens Types

2.3.1. Lens Types by Shape

Three main lens types were used in the corrective of the refractive errors which spherical and cylindrical and spherocylindrical types. Concave and convex type spherical lenses were commonly used in the correction of myopia and hyperopia, respectively. The refractive power of the lenses was measured with dioptr which indicates the refractivity of the lens. Dioptr is often showed as D where

$$D = \frac{1}{f} \quad (\text{Eq.1})$$

where D is the power of refractivity, f is the distance between the focal point of the and the centre of the lens. Different D values were known depending on the type of the lens. Spherical and cylindrical lenses were used to correct refractive errors. For example, simple hyperopia was corrected with spherical convex lenses with (+) dioptr value, myopia was corrected with spherical concave lenses with (-) dioptr. Astigmatism was corrected with cylindrical lenses where cylindrical convex (+) and cylindrical concave (-) lenses were used (see Figure 3).

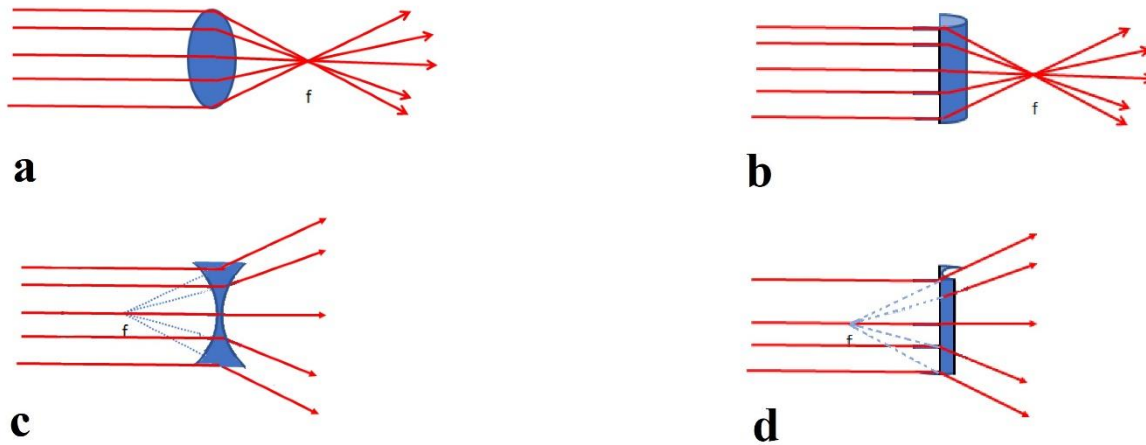


Figure 3. Illustration of spherical convex with (+) dioptr (a), cylindrical convex with (+) dioptr (b), spherical concave with (-) dioptr(c), cylindrical concave with (-) dioptr.

Complex refractive errors require complex lenses for example people may have both astigmatism and myopia, or both astigmatism and hyperopia. At this point mix or spherocylindrical lenses were

used. Such lenses are in a complex structure where cylindric lenses were embedded in the spheric lenses. In this case, the embedding angle of the cylindrical lens also affects the correction of astigmatism. Therefore, spherocylindrical lenses were prescribed with embedding angle. If no angle was reported, it should be noted that the embedding angle is 0. If a patient has myopia with astigmatism with (-) dioptrics, the patient should have a lens with (-,-) dioptrics. In this representation, first - refers to a spheric dioptric value, second – refers to a cylindrical value. Please check Table 1 and Figure 4 for detailed dioptrics.

Table 1. Spherocylindrical lens table.

Lens Marks	Astigmatism with (-) dioptrics	Astigmatism with (+) dioptrics
Myopia	(-,-)	(-,+)
Hyperopia	(+,-)	(+,-)

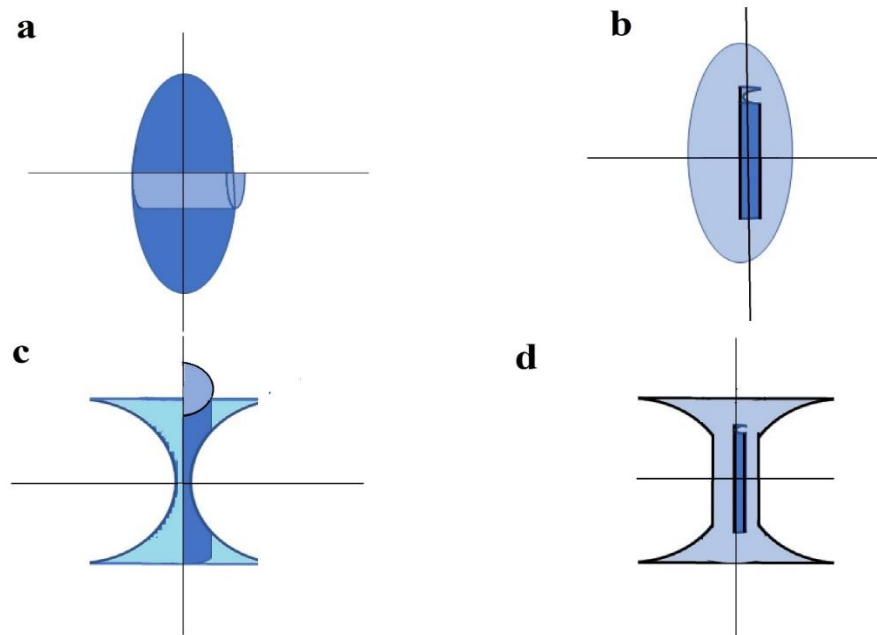


Figure 4. Illustration of spherocylindrical lenses used in the correction of complex refractive errors; lens in a is (+,+), lens in b is (+,-), lens in a is (-,+), lens in a is (-,-).

Patients may have both myopia, and hyperopia at the same time. In this case, patients shall use two different glasses to overcome such an obstacle. Modern opticianry techniques find a solution for the problem where bifocal and/or progressive lenses were produced.

Bifocal lenses are lenses where convex lenses were embedded in the lower section of the concave lenses. In bifocal lenses, an apparent convex lens can be seen in the lower section of the lens. Progressive lenses have similar characteristics to bifocal lenses. A special region in the lower region of the concave lens act like a convex lens; however, no distinct difference can be seen where the smooth transition between concave and convex sections can be seen (see Figure 5). No apparent difference in the lens surface can be seen with the naked eye. Progressive lenses can be detected and measured with a focometers. Focometer is a special tool that was used to measure the dioptre values and cylindrical angles of lenses.

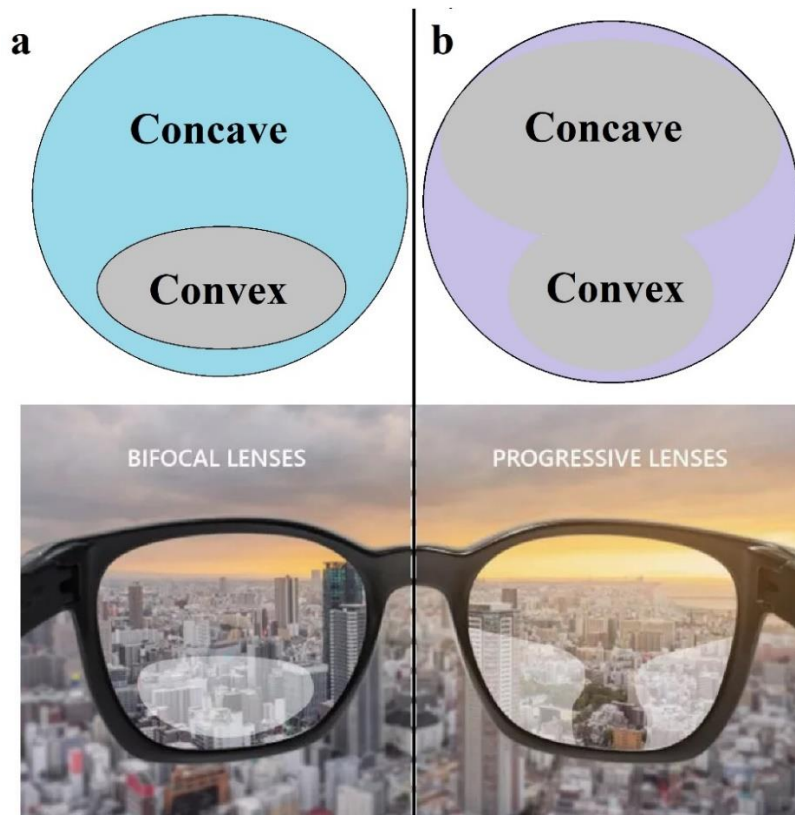


Figure 5. Figure illustrates bifocal (a) and progressive lenses (b).

2.3.2. Lens Types by Materials

Emerging technological and technical advancements allow manufacturers to produce high quality lenses using different materials. Please see the lenses listed below:

Mineral based Lenses: In the early 20th century, mineral based lenses were used in the glasses that lenses were mostly produced from SiO₂, CaO, BaO, Na₂O and K₂O mixtures. Mixtures were heated till they melt, and the melted mixture was cast in a special mould where mineral based lenses were obtained. The mineral based lenses are hard and scratch resistant. However, they are heavy and fragile. It can easily get broken; it is also uncomfortable since the lens thinning process cannot be applied to such lenses. Therefore, patients have to carry heavy and thick glasses.

Organic Lenses: Organic lenses were made of an organic compound which was a king or agarose solution. Different resin types were tried in the trials. Trial 39, which was also known as Colombian resin, was found to be successful in the material development process. Therefore, the organic resin solution used in the organic lens production was named Colombian resin 39. The capital letters of the “Columbian resin 39” were used to name the lens material also known as CR39. Lenses made of CR39 were known as organic lenses. Such lenses are affordable, soft, and durable; they are light and break resistant. However, they can easily be scratched.

Polycarbonate Lenses: As a material, polycarbonate was developed by the aerospace industry. The lens industry adapted the material and use it in the lens production. Polycarbonate is a kind of plastic based material produced from plastic palettes. It is hard and durable which was also used as safety glass. Therefore, it is break and scratch resistant, and light. It is possible to produce thin lenses since the refractive index of the polycarbonate is suitable to produce thin glasses. However, it is difficult to process the material and it is quite expensive compared to mineral and organic lenses.

Trivex Lenses: Trivex is a special material that was used in bulletproof applications. In the early 2002s the material used in the optic industry to produce durable break free lenses. Polycarbonate lenses were often used in safety glasses applications where Trivex lenses also take part in the production of safety glasses. After safety glasses applications Trivex lenses were used to correct the refractive errors of patience which find an application in the child glasses as well. Trivex lenses are durable for shock resistant, they are thinner than organic lenses since they have a higher refractive index. On the other hand, they are expensive, and it is difficult to process such lenses.

ColorMatic (Photochromic) Lenses: Photochromic lenses are special lenses the colour of which changes in the exposure to the sunlight. In the colour alteration process transparent lenses become darker and act as sunglasses, especially in sunny weathers therefore, act as sunglasses during outdoor activities. Such a change occurs due to the intrinsic characteristic of the materials which enhance the vision quality or and help users to adapt to the sun faster. Different materials like glass, polycarbonate and other types of plastics were used in the production. The key factor is adding silver chloride and/or silver halide in photochromic lenses. Additive material interacts with the light and the colour of the lens was seemed darker in the exposure of the sunlight.

2.3.3. Film Coating for Lenses

Various types of coatings were applied to the lenses for various applications. Coatings are kind of thin films which were applied inner and/or outer surface of the lenses. Such coatings give special adaptations for lenses, for example, coatings may protect the lens against scratches or prevent it from dirt. The films were deposited using high tech applications such as thermal evaporations, magnetron sputtering, electrodeposition or deep coating techniques. Film coats and applications are as follows:

Anti-reflection Coat: Having a photo taken by a regular lens cause reflection due to the intrinsic properties of the lens. Therefore, the eyes and part of the face of the patient could not be seen in the photo. To overcome this situation, manufacturers coat the inner and outer surface of the lenses with anti-reflection films which changes the intrinsic characteristics of the lenses. While passing through the lens, a certain amount of light (1% to 10 % depending on the lens material) was lost. Such a case affects the vision quality and the quality of the patient photos. After the application of the anti-reflection coat, the light can pass through the lens and the eye of the patient can be detected in the photos and enhanced vision quality for patients was obtained. Different types of materials can be applied as anti-reflection coat. MgF₂ and SiO₂ based coatings were applied in single layer anti-reflection coats. TiO₂, ZrO₂, TaO₅ were mostly used multi-layer coatings.

Benefits of anti-reflection coat:

- Better and shaper vision can be obtained
- Contrast enhancement can be obtained especially for the displays
- Increase the vision quality of the drivers

-Over refraction and reflection for high indexed glasses can be limited.

-Better and more aesthetic products can be produced.

Hard Coat: It was reported that organic lenses (CR 39 lenses) are quite soft due to the material they produced which was a resin based material. Therefore, organic lenses were found to be fragile against scratches. Such a characteristic is an essential drawback of the organic lenses since mineral, Trivex, and polycarbonate lenses were found to be hard and scratch resistant. To enhance the durability of the lens special coats were applied which are harder than CR39 material. Coating the CR39 material with a thin film with a thickness of two microns enhances the hardness of the CR39 lenses by 6 folds. The coat also protects the lens against scratches. It should be noted that the exposition of the lenses to excessive heat or light may cause degeneration of the hard coat.

Clean Coat: Clean coats aims to keep the surface of the lens clean. Different external factors like dust, dirt, rain, etc, accumulates on the surface of the lens. The main objective of the clean coat is to keep the dust and water away from the lens. To overcome this objective, the coat uses two different adaptation electrostatic forces and hydrophilicity. Hydrophobic is a word defining a material characteristic where the material repels the water and water based molecules from its surface. Such repulsion keeps the water away from the surface of the material where the surface was kept clean since water can keep and dissolve different small molecules which can attach or stick to the surface. Another adaptation of the clean coat is repelling the dust like molecules from the surface by using electrostatic forces. The clean coat was mostly applied as the top layer which was coated as the last layer of the lens since it has direct contact with dust and hydrogen. Hydrophobic characteristics keep the water away from the surface which helps the lens to stay clean. The last clean coat should be quite flat which also prevents dust and water to attach to the surface.

Anti-fog Coat: Especially in cold weather, the lens surface gets cold. When the lens user gets in a hotter place or room, the humid in the rom condenses on the lens where foggy vision was obtained. Such a case is annoying and dangerous for the lens used since most of the time vision of the lens user decreases dramatically which may pose a risk for the lens user. Therefore, anti-fog coatings were applied to the lenses. Anti-fog coatings are quite similar to clean coats. However, the main purpose of an anti-fog coat is not to keep the surface of the lens clean, it is to keep the surface of the lens dry. Therefore, it has very strong hydrophobic characteristics. Special sprays can work as

an anti-fog coat or anti-fog film as well. The spray with good hydrophobic characteristics can be applied on the surface of the lens where a thin layer of films can be formed. Hence, the surface becomes hydrophobic where anti-fog characteristics were obtained. Polyvinyl alcohol (PVA) and Polyethylene maleic anhydrite (PEMA) were used as hydrophobic materials for anti-fog sprays. Aesthetic Coats (Mirror coat, colour coat, etc): Aesthetic coats were mostly preferred by sunglasses lenses since such coats change the outer look of the lens. Aesthetic coats give different colours to the lenses. For example, mirror like coats or coloured polished coats in different colours were vastly applied to the sunglass lenses. Such coats can also provide UV protection where UV-A, UV-B and UV-C rays can be blocked. As it was previously discussed, the CR39 material was found to be soft and lenses produced of CR39 material are not scratch protected. Aesthetic coats may give different colours to lenses while they increase the scratch resistant properties of the lenses.

2.4. Lens Prescriptions

A typical lens prescription should give details about the lenses which can correct the refractive error of the patients. The refractive error can be simple or complex where the required lens to correct the error can be changed. For example, patients can have single refractive errors such as myopia and/or hyperopia. In this case, the prescription should include details about the dioptré values of spheric lenses for each eye (see Table 2). The patient may have astigmatism. In this case, the prescription should include dioptré values of cylindrical lenses for each eye. In the case of astigmatism, the prescription should also include an angular value that identifies the angular position of cylindrical lenses (see Table 2). Patients with complex refractive errors where patients can have myopia and astigmatism or hyperopia and astigmatism should have spherical lens dioptré, cylindrical lens dioptré, and angle value for each eye (see Table 2). In de prescriptions of patients, who have myopia and hyperopia simultaneously, dioptré values were written separately.

Table 2. Examples of prescriptions for patients with myopia (a), hyperopia (b), astigmatism (c), myopia and astigmatism combination (d), and hyperopia and astigmatism combination (e).

S:Spheric, C:Cylindric, A:Angle; R:Right Eye, L: Left Eye.

Eye	S	C	A	Code
R	-2.00			a
L	-2.25			a
R	+1.00			b
L	+1.50			b
R		-2.00	40	c
L		+2.5	75	c
R	-1.75	-2.25	50	d
L	-2.25	-3.00	70	d
R	+2.50	-1.00	30	e
L	+2.00	-1.00	50	e

2.5. Frames

Various types of frames can be found in the market. One of the motivations of manufacturers to produce different types of frames is fashion trends. Such trends direct producers to alternative models and types. Shape and production material was used to categorize the eyeglasses frames.

2.5.1. Frames by Shape

Essentially rimmed, semi-rimmed and rimless glasses were general categories.

Rimmed Frames: Rimmed or full rimmed frames were frames where glass edges were fully covered with a rim. Different materials can be used in rimmed frames. In ancient models, animal horns were used as rim material. Therefore, models made of hard plastic were also known as horn rimmed glasses. Nowadays, animal originated products were now preferred due to regulations. Instead, hard plastics were used. But such modes were still known as horn rimmed frames. Besides hard plastic, soft thermoplastic models were also used in full rimmed models. Metal is another important material used in full rimmed frames. Metal is abundant and well known material. Therefore, it was vastly used as frame material (see Figure 6).

Semi Rimmed Frames: Semi-rimmed frames are special kinds of frames where the lens was stabilized to the half of the frame. Such lenses were also known as nylon frames (see figure 6).

Most of the time, semi-rimmed frames consist of the upper part, lower part consists of a string that supports the lens. String size is important to balance the lens, longer string may result in lose lens which can be dropped.

Rimless Frames: Such kinds of frames do not have a rim around lenses. The lens was stabilized with two temples and a bridge. Temples were directly attached to the lens. To attach the temples and bridges lens was drilled and tiny holes was produced. Temples and bridges were attached to the holds using tiny nuts or plugs. Rimless frames do not have an outer frame around lenses therefore, they look more aesthetic (see Figure 6d).



Figure 6. Rimmed frames (horn frame a, metal frame b), semi rimmed frame (nylor frame c), and rimless frame (d).

2.6. Lens Cutting

Lens cutting includes various stages. Each stage has a special purpose to obtain lenses for glasses.

Following states have followed in the lens cutting and grinding process:

- Marking
- Tracing
- Blocking
- Grinding
- Smoothing
- Polishing
- Edge Cleaning

2.6.1. Marking

The centre of the lens should be positioned at the point where the pupil stays parallel on the frame. To adjust such position the centre of the lens should be adjusted. For spherocylindrical and/or cylindrical lenses cylindric angle is also important. The angle of the cylindricity should also be adjusted in accordance with lens prescription. Digital focometers were used in the adjustment of angle and lens centring. After the adjustment, the lens is marked using marker tips of the focometer (see Figure 7).

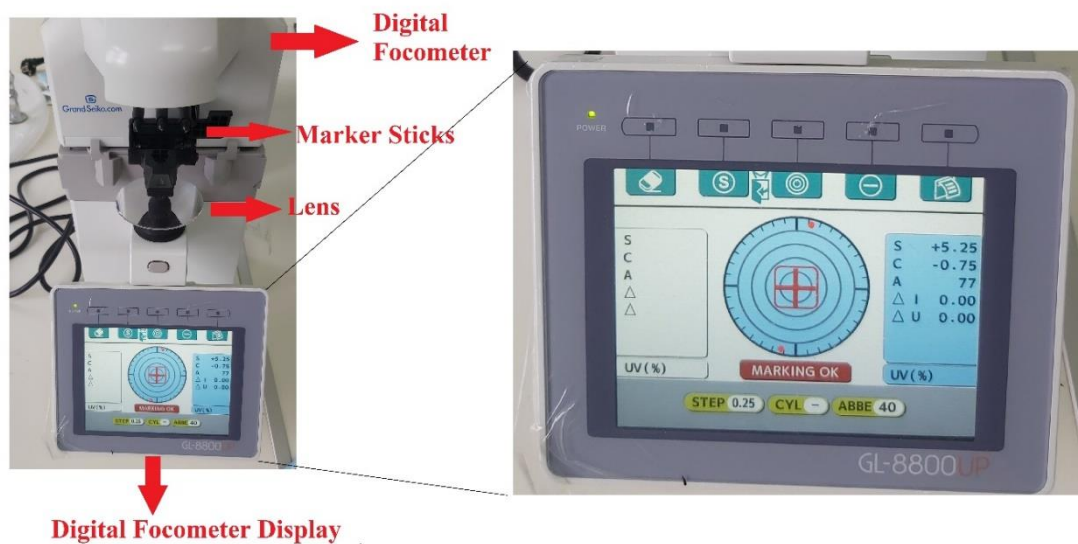


Figure 7. Digital focometer and marking procedure were illustrated in the figure. The display illustrates the data for a spherocylindrical lens with an angular value of 77 degrees.

2.6.2. Tracing

Tracing is a method where the size and shape of the eyeglasses frame are obtained using digital tracers. Depending on the frame and/or tracer type different tracing methods can be followed. Digital lens edgers have different combinations. Some edgers have separate (external) tracers and blockers, some other lens edgers have internal tracers and blockers where tracers and blockers are embedded in the edger system (See Figure 8).



Figure 8. Figure illustrates edgers with internal tracer and blocker (a) and edger with external tracer and blocker (b).

Therefore, different tracers may require different tracing methods. For example, edgers with separate external tracer can trace the lens shape using the frame for full rimmed frames such as horn frames and metal frames (Figure 9a and 9b). However, to trace the lens of semi rimmed or rimless frames the lens itself was used (Figure 9c). On the other hand, combined edgers, where internal tracer and blockers used, can only trace the lens shape using the lens which was taken from the frame (Figure 9d).

2.6.3. Blocking

Blocking is an important part especially for the cylindric or spherocylindrical lens preparations. Since the angle of the lens is important to achieve a high quality vision. In the marking section, the centre of the lens was marked with marker sticks on the focometer. In the marking section, the angle written in the prescription for the cylindrical and/or spherocylindrical lenses should be adjusted. Marker dots should be scribed on the lens using marker sticks where the cylindricity angle was set. In the blocking section, the marked lens was centred, and the centre of the suction cups was adjusted to place on the centre of the lenses. Blocking lens with the suction cup helps the lens to attach a stabilized surface where the lens can be placed in the edger. External blockers and internal blockers can be seen depending on the edger type (See Figure 10).

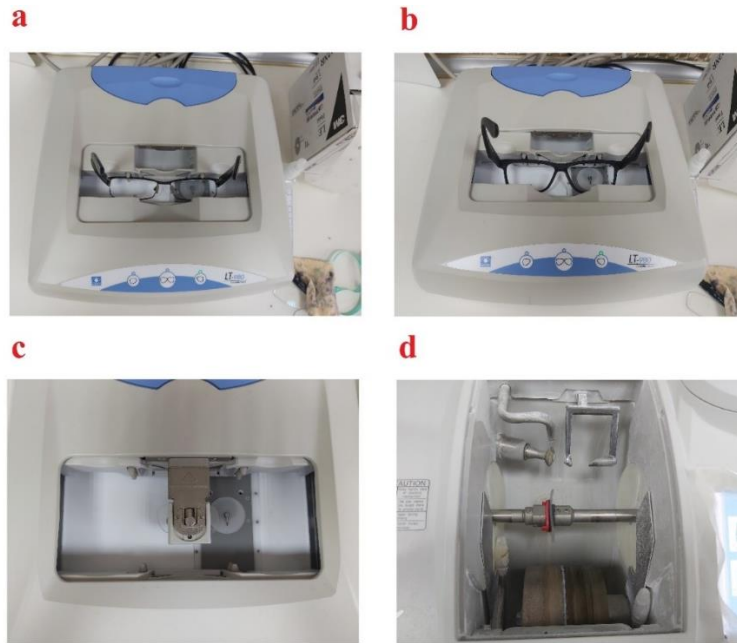


Figure 9. Illustration shows lens the tracing with external tracers (a, b, c) and internal tracers (d).

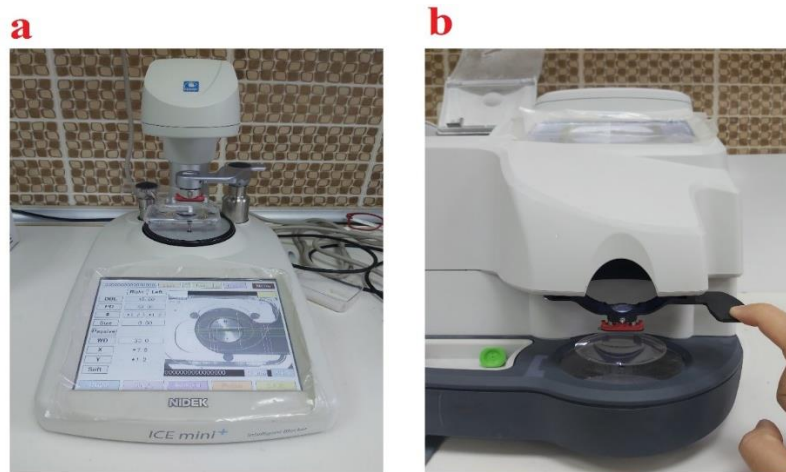


Figure 10. Figure illustrates external and internal tracers.

2.6.4. Grinding, Smoothing, Polishing, and Edge Cleaning

Before the grinding process blocked lens was placed in an edger machine (see Figure 11). Required adjustments for the traced lens were set in edger and the cutting process was started. In the lens cutting process, the initial step is grinding. In this step, the lens was ground by mills where the main shape of the lens was given. After the main shape was obtained the lens was ground by a

smoothing mill. This mill is finer than the grinding mill. In the smoothing section, the smoothing mill gives the real and exact shape of the lens in exact sizes. The lens is then transferred to the polishing step. In this step, the circumference of the lens was polished by a special tool which is the finest mill of the edger. The mill polishes the lens circumference where shiny circumference surface and edges were obtained. Lastly, the edges of the lenses were cleaned with a special apparatus. Such a process helps to clean residual debris on the lens periphery. When all those stages are completed, the lens is ready to be mounted to the frame.



Figure 11. Figure illustrates lens placement (a), grinding (b), smoothing (c), polishing (d), edge cleaning (e) processes and the final product (f).

3. Conclusion

Millions of people suffering from refractive errors. Modern opticianry techniques help people to overcome their problem and to provide a better and healthier vision. In this report, a brief introduction to eye anatomy and refractive errors was given. Then, lens types and corrective lenses were discussed. Finally, frame and lens types and lens cutting techniques were explained. We believe this report is important to give basic technical skills to the people in opticianry industry.

REFERENCES

- [1] T. Vos *et al.*, “Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013,” *Lancet*, vol. 386, no. 9995, pp. 743–800, Aug. 2015.
- [2] A. K. O. Denniston and P. I. Murray, *Oxford Handbook of Ophthalmology*, 4th ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.
- [3] P. J. Foster and Y. Jiang, “Epidemiology of myopia,” *Eye*, vol. 28, no. 2, pp. 202–208, Jan. 2014.
- [4] T. Sakimoto, M. I. Rosenblatt, and D. T. Azar, “Laser eye surgery for refractive errors,” *Lancet*, vol. 367, no. 9520. Elsevier B.V., pp. 1432–1447, 29-Apr-2006.
- [5] M. J. Maldonado, J. C. Nieto, and D. P. Piñero, “Advances in technologies for laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) surgery,” *Expert Review of Medical Devices*, vol. 5, no. 2. Taylor & Francis, pp. 209–229, Mar-2008.
- [6] A. Shrivastava, A. Madu, and J. Schultz, “Refractive surgery and the glaucoma patient,” *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 22, no. 4. pp. 215–221, Jul-2011.
- [7] D. Zadok, F. Raifkup, D. Landao, and J. F. Pery, “Intraocular pressure after LASIK for hyperopia,” *Ophthalmology*, vol. 109, no. 9, pp. 1659–1661, Sep. 2002.
- [8] S. M. A. Shousha, M. A. H. A. Steit, M. H. M. Hosny, W. A. Ewais, and A. M. M. Shalaby, “Comparison of different intraocular pressure measurement techniques in normal eyes, post surface and post lamellar refractive surgery,” *Clin. Ophthalmol.*, vol. 7, no. 1, pp. 71–79, Jan. 2013.
- [9] A. T. Yazici *et al.*, “Central corneal thickness, anterior chamber depth, and pupil diameter measurements using visante OCT, orbscan, and pentacam,” *J. Refract. Surg.*, vol. 26, no. 2, pp. 127–133, Feb. 2010.
- [10] Ö. F. Recep, N. Çağil, and H. Hasiripi, “Correlation between intraocular pressure and corneal stromal thickness after laser in situ keratomileusis,” *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 26, no. 10, pp. 1480–1483, Oct. 2000.
- [11] G. A. Kouyoumdjian, S. L. Forstot, V. D. Durairaj, and R. E. Damiano, “Infectious keratitis after laser refractive surgery,” *Ophthalmology*, vol. 108, no. 7, pp. 1266–1268, Jul. 2001.
- [12] H. T. Tu and J. H. May, “Self-pay markets in health care: Consumer nirvana or caveat emptor?,” *Health Aff.*, vol. 26, no. 2, Mar. 2007.
- [13] R. M. Shtein, M. M. Michelotti, A. Kaplan, and S. I. Mian, “Association of surgeon



experience with outcomes of femtosecond LASIK,” *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging*, vol. 43, no. 6, pp. 489–494, Nov. 2012.

[14] K. Cholkar, S. R. Dasari, D. Pal, and A. K. Mitra, “Eye: Anatomy, physiology and barriers to drug delivery,” in *Ocular Transporters and Receptors: Their Role in Drug Delivery*, Elsevier Ltd., 2013, pp. 1–36.

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisinde fen ve mühendislik alanında özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, vaka takdimleri, kitap eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektuplar yayınlanır. Dergi Aralık ve Haziran aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanır. Yayınlanmak üzere gönderilen eserlerin başka bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere gönderilmemiş olması gerekmektedir. Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergide yayınlanacak eserlerin her türlü sorumluluğu yazar/larına aittir. Makaleler, <http://dergipark.ulakbim.gov.tr> adresine gönderilmelidir. Makalenin hakem incelemesi için kabul edilmesi durumunda, Telif Hakkı Devir Formu tüm yazarlarca imzalanarak editörlüğe gönderilmelidir. Dergiye gönderilen makaleler, öncelikle Dergi Yayın Kurulu tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Yayın Kurulu, yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı veya yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleleri hakemlere göndermeden red kararı verme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınabilecek olan makaleler, incelenmek üzere iki ayrı hakeme gönderir. Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir.

Yazım Kuralları / Instructions

- 1.** Yazı tümüyle (metin, tablolar, denklemler, çizimler) bilgisayarda düzenlenmeli ve baskıya hazır biçimde teslim edilmelidir. Yazı, A4 (210 x 297 mm) boyutlu kâğıda, Word ortamında, 12 punto (ana başlık 14 punto) Times New Roman font kullanılarak, bir buçuk aralıkla ve her iki yana yaslı olarak yazılmalı, kâğıdın tüm kenarlarından 25 mm boşluk bırakılmalıdır.
- 2.** Çizimler ve tablolarla birlikte, makaleler 25 sayfadan, teknik notlar 6 sayfadan daha uzun olmamalıdır.
- 3.** Yazı, elektronik ortamda (CD veya e-posta eki) dergi e-posta adresine veya dergi yazışma adresine gönderilmelidir.
- 4.** Metin yalın bir dil ve anlatımla yazılmalı, Türkçe yazım kurallarına uygun olmalı, üçüncü tekil şahıs ve edilgen fiiller kullanılmalı, devrik cümleler içermemelidir.
- 5.** Bölümler (i) özet ve anahtar kelimeler, (ii) abstract and keywords (İngilizce başlık, özet ve anahtar kelimeler), (iii) ana metin (giriş, materyal ve metod, sonuçlar vb.), (iv) semboller, (v) teşekkür (gerekliyse) ve (vi) kaynaklar sırası içinde düzenlenmelidir.
- 6.** Başlık kısa ve açık olmalı, içeriği yansıtabilmelidir. Başlık büyük harfle ortalanarak yazılmalıdır.
- 7.** Yazar/ların adları kısaltmasız, başlığın altına yan yana, soyadlar büyük harfle ortalanarak 11 punto boyutunda yazılmalıdır. Yazar isimlerinden sonra virgül ve adres belirtmek için üst simge olarak rakam kullanılmalıdır. Yazışmaların yapılacağı sorumlu yazar isminde mutlaka üst simge yıldız (*) sembolü olmalıdır. Adres/ler tam yazılmalı, kısaltma yapılmamalıdır. Sorumlu yazarın e-mail adresi dipnot olarak bulunmalıdır. Yazar adları yazılırken herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir.
- 8.** Özet (ve Abstract) çalışmanın amacını, kapsamını, yöntemini ve ulaşılan sonuçları kısaca tanımlamalı ve 200 kelimeyi aşmamalıdır. En az üç tane anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler, zorunlu olmadıkça başlıktakilerin tekrarı olmamalıdır. Başlık, Özet ve İngilizce başlıklı Abstract birinci sayfaya sığdırılmalı, birinci sayfanın altında on satır boş bırakılmalı ve ana metin ikinci sayfadan başlatılmalıdır.
- 9.** Bölüm ve alt bölüm başlıkları numaralanmalıdır (TS1212).
- 10.** Semboller uluslararası kullanıma uygun seçilmeli; her bir sembol ve varsa kısaltmalar ilk kullanıldığı yerde tanımlanmalı, ayrıca metnin sonunda (Kaynaklardan önce) tüm semboller alfabetik sıra ile (önce Latin, sonra Yunan alfabesi) listelenmelidir.
- 11.** Matematiksel ifadeler (denklemler) Word ortamında "Equation Editör" kullanılarak yazılmalıdır. Metin içerisinde geçen denklemler numaralanmalı ve bu numaralar satır sonunda parantez içinde gösterilmelidir.

12. Tablo dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafik gibi gösterimler “Şekil” olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şeklin metin içindeki yeri belirtilmelidir. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırasıyla numaralandırılmalı (Tablo 1., Tablo 2., Şekil 1., Şekil 2. gibi) başlık ve açıklama içermelidir. Grafik ve şekiller basılı sayfa boyutları dikkate alınarak çizilmelidir. Şekillerin sıra numaraları ve başlıkları şeklin altına, tabloların ki ise tablonun üstüne yazılmalıdır.

13. Yazılarda yalnızca SI birimleri kullanılmalıdır.

14. Teşekkür olabildiğince kısa olmalı, çalışmaya katkısı ve desteği bulunan kişi ve kuruluşlar belirtilmelidir.

15. Dergimize yayınlanmak üzere gönderilen makaleler benzerlik kontrol programı ile kontrol edilecektir. Benzerlik raporu ilgili yayın danışma kurulu üyesine kontrol etmesi için gönderilecektir. Benzerlik raporu sonucu yüksek çıkan makaleler için yazardan düzenleme talep edilir.

16. Kaynaklar metinde köşeli parantez ([]) içinde numaralanmalı ve kaynaklar listesinde metin içinde veriliş sırasına uygun biçimde belirtilmelidir. Yayınlanmamış bilgiler kaynak olarak verilmemelidir. Ancak tamamlanmış ve jüriden geçmiş tezler ve DOI numarası olan makaleler kaynak olarak verilebilir.

Kaynaklarda şu bilgiler verilmelidir:

Kaynak makale ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, makalenin tam başlığı, derginin adı, cilt, sayı, başlama ve bitiş sayfaları, basıldığı yıl.

Örnek: [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962.

Kaynak kitap ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, kitabın adı, cilt numarası, varsa editörü, yayınlandığı yer, yayınlandığı yıl.

Örnek: [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

Kaynak bildiri ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, bildirinin adı, konferansın adı, yapıldığı yer, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

Örnek: [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

Kaynak tez ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, tezin adı, derecesi, sunulduğu kurum, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

Örnek: [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 5-9, 2011

Kaynak rapor ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, raporun adı, türü, numarası, kuruluşun adı, yayınlandığı yer, yıl.

Örnek: [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

Kaynak internet ise: Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan çalışmalar hariç)

Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, çalışmanın adı, internet sitesinin adı ve adresi, internet sitesine erişim tarihi

Örnek: [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, ATechnical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, Erişim tarihi: 12.10.2014

KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Kirklareli University Journal of Engineering and Science welcome materials for publications as original research papers, short communications, technical notes, case reports, book/software reviews and scientific letter to editors. Kirklareli University Journal of Engineering and Science is published two issues per year in June and December. Manuscripts submitted to the journal are only accepted if they have not been or will not be published and should not be under review elsewhere. Manuscript's language is English and Turkish. All responsibility of the studies belongs to the authors. Studies should be prepared in accordance with international scientific ethics rules. Studies must be sent to <http://dergipark.ulakbim.gov.tr>.

For the studies accepted for publication in our journal, copyright transfer form signed must be sent to the journal editorial. Papers are firstly checked for their suitability for technical and journal's style. The manuscripts that do not suit journal's standards or not suitable correspond to the scope journal are refused with unexplained reason. Manuscripts that are found suitable for peer review will be assigned to two expert reviewers. The final decision to accept or reject a manuscript will be made by the Editorial Boards. After review process, the Editorial Boards will inform the authors of acceptance, rejection or necessity of revision of the manuscript.

Instructions / Yazım Kuralları

1. Text (tables, equations, figures, pictures etc.) should be prepared using Microsoft Word Processor with Times New Roman font and 12 point (The title 14 point) size. Manuscripts should be written with 1,5 line spacing on A4 (210 x 297 mm) sized typing paper with 25 mm all margins.
2. The maximum number of pages for original research papers (including tables, figures and references) should be 25 and for the technical notes should be 6 respectively.
3. Paper should be sent online by the journal web site or should be posted CD by journal correspondence address.
4. Text should be written in plain language and narrative, it should be free from any spelling or grammatical errors and the third person singular passive verb should be used.
5. The parts should be in order to (i) Turkish abstract and key words, (ii) English abstract and key words, (iii) main text (Introduction, Material and Methods, Results, Discussions etc.), (iv) symbols, (v) acknowledgements and (vi) references.
6. The title suitable for the content should be clear, as short as possible and centered on the page with the capital letters.
7. All Authors full names should be written as lower case 11 font size in the middle and surname of the authors should be written capital letters. After authors name and surnames, authors' addresses should be stated with superscript numbers (e.g. 1, 2, 3). Corresponding author's full name should be marked with an asterisk (*). All authors' addresses must be typed with lower case 11 font in the center. The corresponding author's contact address and e-mail address should be given. Names of institutions and cities each authors also must be stated. Authors' name and surname should not indicated any academic title.
8. A brief, informative English and Turkish abstract, not exceeding 200 words, should be typed in 12 font size. Immediately following the abstract, authors should provide at least 3 English and Turkish keywords or phrases that reflect content of the article. The key words should not repeat of the title as possible.
9. Section and sub-section title should be numbered (TS1212).
10. In general, the recommendations of the SI units should be followed. Symbols, formulas and equations should be written with great care, capitals and lower case letters being distinguished where necessary. Unusual symbols employed for the first time should be defined by name in the left-hand margin. Abbreviations require definition when first used.

11. Mathematical expressions should be written by an equation editor (Word format). Each equation in text should be numbered and numbers should be shown in parentheses at the end of the line.
12. The drawings, photos and graphs except the tables should be given as "Figure" in manuscript. Electronically submitted figures and graphs are preferred *.jpg or *.tiff formats. Do not give magnification on scales in the figure titles; instead draw bar scales directly on the figures. All the tables and figures must be referred in the text. The numbers and headings of figures must be written below the figure. The numbers and headings of tables should be written the top of the table.
13. SI (System International d'Unités) units should be used.
14. The acknowledgement in the manuscript should be short as possible and it should be indicated if any support is given to work by an institution or a person.
15. Manuscripts submitted for publication in our journal are checked a similarity control software. Similarity report will be sent on the advisory board to be checked. If the similarity control program report results as high similarity, manuscripts are sent back to authors for them to make necessary changes.
16. Literature references are to be numbered consecutively in square brackets. The list of references should be given at the end of the paper in order of their first appearance in the text. Unpublished data should not be used as references. But MSc and PhD thesis, accepted by jury and the manuscripts not published yet if accepted for publication with DOI numbers can be use as references.

References should be provided with the following information:

If the reference is a journal paper: Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, volume number, pages, year.

Example: [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962

If the reference is a book: Author surname, first name initial(s), title of the book, volume number, editor(s) (if provided), place of print , page interval, year.

Example: [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

If the reference is a congress presentation: Author surname, first name initial(s), title of the presentation, name of the congress, seminar or conference, place, page interval, year.

Example: [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

If the reference is a printed thesis: Author surname, first name initial(s), title of the thesis, thesis type (MSc. or Ph.D), institute submitted, place, page interval, year.

Example: [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Ph.D, Trakya University Graduate School of Natural and Applied Sciences, P 5-9, 2011

If the reference is a source publication: Author surname, first name initial(s), report name, name of the organization (if the report is prepared by an organization), report number (if applicable), place, page interval, year.

Example: [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

For Electronic Encyclopedia and books: Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, website name and web address, date of access

Example: [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, A Technical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, 12.10.2014



MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
http://fbedergi.klu.edu.tr

TELİF HAKLARI DEVİR FORMU

Makale Adı:

Yazarların Ad/ları:

Biz aşağıda imzaları bulunan yazarlar, sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; başka bir yerde yayınlanmak üzere verilmediğini, daha önce yayınlamadığını, eğer, tümüyle ya da bir bölümü yayınlandı ise yukarıda adı geçen dergide yayınlanabilmesi için gerekli her türlü iznin alındığını ve orijinal telif hakkı devir formu ile birlikte Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif haklarından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz.

Bu vesileyle makalenin telif hakkı Kırklareli Üniversitesi'ne devredilmiştir. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazar/ların aşağıdaki hakları saklıdır:

1. Telif Hakkın dışında kalan patent vb. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Yazarın gelecekteki yapacağı kitap ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü veya bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.
3. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

(Yazar isimleri makaledeki sıraya göre yazılacak ve Telif Hakları Devir Formu tüm yazarlar tarafından imzalanacaktır.)

Makaleyi Gönderen Sorumlu Yazar:

Adı -Soyadı:

Yazışma Adresi:

Telefon: ()

Fax: ()

E-posta:

Bu form makale hakem incelemesi için dergi editörlüğüne kabul edildikten sonra doldurulup imzalandıktan sonra basılı 2 nüsha halinde "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli" adresine gönderilmelidir.



JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
http://fbedergi.klu.edu.tr

COPYRIGHT TRANSFER FORM

Manuscript Title:

Full names of all authors:

The undersigned authors, we guarantee that our submitted manuscript is original work; it has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere, if, in whole or part of publication of the magazine was published for the above-mentioned receipt of all necessary permits and was sent to Editorial Office of Kırklareli University Journal of Engineering and Science with copyright transfer form.

We agree to waive the right to assume the responsibility of the copyright of the article and thank signature. This article is hereby transferred to the copy right of Kırklareli University. Kırklareli University Journal of Engineering and Science Editor of the publication the article is authorized. However, the authors reverse the following rights:

1. All proprietary rights Copyrights outside, such as patents.
2. to use, free of charge, all parts of this article for the authors' future works in books, lectures.
3. the right to reproduce the article for their own purposes provided the copies are not offered for sale.

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

(The authors will be written in the order of to appear on manuscript and copyright transfer form should be signed by all authors)

Corresponding Author's:

Name-Surname:

Address:

Phone: ()

Fax: ()

E-mail:

Please, fill in this form after your manuscript accepted by journal editorial for referee review, sign and sent two copies published form to address: "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli"