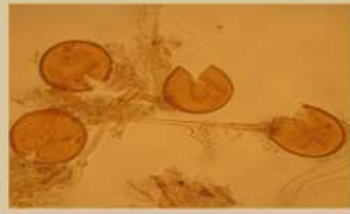


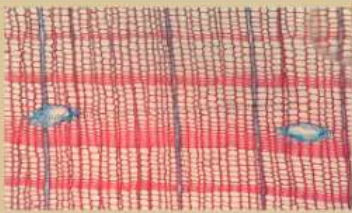


BARTIN ÜNİVERSİTESİ  
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

# JONAS



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x} & \operatorname{tg} x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \lambda x - \gamma + 2 &= 1 \\ x + \lambda \gamma + 2 &= \lambda \\ x + \gamma + \lambda 2 &= \lambda^2 \end{aligned}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^2+1} + n}{\sqrt[3]{3n^2+2n-1}}$$
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Bartın University International Journal of Natural  
and Applied Sciences

# Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

*Bartın University International Journal of Natural And Applied Sciences (JONAS)*

## **Publisher and Editor's Office**

Bartın University  
Institute of Science  
1<sup>st</sup> Floor, Agdaci District, Agdaci Campus  
74100 Bartın-Turkey  
Tel: +90(378) 223 5422, Fax: +90(378) 2235424  
E-mail: jonas@bartin.edu.tr

## **Editor-in-Chief**

Hatice Selma ÇELİKİYAY, *Prof.*

## **Co-editor and Technical Editor**

Şahin PALTA, *Assoc. Prof.*  
Emrah ALTUN, *Assoc. Prof.*  
Pınar BOLLUKCU, *Assoc. Prof.*  
Parham TASLİMİ, *Assist. Prof.*

## **Editorial Board**

Afer ALİFOV  
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK  
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Ahmet KARADAĞ  
Yozgat University, Turkey.

Ahmet TUTUŞ  
Kahramanmaraş University, Turkey.

Aysel USLU  
Ankara University, Turkey.

Azize Toper KAYGIN  
Bartın University, Turkey.

Azmihan AZİMOV  
Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
Azerbaijan.

Barbaros YAMAN  
Bartın University, Turkey.

Bülent KAYGIN  
Bartın University, Turkey.

Cemil ALKAN

Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Ercan TUNÇ  
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Gonzalo Martinez BARRERA  
Autonomous University of the State of Mexico, Mexico

Hamit AYBERK  
İstanbul University, Turkey.

Harun PARLAR  
Technical University of Munich, Germany.

İclal DİNÇER  
Yıldız Technical University, Turkey.

İlham PİRMAMEDOV  
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV  
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsmet Dasedemir  
Bartın University, Turkey.

Joan Jose del Coz DIAZ  
University of Oviedo, Spain.

Lokman ÖZTÜRK  
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Mahfuz ELMASTAŞ  
University of Health Sciences, Turkey.

Mustafa Sabri GÖK  
Bartın University, Turkey.

Nilgül KARADENİZ  
Ankara University, Turkey.

Oğuzhan SARIKAYA  
Bursa Technical University, Turkey.

Orhan UZUN  
Bartın University, Turkey.

Osman GENCEL  
Bartın University, Turkey.

Ömer KARA  
Karadeniz Technical University, Turkey.

Sabir ORUCOV  
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Sebahat AÇIKSÖZ  
Bartın University, Turkey.

Selma ÇELİKİYAY  
Bartın University, Turkey.

Selman KARAYILMAZLAR  
Bartın University, Turkey.

Witold BROSTOW  
University of North Texas, U.S.A.

JONAS is a peer reviewed journal which is published twice in a year (July and December) and only published as online. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the JONAS. The manuscripts submitted to the JONAS are double-blind peer reviewed, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or rejected. Manuscripts must be submitted with the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. JONAS is an open access journal, and provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. Publishing in JONAS is free of charge.

Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences should be abbreviated as JONAS.

JONAS is open access, and the JONAS provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <http://dergipark.gov.tr/jonas>.

Both the University of Bartın and Institute of Science do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences (JONAS). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the JONAS and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi (JONAS) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, JONAS'ın yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

<u>Contents</u>	
<u>Articles</u>	<u>Pages</u>
<i>Kerria japonica</i> (L.) DC. (Canarian Rose) Species Overview..... <i>Kerria japonica</i> (L.) DC. (Kanarya Gülü) Türüne Genel Bir Bakış <b>Cevdet GÜMÜŞ, Emine SOLMAZ</b>	78-85
Optimizing The Permutation Flowshop Scheduling Problem (PFSP) Using The Scatter Search Method..... <b>Uğur Sinan EREN, Ezgi GÜLER, Yıldız ŞAHİN</b>	86-94
Recycling Waste Vegetable Oils..... <b>Ayly ACHYLOV, Bülent KAYGIN</b>	95-100
The Thermal Effects of 900 MHz Cell Phones on The Brain Phantom..... <b>Uğur SORGUCU, İbrahim DEVELİ</b>	101-113
The Effect of Some Plant Nutrient Elements on Plant Parasite Nematodes..... <i>Bazı Bitki Besin Elementlerinin Bitki Paraziti Nematodlar Üzerine Etkisi</i> <b>Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR</b>	114-121
An Overview of The Anticancer Activity of Propolis..... <i>Propolisin Antikanser Aktivitesine Genel Bir Bakış</i> <b>Nazime MERCAN DOĞAN, Farid NARİSLİ, Naime Nur BOZBEYOĞLU, Volkan KUZUCU</b>	122-130
The Effect of Imaging Infrastructure Elements with Augmented Reality on Urban and Urban Planning in General of Istanbul..... <i>İstanbul Geneli Altyapı Elemanlarının Artırılmış Gerçeklikle Görüntülenmesinin Şehircilik ve Kent Planlamasına Etkisi</i> <b>Semanur TORLAK, Serhat ANIKTAR, Erdem KÖYMEN</b>	131-144
Characterization of Chestnut Shell..... <b>Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ, Hikmet ÇIKLAÇI, Sezgin Koray GÜLSOY</b>	145-150
Comparison of Artificial Intelligence Performances Obtained in Dataset Classifications Using Respiratory Data..... <b>Osman BALLİ, Yakup KUTLU</b>	151-159

# *Kerria japonica* (L.) DC. (KANARYA GÜLÜ) TÜRÜNE GENEL BİR BAKIŞ

Cevdet Gümüş<sup>1\*</sup>, Emine Solmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, BARTIN

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, BARTIN

\*Sorumlu Yazar: [cgumus@bartin.edu.tr](mailto:cgumus@bartin.edu.tr)

## Öz

Çin ve Japonya'ya endemik monotipik bir tür olan *Kerria japonica* (L.) DC. estetik ve fonksiyonel özellikleri dolayısıyla gerek Avrupa'da gerekse ABD de on yıllardır yaygın olarak süs bitkisi olarak yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır. İlkbahar aylarında açan parlak sarı renkli katmerli çiçekleri, huşa benzeyen yaprakları ve yeşil sürgünleri ile oldukça dekoratif bir görünüm sergilemektedir. Peyzaj uygulamalarında estetik özelliklerinin yanında kuraklık, düşük sıcaklık ve yoğun gölge gibi çevre koşullarına koşullara yüksek toleransı ve yapraklarının toz tutma kapasitesi diğer tercih nedenleridir. Dış mekan süs bitkisi olmasının yanı sıra kesme çiçek ve kuru çiçek olarak ta değerlendirilebilmektedir. Tıbbi bitki olarak geleneksel Çin tıbbında bazı hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Vejetatif olarak çelikle kolayca çoğaltılabilen *Kerria japonica* ülkemizde Nisan-Haziran aylarında çiçek açan, çiçeklenme süresi uzun olan sarı renkli çalı ihtiyacını karşılayacak önemli bir bitki niteliğindedir. Bu çalışmada *Kerria japonica* türünün kullanım ve çoğaltım çalışmalarına esas teşkil etmek üzere türün genel özellikleri, ekolojik istekleri, üretimi ve kullanımına ilişkin bilgiler gözden geçirilerek derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Kerria japonica*, özellikleri, kullanımı, ekolojik istekleri, üretimi.

## *Kerria japonica* (L.) DC. (CANARIAN ROSE) SPECIES OVERVIEW

### Extended Abstract

*Kerria japonica* (L.) DC is a deciduous shrub belonging to the Rosaceae family. *Kerria japonica*, a monotypic species endemic to China and Japan. Due to its aesthetic and functional properties, it has been widely grown and used as an ornamental plant for decades both in Europe and the USA. It is mostly used in parks and gardens in the world, and culture varieties are generally used in landscape applications. *Kerria japonica* 'Pleniflora', which has a double flower structure, is the most well-known and most preferred cultivar in applications. In Turkey, the production and use of *Kerria japonica* as an ornamental plant is very limited, and it is difficult to obtain plants from nurseries. It exhibits a highly decorative appearance with its bright yellow colored multilayered flowers, birch-like leaves and green shoots that bloom in spring. In addition to its aesthetic properties in landscape applications, its high tolerance to environmental conditions such as drought, low temperature and intense shade and the dust holding capacity of its leaves are other reasons for preference. In addition to being an shrub, it can also be used as a cut flower and dried flower. It is used as a medicinal plant in the treatment of some diseases in traditional Chinese medicine. It contains flavonoids (Linariin and isolinariin) with anti-inflammatory effect. In addition, Kerinol, a new lignan, was detected for the first time in this plant. *Kerria japonica*, which can be easily propagated by cuttings vegetatively, is an important plant that blooms in April-June in our country and will meet the need for yellow bushes with a long flowering period. In this study, information on the general characteristics, ecological requirements, propagation and usage of the *Kerria japonica* species has been reviewed and compiled to form the basis for the usage and reproduction studies. The reproduction of *Kerria japonica* and its place in the ornamental plant nurseries will be a great gain for the ornamental plants and landscape sector of our country.

**Key Words:** *Kerria japonica*, characteristics, usage, ecological requirements, propagation.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Cevdet GÜMÜŞ; Bartın Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye.

Geliş (Received) : 12.08.2022

Kabul (Accepted) : 18.08.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

## 1. Giriş

Ağaç, ağaççık, yer örtücü bitkiler, sarılıcı ve tırmanıcı türler ile kompozisyonlar oluşturularak veya saf olarak kullanılan çalı türleri peyzaj uygulamalarında çoğunlukla tercih edilen bitki materyalidir. Çalılar, bozulmuş topraklarda dahi başarılı bir şekilde yetiştikleri için kurak ve yarı kurak toprakların iyileştirilmesine katkı sağlayan bitkilerdir. Birçok çalı türü, estetik özelliklerinin yanı sıra fonksiyonel olarak da kullanılmakta; erozyonu kontrol etmekte, kurak alanlarda yem bitkisi olarak kullanılmakta, meyvelerinden faydalanılmakta, bazıları da tıbbi bitki olarak tercih edilmektedir. Gölgesi dahi otsu bitkiler için uygun tohum yatağı habitatı sağlamaktadır. Bununla birlikte birçok tür tuza dayanıklıdır (Koç, 2000). Kullanım alanlarının çeşitliliği, estetik, fonksiyonel ve ekolojik faydalarının olması süs bitkileri sektörü içerisinde çalı üretimini değerli kılmaktadır.

Rosaceae dünya üzerinde geniş yayılış alanına sahip, yaklaşık 3000 tür barındıran orta büyüklükte bir Angiosperm familyasıdır. Önemli ticari meyve türlerinin yanı sıra birçok süs bitkisi (güller, keçi sakalı, alıç, yaban elması ve üvez gibi) türünü de içermektedir (Xiang et al., 2017). Rosaceae familyası içerisinde yer alan türlerden biri de *Kerria japonica* (L.) DC.'dir. (Li et al., 2003; Eminağaoğlu et al., 2020).

*Kerria japonica* Çin ve Japonya'ya endemik monotipik bir türdür. Çin ve Japonya'nın belirli dağlık alanlarında doğal olarak yayılış göstermektedir (Huo et al., 2019). Yetiştirme alanları genellikle 200-3000 m. yükseltisinde dağ yamaçlarındaki çalılıklardır. Latince ismini Avrupa'ya ilk olarak getiren İskoç bahçıvan William Kerr'den almıştır (URL-1, 2022). *Kerria japonica* türünün Türkçe adı "Kanarya Gülü" olarak bilinmektedir.

*Kerria japonica* ilkbaharda açan parlak sarı renkli ve katmerli yapıya sahip çiçekleri ve kış aylarında yeşil gövdesi ile yüksek bir süs bitkisi değerine sahiptir (Huo et al., 2019). Büyük, rengarenk çiçekleri, uzun çiçeklenme süresi ve yüksek toleransı nedeniyle yaygın yetiştiriciliği yapılmakta ve onlarca yıldır ABD'de süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Peck & Serviss, 2016).

Ülkemizde ise süs bitkileri üretim merkezleri olarak kabul edilen Sakarya, Yalova ve Bursa illerinde faaliyet gösteren birçok süs bitkisi fidanlıklarında farklı dönemlerde yapılan incelemelerde Kanarya Gülü'nün süs bitkileri fidanlıklarında bulunmadığı dikkati çekmiştir. Bartın il merkezinde yer alan bazı konut bahçelerinde az sayıda görülsede Bartın ilinde faaliyet gösteren süs bitkileri fidanlıklarında da Kanarya Gülü'ne rastlanmamıştır. Ancak az sayıdaki online alışveriş sitesinde fidan büyüklüğüne göre yaklaşık 25-200 TL arasında değişen fiyatlarda satıldığı görülmüştür (URL-2, 2022; URL-3, 2022; URL-4, 2022).

Bu çalışma parlak sarı renkli, büyük ve katmerli çiçekleri yanı sıra uzun bir ilkbahar çiçeklenmesi ve yeşil renkli sürgünleri ile yüksek bir süs bitkisi değerine sahip olan *Kerria japonica* (Kanarya Gülü) türüne dikkati çekmek amacıyla yapılmıştır. *Kerria japonica* türünün kullanım ve çoğaltım çalışmalarına esas teşkil etmek üzere gerçekleştirilen kaynak araştırması kapsamında elde edilen sınırlı sayıdaki bilgiler gözden geçirilerek bu derleme hazırlanmıştır.

## 2. *Kerria japonica* (L.) DC. (Kanarya Gülü) Hakkında Derlenen Bilgiler

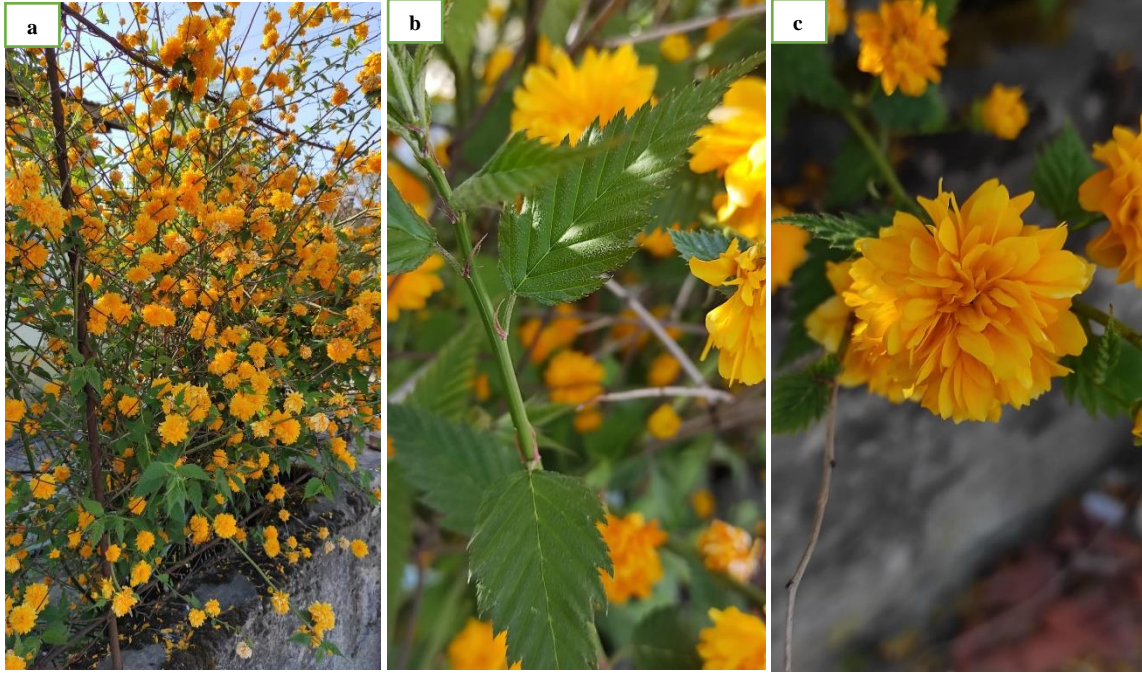
Çalışma kapsamında *Kerria japonica* türünün genel özellikleri, ekolojik istekleri, üretimi ve kullanımına ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

### 2.1. Genel Özellikleri

Kanarya Gülü 3 m'ye kadar boylanabilen yazın yeşil bir çalıdır. Sürgünleri çubuk görünümünde ince ve aşağı sarkıktır. Ayrıca kış aylarında yapraksız sürgünler parlak yeşil rengiyle dikkat çekici bir görünüme sahiptir. Dar şeritsi-mızraksı kulakçık erken dökülür. Sürgüne çok sıralı sarmal dizilen yapraklar basit, üçgeni-yumurta veya yumurta biçiminde, 3-10 cm boyunda, 2-4 cm eninde üst yüzü genellikle çıplak, alt yüzü damar koltukları veya damarlar boyunca seyrek uzun tüylü, kenarları çift sıralı testere dişli, damla uçludur. Yaprak sapı 5-15 mm boyunda ve çıplaktır (Li et al., 2003; Lu & Alexander, 2003; Eminağaoğlu et al., 2020).

İlkbaharda nisan ve mayıs aylarında çiçeklenir. 2,5-6 cm çapındaki sarı renkli parlak erselik çiçekler yan sürgün uçlarında tek tek bulunur. Çiçekte çanak yaprak 5 adet, sarı, portakal renkli, ucu girintili ve çanak yapraklarla hemen hemen aynı boyda; stamen çok sayıda; karpel 5 adet ve serbesttir. Meyve yandan basık bir akendir. Aken meyveler kalıcı çanak yapraklarla çevrelenmiştir (Li et al., 2003; Harrison, 2009; Eminağaoğlu et al., 2020).

Diploid kromozom sayısı  $2n=18$ 'dir. Doğal yetişme ortamı olan Çin'in dağlık bölgelerinde 200-3000 m arasındaki yüksekliklerde yetişmektedir (Robertson, 1974; Luo et al., 2020).



Şekil 1. *Kerria japonica* (L.) DC. a) Genel görünüm b) Yaprak ve sürgünler c) Çiçekler (Orijinal, 2022)

## 2.2. Ekolojik İstekleri

*Kerria japonica* türünün ekolojik istekleri hakkında sınırlı sayıda bilimsel araştırmaya ulaşılmış olup güvenilir kaynaklardan elde edilen türün ışık, sıcaklık, su ve toprak istekleri bu bölümde özetlenmiştir.

*Kerria japonica* en iyi gelişmesini yarı gölge ortamlarda göstermektedir. Tam güneş altında da yetiştirilebilirse de çiçekler canlılığını yitirmekte ve gösterişli olmamaktadır. Bitkinin sıcaklık isteği ile ilgili sınırlı bilgiye ulaşılmış olup burada en güvenilir bilgi olarak A.B.D. Clemson Üniversitesi Tarım Orman ve Yaşam Bilimleri Fakültesi'nin internet sayfasında yer alan bilgiye yer verilmiştir. Bu bilgide türün Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'nın soğuğa dayanıklılık endeksine göre 4-9 kuşağında rahatlıkla yetiştiği ifade edilmiş olup, bitkinin -29 °C ye kadar dayanabildiğine işaret etmektedir (Harrison, 2009; Zencirkıran & Seyidoğlu Akdeniz, 2017; URL-5, 2022; URL-6, 2022).

Odunsu bitkilerin su tüketimlerini araştıran Zencirkıran & Seyidoğlu Akdeniz (2017), Bursa Kent Parklarında bulunan odunsu bitki taksonlarının ekolojik tolerans kriterlerini değerlendikleri çalışmasında, tasarım bitkilerini su tüketimi bakımından Düşük (Az), Düşük/Orta, Orta, Orta/Yüksek, Yüksek olmak üzere beş grupta sınıflandırmış, *Kerria japonica* türünün bu sınıflandırmada orta derecede su tüketen taksonlar içerisinde yer aldığını bildirmiştir.

Toprak isteği bakımından, iyi drene edilmiş nemli tınlı topraklardan hoşlanırlar. Ancak ağır killi topraklarda ve zayıf drenaja sahip topraklara toleransı düşüktür. Sulamada prensip toprak kuruyunca sulama olmalıdır. *Kerria japonica* yetiştiriciliğinde gübrelemeye dikkat edilmeli, yavaş salınımlı gübreler ile ilkbaharda düşük dozlarda gübrenmelidir. Aşırı gübreleme bitkide çiçek gelişimini engellemekte ve vejetatif gelişmeyi teşvik etmektedir. Çiçeklenme sonunda ise hemen budanmalıdır (Harrison, 2009; URL-5, 2022).

## 2.3. Çoğaltımı

*Kerria japonica* türünün çoğaltımı tohum, çelik ve ayırma ile yapılmaktadır. Vejetatif olarak çoğaltımında yaygın olarak çelikle üretim yöntemi kullanılmaktadır. Çelik tipi olarak yumuşak odun ve yarı odun çelikleri tercih

edilmektedir. Çoğaltımın kolay olduğu türde yapılan bilimsel çoğaltım çalışmaları kronolojik sıraya göre aşağıda listelenmiştir.

Dempster (1959) ise sisleme altında çalı türlerinin köklendirilmesi isimli makalesinde yaz başında hazırlanan *Kerria japonica* çeliklerinin alttan ısıtma olmaksızın başarılı bir şekilde köklendirilebildiğini ifade etmiştir.

Sabina & Cornelia (2011) *Kerria japonica* çeliklerinin köklenmesi üzerine biostimulatörlerin etkisini araştırmıştır. Bu amaçla Atonik ve Radistim kullanmışlardır. Çeliklerin köklendirilmesinde köklendirme ortamı olarak kum kullanmışlardır. Atonik uygulanan çeliklerde köklenme yüzdesinin %71, Radistim uygulanan çeliklerde ise köklenme yüzdesinin %80 olduğu görülmüştür. Köklenen çelikler yetiştirme ortamlarına alınarak biyometrik özellikleri incelenmiş ve en iyi sonuçların %25 veya %50 turba içeren toprak karışımlarından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Mariana et al. (2011), Radistim tipi biyoaktif maddelerin *Kerria japonica* çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar bu amaçla Mayısın ilk haftasında 8-10cm uzunluğunda hazırladıkları çelikleri perlit içerisinde köklendirmeye almışlardır. Köklenme süresi boyunca hava sıcaklığı 18-27 °C, köklendirme ortamı sıcaklığı ise 20-21 °C arasında tutulmuştur. Bu şartlarda çeliklerde 127 günde köklenme meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda Radistim tipi biyoaktif maddelerin *Kerria japonica* çeliklerinde köklenmeyi uyardığı görülmüştür. Biyoaktif madde uygulanmayan çeliklerde köklenme oranı % 65,2 iken Radistim ile muamele edilen çeliklerde köklenme oranının % 78,3 olduğu tespit edilmiştir.

Stan & Vulpe (2016) üç farklı çalı türünün (*Pyracantha coccinea*, *Kerria japonica*, *Berberis vulgaris*) çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı köklendirme ortamlarının etkisini araştırmıştır. Çeliklerde köklenmeyi uyarıcı madde olarak Rigenal P kullanmışlardır. Köklendirme ortamı olarak perlit, kum, perlit + kum (1:1) kullanılmış ve alttan ısıtma yapılmamıştır. Çelikler 15 Ekim tarihinde 20-25 cm uzunluğunda hazırlanmıştır. Araştırmacılar bu koşullarda *Kerria japonica* çeliklerinde büyük oranda köklenmenin meydana geldiğini, en yüksek köklenme oranının %90 ile perlitte gerçekleştiğini, bunu %90 ile perlit+kum (1:1) ve %85 ile kumun izlediğini bildirmişlerdir.

Shchukin et al. (2020), bir çok ağaç ve çalı türünün yeşil çeliklerinin serada sisleme sistemi altında köklenmesi üzerine büyümeyi düzenleyicilerin etkisini araştırmıştır. Araştırmada köklendirmek amacıyla kullanılan çalı türlerinden biri de *Kerria japonica* "Pleniflora" 'dır. *Kerria japonica* çelikleri 4-5 yaşındaki genç anaçlardan Haziran-Temmuz ayı başlarında sabah erken saatlerde en az üç göz içerecek şekilde 8-15cm uzunluğunda hazırlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan çelikler köklenmeyi uyarıcı amacıyla 5-200ppm arasında değişen miktarlarda IBA içerisinde 16 saat bekletildikten sonra eşit oranlardaki turba + toprak + dere kumu karışımına dikilmiştir. Köklenme süresince hava sıcaklığı 25-32 °C, hava nemi %95-98 arasında tutulmuştur. Bu koşullarda çelikler ortalama 20-35 gün içerisinde köklenmişlerdir. Köklenme oranı hormon uygulaması yapılmayan çeliklerde %81.6, 5ppm IBA uygulaması yapılan çelikler ise %92.4 oranında gerçekleşmiştir.

## 2.4. Kullanımı

Literatür incelemesinde *Kerria japonica* türünün peyzaj ve süs bitkileri sektörü içerisinde farklı amaçlarla kullanılabileceğini dolayısıyla çok yönlü bir süs çalısı olduğunu ortaya koyan çalışmaların yanı sıra kimyasal kompozisyonlarının da incelendiği araştırmalara rastlanmıştır. *Kerria japonica*'nın farklı kullanım özelliklerinin incelendiği bu araştırmalar, peyzaj ve süs bitkisi ile tıbbi bitki olarak kullanımı alt başlığı altında aşağıda özetlenmiştir.

### 2.4.1. Peyzaj ve Süs Bitkisi olarak Kullanımı

*Kerria japonica* türü estetik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak peyzaj uygulamalarında kullanılmaktadır. Yeşil sürgünleri, huşa benzeyen yaprakları ile parlak sarı renkli katmerli ve gösterişli çiçekleri nedeniyle yüksek bir süs bitkisi değerine sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir. Peyzaj ve süs bitkisi olarak kullanımına ilişkin elde edilen ulusal ve uluslararası literatürden elde edilen bilgiler aşağıda değerlendirilmiştir.

Dünyada çoğunlukla park ve bahçelerde kullanılmakta olup peyzaj uygulamalarında genellikle kültür çeşitleri kullanılmaktadır. Katmerli çiçek yapısına sahip *Kerria japonica* 'Pleniflora' en çok bilinen ve uygulamalarda en çok tercih edilen kültür çeşididir. Yalnız katlı ve 5 petale sahip "Albafiora" ile "Golden Guinea" çeşitlerinin yanı



sıra “Picta” (yaprak kenarları krem renkli), “Aureo-variegata” (yaprak kenarları sarı renkli) ve “Aureo-vittata” (sürgünleri sarı veya yeşil çizgili) gibi oldukça göz alıcı alacalı çeşitleri de bulunmaktadır (Harrison, 2009; Eminağaoğlu et al., 2020). Goto (2012) de Japon bahçelerini incelediği araştırmasında Japon bahçelerinde sıkça kullanılan ve değer katan bitkilerinden olduğunu vurgulamıştır.

*Kerria japonica* türünün estetik özelliklerinin yanı sıra fonksiyonel özellikleri de bilimsel olarak çalışılmıştır. Bu kapsamda literatürde toz tutma kapasitesi ve stres koşullarına mukavemeti ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır.

Kanarya Gülü'nün pürüzlü yaprak yüzeyleri nedeniyle toz tutma kapasitesi Çinli bilim insanları tarafından araştırılmıştır. Bu konu ile ilgili iki farklı Çinli araştırma grubunun birbiri ile çelişen çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan Wang et al. (2014) sanayi bölgesinde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan ağaç (*Populus tomentosa*, *Sophora japonica*, *Paulownia tomentosa*, *Firmiana simplex*, *Platanus orientalis*, *Robinia pseudoacacia*, *Koelreuteria paniculata*, *Salix matsudana*, *Fraxinus chinensis*) ve çalı türlerinin (*Syzygium aromaticum*, *Kerria japonica*, *Sorbaria sorbifolia*, *Ligustrum obtusifolium*, *Malus micromalus*, *Prunus cistena*, *Hibiscus syriacus*, *Prunus cerasifera* var. *pissardi*, *Prunus cistena*, *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim., *Sambucus racemosa*, *Cercis chinensis*) toz tutma kapasitelerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada *Kerria japonica*'nın toz tutma kabiliyeti en yüksek çalılar arasında ikinci sırada yer aldığını bildirmiştir. Buna karşın Xiaodan et al. (2017) ise, 10 farklı çalı türünün atmosferik tozları tutma kapasitesini araştırdığı çalışmada birim yaprak alanı başına ortalama tutulan toz içeriğinin *Euonymus japonicus*, *Pyracantha servetana* ve *Lonicera maackii* için en yüksek ve *Cercis chinensis* için en düşük, birim hacim başına ortalama tutulan toz içeriği ise *Lonicera maackii* ve *Euonymus japonicus* için en yüksek ve *Kerria japonica* için en düşük olarak belirlemiştir. Araştırmacılar daha pürüzlü yaprak yüzeyleri ve mum tabakası veya daha büyük stomaları olan bitkilerin daha fazla partikül adsorbe ettiğini rapor etmişlerdir.

*Kerria japonica* stres koşullarına dayanıklılığı da araştırmaya değer görülmüştür. Bu hususta ışık ve su stresine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. *Kerria japonica* türünün su stresi konusunda çalışmalar yapan Türk araştırmacılar Bayramoğlu & Demirel (2015), *Kerria japonica* türünü, *Abelia x grandiflora*, *Magnolia x soulangiana*, *Buddleia davidii*, *Camelia japonica*, *Buxus sempervirens*, *Camellia japonica*, *Ilex spp.*, *Acuba japonica*, *Rhododendron spp.*, *Pittosporum tobira* ‘Nana’, *Rosa spp.*, *Gardenia radicans*, *Hibiscus syriacus*, *Lagerstroemia indica*, *Ginkgo biloba*, *Sophora japonica*, *Hosta* türleri ile birlikte kurakçıl peyzaj uygulamalarında kullanılabilecek bitkiler arasında göstermiştir. Türün düşük ışık koşullarına dayanımını çalışan Peck & Serviss (2016) ise *Kerria japonica* türüne ait bitkilerin gölge koşullara yüksek mukavemet gösterdiklerini bildirmiştir.

Ülkemizde tür ve habitat (peyzaj) kullanımını açısından yapılan çalışmalar Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde *Kerria japonica* türünün sağlıklı bireylerine rastlanıldığını göstermektedir. Marmara Bölgesi (İstanbul ve Bursa) ve Karadeniz Bölgesi'nde (Bartın ili Merkez, Amasra, İnkum) yer alan bazı konut bahçelerinde az sayıda görülse de türe ait sağlıklı bireyler kentsel habitatlarda birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Yılmaz, 2001; Ekici & Sarıbaş, 2006; Sarı Nayim & Ayaşlıgil, 2015; Yayım Yener, 2016; Sarı Nayim, 2017; Zencirkıran & Akdeniz, 2017).

*Kerria japonica*'nın dış mekân süs bitkisi olarak park ve bahçelerde kullanımının yanı sıra süs bitkisi olarak farklı şekillerde de kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Bu konulara yine Çinli araştırmacılar yoğunlaşmış ve öncülük etmiştir.

Shiyu & Fenggen (1999), *Kerria japonica*'nın kesme çiçek olarak kullanılabilmesi için vazo ömrü araştırması yapmışlardır. Araştırmacılar 0.1mol/L sakkaroz + %1 alkol uygulaması ile 1.5 mmol/L Co (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 4% sakkaroz çözeltisi uygulamasının *Kerria japonica*'da çiçek tomurcuklarının açmasını teşvik ettiğini ve vazo ömrünü açık bir şekilde uzattığını bildirmişlerdir (Shiyu & Fenggen, 1999).

Bir başka Çinli araştırmacı grubu ise yabancı bitkilerde farklı kurutma tekniklerinin etkisini araştırdıkları çalışmasında *Kerria japonica* türünün çiçek sürgünlerinin kuru çiçek olarak değerlendirilmesini incelemiştir. Lee et al. (2003), 1-3 dakika süre ile uyguladıkları mikrodalga ve silika jel uygulamaları ile kurutulan çiçeklerin petal renklerindeki değişimleri gözlemlemiştir. Araştırmacılar, *Kerria japonica*'nın çiçeklerinin petal dokularındaki yüksek silisyum oksit birikimi nedeniyle en iyi sonucu veren bitkilerden olduğunu rapor etmişlerdir.

### 2.4.2 Tıbbi Bitki olarak Kullanımı

*Kerria japonica* türünün tıbbi bitki olarak kullanımına ilişkin de çeşitli kaynaklara ulaşılmıştır. Bu kaynaklarda genellikle geleneksel Çin tıbbında kullanıldığı ifade edilmektedir (Jiangsu New Medical College, 1998; Wu et al., 2008).

*Kerria japonica*'nın çiçekleri ve dallarının, geleneksel Çin tıbbında öksürük, eklem iltihabı, ödem, zehirli ateş şişlikleri gibi hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanıldığından yola çıkan Wu et al. (2008), *Kerria japonica*'nın kimyasal kompozisyonunu araştırmıştır. Araştırma sonucunda *Kerria japonica* sürgünlerinden 12 farklı bileşik izole etmişler, en yüksek miktarda izole edilen Linariin ve isolinariin B isimli flavonoidlerin antienflamatuar etki gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Araştırmacılar ayrıca izole edilen maddelerden Kerinol'un ise ilk defa bu bitkide tespit edildiğini bildirmişlerdir.

### 3. Sonuç ve Öneriler

Çin ve Japonya'ya endemik monotipik bir tür olan *Kerria japonica*. estetik ve fonksiyonel özellikleri dolayısıyla gerek Avrupa'da gerekse ABD de on yıllardır yaygın olarak süs bitkisi olarak yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır (Huo et al., 2019; Peck & Serviss, 2016). İlkbahar aylarında açan parlak sarı renkli katmerli çiçekleri, huşa benzeyen yaprakları ve yeşil sürgünleri ile oldukça dekoratif bir görünüm sergilemektedir. Park ve bahçelerde kullanımının yanında Japon bahçesi tasarımında da kullanılabilir (Goto, 2012). Peyzaj uygulamalarında estetik özelliklerinin yanında kuraklık (Bayramoğlu & Demirel, 2015), düşük sıcaklık (URL-5, 2022, URL-6, 2022) ve yoğun gölge (Peck & Serviss, 2016) gibi çevre koşullarına koşullara yüksek toleransı ve yapraklarının toz tutma kapasitesi (Wang et al., 2014; Xiaodan et al., 2017) diğer tercih nedenleridir. Kuraklığa dayanımı nedeniyle kurakçıl peyzaj uygulamalarında kullanılabilir bitkiler arasında gösterilmektedir (Bayramoğlu & Demirel, 2015). Yapılan araştırmalar, süs bitkileri sektörü içerisinde dış mekan süs bitkisi olmanın yanı sıra kesme çiçek (Shiyu & Fenggen, 1999) ve kuru çiçek (Lee et al., 2003) olarak ta değerlendirilebileceğini göstermiştir.

*Kerria japonica* türü çoğunlukla süs bitkisi olarak kullanılsa da tıbbi bitki olarak geleneksel Çin tıbbında da kullanıldığına ilişkin çalışmalara rastlanmıştır. Geleneksel Çin tıbbında öksürük, eklem iltihabı, ödem, zehirli ateş şişlikleri gibi hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanıldığı rapor edilmiştir. Yeni bir lignan olan Kerinol ilk defa *Kerria japonica* türünde tespit edildiği bildirilmiştir (Wu et al., 2008).

Yüksek süs değeri yanında tıbbi bitki olarak ta kullanılan *Kerria japonica* türünün çoğaltımı tohum, çelik ve ayırma ile yapılmaktadır. Türün çoğaltımı çoğunlukla vejetatif olarak yumuşak odun ve yarı odun çelikleri ile yapılmakta, çelikler genç anaç bitkilerden genellikle haziran veya Ekim aylarında 15-25cm uzunluğunda hazırlanarak düşük dozda büyümeyi düzenleyici maddeler ile muamele edildikten sonra perlit, torf, kum veya bunların karışımlarında dikildiklerinde kaynaklara göre değişmekle birlikte 20-127 günde köklenme meydana gelmektedir. Köklenme oranları %78-92 arasında değişmektedir (Dempster, 1959; Sabina & Cornelia, 2011; Mariana et al., 2011, Stan & Vulpe, 2016; Shchukin et al., 2020).

Derlenen bilgiler *Kerria japonica* türünün özellikle süs bitkileri sektöründe oldukça önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Genellikle dış mekân süs bitkisi olarak kullanılmasının yanı sıra kesme çiçek ve kuru çiçek olarak ta değerlendirilebilme potansiyeli önemini bir kat daha artırmaktadır. Avrupa ve A.B.D.'de yaygın bir şekilde üretilerek süs bitkileri sektöründe kullanılması, Türkiye'de ise üretim merkezi konumunda bulunan bazı illerde (Sakarya, Yalova, Bursa) faaliyet gösteren süs bitkileri fidanlıklarında bulunamaması ülkemiz Peyzaj ve Süs Bitkileri sektörü açısından büyük bir eksiklik. *Kerria japonica* ülkemizde Nisan-Haziran aylarında çiçek açan, çiçeklenme süresi uzun olan sarı renkli çalı ihtiyacını karşılayacak önemli bir bitki niteliğindedir. Vejetatif olarak çelikle kolay bir şekilde çoğaltılabilen türün üretiminin yapılarak süs bitkileri fidanlıklarında yerini alması ülkemiz süs bitkileri ve peyzaj sektörü açısından büyük bir kazanç olacaktır.

### Kaynaklar

1. **Bayramoğlu, E. & Demirel, Ö. (2015).** *Xerophytic landscape*. In: Efe R, Bizzarri C, Cürebal İ, Nyusupova GN, editors. Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century. St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, pp.180-189.
2. **Dempster, C.D. (1959).** Propagation of shrubs under mist. *Scientific Horticulture*, 14, 81-85.
3. **Ekici, B. & Sarıbaş, M. (2006).** Bartın Kenti Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Bitki Materyali Üzerine Bir Araştırma, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 8(9); 1-9.

4. **Eminağaoğlu, Ö., Yılmaz, H., Aksoy, N., Ok, T., Fırat, M. & Akkemik, Ü. (2020).** *Rosaceae*. Şu eserde: Akkemik, Ü. (ed.). *Türkiye'nin Bütün Ağaçları ve Çaluları*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, s. 1026.
5. **Goto, S. (2012).** Visual preference for garden design: Appreciation of the Japanese garden. *Journal of Therapeutic Horticulture*, 22(1), 24-37.
6. **Harrison, M. (2009).** Flowering Shrubs and Small trees for the South. Pineapple Press Inc.
7. **Huo, Y., Yan, M., Zhao, X., Zhu, Z. & Yuan, Z. (2019).** The complete chloroplast genome sequence of *Kerria japonica* (L.) DC. 'pleniflora' (Rosaceae). *Mitochondrial DNA Part B*, 4(2), 3723-3724.
8. **Jiangsu New Medical College, (1998).** Dictionary of Chinese Materia Medica. Shanghai Science and Technology Publishing House, p. 2298.
9. **Koç, A. (2000).** Turkish Rangelands and Shrub Culture, *Rangelands*, 22(4), 25-26.
10. **Lee, W.Y., Yoon, M.J., Kwak, B.H. & Park, C.H. (2003).** Effects of various drying methods for wild flower. *Horticultural Science & Technology*, 21(1), 50-56.
11. **Li, C., Hiroshi, I. & Hideaki, O. (2003).** *Kerria*, *Flora of China*, Vol.9, p 192.
12. **Lu, L.D. & Alexander, C. (2003).** Rosaceae. In Z. Y. Wu, P. H. Raven, & D. Y. Hong (Eds.), *Flora of China* (Vol. 9, s. 47-73). Science Press and Missouri Botanical Garden Press.
13. **Luo, D., Xu, B., Li, Z-M. & Sun, H. (2020).** Biogeographical divides delineated by the three-step landforms of China and the East China Sea: Insights from the phylogeography of *Kerria japonica*, *J Biogeogr.* 2020;48: 372-385.
14. **Mariana, V., Ioan, V. & Ioana, V. (2011).** The Inducement At The Rootedness Process Of *Kerria Japonica* Cutting Using Radistim Type Bioactive Substance, *Natural Resources And Sustainable Development*, s. 302-305.
15. **Peck, J.H. & Serviss, B.E. (2016).** *Ficus carica* (Moraceae) And *Kerria japonica* (Rosaceae) New To The Arkansas Flora (Usa), With A Second Record Of *Canna indica* (Cannaceae) And The Re-Instatement Of *Nerium oleander* (Apocynaceae) For The State. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 169-174.
16. **Robertson, K.R. (1974).** The genera of Rosaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*, 55(3), 344-401.
17. **Sabina, P.D. & Cornelia, H. (2011).** The influence of rooting biostimulators and substrate on biometric characteristics of *Kerria japonica* (L.) DC seedlings, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, Vol. 15(4), 88- 91.
18. **Sarı Nayim, Y. (2017).** Mapping of Biotopes Between Amasra and İnkum (Bartın), Western Black Sea Region of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 38(5), 1033-1042, Doi: [http://doi.org/10.22438/jeb/38/5\(SI\)/GM-20](http://doi.org/10.22438/jeb/38/5(SI)/GM-20)
19. **Sarı Nayim, Y. & Ayaşlıgil, Y. (2015).** Contributions to the Flora between Amasra and İnkum (Bartın / Turkey) located in Western Black Sea Region. *Biological Diversity and Conservation*, 8(3), 92-113.
20. **Shchukin, R.A., Bogdanov, O.E., Zavaloka, I.P., Ryazanov, G.S. & Kruglov, N.M. (2020).** Biotechnological basis for application of growth regulators for rooting of green cuttings of trees and shrubs in a greenhouse with a misting system. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 23, p. 01009). EDP Sciences.
21. **Shiyu, W. & Fenggen, G. (1999).** A study on the cut-flower preservation of *Kerria* and peach. *Yunnan Nong ye da xue xue bao= Journal of Yunnan Agricultural University*, 14(1), 40-43.
22. **Stan, I. & Vulpe, M. (2016).** Substrates Rooting Influence on The Process Of Forming A New Roots at Some Species of Ornamental Shrubs. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 46(2), 618-621.
23. **URL-1, 2022.** <https://kocaelibitkileri.com/kerria-japonica/> Erişim Tarihi: 08.08.2022
24. **URL-2, 2022.** <https://www.fidandeposu.com/kerria-japonica-pleniflora-kanarya-gulu-bitkisi> Erişim Tarihi: 08.08.2022
25. **URL-3, 2022.** <https://www.ciceksepeti.com/tuplu-yediveren-kerria-japonica-kanarya-gulu-fidani-kc7854194>. Erişim Tarihi: 08.08.2022
26. **URL-4, 2022.** <https://www.hepsiburada.com/tacirdepoticaret-tuplu-yediveren-pompon-katmerli-kerria-japonica-kanarya-gulu-fidani-p-HBCV00000FPTKP?magaza=TacirDepoTicaret> Erişim Tarihi: 08.08.2022
27. **URL-5, 2022.** <https://hgic.clemson.edu/factsheet/japanese-kerria/> Erişim Tarihi: 08.08.2022
28. **URL-6, 2022.** [https://tr.wikipedia.org/wiki/So%C4%9Fu%C4%9Fa\\_dayan%C4%B1kl%C4%B1l%C4%B1k\\_haritas%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/So%C4%9Fu%C4%9Fa_dayan%C4%B1kl%C4%B1l%C4%B1k_haritas%C4%B1) Erişim Tarihi: 08.08.2022
29. **Wang, F., Xiong, S.G., Li, H.Y., Li, L.L., Zhang, Q.M. & He, M.X. (2014).** Study on dust-retention Ability of Major Afforestation Tree Species in New industrial zone. In *Advanced Materials Research* (Vol. 838, pp. 2433-2438). Trans Tech Publications Ltd.

30. **Wu, J., Jia-Quan Feng, J-O. & Zhao, W.M. (2008).** A new lignan and antiinflammatory flavonoids from *Kerria japonica*, *Journal of Asian Natural Products Research*, 10:5, 435-438.
31. **Xiang, Y., Huang, C.H., Hu, Y., Wen, J., Li, S., Yi, T., Chen, H., Xiang, J. & Ma, H. (2017).** Evolution of Rosaceae fruit types based on nuclear phylogeny in the context of geological times and genome duplication. *Molecular biology and evolution*, 34(2), 262-281.
32. **Xiaodan, S.U.N., Haimei, L.I., Xiao, G.U.O. & Li, S.U.N. (2017).** Atmospheric particulates-retaining capacity of ten shrubs species. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 11(2), 1047-1054.
33. **Yayım Yener, D. (2016).** İstanbul Tarihi Yarımada Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Odunsu Bitkiler Üzerine Bir Araştırma, *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 16(1): 1-13.
34. **Yılmaz, H. (2001).** Bartın kenti ve yakın çevresinde biyotopların haritalanması, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
35. **Zencirkıran, M. & Akdeniz, N.S. (2017).** Bursa kent parkları odunsu bitki taksonlarının ekolojik tolerans kriterleri açısından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 11-19.

# OPTIMIZING THE PERMUTATION FLOWSHOP SCHEDULING PROBLEM (PFSP) USING THE SCATTER SEARCH METHOD

Uğur Sinan Eren<sup>1</sup>, Ezgi Güler<sup>2</sup>, Yıldız Şahin<sup>3\*</sup>,

<sup>1</sup> Kocaeli University, Inst. of Natural and Applied Science, Industrial Engineering, Kocaeli, Turkey.

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali University, Inst. of Natural and Applied Science, Industrial Eng., Bilecik, Turkey.

<sup>3</sup> Kocaeli University, Faculty of Engineering, Industrial Engineering, Kocaeli, Turkey.

## Abstract

Scheduling is the process of optimizing limited resources, depending on the objectives. Scheduling problems are one of the decision-making problems that play a critical role in production and service systems. Continuing production regularly and systematically is an important issue for production planners. Permutation flow shop scheduling, which is a sub-branch of production scheduling, is defined as “n” jobs being processed simultaneously on “m” machines. Permutation Flow Shop Scheduling Problems (PFSPs) are in the complex and difficult problem class. Many metaheuristic methods have been proposed to solve such problems. In this study, the Scatter Search method, which is one of the population-based evolutionary methods of metaheuristic methods, was used to solve the Permutation Flow Shop Scheduling Problem (PFSP). The scatter search method was analyzed with the algorithm prepared on JavaScript programming language. With the scatter search, the total completion time of the jobs was minimized and the effectiveness of the method was tested on the problem groups frequently used in the literature. The use of the JavaScript programming language in this study has contributed to the literature on testing large-scale problems. The distribution search algorithm has a positive effect on the PTSP with an average of 2% difference from the best-known solutions due to the minimization of work times.

**Key Words:** Scheduling problem, flow shop scheduling, metaheuristic method, scatter search, JavaScript.

## 1. Introduction

Today, the rapid progress of technology and science causes the formation of a competitive market environment for businesses. In this competitive environment, delivering the product or service within the time given to the customer is an important issue in terms of customer satisfaction. The first step in establishing a dynamic business system that can operate at the desired capacity is an appropriate scheduling (Mete, 2019). Scheduling deals with the allocation of resources or jobs to machines over time in order to optimize a specific goal (Arshad et al., 2021). Scheduling problems in manufacturing are in the category of NP-complete problems. The general purpose in production scheduling is to ensure that the jobs planned to be done with the machines at hand are completed in the most appropriate job order in the minimum time. Scheduling problems involving a large number of jobs and machines are included in the combined optimization problems because the solution space grows exponentially. The difficulty of the scheduling problem increases as the constraints such as the delay criterion and the concurrent job criterion in the production structure increase (Kaya et al., 2020).

Metaheuristic methods used for NP-complete problems where mathematical modeling cannot be done or the cost of establishing a mathematical model is high are frequently preferred by decision makers because they have good computational power and allow model development with satisfactory results (Kaya & Fiğlalı, 2018). The main purpose of metaheuristic methods is to search the search space and to produce near-optimal solutions without getting stuck with the local optimum (Osman & Laporte, 1996). Metaheuristic methods are examined in three groups as physics-based, local search-based and population-based metaheuristics. Big Crunch Optimization, Atom Search Optimization, Ray Optimization are some methods of physics-based metaheuristics (Abdollahzadeh et al., 2021). Simulated Annealing, Iterated Local Search, and Tabu Search algorithms can be given as examples of local search-based methods (Erol, 2006). Population-based algorithms include evolutionary algorithms such as Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, Genetic Algorithm, and Scatter Search (Osman & Kelly, 1996).

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Yıldız ŞAHİN; Kocaeli University, Faculty of Engineering,  
Industrial Engineering,  
Kocaeli, Turkey.

Geliş (Received) : 26.05.2022

Kabul (Accepted) : 19.09.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

The scatter search method, which is one of the evolutionary algorithms, consists of strategies that generate composite decision rules and constraints (Oktay & Engin, 2006). The scatter method basically aims to create new solutions by differentiating reference set solutions with combinations and is widely used in the solution of flow shop problems, which are combinatorial optimization problems. There are many studies in the literature in which the scatter search method is used alone or in combination with other metaheuristic methods for the flow shop scheduling problem. Some of these studies are summarized.

Nowicki & Smutnicki (2006) developed a mixed method in the flow scheduling problem based on the scatter search and the neighbor concept in tabu search. They tried their proposed method on 30 large-scale difficult test problems and obtained better results than known for 20 of them. Rahimi-Vahed et al. (2008) studied a two-criteria no-wait flow scheduling problem in which the weighted average completion time and delay times of jobs are minimized simultaneously. They proposed a new multi-objective scatter search algorithm. Test problems are solved to prove the effectiveness of the proposed algorithm. The reliability of the proposed algorithm is compared with a multi-objective genetic algorithm (GA). Computational results showed that the proposed algorithm outperforms GA, especially for large-sized problems (Rahimi-Vahed et al., 2008). Saravanan & Haq investigated the scheduling problem in flexible manufacturing systems. They determined the objective function as minimizing the total work time and the total penalty costs at the same time. A scatter search metaheuristic is proposed for problem solving. The results obtained from the test problems are compared with metaheuristic methods such as genetic algorithm, particle swarm optimization and annealing simulation (Saravanan & Haq, 2008). Moghaddam et al. (2010), proposed a new mathematical model for the scheduling problem in a business system where parts can visit different cells. Simultaneously, they aimed to minimize setup costs related to brand, intracellular movement, delay, and sequence. Due to the complexity of the problem, they used a scatter search-based metaheuristic. They compared the results of 10 test problems according to the completion times of the jobs. Sadiq & Muhamad (2012) proposed a scatter search algorithm for the flow shop scheduling problem in their study. In the study, they determined the objective function as minimizing the maximum completion time of the jobs. They searched for random solutions with the proposed algorithm and improved the distribution search of all solutions by applying the idea of all machines working at the same time. Yang et al. (2017) developed a distributed search-based model for the distributed assembly flow shop scheduling problem that considers machine and job characteristics. The model is based on 10 small and 5 large-scale test problems. They were compared to 6 heuristics and found that scatter search outperformed all of them. Pan et al. (2019), dealt with the distributed PFSP in their work. They determined the objective function of the problem as the total flow time. They compared the metaheuristic methods of discrete artificial bee colony, scatter search, and iterated local search on test problems. Abdelmaguid (2020) developed a two-neighbor search and a solution aggregation function in a multi-process open shop-type scheduling problem consisting of non-identical machines and used route-joining scatter search algorithm. In his study, he made parameter analysis and tried the algorithm in test problems. It has been seen that the developed algorithm has the capacity to obtain optimal and near-optimal results. Külahlı et al. (2021) proposed a new hybrid scatter search algorithm for flexible workshop scheduling problems. They determined the objective function in the proposed method as minimizing the maximum completion times for flexible workshop scheduling problems. A full factorial experimental design was made for the performance parameters. Behnamian et al. (2021) considered a two-objective flexible scheduling problem with independent setup time. The objective functions in the problems are determined as minimizing the maximum completion time of the works and the total delay. After proposing a mixed integer nonlinear programming model, a scatter search algorithm is developed to obtain near-optimal solutions. Obtained results were compared with Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) over few samples flexible scheduling problems.

## 2. Material and Methods

In this study, the optimization of the PFSP with scatter search is investigated. Different problems and methods in the literature are used for the steps of the scatter search algorithm used in the application. Angular framework is used with JavaScript in optimization model design. In the next subsections, PFSP and scatter search methodology are given.

### 2.1. PFSP

Production scheduling can be defined as the activity of assigning appropriate production resources to jobs in order to meet the desired criteria (Graves, 1981). In order to optimize the desired criteria, the specified jobs must be put in order. The job sequencing method ensures that the jobs are ranked in a way to be completed in the shortest time in total or the total of lost times is minimized by passing through certain processes or machines in a production

department (Osman & Laporte, 1996). Flow shop scheduling is known as one of the most basic of classical scheduling problems. Graves (1981), who classified production scheduling in five dimensions, examined the process complexity dimension in four different parts according to the number of steps. Graves (1981) defined flow-type scheduling problems as multi-stage problems in the dimension of transaction complexity.

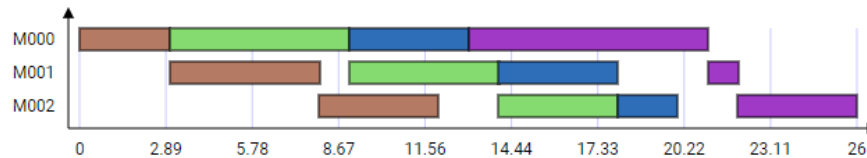


Fig. 1. An example flow shop schedule

The flow shop scheduling problem finds the ordering of jobs for each machine according to a certain performance criterion. Technological constraints may require jobs to be processed through the same machine queue. It is also assumed that in most cases the rank of jobs for each machine is the same, with  $n$  jobs being processed in the same order on  $m$  machines (Fink & Voß, 2003) as in Figure 1. In flow shop scheduling problems, there are two different types of scheduling: schedules in which the job sequences are different on each machine and permutation schedules where the job sequences are the same on each machine. In the schedules where the job sequences are different  $n!$  for each machine different work sequences are obtained, and the number of possible schedules for  $m$  machines is  $(n!)^m$ . In permutation schedules where the job sequences are the same on every machine, the possible number of schedules decreases to  $(n!)$  (Baskar & Xavier, 2021).

## 2.2. Scatter Search Algorithm

Scatter search algorithm was first proposed by Glover in 1977 as a metaheuristic method for solving integer programming problems and designed as a method to relax constraints (Marti et al., 2006). Scatter search differs from other evolutionary methods in that it produces new results by systematically selecting multiple solutions from the reference set. A new solution set is created by selecting two or more subsets from the solutions in the said set (Çiçekli & Bozkurt, 2016; Sagarna & Lozano, 2006). Scatter search algorithm consists of 5 essential methods and various implementations to these methods exist. The algorithm methods (Marti et al., 2006) and the approach we adopted is as follows:

1. A Diversification Method to generate a collection of diverse trial solutions, using an arbitrary trial solution (or seed solution) as an input.
2. An Improvement Method to transform a trial solution into one or more enhanced trial solutions.
3. Reference Set Update Method to build and maintain a reference set consisting of the good and diverse solutions found bounded by the reference set size parameters.
4. Subset Generation Method to operate on the reference set, to produce a subset of its solutions as a basis for creating combined solutions.
5. Solution Combination Method to transform a given subset of solutions produced by the Subset Generation Method into a combined solution.

Scatter search algorithm initializes the solution population via diversification method. In this implementation; CDS (Campbell et al., 1970; Mashuri et al., 2019), NEH (Çiçekli & Bozkurt, 2016; Alharkan, 2005; Nawaz et al., 1983), Palmer (Alharkan, 2005; Palmer, 1965) and SPT (Çiçekli & Bozkurt, 2016) algorithms are used to create good enough solutions as a starting point. Rest of the solutions in the population are constructed randomly. Then each solution in population is subjected to the improvement method, which is chosen as a local search algorithm that swaps each job with its neighboring jobs in the solution then updates the solution when an improvement is made (Stützle & Hoos, 2000). Reference set update method adds select number of best and worst solutions based on their makespan to the reference set. Then each combination of good and diverse reference sets is made subsets. Next each solution duo is combined using the path relinking algorithm (Riahi et al., 2017) and each offspring solution is then subjected to improvement method subsequently. As given in Figure 2, algorithm returns back to updating reference set until the ending criteria met.

It is intended to create a new variant of scatter search algorithm by the means of fusing together several popular sub methods of scatter search that are used in the literature. A parameter analysis aimed at minimizing makespan is also made.

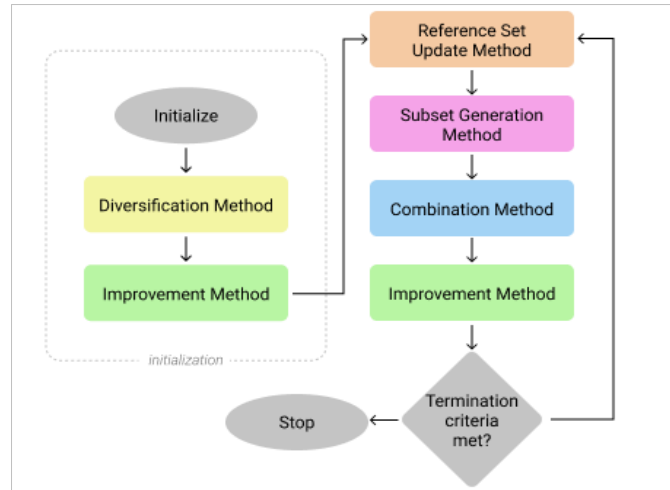


Fig. 2. Scatter search algorithm flow

**2.3. Data Collection**

Performance data for parameter analysis is gathered by testing the problem Tai019 consisting of 10 machines and 20 jobs. By keeping the problem size small it is ensured to gather more data in shorter time. Reason for picking Tai019 vs. other similar sized problems is that makespan of Tai019 had a standard deviation of 12 while the average of other problems was 2.

Iteration number, population size, reference set size, good & diverse reference set sizes and their effect on makespan and algorithm runtime were analyzed using the 3000 data points that were gathered. Parameters are generated as follows and as shown in Table 1:

Tab. 1. Parameter generation ranges

Parameter	Generation Range
Iteration	20 – 60
Population size	20 – 200
Reference set size	1% – 100%
Good reference set size	0% – 100%
Diverse reference set size	100% – 0%

- Iteration: 1 – 60. 500 separate data points in range of 0 – 500 were generated to examine iteration number while keeping other parameters set according to Riahi’s study (2017). Effect on makespan is not statistically significant despite having a correlation as seen in Figure 3, p and r values are 0.098 and - 0.07 respectively.
- Population size: 20 – 200. Rimli et al. (2017) recommends that diverse reference size should be 10 times bigger than the problem size. To ensure this, population size is generated between being equal to the problem size and it’s tenfold, since diverse references are a subset of the population.
- Reference set size: 0% - 100% of the population size.
- Good and diverse reference set sizes: 0% - 100% of the reference set size, given their sum is 1.

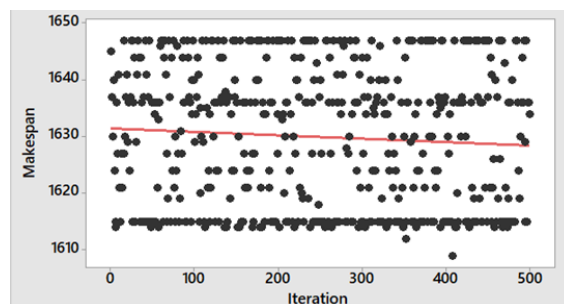


Fig. 3: Relation between makespan and iteration count



### 3. Results

A total of 3000 test runs are done using the randomly generated parameter between previously given ranges. Optimal parameter values are as follows according to this data set; population size 152.727, reference set ratio 70%, good reference set ratio %66.67, diverse reference set ratio 33.33%. These values are produced by optimizing response of the regression model of the test data. Optimal value for population size results as 152.727 however can be safely rounded down to 150 to also enable subsets to be in integers while keeping the change minimal. Likewise, good and diverse reference set ratios are also rounded to the nearest integer. Effect of difference in iteration number on makespan is still not statistically significant. As a result, 20 is considered as an acceptable value for iteration number. If time is not a concern it is suggested to increase iteration number or run the algorithm more than once. In conclusion optimal parameters can be rounded and summarized as in Table 2.

Tab. 2. Optimal parameter values

Parameter	Optimal Values
Iteration	20
Population size	150
Reference set size	105 (70%)
Good reference set size	70 (67%)
Diverse reference set size	35 (33%)

Tab. 3. Results produced using optimal parameters

Problem	Riahi's Parameters		Optimal Parameters		Problem	Riahi's Parameters		Optimal Parameters	
	Cmax	Runtime (ms)	Cmax	Runtime (ms)		Cmax	Runtime (ms)	Cmax	Runtime (ms)
ta001	1286	72	1286	919	ta031	2729	410	2729	14092
ta002	1365	112	<b>1359</b>	932	ta032	2838	260	2838	2734
ta003	1116	88	<b>1098</b>	884	ta033	2633	388	<b>2629</b>	3838
ta004	1320	78	<b>1317</b>	673	ta041	3118	600	<b>3109</b>	9028
ta005	1305	103	<b>1264</b>	2298	ta042	3020	478	3020	5476
ta006	1224	85	<b>1210</b>	1849	ta043	2960	493	2960	5769
ta007	1251	61	1251	1561	ta051	4023	1104	<b>4021</b>	16108
ta008	1211	79	1211	1587	ta052	<b>3900</b>	1148	3902	13335
ta009	1266	53	<b>1253</b>	1251	ta053	3912	2018	<b>3870</b>	15988
ta010	1133	65	<b>1108</b>	833	ta061	5519	2445	<b>5512</b>	53166
ta011	1625	119	<b>1616</b>	1778	ta062	5284	1064	5284	32265
ta012	1729	143	<b>1692</b>	1339	ta063	5206	919	5206	14857
ta013	1511	156	<b>1508</b>	1725	ta071	5826	1862	5826	28398
ta014	1411	102	1411	1490	ta072	5400	2086	5400	39226
ta015	<b>1478</b>	95	1493	1366	ta073	5785	1830	<b>5757</b>	26929
ta016	1433	99	<b>1425</b>	1233	ta081	<b>6473</b>	3981	6495	51882
ta017	1526	151	1526	3972	ta082	6516	3854	<b>6480</b>	54263
ta018	1600	123	<b>1579</b>	1209	ta083	<b>6584</b>	4427	6590	72963
ta019	1614	137	<b>1612</b>	1412	ta091	10942	13888	10942	90288
ta020	1634	109	1634	1532	ta092	10706	7479	<b>10686</b>	85327
ta021	2329	266	<b>2310</b>	3929	ta093	11025	7745	11025	89231
ta022	2150	232	<b>2142</b>	3007	ta101	11563	15097	<b>11550</b>	178674
ta023	2357	249	<b>2354</b>	3898	ta102	11641	14261	<b>11625</b>	202037
					ta103	11814	15068	<b>11784</b>	212474

A data set is created using the optimal parameters found and compared to a second data set produced by using recommended parameters proposed by Riahi et al., 2017. Overall, an improvement is made to makespan on 27 of 47 problems, 16 reached the same value, 4 had worse values. A comparison is given in Table 3.

On the other hand, average algorithm runtime is increased 15 times mainly due to the large population size. Relation between algorithm runtime in milliseconds and the number of machines ( $m$ ) and jobs ( $j$ ) is formulated as follows:

$$\text{Runtime (ms)} = 12358 - 272 m - 1780 j + 1,261 m^2 + 53.9 m * j$$

A comparison between the best-known solutions of Taillard's benchmark problems (Taillard, 1993) and the algorithm results acquired with the newly found optimal parameters are given in Table 4. SSA represents the best results gathered by the Scatter Search Algorithm of this study while upper bound is the best-known results of the respective problem. Normalized difference percent is also given in the dif column. On average, results differ by 2.21 percent from the best-known solutions. Out of 47 problems tested, 2 results were able to match the best-known solution while the worst result was only 6.32% apart makespan wise. Increase in the number of machines and jobs in problem models does not appear to have an effect on algorithm's ability to produce similar results to best-known solutions.

Table 4 also includes best solutions from NEH (Nawaz et al., 1983), Social Spider Optimization (SSO) (Kurdi, 2021), A Hybrid Whale Optimization Algorithm (HWA) (Abdel-Basset et. al., 2018) and Refining Decomposition-based Integrated Search (RDIS) (Amirghasemi, 2021) as a comparison. While the algorithm in study produced better results than NEH and similar results to SSO, HWA and RDIS fairly outperforms the rest.

Tab. 4. Results compared to best known values

Problem	Upper bound	Dif (%)	SSA	NEH	SSO	HWA	RDIS
ta001	1278	0,63	1286	1286	1282	1278	1278
ta002	1359	0	1359	1365	1359	1359	1359
ta003	1081	1,57	1098	1159	1088	1081	1081
ta004	1293	1,86	1317	1325	1300	1293	1293
ta005	1235	2,35	1264	1305	1237	1235	1235
ta006	1195	1,26	1210	1228	1195	1195	1195
ta007	1234	1,38	1251	1278	1243	1239	1239
ta008	1206	0,41	1211	1223	1206	1206	1206
ta009	1230	1,87	1253	1291	1231	1230	1230
ta010	1108	0	1108	1151	1108	1108	1108
ta011	1582	2,15	1616	1680	1598	1582	1582
ta012	1659	1,99	1692	1729	1682	1659	1659
ta013	1496	0,8	1508	1557	1513	1496	1496
ta014	1377	2,47	1411	1439	1395	1377	1377
ta015	1419	5,21	1493	1502	1440	1419	1419
ta016	1397	2	1425	1453	1404	1397	1397
ta017	1484	2,83	1526	1562	1493	1484	1484
ta018	1538	2,67	1579	1609	1555	1538	1538
ta019	1593	1,19	1612	1647	1606	1593	1593
ta020	1591	2,7	1634	1653	1611	1591	1591
ta021	2297	0,57	2310	2410	2329	2297	2297
ta022	2099	2,05	2142	2150	2125	2099	2099
ta023	2326	1,2	2354	2411	2350	2326	2326
ta031	2724	0,18	2729	2733	2724	2724	2724
ta032	2834	0,14	2838	2843	2839	2834	2836
ta033	2621	0,31	2629	2640	2621	2621	2621
ta041	2991	3,95	3109	3135	3053	3021	3025
ta042	2867	5,34	3020	3032	2938	2891	2911
ta043	2839	4,26	2960	2986	2890	2869	2871
ta051	3850	4,44	4021	4082	3974	3876	3917
ta052	3704	5,35	3902	3921	3808	3715	3757
ta053	3640	6,32	3870	3927	3772	3653	3699

Tab. 4. (continued)

Problem	Upper bound	Dif (%)	SSA	NEH	SSO	HWA	RDIS
ta061	5493	0,35	5512	5519	5493	5493	5493
ta062	5268	0,3	5284	5348	5284	5268	5268
ta063	5175	0,6	5206	5219	5193	5175	5175
ta071	5770	0,97	5826	5846	5787	5776	5779
ta072	5349	0,95	5400	5453	5379	5362	5353
ta073	5676	1,43	5757	5824	5691	5691	5679
ta081	6202	4,72	6495	6541	6377	6280	6369
ta082	6183	4,8	6480	6523	6360	6278	6303
ta083	6271	5,09	6590	6639	6450	6368	6385
ta091	10862	0,74	10942	10942	10947	10885	10885
ta092	10480	1,97	10686	10716	10542	10512	10503
ta093	10922	0,94	11025	11025	11005	10965	10965
ta101	11195	3,17	11550	11594	11418	11335	11399
ta102	11203	3,77	11625	11675	11488	11517	11482
ta103	11281	4,46	11784	11852	11559	11481	11535

#### 4. Conclusion

The PFSP is one of the job shop scheduling problems. PFSP is known as an NP-hard problem from the literature. In this study, scatter search method is proposed to compare the PFSP problems. The proposed method is iterated the local and global search method for the initial population. In this study, it is aimed to optimize the PFSP with the scatter search method. The flow scheduling problem in the literature was considered as test problems and the objective function was determined as the minimization of the total completion time of the jobs. Unlike the studies in the literature, the scatter search model was analyzed with the algorithm prepared with the JavaScript programming language. Best solutions acquired by the algorithm in subject are found within 2% in range on average compared to the best-known solutions. Variation between these solutions is correlated to neither problem size nor the algorithm parameters but to the complexity in processing times of the jobs. Proposed parameters, especially the population size is the main reason for the increased runtime but on a modern computer with more processing power, the runtimes would decrease. In addition, the solutions can be improved by parameter optimization with different experimental design methods. As scatter search heavily depends on exploration via good and diverse solutions while the good solutions being the primary pulling power due to having better makespan, it is recommended to enrich the initial population with more starter algorithms in the diversification method.

#### References

1. **Abdel-Basset, M., Manogoran, G., El-Shahat, D. & Mirjalili, S. (2018).** A hybrid whale optimization algorithm based on local search strategy for the permutation flow shop scheduling problem. *Future Generation Computer Systems*, 85: 129-145.
2. **Abdelmaguid, T.F. (2020).** Scatter search with path relinking for multiprocessor open shop scheduling. *Computers & Industrial Engineering*, 141, 1-19.
3. **Abdollahzadeh, B., Soleimani Gharehchopogh, F., & Mirjalili, S. (2021).** Artificial gorilla troops optimizer: a new nature-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems. *International Journal of Intelligent Systems*, 36(10), 5887-5958.
4. **Alharkan, M.I. (2005).** Algorithms for Sequencing and Scheduling, King Saud University, Riyadh.
5. **Amirghasemi, M. (2021).** An Effective Decomposition-Based Stochastic Algorithm for Solving the Permutation Flow-Shop Scheduling Problem. *Algorithms*, 14, 112.
6. **Arshad, A., Gajpal, Y. & Elmekawy, T.Y. (2021).** Distributed permutation flowshop scheduling problem with total completion time objective. *Opsearch*, 58(2), 425-447.
7. **Baskar, A. & Xavier, M. A. (2021).** New idle time-based tie-breaking rules in heuristics for the permutation flowshop scheduling problems. *Computers & Operations Research*, 133, 105348.
8. **Behnamian, J., Memar Dezfouli, S., & Asgari, H. (2021).** A scatter search algorithm with a novel solution representation for flexible open shop scheduling: a multi-objective optimization. *The Journal of Supercomputing*, 77(11), 13115-13138.

9. **Campbell, H. G., Dudek, R. A. & Smith, M. L. (1970).** A heuristic algorithm for the n job, m machine sequencing problem. *Management science*, 16(10), B-630.
10. **Çiçekli, U.G. & Bozkurt S. (2016).** Permütasyon akış tipi çizelgeleme probleminin dağınık arama ile optimizasyonu. *Ege Akademik Bakış*, 16, 31-40.
11. **Erol, V. (2006).** *Design and implementation of a population and neighborhood-based metaheuristic algorithm for vehicle routing problems*, Master Thesis, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey.
12. **Fink, A. & Voß, S. (2003).** Solving the Continuous Flow-Shop Scheduling Problem by Metaheuristics. *European Journal of Operational Research*, 151: 400-414.
13. **Graves, S.C. (1981).** A Review of Production Scheduling. *Operations Research*, 29(4): 646-675.
14. **Kaya S. & Fırlalı N. (2018).** Use of meta-heuristic methods to solve the multi-objective flexible job shop scheduling problems, *Harran University Journal of Engineering*, 3(3), 222-233.
15. **Kaya, S., Aydılek, İ.B., Tenekeci M.E. & Gümüşçü A. (2020).** The effects of initial populations in the solution of flow shop scheduling problems by hybrid firefly and particle swarm optimization algorithms. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 26(1), 140-149.
16. **Kurdi, M. (2021).** Application of Social Spider Optimization for Permutation Flow Shop Scheduling Problem. *Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence*, 2(2): 85-97.
17. **Külahlı, S., Engin, O., & Koç, İ. (2021).** A New Hybrid Scatter Search Method for Solving the Flexible Job Shop Scheduling Problems. *Celal Bayar University Journal of Science*, 17(4).
18. **Marti, R., Laguna, M. & Glover, F. (2006).** Principles of Scatter Search, *European Journal of Operational Research*, 169:359-372.
19. **Mashuri C., Mujiyanto A.H., Sucipto H., Arsam R. Y. & Permadi G.S. (2019).** Production Time Optimization using Campbell Dudek Smith (CDS) Algorithm for Production Scheduling, *E3S Web of Conferences* 125, 23009.
20. **Mete, U. (2019).** *A variable neighborhood search approach for permutation flowshop*. Scheduling. Master's Thesis, Pamukkale University, Turkey.
21. **Moghaddam, R.T., Javadian, N., Khorrani, A. & Gholipour-Kanani Y. (2010).** Design of a scatter search method for a novel multi-criteria group scheduling problem in a cellular manufacturing system, *Expert Systems with Applications*, 37, 2661–2669.
22. **Nawaz, M., Ensore Jr, E. E. & Ham, I. (1983).** A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem. *Omega*, 11(1), 91-95.
23. **Nowicki E. & Smutnicki C., (2006).** Some aspects of scatter search in the flow-shop problem, *European Journal of Operational Research*, 169, 654–666.
24. **Oktay, S. & Engin, O., (2006).** Scatter search method for solving industrial problems: literature survey. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3, 144-155.
25. **Osman, I.H. & Laporte, G. (1996).** Metaheuristics: a bibliography. *Annals of Operations Research*, 63, 513-623.
26. **Osman, I.H. & Kelly, J.P. (1996).** Meta-heuristics: an overview. *Meta-heuristics*, 1-21.
27. **Palmer, D.S. (1965).** Sequencing jobs through a multi-stage process in the minimum total time - a quick method of obtaining a near optimum. *Journal of the Operational Research Society*, 16(1), 101-107.
28. **Pan, Q.K., Gao, L., Wang, L., Liang, J. & Li, X.Y. (2019).** Effective heuristics and metaheuristics to minimize total flowtime for the distributed permutation flowshop problem. *Expert Systems with Applications*, 124, 309-324.
29. **Rahimi-Vahed, A.R., Javadi, B., Rabbani, M. & Moghaddam, R.T. (2008).** A multi-objective scatter search for a bi-criteria nowait flow shop scheduling problem, *Engineering Optimization*, 331-346.
30. **Riahi V., Khorrarnizade M., Hakim Newton M.A. & Sattar A. (2017).** Scatter search for mixed blocking flowshop scheduling, *Expert Systems with Applications* 79:20-32.
31. **Rimli M.A., Deris S., Mohamad M.S., Omatu S. & Corchado J.M. (2017).** An enhanced scatter search with combined opposition-based learning parameter estimation in large-scale kinetic models of biochemical systems, *Engineering Application of Artificial Intelligence* 62, 164-180.
32. **Sadiq, A. & Muhamad, K. (2012).** Improved scatter search for job shop scheduling problem. *International Journal of Research and Reviews in Soft and Intelligent Computing*, 2(1), 104-107.
33. **Sagarna, R. & Lozano, J. A. (2006).** Scatter Search in Software Testing, Comparison and Collaboration with Estimation of Distribution Algorithms, *European Journal of Operational Research*, 169(2):392-412.
34. **Saravanan M. & Haq A.N. (2008).** Evaluation of Scatter Search Approach for Scheduling Optimization of Flexible Manufacturing Systems, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38, 978–986.
35. **Stützle T. & Hoos H.H. (2000).** MAX-MIN Ant System, *Future Generation Computer Systems* 16(8):889-914.

36. **Taillard E., (1993).** Benchmarks for basic scheduling problems, *European Journal of Operational Research*, 64(2): 278-285.
37. **Yang Y., Li P., Wang S., Liu B. & Luo Y. (2017).** Scatter Search for Distributed Assembly Flowshop Scheduling to Minimize Total Tardiness, *IEEE*, 861-868.

# RECYCLING WASTE VEGETABLE OILS

Ayly Achylov<sup>1</sup>, Bülent Kaygın<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Bartın University, Graduate School of Education, Department of Forestry Industrial Engineering, 74100, BARTIN

<sup>2</sup> Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forestry Industrial Engineering, 74100, BARTIN

## Abstract

With the increasing fast-paced consumption culture in the world, our resources are rapidly decreasing, and environmental pollution is increasing with the unconscious release of used products into nature. With the decrease in resources, the issue of raw material supply emerges as a serious problem. Among the products used, the most harmful products to the environment are the oils that we use both industrially and individually. Used waste oils must be recycled or disposed of in an environmentally friendly manner if they are not suitable for recycling. Unfortunately, 1 liter of waste vegetable oil damages exactly 1 million liters of drinking water, rendering it unusable. As a result of the mixing of waste vegetable oils with toxic properties into groundwater, clean water resources are polluted. Groundwater is a very important source of drinking water for all countries in the world. By reviewing the national and international literature on waste vegetable oils and their recycling, general and up-to-date information has been compiled, and this compilation study has been prepared by taking into account the current legal regulations. Throughout the study, it was aimed to raise awareness in order to leave a livable environment, a cleaner and healthier world for future generations, and some suggestions were developed and tried to be presented.

**Key Words:** Waste vegetable oils, recycling, biodiesel fuels

## 1. Introduction

Vegetable oil; corn, sunflower, soy, etc. Jul is the name given to the oils obtained from the seeds of plant varieties and which we usually use in cooking in our daily lives. Vegetable waste oil is the name given to all of the sedimentary vegetable oils formed in the vegetable pure oil refinery, the oils formed when the oils used in the machines become unusable, the oily soils and the frying oils we use at home. An estimated 1,500,000 tons of vegetable oil are used in the food industry in Turkey annually. It is estimated that approximately 350,000 tons of waste oil is formed from this oil (URL-1, 2018 & URL-2, 2015).

There are two types of waste cooking or frying oil: yellow and brown oil. The ingredients in the cooking oil may include animal fat, fish oil, or vegetable oil, depending on the food fried or cooked in it. Yellow oil contains less than 15% fatty acids and can be a low-cost potential for biodiesel production. In contrast, brown oil has a higher water content and free fatty acids (> 15%), which has a negative effect on biodiesel production (Adewale et al., 2015; Bilgin, 2019).

A significant amount of waste oil is produced every day in the world from homes, restaurants, food processing industries, and fast food restaurants, and the release of these oils into the environment causes environmental problems (Dogan, 2016; Othman et al., 2017; Bilgin, 2019). The harm caused by waste to the environment and human health has been proven today as a result of many scientific studies. In particular, due to the damage, it causes to the environment, the waste of used vegetable oil also damages human health along with the balance and life cycle in nature. For example, although it is not recommended to use vegetable oils used for frying repeatedly, they are sent to nature in ways such as pouring them into the sink, especially at home, because they become a waste state after a maximum of several uses. Waste channels that can be blocked with this not recommended method can lead to serious problems in waste networks (URL-1, 2018).

If vegetable oils become waste after use and are poured into the sink, serious problems occur in infrastructure systems, and consequences up to clogging of wastewater channels may be encountered in the following times. It is also a proven result that these wastes that pass through the channels and reach the wastewater treatment plant have a negative impact on the treatment efficiency of the treatment plant. Vegetable waste oils that reach the

**\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Bülent KAYGIN; Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forestry Industrial Engineering, 74100, BARTIN.

Geliş (Received) : 10.08.2022

Kabul (Accepted) : 20.09.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

receiving environment without purification are; it reduces the amount of oxygen in the water, harm other living things in the environment, especially fish, and also prevent oxygen transfer by covering the water surface like a film layer due to its specific gravity and destroys underwater life (URL-3, 2022).

It is worth noting that vegetable oils (olive oil, sunflower oil, etc.) if it gets into nature as a result of the disposal, if it reaches the sewers, it goes under the ground with rainwater from here, causing it to mix and contaminate drinking water, but if it gets into the soil, it can also damage the structure of the soil. On the other hand, it is thought that in oil wastes that can also be mixed into the seas, every 1 liter of waste oil can contaminate about one million liters of clean water. In this case, it is necessary to aim to get rid of these wastes that directly or indirectly harm the environment and human health in appropriate ways (URL-3, 2022).

All the waste oils collected can become sources of bioenergy, which means that it provides us with resources to produce renewable energy. Biodiesel fuels obtained from these sources emit a rate of greenhouse gases than petroleum-based fuels, which not only eliminates the damage caused by these wastes to nature but also allows to reduce the higher damage of different sources. Vegetable waste oils in our country can be recycled by facilities that have an environmental license issued by the Ministry of Environment and Urbanization. In this way, it can be converted into shapes such as raw materials to be used in the soap and chemical industry, not only as fuel such as biodiesel (URL-3, 2022).

## 2. Areas of Use of Vegetable Waste Oils

Instead of disposing of vegetable waste oils, taking advantage of these wastes and ensuring that they are recovered in a way that will provide the highest benefit to both the environment and the person as much as possible is the most correct method. The issue of recycling, which we often hear about today and is of great importance for the future of the world, also offers us many useful options for managing waste oils. Thanks to recycling, it is possible to get rid of our waste oils and turn them into a benefit (URL-3, 2022).

Looking at the areas of use of vegetable waste oils, it should be noted that this is either “product recovery” (biodiesel, soap, feed oil, etc.) at recovery facilities that have received a collection license from the Ministry.) or “energy recovery” (incineration at facilities licensed from the Ministry).

The term biodiesel was originally used to describe unmodified vegetable oils that could replace diesel fuel. The industrial use of biofuels started in the 1880s (Salvi & Panwar, 2012; Bilgin, 2019).

In 1900, the French Otto Company exhibited a diesel engine powered by peanut oil at the World's Fair in Paris. The concept of biodiesel was first proposed by the Belgian scientist George Chavanne in 1937 and the first patent was obtained with the title “conversion procedure for the use of vegetable oils as fuel”. in the 1940s, along with some information on using vegetable oils as a fuel for a diesel engine, many countries in Africa began to produce products for energy self-sufficiency (Mahmudul et al., 2017; Dewangan et al., 2018; Bilgin, 2019).

The study of vegetable oils as fuels began in the USA and South Africa in 1978 and 1981, respectively. The methyl ester was produced from rapeseed oil in Germany and Austria in 1982, and a small pilot plant was established in Austria in 1985. Commercial production of methyl ester on a commercial basis was first started in Europe in 1990 (Demirbas, (2008a); Bilgin, 2019).

On the subject of vegetable waste oils and their evaluation in biodiesel production in Turkey; Karadirek (2008) by “biodiesel production from waste vegetable oil”, Aybastier (2010) “characterization and evaluation of waste vegetable oil in biodiesel production”, Kutluk (2013) “by Arrested lipase-catalyzed biodiesel production from waste vegetable oil”, the record (2019) by “biodiesel production from waste vegetable oil catalyzed by ionic liquid” and Somuncu (2020) “by on biodiesel production from waste vegetable oil with Aspen hysys dynamic simulation of a reactive distillation column titled” is remarkable in the fields of academic studies thesis.

The use of biofuel or vegetable oil in internal combustion engines was tried and tested during the 1920-1930 and the Second World War. In particular, Germany, Argentina, Japan, Belgium, Italy, France, Great Britain, Portugal, and China have tested and used different types of biofuels. But due to the fact that the costs of petroleum-based fuels are lower, these studies it has slowed down. But recently, both environmental problems and the fact that fossil fuels will run out due to concern, biodiesel production has gained momentum again. Because biodiesel is a good alternative fuel candidate (Talebian-Kiakalaieh et al., 2013; Bilgin, 2019).

Vegetable oils cause some problems when they are used directly in diesel engines. Some common problems are the formation of carbon residues, clogging of fuel pipes, gelling of lubricating oils, and contamination of piston heads. Vegetable oils have a higher yield and cloudiness point than diesel fuels. Therefore, it is not recommended to use it in winter. Also, vegetable oils have a very high cetane number, which reduces the ignition delay. In October, they have a high iodine value, which increases the rate of oxidation. Therefore, it is not recommended to store such fuels for a long time (Joshi & Pegg, 2007; Demirbas, (2008b); Bilgin, 2019).

As for the production of soap and feed oil from waste oils, the recovery facilities obtain the necessary permits from the relevant Ministries. The necessary permits for the production and use of products other than these are obtained from the relevant institutions within the framework of meri legislation. Recovery products and semi-finished products that have not been set as a standard are not used as final consumption items. Since the used vegetable oils have a very high-calorie content, they can be used for the preparation of animal feed. Before such waste oils are used as animal feed, the amount of "PCB", "PAH", "furan", "dioxin" and "dioxin-like substance" in the waste oil should be determined. In order to increase the calorie content of animal feed and to serve as a binder, a certain proportion of used vegetable and animal fat wastes is used (URL-2, 2015).

In 2006, Uluçay conducted a study entitled "A Model Trial for the Management of Vegetable Waste Oils in Turkey". Şahinoğlu, on the other hand, conducted research on "The Availability of Vegetable Waste Oils and Transonic Waves in the Cleaning of Coal by the Method of Oil Agglomeration" in 2012.

The study conducted by Özdemir (2021) titled "Evaluation of Vegetable Waste Oils and Waste Newsprint Fibers in Waste Polypropylene Composites" is also a remarkable example in its field.

### 3. General Principles for the Control of Vegetable Waste Oils in Turkey

06.06.2015 by date and 29378 published in the Official Gazette "regulation on control of waste vegetable oil", until the disposal of waste vegetable oils, without harm to the environment and human health management for the provision of the necessary technical and administrative management standards for the establishment of principles, rules, and procedures for the determination of policies and programs organized. The information on the general principles established for vegetable waste oils is presented in the following articles (Official gazette, 2015):

- a) Import of vegetable waste oils is prohibited. The rules for its export and transit are governed by the provisions of the Waste Management Regulation.
- b) Reduction, separate collection, and recovery of vegetable waste oils at the source is essential. Vegetable waste oils that are not suitable for recycling are disposed of in accordance with the provisions of this Regulation.
- c) It is forbidden to mix vegetable waste oils directly or indirectly into cooking oils and crude oils.
- d) It is essential that vegetable waste oils are collected separately at the source and stored accordingly.
- e) The institution, organization, or enterprises producing vegetable waste oil are obliged to conclude an annual contract with environmentally licensed recycling facilities or intermediate storage facilities Dec vegetable waste oil for the collection of these oils.
- f) It is essential to clean the Decanted collection containers, tanks, and containers in recycling facilities or in vegetable waste oil intermediate storage facilities.
- g) Vegetable waste oils are collected by environmentally licensed recycling facilities and vegetable waste oil Decommissioning facilities. Vegetable waste oils cannot be collected by natural and legal persons other than this.
- h) Vegetable waste oils can only be used in the production of biodiesel and biogas in accordance with the relevant technical regulations.
- i) Vegetable waste oil producers within the scope of subparagraph (e) of this article are obliged to inform the relevant provincial directorate of any disputes that may arise from a violation of the contract they have concluded with Decontamination or intermediate storage facilities for vegetable waste oil.
- j) An enterprise that provides food services for vegetable waste oils that will be caused by enterprises that provide food services within the framework of another institution or organization is considered a producer of vegetable waste oils.
- k) Vegetable waste oil producers, collectors, carriers, and recovery and disposal companies are jointly and severally liable for the damages caused by environmental pollution and degradation caused by vegetable



waste oils. The responsible persons are responsible for compensation in accordance with the general provisions for damages caused as a result of these activities.

- 1) The cost of remedying environmental damage arising from the management of waste oils vegetable 2872 by the Environmental Act according to the polluter pays principle will be paid by the real and legal persons responsible for waste management. The persons responsible for the management of waste vegetable oil to stop environmental damage, and reduce the necessary measures to avoid or resolve these measures and due to be taken by the competent authorities of the necessary expenditures directly to public institutions, the law on collection procedure of public receivables 21/7/1953 dated 6183 no according to the provisions of the ones responsible for the management of waste vegetable oil are charged.

#### 4. Stakeholder Obligations

What are the obligations of the stakeholders according to the relevant articles of the “Regulation on the Control of Vegetable Waste Oils” published in the Official Gazette dated 06.06.2015 and Numbered 29378 are presented below:

##### 4.1. Obligations of Producers of Edible Vegetable Oils

Manufacturers of edible vegetable oil;

- a) On the labels of vegetable oil packages, “Do not pour vegetable waste oils into the sink or into receiving media such as water, soil. by including the phrase ”,
- b) To inform the Ministry of the quantities of vegetable oils released to the market by the end of March of the following year to include the data of the previous year,
- c) Supporting public education and awareness-raising activities for the purpose of regular collection of vegetable waste oils,
- d) in cooperation with the municipalities, the Ministry of amounts designated for the collection of waste vegetable oil from households with set up the necessary systems, manufacturers what they build together for the organization receiving authorization from the Ministry of vegetable waste oil collection, waste management plans of the ministry, with the option to presenting the annual report of the Ministry of these activities,
- e) Obtaining authorization from the Ministry and fulfilling the authorized organization obligations within the framework of the provisions set Dec in Article 21 of the Waste Management Regulation for the organization of vegetable waste oil collection that producers will gather and establish together, they are obliged to.

##### 4.2. Obligations of the Producer/Owner of Vegetable Waste Oil

Vegetable waste oil manufacturers;

- a) Storing vegetable waste oils separately from other waste materials and garbage,
- b) Excluding residential buildings;
  - 1) Using sealed, corrosion-resistant collection containers with internal and external surfaces for the accumulation of vegetable waste oils formed as a result of their activities,
  - 2) Sending vegetable waste oils to processing plants with licensed carriers,
  - 3) They are obliged to use the national waste transportation form for the shipment of vegetable waste oil.

January Marching year, starting from the end of March at the latest, vegetable waste oil producers under Article 5 (e) are obliged to fill out, approve, print out and keep a copy of the waste declaration form by using online applications prepared by the Ministry for five years, including information from the previous year, by the end of March.

##### 4.3. Obligations of Plant Waste Oil Recovery Plant Operators

Vegetable waste oil recovery plant operators;

- a) Obtaining environmental permits and licenses from the Ministry,

- b) Sending annual reports on its activities to the relevant provincial directorate by the end of February,
- c) To determine the acceptance criteria of vegetable waste oil to the plant, to determine the conformity of vegetable waste oil to the waste definition specified in the national waste transportation form,
- d) To ensure the recovery of vegetable waste oils accepted to the plant within three months,
- e) To dispose of vegetable waste oils that cannot be recovered within the period of,
- f) To register for online programs and prepare mass-balance information containing information about the wastes accepted, processed, and created as a balance at the facility and the products created/produced as a result of waste processing activities, and to notify using the online program,
- g) Obtaining an environmental license from the relevant provincial directorate for vegetable waste oil Decommissioning facilities that will be established outside of recovery facilities for the collection of vegetable waste oils,
- h) Storing vegetable waste oils accepted to the plant separately,
- i) To provide training to its personnel in the nature required by the recovery activities, to prepare emergency plans, to keep business records related to waste management, and to keep these records at the facility for five years,
- j) Disposal or transportation of wastes and materials contaminated with them arising as a result of recovery operations in environmentally licensed facilities, covering expenses related to this,
- k) Notifying the relevant provincial directorate of the cancellations of the contract with the vegetable waste oil Decommissioning facilities no later than one month,
- l) Preparing the fire brigade project and obtaining permission from the relevant municipality, are obliged.

#### 4.4 Obligations of Vegetable Waste Oil Decommissioning Facilities

Vegetable waste oil Decommissioning facilities;

- a) Obtaining a license for Decommissioning vegetable waste oil from the provincial directorate,
- b) By entering into a contract with recovery facilities, submitting this agreement to the provincial directorate when applying for Decommissioning permits for vegetable waste oil,
- c) Not storing vegetable waste oils for more than three months, taking into account the recovery processes,
- d) To provide Jul bins and containers to the vegetable waste oil producers they have contracted with,
- e) To inform the relevant provincial directorate of the amount of vegetable waste oil collected and shipped to the recovery facility on a monthly basis,
- f) To inform the relevant provincial directorate about the disputes and contract cancellations that will arise with the recovery company within one month at the latest,
- g) Obtaining permission from the relevant municipality by preparing the fire brigade project, they are obliged to.

#### 5. Conclusion and Recommendation

As a result, as can be seen from all of this information compiled and presented above, groundwater and soil will be protected and kept clean thanks to all the collection and evaluation studies to be carried out for vegetable waste oils in Turkey. Otherwise, if these oils are spilled into the environment in an uncontrolled, unauthorized and unconscious manner, they will cause great damage to the soil and the environment and a great harm will be done to the heritage of our future generations. The recommendations that were filtered and developed as a result of the study are presented in the following articles:

- ✓ Published in the official gazette of the “regulation on control of waste vegetable oil”, until the disposal of waste vegetable oils, without harm to the environment and human health management for the provision of the necessary technical and administrative management principles for the establishment of standards, policies, and programs are arranged in relation to the determination of principles and procedures which must be complied with. Compliance with these rules should be checked by a strict control mechanism.
- ✓ In order to raise awareness and inform people about the collection of waste oil in the region, teams should be formed and meetings should be held in December at certain intervals.
- ✓ Waste oil assessment, collection, etc. by public institutions or organizations such as the Ministry of Environment and Urbanization and Municipalities are included in the projects to be developed by the relevant Faculties and Departments of these Universities. budgets and support can be provided on issues

- related to activities. There are also good examples of applications where municipalities in some regions support the collection of vegetable waste oils, and support the removal of waste oils by going to homes.
- ✓ The stakeholder obligations mentioned above and the framework of which has been determined by law must be strictly complied with by the relevant stakeholders. Personally, we use the vegetable oils that have become waste oil in our homes, containers such as pet bottles, with their mouths tightly closed, to the waste oil collection point closest to us (head offices, waste collection centers, etc.) we can leave it.

## References

1. **Adewale, P., Dumont, M.J., Ngadi, M., (2015).** Recent trends of biodiesel production from animal fat wastes and associated production techniques. *Renew Sustain Energy Rev.*, 45, 574-588.
2. **Aybastier, Ö. (2010).** *Characterization of vegetable cooking oil and its using on the biodiesel production.* M. Sc. Thesis, Uludag University, Bursa, Turkey.
3. **Bilgin, A. (2019).** *Biodiesel production from waste vegetable oils in ionic liquid catalyst.* M. Sc. Thesis, Mersin University, Mersin, Turkey.
4. **Çelebi Uluçay, G.,G. (2006).** *A model essay for vegetable waste oil management in Turkey.* M. Sc. Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
5. **Demirbas, A., (2008a).** Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats. *Energy Converter Manager*, 49, 125-130.
6. **Demirbas, A., (2008b).** Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. *Fuel*, 87, 1743-1748.
7. **Dewangan, A., Yadav, A.K., Mallick, A., (2018).** Current scenario of biodiesel development in India: prospects and challenges. *Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff.*, 40, 2494-2501.
8. **Doğan, T.H., (2016).** The testing of the effects of cooking conditions on the quality of biodiesel produced from waste cooking oils. *Renew Energy*, 94, 466-473.
9. **Joshi, R.M., Pegg, M.J., (2007).** Flow properties of biodiesel fuel blends at low temperatures. *Fuel*, 86, 143-151.
10. **Karadirek, I., E. (2008).** *Biodiesel production from vegetable waste oil.* M. Sc. Thesis, Akdeniz University, Antalya, Turkey.
11. **Kutluk, T. (2013).** *Biodiesel production by immobilized lipase catalysis from waste vegetable oil.* M. Sc. Thesis, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey.
12. **Mahmudul, H.M., Hagos, F.Y., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W., Alenezi, R., (2017).** Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines-A review. *Renew Sustain Energy Rev.*, 72, 497-509.
13. **Othman, M.F., Adam, A., Najafi, G., Mamat, R., (2017).** Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review. *Renew Sustain Energy Rev.*, 80, 694-709.
14. **Özdemir, M. (2021).** *Evaluation of vegetable waste oils and waste newsprintfibers in waste polypropylene composites.* M. Sc. Thesis, Artvin Çoruh University, Artvin, Turkey.
15. **Salvi, B.L., Panwar, N.L., (2012).** Biodiesel resources and production Technologies- A review. *Renew Sustain Energy Rev.*, 16, 3680-3689.
16. **Somuncu, C. (2020).** *Dynamic simulation of a reactive distillation column for biodiesel production from vegetable waste oils with aspen HYSYS.* M. Sc. Thesis, Ankara University, Ankara, Turkey.
17. **Şahinoğlu, E. (2012).** *Usability of waste vegetable oil and ultrasonic waves in oil agglomeration for coal cleaning.* Ph. D. Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey.
18. **Talebian-Kiakalaieh, A., Amen, N.A.S., Mazaheri, H., (2013).** A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Energy*, 104, 683-710.
19. **The Official Gazette, (2015).** Regulation on the Control of Vegetable Waste Oils, Issue: 29378.
20. **URL-1, (2018).** <https://ekolojist.net/atik-yaglarin-geri-donusumu-nasil-yapilir/>, accessed 03.08.2022.
21. **URL-2, (2015).** <https://cevreonline.com/bitkisel-atik-yaglar/>, Access 03.08.2022.
22. **URL-3,(2022).**<https://www.kristalyaglari.com/bitkisel-atik-yaglarin-geri-donusumu-nasil-yapilir> Accessed 03.08.2022.

# THE THERMAL EFFECTS OF 900 MHz CELL PHONES ON THE BRAIN PHANTOM

Uğur Sorgucu<sup>1\*</sup>, İbrahim Develi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Engineering-Architecture Faculty, Department of Electrical & Electronic Engineering, 50300, NEVŞEHİR

<sup>2</sup> Erciyes University, Engineering Faculty, Department of Electrical & Electronic Engineering, 38039, KAYSERİ

## Abstract

Investigation of the effect of mobile phones in the terms of human health is getting more important position in the literature due to the increased public concern. An experimentally efficient setup was established to determine the thermal effects caused by mobile phones in the brain. Temperature increasing in the brain during exposing the mobile phone is investigated in a brain equivalent liquid (phantom). In the proposed experimental setup, mobile phone which operates at 900 MHz frequency was represented with a radio frequency (RF) generator which has a half-dipole antenna and this system is applied to phantom at different distances. Thermal absorptions were observed by sensitive temperature sensors at different depths. Effects of electromagnetic fields are usually investigated via numerical methods and simulations in the literature. In this study, an experimental analysis of temperature distributions in the human brain phantom exposed to mobile phone radiation at 900 MHz is presented. All experiments were conducted in an anechoic chamber where temperature variation is about 0.009°C. Additionally, high-power electromagnetic fields are used such as 4W, 7W and 10W which are not implemented till now in the literature for GSM frequencies. Different temperature distribution in the phantoms was observed by systematically changed distances and power options. In this last case, maximum temperature elevation was observed as 0.403°C. While the temperature elevation increases with increasing applied power, removing the mobile phone from the phantom reduce the temperature elevation in the phantom.

**Key Words:** Electromagnetic Thermal Effect, Brain Phantom, 900 MHz Electromagnetic Field

## 1. Introduction

The use of mobile phone is becoming common all over the world, in recent years. Estimates suggest there are about 6.915 million mobile phone subscribers throughout the world and the numbers are increasing each passing day (URL-1, 2014). The latest report was published by International Telecommunication Union (ITU) on May, 2014. According to the report that was published by ITU, while the number of mobile phones for per capita was 120.8 in developed countries, number of the mobile phone user is lower in Africa; it is about 69 for every one hundred people. In the report, mobile broadband growth rate is presented as % 11.5, % 26, and % 43 for developed countries, developing countries and Africa respectively.

Interest is nowadays focusing on the electromagnetic wave that produced by the mobile phone, due to the increased number of user using the mobile phone. Increasing public concern about the use of mobile phones attract the attention of researchers due to the possible negative effects on the human health. Although the safety standards are regulated in terms of the peak Specific Absorption Rate (SAR) value of tissue, the maximum temperature increase in the human brain caused by electromagnetic heat effect induce adverse physiological effects. Ignored small temperature increases on human body can create unexpected bad effects on sensitive organs such as the brain and eyes. That is why, investigation of thermal effect of electromagnetic fields is so important.

There are many studies investigating the heating effect of electromagnetic fields around the frequencies that are used by mobile phones such as 900 MHz, 1800 MHz (Bei & Cao, 2007; Aly et al., 2008; King & Wong, 1977; Bernardi et al., 2003; Jianqing & Fujiwara, 2003). Human who exposes to the electromagnetic fields for experimental purposes is limited, due to the ethical consideration. For this reason, researchers have tried to find the most convenient research methods to develop a realistic human model. Some of researchers use computer simulating programs, some use mathematical models and the others use tissue equivalent liquids (phantoms).

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Uğur SORGUCU; Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, 50300, NEVŞEHİR.

Geliş (Received) : 28.10.2022

Kabul (Accepted) : 21.11.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

Studies using mathematical models like bio-heat equation and thermal wave model of bio-heat transfer (TWMBT) have a common point (Jianqing & Fujiwara, 1999; Özen et al., 2011; Liu et al., 1995). Almost all mathematical models are based on the numerical approaches. Most of the mathematical models use the Finite Element Methods (FEM) and some of them use the method of Finite Differences Time Domain (FDTD) and Moment Methods (MOM). Many mathematical models produce fairly successful results (Bernardi et al., 2000; Citkaya & Seker, 2012; Riu & Foster, 1999; Kuster & Balzano, 1992). In (Bernardi et al., 2000), effect of various mobile phones which are accessible at markets was investigated by FDTD method. Temperature increases caused by different mobile phones are compared with each other and finally 0.10 °C temperature increases were obtained in the external part of brain. In (Citkaya & Seker, 2012), SAR and temperature increase in the human brain and head is investigated in a numerical way. Researchers who used FEM to solve bio-heat equation have noticed the safety standards are exceeded. In (Riu & Foster, 1999), temperature effects of electromagnetic calculations were performed at 900 and 1900 MHz at various distances. The resulting temperature rises were estimated by FDTD of the bio-heat equation. The correlation of calculated SAR values is compared with the (Kuster & Balzano, 1992) and consistent results are obtained.

In addition to the mathematical approaches, some computer programs such as FEKO, SEMCAD X, HFSS, CST and XFDTD can be used to investigate the thermal effects of electromagnetic fields (Shamsad & Amin, 2012; Li et al., 2012a; Li et al., 2012b). Each computer program that used different mathematical techniques in background presents a solution about electromagnetic heating effect. For instance, HFSS uses FEM; CST uses FDTD, FEKO-IE3D/FIDELITY use MOM techniques. There are many advantages of doing research with computer programs. First, the researchers can be executed their works in a healthier manner, since they are not exposed to radiation. In addition, researches can easily and quickly see the effects of all distances, all strength and all frequencies because there is no need to establish a separate experimental setup for each experiment. This enables researchers to be flexible in their works.

In the other investigation methods, phantoms are used to determine the heating effect of electromagnetic fields (Kuster & Balzano, 1992; Koichi et al., 2001; Özen et al., 2006; Özen et al., 2004). In fact, actual usage of phantoms is for Specific Absorption Rate (SAR) calculations. However, SAR calculations and electromagnetic heating effect is not different phenomenon. Thus, heating effect of electromagnetic fields is affected by electromagnetic field strength, tissue conductivity, permittivity and density. In the SAR calculation, same constants are also utilized. The SAR Equation is presented below.

$$SAR = \sigma \frac{|E|^2}{\rho} \quad (1)$$

In this equation, “ $\sigma$ ” shows electrical conductivity (S/m),  $|E|$  shows RMS (Root Mean Square) value of electric fields strength (V/m) and “ $\rho$ ” shows density of tissue (kg/m<sup>3</sup>). SAR value is accepted as the key parameter to explain the influence of electromagnetic field source on the biomass. Therefore, international organizations describe the SAR measurement methods) (IEEE1528, 2003, IEC 6209, 2005). While both of international standards’ measurement methods are compatible with each other, the determined limit values are different from each other. The standard of “IEEE Std 1528” determines 1.6 W/kg for 1 gram average mass as limit value and the standard of “IEC 62209” accepts 2 W/kg, for 10 gram average mass.

As can be understood from the above, parallel with the wider use of mobile phones, public concern and scientific interest about these devices’ safety grow. Health effects of electromagnetic fields are handled in two different perspectives. The one is non-thermal effect and the other is thermal effects.

### 1.1. Non-Thermal Effects

Certain biological consequences of the electromagnetic field can be explained by non-thermal effects. These effects involve all the interactions of electromagnetic fields with tissues without heat producing which is not worth to take into consideration. Particularly, magnetic fields carry more potential risk than the electrical fields for living organism. Since, penetration ability of magnetic fields is stronger than electrical fields (Cleveland et al., 1997). Non-thermal effects involve non-specific symptoms, which are caused by electromagnetic field radiation such as headache, dizziness and insomnia (Nakamura et al., 2003; Hermann & Hossmann, 1997). For instance in (Chia et al., 2000), the relationship between headache and mobile phones usage is shown. In (Mann & Roschke, 1996), the influence of pulsed high-frequency electromagnetic fields of digital mobile radio telephones on sleep is investigated and reduction of sleep duration and percentage of REM sleep was found. Moreover, spectral analysis revealed qualitative alterations of the EEG signal during REM sleep with an increased spectral power density. In the study of (Diem et al., 2005), thermal effects of electromagnetic fields are eliminated and non-thermal effect of

electromagnetic fields on DNA breakage is investigated. Under conditions of several different mobile-phone modulations RF-electromagnetic fields induces DNA single-strand and double-strand breaks in human diploid fibroblasts and in the rat granulose cells.

## 1.2. Thermal Effects

Radio frequency electromagnetic fields can penetrate through semi-solid substances such as living tissues. Penetration depth is related with the power density of electromagnetic field source, used frequency range and material properties. Electromagnetic fields' penetration ability induces dielectric heating to living tissues. Dielectric heating is also known as thermal effect and a big majority of the sustained cell phone's electromagnetic field associated with biological results can be explained by thermal effects. The main reason of thermal effects in the living tissue is energy absorption from oscillating electric fields. Temperature rising is principally associated with the absorption of high frequency electromagnetic fields radiation, due to the increase in the conductivity of the tissue in the high frequency. Temperature increments in a tissue are associated with instability between heat generation and heat dissipation. Although heat dissipation can occur in three different ways, temperature increase in the tissues often is not prevented. As a first way, tissues transmit their own energy to other tissues, the second way is that tissues can radiate their own energy to surround and lastly, tissues can also convert their energy through blood perfusion. Generally, the most sensitive organs that are exposed to thermal effects more than others are the eyes and brain because of limited capacity of heat dissipation. At same time these organs are often exposed to radiation from mobile phones (Mushtaq & Vijay, 2013).

Different concepts and mechanism have been established to characterize the propagation and absorption of electromagnetic energy in biological systems. Because, electromagnetic fields' impact is not very clear for public. There are a lot of studies that discuss the thermal effects of electromagnetic fields (Riu & Foster, 1999; Pšenáková & Benová, 2008; (Kassimi et al., 2012; Rusnani & Norsuzila, 2008; Taurisano & Vorst, 2000). It is pointed out in (Riu & Foster, 1999). that, low-powered sources can produce significant thermal increments in case of antenna located sufficiently close to the tissue. In (Pšenáková & Benová, 2008), it is asserted that, heating effect of electromagnetic fields is negligible. However, majority of the studies that have been investigating the heating affect of electromagnetic fields claim that heating effect of electromagnetic fields is harmful enough (Kassimi et al., 2012). In particular, in (Rusnani & Norsuzila, 2008), different commercially available handheld mobile phones are investigated in the terms of thermal effects. The research group has found that different thermal effects have been obtained under identical experimental conditions. In another study, thermal effect of electromagnetic fields is investigated on a realistic human head (Taurisano & Vorst, 2000). In consequence of (ibid), researchers have reported that; the most significant surface temperature increment has found on the ear lobe at the end of talking phase for higher duration then 20 min and at lower signal conditions (50% of the maximum, in a basement).

As can be seen above, effect of electromagnetic fields strongly depend on the spreading frequency, applied power and the antenna distance. In our work, thermal effects of electromagnetic fields were employed. 900 MHz frequency was selected as operating frequency. Electromagnetic fields at different strength and different antenna distance were applied to brain phantom which is prepared for this paper and temperature distribution was recorded depending on depth in phantom.

Rest of this paper is planned as follows. Preparation of phantom and electrical prospect of international organizations will be described in detail in the Section 1.3. Section 1.4 will explain the experimental setup. Experiments that were carried out under variable conditions will be brought to attention in this section. The results of different conditions will be presented in Section 1.5. Section 1.5 will be expressed in three main section, the main sections are organized in the terms of brain depth.

## 1.3. Preparation and Testing of Brain Phantom

Electrical properties of tissues have been investigated for a long time (Schwan & Piersol, 1954, Stuchly & Stuchly, 1990). Preparing the phantoms of human biological tissues is necessary for electromagnetic dosimetry and hyperthermia research, due to the impossibility of experimental studies on humans. When the phantom is created, the physical structure of an average man is taken into account so that it has electrically equivalent feature of the tissue in the brain. The relative permittivity and conductivity is defined in the related standards of IEEE and FCC which are shown in Table 1 and Table 2. Dielectric constant and conductivity are different for each frequency point. Because the electrical feature of the tissue is depending on the frequency (Kanda et al., 2004).

Table 1 - IEEE Frequency Dependent Changing of the Permittivity and Conductivity (IEEE 1528, 2003)

Frequency (MHz)	Relative Dielectric	Conductivity (S/m)
300	45.3	0.87
450	43.5	0.87
835	41.5	0.90
900	41.5	0.97
1450	40.0	1.20
1800	40.0	1.40
1900	40.0	1.40
2000	40.0	1.40
2450	39.2	1.80
3000	38.5	2.40

Table 2 - FCC Frequency Dependent Changing of the Permittivity and Conductivity (Fields, 1997)

Frequency (MHz)	Permittivity	Conductivity (S/m)
150	52.3	0.76
915	41.5	0.98
5800	35.3	5.27

Table 3. Phantom examples in the literature for 900 Mhz Brain Model

	Water (%)	Sugar (%)	NaCl (%)	HEC (%)	Bactericide (%)	TX 150 (%)	Polyethylene Powder (%)	Agar (%)	Glycerol (%)
Prepared in (Hartsgrove et al., 1997)	62.61		0.5282			7.01	29.80		
Prepared in (Okano et al., 2000)	36.31		1.12				3.74	5.35	53.48
Prepared in (Kaori et al., 2004)	40.30	57.90	1.38	0.24	0.18				
Prepared in (Özen et al., 2003)	43.55	54.66	0.72	0.9	0.17				

Different chemicals can be used in order to create a brain phantom for 900 MHz. There are many works in the literature which use different chemicals to prepare brain phantom (Durney et al., 1986; Gabriel, 1996; Hartsgrove et al., 1997; Gandhi et al., 1999; Hakim, 2006). There is no just one recipe to prepare phantoms; phantoms can be prepared by using different amounts of the chemicals. Some phantom examples in the literature are given in Table 3.

As can be seen in Table 3 there can be found a lot of ways to prepare brain phantom. However, in this study, bactericide (% 0.10), HEC (hydroxyl ethyl cellulose) (% 1.00), NaCl (sodium chloride) (% 1.48), sugar (sucrose) (% 56.50) and distilled water (% 40.92) are used to prepare a brain phantom for 900 MHz. There is no particular reason for choosing this formulation. The main aim is that the electrical parameters of the prepared phantom and the electrical values specified in IEEE 1528 are the same.

Several measurements were conducted on the electrical parameters of prepared phantoms by using vector network analyzer at 23.1 °C temperature and results were compared to the IEEE 1528 standards.

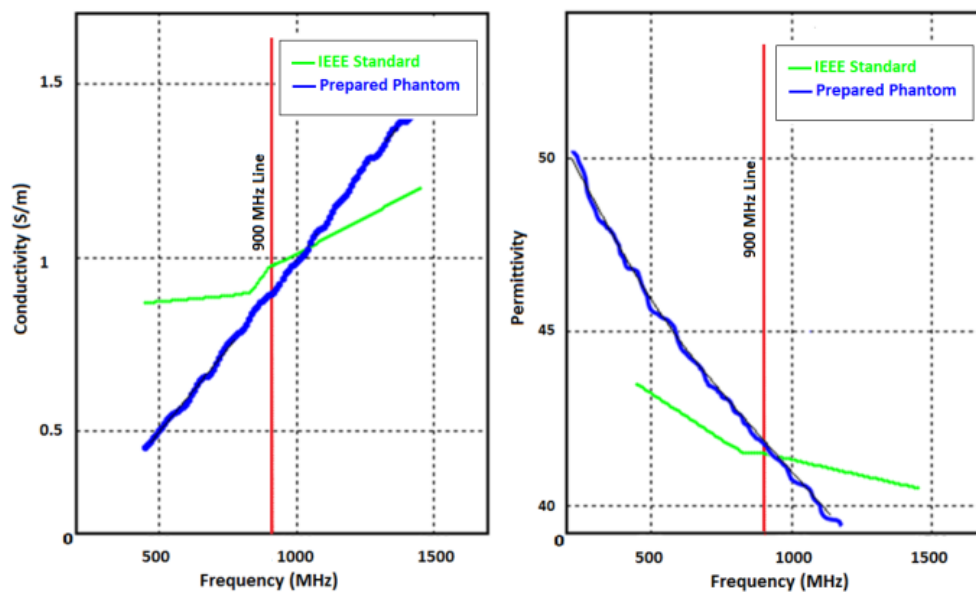


Fig. 1. Relationship of IEEE Standards and Experimental Results

As can be seen in the Figure 1, permittivity and conductivity of prepared brain phantom does not meet the requirements of IEEE 1528 standard for all frequencies. However, at the 900 MHz frequency band, permittivity and conductivity of the prepared phantom are in well agreement with the IEEE 1528 standards. Thus, the closest point of prepared phantom and IEEE 1528 standard must have been compatible about 900 MHz because of the applied working frequency. Green line shows the IEEE standards, blue line shows the prepared brain phantom's characterization and the red line shows the 900 MHz at frequency band. As shown in the Figure 1, conductivity has about %6.2 deviations and permittivity has about %2.7 deviations. Researchers, who are expert on measuring the electrical characteristics of phantoms, have accepted 5% deviation from the IEEE standard (Okano et al., 2000; Gimm, 2004). Moreover (Okano et al., 2000; Gimm, 2004), the commonly accepted accuracy of the open-ended probe measurement is 5% for relative permittivity and 10% for conductivity (Özen et al., 2003; Suzana & Suzana, 2009). Depending on the Figure 1, it can be easily said that, prepared brain phantom can be used for brain investigations at the frequency of 900 MHz frequency.

#### 1.4. Experimental Setup

Several measurement devices and different types of equipments have been utilized to investigate the electromagnetic exposure in the literature (Kuster et al., 1997; Schmid et al., 1996; Onishi et al., 2008). For example in (Kuster et al., 1997), a scanner is designed to investigate the human exposure to cellular phones. In (Schmid et al., 1996), performances of different probes are examined and SAR distribution is investigated. In (Onishi et al., 2008), Electro-Optic (EO) probe and the SAR estimation method are advised as different SAR measurement methods. Mentioned methods does not produce consistent results quantitatively and these methods usually does not explain the technique used in.

This inadequacy of knowledge about electromagnetic absorption mechanism and determination methods motivated this study. Another aim of this work is to explain the relationship between the electromagnetic strength, applied distance and the temperature changes in the brain at different depths, in a simple way.

In this study, the experimental setup which is shown in Figure 2 is designed in order to investigate the thermal effect of electromagnetic fields. All experiments conducted for this study are carried out in an anechoic chamber in order to achieve a satisfactory measurement precision. The realizations of experiments in anechoic chamber provide some important advantages. First of all, if experiments were not carried out in anechoic chamber, all researchers could have exposed to more electromagnetic fields than they exposed. In addition to the contribution of researchers' health, temperature changing of anechoic chamber can be kept under control. Temperature control is so important such studies which focused on determining the temperature alteration. With the help of anechoic chamber temperature alteration of the experimental environment is kept about 0.009 °C. The last and most



important advantage of anechoic chamber is that, there is no reflection, refraction and scattering effect of electromagnetic fields.

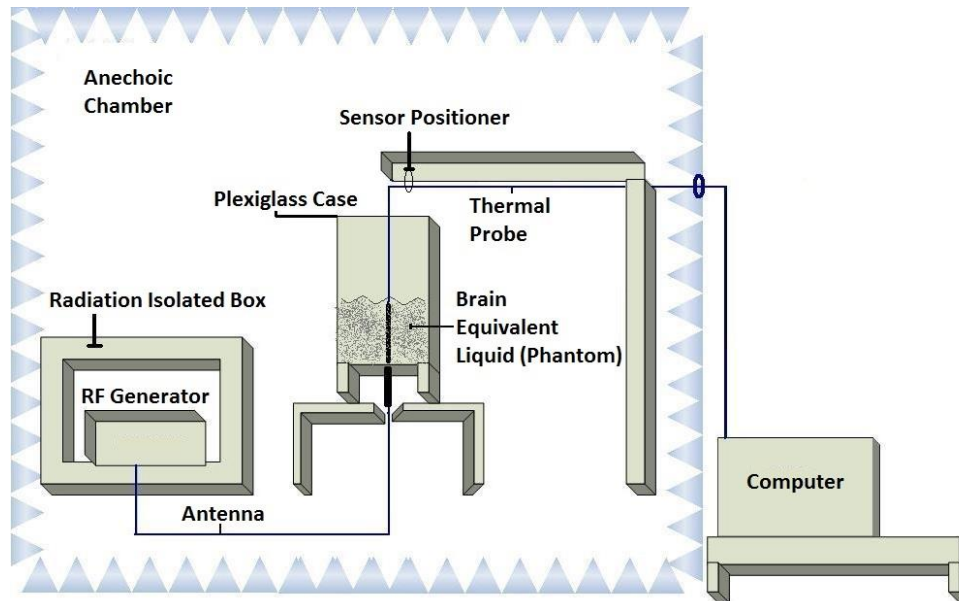


Fig. 2. Experimental Setup

In order to simulate the effect of mobile phone, a Radio Frequency (RF) generator is used. The RF generator was positioned in a radiation and temperature isolated box and its frequency was adjusted 900 MHz frequency. Pulsed mode was activated and different power options were examined during the experiment. 0.5 W, 1W, 2W, 4W, 7W and 10W power options are applied relatively to the brain phantom. Used antenna is a kind of half dipole antenna. In order to replicate the mobile phone, half dipole antennas are used in similar studies (Zhang & Alden, 2011; Virtanen et al., 2007). Generally a half-wave dipole antenna produces higher SAR values than a generic mobile phone with  $\lambda/4$  monopole antenna (IEEE 1528, 2003)

Phantom is filled into Plexiglas case before electromagnetic exposure. In this study, plexiglas case is preferred to glass case. Because light transmission of Plexiglas is higher and its impact-resistant is better than glass. However, the main reason for the use of plexiglas is that thermal conductivity of plexiglas is 20% less than the same thickness glass. Hence, all thermal variances which may occur in the brain phantom are isolated from the environment factors.

### 1.5. Experimental Results

All temperature measurements were recorded by using the software of the thermal probe on the computer simultaneously. Recorded temperature changes have 0.001°C sensitivity and 0.01 °C accuracy. RF generator's antenna was applied to center of the bottom of the Plexiglas box and antenna distance which is marked as "d" was changed for 0mm, 10 mm, 20 mm and 50 mm distances during the experiments. d represent the distance between ear and mobile phone. Expected temperature changes were recorded at different depth which is marked as "l" for 0 mm, 20 mm and 50 mm. l also expresses the depth of brain. Obtained temperature changes are organized as graphs which are presented in Figure 3-4-5 for different exposure conditions. Some results are not clear schematically in the figures. Therefore, graphs are zoomed down and added to top of the figures. Figure 3 shows the temperature effect of electromagnetic fields under different power options, for different d distances for l=0 mm depth. The authors of this work are focused on the temperature increases in the brain. Because, while temperature value increases in the brain, thermal effects which can be cause different types of diseases can be seen more frequently.

There can be obtained many results from Figure 3 that, while applied power increases, occurred maximum temperature increases. The second important result is that, while d increases observed maximum temperature decreases. In addition, maximum temperature increase occurs at d=0 mm for all applied power options. While d is changed from 0 mm to 10 mm obtained maximum temperature increase is decreased about %30 for almost all power options. While d is changed from 0 mm to 20 mm obtained maximum temperature increase is decreased

about % 60. While  $d$  is changed from 0 mm to 50 mm obtained maximum temperature increase is decreased about % 75. Because, thermal effects of electromagnetic field has a power-dependent and distance-depended characterization. Increasing the applied electromagnetic power causes temperature increase in the brain phantom. In addition to this, antenna distance is inversely proportional to the temperature increase in the brain. According to results seen in Figure 3, while choosing the personal mobile devices, if there is a possibility to buy a mobile phone which is low-powered, this alternative should be assessed.

As can be seen in Figure 3-a, when the RF Generator's power level is adjusted 0.5W (27dBm), the obtained maximum temperature increase is about 0.040 °C for  $d=0$ mm. In Figure 3-b, while the brain phantom has been exposed to 1W (30dBm) electromagnetic power, 0.071 °C temperature increase has been obtained for  $d=0$ mm. It can be clearly seen in figure 3-a and 3-b that, although there is just 3 dBm difference between 0.5W and 1W exposures, in case of exposure to 1W electromagnetic power there can be occurred 1.5 times increase in temperature was observed. In Figure 3-c, RF generator has been fixed to 2W (33 dBm) and the most temperature increase was occurred in brain phantom as 0.01 °C. The relationship of 0.5 w and 1 w electromagnetic exposure is very similar to 1W and 2W electromagnetic exposure for other  $d$  options too.

Figure 3-d shows that, when the RF generator has been adjusted to 4W (40 dBm), 0.180 °C temperature increase was occurred for  $d=0$  mm. 4W electromagnetic exposure shows different characterization from 0.5, 1 and 2 watt. As can be seen in figure 3-d, temperature increase shows a faster increase in brain phantom. Also, reached maximum temperature increase is about 2.5 times of 2 watt.

Figure 3-e imply that, when the RF generator has been fixed to 7W (38.45 dBm), 0.315 °C temperature increase was occurred at  $d=0$ mm. The maximum temperature was obtained in approximately 32th minutes. After 32. minutes, the phantom's temperature was reached stability and measurements for the next six minutes did not show any temperature increase.

It can be seen in Figure 3-f that, when the RF generator has been fixed 10W (38.45 dBm), 0.403 °C temperature increase was occurred. As a result of exposure to 10W electromagnetic field, 0.403 °C temperature increase is observed. Although reached maximum temperature increase take about 30 minutes, %75 to 80 of maximum temperature increase is occurred in the first 10 minutes. Temperature increase rate in the phantom is slowed down after 10th minutes.

The other test was employed to understand how changes occurs in the brain at the depth of 20 mm. Therefore,  $l$  is adjusted 20 mm level, different power options and different  $d$  options were applied to brain phantom for 2300 second just like the previous test set which is shown in figure 3. Same test sets were used in order to compare results with each other.

As can be seen in Figure 4, occurred maximum temperature increase is decreased at the depth of 20 mm of the brain for all power options and for all  $d$  options. This means that, thermal effect of electromagnetic fields is come down. Although, the maximum temperature increase was about 0.403 °C for the first test set, occurred maximum temperature increase was found as 0.266 °C at the 20 mm depth of brain.

The last experiment set was carried out to examine how changes occur in the brain at the deeper. Therefore,  $l$  is adjusted 50 mm level and different power options and different  $d$  options were executed to brain phantom for 2300 second where the steady-state behaviour is obtained. Same experiment sets were used in order to compare results with each other.

It can be clearly seen in Figure 5 that, temperature increase was occurred in the phantom, although measurements were taken 50 mm depth. 50 mm is approximately corresponded to center of the brain. Maximum temperature increase is obtained about 0.100 °C, when power is adjusted 10W and  $d=0$ . While the applied electromagnetic strength increases, occurred temperature also increases just as seen in Figure 3 and Figure 4. The main consequence of Figure 5 is that, no matter how far electromagnetic fields sources away from your brain, it can create heat in the deeper level of the brain.

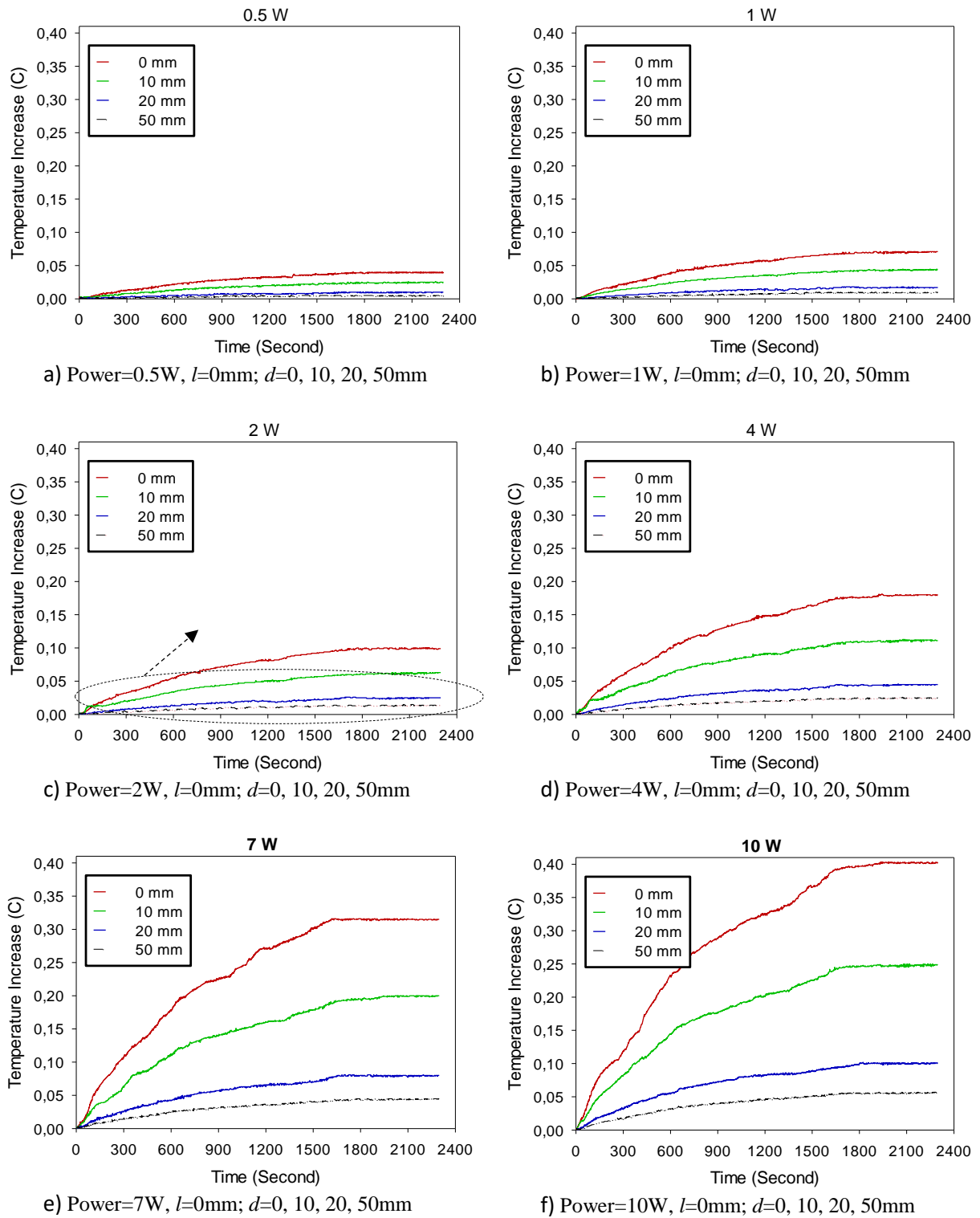
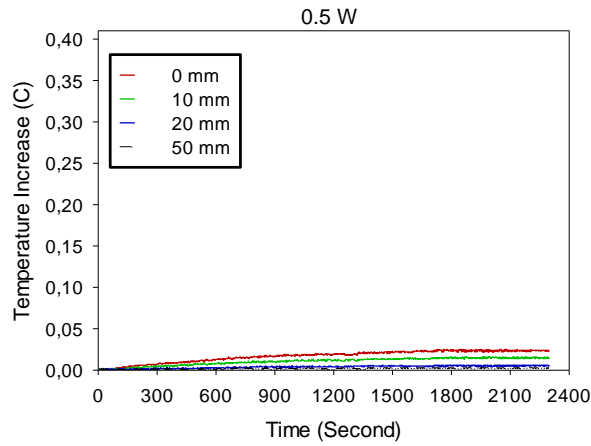
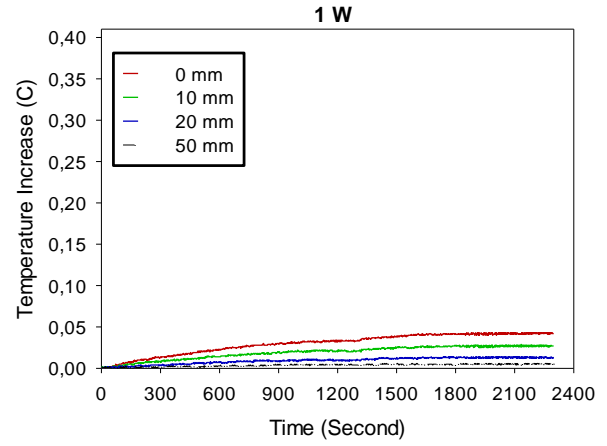


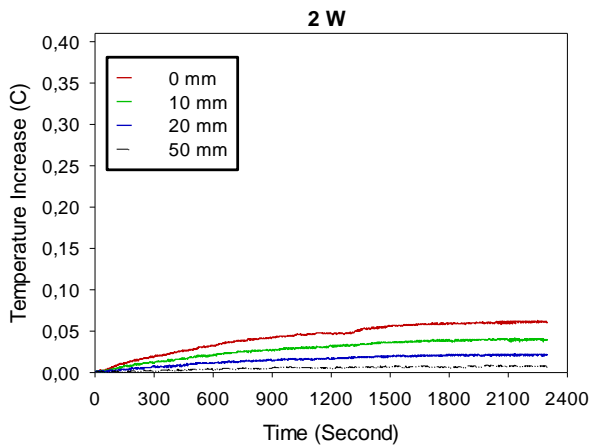
Fig. 3. Temperature effect of Electromagnetic Fields at Different Power, Different Antenna Distance for  $l=0\text{mm}$



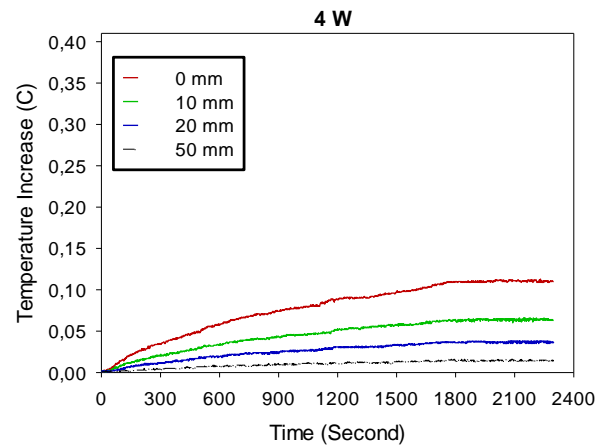
a) Power=0.5W, l=20mm, d=0,10,20,50mm



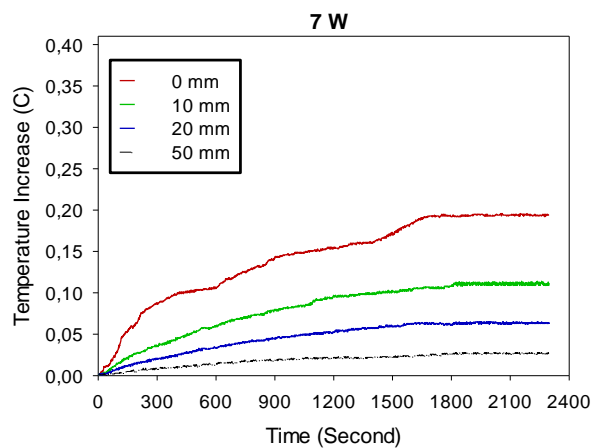
b) Power=1W, l=20mm; d=0, 10, 20, 50mm



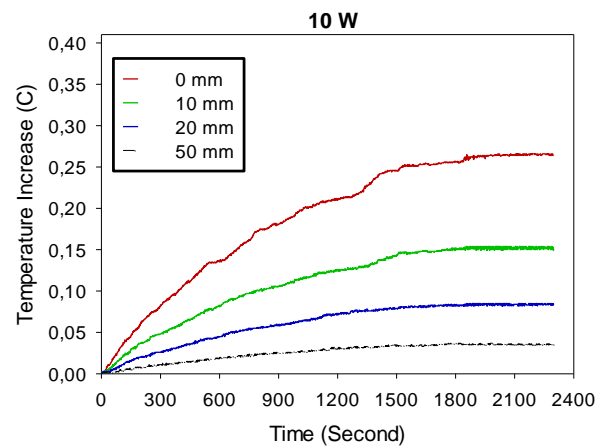
c) Power=2W, l=20mm; d=0, 10, 20, 50mm



d) Power=4W, l=20mm; d=0, 10, 20, 50mm

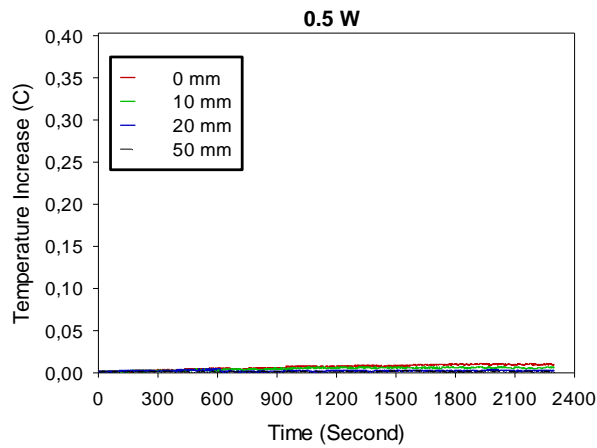


e) Power=7W, l=20mm; d=0, 10, 20, 50mm

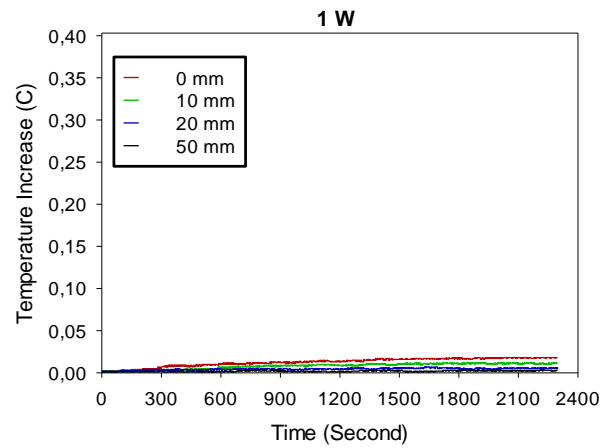


f) Power=7W, l=20mm; d=0, 10, 20, 50mm

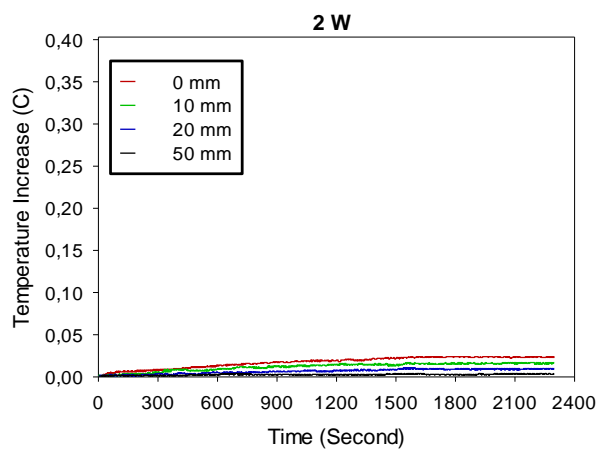
Fig. 4. Temperature effect of Electromagnetic Fields at Different Power, Different Antenna Distance for l=20 mm



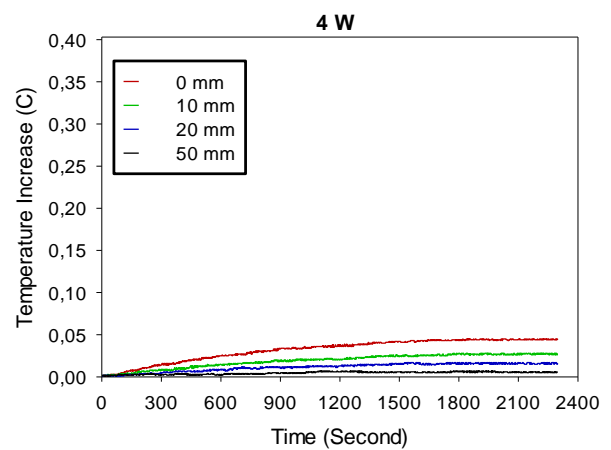
Power=0.5W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$



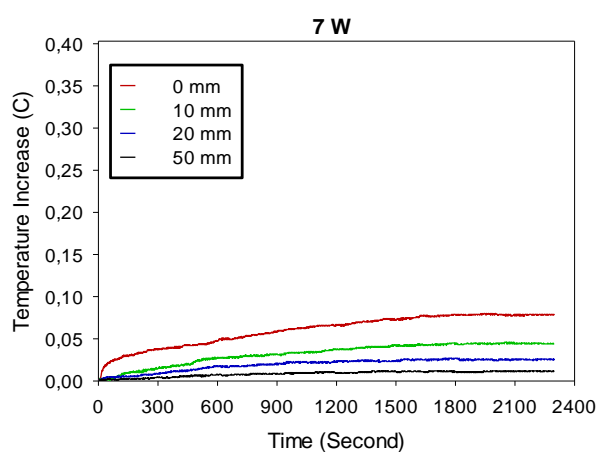
Power=1W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$



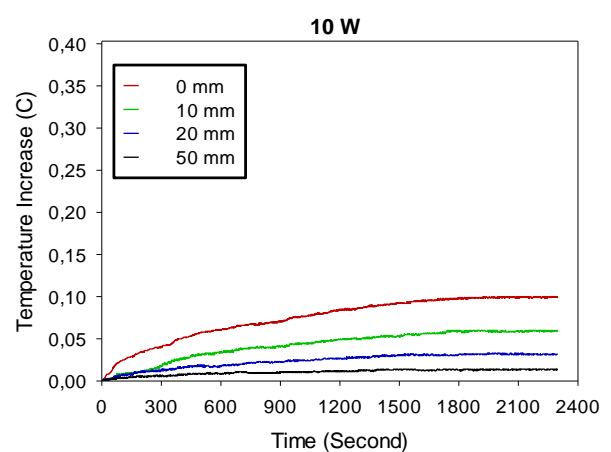
Power=2W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$



Power=4W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$



Power=7W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$



Power=10W,  $l=50\text{mm}$ ;  $d=0, 10, 20, 50\text{mm}$

Fig. 5. Temperature effect of Electromagnetic Fields at Different Power, Different Antenna Distance for  $l=50\text{mm}$

**2. Conclusion**

This study presents the experimental results for the temperature distribution in the brain phantom exposed to electromagnetic field radiation at the frequency of 900 MHz with various power densities. Several important features of the energy absorption in the human brain are obtained in this study. These experiments show that, the radiation from the electromagnetic fields at the range of 900 MHz can be easily absorbed by human brain which causes thermal effects. In case of exposure to electromagnetic fields, heating effect shows a high rate of increase until about 15-20 minutes. After 20 about minutes, the rate of increase slows down. After 30-35 minutes, maximum increase in the temperature is obtained for all power options, and temperature elevation reaches stable.

Consequently, one of the most comprehensive experimental research projects is presented in this paper and it was observed that the temperature increase occurs in the brain while strength of the electromagnetic field emitter increases. It was presented in Figure 3-4-5 that an important part of the temperature increase (about 80%) took place in the first 20 minutes. The maximum temperature rise on the surface of the brain caused by radio waves is about 0.403 °C. It should be investigated whether such a temperature rise has biological significance in terms of human health. The temperature of the brain normally internally fluctuates about one degree. However, an external increase of 0.403 °C may be harmful for human health, especially for the long terms. The investigation of the relationship between the temperature rise and human brain will be our future work with an interdisciplinary group of researchers

## References

1. **Aly A.A., Cheema M.I., Tambawala M., Laterza R., Zhou E., Rathnabharathi K. & Barnes F.S. (2008).** Effects of 900-MHz Radio Frequencies on the Chemotaxis of Human Neutrophils in Vitro. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55(2), 1222-1248.
2. **Bei W. & Cao Y. (2007).** “Biological Effects of Electromagnetic Radiation”. *Radiation Protection Bulletin*, 27(3), 27-45.
3. **Bernardi P., Cavagnaro M., Pisa S. & Piuze E. (2000).** Specific Absorption Rate and Temperature Increases in the Head of a Cellular-Phone User. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 48(7), 1118-1126.
4. **Bernardi P., Cavagnaro M., Pisa, S. & Piuze, E. (2003).** Specific absorption rate and temperature elevation in a subject exposed in the far-field of radio-frequency sources operating in the 10-900-MHz range. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 50(3), 295-304.
5. **Chia S. E., Chia H.P. & Tan J.S. (2000).** Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study. *Environmental Health Perspect* 108(11), 1059-1062.
6. **Citkaya A.Y. & Seker S.S. (2012).** FEM modeling of SAR distribution and temperature increase in human brain from RF exposure. *International Journal of Communication Systems*, 25, 1450–1464.
7. **Cleveland R.F.S., David M.U. & Jerry L. (1997).** Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields; OST Bulletin No. 65 ed. 97-01.
8. **Diem E., Schwarz C., Adlkofer F., Jahn O. & Rüdiger H. (2005).** Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutation Research* 583,178-183.
9. **Durney C.H., Massoudi H. & Iskender M.F. (1986).** *Radiofrequency dosimetry handbook*, 4th Ed., Brooks Air Force Base, Texas.
10. **Fields, R.E. (1997).** Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields. OET Bulletin, 65(10).
11. **Gabriel C. (1996).** *Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF and microwave frequencies* Brooks air force technical report AL/OE-TR-1996-0037. Armstrong Laboratory, Brooks Air Force Base, TX.
12. **Gandhi O.P., Lazzi G., Tinniswood A. & Yu Q.S. (1999).** Comparison of numerical and experimental methods for determination of SAR and radiation patterns of handheld wireless telephones. *Bioelectromagnetics*, 20(1), 93-101.
13. **Gimm Y.M. (2004).** General Method of Formulating the Human Tissue Simulant Liquid for SAR Measurement. *Emc International Symposium on Electromagnetic Compatibility. Netherland 2004*, 2, 561-564.
14. **Hakim B.M. (2006).** *Precise SAR Measurements in the Near-Field of RF Antenna Systems*, Doctorate Thesis, 131 p.
15. **Hartsgrove G., Kraszewski A. & Surowiec A. (1997).** Simulated biological materials for electromagnetic radiation absorption studies. *Bioelectromagnetics*, 8(1), 26-36.
16. **Hermann D.M. & Hossmann K.A. (1997).** Neurological effects of microwave exposure related to mobile communication. *J. Neurol. Sci.* 152(1), 1-14.

17. **IEC 62209-1 (2005)**. “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices—human models, instrumentation, and procedures—Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)”, IEC, 2005.
18. **IEEE 1528 (2003)**. Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Body Due to Wireless Communications Devices: Experimental Techniques, IEEE Standard 1528, 2003.
19. **Jianqing W. & Fujiwara O. (1999)**. FDTD computation of temperature rise in the human head for portable telephones. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 47(8), 1528-1534.
20. **Jianqing W. & Fujiwara O. (2003)**. Comparison and evaluation of electromagnetic absorption characteristics in realistic human head models of adult and children for 900-MHz mobile telephones. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 51(3), 966-971.
21. **Kanda M. Y., Ballen M., Salins S., Chou C.-K. & Balzano Q. (2004)**. Formulation and Characterization of Tissue Equivalent Liquids Used for RF Densitometry and Dosimetry Measurements. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 52(8), 124-129.
22. **Kaori F., Soichi W. & Yukio Y. (2004)**. Dielectric Properties of Tissue-Equivalent Liquids and their Effects on Specific Absorption Rate. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 46(1), 112-123.
23. **Kassimi S., Elfadl A., Bri S., Nakheli A., Habib M. & Ben Ahmed M. (2012)**. Thermal Effects of Mobile Phones. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(9), 110-124.
24. **King H. & Wong J. (1977)**. Effects of a human body on a dipole antenna at 450 and 900 MHz. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 25(3), 376-379.
25. **Koichi I., Katsumi F., Yoshinobu O. & Lira H. (2001)**. Development and Characteristics of a Biological Tissue-Equivalent Phantom for Microwaves, *Electronics and Communications in Japan, Part 1*, 84(4), 1-72.
26. **Kuster N. & Balzano Q. (1992)**. Energy absorption mechanism by biological bodies in the near field of dipole antennas above 300 MHz. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 41(2), 17-23.
27. **Kuster N., Kästle R. & Schmid T. (1997)**. Dosimetric evaluation of handheld mobile communications equipment with known precision. *EICE Transactions on Communications*, 80-B(5), 645-52.
28. **Li C.H., Douglas M., Ofli E., Chavannes N., Balzano Q. & Kuster N. (2012a)**. Mechanisms of RF Electromagnetic Field Absorption in Human Hands and Fingers. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 60(7), 2267-2276.
29. **Li C.H., Douglas M., Ofli E., Chavannes N., Balzano Q. & Kuster N. (2012b)**. Influence of the Hand on the Specific Absorption Rate in the Head. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 60(2), 1066-1074.
30. **Liu J., Ren Z. & Wang C. (1995)**. Interpretations of living tissue’s temperature oscillations by thermal wave theory. *Chin Sci Bull* 40(1), 1493-1495.
31. **Mann K. & Roschke J. (1996)**. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology*. 33(1), 41-47.
32. **Mushtaq A.B. & Vijay K. (2013)**. Calculation of SAR and Measurement of Temperature Change of Human Head due to the Mobile Phone Waves at Frequencies 900 MHz and 1800 MHz. *Advances in Physics Theories and Applications*, 16, 54-63.
33. **Nakamura H., Matsuzaki I., Hatta K., Nobukuni Y., Kambayashi Y. & Ogino K. (2003)**. Non thermal effects of mobile-phone frequency microwaves on utero-placental functions in pregnant rats. *Reprod Toxicol*. 17(3), 321-326.
34. **Okano Y., Hase A. & Ito K. (2000)**. A brain-equivalent solid phantom and its application to SAR estimation by the thermographic method. *Electronics and Communications in Japan Part II-Electronics*, 83(12), 24-34.
35. **Onishi T., Kiminami K. & Iyama T. (2008)**. I Novel Specific Absorption Rate Measurement Techniques. *2008 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility & 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 19-22 May 2008, Singapore p.120-123.
36. **Özen Ş. & Köylü H. (2003)**. Phantom Model of Human Brain Tissue for Cellular Phone Frequencies in Electromagnetic Field Radiation Absorption Studies. *G.U. Journal of Science* 18(2), 193-200.
37. **Özen S., Helhel S. & Bilgin S. (2011)**. Temperature and Burn Injury Prediction of Human Skin Exposed to Microwaves: a Model Analysis. *Radiation and Environmental Biophysics*, 50, 483-489.
38. **Özen S., Helhel S. & Çolak Ö.H. (2006)**. Temperature Increase and SAR in a Phantom Model of the Human Head Exposed to 1800 MHz Non-Ionizing Radiation. *4th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields Proceedings*, pp.1106-1109, Crete, GREECE, 16-20 October 2006.
39. **Özen Ş., Onural A.Ş. Çömlekçi S. & Çerezci O. (2004)** Experimental Determination of Heat Rise and SAR Occurred by 900 MHz EM Radiation on Human Brain by Using Brain Phantom Model. *Gazi University Journal of Science*, 17(3), 127-132.

40. Pšenáková Z. & Benová M. (2008). Measurement Evaluation of Emf Effect by Mobile Phone on Human Head Phantom. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 7(1), 2350-353.
41. Riu P.J. & Foster K.R. (1999). Heating of Tissue by Near-Field Exposure to a Dipole: A Model Analysis. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 46(8), 911-917.
42. Rusnani A. & Norsuzila N. (2008). Measurement and Analysis of Temperature Rise caused by Handheld Mobile Telephones using Infrared Thermal Imaging. *IEEE International Rf and Microwave Conference*, December 2-4, 2008, Kuala Lumpur, Malaysia.
43. Schmid T., Egger O. & Kuster N. (1996). Automated E-field scanning systems for dosimetric assessments. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 44(1), 105–113.
44. Schwan H.P. & Piersol G.M. (1954). The absorption of electromagnetic energy in body tissues. *American Journal of Physical Medicine*, 33(1), 371-404.
45. Shamsad F. & Amin M. (2012). Simulation Comparison between HFSS, CST and WIPL-D for Design of Dipole, Horn and Parabolic Reflector Antenna, *Journal of Expert Systems (JES)*, 1(4), 203-207.
46. Stuchly M.A. & Stuchly S. S. (1990). Electrical properties of biological substances”. In Gandhi Op. (ed): *Biological effects and medical applications of electromagnetic energy*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, pp. 75-112.
47. Suzana H. & Suzana H. (2009). The Human Brain in Numbers: a Linearly Scaled-up Primate Brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 1-11.
48. Taurisano M.D. & Vorst A.V. (2000). Experimental Thermographic Analysis of Thermal Effects Induced on a Human Head Exposed to 900-MHz Fields of Mobile Phones. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 48(11), 1148-1152.
49. URL-1 (2014). <https://mobiforge.com/research-analysis/global-mobile-statistics-2014-part-a-mobile-subscribers-handset-market-share-mobile-operators> (The International Telecommunication Union. Global mobile statistics Part A: Mobile subscribers; handset market share; mobile operators MAY 2014).
50. Virtanen H., Keshvari J. & Lappalainen R. (2007). The effect of authentic metallic implants on the SAR distribution of the head exposed to 900, 1800 and 2450 MHz dipole near field. *Physics in Medicine and Biology*, 52(5), 1221-1236.
51. Zhang M. & Alden A. (2011). Calculation of Whole-Body Sar from A 100 Mhz Dipole Antenna. *Progress in Electromagnetics Research*, 119(2), 133–153.



# BAZI BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Gül Göze Özdemir<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32200, ISPARTA

## Öz

Bitki paraziti nematodlar dünya genelinde birçok bitki türünde zarar oluşturan ve önemli ekonomik kayba neden olan obligat tarımsal organizmalardır. Bitki paraziti nematodların çoğunluğu konukçularının köklerinde, çok az bir kısmı ise yaprak, çiçek ya da tohum gibi bitkilerin toprak üstü kısımlarında zarar yapabilmektedir. Bitki paraziti nematodların köklerde beslenmesi sonucu bitkinin su ve besinleri alma yeteneği azalmaktadır. Beslenme sırasında kullandıkları stilet ile bitki köklerinde yaralara ve bazı mikrobiyal hastalıklara neden olarak, kökte kahverengi lekeler oluşturarak ve bitkinin toprak üstü kısımlarında yumruların şişmesi veya çürümesiyle konukçu bitkiye zarar vermektedirler. Bitki paraziti nematodların zararını tolere edebilmede bitki besin elementleri önemli bir yer tutmaktadır. Besin elementleri nematod popülasyonlarını artırabilir ya da azaltabilmektedirler. Bu etki besin elementine ve kullanılan besin kaynağına bağlı olarak değişebilir. Bitki besleme ile bitki paraziti nematodlar arasındaki etkileşim üzerine yapılan çalışmaların genellikle azot, fosfor ve potasyum elementleri ile ilgili olduğu görülmüştür. Makro ve mikro besin maddelerinin toprağa dengeli bir şekilde uygulanması, bitkinin nematodların neden olduğu zararları tolere edebilmesini sağlamanın en iyi yoludur. Bu çalışmada gübrelemede bazı bitki besin elementlerinin kullanımının bitki paraziti nematodlara karşı etkileri hakkında elde edilen bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki paraziti nematodlar, bitki besleme, gübreleme, nematod gelişimi

## THE EFFECT OF SOME PLANT NUTRIENT ELEMENTS ON PLANT PARASITE NEMATODES

### Extended Abstract

Plant parasitic nematodes are obligate agricultural organisms that cause significant economic losses and damage to many plant species worldwide. Most of the plant parasitic nematodes can damage the roots of their hosts, while a very small number of them can damage the above-ground parts of plants such as leaves, flowers or seed. As a result of the feeding of plant parasitic nematodes on the roots, the ability of the plant to adsorb water and nutrients decreases. They damage the host plant by causing wounds on the plant roots and some microbial diseases with the stylet they use during feeding, by forming brown spots on the root and swelling or rotting of the tubers on the above-ground parts of the plant. Plant nutrients have an important place to overcome the damage of plant parasitic nematodes. Nutrients can reduce or increase nematode populations. This effect depends on the nutrient element and the source of nutrient used. Plant nutrition and plant parasitic nematodes interaction have generally shown that nitrogen, phosphorus, and potassium. The form in which the nutrient (ammonium or nitrate) is present has a greater influence on the severity of nematode attack than the amount of nitrogen present. It is stated that the use of ammonium is better than nitrate in reducing the plant parasitic nematode population. Phosphorus has direct microbial activity against pathogens as well as the ability to stimulate plant defense mechanisms through the production of phytoalexins. Adequate plant nutrition with potassium is thought to reduce disease occurrence due to increased resistance to the penetration and development of pathogens. A balanced application of macro and micro nutrients to the soil is the best way to ensure that the plant can withstand the damage caused by nematodes. In this study, the information obtained about the effects of the use of some plant nutrients in fertilization against plant parasitic nematodes has been reviewed.

**Key Words:** Plant parasitic nematode, plant nutrition, fertilization, nematode growth

## 1. Giriş

Bitki besleme, yeryüzündeki yaşamı geliştirmede önemli bir faktördür. Bitkilerin optimal bir şekilde büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için en az 17 bitki besin maddesine ya da elementine ihtiyaçları vardır (Fageria, 2009). Bu elementlerin temel hazneleri kayalar, okyanuslar ve atmosferdir. Bitki yaşamı için gerekli olan kimyasal elementlerden biri yeterli miktarda mevcut değilse veya absorbe edilmesi zorsa, bu elementin eksikliği bitki metabolizmasında bozulmalara neden olabilmektedir (Epstein & Bloom, 2004). Genel kural, bir besin, bir bitki türü için gerekli ise, diğer temel besinlerle dengeli bir oranda sağlanmalıdır, eksiklik özellikle kısa ömürlü bitkilerde hastalığı daha da ağırlaştırabilmektedir (Zambolim vd., 2001). Bitkilerde gübreleme, bitkilerin beslenme durumundan kaynaklanan hastalık etmenleri ve zararlıların sayısını etkilemekte ve dolaylı olarak ürünün içindeki ışık ve nem dengesinde değişiklikler yapmaktadır (Agrios, 2005). Bazı elementler hastalık etmenleri ve zararlıların gelişmesine olumlu katkılar sağlarken, bazı elementler olumsuz etki göstermektedir (Marschner, 1997). Bitki besin elementleri çevre şartlarını etkiledikleri için patojenleri cezbedici ya da caydırıcı olabilmektedir. Aynı zamanda konukçu bitkide direnç ya da toleransı tetikleyebilirler (Agrios, 2005). Gübrelerin kullanımı, birçok hastalığın zararını azaltmakta ve kültürel uygulamalar ile entegresi hastalıkların kontrolünü etkileyebilmektedir (Oborn vd., 2003).

Bitki paraziti nematodlar agroekosistemin dengesini bozmakta ve pamuk, mısır, soya fasulyesi, şeker kamışı ve sebzeler gibi çok sayıda mahsulün verimini sınırlandırmaktadır (Dias-Arieira vd., 2012a). Bitki paraziti nematodların mücadelesi oldukça zordur ve en iyi sonuçlar entegre mücadele yöntemleri tarafından elde edilmektedir. Nematodlar, bitki besleme ve gübrelemeden etkilenen patojenler arasındadır (Cadet & Spaul, 2005). İnorganik gübrelerin kullanımı ile nematod popülasyonunun düşürülebileceği bilinmektedir (Sinha & Neog, 2003). Bazı gübrelerin uygulamaları, nematodlara toksik etki gösterebilmekte veya konukçu beslenmesindeki değişiklikler yoluyla bitkilerde meydana gelen çoğalma veya zararı baskılayabilmektedir (Viaene vd., 2013). Ayrıca, gübreleme uygulamaları bitki gelişimini uyararak nematodun neden olduğu zararı dengeleyebilmektedir (Ferraz vd., 2010). Charegani vd. (2010), ideal gübre düzeylerinin kullanımının bitki büyümesini geliştirdiğini ve kök-ur nematodlarının neden olduğu zararı azalttığını bildirmektedirler. Domates sürgünlerinde toplam çözünür şeker ve toplam karbonhidratın nematod enfeksiyonu sonucunda azalmış olduğu ancak inorganik gübre uygulaması ile geri kazanıldığı bulunmuştur (Farahat vd., 2012).

Bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için zorunlu olması gereken bitki besin elementleri hidrojen, karbon, oksijen, azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, kükürt, klor, bor, demir, mangan, çinko, bakır, nikel ve molibden olarak bildirilmiştir (Rice, 2007). Buna karşın çoğu bitkinin yapısında belirli oranlarda yaygın şekilde bulunan ancak bitkinin büyüme ve gelişmesinde zorunlu olarak gerek duymadığı sodyum, kobalt ve silisyum gibi elementler de bulunmaktadır (Fageria, 2009).

Bitki besin maddeleri arasında azot, büyüme ve verim için esastır. Azot (N) bitkide proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP, ADP gibi birçok önemli organik bileşiğin yapısında yer almaktadır. Azot, bitki hücre duvarının temel yapı taşıdır (Bolat & Kara, 2017). Azotça iyi beslenen ağaçların zararlılara karşı direnci artmaktadır (Fageria, 2009). Domateste kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* ile bulaşık köklerde N'nin bireysel uygulamasında taze kök ve sürgün ağırlığı, kök ve sürgün uzunluğu ile yaprak/bitki sayısında artış görülürken, köklerde ur, dişi, yumurta paketi ve topraktaki larva yoğunluğunda azalma gözlenmiştir (Abbas vd., 2022). Ancak fazla azot hastalık ve sokucu emici ağız yapısına sahip zararlılara karşı bitkiyi duyarlı hale getirmektedir (Fageria vd., 2011). Azot birikimi yeni dokuların üretilmesine neden olur ve vejetatif durumu genişletebilir ve köklerde beslenme alanlarının sayısını artırdığı için nematod saldırısını teşvik edebilir. Öte yandan, azotu yetersiz olan bir bitki zayıf düşer, büyüme yavaşlar ve daha duyarlı hale gelir (Ferraz vd., 2010).

Azotun amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) veya nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) formu nematod parazitizminde daha önemli bir faktördür (Ferraz vd., 2010). Gübrelerde ve organik maddelerde bulunan amonyum formundaki azot, ayrışması sırasında toprağa serbest amonyak (NH<sub>3</sub>) salınması nedeniyle nematodlar üzerinde nitrat formundan daha fazla zarar oluşturmaktadır. Amonyakın nematisidal özelliği esasen toprağa uygulandığı noktanın çevresindeki plazmitik etkisine bağlıdır. Ayrıca, toprakta bulunan birçok fungus amonyum formunda azotu tercih eder, bu da nematodu parazitleyen fungusların çoğalmasını teşvik etmesi anlamına gelmektedir (Rodríguez-Kábana, 1986). Amonyum azotunun nematisidal etkisi nedeniyle üre, topraktaki üreazın etkisi ile hızla amonyaka dönüştüğü için birçok araştırmanın konusu olmuştur (Akhtar & Malik, 2000). Üre 300 kg N ha<sup>-1</sup>'den daha yüksek dozlarda uygulandığında iyi bir nematisit özelliği göstermektedir. Bununla birlikte, bu seviyedeki dozlar düşük C: N oranına bağlı olarak fitotoksik olabilir. Bu nedenle, ek bir karbon kaynağı ile birlikte üre uygulanması, gübrenin fitotoksik etkisinin azaltılmasının yanı sıra nematodların kontrolünde uygulanabilir bir yöntemdir (Huebner vd.,

1983). Seifi & Bide (2013), İran'da yürüttükleri çalışmada, üre ve bazı mineral gübrelerin, tahıl kist nematodu *Heterodera filipjevi* popülasyonlarını buğdayda önemli ölçüde düşürdüğünü bulmuşlardır. Al-Hazmi & Dawabah (2014), Suudi Arabistan'da buğdayda *H. avenae* üzerinde Fenamifos ve ürenin en iyi kontrolü sağladığını, bunu NPK gübrelerinin izlediğini saptamışlardır. Üre ve fenamifos kombine uygulaması, kist/kök sistemi sayısını azaltmada ve nematod ile enfekte olan buğday bitkilerinin büyümesinde önemli etkiye neden olmuştur. *Meloidogyne javanica* ur sayısı NPK (azot, fosfor, potasyum taban gübresi) veya üre gübresi uygulandığında azalmaktadır (Irshad vd., 2006). NPK ile birlikte nematisit Oxamyl'in *M. incognita*'yı kontrol altına aldığı ve domates verimi artışı üzerinde önemli bir artış sağlandığı bilinmektedir (Hamida vd., 2015). Farahat vd., (2012) ise kompostun ticari NPK ile kombinasyonunun *M. incognita*'nın kontrolünde ve domates verimini arttırmada etkili olduğunu bulmuştur. Ketabchi vd. (2016), *M. incognita*'yı baskılamada *Serratia* sp. bakteri uygulaması ile üre gübresi kombinasyonunun *Pseudomonas fluorescens* CHA0 ve *P. putida* uygulamalarından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Buğdayda kök lezyon nematodu *Pratylenchus thornei* zararının, bitki üstlerindeki N ve P konsantrasyonlarını ve alımlarını sınırlayarak buğday verimini azalttığı, erken başlayan ve bitkinin yaşamı boyunca devam eden zayıf büyümeye neden olduğu bildirilmektedir (Thompson & Clewett, 2021). Bazı araştırmacılar nematod popülasyonundaki baskılamanın, kimyasalların NPK ile birlikte uygulanmasında arttığını belirtmişlerdir (Hemmatia & Saeezadehb, 2020; Abbas vd. 2022).

Bitkiler ATP, şekerler ve nükleik asitlerin oluşması için fosfora ihtiyaç duymaktadır. Fosfor (P), hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda önemli rol oynar. Bitkilerin olgunlaşmasını hızlandırır. Bitkinin hastalık etmenleri ve zararlılara karşı direncini artırır. Bitki köklerinin suyu almasını düzenleyerek suyun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Bolat & Kara, 2017). Nematodların kontrolünde fosforun etkisi, kullanılan kaynağa bağlı olarak değişebilir. Üçlü süperfosfat şeklinde fosfor uygulaması, soya fasulyesi, mısır ve pamukta kullanıldığında *P. scribneri*'in kontrolünde tek süperfosfat uygulamasından daha etkili olmuştur (Collins & Rodríguez-Kábana, 1971). Mikroorganizmaların kontrolünde fosfitin etkinliği 2 faktöre bağlanmaktadır. Birincisi, patojenlere karşı doğrudan mikrobik etkinliktir (Guest & Grant, 1991). İkincisi, fitoaleksinlerin üretimi gibi bitki savunma mekanizmalarını uyarabilme kabiliyetidir (Derks & Creasy, 1989). Potasyum fosfit mısırdaki *P. brachyurus* popülasyonunu önemli oranda azaltmıştır (Dias-Arieira vd., 2012b). Salgado vd. (2007), potasyum fosfit uygulamasının *M. exigua* larvalarında doğrudan öldürücü etkisi olmadığını ancak larvaların ur oluşturma süresini uzattığını ve bitkinin bu sürede daha dayanıklı hale geldiğini dolayısıyla bitkinin daha az zarar gördüğünü bildirmişlerdir. Carling vd. (1996), sera koşullarında yer fıstığında bitki büyümesi ve verimde iki arbusküler mikorizal fungus (AMF), *M. arenaria* ve fosfor (P) gübrelemesinin (0, 25, 75 ve 125 mg/g toprak) bireysel ve kombine etkilerini belirlemiştir. En iyi büyüme ve verim, 75 ve 125 mg P uygulamasında bulunmuştur. İki düşük P seviyesinin AMF ile olan kombinasyonunda bitki gelişiminin AMF tarafından uyarıldığı ve *M. arenaria* gelişimini azalttığı belirtilmiştir. Yüksek P seviyesinin mikoriza kombinasyonu ise bitki toleransını arttırmış ve *M. arenaria* daha fazla yumurta paketi ve gal oluşturmuştur. Azotun yanı sıra, fosforun kök gelişimini arttırdığı ve kök soğurma kapasitesi ile birlikte konakçı toleransını arttırdığı (Hussey & Roncadori, 1982) ve nematod çoğalmasını olumsuz etkileyen toprak pH'sını azalttığı bilinmektedir (Pant vd., 1983).

Potasyum (K) enzim ve koenzimlerin aktivasyonunda, fotosentez, protein, nişasta oluşumu ve şeker transferi olaylarında bitkiler tarafından kullanılmaktadır (Bolat & Kara, 2017). Potasyum ile yeterli bitki beslemenin yapılmasının, patojenlerin penetrasyonuna ve gelişimine karşı artan direnç nedeniyle hastalık oluşumunu azalttığı düşünülmektedir ve hastalıklar üzerinde en fazla etkiye sahip besin olarak kabul edilmektedir. Perrenoud (1990), 2449 kaynağı tarayarak yaptığı çalışmada K'nın fungal hastalıklarının görülme sıklığını %70, bakteri sayısını %69, böcekleri ve akarları %63, virüsleri %41 ve nematodları %33 oranında düşürdüğünü bildirmiştir. Barbosa vd. (2010), dirençli ve duyarlı soya fasulyesi çeşitlerinde *H. glycines* popülasyonları üzerinde potasyumlu gübre (tekli ve çoklu dozlar) kullanımını değerlendirmiş ve hassas çeşitte artan potasyum dozlarının, kök sisteminde dişi sayısını ve nematod üreme faktörünü azalttığını gözlemlemiştir. Potasyumlu gübreler bitkinin kök sistemini artırdığı için turuncgillerde *Tylenchulus semipenetrans* ve pamukta *Rotylenchus reniformis* nematod popülasyonlarında artışa neden olmuştur (Pettigrew vd., 2005). Pamukta mevcut potasyum düzeyinin yüksek olması durumunda *R. reniformis* zararının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Oteifa & Elgindi, 1976). Potasyumdan eksik koşullar altında yetiştirilen pamuk bitkilerinde *M. incognita* daha fazla gal oluşturmuştur (Minton & Ebelhar, 1991). Hanson vd. (1988), tarlada yetiştirilmiş soya fasulyesi bitkilerinde farklı K uygulamaları arasında soya kist nematodunun oluşturduğu kist sayıları arasında fark bulamamıştır. Spiegel vd. (1982), K+ besin faktörünün nematodun erkek/dişi oranı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını saptamıştır. Arslan vd. (2020), potasyum uygulamasının domates bitkilerinde *M. incognita*'nın verdiği zararı azaltabileceğini belirtmişlerdir. Domateste bitki büyümesini iyileştirmede ve *M. incognita*'nın baskılanmasında N+P uygulamasının N+K ve P+K uygulamalarından daha etkili olduğu bulunurken, NPK üçlü uygulamanın tüm uygulamalardan daha etkili olduğu bildirilmiştir (Abbas vd., 2022).

Kalsiyum (Ca) hücre duvarı yapısını düzenleyen bitki besin elementi olarak bilinmektedir ve protein oluşumunda ve karbonhidratların taşınmasında önemli rol oynar (McCauley vd., 2009). Kalsiyum bitkilerde kök salgısı üzerinde etkilidir. Yeterli kalsiyumun olması durumunda bitkiler hastalıklara karşı daha dayanıklıdır (Epstein & Bloom, 2004; Kacar & Katkat, 2010). Kalsiyum eksikli bitkiler nematod saldırısına karşı daha hassastır (Hurchanik vd., 2003). Kabuklu karides (CaC<sub>2</sub>) uygulaması, *M. incognita*'nın ur, yumurta paketi ve larvaların sayısını azaltmada etkili olmuştur (Mohamed & Youssef, 2009). Kalsiyum oranının artırılması, hücrelerin direncini artırmakta ve nematodun kök enfeksiyonunu azaltmaktadır (Rocha vd., 2006). Oteifa & El-Gindi (1962), *M. incognita* ile enfekte domates bitkisinin üst kısmında düşük konsantrasyonlarda NPK, sodyum, kalsiyum ve magnezyum bulmuş ve aşırı derecede ur bulunan domates köklerinin yeterli miktarda besleyici maddeyi vejetatif organlara aktaramadıklarını göstermiştir. Dutra vd. (2004), fasulye, domates ve kahvede kalsiyum silikat uygulanan köklerde *Meloidogyne* türlerinin yumurta paketi ve yumurta sayısında azalma olduğunu bildirmiştir.

Magnezyum (Mg) fotosentezde önemli bir rol oynadığı için hayatın devamlılığını sağlayan anahtar elementlerden birisidir. Ayrıca ATP'nin yapımında, protein sentezinde, çok sayıda enzimin aktivasyonunda, fosfor gibi diğer elementlerin alınmasında, karbon dioksit asimilasyonunda rol oynamaktadır (Gardiner & Miller, 2008; McCauley vd., 2009; Kacar & Katkat, 2010; Bolat & Kara, 2017). Magnezyumun değişik formları mevcuttur ve nematod ile yapılan çalışmalarda daha çok sülfat formunun kullanıldığı görülmüştür. Magnezyum sülfat (MgSO<sub>4</sub>)'ın soya fasülyesinde *M. incognita* enfeksiyonu önemli oranda baskılandığı belirtilmiştir (Kheir vd., 2009). Gad (2013), sera koşulları altında bamyada magnezyum sülfatın 15 g/bitki uygulamasının *M. incognita* gelişiminin azaltılmasında etkili bulmuştur. Magnezyum oksit nanopartiküllerinin in vitro koşullarda *M. incognita*'nın yumurtadan larva çıkışı engellediğini ve larvalar üzerinde öldürücü etkisi olduğu bildirilmiştir (Khan vd., 2022a).

Kükürt (S) organik maddenin yapısına giren bir elementtir. Aminoasitlerden sistein, sistin ve metionin ile proteinlerin bileşiminde bulunur. Klorofil oluşumu için gereklidir (Bolat & Kara, 2017). Kükürt bitkilerin hastalıklara karşı direncini artırır, bitkilerin kök bölgesinden besin maddelerini daha rahat almasını sağlar, meyvelerin kalitesini artırır ve muhafazada direnç kazandırır. Ayrıca toprak yapısını iyileştirerek fazla gübre kullanımını önler (Güneş & Sönmez, 2019). Kükürt uygulamasının süper oksid dismutaz (SOD) enzim aktivitesini artırdığı ve bitki dayanıklılığının arttığı bilinmektedir (Bybordı & Mamedov, 2010; Zenda vd., 2017; Shoja vd., 2018). Nematod gibi çeşitli stres koşullarına maruz kalan bitkilerde bitki toleransının artırılması için S uygulamaları büyük önem arz etmektedir. Rumiani vd. (2016), hiyarda toprağa 100 mg/kg sülfür uygulamasında *M. incognita*'nın üremesinin %70 oranında baskılandığını bulmuşlardır.

Çinko (Zn) içeren 80'den fazla protein bildirilmiştir. Karbonik anhidraz, süperoksit dismutaz ve alkol dehidrojenaz enzimlerinde olduğu gibi, birçok enzim aktif bölgede çinko gerektirir. Diğer enzimlerde, çinko proteinin ayrılmaz bir bileşenidir ancak aktif bölgenin yakınında değildir. Çinko iyonları, DNA'ya bağlanan protein alanının konformasyonunu düzenler. Bu hususlar, çinko eksikliğinin büyüme üzerindeki inhibe edici etkilerinden birinin yetersiz protein sentezinden kaynaklanabileceğini göstermektedir (Epstein & Bloom, 2004). Nematodlar eksudatlar tarafından çekildiğinden, çinko eksik bitkilerdeki yüksek kök sızıntısı bu parazitleri çekebilir ve bu nedenle enfeksiyon sürecini hızlandırır (Streeter vd., 2001). Bununla birlikte, çinko *Pseudomonas aeruginosa* IE-6S ve *P. fluorescens* CHA0'un aktivitesini arttırmış ve *M. javanica*'nın biyolojik kontrolüne yardımcı olmuştur (Siddiqui & Shaukat, 2002). Siddiqui vd. (2002), tek başına veya *P. aeruginosa* IE-6S ile kombine edilmiş olsun olmasın, kg<sup>-1</sup> toprak başına 0.8 veya 1.6 mg çinko uygulandığında topraktaki değişikliklerin *M. javanica*'nın domates köklerine penetrasyonunu önemli ölçüde azalttığını doğrulamıştır. Shaukat & Siddiqui (2003), çinkonun tek başına uygulandığı durumlarda bile *M. javanica* sayısının azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmalar çinko'nun, biyokontrol olarak kullanılan bakterilerin antimikrobik polipeptid biyosentezini uyarması, mikrobik toplulukların yapısını ve bitkilerin fizyolojisini değiştirmesi nedeniyle nematodların kontrolünde kullanılabilirliğini göstermektedir (Siddiqui & Shaukat, 2002; Shaukat & Siddiqui, 2003). Charegani vd. (2010), hıyar yetiştirilen serada yürüttükleri çalışmada 100 mg/kg azot, 100 mg/kg fosfor, 5 mg/kg çinko ve 2.5 mg/kg demir uygulamışlar ve bitki büyüme parametrelerinde önemli bir artış tespit etmişlerdir. Bununla birlikte serada *M. incognita* ur ve yumurta paketi sayısında önemli düşüşler bulunmuştur.

Manganez (Mn), tirozin gibi aromatik amino asitler ile lignin ve flavonoidler gibi bir dizi diğer ikincil bileşiğin biyosentezinden sorumludur (Barker & Pilbeam, 2007). Mn<sup>+2</sup>, fenilalanin amonyak liyaz (PAL) enzimini etkiler ve lignin biyosentezi için gerekli olan peroksidazları uyarır. Manganez eksik bitkilerdeki düşük lignin içeriği, bu elementin lignin biyosentezindeki bir dizi aşamada ihtiyaç duyulduğunun bir göstergesidir ve kök materyali miktarındaki azalma, patojen saldırısına karşı bitki direncini düşürmeye katkıda bulunur (Marschner, 1997). Hurchanik vd. (2004), *M. konaensis*'in kahve plantasyonlarında manganez ve bakırın emilmesini önemli ölçüde

azalttığını gözlemlemiştir. Coyne vd. (2004), regresyon analizi sonucu *M. incognita* ile Mn ve Ca arasında, *P. zae* ile Zn veya demir (Fe) arasında negatif bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

Bakır (Cu) hücre duvarlarının oluşumunu ve kimyasal bileşimini etkiler (Marschner, 1997). Fancelli (2008), Cu ve Mn'nin bitki savunmasında en önemli mikro besin elementleri olduğunu bildirmektedir. Pestisit olarak bakır bazlı formülasyonlar, bitki korumada uzun süredir kullanılmaktadır. Nano boyutlardaki bakır, önemli ölçüde daha düşük bir oranda daha büyük bir aktif bakır formu oluşturmaktadır. Bakır nanoparçacıklarının ve bunların kompozitlerinin çeşitli bitki hastalıklarını ve mikroorganizmaları kontrol etmede potansiyel oldukları belirtilmiştir (Ingle vd., 2014; Van-Viet vd., 2016). Khan vd. (2022b), bakır oksit nanopartiküllerinin (CuONPs) *M. incognita*'nın neden olduğu kök enfeksiyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Toprağa uygulanan sodyum azidin granül formülasyonlarının yabancı otlara, nematodlara ve toprak kaynaklı fitopatogenik mantarlara karşı geniş spektrumlu etkinliğe sahip olduğu bilinmektedir (Rodríguez-Kábana & Robertson, 2000a,b).

## 2. Sonuç ve Öneriler

Bitki paraziti nematodların mücadelesi oldukça zordur. Bu organizmalarla mücadele edebilmek için farklı yöntemleri birlikte uygulamak gerekebilir. İnorganik gübrelerin kullanımının nematod popülasyonunun düşürülmesinde etkili olduğu görülmektedir. Gübrelemenin tek başına bitki paraziti nematodları kontrol etmesi söz konusu değildir. Bu nedenle, gübreleme programları entegre mücadele yöntemlerine ilave edilmelidir. Bazı araştırmacılar nematod popülasyonundaki baskılamının, kimyasalların NPK ile birlikte uygulanmasında arttığını bildirmiştir. Makro ve mikro besin maddelerinin toprağa dengeli bir şekilde uygulanması, bitkinin nematodların neden olduğu zararlardan daha az etkilenmesine imkan sunmaktadır. Ayrıca besin elementleri konukçu bitkide direnç ya da toleransı artırabilmektedirler. Ancak mineral beslenmenin nematodlardan kaynaklanan zararlar üzerine etkisi hakkında çok az çalışma bulunmaktadır. Bitki paraziti nematod ve bitki besin elementleri ile ilgili ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Nematodlara karşı mücadele için entegre sistem içerisinde yeni gübreleme programlarının oluşturulması ve bitki besin elementleri ile nematod uygulamalarının interaksiyon çalışmaları yapılmalıdır.

## Kaynaklar

1. Abbas H., Nazir Javed, M. K. & Khan S. A. (2022). Impact of Integrative Management Strategies on the Reproduction of Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*. Pakistan Journal of Zoology, 1-7.
2. Agrios G.N. (2005). Plant Pathology. 5<sup>a</sup> ed. London: Elsevier Academic Press. P. 922.
3. Akhtar M.F. & Malik A. (2000). Role of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant parasitic nematodes: A review. *Bioresource Technology*, 74 (1): 35- 47.
4. Al-Hazmi A.S. & Dawabah A.A.M. (2014). Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21 (2): 191–196.
5. Arslan N., Aksu G. & Altay H. (2020). Potasyumun domateste kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*) üzerine etkisi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 95-102.
6. Barbosa K.A.G., Garcia R.A., Santos L.C., Teixeira R.A., Araújo F.G., Rocha M.R. & Lima F.S.O. (2010). Avaliação da adubação potássica sobre populações de *Heterodera glycines* em cultivares de soja resistente e suscetível. *Nematologia Brasileira*, 34 (3): 150-157.
7. Barker A.V. & Pilbeam D.J. (2007). Handbook of Plant Nutrition. London: Taylor & Francis Group. P. 613.
8. Bolat İ. & Kara Ö. (2017). Bitki Besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 218-228.
9. Bybordi A. & Mamedov G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 94-103.
10. Cadet P. & Spaul V. (2005). Nematode parasites of sugarcane. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J (eds) Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford: CAB International, pp. 645-674.
11. Carling D.E., Roncadori R.W. & Hussey R.S. (1996). Interactions of arbuscular mycorrhizae, *Meloidogyne arenaria*, and phosphorus fertilization on peanut. *Mycorrhiza*, 6 (1): 9–13.

12. Charegani H.A., Bideh A.K. & Hamzehzarghani H. (2010). Effect of chemical fertilizers on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in greenhouse cucumber cultivation. *Iran Journal of Plant Pathology*, 46 (3): 71-73.
13. Collins R.J. & Rodríguez-Kábana R. (1971). Relationships of fertilizer treatments and crop sequence to populations of lesion nematode. *Journal of Nematology*, 3 (4): 306-307.
14. Coyne D.L., Sahrawat K.L. & Plowright R.A. (2004). The influence of mineral fertilizer application and plant nutrition on plant-parasitic nematodes in upland and lowland rice in cote d'Ivoire and its implications in long term agricultural research trials. *Experimental Agriculture*, 40: 245–256.
15. Derks W. & Creasy L.L. (1989). Influence of fosetyl-Al on phytoalexin accumulation in the *Plasmopara viticola* grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 3: 203-213.
16. Dias-Arieira C.R., Cunha T.P.L., Chiamolera F.M., Puerari H.H., Biela F. & Santana S. M. (2012a). Reaction of vegetables and aromatic plants to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Horticultura Brasileira*, 30: 322-326.
17. Dias-Arieira C.R., Marini P.M., Fontana L.F., Roldi M. & Silva T.R.B. (2012b). Effect of *Azospirillum brasilense*, Stimulate® and potassium phosphite to control *Pratylenchus brachyurus* in soybean and maize. *Nematropica*, 42 (1): 170-175.
18. Dutra M.R, Garcia A.I.A., Paiva B.R.T.L., Rocha F.S. & Campos V.P. (2004). Efeito do silício aplicado na sementeira do feijoeiro no controle de nematoides das galhas. *Fitopatologia Brasileira*, 29: 172.
19. Epstein E. & Bloom A. (2004). Mineral Nutrition of Plants. Sunderland: Sinauer Associates. P. 380.
20. Fageria N.K. (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
21. Fageria N.K., Baligar V.C. & Jones C.A. (2011). Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 3rd Edition, CRC Pres, Boca Raton, FL, USA.
22. Fancelli A.L. (2008). Influência da nutrição na ocorrência de doenças de plantas. *Informações Agronomicas*, 122: 23-24.
23. Farahat A.A., Alsayed A.A., El-Beltagi H.S. & Mahfoud N.M. (2012). Impact of organic and inorganic fertilizers on nematode reproduction and biochemical alterations on tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(1): 48-55.
24. Ferraz S., Freitas L.G., Lopes E.A. & Dias-Arieira C.R. (2010). Manejo Sustentável De Fitonematoides. Viçosa: Editora UFV. P. 306.
25. Gad S.B. (2013). Role of mineral nutrition on controlling *Meloidogyne incognita* infecting okra Plant under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 4(8), 731-738.
26. Gardiner D.T ve Miller R.W. (2008). Soils in Our Environment. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
27. Guest D. & Grant B. (1991). The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biological Reviews*, 66 (2): 159-187.
28. Güneş A., & Sönmez O. (2019). Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Hıyar Bitkisinin (*Cucumis Sativus* L.) Antioksidant Enzim Aktivitesindeki Değişimler. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(2), 1186-1192.
29. Hamida A.O., Hoda A.H., Mohamed M.M.M. & Alkelany U.S. (2015). Effect of integrating inorganic fertilizer with either micronema, compost, or oxamyl on suppressing plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato plants under field conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4 (4): 707-711.
30. Hanson P.M., Nickell C.D., Gray L.E. & Sebastian S.A. (1988). Identification of two dominant genes conditioning brown stem rot resistance in soybean. *Crop Science*, 28: 41–43.
31. Hemmatia S. & Saeedizadehb A. (2020). Root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in response to soil fertilization. *Brazilian Journal of Biology*, 80: 621-630.
32. Huebner R.A., Rodríguez-Kábana R. & Patterson R.M. (1983). Hemicellulosic waste and urea for control of plant parasitic nematodes: Effect on soil enzyme activities. *Nematropica*, 13 (1): 37-54.
33. Hurchanik D., Schmitt D.P., Hue N.V. & Sipes B.S. (2003). Relationship of *Meloidogyne konaensis* population densities to nutritional status of coffee roots and leaves. *Nematropica* 33 (1): 55-64.
34. Hurchanik D., Schmitt D.P., Hue N.V. & Sipes B.S. (2004). Plant nutrient partitioning in coffee infected with *Meloidogyne konaensis*. *Journal of Nematology*, 36 (1): 76-84.
35. Hussey R.S. & Roncadori R.N. (1982). Vesicular arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. *Plant Disease*, 66 (1): 9-14.
36. Ingle A.P. Duran N. & Rai M. (2014). Bioactivity, Mechanism of Action, and Cytotoxicity of Copper-Based Nanoparticles: A Review. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98:1001–1009.

37. Irshad L., Dawar S., Zaki M.J. & Ghaffar A. (2006). Effect of nursery fertilizers on plant growth and the control of *Meloidogyne javanica* root knot nematode on mung bean and okra plants. *Pakistan Journal of Botany*, 38 (4): 1301-1304.
38. Kacar B. & Katkat V. (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.
39. Ketabchi S., Charehgani H. & Majzooob S. (2016). Impact of rhizosphere antagonistic bacteria and urea fertilizer on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) under green house condition. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26 (6):1780-1786.
40. Khan A.U., Khan M., Khan A.A., Parveen A., Ansari S., & Alam M. (2022a). Effect of Phyto-Assisted Synthesis of Magnesium Oxide Nanoparticles (MgO-NPs) on Bacteria and the Root-Knot Nematode. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 11 pp.
41. Khan A., Bani Mfarrej M.F., Danish M., Shariq M., Khan M.F., Ansari M.S. & Ahmad F. (2022b). Synthesized copper oxide nanoparticles via the green route act as antagonists to pathogenic root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 15(3), 491-507.
42. Kheir A.M., Al-Sayed A.A. & Saeed M.R. (2009). Suppressive effects of inorganic fertilizers on *M. incognita* infecting soybean. *Egypt J. Agronematol.*, 7(1):9-19
43. Marschner H. (1997). Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. P. 889.
44. McCauley A., Jones C. & Jacobsen J. (2009). Nutrient management. Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, p.1-16.
45. Minton E.B. & Ebelhar M.W. (1991). Potassium and aldicarb-disulfoton effects on Verticillium wilt, yield and quality of cotton. *Crop Science*, 31: 209-212.
46. Mohamed M.M. & Youssef M.M.A. (2009). Efficacy of calcium carbide for managing *Meloidogyne incognita* infesting squash in Egypt. *International Journal of Nematology*, 19: 229-231.
47. Oborn I., Edwards A.C., Witter E., Oenema O., Ivarsson K., Withers P.J.A., Nilsson S.I.R. & Stinzinger A. (2003). Element balances as a toll for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy*, 20: 211-225.
48. Oteifa B.A. & El-Gindi D.M. (1962). Influence of parasitic duration of *Meloidogyne javanica* on host nutrient uptake. *Journal of Nematology*, 8: 200-216.
49. Oteifa B.A. & Elgindi A.Y. (1976). Potassium nutrition of cotton, *Gossypium barbadense*, in relation to nematode infection by *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. Proc. 12th Colloq. Int. Potash Inst. Bern. pp. 301-306.
50. Pant V., Hakim S. & Saxena S.K. (1983). Effect of different levels of N, P, K on the growth of tomato Marglobe and on the morphometrics of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 13 (1): 110-113.
51. Perrenoud S. (1990). Potassium and plant health. Bern: International Potash Institute, 2. ed. P. 363.
52. Pettigrew W.T., Meredith W.R. & Young L.D. (2005). Potassium fertilization effects on cotton lint yield, yield components, and reniform nematode populations. *Agronomy Journal*, 97: 1245-1251.
53. Rice R.W. (2007). The physiological role of minerals in the plant. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.) Mineral nutrition and plant disease, St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society, pp 9-29.
54. Rocha M.R., Carvalho I., Corrêa G.C., Cattini G.P. & Paolini G. (2006). Efeito de doses crescentes de calcário sobre a população de *Heterodera glycines* em soja. *Pesq. Agropec. Trop.* 36: 89-94.
55. Rodríguez-Kábana R. & Robertson D.G. (2000a). Nematicidal and herbicidal properties of liquid formulation of potassium azide. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. November 6-9, 2000. Orlando, FL Page 8-1.
56. Rodríguez-Kábana R. & Robertson D.G. (2000b). Nematicidal and herbicidal properties of potassium azide. *Nematropica*, 30: 146-147.
57. Rodríguez-Kábana R. (1986). Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology*, 18 (2): 129-135.
58. Rumiani M., Karegar A., Hamzehzarghani H., & Banihashemi Z. (2016). Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants. *Iranian journal of plant pathology*, 52(1).
59. Salgado S.M.L, Resende M.L.V. & Campos V.P. (2007). Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. *Ciênc. Agrotecnology*, 31: 1007-1013.
60. Seifi S. & Bide A.K. (2013). Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. *World Applied Programming*, 3 (4): 137-141.
61. Shaukat S.S. & Siddiqui I.A. (2003). Zinc improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by the antagonistic rhizobia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6 (6): 575-579.

62. **Shoja T., Majidian M., & Rabee M. (2018).** Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(1), 73-84.
63. **Siddiqui I.A., Shaukat S.S. & Hamid M. (2002).** Role of zinc in rhizobacteriamediated suppression of root-infecting fungi and root-knot nematode. *Journal of Phytopathology*, 150 (10): 569-575.
64. **Siddiqui I.A. & Shaukat S.S. (2002).** Zinc and glycerol enhance the production of nematicidal compounds in vitro and improve the biocontrol of *Meloidogyne javanica* in tomato by fluorescent pseudomonads. *Letters in Applied Microbiology*, 35: 212-217.
65. **Sinha A.K. & Neog P.P. (2003).** Effect of different levels of NPK fertilizers against citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* on khasi mandarin. *Indian Journal of Nematology*, 33 (1): 61- 62.
66. **Spiegel Y., Cohn E., Kafkafi U., & Sulami M. (1982).** Influence of potassium and nitrogen fertilization on parasitism by the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 14(4): 530.
67. **Streeter T.C., Rengel Z., Neate S.M. & Graham R.D. (2001).** Zinc fertilization increases tolerance to *Rhizoctonia solani* (AG 8) in *Medicago truncatula*. *Plant Soil*, 228: 233-242.
68. **Thompson J.P. & Clewett T.G. (2021).** Impacts of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) on plant nutrition, biomass, grain yield and yield components of susceptible/intolerant wheat cultivars determined by nematicide applications. *Agronomy*, 11(2), 296.
69. **Van-Viet P., Nguyen H.N., Cao T.M. & Van hieu L. (2016).** Fusarium Antifungal Activities of Copper Nanoparticles Synthesised by a Chemical Reduction Method. *Nanomat* Article ID 1957612.
70. **Viaene N., Coyne D.L. & Davies K.G. (2013).** Biological and Cultural Management. In: Perry R. N. and Moens, M. (Eds.). *Plant Nematology*, 2nd edition. CABI Wallingford, UK. pp: 383-410.
71. **Zambolim L. Costa H. & Vale F.X.R. (2001).** Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos de solo. In: Zambolim L (ed) Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: Editora UFV. 347-408.
72. **Zenda T., Liu S., Yao D., Liu Y., Duan H. (2017).** Effects of sulphur and chlorine on photosynthetic parameters, antioxidant enzyme activities and yield in fresh corn grown under field conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 11(6): 32-45.



# PROPOLİSİN ANTİKANSER AKTİVİTESİNE GENEL BİR BAKIŞ

Nazime Mercan Doğan<sup>1\*</sup>, Farid Nasirli<sup>1</sup>, Naime Nur Bozbeyoğlu Kart<sup>2</sup>, Volkan Kuzucu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, DENİZLİ, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Tavas Meslek Yüksekokulu-Bitkisel ve Hayvansal Üretim-Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bölümü, DENİZLİ, TÜRKİYE

## Öz

Propolis, bilinen en ünlü arı ürünlerinden biridir. Bal arıları propolisi, yeşil bitkilerin ve ağaçların genç tomurcuk, yaprak ve gövde gibi farklı kısımlarından topladıkları reçineleri salgı bezlerinden salgıladıkları enzimlerle işleyerek oluştururlar. Terapötik özellikleri ve farmakolojik uygulamalarından dolayı yüzyıllardır halk hekimliğinde kullanılan bu kovan ürününün, bitki kaynağına göre, Yeşil propolis, Kırmızı Propolis, Akdeniz propolisi, Kavak Propolisi, Huş Propolisi, Clusia Propolisi ve Pasifik Propolisi olmak üzere çok çeşitli türü mevcuttur. Soğukken sert ve kırılabilir olan propolis, ısıtıldığında yumuşak ve yapışkan olup, kahverengi, yeşil ve kırmızı renkte olabilir. Bal arıları, propolisi kovanlarındaki ya da peteklerindeki delikleri kapatmak ve patojenlere karşı korumak için kullanırlar. Birçok arı patojenine karşı detoksifikasyon özelliğinden dolayı propolis, koloni refahı için çok önemlidir. Özellikle kovadaki çürüme sırasında bakteri veya küf gelişimi propolis ile önlenir ve kovan sağlığı korunmuş olur. Propolisin kimyasal içeriğinde bitki reçinesi, balmumu, polen ve uçucu yağlar baskındır. Propolisin zengin ve karmaşık kimyasal içeriği, bitki kaynağı, coğrafik konum, hasat mevsimi ve bal arısının tipi gibi birçok faktörle yakından ilişkilidir. Propolisin kimyasal içeriğinde, alifatik ve aromatik asitler, fenolik esterler, yağ asitleri, alkoller, terpenler, steroidler, alkaloidler, krisin, pinosembrenin, apigenin, galangin, kamferol, kersetin, sinamik asit, kumarik asit ve kafeik asit gibi güçlü antioksidan aktiviteye sahip bileşikler mevcuttur. Propolisin güçlü antioksidan etkili çok sayıda aktif bileşen içermesi, onun tümör gelişimini durdurucu etkisini de ön plana çıkarmıştır. Günümüzde dünyada kansere bağlı ölüm oranında artış vardır. Bu nedenle bilim insanları kanserle mücadelede etkili yeni antikanser ajanlarını aramaya yoğunlaşmıştır. Literatürdeki bilimsel raporlar, propolisin kanser hücrelerinin baskılanmasında önemli rol oynadığını göstermektedir. Propolisin çeşitli tümör hücreleri üzerine antikanser etkisi apoptoz indüksiyonu, hücre döngüsü inhibisyonu, anti-anjiyogenez etki, antiproliferatif etki ve metastazın önlenmesi gibi çeşitli mekanizmalarla gerçekleştiği birçok araştırmacı tarafından in vivo ve in vitro deneylerle kanıtlanmıştır. Özellikle artepillin C, sinamik asit, kafeik asit ve kafeik asit fenetil ester gibi yüksek antikanser kapasitesine sahip metabolitlerin varlığı, kanser araştırmalarını birçok yönden önemli ölçüde etkilemiş ve araştırmacıların kanserle mücadelesinde yeni stratejiler geliştirmesine de yardımcı olmuştur. Bu derleme ile antikanser ajan arayışında propolisin önemi vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Propolis, antikanser etki, kimyasal içerik

## AN OVERVIEW OF THE ANTICANCER ACTIVITY OF PROPOLIS

### Extended Abstract

Propolis is one of the most well-known bee products. Honeybees produce propolis by processing the resins they collect from different parts of green plants and trees, such as young buds, leaves and stems, with enzymes they secrete from their glands. This hive product, which has been traditionally used in folk medicine for centuries because of therapeutic properties and pharmacological applications, has a wide variety of types according to plant source, such as Green propolis, Red Propolis, Mediterranean Propolis, Poplar Propolis, Birch Propolis, Clusia Propolis and Pacific Propolis. Propolis, which is hard and brittle when cold, is soft and sticky when heated and can be brown, green and red in color. Honeybees use propolis to seal holes in their hives or honeycombs and to protect themselves against pathogens. Propolis is very important for colony welfare due to its detoxifying properties against various bee pathogens. Especially during the rotting in the hive, the growth of bacteria or mold is prevented with propolis and the health of hive is preserved. Plant resin, wax, pollen and essential oils are major components of propolis. The complex chemical content of propolis is closely related to many factors such as plant source, geographic region, harvest season and type of honeybees. There are many compounds with strong

#### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Nazime Mercan Doğan; Pamukkale University, Faculty of Science, Department of Biology, 20100, Denizli-Türkiye.

Geliş (Received) : 16.10.2022

Kabul (Accepted) : 21.11.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

antioxidant activity such as aliphatic and aromatic acids, phenolic esters, fatty acids, alcohols, terpenes, steroids, alkaloids, chrysin, pinocembrin, apigenin, galangin, campherol, quercetin, cinnamic acid, coumaric acid and caffeic acid in the chemical content of propolis. The fact that propolis contains many active ingredients with strong antioxidant effects has also highlighted its tumor inhibitory effect. Today, there is an increase in the death rate due to cancer in the world. For this reason, scientists have focused on searching for new anticancer agents that are effective against cancer. Many scientific reports in the literature showed that propolis plays an important role in suppressing cancer cells. The anticancer activity of propolis on various tumor cells has been proven by *in vivo* and *in vitro* experiments by different cell mechanisms such as apoptosis induction, cell cycle inhibition, anti-angiogenesis effect, antiproliferative effect and prevention of metastasis. In particular, the presence of metabolites with high anticancer capacity, especially artemisinin, caffeic acid and caffeic acid phenethyl ester, has significantly affected cancer research in many ways and have helped researchers develop new strategies in the fight against the cancer. With this review, the importance of propolis in the search for anticancer agents was emphasized.

**Key Words:** Propolis, anticancer effect, chemical compound

## 1. Giriş

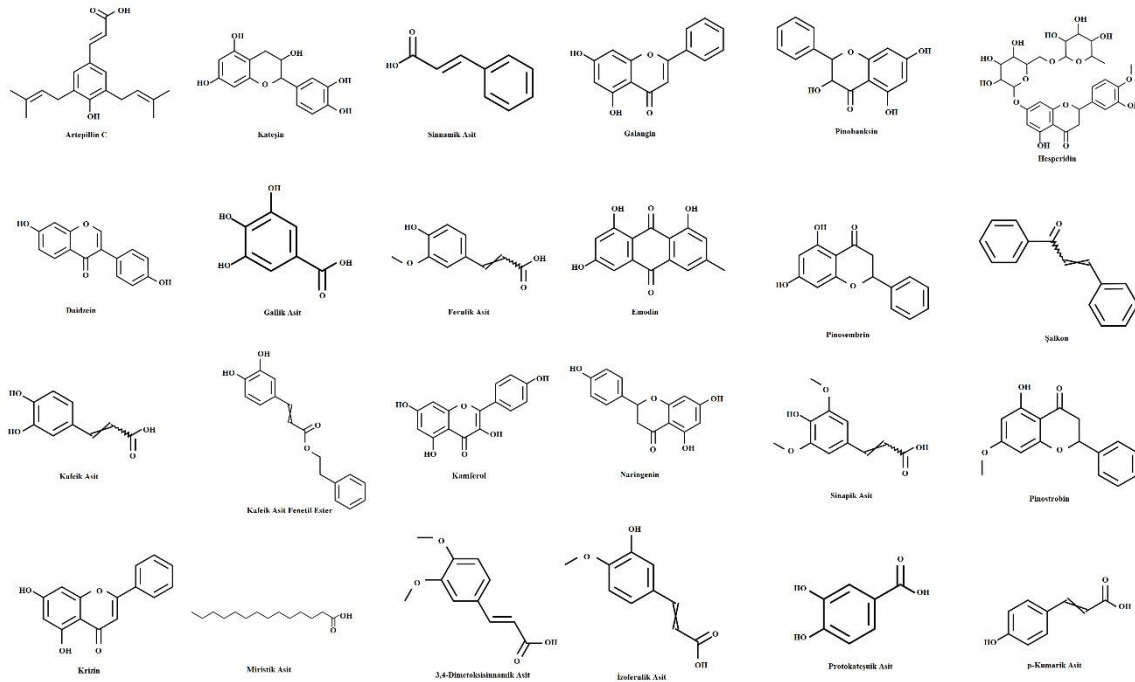
Propolis, arıların farklı bitkisel kaynakların tomurcuk, yaprak ve gövde gibi farklı organlarından salgılanan maddeleri (reçineler) başlarında bulunan salgı bezlerinden salgıladıkları enzimlerle işleyerek oluşturdukları, reçine benzeri kompleks bir üründür. Arılar, propolisi kovanlarındaki ya da peteklerindeki delikleri kapatmak, iç duvarları düzleştirmek ve girişi davetsiz misafirlere karşı korumak için kullanırlar. Sakız anlamına da gelen bu güçlü yapışkan ve reçineli maddenin rengi açık sarıdan koyu kahverengiye kadar değişebilir. Propolisin en az MÖ 300 yılına kadar giden uzun bir kullanım tarihi olduğu bilinir (Ghisalberti, 1979). Propolis gibi tüm arı ürünlerinin güçlü antiseptik, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antioksidan gibi sayılamayacak kadar çeşitli özellikleri, arıların dünyanın her yerinde yayılış göstermelerine neden olmuştur. Ürettikleri bu güçlü savunma silahı olan maddelerin çeşitliliği, onların evrimsel başarısını da sağlamıştır. Arılar kimi maddeleri doğrudan sentezlerken kimilerini doğadaki ham maddeleri dönüştürerek oluşturmuşlardır. Örneğin; arı zehri, balmumu ve arı sütü kimyasal olarak arılar tarafından sentezlenirken bal, polen ve propolis gibi ürünler arıların bitkilerden aldıkları ham maddeleri işlemek suretiyle dönüştürdükleri gıda maddeleridir (Bankova vd., 2018; Nasirli, 2020). Arılar propolisi sadece peteklerini güçlendirmek ve çatlakları kapatmak amacıyla kullanmaz aynı zaman da kovadaki ölü bir arının çürümelerini kolaylaştırmak içinde kullanır. Özellikle kovadaki çürüme sırasında bakteri veya küf gelişimi propolis ile önlenmiş ve böylece kovan sağlığı korunmuş olur. Sözün kısası, birçok arı patojenlerine karşı detoksifikasyon özelliğinden dolayı propolis, koloni refahı için çok önemlidir (Simone vd., 2009; Simone vd., 2017).

Propolis, kanıtlanmış güçlü antioksidan, antimikrobiyal, antibiyofilm ve antikanser etkili aktif birçok bileşik yönünden oldukça zengindir (Nasirli, 2020). Bu nedenle kanser, kalp hastalıkları ve diyabete kadar birçok ciddi hastalıkların tedavisinde kullanılabileceğini rapor eden bilimsel çalışmalar mevcuttur. Bu derlemede, propolisin antikanser potansiyeline odaklanılmış olup, okuyucuların propolis hakkındaki bildiklerinin bilimsel çalışmalarla desteklenmesi amaçlanmıştır. Böylece okuyucu kitlesindeki birey ve toplumsal farkındalık artırılarak, bu tür doğal ürünlerin kaynaklarının ve dünyanın korunmasına belki farklı bir yoldan katkı sunabiliriz.

## 2. Propolisin Kimyasal İçeriği

Propolisin kimyasal özellikleri coğrafi konum, botanik köken ve bal arılarının ırkı ile ilişkili olmakla birlikte propolisin toplandığı yıl, mevsim, hasat yöntemi ve hatta hasat sonrası ham propolisin işlenmesine göre de farklılık gösterir. Arıların farklı yer ve bitkilerden topladığı ürünler değişken olduğundan yerel floradaki özgüllük, propolisin kimyasal bileşimini etkiler. Dolayısıyla propolisin biyolojik ve farmakolojik özellikleri de çok çeşitlidir (Sforcin & Bankova, 2011). Soğukken sert ve kırılğan olan propolis, ısıtıldığında yumuşak ve yapışkandır. Kendisine has aromatik bir kokusu vardır; kahverengi, yeşil ve kırmızı renklerde olabilir. Propolisin kimyasal içeriğinde bitki reçinesi (%50), balmumu (%30), polen (%5) ve uçucu yağlar (%10) baskındır. Geri kalan %5'lik kısmında vitaminler, makro ve mikroelementler, sinamik ve kafeik asit gibi fenolik asitler, çok çeşitli flavonoid grupları, aromatik aldehytlar, terpenler, lignanlar,  $\beta$ -steroidler ve bunların prenile edilmiş türevleri gibi çeşitli kimyasal sınıflar mevcut (Huang vd., 2014; Silva-Carvalho vd., 2015) olup, propolisin kimyasal içeriğinde yer alan bazı bileşenler Şekil 1'de verilmiştir (El-Guendouz vd., 2019). Bitki bileşenlerinin kökenine göre çok çeşitli propolis türü mevcuttur. Örneğin Akdeniz bölgesinde bal arıları Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens*) reçinesini toplar, bu nedenle "Akdeniz propolisi" diterpenler açısından zengindir. "Brezilya Yeşil propolisi", ana kaynak olarak *Baccharis dracunculifolia* reçinesini içeren özel bir propolis türüdür; yoğun olarak fenilpropanoid

ve diterpen türevleri ile klorofil ve az miktarda flavonoid içerir. Küba, Kuzeydoğu Brezilya ve Güneydoğu Meksika’da üretilen ve ana kaynağı papatyagillerin bir üyesi olan *Dalbergia ecastaphyllum* reçinesi olan “Kırmızı Propolis”te pinobanksin, kersetin, pinosembrin ve daidzein gibi flavonoidler baskındır. Bitkisel orijini kavak (*Populus spp.*) olan “Kavak Propolisi” flavanoid olarak flavonlar ve flavanonlar, fenolik asit olarak sinamik asit ve esterleri ile karakterizedir. Bitkisel kaynağı Huş ağacı (*Betula verrucosa* Ehrh.) olan “Huş Propolisi” içeriğinde flavonlar ve flavonoller baskınken “Clusia propolisi” benzofenon türevleri içerir ve *Clusia* sp. çiçek reçinesinden elde edilir. Tropikal bölgelere ait olan “Pasifik propolisi” ise C-prenilflavanon ile karakterizedir (Kocot vd., 2018; Mora vd., 2019; De Oliveira vd., 2019; Zabaïou vd., 2017; Santos vd., 2020; Stojanovic vd., 2020; Forma & Bry’s, 2021). Türk propolisi, 3–4 dimetoksisinamik asit, kateşin, miristik asit, naringenin, protokatesüik asit, sinapik asit, pinostrobin, daidzein, trans-şalkon, hesperidin, trans-3-hidroksisinamik asit, gallik asit, trans-sinamik asit, emodin, kumarik asit gibi fenolik asitlerin yanı sıra krisin, galangin, pinosembrin ve kafeik asit fenetil ester gibi türevleri ve flavonoidler açısından da zengindir (Ozdal vd., 2019; Keskin vd., 2020; Özkök vd., 2021).



Şekil 1. Propolisin kimyasal kompozisyonunda bulunan bazı bileşenler

### 3. Propolisin Antikanser Etkisi

Kanser, tedavi edilmediği takdirde ölümlerle sonuçlanan ciddi bir hastalıktır. İnsanların kansere yakalanmalarının nedenleri tam olarak anlaşılammış olmasına rağmen kalıtsal farklılık, genetik hatalar ve bağışıklık koşulları gibi faktörlerin yanısıra sigara, alkol ve aşırı kilo gibi etkenlerin kansere yakalanma olasılığında önemli rolleri vardır. Kanser tedavisinde cerrahi müdahalelere ek olarak uygulanan kemoterapi ve radyoterapinin farklı toksik etkileri vardır. Bu tedavi sürecinde hastaların yaşam kaliteleri de düşmektedir. Bu nedenle hastalar üzerindeki toksik etkileri azaltmak ve değişken ruh hallerinin oluşmaması için günümüzde çeşitli antioksidan maddeler kullanılarak immünoterapi ile hastaların bağışıklık sistemi güçlendirilmektedir. Bilindiği üzere propolisin güçlü antioksidan (Zhao vd., 2016), antiproliferatif (Demir vd., 2016), antimikrobiyal (Mercan vd., 2006), antibiyofilm (Daikh vd., 2020), antiülser (Klopell vd., 2007), antiviral (Amoros vd., 1992), immünosupresan (Al-Hariri vd., 2019), antitümör (Orsolich & Basic, 2003), antiinflamasyon (Silva vd., 2012) ve kırışıklık önleyici (An vd., 2022) etkisi in vivo ve in vitro bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Kanıtlanmış biyolojik ve farmakolojik etkileri sayesinde insan sağlığını koruma amacıyla takviye ürün olarak gıda sektöründe yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak kullanılmakta ve kanser hastaları için de şiddetle önerilmektedir.

### 3.1. Antioksidan Etkisi

Propolisin biyolojik ve farmakolojik etkisi, içeriğinde bulunan çeşitli bileşiklerin birbiriyle olan etkileşimiyle ilişkilidir. Propolis örneklerinde tanımlanan aktif bileşenler yoğun olarak fenolik bileşikler, benzoik asitler, sinamik asitler, flavonoidler, terpenler ve bunların türevleridir (Şekil 1). Özellikle flavonoidler, polifenolik bileşikler ve kafeik asit fenetil ester (CAPE) propolisin antioksidan aktivitesinden sorumlu ana maddelerdir (Kumazawa vd., 2004; Tsai vd., 2012; Ozdal vd., 2019). Alifatik ve aromatik asitler, fenolik esterler, yağ asitleri, alkoller, terpenler, steroidler, alkaloidler, krisin, pinosembrin, apigenin, galangin, kamferol, kersetin, sinamik asit, o-kumarik asit, p-kumarik asit ve kafeik asit gibi kimyasal bileşiklerin de önemli etkileri olduğu bilinmektedir (Kumazawa vd., 2004; Ahn vd., 2007; Tsai vd., 2012; Hosoya vd., 2021). Örneğin Marmara bölgesinden toplanan propolisin yüksek antioksidan kapasitesi yüksek kafeik asit fenetil ester (CAPE) içeriğiyle ilişkiliyken (Ozdal vd., 2019) Arjantin, Avustralya, Çin, Macaristan ve Yeni Zelanda'dan toplanan propolisin güçlü antioksidan aktivitesi yüksek polifenol ve flavonoid içeriğinden kaynaklanmaktadır (Kumazawa vd., 2004). Ahn vd. (2007), güçlü antioksidan aktiviteye sahip propolis örneklerinde kafeik asit, ferulik asit ve kafeik asit fenetil esterleri gibi güçlü antioksidatif bileşiklerin miktarının yüksek olduğunu, diğer bölgelerden alınan örneklerde bu bileşiklerin bulunmadığını rapor etmişlerdir. Propolisteki flavonoidlerin güçlü antioksidan aktivitesi, bu bileşiklerdeki aromatik bir hidroksil grubunun hidrojen atomlarını ve elektronlarını bir serbest radikale verme yetenekleri ve aromatik halka çift bağ sistemindeki yüklerin delokalizasyon olasılığı ile ilişkili olabilir. Nitekim Tsai ve arkadaşlarına (2012) göre, propoliste yaygın olarak bulunan galangin, krisin ve pinosembrin gibi flavonoidler, oksidatif DNA hasarını indüklenme kapasitesine sahiptir ve bu kapasite hidrojen peroksit üretimi ile ilişkilidir. Propolisteki flavonoidler, süperoksit ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> üretmek için oksijen moleküllerine aktarılan geçiş metal iyonlarından alınan elektronların geçici taşıyıcıları olarak görev yapar. Ancak bu DNA hasarı, amoksisilin gibi başka bir oksidatif ajan ile tehdit edilen hücrelere kıyasla, propolisle tedavi edilen hücrelerde daha düşüktür (Tsai vd., 2012). Fenolik asit ve flavonoidlerin güçlü antioksidan kapasitesi hidrojen vericisi, metal iyon şelasyonu ve süperoksit ve hidroksil radikalleri için bir substrat olarak etki gibi çok farklı mekanizmaları da içerir (Gülçin vd., 2010; Perna vd., 2012; Li vd., 2018). Bu antioksidan özellik, bitki kaynaklı fenolik bileşiklerle yüksek oranda ilişkili olmakla birlikte arı ürünleri çok bileşenli doğal maddelerdir. Fenollere kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda olsalar da propolisin içeriğinde bulunan diğer mineraller, amino asitler, peptitler, proteinler, organik asitler ve enzimler de antioksidatif maddelerdir (Gülçin vd., 2010). Propolisin bu güçlü antioksidatif etkisi, içeriğindeki tüm maddelerin türünü ve konsantrasyonunu belirleyen botanik kaynak, coğrafi ve entomolojik köken ile iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Geniş bitki çeşitliliğine sahip olan ülkemiz açısından değerlendirildiğinde, yerel üretimin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır.

### 3.2. Antianjiyogenez Etkisi

Anjiyogenez, bazıları genetik değişikliklerle ilgili olan, anjiyojenik ve antianjiyogenik faktörler olarak adlandırılan bir dizi kimyasal faktör tarafından indüklenen, önceden var olan kılcal damarlardan yeni kan mikrodamarlarının büyümesini içeren fizyolojik veya fizyopatolojik bir süreçtir (Dornelas vd., 2012). Anjiyogenez, tümör büyümesinde ve metastazda önemli rol oynar ve bu sürecin inhibisyonu önemlidir. Propolisin içerdiği güçlü antioksidan özellikli bileşiklerin aynı zaman da güçlü antianjiyogenik özelliğe sahip olması, bu ürünün kanserlerin ve diğer bazı hastalıkların ilerlemesini önlemede yararlı olabileceğini göstermektedir. Propolis, apoptozu indükleyerek, hücre göçüne ve çoğalmasına yol açarak endotel hücre canlılığını azaltır (Orsoli'c vd., 2004; Borawska vd., 2016). Propolisin antianjiyogenik aktivitesi, başta polifenoller olmak üzere birçok bileşiğin sinerjik etkisiyle ilişkili olduğu düşünülse de, propolisteki bazı bileşiklerin bu aktiviteye ana katkısı olduğu birkaç çalışma ile desteklenmiştir. Özellikle kafeik asit fenetil ester, artemillin C, galangin, kersetin, kamferol, kaffeolkuinik asit türevleri ve ferulenol gibi bileşenler, güçlü antianjiyogenik aktiviteye sahiptir (Ahn vd., 2009; Keshavarz vd., 2009; Chikaraishi vd., 2010; Park vd., 2014; Hosoya vd., 2021). Örneğin, kafeik asit, fare modelinde retinal toksisite olmaksızın retinal endotel hücrelere ve retinal neovaskularizasyona karşı güçlü antianjiyogenik aktiviteye sahiptir ve Vasküler Endotelial Büyüme Faktörü (VEGF) ile indüklenen hücre göçü ile hücrelerin tüp oluşumunu tamamen inhibe edebilmektedir (Kim vd., 2009). Cezayir propolisinde ana bileşen olan ferulenol, Göbek Kordonu Endotel Hücre (HUVEC) kültürü ile inkübasyondan sonra endotelial hücrelerde tüp oluşumunu inhibe etmiş ve apoptozu in vitro olarak indükleyerek antianjiyogenez sergilemiştir (Hosoya vd., 2021).

### 3.3. Antitümör Etkisi

Propolisin çeşitli tümör hücre hatları üzerinde araştırılan in vitro sitotoksik etkisi (Watanabe vd., 2011; Daikh vd., 2020) hayvan modellerinde in vivo olarak da kanıtlanmıştır (Inoue vd., 2008; Mouse vd., 2012). Propolisin tümör

hücreleri üzerine olan bu güçlü etkisi, yaygın olarak apoptoz indüksiyonu, hücre döngüsü inhibisyonu, anti-anjiyogenez etki, antiproliferatif aktivitesi ve metastazın önlenmesi ile ilişkilendirilmiştir (Sforcin & Bankova, 2011; Watanabe vd., 2011; Chan vd., 2013; Patel, 2016). Örneğin, kafeik asit fenetil ester ve artepilin C, antitümör etkisi iyi bilinen propolis bileşenidir; ek olarak krisin, galangin ve kardanolün hem antitümör potansiyeli hem de antiproliferatif aktivitesi dikkat çekicidir (Chan vd., 2013; Demestre vd., 2009; Murray vd., 2006). Propoliste bulunan kafeik asit, kafeik asit fenetil ester ve kuersetin gibi aktif bileşikler, Tümör Nekroz Faktör (TNF-a), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve NO gibi aracı moleküllerin makrofajlardan salınmasına neden olarak tümör hücrelerinin DNA sentezinin inhibisyonu ile tümör hücrelerini yok etmektedir (Orsolio vd., 2004). Lee vd. (2008), kafeik asit fenetil esterinin, matriks metalloproteinaz-2 ve matriks metalloproteinaz-9 ekspresyonunu tamamen ortadan kaldırarak insan hepatoselüler karsinom hücrelerinin (SK-Hep1) yapışma ve istila potansiyelini baskılamasını nükleer faktör kapp B (NFκB)'nin DNA bağlama aktivitesini inhibe etmesiyle ilişkilendirmişlerdir (Lee vd., 2008). Bir başka tümör hücre tipinin araştırıldığı çalışmada ise, kafeik asit fenetil ester ve artepillin C, periferik sinir kılıfı tümörleri olan nörofibromlar üzerine terapötik etkisini onkojenik PAK1 sinyal yollarını bloke etmek suretiyle göstermiştir (Demestre vd., 2009). Türk propolisinin etanol özütü, mitokondriyal membran potansiyelini azaltan pro-apoptotik protein seviyelerini artırarak (p21, Bax, p53, p53-Ser46, ve p53-Ser15), ve spesifik tümör baskılayıcıların (miR-34, miR-15a, ve miR-16-5p) ve onkojenik (miR-21) miRNA'ların ekspresyon seviyelerini değiştirerek apoptotik hücre ölümüne yol açmıştır (Misir vd., 2020).

### 3.4. Metastazi Önleme Etkisi

Metastaz, kanser hücrelerinin kan dolaşımı veya lenf sistemi yoluyla birincil bölgeden ikincil bölgelere hareket etmesi olgusudur. Çeşitli kanser fenotiplerinin doku mikroçevresi, mikroRNA'lar, epigenetik mekanizmalar, p53, VEGF ve Wnt sinyal yolları gibi birçok faktör kanserin ilerlemesine ve metastazına katkıda bulunur (Donehower vd., 2019; Wang & Jiang, 2020; Taciak vd., 2018; Albini vd., 2018; Pilyugin vd., 2014; Dawson & Kouzarides, 2012). Örneğin, PI3K/AKT sinyal yolu, hücre büyümesi, çoğalması, hayatta kalma, kemotaksis, inflamatuvar yanıt ve apoptoz gibi çeşitli hücre aktivitelerini düzenlemek için çok önemlidir (Saini vd., 2013). Bu sinyal yolunu baskılamak için yapılan bir çalışmada, antitümör etkili propolis bileşeni olan galangin ile muamele edilen insan gırtlak kanser hücrelerinin hücre göçünde ve invazyon yeteneğinde azalma gözlenmiş ve PI3K/AKT sinyal yolunun inaktive edildiği rapor edilmiştir (Wang & Tang, 2017). Kafeik asit fenetil esterinin prostat kanseri hücreleri üzerine antimetastaz etkisi, kanonik Wnt sinyal yollarını baskılamak suretiyle gerçekleşmiştir (Tseng vd., 2016). Bilindiği üzere, Wnt sinyal ileti yolu eğer hücre postnatal dönemdeyken aktive olursa kolon, prostat, rahim ve karaciğer kanseri gibi birçok kanser türünün patogenezinin nedeni olur. Bu sinyal yolunun kafeik asit fenetil ester ile baskılanarak prostat kanserinin yayılmasının önlenmesiyle ilişkili bu çalışma oldukça dikkate değerdir. Benzer şekilde, nükleer faktör kapp B (NF-κB), Jun-N-terminal kinaz (JNK), kaspaz-3, aktivatör protein-1 ve tümör nekroz faktörü dahil olmak üzere antitümör aktivitesinde yer alan birçok moleküle birlikte kafeik asit fenetil ester, pankreatik kanser hücrelerinde insan nötrofil elastaz ile doğrudan etkileşime girerek hücre göçünü ve büyümesini de engellemiştir (Duan vd., 2017).

## 4. Sonuç ve Öneriler

Propolis, kanıtlanmış birçok biyolojik ve farmakolojik özelliklerinden dolayı bilimsel çalışmaların önemli konusu olmuştur. İnsan sağlığını koruyabileceği veya güçlendirebileceği düşünüldüğü için sadece ilaç sanayinde değil aynı zaman da gıda sektöründe de yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Propolisin güçlü antioksidan etkili çok sayıda aktif bileşen içermesi, onun tümör gelişimini durdurucu etkisini de ön plana çıkarmıştır. Antikanser etkili karmaşık bir doğal ürün olarak propolisin farklı tip kanser hücrelerinde önemli hücre içi mekanizmalara etkilerini ortaya koyan çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. Günümüzde araştırmacılar, propolisin; hücre içi yollar ve reseptörler, transkripsiyon faktörleri, apoptoz ve hücre döngüsü durması gibi hücre içi metabolik faaliyetleri nasıl etkilediğini anlamaya odaklanmıştır. Propolisin kimyasal bileşimi, büyük ölçüde arı tipine, botanik kaynağa, bölgesel farklılığa, hasat tekniklerine, toprak tipine, mevsim ve iklim değişiklikleri gibi faktörlere bağlı olsa da her propolis tipinin güçlü antikanser etkili kimyasal bileşikler yönünden zengin bir doğal kaynak olduğu şüphe götürmemektedir. Dünyanın farklı bölgelerinden alınan propolis örneklerinde tanımlanmış çok sayıda biyoaktif bileşenin (fenolik bileşikler, benzoik asitler, sinnamik asitler, artepillin C, kafeik asit, flavonoidler, terpenler ve bunların türevleri) varlığı ve bunların güçlü farmakolojik özellikleri bilimsel çalışmalarda rapor edilmiştir. Üstelik son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar, propolisin içeriğinde yeni bileşikler ve eser elementlerin varlığını da göstermektedir. Bununla birlikte literatürde bu bileşenlerle ilgili çok sayıda çalışma olsa da birçok propolis bileşeni üzerinde yeterince detaylı çalışmanın olmadığı da görülmektedir. Özellikle tek tek etkilerin yanı sıra yeni sinerjik etkileşimlerin anlaşılması, kanser tipleri ve mekanizmaların

farklılığı dikkate alındığında doğal ürünlerin kullanımının ve korunmasının önemi bir kez daha anlaşılmaktadır. Özellikle Anadolu'nun eşsiz coğrafyası, iklim ve bitki çeşitliliği dikkate alındığında ülkemiz için daha bilinçli ve kontrollü şekilde endüstriyel üretime geçmek ve kanser gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılacak doğal ürün pazarında yerimizi korumak önemli olacaktır.

### Teşekkür

Bu derleme, Farid Nasirli'nin Yüksek Lisans Tezi'nden türetilmiştir (2019FEBE017).

### Çıkar Çatışması/Çakışması Bildirimi

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

### Kaynaklar

1. Ahn M.R., Kumazawa S., Usui Y., Nakamura J., Matsuka M., Zhu F. & Nakayama T. (2007). Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. *Food Chemistry*, 101, 1383–1392.
2. Ahn M.R., Kunimasa K., Kumazawa S., Nakayama T., Kaji K., Uto Y., Hori H., Nagasawa H. & Ohta T. (2009). Correlation between antiangiogenic activity and antioxidant activity of various components from propolis. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(5), 643–651.
3. Albin A., Bruno A., Noonan D. M. & Mortara L. (2018). Contribution to Tumor Angiogenesis From Innate Immune Cells Within the Tumor Microenvironment: Implications for Immunotherapy. *Frontiers in Immunology*, 9, 527.
4. Al-Hariri M. (2019). Immune's-boosting agent: Immunomodulation potentials of propolis. *Journal of Family & Community Medicine*, 26(1), 57–60.
5. Amoros M., Sauvager F., Girre L. & Cormier M. (1992). In vitro antiviral activity of propolis. *Apidologie*, 23, 231-240.
6. An J.Y., Kim C., Park N.R., Jung H.S., Koo T.S., Yuk S.H., Lee E.H. & Cho S.H. (2022). Clinical Anti-aging Efficacy of Propolis Polymeric Nanoparticles Prepared by a Temperature-induced Phase Transition Method. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 00:1–12.
7. Bankova V., Popova M. & Trusheva B. (2018). The phytochemistry of the honeybee. *Phytochemistry*, 155, 1-11.
8. Borawska M.H., Naliwajko S.K., Moskwa J., Markiewicz-Żukowska R., Puścion-Jakubik A. & Soroczyńska J. (2016). Anti-proliferative and anti-migration effects of Polish propolis combined with *Hypericum perforatum* L. on glioblastoma multiforme cell line U87MG. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16, 367.
9. Chan G.C., Cheung K.W. & Sze D.M. (2013). The immunomodulatory and anticancer properties of propolis. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 44(3), 262–273.
10. Chikaraishi Y., Izuta H., Shimazawa M., Mishima S. & Hara H. (2010). Angiostatic effects of Brazilian green propolis and its chemical constituents. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(4), 566–575.
11. Daikh A., Segueni N., Dogan N.M., Arslan S., Mutlu D., Kivrak I., Akkal S. & Rhouati S. (2020). Comparative study of antibiofilm, cytotoxic activity and chemical composition of Algerian propolis. *Journal of Apicultural Research*, 59(2), 160–169.
12. Dawson M.A. & Kouzarides T. (2012). Cancer epigenetics: from mechanism to therapy. *Cell*, 150(1), 12–27.
13. Demestre M., Messerli S.M., Celli N., Shahhossini M., Kluwe L., Mautner V. & Maruta H. (2009). CAPE (caffeic acid phenethyl ester)-based propolis extract (Bio 30) suppresses the growth of human neurofibromatosis (NF) tumor xenografts in mice. *Phytotherapy Research: PTR*, 23(2), 226–230.
14. Demir S., Aliyazicioglu Y., Turan I., Misir S., Mentese A., Yaman S.O., Akbulut K., Kilinc K. & Deger O. (2016). Antiproliferative and proapoptotic activity of Turkish propolis on human lung cancer cell line. *Nutrition and Cancer*, 68(1), 165–172.
15. De Oliveira Reis J.H., de Abreu Barreto G., Cerqueira J.C., dos Anjos J.P., Andrade L.N., Padilha F. F., Druzian J.I. & MacHado B.A.S. (2019). Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. *PLoS One*, 14, 0219063.
16. Donehower L.A., Soussi T., Korkut A., Liu Y., Schultz A., Cardenas M., Li X., Babur O., Hsu T.K., Lichtarge O., Weinstein J.N., Akbani R. & Wheeler D.A. (2019). Integrated Analysis of TP53 Gene and Pathway Alterations in The Cancer Genome Atlas. *Cell Reports*, 28(5), 1370–1384.e5.

17. Dornelas C.A., Fechine-Jamacaru F.V., Albuquerque I.L., Magalhães H.I.F., Dias T.A., Faria M.H.G., Alves M.K.S., Rabenhorst S.H.B., de Almeida P.R.C., de Lemos T.L.G., de Castro J.D.V., Moraes M.E.A. & Moraes M.O. (2012). Angiogenesis inhibition by green propolis and the angiogenic effect of L-lysine on bladder cancer in rats. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 27(8), 529.
18. Duan J., Xiaokaiti Y., Fan S., Pan Y., Li X. & Li X. (2017). Direct interaction between caffeic acid phenethyl ester and human neutrophil elastase inhibits the growth and migration of PANC-1 cells. *Oncology Reports*, 37(5), 3019–3025.
19. El-Guendouz S., Lyoussi B. & Miguel M.G. (2019). Insight on Propolis from Mediterranean Countries: Chemical Composition, Biological Activities and Application Fields. *Chemical & Biodiversity*, 16(7):e1900094. doi: 10.1002/cbdv.201900094.
20. Forma E. & Bry's M. (2021). Anticancer Activity of Propolis and Its Compounds. *Nutrients*, 13, 2594. <https://doi.org/10.3390/nu13082594>.
21. Ghisalberti E. L. (1979). Propolis: A review. *Bee World*, 60, 59-84.
22. Gülçin I., Bursal E., Sehitoglu M.H., Bilsel M. & Gören A.C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2227–2238.
23. Hosoya T., Tsuchiya I., Ohta T., Benhanifia M. & Kumazawa S. (2021). Composition of Algerian Propolis, Plant Origin, and Its Antiangiogenic Activity In Vitro. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(21), 6510.
24. Huang S., Zhang C. P., Wang K., Li G.Q. & Hu F.L. (2014). Recent Advances in the Chemical Composition of Propolis. *Molecules*, 19, 19610-19632.
25. Inoue K., Saito M., Kanai T., Kawata T., Shigematsu N., Uno T., Isobe K., Liu C.H. & Ito H. (2008). Anti-Tumor Effects of Water-Soluble Propolis on a Mouse Sarcoma Cell Line In Vivo and In Vitro. *The American Journal of Chinese Medicine*, 36(3), 625–634.
26. Keshavarz M., Mostafaie A., Mansouri K., Shakiba Y. & Motlagh H.R. (2009). Inhibition of corneal neovascularization with propolis extract. *Archives of Medical Research*, 40(1), 59–61.
27. Keskin S., Yatanaslan L. & Karlidağ S. (2020). Chemical characterization of propolis samples collected from different provinces of Anatolia. Uludağ. *Aricılık Dergisi*. 20, 81–88.
28. Kim J.H., Lee B.J., Kim J.H., Yu Y.S. & Kim K.W. (2009). Anti-angiogenic effect of caffeic acid on retinal neovascularization. *Vascular Pharmacology*, 51(4), 262-267.
29. Klopell F.C., Lemos M., Sousa J.P., Comunello E., Maistro E.L., Bastos J.K. & de Andrade S.F. (2007). Nerolidol, an antiulcer constituent from the essential oil of *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae). *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of Biosciences*, 62(7-8), 537–542.
30. Kocot J., Kielczykowska M., Luchowska-Kocot D., Kurzepa J. & Musik I. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: Possible medical application. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, 2018, 7074209.
31. Kumazawa S., Hamasaka T. & Nakayama T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, 84, 329–339.
32. Lee K.W., Kang N.J., Kim J.H., Lee K.M., Lee D.E., Hur H.J. & Lee H.J. (2008). Caffeic acid phenethyl ester inhibits invasion and expression of matrix metalloproteinase in SK-Hep1 human hepatocellular carcinoma cells by targeting nuclear factor kappa B. *Genes & Nutrition*, 2(4), 319–322.
33. Li Q.Q., Wang K., Marcucci M.C., Sawaya A.C.H.F., Hu L, Xue X.F., Wu L.M. & Hu F.L. (2018). Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *Journal of Functional Foods*, 49, 472–484.
34. Mercan N., Kivrak İ., Duru M.E., Katircioglu H., Gulcan S., Malcı S., Acar G. & Salih B. (2006). Chemical composition effects onto antimicrobial and antioxidant activities of propolis collected from different regions of Turkey. *Annals of Microbiology*, 56(4), 373-378.
35. Misir S., Aliyazicioglu Y., Demir S., Turan I. & Hepokur C. (2020). Effect of Turkish Propolis on miRNA Expression, Cell Cycle, and Apoptosis in Human Breast Cancer (MCF-7) Cells. *Nutrition and Cancer*, 72(1), 133–145.
36. Mora D.P.P., Santiago K.B., Conti B.J., de Oliveira Cardoso E., Conte F.L., Oliveira L.P.G., de Assis Golim M., Uribe J.F.C., Gutiérrez R.M., Buitrago M.R., Popova M., Trusheva B., Bankova V., García O.T. & Sforcin J.M. (2019). The chemical composition and events related to the cytotoxic effects of propolis on osteosarcoma cells: A comparative assessment of Colombian samples. *Phytotherapy Research*, 33(3), 591–601.
37. Mouse H.A., Tilaoui M., Jaafari A., M'barek L.A., Aboufatima R., Chait A. & Zyad A. (2012). Evaluation of the in vitro and in vivo anticancer properties of Moroccan propolis extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 22(3), 558-567.

38. Murray T.J., Yang X. & Sherr D.H. (2006). Growth of a human mammary tumor cell line is blocked by galangin, a naturally occurring bioflavonoid, and is accompanied by down-regulation of cyclins D3, E, and A. *Breast Cancer Research: BCR*, 8(2), R17.
39. Nasirli F. (2020). Propolis Alt Fraksiyonlarının Antibiyofilm ve Antikanser Etkilerinin Aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale University Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 109.
40. Orsolić N. & Basić I. (2003). Immunomodulation by water-soluble derivative of propolis: a factor of antitumor reactivity. *Journal of Ethnopharmacology*, 84(2-3):265-273. doi: 10.1016/s0378-8741(02)00329-x.
41. Orsolić N., Knezević A.H., Sver L., Terzić S. & Basić I. (2004). Immunomodulatory and antimetastatic action of propolis and related polyphenolic compounds. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2-3), 307–315.
42. Ozdal T., Ceylan F.D., Eroglu N., Kaplan M., Olgun E.O. & Capanoglu E. (2019). Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 122, 528–536.
43. Özkök A., Keskin M., Samancı A.E.T., Önder E.Y. & Takma Ç. (2021). Determination of antioxidant activity and phenolic compounds for basic standardization of Turkish propolis. *Applied Biological Chemistry*, 64, 37.
44. Park S.I., Ohta T., Kumazawa S., Jun M. & Ahn M.R. (2014). Korean propolis suppresses angiogenesis through inhibition of tube formation and endothelial cell proliferation. *Natural Product Communications*, 9(4), 555–560.
45. Patel S. (2016). Emerging Adjuvant Therapy for Cancer: Propolis and its Constituents. *Journal of Dietary Supplements*, 13(3), 245–268.
46. Perna A., Simonetti A., Intaglietta I., Sofo A. & Gambacorta E. (2012). Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International Journal of Food Science and Technology*, 1909–1917.
47. Pilyugin M. & Irminger-Finger I. (2014). Long non-coding RNA and microRNAs might act in regulating the expression of BARD1 mRNAs. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 54, 356-367.
48. Saini K.S., Loi S., de Azambuja E., Metzger-Filho O., Saini M.L., Ignatiadis M., Dancey J.E. & Piccart-Gebhart M.J. (2013). Targeting the PI3K/AKT/mTOR and Raf/MEK/ERK pathways in the treatment of breast cancer. *Cancer Treatment Reviews*, 39(8), 935–946.
49. Santos L.M., Fonseca M.S., Sokolonski A.R., Deegan K.R., Araújo R.P., Umsza-Guez M.A., Barbosa J.D., Portela R.D. & Machado B.A. (2020). Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4), 1369–1382.
50. Sforcin J.M. & Bankova V. (2011). Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 253-260.
51. Silva-Carvalho R., Baltazar F. & Almeida-Aguiar C. (2015). Propolis: A Complex Natural Product with a Plethora of Biological Activities That Can Be Explored for Drug Development. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 1-29.
52. Silva J.C., Rodrigues S., Feás X. & Estevinho L.M. (2012). Antimicrobial activity, phenolic profile and role in the inflammation of propolis. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 50(5), 1790–1795.
53. Simone M., Borba R.S., Wilson M. & Spivak M. (2017). Propolis Counteracts Some Threats to Honey Bee Health. *Insects*, 8(2), 2-20.
54. Simone M., Evans J.D. & Spivak M. (2009). Resin Collection and Social Immunity in Honey Bees. *The Society for the Study of Evolution*, 3 (11), 3016-3022.
55. Stojanović S.T., Najman S.J., Bogdanova-Popov B. & Najman S.S. (2020). Propolis: Chemical composition, biological and pharmacological activity—A Review. *Acta Medica Medianae*, 59, 108–113.
56. Taciak B., Pruszyńska I., Kiraga L., Bialasek M. & Krol M. (2018). Wnt signaling pathway in development and cancer. *Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*, 69(2), 10.26402/jpp.2018.2.07.
57. Tsai Y.C., Wang Y.H., Liou C.C., Lin Y.C., Huang H. & Liu, Y.C. (2012). Induction of oxidative DNA damage by flavonoids of propolis: its mechanism and implication about antioxidant capacity. *Chemical Research in Toxicology*, 25(1), 191–196.
58. Tseng J.C., Lin C.Y., Su L.C., Fu H.H., Yang S.D. & Chuu C.P. (2016). CAPE suppresses migration and invasion of prostate cancer cells via activation of non-canonical Wnt signaling. *Oncotarget*, 7(25), 38010–38024.
59. Wang H.X. & Tang C. (2017). Galangin suppresses human laryngeal carcinoma via modulation of caspase-3 and AKT signaling pathways. *Oncology Reports*, 38(2), 703–714.



60. **Wang M. & Jiang X. (2020).** SUMOylation of vascular endothelial growth factor receptor 2 inhibits the proliferation, migration, and angiogenesis signaling pathway in non-small cell lung cancer. *Anti-cancer Drugs*, 31(5), 492–499.
61. **Watanabe M.A., Amarante M.K., Conti B.J. & Sforcin J.M. (2011).** Cytotoxic constituents of propolis inducing anticancer effects: a review. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 63(11), 1378–1386.
62. **Zabaiou N., Fouache A., Trousson A., Baron S., Zellagui A., Lahouel M. & Lobaccaro J.A. (2017).** Biological properties of propolis extracts: Something new from an ancient product. *Chemistry And Physics of Lipids*, 207(Pt B), 214–222.
63. **Zhao L., Pu L., Wei J., Li J., Wu J., Xin Z., Gao W. & Guo C. (2016).** Brazilian Green Propolis Improves Antioxidant Function in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5), 498.

# İSTANBUL GENELİ ALTYAPI ELEMANLARININ ARTIRILMIŞ GERÇEKLİKLE GÖRÜNTÜLENMESİNİN ŞEHİRCİLİK VE KENT PLANLAMASINA ETKİSİ

Semanur Torlak<sup>1</sup>, Serhat Anıktar<sup>1</sup>, Erdem Köymen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34303, İSTANBUL

## Öz

Şehirleşmenin hızlı artışıyla oluşan yapılaşmanın sürdürülebilirliği için altyapı sistemlerinin de düzenli olması gerekmektedir. Buna karşın Türkiye'deki yeraltı hatlarının düzenli bir şekilde ve belli standartlara uygun olarak dijital ortamda bulunmaması bu konuda bilgi kirliliğine neden olmaktadır. Bu belirsizlik ortamı kurum içi ya da kurumlar arası bilgi bütünleşmesinin sağlanamamasına neden olmuş, altyapıyla ilgili çalışmalarda özellikle İstanbul kapsamında çeşitli sorunlar oluşturarak, hizmet kalitesinde düşüklüğe yol açmıştır. Örneğin sürekli devam eden altyapı kazı sirkülasyonu gibi faaliyetler özellikle İstanbul'un trafik yoğunluğunu arttırmakta ve birbirine zarar veren altyapı çalışmaları ise çeşitli iş kazaları ve ölümlerle sonuçlanmaktadır. Bunun yanında mükerrer kazıların artması ile aynı yerin defalarca kazılıp asfaltlanması ekonomiye külfet getirmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde mevcut durumdan bahsedilerek çalışmanın amacına değinilmiştir. İkinci bölümde şehircilik ve kent planlamasının tanımları, İstanbul il sınırları içerisinde hizmet veren elektrik, su, doğalgaz ve telekomünikasyon sistemleri ve altyapı kurumları arası yasal dayanaklar incelenmiştir. Üçüncü bölümde kurumlar arası koordinasyon, mevcut sistemin işleyişi ve altyapıdaki teknik eksikliklerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde; çalışmamızın temelini oluşturan Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi irdelenmiş olup kazısız görüntüleme yöntemlerinden olan GPR teknolojisine değinilmiş, sahada gözlemlenen mevcut sorunlar analiz edilmiştir. Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümde ise hedeflenen; "Sağlıklı ve Güvenli Altyapı" fikrinin oluşmasında kazısız görüntüleme yöntemleri ile elde edilen altyapı verilerinin ilgili teknolojiyle kıymetlendirilmesini esas alan bir yazılım ile kentsel planlama ve şehircilik yolunda önemli işlem kolaylığı sağlayacağı öngörüsünde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Altyapı, artırılmış gerçeklik, kentsel planlama.

## THE EFFECT OF IMAGING INFRASTRUCTURE ELEMENTS WITH AUGMENTED REALITY ON URBAN AND URBAN PLANNING IN GENERAL OF ISTANBUL

### Extended Abstract

Infrastructure systems should also be regular for the sustainability of the construction that occurs with the rapid increase of urbanization. On the other hand, the fact that the underground lines in Turkey are not regularly and in accordance with certain standards in the digital environment causes information pollution in this regard. This environment of uncertainty has caused the inability to integrate information within or between institutions, creating various problems in infrastructure studies, especially within the scope of Istanbul, leading to a decrease in service quality. For example, activities such as continuous infrastructure excavation circulation increase the traffic density of Istanbul, and infrastructure works that harm each other result in various occupational accidents and deaths. In addition, the increase in repeated excavations and the dug and asphaltting of the same place repeatedly bring a burden to the economy. In the first part of the study, the current situation was mentioned and the purpose of the study was mentioned. In the second part, the definitions of urbanism and urban planning, electricity, water, natural gas and telecommunication systems serving within the borders of Istanbul and the legal basis between infrastructure institutions are examined. In the third chapter, inter-institutional coordination, the functioning of the existing system and technical deficiencies in the infrastructure are mentioned. In the fourth chapter; Augmented Reality Technology, which forms the basis of our study, is examined, GPR technology, which is one of the trenchless imaging methods, is mentioned, and the current problems observed in the field are analyzed. In the 5th chapter, which is the last part of the study; targeted; In the formation of the idea of "Healthy and Safe Infrastructure", it has been predicted that a software based on the evaluation of the infrastructure data obtained by trenchless imaging methods with the relevant technology will provide significant ease of operation in the way of urban planning and urbanism.

**Keywords:** Infrastructure, augmented reality, urban planning

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Dr. Erdem Köymen, İstanbul Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34303 İstanbul, Türkiye.  
e-posta: erdem.koymen@izu.edu.tr

Geliş (Received) : 07.10.2022

Kabul (Accepted) : 23.11.2022

Basım (Published) : 31.12.2022

## 1. Giriş-Amaç

Gelişen teknoloji ve sanayileşme çalışmaları kırsal nüfusun kentlere doğru hareketlenmesine yol açmıştır. Nüfusu hızla artan kentlerde oluşan yapı stoku ihtiyacından hareketle sistemsel ve teknik altyapının da yetersiz kaldığı görülmüştür. Teknik altyapı elemanlarının yeraltına düzenli ve sistemsel bir şekilde yerleştirilmediğinden ve hatların konum bilgilerinin kurumlarda mevcutta bulunmamasından kaynaklı olası bir teknik aksaklıkla veya yeni yatırım projelerinin hayata geçirilmesi noktasında sorunlar oluştuğu gözlemlenmiştir. Teknolojik veri altyapısının belirli kurallar çerçevesinde sanal ortama entegre edilmesini ve artırılmış gerçeklikle görsel zenginlik kazandırılmasını konu alan bir yazılım sayesinde; altyapı elemanlarına ait öznitelik verilerinin ulaşılabilirliği artarken imal edilen altyapı elemanlarının konumsal doğruluğunun aynı oranda yükselmesini sağlanacağı düşünülmektedir.

Şehirleşmenin hızla artmasından kaynaklı oluşan nüfus odaklı karmaşık yapıların sağlıklı sürdürülebilirliği için altyapı sistemlerinin kusursuza yakın olması gerekmektedir. Kamusal hizmet bakımından altyapının büyük önem taşıdığı bu zamanlarda, sorunların temeline inmek için sistematik bir altyapı modelinin oluşturulması gerekmektedir. Bu çerçevede; altyapı bileşenlerinin incelenmesi, yapım, bakım ve bütünsel olarak değerlendirilebilmesi sistematik modelin oluşturulmasında büyük önem arz edeceği öngörülmektedir (BİMTAŞ, 2019).

Kentlerde süre gelen üst yapı çalışmalarının mevcut nüfus dikkate alınarak altyapı ile paralel devam etmemesi kent yaşamını olumsuz etkilemektedir. Kentin mevcut ihtiyaçları göz önüne alınarak üst yapı ve altyapının birbirine entegre ve koordinasyon içerisinde yürütülmesinin gerektiği düşünülmektedir (İBB, 2019).

### 1.1. Mevcut Durum

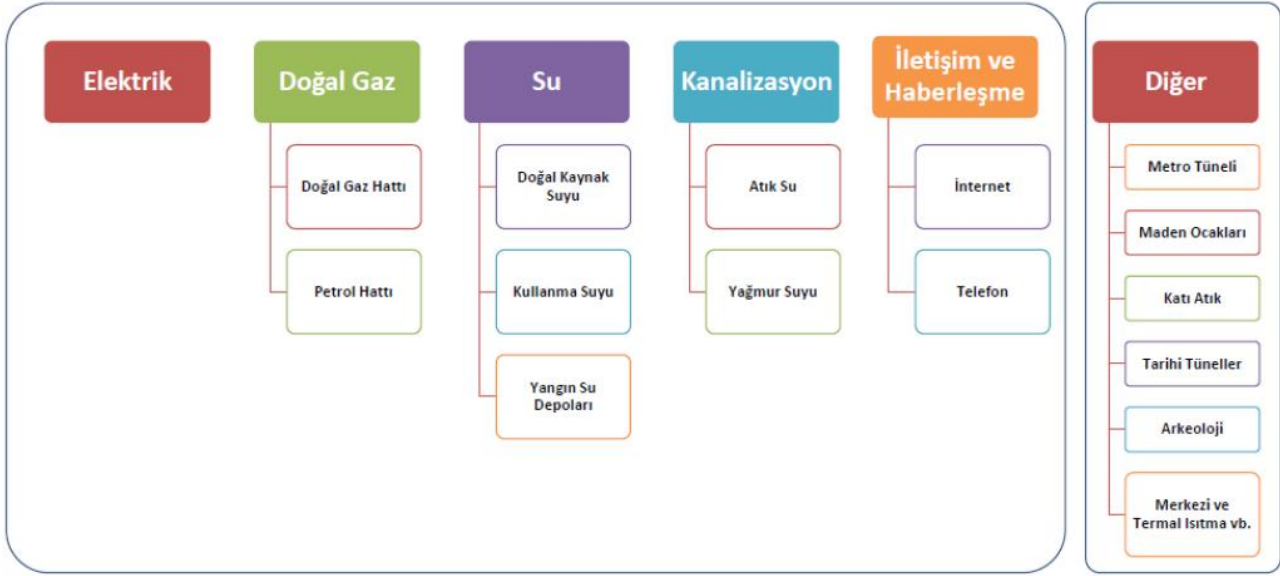
Yerleşim yerlerinin temel ihtiyaçları olan su, kanalizasyon, yağmur suyu vb. hizmetler teknolojinin gelişmesi sonucu ortaya çıkan ulaşım, haberleşme, arıtım ve ısınma gibi ihtiyaçlar için yapılan tesislerdir ve genellikle yer altında konumlandırılırlar. Bu tesislerin amacı; bireylerin yaşam kalitelerini arttırmak, birbirleri ve çevre ile olan iletişimlerini daha mümkün kılmak, yeni yapılacak olan yerleşim alanlarına su, elektrik, doğalgaz ve telekomünikasyon gibi hizmetleri ulaştırmaktır. Günümüzde kent yaşamında birçok farklı nedenden kaynaklı altyapı yatırımlarının birbiriyle koordinasyon ve bütünleşmesi noktasında çeşitli sorunlar oluşmaktadır. Altyapı tesislerinin imalatını yapan kurumların (su, elektrik, doğalgaz, telekomünikasyon vb.) mevcut altyapı elemanlarının konumsal doğruluklarının minimum düzeyde olması, arıza ve yatırım çalışmalarında farklı altyapı tesislerine zarar verilmesi, altyapı kurumlarının yatırımları konusunda birbirinden haberdar olmaması buna karşın belirli lokasyonlarda (özellikle ana arterlerde) sürekli altyapı çalışmasının devam etmesi başlıca sorunlar arasına girmektedir. Sürekli devam eden bu altyapı kazı sirkülasyonunun özellikle İstanbul için trafik yoğunluğunu maksimum seviyeye çıkarması ve birbirine zarar veren altyapı çalışmalarının iş kazası ve ölümle sonuçlanması bu durumun tehlikesini ve önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Türkiye’de yeraltı hatlarının; günlük yaşamı aksatmadan düzenli bir şekilde aynı zamanda kaynakları verimli ve ekonomik olarak kullanarak hizmetlerini gerçekleştirilmesi için etkin ve planlı bir koordinasyon gerekmektedir. Büyükşehirlerde altyapı ve üst yapının yenileme, yapım, bakım-onarım çalışmalarının planlı bir şekilde yapılması; mükerrer kazıların, zaman ve kaynak israfının, araç ve yaya trafiğinde oluşabilecek olası gecikmelerin önüne geçilmesi ve teknik altyapı çalışmalarının devamı sırasında vatandaşların günlük rutin hayatlarını sorunsuz bir şekilde devam ettirmesi büyük önem arz etmektedir (Yumrutaş, 2014).

## 2. Şehircilik, Kent Planlaması ve İstanbul Teknik Altyapısı

Şehircilik; bir yaşam alanının kurulması, güzelleştirilmesi ve daha fonksiyonel hale getirilmesinin amaçlandığı bir öngörü olarak tanımlanabilir. İçinde bulunduğumuz yüzyılın başlarında şehircilik problemlerinin yerel olmadığı ve şehirlerin devamlı gelişme halinde olan organik parçalarla canlı bir bütün teşkil ettiği ve şehirdeki sosyal, ekonomik ve politik akımların şehircilik için çok etkili olduğu hissedilmeye başlanmıştır. Günümüz şehirciliğinin gelişimiyle mevcut problemlerden farklı birçok sorunda gündeme gelmiştir. Şehircilik, içinde altyapının da olduğu birçok fonksiyonu barındıran bir olgu olması sebebiyle temel anlamda teknik altyapı elemanlarının kaotik bir yapıya sahip olması doğrudan bu duruma ters yönlü bir ivme kazandırmaktadır (URL-1, 2021).

Kent planlaması ise; zaman içerisinde toplumda meydana gelen ekonomik, demografik, sosyo-kültürel ve çevresel birçok faktörü harmanlayıp yeni yerleşim biçimlerinin gelişimini sağlar. Aynı zamanda kent planlaması kentin sanayileşmeden kaynaklanan sorunlarına da eğilerek bu sorunlara farklı bir bakış açısı getirmek için mevcut dinamikleri bilimsel ölçütlerle araştırır, tahmin eder ve öngöründe bulunur (Sancar vd., 2014).



Şekil 1. Altyapı bileşenleri

Altyapı; Şekil 1’de de gösterildiği üzere içme suyu ve kanalizasyon projeleri, elektrik, doğalgaz, telefon, kablolu televizyon bağlantı hatları, telekomünikasyon projeleri, termal ısınma ve enerji besleme projeleri gibi genel olarak yer altından geçebilecek bütün tesisler ile metro projeleri, raylı toplu taşıma sistemleri, yollar ve kaplamaları ifade eder.

## 2.1. İstanbul Geneli Teknik Altyapı Bileşenleri, Kurumlar ve Planlama



Şekil 2. İstanbul teknik altyapısı

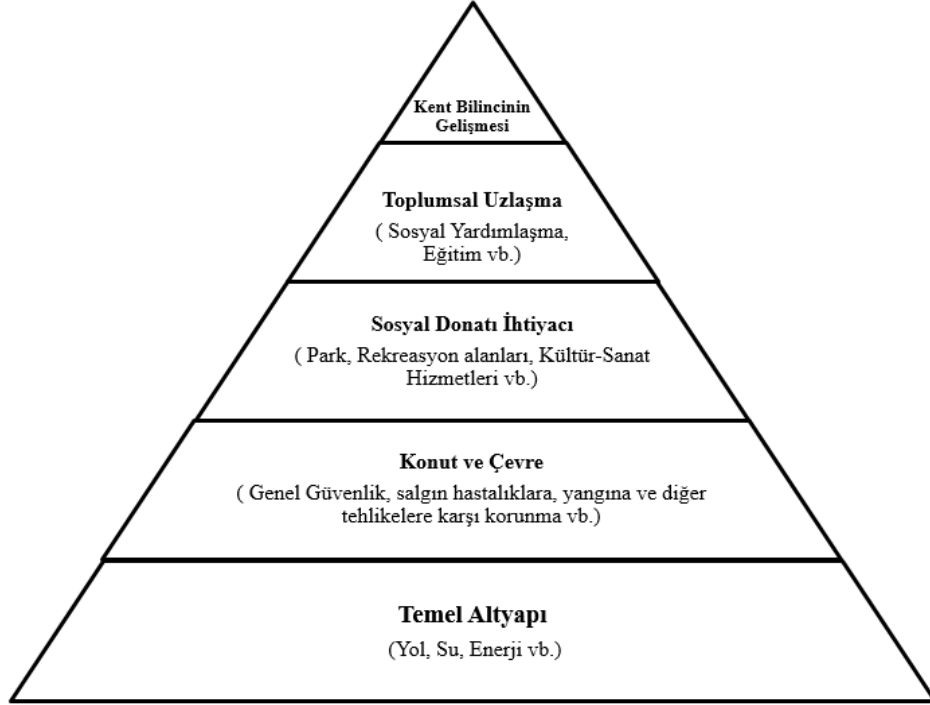
İstanbul özelinde teknik altyapı kuruluşlarından bazıları Şekil 2’de gösterilmiştir. İçme suyu ve atık su konusunda İSKİ, elektrikte İstanbul Avrupa yakası için BEDAŞ, Anadolu yakası için ise AYEDAŞ hizmet vermektedir. Doğalgaz teknik altyapısı İGDAŞ Genel Müdürlüğü uhdesinde gerçekleşirken, Telekomünikasyon ve Haberleşme de ise Türk Telekom, Vodafone, Superonline vb. özel şirketler bu işi üstlenmektedir.

İstanbul hızlı büyüyen ve mevcut yaşam alanları dâhil her noktasında gelişme kaydedilen bir şehir olması sebebi ile İstanbul sorunlarına yönetim kademesi tarafından hızlı çözüm üretilmeye çalışılmaktadır. Bu hız gereksinimi de planlama, projelendirme ve uygulama aşamalarında dikkat edilememesi halinde kalıcı sorunlara neden olabilmektedir.

Özellikle kent içinde her bir altyapı bileşeninin diğer altyapı bileşenleriyle de etkileşim içinde olması planlama ve uygulama faaliyetlerini zorlaştırabilmektedir. Elektrik, su, telekomünikasyon ve doğalgaz hatlarının birçok noktada birbirleriyle kesişmesi sebebiyle hatlara müdahale noktasında yaşanan zorluklardan dolayı standart dışı uygulamaların yapılması, ortak bir yatırım programına bazı sebeplerden ötürü uyulmamasından kaynaklı mükerrer kazaların artması buna mukabil aynı yerin defalarca kazılıp asfaltlanmasının ekonomiye verdiği külfet ve bunun gibi birçok sorunu bertaraf edebilmek için lokal çözümlerin üretilmesi gerekebilmektedir. İstanbul gibi coğrafyası zor ve kalabalık bir şehirde yıllar boyunca edinilmiş tecrübeler ve yetkinlikler ile yaşanan zorluklara karşı pratik ve hızlı çözümlerin üretilmesi önem arz etmektedir.

## 2.2. Kentsel Altyapı Tesisleri ve Planlama

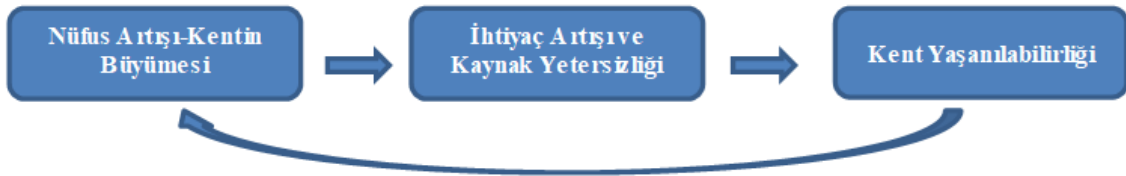
Şehirlerin adeta hayat damarları olarak nitelendirebileceğimiz altyapı elemanları; önceleri birkaç teknik altyapıdan oluşuyorken teknolojinin gün geçtikçe insan yaşamını daha etkin, kolay, sağlıklı ve rahat olmasını hedeflemesinden hareketle gelişmiş ve nitelikleri de bu ölçüde artmıştır (Karataş & Demir, 2005).



Şekil 3. Kentsel Gereksinim Piramidi

Şekil 3'deki Kentsel Gereksinim Piramidi'nden de yola çıkacak olursak; altyapı kalitesinin etkisini kentin gelişmişliği ile sınırlandırmak doğru olmamakla birlikte bir milletin ekonomik gelişmişliği ve refah seviyesinin de altyapı kalitesiyle doğru orantılı olduğunu söylemek pek tabii isabetli olacaktır. Kentsel gereksinimde piramidin tabanını temel altyapı oluşturmaktadır. Altyapı sistemi oluşmamış bir kentin konut ve çevre kalitesi istenilen düzeyde olmayacak akabinde yaşam alanlarının sosyal donatı ihtiyacı tamamlanamazken toplumsal uzlaşma (sosyal yardımlaşma, eğitim) da eksik kalacaktır.

Kentsel teknik altyapı tesislerini oluşturan; içme suyu, atık su, elektrik, havagazı, doğalgaz, telekomünikasyon, merkezi ısıtma, hafif raylı toplu taşıma ve metro projeleri, termal ısınma ve enerji besleme projeleri vb. tesislerin fiziksel planlamaları yapılırken olası ihtimaller göz önüne alınarak gerçekçi veriler ışığında imalat ömrü süresince yeterli olacak kapasitede projelendirilip hayata geçirilmesi gerekmektedir (İSBAK, 2017).

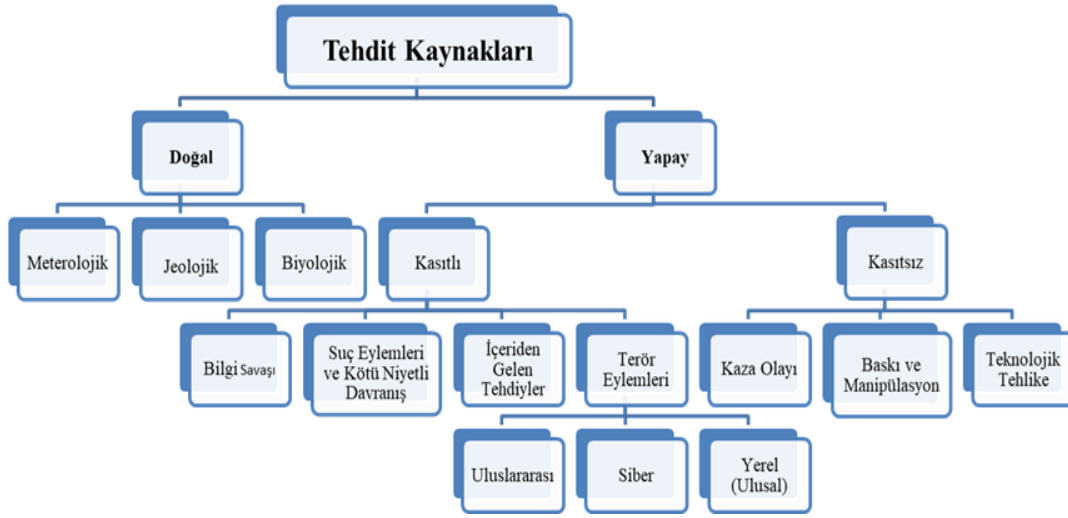


Şekil 4. Altyapı ihtiyacı / Kent gelişimi

Yapılacak bu planlamalara yön veren en önemli parametreler; gelecekteki nüfus tahminleri, sosyal gelişme, sanayileşme hareketleri, iç-dış göç kapasitesi, sosyal donatı alanları, olası gerçekleşebilecek doğal afetler vb. olmakla birlikte bu çalışmanın başarılı olması bahsedilen bu parametrelerin doğru analizi ile mümkün olabilir (Şekil 4).

Kentsel altyapı tesisleri bütünü oluşturan altyapı elemanlarının büyük bir bölümünü oluşturması ve bu bağlamda ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının farklı paydaşlarla, meslek adamlarıyla ve vatandaşlarla entegreli çalışmalar yapması birçok noktada koordinasyon eksikliklerini gündeme getirmiştir. Bu tesisleri kapsamlı olarak ele alan mekânsal kararlar oluşturulurken altlık olarak şehir planları ve yasal düzenlemeler hazırlanmıştır. Bu sayede altyapı, üstyapıyla entegre olmuş ve üstyapının oluşumu, devamlılığı ve gelişimi için altyapı bir ön koşul olarak aranmıştır.

### 2.3. Altyapı Güvenliği



Şekil 5. Altyapı tehdit kaynakları

Şekil 5’de de gösterildiği üzere, kentsel altyapıda tehdit kaynakları temel olarak iki kısma ayrılır. Bunlar Doğal ve İnsan Kaynaklı tehditlerdir. Doğal Tehditler; meteorolojik, jeolojik ve biyolojik olmak üzere 3 ana başlık altında toplanırken, İnsan Kaynaklı Tehditler; Kasıtlı ve Kasıtsız olarak ikiye ayrılır. Kasıtlı tehditler; Bilgi Savaşı, Suç Eylemleri ve Kötü Niyetli Davranış, İçeriden gelen Tehditler ve Terörist Eylemler (Uluslararası, Siber, Yerel) olurken, Kasıtsız Tehditler ise; Kaza Olayı, Baskı ve Manipülasyon ve Teknolojik Tehlikelerdir (BİMTAŞ, 2019).

Altyapı güvenliği öncelikle tesislerin imalatları esnasından itibaren belirli kriterlere bağlı kalınmasıyla başlayıp, mevcut demografik yapı ve jeolojik faktörler göz önüne alınarak yapılacak çalışmaların bütününe kapsar. Güvenli altyapı demek olası güvenlik tehditleriyle karşılaşıldığında kentlerin bu süreci kolay atlatmasına ve kentte yaşayan insanların yaşam kalitesini stabil seviyelerde tutarak normal yaşantılarına geçişlerini kolaylaştırmayı amaçlar. Bu da kent planlaması ve teknik altyapı tesislerinin imatlarının düzenlenmesi aşamalarından başlamak kaydıyla belirli periyotlarda altyapı güvenliği ile ilgili revize çalışmaların yapılmasıyla mümkün olacaktır. Bu sebeple; deplase edilmesi esnasında belirli parametrelere bağlı kalınmaksızın altyapı elemanları konumlandırılmış ve imal edilmiş ise; deprem, sel, yangın, heyelan vb. doğal ve yapay afet durumlarında mağduriyetler azımsanmayacak derecede fazla olacaktır. Aynı zamanda bir altyapı elemanın kontrolsüz deplasesi güvenli ve doğru imal edilen diğer altyapının da zarar görmesine buna istinaden altyapı kaosu adını verdiğimiz olayın oluşmasına sebep olabilir.

Güvenli bir altyapı sistemi için tek bir teknik altyapı elemanının değil bütün altyapı elemanlarının güvenli, kaliteli ve konumsal doğruluğu yüksek olmalıdır (AFAD, 2014).

### 2.4. Altyapı Ve Deprem İlişkisi

Yer altında bulunan ve fay hattı dediğimiz kırıklarda belirli oranda ve zaman içerisinde enerji birikimi meydana gelmektedir. Biriken bu enerjinin itici bir takım güçlerinde etkisiyle aniden boşalması olayına deprem denilmektedir. Teknik altyapının doğal ve yapay birçok tehditle karşı karşıya kaldığından bir önceki bölümde bahsedilmiştir. Deprem faktörü bu tehditlerin doğal olan kısmında karşımıza çıkmakla birlikte deprem hasarı kavramı genellikle binada oluşan yıkıcı güç olarak algılanmaktadır. Bunun sebebi olası bir afet durumunda insan hayatıyla doğrudan üst yapı hasarının ilişkili olmasıdır. Oysaki bir kentin refah ve gelişmişlik düzeyi en çokta o bölgedeki altyapının kalitesi ve güvenliği ile ölçülmektedir. Gerçekleşebilecek olası bir deprem durumunda insan yaşamını doğrudan etkilemese bile sonrasında hayatın devamlılığı, kalitesi ve güvenliği için teknik altyapının durumu önem arz etmektedir. Depremler sonrası patlayan doğalgaz boruları, elektrik kaçakları, patlayan su borularından kaynaklı su baskınları afet sonrası can kayıplarına neden olmaktadır (Ünen & Şahin, 2011).

Özellikle son yıllarda ülkemizde ve dünyada artan deprem felaketlerinin etkisiyle altyapı sistemlerinde gerçekleşen hasarlar ve buna bağlı gerçekleşen mali kayıplar depremlerden teknik altyapı sistemlerinin olumsuz etkilenmesini en aza indirmek için deprem öncesi daha aktif çalışmalar yapılması gerektiği gerçeğini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

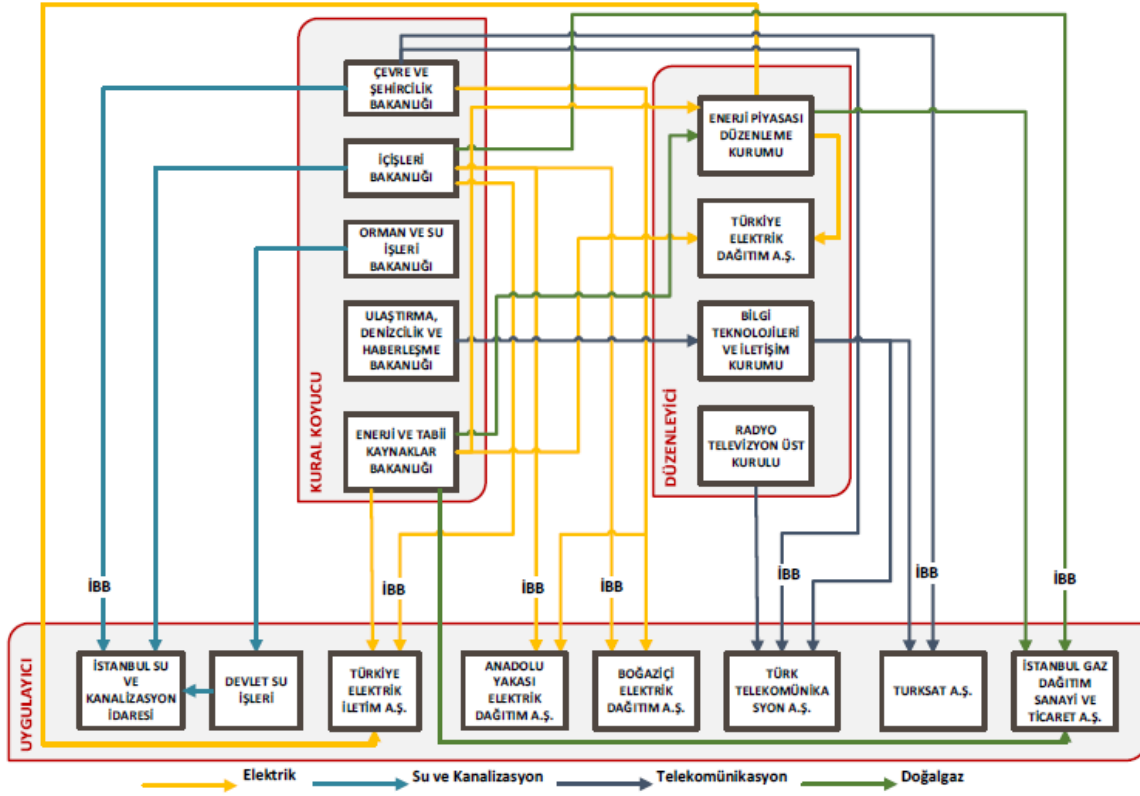
Dünyada da günümüze kadar birçok doğal afet gerçekleşmiş olup her biri pek çok teknik altyapı elemanına zarar vermiştir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde 1990’lı yıllarda meydana gelen depremlerde köprü ve köprüyollar da dâhil

olmak üzere birçok ulaşım hattı ciddi hasara maruz kalmıştır. Bölgede bu hasara maruz kalan altyapı elemanlarından doğalgaz hatları yangınların çıkmasına sebep olurken su şebekelerinde meydana gelen kesintilerde yangının söndürülmesini geciktirmiş ve zararın artmasına sebep olmuştur. Ayrıca telekomünikasyon altyapısı ciddi zarara uğramış bölgedeki vatandaşlar yakınları ile haberleşememiş kent geneline yaşanan elektrik kesintileri sebebiyle de uzun süre enerji verilememiştir. Marmara denizinde meydana gelen 1999 depreminde de benzer durumlarla karşılaşmıştır. Deprem sonrası elektrik, su, haberleşme ve ulaşım kanalları ağır hasar alarak neredeyse kullanılamaz hale gelmiştir (Erdik, 2000).

Teknolojik gelişmelerin o dönem yeterince gelişmemiş olmasının da verdiği etkiyle altyapı elemanları ile ilgili tüm işlemlerin belirli bir sayısal ortamda değil de genelde manuel olarak yapılması olası bir afet anında alınacak aksiyonların önüne geçmiştir. Dünyada ve ülkemizde görülen bu örneklerin yaşanmasını önlemek adına altyapının konumsal doğruluğunu bilmek ve bu bağlamda işlem yapmak gerekmektedir. Yapılması gereken bu çalışmalar teknik altyapıda oluşacak hasarı sifira indirgemese bile minimum seviyede tutabileceği veya deprem sonrası altyapı fonksiyonlarının eski haline gelme süresini kısaltabileceği düşünülmektedir. Burada yapılması gereken en önemli hamle teknik altyapı kavramını tek tek ele almak yerine sistemi bir bütün olarak düşünüp birbiriyle olan koordinasyonunu göz önüne alarak çalışmaları yapmaktır.

## 2.5. Altyapı Kurum Ve Kuruluşları Arası Koordinasyonun Sağlanması

Altyapı kurum ve kuruluşlarının birbirleri ile sürekli bir iletişim halinde olması koordinasyon konusunun bu noktada önemini göstermektedir. Buradan hareketle daha verimli iş ve işlemlerin oluşması açısından bu bütünleşmenin detaylı analiz edilerek gerçekleştirilmesi gerekmekte olup İstanbul il sınırları içerisindeki bu sorumluluk AYKOME (Altyapı Koordinasyon Merkezi) tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6. AYKOME paydaş koordinasyonu

Şekil 6'da gösterilen şemada İstanbul Büyükşehir Belediyesi AYKOME'nin görev ve sorumluluklarını icra ederken iletişimde olduğu ve altyapısal koordinasyonu sağladığı kurum ve kuruluşlar gösterilmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Altyapı Koordinasyon Müdürlüğü İstanbul Geneli tüm cadde ve sokaklarda yapılacak altyapı kazı çalışmaları için gerekli izinleri verip, işlem aşaması ve sonrasında ilgili kontrolleri yapmaktaydı. Fakat 24.12.2020 tarihli Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na yayımlanan Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Merkezleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Daire Yönetmelik gereğince; Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda bırakılan cadde, meydan, bulvar ve sokaklarda yapılacak tüm çalışmalar Büyükşehir Belediyesince, İlçe Belediyesi sorumluluğundaki tüm cadde, meydan, bulvar ve sokaklardaki çalışmaların ruhsatlandırılması ve akabinde kontrol işlemleri ise ilgili ilçe belediyesi tarafından gerçekleştirilecektir şeklinde değiştirilmiştir.

### 3. Altyapı Elemanlarının Koordinasyonunda Yaşanan Eksiklikler Ve Geliştirilmesi Gereken Yönler

İstanbul genelinde altyapı hizmeti veren ve altyapı hizmetlerini yürüten kurumların sayıca fazla olması ve bu hizmetlerin kurumlar arasında koordineli bir şekilde gerçekleştirilememesi altyapı yönetim sisteminin en zayıf halkalarından birini oluşturmaktadır. AYKOME gibi bir oluşumun var olmasına karşın bu kurumun yasal olarak yaptırımlarının gelişime açık olmasından dolayı ortaya çıkan koordinasyon ve iletişim eksiklikleri uygulama aşamasında her kurumun farklı standartlara göre hareket etmesine neden olmakta ve bu da işin işleyişinde ikilik durumunun oluşmasına sebep olmaktadır.

Altyapı kurumları arasında tam anlamıyla kurulamayan bu koordinasyon ve iletişim eksikliği yapılması planlanan yeni yatırım projelerinin de gecikmesine veya eksik bırakılmasına sebep olmaktadır. Altyapı kurumlarının kendi hatlarının konumsal doğruluğuna tam anlamıyla hakim olamaması ve diğer kurumların hatlarının nerelerden geçtiğini bilememesi altyapı projeleri için gerekli olabilecek sistemsel güncel verileri diğer kurumlardan sağlamasına da engel olmaktadır.

Konumsal doğruluğu çok düşük olan altyapı yatırımlarında yeni yatırım veya arıza kazısı yapılması esnasında ilgili yatırımcı kurum diğer altyapı elemanına zarar verebilmektedir. Bu durum ani kesintilere, can kayıplarına, zaman israfına ve mali zararlara yol açmaktadır. Altyapı yatırımları yapılırken oluşturulan projelerin ortak bir veri ağına işlenmemesi, tüm kurumların birbirlerinin nerelerde, kaç metre derinlikle, kaç km uzunlukta ve hangi alanda altyapı yatırımı yaptığını görememesine sebep olmaktadır.

Öngörülemeyen yatırımlar; bütçe yetersizliği, kurumlar arası görüş ayrılıkları, politik sorunlar, kurum öncelik farklılıkları, ortak bir altyapı bilgi sisteminin olmaması, kurumlar arası ikili ilişkilerin yetersiz olması vb. birçok faktörde şehir planlamasıyla altyapı planlamasının birbirine bütünleşmesi önündeki en büyük engellerdendir.

Altyapı imalatlarının yapılması esnasında yeterli sistemsel ve yapısal donanımına sahip olunsu bile teknik ve teknolojik altyapı bunu desteklemezse koordinasyon ve bütünlük çalışma sistemi amacına ulaşamayacaktır. Çalışmanın başında da bahsedildiği üzere İstanbul gerek nüfus yoğunluğu gerek köklü bir tarihi geçmişi olması nedeniyle üst yapı ve altyapı çalışmaları diğer birçok kente göre daha zor olmakla birlikte daha dikkat ve özen gerektirmektedir. Yüzlerce yıllık yerleşim yeri olmasından kaynaklı olarak İstanbul altyapısı belirli periyotlarla yenilenip gerekli düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç duymaktadır.

Bu düzenleme ve yenileme çalışmaları günümüz İstanbul’unda manuel olarak yapılmaya olanak tanımamaktadır. Ancak yeterli teknolojik ve teknik desteği de arkasına alarak yapılan çalışmalar amacına ulaşip gerekli faaliyetleri gösterebilmektedir. Tüm bu koordinasyon ve entegrasyon iş ve işlemleri tek bir sistem ve standart altında toplanmadığı için altyapı kurum ve kuruluşlarınca gerekli bilgi aktarımı yapılamamaktadır. Ayrıca kurumlar kendi aralarında sisteme dâhil olsalar bile verilerin ortak bir formatta olması ve güncel bir şekilde bir arada tutulması teknolojik olarak yeterlilik sağlandığında gerçekleştirilebilecektir.

Yatırımcı kurum ve kuruluşların birbirleriyle iletişim içerisinde olduğu bir yazılımın eksikliği bu sorunların en öncelikli sebeplerindendir. Ortak altyapı yazılım sisteminin oluşturulmaması, Ar-Ge çalışmalarına yeterli önemin verilmemesi, altyapıda coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım oranının düşük olması ve bu sebeplerden ortak bir veri tabanı ağının oluşturulmaması kurumlar arası koordinasyonsuzluğa ve paralel olarak kalitesiz ve güvensiz bir altyapıya neden olmaktadır.

Bir diğer önemli nokta ise; kazı teknolojilerine ağırlık verilmemesi olmuştur. İstanbul’da nüfusun ve buna bağlı olarak trafiğin fazla olması açık kazı yapılan alanlarda günlük hayatın aksamasına sebebiyet vermektedir. Zor zemin koşullarının var olması ve yer altı birleştirmelerinin zorluğu olmasına rağmen hâlihazırda bu kazı teknolojileri kurumlar bünyesinde kullanılmamaktadır (İBB, 2021).

Uygulamaların lokal olarak yapılmaması, planlı ve uzun vadeli operasyonları önüne geçmektedir. Açık kazı çalışmalarında yaşanan olumsuzluklar ve hizmetin halka hızlı bir şekilde götürülmek istenmesi bu problemin arkasındaki itici güçlerdir. Maliyet fazlalığı ve kazı teknolojilerinin yaygınlaşmaması problemin çözümde engel oluşturmaktadır.



#### 4. İstanbul Altyapı Sorunlarının Çözümüne Yönelik Bir Araştırma Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) Teknolojisi

Teknolojinin her geçen gün gelişmesi ve değişmesi gündelik hayatta kullanıcıların birçok açıdan hayatını kolaylaştırmaktadır. Günümüz dünyasında bilgiye ulaşılabilirliğin artması teknoloji sayesinde olmuştur. Bu sebeptendir ki her kategoride teknolojik gelişmeler bireylerin ihtiyaç duyduğu bu erişilebilirlik kavramını büyük ölçüde karşılamaktadır.

Özellikle içinde bulunduğumuz 21. yüzyıl, birçok teknolojik disiplinin gelişim ve değişime uğradı bir zaman dilimi olmuştur. Gelişen bu teknolojik disiplin bilimsel araştırmaların yapılmasının kolaylaştırılmasının yanı sıra çalışma sahasına yeni bir ufuk kazandırarak yeni çalışmaların yapılması konusunda itici bir güç unsuru olmuştur. İşte belirtilen bu yenilikçi yaklaşımların biri de hiç şüphesiz ki Arttırılmış Gerçeklik (AG) Teknolojileridir. Arttırılmış Gerçeklik (AG); gerçek dünya ve içindeki verilerin gelişen ve değişen bilgisayar teknolojileri yardımıyla kıymetlendirilerek zenginleştirilmesi demektir. AG teknolojisi bu verileri ve girdileri daha canlı, gerçekçi ve ilgi çekici hale getirerek bizlere sunmaktadır (Azuma vd., 2001).

Arttırılmış Gerçeklik; kurgu dünyasında oluşturulmuş Sanal Gerçeklik ile gerçek ortamın eş zamanlı buluşması ile oluşmaktadır. Çoğu kez AG ile SG karıştırılsa da SG; tamamen sentetik bir ortamda verilerini kullanıcıya sunar. Oysa AG, SG'nin bir türevi olmakla birlikte SG'den farklı olarak girdileri üç boyutlu görüntüleme sistemleriyle kıymetlendirir, kullanıcıların gerçek ve sanal ortamı bütünleşik bir şekilde görmelerine izin vererek sanal algıyla gerçek algıyı birleştirir. Yani bir bakıma iki algılama türü de gerçeğin manipüle edilmiş halini bizlere sunar (İçten & Bal, 2017).



Şekil 7. Arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kavramları

Şekil 7'de de görüldüğü üzere Arttırılmış Gerçeklik; gerçekliği SG gibi komple değiştirmez, onu algılarını arttırıcı verilerle değerlendirerek sanal ve gerçeğin bütünleştiği bir sistem oluşturur. Bu teknoloji sayesinde de nesnelerin sanal hallerinin gerçek dünya üzerindeki yansımaları daha net görülmüş olur. Arttırılmış Gerçeklik üst kısımda da bahsedildiği üzere gelişen teknoloji ile birlikte birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Görsel teknolojiler arasında en ilgi çekici sistemlerden biri olan AG; her geçen gün farklı alanlarda kullanılmaktadır. Mobil iletişim, uzay, askeri alanlar, otomotiv sektörü, ticari kuruluşlar, imalat sektörü, reklamcılık, eğitim, sağlık, mimari tasarım, kentsel planlama, arkeoloji vb. alanlar kullanım alanları olarak sıralanabilir (Poelman & Krevelen, 2010).

Bu teknoloji sayesinde gerçek ortamdaki verilerin analizi ve detaylandırılması bir sistem algoritması oluşturularak gerçekleştirilir. AG gerçek ortamdaki veriyi algılayarak işe başlar. Veriler birçok parametre eklenerek zenginleştirilir ve bir işlemci üzerine kaydedilerek analiz edilir. Analiz sonrası veri tabanındaki bilgiyle eşleşen görüntü, ses, grafik vb. uygun sanal içerikle kıymetlendirilerek ortama sunulur (Poelman & Krevelen, 2010).

#### 4.1. Artırılmış Gerçeklik İncelemeleri

Sağlıktan askeri alana, mimariden eğitim sektörüne kadar çok fazla alanda görmeye başladığımız bu teknoloji; mimari yapıların Rekonstrüksiyon aşamasında yeniden düzenlenen kentler, yapılar ve eserlerin AG ile canlandırılmasını yaparak işlem sonrası varılacak sonucun kullanıcı tarafından algılanma oranını arttırmaktadır.



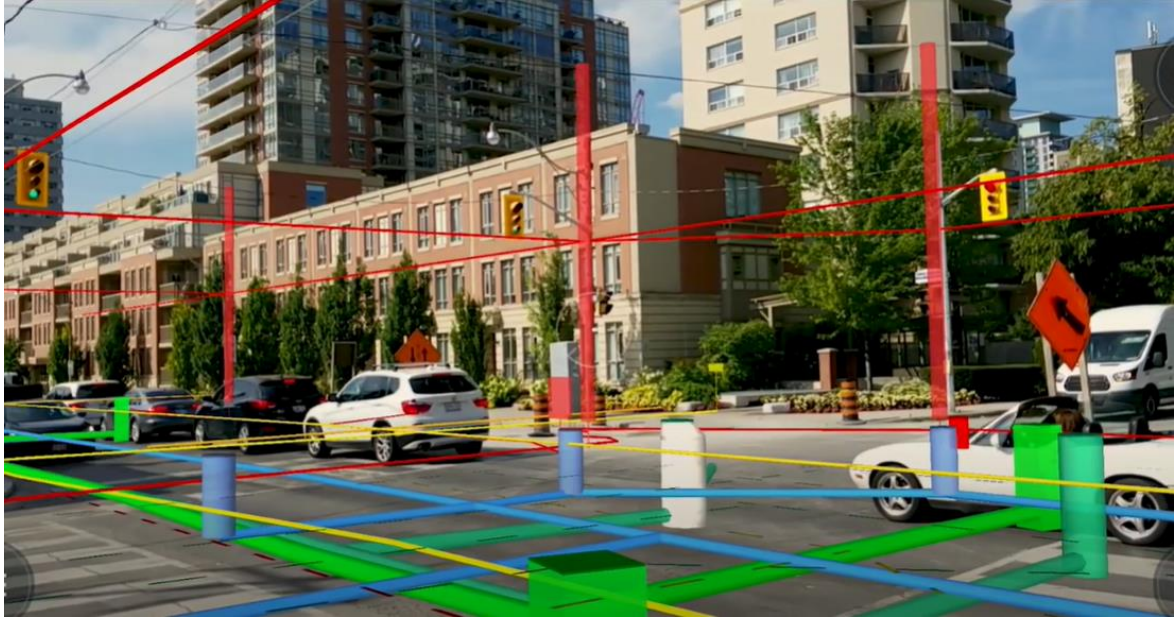
Şekil 8. Sağlık uygulamalarında artırılmış gerçeklik

Sağlık alanında kullanılan AG çalışmaları; ameliyat öncesinin planlanması, ameliyat sırasında hasarlı kısma yönelim, hastanın sürecin ilerlemesi noktasında bilgilendirilmesi vb. durumlarda kullanılmaktadır. Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar; hastaya özel tüm görüntülerin ilgili yazılımla üç boyutlu modellenmesiyle, operasyon öncesi planlama ve işlem anında hastadan uzaklaştırılması gereken parçaların daha doğru analiz edilmesini sağlamaktadır (Şekil 8). Hayati öneme sahip organların da işlem esnasında korunmasını amaçlayan çalışma niteliğinin artmasını sağlarken hastanın korkularının da azaltmaktadır (Yolcu vd., 2018).



Şekil 9. Kayseri Kuru Köprü Rekonstrüksiyon Projesi

Artırılmış Gerçeklik uygulamalarında bir diğer uygulama örneği olarak “Kayseri Kuru Köprü Rekonstrüksiyon Projesi” örnek verilebilir. Mimari yapıların Rekonstrüksiyon aşamasında yeniden düzenlenen kentler, yapılar ve eserlerin AG ile canlandırılmasını yaparak işlem sonrası varılacak sonucun kullanıcı tarafından algılanma oranını arttırmaktadır. Kuru Köprü Su Kemerli; geçirdiği uzun yıllar neticesinde hasar görmüş ve bir kısmı kullanılmayacak hale gelmiştir. Restorasyon aşamasında AG yöntemi ile yapının tamamlanmış hali zenginleştirilmiş analiz yeteneğiyle düzenlenmiş ve yapı henüz bitmeden bile turistik anlamda dikkat çeken yapılar olarak yerli ve yabancı ilgililerin dikkatini çekmiştir. (Şekil 9) AG ile zenginleştirilen bu çalışma sayesinde restorasyon ve rekonstrüksiyon gerektiren eserlerin çalışma başında bitmiş halleri kullanıcıya sunularak orijinal haline en yakın ve aslına uygun olarak nasıl modellenebileceği bilgisi verilmeye çalışılmaktadır (Oke, 2019).



Şekil 10. Cadde üzerinde AR ile zenginleştirilmiş altyapı verisi

Şekil 10’da görüldüğü üzere; bölgedeki yollar üzerine yansıtılan yeraltı su boruları, elektrik kabloları, fiber optik hatlar, doğalgaz boruları vb. sistemler görselleştirme potansiyelleri yükseltilerek sistemin veri işleme noktasında sorunsuz, doğru ve güçlü kararlar almasına olanak sağladığı görülmektedir.

Altyapı verilerinin AR ile zenginleştirilmeden önce tespiti aşamasında Georadar ile taranmasıyla oluşturulan veri havuzundaki tüm altyapı elemanlarının üç boyutlu olarak kıymetlendirilmesi ve ortak bir yazılıma entegre edilmesi ile oluşacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda araştırma içerisinde tanımlanan problemlerin çözümü için önerilecek sistemin içerik analizinde AG’den başka olarak diğer önemli bir sistem olan Georadar da incelenmiştir.

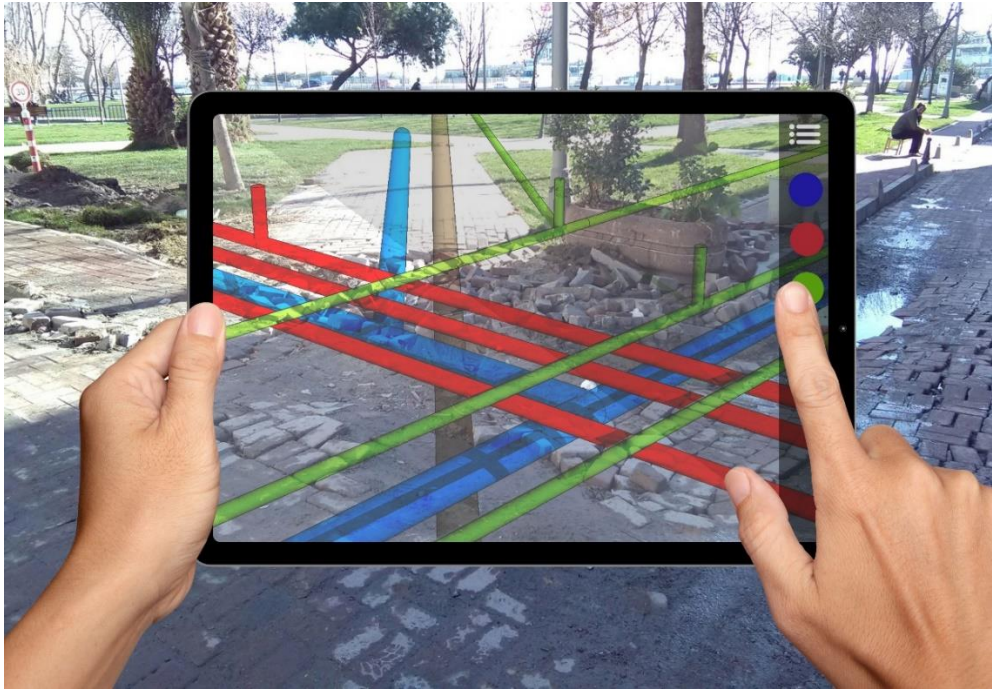
#### 4.2. Georadar (Yer Radarı)

GPR (Ground Penetrating Radar) - Yeraltı Radarı veya genel adıyla Jeoradar yöntemi; temelde elektromanyetik bir sistem olup gömülü nesnelerin görüntülenmesinde kullanılan bir uzaktan algılama yöntemidir. Saydam olmayan ve yerin belirli bir mesafesinin altında kalan bir takım nesnelerin belirli bir çözünürlük seviyesinde görüntülenmesini sağlayan bu sistem temel olarak bir alıcı ve verici anten, merkez ünitesi ve bilgisayar olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Temel prensip; merkez ünitiden yeraltına gönderilen elektromanyetik dalgaların hedef temalara (su, elektrik, doğalgaz ve fiber optik borular vb.) çarpıp yansması veya saçılması ile dalgaların alıcıya geri dönmesiyle kontrol birimine kaydedilmesi üzerine kurulmuştur (İSBK, 2017).

Bu sistemin göremediğimiz yüzeylerde nelerin olduğu ve ne kadar derinlikte barındığı bilgisi, arkeolojik çalışmalarda tarihi eserlere zarar vermeden çalışma planlarının oluşturulması, kayıp nesnelerin ve alanların konumlarının bulunması, büyük yapıların yeraltında oluşan hasarlarının ne düzeyde ne nerede olduğunun tespit edilmesi, deprem vb. afetlerde enkaz altında kalan vatandaşların yerlerinin belirlenmesi, olası bir altyapı felaketinde sızıntı ve kaçak durumlarının önceden tespiti ve can kayıplarının en aza indirilmesi gibi birçok alanda kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir.



Teknik altyapı yatırımcısı olan altyapı kurumları, yerel yönetimler ve bunları denetleyen denetim mekanizması mevcut altyapı verilerinin sayısal ortama entegre edilmiş haline ulaşamadıkları için yeni proje planlaması, mevcut altyapı hatlarının deplase edilmesi, olası arıza ve revize gerektiren imalatların bakım ve onarım çalışmalarının yapılması hem daha zor hem de koordinasyon eksikliğinden kaynaklı olarak zaman kayıplarına yol açmaktadır. Hasarsız yeraltı görüntüleme sistemleri ile tespit edilen gömülü altyapı elemanlarının öznitelik verilerinin ortak bir ağ üzerinde entegreli şekilde çalıştırılması tek başına yeterli gelmediği kurum içi çalışmalar gözlemlenerek kaydedilmiştir. Aynı zamanda kullanıcıların mekânsal verileri daha detaylı görüp kolay bir şekilde planlama ve aksiyon alma yetilerini geliştirmesi adına artırılmış gerçeklik (AG) teknoloji ise daha gerçekçi, kavranabilir ve sistemsel bir algoritma haline çevrilmesi mevcut sorunların çözümüne ışık tutabileceği düşünülmektedir.



Şekil 12. AG ile zenginleştirilmiş altyapı verisi üzerinden temsili bir sistem denemesi (İstanbul- Fatih)

Teknik altyapı elemanlarının günlük hayatın akışı içerisinde sisteme en az müdahale edecek şekilde imalatının yapılması ve düzenlenmesi önceki bölümlerde de değinildiği gibi kaliteli kent yaşamını doğrudan etkilemektedir. Şekil 12’de ise yeraltında gömülü olan altyapı elemanlarının kazısız görüntüleme teknolojilerinden olan GPR yöntemi ile tespit edilmesi, ardından Artırılmış Gerçeklik ile modellenmesinin temsili hali gösterilmektedir. Şekildeki kırmızı nesnel elektrik altyapısını temsil ederken mavi kısımlar su ve kanalizasyon altyapısını, yeşil olanlar doğalgaz borularını ve mor olan telekomünikasyon ve haberleşme teknik altyapısını yansıtmaktadır. Detaylandırılan öznitelik verileri ışığında üst kaplama elemanlarının en az hasarla süreci tamamladığı, akan trafiğe müdahale etmeye gerek kalmadan ve kısa metrajlı işlemler gerçekleştirilerek sürecin daha hızlı, kolay ve az maliyetli olmasının sağlanabileceği öngörülmektedir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın adında da belirtildiği üzere İstanbul geneli altyapılarından ve bu altyapı tesislerinin modellenmesinden bahsedilmektedir. İstanbul’da artan göç ve nüfus ile birlikte bir taraftan yerleşimler ve ekonomik faaliyetler daha geniş bir alana boşluklar bırakarak plansız ve dengesiz bir şekilde yayılmakta, diğer yandan kent içindeki mevcut yerleşmeler daha yoğun yapılaşmaya ve nüfus yoğunluğuna maruz kalmaktadır. Bu süreç kentin bazı bölgelerindeki altyapı hizmetleri üzerinde baskıyı artırarak hizmet kalitesini düşürmekte, diğer bazı bölgelerde ise altyapının atıl kalması ve verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak bir yandan kentsel mekân ve yapılar altyapı hizmetlerinden daha hızlı ve kontrolsüz bir şekilde büyümekte, diğer yandan geliştirmesi zaman alan ve oldukça maliyetli altyapı ise etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Kent sakinlerinin yaşam kalitelerini belirleyen en büyük parametrelerden biri olan teknik altyapı tesisleri belirtilen bu sebeplerden kaynaklı olarak donanımsal ve sistemsel olarak eksik kalmaktadır. Örnek verilecek olursa; elektrik ile ilgili bir arıza, deplase veya yeni yatırım tesisi işlemi esnasında teknik ekibin konumsal bilgi yönünden oldukça fakir altyapı tesisleri ile ilgili bilgi sahibi olmamasından kaynaklı olarak diğer teknik altyapı elemanlarına zarar vermesi kaçınılmazdır. Bu durumda elektrik ile ilgili bir düzenleme gerçekleşirken kent sakinlerinin su, doğalgaz, fiberoptik altyapı hatları zarar görerek mağduriyetin katlanarak artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca altyapı hatlarının doğası bakımından yerin altında gömülü olmasından kaynaklı, saha çalışmaları yapılırken büyük zaman ve maliyet kayıpları oluşmaktadır. Yolun

neresinden hangi hattın geçtiği bilgisi, kazı çalışması yapan kurumlar için hem güvenlik hem de maliyet açısından çok önemlidir. Altyapı hatlarının belirtilen bu sebeplerden kaynaklı konumsal verilerinin eksikliği mükerrer kazıların oluşmasına sürekli İstanbul sokaklarının kazılarak güvenlik zafiyetinin oluşmasına, aktif trafik yoğunluğu olan böyle bir metropolün daha da trafik sirkülasyonunun arttırmasına neden olmaktadır. Ayrıca sürekli kazılıp açık bırakılan tranşelerden kaynaklı can kayıplarının yaşanması da olayın başka bir boyutunu oluşturmaktadır.

İstanbul konumu itibarıyla fay hatlarının aktif olduğu bir bölgedir. Özellikle 1999 yılında yaşanan Marmara Depremi sonrasında güvenli ve konumsal doğruluğu eksik altyapı sonucunda patlayan su boruları, elektrik kaçakları ve neredeyse imkânsız hale gelen haberleşme altyapısının olası afet durumlarında ne kadar hazırlıksız olduğunu göstermiştir. Veri doğruluğu yüksek altyapı elemanlarının doğal ve yapay tüm tehditlere karşı daha güçlü ve güvenilir olacağını düşünülmektedir.

Bu çalışma mevcut altyapı koordinasyonunun kolaylığını sağlamayı amaçlamasının yanı sıra kalabalık nüfusu ile İstanbul özelinde kentsel planlama ve şehircilik algısına da yeni bir boyut kazandıracığı düşünülmektedir. Son dönemlerde artan kentsel dönüşüm ve kent planlama çalışmaları, olası afet riski kapsamında yeni yapılacak yapıların düzenlenmesi ve mevcut yapı güçlendirmeleri esnasında teknik altyapı tesislerinin imal edilmesi veya yenilenmesi bazı engellere takılmaktadır. Altyapı tesislerinin imalatı esnasında belirlenen dönüşüm veya düzenleme alanında yaşayacak olan kişi sayısı ile ilgili belirli katsayılar baz alınarak tahmini bir öngöründe bulunularak işlemler tesis edilmektedir. Bu durum birçok kez kullanıcı sayısının beklenilenin üzerinde olması durumunda revizyon işlemleri gerektirmektedir. Oysa olası bir ortak altyapı yazılımı sayesinde öngörülen abone sayısının mevcut sayısal altyapı verisi dikkate alınarak daha sağlıklı ve güvenilir bir şekilde planlanması sonrasında tesis edilecek teknik altyapı elemanlarının imalatının daha doğru ve güvenilir olmasının sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu çıkarımlardan hareketle; son yıllarda kullanım oranı gittikçe artan hasarsız yeraltı görüntüleme teknolojileri ile yeraltındaki altyapıların belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamına aktarılması ve artırılmış gerçeklik yöntemiyle görüntülenmesinin hedeflendiği bir yazılım önerisi sunulmuştur. Böylelikle kurumlar arası entegrasyonun daha güçlü, sağlıklı ve güvenilir olması, mevcut bilgi sisteminin üç boyutlu olarak modellenmesiyle kazı çalışmalarında yol gösterici olmasını sağlamış olacaktır. Bunun yanında altyapı bilgi kirliliğini önleyerek gelecekte geliştirilebilecek projeler için yol göstericilik sağlaması, uzun vadeli altyapı planlamalarında altlık teşkil edebilecek ve altyapı bilgi sistemi kapsamında veri standardı oluşturulabilecektir. Böylece kentsel altyapı planlamasının çok daha işlevsel ve kaliteli olması sağlanacaktır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen incelemeler neticesinde elde edilen bulgulardan yola çıkarak; mevcuttaki teknik altyapı sorunları irdelenmiş, yapısal ve sistemsel eksiklikler ortaya koyulmuş, altyapı kurum ve kuruluşları arasındaki iletişim ve bürokrasiye değinilmiştir. Altyapı kazı çalışmalarının kontrol ve koordinasyonu esnasında sahada gerçekleştirilen deneyimler incelenmiş ve görsel zenginliği yüksek altyapı verisinin senaryo analizi yapılmıştır. Edinilen bu bilgiler ışığında sorunların çözümüne yönelik öngörülen; görsel algısı yükseltilmiş güvenilir altyapı verisinin ortak bir veri ağında bütünleştirip teknik altyapı kuruluşlarını tek bir çatı altında sistemsel birleştirilmesi önerilmiştir.

### **Etik Beyanı**

Bu çalışmada, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “İstanbul Geneli Altyapı Elemanlarının Artırılmış Gerçeklikle Görüntülenmesinin Şehircilik Ve Kent Planlamasına Etkisi” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

### **Yazarların Katkıları**

Yazarların makaleye eşit miktarda katkısı olmuştur.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Kaynaklar

1. **AFAD (2014)**. 2014-2023 Kritik Altyapuların Korunması Yol Haritası Belgesi, Başbakanlık Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
2. **Azuma R., Bailiot Y., Behringer R., Feiner S., Julier S., & MacIntyre B. (2001)**. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34 – 47.
3. **BİMTAŞ (2019)**. İstanbul Geneli Altyapı Standartlarının Oluşturulması Literatür Araştırması, Boğaziçi Peyzaj İnşaat Müşavirlik Teknik Hizmetler San. Tic. A.Ş. Eylül, 2019.
4. **Erdik, M. (2000)**. *Report on Kocaeli and Duzce (Turkey) Earthquakes Istanbul*. Bogazici University, Kandilli Observatory And Earthquakes Research Institute.
5. **İBB (2019)**. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Yol Bakım ve Altyapı Koordinasyon Daire Başkanlığı Altyapı Koordinasyon Müdürlüğü AYKOME Şefliği Arşivi, 2019.
6. **İBB (2021)**. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Yol Bakım ve Altyapı Koordinasyon Daire Başkanlığı Altyapı Koordinasyon Müdürlüğü AYKOME Şefliği Arşivi, 2021.
7. **İçten T. & Bal G., (2017)**. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 402-403.
8. **İSBAK (2017)**. Altyapı Bilgi Sisteminin ve WEB Yönetim Portalının Oluşturulması Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ile Kullanılması ve Üç Boyutlu Modellenmesi Mevcut Durum Raporu. İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş. 1-60.
9. **Karataş, K. & Demir, O. (2005)**. Kentsel Altyapı Tesislerinde İrtifak Hakkı Uygulamaları ve Sonuçlarının İrdelenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28.03.2005-01.04.2005. Ankara.
10. **OKE, A. A. G. L. (2019)**. *Mimari Korumada Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımının Kayseri Kuru Köprü Üzerinden Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
11. **Poelman, R. & Krevelen, D. W. F. (2010)**. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, c. 9, sayı 2, ss. 1-20.
12. **Sancar, C., Çolak, H. E. & Karataş, K. (2014)**. Büyükşehirlerde Teknik Altyapı Planlaması. IV. Arazi Yönetimi Çalıştayı, Trabzon, Turkey.
13. **Uyar, Ş. (2017)**. *Temiz ve Atık Su Sistemlerindeki Problemlerin Yer Radarı Yöntemi İle Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
14. **Ünen H. C. & Şahin M. (2011)**. Alt yapı Şebekeleri Arasındaki Bağımlılıkların Deprem Sonrası Hasar ve Performans Tahmininde Kullanılmak Üzere Tanımlanması, *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2011/2, 48-51.
15. **Yolcu, M. B., Şenol, E. & Celayir, S. (2018)**. Artırılmış Gerçekliğin Tıpta ve Çocuk Cerrahisinde Kullanımı. *Çocuk Cerrahisi Dergisi*, 32(3), 89-90.
16. **Yumrutaş, H. İ. (2014)**. Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Kentsel Altyapı Yönetim Sistemi (KAYSİS) Yazılımı Tasarımı. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 38-46.
17. **URL-1 (2021)**. Şehir Planlama ve İmar Mevzuatı Ders Notları.  
[https://abs.firat.edu.tr/upload/user\\_68/bcd6b053f39a7428e6157dc0574980132111a7a5\\_dosya\\_68.pdf](https://abs.firat.edu.tr/upload/user_68/bcd6b053f39a7428e6157dc0574980132111a7a5_dosya_68.pdf) (Erişim tarihi: 7 Ekim 2022)

# CHARACTERIZATION OF CHESTNUT SHELL

Ayben Kılıç Pekgözlü<sup>1\*</sup>, Hikmet Çıklaçifci<sup>1</sup>, Sezgin Koray Gülsoy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bartın University, Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering, Bartın, Türkiye

## Abstract

The outer brownish shell (pericarp) that remained after the cottony structure was removed inside the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruit shell was characterized chemically and morphology. The study was focused on two ways; first is gravimetric analyses to determine main chemical composition of chestnut shell such as holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, and klason lignin and the second way was analytical analyses to identify the extractive composition and the amount. Main lignocellulosic compounds were determined as 45.3% holocellulose, 29.2%  $\alpha$ -cellulose, 42.5% klason lignin. Extractive content was also 3.2%. Analytical results showed that MeOH:Water (95:5 v/v) extract contained 23.8% fructose, 16% glucitol, and 11.2% glucose. Gallic acid was found only 5% in the acetone: water extract. The fiber length, fiber width, lumen width, and fiber wall thickness of the samples were measured as 1.52 mm, 21.67  $\mu$ m, 14.25  $\mu$ m, and 3.71  $\mu$ m, respectively. Chestnut shells, which are morphologically similar to hardwood fibers and contain a high amount of klason lignin, have significant potential for use as raw materials in different industries.

**Key Words:** Chestnut shell, cellulose, lignin, fiber properties

## 1. Introduction

Sweet chestnut trees as a hardwood species can grow to 30-35 m. Cultivated sweet chestnut trees are long-lived (up to 1000 years), and they may reach a significant circumference at breast height (up to 12 m). The sweet chestnut tree spreads from Southern Europe and North Africa to North-Western Europe and eastward to North East Türkiye, Armenia, Georgia, Azerbaijan, China and Syria. The altitude of chestnut tree in the world is between 200 and 1800 m. It covers more than 2.5 million hectares. Chestnut trees have always been cultivated for their wood and fruit (Avanzato, 2009; Conedera et al., 2021).

In 2020, worldwide production of chestnut fruit was 2.32 million tons. China is main supplier in the world, producing 1.74 million tons per year. Turkey produced approximately 76 thousand tons, accounting for 3.28% of the world's chestnut fruit production (FAOSTAT, 2022). In last years, there is a growing interest for the chestnut fruit. Because of its gluten-free form, it takes places in diets. In addition, the flour and marron glace production of chestnut has an important market. In parallel to production, an increased in the amount of chestnut shell, a by-product occurred. Shells composed of tannins, flavonoids and phenolic acids. With this chemical structure, it is used as tanning of leathers, coloring of wool and cottons and as an adhesive in wood industry (Husanu et al., 2020). As known flavonoids, have anti-allergic, anti-inflammatory and antioxidant activities. Because of these features, chestnut shells used in cosmetic and pharmaceuticals as a natural preserver (Vazquez et al., 2008). Not only the extractive composition but also the lignocellulosic part could also be potential source for different area.

In order to convert this waste material into value-added products, its better to know more about it. There are some papers on the chemical composition (González López et al., 2012; He et al., 2016; Morales et al., 2018) and phenolic contents (Vázquez et al., 2008) of chestnut shell. Several authors also studied chemical composition (Moure et al., 2014) and fiber properties (Liang et al., 2021) of chestnut burs. From this point of view, we aimed to characterize the chestnut shell (pericarp), chemically and anatomically.

## 2. Material and Methods

Brown outer shells (pericarp) of sweet chestnut (*C.sativa* Mill.) fruits obtained from Yahyayazıcılar Village, Amasra district of Bartın province were used as raw material. The altitude is 30 m. Almost 5 kg of chestnut fruits was collected. Before the experiments, the white cottony structure inside the shell was separated manually with the tip of a knife. Shells grounded in a kitchen grinder were stored in glass jars till analysis.

**\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ; Bartın University, Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering 74100, Bartın-Turkey.

Geliş (Received) : 21.11.2022

Kabul (Accepted) : 07.12.2022

Basım (Published) : 31.12.2022



The chemical structure of the shell was investigated in two different ways, gravimetrically and analytically. To determine the amount of extractive material, the samples were extracted with MeOH:water (95:5 v/v) for 4 hours by using soxhlet apparatus. After processing, the MeOH:water portion was separated for further analytical studies and stored in deep freezers. The solid part was used in gravimetric measurements. Holocellulose (Wise & Jahn, 1952),  $\alpha$ -cellulose (Rowell, 2005), and klason lignin (TAPPI T222 om-02, 2002) contents of samples were determined with relevant references. Each experiment was repeated three times.

For characterization of extractives two different solvent (MeOH:water and acetone:water) was used. Samples were extracted separately. Aliquots were analyzed by GC-MS (Shimadzu GC-MS-QP2010). The samples were silylated with pyridine: trimethyl chlorosilane: N, O-bis (trimethyl silyl) trifluoroacetamide (Kilic et al., 2011) and then analyzed in the GC-MS under the following conditions (Table 1).

Table 1. GC-MS operating conditions.

Column type	RTX-5MS (30m x 0.25 $\mu$ m x 0.25mm)
Carrier gas	He
Gas flow	1.10 ml/min
Ion source temperature	200 °C
Interface temperature	250 °C
Temperature program	120 °C (1 min./6 °C) 310 °C at 15 min.

Chlorite method was applied for the fiber maceration (Spearin & Isenberg, 1947). Shells were cut into small pieces and fiber length, fiber width, fiber lumen width, and fiber cell wall thickness of 50 randomly selected fibers were measured. The flexibility ratio [(lumen width/fiber width)  $\times$  100], slenderness ratio (fiber length/fiber width), and Runkel ratio [(2  $\times$  cell wall thickness)/lumen width] were calculated using the measured fiber dimensions.

### 3. Results and Discussion

The gravimetric results of the main compounds, found in the chestnut shell are given in Table 2. As seen they are compatible with the previous literature. Almost, 42% of the main structure was composed of lignin, a sustainable smart resource in the nature. With this feature, lignin content of chestnut shell is similar to hazelnut and peanut shells (Gullón et al., 2018). González López et al. (2012) determined the lignin as 44.9% in the shell part. However, Boran Torun et al. (2019) has found the lignin in the cupula of chestnut 22.95%, almost half of the shell value. On the other hand, the cupula contained more holocellulose than shell part. Extractives were found as 3.2%. It is considered that differences between the values of extractives in Table 2. are due to the solvent type. In this study MeOH:water (95:5v/v) was used. Both in our study and in González López et al. (2012) polar solvents, which are used for phenolic compounds, were preferred.

Table 2. Main compounds found in the chestnut shells (%).

	This study	Morales et.al (2018)	González López et al. (2012)	Dönmez et al. (2016)	Boran Torun et al. (2019) cupula
Extractives	3.20 $\pm$ 0.04	1.5	9.9	10.76	4.35
Holocellulose	45.3 $\pm$ 3.7	-	-	49.39	59.08
$\alpha$ -cellulose	29.2 $\pm$ 0.9	25.6	25.2	40.03	-
Klason lignin	42.5 $\pm$ 3	36.4	44.9	34.82	22.95

MeOH:water and acetone:water (95:5 v/v) extracts were analyzed with GC/MS to determine the phenolic compounds. Chromatograms are given in Figure 1. Identified compounds and the amounts were summarized in Table 3. Two different polar solvent was used. It was aimed to detect phenolic compounds in these two aliquots. Nevertheless, only gallic acid, which was found only 5%, was detected. More than 70% of two aliquots was sugar units. Xylitol, fructose, galactose, glucose and non-identified units (MW.437) are forming the content.

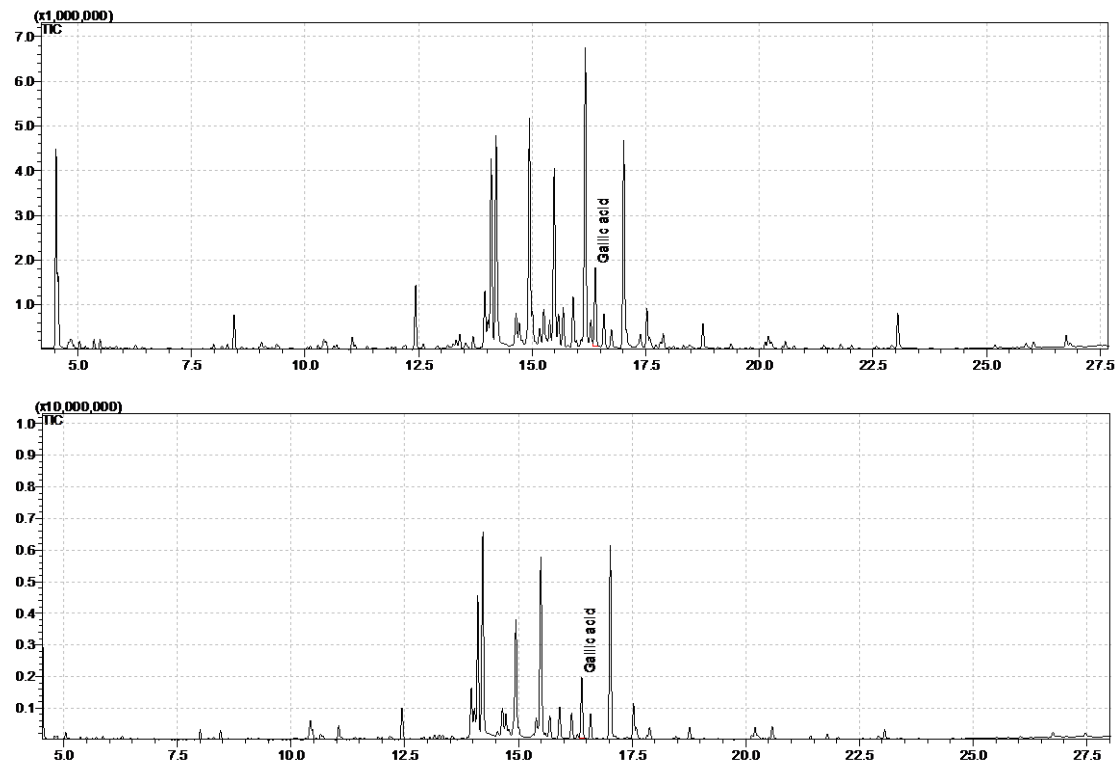


Fig. 1. The chromatograms of MeOH:W (upper) and Acetone:W (bottom) extracts of chestnut shell.

Fructose was the most abundant sugar units (23.2-18.8%) in the chestnut shell. This sugar also detected in the flowers of *C. sativa* as 5 g/100g. (Barros et al., 2010). Glucose with the amount of 17.1-11.2% is the second important sugar unit. However, Gullón et al. (2018) found the amount of glucose as 20.6%. Glucitol, known mainly as Sorbitol, was determined 16.1% in the MeOH extract. In the acetone:water extract the amount was 2%. Glucitol found in different fruits like apple, pear, and peach (Lenhart & Chey, 2017)

Table 3. The amount of chemical compounds determined in the MeOH:W and Ace:W extract of chestnut shell.

No	RT	Name	MeOH:Water (%)	Ace:Water (%)
1	12.43	Xylitol	3.15	2.5
2	13.95	Sugar (MW 437)	3.34	4.68
3	14.02	Sugar (MW 437)	1.48	11.93
4	14.09	D-Fructose-1	10.37	-
5	14.20	D-Fructose-2	12.84	18.78
6	14.93	n.i	13.5	11.3
7	15.00	Sugar (MW 437)	1.55	-
8	15.48	$\alpha$ -D-galactopyranose	9.92	16.6
9	15.58	Galactoside	1.63	-
10	15.68	D-Galactose	2.15	2.08
11	15.90	Myo-Inositol	2.88	2.64
12	16.16	Glucitol	16.15	2.03
13	16.38	Gallic acid	4.06	5.2
14	16.58	Inositol	1.87	2.12
15	17.01	$\alpha$ -D-glucopyranose	11.23	17.12
16	17.52	16:0	2.04	3.01
17	23.05	D-Glucuronic acid	1.84	-

The comparison of fiber properties of some lignocellulosic materials and chestnut shell are given in Table 4. Liang et al. (2021) noted that fiber length, fiber width, and slenderness ratio of chestnut burs were 1.06 mm, 17.51  $\mu$ m,

and 60.54, respectively. The fiber length of chestnut shell was significantly longer than those of some hardwood species such as poplar, oak, beech, and maple. Also, chestnut shell had longer fibers than some fruit tree such as avocado, pomegranate, kiwi, hazelnut, cherry, and apricot. Fiber width of chestnut shell had the similar to that of hardwood species. Chestnut shell had fibers similar to the fiber lumen width of the black pine cone. The cell wall thickness of chestnut shell was narrower than hardwood and fruit tree species (Table 4). On the other hand, chestnut shell had higher slenderness ratio and flexibility ratio, and lower Runkel ratio than those of hardwood and fruit tree species. This result can be explained by longer fibers of chestnut shell. Also, it can be attributed to narrower cell wall thickness of chestnut shell. More flexible and longer fibers resulted in paper with high strength.

Table 4. Comparison of fiber properties of some lignocellulosic materials and chestnut shell.

Sample	FL (mm)	FW ( $\mu\text{m}$ )	FLW ( $\mu\text{m}$ )	FCWT ( $\mu\text{m}$ )	SR	FR	RR	Reference
Chestnut shell	1.52	21.67	14.25	3.71	70.14	65.76	0.52	This study
Chestnut bur	1.06	17.51	-	-	60.54	-	-	Liang et al. (2021)
<i>Castanea sativa</i>	1.06	21.1	11.6	4.7	50.1	54.8	0.8	Alkan (2004)
<i>Populus tremula</i> L.	1.10	23.90	11.40	6.30	46.0	47.70	1.10	Gulsoy & Tufek (2013)
<i>Quercus robur</i> L.	1.17	20.50	9.56	5.50	-	-	-	Gülsoy et al. (2005)
<i>Fagus orientalis</i> L. (sapwood)	1.16	20.20	5.70	7.70	57.43	28.22	2.70	Gülsoy et al. (2021)
<i>Acer campastre</i> L.	0.58	25.00	16.30	4.40	-	-	-	Eroğlu & Gülsoy (2008)
Bracken stalks	1.25	24.00	10.30	6.85	52.08	42.92	1.33	Gülsoy & Şimşir (2018)
Black pine cone	1.25	31.10	13.70	8.70	40.19	44.05	0.56	Gulsoy & Ozturk (2015)
Pomegranate wood	0.75	20.95	11.65	4.65	35.58	55.61	1.60	Gülsoy et al. (2015)
Apricot wood (sapwood)	0.69	12.08	5.69	3.19	55.09	50.37	0.97	Gençer et al. (2018)
Avocado wood	1.06	25.78	16.18	4.80	41.00	63.00	0.59	Altunışık Bülbül & Gençer (2021)
Wield cherry wood (sapwood)	1.11	20.35	10.50	4.93	54.56	51.60	0.90	Gençer & Gül Türkmen (2016)
Kiwi wood	1.58	35.97	22.30	6.84	44.03	61.99	0.61	Yaman & Gençer (2005)
Hazelnut pruning	1.04	22.20	13.66	4.30	-	-	-	Gençer & Özgül (2016)

FL: Fiber length, FW: Fiber width, FLW: Fiber lumen width, FCWT: Fiber cell wall thickness, SR: Slenderness ratio, FR: Flexibility ratio, RR: Runkel ratio

#### 4. Conclusions

The chemical composition and fiber morphology of chestnut (*C.sativa* Mill.) fruit shell were evaluated in this study. The results showed that chestnut shells had longer fibers, higher slenderness, and flexibility ratios compared to some hardwood and fruit trees. According to these results, chestnut shell can be used in paper production. Chestnut shell has a high lignin content (44.5%) and saccharides (23.2% fructose, 17% glucose). The amount of extractives are only 3% in the MeOH:water extract of chestnut shell.

Today, chestnut fruit shell utilizes only as a fuel. Actually, its high lignin and oligosaccharide content can be renewable resource for different areas. Its extractives can also be used as a natural antioxidant.

#### References

1. Alkan Ç. (2004). *Investigation of micrographic properties of important hardwood and softwood species of Turkey*. M.Sc. Thesis, Zonguldak Karaelmas University, Department of Forest Industry Engineering Zonguldak, 110 p.
2. Altunışık Bülbül G. & Gençer A. (2021). Determination of some chemical and morphological properties of avocado wood and researching its suitability for pulp production. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23, 95-103.
3. Avanzato D. (2009). Following chestnut footprints (*Castanea* spp.): Cultivation and culture, folklore and history, traditions and uses. International Society for Horticultural Science (ISHS).
4. Boran Torun S., Pesman E. & Cavdar Donmez A. (2019). Effect of alkali treatment on composites made from recycled polyethylene and chestnut cupula. *Polymer Composites*, 40, 4442-4451.
5. Barros L., Oliveira S., Carvalho A.M. & Ferreira I. (2010). In vitro antioxidant properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. *Industrial Crops and Products*, 32, 572-579.
6. Conedera M., Manetti M.C., Giudici F. & Amorini E. (2021). *Castanea sativa* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species, European Commission, 78-79 pp.
7. Dönmez İ.E., Selçuk S., Sargin S. & Özdeveci H. (2016). Kestane, fındık ve antepfıstığı meyve kabuklarının kimyasal yapısı. *Turkish Journal of Forestry*, 17, 174-177.
8. Eroğlu H. & Gülsoy S.K. (2008). A Comparative study of some tumorous and normal hardwood kraft pulp properties. *Wood Research*, 53, 77-84.
9. FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
10. Gençer A. & Gül Türkmen H. (2016). Determination of paper production conditions of wild cherry heartwood and sapwood. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18, 23-31.
11. Gençer A. & Özgül U. (2016). Utilization of common hazelnut (*Corylus avellana* L.) prunings for pulp production. *Drvna Industrija*, 67, 157-162.
12. Gençer A., Özgül U., Onat S.M., Gündüz G., Yaman B. & Yazıcı H. (2018). Chemical and morphological properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20, 205-209.
13. González López N., Moure A., Domínguez H. & Parajó J.C. (2012). Valorization of chestnut husks by non-isothermal hydrolysis. *Industrial Crops and Products*, 36, 172-176.
14. Gullón B., Eibes G., Dávila I., Moreira M.T., Labidi J. & Gullón P. (2018). Hydrothermal treatment of chestnut shells (*Castanea sativa*) to produce oligosaccharides and antioxidant compounds. *Carbohydrate Polymers*, 192, 75-83.
15. Gulsoy S.K. & Tufek S. (2013). Effect of chip mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on kraft pulp and paper properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(6), 2304-2308.
16. Gulsoy S.K. & Ozturk F. (2015). Kraft pulping properties of European black pine cone. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(4), 875-882.
17. Gülsoy, S. K., Eroğlu, H. & Merev, N. (2005). Chemical and wood anatomical properties of tumorous Wood in a Turkish White oak (*Quercus robur* subsp. *robur*). *IAWA Journal*, 26(4), 469-476.
18. Gülsoy S.K., Kılıç Pekgözlü A. & Aktaş A.C. (2015). Utilization of the pomegranate tree (*Punica granatum* L.) in the paper industry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(2), 295-299.
19. Gülsoy S.K. & Şimşir S. (2018). Chemical composition, fiber morphology, and kraft pulping of bracken stalks (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Drvna Industrija*, 69(1), 23-33.
20. Gülsoy S.K., Aksoy H., Türkmen H.G. & Çanakçı G. (2021). Fiber morphology and chemical composition of heartwood and sapwood of red gum, black willow, and oriental beech. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(1), 119-124.
21. He Y.C., Liu F., Di J.H., Ding Y., Zhu Z.Z., Wu Y.Q., Chen L., Wang C., Xue Y.F., Chong G.G. & Ma C.L. (2016). Effective enzymatic saccharification of dilute NaOH extraction of chestnut shell pretreated by acidified aqueous ethylene glycol media. *Industrial Crops and Products*, 81, 129-138.
22. Husanu E., Mero A., Rivera J.G., Mezzetta A., Ruiz J.C., D'Andrea F., Pomelli C.S. & Guazzelli L. (2020). Exploiting Deep Eutectic Solvents and Ionic Liquids for the Valorization of Chestnut Shell Waste. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2020, 8, 18386–18399.
23. Kiliç A., Hafizoglu H., Dönmez İ.E., Tümen İ., Sivrikaya H., Reunanen M. & Hemming J. (2011). Extractives in the cones of *Pinus* species. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(1), 37-40.
24. Lenhart A. & Chey D.W. (2017). A Systematic Review of the Effects of Polyols on Gastrointestinal Health and Irritable Bowel Syndrome. *American Society for Nutrition. Adv Nutr* 8:587–96.
25. Liang J., Wu J. & Xu J. (2021). Low-formaldehyde emission composite particleboard manufactured from waste chestnut bur. *Journal of Wood Science*, 67(1), 1-10.

26. Morales A., Gullón B., Dávila I., Eibes G., Labidi J. & Gullón J. (2018). Optimization of alkaline pretreatment for the co-production of biopolymer lignin and bioethanol from chestnut shells following a biorefinery approach. *Industrial Crops and Products*, 124, 582-592.
27. Moure A., Conde E., Falqué E., Domínguez H. & Parajó J.C. (2014). Production of nutraceuticals from chestnut burs by hydrolytic treatment. *Food Research International*, 65, 359-366.
28. Rowell R.M. (2005). *Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press, USA.
29. Spearin W.E. & Isenberg I.H. (1947). Maceration of woody tissue with acetic acid and sodium chlorite. *Science*, 105, 214-214.
30. TAPPI T 222 om-02: (2002). Acid-insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI. Atlanta, GA, USA, TAPPI Press. <https://www.tappi.org>
31. Vázquez G., Fontenla E., Santos J., Freire M.S., González-Álvarez J. & Antorrena G. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 279-285.
32. Wise L.E. & Jahn E.C. (1952). *Wood Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Edition, Vol.1-2, Reinhold Publication Co. New York, USA.
33. Yaman B. & Gencer A. (2005). Fiber Morphology of kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) CF Liang & AR Ferguson) grown in Trabzon. *Turkish Journal of Forestry*, 6, 149-155.

# COMPARISON OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE PERFORMANCES OBTAINED IN DATASET CLASSIFICATIONS USING RESPIRATORY DATA

Osman Ballı<sup>1\*</sup>, Yakup Kutlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Engineering, Malatya Turgut Ozal University, Türkiye

<sup>2</sup> Department of Computer Engineering, Iskenderun Technical University, Türkiye

## Abstract

Diagnosis of disease with respiratory data is very important today as it was in the past. These diagnoses, which are mostly based on human experience, have begun to leave their place to machines with the development of technology. Especially with the emergence of the COVID-19 epidemic, studies on the ability of artificial intelligence to diagnose diseases by using respiratory data have increased. Sharing open-source data has paved the way for studies on this subject.

Artificial intelligence makes important contributions in many fields. In the field of health, significant accuracy results have been obtained in studies on respiratory sounds. In this article, a literature review on respiratory sounds and artificial intelligence achievements was made. 34 articles -that were selected from IEEE, Elsevier, Pubmed, and ScienceDirect digital databases and published after 2010- were used for comparisons. As keywords, "breathing sounds and", "respiratory sound classification", together with "artificial intelligence" and "machine learning" were chosen.

In this study, artificial intelligence methods used in 34 publications selected by literature review were compared in terms of the performances obtained in the training.

**Key Words:** Artificial intelligence, machine learning, respiratory sounds

## 1. Introduction

Different devices (Stethoscope, EKG (Electrocardiography), EMG (electromyography), etc.) and methods (such as machine learning, deep learning methods) have been developed for years to diagnose disorders affecting human health. Among these devices, the most used device for many years is the stethoscope. A stethoscope is used to listen to body sounds. Listening to body sounds is one of the most basic methods used to have information about the body. It provides a lot of information about the respiratory organ and the symptoms of the diseases that affect it (Basu & Rana, 2020). In the history of medicine, it has been tried to make analyzes from body sounds for centuries. At first, body sounds have listened directly, then listening was performed with the help of a pipe and the foundations of the invention of the stethoscope were laid. With the invention of the stethoscope, body sounds began to be analyzed better. Mechanical stethoscopes that can filter better according to the materials used have been created and this technology continues to be used today. These technological developments have also supported the development of electronic stethoscopes. The received audio signals are transferred to digital media by passing through filters applied in electronic circuits. In this way, great convenience has been provided in the storage and analysis of data. The stored data has started to be used in the creation of artificial intelligence models to be used in studies in this field. Today, many different datasets and training models have been created from breathing sounds.

Breath sounds are classified as normal or abnormal. Normal breath sounds are non -musical sounds. Abnormal breathing sounds are the sounds created by abnormal sounds superimposed on normal breathing sounds (Rocha et al., 2021). Artificial intelligence methods have generally achieved successful results in distinguishing between normal and abnormal respiratory sounds. More specifically, studies have been carried out to distinguish sounds such as wheezing, whispering, and coughing from abnormal respiratory sounds (Bardou et al., 2018; Jakovljević & Lončar-Turukalo, 2018; Hassan et al., 2020). The artificial intelligence method has an active role in respiratory diseases such as COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) and asthma.

The abundance and accessibility of respiratory sound data have paved the way for many successful studies. The fast processing power of the machines, combined with artificial intelligence technology, brought along detailed analysis and successful results. There are many different studies in the literature. In this article, research and examinations on the studies in the literature were made and the studies in which the best models were created were discussed. Although different datasets have been used in many studies, there are also studies that have examined the same datasets.

## 2. Methodology

The subject covered under the name of artificial intelligence achievements used in classifications made using respiratory data generally includes information transmission and compilation. It is challenging to reach and work with datasets while conducting scientific studies. In this study, studies that achieved accuracy by using artificial intelligence methods with a dataset are included. For this purpose, first of all, articles containing the subject; Selected from IEEE, Elsevier, Pubmed, and ScienceDirect digital databases.

The keywords used in the literature review are “breath sounds and”, “respiratory sound classification”, together with “artificial intelligence” and “machine learning”. The selection criteria are primarily to consider the publications after 2010. For ease of analysis, only English and Turkish articles were considered.

## 3. Literature Review

When the studies in the literature are examined, besides the open datasets, there are also studies on private datasets and their comparison. In many studies, the International Conference on Biomedical and Health Informatics (ICBHI) dataset has been used and successful results have been obtained. When we look at the studies with the ICBHI dataset, Liu et al. used a dataset consisting of 222 subjects and 508 records in addition to the ICBHI dataset. When these datasets trained with the Convolutional Neural Network (CNN) model are used as mixed, 61.02% accuracy was achieved. The highest performance was obtained in the ICBHI dataset with 81.62% (Liu et al., 2019). Srivastava et al., in their study on the ICBHI dataset, performed feature extraction with Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) and trained this data with the CNN model. 93% accuracy was achieved in the study (Srivastava et al., 2021). Chen et al. used Optimized S-transform on this dataset and trained with deep residual networks. 98.79% accuracy was achieved (Chen et al., 2019a). Acharya and Basu used (Visual Geometry Group-

16) VGG16, MobileNet, Hybrid CNN-Recurrent neural network (RNN) methods in their study. The highest performance was obtained in Hybrid CNN-RNN with 71.81% (Acharya & Basu, 2020). The model in which Basu and Rana used Neural Network showed 96% accuracy (Basu & Rana, 2020). Rocha et al. used Linear Discriminant Analysis (LDA), Radial Fundamental Function Support Vector Machines (SVMrbf), Random Undersampling (SVMrbf), Random Undersampling, Augmented Trees (RUSboost), and Convolutional Neural Networks (CNNs) methods in this dataset. While on the 3 Class task with fixed durations, the best classifier achieved an accuracy of 96.9%, the same classifier reached an accuracy of 81.8% on the more realistic 3 Class task with variable durations (Rocha et al., 2021). Paraschiv and Rotaru used MFCC features in the CNN model and achieved 90.21% accuracy (Paraschiv & Rotaru, 2020).

Apart from the ICBHI dataset, many original datasets were used. Messner et al. used 387 records from 23 people. In this study, in which Multilayer Perceptron (MLP), bidirectional gated recurrent neural network (BiGRNN), and ConvBiGRNN methods were used, 93.1% training accuracy was obtained with BiGRNN (Messner et al. 2020). Rizal et al. obtained 94.95% accuracy using 99 lung sounds and MLP method (Rizal et al. 2017). Balli and Kutlu used a dataset consisting of 103 people and used Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), and Decision Tree (DT) methods. ANN also achieved the best test performance with 86% (Balli & Kutlu, 2020). Chauhan et al. created 1381 datasets of real and simulated. MFCC and (Hidden Markov Model) HMM were used and the determinations yielded 95.7% for continuous murmurs, 96.25% for systolic murmurs, and 90% for diastolic murmurs. Aykanat and his friends recorded 17,930 lung sounds from 1630 subjects. Healthy versus pathological classification: CNN 86%, SVM 86% (Aykanat et al., 2017). Sreejyothi 35 bronchial, fine crackle, and coarse crackle, single channeled breath sound signals of the duration of 1.5–3.5 s at a sampling frequency of 44,100 Hz. Classification of data based on supervised machine learning techniques (MLT) (LDA and SVM) using the features of phase portrait was found to be superior to unsupervised classification with 83.3% and 93.3% accuracy, respectively (Sreejyothi et al., 2021). Sen et al., 50 subjects are incorporated in the study, 30 being diagnosed with asthma and 20 with COPD. Classification rates of 100 and 95 percent for asthma and COPD, respectively (Sen et al., 2021). Haider and Behera used 80 asthma, 80 COPD, and 80 healthy Lung Sounds. It achieved the highest performance with DT: 99.3% (Haider & Behera, 2022). Stasiakiewicz et al. dataset comprised 62 healthy (166 recordings) and 58 sick patients (187 recordings). In this study, in which SVM was used, 92.8% accuracy was achieved (Stasiakiewicz et al., 2021). Brown et al, the dataset is composed of 4352 unique users collected from the web app and 2261 unique users collected from the Android app, comprising 4352 and 5634 samples. In the study using SVM, 82% ROC-AUC was obtained. Amoh and Odame used 14 healthy volunteers, consisting of 7 males and 7 females. CNN was used in classification and 87.6% accuracy was achieved (Amoh & Odame, 2016). Mendes et al. obtained 24 records from 12 patients and achieved 98% accuracy (Mendes et al., 2015). Lozano et al. obtained 870 records from 30 people and achieved 94% accuracy with SVM (Lozano et al., 2016). Chamberlain et al. obtained 500 records from 284 participants and classified them with SVM. Wheeze 86% accuracy, Crackle 73% accuracy (Chamberlain et al., 2016). Hassan et al. used 240 acoustic data. MFCC, LSTM, RNN were used, and the detection performance of cough sound was 97% and breath sound was 98.2% (Hassan et al., 2020). Jord et al. used MFCC and ResNet50 and achieved 98.5% accuracy (Laguarta et al., 2020). Jayalakshmy et al. used 4 different methods in their study. The highest performance was obtained in the CNN model with 96.7% (Jayalakshmy et al., 2020). Ma et al. features were extracted by SFTF and wavelet analysis and classification was performed with a bilinear Resnet network. 69.30% accuracy has been achieved (Ma et al., 2019). In the study of Monaco et al., 85% accuracy was obtained for MLP and 81% for SVM among 4 different classifiers (Monaco et al., 2020). Riella et al. used the ANN method in 28 audio recordings and achieved 85% accuracy (Riella et al., 2009). Pinho et al. used 24 audio files and the multi-annotator gold standard method. Precision, F1, sensitivity results were examined in the study (Pinho et al., 2015). Gronnesby et al. used 383 audio files and SVM method. Precision, F1, sensitivity results were examined in the study (Gronnesby et al., 2017). Chen et al. extracted MFCC features of 50 lung sounds. trained these features with the SVM method (Chen et al., 2019b). Bhowmik and Most studied 12000 lung data. In the study, 93.4% accuracy was achieved with the STAIN method (Bhowmik & Most, 2022). Meng et al. applied ANN, KNN, SVM methods to 705 breath sounds. 85.43%, 68.51% and 69.50% accuracy were achieved, respectively (Meng et al., 2020). Güler et al. achieved 100% accuracy in KNN and SVM with the voice data they received from 60 people (Güler et al., 2020) These publications and summary findings are shown in Table 1.

Table 1. Publications and summary findings in the literature review



Paper ID	Source	Dataset	Method	Accuracy
1	Liu et al., 2019	ICBHI dataset and pediatric dataset consisting of 508 records from 222 subjects	CNN	ICBHI Database Test Accuracy: %81.62 Pediatric Database Test Accuracy: %69.72 Mixed Database Test Accuracy: %61.02
2	Jayalakshmy et al., 2020	ICBHI dataset	SVM KNN Decision Tree CNN	SVM Train Accuracy: %71.97 K-NN Train Accuracy: %89.56 Decision Tree Train Accuracy: %90.10 CNN Train Accuracy: %96.7
3	Messner et al., 2020	387 records from 23 people	MLP ConvBiGRNN BiGRNN	MLP Train Accuracy: %75.0 BiGRNN Train Accuracy: %93.1 ConvBiGRNN Train Accuracy: %85.9
4	Rizal et al., 2017	99 lung sound	Multilayer Perceptron (MLP)	Accuracy: 94.95%
5	Balli & Kutlu, 2020	103 people from the ICBHI dataset, including 35 healthy, 32 pneumonia and 36 COPD.	ANN, KNN, SVM, DT	ANN Test Acc: 86% KNN Test Acc: 80% SVM Test Acc: 85% DT Test Acc: 76%
6	Chauhan et al., 2008	1381 datasets of real and simulated	MFCC+HMM	Continuous murmurs: 95.7% Systolic murmurs: 96.25% Diastolic murmurs: 90%
7	Aykanat et al., 2017	Recorded 17,930 lung sounds from 1630 subjects.	SVM and CNN	healthy versus pathological classification: CNN %86, SVM %86 rale, rhonchus, and normal sound classification: CNN %76, SVM %75 singular respiratory sound type classification: CNN %80, SVM %80 audio type classification with all sound types: CNN %62, SVM %62

8	Sreejyothi et al., 2021	35 bronchial, fine crackle, and coarse crackle, single channeled breath sound signals of the duration of 1.5–3.5 s at a sampling frequency of 44,100 Hz	MLT-LDA,SVM	Classification of data based on supervised MLT-LDA and SVM using the features of phase portrait was found to be superior to unsupervised classification (PCA) with 83.3% and 93.3% accuracy, respectively.
9	Ma et al., 2019	ICBHI dataset	Short-time Fourier transform (STFT), Wavelet + Bi-ResNet	Accuracy: 69.30%
10	Sen et al., 2021	Fifty subjects are incorporated in the study, 30 being diagnosed with asthma and 20 with COPD.	Gaussian mixture models (GMM), and SVM	Classification rates of 100and 95 percent for asthmaand COPD, respectively.
11	Srivastava et al., 2021	ICBHI dataset	MFCC+CNN	Accuracy: 93%
12	Haider & Behera, 2022	80 asthma, 80 COPD, and 80 healthy Lung Sounds.	SVM, DT, KNN, DA	Accuracy: DT: 99.3% SVM: 98.6% KNN: 95% DA: 96.3%
13	Chen et al.,2019a	ICBHI dataset	OST and ResNets	Sensitivity:96.27% Specificity:100% Accuracy: 98.79%
14	Stasiakiewicz et al., 2021	Dataset consisting of 62 healthy (166 recordings) and 58 sick patients (187 recordings)	SVM	Sensitivity:94.8% Specificity:90.7% Accuracy: 92.8%
15	Brown et al., 2020	Dataset is composed of 4352 unique users collected from the web app and 2261 unique users collected from the Android app, comprising 4352 and 5634 samples	SVM	COVID-positive / non-COVID: 80% COVID-positive with cough / non-COVID with cough: 82% ROC-AUC COVID-positive with cough / non-COVID asthma cough: 80% ROC-AUC
16	Amoh & Odame, 2016	14 healthy volunteers: 7 males and 7 females.	CNN, RNN	CNN: 87.6% RNN: 79.7%
17	Acharya & Basu, 2020	ICBHI dataset	VGG16, MobileNet, Hybrid CNN-RNN	VGG16: 68.54% MobileNet: 67.60% Hybrid CNN-RNN: 71.81%
18	Basu & Rana, 2020	ICBHI dataset	Neural Network	Accuracy: 95.67%± 0. 77%

19	Monaco et al., 2020	ICBHI dataset	Random Forest (RF), SVM, MLP and (Deep Neural Network) DNN	Accuracy: MLP: 85% SVM: 81%
20	Rocha et al., 2021	ICBHI dataset	Linear discriminant analysis (LDA), radial basis function support vector machines (SVMrbf), random undersampling augmented trees (RUSboost), and convolutional neural networks (CNNs).	While on the 3 Class task with fixed durations, the best classifier achieved an accuracy of 96.9%, the same classifier reached an accuracy of 81.8% on the more realistic 3 Class task with variable durations.
21	Riella et al., 2009	28 Record	ANN	Accuracy: 85%; Sensitivity: 86%;
22	Pinho et al., 2015	24 sound files	multi-annotator gold standard	Precision: 95%; Sensitivity: 89%; F1: 92%
23	Mendes et al., 2015	Patients: 12; Recordings: 24;	Matthews correlation coefficient (MCC)	Accuracy: 98%; Sensitivity: 91%; Specificity: 99%; MCC: 93%
24	Lozano et al., 2016	Participants: 30; Recordings: 870; Source: Private	SVM	Accuracy: 94%; Precision: 95%; Sensitivity: 94%; Specificity: 94%
25	Chamberlain et al., 2016	Participants: 284; Recordings: 500; Source: Private	SVM	Wheeze AUC: 86%; Crackle AUC: 73%
26	Gronnesby et al., 2017	Recordings: 383	SVM	Precision: 86% Sensitivity: 84% F1: 84%
27	Jakovljević & Lončar-Turukalo, 2018	ICBHI dataset	HMM	Wheeze Sensitivity: 52%; Crackle Sensitivity: 56%; Normal Sensitivity: 52%
28	Chen et al., 2019b	50 lung recording	MFCC+SVM	BAC: 0.821 ±0.07 Sensitivity: 0.815 ±0.10 Specificity: 0.826 ±0.07
29	Bhowmik & Most, 2022	10,000 training files with coughs, 10,000 training files without coughs, 1000 testing files with coughs, and 1000 testing files without coughs.	Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), Convolutional Recurrent Neural Network (CRNN), Spatio-Temporal AI Network (STAIN)	Accuracy: CNN: 92.7% RNN: 86.3% CRNN: 91.0% STAIN: 93.4%
30	Hassan et al., 2020	240 acoustic data	MFCC+LSTM+RNN	Accuracy: Cough Sound: 97% Breath Sound: 98.2% Voice: 84.4%
31	Laguarda et al., 2020	MIT open voice model (5,320 subjects have recorded a healthy COVID-19 cough dataset.)	MFCC, ResNet50 (CNN)	Accuracy: 98.5%

32	Paraschiv & Rotaru, 2020	ICBHI dataset	MFCC+CNN	Accuracy: 90.21%
33	Meng et al., 2020	705 respiratory sound signals (240 rales, 260 rhonchi, and 205 normal respiratory sounds) were obtained from 130 patients	ANN, SVM, KNN	ANN: %85,43 SVM: %69.50 KNN: %68.51
34	Güler et al., 2020	20 normal, 20 ral and 20 rhonchi voice data from 60 patients	k- Nearest Neighbor (kNN), Support Vector Machine (SVM), Naive Bayes, Decision Tree and Random Forest Classifier	Accuracy: Decision Tree: 0.98% KNN: 100% Naive Bayes: 0.98% Random Forest: 0.98% SVM: 100%

#### 4. Conclusion and Discussion

This review of studies evaluating breath sounds using machine learning techniques provide an overview of current machine learning techniques for digitizing and analyzing breath sounds. For this purpose, the types and characteristics of respiratory sounds are mentioned. In addition, the accuracy rates and study results of the studies discussed and their suggestions for future studies were evaluated.

Many different models and datasets were used in the studies. In addition, it has been tried to increase the performance with feature extraction methods such as MFCC and OST. When the results are examined, it is observed that MFCC is used in feature extraction and CNN is used in model training. The largest dataset is the MIT dataset, which contains cough voice recordings from 5320 people. In addition, MFCC coefficients were used in the training of this dataset. The model trained with CNN achieved a very high accuracy rate of 98.5% (Laguarta et al., 2020). This performance and a large number of used datasets bring this work to the fore. In addition, 17930 lung data from 1630 people were used in another study with a high data number. In this study using CNN and SVM, 86% accuracy was achieved for both models. It has been seen that CNN algorithm works as well as SVM algorithms and machine learning algorithms that can classify respiratory sound (Aykanat et al., 2017). The most commonly used dataset in studies is the ICBHI dataset. In studies using this dataset, the highest peak results were obtained using optimized S-transform (OST) and deep residual networks (ResNets).

Convolutional networks are trainable, multi-stage architectures that can be applied to a wide range of perceptual tasks (LeCun et al., 2010). CNN was also highly preferred in the analysis of breath sounds. It is also frequently used in HMM and SVM. As a feature extraction method, MFCC was generally used and provided high accuracy.

This study has shown that AI-powered medical solutions can have a stimulating effect on healthcare. In addition, it supports the selection of a technologically innovative way of diagnosis and treatment monitoring processes. In this way, it is stated that technology has potential in the medical field and studies on this subject should be supported.

#### References

1. Aykanat, M., Kılıç, Ö., Kurt, B., & Saryal, S. (2017). Classification of lung sounds using convolutional neural networks, *Eurasip Journal on Image and Video Processing*, 2017(1), 65.
2. Acharya, J. & Basu, A. (2020). Deep Neural Network for Respiratory Sound Classification in Wearable Devices Enabled by Patient Specific Model Tuning, *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 14(3), 535–544.
3. Amoh, J. & Odame, K. (2016). Deep neural networks for identifying cough sounds, *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.*, vol. 10, no. 5, pp. 1003–1011, Oct. 2016.

4. **Balli, O. & Kutlu, Y. (2020).** Effect of Deep Learning Feature Inference Techniques on Respiratory Sounds Derin Öğrenme Öznetelik Çıkarma Tekniklerinin Solunum Sesleri Üzerindeki Etkisi, *Journal of Intelligent Systems with Applications*, 137–140.
5. **Bardou, D., Zhang, K. & Ahmad, S. M. (2018).** Lung sounds classification using convolutional neural networks, *Artificial Intelligence in Medicine*, 88, 58–69.
6. **Basu, V. & Rana, S. (2020).** Respiratory diseases recognition through respiratory sound with the help of deep neural network, 4th International Conference on Computational Intelligence and Networks, CINE 2020, 1–6.
7. **Bhowmik, R. T. & Most, S. P. (2022).** A Personalized Respiratory Disease Exacerbation Prediction Technique Based on a Novel Spatio-Temporal Machine Learning Architecture and Local Environmental Sensor Networks, *Electronics*, 11(16), 2562.
8. **Brown, C., Chauhan, J., Grammenos, A., Han, J., Hasthanasombat, A., Spathis, D., Xia, T., Cicuta, P. & Mascolo, C. (2020).** Exploring Automatic Diagnosis of COVID-19 from Crowdsourced Respiratory Sound Data, *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 3474–3484.
9. **Chamberlain, D., Kodgule, R., Ganelin, D., Miglani, V. & Fletcher, R. R. (2016).** Application of semi-supervised deep learning to lung sound analysis, *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)*, Orlando, FL, USA, 16–20 August 2016; pp. 804–807.
10. **Chauhan, S., Wang, P., Sing Lim, C. & Anantharaman, V. (2008).** A computer-aided MFCC-based HMM system for automatic auscultation, *Computers in Biology and Medicine*, 38(2), 221–233.
11. **Chen, H., Yuan, X., Pei, Z., Li, M., & Li, J. (2019a).** Triple-Classification of Respiratory Sounds Using Optimized S-Transform and Deep Residual Networks, *IEEE Access*, 7, 32845–32852.
12. **Chen, H., Yuan, X., Li, J., Pei, Z. & Zheng, X. (2019b).** Automatic Multi-Level In-Exhale Segmentation and Enhanced Generalized S-Transform for wheezing detection, *Computer Methods Programs Biomed*, 178, 163 – 173.
13. **Gronnesby, M., Solis, J.C.A., Holsbø, E., Melbye, H. & Bongo, L.A. (2017).** Feature extraction for machine learning based crackle detection in lung sounds from a health survey, *arXiv 2017*, arXiv:1706.00005.
14. **Güler, H. C., Yıldız, ve O., Baysal, U., Cinyol, ve F. B., Koksall, D., Babaoğlu, E. & Sarınc Ulaş, S. (2020).** Classification of Abnormal Respiratory Sounds Using Machine Learning Techniques, 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO), pp. 1-4.
15. **Haider, N. S. & Behera, A. K. (2022).** Computerized lung sound based classification of asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD), *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 42(1), 42–59.
16. **Hassan, A., Shahin, I. & Alsabek, M. B. (2020).** COVID-19 Detection System using Recurrent Neural Networks, 2020 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI), pp. 1-5.
17. **Jakovljević, N. & Lončar-Turukalo, T. (2018).** Hidden Markov Model Based Respiratory Sound Classification, In *Precision Medicine Powered by pHHealth and Connected Health. ICBHI 2017. IFMBE Proceedings*; Maglaveras, N., Chouvarda, I., de Carvalho, P., Eds.; Springer: Singapore, 2018; Volume 66, pp. 39–43.
18. **Jayalakshmy, S., Priya, B. L. & Kavya, N. (2020).** "CNN based Categorization of respiratory sounds using spectral descriptors". *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Communication, Computing and Industry 4.0, C2I4 2020*.
19. **Laguarta, J., Hueto, F. & Subirana, B. (2020).** COVID-19 Artificial Intelligence Diagnosis Using Only Cough Recordings. In *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, vol. 1, pp. 275-281.
20. **LeCun, Y., Kavukcuoglu, K. & Farabet, C. (2010).** Convolutional networks and applications in vision. *Circuits and Systems (ISCAS)*, *Proceedings of 2010 IEEE International Symposium*, IEEE, pp. 253–256.
21. **Liu, R., Cai, S., Zhang, K. & Hu, N. (2019).** Detection of Adventitious Respiratory Sounds based on Convolutional Neural Network, *ICIIBMS 2019 - 4th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences*, 298–303.
22. **Lozano, M., Fiz, J. A. & Jané, R. (2016).** Automatic Differentiation of Normal and Continuous Adventitious Respiratory Sounds Using Ensemble Empirical Mode Decomposition and Instantaneous Frequ

- ency, IEEE J.Biomed. Health Inform, 20, 486–497.
23. **Ma, Y., Xu, X., Yu, Q., Zhang, Y., Li, Y., Zhao, J. & Wang, G. (2019).** Lungbrn: A smart digital stethoscope for detecting respiratory disease using bi-resnet deep learning algorithm. *BioCAS 2019 - Biomedical Circuits and Systems Conference, Proceedings*, 1–4.
  24. **Mendes, L., Vogiatzis, I.M. & Perantoni, et al. (2015).** Detection of wheezes using their signature in the spectrogram space and musical features, *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), Milan, Italy, 25–29 August 2015*; pp. 5581–5584.
  25. **Meng, F., Shi, Y., Wang, N., Cai, M. & Luo, Z. (2020).** Detection of Respiratory Sounds Based on Wavelet Coefficients and Machine Learning, *IEEE Access*, 8, 155710–155720.
  26. **Messner, E., Fediuk, M., Swatek, P., Scheidl, S., Smolle-Jüttner, F. M., Olschewski, H. & Pernkopf, F. (2020).** Multi-channel lung sound classification with convolutional recurrent neural networks, *Computers in Biology and Medicine*, 122(May), 103831.
  27. **Monaco, A., Amoroso, N., Bellantuono, L., Pantaleo, E., Tangaro, S. & Bellotti, R. (2020).** Multi-time-scale features for accurate respiratory sound classification, *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(23), 1–17.
  28. **Paraschiv, E. A. & Rotaru, C. M. (2020).** Machine Learning Approaches based on Wearable Devices for Respiratory Diseases Diagnosis, *2020 International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB)*, pp. 1–4.
  29. **Pinho, C. Oliveira, A. Jácome, C. Rodrigues & J. Marques, A. (2015).** Automatic crackle detection algorithm based on fractal dimension and box filtering, *Procedia Comput. Sci.*, 2015, 64, 705–712.
  30. **Riella, R., Nohama, P. & Maia, J. (2009).** Method for automatic detection of wheezing in lung sounds, *Braz. J. Med Biol. Res.* 2009, 42, 674–684.
  31. **Rizal, A., Hidayat, R. & Nugroho, H. A. (2017).** Entropy measurement as features extraction in automatic lung sound classification, *ICCREC 2017 - 2017 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy, and Communications, Proceedings, 2017-January*, 93–97.
  32. **Rocha, B. M., Pessoa, D., Marques, A., Carvalho, P. & Paiva, R. P. (2021).** Automatic classification of adventitious respiratory sounds: A (un)solved problem? *Sensors (Switzerland)*, 21(1), 1–19.
  33. **Sen, I., Saraclar, M. & Kahya, Y. P. (2021).** Differential diagnosis of asthma and COPD based on multivariate pulmonary sounds analysis. *IEEE Trans Biomed Eng* 2021; 68(5): 1601–10.
  34. **Sreejyothi, S., Renjini, A., Raj, V., Swapna, M.N.S. & Sankararaman, S. I. (2021).** Unwrapping the phase portrait features of adventitious crackle for auscultation and classification: a machine learning approach, *Journal of Biological Physics*, 47(2), 103–115.
  35. **Srivastava, A., Jain, S., Miranda, R., Patil, S., Pandya, S. & Kotecha, K. (2021).** Deep learning based respiratory sound analysis for detection of chronic obstructive pulmonary disease, *PeerJ Computer Science* 2021;7:e369.
  36. **Stasiakiewicz P, Dobrowolski AP, Targowski T, Galazzka- S´widerek N, Sadura-Sieklucka T & Majka K, et al. (2021).** Automatic classification of normal and sick patients with crackles using wavelet packet decomposition and support vector machine, *Biomed Signal Process Control* 2021;67:102521.