



KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
UNIVERSITY



14 Cilt **1-2** Sayı **2021** Temmuz - Aralık
Volume Issue July - December

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

e-ISSN: 2587-2389

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>

E-Mail : kaufbed@kafkas.edu.tr



T. C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

KAFKAS UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

Cilt: 14

Sayı: 1 – 2

Temmuz – Aralık 2021

Volume: 14

Number: 1 – 2

July – December 2021

e-ISSN: 2587-2389

Kafkas Üniv. Fen Bil. Enst. Derg (Kafkas Univ. Inst. of Nat. and Appl. Sci. J.)
Cilt: 14 Sayı: 1 – 2, Temmuz – Aralık 2021 (Volume: 14 Number: 1 – 2, July - December 2021)

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>

<http://dergipark.gov.tr/kujs>

Sorumlu Müdür / Director

Prof. Dr. Fikret AKDENİZ

Editör / Editor

Dr. Öğr. Üyesi Ümit YILDIKO

Editör Yardımcıları / Associate Editors

Doç. Dr. Vedat ADIGÜZEL	Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı

Dil Editörleri / Language Editors

Doç. Dr. Öğr. Üyesi Özkan ÖZDEN	Biyomühendislik Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı

Mizanpaj ve Teknik Editörler / Layout and Technical Editors

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı
Doktora. Aslıhan Aycan Tanrıverdi	Fizikokimya Anabilim Dalı

Yayın Kurulu

ANABİLİM DALI
(Department)

KURUMU
(Institution)

Bilişim Teknolojileri Eğitimi
(**Information Technologies Education**)
Okutman Ramiz Musallam SALAMA

Name Near East University

Biyoloji
(**Biology**)

Doç. Dr. Mustafa CENGİZ

Siirt Üniversitesi

Doç. Dr. Fatma GÜR

Atatürk Üniversitesi

Biyomühendislik
(**Bioengineering**)

Doç. Dr. Öğr. Üyesi Evren KOÇ

Kafkas Üniversitesi

Doç. Dr. Öğr. Üyesi Özkan ÖZDEN

Kafkas Üniversitesi

Cevre Bilimleri ve Mühendisliği
(**Environmental Sciences and Engineering**)

Doç. Dr. Can Bülent KARAKUŞ

Fizik

(**Physics**)

Doç. Dr. Adem KOÇYIĞIT

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
(**Food Sciences and Engineering**)

Doç. Dr. Cemil AYDOĞAN

Bingöl Üniversitesi

İnşaat Mühendisliği
(**Civil Engineering**)

Dr. Öğr. Üyesi Emre TOPÇU

Kafkas Üniversitesi

Kimya

(**Chemistry**)

Doç. Dr. Bahri GÜR

Iğdır Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Turan TEKEŞ

Kafkas Üniversitesi

Doç. Dr. Melahat GÖKTAŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Zahritin

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Dr. Öğretim Görevlisi Abdülmelik ARAS

Iğdır Üniversitesi

Makine Mühendisliği

(**Mechanical engineering**)

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Arslan OMAR

Kafkas Üniversitesi

Matematik

(**Mathematics**)

Prof. Dr. Nizami MUSTAFA

Kafkas Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN

Iğdır Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

(**Agricultural Engineering**)

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZ

Iğdır Üniversitesi

Yazışma Adresi

(Address)

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
36100-Kars/ Türkiye
Phone: +90 474 2128850
Fax: +90 474 2123867
E-mail: kaufbed@kafkas.edu.tr

**Bu dergi Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık dönemlerinde olmak üzere yılda iki kez yayımlanır.
This journal is published biannually, in January-June and July-December, by the
Institute of Science Institute, University of Kafkas**

Önemli Not:

- Dergimizin adı, ilk sayısı (Cilt:1, Sayı:1) “Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi”; İkinci sayısı (Cilt:1, Sayı:2) “Fen Bilimleri Dergisi” ve üçüncü sayıdan itibaren (Cilt:2, Sayı:1) ise “Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi” olarak değiştirilmiştir.
- Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergimiz Cilt 10, Sayı 1’den itibaren e-ISSN numarası 2587-2389 alınmış olup Cilt 10, Sayı 1’den itibaren elektronik ortamda basılacaktır.

Danışma Kurulu

(Advisor Board)

Prof. Dr. Abdullah HASBENLİ, Gazi Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Adem BIÇAKÇI, Uludağ Üniversitesi, Bursa

Prof. Dr. Ahmet AKSOY, Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Atilla YILDIZ, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. David. W. STANLEY, Agricultural Research Service, USA

Prof. Dr. Hüseyin UZUNBOYLU, Near East University, KKTC

Prof. Dr. Erhan DENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Esabi Başaran KURBANOĞLU, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Prof. Dr. Fikret AKDENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Halit ORHAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Prof. Dr. Yücel ÖZMEN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Fezile ÖZDAMLI, Near East University, KKTC

Prof. Dr. Ali SINAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Kamil KOÇ, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa

Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak

Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ, Sinop Üniversitesi, Sinop

Prof. Dr. Mustafa SÖZEN, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak

Prof. Dr. Mustafa YÜKSEK, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay

Prof. Dr. Nizami MUSTAFA, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Ö. Köksal ERMAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Prof. Dr. Ömür DEVECİ, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Ramazan SEVER, ODTÜ, Ankara

Prof. Dr. Refige SOLTAN, Selçuk Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. Serap AKSOY, Yale University, USA

Prof. Dr. Ten FEIZI, Imperial College of science, UK

Prof. Dr. Vaqif FERZELİYEV, Azərbaycan Milli Bilimler Akademisi, Bakü

Prof. Dr. Yaşar ÖNEL, University of Iowa, USA

Prof. Dr. Yüksel KELEŞ, Mersin Üniversitesi, Mersin

Prof. Dr. Murat TEZER, Near East University, KKTC

Prof. Dr. Aycan TOSUNOĞLU, Uludağ Üniversitesi, Bursa

Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Iğdır Üniversitesi, Iğdır

Doç. Dr. Ferruh AŞÇI, Afyonkocatepe Üniversitesi, Afyon

Doç. Dr. Gökhan NUR, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep

Doç. Dr. Hüseyin ERTAP, Kafkas Üniversitesi, Kars

Doç. Dr. Veysel NEZİR, Kafkas Üniversitesi, Kars

Assoc. Prof. Dr. Antonin LOJEK, Academy of Sciences, Czech Republic

Assoc. Prof. Dr. Pavel HYRSL, Masaryk University Czech Republic

Dr. Öğrt. Üyesi Hüseyin KAPLAN, Niğde Üniversitesi, Niğde

Asistant Prof. Dr. Greg GOSS University of Alberta, Department of Biological Science,
Canada

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Sayfalar/Pages

- 1** On the Coefficient Bound Estimates and Fekete-Szegö Problem for a Certain Class of Analytic Functions 1 - 8
Nizami MUSTAFA Semra KORKMAZ Zeynep GÖKKUŞ
- 2** Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Çeliklerinin Kambiyum Faaliyeti Üzerinde Kobalt Stresine Karşı İndol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit ve Kinetin Karışımlarının Etkileri 9 - 22
Ahmet Oğuzhan ARICA
- 3** Example of Science Lesson Digital Book Developed with Arloopa Augmented Reality Technology Application 23 - 28
Ezgi Pelin YILDIZ
- 4** Araç Türlerine göre Trafik Analizleri: Polatlı-Sivrihisar Devlet Karayolu Örneği 29 - 36
Hikmet BAYIRTEPE Büşra KILIÇ
- 5** Polimer Nanokompozit Kaplama Teknikleri ve Sunduğu Performanslar 37 – 45
Çetin ÇİMEN



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 258

On the Coefficient Bound Estimates and Fekete-Szegö Problem for a Certain Class of Analytic Functions

Nizami MUSTAFA¹, Semra KORKMAZ¹, Zeynep GÖKKUŞ^{2*}

¹ Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kars, Türkiye

² Kastamonu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojisi Bölümü, Kastamonu, Türkiye

¹ Kafkas University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Kars, Turkey

² Kastamonu University, Vocational School, Computer Technology Department, Kastamonu, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 29.06.2022, Kabul / Accepted: 15.09.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

Keywords:

Fekete-Szegö problem,
univalent function,
salagean operator

Abstract: In the present study, a certain subclass of analytic and univalent functions in the open unit disk in the complex plane is introduced and examined. Then, for the class introduced, we study coefficient bound estimates and investigate the Fekete-Szegö problem. Furthermore, we discuss some intriguing special cases of the results found.

Analitik Fonksiyonların Belirli Bir Sınıfı İçin Katsayı Sınır Tahminleri ve Fekete-Szegö Problemi Üzerine

Anahtar Kelimeler:

Fekete-Szegö problemi,
univalent fonksiyon,
salagean operatörü

Özet: Sunulan çalışmada, kompleks düzlemin açık birim diskinde analitik ve univalent fonksiyonların belirli bir alt sınıfı tanıtılıyor ve inceleniyor. Sonrasında tanıtılan sınıf için katsayı sınır tahminlerini çalışıyor ve Fekete-Szegö problemini inceliyoruz. Ayrıca bulunan sonuçların bazı ilginç özel durumlarını tartışıyoruz.

1. INTRODUCTION

Let A denote the class of all complex valued functions f given by

$$\begin{aligned} f(z) &= z + a_2 z^2 + \dots + a_n z^n + \dots \\ &= z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n, \quad z \in \mathbb{C}, \end{aligned} \quad (1)$$

which are analytic in the open unit disk

$U = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 1\}$ in the complex plane \mathbb{C} .

By S , we define the class of all univalent functions in A . For $\alpha \in [0, 1)$, some of the important and well-investigated subclasses of S include the classes $S^*(\alpha)$ and $C(\alpha)$,

*İlgiliyazar: z.gokkus@gmail.com

respectively, starlike and convex function classes of order α in U .

For the functions f and g which are analytic in U , f is said to be subordinate to g and denoted as $f(z) \prec g(z)$, if there exists an analytic function ω such that

$$\omega(0)=0, |\omega(z)| < 1 \text{ and } f(z) = g(\omega(z)).$$

As is known that the coefficient upper bound problem is one of the important subjects of the theory of geometric functions. Firstly, by Lewin (Lewin, 1967) was introduced a subclass of bi-univalent functions and obtained the estimate $|a_2| \leq 1.51$ for the function belonging to this class. Subsequently, Brannan and Clunie (Brannan and Clunie, 1980) developed the result of Lewin to $|a_2| \leq \sqrt{2}$ for the bi-univalent function f . Later, Netanyahu (Netanyahu, 1969) showed that $|a_2| \leq \frac{4}{3}$ for this class functions. Brannan and Taha (Brannan and Taha, 1986) were introduced a certain subclasses of bi-univalent function class Σ , namely bi-starlike function of order α denoted $S_{\Sigma}^*(\alpha)$ and bi-convex function of order α denoted $C_{\Sigma}(\alpha)$, respectively. For each of the function classes $S_{\Sigma}^*(\alpha)$ and $C_{\Sigma}(\alpha)$, non-sharp estimates on the first two coefficients were found by Brannan and Taha (Brannan and

Taha, 1986). Many researchers have introduced and investigated several interesting subclasses of bi-univalent function class Σ and they have found non-sharp estimates on the first two coefficients (see Srivastava et al., 2010; Xu et al., 2012).

It is well known that the important tools in the theory of analytic functions is the functional $H_2(1) = a_3 - a_2^2$, which is known as the Fekete-Szegö functional and one usually considers the further generalized functional $H_2(1) = a_3 - \mu a_2^2$, where μ is a complex or real number (see Fekete and Szegö, 1983). Estimating the upper bound of $|a_3 - \mu a_2^2|$ is known as the Fekete-Szegö problem in the theory of analytic functions. The Fekete-Szegö problem has been investigated by many mathematicians for several subclasses of analytic functions (see Mustafa, 2017; Mustafa and Gündüz, 2019; Zaprawa, 2014). Very soon, Mustafa and Mrugusundaramoorthy (Mustafa and Mrugusundaramoorthy, 2021) examine the Fekete-Szegö problem for the subclass of bi-univalent functions related to shell shaped region.

For the analytic function $f \in A$, Salagean (Salagean, 1983) introduced the following differential operator, which is called the Salagean operator

$$S^0 f(z) = f(z), S^1 f(z) = zSf(z) = zf'(z),$$

$$\begin{aligned} S^2 f(z) &= zS(Sf(z)) \\ &= zf''(z), \dots, S^n f(z) \\ &= zS(S^{n-1} f(z)), n = 1, 2, \dots \end{aligned}$$

It follows from that

$$\begin{aligned} S^n f(z) &= z + \sum_{k=2}^{\infty} k^n a_k z^k, \\ z \in U, n \in \mathbb{N}_0 = \mathbb{N} \cup \{0\}. \end{aligned}$$

Now, let we define the following subclass of analytic and univalent functions.

Definition 1.1. A function $f \in S$ is said to be in the class $C(n, \varphi)$ if the following condition is satisfied

$$1 + \frac{z(S^n f(z))''}{(S^n f(z))'} \prec \varphi(z), z \in U.$$

In this definition $\varphi(z) = z + \sqrt{1+z^2}$ and the branch of the square root is chosen to be principal one, that $\varphi(0) = 1$. It can be easily seen that the function $\varphi(z) = z + \sqrt{1+z^2}$ maps the unit disc U onto a shell shaped region on the right half plane and it is analytic and univalent in U . The range $\varphi(U)$ is symmetric respect to real axis and φ is a function with positive real part in U , with $\varphi(0) = \varphi'(0) = 1$.

Moreover, it is a starlike domain with respect to point $\varphi(0) = 1$.

In the case $n=0$, from the Definition 1.1 we have the subclass $C(0, \varphi) = C(\varphi)$.

Let, P be the set of the functions $p(z)$ analytic in U and satisfying $\text{Re}(p(z)) > 0, z \in U$ and $p(0) = 1$, with power series

$$\begin{aligned} p(z) &= 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \dots \\ &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U. \end{aligned}$$

In order to prove our main results in this paper, we shall need the following lemmas (see Duren, 1983; Grenander and Szegö, 1958).

Lemma 1.2. Let $p \in P$, then $|p_n| \leq 2, n = 1, 2, 3, \dots$. These inequalities are sharp. In particular, equality holds for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}$$

for all $n = 1, 2, 3, \dots$.

Lemma 1.3. Let $p \in P$, then $|p_n| \leq 2, n = 1, 2, 3, \dots$ and

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$

$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1x - 2(4 - p_1^2)p_1x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)z$$

for some x and z with $|x| < 1$ and $|z| < 1$.

Lemma 1.4. Let $p \in P$, $B \in [0, 1]$ and $B(2B - 1) \leq D \leq B$.

Then, $|p_3 - 2Bp_1p_2 + Dp_1^3| \leq 2$.

Remark 1.5. As can be seen from the serial expansion of the function φ given in Definition 1.1, this function belong to the class P .

In this paper, we give coefficient bound estimates and examine the Fekete-Szegö problem for the class $C(n, \varphi)$.

1. MAIN RESULTS

In this section, firstly we give the following theorem on the coefficient bound estimates for the class $C(n, \varphi)$.

Theorem 2.1. Let the function f given by (1) be in the class $C(n, \varphi)$. Then,

$$|a_2| \leq \frac{1}{2^{n+1}}, \quad |a_3| \leq \frac{1}{4 \cdot 3^n} \quad \text{and} \quad |a_4| \leq \frac{5}{3 \cdot 2^{2n+3}}.$$

Proof. Let $f \in C(n, \varphi)$. Then, according to Definition 1.1 there exists analytic function $\omega: U \rightarrow U$ with $\omega(0) = 0$ and $|\omega(z)| < 1$ satisfying the following condition

$$1 + \frac{z(S^n f(z))''}{(S^n f(z))'} = \varphi(\omega(z)) = \omega(z) + \sqrt{1 + \omega^2(z)}, \quad z \in U. \tag{2}$$

Now, we define the function $p \in P$ as follows

$$\begin{aligned} p(z) &= \frac{1 + \omega(z)}{1 - \omega(z)} \\ &= 1 + p_1z + p_2z^2 + p_3z^3 + \dots \\ &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, \quad z \in U. \end{aligned}$$

From here, we write the following equality for the function ω

$$\begin{aligned} \omega(z) &= \frac{p(z) - 1}{p(z) + 1} \\ &= \frac{1}{2} \left[p_1z + \left(p_2 - \frac{p_1^2}{2} \right) z^2 + \left(p_3 - p_1p_2 + \frac{p_1^3}{4} \right) z^3 + \dots \right], \\ & \quad z \in U. \end{aligned} \tag{3}$$

Changing the expression of the function $\omega(z)$ in (2) with expressions in (3), we obtain

$$\begin{aligned}
 & 1 + \frac{z(S^n f(z))''}{(S^n f(z))'} \\
 &= 1 + \frac{p_1}{2}z + \left(\frac{p_2}{2} - \frac{p_1^2}{8}\right)z^2 + \left(\frac{p_3}{2} - \frac{p_1 p_2}{4}\right)z^3 + \dots, \\
 & z \in U.
 \end{aligned} \tag{4}$$

If the operations and simplifications on the left side of (4) are made and the coefficients of the terms of the same degree are equalized, are obtained the following equalities for a_2, a_3 and a_4

$$2^{n+1}a_2 = \frac{p_1}{2}, \quad 2 \cdot 3^{n+1}a_3 - 4^{n+1}a_2^2 = \frac{p_2}{2} - \frac{p_1^2}{8},$$

$$3 \cdot 4^{n+1}a_4 - 3 \cdot 6^{n+1}a_2a_3 + 8^{n+1}a_2^3 = \frac{p_3}{2} - \frac{p_1 p_2}{4};$$

that is,

$$a_2 = \frac{p_1}{2^{n+2}}, \tag{5}$$

$$a_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3}\right)^{n+1} a_2^2 + \frac{1}{4 \cdot 3^{n+1}} \left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right), \tag{6}$$

$$a_4 = \left(\frac{3}{2}\right)^{n+1} a_2 a_3 - \frac{2^{n+1}}{3} a_2^3 + \frac{1}{6 \cdot 4^{n+1}} \left(p_3 - \frac{p_1 p_2}{2}\right). \tag{7}$$

By applying the Lemma 1.2 to equality (5), immediately obtained the first result of theorem.

Then, firstly using the Lemma 1.3 and applying triangle inequality and Lemma 1.2 to the equality (6), we get

$$|a_3| \leq \frac{1}{8 \cdot 3^{n+1}} \left[\frac{3}{2}t^2 + (4-t^2)\xi \right], \quad \xi \in (0,1)$$

with $\xi = |x| < 1$. By maximizing the right-hand side of the last inequality with respect to the variable ξ , we obtain

$$|a_3| \leq \frac{1}{8 \cdot 3^{n+1}} \left(\frac{t^2}{2} + 4 \right), \quad t \in [0,2].$$

Since, the function $\sigma = \frac{t^2}{2} + 4, t \in [0,2]$ is an increasing function, from the last inequality obtained the second result of theorem.

Finally, let's we find an upper bound estimate for the coefficient a_4 . From the equalities (5)-

(7), we can write

$$a_4 = \frac{1}{3 \cdot 2^{2n+3}} \left[\frac{3}{4} p_1 \left(p_2 - \frac{p_1^2}{4} \right) + \left(p_3 - \frac{p_1 p_2}{2} + \frac{p_1^3}{6} \right) \right];$$

that is,

$$a_4 = \frac{1}{3 \cdot 2^{2n+3}} \left[\frac{3}{4} p_1 \left(p_2 - \frac{c}{2} p_1^2 \right) + (p_3 - 2B p_1 p_2 + D p_1^3) \right]$$

with $c = \frac{1}{2}, B = \frac{1}{4}$ and $D = \frac{1}{6}$.

Using triangle equality to the last equality, we obtain

$$|a_4| \leq \frac{1}{3 \cdot 2^{2n+3}} \left[\frac{3}{4} |p_1| \left| p_2 - \frac{c}{2} p_1^2 \right| + \left| p_3 - 2Bp_1p_2 + Dp_1^3 \right| \right]. \quad (8)$$

Since $c = \frac{1}{2} \in [0, 2]$, $B = \frac{1}{4} \in [0, 1]$, $D = \frac{1}{6}$ and

$B(2B-1) \leq D \leq B$, then according to Lemma 1.2 and Lemma 1.4, we write the following inequalities

$$\left| p_2 - \frac{c}{2} p_1^2 \right| \leq 2 \quad \text{and} \quad \left| p_3 - 2Bp_1p_2 + Dp_1^3 \right| \leq 2,$$

respectively. Considering these inequalities, from the inequality (8) obtained desired estimate for the upper bound of $|a_4|$. With this, the proof of Theorem 2.1 is completed.

In the case $n=0$, from the Theorem 2.1 obtained the following result.

Corollary 2.2. Let $f \in C(\varphi)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2}, \quad |a_3| \leq \frac{1}{4} \quad \text{and} \quad |a_4| \leq \frac{5}{24}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C(\varphi)$.

Theorem 2.3. Let the function f given by (1) be in the class $C(n, \varphi)$ and $\mu \in \mathbb{C}$. Then,

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} 2 & \text{if } \left| \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right| \leq \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1}, \\ \frac{1}{4 \cdot 3^{n+1}} \left\{ 2 \cdot \left(\frac{3}{4} \right)^{n+1} \left| \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right| + 1 \text{ if } \left| \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right| > \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} \right\}. \end{cases}$$

Proof. Let $f \in C(n, \varphi)$ and $\mu \in \mathbb{C}$. Then, from the expressions for the coefficients a_2 and a_3 in the equalities (5) and (6), we can write

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1}{2} \left\{ \left[\left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right] a_2^2 + \frac{1}{2 \cdot 3^{n+1}} \left(p_2 - \frac{p_1^2}{4} \right) \right\}.$$

Considering (5) and using Lemma 1.3, we write the above expression as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1}{2 \cdot 4^{n+2}} \left\{ \left[\left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right] p_1^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} \left[p_1^2 + 2(4 - p_1^2)x \right] \right\}.$$

for some x with $|x| < 1$. From this, using triangle inequality we obtain

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{2 \cdot 4^{n+2}} \left\{ \left[\left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right] t^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} [t^2 + 2(4-t^2)\xi] \right\}, \xi \in (0,1)$$

with $\xi = |x|$. If we maximize the right-hand side of this inequality with respect to the parameter ξ , we get

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{2 \cdot 4^{n+2}} \left\{ \left[\left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} - 2\mu \right] t^2 + 4 \cdot \left(\frac{4}{3} \right)^{n+1} \right\}, t \in [0,2]$$

Then, by maximizing the right-hand side of the last inequality with respect to the variable t , we arrive at the result of the theorem.

Thus, the proof of the Theorem 2.3 is completed.

In the case $\mu = 0$ and $n = 0$, from the Theorem 2.3 obtained the following results, respectively.

Corollary 2.4. Let $f \in C(n, \varphi)$, then

$$|a_3| \leq \frac{1}{4 \cdot 3^n}.$$

Corollary 2.5. Let $f \in C(\varphi)$, then

$$|a_3| \leq \frac{1}{4}.$$

Remark 2.6. Result obtained in the Corollary 2.4 confirm the second inequality obtained in Theorem 2.1.

REFERENCES

Brannan D.A. and Clunie J. (1980). Aspects of contemporary complex analysis. Academic Press, London and New York, USA.

Brannan D.A. and Taha T.S. (1986). On some classes of bi-univalent functions. *Studia Univ. Babeş-Bolyai Mathematics*, 31, 70-77.

Duren P.L. (1983). Univalent Functions. In: *Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Band 259*, New- York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer- Verlag.

Grenander U. and Szegö G. (1958). Toeplitz Form and Their Applications. *California Monographs in Mathematical Sciences*, University California Press, Berkeley.

Fekete M. and Szegö G. (1983). Eine Bemerkung Über Ungerade Schlichte Funktionen. *Journal of the London Mathematical Society*, 8, 85-89.

Lewin M. (1967). On a coefficient problem for bi-univalent functions. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 18, 63-68.

Mustafa N. (2017). Fekete- Szegö Problem for Certain Subclass of Analytic and Bi- Univalent Functions. *Journal of Scientific and Engineering Reserch*, 4(8), 30-400.

Mustafa N. and Gündüz M.C. (2019). The Fekete- Szegö Problem for Certain Class of Analytic and Univalent Functions. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(5), 232-239.

Mustafa N. and Mrugusundaramoorthy G. (2021) Second Hankel for Mocanu Type Bi-Starlike Functions Related to Shell Shaped Region. *Turkish Journal of Mathematics*, 45, 1270-1286.

Netanyahu E. (1969.) The minimal distance of the image boundary from the origin and the second coefficient of a univalent function. *Archive for*

Rational Mechanics and Analysis, 32, 100-112.

Salagean G.S. (1983). Subclasses of Univalent Functions. *Complex Analysis*, 103, 362-372.

Srivastava H.M., Mishra A.K. and Gochhayat P. (2010). Certain subclasses of analytic and bi-univalent functions. *Applied Mathematics Letters*, 23, 1188-1192.

Zaprawa P. (2014). On the Fekete- Szegö Problem for the Classes of Bi-Univalent Functions. *Bulletin of the Belgain Mathematical Society*, 21, 169-178.

Xu Q.H., Xiao G. and Srivastava H.M. (2012). A certain general subclass of analytic and bi-univalent functions and associated coefficient estimate problems. *Applied Mathematics and Computation*, 218, 11461-11465.



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Çeliklerinin Kambiyum Faaliyeti Üzerinde Kobalt Stresine Karşı İndol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit ve Kinetin Karışımlarının Etkileri

Ahmet Oğuzhan ARICA^{1*} , Bekir TİLEKLİOĞLU² 

¹Kafkas Üniversitesi, Kağızman Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, 36700, Kars, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 65080, Van, Türkiye

¹Kafkas University, Kağızman Vocational School, Department of Pharmacy Services, 36700, Kars, Turkey

²Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Science, Department of Biology, 65080, Van, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 15.03.2021, Kabul / Accepted: 23.06.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

Anahtar Kelimeler:

Kambiyum faaliyeti,
Bitki büyüme regülatörleri,
Ağır metal,
Kobalt,
Rosa canina L.

Özet: Bu çalışmada, bir ağır metal olan kobaltın kuşburnu (*Rosa canina* L.) çeliklerinin kambiyal aktivitesi üzerindeki olumsuz etkileri ve bu olumsuz etkilerin bitki hormonları tarafından ne ölçüde ortadan kaldırılabileceği araştırıldı. Kuşburnu çeliklerine indol-3-asetik asit, gibberellik asit, kinetin 10, 20, 30 mg L⁻¹ ve kobalt (Co) 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında tek başına ve karışım halinde uygulandı. Elde edilen anatomik bulgulara göre kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu hormon karışımı konsantrasyonunun artışına paralel olarak artarken, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlığı azaldı. Kobalt muamelesi kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğunu azaltırken, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlığını artırdı. Hormon+Co karışımlarında, hormon kobaltın olumsuz etkilerini azalttı. Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu hiçbir denemeden etkilenmedi. Sonuç olarak artan hormon karışımı konsantrasyonları, artan kobalt konsantrasyonlarının kuşburnu çeliklerine zararlı etkilerini önemli derecede azalttı.

Effects of Indole-3-Acetic Acid, Gibberellic Acid and Kinetin Mixtures on the Cambial Activity of *Rosa canina* L. Cuttings Exposed to Cobalt Stress

Keywords:

Cambial activity,
Plant growth regulators, Heavy
metal,
Cobalt,
Rosa canina L.

Abstract: In the present study, the negative effects of cobalt, a heavy metal, on the cambial activity of rosehip (*Rosa canina* L.) cuttings and the extent to which this negative effects could be eliminated by plant hormones were investigated. Indole-3-acetic acid, gibberellic acid, kinetin at 10, 20, 30 mg L⁻¹ and cobalt (Co) at 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 mg L⁻¹ concentrations alone and as a mixture were applied to rosehip cuttings. According to anatomical findings, cambial zone thickness, cambium cell row and radial length of cambium cells increased with increasing mixture of plant hormones concentrations, whereas radial and tangential wall thickness of cambium cells decreased. Cambial zone thickness, cambium cell row and radial length of cambium cells decreased in cobalt treatment, whereas radial and tangential wall thickness of cambium cells increased. Hormone mixtures application reduced the negative effects of cobalt in hormone+Co solutions. Tangential length of cambium cells was not affected by hormone mixtures, cobalt and hormone+Co mixtures treatments. As a result, increasing concentrations of hormone mixtures markedly reduced the harmful effects of increasing concentrations of cobalt on rosehip cuttings.

*İlgiliyazar: aoguzhan81@hotmail.com

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği hava, su ve toprak kirliliği biçimlerinde acilen çözülmesi gereken bir sorun olarak insanlığın karşısına çıkmakta ve bütün canlıları etkilemektedir. Birbirleri ile ilişkili olan bu kirlenme biçimlerinden toprak kirliliği, doğada giderilemeyen ve dönüşümü olmayan bir kirliliktir. Özellikle su ve toprak kirliliği olmak üzere bu üç kirlenme biçiminde de ağır metal birikimi önemli rol oynamaktadır. Kontrolsüz sanayileşme ve bilinçsiz tarım uygulamaları ağır metal kirliliğinin başlıca sebepleridir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir. Bununla birlikte, "nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal" şeklinde de tanımlanmaktadır. Bu yaygın kanıya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla birikiminin fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması yol açmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Rahman ve Singh, 2019). Ağır metallerden kobaltın yüksek dozlarının bitkilerde solunum, fotosentez, klorofil sentezi, hücre bölünmesi, kromozom ve nükleik asitler, enzimler, büyüme, ürün, çimlenme, hücre duvarı ve hücre zarı üzerine negatif etkilerinin olduğu günümüzde bilinmektedir (Palit ve Sharma, 1994; Sridhar ve ark., 2020). Genel olarak topraktaki yüksek Co seviyesi, ekstra reaktif oksijen türü (ROS) molekülleri üreterek, lipid peroksidasyonuna ve metabolik yolların bozulmasına, hatta bitki hücresi ölümüne yol açarak bitki hücre fonksiyonu üzerinde olumsuz etkilere neden olur (Karuppanapandian ve Kim, 2013).

Bitkilerde büyüme, gelişme ve metabolizmayı negatif etkileyen ya da engelleyen durumlara stres adı verilmektedir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ağır metal stresi bitkiler için önemli stres faktörleri arasındadır. Bitkilerde ağır metal birikiminden olumsuz etkilenen dokulardan birisi sekonder bir meristem olan kambiyumdur. Ağır metallerin aksine bitki büyüme uyarıcılarının pozitif yönde etkilediği kambiyum, bitkilerde gerçekleştirdiği bölünmelerle ksilem ve floem oluşumunu sağlayan, bitki için hayati öneme sahip bir dokudur. Farklı zamanlarda,

farklı bilim insanları tarafından yapılmış birçok çalışma bitki büyüme düzenleyicilerinin kambiyumda hücre bölünmesini teşvik ettiğini, kambiyum farklılaşmasını etkilediğini, kambiyum hücre sıra sayısını ve kambiyal zon genişliğini artırdığını ortaya koymuştur (Philipson ve Coutts, 1979; Zakrzewski, 1983; Tileklioğlu ve Algan, 1992; Fatima ve Chaudhry, 2004; Hassan ve Chaudhry, 2004; Khan ve Chaudhry, 2006; Yüce ve Tileklioğlu, 2019). Bitki büyüme düzenleyicileri [bitki hormonları (oksinler, gibberellinler, sitokininler, absisik asit, jasmonik asit, etilen ve salisilik asit), nitrik oksit (gaz halinde bir sinyal molekülü), brassinosteroidler (steroid fitohormonlar) ve poliaminler (alifatik nitrojen yapılı fitohormon benzeri alifatik amin doğal bileşikler grubu)] çeşitli biyolojik süreçlerin düzenlenmesinde yer alır, bitki gelişimi ve büyüme süreçlerini düzenlemek için birlikte hareket ederler (Asgher ve ark., 2015; Fang ve ark., 2019).

Oksinler sitokininlerle birlikte gövde, kök ve meyvelerin büyümesini kontrol ederler. Hücre duvarı plastisitesini değiştirerek hücre uzamasını etkilerler. Kambiyumu bölünmeye teşvik ederler ve gövdelerde sekonder ksilemin farklılaşmasına neden olurlar. Oksinler, apikal dominansı sağlarlar ayrıca yanal ve adventif kök gelişimini ve büyümesini teşvik ederler. Deneyle, oksinlerin transkripsiyon hızını artırdığını, belirli enzimlerin aktivitesini kontrol ettiğini ve zar içindeki iyon pompaları üzerinde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Walz ve ark., 2002; Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Sitokininler, hücre bölünmesini teşvik eden ve kinetin ile benzer işlevleri olan adenin benzeri bir yapıya sahip bileşiklerdir, kök uçlarında sentezlenirler. Kinetin, keşfedilen ilk sitokininidir ve sitokinezi teşvik etme yeteneği nedeniyle bu şekilde adlandırılmıştır. Günümüzde bitkilerde doğal olarak bulunan sitokininlerin en yaygın biçimi mısırdan (*Zea mays*) izole edilen zeatindir. Sitokinin konsantrasyonları, kökler, genç yapraklar, gelişmekte olan meyveler ve tohumlar gibi meristematik bölgelerde ve sürekli büyüme potansiyeli olan alanlarda en yüksektir. Dokuların yaşlanmasını geciktirmeye yardımcı olurlar, bitki boyunca oksin taşınmasına aracılık etmekten sorumludurlar ve internodal uzunluğu ve yaprak büyümesini etkilerler. Oksinlerle uyum içinde oldukça sinerjik bir etkiye sahiptirler ve bu iki bitki hormonu grubunun oranları, bir bitkinin ömrü boyunca en önemli büyüme dönemlerini etkiler. Tomurcukların gelişiminin yanı sıra tohum

çimlenmesini de uyarırlar (Salisbury ve Ross, 1978; Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Gibberellinler sürgün ve gelişen tohumların genç dokularında sentezlenirler, tohum çimlenmesinde önemli rol üstlenirler. Suyun tohum tarafından emilmesi gibberellik asit (GA₃) üretimine neden olur. GA₃ de tohum rezervlerinin mobilizasyonu için çimlenen tahıl tanelerinde enzim üretimini (amilaz) uyarır. Bu enzim tarafından parçalanan besindokusu embriyonun gelişimi için kullanılır. Gibberellinler hücre bölünmesi ve gelişimini, çimlenmeden sonra sürgün büyümesini teşvik ederler. Absisik asit tarafından indüklenen sürgün büyümesinin ve dormansinin inhibisyonunu tersine çevirirler. Ayrıca yapraklarda yaşlanmayı geciktirir ve bitkide çiçeklenmeyi teşvik ederler (Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Bitki büyüme uyarıcılarının (oksinler, gibberellinler ve stokininler) hücre bölünmesine etkisi çeper yapısı üzerine olan etkileri ile ilgilidir. Bitki büyüme uyarıcıları hücre çeper yapısında mikrotübüllerin yeniden düzenlenmesini sağlar ayrıca oksinler hücre zarındaki ATPaz-H⁺ proteinlerini aktive ederek apoplast bölgenin asidifikasyonuna sebep olur ve oluşan asidik ortam da çeper yapısını gevşeterek hücreyi bölünmeye hazırlar (Shibaoka, 1994; Majda ve Robert, 2018). Bu çalışmanın amacı, kuşburnu (*Rosa canina L.*) çeliklerinin morfolojilerinin yanı sıra kambiyum faaliyeti üzerinde kobalt stresine karşı indol-3-asetik asit, gibberellik asit ve kinetin hormonu karışımlarının etkilerini incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda materyal olarak aynı bitkiden alınan kuşburnu (*Rosa canina L.*) çelikleri kullanıldı. Kuşburnu çelikleri 02.07.2012 tarihinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nden temin edildi.

2.1. Stok çözeltilerin hazırlanması

Bitkilere uygulanan kobalt, CoCl₂·6H₂O (kobalt (II) klorit heksahidrat) olarak kullanıldı ve uygulanan dozlar kobalt içeriğine göre hesaplandı (The Merck Index, 102539). Kobalt ana stok çözeltisi distile su ile 1.8 mg L⁻¹ konsantrasyonunda hazırlandı. Her bir hormondan 120 mg tartıldı. IAA ve GA₃ etil alkolde, kinetin ise hidroklorik asitte çözüldü (Khurshid ve ark., 2012). Daha sonra aynı kapta toplanan hormonlar distile su ile 6 litreye tamamlanarak 60 mg L⁻¹'lik IAA+GA₃+kinetin karışımı ana stok çözeltisi hazırlandı (The Merck Index, 100353, 814464, 124807). Stok çözeltilerin pH'sı, %5'lik

NaOH ile 25 °C'de, 6.6 olarak ayarlandı. Ph ayarlaması için (NaOH) ve çözücü olarak kullanılan maddelerin (C H OH, HCl) stok çözeltilerdeki oranı %0.1'i geçmedi. Daha sonra da bu ana stok çözeltilerinden uygun seyreltmeler ve karışımlarla uygulama çözeltileri hazırlandı. Distile su kullanımı ile kobalt ve diğer elementler arasındaki antagonistik ve sinerjistik etkilerin bertaraf edilmesi ve sadece kobalt etkisinin gözlemlenmesi amaçlandı.

2.2. Bitkilerin gruplandırılması

120 adet yaklaşık aynı boy ve kalınlıkta olan kuşburnu dalları beşerli olarak 24 adet kavanozdaki çözeltilere konuldu.

Tablo 1. Uygulama grupları ve uygulama çözeltilerinin içerikleri.

Uygulama Grupları	Uygulama Çözeltilerinin İçerikleri
1. grup	Kontrol (Bidistile su)
2. grup	10 mg L ⁻¹ HK (Hormon karışımı)
3. grup	20 mg L ⁻¹ HK
4. grup	30 mg L ⁻¹ HK
5. grup	0.1 mg L ⁻¹ Co
6. grup	0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK
7. grup	0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK
8. grup	0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK
9. grup	0.3 mg L ⁻¹ Co
10. grup	0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK
11. grup	0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK
12. grup	0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK
13. grup	0.5 mg L ⁻¹ Co
14. grup	0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK
15. grup	0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK
16. grup	0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK
17. grup	0.7 mg L ⁻¹ Co
18. grup	0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK
19. grup	0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK
20. grup	0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK
21. grup	0.9 mg L ⁻¹ Co
22. grup	0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK
23. grup	0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK
24. grup	0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK

*10 mg L⁻¹ HK (3.33 mg L⁻¹ IAA+3.33 mg L⁻¹ GA₃+3.33 mg L⁻¹ Kinetin)

*20 mg L⁻¹ HK (6.66 mg L⁻¹ IAA + 6.66 mg L⁻¹ GA₃ + 6.66 mg L⁻¹ Kinetin)

*30 mg L⁻¹ HK (10 mg L⁻¹ IAA + 10 mg L⁻¹ GA₃ + 10 mg L⁻¹ Kinetin)

2.3. Bitki yetiştirme yöntemi

Haftada bir kez uygulama çözeltileri yenilendiler. Ksileme çözelti iletiminin devam etmesi için haftada bir kez çelikler alt uçlarından 45 derecelik açı ile birer mm uzunluğunda kesildiler. Bitki büyüme odasının sıcaklığı $28 \pm 2^\circ\text{C}$, nemi 52.7 ± 2 olarak belirlendi. Bitkiler 2600 lüks/m² beyaz ışık altında 14 saat aydınlatılırken 10 saat karanlıkta bırakıldılar. Her hafta bitkilerin gelişme durumları ve morfolojik özellikleri düzenli biçimde takip edilerek kaydedildi. 4. hafta bitiminde deneme sonlandırıldı.

2.4. Örnek alma ve analiz işlemleri

4 hafta sonunda bitkilerin alttan 1. internodları kesilerek %70'lik alkole alındı. Fiksasyon işlemi sonrasında internodlar orta noktalarından ikiye bölündü ve el ile enine kesitler alındı. Kesitler, safranin-fast green ikili boyama yöntemiyle boyandı (Elmalı, 2017; Urgan, 2012). Boyama işlemi tamamlanan kesitler gliserin-jelatin karışımı ile kapatıldı. Her bir kesitte kambiyal zonun fotoğrafı Nikon marka (Eclipse E600) mikroskoba bağlı Nikon marka (Coolpix E500) dijital fotoğraf makinesi ile 100'lük objektifte çekildi. Kambiyum hücre sıraları, kambiyal zon kalınlıkları, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel uzunlukları, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlıkları fotoğraflar üzerinden imagej (versiyon 1.43/Nih) bilgisayar programı kullanılarak ölçüldü. Elde edilen anatomik inceleme sonuçları SPSS istatistikî analiz programı ile varyans analizi ve Duncan testine göre değerlendirildi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Morfolojik incelemelerde sadece hormon içeren çözeltilerdeki bitkilerin yaprakları deney süresince yeşil renkteydi ve kıvrılarak kurudular. Sadece kobalt içeren çözeltilerdeki bitkilerin yaprakları sarararak kurudular. Kobalt ve hormon karışımını bir arada içeren çözeltilerdeki bitkilerde ise sararan yaprak sayısı kobalt konsantrasyonu arttıkça fazlaştı. Sadece kobalt uygulaması adventif kök oluşumuna sebep oldu (veri belirtilmemiştir). Anatomik incelemelerde artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücre sıraları azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücre sıraları arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki

artış kobaltın kambiyum hücre sırası üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 2.).

Tablo 2. Kambiyum hücre sırası.

Grup	Kambiyum Hücre Sırası
Kontrol	2.33 ± 0.04 ^{efgh}
10 mg L ⁻¹ HK	2.40 ± 0.05 ^{fghi}
20 mg L ⁻¹ HK	2.49 ± 0.05 ⁱ
30 mg L ⁻¹ HK	2.65 ± 0.05 ⁱ
0.1 mg L ⁻¹ Co	2.31 ± 0.04 ^{efg}
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	2.38 ± 0.04 ^{fghi}
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	2.47 ± 0.05 ^{hi}
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	2.64 ± 0.05 ⁱ
0.3 mg L ⁻¹ Co	2.20 ± 0.03 ^{de}
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	2.27 ± 0.03 ^{ef}
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	2.40 ± 0.04 ^{fghi}
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	2.52 ± 0.05 ⁱ
0.5 mg L ⁻¹ Co	2.07 ± 0.03 ^{cd}
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	2.12 ± 0.03 ^{cd}
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	2.30 ± 0.04 ^{ef}
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	2.45 ± 0.04 ^{ghi}
0.7 mg L ⁻¹ Co	1.91 ± 0.04 ^b
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	1.92 ± 0.04 ^b
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	2.04 ± 0.04 ^c
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	2.34 ± 0.04 ^{efgh}
0.9 mg L ⁻¹ Co	1.60 ± 0.04 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	1.62 ± 0.04 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	1.72 ± 0.05 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	2.08 ± 0.03 ^{cd}

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Aynı sütündeki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyal zon kalınlığı azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyal zon kalınlığı arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyal zon kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 3.).

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 4.).

Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu hiçbir uygulamadan önem arz edecek düzeyde etkilenmedi (Tablo 5.).

Tablo 3. Kambiyal zon kalınlığı.

Grup	Kambiyal Zon Kalınlığı (μm)
Kontrol	10.16 \pm 0.30 ^{hij}
10 mg L ⁻¹ HK	11.15 \pm 0.34 ^{klm}
20 mg L ⁻¹ HK	12.19 \pm 0.34 ^{mn}
30 mg L ⁻¹ HK	13.16 \pm 0.43 ⁿ
0.1 mg L ⁻¹ Co	10.00 \pm 0.33 ^{hu}
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	11.09 \pm 0.32 ^{ijkl}
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	12.14 \pm 0.33 ^{lmn}
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	13.07 \pm 0.42 ⁿ
0.3 mg L ⁻¹ Co	9.46 \pm 0.32 ^{gh}
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	9.98 \pm 0.29 ^{hu}
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	11.33 \pm 0.30 ^{klm}
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	12.71 \pm 0.40 ⁿ
0.5 mg L ⁻¹ Co	8.12 \pm 0.40 ^{def}
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	9.14 \pm 0.37 ^{fgh}
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	10.06 \pm 0.29 ^{hij}
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	11.65 \pm 0.32 ^{lm}
0.7 mg L ⁻¹ Co	7.41 \pm 0.34 ^{bcd}
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	7.81 \pm 0.33 ^{cde}
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	8.79 \pm 0.27 ^{efg}
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	10.47 \pm 0.33 ^{ijkl}
0.9 mg L ⁻¹ Co	6.13 \pm 0.28 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	6.60 \pm 0.32 ^{ab}
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	7.03 \pm 0.30 ^{abc}
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	8.24 \pm 0.36 ^{def}

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Tablo 4. Kambiyum hücrelerinin radyal uzunlukları.

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Radyal Uzunluğu (μm)
Kontrol	4.40 \pm 0.07 ^{cdefg}
10 mg L ⁻¹ HK	4.64 \pm 0.08 ^{fghi}
20 mg L ⁻¹ HK	4.99 \pm 0.14 ^{ij}
30 mg L ⁻¹ HK	5.09 \pm 0.13 ^j
0.1 mg L ⁻¹ Co	4.36 \pm 0.10 ^{cdef}
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	4.58 \pm 0.08 ^{efgh}
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	4.87 \pm 0.14 ^{hij}
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	5.06 \pm 0.14 ^j
0.3 mg L ⁻¹ Co	4.27 \pm 0.10 ^{bcd}
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	4.36 \pm 0.09 ^{cdef}
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	4.71 \pm 0.13 ^{fghi}
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	4.96 \pm 0.13 ^{ij}
0.5 mg L ⁻¹ Co	3.96 \pm 0.12 ^{ab}
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	4.07 \pm 0.09 ^{abcd}
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	4.43 \pm 0.09 ^{defg}
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	4.74 \pm 0.12 ^{ghij}
0.7 mg L ⁻¹ Co	3.82 \pm 0.11 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	3.87 \pm 0.10 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	4.05 \pm 0.08 ^{abc}
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	4.46 \pm 0.11 ^{efg}
0.9 mg L ⁻¹ Co	3.79 \pm 0.13 ^a

Tablo 4'ün devamı

0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	3.80 \pm 0.10 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	3.83 \pm 0.09 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	4.08 \pm 0.08 ^{abcd}

Kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu için a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)

Tablo 5. Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunlukları.

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Teğetsel Uzunluğu (µm)
Kontrol	10.12 ± 0.20 ^a
10 mg L ⁻¹ HK	10.21 ± 0.21 ^a
20 mg L ⁻¹ HK	10.23 ± 0.36 ^a
30 mg L ⁻¹ HK	10.65 ± 0.34 ^a
0.1 mg L ⁻¹ Co	10.10 ± 0.32 ^a
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	10.20 ± 0.29 ^a
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	10.20 ± 0.38 ^a
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	10.57 ± 0.31 ^a
0.3 mg L ⁻¹ Co	10.02 ± 0.29 ^a
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	10.08 ± 0.31 ^a
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	10.43 ± 0.35 ^a
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	10.51 ± 0.28 ^a
0.5 mg L ⁻¹ Co	9.58 ± 0.27 ^a
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	9.90 ± 0.33 ^a
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	10.42 ± 0.38 ^a
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	10.50 ± 0.31 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co	9.48 ± 0.27 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	9.75 ± 0.29 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	10.07 ± 0.32 ^a
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	10.25 ± 0.22 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co	9.41 ± 0.29 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	9.47 ± 0.30 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	9.68 ± 0.31 ^a
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	9.80 ± 0.30 ^a

Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu için a: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

Tablo 6. Kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlıkları

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Radyal Çeper Kalınlığı (µm)
Kontrol	0.52 ± 0.01 ^{def}
10 mg L ⁻¹ HK	0.47 ± 0.01 ^c
20 mg L ⁻¹ HK	0.35 ± 0.01 ^b
30 mg L ⁻¹ HK	0.27 ± 0.00 ^a
0.1 mg L ⁻¹ Co	0.52 ± 0.01 ^{def}
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.47 ± 0.01 ^c
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.35 ± 0.01 ^b
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.27 ± 0.00 ^a
0.3 mg L ⁻¹ Co	0.53 ± 0.01 ^{def}
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.48 ± 0.01 ^{cd}
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.38 ± 0.01 ^b
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.28 ± 0.00 ^a
0.5 mg L ⁻¹ Co	0.55 ± 0.01 ^{fgh}
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.54 ± 0.01 ^{fg}
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.49 ± 0.01 ^{cde}
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.40 ± 0.01 ^b
0.7 mg L ⁻¹ Co	0.58 ± 0.01 ^{hi}
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.57 ± 0.01 ^{ghi}
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.53 ± 0.01 ^{ef}
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.52 ± 0.01 ^{cdef}
0.9 mg L ⁻¹ Co	0.60 ± 0.01 ⁱ
0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.60 ± 0.01 ⁱ
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.55 ± 0.01 ^{fgh}
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.53 ± 0.01 ^{ef}

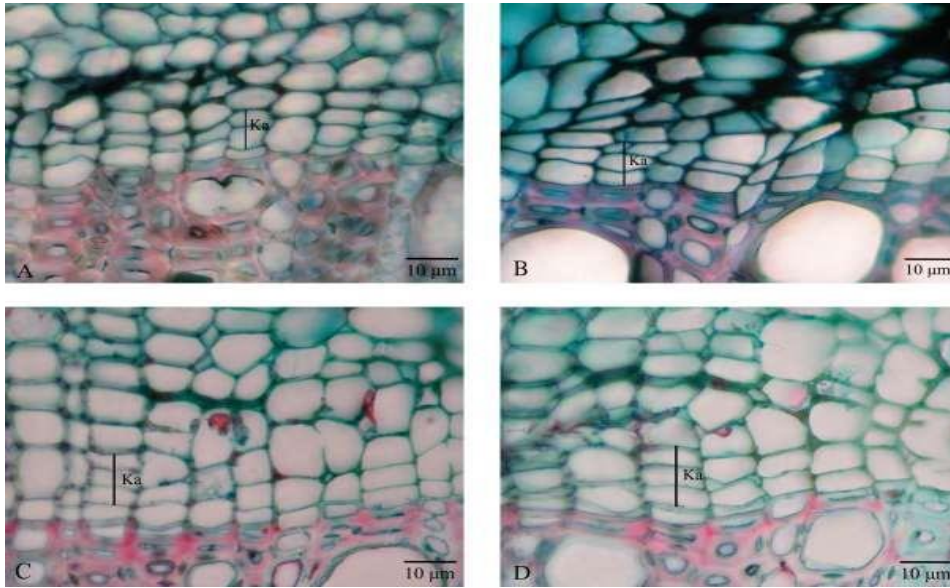
a, b, c, d, e, f, g, h, i: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı arttı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı azaldı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini (kalınlaşma) azalttı (Tablo 6.).

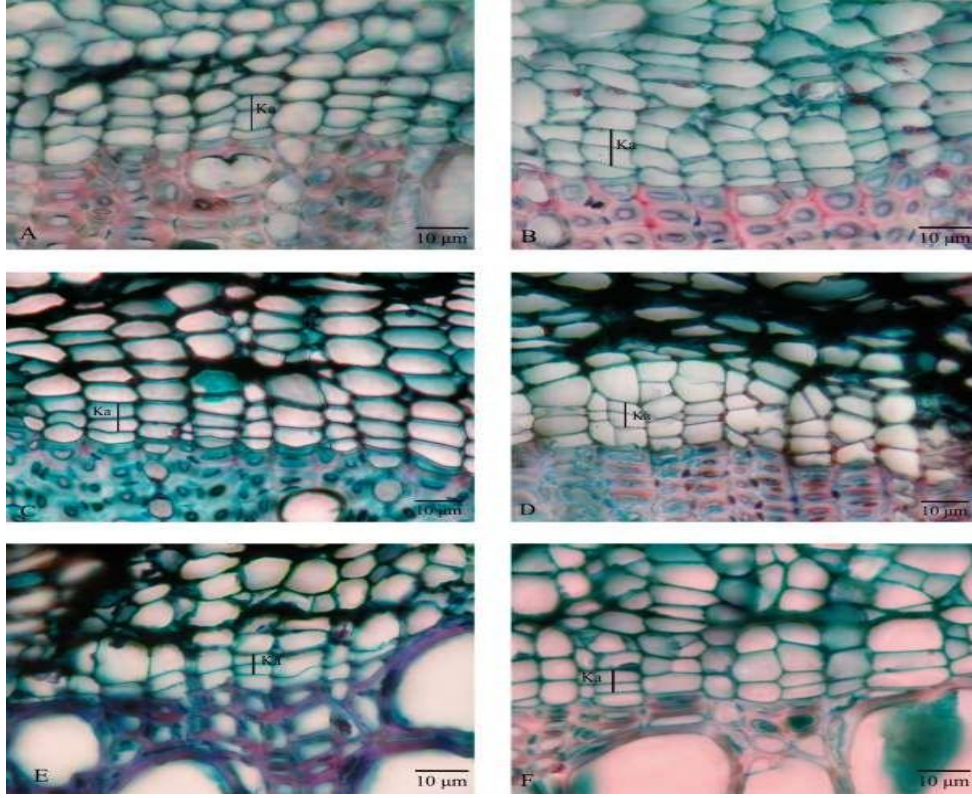
Tablo 7. Kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlıkları.

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Teğetsel Çeper Kalınlığı (μm)
Kontrol	0.35 ± 0.01^c
10 mg L ⁻¹ HK	0.34 ± 0.01^{bc}
20 mg L ⁻¹ HK	0.30 ± 0.00^a
30 mg L ⁻¹ HK	0.29 ± 0.00^a
0.1 mg L ⁻¹ Co	0.35 ± 0.01^c
0.1 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.35 ± 0.01^{bc}
0.1 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.30 ± 0.00^a
0.1 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.30 ± 0.00^a
0.3 mg L ⁻¹ Co	0.36 ± 0.01^c
0.3 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.35 ± 0.01^c
0.3 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.31 ± 0.00^a
0.3 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.30 ± 0.00^a
0.5 mg L ⁻¹ Co	0.36 ± 0.01^c
0.5 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.36 ± 0.01^c
0.5 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.34 ± 0.00^{bc}
0.5 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.32 ± 0.00^{ab}
0.7 mg L ⁻¹ Co	0.37 ± 0.01^c
0.7 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.36 ± 0.01^c
0.7 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.36 ± 0.01^c
0.7 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.35 ± 0.01^{bc}
0.9 mg L ⁻¹ Co	0.38 ± 0.01^c
0.9 mg L ⁻¹ Co+10 mg L ⁻¹ HK	0.37 ± 0.01^c
0.9 mg L ⁻¹ Co+20 mg L ⁻¹ HK	0.36 ± 0.01^c
0.9 mg L ⁻¹ Co+30 mg L ⁻¹ HK	0.36 ± 0.01^c

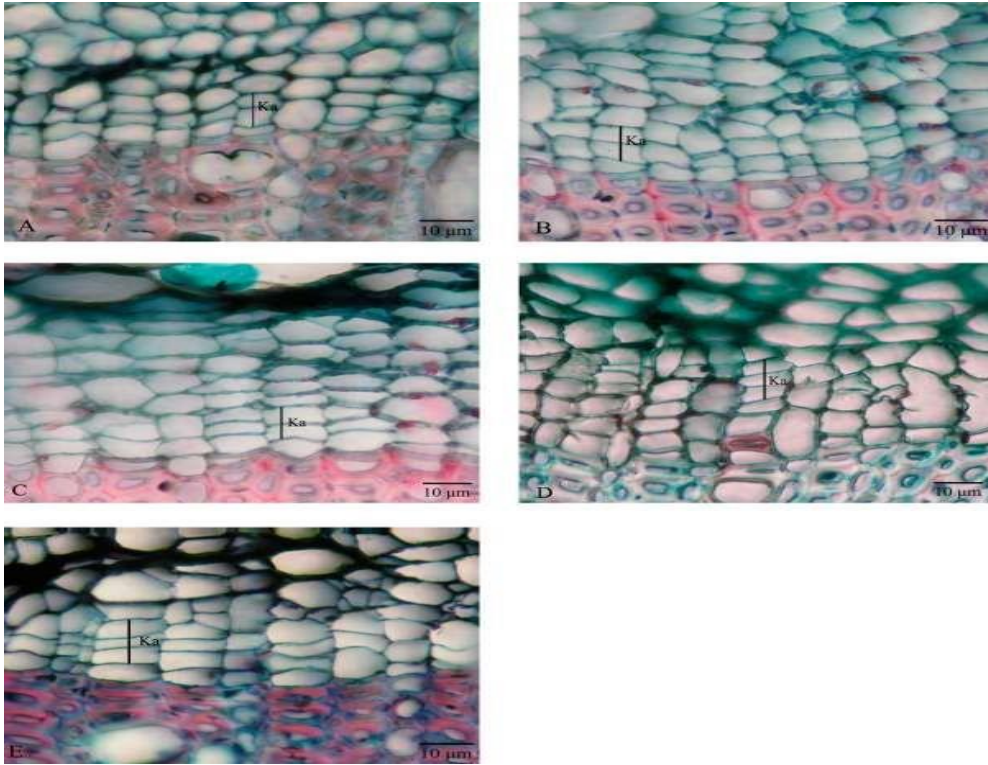
a, b, c: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)



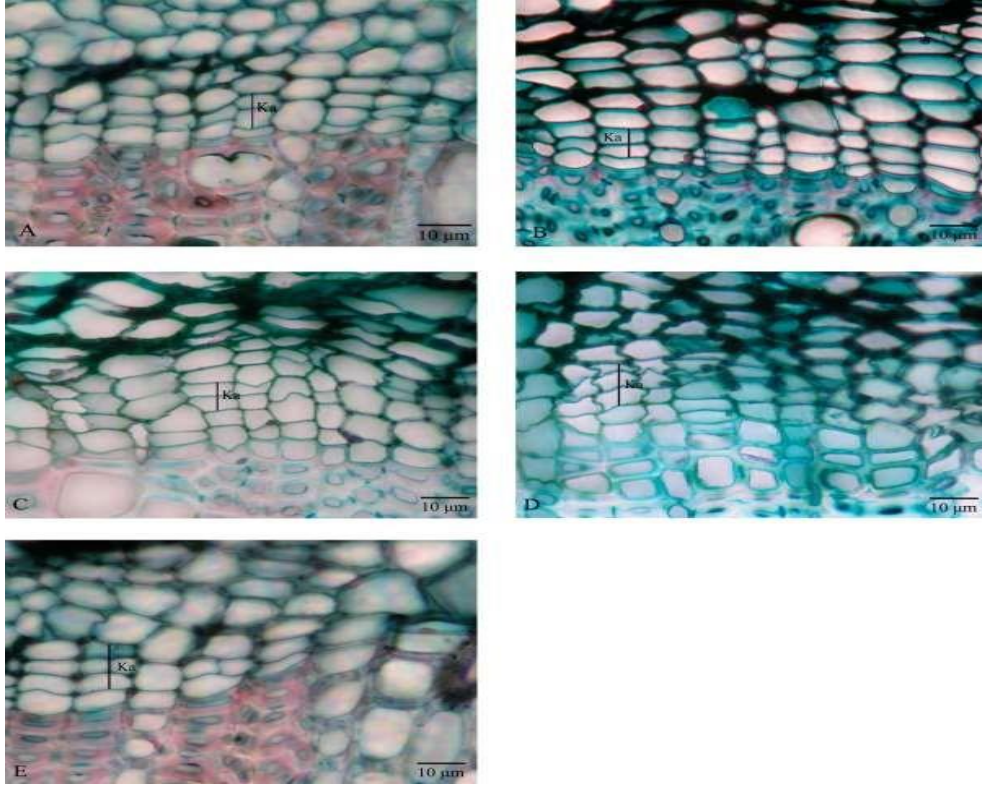
Şekil 1. Farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 10 mg L⁻¹ HK, C: 20 mg L⁻¹ HK, D: 30 mg L⁻¹ HK, Ka: Kambiyum.



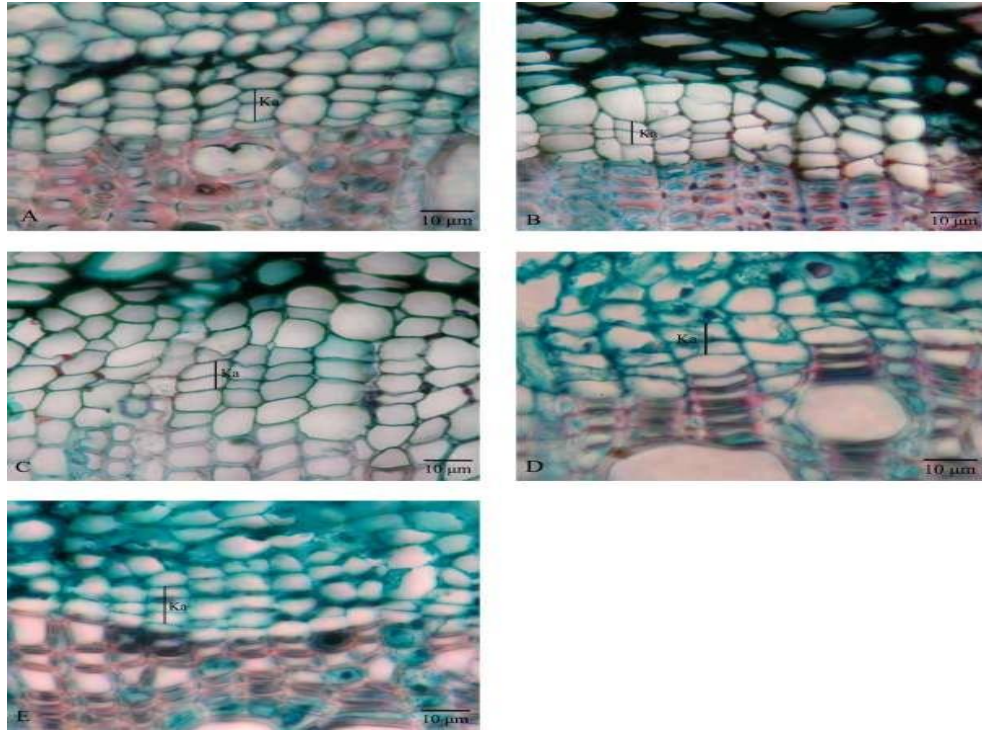
Şekil 2. Farklı kobalt konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.1 mg L⁻¹ Co, C: 0.3 mg L⁻¹ Co, D: 0.5 mg L⁻¹ Co, E: 0.7 mg L⁻¹ Co, F: 0.9 mg L⁻¹ Co, Ka: Kambiyum.



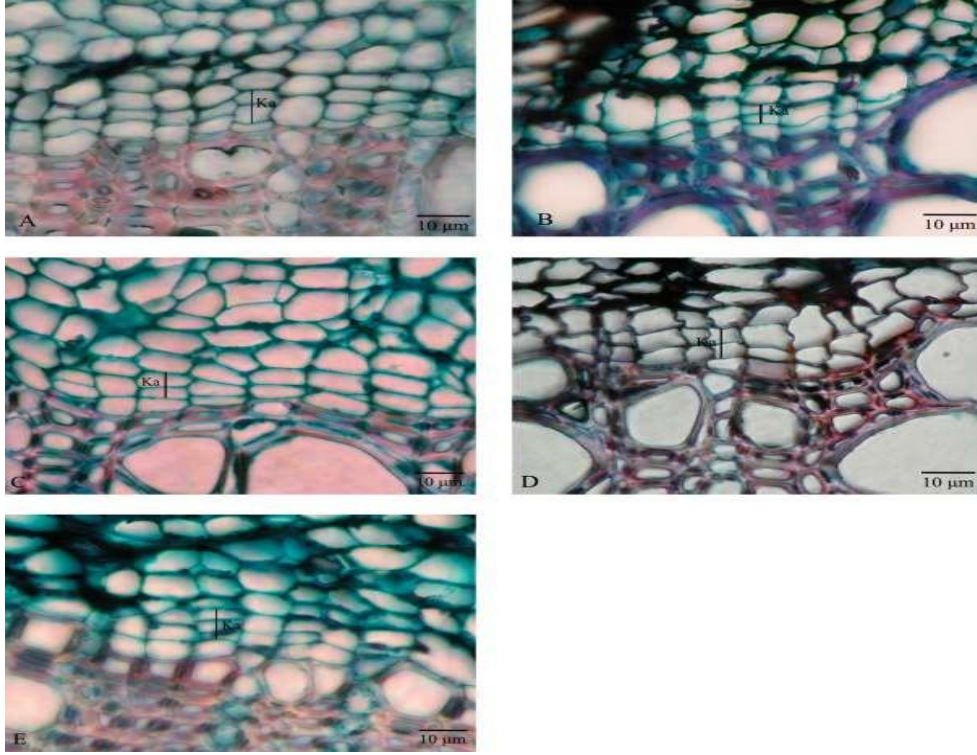
Şekil 3. 0.1 mg L⁻¹ Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.1 mg L⁻¹ Co, C: 0.1 mg L⁻¹ Co+10 mg L⁻¹ HK, D: 0.1 mg L⁻¹ Co+20 mg L⁻¹ HK, E: 0.1 mg L⁻¹ Co+30 mg L⁻¹ HK, Ka: Kambiyum.



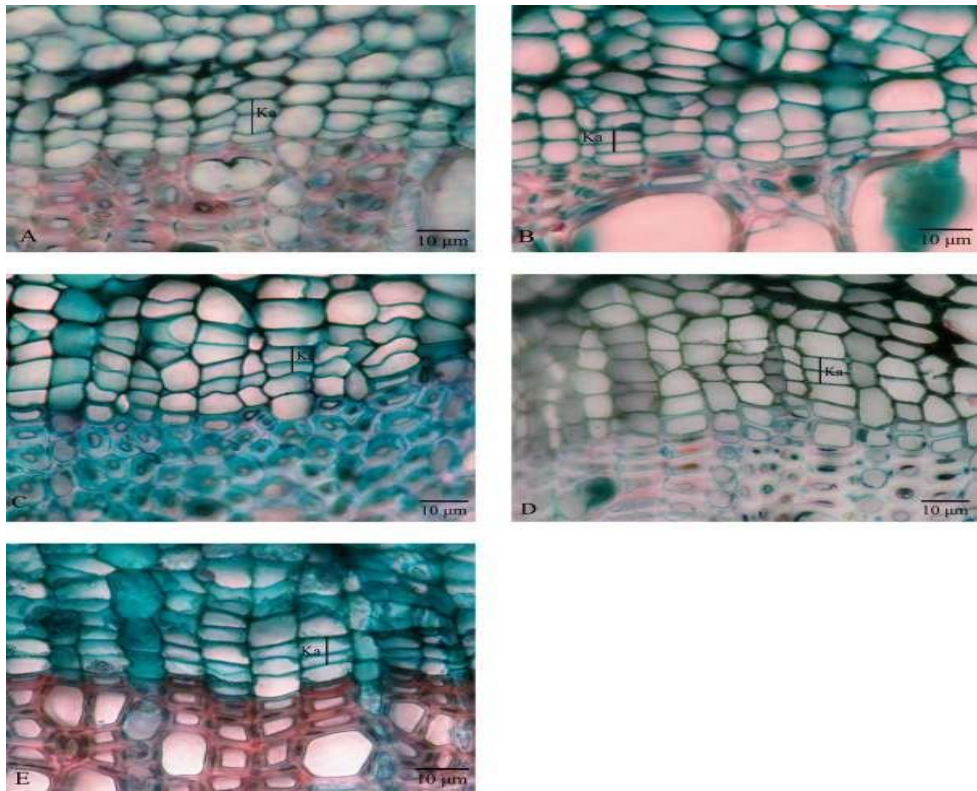
Şekil 4. 0.3 mg L^{-1} Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.3 mg L^{-1} Co, C: 0.3 mg L^{-1} Co+ 10 mg L^{-1} HK, D: 0.3 mg L^{-1} Co+ 20 mg L^{-1} HK, E: 0.3 mg L^{-1} Co+ 30 mg L^{-1} HK, Ka: Kambiyum.



Şekil 5. 0.5 mg L^{-1} Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: mg L^{-1} Co, C: 0.5 mg L^{-1} Co+ 10 mg L^{-1} HK, D: 0.5 mg L^{-1} Co+ 20 mg L^{-1} HK, E: 0.5 mg L^{-1} Co+ 30 mg L^{-1} HK, Ka: Kambiyum.



Şekil 6. 0.7 mg L⁻¹ Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.7 mg L⁻¹ Co, C: 0.7 mg L⁻¹ Co+10 mg L⁻¹ HK, D: 0.7 mg L⁻¹ Co+20 mg L⁻¹ HK, E: 0.7 mg L⁻¹ Co+30 mg L⁻¹ HK, Ka: Kambiyum.



Şekil 7. 0.9 mg L⁻¹ Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.9 mg L⁻¹ Co, C: 0.9 mg L⁻¹ Co+10 mg L⁻¹ HK, D: 0.9 mg L⁻¹ Co+20 mg L⁻¹ HK, E: 0.9 mg L⁻¹ Co+30 mg L⁻¹ HK, Ka: Kambiyum.

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı arttı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı azaldı. Co⁺HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini (kalınlaşma) azalttı (Tablo 7). Çalışmamızda elde edilen sonuçlara ilişkin anatomik fotoğraflar yukarıda sunulmuştur (Şekil 1; Şekil 2; Şekil 3; Şekil 4; Şekil 5; Şekil 6; Şekil 7).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar IAA, GA₃, kinetin karışımının kuşburnu bitkisinin kambiyum faaliyeti üzerine pozitif etki yaptığını ortaya koydu. Bitki bünyesinde üretilmeleri halinde bitki hormonu adını alan bu organik bileşikler sentetik olarak uygulandıklarında bitki büyüme regülatörleri olarak isimlendirilirler ve stres altında bitkinin fizyolojik performansını artırmaktadırlar (Rostami ve Azhdarpoor, 2019). Bu fizyolojik performans artışı kambiyum dokusunda farklılaşmanın hızlanmasına ve oluşan ksilem elemanı ve floem hücresi miktarının artmasına sebep olmaktadır. Bu konuda Robards ve ark. (1969), söğüt (*Salix fragilis L.*) bitkisinde IAA, GA₃, kinetin karışım halinde uygulanmasının sinerjik bir etki gösterdiğini, ksilem hücrelerini ve ksilem hücrelerinin farklılaşmasını belirgin bir şekilde etkilediğini bildirmişlerdir. Philipson ve Coutts (1979), sitka ladini (*Picea sitchensis Bong.*) bitkisinde indol asetik asit, gibberellik asit ve benzilaminopürin karışımlarının hem floemde hem de ksilemde önemli artışlar meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Bitki büyüme regülatörlerinin kambiyal aktiviteye bir diğer etki ölçütü ise doğrudan kambiyal zon parametreleridir. Bu parametreler kambiyal zon hücre sıra sayısı, kambiyal zon kalınlığı, kambiyal hücrelerin boyutları olarak sayılabilir. Bu konuda Tileklioğlu ve Algan (1992), *Coleus sp.* bitkisinde IAA+GA₃+kinetin karışımlarının kambiyal zon kalınlığı, kambiyal zon hücrelerinin radyal eksen uzunluğu, kambiyal zon+yeni oluşan floem ve ksilem kalınlıklarının konsantrasyona bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Yüce ve Tileklioğlu (2019), *Cerasus vulgaris Miller* bitkisinde IAA, GA₃ ve kinetin karışımlarının kambiyal tabaka hücre sıra sayısında, kambiyal zon kalınlığında, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel uzunluklarında artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Hüresel düzeyde oksin, gibberellik asit ve sitokininlerin oluşturduğu pozitif etkinin temelinde

çeper yapısını etkilemeleri yer almaktadır. Shibaoka (1994), oksin, gibberellik asit ve sitokininlerin çeper mikrotübüllerinin yeniden düzenlenmesini sağlayarak bölünme üzerine etki ettiklerini bildirmiştir. Majda ve Robert (2018), ise oksinlerin hücre zarındaki ATPaz-H⁺ proteinlerini aktive ederek apoplast bölgenin asidifikasyonuna sebep olduğunu ve oluşan asidik ortamın da çeper yapısında gevşeme meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Kobaltın bitkiler üzerine zararlı etkilerinin temelinde ise hücre bölünmesi üzerine olan negatif etkileri yer almaktadır. Bu konuda Herich (1965), Co⁺ uygulamasının bakla (*Vicia faba L.*) bitkisinde mitotik katsayıyı azalttığını ve interfaz hücrelerinin mitoz geçişini inhibe ederek bir erken profaz zehri gibi davrandığını ifade etmiştir. Bobak (1974), yüksek bitkilerde Co⁺'nin karyokinez ve sitokinez safhalarını geciktirdiğini, Co⁺ uygulamasının devam ettirilmesi ile sitokinezin tamamen durduğunu bildirmiştir. Ayrıca %0.001'den %0.2'ye kadar uygulanan Co⁺'nin bakla (*Vicia faba L.*) meristem hücrelerinde profaz kromozomlarının despiralizasyonuna neden olduğunu ifade etmiştir. Macar ve ark. (2020), soğan (*Allium cepa L.*) bitkisine üç gün boyunca uygulanan kobaltın (5.5 mg/kg Cobalt(II) nitrat heksahidrat) kök mitotik indeksini ve kök uzunluğunu önemli ölçüde azalttığını, kök ucu epidermis hücrelerinde deformasyona ve korteks hücrelerinde çeper kalınlaşmasına sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

Kobaltın organ ve verim düzeyindeki etkisi de yine hücre bölünmesi üzerine olan negatif etkisinin sonucu niteliğindedir. Bu konuda Caselles ve ark. (1997), besin çözeltilisinde Co⁺ varlığının, özellikle yüksek konsantrasyonlarda domates (*Lycopersicon esculentum M. cv. Romy*) bitkisinde yaprak oluşumu ve uzamasını azalttığını ifade etmişlerdir. Munzuroğlu ve Gür (1999), kobaltın elma (*Malus sylvestris cv. Golden*)'da polen çimlenmesini ve tüp büyümesini önemli oranlarda azalttığını belirtmişlerdir. Burhan ve ark. (2001), kobaltın inci darı (*Pennisetum americanum L.*) ve isadiken (*Parkinsonia aculeata L.*) bitkilerinde çimlenme, kök ve sürgün büyümesi üzerine negatif etki yaptığını belirtmişlerdir. Zengin ve Munzuroğlu (2005), fasulye (*Phaseolus vulgaris L. cv. Strike*) fidelerinde kobaltın kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellendiğini ifade etmişlerdir. Jayakumar ve ark. (2007), turp (*Raphanus sativus L.*) bitkisinde kobalt stresinin fide canlılığı, fotosentetik pigment içeriği, biyokimyasal bileşenler, mineral durumu ve antioksidan

enzimlerin aktivitesi üzerine etkilerini incelemişler ve (50, 100, 150, 200 ve 250 mg/kg⁻¹ toprakta) 50 mg/kg-1 üzerindeki bütün konsantrasyonlarda çalışılan tüm parametrelerin negatif etkilendiğini bildirmişlerdir. Sridhar ve ark.(2020), su kekiği (*Hydrilla verticillata L.f. Royle*) bitkisine yedi gün boyunca uygulanan kobaltın (1, 25, 50, 75 ve 100 µM) 50 µM ve üzerindeki konsantrasyonlarda bitkide fide büyümesini, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarını, 75 ve 100 µM ve konsantrasyonlarda da protein içeriğini önemli ölçüde azalttığını ifade etmişlerdir. Azalan klorofil ve protein içeriğinin bitkinin fotosentetik aktivitesini de negatif etkilediğini belirtmişlerdir. Al-Rashedy (2020), toprağa ekilen nane (*Mentha spicata L.*) tohumlarına 6 gün boyunca uygulanan kobaltın (30 ve 60 mg kg⁻¹) 60 mg kg⁻¹ konsantrasyonda sürgün ve kök uzunluğunu, yaprak alanını, yaprak su içeriğini, klorofil a ve b miktarlarını önemli ölçüde azalttığını ifade etmiştir. Lwalaba ve ark. (2019), iki farklı nane genotipinin bir haftalık fidelerine üç gün süre ile uygulanan kobaltın (100 µM CoCl₂.6H₂O) sürgün ve kök uzunluğunu, sürgün ve kök kuru ağırlığını, klorofil a ve b miktarlarını önemli ölçüde azaltırken sürgün ve köklerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan aktivitesini (Süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon, okside glutatyon) önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir.

Ağır metallerin ve hormon karışımlarının, ayrı ayrı ve birlikte uygulandığı bitkilerin kambiyum faaliyetleri ve diğer dokuları üzerine etkileri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle toksisite düzeyi yüksek olduğu bilinen cıva, kurşun gibi ağır metallerin etkileri araştırılmıştır. Bu konuda, Hassan ve Chaudhry (2004), kinetin, gibberellik asit ve kurşun nitratı ayrı ayrı ve karışım halinde hıyar (*Cucumis sativus L.*) bitkisine uygulamışlardır. Korteks tabaka sırasının kinetin ile artarken, kurşun, kinetin+kurşun ve GA₃+kurşun ile azaldığını ifade etmişlerdir. Kambiyal zon kalınlığının kinetin ve kinetin+kurşun karışımları ile arttığını tespit etmişlerdir. Fatima ve Chaudhry (2004), tarafından benzer bir çalışma yapılmıştır. Nohut (*Cicer arietinum L.*) bitkisi üzerine IAA, GA₃ ve kurşun nitrat etkisini incelemişlerdir. Vasküler kambiyumun tabaka sayısının IAA, IAA+GA₃ ve IAA+GA₃+kurşun ile artarken GA₃+kurşun ile azaldığını belirtmişlerdir. Vasküler kambiyumun genişliğinin IAA, kurşun, IAA+GA₃, IAA+kurşun, IAA+GA₃+kurşun ile artarken, GA₃ ve GA₃+kurşun ile azaldığını ortaya

koymuşlardır. Khan ve Chaudhry (2006), lif kabağı (*Luffa cylindrica L.*) bitkisine IAA ve HgCl₂ uygulamışlardır. HgCl₂ uygulamasının internod çapını azaltarak korteks, sklerenkima, kambiyal ve öz bölgelerinin inhibisyonuna neden olduğunu, buna karşılık IAA muamelesinin ise korteks ve kambiyal bölgeyi artırdığını belirtmişlerdir. IAA ve HgCl₂'nin beraber uygulanmasında ise IAA'nın HgCl₂'nin inhibisyon etkisini bütün parametrelerde azalttığını ifade etmişlerdir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, hormon karışımı kambiyum faaliyeti üzerinde konsantrasyon artışına paralel olarak olumlu yönde etki gösterdi. Kobalt ise konsantrasyon artışına paralel olarak olumsuz yönde etki gösterdi. Hormon ve kobalt karışımlarında ise hormon karışımı kobaltın zararlı etkilerini önemli derecede azalttı. Böylece bitkilerde kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal eksen uzunluğu hormonun kobalta baskın olduğu düzeylerde artarken, kobaltın hormona baskın olduğu düzeylerde ise azaldı. Bu sonuçlar hormonların hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi üzerindeki olumlu etkileri ile kobaltın olumsuz etkilerinin ortak bir neticesi olarak ortaya çıkmaktadır. Kobalt çözeltileri ile muamele edilen bitkilerde kambiyal zondaki hücre sıralarının azalmasının, hücre bölünmesinin durup, hücre farklılaşmanın devam etmesinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Hormon karışımı uygulanan bitkilerde kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlıklarındaki azalmanın nedeni, hormonların çeper yapısını gevşetip, hücreyi bölünmeye hazırlamasında rol oynamasıdır. Çeperlerin kalınlıklarının artması ise kobaltın bölünmeyi engellemesi ile hücrenin farklılaşmaya geçmesinden ileri gelebilir. Yaptığımız çalışmada tüm bitkilerde kambiyal zondan farklılaşan hücrelerin floeme ve/veya ksileme ilave olduklarını belirlemek oldukça zordur. Bu konuda daha detaylı bilgiler ancak hücrenin ince yapısı incelenerek elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

Agboola, D. A., Ogunyale, O. G., Fawibe, O. O., Ajiboye, A. A. (2014). A Review of Plant Growth Substances: Their Forms, Structures, Synthesis and Functions. Journal of Advanced

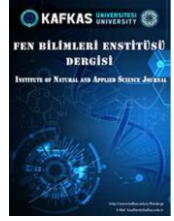
- Laboratory Research in Biology, 5(4), 152-168.
- Al-Rashedy, H. S. M. (2020). Effect of Cobalt and Nickel on Growth and Some Physiological Aspects of Mint (*Mentha spicata*). *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol*, 21(71&72), 163-171.
- Asgher, M., Khan, M. I. R., Anjum, N. A., Khan, N. A. (2015). Minimising Toxicity of Cadmium in plants—Role of Plant Growth Regulators. *Protoplasma*, 252(2), 399-413.
- Bobak, M. (1974). Influence of Exogenous Added Cobalt Upon The Submicroscopic Structure and The Chromosomes of Meristematic Cells of The Horse Bean (*Vicia faba* L. cv. Zborovicky). *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Physiology*, 8, 17-24.
- Burhan, N., Shaukat, S. S., Tahira, A. (2001). Effects of Zinc and Cobalt on Germination and Seedling Growth of *Pennisetum americanum* (L.) Schumann and *Parkinsonia aculeata* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(5), 575-580.
- Caselles, J. M., Espinosa, P. A., Murcia, M. D. P., Moral, R., Gómez, I. (1997). Effect of Increased Cobalt Treatments on Cobalt Concentration and Growth of Tomato Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 20(7-8), 805-811.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, A. Z. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2), 31-35.
- Elmalı, N. (2017). *Salvia candidissima* Vahl (Labiatae) Alt Türlerinin Morfolojik ve Anatomik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Fang, S., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., Zhou, Z. (2019). Foliar and Seed Application of Plant Growth Regulators Affects Cotton Yield by Altering Leaf Physiology and Floral Bud Carbohydrate Accumulation. *Field Crops Research*, 231, 105-114.
- Fatima, T., Chaudhry, N. Y. (2004). Morphogenetic Effect of Growth Hormones i.e., Indole-3-Acetic Acid, Gibberellic Acid and Heavy Metal i.e., Lead Nitrate on The External and Internal Morphology of Seedlings of *Cicer arietinum* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8), 1443-1452.
- Gürel, A., Avcıoğlu, R. (2001). Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, 456.
- Hassan, A., Chaudhry, N. Y. (2004). Effect of Growth Hormones i.e., GA3 and Kinetin and Heavy Metal i.e., Pb(NO₃)₂ on the Seedling of *Cucumis sativus* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8), 1453-1462.
- Herich, R. (1965). The Effect of Cobalt on The Structure of Chromosomes and on The Mitosis. *Chromosoma*, 17, 194-198.
- Jayakumar, K., Jaleel, C. A., Vijayarengan, P. (2007). Changes in Growth, Biochemical Constituents, and Antioxidant Potentials in Radish (*Raphanus sativus* L.) Under Cobalt Stress. *Turkish Journal of Biology*, 31, 127-136.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven A., Timur, S. (2003). Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji Dergisi, 136, 47-53.
- Karuppanapandian, T., Kim, W. (2013). Cobalt-Induced Oxidative Stress Causes Growth Inhibition Associated with Enhanced Lipid Peroxidation and Activates Antioxidant Responses in Indian Mustard (*Brassica juncea* L.) leaves. *Acta physiologiae plantarum*, 35(8), 2429-2443.
- Khan, A., Chaudhry, N. (2006). Auxins Partially Restore The Cambial Activity in *Luffa cylindrical* L. (Cucurbitaceae) Under Mercury Stress. *Agriculture & Environment*, 4(1), 276-281.
- Khurshid, I., Jackson, D. L., Rowe R. N. (2012). Effect of Plant Growth Regulators on Flower Development in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 20(3), 351-356.
- Kumlay, A. M., Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde Büyüme ve Gelişmeyi Düzenleyici Maddeler: Bitki Hormonları. *Journal of the Institute of*

- Science and Technology, 1(2), 47-56.
- Lwalaba, J. L. W., Louis, L. T., Zvobgo, G., Fu, L., Mwamba, T. M., Mundende, R. P. M., Zhang, G. (2019). Copper Alleviates Cobalt Toxicity in Barley by Antagonistic Interaction of the Two Metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 234-241.
- Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2020). Determination of Protective Effect of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Extract against Cobalt (II) Nitrate-Induced Toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32), 40253-40261.
- Majda, M., Robert, S. (2018). The Role of Auxin in Cell Wall Expansion. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4), 951.
- Munzuroğlu, Ö., Gür, N. (1999). Ağır Metallerin Elma (*Malus sylvestris* Mille cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 24, 677-684.
- Palit, S., Sharma, A. (1994). Effects of Cobalt on Plants. *The Botanical Review*, 60(2), 149-181.
- Philipson, J. J., Coutts, M. P. (1979). Effects of Growth Hormone Application on The Secondary Growth of Root and Steams in *Picea sitchensis* (Bong) Carr. *Annals of Botany*, 46(6), 747-755.
- Rahman, Z., Singh, V. P. (2019). The Relative Impact of Toxic Heavy Metals (THMs) (Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chromium (Cr)(VI), Mercury (Hg), and Lead (Pb)) on the Total Environment: An Overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 1-21.
- Robards, A. W., Davidson, E., Kidwai, P. (1969). Short-term Effects of Some Chemicals on Cambial Activity. *Journal of Experimental Botany*, 20 (65), 912-921.
- Rostami, S., Azhdarpoor, A. (2019). The Application of Plant Growth Regulators to Improve Phytoremediation of Contaminated Soils: A Review. *Chemosphere*, 220, 818-827.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. (1978). *Plant Physiology*. Second Edition, Wadsworth Publishing Company, Inc, Belmont, 442.
- Shibaoka, H. (1994). Plant Hormone-Induced Changes in The Orientation of Cortical Microtubules: Alterations in The Cross-Linking Between Microtubules and The Plasma Membrane. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45, 527-544.
- Sridhar, A., Khader, P. A., Ramasamy, T. (2020). Assessment of Cobalt Accumulation Effect on Growth and Antioxidant Responses in Aquatic Macrophyte *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle. *Biologia*, 75(11), 2001-2008.
- Tileklioğlu, B., Algan, G. (1992). *Coleus* sp. Bitkisinde GA3+IAA+K Karışımlarının Kambiyal Aktiviteye Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 2(2), 169-175.
- Urgan, E. K. (2012). Endemik *Silene Caramanica* Boiss. & Heldr. ve *Silene Kucukodukı* Bağcı & Uysal Türlerinin Anatomik Ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Walz, A., Park, S., Slovin, J. P., Ludwig-Müller, J., Momonoki, Y. S., Cohen, J. D. (2002). A Gene Encoding a Protein Modified by the Phytohormone Indoleacetic Acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 1718- 1723.
- Yuce, K., Tileklioglu, B. (2019). Effect of Plant Hormones on the Cambial Activity of *Cerasus vulgaris* Miller Under Stress Conditions with Zn. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 304-323.
- Zakrzewski, J. (1983). Hormonal Control of Cambial Activity and Vessel Differentiation in *Quercus robur*. *Physiologia Plantarum*, 57(4), 537-547.
- Zengin, F. K., Munzuroğlu, Ö. (2005). Kobalt (Co+2) ve Çinko (Zn+2)' nun Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 97-106.



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Example of Science Lesson Digital Book Developed with Arloopa Augmented Reality Technology Application

Ezgi Pelin YILDIZ ^{1*}

¹ Kafkas University, Kazım Karabekir Vocational School of Technical Sciences, Department of Computer Programming, Kars, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 19. 06. 2022, Kabul / Accepted: 07. 07.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

Keywords:

Augmented Reality,
virtual reality app,
ARLOOPA,
digital book.

Abstract: ARLOOPA is an augmented reality and virtual reality app which provides advanced AR services that lets people impose digital content (images, sounds, text) over a real-world environment. ARLOOPA is an app for Augmented Reality (AR) experiences. Leading in augmented reality revolution with 3 main AR functions, marker based scanning, markerless tracking, geo-location based experiences. All content enabled in ARLOOPA Studio, ARLOOPA App is an intuitive platform designed to help easily experience augmented reality for education, promotion, entertainment or personal needs. It can be said that books with AR technology gained importance after Kindle. AR-enabled books are physical or digital copies of traditional books, both text and images. In the light of all this information, an example of a digital book developed with the ARLOOPA augmented reality technology application was presented in this study. Information such as the application content of Arloopa, its interface, in which areas it is used, creating digital book content in the application are also included in the article. It is foreseen that this article will provide support at different educational levels in creating digital content in education.

Arloopa Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Uygulaması ile Geliştirilen Fen Bilgisi Dersi Dijital Kitap Örneği

Anahtar Kelimeler:

Artırılmış gerçeklik,
sanal gerçeklik
uygulaması,
ARLOOPA,
dijital kitap

Özet: ARLOOPA, insanların gerçek dünya ortamına dijital içerik (görüntüler, sesler, metinler) empoze etmelerini sağlayan gelişmiş AR hizmetleri sağlayan bir artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamasıdır. ARLOOPA, Artırılmış Gerçeklik (AR) deneyimleri için bir uygulamadır. 3 ana AR işlevi, işaretleyici tabanlı tarama, işaretli izleme, coğrafi konum tabanlı deneyimler ile artırılmış gerçeklik devriminde lider. ARLOOPA Studio'da etkinleştirilen tüm içerik, ARLOOPA App, eğitim, tanıtım, eğlence veya kişisel ihtiyaçlar için artırılmış gerçekliği kolayca deneyimlemeye yardımcı olmak için tasarlanmış sezgisel bir platformdur. AR teknolojisine sahip kitapların Kindle'dan sonra önem kazandığı söylenebilir. AR özellikli kitaplar, geleneksel kitapların hem metin hem de görsel olarak fiziksel veya dijital kopyalarıdır. Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışmada ARLOOPA artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulaması ile geliştirilen bir dijital kitap örneği sunulmuştur. Arloopa'nın uygulama içeriği, arayüzü, hangi alanlarda kullanıldığı, uygulamada dijital kitap içeriği oluşturma gibi bilgiler de yazıda yer alıyor. Bu makalenin eğitimde dijital içerik oluşturma konusunda farklı eğitim kademelerinde destek sağlayacağı öngörülmektedir.

*İlgiliyazar:yildizezgi@kafkas.edu.tr

1. INTRODUCTION

Augmented reality (AR); is application that allow real-time integration of digital information with the user's environment. In its most general definition, it can be expressed as a set of technologies that reflect digital materials to objects that exist in the real world (Sumardani et al., 2020; Bingol, 2018). When this technology, written in 3D programs, receives digital information from a known marker, it tries to run the code of the marker and layer the correct images (Icten & Bal, 2017). When the history of augmented reality technologies is examined; in 1992, Boeing researcher Tom Caudel gave the name "Augmented Reality" to her device, which she developed with David Mizell, which reflects virtually on technicians' heads. It took nearly 40 years for AR technology to mature.

In 2013, Google beta tested a device called Google Glass, which can connect to the internet via Bluetooth. In 2015, Microsoft introduced two new technologies: "Windows Holographic" and "HoloLens", AR glasses with multiple receivers for displaying HD holograms. In 2016, Niantic released a game called Pokemon Go for mobile devices. Today augmented reality technology is used effectively in medical education, diagnosis of diseases and psychotherapy sessions (Derin & Ozturk, 2020). Artificial intelligence applications shaped by people's behaviors and thoughts have also gained momentum due to innovations in the field of augmented reality apps. Artificial intelligence robots and AR technology are two important platforms that affect each other.

One of the most popular applications for creating augmented reality experiences is ARLOOPA. The app is particularly popular for students from all over the world because of the value it adds to distance learning. ARLOOPA is a video maker and scanner app for Augmented Reality (AR) experiences. The

3D camera app superimposes digital data and images on the physical world. Key features of ARLOOPA include:

- Marker-based, unmarked and location-based AR
- Video, photo, GIF recording
- Social network
- Animals, vehicles, educational objects, etc. in-app library of 3D objects with various categories such as..
- Digital book developed

AR-enabled books, physical or digital copies of traditional books, both text and images, are widely used today. Augmented reality, with its many different uses, continues to spread as a revolutionary technology for children's books. It is exciting for children today that the pages of the books they have followed with still pictures and texts come to life all of a sudden (Panagiotidis, 2021).

Children can activate hotspots called "hotspots" by scanning certain places in the picture information books with the help of a smartphone or tablet computer. These hotspots are the elements inside an image that act as tags of the image recognition program. By activating the hotspots, audio texts, sounds, melodies or songs are listened and animations are displayed (Mehta, Jain, Vora & Joshi, 2017).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Conceptual Framework

An example of a digital book developed with the ARLOOPA augmented reality technology application was presented in this study. When the literature studies on the subject are examined;

The first application in the field of Augmented Reality books was made by Mark Billinghurst and it is called "Magic Book". Magic Book was first tried by 2,500 users at the Siggraph Conference in 2000, and the augmented reality book went down in history as the first experiment in the field. Studies in the field of Augmented Reality Books in Turkey started in 2006 with the support of TUBITAK's Technology Support Project (TEYDEP) under the name of Live Book. It was developed by Koza Publications as a result of this three-year study, with the contributions of two technology companies (Rotasoft and Nanobiz) affiliated with METU Technopolis. Live Books, which offer fictional stories and educational content for children, was launched in 2008 (Koza Publishing, 2021). There is a significant increase in storybooks that contain augmented reality applications, especially for children. It is now possible to see good examples of animations made in the world in similar quality in Turkey.

A Portuguese startup, Augmented Reality Publisher (ARP), on the other hand, focused on producing children's books in 3D, displayed on smartphones and tablets, using augmented reality technology. It is an example of a successful AR adaptation of the famous Ezop fable, which started its work in April 2014 and with its first product, "the Rabbit and the Tortoise".

Ibılı & Sahin (2013), in their research the 3D geometry book software was prepared by enriching the three-dimensional drawings in the geometric objects unit of the 6th grade Mathematics book with AR technology. Slartoolkit was used for ARGE3D geometry book software, which was developed using the Visual Studio 2012 platform and Microsoft Silverlight software development plane. As a result, The developed software was used as a mathematics course material in schools affiliated to the Ministry of National Education, and future educational software developers who want to make software in this field were

informed about the application potential and limitations of AR software and solutions were offered. In addition, the internal and external use of AR markers on the book were compared and their effects in classroom education were observed.

Dogan (2016), in research examined the effects of the use of augmented reality applications in the content of textbooks on improving children's reading skills and reading habits. As a result, it has been revealed that AR books with enriched, quality viewer and player features such as three-dimensional graphics, animation, sounds, video and games can be preferred as auxiliary resources instead of options that prevent the connection with physical books such as e-books.

Cınar & Akgun (2017), in their research, they targeted the unit "at the fair", which is included in the 6th grade English course content. A hybrid textbook with text, visuals and augmented reality support was designed to display the content related to this subject in a more visually and audibly enriched way. The prepared textbook was presented to the examination of Educational Technology experts who took the Instructional Technologies and Material Design courses at Sakarya University Faculty of Education in terms of content suitability. As a result, it has been revealed that the developed book section has exemplary features both in the design of the books to be prepared for the English course and in the design of all coursebooks in general.

2.2. Method

This study is an example of an application development study from experimental research. Experimental research is research conducted using a systematic methodology to see how effective a certain intervention will be in solving a certain problem under controlled conditions (Creswell & Creswell, 2017). It differs from other research methods in that it allows testing the cause-effect relationship.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Purpoe of the research & Important the research

In this study, an example of a digital book developed with the ARLOOPA augmented reality technology application is presented. In this study, an application has been developed for the “Sensory Organs” section in the Elementary 6th Grade Science textbook units. In addition, an AR supported digital book content was created within the subject of “Planets”, which is also included in the 6th grade Science units.

With the books produced using augmented reality technologies that have become widespread recently, a new generation has been born that reads, watches and codes the world from this perspective. The reception process of both children's books and conventional education books created with more realistic graphic design elements has accelerated with the acceleration gained by the pandemic conditions (Boztepe, 2021). It is foreseen that this article will provide support at different educational levels in creating digital content in education.

3.2. Application Development Steps

In this study, an application has been developed for the “Sensory Organs” section in the Elementary 6th Grade Science textbook units. In addition, an AR supported digital book content was created within the subject of “Planets”, which is also included in the 6th grade Science units. Before starting the study, ARLOOPA augmented reality application was researched in detail and modules suitable for Science course units were selected.

For sense organs unit, theoretical information was obtained from the Science book, which is used as a supplementary book in 6th grades, recommended by the Ministry of National Education. Then, a more special section, the eye's sensory organs, was explained and in the classroom ARLOOPA-based AR application

was developed. Application examples are attached with their images;

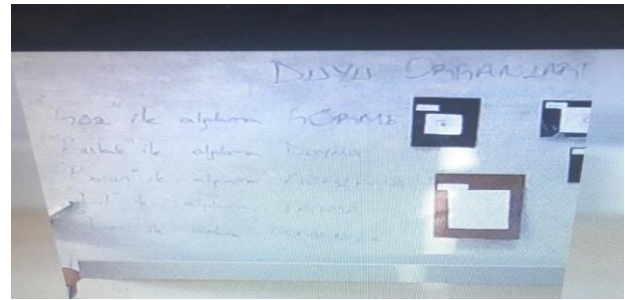


Figure 1. Sense Organs-Eye Theoretical Lecture.



Figure 2. Test Sense Organs Lecture.

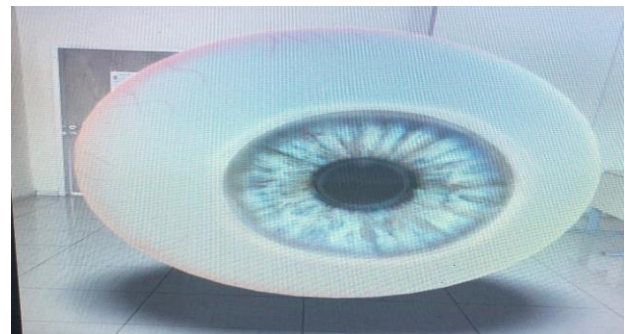


Figure 3. Integration of the Eye Object into the Real Classroom Environment.

ARLOOPA AR application offers convenience to its users with audio narration, digital content, hologram additions. With these practices, many experiments that could not be carried out in the classroom environment were moved to the augmented reality environment, and the content was supported by videos and presentations about physics concepts encountered in daily life.

AR supported digital book content was created within the subject of “Planets”, which is also included in the 6th grade Science units. For planets unit, theoretical information was obtained from the Science book, which is used as a supplementary book in 6th grades, recommended by the Ministry of National Education. Application examples are attached with their images;

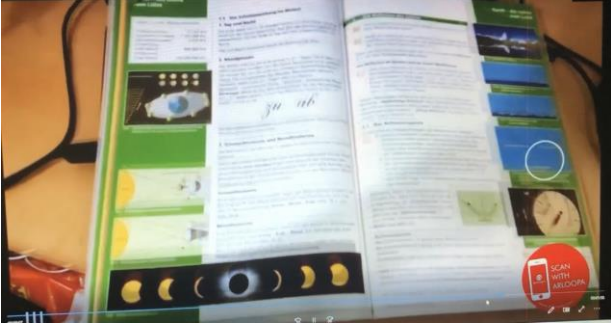


Figure 4. Theoretical information was obtained from the Science book

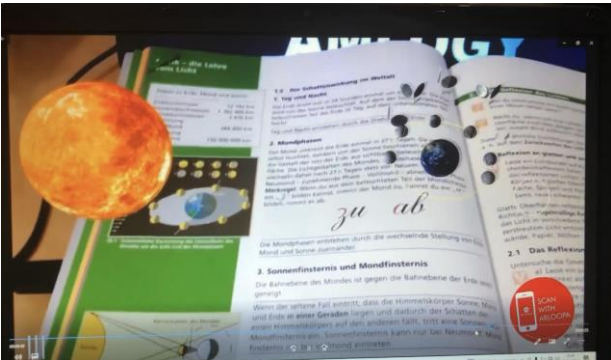


Figure 5. Integration of the Planets Object into the Real Classroom Environment

QR codes were used in the design. QR codes can be used in other fields as well as in the field of education. The possibility of placing QR codes on conventional education materials has provided a bridge between traditional education materials and communication technologies and new media (Aktas, 2014).

4. CONCLUSION

An example of a digital book developed with the ARLOOPA augmented reality technology application was presented in this study. In this study, an example of a digital book developed with the ARLOOPA augmented reality

technology application is presented. In this study, an application has been developed for the “Sensory Organs” section in the Elementary 6th Grade Science textbook units. In addition, an AR supported digital book content was created within the subject of “Planets”, which is also included in the 6th grade Science units. Information such as the application content of Arloopa, its interface, in which areas it is used, creating digital book content in the application are also included in the article. It is foreseen that this article will provide support at different educational levels in creating digital content in education.

Considering the thinking skills of the Y and Z generations, which are the most intense group in education processes in the world; technologies that are fast, independent of space and providing freedom are gaining importance (Azuma, 1997; Ethican, 2012). AR applications, which bring together the real and the virtual simultaneously, have provided great convenience to the field of education, as in many other fields, by allowing the use of three-dimensional technologies with mobile devices and applications. Learning conditions, which change in direct proportion to the developing technology, are also getting the quality to appeal to the Z generation more with augmented reality.

Recommendations for future research within the scope of the study:

- Encouraging applied studies from primary education to university level in order to support the use of Arloopa and similar applications from course content.
- Based on the fact that the concept of augmented reality increases student academic success, provide necessary information and seminars to teachers so that they can use these applications in the classroom.
- When the literature is examined, it is seen that Arloopa and similar AR applications are rarely found in studies in the field of education, carrying out

studies to increase the academic studies related to this field.

REFERENCES

Azuma R.T. (1997). A survey of augmented reality. Presence, 6(4), 355-385.

Aktas C. (2014). QR Kodlar ve İletişim Teknolojisinin Hibritleşmesi. İstanbul: Kalkedon.

Bingöl B. (2018). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Artırılmış Gerçeklik (AG). Etkileşim , (1), 44-55.

Boztepe S. (2021). Kitap tasarımında artırılmış gerçeklik (ar) uygulamalarının simülasyon kuramı bağlamında değerlendirilmesi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9 (120), 92-102.

Creswell J.W. and Creswell J.D. (2017). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 4th Edition, Sage, Newbury Park.

Cınar D. and Akgun Ö.E. (2015). Ders kitabı tasarımında artırılmış gerçeklik kullanımı: Bir İngilizce ders kitabı bölümü örneği. VII. Ulusal Lisansüstü Eğitim Sempozyumu, Sakarya.

Derin G. and Ozturk E. (2020). Kuşaklararası Travma Geçiş ve Kuşaklararası Travma Aktarımı. Conference: VI. Uluslararası TURKCESS Eğitim ve Sosyal Bilimler Kongresi At: İstanbul.

Etlican G. (2012). X ve Y kuşaklarının online eğitim teknolojilerine tutumlarının karşılaştırılması. Y. L. Tezi. Bahçeşehir Üniv. Sosyal Bilimler Ens. İstanbul.

Doğan A. (2016). Artırılmış gerçeklik teknolojileriyle desteklenmiş hikâye kitabı okuma deneyimi. Medeniyet Sanat, İMÜ Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2(2), 121-137.

İcten T. and Bal G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5 (2) , 111-136.

İbili E. and Şahin S. (2013). Artırılmış Gerçeklik ile İnteraktif 3D Geometri Kitabı Yazılımın Tasarımı ve Geliştirilmesi: ARGE3D. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13 (1) , 1-8.

Koza Publishing (2021). <https://doczz.biz.tr/doc/269242/3---koza-yay%C4%B1n>, Erişim tarihi: 10.07.2021.

Mehta S., Jain P., Vora A., Joshi A. and Dalvi H. (2017). Augmented Reality. Books: An Immersive Approach to Learning, Presented and Published in the.

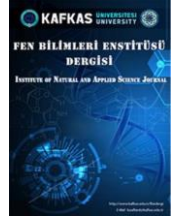
Panagiotidis P. (2021). Augmented and Mixed Reality in Language Learning. European Journal of Education, 4(2), 28-44.

Sumardani D., Putri A., Saraswati R.R., Mulyati, D. and Bakri F. (2020). Virtual Reality Media: The Simulation of Relativity Theory on Smartphone. Formatif Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA 10(1).



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Araç Türlerine göre Trafik Analizleri: Polatlı-Sivrihisar Devlet Karayolu Örneği

Hikmet BAYIRTEPE¹ , Büşra KILIÇ^{2*} 

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

¹Gazi University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey

²Gazi University, Institute of Science, Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 06.07.2022, Kabul / Accepted: 30.07.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

Anahtar Kelimeler:
Trafik Mühendisliği,
araç türleri,
çeyrek dönemler,
mevsimler

Özet: Bu çalışmada, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından işletilen ve Polatlı-Sivrihisar Devlet Karayolu 81 numara sayılı kesim üzerine kurulu kamera sistemi vasıtasıyla her bir araca ait araç geçiş tarihi, zamanı, hızı ve şeridi biçiminde derlenerek kaydedilen 2013-2014 yılları boyunca 24 saat ölçülen trafik bilgileri kullanılmaktadır. Bu verilerde araçlar, dokuz adet araç türüne göre sınıflandırılmakla birlikte burada araç kompozisyonuna göre ağırlıklı gözlenen otomobil, otobüs ve kamyon olarak isimlendirilen üç ana araç türüne odaklanılmaktadır. Ayrıca, ham veriler yıllık, çeyrek dönem, mevsim, ay, günler gibi farklı zaman dilimlerine ve araç türlerine göre irdelenmekle birlikte bu çalışmada çeyrek dönem ve mevsimsel analizlere ilişkin sonuçlar sunulmaktadır.

Traffic Analysis According to Vehicle Types: Polatlı-Sivrihisar State Highway Example

Keywords:
Traffic engineering,
vehicle types,
quarters,
season

Abstract: In this study, traffic information measured over 24 hours during the years 2013-2014 is used. The traffic information is compiled and recorded in the form of vehicle transit date, time, speed and lane of each vehicle by means of the camera system installed on the Polatlı-Sivrihisar State Highway number 81, which is operated by the General Directorate of Highways. In these data, although the vehicles are classified according to nine vehicle types; the focus is on three main vehicle types namely: automobile, bus and truck, which are predominantly observed according to vehicle composition. In addition, although the raw data are analyzed according to different time periods such as years quarters, seasons, months and days, as well as vehicle types; the results of the quarterly and seasonal analysis are presented in this study.

1. GİRİŞ

Uzun süreli ve mümkünse sürekli olarak trafik verilerinin kaydedilmesi ve bir araya getirilmesi için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Kaydedilen bu veriler gelecek yıllarda yapılacak yeni ulaştırma yapılarının yapım öncesi analizleri için önem arz etmektedir. Bu analizler trafik akımı, trafik gelişim

ve değişimleri ile farklı araç türleri ve zaman dilimleri arasındaki ilişkilerin modellenmesi ve yol ağında kullanılabilecek akım modellerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca toplanan bu veriler yapılan yolların yapım, işletim, bakım ve onarım aşamalarının kolaylaştırmasına fayda sağlamaktadır.

*İlgiliyazar:klc.busra29@gmail.com

Trafik mühendisliği ise bu görevlerin yerine getirilmesi için çeşitli çözümler üretmektedir. Bu çözümler özellikle trafik sıkışıklığının gözlemlendiği ya da trafik sıkışıklığı olması beklenen yerler için üretilmektedir. Bu çözümlerin üretilebilmesi için belirli gözlem ve analiz yöntemleri gerekmektedir.

Makro ve mikro trafik akım özelliklerine ait temel bilgiler lineer yöntemlerden olan Greenshield Akım Metodu yardımı ile tanımlanmaktadır. Bu metod makro trafik özelliklerinin birbirileri ile olan ilişkilerini açıklaması bakımından yeterlidir.

Veri analizlerinin yapıldığı bu tezden elde edilen sonuçlar, art arda iki yılın verilerinin kullanılmasının bir sonucu olarak, sonraki yıllarda akımda meydana gelebilecek değişim hakkındaki öngörülerini belirli istatistiki temellerle desteklemektedir. Bu araştırma farklı araç türlerinin akım, yoğunluk ve hız değerlerini inceleyerek yapılan analizleri içermektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 TEMEL BİLGİLER

2.1.1 Hız (U):

Genellikle hız, seyahatin kalite ölçümü olarak kabul edilir. Bir aracın birim zamanda kat ettiği mesafe olarak tanımlanır. Farklı araç türlerinin hızları zamana ve mekâna göre değişiklik göstermektedir.

2.1.2 Akım (Q):

Belirli bir noktadan geçen toplam araç sayısı olarak ifade edilir. Tanımlanmış bir zaman periyodunda bir şeritte belirli bir noktadan geçen toplam araç sayısı sayılarak ölçüm gerçekleştirilir.

2.1.3 Yoğunluk (K):

Belirli bir karayolu kesiminde kilometre başına düşen araç sayısı olarak tanımlanır. Araç/km olarak ifade edilir.

2.1.4 Zamansal Aralık (ht):

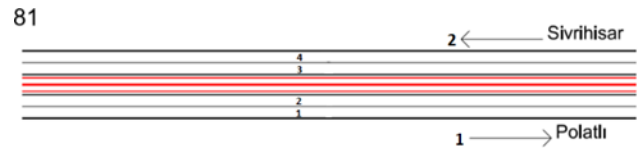
Karayolu üzerinde bir noktadan geçen ardışık araçların arasındaki geçen süre olarak tanımlanmaktadır.

2.1.5 Mekânsal Aralık (hs):

Herhangi bir zaman aralığında ardışık iki aracın ön tamponları ya da arka tamponları arasındaki mesafe olarak tanımlanır.

2.2. Veriler

2013-2014 yıllarına ait ölçümler Karayolları Genel Müdürlüğünden alınmıştır (Anonim, 2016). Alınan ölçümler Excel içerisinde makro kullanılarak düzenlenmiş ve incelenmiştir. Excel içerisinde veriler yıl, gün, saat, yön, araç türleri, araç sayısı, toplam hız, zamansal aralık ve mekânsal aralık ölçümlerini ve bu verilerden elde edilen ortalama hız, ortalama akım, ortalama yoğunluk, ortalama mekânsal aralık ve ortalama zamansal aralık verilerini içermektedir. Bu veriler yön 1, yön 2 ve yön 1 ve yön 2'nin toplamı olan yön 0 verileridir. Bu verilerden toplam saat ve zaman dilimlerine ait grafikler elde edilmiştir. Akım, yoğunluk ve hız değerlerinden 24 saatlik grafikler oluşturulmuştur. Zaman dilimi (ZD) verileri 1'den 58'e kadardır. Bu çalışma kapsamında çeyrek dönem ve mevsim verileri incelenmiştir. ZD:1-4 arası çeyrek dönemleri, ZD:5-8 arası mevsimleri ifade etmektedir. Zaman dilimi 1 Ocak, Şubat ve Mart aylarını, zaman dilimi 2 Nisan, Mayıs ve Haziran aylarını, zaman dilimi 3 Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarını, zaman dilimi 4 Ekim, Kasım ve Aralık aylarını ifade etmektedir. Zaman dilimi 5 İlkbahar mevsimini (Mart-Nisan-Mayıs), zaman dilimi 6 Yaz mevsimini (Haziran- Temmuz-Ağustos), zaman dilimi 7 Sonbahar mevsimini (Eylül-Ekim-Kasım), zaman dilimi 8 Kış mevsimini (Ocak-Şubat-Aralık) ifade etmektedir. Çalışmanın yapıldığı Polatlı - Sivrihisar yoluna ait kroki aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Polatlı-Sivrihisar Devlet Karayolu kesim krokisi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Araç Türüne Göre İncelemeler

Trafiği araç türlerine göre analiz edebilmek adına yapılan araç sayımlarının hangi araç türlerine ait olduğu bu çalışma kapsamında incelenmektedir. Dokuz adet araç türü bulunmaktadır. Bu araç türleri aşağıda verilen tabloda detaylı bir şekilde yer almaktadır. Bu çalışmada araç türü 2, araç türü 6 ve araç türü 7 için çeyrek dönem ve mevsimsel analizler yer almaktadır.

Tablo 1. Sınıflandırma şeması

Sınıflandırma Şeması		
Taşıt Sınıfı		Önerilen Uzunluk(m)
1	Motorsiklet	1.00-3.50
2	Otomobil	2.50-5.20
3	Otomobil+Karavan	5.20-8.70
4	Hafif Yüklü Ticari Taşıt*	5.20-6.10
5	Orta Yüklü Ticari Taşıt**	6.10-7.70
6	Otobüs	10.50-15.50
7	Kamyon	7.70-12.00
8	Kamyon+Römork	13.50-23.00
9	Çekici+Yarı Römork	11.40-23.00

(*) Kamyonet, minibüs/midibüs

(**) Yolcu taşıma kapasitesi yaklaşık olarak

14-25 kişi olan taşıtlar ve toplam yüklü ağırlığı yaklaşık 3.5 ton ile 10 ton arasında olan kamyonlar.

Polatlı-Sivrihisar yolu gidiş-dönüş (toplam yön,0) tüm araç türlerinin verilerine bakıldığında, 2013 yılı çeyrek dönemleri için (ZD:1,ZD:2,ZD:3,ZD:4), en yüksek akım değeri 240.884 araç/saat ve en yüksek yoğunluk değeri 2.479 araç/km'dir. Bu değerler zaman dilimi 3 saat 18.00'da meydana gelmektedir. Bu akım ve yoğunluğu oluşturan araç türü yüzdelere bakıldığında, 2.aracı türü (otomobil) %68.28, 6.aracı türü (otobüs) %3.87, 7.aracı türü (kamyon) %7.89'dur. Geriye kalan %19.96'lık bölümü ise diğer araç türleri oluşturmaktadır.

2014 yılı çeyrek dönemler için, en yüksek akım değeri 325.247 araç/saat ve en yüksek yoğunluk değeri 3.204 araç/km'dir. Bu değerler zaman dilimi 3 saat 19.00'da meydana gelmektedir. Bu akım ve yoğunluğu oluşturan araç türü yüzdelere bakıldığında, 2.aracı türü (otomobil) %75.75, 6.aracı türü (otobüs) %2.61, 7.aracı türü (kamyon) %5.63'dur. Geriye kalan %16.01'lik bölümü ise diğer araç türleri oluşturmaktadır. 2013 yılı mevsim dönemleri için (ZD:5,ZD:6,ZD:7,ZD:8), en yüksek akım değeri 246.23 araç/saat ve en yüksek yoğunluk

değeri 2.462 araç/km'dir. Bu değerler zaman dilimi 6 saat 19.00'da meydana gelmektedir. Bu akım ve yoğunluğu oluşturan araç türü yüzdelere bakıldığında, 2.aracı türü (otomobil) %70.28, 6.aracı türü (otobüs) %3.67, 7.aracı türü (kamyon) %6.87'dur. Geriye kalan %19.18'lik bölümü ise diğer araç türleri oluşturmaktadır. 2014 yılı mevsim dönemleri için, en yüksek akım değeri 312.782 araç/saat ve en yüksek yoğunluk değeri 3.070 araç/km'dir. Bu değerler zaman dilimi 6 saat 19.00'da meydana gelmektedir. Bu akım ve yoğunluğu oluşturan araç türü yüzdelere bakıldığında, 2.aracı türü (otomobil) %75.50, 6.aracı türü (otobüs) %2.72, 7.aracı türü (kamyon) %5.62'dur. Geriye kalan %16.16'lik bölümü ise diğer araç türleri oluşturmaktadır.

3.1.1. Araç türü 2 için İncelemeler

Araç türü 2 (Otomobil) için 2013 yılı zaman dilimi 1'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 152.914 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.421 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerine bakıldığında 36.381 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerine bakıldığında 0.360 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2'de akım ve yoğunluk değerlerine bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 192.447 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.782 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği gözlenmektedir. Akımın en düşük değerinin 54.697 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.532 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 235.327 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.257 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 54.129 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.528 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 4'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 216.947 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.087 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 52.808 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.526 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da

meydana geldiği görülmektedir. Akımın ve yoğunluğun 2014 yılı verilerine bakıldığında, zaman dilimi 1 için, akımın en yüksek değerinin 166.634 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.561 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 40.270 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.402 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 224.445 araç/saat olduğu ve bu değer saat 19.00'da, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.089 araç/saat olduğu ve bu değer saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 59.337 araç/saat olduğu, yoğunluğun en düşük değerinin 0.584 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 328.718 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.063 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 100.258 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.979 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği gözlenmektedir.

Zaman dilimi 4 için, akımın en yüksek değerinin 247.909 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.332 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 57.761 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.565 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 2 için mevsim dönemlerine(ZD:5-ZD:8) bakıldığında, 2013 yılı zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek değerinin 171.939 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.582 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 46.022 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.447 araç/saat olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 237.635 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.220 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 72.959 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.716 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7 için, akımın en yüksek değerinin 244.904 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.359 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 57.989 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.575 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da oluştuğu görülmektedir.

Zaman dilimi 8'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 147.487 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.388 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da oluştuğu görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 34.054 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.340 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

2014 yılı mevsim dönemlerine ait verilere bakıldığında, zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek değerinin 187.258 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.748 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 48.279 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.474 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 314.429 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.917 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 96.776 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.947 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 261.682 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.464 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 66.019 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.646 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 8 için, akımın en yüksek değerinin 171.765 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.614 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 40.470 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.405 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 2 için 2013 yılı hız verilerine bakıldığında ortalama hız değerinin 105.97 km/saat, 2014 yılı hız

verilerine bakıldığında, ortalama hız değerinin 106.05 km/saat civarında seyrettiği gözlemlenmektedir.

3.1.2. Araç türü 6 için İncelemeler

Araç türü 6 (Otobüs) için 2013 yılı zaman dilimi 1'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 172.932 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.912 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerine bakıldığında 35.978 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerine bakıldığında 0.441 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2 akım ve yoğunluk değerlerine bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 218.361 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.331 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği gözlenmektedir. Akımın en düşük değerinin 52.752 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.585 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 255.844 araç/saat olduğu ve bu değer saat 18.00'da, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.820 araç/km olduğu ve bu değer saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 56.542 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.608 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 05.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 4'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 213.265 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.297 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 44.246 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.488 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Akımın ve yoğunluğun 2014 yılı verilerine bakıldığında, zaman dilimi 1 için, akımın en yüksek değerinin 176.369 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.907 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 37.104 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.406 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 233.249 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.513 araç/saat olduğu ve bu değerlerin saat 20.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 57.529 araç/saat olduğu, yoğunluğun en düşük değerinin 0.635 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 320.452 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.439 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 87.309 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.956 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği gözlenmektedir.

Zaman dilimi 4 için, akımın en yüksek değerinin 245.757 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.633 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 49.721 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.544 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 6 için mevsim dönemlerine(ZD:5-ZD:8) bakıldığında, 2013 yılı zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek değerinin 201.921 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.187 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 45.849 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.525 araç/saat olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 270.026 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.875 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 66.128 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.719 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7 için, akımın en yüksek değerinin 238.53 araç/saat olduğu ve saat 17.00'da, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.585 araç/km olduğu ve bu değer saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 51.766 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.569 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da oluştuğu görülmektedir.

Zaman dilimi 8'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 170.728 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.872 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da olduğu görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 33.300 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.397 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

2014 yılı mevsim dönemlerine ait verilere bakıldığında, zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek değerinin 197.199 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.117 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 45.086 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.497 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 304.341 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.267 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 86.136 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.946 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 263.083 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.821 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 56.079 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.614 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 8 için, akımın en yüksek değerinin 180.634 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 1.938 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 37.035 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.405 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 6 için 2013 yılı hız verilerine bakıldığında ortalama hız değerinin 91.25 km/saat, 2014 yılı hız verilerine bakıldığında ortalama hız değerinin 92.43 km/saat civarında seyrettiği gözlemlenmektedir.

3.1.3. Araç türü 7 için İncelenmeler

Araç türü 7 (Kamyon) için 2013 yılı zaman dilimi 1'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 203.488 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek

değerinin 2.609 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerine bakıldığında 46.395 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerine bakıldığında 0.584 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2 akım ve yoğunluk değerlerine bakıldığında, akımın en yüksek değerinin

244.143 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.119 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği gözlenmektedir. Akımın en düşük değerinin 64.010 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.797 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 257.568 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.369 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 16.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 68.015 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.843 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 4'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 239.755 araç/saat olduğu, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.086 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 60.038 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.757 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Akımın ve yoğunluğun 2014 yılı verilerine bakıldığında, zaman dilimi 1 için, akımın en yüksek değerinin 225.211 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.912 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 50.458 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.637 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 2'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 265.135 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.389 araç/saat olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 70.263 araç/saat olduğu, yoğunluğun en düşük değerinin 0.875 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 3'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 314.798 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 4.024 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 98.319 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 1.224 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği gözlenmektedir.

Zaman dilimi 4 için, akımın en yüksek değerinin 280.837 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.591 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 63.119 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.791 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 7 için mevsim dönemlerine(ZD:5-ZD:8) bakıldığında, 2013 yılı zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek değerinin 228.095 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.925 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 57.539 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.719 araç/saat olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 277.336 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.533 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 78.757 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.980 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7 için, akımın en yüksek değerinin 251.185 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.248 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 67.356 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.843 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da oluştuğu görülmektedir.

Zaman dilimi 8'e bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 202.854 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.599 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da oluştuğu görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 45.360 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.573 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

2014 yılı mevsim dönemlerine ait verilere bakıldığında, zaman dilimi 5 için, akımın en yüksek

değerinin 237.067 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.062 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 18.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 60.642 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.759 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 6 için, akımın en yüksek değerinin 309.738 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.950 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 19.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 97.459 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 1.215 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 7'ye bakıldığında, akımın en yüksek değerinin 282.978 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 3.632 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 68.961 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.860 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Zaman dilimi 8 için, akımın en yüksek değerinin 230.122 araç/saat, yoğunluğun en yüksek değerinin 2.98 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 17.00'da meydana geldiği görülmektedir. Akımın en düşük değerinin 49.440 araç/saat, yoğunluğun en düşük değerinin 0.625 araç/km olduğu ve bu değerlerin saat 04.00'da meydana geldiği görülmektedir.

Araç türü 7 için 2013 yılı hız verilerine bakıldığında ortalama hız değerinin 78.26 km/saat, 2014 yılı hız verilerine bakıldığında ortalama hız değerinin 78.50 km/saat civarında seyrettiği gözlemlenmektedir.

4. SONUÇ

- ✓ Tüm araç türleri için, çeyrek dönemlere bakıldığında, akımın ve yoğunluğun en yüksek değerinin zaman dilimi 3'te gerçekleştiği, en düşük akım ve yoğunluk değerinin ise zaman dilimi 1'de gerçekleştiği görülmektedir. 2013 ve 2014 yılları için bu zaman dilimleri aynıdır. Zaman dilimi 3 Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait ölçümleri içermektedir. Zaman dilimi 1 ise Ocak, Şubat ve Mart aylarına ait ölçümleri içermektedir.

- ✓ Tüm araç türleri için mevsim dönemlerine bakıldığında, 2013 yılı araç türü 2 için en yüksek akım ve yoğunluk değerinin zaman dilimi 7'de, en düşük akım ve yoğunluk değeri ise zaman dilimi 8'de olduğu görülmektedir. Araç türü 2 haricinde 2013-2014 yılları diğer tüm araç türleri için en yüksek akım ve yoğunluk değerinin zaman dilimi 6'da, en düşük akım ve yoğunluk değerlerinin ise zaman dilimi 8'de olduğu görülmektedir. Zaman dilimi 5 ilkbahar, zaman dilimi 6 yaz, zaman dilimi 7 sonbahar, zaman dilimi 8 kış ifade etmektedir. Soğuk hava ve kar yağışının trafik hacmi üzerindeki etkisi gün, saat ve yol türüne göre farklılaşır, tüm yol tipleri için ise, kar yağışı trafik hacminde bir azalma göstergesidir.
- ✓ Bütün zaman dilimleri(1-58) ve bütün araç türlerine ait akım ve yoğunluk değerlerine bakıldığında, en yüksek değerlerin saat 18.00-19.00 civarlarında, en düşük değerlerin ise saat 04.00-05.00 civarlarında meydana geldiği görülmektedir.
- ✓ Araç türü 2'nin ortalama hızının 105 km/saat, araç türü 6'nın 91 km/saat, araç türü 7'nin ise 78 km/saat civarında seyrettiği, araç türlerine göre gerekli hız sınırlandırmalarına bağlı ortalama hızlar gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Anonim, (2016). Polatlı-Sivrihisar Devlet Karayolu 81 numara sayılı kesim 2013-2014 yılları trafik bilgileri. Karayolları Genel Müdürlüğü Veri Arşivi, Ankara.



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Polimer Nanokompozit Kaplama Teknikleri ve Sunduğu Performanslar

Çetin ÇİMEN^{1*} 

¹Kafkas Üniversitesi, Kazım Karabekir Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kars, Türkiye.

¹Kafkas University, Kazım Karabekir Vocational School, Department of Machinery and Metal Technologies, Kars, Turkey.

(İlk Gönderim / Received: 22.02.2022, Kabul / Accepted: 01.07.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

Anahtar Kelimeler:

Kaplama,
korozyon önleyici
özellikler,
triboloji,
elektroaktif polimer.

Özet: Günümüz teknolojilerin gelişiminde polimer ve polimer kompozitler, üstün performansları ile vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Araç teknolojileri, elektrik-elektronik malzemeler, uzay, tekstil, tıp, triboloji ve diğer birçok alanda geniş kullanım alanları ile polimer kompozitleri günlük yaşamımıza girmiştir. Kaplanan malzeme de kullanılan iletken olmayan, elektroaktif ve iletken polimer ile nanokompozitlerin yapıları ve özellikleri düzenlenebilir. Burada özellikle aşınma direnci, korozyon önleyici direnç ve elektrik direnci gibi birçok performanslı hale getirilen malzeme ayrıca polimere nanokil veya nanoparçacıklar gömüldüğünde verimli bir şekilde geliştirilebilir. Karbon nanotüplerle yapılan Polimer Nanokompozitler, elektriksel özelliklere sahiptir ve elektromanyetik parazit koruması görevi görür. Polimer nanokompozitler için uygun bazı kaplama teknolojileri sunulmuştur.

Polymer Nanocomposite Coating Techniques and Their Performances

Keywords:

Coating,
anti-corrosion properties,
tribology,
electroactive polymer.

Abstract: In the development of today's technologies, polymer and polymer composites have become indispensable with their superior performance. Polymer composites have entered our daily lives with wide usage areas in vehicle technologies, electrical-electronic materials, space, textile, medicine, tribology and many other fields. The structures and properties of nanocomposites can be regulated with the non-conductive, electroactive and conductive polymer used in the coated material. Here, many performance-enhanced materials such as abrasion resistance, anti-corrosion resistance and electrical resistance can also be developed efficiently when nanoclay or nanoparticles are embedded in the polymer. Polymer Nanocomposites made with carbon nanotubes have electrical properties and act as electromagnetic interference shielding. Some coating technologies suitable for polymer nanocomposites are presented.

1. GİRİŞ

Polimer nanokompozitler veya nano dolgulu polimerler, polimer matris ortamında fiziksel harmanlama veya kimyasal polimerizasyon teknolojileri ile hazırlanmış ve nano ölçekli homojen

dağılıma sahip (10-100 nm) organik veya inorganik dolgu maddeleri içeren malzemelerdir. Kullanılan dolgu maddeleri, çok çeşitli doğal veya sentetik polimerlere gömülü parçacıklar, katmanlı malzemeler, lifler veya kümeler olabilir. Kompozitlerin

*İlgiliyazar: acetin2375@gmail.com

performansını artıran ayırt edici fiziksel ve kimyasal özellikleri, gelişim süreçleri sonrasında artan ilgi görmektedir. Dolgu maddeleri nedeniyle bu olağanüstü özellikler, bu polimerlere uzay, havacılık, otomotiv endüstrisi, elektronik, tıbbi ekipman ve tüketim mallarında kullanım için yüksek bir potansiyel verir. Ayrıca endüstride ve akademide, yığın ve fonksiyonel ince filmler gibi farklı nano dolgulu polimer türleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Gacitua ve ark., 2005). Polimer nanokompozit kaplamalar, özel amaçlar için alt katmandaki malzeme yüzey özelliklerini iyileştirdikleri için özellikle önemlidir. Örneğin, çelik yüzeyi üzerine kaplanmış inorganik katmanlı bir dolguya sahip bir polimer nanokompozit, korozyonu önemli ölçüde yavaşlatabilir. Bu koruma mekanizması ayrıca bir gaz bariyeri kaplaması oluşturmak için de kullanılabilir, çünkü inorganik katmanlı dolgu gazın penetrasyon yolunu uzatır. Kendi kendini temizleme sıcaklık direnci, aşınma direnci ve özel optikler gibi özel işlevler için diğer kaplamalar birçok ticari üründe ortaya çıkmıştır. Son zamanlarda, polimer nanokompozitlere dayalı elektroaktif kaplamaların (Chen ve ark., 2019; Gandara ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2021) geleneksel kaplamalardan çok daha düşük bir öz direnç olduğu gösterilmiştir, bu da elektrokimyasal sensörler (Fu ve ark., 2021; Iftikhar ve ark., 2021), yüksek dielektrik sabiti olan malzemeler (Fu ve ark., 2021; Iftikhar ve ark., 2021), fonksiyonel membranlar ve elektrokromik malzemeler (Fu ve ark., 2021; Iftikhar ve ark., 2021) gibi yeni uygulamalara yol açar. Kendi iç malzemeleri dışında davranışı, başarılı polimer nanokompozit kaplamaları tanımlamak için anahtar parametre, bunların substratlar üzerine ne kadar kolay ve verimli bir şekilde yerleştirilebilmesidir (Bharathidasan ve ark., 2020).

1.1. Polimer için kaplama teknolojileri

1.1.1. Nanokompozitler

Başarılı bir kaplama, yalnızca polimer nanokompozitin kendine özgü özelliklerini değil, aynı zamanda malzemeyi farklı türde substrat üzerinde biriktirmek için uygulanabilir teknolojileri de gerektirir. Burada kullanılan anlamıyla malzemenin 'işlenebilir', yüzey homojenliği, fazlar arası yapışma, kalınlık kontrolü ve toksik olmama gibi iyi kaplama kalitesi özelliklerini sağlamak için

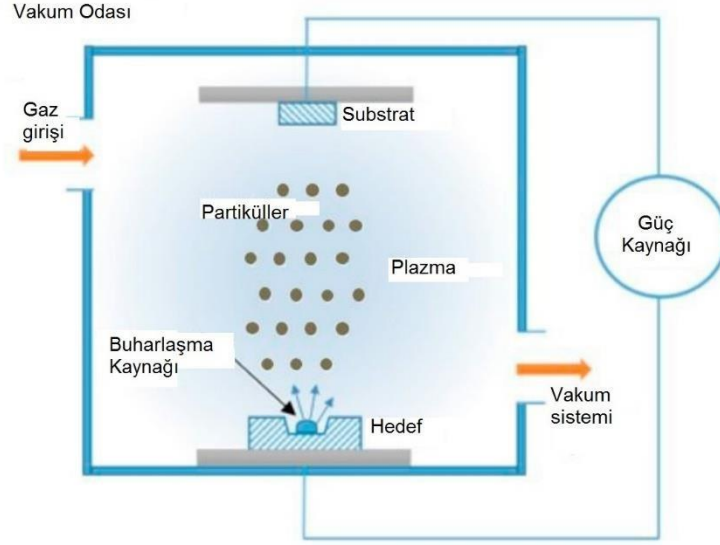
çeşitli koşullara uymayı ifade eder. Üretim kapasitesi, büyük ölçekli üretim için bir diğer önemli husustur. Araştırma ve üretimde birçok farklı kaplama teknolojisi kullanılmıştır. Ancak bunların hepsi nano dolgulu polimerler için pratik değildir. Polimer zincirleri, normalde aşırı yüksek sıcaklıklarda veya enerjilerde gerçekleştirilen buharlaştırma işlemleriyle kolayca zarar görebilir. Bu nedenle, polimer nanokompozitler için uygun bir kaplama tekniği için genellikle düşük bir çökelme sıcaklığı temel bir gerekliliktir. Genel olarak, polimer nanokompozitler için uygun kaplama teknikleri dört ana grupta sınıflandırılabilir: (1) fiziksel buhar biriktirme (PVD) (Kausar, 2021; Shirazi ve ark., 2021), (2) kimyasal buhar biriktirme (CVD) (Md Saleh ve ark., 2015), (3) kimyasal ve elektrokimyasal biriktirme (Kumar ve ark., 2020; Sevcik ve ark., 2021) ve (4) rulodan ruloya (R2R) (Kumar ve ark., 2020; Sevcik ve ark., 2021) döküm biriktirme (Ng ve ark., 2021).

1.1.2. Fiziksel buhar biriktirme

PVD ilk olarak hedef maddenin bir buharının üretilmesini içerir, örn. yüksek enerjili bir kaynak yoluyla bir gaz karışımı plazma (Baptista ve ark., 2018). Daha sonra, buharlaştırılmış malzeme, alt tabaka üzerinde kademeli olarak ince bir film oluşturmak için çok düşük basınçlı bir odada (0,1-10 Pa) alt tabakanın yüzeyi üzerinde yoğunlaştırılır. Düşük basınçlı bir gaz kullanarak yüksek yoğunluklu bir plazmanın oluşturulması, ~0.03 T'lik bir statik manyetik alan gerektirir. Alan, püskürtme hedefinin önündeki bölge içinde eşdeğer (veya dengeli) mıknatısların bir konfigürasyonu ile oluşturulur ve elektronları yüzeye yakın bir yerde yakalar. Manyetik alan çizgileri ağırlıklı olarak hedefin arkasında yoğunlaşırken, substratın yakınındaki plazma yoğunluğu yaklaşık ne (~1010 cm⁻³). Magnetron püskürtme veya doğru akım magnetron püskürtme, plazmayı indüklemek ve sürdürmek için substrata doğrudan bir potansiyelin uygulanmasını içerir (Şekil 1) (Baptista ve ark., 2018).

1.1.3. Kimyasal buhar birikimi

CVD, bir ısıtma işlemi ve buhar fazındaki kimyasal reaksiyonlar yoluyla katı hedef malzemedan bir buhar üretilmesine dayanır. Bu nedenle, bu biriktirme Polimer nanokompozit kaplamalar, sırasıyla tozların veya filmlerin oluşumuna yol açan,



Şekil 1. Fiziksel buhar biriktirme PVD (Physical Vapor Deposition) kaplama prosesi (Baptista ve ark., 2018).

ısıtılmış yüzey üzerinde veya yakınında meydana gelen homojen bir gaz fazı veya heterojen kimyasal reaksiyonlar içerir. CVD tipik olarak çok yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Buhar fazındaki kimyasal reaksiyonları etkinleştirmek için 1000 °C'ye kadar. Bu aşırı yüksek sıcaklıklar, katı hedeflerin kimyasal yapısının bozulmasına neden olarak orijinal malzeme ile karşılaştırıldığında farklı özelliklerle sonuçlanır. Bu nedenle, inorganik ve metallo-organik öncüler kullanılarak 350-700 °C'de düşük sıcaklıkta CVD gerçekleştirilmiştir. Aşağıda açıklandığı gibi bir plazma kullanılarak 200-400 °C'lik daha düşük aktivasyon sıcaklıkları elde edilmiştir. Yüksek sıcaklık aşaması sağlamak için en yaygın olarak kullanılan iki CVD cihazı, diğer kaplama tekniklerine kıyasla düşük maliyetleri nedeniyle sıcak duvarlı CVD (HWCVD) ve sıcak filamentli CVD (HFCVD) reaktörleridir. Bununla birlikte, HWCVD, HFCVD'nin aşırı yüksek filament sıcaklıklarını gerektirmediğinden, polimer nanokompozitlerin biriktirilmesi için daha uygundur. Yine de, bu kaplama teknolojileri, bir nanoelmas kaplaması gibi çok özel durumlar dışında, polimer nanokompozitler için nadiren kullanılmaktadır. Plazma destekli CVD, CVD'deki sıcaklığı düşürmenin etkili bir yoludur. Kimyasal reaksiyonları etkinleştirmek için yüksek sıcaklık yerine son derece düşük basınçta (10-100 Pa) bir mikrodalga plazma kullanır. Yöntem yalnızca düşük bir ortam sıcaklığı gerektirir ve 2.45 GHz mikrodalga plazma heyecan verici kaynağı kullanır. Bu biriktirme yöntemi, silikon dioksit, karbon nitrür

ve kübik bor nitrür biriktirmek için kullanılmıştır (Gao, 2012).

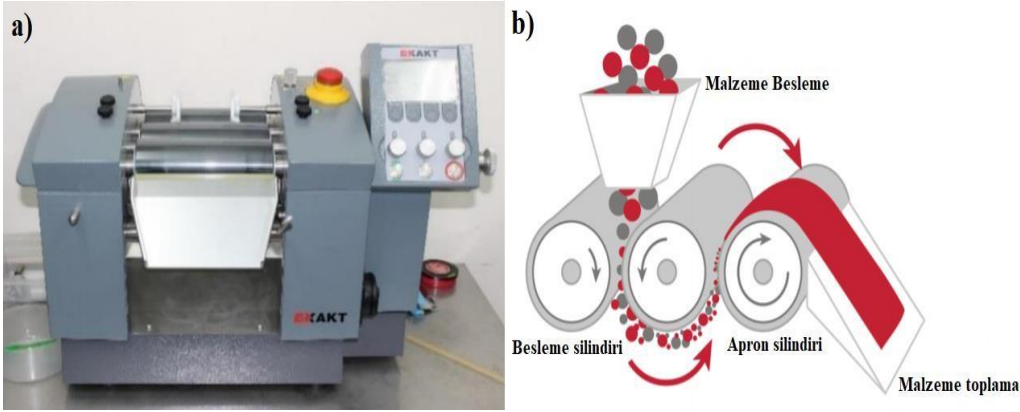
1.1.4. Kimyasal ve elektrokimyasal biriktirme

Kimyasal ve elektrokimyasal biriktirme, hem temel hem de uygulamalı bir bakış açısıyla oldukça ilgi çeken bir alandır; bu yöntemler elektrokaplama ve çözelti analizi için kullanılabilir. Düşük iyonlaşma sıcaklığı (çoğu durumda sıcaklık ortam olabilir) kaplama hedefleri üzerinde ihmal edilebilir bir tehlikeli etkiye sahip olmalıdır (Rao ve ark., 2005). Kimyasal ve elektrokimyasal birikimin temel amacı, polielektrolit matrisine uygulanan bir giriş voltajı veya indirgeyici maddeler yoluyla öncülerini aktif türlerine indirgemektir. Bu ön koşula dayalı olarak, polianilin (PANI), politiyofen (PTh), polipirol ve poli(3,4- etilendioksitiyofen) (PEDOT) gibi iletken polimerler, nanokompozitlerde iletken polimer matrisi için en yaygın olarak kullanılanlardır (Baptista ve ark., 2018). Bu kaplama teknolojisinin mekanizması oldukça basittir ve normalde iki adımı içerir: (1) hedef öncüler, katodik veya serbest radikaller de dahil olmak üzere aktif monomerler olmaya yönlendirilir ve (2) aktif monomerler katoda yayıldıktan sonra (çalışan elektron kaynağı ve hedef substrat) yavaş yavaş substratın yüzeyinde birikir. Bununla birlikte, elektrokimyasal yöntemde indirgeme, harici bir akım gerektirir. Anodik ve katodik reaksiyonların yerleri ayrıdır. Kimyasal birikme için, indirgeme bir indirgeyici ajan

tarafından indüklenir. İş parçası üzerinde anodik ve katodik reaksiyonlar birlikte meydana gelir. Ek olarak, bu reaksiyonlar sadece katalitik olarak aktif yüzeylerde ilerler, yani yeni kaplanmış metalik yüzeyler redoks reaksiyonlarını teşvik etmek için katalitik olarak yeterince aktif olmalıdır. . Elektrokimyasal biriktirme, iletken polimer matrisi içinde bulunan ağır metal kolloidleri veya spesifik enzimler gibi nano dolgu maddelerini hareketsiz hale getirmek için iletken polimer nanokompozitlerle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ek olarak, biyoaktif ince filmler, analog biyosinyalleri elektronik sinyallere dönüştürmek için biyotransistör görevi görebilir (Gao ve ark., 2012).

Rulodan ruloya işleme biriktirme R2R (Şekil 2) işleme biriktirme, organik ışık yayan diyotlar (OLED'ler) gibi düz cihazların imalatında kullanılan, yüksek üretim kapasiteli ve düşük

maliyetli bir endüstriyel kaplama teknolojisidir. Fotovoltaik (PV) ve elektroforez ekranları (EPD'ler). Basit bir rulo kaplama Coyle ve diğerleri tarafından tanımlanmıştır. Aşağıdaki gibi: sıvı, kaplanmış filmin hem kalınlığını hem de homojenliğini kontrol eden bir çift döner silindir arasındaki boşluğa akar. Bu tanımın ters merdaneli kaplama, gravürlü kaplama, rulo üstü bıçakla kaplama (boşluk kaplama) ve özel amaçlar için endüstriyel olarak kullanılan yarı kalıp kaplama gibi bazı varyasyonları vardır. R2R, "kesintisiz" bir kaplama işlemidir ve diğer kaplama tekniklerinin çoğuyla birleştirilebilir. Birçok pratik teknik, örneğin R2R döküm, R2R püskürtme ve R2R plazma destekli CVD, foto-dönüşümlü ince filmler için nanokompozitlerin üretiminde kullanılmıştır (Gao ve ark., 2012).



Şekil 2. a) Kalenderleme (veya üç silindri öğütme) makinesi için kullanılan parçacıkları bir polimer matrisine dağıtmak (Zainal ve ark., 2018). b) Genel konfigürasyon ve mekanizma (Atif ve ark., 2016).

1.1.5. Polimer nanokompozit performansı

Malzemelerin organik esasla kaplama prosesleri metalleri aşındırıcı ortamlara karşı korumak için uzun süredir endüstriyel ortamlarda kullanılmaktadır. Burada birincil amacı, O₂ ve H₂O gibi aktif türlere karşı fiziksel bir bariyer görevi görmektir. Son zamanlarda yeni bir kaplama tekniklerinde: hibrit organik-inorganik kaplamaları üzerinde bir çok çalışmalar devam etmektedir (Liu ve ark., 2020; Liu ve ark., 2021). Bu kaplamalar, polimerlerin esnekliğini ve işleme kolaylığını inorganik malzemelerin sertliği ile birleştirir ve çeşitli alt tabakalara başarıyla uygulanmıştır. Örneğin, Giraldo Mejía ve çalışma arkadaşları, Kil ve gümüş nanopartiküller içeren hibrit nano-

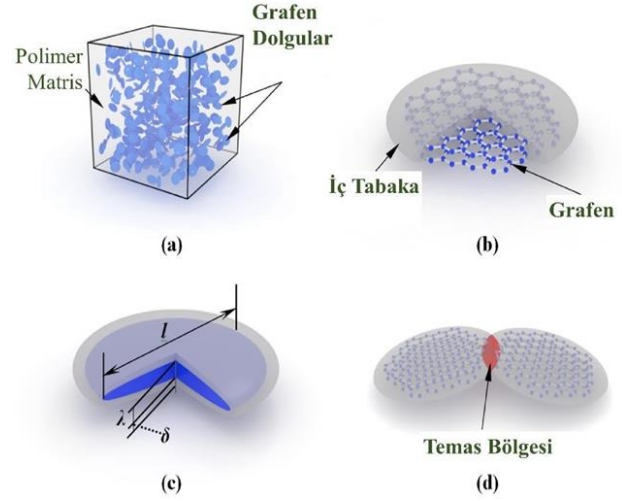
kompozit kaplamaları hazırlayarak malzemenin antibakteriyel performansını etkili bir şekilde arttırabileceğini gösterdiler (Giraldo Mejía ve ark., 2021). Kil dışında bu avantaja sahip bir diğer önemli malzeme SiO₂'dir. Düşük maliyetli SiO₂ nanoparçacıklarının polimerlere dahil edilmesi, termal özellikleri (Taborda ve ark., 2021) mekanik özellikleri (Ma ve ark., 2021), korozyon önleyici (Giraldo ve ark., 2017), aşınma direncini (Zarei ve ark., 2017), bariyer özelliklerini (Safronova ve ark., 2021) ve elektronik paketleme özelliklerinin (Wu ve ark., 2019) özelleştirilmesini önemli ölçüde iyileştirebilir. Nanoparçacıklar polimer zincir hareketliliğindeki değişiklikler nedeniyle partikül yüzeyine yakın polimerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirebilir (Giraldo ve ark., 2017). İki boyutlu bir kafes içinde düzenlenmiş sp²-

hibritleştirilmiş karbon atomlarından oluşan bir tek tabaka olan grafen, aynı zamanda bir nanodolgu maddesi olarak da büyük ilgi görmüştür (Li ve ark., 2021; Wang ve ark., 2021). Grafen nanokompozit malzeme sistem şeması Şekil 3'te verilmiştir.

İki boyutlu bir kafes içinde düzenlenmiş sp²-hibritleştirilmiş karbon atomlarından oluşan bir tek tabaka olan grafen, olağanüstü termal, mekanik ve bariyer özellikleri nedeniyle son yıllarda bir nanodolgu maddesi olarak büyük ilgi görmüştür. Grafen dolgu maddelerinin miktarı, düzgün polimer matrisine göre bir polimer kompozit içinden gaz geçirgenliğini önemli ölçüde azaltabilir. Düşük konsantrasyonlarda (hacimce %0.05'in altında), buruşuk grafen levhalar, yaklaşık 25-130 kat daha yüksek yüklemelere sahip kil bazlı nano doldurucular kadar etkilidir (Li ve ark., 2021; Wang ve ark., 2021). Compton ve arkadaşları bir polistiren matrisi içinde süspansiyon edilen buruşuk grafen ile, oluşan polimer-grafen nanokompoziti yoluyla oksijen moleküllerinin nüfuzunu büyük ölçüde engellediler (Compton ve ark., 2010). Şekil 4'te oksijen geçirgenlik potansiyeli verilmiştir.

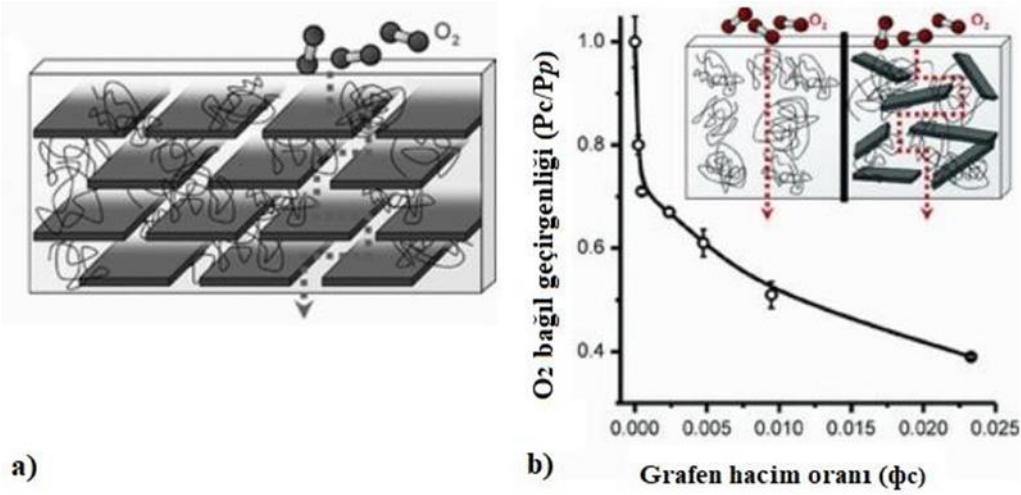
Huang ve ark. pasivasyon oksit katmanlarının görsel gözlemi, CRS üzerinde elektroaktif poliimid ve

elektroaktif kopoliimid kaplama altında CRS yüzeyi üzerinde grimsi bir oksit tabakası formu sergiledi.



Şekil 3. (a) grafen-polimer nanokompozit sisteminin bir şeması, (b) çevreleyen ince bir ara tabaka ile son derece yassı küresel grafen dolgu maddesi, (c) grafen nanodolgu maddesi için geometrik parametreler ve (d) işaretli grafen-grafen temas bölgesi kırmızı renge göre (Li ve ark., 2021).

Şekil 5'te SEM görüntüleri, elektroaktif poliimid ve elektroaktif kopoliimid kaplama ile CRS yüzeyi arasında oksit tabakalarının oluştuğunu ortaya koymuştur (Huang ve ark., 2009).



Şekil 4. a) Trombositlerin "dolambaçlı yolu", gazların bir polimer kompozit yoluyla difüzyonunu engeller (Nielsen modeli). b) Dolgu yüklemesinin bir fonksiyonu olarak polistiren/grafen (PGN) ve polistiren/kil (PCN) kompozitlerinin oksijen geçirgenliği, iki teorik kompozit geçirgenlik modeliyle karşılaştırıldığında (Compton ve ark., 2010)

1.1.6. Elektroaktif Polimer Kaplamalar

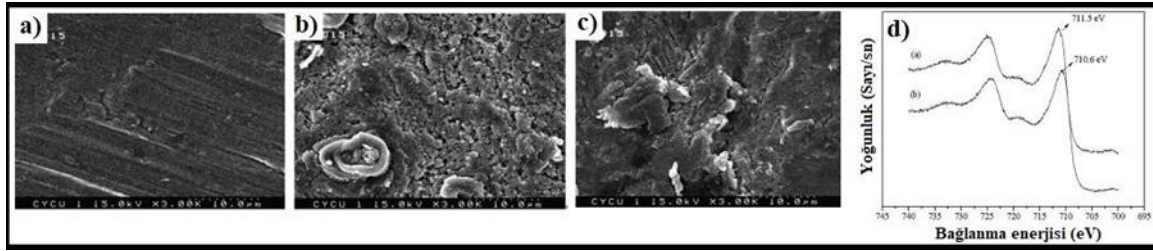
PANI nanokompozitleri mükemmel korozyon önleyici özelliklere sahip olmasına rağmen, PANI'nın yaygın organik çözücülerdeki zayıf çözünürlüğü, birçok alanda pratik uygulamasını sınırlamıştır (Daikh ve ark., 2018; Ma ve ark.,

2020). Son zamanlarda, bir anilin oligomeri içeren elektroaktif polimerler, iyi çözünürlük, mekanik mukavemet ve film oluşturma yeteneği gibi gelişmiş özellikleri nedeniyle büyük araştırma ilgisini çekmiştir (Chen ve ark., 2019). Rehman ve ark. süper kapasitör için elektrot malzemesi olarak

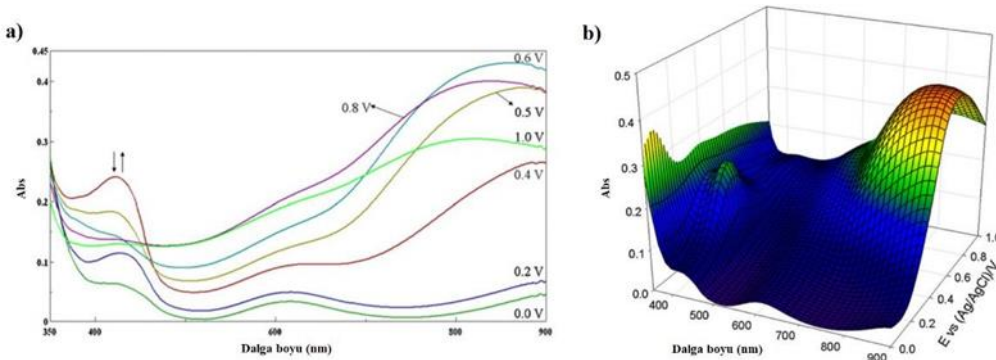
kullanılan iletken polimer-metal oksit bazlı çekirdek-kabuk PANI-Pr2O-NiO-Co3O4 nanokompozitinin kolay sentezini gerçekleştirdiler. Üretilen nanokompozit sadece iyi tanımlanmış konjuge segmentler içermekle kalmadı, aynı zamanda yapı-özellik ilişkilerinin ve konjuge polimerlerin iletken mekanizmasının daha iyi anlaşılmasını sağladı.

Guo ve çalışma arkadaşları, biyolojik olarak parçalanabilen ve elektroaktif kopolimerler elde etmek için elektroaktif anilin oligomerini bir polimere dahil etti. Anilin oligomeri, iyi tanımlanmış bir elektroaktif yapıya, iyi işleme özelliklerine ve yüksek parçalanabilirliğe sahiptir (Guo ve ark., 2013). Elektroaktif poliimid (EPI) (Ji ve ark., 2017; Monetta ve ark., 2019) ve elektroaktif epoksi (EE) (Ji ve ark., 2017; Monetta ve ark., 2019), elektrokimyasal sensörler (Deshpande ve ark., 2021), fonksiyonel membranlar (Gao ve ark., 2020), elektrokromik

malzemeler (Zhang ve ark., 2019; Norouzzian ve ark., 2020) ve korozyon önleyici kaplamalar olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Huang ve ark. korozyona karşı koruma ve elektrokromik özelliklere sahip anilin-pentamer bazlı elektroaktif poliimid kaplama üzerine elektrokimyasal çalışmalar yaptılar (Huang ve ark., 2011). CRS elektrotları üzerinde EPI kaplamalarının korozyona karşı daha iyi korunması için olası bir mekanizma şudur: (1) EPI kaplamaları fiziksel bir bariyer görevi görebilir ve (2) EPI'deki anilin pentamer birimlerinin redoks katalitik özellikleri, tarama ile kanıtlandığı gibi, CRPolymer nanokompozit kaplama elektrotu üzerinde pasif bir metal oksit tabakasının oluşumunu indükleyebilir (Weng ve ark., 2010; Huang ve ark., 2011). Şekil 6'da gösterildiği gibi, oksijen gazı ve su buharı için difüzyon yollarının ve kaplamaların gaz geçirgenliğinin azalmasına neden olur.



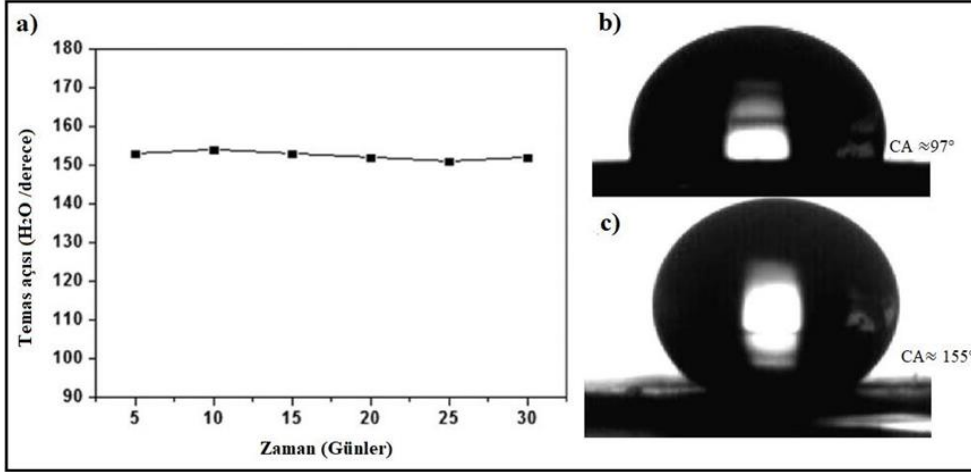
Şekil 5. a) cilalı, b) elektroaktif kopolimid kaplamalı ve c) elektroaktif poliimid kaplı CRS yüzeyleri için 18.12 SEM görüntüleri. d) (i) elektroaktif kopolimidin ve (ii) elektroaktif poliimidin ESCA e 2p çekirdek seviyesi spektrumları (Huang ve ark., 2009).



Şekil 6. a) EPI ince filmin farklı oksidasyon potansiyellerinde indiyum kalay oksit (ITO) ile kaplanmış cam elektrotlar üzerindeki elektrokromik davranışı. b) 0,00 ve 1,00 V (vs.Ag/AgCl) arasında bir ITO kaplı cam elektrot üzerindeki EPI ince filminin üç boyutlu spektroeletrokimyasal davranışı (Huang ve ark., 2011).

Weng ve ark. yeni bitki yaprakları çoğaltılarak yeni korozyon önleyici kaplama malzemeleri hazırladılar. Bu malzemeler süperhidrofobiklik ve redoks katalitik yeteneğinin sinerjik bir etkisine sahipti. Korozyon koruması için uygulanan süperhidrofobik elektroaktif epoksi (SEE)

kaplama, taze Xanthosoma sagittifolium yapraklarının yüzey yapısından bir nano döküm tekniği kullanılarak soğuk haddelenmiş çelik (CRS) yüzeyi üzerine hazırlanmış ve kaplanmıştır (Weng ve ark., 2011). Malzeme performansı Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Su damlacıklarının CCD görüntüleri: a) SEE için zamanla su temas açısındaki değişim, b) 97° CA ile EE ve c) 155° CA ile SEE (Weng ve ark., 2011).

2. SONUÇ

İletken polimerler ve iletken olmayan polimerler, antistatik kaplamalar, EMI ekranlama, korozyon önleyici kaplamalar, aşınmaya dayanıklı kaplamalar vb. gibi uygulamalarda birçok alanda kullanılmıştır. Son zamanlarda, sentetik elektroaktif polimerlerin iletken polimerlere benzer şekilde redoks reaksiyonlarına girdiği gösterilmiştir ve ayrıca iyi çözünürlüğe ve film oluşumuna sahip oldukları gösterilmiştir. Bu avantajlı özelliklerinden dolayı, elektrokimyasal sensörler, fonksiyonel membranlar, elektrokromik malzemeler, korozyon önleyici kaplamalar ve biyomalzemelerde kullanım için elektroaktif polimerler kullanılabilir. Bununla birlikte, bu malzemeler henüz yeni bir araştırma alanı olduğundan mekanik, termal ve elektriksel özellikler çok derinlemesine çalışılmamıştır. Bildirilen davranışları, değerli özelliklerinden yararlanma umuduyla daha fazla araştırma yapılması için yeterince umut vericidir.

KAYNAKLAR

- Atif, R. and Inam, F. (2016). Reasons and remedies for the agglomeration of multilayered graphene and carbon nanotubes in polymers. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 7, 1174-1196.
- Baptista, A., Silva, F.J.G., Porteiro, J., Míguez, J.L., Pinto, G. and Fernandes, L. (2018). On the Physical Vapour Deposition (PVD): Evolution of Magnetron Sputtering Processes for Industrial Applications. *Procedia Manufacturing*, 17, 746-757.
- Bharathidasan, T. and Sathiyanyanan, S. (2020). Self-replenishing superhydrophobic durable polymeric

nanocomposite coatings for heat exchanger channels in thermal management applications. *Progress in Organic Coatings*, 148, 105828.

- Chen, K.Y., Lai, Y.S., You, J.K., Santiago, K.S. and Yeh, J.M. (2019). Effective anticorrosion coatings prepared from sulfonated electroactive polyurea. *Polymer*, 166, 98-107.
- Chen, Y., Zhang, Q., Jing, X., Han, J. and Yu, L. (2019). Synthesis of Cu-doped polyaniline nanocomposites (nano Cu@PANI) via the H₂O₂-promoted oxidative polymerization of aniline with copper salt. *Materials Letters*, 242, 170-173.
- Compton, O.C., Kim, S., Pierre, C., Torkelson, J.M. and Nguyen, S.T. (2010). Crumpled Graphene Nanosheets as Highly Effective Barrier Property Enhancers. *22* (42), 4759-4763.
- Daikh, S., Zeggai, F.Z., Bellil, A. and Benyoucef, A. (2018). Chemical polymerization, characterization and electrochemical studies of PANI/ZnO doped with hydrochloric acid and/or zinc chloride: Differences between the synthesized nanocomposites. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 121, 78-84.
- Deshpande, A.S., Muraoka, W. and Andreescu, S. (2021). Electrochemical sensors for oxidative stress monitoring. *Current Opinion in Electrochemistry*, 29, 100809.
- Fu, S., Zhu, Y., Zhang, Y., Zhang, M., Zhang, Y., Qiao, L., Yin, N., Song, K., Liu, M. and Wang, D. (2021). Recent advances in carbon nanomaterials-based electrochemical sensors for phenolic compounds detection. *Microchemical Journal*, 106776.

- Gacitua, W., Ballerini, A. and Zhang J. (2005). Polymer Nanocomposites: Synthetic And Natural Fillers A Review. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 7 (3), 159-178.
- Gandara, M. and Gonçalves, E.S. (2020). Electroactive composites: PANI electrochemical synthesis with GO and rGO for structural carbon fiber coating. *Progress in Organic Coatings*, 138, 105399.
- Gao, F. (2012). *Advances in polymer nanocomposites, Types and applications*. Woodhead Publishing Limited, 606-629.
- Gao, Q., Zang, Y., Zhang, Y., Xie, J., Li, J., Gao, J. and Xue, H. (2020). Composite polymerized molecular imprinting membrane-based electrochemical sensor for sensitive determination of curcumin by using 4-pentenoyl-aminoacyl-chitosan oligosaccharide as functional monomer oligomer. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 879, 114793.
- Giraldo, L.J., Giraldo, M.A., Llanos, S., Maya, G., Zabala, R. D., Nassar, N.N., Franco, C.A., Alvarado, V. and Cortés, F.B. (2017). The effects of SiO₂ nanoparticles on the thermal stability and rheological behavior of hydrolyzed polyacrylamide based polymeric solutions. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 159, 841-852.
- Giraldo Mejía, H. F., Herrera Seitz, K., Valdés, M., Uheida, A., Procaccini, R.A. and Pellice, S.A. (2021). Antibacterial performance of hybrid nanocomposite coatings containing clay and silver nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 628, 127354.
- Guo, B., Glavas, L. and Albertsson, A.C. (2013). Biodegradable and electrically conducting polymers for biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 38 (9), 1263-1286.
- Huang, K.Y., Jhuo, Y.S., Wu, P.S., Lin, C.H., Yu, Y.H. and Yeh, J.M. (2009). Electrochemical studies for the electroactivity of amine-capped aniline trimer on the anticorrosion effect of as-prepared polyimide coatings. *European Polymer Journal*, 45 (2), 485-493.
- Huang, T.C., Yeh, T.C., Huang, H.Y., Ji, W.F., Chou, Y.-C., Hung, W.I., Yeh, J.M. and Tsai, M.H. (2011). Electrochemical studies on aniline-pentamer-based electroactive polyimide coating: Corrosion protection and electrochromic properties. *Electrochimica Acta*, 56 (27), 10151-10158.
- Iftikhar, T., Asif, M., Aziz, A., Ashraf, G., Jun, S., Li, G. and Liu, H. (2021). Topical advances in nanomaterials based electrochemical sensors for resorcinol detection. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 31, e00138.
- Ji, W.F., Chu, C.M., Hsu, S.C., Lu, Y.D., Yu, Y.C., Santiago, K.S. and Yeh, J.M. (2017). Synthesis and characterization of organo-soluble aniline oligomer-based electroactive doped with gold nanoparticles, and application to electrochemical sensing of ascorbic acid. *Polymer*, 128, 218-228.
- Kausar, A., in *Conducting Polymer-Based Nanocomposites*, ed. A. Kausar (Elsevier, 2021), 185-209
- Kumar, H., Kumari, N. and Sharma, R. (2020). Nanocomposites (conducting polymer and nanoparticles) based electrochemical biosensor for the detection of environment pollutant: Its issues and challenges. *Environmental Impact Assessment Review*, 85, 106438.
- Li, C., Wang, J. and Su, Y. (2021). A dual-role theory of the aspect ratio of the nanofillers for the thermal conductivity of graphene-polymer nanocomposites. *International Journal of Engineering Science*, 160, 103453.
- Liu, F., Liu, A., Tao, W. and Yang, Y. (2020). Preparation of UV curable organic/inorganic hybrid coatings-a review. *Progress in Organic Coatings*, 145, 105685.
- Liu, Z., Ren, L., Jing, J., Wang, C., Liu, F., Yuan, R., Jiang, M. and Wang, H. (2021). Fabrication of robust superhydrophobic organic-inorganic hybrid coating through a novel two-step phase separation method. *Progress in Organic Coatings*, 157, 106320.
- Ma, J., Ren, H., Liu, Z., Zhou, J., Wang, Y., Hu, B., Liu, Y., Kong, L.B. and Zhang, T. (2020). Embedded MoS₂-PANI nanocomposites with advanced microwave absorption performance. *Composites Science and Technology*, 198, 108239.
- Ma, L., Song, G., Zhang, X., Zhou, S., Liu, Y. and Zhang, L. (2021). Attaching SiO₂ nanoparticles to GO sheets via amino-terminated hyperbranched polymer for epoxy composites: Extraordinary improvement in thermal and mechanical properties. *European Polymer Journal*, 157, 110677.
- Md Saleh, S.S., Md Akil, H. and Abdul Kudus, M.H., in *Fillers and Reinforcements for Advanced Nanocomposites*, ed. Y. Dong, R. Umer and A.K.T. Lau (Woodhead Publishing, 2015), 81-98

- Monetta, T., Acquesta, A., Carangelo, A., Naddeo, C. and Guadagno, L. (2019). Enhancement of photooxidative and corrosion resistance of epoxy/graphene water-based coatings on metallic substrate. *Progress in Organic Coatings*, 135, 7-18.
- Ng, L.Y., Chua, H.S. and Ng, C.Y. (2021). Incorporation of graphene oxide-based nanocomposite in the polymeric membrane for water and wastewater treatment: A review on recent development. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9 (5), 105994.
- Norouzian, R.S. and Lakouraj, M.M. (2020). Polyaniline-thiacalix[4]arene metallopolymer, self-doped, and externally doped conductive polymers. *Progress in Organic Coatings*, 146, 105731.
- Rao, C.R.K. and Trivedi, D.C. (2005). Chemical and electrochemical depositions of platinum group metals and their applications. *Coordination Chemistry Reviews*, 249 (5), 613-631.
- Safronova, E.Y., Yurova, P.A., Ashrafi, A.M., Chernyak, A.V., Khoroshilov, A.V. and Yaroslavtsev, A.B. (2021). The effect of ultrasonication of polymer solutions on the performance of hybrid perfluorinated sulfonic acid membranes with SiO₂ nanoparticles. *Reactive and Functional Polymers*, 165, 104959.
- Sevcik, J., Urbanek, P., Skoda, D., Jamatia, T., Nadazdy, V., Urbanek, M., Antos, J., Munster, L. and Kuritka, I. (2021). Energy resolved-electrochemical impedance spectroscopy investigation of the role of Al-doped ZnO nanoparticles in electronic structure modification of polymer nanocomposite LEDs. *Materials & Design*, 205, 109738.
- Shirazi, M., Rad, G.M. and Tamsilian, Y., in *Encyclopedia of Materials: Composites*, ed. D. Brabazon (Elsevier, Oxford, 2021), 725-745
- Taborda, E.A., Franco, C.A., Lopera, S.H., Castro, R.H., Maya, G.A., Idrobo, E.A. and Cortés, F.B. (2021). Effect of surface acidity of SiO₂ nanoparticles on thermal stability of polymer solutions for application in EOR processes. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 107802.
- Wang, J., Li, C., Li, J., Weng, G. J. and Su, Y. (2021). A multiscale study of the filler-size and temperature dependence of the thermal conductivity of graphene-polymer nanocomposites. *Carbon*, 175, 259-270.
- Weng, C.J., Chang, C.H., Peng, C.W., Chen, S.W., Yeh, J.M., Hsu, C.L. and Wei, Y. (2011). Advanced Anticorrosive Coatings Prepared from the Mimicked Xanthosoma Sagittifolium-leaf-like Electroactive Epoxy with Synergistic Effects of Superhydrophobicity and Redox Catalytic Capability. *Chemistry of Materials*, 23 (8), 2075-2083.
- Weng, C.J., Huang, J.Y., Huang, K.Y., Jhuo, Y.S., Tsai, M.H. and Yeh, J.M. (2010). Advanced anticorrosive coatings prepared from electroactive polyimide-TiO₂ hybrid nanocomposite materials. *Electrochimica Acta*, 55 (28), 8430-8438.
- Wu, J., Zuo, X., Chen, Q., Deng, X., Liang, H., Zhu, T., Liu, J., Li, W. and Nan, J. (2019). Functional composite polymer electrolytes with imidazole modified SiO₂ nanoparticles for high-voltage cathode lithium ion batteries. *Electrochimica Acta*, 320, 134567.
- Zainal, N., Arifin, H.H., Zardasti, L., Yahaya, N., Lim, K. S., Lai, J.W. and Md Noor, N. (2018). Tensile Properties of Epoxy Grout Incorporating Graphene Nanoplatelets for Pipeline Repair. *J.M.W.C.* 203, 06012.
- Zarei, M.S., Kolahchi, R., Hajmohammad, M.H. and Maleki, M. (2017). Seismic response of underwater fluid-conveying concrete pipes reinforced with SiO₂ nanoparticles and fiber reinforced polymer (FRP) layer. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 103, 76-85.
- Zhang, Q., Qiao, Y., Zhu, J., Li, Y., Li, C., Lin, J., Li, X., Han, H., Mao, J., Wang, F. and Wang, L. (2021). Electroactive and antibacterial surgical sutures based on chitosan-gelatin/tannic acid/polypyrrole composite coating. *Composites Part B: Engineering*, 223, 109140.
- Zhang, S., Chen, S., Yang, F., Hu, F., Yan, B., Gu, Y., Jiang, H., Cao, Y. and Xiang, M. (2019). High-performance electrochromic device based on novel polyaniline nanofibers wrapped antimony-doped tin oxide/TiO₂ nanorods. *Organic Electronics*, 65, 341-348.



Kafkas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Cilt 14, Sayı 1 - 2, 46-46, 2021

Kafkas University
Institute of Natural and Applied Science Journal
Volume 14, Issue 1 - 2, 46-46, 2021



Bu Sayının Hakem Listesi (Alfabetik Sıra)
The Refrees Liste of This Issue (in Alphabetical Order)

Abdülmelik ARAS

Ahmet GÖKDEMİR

Doğan İLHAN

Fatih KARAÇOR

Hanlar REŞİDOĞLU

İsmail BEZİRGANOĞLU

Metin ÇENGEL

Muhammed Arslan OMAR

Murat ÇAĞLAR

Özge BİCAN SAYILIR

