



FBED

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

fbe.dergi.comu.edu.tr
dergipark.gov.tr/comufbed

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
***FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ DERGİSİ***

CANAKKALE ONSEKİZ MART UNIVERSITY
JOURNAL of GRADUATE SCHOOL of NATURAL and APPLIED SCIENCES



ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FBE
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences

e-ISSN: 2459-1580

Sahibi / Owner	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi adına Prof. Dr. Sedat MURAT (Rektör)
Editor / Editor-in-Chief	Prof. Dr. Levent GENÇ
Yardımcı Editörler / Associate Editors	Prof. Dr. Ünal KIZIL Doç. Dr. Nilgün AYMAN ÖZ
Sekreteryay/ Secretariat	Halime KARADAĞ
İnternet Adresi/ Web Address	https://dergipark.org.tr/tr/pub/comufbed http://fbe.dergi.comu.edu.tr/
İletişim/ Contact	e-mail: fbedergisi@comu.edu.tr Tel: 0 286 218 0018 (2472) Fax: 0 286 218 05 26
Adres/ Address	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü 17020 – ÇANAKKALE

CONTENTS / İÇİNDEKİLER
(2019, 5:2)

Articles (in English) / Authors	Pages / Sayfa No
Preparation of Dextran Cryogels and Some of Their Applications Dekstran Kriyojellerinin Hazırlanması ve Bunların Bazı Uygulamaları Betül Ari, Nurettin Sahiner* Research/Araştırma	187-200
Fabrication of Nickel Coating on a Stainless Steel Mesh for Supercapacitor Applications Süperkapasitör Uygulamaları için Paslanmaz Çelik Örgü Üzerine Nikel Kaplama Üretimi Naime Ozdemir*, Abdulcabbar Yavuz, Perihan Yılmaz Erdogan, Huseyin Zengin Research/Araştırma	201-213
MovieANN: A Hybrid Approach to Movie Recommender Systems Using Multi Layer Artificial Neural Networks MovieANN: Film Öneri Sistemlerine Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Kullanarak Karma Bir Yaklaşım Sait Can Yücebaş* Research/Araştırma	214-232
Developing Novel Materials to Increase Opacity Performance of the CaO-Al₂O₃-SiO₂ System in Ceramic Coatings Seramik Kaplama Malzemelerinde CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ Sisteminde Kullanılacak Örtücülük Performansını Arttırıcı Yeni Malzemelerin Geliştirilmesi Arife Çırpın*, Emin Yakar Research/Araştırma	233-242
Developmental Features of Reproductive Organs in <i>Viburnum tinus</i> L. <i>Viburnum tinus</i> L.'nin Üreme Organlarının Gelişimsel Özellikleri Aslıhan Çetinbaş Genç* Research/Araştırma	243-250

Makaleler (Türkçe) / Yazarlar	
Monte Carlo, Collapse Cone ve Pencil Beam Algoritmalarının Homojen ve İnhomojen Fantomda Açık Alan Ölçümleri Output Measurements of Monte Carlo, Collapse Cone and Pencil Beam Algorithms in Homogeneous and Inhomogeneous Phantom İsmail Faruk DURMUŞ*, Emine Dilara ATALAY Araştırma / Research	251-260
Gönen (Biga Yarımadası) Kuzeybatısında Yer Alan Granitin Yaşına İlişkin İlk Bulgular, KB Anadolu Preliminary Ages of Granitic Rocks in the Northwest of Gönen (Biga Peninsula), NW Anatolia Fırat Şengün* Araştırma / Research	261-277
Çanakkale İli Ispanak Üretim Alanlarında Pancar Nekrotik Sarı Damar Virüsü (Beet Necrotic Yellow Vein Virus; BNYVV)'nün Tespiti ve Moleküler Karakterizasyonu Detection and Molecular Characterization of Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV) in Spinach Production Fields of Çanakkale Province, Turkey Zeynep Bağlan, Savaş Korkmaz* Araştırma / Research	278-292
İstanbul'da Madencilik Faaliyetleri Nedeni ile Oluşan Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi Determination of Unsafe Ground due to Mining Activities in Istanbul Z. Damla Uça Avcı* Araştırma / Research	293-306
Ambalaj Atıklarının Çevresel Etkilerinin Yaşam Döngüsü Analizi İle Belirlenmesi: Mühendislik Fakültesi Örneği Determination of Environmental Effects of Packaging Wastes by Life Cycle Analysis: A Case Study of An Engineering Faculty Serpil Güneralp, Aliye Suna Erses Yay* Araştırma / Research	307-318

<p>Deprem Kayıtları Kullanılarak Muğla-Milas Derince Barajının Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi</p> <p>Determination of Dynamic Properties of Muğla-Milas Derince Dam Using Earthquake Records</p> <p>Erkan Ateş*, Turgay Kuru, Recep Kemal Aydın Araştırma / Research</p>	319-338
<p>Üniversite Çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Konusundaki Bilinç Düzeylerinin Araştırılması</p> <p>Investigation of the Awareness Levels of University Staff about Occupational Health and Safety Education</p> <p>Betül Yenisarı, Burcu Mestav, Ömer Faruk Öztürk* Araştırma / Research</p>	339-355
<p>Bazı Bitkisel Ekstraktların İki Noktalı Kırmızıörümcek, <i>Tetranychus urticae</i> Koch Üzerine Ovisidal ve Repellent Etkileri</p> <p>Ovicidal and Repellent Effect of Some Botanical Extracts on Two Spotted Spidermite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch</p> <p>İsmail Kasap*, Şahin Kök Araştırma / Research</p>	356-366

Preparation of Dextran Cryogels and Some of Their Applications

Betul Ari¹, Nurettin Sahiner^{1-2*}

¹Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Sciences and Art, Chemistry Department,

²Nanoscience and Technology Research and Application Center (NANORAC), Terzioğlu Campus, 17100-Canakkale, Turkey

08.11.2019 Geliş/Received, 25.11.2019 Kabul/Accepted

Abstract

In this study, dextran (DEX) cryogels were prepared using 50% divinyl sulfone (DVS) crosslinker based on the repeating unit of DEX, under cryogenic conditions via cryogellation technique. It was shown that DEX cryogels can be used as column fillers to remove toxic substances such as organic dye, methylene blue (MB), pesticide, and paraquat (PQ) which are harmful to the environment and human health. The maximum absorption capacity of 15 mg DEX cryogels was determined as 10.69 ± 0.14 mg/g using 5 mL of 100 ppm MB dye in about seven minutes, and as 2.87 ± 0.33 mg/g from 5 mL of 40 ppm PQ pesticide in about ten minutes. The reusability of DEX cryogel for MB was also examined. In the consecutive use of DEX cryogel weighing ~30 mg, initially cryogel absorbed 6.43 ± 0.15 mg MB/g cryogel from 20 ppm 30 mL MB dye, but this value decreased to 4.71 ± 0.48 mg MB/g cryogel after the fifth use. The same cryogel released the same amount of MB dye after the first use of 3.78 ± 0.33 mg MB/g cryogel, but after the fifth use the release amount decreased to 0.92 ± 0.38 mg MB/g cryogel upon treatment with 1 M 30 mL HCl solution. The adsorption kinetics of DEX cryogel for MB were also examined and the Langmuir isotherm model with a correlation coefficient of 0.9983 and the K_L value of 0.36, representing the best fit amongst the other well-known models such as the Freundlich isotherm, Temkin, Elovich and Dubinin-Radushkevich.

Keywords: dextran cryogel, dye and pesticide removal, natural polymer, superporous/macro porous material.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Nurettin Şahiner
(e-posta: sahin71@gmail.com)

This work was supported by the Scientific Research Commission of Canakkale Onsekiz Mart University, (COMU BAP) as numbered project FYL-2019-2816

Dekstran Kriyojellerinin Hazırlanması ve Bunların Bazı Uygulamaları

Öz

Bu çalışmada, dekstran (DEX) kriyojelleri, tekrarlayan DEX birimine göre %50 divinil sülfon (DVS) çapraz bağlayıcı kullanılarak kriyojenik koşullar altında kriyojelasyon tekniği ile hazırlanmıştır. DEX kriyojellerinin çevreye ve insan sağlığına zararlı organik boya, metilen mavisi (MB), pestisit, parakuat (PQ) gibi toksik maddeleri uzaklaştırmak için kolon dolgu maddesi olarak kullanılabilirdiği gösterilmiştir. DEX kriyojelinin 15 mg'ı için maksimum absorpsiyon kapasitesine, MB için yaklaşık yedi dakikada 5 mL-100 ppm çözeltiden $10,69 \pm 0,14$ mg/g, PQ için ise yaklaşık on dakikada $2,87 \pm 0,33$ mg/g absorblayarak ulaşmıştır. DEX kriyojelinin MB için yeniden kullanılabilirliği de yapılmıştır. ~30 mg ağırlığındaki DEX kriyojelinin art arda kullanımında, başlangıçta 20 ppm, 30 mL olan MB çözeltisinden absorplanan miktar $6,43 \pm 0,15$ mg MB/g kriyojel olarak hesaplanmış, bu değer beşinci kullanımdan sonra $4,71 \pm 0,48$ mg MB/g kriyojel olarak hesaplanmıştır. MB absorplamış DEX kriyojeli ile yapılan salım çalışmalarında ilk kullanımda $3,78 \pm 0,33$ mg MB/g kriyojel salmıştır, ancak beşinci kullanımdan sonra, salınan miktar, 1 M 30 mL HCl ile muamele üzerine $0,92 \pm 0,38$ mg MB/g kriyojel olarak hesaplanmıştır. DEX kriyojelinin MB için adsorpsiyon kinetiği de incelenmiş olup, 0,9983 korelasyon katsayısı ve 0,36 K_L değeri ile Freundlich, Temkin, Elovich ve Dubinin-Radushkevich izotermleri gibi diğer iyi bilinen modeller arasında en uygun olan Langmuir izoterm modelini temsil ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: boya ve pestisit giderimi, dekstran kriyojel, doğal polimer, süper gözenekli/makro gözenekli malzeme

1. Introduction

Dextran (DEX) is a polysaccharide produced from various lactic acid bacteria such as *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* and *Streptococcus mutans* (Siddiqui et al., 2014; Zafar, et al., 2018; Arriba et al., 2019; Ye et al., 2019). This bacterial exopolysaccharide (EPS) has several advantages over other polysaccharides due to its biodegradable and biocompatible natural properties. Dextran produced by various strains may vary due to the branching type, glycosidic bonds, molecular weight, and physical/chemical properties (Ferreira et al., 2002; Berillo et al. 2012; Wang et al., 2019). Because of its biodegradable, water soluble and biocompatible nature, DEX has been employed in many fields ranging from food industry to cosmetic sector, pharmaceutical and biomedical fields (Levesque et al., 2005; Bölgen et al., 2015; Hotzel and Heinze, 2016; Zhang et al., 2017).

Cryogels, which are three-dimensional polymeric networks with macro or super interconnected pores offering superior physical properties in comparison to conventional hydrogel counterparts of the same materials, are considered notable materials from many aspects (Tripathi et al., 2013; Zhao et al., 2018; Eggermont et al., 2019). As a particular form of hydrogel, cryogel is the polymeric networks that are crosslinked at temperatures below the freezing point of a solvent, while the solvent is generally water (Şahiner et al., 2015; Villard et al., 2019). The characteristics of cryogel such as pore size, elasticity and mechanical strength can be tuned depending on the composition of the precursor solution and the synthesis conditions, such as the amount of solvent used, reaction temperature, cooling rate, concentration of dissolved species e.g., polymer/monomer, crosslinker and accelerator etc. (Orakdogan et al., 2011). Cryogels have superior properties such as fast swelling-shrinkage, high mechanical strength and elasticity (Sengel et al., 2017; Suner et al., 2019; Tavsanli and

Okay., 2020). Because of these innate properties, cryogels are commonly used in biomedical fields including tissue engineering, drug carrier systems, immunotherapy as well as having applications in environmental use such as separation and purification (Sahiner and Demirci, 2016; Sahiner et al., 2017; Topuz and Uyar, 2017; Ciolacu et al., 2016; Hixon et al., 2017; Akilbekova et al., 2018; Guo et al., 2019).

Here, crosslinked superporous cryogels from a natural polymer, DEX, were prepared by means of a cryo-crosslinking method. The swelling behavior of DEX cryogels at different pHs (1-11) was examined and maximum and minimum swelling ratio was determined. In addition, DEX cryogels were demonstrated for use as column fillers for the removal of organic dyes and pesticides from aqueous medium. Furthermore, the MB adsorption kinetics were investigated employing various adsorption models to determine the best isotherm model.

2. Material and Methods

2.1. Materials

Dextran from *Leuconostoc* spp. (DEX, Sigma Aldrich, Mr: 15000-25000 g/mole), and divinyl sulfone (97%, DVS, Sigma-Aldrich) as crosslinker were used as received. For the removal of organic dyes and pesticides from the aqueous medium, methylene blue hydrate (MB, 97%, Sigma-Aldrich) and 1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride (paraquat, PQ, Fluka) were also used as received. Hydrochloric acid (HCl, 36.5-37%, Sigma-Aldrich), sodium hydroxide (NaOH, Merck) and sodium chloride (NaCl, Merck) were used as is. All the aqueous solutions were prepared using distilled water (18.2 M cm from Millipore-Direct Q UV3).

2.2. Synthesis and Characterization of DEX Cryogel

A 5 wt% solution of DEX polymer in 0.2 M NaOH was prepared and then allowed to cool for 3 minutes at -18 °C. Then, 50% of DVS (based on DEX repeating unit) crosslinker was added into the DEX solution and rapidly transferred to pipettes with 6 mm diameter. The pipetted cryogel precursors were left for 24 hours at -18 °C for cryogellation. After 24 h, the obtained solid cryogels were cut into cylindrical shapes and washed with distilled water five times to remove unreacted chemical species. Finally, porous DEX cryogels were dried in a lyophilizer and stored in a closed container for later use.

Morphological analysis of cryogels were done by optical microscopy (Olympus BX53F, Japan) and Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM, Hitachi Regulus 8230). To determine the swelling rate of DEX cryogel in different solution pHs, cryogel pieces weighing about 20 mg were swollen for 1 minute in different solutions in the pH 1-11 range. Then, the surface water was removed from the swollen cryogel by blot-drying with tissue paper and its weight was recorded. The swelling ratios (S%) of DEX cryogels were calculated using equation 1.

$$S\% = [(M_s - M_d) / M_d] \times 100 \quad (1)$$

here, M_s and M_d are the weights of swollen and dry cryogel, respectively.

Potentiometric titration of linear DEX and DEX cryogel was done with 0.1 M NaOH solution as a titrant under nitrogen gas at room temperature. For this purpose, ~ 20 mg of linear DEX and DEX cryogels were placed in two separate beakers containing 40 mL of 0.1 NaCl salt solution and the pH of the solutions containing polymeric structures were set to pH 1 using

concentrated HCl and then these solutions were titrated using 0.1 M NaOH solution in the pH range of 1 to 12.

2.3. Methylene Blue and Paraquat Adsorption Studies, Re-Usability and Adsorption Kinetics of DEX Cryogels

About 15 mg DEX cryogel was placed in the glass column and 5 mL of MB in different concentration ranges between 10-150 ppm was passed under gravity. In the same manner, 15 mg of DEX cryogel was placed in a glass column and 5 mL of different concentrations of PQ solution from 5-60 ppm range were passed through the column. The results were determined using UV-Vis spectroscopy (UV-Vis Spec., T80+, PG Instrument Limited) from the calibration curve, constructed for PQ at $\lambda=257$ nm (Sahiner et al., 2011). The maximum absorption capacity of DEX cryogel used as column filler was determined by UV-Vis spectroscopy.

Re-use studies were carried out for the adsorption to demonstrate the re-usability of DEX cryogels to remove organic dye such as MB from aqueous media. In the re-use studies, about 30 mg DEX cryogel was placed in a beaker containing 30 mL 20 ppm MB solution for 1 h. Then, the amounts of MB absorbed from the adsorption solution were determined by UV-Vis spectroscopy employing the previously created calibration curve at 664 nm (Xiong et al., 2019). Then, MB which was adsorbed by DEX was removed by treatment with 30 mL 1 M HCl until no MB release was determined by UV-Vis Spectroscopy at 664 nm. Then, these cryogels were washed for 30 min with 30 mL of distilled water, and 1 h with 1 M 30 mL of NaOH, and then again for 30 min with 30 mL of distilled water to remove the acid and base from DEX cryogel for re-generation purposes. Next, the same DEX cryogel was again placed into a beaker containing 30 mL 20 ppm MB dye solution for 1 h for MB adsorption, and these adsorption and release cycles were repeated 5 times to gain information about the re-use of DEX cryogels.

In order to evaluate the adsorption studies in detail, a piece of cryogel weighing about 15 mg was placed into the glass column. MB dye solutions of 5 mL containing 10, 20, 40, 60, 80, 100 and 150 ppm MB were passed through the glass column containing the cryogel via the effect of gravity. The adsorbed amounts of MB were calculated via UV-Vis spectrophotometry from the absorption maximum of MB solution at 664 nm. Various adsorption isotherms were applied to determine the best model to represent MB adsorption onto DEX cryogels.

For the Freundlich isotherm model;

$$\ln q_e = \ln K_F + 1/n \ln C_e \quad (2)$$

Here, q_e (mg/g) represents the amount of substance adsorbed in equilibrium. C_e (mg/L) is the concentration of the substance remaining in the solution without adsorption, K_F and n are Freundlich isotherm constants.

For the Langmuir isotherm model;

$$C_e/q_e = C_e/q_m + 1/q_m \cdot K_L \quad (3)$$

Here, q_e (mg/g), is the amount of substance adsorbed by the unit adsorbent, q_m (mg/g), is the maximum amount adsorbed by the adsorbent, C_e (mg/L) is the concentration of the substance remaining in the solution without adsorption, and K_L is Langmuir constant.

For the Temkin isotherm model;

$$q_e = (RT/b) \ln K_T + (RT/b) \ln C_e \quad (4)$$

where R is the gas constant ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T refers to the temperature in Kelvin, and b is related to adsorption temperature (J/mol). K_T is the Temkin constant.

For the Elovich isotherm model;

$$\ln (q_e/c_e) = \ln (K_E q_m) - (1/q_m) q_e \quad (5)$$

Here, q_e (mg/g), is the amount of substance adsorbed by the unit adsorbent, q_m (mg/g), is the maximum amount adsorbed by the adsorbent, C_e (mg/L) is the concentration of the substance remaining in the solution without adsorption, and K_E is Elovich constant.

For the Dubinin-Radushkevich isotherm model;

$$\ln q_e = \ln q_m - B (RT \ln(1+1/C_e))^2 \quad (6)$$

where q_m represents the adsorption capacity (mg/g). R is the gas constant ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), and T refers to the temperature as Kelvin. In addition, ε^2 value is given by $\varepsilon^2 = (RT \ln(1+1/C_e))^2$ equation.

3. Results and Discussion

3.1. Preparation and Characterization of DEX Cryogels

Schematic representation of the synthesis mechanism for the prepared DEX cryogel is shown in Figure 3.1. The ice crystals generated during freezing and cryogellation can serve as pores, and as DEX polymer concentration within ice crystals is increased, the crosslinking can readily take place even though the subzero reaction temperature can reduce the crosslinking rate, and thus super porous or macro porous networks of DEX cryogels can be attained.

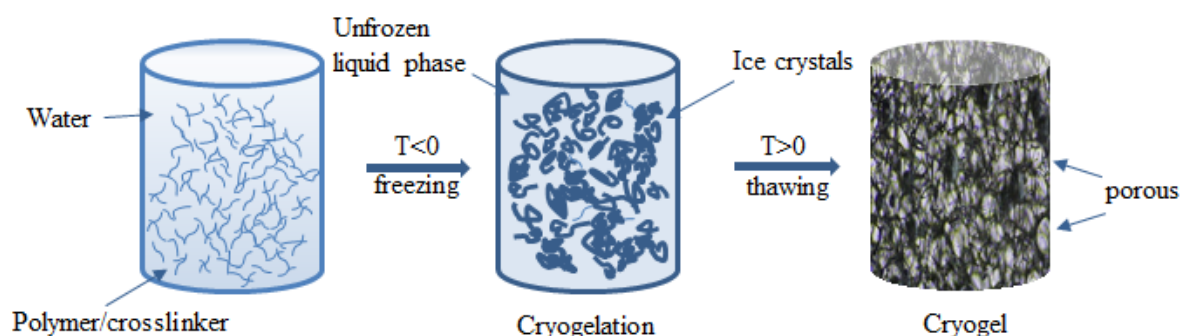


Figure 3.1. Schematic presentation of the synthesis mechanism of DEX cryogel.

The morphological surface properties of the prepared DEX cryogels were imaged using an optical microscope and SEM images. Optical microscope images of the dry and DI water swollen DEX cryogels and SEM images of dry DEX cryogels are given in Figure 3.2.

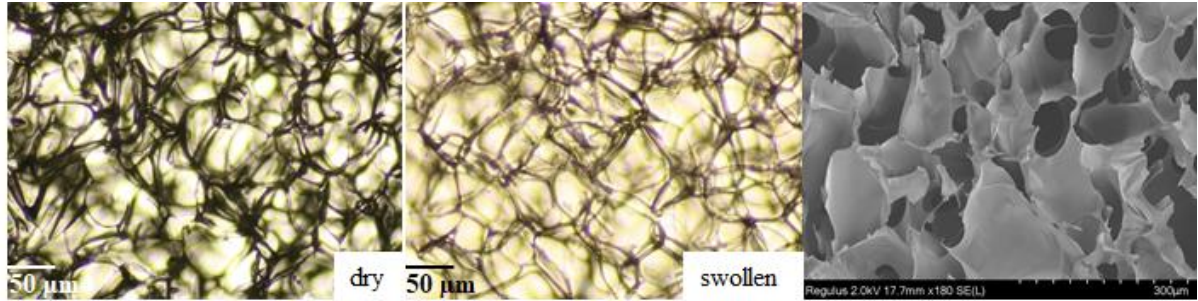


Figure 3.2. Dry and water swollen optical microscope and SEM images of DEX cryogels.

In the dry cryogel sample the pores are in the form of intertwined nets. The pores are enlarged by swelling of the cryogel. The optical microscope and FE-SEM images in Figure 3.2 reveal that the pore sizes of DEX cryogels are in the range of about 50-300 µm.

The swelling behavior of DEX cryogels in the range of pH 1 to 11 was examined using about 20 mg of dry cryogel in 10 mL of different pH solutions. The pH of the solutions was adjusted using 0.1 M NaOH and 0.1 M HCl solutions. The swelling ratio% (S%) of DEX cryogels was calculated by using equation 1. The swelling behavior of DEX cryogels at different pHs, 1-11 are given in Figure 3.3 (a). As can be seen from Figure 3.3 (a), S% value of DEX cryogel slowly decreased between pH 1 and 5, and then increased from pH 5 to 11. DEX cryogels displayed maximum swelling behavior at pH 11 with a S% value of $1516 \pm 90\%$ because of the abundant number of acidic hydroxyl (OH) groups that can dissociate under basic solution pHs. DEX cryogel also showed minimum swelling behavior with S% value of $1168 \pm 42\%$ at pH 5.

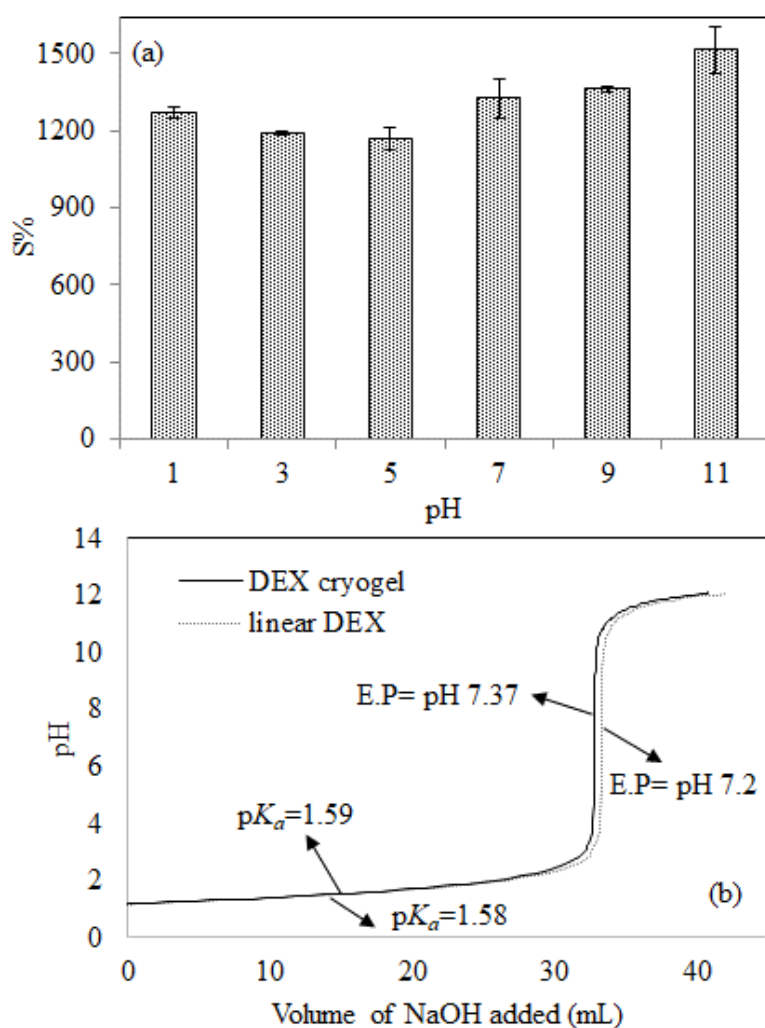


Figure 3.3. (a) Swelling behavior of DEX cryogels in different solution pHs in the 1-11 range, and (b) potentiometric titration curves of linear DEX and DEX cryogels titrated with 0.1 M NaOH and their equivalence point (EP) and pK_a values.

To investigate the effect of crosslinking mechanism on the functional groups of DEX, potentiometric titration of linear DEX and DEX cryogels was performed, and the corresponding graphs are shown in Figure 3.3 (b). From the titration of linear DEX and DEX cryogel curves, the equivalence points (EP) were determined as pH 7.2 and pH 7.37, respectively. The pH of the volume corresponding to the half-equivalence point is generally considered to be the pK_a value of the materials. Therefore, linear DEX and DEX cryogels have pK_a values of 1.59 and 1.58 which are very close to each other. Consequently, it can be assumed that crosslinking slightly alters, e.g., lowers the pK_a value of linear DEX upon crosslinking as the highly crosslinked structure somehow hinders the dissociation of the acidic groups reducing the pK_a values.

3.2. The use of DEX Cryogels for Methylene Blue (MB) and Paraquat (PQ) Adsorption

The adsorption of MB and PQ by DEX cryogels was performed by placing about 15 mg of DEX cryogel into a glass column and passing 5 mL of MB or PQ solutions through the column under the influence of gravity. The UV-Vis spectra of the MB and PQ solutions upon adsorption by DEX cryogel within the column were examined using constructed calibration

curves at 664 and 257 nm, respectively. The maximum adsorption amounts for MB and PQ were determined from adsorption amount versus concentration graphs for each organic species as shown in Figure 3.4 (a) and (b), respectively. Whether MB or PQ, 5 mL volume with different concentrations were passed through the column containing DEX cryogel until a maximum adsorption amount was attained and their adsorbed amount versus concentration for MB or PQ curves were constructed as illustrated in Figure 3.4 (a) and (b), respectively. It is apparent that DEX cryogel reached its maximum absorption capacity by adsorbing 10.69 ± 0.14 mg MB/g DEX. On the other hand, the maximum amount of PQ adsorbed was determined as 2.87 ± 0.33 mg PQ/g DEX. As higher amounts of adsorption were accomplished by MB among the adsorbates, the re-usability studies and adsorption isotherm studies were only done for MB.

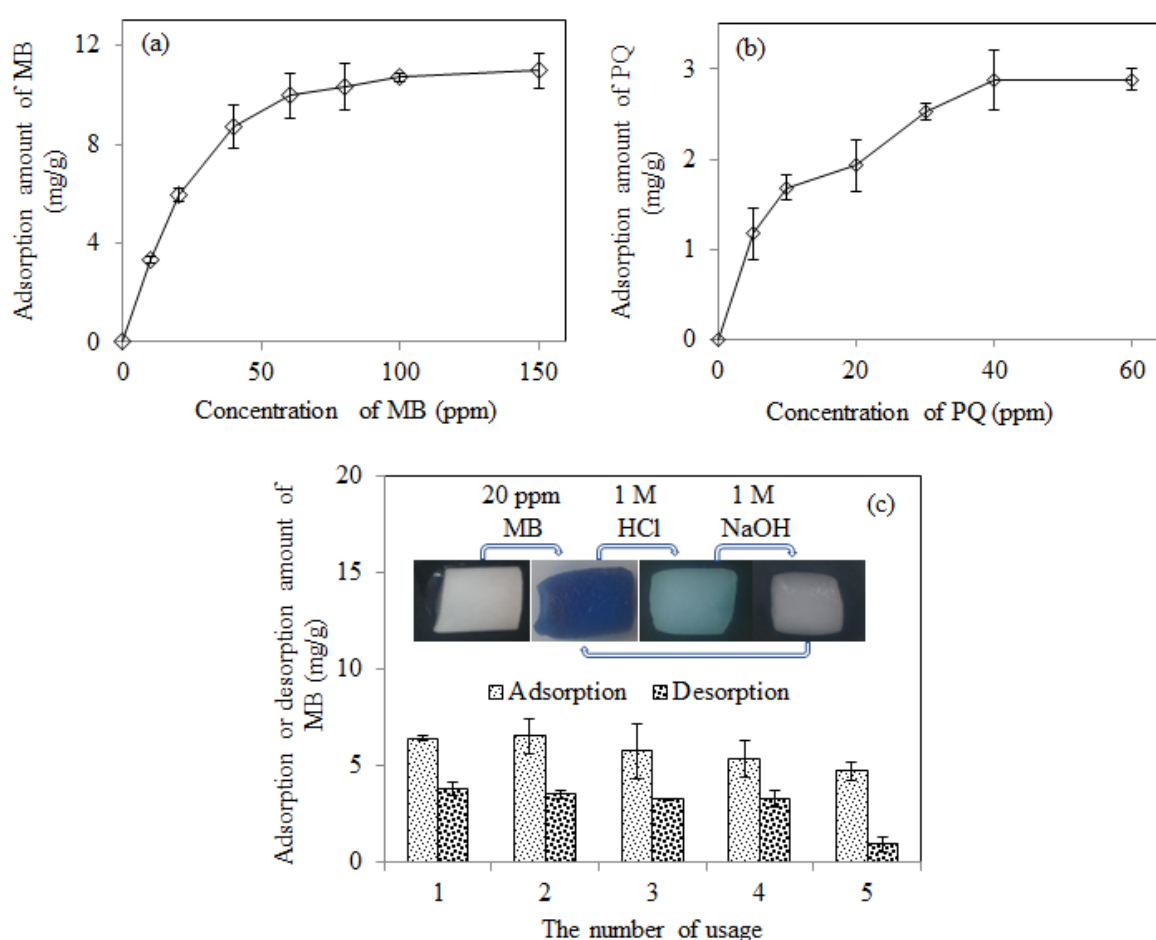


Figure 3.4. The adsorption capacity of DEX cryogels for (a) MB, (b) PQ, and (c) adsorption and desorption studies of MB from DEX cryogels [Reaction conditions: 30 mg DEX cryogel, 30 mL 20 ppm MB dye solution].

To demonstrate the re-usability of DEX cryogels as column filler material, ~30 mg DEX cryogel and 30 mL 20 ppm MB dye solution were put in a beaker. After MB adsorption, the MB-adsorbed DEX cryogel was treated with 30 mL 1 M HCl for 1 h and washed with distilled water for 30 min. Then it was treated with 1 M NaOH solution for 1 hour and washed with distilled water for 30 min. Thus, the adsorbed dye was removed from the cryogel which was re-used by placing this re-generated DEX cryogel in 30 mL of 20 ppm dye solution. By repeating the same procedure five times, graphs were prepared for adsorption and desorption

amount of MB versus the number of uses along with digital camera images and are illustrated in Figure 3.4 (c). It is clear that the initial amount of adsorption was 6.43 ± 0.15 mg/g and this amount gradually reduced and after the fifth use it decreased to 4.71 ± 0.48 mg/g. Parallel to the adsorption behavior, the initial desorbed amount was calculated as 3.78 ± 0.33 mg/g and this value reduced to 0.92 ± 0.38 mg/g after the fifth use suggesting that during every use a slight capacity reduction is observed for both adsorption and desorption. This could be explained by the fact that DEX cryogel is degradable and there maybe loss of DEX moieties from the cryogel structure during every cycle. Overall, these results reveal that DEX cryogels are suitable benign material for removal or separation of toxic species such as dyes and pesticides from aqueous environments.

3.2. Adsorption Isotherms

Adsorption phenomena continues until equilibrium is reached between the amount of substance held per unit weight or surface area of adsorbent and the concentration of substance remaining in solution at constant temperature. This is explained mathematically by adsorption isotherms. Adsorption of MB from aqueous solutions was carried out at seven different concentrations, 10, 20, 40, 60, 80, 100 and 150 ppm each in 5 ml. Using ~15 mg of DEX cryogel in a glass column, these dye solutions were passed through the column by contacting with DEX cryogels. The adsorption amounts were calculated for MB from the previously constructed calibration curve using UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 664 nm. Five different isotherm models were applied to determine the nature of adsorption of MB into DEX cryogels. The most commonly used isotherm models of Langmuir, Freundlich, Temkin, Elovich and Dubinin-Radushkevich were used to determine the best fit for the adsorption phenomena. The isotherm models applied for MB into DEX cryogels are given in Figure 3.5, using equations 2, 3, 4, 5 and 6, respectively.

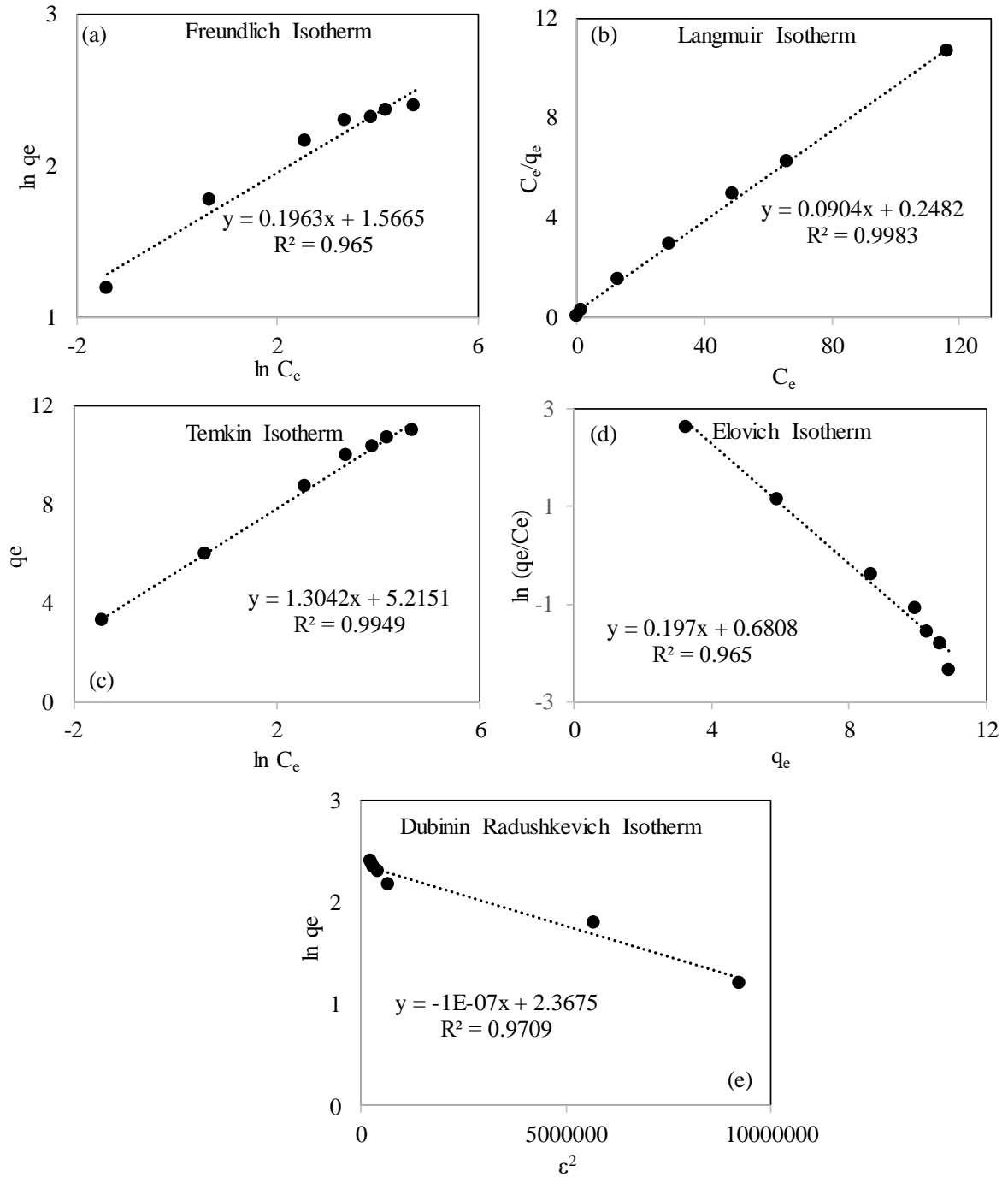


Figure 3.5. MB dye adsorption into 50% DVS crosslinked DEX cryogels by applying (a) Freundlich, (b) Langmuir, (c) Temkin, (d) Elovich and (e) Dubinin Radushkevich isotherm models.

The corresponding isotherm constant and correlation constants for each of the used isotherm models are given in Table 3.1. As can be clearly seen from the correlation coefficients, the highest value of $R^2=0.9983$ for MB adsorption is obtained for the Langmuir isotherm model.

Table 3.1. Isotherm constants for the adsorption of MB onto DEX cryogels.

Freundlich		Langmuir		Temkin		Elovich		Dubinin Radushkevich	
K_F (L/g)	4.78	K_L (L/g)	0.36	K_T (L/g)	54.52	K_E (L/g)	0.39	B	0.99
R^2	0.965	R^2	0.9983	R^2	0.9949	R^2	0.965	R^2	0.9709
n	5.09	q_m (mg/g)	11.06	b	1899.7	q_m (mg/g)	5.08	q_m (mg/g)	10.67

In the Langmuir isotherm model, the surface is covered with a monolayer of adsorbate at the maximum saturation point, and it is assumed that the adsorbed surface is homogeneous. In the Freundlich isotherm, the adsorption areas on the adsorbent surface are heterogeneous. The Temkin isotherm is derived by assuming that the decrease in adsorption energy is linear. The Elovich isotherm on the other hand was created for the chemical adsorption of gases onto solid surfaces and explains that the adsorption rate decreases exponentially as gas adsorption increases. The Dubinin-Radushkevich isotherm also provides information about whether the adsorption on the heterogeneous surface occurs chemically or physically (Hamdaoui and Nafferechoux, 2007; Fil et al. 2014; Habeeb et al. 2017). Therefore, from Figure 3.5 and Table 3.1, it can be assumed that the adsorption of MB can fit all five isotherm models; however, it is best fitted to the Langmuir isotherm model because of the highest correlation coefficient, 0.9983. Isotherm types for Langmuir indicate that if $K_L > 1$, $K_L = 1$, $0 < K_L < 1$ and $K_L = 0$, adsorption is expressed as unfavorable, linear, spontaneous and irreversible, respectively. In this case, as can be seen from Table 3.1, for the Langmuir isotherm, K_L has a value of 0.36 suggesting a spontaneous adsorption process.

4. Conclusion

It was shown here that toxic and harmful organic substances such as organic dyes and pesticides can be readily removed from aqueous environments using natural polymeric super-porous structures. The cryogel based on DEX was shown to be capable of removing MB in about seven minutes at 10.69 ± 0.14 mg/g and PQ at 2.87 ± 0.33 mg/g in about ten minutes. The re-usability and re-generatability of DEX cryogels further corroborate the viable potential environmental applications of this natural polymer-based structure for the removal and/or separation of toxic species. Amongst isotherms applied for MB adsorption into DEX cryogel, the Langmuir isotherm was found to have the best fit with R^2 value of 0.9983. It is also noteworthy to mention that DEX is biodegradable and can be obtained from natural sources without causing any impairment to the environment so it is expected to become prevalent, and is a promising material for future applications in environmental and biomedical fields.

Acknowledgements

This work was supported by the Scientific Research Commission of Canakkale Onsekiz Mart University, (COMU BAP) as numbered project FYL-2019-2816. This study was produced from the master thesis study titled "Preparation of Carrageenan, Inulin, and Dextran Cryogels and Their Use in Biomolecule Separation".

References

- Akilbekova D., Shaimerdenova, Adilov S., Berillo D., 2018. Biocompatible scaffolds based on natural polymers for regenerative medicine. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114:324-333.
- Arriba M.G., Puertas A.I., Prieto A., Lopez P., Cobos M., Miranda J.I., Marieta C., Madiedo P. Duenas T., 2019. Characterization of dextrans produced by *Lactobacillus mali* CUPV271 and *Leuconostoc carnosum* CUPV411. *Food Hydrocolloids*, 89:613-622.
- Berillo D., Elowsson L., Kirsebom H., 2012. Oxidized dextran as crosslinker for chitosan cryogel scaffolds and formation of polyelectrolyte complexes between chitosan and gelatin. *Macromolecular Bioscience*, 12:1090-1099.
- Bölgen N., Aguilar M.R., Fernandez M.M., Flores S.G, Rodil S.V., Roman J.S, Pişkin E., 2015. Thermoresponsive biodegradable HEMA–Lactate–Dextran-co-NIPA cryogels for controlled release of simvastatin. *Artificial Cells Nanomedicine and Biotechnology*, 43:40-49.
- Ciolacu D., Rudaz C., Vasilescu M., Budtova T., 2016. Physically and chemically cross-linked cellulose cryogels: Structure, properties and application for controlled release. *Carbohydrate Polymers*, 151:392-400.
- Eggermont L.J., Rogers Z.J., Colombani T., Memic A., Bencherif S.S., 2019. Injectable cryogels for biomedical applications. *Trends in Biotechnology*, <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.09.008>
- Ferreira L., Gil M.H., Dordick J.S., 2002. Enzymatic synthesis of dextran-containing hydrogels. *Biomaterials*, 23:3957-3967.
- Fil B. A., Yilmaz M.T., Bayar S., Elkoca M.T., 2014. Investigation of adsorption of the dyestuff astrazon red violet 3RN (basic violet 16) on montmorillonite clay. *Brazilian Journal of Chemical engineering*, 31:171-182.
- Guo F., Wang Y., Chen M., Wang C., Kuang S., Pan Q, Ren D., Chen Z., 2019. Lotus-Root-like supermacroporous cryogels with superphilicity for rapid separation of oil-in-water emulsions. *ACS Applied Polymer Materials*, 1:2273-2281.
- Habeeb O.A., Kanthasamy R., Ali G.A.M., Yunus R.M., Olalere O.A., 2017. Kinetic, isotherm and equilibrium study of adsorption of hydrogen sulfide from wastewater using modified eggshells. *IIUM Engineering Journal*, 18:13-25.
- Hamdaoui O., Nafferechoux E., 2007. Modeling of adsorption isotherms of phenol and chlorophenols onto granular activated carbon Part I. Two-parameter models and equations allowing determination of thermodynamic parameters. *Journal of Hazardous Materials*, 147:381-394.
- Hixon K.R., Lu T., Sell S.A., 2017. A comprehensive review of cryogels and their roles in tissue engineering applications. *Acta Biomaterialia*, 62:29-41.
- Hotzel K., Heinze T., 2016. Novel dextran derivatives with unconventional structure formed in an efficient one-pot reaction. *Carbohydrate Research*, 434:77-82.

- Levesque S.G., Lim R.M., Shoichet M.S., 2005. Macroporous interconnected dextran scaffolds of controlled porosity for tissue-engineering applications. *Biomaterials*, 26:7436-7446.
- Orakdogan N., Karacan P., Okay O., 2011. Macroporous, responsive DNA cryogel beads. *Reactive and Functional Polymers*, 71: 782-790.
- Sahiner N., Butun S., Ilgin P., 2011. Hydrogel particles with core shell morphology for versatile applications: Environmental, biomedical and catalysis. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 386: 16-24.
- Sahiner N., Demirci S., 2016. Poly ionic liquid cryogel of polyethyleneimine. Synthesis, characterization, and testing in absorption studies. *Journal of Applied Polymer Science*, 133:43478.
- Sahiner N., Demirci S., Sahiner M., Yilmaz S., Al-Lohedan H., 2015. The use of superporous p(3-acrylamidopropyl)trimethyl ammonium chloride cryogels for removal of toxic arsenate anions. *Journal of Environmental Management*, 152:66-74.
- Sahiner N., Sagbas S., Sahiner M., Silan C., 2017. P(TA) macro-, micro-, nanoparticle-embedded super porous p(HEMA) cryogels as wound dressing material. *Materials Science & Engineering C*, 70:317-326.
- Sengel S.B., Sahiner M., Aktas N., Sahiner N., 2017. Halloysite-carboxymethyl cellulose cryogel composite from natural sources. *Applied Clay Science*, 140:66-74.
- Siddiqui N.N., Aman A., Silipo A., Quader S.A., 2014. Structural analysis and characterization of dextran produced by wild and mutant strains of *Leuconostoc mesenteroides*. *Carbohydrate Polymers*, 99:331-338.
- Suner S.S., Demirci S., Yetiskin B., Fakhrullin R., Naumenko E., Okay O., Ayyala R. S., Sahiner N., 2019. Cryogel composites based on hyaluronic acid and halloysite nanotubes as scaffold for tissue engineering. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130:627-635.
- Tavsanlı B., Okay O., 2020. Macroporous methacrylated hyaluronic acid cryogels of high mechanical strength and flow-dependent viscoelasticity. *Carbohydrate Polymers*, 229: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115458>.
- Topuz F., Uyar T., 2017. Poly-cyclodextrin cryogels with aligned porous structure for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from Water. *Journal of Hazardous Materials*, 335:108-116.
- Tripathi A., Vishnoi T., Singh D., Kumar A., 2013. Modulated crosslinking of macroporous polymeric cryogel affects in vitro cell adhesion and growth. *Macromolecular Bioscience*, 13:838-850.
- Villard P., Rezaeeyazdi M., Colombani T., Navare K., Rana D., Memic A., Bencherif S.S., 2019. Autoclavable and injectable cryogels for biomedical applications. *Advanced Healthcare Materials*, doi: 10.1002/adhm.201900679.
- Wang B., Song Q., Zhao F., Zhang L., Han Y, Zhou Z., 2019. Isolation and characterization of dextran produced by *Lactobacillus sakei* L3 from Hubei sausage. *Carbohydrate Polymers*, 223:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115111>.

- Ye G., Li G., Wang C., Ling B., Yang R., Huang S., 2019. Extraction and characterization of dextran from *Leuconostoc pseudomesenteroides* YB-2 isolated from mango juice. *Carbohydrate Polymers*, 207:218-223.
- Xiong J., Li G., Hu C., 2019. Treatment of methylene blue by mesoporous Fe/SiO₂ prepared from rice husk pyrolytic residues. *Catalysis Today*, doi.org/10.1016/j.cattod.2019.06.059.
- Zafar S.B., Siddiqui N.N., Shahid F., Qader S.S., Aman A., 2018. Bioprospecting of indigenous resources for the exploration of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16:17-22.
- Zhang J.F. Wang Y., Lam M.L, McKinnnie R.J. Claycomb W.C, Xu X., 2017. Cross-linked poly(lactic acid)/dextran nanofibrous scaffolds with tunable hydrophilicity promoting differentiation of embryoid bodies, 13:306-316.
- Zhao X., Guo B., Wu H., Liang Y., Ma P.X., 2018. Injectable antibacterial conductive nanocomposite cryogels with rapid shape recovery for noncompressible hemorrhage and wound healing. *Nature Communications*, 9:2784 doi: 10.1038/s41467-018-04998-9.

Fabrication of Nickel Coating on a Stainless Steel Mesh for Supercapacitor Applications

Naime Ozdemir^{1*}, Abdulcabbar Yavuz², Perihan Yılmaz Erdogan¹, Huseyin Zengin¹

¹ Gaziantep University, Faculty of Science and Literature Department of Chemistry, Sehitkamil, 27310 Gaziantep, Turkey

² Gaziantep University, Engineering Faculty, Department of Metallurgical and Materials Engineering, 27310, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey

16.07.2019 Geliş/Received, 29.11.2019 Kabul/Accepted

Abstract

A stainless steel mesh current collector was coated by one-step electrochemical method for supercapacitor applications. As stainless steel mesh has a high surface area, accessibility of ions may be achieved easier than bulk stainless steel. Thin nickel films were synthesized in an aqueous solution electrolyte medium by a three-electrodes electrochemical configuration system under room temperature conditions by applying the potential of -1.5 V for 150, 300 and 600 seconds. The electrochemical capacitive characterization of the prepared nickel films was investigated in 1 M KOH electrolyte solution. The surface morphology of the prepared electrodes was examined. Microstructures of nickel coatings obtained on stainless steel wire surface were similar to tree peels. Therefore, electrodes with high surface area were obtained in the electrodeposition of nickel from pyrophosphate medium. The ion and electron transfer rates between the nickel-coated stainless steel mesh and the alkaline electrolyte were increased. Nickel coated steel mesh having a redox reaction at positive potential between +0.2 V and +0.6 V could be used as cathode electrodes. The nickel/stainless steel mesh electrode has a specific capacity of 1090 F g⁻¹ at the scan rate of 5 mV s⁻¹. As the electroactivity of stainless steel in KOH electrolyte was increased with nickel film, nickel-based coatings on stainless steel mesh surface in aqueous solution can be used as cathode electrodes in supercapacitor applications.

Keywords: nickel, stainless steel mesh, electrochemical properties, supercapacitor

Süperkapasitör Uygulamaları için Paslanmaz Çelik Örgü Üzerine Nikel Kaplama Üretimi

Öz

Süperkapasitör uygulamaları için tek adımda paslanmaz çelik örgü akım toplayıcısı elektrokimyasal yöntemle kaplandı. Paslanmaz çelik ağı yüksek yüzey alanına sahip olduğundan, iyonların erişilebilirliği dökme paslanmaz çelikten daha kolaydır. İnce nikel filmler, sulu çözelti elektrolit ortamında, oda sıcaklığı koşulları altında, 150, 300 ve 600

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Naime Özdemir
(e-posta: naimeozdemir@gmail.com)

Bu makale YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı kapsamında yapılmıştır.

saniye boyunca -1.5 V potansiyelinin uygulanmasıyla üç elektrotlu bir elektrokimyasal konfigürasyon sistemi ile sentezlendi. Hazırlanan nikel filmlerin elektrokimyasal kapasitif özellikleri 1 M KOH elektrolit çözeltisinde incelendi. Paslanmaz çelik örgü yüzeyinde elde edilen nikel kaplamaların mikro yapıları ağaç kabuklarına benzemektedir. Bu yüzden, yüksek yüzey alanına sahip elektrotlar, pirofosfat ortamından nikelin elektrodepolanması ile elde edildi. Nikel kaplı paslanmaz çelik örgü ve bazik elektrolit arasındaki iyon ve elektron transfer hızları arttırıldı. +0.2 V ve +0.6 V arasındaki pozitif potansiyelde redoks reaksiyonuna sahip nikel kaplı çelik örgü, katot elektrot olarak kullanılabilir. Nikel/paslanmaz çelik örgü elektrot, 5 mV s⁻¹ tarama hızında 1090 F g⁻¹ spesifik kapasitansa sahiptir. Paslanmaz çeliğin KOH elektrolitinde elektroaktivitesi nikel filmle karıştırıldığında, sulu çözelti içindeki paslanmaz çelik ağ yüzeyindeki nikel temelli kaplamalar, süperkapasitör uygulamalarında katot elektrodu olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: nikel, paslanmaz çelik örgü, elektrokimyasal özellikler, süperkapasitör

1. Introduction

Recently, many energy storage and conversion devices including capacitors, supercapacitors, fuel cells and batteries have been studied (Arico et al., 2011). Figure 1 displays the specific energy versus specific energies of energy storage devices (Dubal et al., 2013). As the power density of supercapacitor is high, they can be used in energy storage applications. Supercapacitors, called electrochemical capacitors, have been explored by scientists. Supercapacitors have attracted the attention of researchers because of not only their high power density, but also long service life and stability (Jiang et al., 2012). The supercapacitors generally have an electrolyte, a separator (electrically isolates the two electrodes) and two electrodes (Stoller and Ruoff, 2010). The promising applications of supercapacitors include buses, trams and low emission hybrid vehicles (Khaligh and Li, 2010). When used in combination with batteries or fuel cells, supercapacitors with unique properties can function as temporary energy storage devices that provide high power capacity for storing energy without braking.

Supercapacitors are considered into two different categories: electrical double-layer capacitors (EDLCs) and pseudocapacitors. EDLC consist of only electrostatic charge adsorbed in the interface of electrode and electrolyte (Yu et al., 2013). The second type of supercapacitor is pseudocapacitor having faradic reactions between electroactive ions in electrolyte and electrode surface (Conway et al., 1997). Also the combination of these two type capacitors can sometimes considered as the third type of supercapacitor (Carmezim and Santos, 2017). The electrode material constituting the supercapacitor is the most important component of the supercapacitor that characterizes the electrochemical performance (Simon and Gogotsi, 2010). The choice of electrode (anode or cathode) is an important step determining the electrical properties of the supercapacitors (Shi et al., 2014). The most commonly used electrode materials in supercapacitor applications are; carbon based materials (Xian Jian et al., 2016) (in EDLCs), metal oxides/hydroxides (Godillot et al., 2011) and conductive polymers (Wang et al., 2014).

Metal oxides/hydroxides are preferred as electrode materials because of their high specific capacitance and different oxidation states (Kulkarni et al., 2014). Therefore, metal oxides/hydroxides in supercapacitors provide high energy and power generation. Specific capacitance, energy and power measurements are performed by electrochemical cyclic voltammetry (CV) technique. A potentiostat can be used to coat a selected material on the

working electrode surface, and then record the electrochemical performance in an appropriate electrolyte in the range where the redox reaction may occur (Li et al., 2011). In supercapacitor applications, an electrode having a suitable mechanical strength and high capacity should be used. In order to obtain such electrodes, suitable electrode materials and current collectors must be selected (Gamby et al., 2001). Therefore, stainless steel mesh, copper foil and nickel foam can be preferred as a current collector. Stainless steel mesh among them is the most explored surfaces due to their low cost, low toxicity, rough surfaces and easy availability (Vadiyar et al., 2016). They also have excellent mechanical strength for current collectors in energy storage devices (Hu et al., 2009).

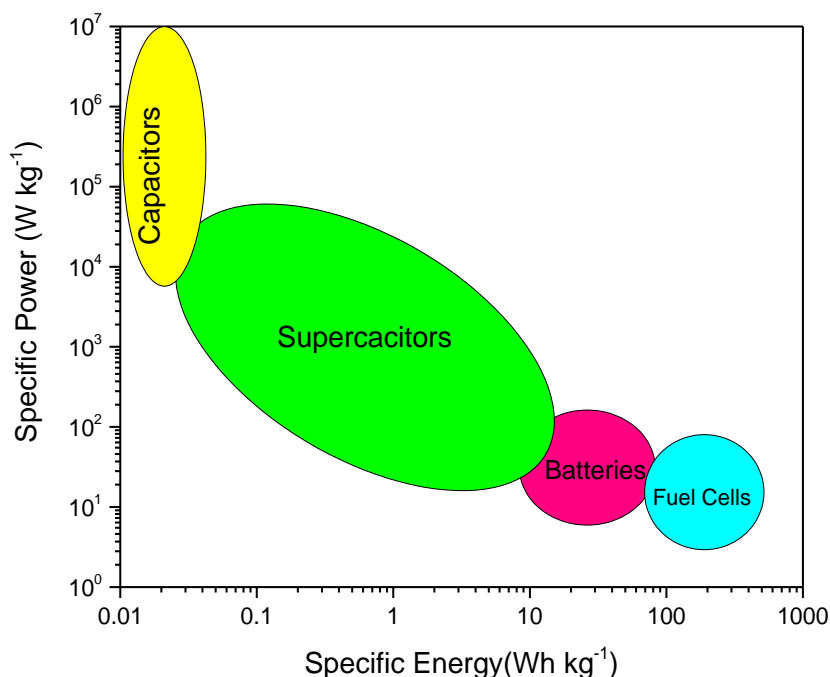


Figure 1: Ragone plot for several energy storage devices (specific power vs. specific energy).

The purpose of this work was to understand the electrodeposition conditions of nickel on a stainless steel electrode by one-step electrochemical method. Nickel-based electrodes were successfully synthesized on a stainless steel mesh without using a binder. After electrodeposition of nickel on stainless steel, it was aimed to examine the microstructures of the coatings. The main aim was to examine electrochemical behavior of a nickel-based coating on a stainless steel mesh in alkaline media. Nickel-based electrodes with three different thicknesses were obtained and specific capacitances with areal capacitances of nickel modified electrodes were calculated. In addition, the electrochemical behaviors of microstructures have been examined by cyclic voltammetry in 1 M KOH electrolyte.

2. Materials and Methods

2.1. Synthesis of Ni-based Electrode

The surface of the stainless steel mesh (Grade 304H) was washed with deionized water prior to electrochemical measurement. The Ni-based electrode was prepared by electrochemical method. The electrodeposition solution was prepared by adding Nickel (II) chloride salt ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Merck, 98%) to a solution consisting of 0.7 M potassium pyrophosphate ($\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, Sigma Aldrich, 98%) and 0.07 M monopotassium phosphate (KH_2PO_4 , Sigma Aldrich, 99%). The electrodes obtained for electrochemical measurements were transferred to

1 M potassium hydroxide (KOH, Merck, 90%) electrolyte. In this study, the chemicals were used directly without any purification process.

The pyrophosphate containing NiCl_2 was introduced into the electrochemical cell as deposition electrolyte. Ag / AgCl (sat. KCl) was used as a reference electrode, titanium coated Pt flag was used as a counter electrode and mesh form of stainless steel was used as the working electrode. Stainless steel meshes surface was placed in the pyrophosphate medium containing NiCl_2 for electrodeposition. The Ni-based electrode was applied electrochemically to the stainless steel mesh surface by applying -1.5 V for 150sec, 300 sec and 600 sec. All of electrochemical studies took place at room temperature.

2.2. Characterization of the Electrodes

Electrochemical characteristics of the electrodes were examined with a three electrode electrochemical workstation (VersaSTAT 3, AMETEK, Princeton Applied Research, the USA). Electrodeposited Ni on stainless steel mesh electrode was transferred to 1 M KOH electrolyte after they were washed by deionized water. Cyclic voltammetry curves were obtained by scanning at various scan rates from 5 to 100 mV s^{-1} . The surface morphology of the electrodeposited Ni-based film was determined using an upright microscope (Nikon Eclipse LV150NL). Surface morphology was determined with lenses of the magnification of 50X and 100X. The surface morphology of uncoated and coated stainless steel meshes were analyzed in a scanning electron microscope (Gemini 300 SEM, Zeiss) at 1000 and 50 000 magnifications.

3. Results and Discussion

3.1. Electrodeposition of Ni on a Stainless Steel Mesh Electrode

Cyclic polarisation of uncoated stainless steel mesh working electrode scanned from -1.8 V to 0.7 V in the pyrophosphate medium without NiCl_2 salt at the scan rate of 50 mV s^{-1} was conducted to determine the potential window of the stainless steel current collector (see red line of Figure 2). Hydrogen evolution reaction started at around -1.0 V on a steel surface (Safizadeh et al., 2015). The deposition voltage of nickel was determined by scanning stainless steel mesh working electrode in pyrophosphate medium in the same voltage range.

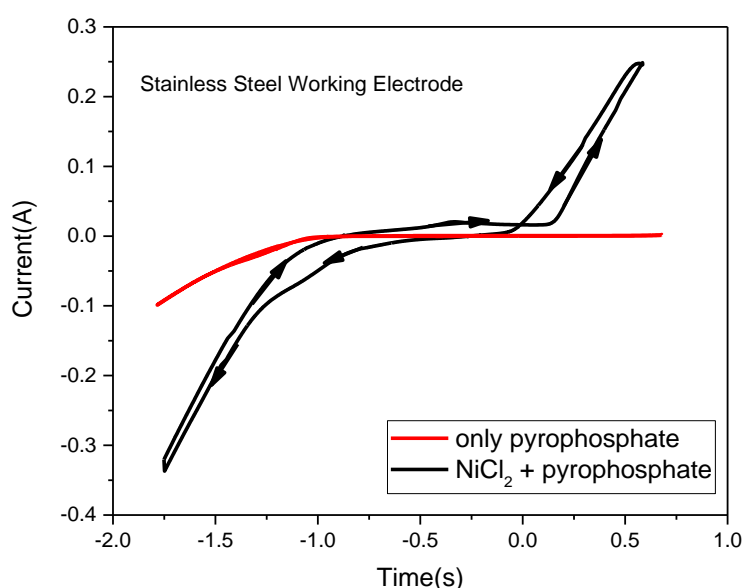


Figure 2: Cyclic polarization curves of uncoated stainless steel mesh current collector in NiCl_2 -containing (black) and NiCl_2 -free pyrophosphate medium (red line).

Cyclic voltammetry of stainless steel mesh current collector scanned between the same potentials (from -1.8 V to 0.70 V) in the pyrophosphate medium containing 200 mM NiCl_2 was obtained and presented in Figure 2 (black line). A reduction was observed at around -0.75 V when the electrolyte contained Ni^{2+} . As there was no reduction peak without Ni^{2+} , the reduction peak of -0.75 V (black line of Figure 2) belongs to the transformation of Ni^{2+} to nickel metal. Current value of red line (only pyrophosphate electrolyte) was around -0.97 A at -1.8 V. However, the current peak of black line (NiCl_2 contained pyrophosphate electrolyte) was around -0.34 V because of the reduction of both Ni^{2+} to Ni and H^+ to H_2 . It was determined that the stainless steel mesh electrode could be operated at voltages lower than -1.0 V in pyrophosphate media for electrodeposition of nickel. Nickel electrodeposition can be proved by the oxidation peak of pyrophosphate electrolyte containing NiCl_2 started at around 0.2 V. After this potential nickel film was dissolved from the stainless steel mesh surface.

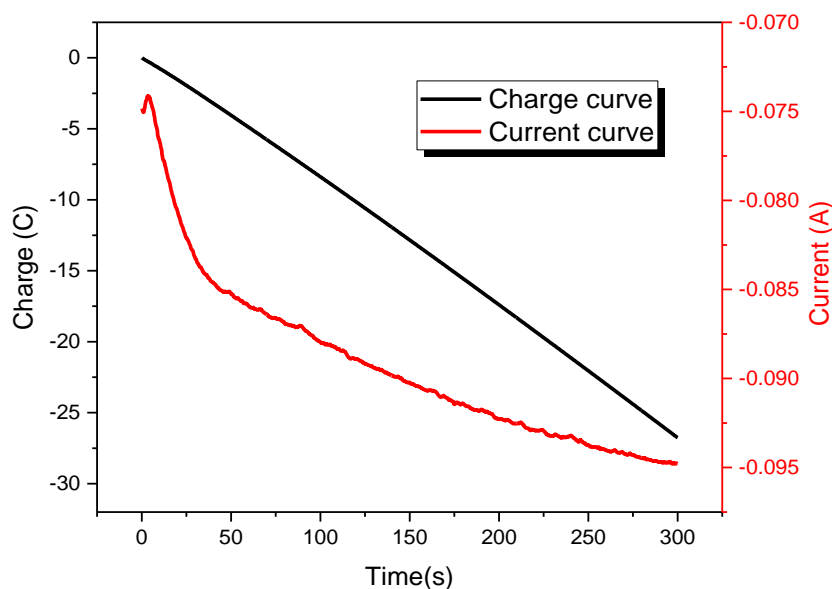


Figure 3: Time vs. current and charge graph of nickel film obtained on stainless steel mesh by applying -1.5 V potential in pyrophosphate medium containing NiCl_2 .

The applied potential was determined as -1.5 V for electrodeposition voltages of nickel from the pyrophosphate media containing nickel-based salt in this study. Nickel film was obtained by electrochemical method on a stainless steel mesh working electrode by applying -1.5 V for 300 seconds. Figure 3 shows the current and charge versus time graphs for the electrochemical growth of nickel on a steel mesh working electrode by applying a constant potential of -1.5 V. Hydrogen gas was also released as a low voltage was applied during the electrodeposition process. Therefore, the charge value appears to be as high as about 28 Coulombs. This charge occurred not only because of nickel deposition but also hydrogen evolution. Mass of nickel-based films was 262, 119 and 15 μg depending on deposition time of 600, 300 and 150 seconds, respectively.

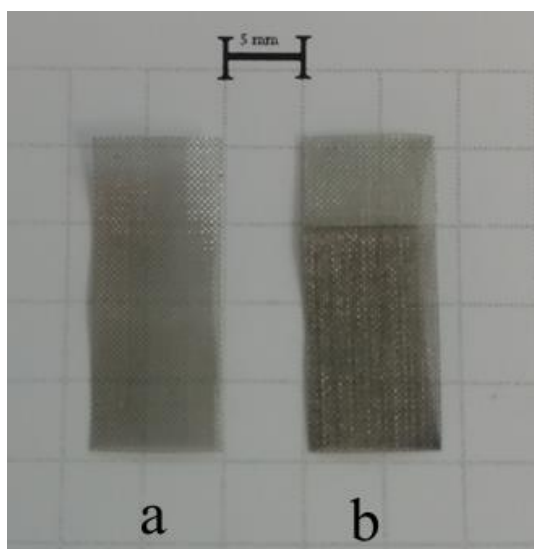


Figure 4: Photographs of (a) uncoated stainless steel mesh surface and (b) nickel film coated by electrochemical method on stainless steel mesh from pyrophosphate containing NiCl_2 . Each square is 25 mm^2 .

3.2. Structural Characterization

The image of the stainless steel mesh current collector before electrodeposition of nickel is presented in Figure 4a. Figure 4b is an image of a nickel-based electrode synthesized electrochemically by applying a potential of -1.5 V for 300 seconds in a pyrophosphate media containing NiCl_2 . After electrodeposition of nickel on a stainless steel mesh surface, the gray colour of mesh became darker gray as it is seen at the bottom of Figure 4b.

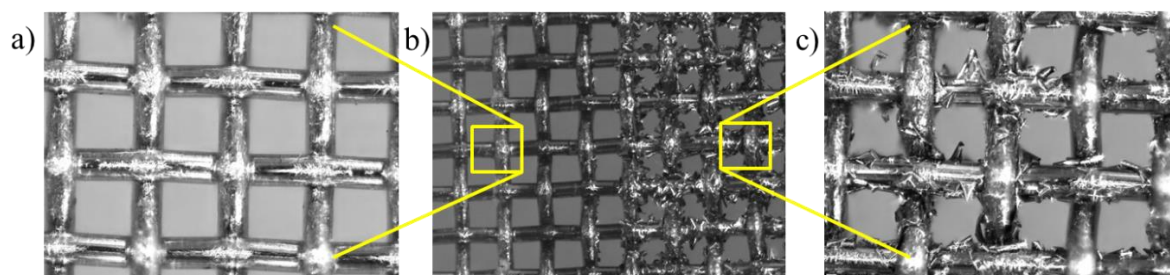


Figure 5: Images of a) uncoated; b) interface of uncoated and nickel coated; c) nickel coated stainless steel mesh surface. Nickel was coated from pyrophosphate electrolyte with NiCl_2 salt by applying -1.5 V for 300 seconds. The images were magnified 50X (panel b) and 100X (panel a and c).

Microscope images of the bare and nickel coated mesh electrodes are illustrated in Figure 5. Scanning electron microscopes of uncoated and coated steel mesh are presented in Figure 6. Microscope images of the coating and current collector in two different magnifications (50X and 100X) are presented in Figure 5. Figure 5a shows the steel mesh working electrode has a greater surface coverage than a bulk stainless steel. When the film is electrochemically coated on the stainless steel mesh electrode, it can have a higher surface area than bulk stainless steel surface. Figure 5c illustrates a microscope view of the electrochemically obtained nickel-based film on the stainless steel mesh. Figure 5b illustrates a microscope image of the interface between uncoated and nickel coated mesh current collector. It is observed that the nickel film obtained electrochemically from pyrophosphate media is coated on the surface of the wires not coated in voids of the mesh. This can be observed in SEM images given in

Figure 6c. Figure 5c and in Figure 6c show that the nickel-based coating on the stainless steel surface has a structure similar to tree peels.

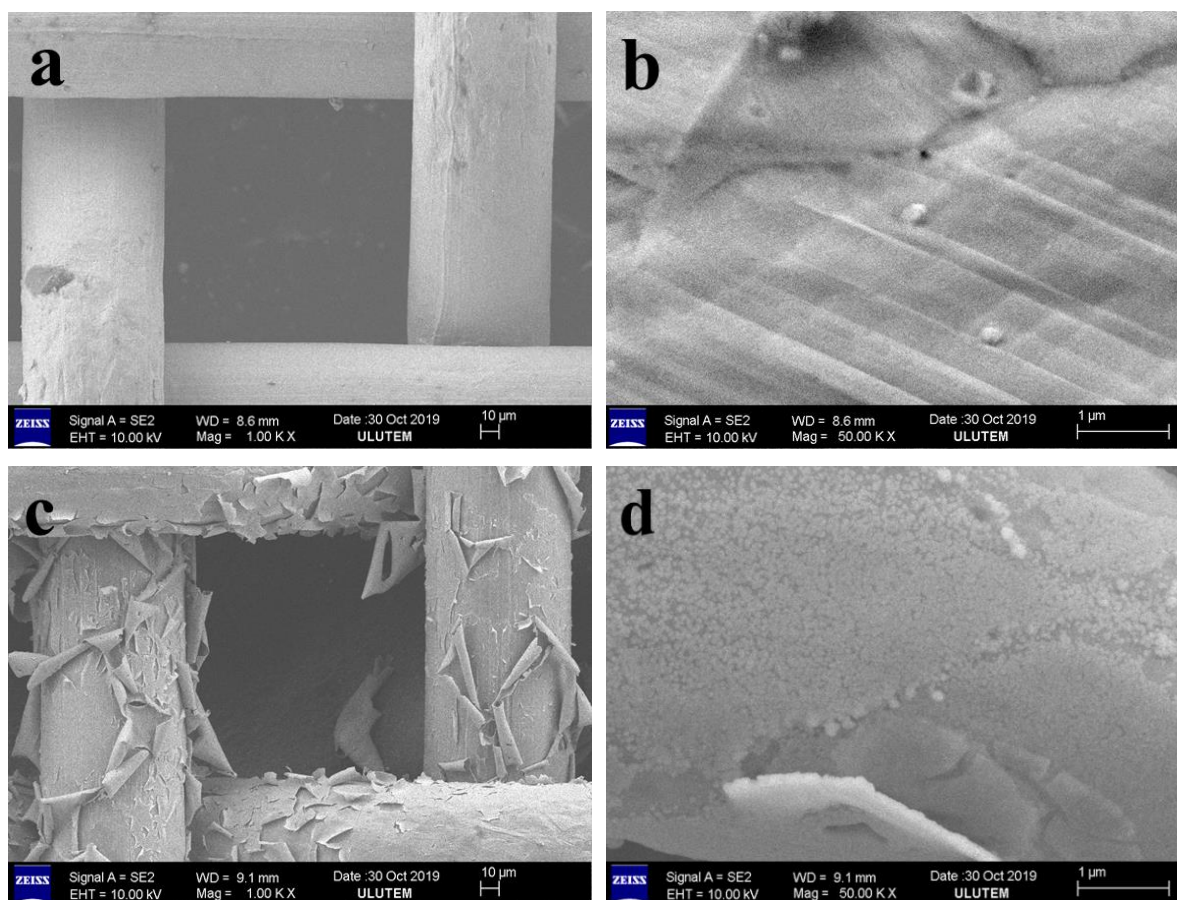


Figure 6: Scanning electron micrographs of bare stainless steel mesh at a) 1000X magnification, b) 50 000X magnification and Ni coated stainless steel mesh at c) 1000X magnification, d) 50 000X magnification.

3.3. Electrochemical Studies

The nickel-based electrodes were electrochemically obtained on the stainless steel surface. The nickel/mesh electrodes were transferred into 1 M KOH electrolyte to evaluate their electrochemical performances. Figure 7 (red, green and blue lines for different deposition time) represents the cycling voltammogram curve of the nickel-based films in the KOH electrolyte in the potential range from +0.2 V to +0.6 V at 50 mV s^{-1} scan rate. Figure 7 (black line) indicates the voltammetric curves of the bare stainless steel electrode at the scan rate of 50 mV s^{-1} in the KOH electrolyte. The blue, red and green lines of Figure 7 demonstrate that the nickel coated stainless steel mesh had an oxidation/reduction (redox) peak and bare steel (black line of Figure 7) was not electroactive in the KOH electrolyte between +0.2 V and +0.6 V potentials. As nickel coated stainless steel mesh had faradaic reaction in KOH electrolyte and its current collector did not react with alkaline media, this modified electrode could be used as a cathode electrode in energy storage devices.

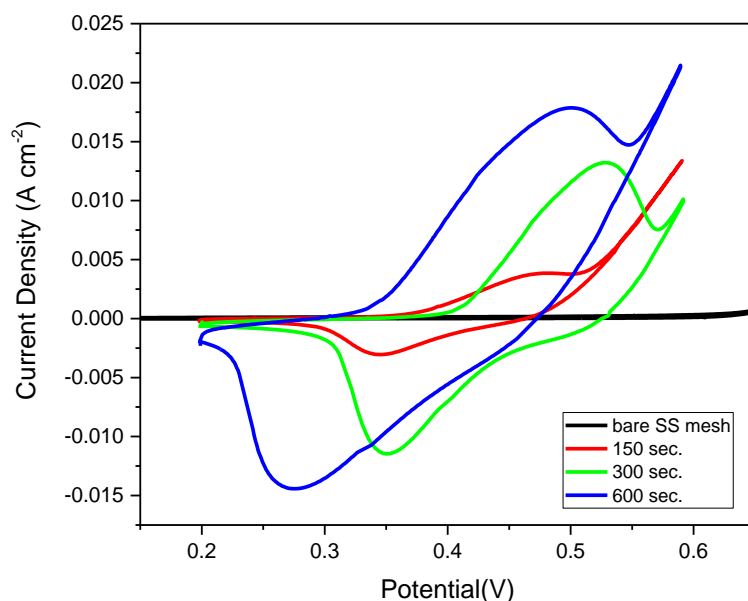


Figure 7: Cycling voltammogram curves of bare stainless steel mesh current collector and nickel coated stainless steel mesh in KOH electrolyte at 50 mV s^{-1} scan rate in the potential window from +0.2 to +0.6 V.

Electrochemical characterization of the nickel/stainless steel mesh electrodes was performed in an alkaline electrolyte. Figure 8 illustrates cyclic voltammogram curves of the coatings obtained on the stainless steel mesh surface in 1 M KOH electrolyte between +0.2 V and +0.6 V cycling at different scan rates (between 5 and 100 mV s^{-1}). During the scans between the oxidation direction (from +0.2 V to +0.6 V) and the reduction direction (from +0.6 V to +0.2 V), a pair of actual peaks corresponding to the reversible transformation was clearly visible. The reaction takes place between reversible displacement reactions of OH^- ions (Wang et al., 2016). When the curves at different scan rates in Figure 8 are examined, the cathodic and anodic peak shifted to more positive and more negative potential values, respectively.

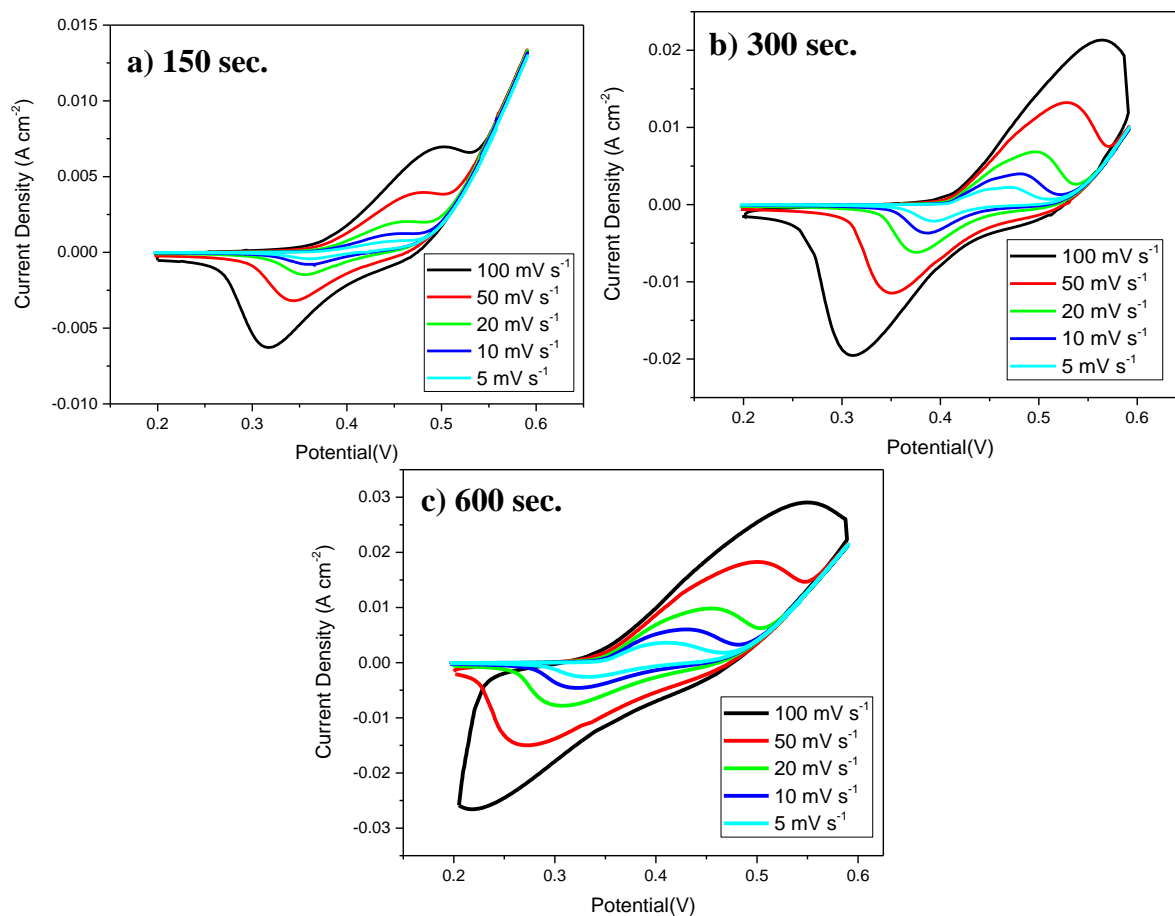


Figure 8: Cycling voltammogram curves of nickel-based electrode in 1 M KOH at various scan rates. Nickel coated electrode was obtained on stainless steel mesh working electrode by applying -1.5 V in pyrophosphate solution containing NiCl_2 . The electroplating time of nickel growth was a) 150 seconds, b) 300 seconds and c) 600 seconds.

The electrochemical performance of the nickel-based electrode was calculated for their specific capacities at different scan rates. Figure 9 displays the specific capacitance (C_s) of the nickel-based electrodes depending on the scan rates. The magnitude of specific capacitance appears to increase with decreasing the scan rate because of the fact that not all active regions of the electrode were used due to the limited time interval. Specific capacitances of the coatings in F g^{-1} are tabulated in Table 1. The change in capacitance over time is an important factor for supercapacitor applications.

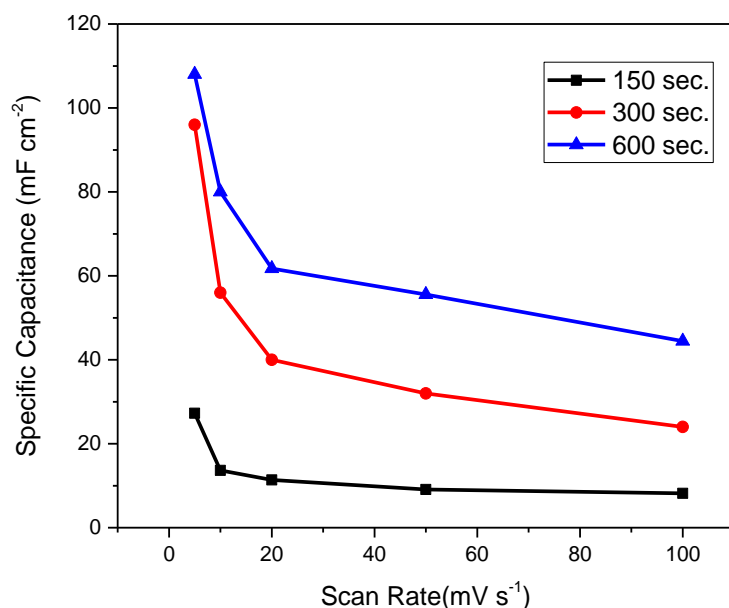


Figure 9 : Specific capacitance of the nickel film on stainless steel mesh in KOH electrolyte for various scan rates. Specific capacitance values shown here were calculated from Figure 8.

The specific capacitance value was calculated based on the voltammetric curves of Figure 8 obtained at the different scan rates from 5 to 100 mV s^{-1} . Areal capacitances increase upon increasing deposition time. However, specific capacitance in F g^{-1} decreases with deposition time because the mass of electroactive film for these films is related to surface area. As the mass of the film obtained at 150 seconds is lower than the mass of other films, the capacitance divided by mass increases. The maximum specific capacitance of the nickel-based electrode obtained on the stainless steel mesh surface was 1090 F g^{-1} at 5 mV s^{-1} scan rate.

Table 1: Specific capacitance of Ni based coating electrodeposited by applying different growth time.

Scan rate (mV s^{-1})	16.8 nm based film (F g^{-1})	133 nm Ni based film (F g^{-1})	293 nm (F g^{-1})
100	545	201	169
50	606	268	212
20	757	335	235
10	909	469	235
5	1090	805	329

4. Conclusions

Ni-based electrode was obtained at room temperature using one-step electrochemical method. Electrodeposition process of nickel was achieved from pyrophosphate medium by applying the potential of -1.5 V for different applied time (150, 300 and 600 seconds) by means of a potentiostat having three electrode cells. Since the rate of electron and ion transportation can be increased in thin films, stainless steel mesh surface could be used as a substrate because its surface area is greater than bulk stainless steel. The stainless steel mesh used as a deposition substrate has a high surface area and the resulting thin film can be coated on a large surface. The obtained nickel-based electrode shows much greater electroactivity in KOH electrolyte than stainless steel mesh used as current collector. Ni-based electrodes could be used as an electrode material in 1 M KOH electrolyte solution for supercapacitor applications. Nickel

coating on stainless steel mesh can be used as cathode electrodes because they have a redox reaction at positive potential range (0.2 V to 0.6 V). The Ni-based films obtained on the stainless steel working electrode had a specific capacity of 1090 F g⁻¹ at 5 mV s⁻¹ scan rate. High capacitance of nickel coated steel mesh electrodes was obtained for different scan rates. Nickel coated stainless steel mesh surface provided superior redox capacitance and electrochemical performance due to the highly accessible reaction sites of Ni-based films. The electroactivity of stainless steel was normally low in KOH electrolyte. After nickel-based film was coated on steel mesh from an aqueous bath, the capacitance of electrodes was increased significantly. Therefore, these coatings could be used as cathode electrodes in energy storage devices.

Acknowledgements

Authors thank to the YOK-Turkey for the 100/2000 Doctoral Scholarship.

References

- Arico A. S., Bruce P., Scrosati B., Tarascon J. M., Van Schalkwijk W., 2011. Nanostructured Materials for Advanced Energy Conversion and Storage Devices. In *Materials For Sustainable Energy: A Collection of Peer-Reviewed Research and Review Articles from Nature Publishing Group*, World Scientific, 148–59.
- Carmezim M. J., Catarina F.S., 2017. *Metal Oxides in Supercapacitors Electrolytes in Metal Oxide Supercapacitors*. Elsevier.
- Conway B. E., Birss V., Wojtowicz, J., 1997. The Role and Utilization of Pseudocapacitance for Energy Storage by Supercapacitors. *Journal of Power Sources* 66(1–2): 1–14.
- Dubal D. P., Gund G. S., Lokhande C. D., Holze R., 2013. CuO Cauliflowers for Supercapacitor Application: Novel Potentiodynamic Deposition. *Materials Research Bulletin* 48(2): 923–28.
- GambyJ., Taberna P. L., Simon P., Fauvarque J. F., Chesneau M., 2001. Studies and Characterisations of Various Activated Carbons Used for Carbon/Carbon Supercapacitors. *Journal of Power Sources* 101(1): 109–16.
- Godillot G., Guerlou-Demourgues L., Taberna P. L., Simon P., Delmas C., 2011. Original Conductive Nano-Co₃O₄ Investigated as Electrode Material for Hybrid Supercapacitors. *Electrochemical and Solid-State Letters* 14(10): A139.
- Hu L., Choi J. W., Yang Y., Jeong S., La Mantia F., Cui L. F., Cui Y., 2009. Highly Conductive Paper for Energy-Storage Devices. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(51): 21490–94.
- Jiang H., Ma J., Li C., 2012. Mesoporous Carbon Incorporated Metal Oxide Nanomaterials as Supercapacitor Electrodes. *Advanced Materials* 24(30): 4197–4202.
- Khaligh A., Li Z., 2010. Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-in Hybrid Electric Vehicles: State of the Art. *IEEE transactions on Vehicular Technology* 59(6): 2806–14.
- Kulkarni S. B., Patil U. M., Shackery I., Sohn, J. S., Lee, S., Park, B., Jun, S., 2014. High-Performance Supercapacitor Electrode Based on a Polyaniline Nanofibers/3D Graphene Framework as an Efficient Charge Transporter. *Journal of Materials Chemistry A* 2(14): 4989–98.
- Li Z., Wang J., Liu X., Liu S., Ou J., Yang S., 2011. Electrostatic Layer-by-Layer Self-Assembly Multilayer Films Based on Graphene and Manganese Dioxide Sheets as Novel Electrode Materials for Supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry* 21(10): 3397–3403.

- Safizadeh F., Ghali E., Houlachi G., 2015. Electrocatalysis Developments for Hydrogen Evolution Reaction in Alkaline Solutions—a Review. *International journal of hydrogen energy* 40(1): 256–74.
- Shi M., Kou S., Yan X., 2014. Engineering the Electrochemical Capacitive Properties of Graphene Sheets in Ionic-Liquid Electrolytes by Correct Selection of Anions. *ChemSusChem* 7(11): 3053–62.
- Simon P., Gogotsi Y., 2010. Materials for Electrochemical Capacitors. In *Nanoscience And Technology: A Collection of Reviews from Nature Journals*, World Scientific, 320–29.
- Stoller M. D., Ruoff R. S., 2010. Best Practice Methods for Determining an Electrode Material's Performance for Ultracapacitors. *Energy & Environmental Science* 3(9): 1294–1301.
- Vadiyar M. M., Bhise S. C., Kolekar S. S., Chang, J. Y., Ghule, K. S., Ghule, A. V., 2016. Low Cost Flexible 3-D Aligned and Cross-Linked Efficient ZnFe₂O₄ Nano-Flakes Electrode on Stainless Steel Mesh for Asymmetric Supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry A* 4(9): 3504–12.
- Wang K., Wu H., Meng Y., Wei Z., 2014. Conducting Polymer Nanowire Arrays for High Performance Supercapacitors. *Small* 10(1): 14–31.
- Wang R., Xu C., Lee J. M., 2016. High Performance Asymmetric Supercapacitors: New NiOOH Nanosheet/Graphene Hydrogels and Pure Graphene Hydrogels. *Nano Energy* 19: 210–21.
- Jian X., Liu S., Gao Y., Tian W., Jiang Z., Xiao X., Yin L., 2016. Carbon-Based Electrode Materials for Supercapacitor: Progress, Challenges and Prospective Solutions. *Journal of Electrical Engineering* 4(2): 75–87.
- Yu G., Xie X., Pan L., Bao Z., Cui Y., 2013. Hybrid Nanostructured Materials for High-Performance Electrochemical Capacitors. *Nano Energy* 2(2): 213–34.

MovieANN: A Hybrid Approach to Movie Recommender Systems Using Multi Layer Artificial Neural Networks

Sait Can Yücebaş *

Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering,
Çanakkale, Turkey

26.07.2019 Geliş/Received, 12.12.2019 Kabul/Accepted

Abstract

The amount of data in World Wide Web is growing exponentially. Users are often lost in this vast ocean of data. In order to filter the valuable information from vast amount of data, recommendation systems are used. These systems are based on collaborative filtering, content based filtering and hybrid approaches. We combined collaborative and content-based filtering to build a hybrid movie recommendation system, MovieANN, based on neural network model. To make better recommendations in a collaborative approach, both user and movie clusters are formed. In addition to rating information, content information was also considered in the formation of the clusters. Clusters are formed according to K-Means and X-Means algorithms. Final clusters are chosen according to Davies-Bouldin Index and intra cluster distance. Homogeneity and density of the clusters are also considered. Movie and user clusters are mapped in the recommendation phase. The model is tested on a MoiveLens 1M dataset that consists of six thousand users, four thousand movies and one million ratings. Four clusters are formed to represent movie – user mappings and for each cluster, a recommendation model based on multi-layer neural network is constructed. The recommendation performance in terms of accuracy is 84.52%, 84.54% in terms of precision and 99.98% in terms of recall.

Keywords: recommendation systems, content based filtering, collaborative filtering, hybrid recommender, artificial neural network

MovieANN: Film Öneri Sistemlerine Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Kullanarak Karma Bir Yaklaşım

Öz

İnternetteki veri miktarı gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. Kullanıcılar bu geniş veri okyanusunda sıklıkla kaybolmaktadır. Bu yüksek miktardaki ham veriden önemli bilgiyi filtrelemek için öneri sistemleri kullanılır. Bu sistemler işbirlikçi filtrelemeye, içeriğe dayalı filtrelemeye ve hibrit yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu çalışmada yapay sinir ağına dayalı hibrit bir film öneri sistemi olan MovieANN, işbirlikçi ve içerik tabanlı filtreleme

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Sait Can Yücebaş
(e-posta: can@comu.edu.tr)

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşbirlikçi bir yaklaşımla daha iyi öneriler yapmak için hem kullanıcı hem de film kümeleri oluşturulmuştur. Kümeler oluşturulurken rating bilgisine ek olarak içerik bilgisi de dikkate alınmıştır. Kümeleme için K-Means ve X-Means algoritmaları kullanılmıştır. Son kümeler, Davies-Bouldin Endeksi ve küme içi mesafelerine göre seçilir. Kümeler oluşturulurken homojenlik ve yoğunluk da göz önünde bulundurulmuştur. Öneri adımında film ve kullanıcı kümeleri eşleştirilir. İlgili model, altı bin kullanıcı, dört bin film ve bir milyon ratingden oluşan MoiveLens 1M veri kümesinde test edilmiştir. Film kullanıcı eşlemelerini temsil etmek için dört küme ve her küme için çok katmanlı sinir ağını temel alan bir öneri modeli oluşturulmuştur. Modelin öneri performansı doğruluk olarak % 84,52, kesinlik açısından % 84,54 ve geri çağırma % 99,98'dir.

Anahtar Kelimeler: öneri siteleri, içerik tabanlı filtreleme, iş birlikçi filtreleme, hibrit öneri, yapay sinir ağı

1. Introduction

Recommender systems are developed to filter vast amount of data in the web and to propose the most relevant information to the users. By this way, they save time and effort for online users (Koochi, 2017). The main idea behind the recommendation systems is to rank the information according to the user's interest domain which is learned from the past actions of the user (Haruna et al., 2017). To achieve the goal, recommender systems are built on three main filtering approaches. These are collaborative filtering, content based filtering and hybrid approaches. Collaborative filtering focuses on finding similar users and/or products. On the other hand, content based filtering proposes a more personalized approach. Hybrid models combine these two approaches to overcome the disadvantage of both methods. Weighting, switching, mixed, feature augmentation (Attarde, 2017; Lekakos, 2008; Burke, 2002) are often used for combination of different filtering mechanism in a hybrid model.

Each main recommendation approach can be divided into subgroups, each differs with the recommendation algorithm, similarity calculation and size reduction methodologies. The Figure 1.1 represents the main and sub methods used in the recommendation systems.

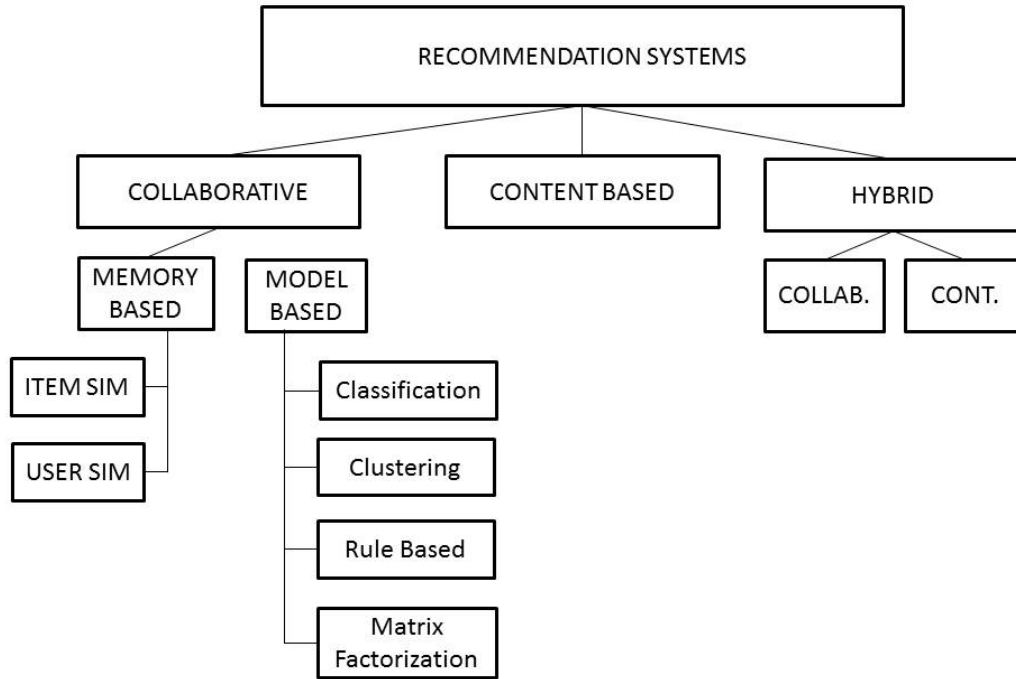


Figure 1.1. Hierarchical representation of the methodologies used in the recommendations systems

Recommendation systems are applied in many different domains such as hotels, restaurants, news, books, social media etc. (Sridevi et al., 2016). Among these, movie recommendation systems are very popular in the literature and have many different examples.

MovieLens (<https://grouplens.org>) is a well-known movie recommender. It is based on collaborative filtering. Apart from the most of the collaborative approaches that use a single similarity scheme, MovieLens combines both the user and item similarities. It uses matrix factorization to handle the dimensionality problem. Each new user is required to rate a number of movies of different types in the sign up process. In this way, user preferences are learned and the cold start problem avoided. However, reliability of the rating information is questionable because it is provided in the sign up process. An-other drawback of the MovieLens is, biased to movies with highest rates.

MovieREC (Kumar et al., 2015), uses an advanced form of K-Means algorithm. The movies are filtered according to attribute weights before entering the K-Means algorithm. Five attributes are selected and the highest weight is given to the rating information. Clustering algorithm divides the movie space into four clusters. And movies are recommended according to these clusters. There are some drawbacks of this approach. The cluster number (k) is fixed to four. An optimized k number could result in better clusters. The weighting scheme pre filters the movies which reduces the complexity for K-Means. However, it is based on only five attributes. The system can perform better if all at-tributes are considered in the weighting scheme. More importantly, this system is tested on a small dataset and no valid statistical evaluation is made.

Grupta (2015) proposed a collaborative filtering approach based on hierarchical clustering. In this work, users are divided into clusters according to hierarchical clustering and recommendation is done by cluster voting. Chameleon is chosen over K-Means for

hierarchical clustering. Rating recommendations are evaluated by mean square error. Although optimization for hierarchical clustering and voting scheme is conducted, generalization of the system over different movie datasets raises some questions. The hierarchical clustering algorithm is mostly based on relative interconnectivity. Single, average and complete linkage must be considered for interconnectivity. Intra cluster similarity must also be calculated to identify the similarity of the items in a specific cluster. If this similarity is low that means clusters are poorly formed and recommendations cannot be trusted. The algorithm uses 25 partition points to divide or combine the existing clusters. These points are data dependent and can be high or low for the smaller or larger datasets. Instead of a fixed partition number, a dynamic optimization based on data volume could be conducted.

Content based filtering proposes a more personalized approach. Rather than similar users, preferences of a specific user are used for the recommendation. For this aim, a user profile vector is constructed. In user profile vector covers the activities of the user over a specific movie (Cami et al., 2017). Bayesian network algorithm is used to form clusters of similar movies. Probability of assigning a movie to a specific cluster is calculated. Then, the recommendation list is formed by the conditional probability calculations. Time and complexity of the probability calculations are the main disadvantages of this method.

When the works above and in the literature are considered we see that both content and collaborative approaches have advantages and disadvantages of their own. Collaborative filtering generalizes the preferences of the similar users. Thus, recommendation is easy for a new user when compared to content based filtering. Content based filtering is more personalized and the preferences of a new user are not known beforehand. New items in collaborative filtering present a similar disadvantage. A new item is not rated yet, thus cannot be recommended even it matches perfectly to a specific user group. These advantages and disadvantages are listed in the Table 1.1.

Table 1.1. Advantages and disadvantages of the filtering approaches in recommendation systems

Approach	Advantage	Disadvantage
Content Based	Personalized Accurate	Always recommend similar things Cannot recommend to a new user Content Problems (Limited, Over-Specialized) Cold-Start
Collaborative	New users are handled easily No need to store content Info	No Content Information Not Personalized Difficult to recommend a new item Not Personalized Items >> users: not enough ratings (Sparsity, Scalability)

In order to combine the advantages and to overcome some of the disadvantages, hybrid methods that combine collaborative and content based filtering are used. Virk et al. (2015) is an example of such system. In this work, the users are required to rate some movies beforehand as in the MovieLens algorithm. This pre-rating information is used to identify

the user preferences and grouping the similar users. The recommendation phase is mainly based on collaborative filtering. Content based approach is used to construct a movie and user database but not used for the recommendations. Thus, the system could be considered a collaborative recommender instead of a hybrid.

Tuysuzoglu (2018) proposed a graph based hybrid recommender system. This work combines the collaborative filtering with graph theory. Movies and users are represented as verticals and edges represent the ratings. Statistical calculations are done list the most viewed movie, genre, etc. Unfortunately the effect of using graph theory over the recommendation performance is not given.

Rombouts and Verhoef (2002) designed a hybrid model that uses collaborative and content based filtering. Content based filtering uses a Naïve Bayes model that classifies user ratings. This model is constructed for every user. Prior probability calculations are based on Laplace smoothing. Then these models are linearly combined. They use a weight scheme in order to detect correlations in the collaborative phase. In our opinion, this work has two main drawbacks. One, is the number of Naïve Bayes model is directly proportional with the number of users. That means, the more users are the more calculations. That is why the authors cannot calculate the actual performance of the system for the whole dataset they used. The second drawback is the usage of Laplace smoothing, which can cause bias in the learning data.

Christakou and Stafylopatis (2005) developed a neural network based hybrid recommender. Only three movie attributes, kind, stars and synopsis are taken into consideration. For each user, three neural networks are constructed for these movie attributes. They use only training, test and validation datasets and cross validation is not used, and the performance of the system is high with 82%. For larger datasets the system will suffer from model complexity because for each specific user three different neural networks are constructed.

When we look at the hybrid system examples in the literature, there are two main approaches. In the first one, a basic filtering method is combined with a model-based method, which is mainly based on machine learning. This approach can be considered as model-based filtering rather than a true hybrid system. In the second approach, content based and collaborative filtering methods are combined.

When the researches are examined, we observed that the main shortcoming of the systems using machine learning in the suggestion step is its complexity. The main reason for this complexity is that, the respective hybrid systems develop a specific decision-making model for each user or each product. In order to solve the related problem, collaborative and content based filtering methods were combined in a mixed approach (Burke, 2002) and the multi-layered neural network model was used in the suggestion step. By combining both filtering methods with mixed approach, content based filtering's cold start problem and collaborative filtering's data sparsity problem are solved. When a new user joins the system, his / her individual preferences are not known (cold start), but are assigned to a similar user group through collaborative filtering. Suggestions are made to the new user according to the preferences of this user group. On the other hand, rarely rated items or items that have not yet been rated can be recommended to users with content based filtering. The hybrid model is named as MovieANN, and given in the Figure 1.2.

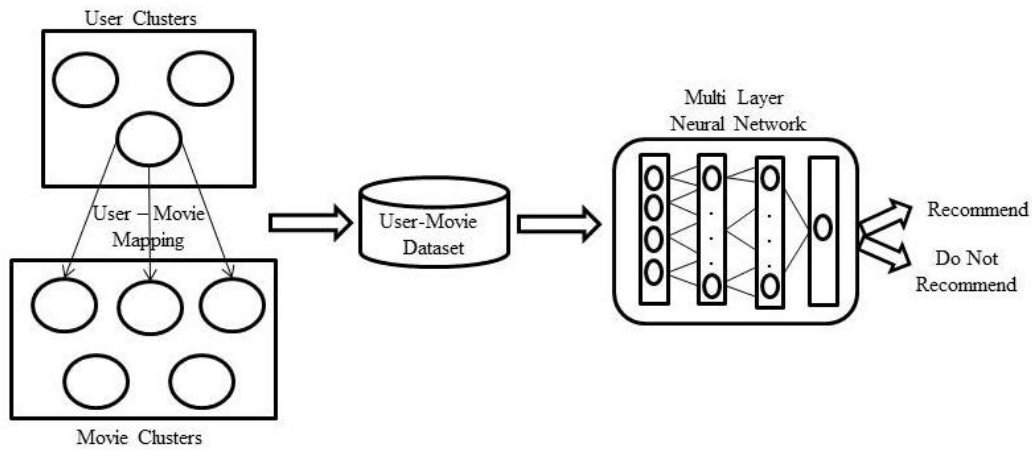


Figure 1.2. Overall structure of the MovieANN

In this system, users and movies are clustered according to the selected attributes. Recommendation step starts with mapping the user cluster into movie clusters. The data set resulting from this mapping is used in the training of artificial neural network model. The relevant model classifies whether a new film will be liked by the user.

The flow of the paper is organized as follows: Section-2 gives a brief background for filtering approaches, Section-3 presents the materials, details of the MovieANN and results are given in the Section-4 and the paper concludes in Section-5.

2. Methodology Background

In this section, a brief methodology background covering collaborative and content based filtering is given.

2.1. Collaborative Filtering

Collaborative filtering is widely used in recommendation systems (Chen et al., 2018). Collaborative filtering methodologies are based on the user – item matrix. This matrix stores the rating information of each item for each user. This matrix is given in the Figure 2.1.

	P_1	P_2	$P \dots$	P_N
U_1	R_{1-1}	R_{1-2}	$R_{1- \dots}$	R_{1-N}
U_2	R_{2-1}	R_{2-2}	$R_{2- \dots}$	R_{2-N}
$U \dots$	$R_{\dots-1}$	$R_{\dots-2}$	$R_{\dots- \dots}$	$R_{\dots-N}$
U_M	R_{M-1}	R_{M-2}	$R_{M- \dots}$	R_{M-N}

Figure 2.1. The user – item matrix, P indicates products, U indicates users and R indicates the rating given by a user for a specific product

This matrix is formed by the past actions of the user thus, in some studies this collaborative approach is named as Memory Based Collaborative Filtering (Chen et al., 2018]. Based on item – user matrix, recommendations are given according to the similarity of the users or similarity of the items. The user based approach try to group the users with similar preferences on a specific domain. If a product is ranked high among most of the users in the group, it is recommended to the users who did not rank the product yet. Item based approach focuses on the item ratings. For a specific user, rank of a new item is calculated according to its similarity to previously ranked items. In either case, the similarities must be calculated, neighborhood must be formed, and ratings must be assigned.

Cosine similarity (Vit, 2018), Euclidian distance (Draisma, et al., 2014), Pearson correlation (Pearson, 1895), and Jaccard similarity (Michael, 1971) are used to can be used to calculate the similarity of the products or the users. Among them cosine similarity and Pearson correlation is widely used (Bobadilla et al., 2013).

Suppose that there are two users (u_1, u_2) and n products where $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. The rating vector of the products is given $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$. Then the rating vector for u_1 is defined as $r_{u1} = \{r_{u1p1}, r_{u1p2}, \dots, r_{u1pn}\}$ and rating vector for u_2 is defined as $r_{u2} = \{r_{u2p1}, r_{u2p2}, \dots, r_{u2pn}\}$. In this condition, similarity between rating vectors r_{u1} and r_{u2} can be calculated by cosine similarity as follows:

$$\cos(r_{u1}, r_{u2}) = \frac{\sum_{i=1}^n r_{u1pi} \cdot r_{u2pi}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{u1pi})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{u2pi})^2}} \quad (2.1)$$

Pearson correlation is the sum of dot products of the difference between specific product rating and average rating of the products (, divided by their sum of root product. More formally:

$$\text{sim}(r_{u1}, r_{u2}) = \frac{\sum_{i=1}^n (r_{u1pi} - \bar{r}_{u1}) \cdot (r_{u2pi} - \bar{r}_{u2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{u1pi} - \bar{r}_{u1})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{u2pi} - \bar{r}_{u2})^2}} \quad (2.2)$$

Neighborhood generation is generally based on K – Nearest Neighbor (KNN) algorithm (Portugal et al., 2018). This algorithm calculates the distance between the active user (u_A) and other users (u). Then according to predefined number k , the nearest k users form the neighborhood of the active user. Different metrics, such as Euclidian distance, Manhattan distance and Minkowski distance, are used for distance calculations.

$$\text{Euclidian}(u_A, u) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_A - u_i)^2} \quad (2.3)$$

$$\text{Manhattan}(u_A, u) = \sum_{i=1}^n |u_A - u_i| \quad (2.4)$$

$$\text{Minkowski}(u_A, u) = (\sum_{i=1}^n |u_A - u_i|^x)^{1/x} \quad (2.5)$$

After the user similarities and neighborhood is determined, the rating prediction of the active user (u_A) for a new item, i , is calculated according to the formula (Chen et al., 2018; Resnick et al., 1994) below:

$$r_{u_A i} = \bar{r}_{u_A} + \frac{\sum_{u \in N} \text{sim}(u_A, u) (r_{ui} - \bar{r}_u)}{\sum_{u \in N} |\text{sim}(u_A, u)|} \quad (2.6)$$

Instead of similarity, neighborhood and rating prediction calculations, some collaborative filtering approaches use machine-learning methods to construct a decision model (Mahadevan, 2016). In this scheme the model learns the preferences of the similar users for a specific product. The learning scheme can be based on classification, clustering and matrix factorization (Xiao, 2019).

2.2. Content Based Filtering

This filtering method is widely used for text retrieval, news, book or other textual data recommendation (Pazzani, 2007). The methodology identifies the content of the item and this content is matched to user's profile. If the user is interested in the same or similar content, the item is recommended to the user. This scheme requires two important steps. To identify the content of a given item and to form a user profile.

Items are represented as vectors, $I = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ composed of n attributes. The goal is finding a function $F(I)$ that classifies the input vector. In a real world scenario the importance of the attributes are not equal. Thus, weights are assigned to attributes to indicate the importance. The weights are determined by using TF-IDF (Salton, 1975). If many items contain the attribute a_1 , then this attribute could be important and its importance is calculated by TF (term frequency). But high frequency attributes may not be important when differentiating items from each other. Low frequency attributes may be more important for distinguishing the items. This is represented by IDF (inverse term frequency).

Suppose that document set D consists of n documents $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ and terms are given in the term set $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, then TF for term t_1 in d_1 is calculated as follows:

$$TF(t_1, d_1) = \sum_{i=1}^m \frac{t_1 \in d_1}{t_i \in d_1} \quad (2.7)$$

$$IDF(t_1, D) = \log \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{t_1 \in d_i} \quad (2.8)$$

Then weight of the term t_1 is calculated as:

$$W_{t_1} = TF_{t_1} * IDF_{t_1} \quad (2.9)$$

These weights are used to construct the content vectors. These vectors are then used to learn the user preferences. Similarity calculations (Pazzani, 1999) and/or model based approaches (Campos et al., 2010) can be used in this learning process.

3. Materials

In order to test the performance of the MovieANN, MovieLens 1M Dataset (Maxwell, 2015) is used. This dataset includes one million ratings of six thousand users for four thousand movies. This data is organized as three separate ".dat" files that are "users.dat", "movies.dat", and "ratings.dat".

Users.dat" file stores user information. The attributes are id, age, sex, occupation and time stamp. The sex attribute is binary, F indicates female and M indicates male. The attributes

age and occupation are discrete. The age attribute has seven groups and the occupation attribute has twenty groups. Coding of these groups is given in the Table 3.1 and Table 3.2.

Table 3.1. Coding scheme for the occupation attribute

Group Code	Data
1	academic/educator
2	artist
3	clerical/admin
4	college/grad student
5	customer service
6	doctor/health care
7	executive/managerial
8	farmer
9	homemaker
10	K-12 student
11	lawyer
12	programmer
13	retired
14	sales/marketing
15	scientist
16	self-employed
17	technician/engineer
18	tradesman/craftsman
19	unemployed
20	writer

Table 3.2. Coding scheme for the age attribute

Group Code	Data Range
1	<18
18	18-24
25	25-34
35	35-44
45	45-49
50	50-55
56	>=56

“Movies.dat” file stores information about the movies. The attributes are movie id, movie name and genres. Genres are divided into eighteen subgroups. One movie can have more than one genre. The movie genre coding and the number of movies of a specific genre are given in the Table 3.3.

Table 3.3. Coding scheme for the genre attribute and number of the movies for each specific genre

Genre	Coding	Number of Movies
Action	1	503
Adventure	2	283
Animation	3	105
Children's	4	252
Comedy	5	1200
Crime	6	211
Documentary	7	127
Drama	8	1602
Fantasy	9	68
Film-Noir	10	44
Horror	11	343
Musical	12	114
Mystery	13	106
Romance	14	471
Sci-Fi	15	276
Thriller	16	492
War	17	143
Western	18	68

“Ratings.dat” file stores rating information. The attributes are user id, movie id, rating score and time stamp. The rating score is given as five star scale, with five indicating the highest rating.

4. The MovieANN

MovieANN is a hybrid movie recommendation system that combines collaborative and content based filtering and uses a multi-layer artificial neural network in the recommendation phase.

MovieANN is a hybrid movie recommendation system that combines collaborative and content based filtering and uses a multi-layer artificial neural network in the recommendation phase.

To handle the cold start problem in the content based approach, users are grouped according to their similarities. By this way, a new user is assigned to a specific user group with similar preferences. To handle the data sparsity problem in the collaborative filtering, a content based approach is used. Movies are grouped according to their content similarity. Thus, movies with little or no rating information can also be recommended.

In order to group the similar users and similar movies, clustering is used. For clustering, K-Means (Zahra et al, 2015) and X-Means (Pelleg, 2000) algorithms are preferred. The optimum number for k in the K-Means algorithm is determined by the assumption $k \ll \sqrt{N}$ where N is the total number of instances in the data set. X-Means calculates the optimum k according to Bayesian Information Criteria (Schwarz, 1978). The cluster performances are measured by average intra cluster distance (AID) and Davies-Bouldin Index (DBI) (Davies, 1979). Average intra cluster distance identifies the similarity of the item in a

specific class. DBI gives a ratio of inter cluster dissimilarity and intra cluster similarity. Rapidminer 9.1 (Mierswa, 2019) tool is used for implementing the clustering algorithms. For movie clustering both K-Means and X-Means divide the movie dataset into two clusters. The AID and DBI are also the same for both methods and calculated as 0.247 and 0.495 respectively. Only the number of movies in the clusters slightly differs. The Figure 4.1 represents the clusters formed by K-Means and X-Means for movie dataset.



Figure 4.1. Cluster results for movie dataset

To identify the similarity of the users, a user cluster is formed. This cluster is based on the attributes of the “user.dat” dataset, except the timestamp attribute. Timestamp can be used to find similar users. For example, users with an occupation can watch movies at night, users with no occupation can watch movies at daytime. Unfortunately, we cannot infer such information from the timestamp attribute in the data file.

For clustering of the users, K-Means and X-Means give different results. K-Means algorithm divides the users into two clusters while X-Means divides them into four clusters. The results are compared in the Figure 4.2.

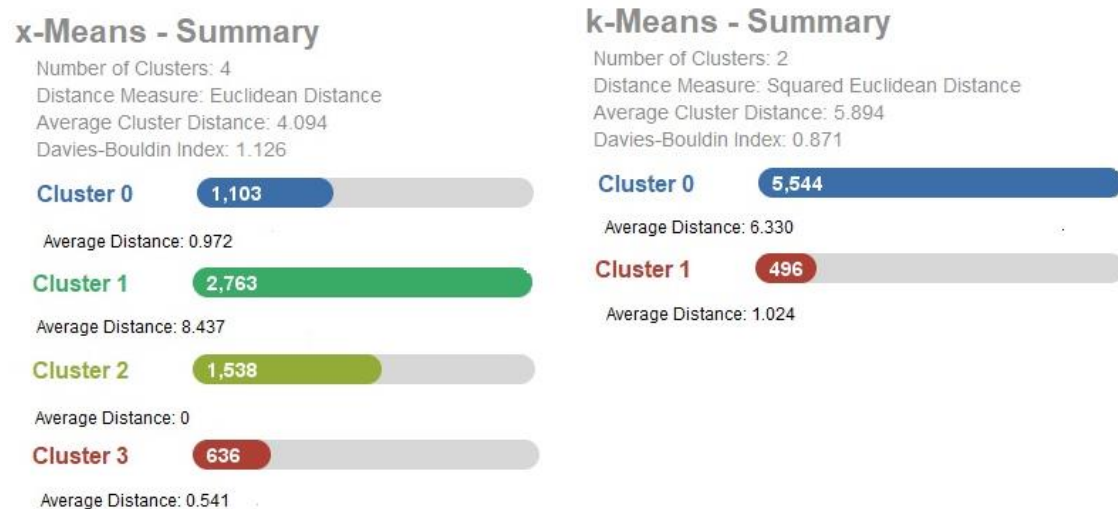


Figure 4.2. Cluster results for user dataset

Figure-4.2 shows that K-Means algorithm gives better results in terms of DBI. However, the clusters are heterogeneous and majority of the data is grouped in the first cluster (Cluster 0). X-Means formed four clusters and they are more homogenous when compared to clusters of K-Means. This condition is verified by the AID. X-Means algorithm gives better results in terms of AID. We can say that clusters of K-Means are distant but the data in a given cluster are also distant. Contrary, in X-Means clusters are closer. Moreover, in each specific cluster, data points are more similar.

In the recommendation phase, a movie is recommended to a user. In this step, the specific cluster, cluster-X, which user belongs is chosen. Movies rated by the users in Cluster-X are retrieved and mapped to users. The user-movie mapping clusters and movie genre distribution among these clusters are given in the Figure 4.3.

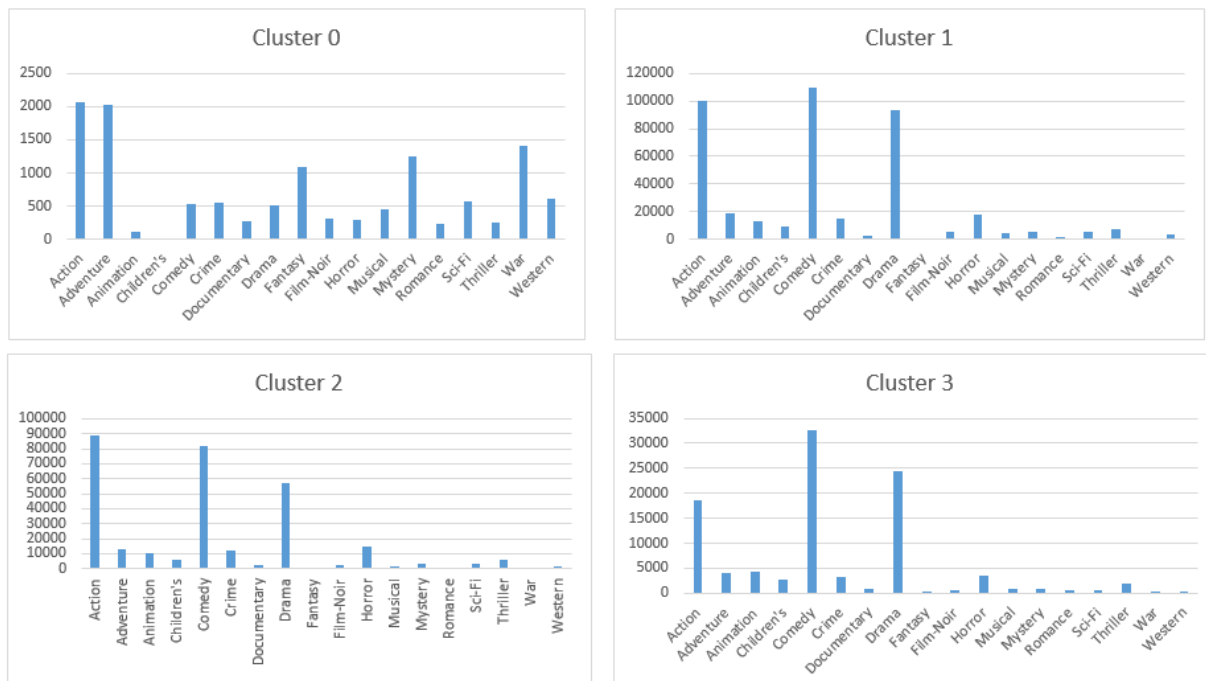


Figure 4.3. User – Movie mapped clusters and distribution of movie genre among these clusters

According to Figure 4.3 the most rated movie genres in Cluster 0 is action and adventure. The users in Cluster 1 mostly rated comedy, action and drama. In Cluster 2, action movies are mostly preferred and followed by comedy and drama.

After the movie-user mapping, a multi-layer artificial neural network model is built over this mapped dataset. The neural network architecture has two hidden layers. The first hidden layer consists of ten nodes and the second hidden layer consists of five nodes. The sigmoid activation function is used in each layer. The model is implemented in Rapidminer 9.3. Learning rate, training cycles and momentum parameters are optimized. Each value range is optimized by step size of four and this gives 125 combinations to test. The value ranges, and the optimum values are given in the Table 4.1.

Table 4.1. The performance results of the recommendation models for each specific cluster

	Min. Value	Max. Value	Optimum Value Cluster-0	Opt. Val. Cluster-1	Opt. Val. Cluster-2	Opt. Val. Cluster-3
Training Cycle	50	200	200	200	200	200
Learning Rate	0	1	0.25	0.25	0.25	0.25
Momentum	0	1	0.333	0.25	0.25	0.25

Optimum training cycles, momentum and learning rates are used for each specific cluster. The multi-layer models for each cluster are given in the Figure 4.4.

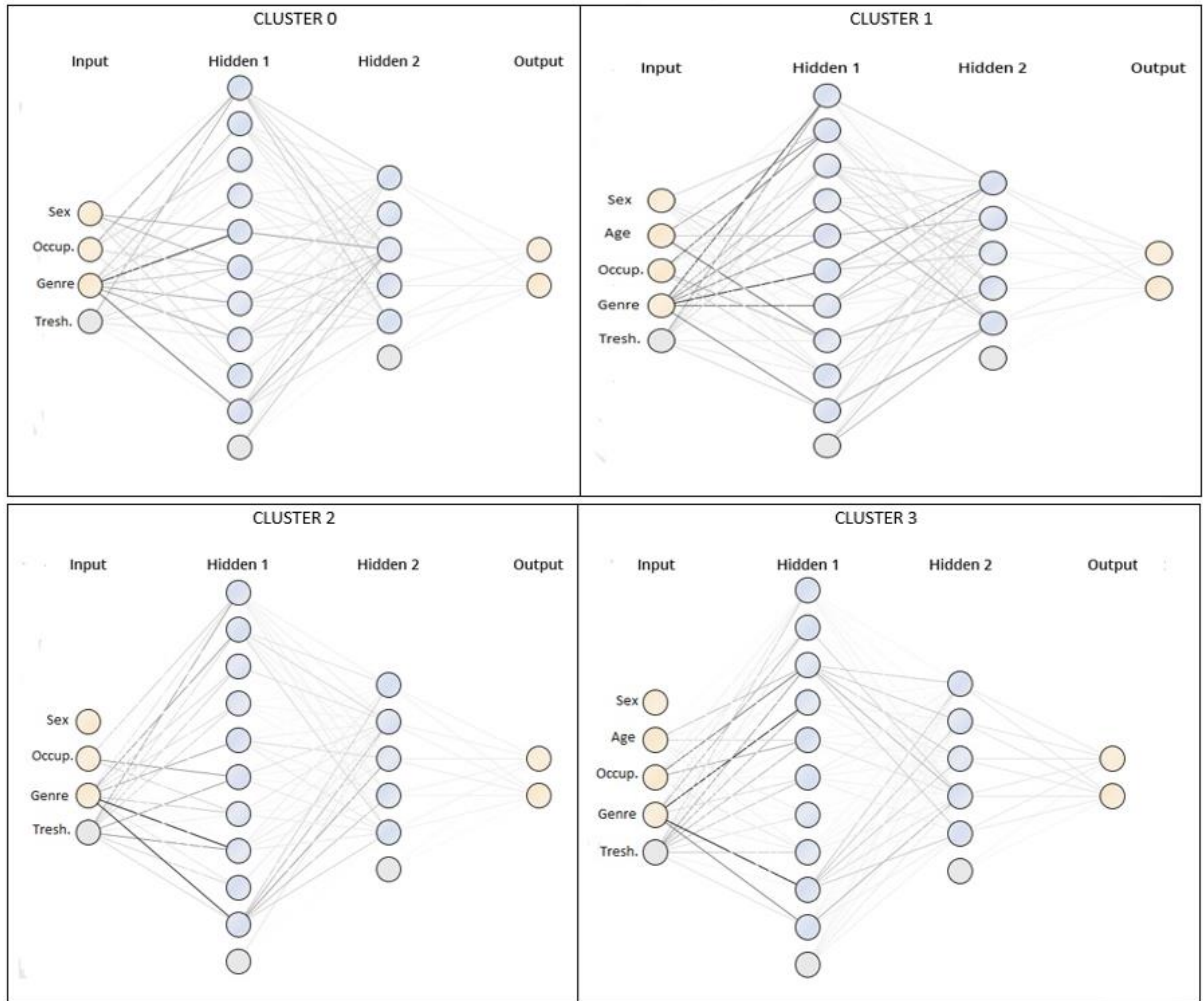


Figure 4.4. Multi-layer neural network structures for each given cluster

As given in the Figure 4.4, age attribute is not given as an input for the clusters 0 and 1. This is because a single age range represents each cluster. On the other hand, in the clusters 1 and 3 the age attribute is given as an input because different age ranges exists in these clusters. The details of each architecture are given in the supplementary material.

For each recommendation model, the data set is divided as 70% training 30% testing. The performances of these models are measured in terms of accuracy, precision and recall. The performance results are given in the Table 4.2.

Table 4.2. The performance results of the recommendation models for each specific cluster

	Model-1 (Cluster 0)	Model-2 (Cluster 1)	Model-3 (Cluster 2)	Model-4 (Cluster 3)
Accuracy	80.86	85.80	82.09	89.33
Precision	80.86	85.87	82.09	89.33
Recall	100	99.9	100	100

The Table 4.2 shows that for all clusters, the recommended movies are relevant in terms of accuracy, precision and recall. The overall accuracy of the MovieANN is 84.52%. In terms of precision and re-call, the overall performance is 84.54% and 99.98% respectively.

In order to compare K-Means and X-Means clusters, the same ANN approach is used. K-Means have two clusters as given in the Figure 4.2. Thus, two separate ANN models are formed. The performance indicators of these models are given in the Table-4.3.

Table 4.3. The performance results of the recommendation models for K-Means clusters

	Model-1 (Cluster 0)	Model-2 (Cluster 1)
Accuracy	83.2	87.92
Precision	100	80
Recall	~0	2.68

As given in the Table 4.3, the decision models formed by K-Means clusters suffer from low recall rates. Low AUC results, 0.588 and 0.621 also consolidate this. The decision models formed by X-Means cluster are more solid and overall performance indicators, including recall, are more promising and higher.

5. Conclusion

Recommendation systems are used to filter the vast amount of data and present relevant information according to the user preferences. These systems can be applied to many different domains and movie recommendation is among them. Movie recommendation systems use three main approaches. These are collaborative filtering, content based filtering and hybrid systems. Collaborative filtering mainly suffers from data sparsity and content based filtering suffers from cold start problem. In order to overcome the disadvantages hybrid systems are proposed. These systems combine the two main filtering approaches by different methodologies such as weighting or augmentation. Some hybrid systems combine a machine learning model along with a filtering method. In such systems, the main problem is the number of decision models. Often, a decision model is built for every specific user or item. This increases complexity as well as the computation time.

In order to overcome the cold start problem of content based filtering and data sparsity of collaborative filtering, we built a hybrid model, MovieANN, based on multi-layer artificial neural network. This model constructs movie and user clusters. Movie clusters are formed in a content based manner and user clusters are formed in a collaborative manner. K-means and X-Means algorithms are used in clustering and final clusters are chosen according to Davies-Bouldin Index and average distance measures. In the recommendation phase, the user and movie clusters are mapped. For a specific user, the cluster of that user is chosen and recommendation model is based on this specific cluster. The recommendation model is based on multi-layer neural network. The network consists of two hidden layers.

MovieANN is tested on MovieLens' 1M dataset and overall accuracy is 84.52%. With overall precision of 84.54% and overall recall of 99.98%, the performance indicators of MovieANN are very high.

6. Future Work

Although MovieANN's recommendation performance is high, we will make improvements to increase the performance even further.

Both user and movie attributes are very limited, depending on the data set used. A parser will be written to retrieve information from movie sites. These information will be processed with TF * IDF method in accordance with the content based approach. This allows more attributes to be processed for the movies.

References

- Attarde D.V., Singh M., 2017. Survey on Recommendation System Using Data Mining and Clustering Techniques. *International Journal for Research in Engineering Application and Management (IJREAM)*, 3(9). ISSN : 2454-9150.
- Bobadilla J., Ortega F., Hernando A., Gutiérrez A., 2013. Recommender Systems Survey. *Knowledge-Based Systems*, 46: 109–132.
- Burke R., 2002. Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User Model User Adapt Interact*, 12: 331–370.
- Cami B. R., Hassanpour H., Mashayekhi H., 2017. A Content-Based Movie Recommender System Based on Temporal User Preferences. *Third Iranian Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ICSPIS)*. DOI: 10.1109/ICSPIS.2017.8311601.
- Campos L.M, Fernández-Luna J.M., Huete J.F., Rueda-Morales M.A., 2010. Combining Content-Based and Collaborative Recommendations: A Hybrid Approach Based on Bayesian Networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 51: 785–799.
- Chen R., Hua Q., Chang Y.S., Wang B., Zhang L., Kong X.A, 2018. Survey of Collaborative Filtering-Based Recommender Systems: From Traditional Methods to Hybrid Methods Based On Social Networks. *IEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2877208.
- Christakou C., Stafylopatis A., 2005. Hybrid Movie Recommender System Based on Neural Networks. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA '05)*. DOI: 10.1109/ISDA.2005.9.
- David D.L., Bouldin D.W., 1979. A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. PAMI-1(2): 224–227. DOI:10.1109/TPAMI.1979.4766909
- Draisma J., Horobeț E., Ottaviani G., Sturmfels B., Thomas R., 2014. The Euclidean Distance Degree. *arXiv:1309.0049*.

- Gupta U., Patil N., 2015. Recommender System Based On Hierarchical Clustering Algorithm Chameleon. IEEE International Advance Computing Conference (IACC). DOI: 10.1109/IADCC.2015.7154856.
- Harper M.F., Konstan J.A., 2015. The MovieLens Datasets: History and Context. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS), 5(4).
- Haruna K., Ismail M. A., Damiasih D., Sutopo J., 2017. A Collaborative Approach for Research Paper. PloS One, 12(10): 1-17.
- Karimi, M., Jannach, D. & Jugovac, M.(2018). News recommender systems – Survey and roads ahead Information Processing & Management, 54(6): 1203-1227.
- Koohi H., Kiani K., 2017. A New Method To Find Neighbor Users That Improves The Performance Of Collaborative Filtering. Expert Systems with Applications: An International Journal, 83(C): 30-39.
- Kumar M., Yadav D.K., Singh A., Gupta V.K., 2015. A Movie Recommender System: MOVREC. International Journal of Computer Applications, 124(3).
- Lekakos G., Caravelas, P., 2008. A Hybrid Approach for Movie Recommendation. Multimed Tools Appl, 36: 55–70.
- Levandowsky M., David W., 1971. Distance Between Sets. Nature, 234(5): 34–35.
- Mahadevan A., Arock M., 2016. A Study and Analysis of Collaborative Filtering Algorithms for Recommender Systems. International Journal of Circuit Theory and Applications, 9(27): 127-136.
- Mierswa I., Klinkenberg R., 2019. Rapidminer Studio 9.1: Data Science, Machine Learning, Predictive Analytics.
- Pazzani M.J., 1999. A Framework for Collaborative, Content-Based and Demographic Filtering. Artificial Intelligence Review, 13: 393–408.
- Pazzani M.J., Billsus D., 2007. Content-Based Recommendation Systems. In: Brusilovsky P., Kobsa A., Nejdl W. Eds. The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg. 4321.

- Pearson K., 1895. Notes on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58: 240–242.
- Pelleg D., Moore A., 2000. X-Means: Extending K-Means with Efficient Estimation of The Number Of Clusters. In *Proceedings of the 17th International Conf. on Machine Learning*, 727 – 734.
- Portugal I., Alencar P., Cowan D., 2018. The Use of Machine Learning Algorithms in Recommender Systems: A Systematic Review. *Expert Systems with Applications*, 97: 205 – 227.
- Resnick P., Iacovou N., Suchak M., Bergstrom P., Riedl J., 1994. Grouplens: An Open Architecture for Collaborative Filtering Of Netnews. In *Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*. DOI: 10.1145/192844.192905.
- Rombouts J., Verhoef T., (Date of access: July 2019). A Simple Hybrid Movie Recommender System.
http://www.fon.hum.uva.nl/tessa/Verhoef/Past_projects_files/Eind_Rombouts_Verhoef.pdf.
- Salton G., Wong A., Yang C.S., 1975. A Vector Space Model for Automatic Indexing. *Communications of the ACM*, 18(11).
- Sridevi M., Rao R.R., Rao M.V., 2016. A survey on recommender system. *International Journal of Computer Science and Information mSecurity (IJCSIS)*, 14(5).
- Schwarz G.E., 1978. Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 6(2): 461–464.
- Tüysüzoğlu G., Işık Z., 2018. Hybrid Movie Recommendation System Using Graph-Based Approach. *International Journal of Computing Academic Research (IJCAR)*, 7(2): 29-37.
- Virk H.K., Singh M., Singh A., 2015. Analysis and Design of Hybrid Online Movie Recommender System. *IJIET* 5(2).

Vit N., 2018. Implementation Notes for The Soft Cosine Measure. In Proceedings The 27th ACM International Conference On Information And Knowledge Management, 1639–1642.

Xiao T., Shen H., 2019. Neural Variational Matrix Factorization with Side Information for Collaborative Filtering. In: Yang Q., Zhou Z.H., Gong Z., Zhang M.L., Huang S.J., Eds. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2019. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham.

Zahra S., Ghazanfar M.A., Khalid A., Azam M.A., Naeem U., Bennett A.P., 2015. Novel Centroid Selection Approaches for K-Means Clustering Based Recommender Systems. Information Sciences, 320(1): 156-189.

Developing Novel Materials to Increase Opacity Performance of the CaO-Al₂O₃-SiO₂ System in Ceramic Coatings

Arife Çırpın^{1,3*}, Emin Yakar²

¹Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği A.B.D.

29.04.2019 Geliş/Received, 14.11.2019 Kabul/Accepted

Abstract

The era we live in is the age of rapid changes. Turkey is a developing country with increasing needs. As in other countries, the main axis of development inevitably constitutes the construction sector. This motivation is a common for the ceramic industry; however it should be focused on the whitening agents used on ceramic tiles with the view of their contribution on the cost including imported ingredients. In this study, a novel whitening agent is formulated by introducing native raw material compositions to reduce costs in ceramic tiles production. To characterize the whitening agent, chemical structures of the raw materials were firstly carried out with particle size, X-ray diffraction (XRD), and X-ray fluorescence (XRF) analyses. Zircon, aluminum and silicon oxide were obtained based on the regarding chemical analyzes in the content of introduced raw materials. In addition, the XRD analysis reveals that grain sizes of zircon, corundum, spinel (Li, Ti), baddeleyite and gibbsite are in between 1.50-2.00 µm.

Keywords: ceramic, zirconium, whitening, aluminum oxide, characterization, mineralogy.

Seramik Kaplama Malzemelerinde CaO-Al₂O₃-SiO₂ Sisteminde Kullanılacak Örtücülük Performansını Arttırıcı Yeni Malzemelerin Geliştirilmesi

Öz

İçinde yaşadığımız çağ, hızlı değişimlerin çağıdır. Türkiye de artan ihtiyaçları olan gelişmekte olan bir ülkedir. Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, ana gelişme eksenini kaçınılmaz olarak inşaat sektörü oluşturmaktadır. Bu motivasyon seramik endüstrisi için de ortak bir unsurdur, ancak ithal edilen malzemelerin maliyete katkısı göz önüne alınarak seramik karolarda kullanılan beyazlatıcılara odaklanması gerekmektedir. Bu çalışmada maliyet azaltma çalışmaları kapsamında seramik üretiminde fiyat ve miktar açısından önemli bir girdi olan Zirkonun yerine kullanılmaya başlanan ithal beyazlatıcının yerli kompozisyonları elde edilmesine katkı sağlayacak beyazlatıcı karakterizasyon çalışmaları tamamlanmıştır. İlk

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Arife Çırpın
(e-posta: arifecirpin@kale.com.tr)

aşamada kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri, tane boyutları (mastersizer) , X-Işın difraksiyonu (XRD) ve X-Işını floresans (XRF) analiz çekimleri yardımı ile kimyasal, fiziksel ve mineralojik analizleri tamamlanmıştır. Kimyasal analizlerinde zirkon silikat, alüminyum oksit ve silisyum oksit saptanmıştır. Ayrıca tane boyutlarının $d_{50}=1,50$ ile μm - $2,00$ μm arasında olduğu X-Işın difraksiyonu (XRD) mineralojik analizlerinde ise zirkon, korundum, spinel (Li ,Ti), baddeleyite, gibbsite varlığı da görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: seramik , zirkon , beyazlatıcı , alüminyum oksit , karakterizasyon, mineraloji

1. Introduction

While some parts of the ceramic raw materials are available, zircon silicate which is used for white color and providing opacity, is not produced in our country and all zircon silicate is imported from other countries. In the ceramic sector, zircon is used for production of tile, vitrified materials, dinner ceramics, ceramic health tools as well as for production of glaze and frit needed for fabrication of ceramic materials (Zucca, 2013).

All the materials used as replacement for zircon in the recipe are called as whitening agent. These materials are purchased directly or through the seller representatives from other countries. White, nontransparent glazes of fast-fired wall tiles are made opaque by the zirconia (ZrO_2) present in the frits. Zircon plays an important role in providing to the wall and floor tile glaze. Zircon (ZrSiO_4) is increasingly reducing the amount of use due to both high costs and the rapid depletion of reserves even alternative glaze systems are looking for ways to get rid of it completely (Pekkan, Karasu 2009).

The grain size of the zircon demanded for producing glaze and engobe is $9 \mu\text{m}$ zircon ($d_{50}=1.2-2 \mu\text{m}$) (Synders et al., 2005).

In this study, the mineralogical and chemical composition and grain size of the whitening agents used in tile coating were investigated by using XRD, XRF, classical chemical melting method and Mastersizer.

2. Materials and Method

In this study, characterization of different whitening agents was tried to be defined. While physical and chemical tests give information about the material, it will shed light on the domestic whitening studies to be carried out in the future.

Table 2.1 The types of whitening agents

COMPANY	MATERIAL
SILPO	SILPO GLK
AMC	ZIRKUOX MEDIUM
AMC	ZIRKUOX MED KFG
AMC	ZIRKUOX EXTRA-2
REMIX	WG-41
GUZMAN	ZA-40

The chemical compositions of the raw materials were determined with a XRF spectrometer (Panalytical Axios). Samples were prepared as fused beads for XRF. Fused beads were created by mixing a finely powdered (<63µm) sample with a flux (lithium tetraborate /metaborate mixture) in a flux /sample ratio of 10:1 and then heated to 1050°C in a platinum crucible. The powders were heated up to 1000°C for 1 h to determine the loss of ignition as weight difference before and after heating.

The grain size analysis, 1 gram of sample was dissolved in water and analyzed in Malvern 3000 in liquid form.

X-ray powder diffraction patterns were recorded at room temperature with a Panalytical X'pert Pro MPD diffractometer using Cu K α radiation and the X'Celerator Detector on diffracted beam. XRD data were collected in a Bragg Brentano (θ/θ) vertical geometry (flat reflection mode) between 3° and 70° (2 θ) in steps of 0.02°2 θ and step-counting time of 1 s. The X ray tube operated at 40 kV and 30 mA. 1/2° divergence slit, a soller slit (0,04 rad) and a 10 nm fixed mask were mounted in the incident beam pathway. The software High Score Plus (v.6.0) for peak identification and automated search-match was used to analyze the resulted of diffraction patterns. The quantitative analyses have been carried out by the combined Rietveld-Reference Intensity Ratio (R.I.R) method as explained by Young (1995).

3. Results and Discussion

3.1 XRF Analysis and Chemical Compositions

As shown in Table 3.1, chemical structures of whitening agents are given as percentage. After quantitative scanning with XRF, the analyzes were completed with classical chemical melting. The results showed that ZrO₂ was 20-33% in 5 whitening agents. It is determined that the Al₂O₃ ratio is higher than the ZrO₂ ratio and it consists mainly of Al₂O₃ + ZrSiO₄.

Table 3.1. % Chemical analysis results

Chemical Analysis	ZIRKUOX EXTRA-1	ZIRQUAX MED KFG	ZIRQUAX MED	ZIRQUAX EXTRA-2	WG-41	ZA-40
L.O.I*	3,62	0,48	0,5	0,41	0,94	1,01
SiO ₂	12,18	20,86	16,19	11,31	16,9	16,62
Al ₂ O ₃	55,02	47,33	49,73	64,53	49,77	49,07
TiO ₂	0,18	0,17	0,15	0,07	0,15	0,16
Fe ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	TRACE	0,01
CaO	2,23	0,19	0,1	0,06	0,09	0,07
MgO	1,65	0,23	0,24	0,3	0,25	0,25
Na ₂ O	TRACE	TRACE	TRACE	TRACE	TRACE	TRACE
K ₂ O	0,01	0,02	0,01	0,01	TRACE	TRACE
ZrO ₂	24,95	30,35	33,12	23,36	31,98	32,44

*Lost on ignition

The functions of the zirconium silicate and alumina can be described as below.

Zirconium Silicate: Zirconium silicate forms are used in varying particle size distribution. It is a very good opacifier. Zirconium silicates are used as opacifiers in glazes fired between 940 and 1300 °C. Only a part of the zirconium silicate joins the other components while the other part remains its own. The associated part increases the crack resistance of the glaze. Zirconium also has a color stabilizer effect (Sacmi, 2009).

Zirconia is used sometimes as heating agent, sometimes used as abrasion resistant machine parts, such as cutting devices and extrusion molds, due to its high hardness and abrasion resistance, are sometimes seen as indispensable materials in ceramic coatings for oxidation and thermal barrier due to their high chemical stability (Tokgöz, 2008; Shockelford and Doremus, 2008).

Alumina (Al₂O₃): Calcined alumina or alumina hydrate, taken from feldspars, kaolin and corundum. When used in appropriate proportions (4 to 8%) in low-grade glazes, provides increase in viscosity, bending strength, resistance to acids, decrease in tendency to devitrification (crystallization), expansion coefficient, increase in improved opacity. The amount of Al₂O₃ involved in the glaze is reduced or increased based on the fusing temperature of the glaze. The matt and satin surface glaze contains a high amount of Al₂O₃. But glossy surface glazes contains small amount. The amount of Al₂O₃ added to the glaze also depends on the grain size distribution. If the particles are small, the amount to be added decreases and the larger the particle size, amount of Al₂O₃ increases. Due to the fact that it is an amphoteric substance, this oxide is combined with basic oxides to combine with silica. It is therefore the most effective stabilizer (Kaya, 2010). Since whitening agents are recommended by companies as zircon alternatives, they can be preferred as long as their prices are below the zircon price. This enables firms to produce whitening agents by using materials that are cheaper than zircon. Al₂O₃ is used to increase whiteness alongside zircon.

3.2. Grain Size

The determination of the grain size distribution of the materials to be used is important in the phase transformation of materials against the heat, and behavior in the prescription. Another condition is the conversion of the tetragonal (and cubic) zirconia phase at high temperature into the monoclinic phase at room temperature and its relevance to the particle size of zirconia. According to many sources, if tetragonal zirconia is pure and greater than a certain (critical) size, it returns to room temperature as a monoclinic phase. (Rendtorff et al., 2009; Garrido et al., 2006; Ebadzadeh and Ghasemi, 2002; Zhao et al., 2003). The grain size distribution of the whiteners used alternative to the zircon should be close to the grain size distribution of the zircon used. Relativity of the grain size distribution of materials with water sorption and color measurements (L, a, b values) of the will be examined separately.

Table 3.2. Grain size of zircon

Grain Size	d50	d90
Zr MO	1,53	4,77

Table 3.3 Grain size distribution of the whitening agent samples

GRAIN SIZE	d50	d90
ZIRKUOX EXTRA-1	2,26	12,44
ZIRQUAX MED KFG	2,74	14,79
ZIRQUAX MED	2,14	10,85
ZIRQUAX EXTRA-2	2,61	14,33
WG-41	1,95	8,64
ZA-40	1,78	8,78

When the particle size distribution analyzes were examined, it was seen that the d50 values of the samples ranged from 1.2 to 2.7 μm . The d50 value for the zircon used in ceramic ranges from 1.5 to 2.5. (As shown in Table 3.2). It is seen that Table 3.3 d50 value of 4 of 6 samples is within this range and 2 of them are within 2-3 μm range. Although the range of 2-3 μm is an acceptable range, samples with values above this are excluded from the acceptance criteria. The d90 value of the zircon used should be 9 μm . When the results of the samples are examined, it is seen that only 2 materials are in desired size. D90 value of 4 samples is over 10 μm .

The desired size of the grain size distribution is important for the more uniform distribution of the material in the recipe and the grinding time.

The effect of grain size distribution on glaze surfaces is shown in Figure 3.1.

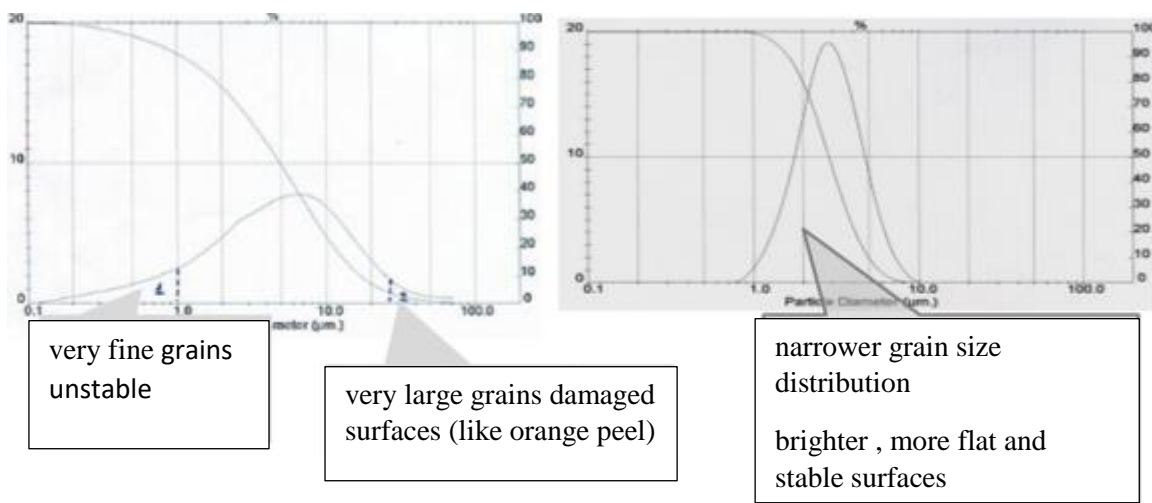


Figure 3.1 Effect of particle size distribution on surface performance

3.3 Structural Properties

XRD phase analysis of whitening agent samples are given in Table 3.4 These analyzes showed that whitening agents were mostly corundum. Apart from corundum, zircon and dolomite were detected in a sample and information was obtained about the mineralogical content of the materials.

Table 3.4 XRD phase analysis results of whitening agents

XRD Phase Analysis	ZIRKUOX EXTRA-1	ZIRQUAX MED KFG	ZIRQUAX MED	ZIRQUAX EXTRA-2	WG-41	ZA-40
Corundum	68%	44%	65%	49%	65%	64%
Zircon	16%	49%	33%	50%	33%	34%
Feldspat		7%				
Dolomite	14%					
Gibbsite						2%
Others	2%		2%	1%	2%	

According to the XRD and chemical analysis results of Zirquox Med KFG material, it was seen that this material is $ZrSiO_4$ when the 49% Zircon crystal and 20,86% SiO_2 contents were taken into consideration. Since the corundum is 44%, we can say that the material is a corundum based material.

When the XRD and chemical analysis results of Zirquox MED material are examined, it is seen that this material is mostly corundum.

When the XRD and chemical analysis results of Zirox Extra 2 material are examined, it is seen that this material is mostly corundum as well.

When the XRD and chemical analyzes of WG-41 sample were examined, this material was identified as $ZrSiO_4$ considering the 65% corundum from XRD pattern, silica and zirconium contents from the chemical analysis.

It is seen that the material of Guzman ZA 40 is mostly corundum. According to the chemical analysis, it is observed that it has approximately 49.07% Al_2O_3 and about 32.44% zircon. It can also be said that it is $ZrSiO_4$ because of its silicon content. We can call this material corundum.

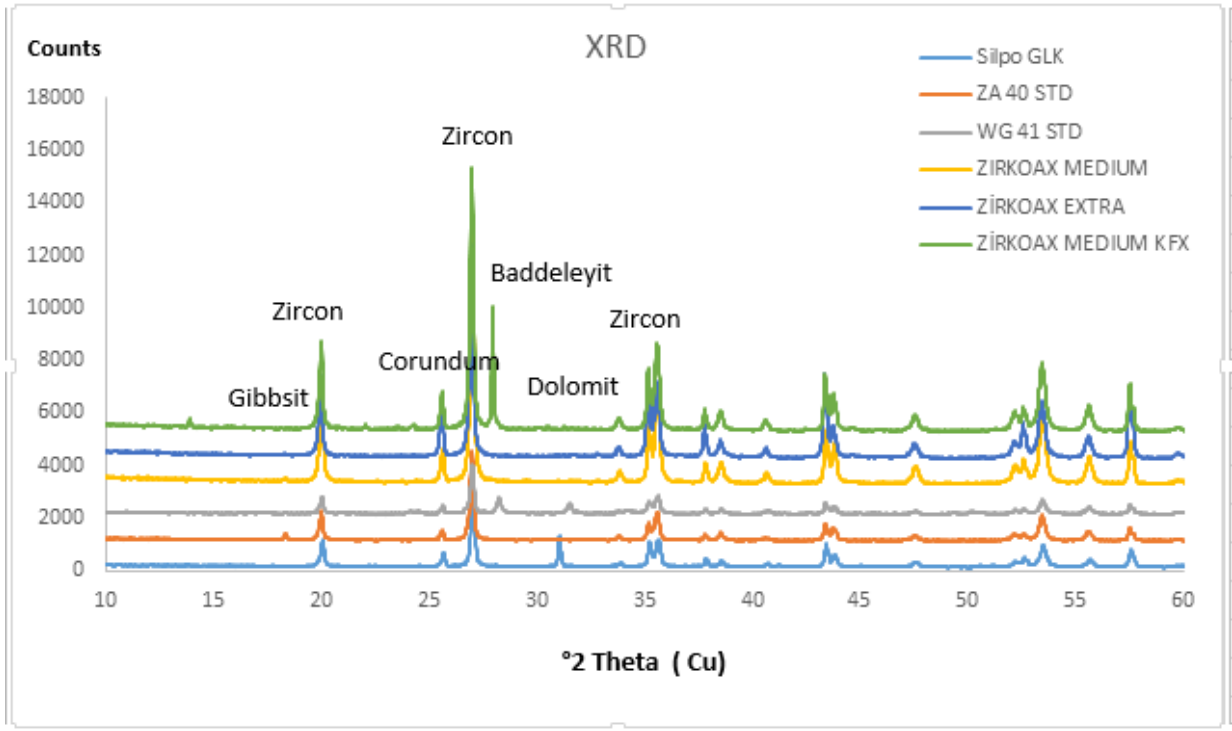


Figure 3.2 XRD results

4. Conclusion

In this study, characterization of imported whitening agents was determined. It was observed that 4 of 6 whitening mineralogical minerals composed of corundum with 50-65% ratio. In general, these materials were found to contain $ZrSiO_4$ and they contained a small amount of different minerals in their structure. Alternative materials studies related to many raw materials used in the ceramics industry and especially the materials that imported are carried out and will continue. These studies should be continued in order reduce the cost and produce alternative materials. In this context, in the future, the characterization studies will be very important for the purpose of domestic production.

References

- Ağaçayak T., 2009. Seramik Hammaddeler, Selçuk Üniversitesi, S.12 (Ders notu)
- Anonim., 2003. Ceramics in Turkey, The History of Earth and Fire, Turkish Ceramic Promotion Committee, Central Anatolian Exporter Union, s.9, 10, 20:99-105
- Baykara T., 1984. Sert Malzeme Olarak Alümina, 2. Ulusal Al. San. Kongre Seydisehir/Konya
- Bocanegre-Bernal M. H., Diaz De La Torre S., 2002. Review Phase Transitions in Zirconium Dioxide and Related Materials for High Performance Engineering Ceramics, Journal of Materials Science, 37: 4947-4971
- Bozkurt E., Özer Y., 2017. Seramik Malzemelere Zirkonyum İlavesinin Etkileri ve Mekanik Özellikleri Konusunda Bir Araştırma Pamukkale Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü s.18-19
- Burzacchini B., Paganelli M., Christ H.G., 1996. Examination of fast-fire frits and glazes using a hot stage microscope at different heating rates, Ceram. Eng. Sci. Proc., 17:60-66
- Çakıcı R.İ., 2014. Seramik Üretiminde Alternatif Hammaddelerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması ve Maliyet Azaltma Çalışmalarının Yapılması Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi 1-3-38
- Dudnik E.V., Shevchenko A.V., Ruban A. K., Red'ko V. P., Lopato L., M., 2011. Microstructural Design of ZrO₂-Y₂O₃-CeO₂-Al₂O₃ Materials, Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 49, : 9-10.
- Ebadzadeh T., Ghasemi, E., 2002. Effect of TiO₂ addition on the stability of t-ZrO₂ in mullite-ZrO₂ composites prepared from various starting materials Vol.28 , issue 4, Pages 447-450
- Garrido E.F. Aglietti , L. Martorello, M.A. Camerucci , A.L. Cavalieri, 2006. Hardness and fracture toughness of mullite-zirconia composites obtained by slip casting, Materials Science and Engineering A, 419 , 290-296

- Jose F., Alarcon J., 2003. Effect of additives on the crystallization of cordierite-based glass ceramics as glazes for floor tiles, *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 23, Issue 6, :817-826.
- Kaya O., 2010. Yüksek Lisans Tezi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı s.16-20
- Kays A., 2006. Farklı oranlarda Al₂O₃ katkılı % 8 molybdenum ile dengelenmiş kübik zirkonyada mikroyapı - Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Paganelli M., 1997. Studying frits with the heating microscope, *Ceramic World Review*, 24, 149-151 (1997-a)
- Paganelli M., 1997. New research prospects in the traditional ceramic sector: in situ observation of the sintering process, *Ceramic World Review*, 24, 108-111 (1997-b)
- Parmalee C.W., 1973, *Ceramic Glazes*, Cahn Books, Boston. Chapter 2
- Pekkan K., Karasu B., 2009. Cam-Seramik sistemlerinden Hızlı Pişirim Duvar Karosu Opak Sırası olarak Faydalanılması, *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 37-44
- Rendtorff N.M., Garrido, L.B., Aglietti, E.F., 2009, Zirconia toughening of mullite-zirconia-zircon composites: properties and thermal shock resistance, *Ceramic International*, 35, 779-786.
- Riley F., 2009. *Structural Ceramics*, Cambridge University Press, UK., pp.12-322
- Ruys A.J., Sorrell C.C., 1996. Slip Alumina with Na-CMC, *The American Ceramic Society Bulletin*, 75(11):66-69
- Sacmi I., 2009. *Uygulamalı Seramik Teknolojisi (1)*. (İ. Özkan, Çev.). Basım Yeri: İstanbul. (2002).
- Sainz I.G., 1990, Physical – Chemical characteristics of ceramic glazes and their influence on quality of floor and wall tiles, *Tile Brick Int*, 6, p21.
- Snyders E., Potgieter J.H., Nel J.T., 2008. The Upgrading of an Inferior Grade Zircon to Superior Opacifier for Sanitary Ware and Glazes *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* vol.105v

- Southon P., 2000. Structural Evolution During the Preparation and Heating of Nanophase Zirconia Gels, University of Technology, Sydney. 2-3, 2-4, 2-5.
- Sümer G., Kaya M., 1995. Aydın-Çine Feldspatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s.59
- Tokgöz T., 2008. Yönlendirilmiş mullit/zirkonya kompozitlerine Y₂O₃ ilavesinin mekanik özellikler üzerindeki etkisi. Yüksek Lisans Tezi,. Gebze Yüksek teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 71 s.
- Turan S., Erkut M., 2003. Sır Bileşiminde Bulunan Oksitlerin Sırın Termal ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi Anadolu Üniversitesi SAM Proje s.3-10
- Yılmaz Ş., Toplan H.Ö. Demirkıran A.Ş., 2015. SAÜ.Müh. Fak. Metalurji ve Malz. Müh. Bölümü "SERAMİK MALZEMELER", 2015-16 Güz Yarıyılı Ders Notları 5-15
- Zhao S., Huang Y., Wang C., 2003, "Mullite formation from reaction sintering of ZrSiO₄/α-Al₂O₃ mixtures", Materials Letters 57, 1716–1722.
- Zucca A., 2013. Industrial Ceramic Technology: Characteristics of Raw Materials and Ceramic Properties, University of Cagliari, Italy, s.37

Developmental Features of Reproductive Organs in *Viburnum tinus* L.

Aslıhan Çetinbaş Genç*

Department of Biology, Marmara University, Kadıköy, 34722 Istanbul, Turkey

27.05.2019 Geliş/Received, 29.09.2019 Kabul/Accepted

Abstract

Viburnum tinus, which belongs to Adoxaceae family, is a plant that commonly used in pharmacy and landscape architecture. Flowers located in corymb-type of the inflorescence are white, fragrant, hermaphrodite. The development of the flower buds begins with the differentiation of the apical meristem as a small bulge. Afterwards, the apical apex is expanded, flattened and transforms into a floral meristem. Floral meristem cells have large volume and abundant cytoplasm. Concomitant with the development, firstly five stamen primordia and then three carpel primordia differentiate from the floral meristem. Anthers are tetrasporangiate. Anther wall is formed by epidermis, endothecium with fibrous thickening, ephemeral middle layer and, plasmodial tapetum. Tapetal cells degenerate at the young pollen stage. Pollen grains are discharged by the opening of stomium. Carpel primordial cells lengthen upwards, merge and form a style above the ovary. An ovule differentiates into each ovarian loculi. But the development continues only in one them and transforms into the mature embryo sac. Ovules are unitegmic and tenuinucellate. The style has a transmitting channel. Stigma is three-lobed and wet typed. The transmitting tissue and stigmatic papillae start to degenerate after pollination.

Keywords: developmental biology, flower ontogeny, reproductive biology, sexual reproduction, *Viburnum tinus*

Viburnum tinus L.' nin Üreme Organlarının Gelişimsel Özellikleri

Öz

Adoxaceae familyasına ait olan *Viburnum tinus* eczacılık ve peyzaj mimarisinde sıklıkla kullanılan bir bitkidir. Korimbus tip çiçek durumunda bulunan beyaz ve hoş kokulu çiçekler hermafrodittir. Çiçek tomurcuklarında gelişim apikal meristemin küçük bir çıkıntı olarak farklılaşması ile başlar. İlerleyen evrelerde apikal tepe genişleyip düzleşerek floral meristeme dönüşür. Floral meristem hücreleri büyük hacimli ve bol sitoplazmalıdır. Gelişimin ilerlemesi ile beraber floral meristemden ilk önce beş adet stamen taslağı, ardından 3 adet karpel taslağı farklılaşır. Anterler tetrasporangiyattır. Anter çeperi epidermis, fibroz kalınlaşma gösteren endotesyum, kısa ömürlü ara tabaka ve plazmodyal tapetumdan oluşur. Tapetum hücreleri genç polen evresinde körelir. Polen taneleri stomiumların açılması ile doğaya salınır. Karpel taslakları yukarı doğru uzayıp, birleşerek ovaryumun üzerinde stilusu oluşturur. Her ovaryum

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Aslıhan Çetinbaş Genç
(e-posta: aslihan.cetinbas@marmara.edu.tr)

lokusunda bir tohum taslağı farklılaşır. Ancak tohum taslaklarından sadece bir tanesi olgun embriyo kesesine dönüşür. Tohum taslakları tek integümentli ve tenuinusellat tiptedir. Stilus nakil doku içerir. Stigma üç loblu ve ıslak tiptedir. Stilusun nakil dokusu ve stigma papilleri tozlaşmadan sonra körelmeye başlar.

Anahtar Kelimeler: çiçek ontogenisi, eşeyli üreme, gelişim biyolojisi, üreme biyolojisi, *Viburnum tinus*

1.Introduction

Viburnum tinus L. belongs to the Adoxaceae family comprises more than 200 species of shrubs or small trees. It is mainly used as a medicinal plant and, is preferred in landscape architecture (Konarska, 2017). *Viburnum tinus* is characterized by a corymb-like inflorescence containing 15-50 flowers. Flowers are white, lightly scented and hermaphrodite with five stamens and one pistil (Jin et al, 2010). Fruits are dark, blue-black and have ornamental importance (Darras et al., 2010).

Sexual development of a flower includes two main stages; floral initiation and floral organ development (Sandoval-Oliveros et al., 2017). Floral initiation starts by the transformation of the apical meristem into the floral meristem which forms flower organ primordia in forthcoming stages (Çetinbaş-Genç and Ünal, 2017). Flower organ development continues with the maturation of these organ primordia and proceeds with the embryological process (Bernier et al., 1993). Reproductive features seen in these durations are very considerable since the reproductive biology of plants supply beneficial information for the working area of programmed cell death of cell biology, systematic and seed production (Kinney et al., 2008).

Despite extensive morphological and pharmacological studies in *Viburnum tinus* L., minor information is known about reproductive biology. The main goal of the paper is to analyze the developmental features of male and female reproductive organs during flower development. Information on the developmental features of reproductive organs will help advance our comprehension of reproductive behaviour.

2.Material-Methods

Materials were collected from Marmara University Campus (Istanbul/Turkey). Flower buds were fixed by ethyl alcohol-glacial acetic acid solution, grounded in paraffin and sliced by rotation microtome. Slides were stained by Hematoxylin for general structure, by Periodic acid-Schiff (PAS) for insoluble polysaccharide (Feder and O'Brian, 1968), by Coomassie Brilliant Blue (CBB) for protein (Fisher, 1968), by Auramine O for cuticle (Heslop-Harrison and Shivanna, 1977). Sections were stained by 4,6-Diamidino-2-phenylindole (DAPI) solution to detect the nuclear disorders (Schweizer, 1976). Preparations were investigated by an Olympus BX-51 light and fluorescence microscope (Auramine O and DAPI).

3.Results and Discussion

V. tinus have corymb-like inflorescences contains only fertile hermaphrodite flowers as in *V. lantana* and *V. dilatatum*. However, some inflorescence of *Viburnum* species such as *V. macrocephalum*, *V. sympodiale*, and *V. sargentii* have both fertile and sterile flowers. Also some species such as *V. macrocephalum*, inflorescence includes only sterile flowers (Donoghue et al., 2003; Jin et al., 2007).

Flower development starts with the differentiation of apical meristem consisting of consecutive layers of the cell (Figure 3.1a). Afterward, the apical meristem becomes flattened and transforms into the floral meristem. Teeri et al. (2006) indicated that enlargement of floral meristem appears as a result of the enhancement in division ratio of the floral meristem cells. Floral meristem cells have a bigger volume and dense cytoplasm (Figure 3.1b). In the following stages, floral meristem forms floral organ primordia. Firstly, five stamen primordia differentiate as a roundish bulge from the floral meristem (Figure 3.1c). Shortly after the stamen primordia induction, floral meristem cells differentiate into the three carpel primordia (Figure 3.1d). The similar organ primordia differentiation model is seen in *Adoxa moschatellina* belongs to the Adoxaceae family (Roels and Smets, 1994).

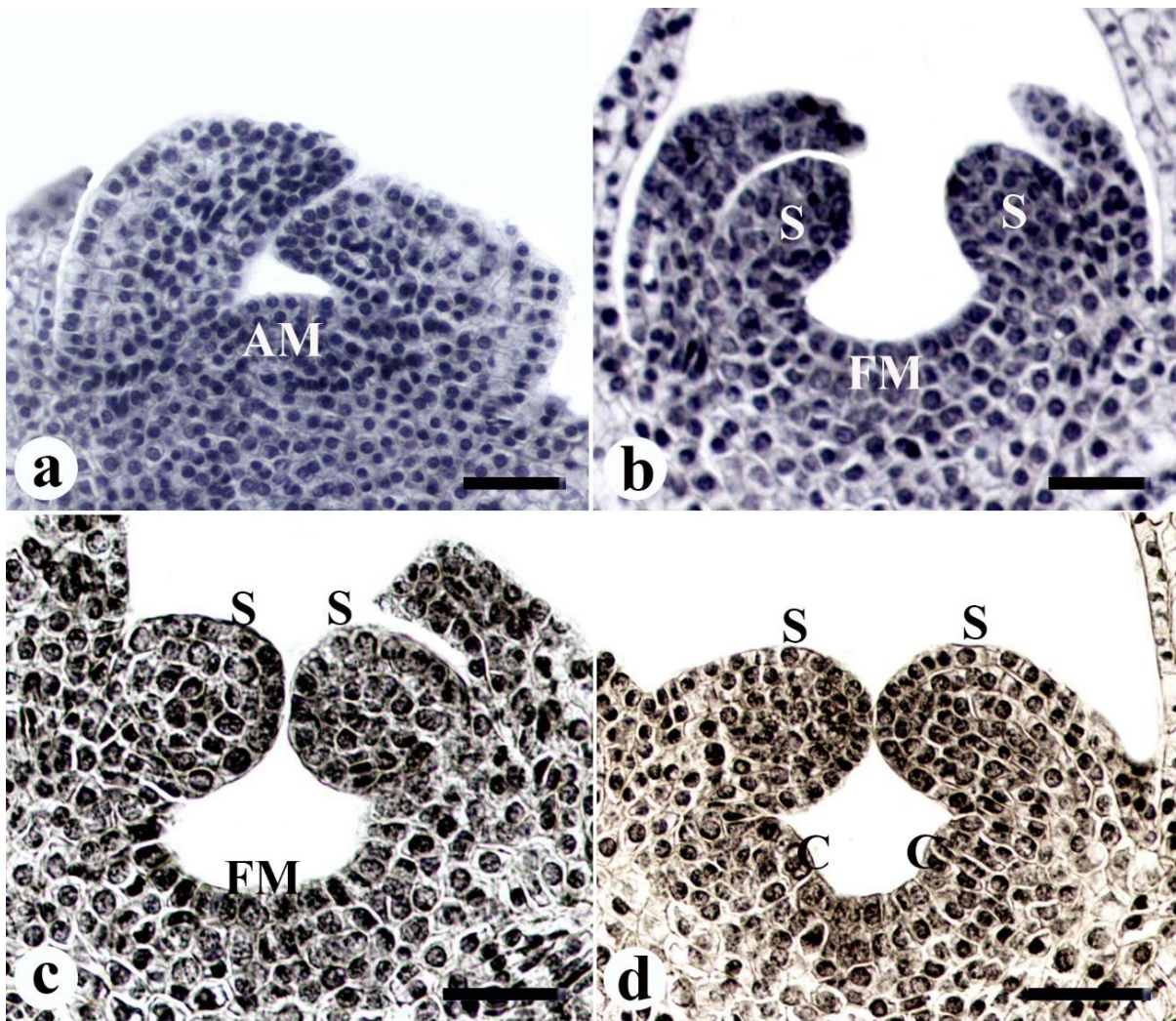


Figure 3.1. Flower ontogeny in *V. tinus*. a. Apical meristem, b. Floral meristem, c. Stamen primordia initiation, d. Carpel primordia initiation. AM: Apical meristem, FM: Floral meristem, S: Stamen primordia, C: Carpel primordia. Bar: 50 μ m.

While stamen primordia start to lengthen, firstly filament and then anther differentiates (Figure 3.2a). This is the most outstanding condition in angiosperms and, many species have been observed such as *Helianthus annuus* (Çetinbaş and Ünal, 2012), *Crataegus tanacetifolia* (Çetinbaş and Ünal, 2015) and, *Salvia viridis* (Çetinbaş-Genç and Ünal, 2017). The anther enlarges during the development and becomes tetrasporangiate (Figure 3.2b). Tetrasporangiate anther is a prevalent situation in Adoxaceae family (Backlund and Bittrich, 2016). Anther wall is composed of epidermis, endothecium, middle layer and, tapetum. These

anther layers locate as proper cell lines at the beginning of the development (Figure 3.2b). Epidermis and endothecium with fibrous thickening stay unspoiled until anther dehiscence; however, middle layer and tapetum dissolve during development (Figure 3.2c). Fibrous endothecium is very common in the Adoxaceae family (Ghimire et al., 2018). Mature pollen grains are discharged by the opening of stomium (Figure 3.2d). Ghimire et al., (2018) also have reported anther dehiscence by the longitudinal slit in some species of Adoxaceae family. Tapetum is plasmodial typed which tapetal cells break down during microspore development. Benko-Iseppon and Morawetz (2000) indicated that *Viburnum* species can also have glandular tapetum. Disorders in tapetal nuclei start to be visible from the microspore tetrad stage (Figure 3.2e, h). Disorganization and nuclear fragmentations are more prominent at the young pollen stage (Figure 3.2f, i) and finally, tapetum cannot be observed at the mature pollen stage (Figure 3.2g, j). Similar tapetal nuclei disorders have been shown in many species such as *Lathyrus undulatus* L. (Vardar and Ünal, 2012) and *Crataegus tanacetifolia* (Çetinbaş and Ünal, 2015).

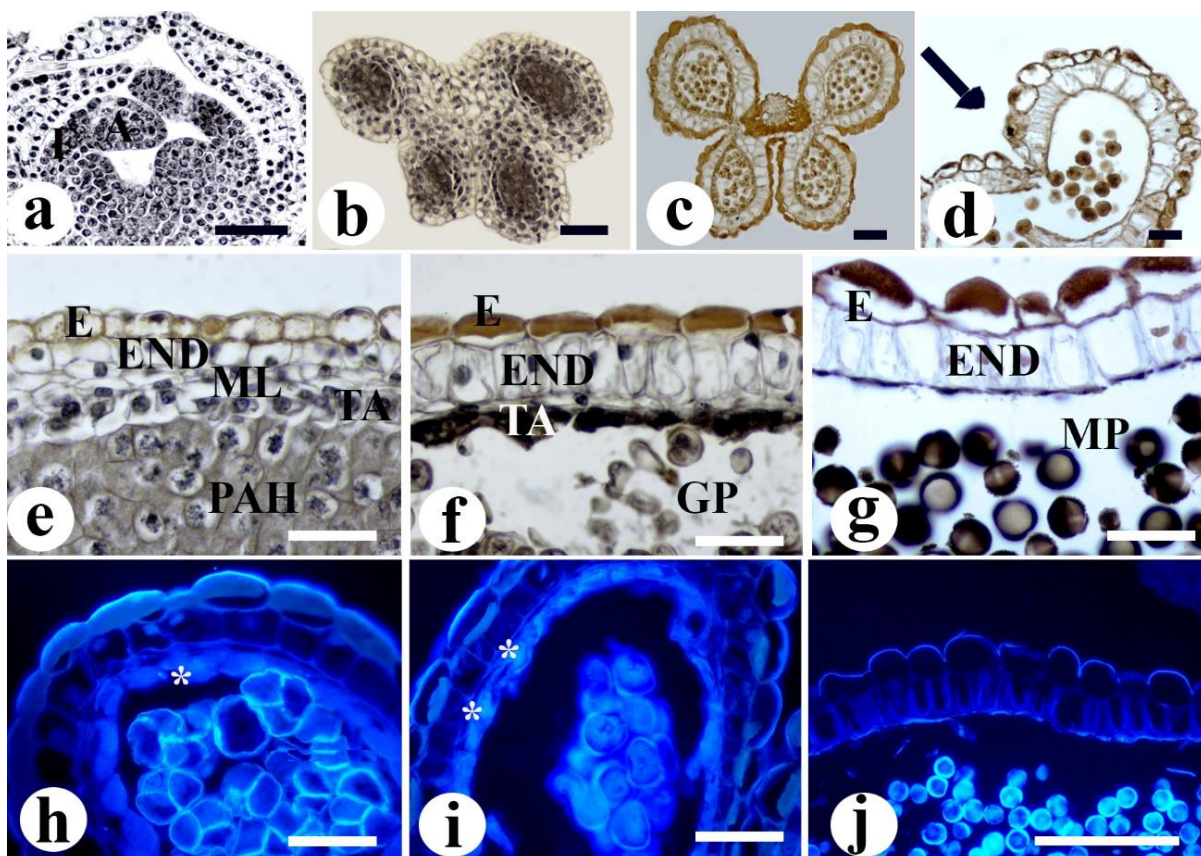


Figure 3.2. Anther development in *V. tinus*. a. Differentiation of anther and filament, b. Young tetrasporangiate anther, c. Mature tetrasporangiate anther, d. Anther dehiscence by stomium (arrow), e. Ordered wall layer at young anther, f. Deteriorated tapetum layer at young pollen stage, g. Anther wall layers at mature pollen stage, h. Tapetal nuclei at tetrad stage (asteriks), i. Tapetal cells with degenerated nuclei at young pollen stage (asteriks), j. Mature anther. A: Anther, F: Filament, E: Epidermis, END: Endothecium, ML: Middle layer, TA: Tapetum, PMC: Pollen mother cells, YP: Young pollen, MP: Mature pollen. Bar: 50 µm.

Floral meristem cells differentiate into the three carpel primordia shortly after the stamen initiation (Figure 3.3a) as in *A. moschatellina* (Roels and Smets, 1994). Gasser and Beers (1993) stated that carpel primordium initiates in the core of the floral meristem. Three carpel primordia start developing and forming three ovarian loculi between them (Figure 3.3b). In

the subsequent stages, carpel primordial cells divide by mitosis and they lengthen upwards (Figure 3.3c, d). They merge and form a style above the ovary (Figure 3.3e). The ovary has three loculi in *V. tinus*. Ovules initiate as a little mass on the placenta in each loculus (Figure 3.3f, g, h). Ovules are unitegmic, so they have one integument. Also, ovules are tenuinucellate, megaspore mother cell (MMC) differentiates just below the nucellar epidermis (Figure 3.3g). An ovule differentiates into each loculus. However the development continues only in one of them and transforms into the mature embryo sac (Figure 3.3i, j). In others, the development ends at generally megaspore mother cell stage. These ovules are called abortive ovules (Figure 3.3k). Wilkinson (1948) reported the abortion of two of the three ovules in some Adoxaceae members. The style has a transmitting channel (Figure 3.3l, m). Before the pollination, the nuclei of the transmitting channel are spherical and regular (Figure 3.3n). However, disorders and nuclear fragmentations of nuclei are more obvious after the pollination (Figure 3.3o). Stigma is three-lobed and contains papillae as in *V. opulus* and *V. lanatana* (Konarska, 2017).

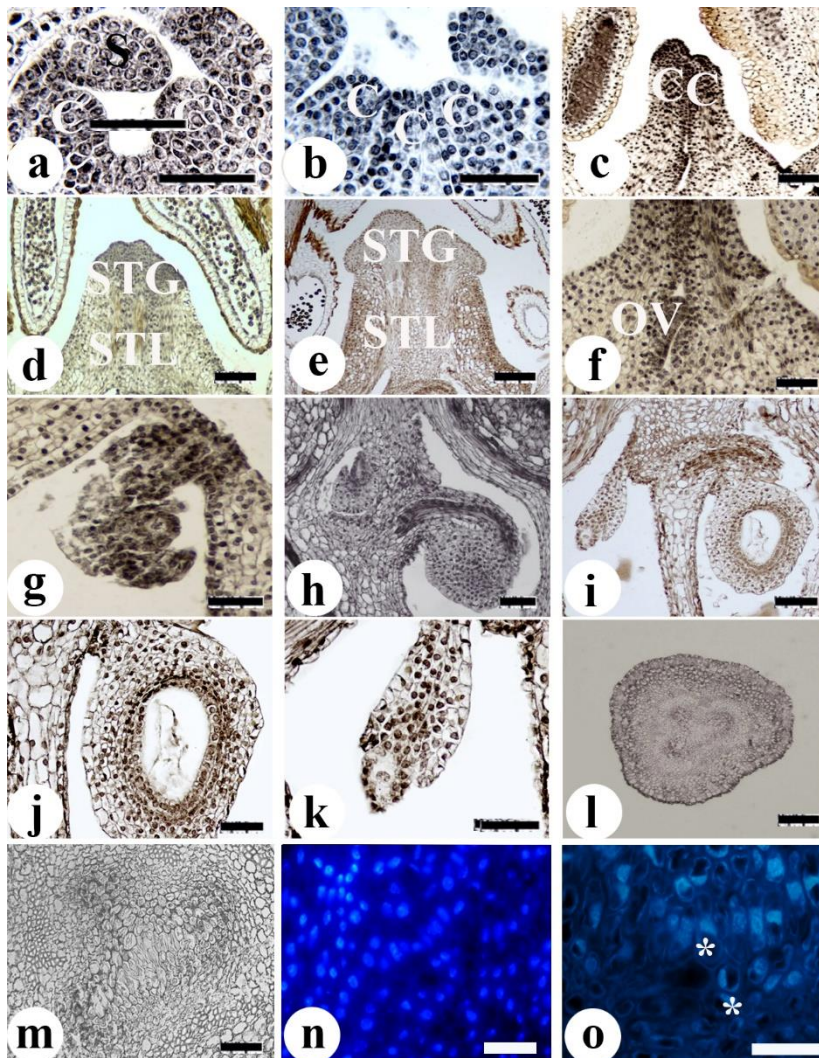


Figure 3.3. Pistil development in *V. tinus*. a. Carpel primordia initiation, b. Developing carpel primordia, c. Formation of ovarian loculi, d. Young pistil, e. Mature pistil, f. Ovule differentiation, g. Integument and megaspore mother cell, h. Early stage of ovule development, i. Advanced stage of ovule development, j. Mature ovule with mature embryo sac, k. Abortive ovule with megaspore mother cell, l. Cross section of a style, m. Transmitting channel of the style, n. The cells of transmitting channel before the pollination,

o. The cells of transmitting channel after the pollination. C: Carpel primordia, S: Stamen primordia, STG: Stigma, STL: Style, OV: Ovule. Bar: 50 μm (b, f, g, j, k, l, m, n, o) and 100 μm (a, c, d, e, h, i).

The papillae cells have a large amount of organic matter (Figure 3.4a, b). Stigma is wet typed and there is no pellicle layer stained by Coomassie Brilliant Blue (Figure 3.4b). There is a cuticle layer stained by Auramine O which is an indicator of lipoidal substance (Figure 3.4c). Similarly, *V. opulus* and *V. lantana* have wet type stigma and stigmatic exudate are rich in organic matter content (Konarska, 2017). Although there are no nuclear disorders before the pollination in papillae cells (Figure 3.4d, e), nuclear fragmentations can be seen after pollination (Figure 3.4f). Similar nuclear disorders in papillae after pollination have been shown in *Olea europaea* (Irene et al., 2010).

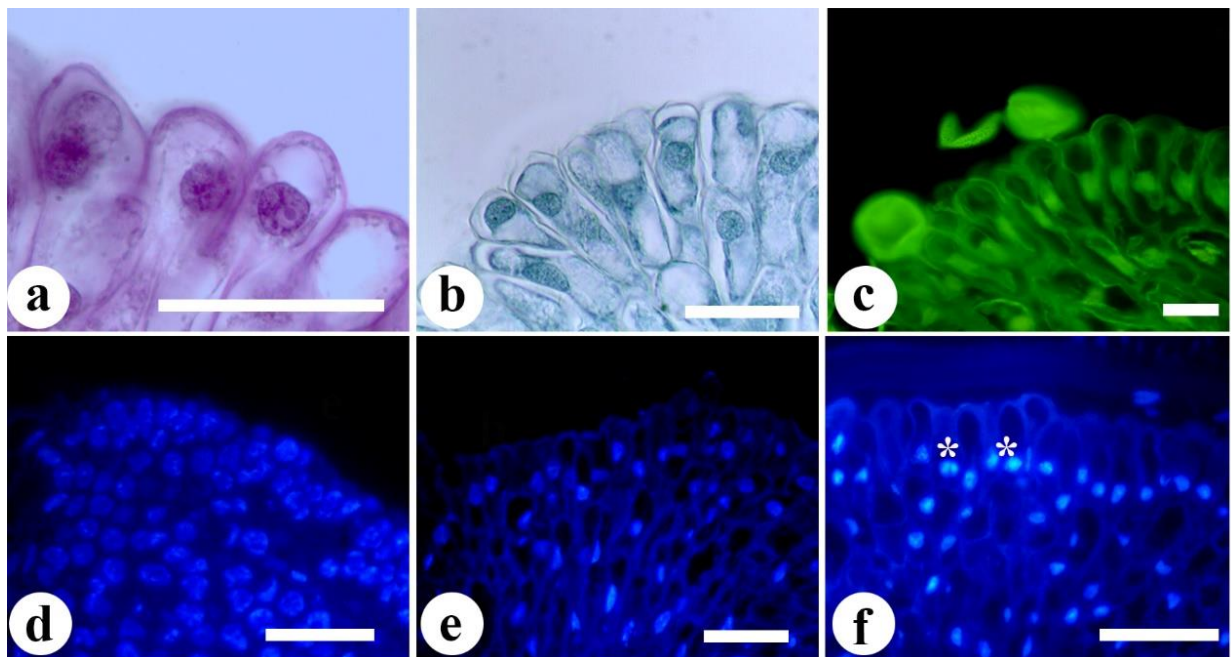


Figure 3.4. Stigmatic papillae of *V. tinus*. a. PAS stained papillae, b. Coomassie Brillat Blue stained papillae, c. Auromine O stained papillae, d. Stigma papillae with shperical nuclei at young stigma, e. Stigma papillae with shperical nuclei before pollination, f. Degenerated nuclei of stigmatic papillae after pollination. Bar: 20 μm (c), 50 μm (a, b, d, e, f). Bar: 50 μm .

4. Conclusion

Some developmental and embryological features of *V. tinus* flower were defined in this study. The findings present valuable information that can be used in systematic, cell biology and, plant reproduction. Moreover, the findings emphasize the importance of biochemical processes and programmed cell death in plant sexual reproduction.

References

- Backlund A., Bittrich V., 2016. Adoxaceae. In Flowering Plants. Eudicots (pp. 19-29). Springer, Cham.
- Benko-Iseppon A.M., Morawetz, W., 2000. Viburnales: Cytological Features and a New Circumscription. *Taxon* 5-16.
- Bernier G., Havelange A., Houssa C., Petitjean A., Lejeune P., 1993. Physiological Signals That Induce Flowering. *Plant Cell* 5:1147-1155.
- Çetinbaş A., Ünal M., 2012. Comparative Ontogeny of Hermaphrodite and Pistillate Florets in *Helianthus annuus* L. (Asteraceae). *Notulae Scientia Biologicae* 4(2):30-40.
- Çetinbaş-Genç A., Ünal M., 2017. Flower Ontogeny and Reproductive Biology of *Salvia viridis* L. *Pakistan Journal of Botany* 49: 891-896.
- Darras A.I., Akoumianaki-Ioannidou A., Pompodakis N.E., 2010. Evaluation and Improvement of Post-Harvest Performance of Cut *Viburnum tinus* Inflorescence. *Scientia horticulturae* 124(3):376-380.
- Donoghue M.J., Bell Charles D., Winkworth Richard C., 2003. The Evolution of Reproductive Characters in Dipsacales. *International Journal of Plant Sciences* 164(5): 453-464.
- Feder N., O'Brien T.P., 1968. Plant Microtechnique: Some Principles and New Methods. *Amerikan Journal of Botany* 55(1): 123-142.
- Fisher D.B., Jensen W.A., Ashton M.E., 1968. Histochemical Studies of Pollen: Storage Pockets in the Endoplasmic Reticulum. *Histochemie* 13: 169-182.
- Gasser S., Beers K., 1993. Pistil Development. *Plant Cell* 5:1231-1239.
- Ghimire B., Suh G.U., Lee C.H., Heo K., Jeong M.J., 2018. Embryological Studies on *Abelia tyaihyoni* Nakai (Caprifoliaceae). *Flora* 242:79-88.
- Heslop-Harrison Y., 1977. The Pollen Stigma Interaction: Pollen Tube Penetration in *Crocus*. *Annals of Botany* 41:913-922.
- Irene S., Salvatore P., Adela O., 2010. Programmed-cell-death Hallmarks in Incompatible Pollen and Papillar Stigma Cells of *Olea europaea* L. Under Free Pollination. *Plant Cell Reports* 29(6):561-572.
- Jin B., Li N., Jia N., Zhou W., Wang L., Xiang Q., 2007. Observations on the Anatomy of Reproductive Organs and the Pollinators of *Viburnum macrocephalum* f. *keteleeri* (Caprifoliaceae). *Acta Phytotaxonomica Sinica* 45:753-768.

- Jin B., Wang L., Wang J., Teng N.J., He X.D., Mu X.J., Wang Y.L., 2010. The Structure and Roles of Sterile Flowers in *Viburnum macrocephalum* f. *keteleeri* (Adoxaceae). *Plant Biology* 12: 853–862.
- Kinney M.S., Columbus J.T., Friar, E.A., 2008. Unisexual Flower, Spikelet, and Inflorescence Development in Monoecious/Dioecious *Bouteloua dimorpha* (Poaceae, Chloridoideae). *American Journal of Botany* 95(2): 123-132.
- Konarska A., 2017. Comparative Micromorphology and Anatomy of Flowers and Floral Secretary Structures in Two *Viburnum* Species. *Protoplasma* 254(1): 523-537.
- Roels P., Smets E., 1994. A Comparative Floral Ontogenetical Study Between *Adoxa moschatellina* and *Sambucus ebulus*. *Belgian Journal of Botany* 127: 157-170.
- Sandoval-Oliveros R., Guevara-Olvera L., Beltrán J.P., Gómez-Mena C., Acosta-García G., 2017. Developmental Landmarks During Floral Ontogeny of jalapeño chili pepper (*Capsicum annuum* L.) and the Effect of Gibberellin on Ovary Growth. *Plant reproduction*, 30(3): 119-129.
- Schweizer D., 1976. Reverse Fluorescent Chromosome Banding with Chromomycin and DAPI. *Chromosoma* 58: 307-324.
- Teeri T.H., Uimari A., Kotilainen M., Laitinen R., Help H., Elomaa P., Albert V.A., 2006. Reproductive Meristem Fates in *Gerbera*. *Journal of Experimental Botany* 57:3445-3455.
- Vardar F., Ünal M., 2012. Ultrastructural Aspects and Programmed Cell Death in the Tapetal Cells of *Lathyrus undulatus* Boiss. *Acta Biologica Hungarica* 63(1):52-66.
- Wilkinson A.M., 1948. Floral Anatomy and Morphology of Some Species of the Tribe Lonicereae of the Caprifoliaceae. *American Journal of Botany* 35: 261–271.

Monte Carlo, Collapse Cone ve Pencil Beam Algoritmalarının Homojen ve İnhomojen Fantomda Açık Alan Ölçümleri

İsmail Faruk Durmuş^{1,2*}, Emine Dilara Atalay³

¹Yeni Yüzyıl Üniversitesi Özel Gaziosmanpaşa Tıp Fakültesi Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul

²Nişantaşı Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Radyoterapi Bölümü

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü

02.04.2019 Geliş/Received, 09.10.2019 Kabul/Accepted

Öz

Radyoterapide doz dağılımının doğru hesaplanması için küçük alan ölçümleri ve hesaplama algoritmalarının doğruluğu kritik öneme sahiptir. İnhomojen ortamlarda küçük alan dozimetrisindeki belirsizlikler ve zorluklar daha da artmaktadır. Bu çalışmada inhomojen ve homojen fantomlarda 6MV, 6MV-FFF, 10MV ve 10MV-FFF enerjileri ile 1x1, 2x2, 3x3, 4x4, 5x5cm² alan boyutlarında CC04 ve CC01 Razor iyon odaları ile ölçümler alındı. Ölçümler ile Monaco tedavi planlama sisteminde Monte Carlo-Dose to Medium (MC-Dm), Monte Carlo-Dose to Water (MC-Dw), Collapse Cone (CC) ve Pencil Beam (PB) algoritmaları ile yapılan hesaplamalar karşılaştırıldı. Homojen fantom su eşdeğeri RW3 katı fantomlardan, inhomojen fantom ise su eşdeğeri RW3 katı fantom ve akciğer eşdeğeri balsa fantom kullanılarak oluşturuldu. CC04 ve CC01 Razor iyon odaları ile hem homojen hem de inhomojen fantomda ölçümler değerlendirildiğinde, MC-Dm, MC-Dw, CC ve PB ile uyumlu sonuçlar elde edildi. Her iki fantomda da en büyük farklar 1x1cm² alanlarda olduğu görüldü. İnhomojen fantomdaki sonuçlar homojen fantomdaki sonuçlarla karşılaştırıldığında uyum oranının homojen fantomda daha iyi olduğu görüldü. CC01 Razor iyon odası 0.01cm³ hacme sahip ve merkezi elektrodu grafitir. Bu özellikleri ile CC01 Razor iyon odası ile yeterince güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. Alan boyutu küçüldükçe ölçümler ve hesaplamalar arasındaki farklar artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İnhomojenite, Monte Carlo, CC01 Razor iyon odası

Output Measurements of Monte Carlo, Collapse Cone and Pencil Beam Algorithms in Homogeneous and Inhomogeneous Phantom

Abstract

Accuracy of small field measurements and calculation algorithms is critical for accurate calculation of dose distribution in Radiotherapy. In inhomogeneous and homogeneous phantoms, measurements (1x1, 2x2, 3x3, 4x4, 5x5cm² field sizes) were made with CC04 and CC01 Razor ion chambers using 6MV, 6MV-FFF, 10MV and 10MV-FFF energies. In the Monaco treatment planning system, dose distribution was calculated by Monte Carlo-Dose to

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): İsmail Faruk Durmuş
(e-posta: ifarukdurmus@gmail.com)

Medium (MC-Dm), Monte Carlo-Dose to Water (MC-Dw), Collapse Cone (CC) and Pencil Beam (PB) algorithms and compared with measurements. The homogeneous phantom water equivalent was generated from RW3 solid phantoms, and the inhomogeneous phantom was created using a water-equivalent RW3 solid phantom and a lung equivalent balsa phantom. When both the homogeneous and inhomogeneous phantom measurements were evaluated with CC04 and CC01Razor ion chambers, results consistent with MC-Dm, MC-Dw, CC and PB were obtained. The greatest differences in both phantoms were obtained in $1 \times 1 \text{ cm}^2$ fields. When the results in the inhomogeneous phantom were compared with the results in the homogeneous phantom, the compliance ratio was observed to be better in the homogeneous phantom. The CC01 Razor ion chamber has a volume of 0.01 cm^3 and its central electrode is graphite. With the CC01 Razor ion chamber, reliable results were obtained. As the field size becomes smaller, the differences between measurements and calculations increase.

Keywords: Inhomogeneity, Monte Carlo, CC01 Razor ion chamber.

1. Giriş

Radyoterapide (RT) kullanılan yüzde derin doz ve izodoz eğrileri su veya su eşdeğeri homojen ortamlarda elde edilmektedir. Fakat insan anatomisi farklı fiziksel ve radyolojik özelliklere sahip çeşitli doku ve organlardan oluşmaktadır. Bu doku ve organlar farklı elektron yoğunluğu, atom numarası ve kütle yoğunluğuna sahiptirler. Bu inhomojen yapılar foton ve elektronların transportunda ve soğurulmasında değişikliklere yol açmaktadırlar. Doz dağılımında olabilecek bu değişiklikler radyasyonun enerjisine, alan büyüklüğüne ve ortamın fiziksel özelliklerine bağlıdır (Frass, 1998) Doz dağılımındaki bu değişiklikleri hesaplamak ve düzeltmek için çeşitli yöntemler ve algoritmalar geliştirilerek tedavi planlama sistemlerinde (TPS) kullanılmaktadır. TPS ve hesaplama algoritmaları üç boyutlu konformal planlamalar için ilk kez 1990'lı yılların başlarında rutin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tedavide hastanın vücudunda soğurulan radyasyonun oluşturduğu doz dağılımı, TPS'nde hesaplama algoritmaları ile belirlenmektedir. Algoritmaların doğru doz hesaplaması RT'de başarı için çok önemli bir faktördür (Frass, 1998; IAEA, 2004; Bruinvis, 2005; Almond, 1999). TPS'de kullanılan algoritmalar üç ana başlıkta incelenebilir; düzeltme tabanlı, model tabanlı ve Monte Carlo (MC) doz hesaplama algoritmalarıdır. Düzeltme tabanlı algoritmalar, su fantomunda ölçülen derin doz eğrileri ve çeşitli derinliklerde alınan doz profillerinin interpolasyon ve ekstrapolasyon yapılarak doz hesabı yapmaktadırlar. Kısacası standart ölçümler ve düzeltme faktörleri ile doz dağılımı hesaplanmaktadır. Düzeltme tabanlı algoritmalar ICRU 91 de küçük alanların kullanıldığı stereotaktik tedaviler için kullanımının çok uygun olmadığı belirtilmiştir. Doku heterojenitesinin olduğu bölgelerde hedef hacim ve etrafında hatalı doz hesabına yol açabilmektedirler (ICRU, 2017; Lu, 2013). Model tabanlı algoritmaların fizik prensiplerine göre radyasyonla parçacık etkileşimini, enerji salınımını, ikincil elektronların dağılımını, saçılan ve aktarılan enerjiyi hesaba katmaktadırlar. Model tabanlı algoritmalarda iki tiptir. Birinci tip temel olarak heterojenite düzeltmeleri için Equivalent Path Length (EPL) ölçeklendirmesine dayanarak yapmaktadır. Genelde bu tip algoritmalarda elektronların yanal transportları modellenmemiştir. İkinci tip model tabanlı algoritmalarda yanal elektron transportları da dikkate alınarak daha doğru bir modelleme yapılmıştır. Son olarak MC doz hesaplama algoritması milyonlarca foton ve parçacığın madde içerisinde iletiminin simülasyonunu hesaplayan programdır. Foton ve parçacıkların bireysel etkileşimlerinin olasılık dağılımını temel fizik kanunlarını kullanarak belirlemektedir. Simüle edilen parçacık sayısı ne kadar artarsa tahmin edilen doz dağılımının doğruluğu da o kadar artmaktadır. Ancak simüle edilen parçacık sayısı arttıkça, bilgisayarın hesaplama süresi de artmaktadır (Khan, 2010). MC algoritması lineer hızlandırıcı kafası ve hasta dahil olmak üzere tedavi

geometrisinin tamamının modellenmesiyle kurulur. Genel olarak, konvansiyonel algoritmalara göre hesaplama zamanının çok fazla sürmesine rağmen, MC tekniği hasta içerisinde doz dağılımını hesaplamada en doğru altın standart algoritma olarak kabul edilmektedir. Özellikle akciğer içerisinde ve inhomojen dokuların yüzeylerinde belirli şartlarda parçacık dengesizliği meydana gelmektedir. MC algoritması hesaplama doğruluğunda önemli bir başarı sağlamaktadır (Khan, 2010; Ma, 2008).

RT’de genelde $4 \times 4 \text{ cm}^2$ ile $40 \times 40 \text{ cm}^2$ arasında alan boyutları kullanılmaktadır. Ancak RT’nin özel uygulamaları olan Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) teknikleri ve Stereotaktik Radyoterapi (SRT) uygulamalarında $4 \times 4 \text{ cm}^2$ den küçük alanlar kullanılmaktadır. Küçük alanlarda radyasyonun ölçülmesinde yüklü parçacık dengesizliği, ışın alanından bakıldığında kaynak alanının kısmi bloklanması, penumbranın artması ve detektör boyutunun alan boyutuna göre büyük olması, küçük alan dozimetrisinin zorluklarıdır. Yüklü parçacık dengesi, madde içerisinde KERMA’nın absorbe doza dönüşmesindeki ilişkiyi göstermektedir. Maddede ortama serbest bırakılan kinetik enerjinin madde içerisinde soğurulması sonucu elektronik denge şartları oluşur. Başlangıçta KERMA maksimum, absorbe doz minimum seviyededir. Doz maksimum bölgesinde KERMA ile absorbe doz eşitlenir ve elektronik denge şartları sağlanır. Bu denge şartlarında belirli bir hacime giren parçacık sayısı ve parçacıkların enerjisi, o hacimden çıkan parçacık sayısı ve enerjisine eşit olur. Küçük alanlarda ikincil elektronların menzilleri, alan boyutundan daha büyük olduğundan yanal (ve longitudinal) elektronik denge sağlanamaz (Ma, 2008; IAEA, 2017; Wilcox, 2008). Elektronik dengenin sağlandığı durumlarda doz profilinde plato bölgesi oluşur. Küçük alanların profilinde plato bölgesi oluşmaz. Küçük alanlarda kolime edilmiş bir kaynağın boyutunun belirli bir kısmı detektör görüş alanından görülemeyebilir. Eğer alan merkezinden kaynağın boyutunun tamamı görülemiyorsa, o zaman geometrik penumbra daha da artar. Kaynağın tamamının görülemediği durumlar, lineer hızlandırıcıda verim (output) ölçümlerinde farklı sonuçlara neden olmaktadır (Das, 2008a). Belirtilen nedenlerden dolayı küçük alanların dozimetrisinde kullanılan ölçüm sistemlerinin boyutları çok önemlidir. Alan boyutundan büyük ölçüm sistemleri ciddi belirsizliklere yol açabilmektedir. Akciğer gibi inhomojen ortamlarda küçük alanların dozimetrisi daha da zordur. Çünkü yanal saçılan elektronların menzilleri daha fazla olacağından sorunlar daha fazla olmaktadır. Küçük alan dozimetrisi için yüksek çözünürlükte, iyi ayırma gücü, doku eşdeğeri, lineer ve tekrarlanabilir cevabı olan sistemler tercih edilmelidir (Wilcox, 2008; Das, 2008a; Das, 2008b).

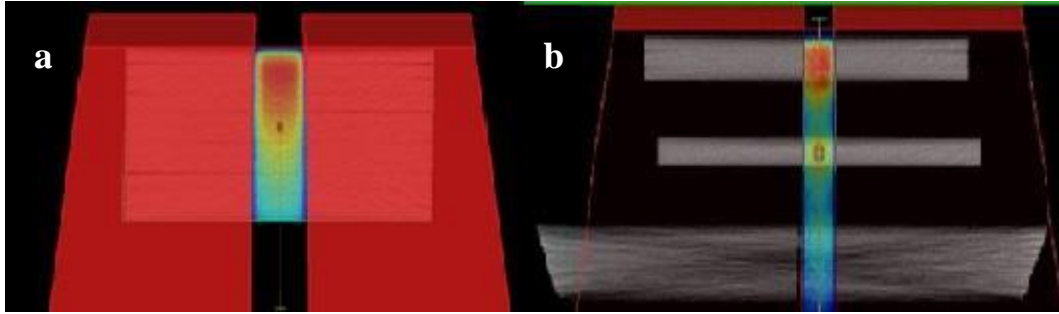
Çalışmamızda küçük alan dozimetrisinde kullanılan CC04 ve CC01 Razor iyon odalarının, homojen ve inhomojen fantomlarda küçük alan ölçümleri alındı. 6 MV, 6MV-FFF, 10MV, 10MV-FFF enerjilerinin küçük alanlar ölçümlerinde homojen ve inhomojen ortamlarda MC-Dm, MC-Dw, Pencil Beam (PB), Collapse Cone (CC) algoritmalarının verifikasyonu sağlandı. İyon odaları ile alınan ölçümler ve algoritmalar arasındaki uyum araştırıldı.

2. Materyal ve Yöntem

TPS’lerinde kullanılan doz hesaplama algoritmalarının, doku içerisinde fotonun nasıl etkileştiğini incelemek için homojen ve inhomojen fantomlar oluşturuldu. Ayrıca radyasyonun belirlenen küçük alanlarda homojen ve inhomojen ortamlarda nasıl etkileştiği ve bu etkileşimleri hesaplayan algoritmaların doğruluğu araştırıldı.

Homojen fantom; $30 \times 30 \text{ cm}^2$ boyutlarında ve 1 cm kalınlığında su eşdeğeri RW3 fantomlardan 5 adet konuldu, üzerine iyon odası ile uyumlu fantom yerleştirildi ve son olarak üzerinde 4 adet 1 cm kalınlığında su eşdeğeri RW3 fantom konularak homojen fantom

oluşturuldu (Şekil 2.1a). İnhomojen fantom; 30x30 cm² boyutlarında ve 1 cm kalınlığında su eşdeğeri RW3 fantomlardan 8 adet konuldu, üzerine akciğer eşdeğeri balsa fantomundan 3 cm kalınlığında konuldu. Daha sonra iyon odası ile uyumlu fantom yerleştirildi. Son olarak üzerine de 3 cm kalınlığında akciğer eşdeğeri balsa ve onunda üzerine 5 adet 1 cm kalınlığında su eşdeğeri RW3 fantom konularak homojen fantom oluşturuldu (Şekil 2.1b). Homojen ve inhomojen fantomlar Siemens Biograph mCT (Knoxville, TN, USA) cihazında 1 mm kesit aralığında tarandı.



Şekil 2.1. Homojen (a) ve inhomojen (b) fantomlar

Çalışmamızda CC04 ve CC01 Razor iyon odaları ile homojen ve inhomojen fantomlarda Elekta Versa HD (Elekta, Crawley, England) lineer hızlandırıcısı kullanılarak ölçümler alındı. Versa HD cihazı farklı foton ve elektron enerjilerine sahip lineer hızlandırıcıdır. 40x40 cm² alan boyutuna sahip 160 multi leaf kolimatöre (MLC) sahiptir. İyon odaları küçük hacimleri sayesinde küçük alan dozimetrisinde, doz gradientinin hızlı olduğu bölgelerde ve stereotaktik amaçlı ölçümler için kullanılan dozimetre sistemleridir. Genel olarak yüksek ayırma gücüne sahip ve su geçirmezdirler. Kullanılan iyon odalarının genel özellikleri Çizelge 2.1 de gösterilmiştir.

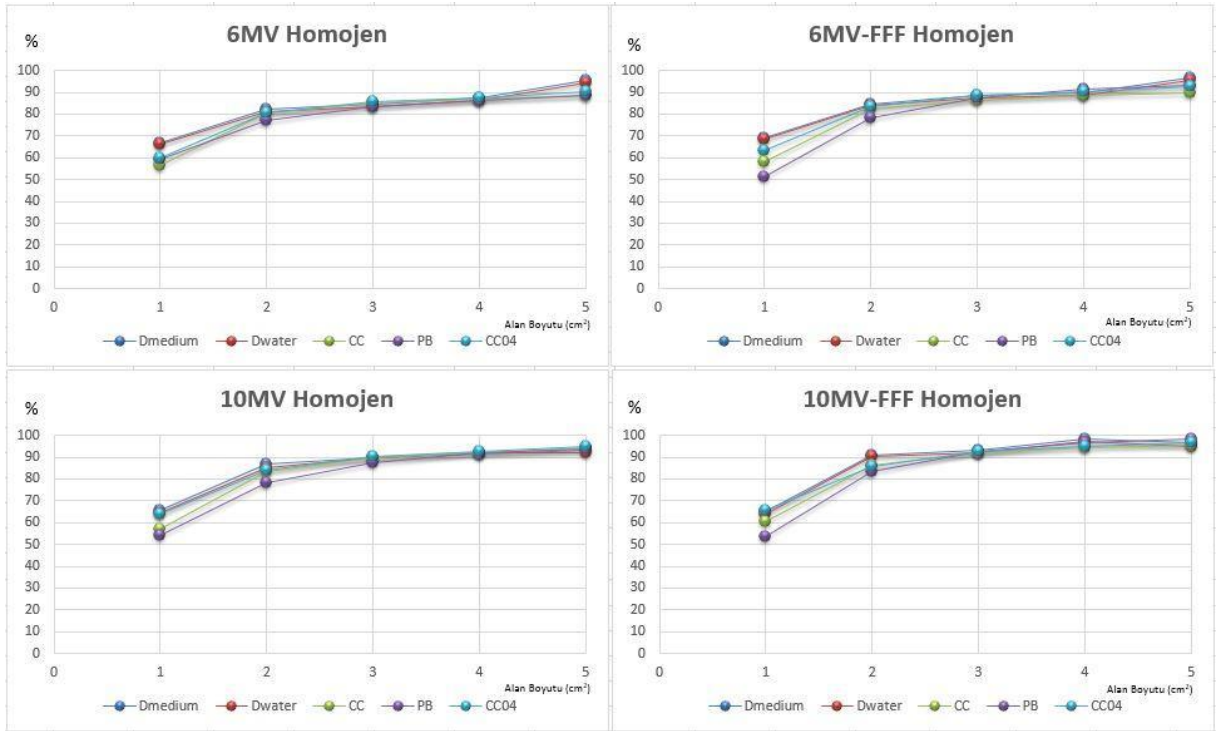
Çizelge 2.1. İyon odalarının özellikleri

İyon Odaları	Hacim (cm ³)	Uzunluk (mm)	Çap (mm)	Duvar Materyali	Duvar Kalınlığı (gr/cm ³)	Merkezi Elektrot Materyali
CC04	0.04	3.6	2	C552	0.070	Grafit
CC01 Razor	0.01	3.6	1	C552	0.088	Grafit

İnhomojen ve homojen fantomlarda 6MV, 6MV-FFF, 10MV ve 10MV-FFF enerjileri ile 1x1, 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 cm² alan boyutlarında 100 MU ile CC04 ve CC01 Razor iyon odaları ile ölçümler alındı. Ölçümler ile aynı düzenekte Monaco 5.11 TPS'nde Monte Carlo-Dose to Medium (MC-Dm), Monte Carlo-Dose to Water (MC-Dw), CC ve PB algoritmaları ile hesaplatılarak karşılaştırıldı. Hesaplamalarda 0.2 cm grid boyutu kullanıldı.

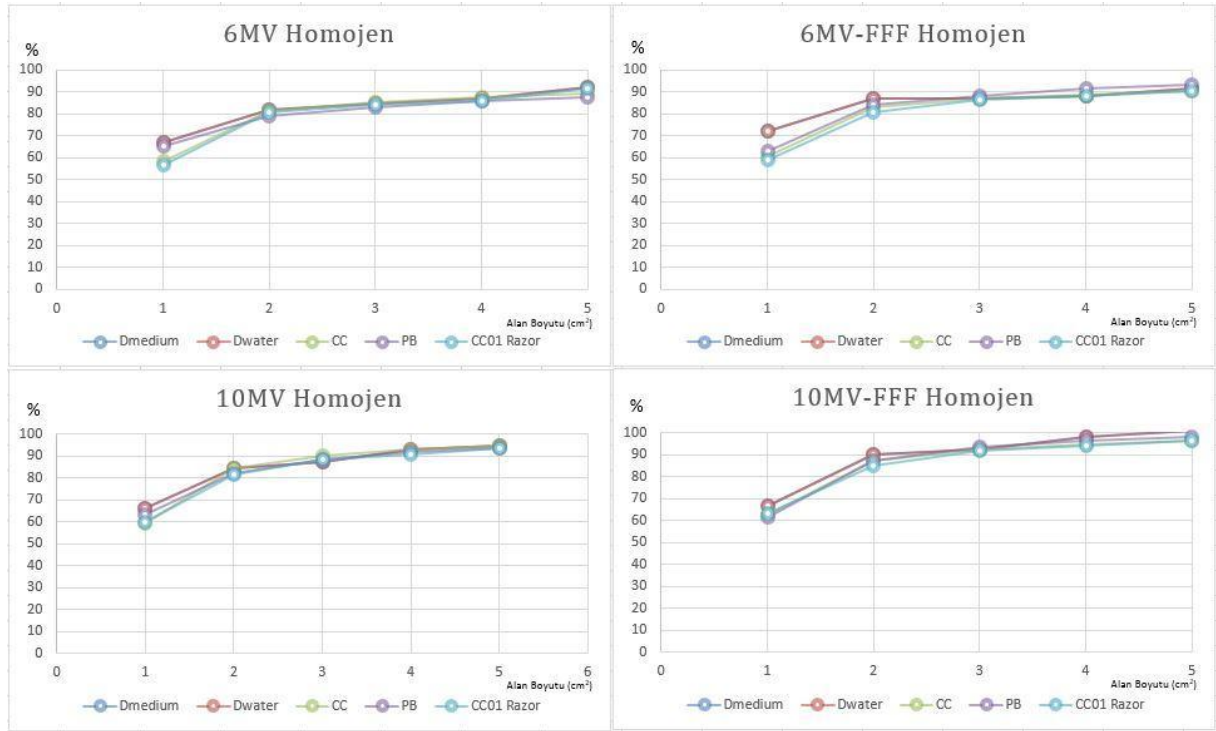
3. Bulgular ve Tartışma

CC04 iyon odası ile homojen fantomda Şekil 3.1'de görülen sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak MC-Dm, MC-Dw, CC ve PB ile uyumlu sonuçlar elde edildi. En büyük farklar 1x1 cm² alan boyutlarındaki ölçümlerde bulundu.



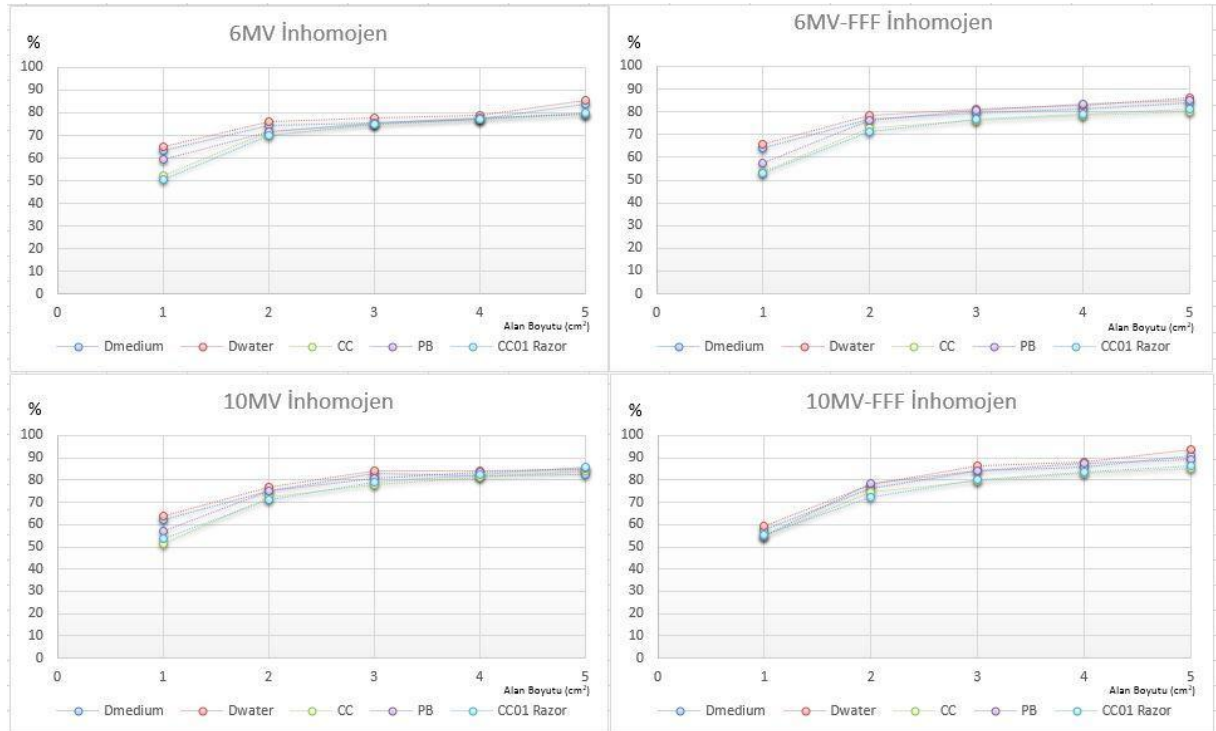
Şekil 3.1. Homojen fantomda CC04 iyon odası ile ölçümler

CC01 Razor iyon odası ile homojen fantomda ölçümler değerlendirildiğinde, genel olarak MC-Dm, MC-Dw, CC ve PB ile uyumlu sonuçlar elde edildi. En büyük uyumsuzluk $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanlarda görüldü. 6 MV ve 6 MV-FFF enerjilerinde $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanlarda bu uyumsuzluğun arttığı gözlemlendi. Homojen fantomda CC04 iyon odalarına göre CC01 Razor iyon odası ile daha iyi sonuçlar elde edildi.



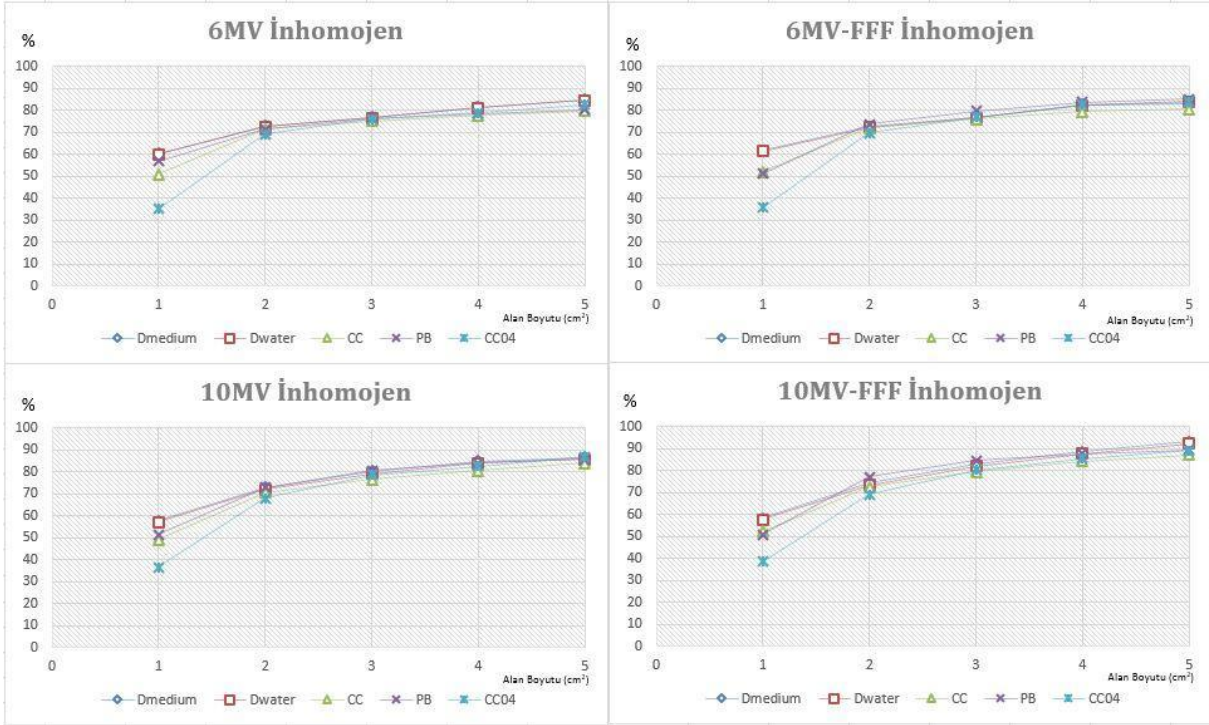
Şekil 3.2. Homojen fantomda CC01 Razor iyon odası ile ölçümler

CC01 Razor iyon odası ile inhomojen fantomda şekil 3.3’de görülen sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak MC-Dm, MC-Dw, CC ve PB ile uyumlu sonuçlar elde edildi fakat homojen fantomdaki sonuçlarla karşılaştırıldığında uyum oranı daha azdır. En büyük uyumsuzluğun $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanlarda olduğu görüldü.



Şekil 3.3. İnhomojen fantomda CC01 Razor iyon odası ile ölçümler

CC04 iyon odası ile inhomojen fantomda şekil 3.4’de görülen sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak MC-Dm, MC-Dw, CC ve PB ile uyumlu sonuçlar elde edildi fakat homojen fantomdaki grafiklerle karşılaştırıldığında uyum oranı daha azdır. En büyük uyumsuzluk $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanlarda görüldü. CC01 Razor iyon odası ile $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanlarda inhomojen ortamda daha iyi sonuçlar elde edildi.



Şekil 3.4. İnhomojen fantomda CC04 Razor iyon odası ile ölçümler

4. Sonuç

Homojen fantomda yapılan ölçümlerde $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alan boyutlarındaki ölçümler hariç tüm alan boyutlarında algoritmalar ve ölçümler arasında uyum oranının yüksek olduğu gözlemlendi. 10MV ve 10MV-FFF enerjilerde 6MV ve 6MV-FFF enerjilerine göre $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alanda daha uyumlu sonuçlar elde edildi. Yeni geliştirilen CC01 Razor iyon odası için özellikle $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alan ölçümlerinde daha doğru sonuçlar elde edildi.

İnhomojen fantomda yapılan ölçümlerde algoritmalar ve ölçümler arasında uyumlu sonuçlar elde edildi. Fakat özellikle $1 \times 1 \text{ cm}^2$ alan boyutlarında yapılan ölçümlerde PB ve CC algoritmalarının, MC algoritması ile aralarında farkların olduğu görüldü. CC04 iyon odası $1 \times 1 \text{ cm}^2$ ölçümlerinde %20'lere yakın farklar bulundu. CC01 Razor iyon odası ile daha uyumlu sonuçlar elde edildi. Literatür taraması yapıldığında aşağıdaki belirtilen çalışmalarla sonuçlarımızın uyum içerisinde olduğu görüldü. Lax ve ark. akciğer SBRT uygulamalarında CC, PB, MC algoritmalarının doz dağılımlarındaki farklılıkları incelemişlerdir. PB algoritmasının dozu daima daha fazla hesapladığını bulmuşlardır. Fantom çalışmasında akciğer eşdeğeri inhomojen ortamlarda GTV de %10, GTV dışında %30'lara yakın fark bulmuşlardır (Lax, 2006). Kim ve ark. inhomojen ortamda TPS'de kullanılan PB, CC ve MC algoritmaların doz dağılımları üzerine etkilerini araştırmışlardır. 5 Akciğer ve 5 meme kanseri hastasına 6 MV enerjide YART planlamışlardır. Genel olarak CC ve MC ile benzer MU değerleri bulunurken, PB ile daha düşük MU değerleri elde etmişlerdir. PB algoritması, MC algoritmasına göre %12-20 arasında dozu fazla hesaplamıştır. En doğru hesaplamaların MC

doz algoritması ile elde etmişlerdir (Kim, 2015). Chen ve ark. 15MV enerjide PB ve MC algoritmaları ile akciğer SBRT’de doz dağılımları karşılaştırmışlardır. Tedavi planının verifikasyonu için EDR2 film ve inhomojen fantom kullanmışlardır. Doz profillerini ve doz dağılımlarını karşılaştırmışlardır. 35 Akciğer SBRT hastası için Eclipse planlama sisteminde PB algoritması ile yapılan planları MC algoritması ile tekrar hesaplatmışlardır. PB ile film profil ölçümlerinde farklar +%15’lere kadar farklar olabilmektedir. MC ve film profil ölçümlerinde bu farklar <%1’dir. 35 Akciğer SBRT planında PB algoritması dozu fazla hesaplamıştır. Özellikle küçük boyuttaki PTV’lerde bu farklar çok daha fazla olmaktadır [Chen 2010]. Dobler ve ark. küçük akciğer lezyonlarının tedavisinde farklı doz hesaplama algoritmalarını karşılaştırmak ve doğrulamak için akciğer fantomu üzerine 9 alanlı konformal plan hazırlamışlardır. Planların verifikasyonu için EBT film kullanmışlardır. PB algoritması %15 dozu fazla hesaplamıştır. CC algoritması EBT filme göre -%8, MC algoritması ise -%3 farkla dozu hesaplamışlardır (Dobler, 2006). Chetty ve ark. SBRT ile tedavi edilen 133 akciğer hastasında doz dağılımlarını retrospektif olarak tekrar hesaplamışlar ve tümör kontrol olasılığı modelini kullanarak doz ile tedavi sonuçları arasında bir ilişki kurmayı amaçlamışlardır. PB algoritmasıyla 4 fraksiyonda 48 Gy (BED:106 Gy) tedavi edilen hasta planı CC ve MC ile tekrar hesaplatıldı. Oluşturulan modele göre en küçük tümörlerde (PTV <20 cm³), D95 dozunda %20 doz azaltıldı (BED: 60-85), daha büyük tümörlerde (PTV >100 cm³) D95 dozunda %10 azaltıldı (BED>100). Akciğer ortalama dozlarında CC ve MC algoritmalarında doz %15 daha düşük olarak bulmuşlardır. Küçük ve büyük boyutlu tümörlerde modele göre tekrar hesaplanıp BED değerleri incelendiğinde ve sonuçlar karşılaştırıldığında iki yıllık lokal kontrol arasında korelasyon bulunamamıştır. Çalışmanın sonucunda daha fazla veri ile çalışmayı genişletmeyi önermişlerdir (Chetty, 2013). Latifi ve ark. PB ve CC algoritmaları akciğer SBRT için incelemişlerdir. 201 Akciğer SBRT ile tedavi edilmiş hastaları retrospektif olarak tekrar incelemişler. Her bir hasta 5 fraksiyonda 50 Gy ile tedavi edilmiş. 201 Hastanın 116’sı PB algoritması ile 85 hasta ise CC algoritması ile planlamışlar. Tüm planlarda hedef hacimeuygulanan dozun %95’ini alması için normalize edilmiş. PB ve CC ile tedavi edilen hastalarda 17 ve 24 aylık medyan takip süreleri aynı bulmuşlar. Işınlanmış lezyonun lokal ve marjinal kontrolü de karşılaştırmışlardır. PB ile 25 hastada CC ile 4 hastada lokal nüks görülmüş, ama aradaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulamamışlardır. Sonuç olarak bu değerlerde birçok faktör olmasına rağmen PB algoritmasında dozu olduğundan daha fazla hesaplamasının da etkili olduğu düşünülmektedir (Latifi, 2014).

Küçük alanların kullanıldığı SRT/SBRT tedavilerinde TPS ve doz hesaplama algoritmalarının doğruluğu çok önemlidir. Doz dağılımının doğru hesaplanması için küçük alan ölçümleri ve hesaplama algoritmalarının hassasiyeti ile doğru orantılıdır. İnhojen ortamlarda küçük alan dozimetrisinde ki belirsizlikler ve zorluklar daha da artmaktadır CC01 Razor iyon odası yeterince güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. MC algoritması hem homojen hem de inhomojen fantomda altın standart olarak kabul edildiğinde, 1x1 cm² hariç CC ve PB algoritmaları ile uyum içerisindedir. Özellikle 1x1 cm² inhomojen fantom ölçümlerinde PB hesaplamaları ve CC04 iyon odası ile ölçümlerinde en büyük farklar gözlemlendiği için küçük alanların kullanıldığı tedaviler ve ölçümlerde kullanılmaması önerilmektedir. Yeni bir ticari ürün olan CC01 Razor iyon odası küçük alan dozimetrisi için uygun bir dozimetrik ekipmandır.

Kaynakça

- Almond P. R., Biggs P. J., Coursey B. M., Hanson W. F., Huq M. S., Nath R., Rogers D. W. O., 1999. AAPM's TG-51 Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High Energy Photon and Electron Beams. *Med. Phys.* 26 (9).
- Bruinvis I. A. D., Keus R. B., Lenglet W. J. M., Meijer G. J., Mijnheer B. J., 2005. NCS Report 15: Quality Assurance of 3-D Treatment Planning Systems for External Photon and Electron Beams. From <https://radiationdosimetry.org/ncs/documents/ncs-15-3d-tps-for-external-photon-and-electron-beams>
- Chen H., Lohr F., Fritz P., Wenz F., Dobler B., Lorenz F., Muhl nickel W., 2010. Stereotactic, Single-Dose Irradiation Of Lung Tumors: A Comparison Of Absolute Dose And Dose Distribution Between Pencil Beam And Monte Carlo Algorithms Based On Actual Patient CT Scans. *International Journal Of Radiation Oncology Biology Physics.* 78 (3): 955-963.
- Chetty I. J., Devpura S., Liu D., Chen D., Li H., Wen N. W., Kumar S., Fraser C., Siddiqui M. S., Ajlouni M., Movsas B., 2013. Correlation of dose Computed Using Different Algorithms With Local Control Following Stereotactic Ablative Radiotherapy (SABR)-Based Treatment Of Non-Small-Cell Lung Cancer. *Radiother Oncol.* 109:498–504.
- Das I. J., Ding G. X., Ahnesjö A., 2008. Small Fields: Nonequilibrium Radiation Dosimetry. *Med. Phys.* 35 (1).
- Das I. J., Cheng C. W., Ahnesjö A., Gibbons J., Li X. A., Lowenstein J., Mitra R. K., Simon W. E., Zhu T. C., 2008. Accelerator Beam Data Commissioning Equipment and Procedures: Report of the TG-106 of Therapy Physics Committee of the AAPM. *Med. Phys.* 35 (9).
- Dobler B., Walter C., Knopf A., Fabri D., Loeschel R., Polednik M., Schneider F., Wenz F., Lohr F., 2006. Optimization Of Extracranial Stereotactic Radiation Therapy Of Small Lung Lesions Using Accurate Dose Calculation Algorithms. *Radiat Oncol.* 1:45.
- Fraass B., Doopke K., Hunt M., Kutcher G., Strakschall G., Dyke J. V., 1998. American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 53: Quality Assurance for Clinical Radiotherapy Treatment Planning. *Med. Phys.* 25 (10).

- IAEA, 2017. Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy. IEAE Technical reports series, Report 483.,ISSN 0074–1914; no. 483.
- IAEA, 2004. Commissioning and Quality Assurance Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer. IEAE Technical reports series, Report 430ISSN 0074–1914; no 430.
- ICRU, 2017. Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements. Report 91.14 (2): 1–160. from <https://doi.org/10.1093/jicru/ndx017>
- Khan F. M., 2010. The Physics Of Radiation Therapy 3rd Edition. Lippincott Williams & Wilkins Company, USA.
- Kim S. J., Kim S. K. & Kim D. H., 2015. Journal Of The Korean Physical Society. 67: 153.<https://doi.org/10.3938/jkps.67.153>
- Latifi K., Oliver J., Baker R, Dilling T. J., Stevens C. W., Kim J., Yue B., Demarco M., Zhang G., G., Fevgelman V., 2014. Study Of 201 Nonsmall Cell Lung Cancer Patients Given Stereotactic Ablative Radiation Therapy Shows Local Control Dependence On Dose Calculation Algorithm. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 88:1108–13.
- Lax I., Panettieri V., Wennberg B., Duch M. A., Näslund I., Baumann P., Gagliardi G., 2006. Dose Distributions In SBRT Of Lung Tumors: Comparison Between Two Different Treatment Planning Algorithms And Monte-Carlo Simulation Including Breathing Motions. *Acta Oncologica.* 45(7) :978-988.
- Lu L., 2013. Dose Calculation Algorithms İn External Beam Photon Radiation Therapy. *Int J Cancer Ther Oncol.* 1:01025.
- Ma C. M., Li J. S., Deng J., Fan J., 2008. Implementation Of Monte Carlo Dose Calculation For Cyberknife Treatment Planning. *Journal of Physics.* 102 (1).
- Wilcox E. E., Daskalov G. M., 2008. Accuracy of Dose Measurements and Calculations Within and Beyond Heterogeneous Tissues For 6 MV Photon Fields Smaller Than 4 cm Produced by Cyberknife. *Med Phys.* 35: 2259-2266.

Gönen (Biga Yarımadası) Kuzeybatısında Yer Alan Granitlerin Yaşına İlişkin İlk Bulgular, KB Anadolu

Fırat Şengün*

Çanakkale Onsekiz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

17.06.2019 Geliş/Received, 10.10.2019 Kabul/Accepted

Öz

Biga Yarımadası'nda (KB Anadolu) Gönen'in kuzeybatısında yüzlek veren granitik kütlelerin içerisindeki zirkon tanelerinden LA-ICPMS ile U-Pb izotop analizleri yapılmıştır. KD-GB yönelime sahip granit sarımsı kahve renkli olup feldspat ve kuvars mineralleri gözle ayırt edilebilmektedir. Granitik kütlelerin üzerine uyumsuz bir dokanakla Jurasik yaşlı Bayırköy Formasyonuna ait kumtaşları ve gri, bej renkli Bilecik kireçtaşı gelmektedir. Granitlerin genel mineral bileşimi ortoklas, plajiyoklas, kuvars, biyotit, muskovit ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Aksesuar mineral olarak ise zirkon ve apatit mineralleri gözlenmektedir. Zirkon tanelerinin tamamı magmatik kökeni gösteren zonlanmaya sahiptir. Granit içerisindeki zirkon minerallerinden elde edilen U-Pb analizleri 323.6 ± 1.7 My konkordiya yaşını vermiştir ve bu yaş granitlerin kristalizasyon yaşını ifade etmektedir. U-Pb yaşları Sakarya Zonu'nda Erken Karbonifer'de bir magmatizmanın olduğunu göstermektedir. Bu Erken Karbonifer magmatizması Variskan orojenezi sırasında tektonik birimlerin bir araya gelmesine neden olan yitim olayı ile ilgilidir. Sakarya Zonu'nun Variskan evrimi Karbonifer magmatizması, metamorfizması ve jeolojik evrimi bakımından Balkanlar'da, Pelagoniyan Zonu'nda, Rodop Masifi'nde ve orta Avrupa'da gelişen Karbonifer olaylarına benzerlik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: U-Pb, zirkon, granit, Karbonifer magmatizması, KB Anadolu,

Preliminary Ages of Granitic Rocks in the Northwest of Gönen (Biga Peninsula), NW Anatolia

Abstract

U-Pb analyses of zircon grains from the granitic rocks exposed on the northwestern of Gönen in the Biga Peninsula (NW Anatolia) were performed by LA-ICPMS. NE-SW-trending granites have brownish yellow color and feldspar, quartz minerals are visible within granitic rocks. These granitic rocks are unconformably overlain by Jurassic sandstones of the Bayırköy Formation and gray-colored Bilecik limestone. The main mineral assemblage of granites is composed of orthoclase, plagioclase, quartz, biotite, muscovite and chlorite. Zircon and apatite minerals occur as accessory minerals. Most zircon grains have oscillatory zoning

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Fırat Şengün
(e-posta: firatsengun@comu.edu.tr)

Bu makale ÇOMÜ BAP Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje numarası: FBA-2018-2453
TÜBİTAK 2219 Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında desteklenmiştir.

showing the magmatic origin. U-Pb analyses of zircon minerals from granitic rocks yielded the concordia age of 323.6 ± 1.7 Ma and this concordia age state the crystallization age of granites. U-Pb zircon age show that Early Carboniferous magmatism is present in the Sakarya Zone, which is related to subduction event resulted from the amalgamation of tectonic units during the Variscan orogeny. The Variscan evolution of the Sakarya Zone resembles the Carboniferous events in the Balkans, Pelagonian Zone, Rhodope Massif and central Europe in terms of Carboniferous magmatism, metamorphism and geological evolution.

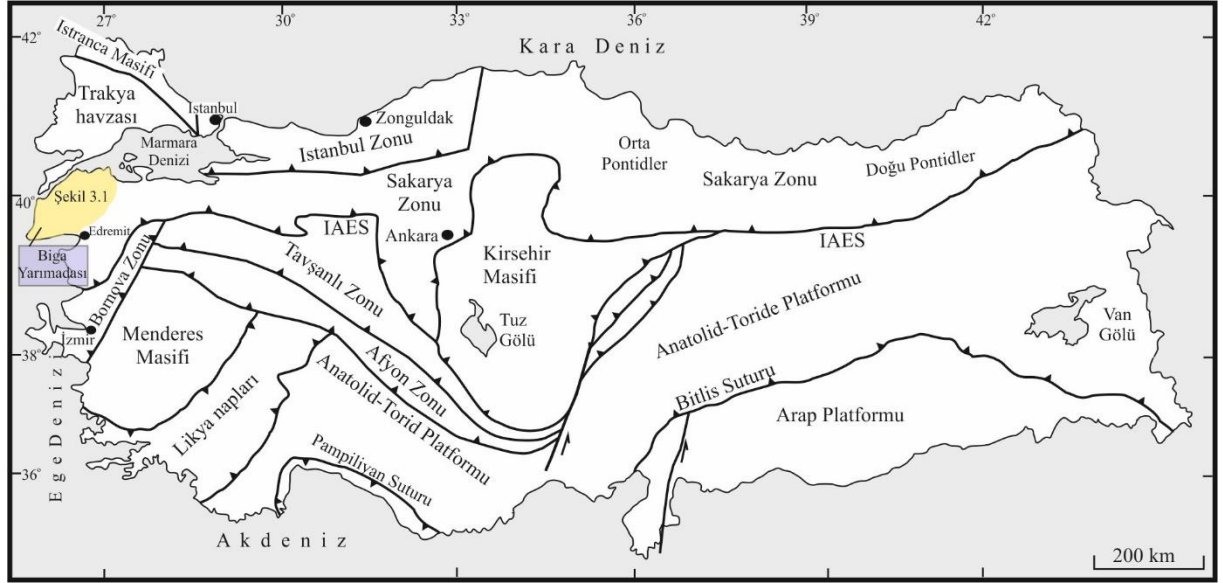
Keywords: U-Pb, zircon, granite, Carboniferous magmatism, NW Anatolia,

1. Giriş

Granitler öncelikli olarak kıtasal kayaların kısmi ergimesiyle oluşur ve kıtasal bölgelerde yaygın olarak bulunmaktadır (Brown, 2013). Bu yüzden kıtasal kabukta en yaygın magmatik kaya tipi olan granitlerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çeşitli tektonik ortamlarda oluşan granitler kıtasal kabuğun gelişmesi, yeniden oluşumu, kabuk-manto etkileşimi ve mineralizasyon hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte granitik kayalar farklı mineralojik topluluğa ve jeokimyasal bileşime sahip olması nedeniyle büyük farklılıklar göstermekle birlikte granitlerin sınıflaması, kökeni, tektonik ortamları granit petrojenezinde hala en çok tartışılan konulardır. Bundan dolayı granitlerin petrolojik özelliklerini ve kristalizasyon yaşlarının ortaya çıkarılması için granitlerin içerisinde aksesuar mineral olarak bulunan zirkonların U-Pb izotopik özelliklerinden yararlanılmaktadır. Zirkon ($ZrSiO_4$) birkaç farklı radyojenik (U-Th/Pb, U-Th/He) izotop analizlerini uygulayabilmek açısından nadir termodinamik ve kimyasal özellikler sunan bir mineraldir (Hanchar ve Hoskin, 2003).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan granitik kütle KB Anadolu'da Sakarya Zonu'nun batı kesiminde yer alan Biga Yarımadası'nda yüzeylenmektedir (Şekil 1.1). Sakarya Zonu Variskan metamorfizması-magmatizması, Permo-Triyasik Paleotetis yığılma-yitim karmaşıkları ve Liyas bölgesel uyumsuzluğun kırıntılı ürünleriyle karakterize olmaktadır. Variskan orojenezi sırasında kıtasal ve okyanusal bloklar Lavrasya'nın güney kenarında Sakarya Zonu'nun temelinde yığılmışlardır (Okay ve ark., 2006; Okay ve Nikishin, 2015). Sakarya Zonu'nun batı kesiminde bulunan Biga Yarımadası Variskan ve Alpin olayları sırasında karmaşık termotektonik geçmişe sahiptir (Şekil 1.1) (Okay ve ark., 1996, 2006; Picket ve Robertson, 2004; Cavazza ve ark., 2009). Sakarya Zonu'nun temelinde yaygın olarak bulunan granitik kayaların büyük bir kısmı Karbonifer yaşlıdır (350-308 My) (Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve ark., 2002, 2006; Topuz ve ark., 2007, 2010; Dokuz, 2011; Ustaömer ve ark., 2012; Kaygusuz ve ark., 2016; Şengün ve Koralay, 2017). Bu granitik kayalar Biga Yarımadası'nda Kazdağ Masifi'nden (329-308 My) (Okay ve ark., 1996, 2006; Erdoğan ve ark., 2013) doğuya doğru orta Sakarya Zonu'nda (~ 290 My) (Okay ve ark., 2006; 327-319 My, Ustaömer ve ark., 2012) ve doğu Sakarya Zonu'nda (340-318 My) (Topuz ve ark., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz ve ark., 2016) izlenebilmektedir. Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde de Yusufeli'nden alınan granitlerde Karbonifer magmatizması saptanmıştır (356-325 My) (Ustaömer T ve ark., 2013).

Bu makalede Biga Yarımadası'nın doğu kesiminde Gönen kuzeybatısında yüzlek veren granitik kütlelerin LA-ICPMS (lazer aşındırma-etkileşik çiftleşmiş plazmalı kütle spektrometresi) zirkon U-Pb yaşları ile kristalizasyon yaşının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.



Şekil 1.1. Türkiye'nin ana tektonik birimlerini ve bunları sınırlayan sutureları gösteren tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilmiştir).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Örnek Hazırlama

Çalışma alanı içerisindeki granit yüzleklerinden alınan 8-10 kg örnek içerisindeki zirkon taneleri klasik kırma, sallantılı masa, eleme, manyetik ayırıcı, ağır sıvı ile ayrılmış ve son olarak da binoküler mikroskop altında temiz, kapanım içermeyen zirkon taneleri seçilmiştir. Bu seçilmiş zirkon taneleri U-Pb yaşlandırma analizleri için epoksi içerisinde gömülmüş ve parlatılmıştır. Zirkon tanelerinin dış morfolojisini ve iç yapısını ortaya çıkarmak amacıyla katodoluminesans (CL) görüntüleri çekilmiştir. Zirkonların CL görüntüleri U-Pb izotop analizlerinin yerlerinin seçilmesinde kullanılmıştır. CL analizleri Göteborg Üniversitesi'nde Hitachi S-3400N taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak zirkon içerisindeki kapanımları tanımlamak, U-Pb izotop analizleri için en uygun analiz yerlerini seçmek amacıyla yapılmıştır. Elektron mikroskobunda görüntüleme sırasında analiz koşulları 20 kV ve 6.04 nA olarak ayarlanmıştır. Örnekler SEM-CL analizleri öncesinde karbonla kaplanmıştır. Analizden sonra ise 1 µm alüminyum oksit (Al_2O_3) tozuyla karbonla kaplanmış örneğin karbonunun çıkarılması ve daha sonra örneğin ultrasonik temizleme banyosunda 5 dakika kalıp tamamen temizlenmesi sağlanmıştır.

2.2. Zirkon U-Pb Analizleri

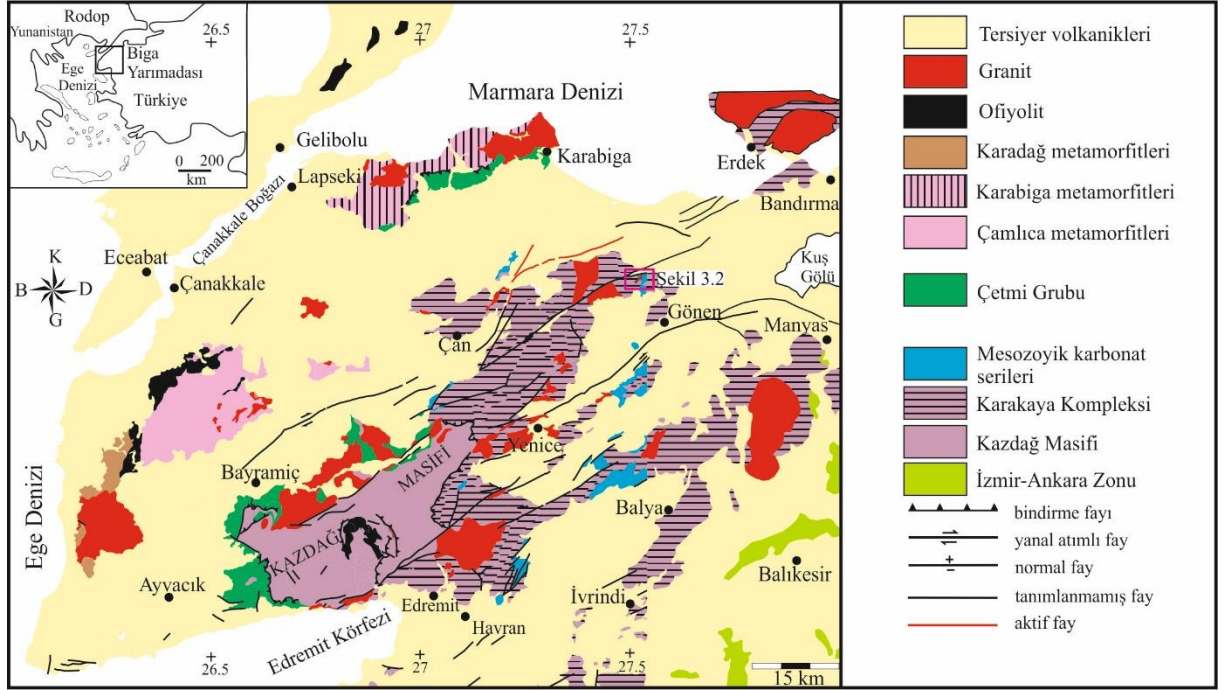
U-Pb yaşlandırma analizleri Oslo Üniversitesinin yer bilimleri bölümünde bulunan Nu Plazma HR çoklu toplayıcıya monte edilmiş NewWave LUV 213 ND-YAG ve Cetac LSX-213 G2+ lazer mikroprobu kullanarak LA-ICPMS ile gerçekleştirilmiştir. Sistemde taşıyıcı gaz olarak He-Ar gazı kullanılmıştır. Helyum gazı örneklerin bulunduğu örnek tutucudan lazer ile aşındırılmış örnek partiküllerini taşır ve taşıyıcı gaz olarak Argon hassasiyeti artırmak için ilave gaz olarak Nitrojen ile karıştırarak ICP-MS'in ısı kaynağına doğru akar. Helyum aynı zamanda aşınma yüzeyinde birikmeyi önleyerek hassasiyeti artırır ve partiküllerin boyu nedeniyle parçalanmayı azaltır (Eggins ve ark., 1998). Lazer aşındırma koşulları $\sim 0.06 J/cm^2$ lazer enerjisinde 40 µm çapında lazer ışını ve 10 Hz tekrarlanma hızı olarak ayarlanmıştır. U-Pb analizlerinin her biri için 80 saniye aralıklarla sinyaller

kaydedilmiştir. İlk 20 saniye lazerin ısınması sırasında arka planın analiz edilmesi için kullanılmıştır. İzleyen 40 saniyelik bekleme süresi lazerin zirkonu aşındırması için kullanılırken son 10 saniye ise sistemde analizden kalan iyonların temizlenmesi için kullanılmıştır. Analiz serileri 15 bilinmeyen taneden oluşmaktadır. Her 15 analizden sonra yaşı ve U-Pb bileşimi bilinen 2-4 tane uyumlu zirkon analizleri yapılmıştır. Kalibrasyon için kullanılan zirkonlar uluslararası zirkon standartlarıdır. Bu standartlar GJ ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yaş = 609 ± 1 My) (Jackson ve ark., 2004), 91500 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yaş = 1065 ± 1 My) Wiedenbeck ve ark., 1995) ve A382 (Lauri ve ark., 2011). A382 standardı ortalama 1877 ± 2 My yaşa sahiptir. Nu Plazmadan elde edilen veri dosyaları düzeltme için Microsoft Excel sayfasına aktarılmıştır. Konkordiya diyagramları Isoplot 3.71 (Ludwig, 2008) sürümü kullanılarak çizilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

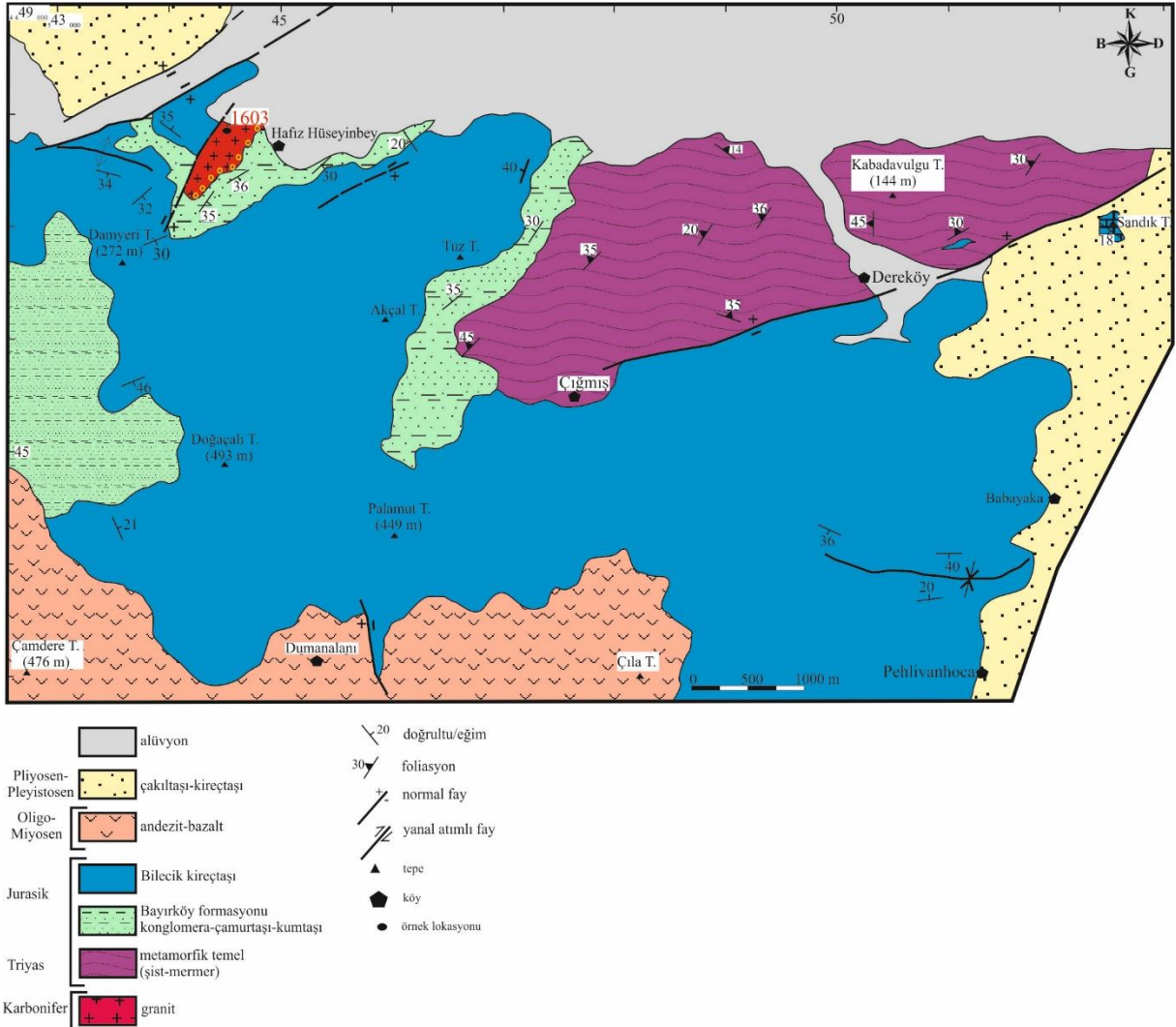
3.1. Jeolojik Yerleşim

Sakarya Zonu'nun batı kesiminde yer alan Biga Yarımadası kuzeyde Istranca Masifi ve Trakya Havzası ile güneyde İzmir-Ankara Süturu ile batıda ise Ege denizi ile sınırlanmaktadır (Şekil 1.1). Biga Yarımadası genel olarak yüksek dereceli metamorfik kayalardan, ofiyolitik, magmatik ve magmatiklere eşlik eden volkanik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Biga Yarımadası'nda yüzlek veren ana kaya toplulukları: (1) amfibolit-granulit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Kazdağ Masifi'nin temel kayaları (Karbonifer) (Okay ve Satır, 2000a, b; Yaltrak ve ark., 2004; Duru ve ark., 2007; Cavazza ve ark., 2009), yeşilist fasiyesinde Çamlıca metamorfik birimi (Şengün ve Çalık, 2007; Şengün ve ark., 2011) ve Karabiga metamorfik birimi (Geç Kretase) (Beccaletto ve ark., 2007; Aygül ve ark., 2012); (2) Biga Yarımadası'nın doğu kesiminde yüzlek veren Triyas-Erken Jurasik yaşlı Karakaya Karmaşığı (Okay ve Göncüoğlu, 2004); (3) yitim-yığışım ile ilişkili Çetmi melanjı (Erken Kretase) (Okay ve ark., 1990; Beccaletto ve ark., 2005); ve (4) Permo-Triyasik Karadağ metamorfik birimi (Okay ve ark., 1990; Beccaletto ve Jenny, 2004). Tersiyer sedimanter birimleri bütün birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil 3.1).

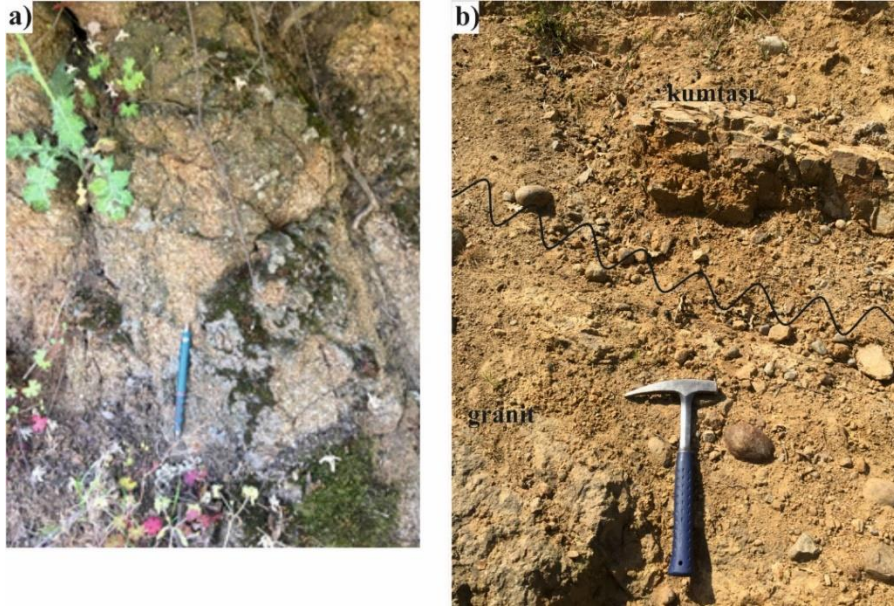


Şekil 3.1. Biga Yarımadası'nın geliştirilmiş jeoloji haritası (MTA 2012'den değiştirilmiştir)

Bu makalenin konusunu oluşturan granitik kütle Gönen'in kuzeybatı kesiminde yüzlek vermektedir. En iyi yüzlekleri ise Hafız Hüseyinbey köyü civarında gözlenmektedir (Şekil 3.2). Granitik kütle KD-GB yönelimli olup yaklaşık 1 km² lik alanı kaplamaktadır. Arazide genellikle altere olmuş olarak gözlenen granitler kahverengi sarımsı renktedir (Şekil 3.3a). Feldspat ve kuvars mineralleri gözle ayırt edilebilmektedir. Granitik kütle üzerine uyumsuz bir dokanakla Jurasik yaşlı Bayırköy Formasyonuna ait kumtaşları ve gri, bej renkli Bilecik kireçtaşı gelmektedir (Şekil 3.3b). Genel olarak sarı-kırmızı renkli konglomera, sarımsı kahve renkli kumtaşı, siltaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Bayırköy Formasyonu, Hafız Hüseyinbey köyü civarında Karakaya Karmaşığının düşük dereceli metamorfik kayaları (Nilüfer Birimi) üzerine açılı uyumsuzlukla başlayan transgresif bir istif özelliği göstermektedir. Baskın litolojiyi oluşturan kumtaşları arazide açık kahverenkli, ince-orta taneli ve iyi tabakalanmalı olarak gözlenmektedir. Birimin tabanında kırmızı-sarı renkli, orta-kalın tabakalı, çapraz katmanlı konglomeraların iyi yuvarlaklaşmış çakılları; kireçtaşı, kuvarsit, granit, sleyt, kumtaşı ve bazaltlardan oluşmakla birlikte, daha üst seviyelerde breş şeklinde köşeli ve karbonat çimentolu cm-dm boyutlu, moloz akmalı çakılların çoğu kireçtaşlarından oluşan konglomeralardan oluşmaktadır. İstif en üstte yumru kireçtaşları ile başlayan Bilecik formasyonuna keskin bir dokanakla geçmektedir. Bilecik formasyonuna ait kireçtaşları sarımsı beyaz renkli, ince-orta kristalli, kalın tabakalı ve bol çatlaklı olarak gözlenmektedir. Bayırköy formasyonunun alt seviyelerinde bulunan kumtaşlarından alınan örneklerdeki fosil topluluğuna göre birimin yaşı Liyas olarak kabul edilmiştir (MTA, 2008). Jurasik yaşlı Bayırköy Formasyonunun üzerine gelen Bilecik kireçtaşı Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşmaktadır.



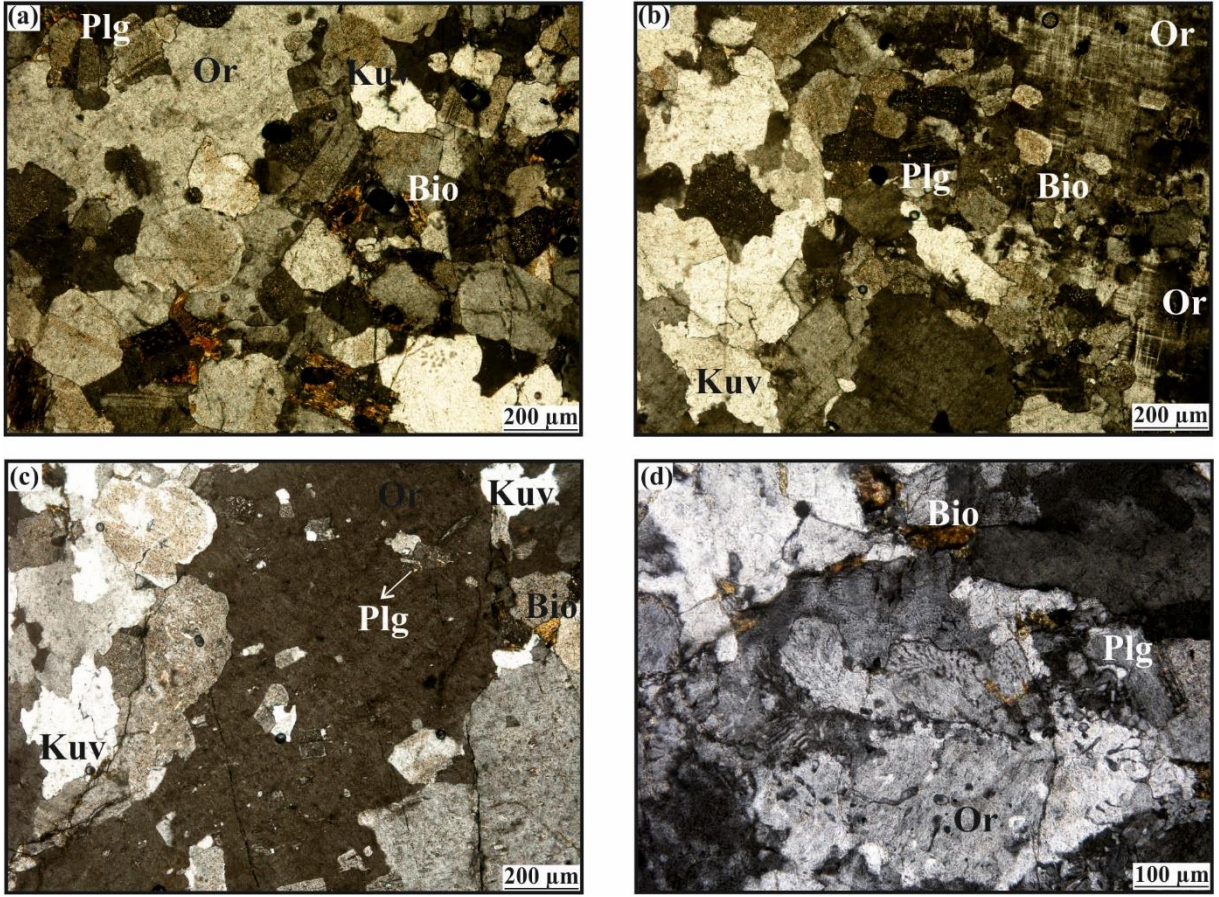
Şekil 3.2. Gonen (Balıkesir) kuzeyinin ayrıntılı jeoloji haritası ve U-Pb yaşı analizi yapılan örneğin yeri (Yiğitbaş ve ark., 2009'dan değiştirilmiştir)



Şekil 3.3. (a) Alterasyona uğramış granitlerin genel görünümü (0544563K-4447589D). (b) Granitlerle Jurasik yaşlı Bayırköy Formasyonuna ait kumtaşları arasındaki uyumsuz dokanak ilişkisi (0544244K-4447488D).

3.2. Petrografi

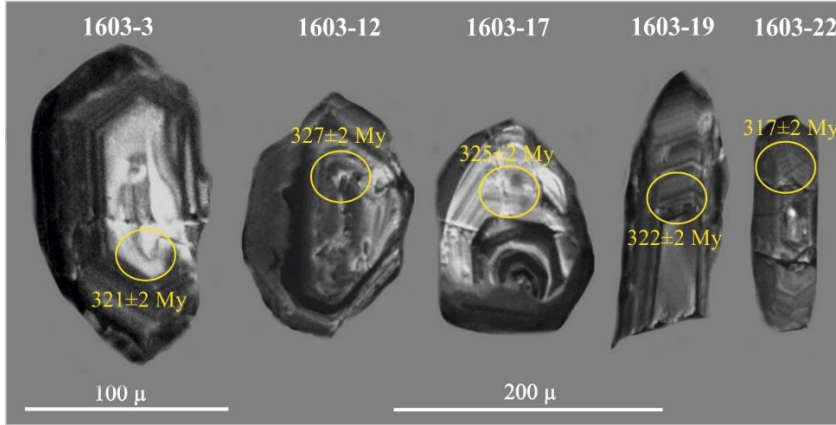
Petrografik incelemeler sonucu granitin genel mineral bileşimi ortoklas, plajiyoklas, kuvars, biyotit, muskovit, klorit olarak saptanmıştır (Şekil 3.4a). Zirkon, apatit mineralleri ise aksesuar minerallerini oluşturmaktadır. Ortoklas kristalleri çift nikolde iri kristaller şeklinde, gri renkli ve karlspat ikizlenmesi göstermektedir (Şekil 3.4b). Bazı ortoklas kristalleri içerisinde plajiyoklas ve kuvars inklüzyonları gözlenmektedir (Şekil 3.4c). Ortoklas kristallerinin sınırlarında mirmekitik doku gelişmiştir (Şekil 3.4d). Plajiyoklas mineralleri çift nikolde beyazımsı gri renkte ve polisentetik ikizlenmesiyle kolaylıkla tanınabilmektedir. Kuvars mineralleri ise beyaz-gri renkli ve dalgalı sönme göstermektedir. Kuvars mineralleri arasındaki sınırlar genellikle düzdür. Biyotit mineralleri çift nikolde kırmızımsı, kahverengi girişim renklerine sahip tek nikolde ise kahverengi pleokroizma gösterirler. Biyotitlerin bir kısmı klorit minerallerine dönüşmüştür. Granit içerisinde makaslama hareketleri nedeniyle dalgalı sönme gösteren, uzamış beyazımsı gri renkli kuvars kristalleri gözlenmektedir.



Şekil 3.4. (a) Granitlerin mikroskop altında genel görünümü. (b) Ortoklas minerallerinde gözlenen karlspat ikizlenmesi. (c) Ortoklas mineralleri içerisinde gözlenen kuvars ve plajiyoklas inklüzyonları. (d) Ortoklas minerallerinin kuvars ve plajiyoklas mineralleriyle olan sınırlarında gelişen solucan görünümlü mirmekitik doku (Or: ortoklas, Plg: plajiyoklas, Bio: biyotit, Kuv: kuvars)

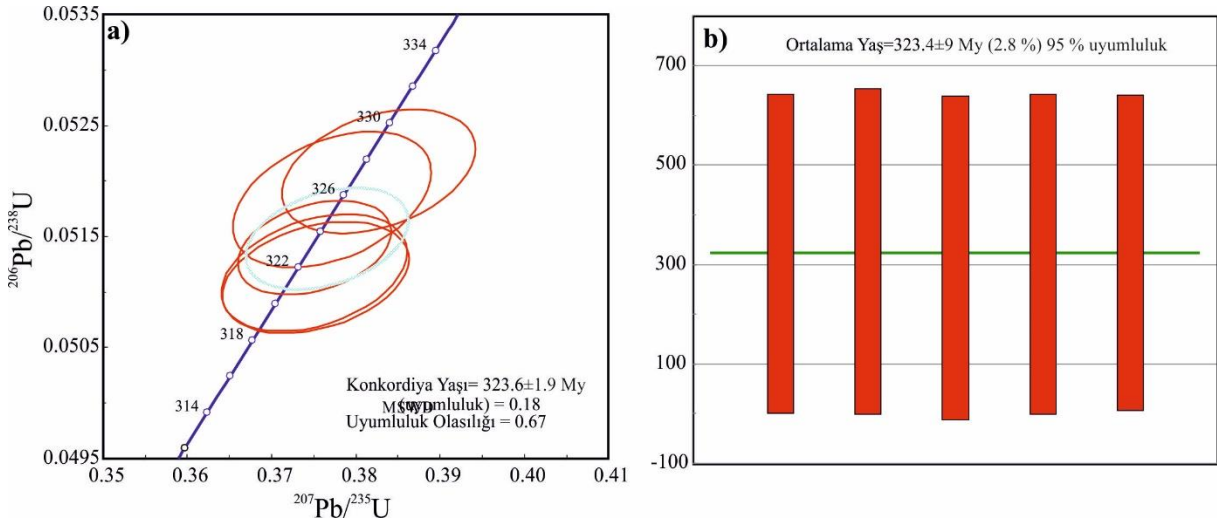
3.3. U-Pb Zirkon Yaşları

Bu çalışmada U-Pb zirkon yaşlandırması için 1603 nolu granit örneğinden (0544696K-4447370D) zirkon taneleri seçilmiştir. Seçilen zirkon taneleri renksiz, öz şekillidir ve boyutları 110 mikron ile 220 mikron arasında değişmektedir. Zirkon tanelerinin CL görüntüleri zirkonların zonlu bir içyapıya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 3.5). Bu zonlu iç yapı granit örneği içerisindeki seçilmiş bütün zirkonların magmatik kökenli olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.5. 1603 nolu granit örneği içerisindeki seçilmiş zirkon tanelerinin katodoluminesans görüntüleri (sarı halkalar U-Pb analizlerinin yapıldığı yerleri göstermektedir).

1603 nolu granit örneği içerisindeki zirkon tanelerinden U-Pb analizleri yapılmıştır. Zirkonların U-Pb izotop analizleri Çizelge 3.1 de verilmektedir. 5 zirkon tanesinden yapılan U-Pb analizleri 323.6 ± 1.9 My konkordiya yaşı vermiştir (Şekil 3.6a). Uyumluluk (MSWD) 0.18 olarak hesaplanmıştır. Buna karşın Tera-Wasserburg diyagramında U-Pb yaşı ise 323.6 ± 1.7 My (MSWD=0.044) yaş vermiştir (Şekil 3.6b). U-Pb izotop analizlerinin tamamı analitik hata sınırları içerisinde uyumludur. Zirkon tanelerinden elde edilen 323.6 ± 1.9 My konkordiya yaşı granit kristalizasyon yaşı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.6. LA-ICPMS ile U-Pb zirkon analizi yapılan 1603 nolu granit örneğine ait (a) konkordiya diyagramı, (b) Ortalama yaş diyagramı.

Bu çalışmadan elde edilen zirkon U-Pb yaşları Sakarya Zonu'nda Erken Karbonifer'de bir magmatizmanın olduğunu göstermektedir. Diğer yandan Orta Sakarya Zonu'nda Söğüt granodiyoritinden 327-319 My yaş elde edilmiştir (Ustaömer ve ark., 2012). Doğu Pontidler'de (Pulur Masifi, Kurtoğlu metamorfik kompleksi) ise magmatizmanın yaşı 324 My ile 318 My arasında değişmektedir (Topuz ve ark., 2010; Dokuz, 2011). Doğu Pontidler'de erken Karbonifer magmatizması (356-325 My) aynı zamanda Yusufeli'nde yüzlek veren granitlerden de elde edilmiştir (Ustaömer ve ark., 2013).

Çizelge 3.1. 1603 nolu granit örneği içerisindeki zirkonların LA-ICPMS U-Pb izotop analizleri

Örnek	Analiz noktası	Oranlar							Rho	Yaş (My)						Uyumluluk (%)
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1SE	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}}{^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}}$	
1603	1603-03	0.05322	0.00097	0.37520	0.00728	0.051131	0.00033	0.333	338	41	324	5	321	2	99.1	
1603	1603-12	0.05328	0.00098	0.37713	0.00778	0.051833	0.000404	0.401	341	40	329	6	327	2	99.4	
1603	1603-17	0.05198	0.00095	0.37505	0.00729	0.051178	0.000349	0.351	320	43	315	5	325	2	103	
1603	1603-19	0.05315	0.00097	0.38268	0.00754	0.052089	0.000371	0.362	335	40	323	5	322	2	99.7	
1603	1603-22	0.05301	0.00106	0.37509	0.00602	0.051404	0.00028	0.333	353	42	325	6	317	2	97.5	

Sakarya Zonu'nun batı kesiminde Biga Yarımadası'nda metavolkanik kayalarda Erken Karbonifer magmatizması (334 My) saptanmıştır (Şengün ve Koralay, 2017). Sakarya Zonu'nda yaygın olarak gelişen Karbonifer magmatizması Variskan orojenezi sırasında tektonik birimlerin bir araya gelmesine neden olan yitim olayına karşılık gelmektedir. Sakarya Zonu'nun Variskan evrimi Karbonifer magmatizması, metamorfizması ve jeolojik evrimi bakımından Balkanlar'da, Pelagoniyan Zonu'nda, Rodop Masifi'nde ve orta Avrupa'da gelişen Karbonifer olaylarına benzerlik göstermektedir. Bulgaristan ve Türkiye'nin kuzeyindeki Variskan magmatizması erken Karbonifer-erken Permian yaşındadır (320-270 My) (Okay ve ark., 2001, 2002; Carrigan ve ark., 2005; Sunal ve ark., 2006, 2008; Topuz ve ark., 2007, 2010; Ustaömer ve ark., 2012). Bununla birlikte bu çalışmadan elde edilen 323 My yaş Bulgaristan, kuzey Türkiye ve Pelagoniyan Zonu'nda gelişen magmatizmadan biraz daha yaşlıdır.

Pelagoniyan Zonu boyunca Karbonifer magmatizması yaygın olarak gelişmiştir (Anders ve ark., 2007; Carrigan ve ark., 2005). Pelagoniyan Zonu'ndaki yitim zonu magmatizması ile ilgili Karbonifer temel kayalarının magmatizma yaşı 320 My dan 307 My değişmektedir (De Bono, 1998; Vavassis ve ark., 2000). Pelagoniyan Zonu ve Sakarya Zonu gibi diğer kıtasal parçalar erken Paleozoyik zamanında Gondvana'dan ayrılmışlar ve kuzeye Lavrasya aktif kıta kenarına doğru sürüklenerek yığılmışlardır (Stampfli ve ark., 2001; Stampfli ve Kozur, 2006; Robertson, 2012). Bu yüzden Lavrasya'nın güney kenarındaki magmatik yayın kalıntıları olan Karbonifer magmatik kayaları Paleotetis okyanusunun kuzeye doğru dalmasından kaynaklanmaktadır (Şengün ve Koralay, 2017).

4. Sonuç

KB Anadolu'da Sakarya Zonu'nun batı kesiminde yer alan Biga Yarımadası'nda Gönen'in kuzeybatısında granitik bir kütle yüzlek vermektedir. Bu granitik kayalardan daha önce herhangi bir yaş elde edilmemiştir. Bu amaçla granitik kayalardan yaş tayini için zirkon taneleri ayırt edilmiştir. Zirkon tanelerinin tamamı magmatik kökeni gösteren zonlanmaya sahiptir. İlk kez bu çalışma kapsamında LA-ICPMS ile U-Pb zirkon yaşları elde edilmiştir. Zirkon tanelerinden yapılan U-Pb analizleri 323.6 ± 1.7 My konkordiya yaşı vermiştir. U-Pb izotop analizlerinin tamamı analitik hata sınırları içerisinde uyumludur. Zirkon tanelerinde elde edilen 323.6 ± 1.7 My yaşı granitlerin kristalizasyon yaşını ifade etmektedir. Bu çalışmadan elde edilen zirkon U-Pb yaşları Sakarya Zonu'nda Erken Karbonifer'de bir magmatizmanın olduğunu göstermektedir. Karbonifer magmatizması Sakarya Zonu'nda yaygın olarak gelişmiş ve Variskan orojenezi sırasında tektonik birimlerin bir araya gelmesine neden olan yitim olayına karşılık gelmektedir. Sakarya Zonu'nun Variskan evrimi Karbonifer magmatizması, metamorfizması ve jeolojik evrimi bakımından Balkanlar'da, Pelagoniyan Zonu'nda, Rodop Masifi'nde ve orta Avrupa'da gelişen Karbonifer olaylarına benzerlik göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2018-2453 no'lu projeyle ve TÜBİTAK 2219 Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışma özgün araştırma makalesi niteliğindedir.

Kaynakça

- Anders B., Reischmann T., Kostopoulos D., 2007. Zircon geochronology of basement rocks from the Pelagonian Zone, Greece: constraints on the pre-Alpine evolution of the westernmost internal Hellenides. *International Journal of Earth Sciences*, 96:639-61.
- Aysal N., Öngen S., Peytcheva I., Keskin M., 2012. Origin and evolution of the Havran Unit, Western Sakarya basement (NW Turkey): new LA-ICP-MS U-Pb dating of the metasedimentary-metagranitic rocks and possible affiliation to Avalonian microcontinent. *Geodinamica Acta* 25 (3-4): 226-247.
- Beccaletto L., Jenny C., 2004. Geology and Correlation of the Ezine Zone: A Rhodope Fragment in NW Turkey? *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13:145–176.
- Beccaletto L., Bartolini A.C., Martini R., Hochuli P.A., Kozur H., 2005. Biostratigraphic data from Çetmi Melange, northwest Turkey: Palaeogeographic and tectonic implications. *Palaeogeography Palaecology*, 221:215–244.
- Beccaletto L., Bonev N., Bosch D., Bruguier O., 2007. Record of a Palaeogene syn-collisional extension in the north Aegean Sea: evidence from the Kemer micaschists (NW Turkey). *Geological Magazine*, 144:393–400.
- Bouvier A., Vervoort J.D., Patchett P.J., 2008. The Lu–Hf and Sm–Nd isotopic composition of CHUR: Constraints from unequilibrated chondrites and implications for the bulk composition of terrestrial planets. *Earth and Planetary Science Letters*, 273, 48–57.
- Brown M., 2013. Granite: from genesis to emplacement. *Geological Society of America Bulletin*, 125, 1079–1113.
- Carrigan C.W., Mukasa S.B., Haydoutov I., Kolcheva K., 2005. Age of Variscan magmatism from the Balkan sector of the orogen, central Bulgaria. *Lithos*, 82:125–147.
- Cavazza W., Okay A.I., Zattin M., 2009. Rapid early-middle Exhumation of the Kazdağ Massif (western Anatolia), *International Journal of Earth Sciences*, 98: 1935-1947.
- De Bono A., 1998. Pelagonian Margins in central Evia island (Greece): Stratigraphy and geodynamic evolution. Dissertation, Universite de Lausanne. (Doktora Tezi).

- Delaloye M., Bingöl E., 2000. Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and Modeling of Geodynamic Evolution. *International Geology Review*, 42:241–268.
- Dokuz A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Kose composite pluton. *Gondwana Research*, 19:926–944.
- Duru M., Pehlivan Ş., Ilgar A., Dönmez M., Akçay A.E., 2007. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi: Ayvalık İ17 paftası, MTA.
- Eggins S., Kinsley L., Shelley J., 1998. Deposition and element fractionation processes during atmospheric pressure laser sampling for analysis by ICP-MS. *Applied Surface Science*, 127–129, 278–286.
- Erdoğan B., Akay E., Hasözbeke A., Satır M., Siebel W., 2013. Stratigraphy and tectonic evolution of the Kazdağ Masif (NW Anatolia) based on field studies and radiometric ages. *International Geology Review*, 55, 2060-2082.
- Hanchar J.M., Hoskin P.W.O., 2003. Zircon. *Review Mineral and Geochemistry*, 53, 500.
- Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A., 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 211, 47–69.
- Kaygusuz A., Arslan M., Sipahi, F., Temizel, İ., 2016. U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. *Gondwana Research*, 39, 327-346.
- Lauri L.S., Andersen T., Hölttä P., Huhma H., Graham S., 2011. Evolution of the Archaean Karelian province in the Fennoscandian Shield in the light of U–Pb zircon ages and Sm–Nd and Lu–Hf isotope systematics. *Journal of the Geological Society, London* 168, 201-218.
- Ludwig K.R., 2008. User's Manual for Isoplot 3.70. Berkeley Geochronology Center, Special Publication, 4.

- MTA, 2008. 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Adana Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları. Ankara, Türkiye.
- MTA, 2012. General and economic geology of the Biga Peninsula. Special Publication Series 28, 326 p. (in Turkish).
- Okay A.I., Satır M., 2000a. Upper Cretaceous Eclogite – Facies Metamorphic Rocks from the Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9:47–56.
- Okay A.I., Satır M., 2000b. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in Northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137:495–516.
- Okay A.I., Göncüoğlu M.C., 2004. The Karakaya Complex: A Review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13:77–95.
- Okay A.I., Nikishin A.M., 2015. Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57(5-8):1051-1076.
- Okay A.I., Siyako M., Bürkan K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. *Turkish Association Petroleum Geology Bulletin* 2(1):83–121.
- Okay A.I., Monod O., Monie P., 2002. Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: Vestiges of the Paleo-Tethyan subduction. *Lithos*, 64:155–178.
- Okay A.I., Satır M., Siebel W., 2006. Pre-Alpide and Mesozoic orogenic events in the Eastern Mediterranean region. *Geological Society of London Memoirs*, 32:389–405.
- Okay A.I., Satır M., Maluski H., Siyako M., Monie P., Metzger R., Akyüz S., 1996. Paleo-and Neotethyan events in northwest Turkey. In: Yin A, Harrison M (eds) *Tectonics of Asia*, Cambridge University Press, Cambridge, 420–441.
- Okay A.I., Satır M., Tüysüz O., Akyüz S., Chen F., 2001. The tectonics of the Strandja Massif: Variscan and mid- Mesozoic deformation and metamorphism in the northern Aegean. *International Journal of Earth Sciences*, 90:217–233.
- Pickett E.A., Robertson A.H.F., 2004. Significance of the volcanogenic Nilüfer unit and related components of the Triassic Karakaya Complex for Tethyan subduction/accretion processes in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13:97-143.

- Robertson A.H.F., 2012. Late Palaeozoic-Cenozoic tectonic development of Greece and Albania in the context of alternative reconstructions of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *International Geology Review*, 54 (4):373-454.
- Stampfli G.M., Kozur H., 2006. Europe from the Variscan to the Alpine cycles. In: Gee DG, Stephenson R (eds) *European lithosphere dynamics*. Geological Society of London *Memoirs*, 32:57–82.
- Stampfli G.M, Mosar J., Favre P., Pillecuit A., Vannay J.C., 2001. Permo-Mesozoic evolution of the western Tethyan realm: The Neotethys/East-Mediterranean connection, in: Ziegler PA, Cavazza W, Robertson AHFR, Crasquin-Soleau S (eds) *Peri-Tethys Memoir 6: Peritethyan rift/wrench basins and passive margins*, Mémoire Musée National Histoire Naturelle 186, 51-108.
- Sunal G., Satır M., Natal'in B.A., Toraman E., 2006. Paleozoic Magmatic Events in the Strandja Masif. *Geodinamica Acta*, 19 (5):283–300.
- Sunal G., Satır M., Natal'in B.A., Toraman E., 2008. Paleotectonic position of the Strandja massif and surrounding continental blocks based on zircon Pb-Pb age studies. *International Geology Review*, 50:519–545.
- Şengün F., Çalık A., 2007. Çamlıca Metamorfitlelerinin (Biga Yarımadası, KB Türkiye) Metamorfizma Özellikleri ve Korelasyonu. *Geological Bulletin of Turkey*, 50:1–16.
- Şengün F., Yigitbas E., Tunç İ.O., 2011. Geology and Tectonic Emplacement of Eclogite and Blueschist, Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20:273–285.
- Şengün F., Koralay O.E., 2017. Early Variscan magmatism along the southern margin of Laurasia: Geochemical and geochronological evidence from the Biga Peninsula, NW Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 106, 811-826.
- Topuz G., Altherr R., Schwarz W.H., Dokuz A., Meyer H., 2007. Variscan Amphibolite-facies Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex (Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, 96:861–873.
- Topuz G., Altherr R., Siebel W., Schwarz W.H., Zack T., Hasözbeğ A., Barth M., Satır M., Şen C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116:92–110.

- Ustaömer P.A., Ustaömer T., Robertson A.H.R., 2012. Ion Probe U-Pb dating of the Central Sakarya basement: a peri-Gondwana terrane intruded by late Lower Carboniferous subduction/collision-related granitic rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21:905–932.
- Ustaömer T., Robertson A.H.R., Ustaömer P.A., Gerdes A., Peytcheva I., 2013. Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli-Artvin area), NE Turkey from U-Pb dating and granite geochemistry. In: Robertson AHF, Parlak O, Ünlügenç UC (eds) *Geological development of Anatolia and the easternmost Mediterranean region*. Geological Society of London, 372:49-74.
- Ustaömer T., Ustaömer P.A., Robertson A.H.F., Gerdes A., 2016. Implications of U-Pb and Lu–Hf isotopic analysis of detrital zircons for the depositional age, provenance and tectonic setting of the Permian-Triassic Palaeotethyan Karakaya Complex, NW Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 105, 7–38.
- Vavassis I., De Bono A., Stampfli G., Giorgis D., Valloton A., Amelin Y., 2000. U-Pb and Ar-Ar geochronological data from the Pelagonian Basement in Evia (Greece). Geodynamic implications for the evolution of Paleotethys. *Schweiz Mineralogy Petrology*, 80:21-43.
- Wiedenbeck M., Alle P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W., 1995. 3 natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace-element and REE analyses. *Geostandards Newsletter*, 19, 1–23.
- Yaltrak C., Okay A.I., 2004. Edremit körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi. *Bulletin of Engineering of ITU* 3 (1):67–79.
- Yiğitbaş E., Şengün F., Tunç İ.O., 2009. Distribution and correlation of Mesozoic rock assemblages of NW Anatolia (TÜBİTAK Report, Project No; ÇAYDAG 108Y232), p. 118 (in Turkish).

Çanakkale İli Ispanak Üretim Alanlarında Pancar Nekrotik Sarı Damar Virüsü (Beet Necrotic Yellow Vein Virus; BNYVV)'nün Tespiti ve Moleküler Karakterizasyonu

Zeynep Bağlan¹, Savaş Korkmaz^{1*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

03.09.2019 Geliş/Received, 10.10.2019 Kabul/Accepted

Öz

Ispanak önemli bir kışlık sebze olup ülkemizin her bölgesinde üretimi yapılmaktadır. Ispanak üretiminde verim ve kaliteyi etkileyen birçok hastalık etmeni vardır ve bunlar içerisinde virüsler önemli bir yer tutmaktadır. Bu virüs hastalıklarından bir tanesi “Rhizomoniasis” olarak ta adlandırılan Pancar nekrotik sarı damar virüsü (Beet necrotic yellow vein virus; BNYVV)'dür. BNYVV'nin ülkemizde ıspanak bitkisinde varlığı serolojik yöntemlerle belirlenmiş ancak moleküler düzeyde bir çalışma yapılmamıştır. Bu amaçla Çanakkale'de il ve ilçe düzeyinde ıspanak yetiştiriciliği yapılan alanlara BNYVV'nin varlığını belirlemek ve tanısını yapmak amacı ile 2017-2018 üretim yılında bir arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu arazi çalışması kapsamında tipik virüs belirtileri gösteren ıspanak bitkilerinden 66 örnek alınmıştır. Alınan örneklerdeki BNYVV varlığı virüs proteinine dayalı bir yöntem olan DAS-ELISA testi ile belirlenmiştir. DAS-ELISA testi sonuçlarına göre 66 örneğin 12'si BNYVV ile enfekteli bulunmuştur. Enfekteli bulunan örnekler içerisinde bir tanesi seçilerek (CNKSpinach39) örtü protein geni (coat protein; CP) RT-PCR ile çoğaltılmıştır. CP geni çoğaltılan izolatın RT-PCR ürünleri saflaştırılmış ve nükleotid dizileri belirlenmiştir. Elde edilen nükleotid (nt) dizileri kullanılarak seçilen izolata ait CP geninin amino asit (aa) dizileri çıkarılmıştır. Bu nükleotid ve amino asit dizileri dünya BNYVV izolatlarının CP genlerinin nükleotid ve amino asit dizileri ile karşılaştırılarak, göstermiş oldukları benzerlik oranları ve filogenetik ilişkileri saptanmıştır. Gerçekleştirilen çoklu nt ve aa temelli dizi karşılaştırmaları sonucunda CNKSpinach39 izolatının dünya izolatları ile %95-99 oranında benzerlikler gösterdiği belirlenmiştir. Gerçekleştirilen filogenetik analizler sonucunda ise CNKSpinach39 izolatının B patotipinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ıspanakta ilk defa BNYVV'nin B patotipi bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: PCR, benzerlik, filogenetik, ıspanak, BNYVV

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Savaş Korkmaz

(e-posta: skorkmaz@comu.edu.tr)

Bu makale Zeynep Bağlan'ın tez konusu kapsamında yazılmıştır.

ÇOMÜ BAP Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2018-2545

Detection and Molecular Characterization of Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV) in Spinach Production Fields of Çanakkale Province, Turkey

Abstract

Spinach is an important winter vegetable and it is produced in all regions in Turkey. There are many diseases affecting the yield and quality in its production. Viruses have an important role among them. One of these virus diseases is Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), called Rhizomania disease. The presence of BNYVV in the spinach plant was determined by serological methods in Turkey, but no studies were conducted at the molecular level. For this purpose, field studies were carried out in 2017-2018 in order to determine the presence of BNYVV in the fields of spinach cultivation at the level of Çanakkale province and its districts. In these field studies, 66 samples were collected from spinach plants showing typical virus symptoms. The presence of BNYVV in the samples was determined by DAS-ELISA test, a method based on virus protein. According to the DAS-ELISA test, 12 out of 66 samples were infected with BNYVV. One of the infected samples was selected (CNKSpinach39) and the coat protein gene (CP) was amplified by RT-PCR. Its RT-PCR product was purified and sequenced. The amino acid (aa) sequences of this isolate was deduced based on its nt sequence. These nt and aa sequences were compared with the related sequences of the world BNYVV isolates and their similarities and phylogenetic relationships were determined. As a result of multiple sequence comparisons based on nt and aa, it was determined that CNKSpinach39 isolates showed similarities with 95-99% of the world isolates. As a result of the phylogenetic analysis, it was determined that the isolate CNKSpinach39 was found in the B pathotype. In this study, the first BNYVV B pathotype was found in spinach in our country.

Keywords: PCR, similarity, phylogenetic, spinach, BNYVV

1. Giriş

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve yaprağı yenen sebzelerden bir tanesi de ıspanaktır. Ispanakta hastalık ve zarar oluşturan birçok organizma vardır. Bu hastalık ve zararlılar ıspanak üretimini azaltmakta ve pazarlama değerini dūřürmektedir. Bu hastalık ve zararlılar içerisinde etkin bir mücadele yönteminin olmaması nedeni ile virüs ve benzeri hastalıklar ayrı bir öneme sahiptir.

Virüslerin bitkilerde hastalık oluşturmasında yayılma yolları önem taşımaktadır. Bu taşınma yolları; mekanik yayılma, tohumla yayılma, aşı yoluyla yayılma, ksktle yayılma, vejetatif çoğalma materyali ile yayılma, toprakla yayılma, vektörlerle yayılma (böceklerle yayılma, nematodlarla yayılma, funguslarla yayılma) olarak sıralanabilmektedir. Bu Őekillerde bitkiler arasında taşınarak neden oldukları ekonomik kayıpların miktarı artabilmektedir.

Bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında ıspanakta ekonomik düzeyde zarar oluşturan birçok virüs hastalığı tanımlanmıştır. Bu virüs hastalıkları arasından BNYVV toprak kökenli bir vektör tarafından taşınmasından dolayı diğerlerine göre farklı bir önem arz etmektedir. BNYVV enfeksiyonları sonucu özellikle etmenin ana konukçusu olan Őekerpancarı bitkilerinin lateral köklerinde büyük bir oranda artış gözlenmektedir ve bu tipik belirtiden dolayı etmene kök azmanlığı anlamına gelen ‘‘Rhizomania hastalığı’’ denilmektedir (Putz ve ark., 1990).

Rhizomania özellikle şeker pancarında hastalık oluşturan bir virüs olmakla birlikte son yıllarda ülkemizde ıspanakta da hastalık oluşturduğu da rapor edilmiştir (Gümüş ve ark., 2014; Karanfil ve ark., 2016). Virüsün taşınmasında obligat parazitik bir fungus olan *Polymyxa betae* (Keskin) büyük bir öneme sahiptir. Viral etmen, Tubiviridae familyasından Benyvirus cinsine dahildir (Lenhofors, 2006). Hastalık etmeni 20 nm eninde farklı boyutlarda ve çubuk şekilli partiküllere sahiptir. Virüs tek sarmal 4 parçalı RNA genomundan oluşmaktadır. Ancak bazı izolatlarda bu 4 parçalı RNA genomuna ek olarak 5. bir RNA genomu içerdiğinden de bahsedilmektedir (Koenig ve ark., 1997; Koenig ve Lennefors, 2000; Harju ve ark., 2002). BNYVV enfekteli bitkilerin yapraklarında, damar boyunca uzanan sarımtırak renk açılmaları ve yaprakların dikine gelişim gösterdiği belirtilmektedir. Hastalığın ilerlemesi ile de belirtilen sarımtırak renk değişimlerinin nekrotik alanlara dönüştüğü bilinmektedir (Whitney ve Duffus, 1991).

BNYVV'nin bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda etmenin dünyada 4 farklı patotip olarak gruplandırıldığı görülmektedir (Kruse ve ark., 1994). Bu gruplardan A tipi kuzey batı ve güney Avrupa'da, B tipi ise Fransa ve Almanya'da belirlenmiştir. Ülkemizde ise çoğunlukla görülen tipin ise A olduğu belirtilmiştir (Özgör, 1995). A ve B tipine göre daha şiddetli ve saldırgan olarak nitelendirilen P ve J olmak üzere 2 patotip daha mevcuttur. Bu patotiplerden P tipinin varlığı ise Kazakistan ve Fransa'dan bildirilmiştir (Koenig ve Lennefors, 2000). Patotip J'nin varlığı ise Japonya, Çin ve ülkemizden bildirilmiştir (Tamada ve ark., 1989; Li ve ark., 2008a; Kutluk-Yılmaz ve ark., 2016a). Bu patotiplerden P ve J diğer patotiplere göre fazladan bir RNA segmentine sahiptir.

BNYVV'nin konukçu genişliği nispeten dardır. Hastalık etmeni ıspanakta çoğunlukla sistemik bir şekilde bulunabilmektedir (Tamada ve Baba, 1973; Yılmaz ve Erkan, 2003). Etmenin arazide yapraklara ait simptomlarının anlaşılması zordur. Genellikle besin elementi noksanlıkları ile karıştırılmaktadır (Rush ve Heidel, 1995). Şiddetli enfeksiyonlarda yapraklar solmaktadır. Etmene ismini veren nekrotik sarı damar belirtisine ise doğada kendiliğinden gelişen enfeksiyonlarda pek sık rastlanmamaktadır. Erken dönemlerinde etmen tarafından enfekte edilen bitkilerde tipik belirtiler gözlenebilmektedir. Bitkilerdeki kök gelişimi neredeyse tamamen yan kök oluşumu şeklinde olmaktadır. Oluşan bu lateral kökler de sonradan etmen tarafından enfekte edilerek, köklerin ölümü gerçekleşmektedir. Bitkilerin devamlı olarak lateral kök oluşturması nedeniyle bitki kökleri sakal görünümüne dönüşmektedir (Rush ve Heidel, 1995).

BNYVV doğada toprak kökenli bir fungal vektör olan *P. betae*'nin kalın çeperli kışlama sporlarında 15 yıl canlı kalabildiği ve fungus bünyesine giren etmenin uzun süre taşınabildiği belirtilmiştir (Abe ve Tamada, 1986). Toprak neminin az olduğu durumlar ve uygun olmayan sıcaklık derecelerinde, *P. betae*'nin neden olduğu rhizomonias enfeksiyonları bitkilerin daha ileri dönemlerinde görülebilmektedir. Bu şekilde oluşan hastalık gelişimleri de ürün kayıplarını azaltabilmektedir (Putz ve ark., 1990).

Bugüne kadar hem dünyada hem de ülkemizde yapılan çalışmalar kapsamında ıspanak üretim alanlarında BNYVV enfeksiyonu tespit edilmiştir (Erbay, 2012; Karanfil ve ark., 2016; Kutluk-Yılmaz ve ark., 2016b). Özellikle ülkemiz şeker pancarı BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonları gerçekleştirilmesine rağmen, ıspanak üretim alanlarında enfeksiyon oluşturan BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonu ise gerçekleştirilmemiştir (Kutluk-Yılmaz ve ark., 2016a; 2016b). Bu bağlamda bu çalışma kapsamında ülkemiz ıspanak BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonlarının gerçekleştirilmesi amacı ile planlanmıştır. Yapılan bu çalışma ile ülkemiz ıspanak üretim

alanlarından elde edilen BNYVV izolatının ilk kez moleküler karakterizasyonu gerçekleştirilerek dünya izolatları ile nükleotid ve amino asit düzeyindeki benzerlik ve farklılık oranları ortaya konmuştur. Ayrıca gerçekleştirilen filogenetik çalışmalar ile de dünya izolatları ile gösterdiği farklı akrabalık dereceleri saptanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar temel olarak 4 aşamada yürütülmüştür. Çalışmanın ilk aşamasında Çanakkale ili ve ilçelerinde bir arazi çalışması yürütülerek ıspanak tarlalarında virüs ve virüs benzeri simptom gösteren bitkilerden toplam 66 örnek toplanmıştır. İkinci aşamada toplanan örneklerde BNYVV'nin varlığı DAS-ELISA yöntemi ile testlenmiştir. nc aşamada DAS-ELISA testi sonuçları pozitif olan örneklerin RT-PCR ile testlenmesi yapılmış ve elde edilen RT-PCR rnleri kullanılarak seçilen bir izolatın (CNKSpinach39) nükleotid dizileri hizmet alımı ile belirlenmiştir. Son aşamada ise elde edilen BNYVV CP (coat protein; kılıf protein) genlerine ait nükleotid dizilimleri kullanılarak, amino asit dizilimleri çıkarılmıştır. Elde edilen bu diziler kullanılarak dünya BNYVV izolatları ile Çanakkale ıspanak izolatının moleküler ilişkileri araştırılmıştır.

2.1. Arazi alışması

Arazi alışması 2017-2018 yıllarında Amaranthaceae familyasına ait ıspanak bitkisinin yetiştiriciliğinin yapıldığı Çanakkale ili ve ilçelerinde yürütülmüştür. Üretim sezonu süresince Çanakkale ili ve ilçelerinde yetiştirilen ıspanak bitkileri görsel olarak incelenerek BNYVV belirtilerine benzer belirti gösteren bitkilerden örnekler alınmıştır. Örnekleme yapılan alanların seçimi tamamen tesadüfi olarak gerçekleştirilmiştir. Toplanan rnekler soğuk zincirde muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiş ve ileri analizlerin yapılması için 4⁰C'de silika jel içinde saklanmıştır.

2.2. Virüs Tanılama alışmaları

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda virüs ve virüs benzeri hastalık ile enfekteli olduğundan şüphelenilerek toplanan örneklerdeki BNYVV varlığı serolojiye dayalı bir yöntem olan DAS-ELISA testi ile Clark ve Adams (1997)'ın belirttiği yöntem esas alınarak kitlerin sağlandığı firmanın (Bioreba, İsviçre) nerileri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar MEDISPEC ESR 200 ELISA okuyucusunda 405 nm dalga boyunda okuma işlemine tabi tutulmuş ve absorbans değerleri belirlenmiştir. Absorbans değerlerine göre negatif kontrolün iki katı ve üzerindeki değerlere sahip olan rnekler BNYVV ile enfekteli olarak kabul edilmiştir.

2.3. Moleküler Karakterizasyon alışmaları

DAS-ELISA test sonuçlarına göre BNYVV ile enfekteli olan örneklerin RT-PCR ile moleküler karakterizasyonlarının yapılabilmesi için hedef gen bölgelerinin amplifikasyonu gerçekleştirilmiştir. RT-PCR analizlerine total RNA izolasyonu ile başlanmıştır. Total RNA izolasyonu Li ve ark., (2008b)'nın belirttiği şekilde CTAB metodu ile gerçekleştirilmiştir. RT-PCR aşaması kitlerin sağlandığı firmanın (Qiagen, Kanada) belirttiği şekilde BNYVV gen spesifik primer ile gerçekleştirilmiştir (izelge 2.1 ve 2.2).

Çizelge 2.1. Çalışma kapsamında kullanılan primer çifti, dizisi ve gen bölgesi

Kodu	Dizisi	Yönü	Hedef Gen Bölgesi	Referans
BN2/F1	ATGTCGAGTGAAGGTAGATATATG	İleri	Kılıf Protein Geni (567 bç)	Schirmer et al. (2005)
BN2/R3	ATTGTCCGGGTGGACTGGTTC	Geri		

Son aşamada agaroz jel elektroforezi ile elde edilen RT-PCR ürünleri 100-1000 bp DNA büyüklük markörleriyle birlikte %1.5'lik agaroz jelinde 100 volta ayrıştırılıp EtBr ile boyandıktan sonra ultraviyole ışık altında Major Science UVDI jel görüntüleme cihazında BNYVV'nin kılıf proteinine ait bantlar fotoğraflanmıştır.

Çizelge 2.2. RT-PCR testlerinde kullanılan bileşenler, miktarları ve RT-PCR koşulları

Bileşenler	Hacim	RT-PCR Koşulları
RNase-free water	13 µl	1. 30 dk - 50°C 2. 15 dk - 95°C
5x QIAGEN OneStep RT-PCR Buffer	5 µl	
dNTP Mix (containing 10 mM of each dNTP)	1 µl	39 Döngü
Primer Karışımı (Forward-Reverse)	1 µl	
QIAGEN OneStep RT-PCR Enzyme Mix	1 µl	
RNase inhibitor	1 µl	
Total RNA	3 µl	
Toplam Hacim	25 µl	6. 72°C - 10 dk 7. 10°C - süresiz

RT-PCR ile çoğaltılmış BNYVV CP genlerine ait bir izolatın (CNKSpinach39) RT-PCR ürünü E.Z.N.A PCR pürifikasyon kiti (Omega Bio, ABD) kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda saflaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Saflaştırılan RT-PCR ürününün DNA baz dizilimleri hizmet alımı ile belirlenmiştir.

Elde edilen CNKSpinach39 BNYVV izolatının CP geninin nükleotit dizileri, daha önceden dizilimi belirlenerek gen bankalarına konulmuş dünyanın farklı bölgelerine ait BNYVV izolatlarının (Çizelge 2.3) kılıf protein genlerinin nükleotit dizileriyle bir araya getirildikten sonra Sequence Demarcation Tool, version 1.2 (SDTv1.2) programı kullanılarak benzerlik oranları ortaya konulmuştur (Muhire ve ark., 2014). Ayrıca dünya ve CNKSpinach39 BNYVV izolatları arasındaki filogenetik ilişkiler Neighbor-joining metoduyla kiamura iki algoritması uygulanarak 1000 tekrarlı bootstrap analizi ile belirlenmiştir. Oluşturulan filogenetik ağaçlarda Beet soil-borne mosaic virus; BSBMV (Genbankası erişim no: JF513083) dış grup olarak filogenetik ağacın doğruluğunu arttırmak amacı ile kullanılmıştır. Filogenetik analizler Mega7 programında gerçekleştirilmiştir (Kumar ve ark., 2016).

Çizelge 2.3. Çanakkale ili ıspanak üretim alanlarından elde edilen CNKSpinach39 Pancar nekrotik sarı damar virüsü'nün moleküler karakterizasyonu amacı ile gerçekleştirilen çoklu dizi ve filogenetik analizlerde kullanılan dünya izolatları, patotipler ve erişim numaraları

Ülke	İzolat	Patotip	Erişim Numarası	Referans
Çin	Wu2	A	EF473095	Li ve ark., 2008a
Çin	YJZCP-4	A	KP316636	Zhou ve ark., 2015
Çin	GZCCP-3	A	KP316623	Zhou ve ark., 2015
Slovakya	SLN1	A	AB563019	Chiba ve ark., 2011
Türkiye	TUK	A	AB563026	Chiba ve ark., 2011
İtalya	IV4	A	AB563002	Chiba ve ark., 2011
Avusturya	A2	A	AY696072	Schirmer ve ark., 2005
Belçika	B3	B	AY696079	Schirmer ve ark., 2005
Belçika	Rutten	B	AJ634737	Meunier ve ark., 2005
Almanya	GT85	B	AJ810284	Lennefors ve ark., 2005
Çin	BTCP-9	B	KP316557	Zhou ve ark., 2015
Japonya	S44	B	AB018624	Miyanishi ve ark., 1999
Çin	IMHHCP-3	B	KP006486	Zhou ve ark., 2015
Çin	Hoh2	B	EF473092	Li ve ark., 2008a
Çin	CH6	B	AB562989	Chiba ve ark., 2011

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Arazi ve Virüs Tanılama Çalışmaları

Çanakkale ili ve ilçelerinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında BNYVV veya virüs benzeri belirti taşıyan toplam 66 ıspanak örneği toplanmıştır. (Çizelge 3.1). Çanakkale Merkez ile birlikte toplam 7 ilçede örnekleme yapılmış ve en çok örnekleme 23 örnek ile Merkez ilçede yapılırken en az örnekleme ise 3 örnek ile Ezine ilçesinden yapılmıştır.

Gerçekleştirilen DAS-ELISA ile BNYVV enfeksiyonu tanılama çalışmaları sonucunda toplanan 66 örneğin 12'si BNYVV ile enfekteli olarak bulunmuştur. En fazla örnekleme yapılan Merkez ilçeden toplanan 23 örneğin 7'sinde BNYVV tespit edilmiştir. Merkez ilçenin dışında Çan'dan toplanan 7 örneğin 2'si, Bayramiç'ten toplanan 4 örneğin 2'si ve Ayvacık'tan toplanan 5 örneğin 1'i BNYVV ile enfekteli bulunmuştur. En fazla örnek toplanan ikinci ilçe (toplam 16 örnek) Biga'da ise enfekteli örnek bulunamamıştır. Ayrıca diğer ilçelerden Lapseki ve Ezine'de de enfekteli örnek bulunamamıştır. Toplanan örneklerde enfeksiyon oranına bakıldığında Bayramiç'ten toplanan 4 örneğin 2'si enfekteli bulunmuş ve oran % 50,00 olarak gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla Merkez ilçe (%30,43), Çan (28,57) ve Ayvacık (%20,00) ilçeleri izlemiştir. Toplam enfeksiyon oranı ise %18,18 olarak saptanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çanakkale ili ve ilçelerinden toplanan ve Pancar nekrotik sarı damar virüsü ile enfekteli bulunan örnek sayıları ile enfeksiyon oranları

İlçeler	Enfekteli Örnek/Toplanan Örnek	Toplanan Örneklerdeki Enfeksiyon Oranı (%)
Merkez	7/23	30,43
Ayvacık	1/5	20,00
Çan	2/7	28,57
Biga	0/16	0
Lapseki	0/8	0
Bayramiç	2/4	50,00
Ezine	0/3	0
Toplam	12/66	18,18

Genel olarak Çanakkale ili ve ilçelerinde bazen küçük tarlalar şeklinde olsa bile yaygın olarak ıspanak tarımı yapılmaktadır. Ancak örnekleme yapıldığı yıllarda genel olarak ıspanak tarımı yapılan alanların dağılımında bir dalgalanma olduğu için ilçelerden yapılan örnekleme sayıları arasında farklılıklar meydana gelmiştir. Ayrıca Çanakkale il ve ilçelerinde çok sayıda ıspanak tarlalarına çıkış yapılmış ancak bazı tarlalarda simptom görülmemesi nedeniyle örnek toplanmamıştır.

Arazi çalışmaları kapsamında ıspanaklarda genel olarak sararma, bodurlaşma, yapraklarda mozaik belirtileri, besin elementi noksanlığına benzer belirtiler, yaprak damarlarında kalınlaşma ile birlikte sarımtırak renk oluşumu simptomları gözlenmiştir. DAS-ELISA testlemeleri sonucunda bu belirtilerden bodurlaşma, mozaik belirtisi ve besin elementi noksanlığı belirtisi simptomları gösterenler BNYVV için genellikle negatif sonuç verirken sararma ve damarlarda kalınlaşma simptomu gösterenler pozitif sonuç vermiştir. Bununla birlikte çok hafif virüs benzeri simptom gösteren bazı bitkiler de enfekteli olarak bulunmuştur. Şekil 3.1’de virüs tanılama çalışmalarında BNYVV ile enfekteli olarak bulunan ıspanak bitkilerindeki belirtiler görülmektedir. Bu belirtiler bitkinin yaprak damarlarında hafif bir kalınlaşma ve sarımtırak renk oluşumu şeklinde görülmekte olup Şekil 3.1 de yuvarlak bir çerçeveye alınarak ok ile belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Pancar nekrotik sarı damar virüsü ile enfekteli ıspanak bitkisinin yapraklarında meydana gelen hastalık belirtileri

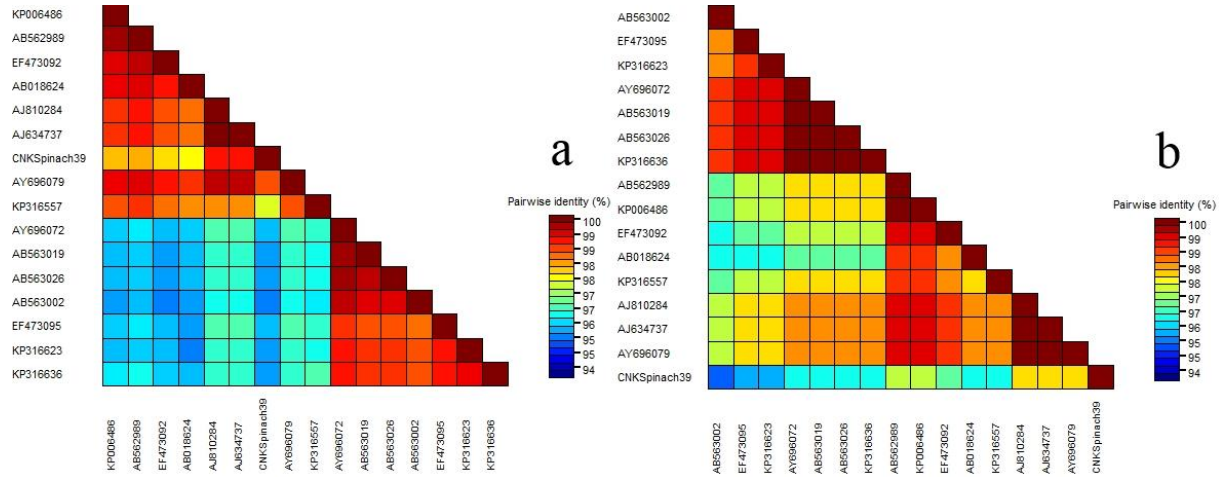
Bu çalışma kapsamında toplanan 66 örneğin sadece 12'si BNYVV ile enfekteli olarak bulunmuştur. Diğer örnekler tipik virüs ve virüs benzeri semptom göstermesine rağmen BNYVV için negatif çıkmıştır. Bunun en önemli nedeni bu bitkilerin diğer virüslerle enfekteli olabileceğidir. Ispanakta BNYVV yanında gerek ülkemizde gerekse dünyada birçok virüsün enfeksiyon yaptığı bilinmektedir. Ülkemizde Ege Bölgesinde (Gediz havzası) ıspanak yetiştiriciliği yapılan alanlarda yapılan bir çalışmada şekil bozukluğu, klorotik lekeler, yapraklarda kıvrılma, mozaik, gelişme geriliği ve damar aralarında sararma belirtisi gösteren bitkilerden örnekler toplanmış ve RT-PCR ile testlenmiştir. Testlemeler sonucunda BNYVV, CMV, TMV, BWYV ve TuMV enfeksiyonlarını tespit edilmiştir (Erbay, 2012). Çanakkale ili ıspanak üretim alanlarında gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise CMV ve TuMV etmenlerinin varlığı saptanmıştır (Gökdağ ve ark., 2016). Samsun ili ıspanak üretim alanlarında gerçekleştirilen bir başka çalışmada da CMV ve TuMV enfeksiyonu belirlenmiştir (Güngör ve ark., 2017). Yapılan bu çalışmalar ülkemizde ıspanak bitkisinde BNYVV'nin dışında birçok virüsün enfeksiyon yaptığını göstermektedir.

Hastalığın yaygınlık durumu ile ilgili Çanakkale ili ve ilçelerinde ıspanak üretim tarlalarında 2013 ve 2015 yılı üretim sezonlarında gerçekleştirilen benzer bir çalışmada araştırmacılar topladıkları 52 örneğin 18'inin BNYVV ile enfekteli olduğunu bildirmişlerdir (Karanfil ve ark., 2016). Araştırmacıların gerçekleştirdikleri çalışma ile bu çalışmanın sonuçları birbirleri ile benzerlik göstermekte olup, Çanakkale'deki ıspanak üretim alanlarında BNYVV enfeksiyonunun yaygın olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Samsun ilinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada da ıspanak alanlarında BNYVV enfeksiyonuna rastlanıldığı belirtilmiştir (Kutluk-Yılmaz ve ark., 2016b). Farklı bölgelerde gerçekleştirilen bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere ülkemiz ıspanak üretim alanlarında BNYVV enfeksiyonunun yaygın olarak meydana geldiği söylenebilir.

3.2. Moleküler Karakterizasyon Çalışmaları

DAS-ELISA testleri sonucu BNYVV ile enfekteli olarak bulunan 4 izolatın RT-PCR ile CP genleri çoğaltılmış ve seçilen bir izolatın (CNKSpinach39) hizmet alımı yolu ile sekans dizileri çift yönlü olarak belirlenmiştir. Elde edilen ham sekans verileri birleştirilerek BNYVV CP genine karşılık gelen 567 bp büyüklüğünde nükleotit (nt) sekans verisi elde edilmiştir. Elde edilen bu sekans verileri kullanarak CNKSpinach39 izolatının CP geninin kodladığı amino asit (aa) dizimleri ortaya çıkarılmıştır. Dünyada da BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonu amacı ile kullanılan gen bölgelerinden bir tanesinin de CP geni olduğu bilinmektedir (Borodynko ve ark., 2009; Lennofors ve ark., 2005).

Dünya izolatları ile gerçekleştirilen karşılaştırmalı nt ve aa dizi analizleri ile CNKSpinach39 izolatının dünya izolatları ile nt düzeyinde %99'a varan oranda benzerlikler gösterdiği saptanırken, aa düzeyinde ise %98'e varan oranda benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Benzerlik analizleri renk matrisleri daha detaylı olarak incelendiğinde de matrislerde bariz olarak iki farklı grubun olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki benzerliklerin genel olarak %97 civarında olduğu saptanmıştır.



Şekil 3.2. Çanakkale ili ıspanak üretim alanlarından elde edilen CNKSpinach39 Pancar nekrotik sarı damar virüsü'nün dünya izolatları ile kılıf protein gen bölgesi nükleotit (a) ve amino asit (b) dizilimlerine göre birbirleri ile göstermiş olduğu benzerlik oranları

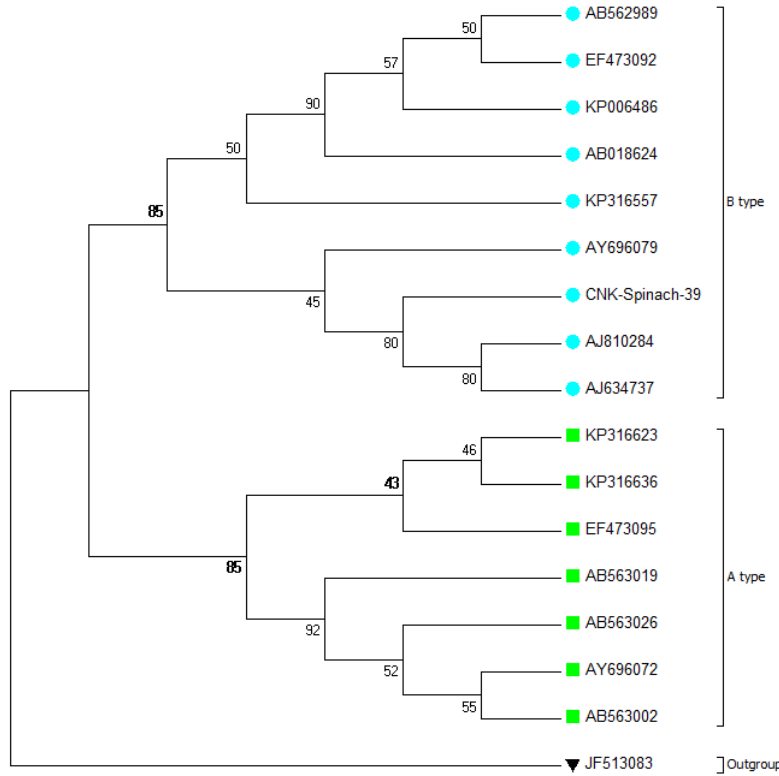
Nükleotit temelli gerçekleştirilen benzerlik analizleri sonucunda CNKSpinach39 BNYVV izolatu en fazla benzerliği %99 ile AJ810284 erişim numaralı Almanya ve AJ634737 erişim numaralı Belçika izolatları ile gösterirken, en az benzerliği ise %95 ile AB563002 erişim numaralı İtalya izolatu ile göstermiştir.

Amino asit temelli gerçekleştirilen benzerlik analizleri sonucunda CNKSpinach39 BNYVV izolatu en fazla benzerliği %98 ile AJ810284 erişim numaralı Almanya, AJ634737 ve AY696079 erişim numaralı Belçika izolatları ile göstermiştir. En az benzerliği ise %95 ile AB563002 erişim numaralı İtalya izolatu ile göstermiştir.

Dünyada BNYVV izolatlarının CP gen bölgesine göre gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda da izolatların farklı seviyelerde benzerlikler gösterdiği bildirilmiştir. Polonya'da yapılan bir çalışma da şeker pancarını enfekte eden içlerinde BNYVV'nin de olduğu 4 farklı virüsün CP genine göre moleküler karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada elde ettikleri 3 BNYVV izolatının kendi içlerinde ve dünya izolatları ile %96-100 arasında değişen oranlarda benzerlikler gösterdiğini tespit etmişlerdir (Borodynko ve ark., 2009). Lennofors ve ark. (2005) Fransa, Almanya ve ABD'den elde ettikleri BNYVV izolatlarının CP genini temel alarak moleküler karakterizasyonlarını gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar bu izolatların birbirleri ve dünya BNYVV izolatları ile %95-100 oranlarında benzerlikler gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar gerçekleştirdikleri bu çalışmanın sonucunda BNYVV izolatlarının CP geninde elde edilen sekans varyasyonlarının CP geninin tamamına dağıldığını, CP geninin herhangi bir spesifik bölgesine özel olmadığını belirtmişlerdir.

Ahmad ve ark. (2018) tarafından Pakistan'da BNYVV enfeksiyonunun tespiti amacı ile gerçekleştirilen başka bir çalışmada da araştırmacılar elde ettikleri bir BNYVV izolatının moleküler karakterizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar yürüttükleri çalışmaların sonucunda dünya BNYVV izolatları ile nükleotid düzeyinde %98, amino asit düzeyinde ise %99'a varan oranlarda izolatlar arasında benzerlikler görüldüğünü belirtmişlerdir. Ülkemizde BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonu amacı ile gerçekleştirilen çalışmalar ise RNA3 genomunda bulunan P25 gen bölgesine göre gerçekleştirildiği için ülkemiz izolatları ile bir kıyaslama yapmak mümkün olmamıştır (Kutluk-Yılmaz ve ark., 2016a; 2016b). Ancak dünyada gerçekleştirilen çalışmalar ile bu çalışma kapsamında BNYVV izolatlarının CP genine göre birbirleri ile göstermiş olduğu benzerlik oranları birbirlerine paralellik göstermektedir.

Daha öncede belirtildiği gibi ülkemizde BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonlarında CP geninin genellikle kullanılmamasından dolayı genbankası veri tabanında Türk BNYVV izolatlarına ait çok sayıda sekans verisi yoktur ve olanların büyük bir çoğunluğu ise p25 ve p26 gen bölgelerine aittir. Sadece AB563026 erişim numaralı izolat CP gen bölgesine ait olup ülkemiz orijinlidir (Chiba ve ark., 2011). Bu izolatta filogenetik ve benzerlik analizlerine dahil edilmiştir. Dünya izolatları ile gerçekleştirilen filogenetik ilişkilerin araştırılması sonucunda ise CNKSpinach39 izolatı patotip B olarak bulunmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çanakkale ili ıspanak üretim alanlarından elde edilen CNKSpinach39 Pancar nekrotik sarı damar virüsü'nün dünya izolatları ile kılıf protein gen bölgesi nükleotit dizilimlerine göre birbirleri ile göstermiş olduğu filogenetik ilişki

Filogenetik ilişkilerin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen biyoinformatik analizler sonucunda CNKSpinach39 BNYVV izolatının AB562989, EF473092, KP006486 ve KP316557 erişim numaralı Çin izolatları, AB018624 erişim numaralı Japonya, AY696079 ve AJ634737 erişim numaralı Belçika ve son olarak AJ810284 erişim numaralı Almanya izolatları ile B patotipinde yer almıştır. Ayrıca oluşturulan filogenetik ağaç daha detaylı incelendiğinde B patotipinin kendi içinde iki alt gruba ayrıldığı görülmektedir. Bu iki gruptan birincisi AB562989, EF473092, KP006486 ve KP316557 erişim numaralı Çin izolatları ve AB018624 erişim numaralı Japonya izolatından oluşurken, ikinci grubun ise AY696079 ve AJ634737 erişim numaralı Belçika ve son olarak AJ810284 erişim numaralı Almanya izolatı ile Türk izolatından oluştuğu görülmektedir. Bu bağlamda B patotipinde birinci alt grubun Asya orijinli izolatlardan oluştuğu, ikinci grubun ise Avrupa orijinli izolatlardan oluştuğu görülmektedir. Ancak BNYVV izolatlarının CP genine göre patotiplerinin belirlenmesinde izolatların orijinlerinin bir etkisi olmadığı söylenebilir. Çünkü Çin izolatlarının bir kısmı patotip B bulunurken, diğer bir kısmı ise patotip A olarak filogenetik ağaçta yer almıştır. Benzer şekilde bu çalışma kapsamında elde edilen CNKSpinach39 BNYVV izolatını patotip

B grubunda yer alırken, ülkemiz orijinli olan AB563026 erişim numaralı BNYVV izolatu ise A patotipinde yer almıştır. Bu bağlamda BNYVV izolatlarının patotip oluşumlarında CP geninde meydana gelen varyasyonların tek etken olduğu düşünülmektedir.

Dünyada BNYVV izolatlarının filogenetik ilişkilerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışmalarda da aynı ülke izolatlarının farklı filogenetik gruplara dağılım gösterebildiği bildirilmiştir. Borodynko ve ark. (2009) tarafından Polonya'da gerçekleştirilen bir çalışmada Polonya BNYVV izolatlarının bir kısmı patotip A olarak bulunurken, bazıları ise patotip B olarak bulunduğu bildirilmiştir. Lennefors ve ark. (2005) tarafından dünyanın farklı ülkelerinden elde edilen BNYVV izolatlarının moleküler karakterizasyonları amacı ile gerçekleştirilen bir başka çalışmada da izolatların A ve B patotiplerine ait olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Lennefors ve ark. tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada da Çin izolatlarının bir kısmının A, diğer bir kısmının ise B patotipine ait olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda dünyada gerçekleştirilen farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlar da bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

4. Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışma Çanakkale ili ve ilçeleri ıspanak üretim alanlarında BNYVV enfeksiyonu tespit edilerek, moleküler olarak karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Moleküler karakterizasyon çalışmaları sonucunda bizim bilgilerimize göre ülkemizde ilk kez BNYVV'nin B patotipi tespit edilmiştir. Bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda ülkemiz BNYVV izolatlarının tüm genom analizlerinin yapılarak genom segmentleri arasındaki rekombinasyon olayları araştırılmalıdır. Ayrıca BNYVV'e karşı konukçu dayanıklılığına yönelik araştırmalara da ağırlık verilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiş olup, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2018-2545.

Kaynakça

- Abe H., Tamada T., 1986. Association of Beet Necrotic Yellow Vein Virus with Isolates of *Polymyxa Betae* Keskin. *Annls. Phytopath. Soc. Jap.*, 52: 235-247.
- Ahmad S., Ali A., Ahmad M., Ullah N., Afridi U.K., Bostan N., Qureshi R., Tawwab S., Ahmad I., Zubair M., 2018. Characterization of beet necrotic yellow vein virus in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 100 (2): 357-357.
- Borodynko N., Rymelska N., Hasiów-Jaroszewska B., Pospieszny H., 2009. Molecular characterization of three soil-borne sugar beet-infecting viruses based on the coat protein gene. *Journal of Plant Pathology*, 191-193.
- Chiba S., Kondo H., Miyanishi M., Andika I.B., Han C., Tamada T., 2011. The evolutionary history of beet necrotic yellow vein virus deduced from genetic variation, geographical origin and spread, and the breaking of host resistance. *Mol. Plant Microbe Interact.*, 24: 207-218.
- Clark M. F., Adams A. N., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, 34 (3): 475-483.
- Erbay E., 2012. Gediz Havzası Ispanak Üretim Alanlarında Görülen Virüs Hastalıklarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi.
- Gökdağ S., Karanfil A., Korkmaz S., 2016. Çanakkale ili ıspanak alanlarındaki şalgam mozaik virüsü ve hıyar mozaik virüsü varlığının belirlenmesi. *BAHÇE Özel sayı: VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri-Cilt II: Sebzeçilik-Bağcılık-Süs Bitkileri*, 166-170.
- Gümüş M., Erbay E., Erkan Paylan I.C., 2013. Occurrence of Viruses Infecting Spinach in Western Anatolia of Turkey: The First Field Survey Report. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 12 (1): 272-275.
- Güngör M., Uzunbacak H., Kutluk Yılmaz N.D., Şevik M.A., 2017. Samsun ili ıspanak üretim alanlarında enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci*, 32: 164-168.

- Harju V.A., Mumford R.A., Blockley A., Boonham N., Clovert G.R.G., Weekes R., Henry C.M., 2002. Occurrence in the United Kingdom of Beet necrotic yellow vein virus isolates which contain RNA 5. *Plant Pathol.*, 51: 811.
- Karanfil A., Gökdağ S., Korkmaz S., 2016. Çanakkale ili ve ilçeleri ıspanak üretim alanlarındaki Pancar nekrotik sarı damar virüsü (Beet necrotic yellow vein virus; BNYVV) enfeksiyonunun araştırılması. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, 592, 5-8 Eylül, Konya.
- Koenig R., Lennefors B.L., 2000. Molecular analyses of European A, B and P Type Sources of Beet Necrotic Yellow Vein Virus and Detection of The Rare P Type in Kazakhstan. *Arch Virol.*, 145: 1561–1570.
- Koenig R., Lüdecke P., Haeberle A.M., 1997. Detection and Characterization of a Distinct Type of Beet Necrotic Yellow Vein Virus RNA 5 in a Sugar Beet Growing Area in Europe. *Arc Virol.*, 142: 1499-1504.
- Kruse M., Koenig R., Hoffman A., Kaufmann A., Commandeur U., Solevyevev A.G., Savenkov I., Burgermeister W., 1994. Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis of Reverse Transcription-PCR Products Reveals the Existence of Two Major Strain Groups of Beet Necrotic Yellow Vein Virus. *J Gen Virol.*, 75: 1835–1842.
- Kumar S., Stecher G., Tamura K., 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33: 1870-1874.
- Kutluk-Yılmaz N.D., Arli-Sokmen M., Kaya R., Sevik M.A., Tunali B., Demirtas S., 2016a. The widespread occurrences of Beet soil borne virus and RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus isolates in sugar beet production areas in Turkey. *Eur J Plant Pathol.* 144(2): 443–455.
- Kutluk-Yılmaz N.D., Kaya-Altıp E., Phillippo C.J., Mennan H., 2016b. New Natural Weed Host *Raphanus raphanistrum* L. (Brassicaceae) for Beet Necrotic Yellow Vein Virus and Its Vector *Polymyxa betae* Keskin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 120-126.
- Lennefors B.L., 2006. Molecular Breeding for Resistance to Rhizomania in Sugar Beets. Swedish University of Agricultural Sciences, 2006. Doctoral Thesis, 41pp. Uppsala.

- Lennefors B.L., Savenkov E.I., Mukasa S.B., Valkonen J.P.T., 2005. Sequence Divergence of Four Soilborne Sugarbeet-Infecting Viruses. *Virus Genes*, 31 (1): 57–64.
- Li R., Mock R., Huang Q., Abad J., Hartung, J.; Kinard, G., 2008b. A reliable and inexpensive method of nucleic acid extraction for the PCR-based detection of diverse plant pathogens. *Journal of Virological Methods*, 154 (1-2): 48–55.
- Li M., Liu T., Wang B., Han C., Li D., Yu J., 2008a. Phylogenetic analysis of Beet necrotic yellow vein virus isolates from China. *Virus Genes*, 36 (2): 429-432.
- Meunier A., Schmit J.F., Bragard C., 2005. Comparison of the beet necrotic yellow vein virus P75 nucleotide sequences of Belgian type A and type B sources. *Virus Res.*, 108 (1-2): 15-22.
- Miyanishi M., Kusume T., Saito M., Tamada T., 1999. Evidence for three groups of sequence variants of beet necrotic yellow vein virus RNA 5. *Arch Virol.*, 144 (5): 879-892.
- Muhire B.M., Varsani A., Martin D.P., 2014. SDT: A virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. *PLoS One*, 9 (9): 1-8.
- Özgör O.E., 1995. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü, 218: 33-47.
- Putz C., Merdinoğlu O., Lemaire O., Stocky G., Valentin P., Wiedemann S., 1990. Beet Necrotic Yellow Vein Virus, Causal Agent of Sugar Beet Rhizomania. *Rew .Pl. Path.*, 69 (5): 247-254.
- Rush C.M., Heidel G.B., 1995. Furovirus Diseases of Sugar Beets in the United States. *Plant Dis*, 79 (9): 868-875.
- Schirmer A., Link D., Cognat V., Moury B., Beuve M., Meunier A., Bragard C., Gilmer D., Lemaire O., 2005. Phylogenetic analysis of isolates of Beet necrotic yellow vein virus collected worldwide. *Journal of General Virology*, 86: 2897–2911.
- Tamada T., Abe H., Saito M., Kiguchi T., Harada T., 1989. Production and pathogenicity of isolates of Beet necrotic yellow vein virus with different numbers of RNA components. *J Gen Virol.* 70: 3399–3409.
- Tamada T., Baba T., 1973, Beet Necrotic Yellow Vein Virus from "Rhizomania" Affected Sugar Beet in Japan. *Annls. Phytopath. Soc. Japan*, 39: 325-352.

Whitney E.D., Duffus J.E., 1991. Rhizomania (Beet Necrotic Yellow Vein Virus).
Compendium of Beet Diseases and Insects, APS Pres, 76p, USA.

Yılmaz N.D., Erkan S., 2003. Şeker Pancarı'nda Rhizomania Hastalığı. OMÜ Ziraat Fakültesi
Dergisi, 20 (1): 64-72.

Zhuo N., Jiang N., Zhang C., Zhang Z.Y., Zhang G.Z., Han C.G., Wang Y., 2015. Genetic
diversity and population structure of beet necrotic yellow vein virus in China. Virus
Res., 205: 54-62.

İstanbul'da Madencilik Faaliyetleri Nedeni ile Oluşan Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

Z. Damla Uça Avcı*

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi

21.06.2019 Geliş/Received, 27.11.2019 Kabul/Accepted

Öz

Açık işletme madenciliği faaliyetleri sonrası yer yüzeyinde büyük çukurlar meydana gelmektedir. Bu alanlar doldurulmadığında denge profiline kavuşmadıklarından dolayı heyelanlara yol açmakta, fay bölgelerine yakın olanları ise deprem durumunda tehlike arz etmektedir. Boş bırakılan bu alanların yağışlarla dolması toksik atık içerme ihtimali olan yapay göletler meydana getirmekte ve çevresel risk oluşturmaktadır. Bu gibi tehlike arz eden olaylara zemin hazırladıkları için, bu alanların faaliyetler sonrası doldurulması, rehabilitasyonu ve denetimi gerekli ve çok önemlidir. Bu çalışmada, İstanbul ili Avrupa yakasında Karadeniz kıyısına yakın maden işletmeciliği yapılan bölgenin, yaklaşık 25 yıllık bir süreci, 3 sene aralıkla alınan uydu verileri ile analiz edilerek, bu süreçte maden ocağı olarak açılmış, açıldıktan sonra doldurulmuş veya yapay gölet olarak kalmış alanlar çıkartılarak, İstanbul'daki riskli zemin bölgeleri ortaya konmuştur. Çalışmada yapay göletler NDWI ve MNDWI indeks görüntüleri hazırlanarak elde edilmiş ve vektör formata çevrilmiştir. Çıkartılmış olan riskli zemin alanlarının, İstanbul yerleşim ve yapılaşmasının kuzey kesimlere kaymasından önce, güvenlik şartlarının gerektirdiği şekilde doldurulması ve bölgenin yeni yerleşim ve kullanım faaliyetlerine uygun olarak hazırlanması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, maden ocağı, MNDWI, NDWI, yapay gölet, zemin.

Determination of Unsafe Ground due to Mining Activities in Istanbul

Abstract

Large pits occur on land surface after open pit mining activities are completed. When these areas do not have an equilibrium profile due to not being filled, they may cause landslides. In addition to this, being close to the fault areas increase a significant danger in case of an earthquake. Filling of these areas with rainfall creates artificial ponds that may contain toxic waste which poses other kinds of environmental risks. These fields should be filled, rehabilitated and controlled after the mining activities are completed, and meet the safety requirements for subsequent use of the sites. In this study, the mining region near the Black Sea coast, on European side of Istanbul, was analyzed with satellite data acquired for about 25-years taken at 3-year intervals. In the study, artificial ponds were obtained by preparing NDWI and MNDWI index images and converting the pond areas into vector format. The

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Z. Damla Uça Avcı
(e-posta: ucaavci@itu.edu.tr)

unsafe ground areas were obtained and it is concluded that these areas should be filled as required by the security conditions, and be prepared in accordance with the new settlement and land-use activities of the region before the city construction shifts to the northern parts.

Keywords: artificial lake, ground, Istanbul, MNDWI, NDWI, open-pit.

1. Giriş

Doğada bulunan ve toplumun hem ihtiyaçlarının giderilmesini hem de amaçlarının gerçekleştirilmesini olanaklı kılan malzeme ve araçlara doğal kaynak adı verilir (Başol, 1991). Madenler, su, bitki örtüsü, hayvan toplulukları, toprak, güneş gibi pek çok doğal kaynak insanlar tarafından değerlendirilmekte, üretim ve tüketimde kullanılmaktadır (Başol ve ark., 2005). Çoğu zaman doğal kaynakların elde edilmeleri ve kullanılmaları sırasında doğa tahrip edilmektedir. Doğanın tahrip edilmesi ve endüstriyel faaliyetlerin çevre üzerinde geçici veya kalıcı etkiye sahip olmaları önemli bir çevre sorunudur (Şimşir ve ark., 2007). Bir diğer sorun ise insanların sınırsız ihtiyaçları düşünüldüğünde doğal kaynakların çoğunun sınırlı olmasıdır (Arslan, 2014). Çevresel sorunları en aza indirmek için, doğal kaynakların elde edilmesi amacıyla tahrip edilen bölgelerin rehabilitasyonunu sağlamak ve doğal kaynakları gelecek kuşaklar için de kullanılabilir olması amacıyla sürdürülebilirlik anlayışı ile işletmek gerekmektedir (Arslan, 2014).

Doğal kaynak kullanımının önemli aktivitelerinden biri olan madencilik, hem faaliyet aşamasında hem de sonrasında doğanın eski haline getirilmemesi nedeni ile birçok çevresel riske yol açmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin çevreye verdiği zararlı etkiler olarak, doğal yapının bozulması, topoğrafyanın değişmesi, bitki örtüsünün kaldırılması, derelerin ve akarsuların kaybolması, doğal yaban hayatın sonlandırılması, arazi kullanımının değişmesi, insan sağlığına zararlı toz ve gaz emisyonu, katı ve sıvı tehlikeli proses atıklarının üretilmesi, bölgenin sosyo-ekonomik yapısının değişmesi, görsel kirlilik ve gürültü sayılabilir.

Ülkemizde yer altı maden işletmeciliğinin tehlikeli ve pahalı olması sebebi ile 1970'li yıllardan itibaren madencilik yöntemi olarak açık ocak işletmeciliği daha çok tercih edilmiştir (Özbey, 2005). Açık ocak madencilik yönteminin yaygınlaşması ile taş ocakları sayısı artmıştır (Cındık ve Acar, 2010). Maalesef, Türkiye'de çok sayıda açık maden işletmeciliği, rehabilitasyon ve sürdürülebilirlik kavramlarına uygun olmayan şekilde faaliyetlerini yürütmektedir. Bunun en belirgin göstergesi, çoğu bölgede faaliyet alanlarının hiçbir çalışma yapılmadan sonlandırılarak kendi haline terk edilmesidir (Cındık ve Acar, 2010).

Açık işletme madencilik faaliyetleri sonrası bırakılan şevler, büyük çukurlar meydana getirmektedir (Özbey, 2005) Bu çukurların yağışlarla dolması sonucu yapay göletler oluşmakta ve göl suları madencilik faaliyetleri sırasında kullanılan toksik atıkları içermektedir. Dünyanın birçok yerinde eski maden ocaklarının oluşturduğu yapay göletlerde toksik atık bulunmuş olması (Khan ve ark., 2008; Wuana ve Okieimen, 2011), toksik göl sularının zamanla yeraltı suları ile karışması riskini getirmekte ve dolaylı bir zarar görme durumunu barındırmaktadır (WTW, 2016). Göl suyundan yararlanmak isteyen hayvanlar, bölgeye yakın tarım alanlarında yetişen bitkiler, bunlar aracılığı ile ya da sudan direkt olarak yararlanmak isteyen yerel halk için tehlike oluşturan bu durum, göletlerin belirli periyotlar ile denetlenmesi gerekliliğini açıkça göstermektedir.

Bu alanların doldurulmaması sonucu meydana gelen bir diğer sorun da heyelanlardır. Terk edilmiş kömür ocaklarında şev açıları denge profiline kavuşmadıklarından dolayı heyelanlara

yol açabilir (Bayrakdar ve Döker, 2011). Ayrıca, doldurulmamış eski ocak alanlarının sismik risk bölgelerinde olanları ise deprem durumunda önemli tehlike arz edebilir. Faaliyet sonrası rehabilitasyon kapsamında duvarları hafriyat malzemesi ile inşa edilerek barajlara dönüştürülen göletlerin ise aşırı yağış ya da deprem durumunda zarar gördüğü ve çevre için tehlike arz ettiği görülmüştür (WTW, 2016).

Bu ana sorunların yanı sıra pek çok farklı çevre sorununa da sebep olan açık bırakılmış ocak alanları ve yapay göletler göstermektedir ki madencilik faaliyetleri sırasında kazılan toprağın belli bir düzende stoklanması ve faaliyetler tamamlandıktan sonra oluşan çukurun tekrar doldurulması çok önemlidir (Ünver ve Kara, 1994). Doldurulma işlemi yapıldığında dahi bölgenin zemin stabilitesi açısından risk barındırmakta olduğu göz önünde tutulmalı, güvenlik sınırları bölgenin yeni kullanım amacına göre mutlaka değerlendirilmelidir.

Gerek madencilik faaliyetlerinin işletilirken izlenmesi gerek faaliyetler sonrası bölgedeki çevresel etkilerin araştırılması için uzaktan algılama teknikleri etkin olarak kullanılabilir (Özelkan ve ark., 2011). Uzaktan algılama uzun zamandır uzmanlar tarafından kıyı değişimlerini incelemek için de kullanılmaktadır (Sabuncu ve ark., 2018). Ayrıca literatürde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin farklı çalışma alanlarında risk analizlerinin yapılması için yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Geiss ve Taubenböck 2013; Görüm ve ark., 2016; Brakenridge, 2019).

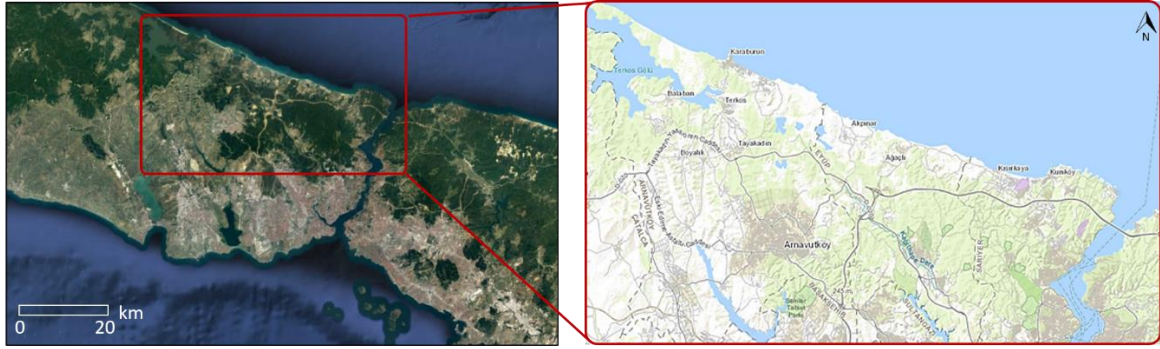
Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında açık madencilik yapılan bölgenin 25 yıllık süre için 3 sene aralıklar ile alınan uydu verileri uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri ile analiz edilerek bölgenin riskli zemin haritası oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

15 milyonluk nüfusu ile Türkiye popülasyonunun %18'i barındıran İstanbul, Avrupa'nın en önemli metropolüdür; aynı zamanda ticari, ekonomik, tarihi ve sosyo-kültürel açıdan Türkiye'nin en önemli şehridir. İstanbul yerleşimi yoğun olarak şehrin güneyinde bulunup, kentin Karadeniz kıyısında yer alan kuzey kısımları daha kırsal ve ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Türkiye madencilik saha rezervleri içinde %91'lik rezerv oranı ile birinci olan İstanbul'un (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012) kıyı bölgesine yakın kesimlerinde 1970'lerden itibaren açık maden işletmeciliği yapılmaktadır (Uça Avcı ve ark., 2011).

Çalışma alanı olarak seçilen bölge 41°23'36"K, 28°31'26"D ile 41°06'17"K, 29°07'13"D arasındaki bölge olup Arnavutköy, Eyüp ve Sarıyer ilçe sınırları içerisine girmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanı (Google Earth Pro © ve ESRI ArcGIS © haritalarından üretilmiştir)

Bu bölgedeki arazi kıyıdan itibaren hafif bir eğimle 200-250 m'ye yükselen pliosen I tortullarından oluşmuş olup altında mercerler halinde linyit kömürü yatakları bulunmaktadır (Kantarıcı, 2005). Linyit yataklarına ulaşmak için bölgede 100-120 m'ye kadar derin çukurlar kazılmış, kazı materyali de işletmeler tarafından çevredeki en yakın dere vadisine veya bir önceki ocağın çukuruna yığılmıştır (Kantarıcı, 2005). Bölgede madencilik faaliyetleri süresince oluşmuş çok sayıda yapay gölet bulunmaktadır (Turnacıgil, 2008; Uça Avcı ve ark., 2011). Ayrıca, maden alanlarından çıkartılan hafriyatın kıyıya yığılması ile kıyı çizgisinde de önemli derecede değişimler meydana gelmiştir (Uça ve ark., 2006).

2.2. Kullanılan Veriler ve Yazılımlar

Bölgenin durumu, 1995-2019 yılları arasında, 3 sene aralıkla alınan verilerin yer aldığı bir veri seti ile, yaklaşık 25 senelik bir süreç için incelenmiştir. Kullanılan veriler Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Kullanılan verilerin alındığı Landsat uydusu ve görüntü alım tarihleri

Landsat uydu no	Görüntü alım tarihi
L 5	Mayıs 1995
L 5	Ağustos 1998
L 5	Haziran 2001
L 5	Ağustos 2004
L 5	Mayıs 2007
L 5	Eylül 2010
L 8	Temmuz 2013
L 8	Temmuz 2016
L 8	Mayıs 2019

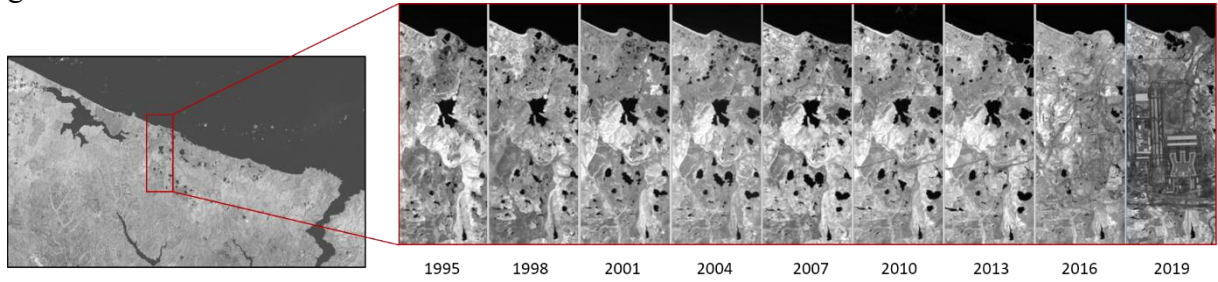
Uygulamada, görüntü zenginleştirme ve indeks görüntülerini elde etme işlemleri için ENVI version 4.8 (Exelis Visual Information Solutions, Boulder, Colorado), nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için eCognition Developer (Trimble Geospatial), coğrafi bilgi sistemleri ve mekânsal analiz işlemleri için QGIS Geographic Information System (Open Source Geospatial Foundation Project) yazılımları kullanılmıştır.

2.3. Yöntem

Analizler için raster ve vektör veri setleri kullanılmıştır. Öncelikle verilerin hazırlanması aşaması gerçekleştirilmiştir.

Raster veri setinin oluşturulması: Landsat uydu verileri, nadirden alınmış olmaları nedeni ile geometrik doğrulukları yüksek şekilde birbirleri ile karşılaştırılmıştır (0.1>Karesel Ortalama Hata). Bunun yanı sıra, veri seti hazırlanırken görüntü histogramındaki minimum yansıtım değerleri yani çok koyu renkte olan alanlarının kullanıldığı ve bu yansıtım değerlerinin her bir bant için tüm piksel değerlerinden çıkarıldığı en koyu piksel değerinin çıkartılması yöntemi uygulanmıştır. Histogram zenginleştirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ile görüntülerin radyometrik ve spektral olarak mümkün olan en uyumlu hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra dokuz farklı tarihli Landsat görüntüsü birleştirilerek raster veri seti oluşturulmuştur.

Şekil 2.2’de çalışma alanı kapsamındaki bir bölgenin 9 farklı tarihteki kızılötesi band verisi gösterilmektedir.



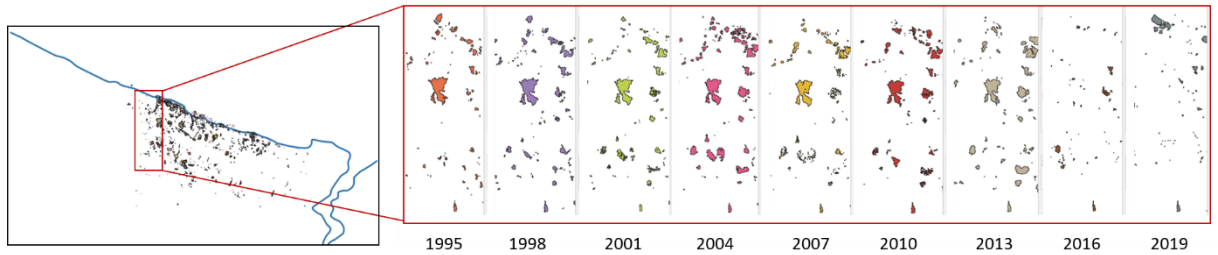
Şekil 2.2. Belirli bir bölgenin farklı tarihler için kızılötesi band görüntüleri

Vektör veri setinin oluşturulması: Farklı tarihlerde alınmış uydu görüntülerinden öncelikle indeks görüntüleri oluşturulmuştur. Su alanlarını çıkartmak için kullanılan indeks görüntüleri oluşturulurken Landsat 5 görüntüleri için Xu (2006) tarafından verilen formül (Eşitlik 1) ve Landsat 8 görüntüleri için Gao (1996) tarafından verilen formül (Eşitlik 2) uygulanmıştır.

$$\text{MNDWI} = (\text{yeşil} - \text{orta kızılötesi}) / (\text{yeşil} + \text{orta kızılötesi}) \quad (1)$$

$$\text{NDWI}_{\text{GAO}} = (\text{yakın kızılötesi} - \text{kısa kızılötesi}) / (\text{yakın kızılötesi} + \text{kısa kızılötesi}) \quad (2)$$

Daha sonra eşik değer yöntemi ile su alanları çıkartılmış ve vektör formata aktarılmıştır. Şekil 2.3’te çalışma alanı için elde edilen farklı senelere ait su alanları 9 adet vektör katman olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Belirli bir bölgedeki su alanlarının farklı tarihler için vektörel gösterimi

Daha sonra İmrahor Göleti, Ayvat Göleti gibi doğal su alanları çıkartılmış, tespitteki hataların giderilmesi amacı ile vektör katmanlar görsel analiz ile kontrol edilerek düzeltmeler yapılmıştır.

Bölgedeki yapay göletlerin oluşturduğu risk alanlarını çıkartmak ve değerlendirmek için CBS ortamında aşağıda verilen yöntemler uygulanmıştır:

2.3.1. Su Alanlarının Tespiti ve Zamansal Değişimi

Yaklaşık 25 senelik süreci yansıtmak üzere üç sene aralıkla alınan tüm uydu görüntülerinde yapay göletlerin sayısı ve toplam alanı hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Bulgular, su alanlarının zamansal değişimini yorumlamak üzere değerlendirilmiştir. Ayrıca, alansal büyüklüklerin ilçeler bazındaki dağılımını elde etmek üzere ilçe katmanı oluşturulmuş ve çalışma bölgesindeki ilçe sınırları içine düşen yapay gölet alanları çıkartılmıştır. Toplam yapay gölet alanlarında görülen değişimin eğilimini anlamak üzere her sene için üç sene önceki yapay gölet alanı baz alınarak, yüzdesel değişim miktarı bulunmuştur.

2.3.2. Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

Öncelikle, 25 senelik süreçte en az bir kez su alanı olarak tespit edilmiş alanlar çıkartılmıştır. Her sene için ayrı ayrı saptanan yapay gölet alanları, tek bir katmanda birleştirilerek “riskli zemin alanları”; ve vektör poligonların ağırlık merkezleri belirlenerek “riskli alan merkezleri” elde edilmiştir. Bir diğer analiz olarak, yapay gölet alanlarına 200 m uzaklık hattı ile oluşturulan tampon bölgeler elde edilmiş ve bu alanlar “genişletilmiş riskli zemin alanları” olarak tanımlanmıştır.

2.3.3. Riskli Zemin Alanlarının Yerleşim Alanları İle Çakıştırılması

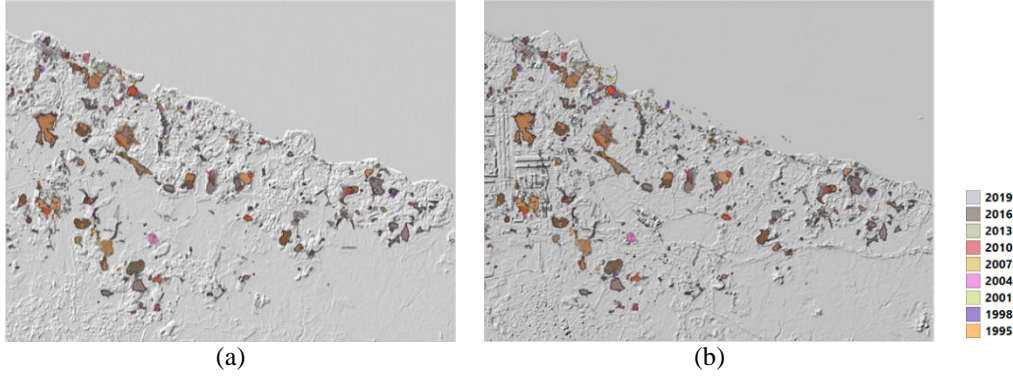
Genişletilmiş riskli zemin olarak belirlenen bölgeler, en güncel veri olan 2019 uydu verisinden nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile elde edilen yerleşim sınıfı ile çakıştırılmıştır.

Kullanılan sınıflandırma yöntemi gereği, öncelikle kullanılan görüntü segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelere ayrılmış, daha sonra sınıflandırma işlemi yapılmıştır. İki katmanlı olarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, segmentasyon ölçeği parametresi katman 1 için 1000, katman 2 için 50 olarak seçilmiş; şekil, renk, pürüzsüzlük ve yoğunluk parametreleri hem katman 1 hem de katman 2 için sırası ile 0,1, 0,9, 0,5, 0,5 olarak görsel analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Görüntü nesnelere, katman 1’de ve katman 2’de yapılan sınıflandırmalarda bulut, gölge, yerleşim, yol, su alanı, çıplak arazi, toprak alan, bitki örtüsü, ve orman olarak belirlenen sınıflara atanmıştır. İkinci seviye sınıflandırma ile, daha küçük nesnelere oluşan sınıfların birinci seviye sınıflandırma sonucunda görülen ölçek kaynaklı sınıflandırma hataları düzeltilmiş, aynı zamanda birinci seviye sınıflandırmada doğru saptanan büyük nesnelere sınıflardan bazıları ikinci seviyeye direkt aktarılarak, zamandan tasarruf edilmiştir. Sınıflandırma doğruluğu 0,9 olarak bulunan yerleşim sınıfı, riskli bölgeler ile çakışan yerleşim alanlarının belirlenmesi analizi için vektör formata dönüştürülerek CBS ortamına aktarılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

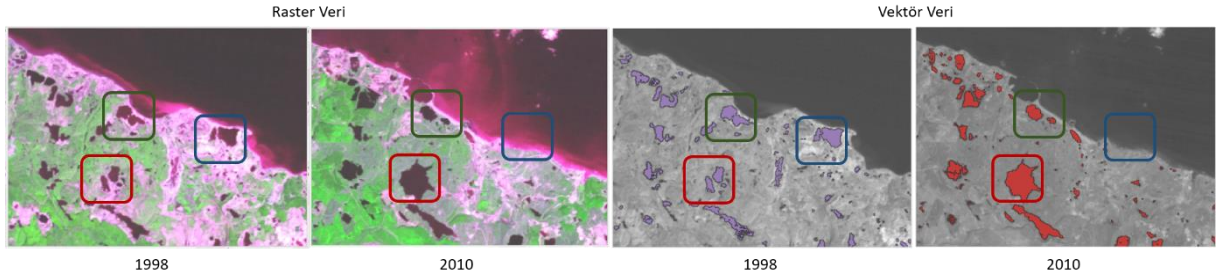
3.1. Genel Değerlendirme

Tüm tarihler için ayrı ayrı hazırlanan su katmanları Şekil 3.1a’da 1995, 3.1b’de ise 2019 uydu görüntüsü üzerinde verilmektedir.



Şekil 3.1. Gölgeleştirilmiş a) 1995 ve b) 2019 uydu verisi üzerinde vektörel su alanları

Zaman içerisinde su alanlarında meydana gelen değişimler incelendiğinde görülmektedir ki, bölgede faaliyetlerin devam ettiği süreçte, bazı yapay göletler zamanla yakınındaki bir başka gölet ile birleşmiş (Şekil 3.2, kırmızı) ya da genişlemiş, bazıları ise diğer madenlerin açılması sırasında çıkan hafriyat ile doldurularak alansal olarak küçülmüş (Şekil 3.2, yeşil) ya da tamamen kapanmıştır. Bunun yanı sıra dökülen hafriyatın denizde oluşturduğu yeni kara parçası üzerinde ortaya çıkan bazı yapay göletler, bir süre sonra dalgaların etkisiyle deniz ile birleşerek yok olmuşlardır (Şekil 3.2, mavi).



Şekil 3.2. 1998-2010 aralığında göletlerde meydana gelen değişimler (Kırmızı: genişleme, yeşil: küçülme, mavi: ortadan kalkma)

3.2. Mekansal Analiz Bulguları

3.2.1. Su Alanlarının Tespiti ve Zamansal Değişimi

İzlenen süreçte üç sene aralıkla alınan uydu görüntülerinde tespit edilen yapay göletlerin sayısı ve hesaplanan toplam alan Çizelge 3.1’de verilmektedir.

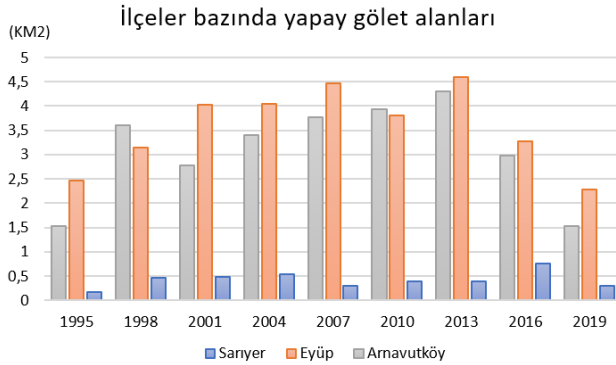
Çizelge 3.1. Farklı tarihlerde bölgede saptanan yapay göletlerin sayısı ve toplam alanı

Yapay gölet /Yıl	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2013	2016	2019
Toplam sayı	306	316	241	254	244	278	282	557	262
Toplam alan (km ²)	4,19	7,14	7,21	7,90	8,48	8,06	8,98	6,83	4,15

Oluşan yapay göletlerin zaman içerisindeki değişimleri incelendiğinde en dikkat çeken bulgu yapay gölet sayısının 2016 yılındaki artışıdır. Ancak veriler, aynı sene yapay gölet alanlarının alansal olarak azalma eğilimine girdiğini ve sonraki dönemde de alansal azalmanın devam ettiğini göstermektedir. Görüntüler ve vektör katmanlar incelendiğinde, bu duruma bölgede 2015 başları itibarı ile başlayan 3. Havalimanı inşaatının önemli derecede etkisi olduğu görülmüştür. Havalimanı için ayrılan yaklaşık 76,5 km²’lik alanda ilk aşamada çok sayıda

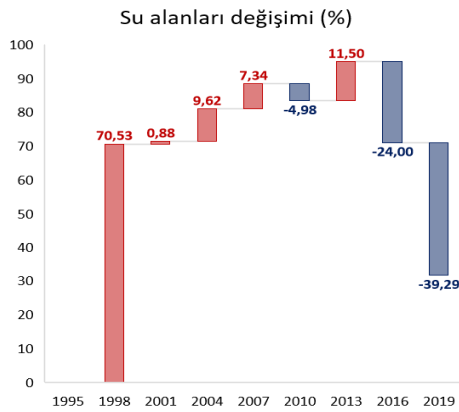
yapay gölet doldurulmuştur ve bu değişim yapay gölet alanlarında saptanan azalma ile tutarlıdır. Ancak çalışmalar sırasında bozulan yer yüzeyi sebebi ile çok sayıda küçük çukurluk ve geçici yeni yapay göletlerin oluştuğu da görülmektedir. 2019 senesi bulgularındaki hem sayıca hem de alansal olarak saptanan düşüş ise inşaat alanında zemin düzeltme işlemlerinin tamamlanması sonucu bu geçici göletlerin yok olmasının sonucudur.

Alansal büyüklüklerin ilçeler bazındaki dağılımı Şekil 3.3'te verilmektedir. Arnavutköy'de ve Eyüp'te, Sarıyer'e oranla çok daha yoğun olarak yapay gölet alanı tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. İlçeler bazında yapay gölet alanları (km²) dağılımı

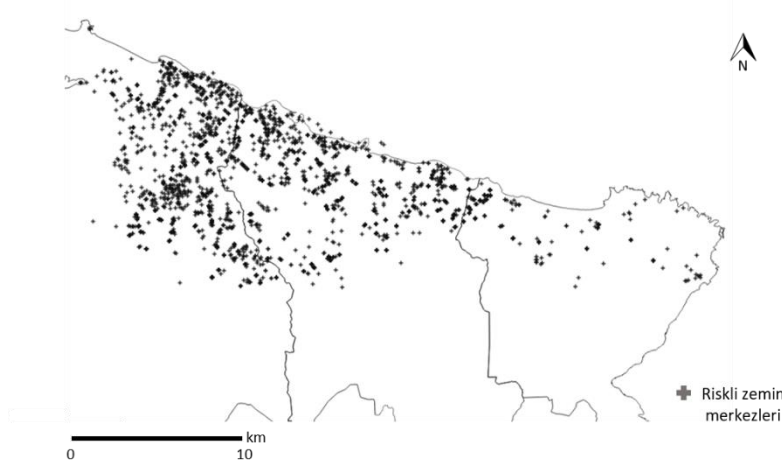
Değişimin eğilimini anlamak üzere her sene için üç sene önceki yapay gölet alanı baz alınarak, yüzdesel değişim miktarı bulunmuştur (Şekil 3.4). Su alanlarının değişim yüzdesi, zaman içerisinde bölgede Şekil 3.2'de örnekleri gösterilen farklı tür değişimlerin gerçekleşmesi nedeni ile hem pozitif hem de negatif yönde değişimler olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Üç sene ara ile saptanan yapay gölet alanlarının yüzdesel değişim miktarı

3.2.2. Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

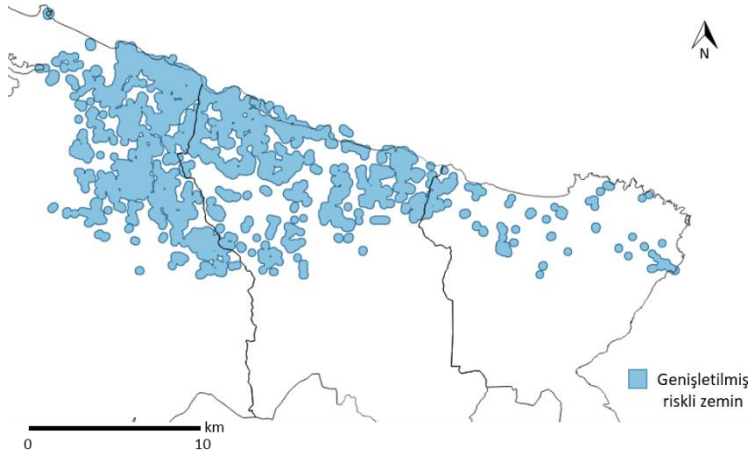
25 senelik süreçte en az bir kez su alanı olarak tespit edilmiş alanlar belirlenmiştir. Herhangi bir zamanda madencilik faaliyetleri nedeni ile kazılmış ve daha sonra açık bırakılarak yapay gölete dönüşmüş tüm çukurlar, gölet olarak kalmış olsun veya bir süre sonra doldurularak kapatılmış olsun, ayırt edilmeden riskli zemin olarak belirlenmiştir. Her sene görüntüsünde ayrı ayrı saptanan yapay gölet alanları birleştirilerek vektör poligonlarının ağırlık merkezleri çıkartıldığında, 2741 noktaya dağılmış oldukları belirlenmiş (Şekil 3.5) ve bu noktalar riskli zemin merkezleri olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5. Çok-zamanlı analiz ile elde edilen riskli zemin merkezleri

Bu riskli zemin merkezlerinin, bölgenin sismik hareketlerine uygun şekilde, deprem riski değerlendirilerek, sınıvlaşma riski gözetilerek ve gelecekteki kullanım amacı ile ilişkili olarak doldurulmuş olduğundan emin olunmalıdır. Bu noktalarda heyelan olma olasılığı göz önüne alınarak, yerleşime uzaklığa göre sağlamlaştırma gerekliliği değerlendirilmelidir.

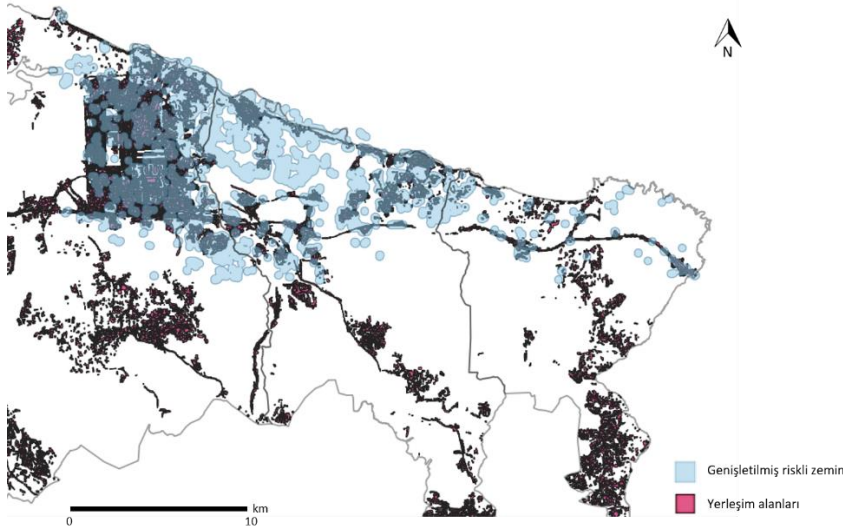
Yapay göletler veya doldurulmuş eski ocak alanları çevresel risk açısından değerlendirilirken, çevrelerinden belirli bir mesafeye kadar çeşitli tehlikeler yarattıkları göz önüne alınmalıdır. Buna dayanarak yapay gölet alanlarına 200 m uzaklık hattı ile oluşturulan tampon bölgeler elde edilmiş ve bu alanlar “genişletilmiş riskli zemin alanları” olarak tanımlanmıştır. Genişletilmiş riskli alanlar 122,22 km²'ye ulaşmakta olup Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. 200 m tampon bölge oluşturularak genişletilmiş riskli zemin alanları

3.2.3. Riskli Zemin Alanlarının Yerleşim Alanları İle Çakıştırılması

En güncel veri olan 2019 uydu verisinden nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile elde edilen yerleşim sınıfı, riskli zemin olarak belirlenen bölgeler ile çakıştırılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Genişletilmiş riskli zemin alanları ile yerleşim sınıfının çakıştırılması

Yerleşim sınıfı vektör formata çevrilip riskli zemin katmanı ile üst üste bindirildiğinde alansal çakışmanın en yoğun olarak Arnavutköy’de, daha sonra Eyüp ve en az Sarıyer’de gerçekleştiği gözlenmiştir. Bölgede en dikkat çeken çakışma ise İstanbul 3. Havalimanı alanındadır.

4. Sonuç

İstanbul ili Avrupa yakasında, Karadeniz kıyısına yakın bölgede, madencilik faaliyetleri sonrası topoğrafya bozulmuş, maden ocakları faaliyetler sonrası açık bırakılarak veya diğer ocaklardan çıkan hafriyat ile doldurularak risk potansiyeli olan alanlar oluşturmuştur. Çalışmada yapay göletlerin zamansal gelişimi incelenmiş, hem sayıca hem de alansal olarak artma-azalma eğilimleri değerlendirilmiştir. Alansal olarak bakıldığında son yıllarda azalma eğilimi daha yüksektir. Özellikle 2015 sonrası bölgede inşasına başlanan İstanbul 3. Havalimanı, büyük bir alanda zeminin doldurulması ve düzeltilmesine katkıda bulunmuştur. Bu sayede sürecin başında 4,2 km² olarak saptanan toplam yapay gölet alanı zamanla 8.9 km²’ye çıksa da daha sonra tekrar 4.2 km²’ye inmiştir.

Çalışmada ayrıca, yaklaşık 25 yıllık süreçte açık bırakılarak yapay gölet haline gelmiş alanlar tespit edilerek, riskli zemin merkezi olarak belirlenen noktalar elde edilmiştir. Bu merkezler, halen yapay gölet durumunda bulunan veya açılıp sonradan doldurulmuş olan tüm alan merkezlerini göstermekte olup, bu alanların incelenen süreçte herhangi bir zamanda açık maden ocağı olduğunu gösterir. Tespit edilen 2741 adet riskli zemin merkezinin, yaklaşık 25 seneyi içeren çok-zamanlı veri setinden elde edilmiş olmaları önemlidir.

Bir diğer mekânsal analiz olarak tampon bölge oluşturulmuş ve genişletilmiş riskli zemin bölgeleri elde edilmiştir. Hem eski maden ocaklarının oluşturduğu yapay gölet sularında genellikle toksik atıkların bulunuyor olması, hem de bunun yeraltı sularına karışması ve dolaylı etkileri nedeni ile riskli bölge merkezlerinden 200 m uzaklığa kadar oluşturulan tampon bölgeler kullanılarak ayrı bir değerlendirme yapılmıştır. Bu genişletilmiş riskli alanların yüzölçümü yaklaşık 122 km² olup İstanbul için önemli miktardadır.

Çalışmada yapılan son analiz ise genişletilmiş zemin bölgeleri ile sınıflandırılmış 2019 uydu verisinden elde edilen yerleşim bölgelerinin çakıştırılması olmuştur. Yapılan analizde genişletilmiş riskli zemin bölgelerinde 3. Havalimanı dışında kalan yerleşimin henüz yoğun

olmaması, ayrıca çakışan bölgelerdeki şehir yapısı incelendiğinde dikey yapılaşmanın az olması olumlu olarak değerlendirilmiştir. Kent genelinde yapılaşma güneyde yoğunlukta olup, yavaş yavaş kuzey bölgelere kaymaktadır (Seçkin ve Yayım, 2006). Bu bölgede yeni yerleşim alanları planlanırken önceden madencilik çalışması yapılmış alanların dağılımının bilinmesi, gerekli zemin düzeltme çalışmalarının tamamlanması, bölgenin yeni kullanım ve faaliyetlerine tampon bölge sınırları gözetilerek karar verilmesi çok önemlidir. Planlamada, bölgedeki yapay gölet alanlarından bazılarının arazi duraylılığını sağlayabilmek için doldurulmaları, bir kısmının da yerleşim alanları ve ormanlık bölgeler içerisinde rekreatif amaçlı korunmaları gerekebilir (Turnacıgil, 2008).

Zeminin uzun dönemli geçmişi göz önüne alınarak hazırlanan çok-zamanlı riskli alan haritasının, mevcut yerleşim yerlerinin ve yerleşime açılacak bölgelerin zemin açısından değerlendirilmesi ve düzenlenmesi aşamasında faydalı olacağı, geleceğe yönelik yeni kullanım seçeneklerinin değerlendirilmesi çalışmaları için de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Arslan F., 2014. Türkiye’de Sürdürülebilir Doğal Kaynak Kullanımı Arayışlarına Bir Örnek: Yeşil Binalar, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(1): 288-304.
- Başol K., 1991. Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Aklıselim Basımevi, İzmir.
- Başol K., Durman M., Çelik M.Y., 2005. Kalkınma Sürecinin Lokomotifi; Doğal Kaynaklar, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, Bahar, 14: 61-71.
- Bayrakdar C., Döker M., 2011. İstanbul Kuzeyindeki Madencilik Faaliyetlerinden Kaynaklanan Mekânsal Sorunlara Bir Örnek: Çiftalan Köyü Heyelanları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 6: 689-700.
- Brakenridge G.R., 2018. Flood Risk Mapping From Orbital Remote Sensing. In Global Flood Hazard (eds G. J. Schumann, P. D. Bates, H. Apel and G. T. Aronica), Pages: 43-54.
- Cındık Y., Acar C., 2010. Faaliyeti Bitmiş Taş Ocaklarının Yeniden Rehabilitasyonu ve Doğaya Kazandırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 11(1): 11-18.
- Gao B.C., 1996. NDWI- A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space, Remote Sensing of Environment, 58: 257-266.
- Geiss C., Taubenböck H., 2013. Remote Sensing Contributing to Assess Earthquake Risk: From a Literature Review Towards a Roadmap, Nat Hazards, 68(1): 7-48.
- Görüm T., Bayrakdar C., Avdan U., Çömert R., 2016. Yamaç Dinamik Süreçlerinin Anlaşılması için İHA Tabanlı Uzaktan Algılama: Akdağ Heyelanına Ait Örnek Bir Çalışma, Batı Toroslar (GB Türkiye), TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara. 260-261.
- Kantarıcı M.D., 2005. Ağaçalı (İstanbul) Açık Maden Ocağı Artıklarının Islahı ve Ağaçlandırılması Çalışmalarında Elde Edilen Sonuçlar, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara, 173-182.
- Khan S., Cao Q., Zheng Y.M., Huang Y.Z., Zhu Y.G., 2008. Health Risks of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China, Environ Pollut, 152(3): 686-692.

WTW (Willis Towers Watson), Mining Risk Review-2016., (30.11.2019)

<https://www.willis.com/naturalresources/pdf/MiningRiskReview2016.pdf>

Özelkan E., Karaman M., Uça Avcı Z.D., 2011. Madencilik Faaliyetlerinin İzlenmesinde Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliği Kazdağları Örneği, International Symposium on Kaz Mountains (Mount Ida) and Edremit, Global Change in the Mediterranean Region, 5 Mayıs 2011, 227-233.

Özbey D., 2005. Açık Ocak Madenciliği Sonrası Onarım Çalışmalarında Peyzaj Mimarlarının Rolü, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara, 69-72.

Sabuncu A., Doğru A., Özener H., 2018. Analyzing Changes in Coastal Areas Using Satellite Data, March 2018, Sea Technology 59(3): 18-21.

Seçkin B., Yayım D., 2006. Taş ve Maden Ocağı Alanlarının Rehabilitasyonu Olanakları (İstanbul Ağaçlı Yöresi Açık Maden Alanı Örneği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 56(2): 1-9.

Şimşir F., Pamukçu Ç., Özfirat M.K., 2007. Madencilikte Rekültivasyon ve Doğa Onarımı, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 39-49.

Turnacıgil A., 2008. Yeniköy Ağaçlı Civarındaki Maden Ocaklarının Rehabilitasyonu, İTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Uça Z.D., Sunar Erbek F., Kuşak L., Yaşa F., Özden G., 2006. The Use of Optic and Radar Satellite Data for Coastal Environments, International Journal of Remote Sensing, 27(17): 3739-3747.

Uça Avcı Z.D., Karaman M., Özelkan E., 2011. Use of Remote Sensing in Determining the Environmental Effects of Open Pit Mining and Monitoring the Recultivation Process. In Proceedings of the The International Mining Congress and Exhibition of Turkey, 11–13 May, Ankara, Turkey. 437-442.

Ulusoy Y., Ayaşlıgil T., 2012. Açık Maden Ocaklarının Rehabilitasyonu ve Doğaya Yeniden Kazandırılmasının “Şile-Avcıkoru” Örneğinde İrdelenmesi, Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, 62(2): 21-36.

Ünver Ö., Kara D., 1994. Türkiye'de Kömür Madenciliği ve Çevre, Madencilik, Cilt: XXXIII (2): 3-9.

Wuana R.E., Okieimen F.E., 2011. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation, Int Sch Res Netw ISRN Ecol, Article ID 402647, 1-20.

Xu H., 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery, International Journal of Remote Sensing, 27(14)3025-3033.

Ambalaj Atıklarının Çevresel Etkilerinin Yaşam Döngüsü Analizi İle Belirlenmesi: Mühendislik Fakültesi Örneği

Serpil Güneralp¹, Aliye Suna Erses Yay^{2*}

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi Serdivan-Sakarya/Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi Serdivan-Sakarya/Türkiye

03.05.2019 Geliş/Received, 15.11.2019 Kabul/Accepted

Öz

Bu çalışmanın ana amacı üniversite kampüslerinde oluşan ambalaj atıklarının yaşam döngüsü analizi ile çevresel etkilerinin belirlenmesidir. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde toplanan ambalaj atıkları çalışmanın fonksiyonel birimi olarak seçilmiş olup, bu kapsamda öncelikle mühendislik fakültesinde oluşan ambalaj atığı çeşitleri ve miktarları belirlenmiştir. Yaşam döngüsü analizi için Simapro 8.4 programı ve CML-IA etki kategorisi kullanılmıştır. Bu yöntemin etki grupları abiyotik tükenme, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), küresel ısınma, ozon tabakası tahribatı, insan toksisitesi, tatlı su ekotoksitesisi, deniz ekotoksitesisi, karasal ekotoksitesite, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon ve ötrofikasyondur. Sistem sınırları karışık ambalaj atıklarının toplanması, taşınması, atık ayırma ve geri dönüşüm tesisinde ayrılması, kâğıt-kartonun preslenip, metal ve camın preslenmeden geri dönüşüm firmalarına satılması, plastik atıkların kırılıp, granül haline getirildikten sonra plastik üreticilerine satılması, geri kalan artıkların ve geri dönüştürülemeyen malzemelerin yakma tesisinde bertarafını içermektedir. Bu çalışmada ambalaj atığı yönetimi için 2 alternatif senaryo uygulanmış olup, ilk senaryoda ambalaj atıkları geri dönüştürülürken, 2. senaryoda düzenli depolamaya bertaraf için gönderilmiştir. Sonuçlara baktığımızda, ambalaj atıklarının geri dönüşümü çevresel etkileri azaltırken, depolanması deniz ekotoksitesisi, insan toksisitesi, tatlı su ekotoksitesisi ve fosil yakıtların abiyotik tüketiminde olumsuz etkiler göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: üniversite, entegre atık yönetimi yönetimi, ambalaj atıkları, yaşam döngüsü analizi (YDA)

Determination of Environmental Effects of Packaging Wastes by Life Cycle Analysis: A Case Study of An Engineering Faculty

Abstract

The aim of this study is to determine the environmental impacts of packaging wastes in universities by life cycle analysis. The functional unit of the study was selected as the packaging wastes collected in the Engineering Faculty of Sakarya University in 2017. In this context, the packaging waste types and amounts which were formed in the engineering faculty were determined. SimaPro 8.4 software program and CML-IA effect category were used for life cycle analysis. The effect groups of the method are abiotic depletion, abiotic depletion

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Aliye Suna Erses Yay
(e-posta: erses@sakarya.edu.tr)

(fossil fuels), global warming, ozone depletion, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, marine aquatic ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification and eutrophication. System boundaries include collection of mixed packaging waste, transportation, separation of the mixed packaging in the sorting and recycling plant, selling pressed papers, cardboards, unpressed metals and glasses to the relevant companies, recycling of plastics into granulated form and its sale to plastic producers, and disposal of residual waste or non-recyclable materials by incineration. In the study, 2 alternative scenarios were modeled for packaging waste management. One of them is recycling and the other is landfilling of the packaging waste collected in the engineering faculty. Finally, the results indicated that recycling of packaging materials reduce the negative environmental impacts and landfilling of packaging waste indicates higher negative impacts on the marine aquatic ecotoxicity, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity and abiotic depletion (fossil fuels).

Keywords: university, integrated waste management, packaging waste, life cycle assesment (LCA)

1. Giriş

Üniversitelerdeki öğrenci ve personel sayıları göz önüne alındığında kampüs içerisindeki yaşamı küçük bir şehir veya kasaba olarak değerlendirmek mümkündür. Üniversite kampüslerinde yüksek miktarlarda kâğıt, karton, plastik, cam, metal gibi geri dönüştürülebilir atıklar ortaya çıkmaktadır. Doğal kaynakların korunması ve ekonomik sebeplerden dolayı düzenli depo sahasına gidecek olan bu tür atık miktarı azaltılmalıdır. Azaltma için ise ambalaj atıkları yönetmeliğine göre diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmesi ve toplanması gerekmekte olup etkili bir yönetim sistemine, stratejisine veya planına ihtiyaç duyulmaktadır (Anonim, 2017). Başarılı bir entegre atık yönetimi planının üniversitelere adapte edilmesi ve uygulanması, atıkların çevresel etkilerinin azaltılması ve kaynakların daha verimli kullanılması açısından önemlidir. Hem dünya hem de ülkemizdeki üniversiteler atıklarının çeşitlerini ve miktarını belirleyip, yönetim planlarını hızla çıkarmaya başlamışlardır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bu konuda Sıfır Atık Projesini başlatmış olup, Ege Üniversitesini pilot üniversite olarak seçmiştir (Anonim, 2019 a). Ülke genelinde üniversiteleri incelediğimizde Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Ege Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) gibi birçok üniversite atık yönetimi ile ilgili komisyon kurup atıkların kaynağında ayrı toplanması ile ilgili çalışmalara başlamıştır (Anonim, 2019 a,b,c,d).

Yaşam döngü analizi entegre atık yönetiminde yaygın olarak kullanılan bir analiz olup atık arıtma yöntemlerinin ve bertaraf etme teknolojilerinin çevresel etkilerini hesaplamaktadır. Literatür incelendiğinde, farklı ülkeler ve şehirlerin kentsel atıklarının çevresel etkilerini hesaplayan birçok çalışma varken daha spesifik atık türü olan ambalaj atıkların geri dönüşümü için yürütülen araştırmalar da literatürde yer almaktadır (Herva ve ark., 2014; Özeler ve ark., 2006; Banar ve ark., 2009). Ancak üniversitelerden kaynaklı atık türleri için yaşam döngüsü analizi üzerine çalışmalar sınırlıdır. Her ne kadar üniversite atıklarının sıfır atık anlayışı ile yönetimi için birçok çalışma olmakla birlikte, üniversite atıklarının oluşturacağı çevresel etkiler hakkında bilgi yetersizdir. Bu bilgi eksikliğini gidermek için, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde oluşan ambalaj atıkları çalışma alanı seçilerek, ambalaj atıklarının ayrı toplanması ve geri dönüşümü sonucu oluşacak çevresel etkiler belirlenmiştir. Ambalaj atıklarının geri dönüşümü yerine düzenli depolanması halinde çevresel etkilerin nasıl değişeceği ise karşılaştırılmalı analiz ile hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı: Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

1970 yılında Sakarya Mühendislik ve Mimarlık Yüksekokulu ile açılan Sakarya Üniversitesi, 1992 yılında 3837 sayılı kanun ile Sakarya Üniversitesi olarak eğitim ve öğretime başlamış olup, Mühendislik Fakültesi 296 adet akademik personel ve 8 adet mühendislik bölümü ile üniversitenin en büyük fakültelerinden biridir. Mühendislik Fakültesi, 8 adet binası ile 215.228 m² alana sahip kampüste 39.050 m² alanı kaplamaktadır. Çevre, İnşaat, Elektronik, Gıda, Endüstri, Jeofizik, Makine, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümlerini içeren Fakülte 200 adet ofis, 82 adet derslik, 55 adet laboratuvar bulunmaktadır (Anonim, 2019 e).

2.2. Mühendislik Fakültesinde Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi

Mühendislik Fakültesinde ambalaj atıklarının çeşitlerini ve miktarlarını belirlemek için tüm bina dersliklerinde mevcut durum tespiti yapılmıştır (Çizelge 2.1). Mevcut durum tespiti için hazırlanan çizelge binalar, bina sorumluları, binalardaki çöp kutuları, atık türleri ve atık yönetimi hakkında bilgileri içerecek şekilde 5 bölümden oluşmakta olup, çizelgenin çöp kutuları ile ilgili kısmına ilişkin bir örneği aşağıda gösterilmektedir (Güneralp ve ark.,2017). Mühendislik fakültesinden muhtemel çıkan karışık ambalaj miktarı yıllık 131 ton olarak hesaplanmış olup, % 51 kağıt, % 33 plastik, % 11 cam ve % 5 metal sırası ile çıkan ambalaj atık türüdür.

Çizelge 2.1. Mevcut Durum Tespit Çalışması

ÇÖP KUTULARI HAKKINDA BİLGİ			
HER KAT İÇİN BULUNDUĞU YERE GÖRE (oda, labrotuvar,sınıf, koridor vb.) ÇÖP KUTUSU SAYISI, YAPILDIĞI MALZEME (metal, plastik, kağıt vb.) ÇÖP KUTUSU HACMİ (5L,10L,15L vb) NOT: GERİ DÖNÜŞÜM KUTULARI HARİÇ OLACAK VE SADECE BİNA İÇ MEKANI KAPSAYACAK		HER KATTA GERİ DÖNÜŞÜM KUTUSU SAYISI, TÜRÜ, HACMİ, YERİ VE TOPLANAN ATIK TÜRÜ	BİNA DIŞ MEKAN ÇÖP KUTUSU SAYISI, TÜRÜ, MALZEMESİ VE HACMİ
KORİDOR	DİĞER İÇ MEKAN		
SAYI, MALZEME, HACİM VE TOPLANAN ATIK TÜRÜ	YERİ, SAYISI, MALZEMESİ, HACMİ		
3 adet, plastik, 50 L, karışık atık	7 adet 10 L plastik çöp kutusu		2 adet 25 L krom çöp 1 adet 50 L plastik çöp
3 adet 50 L karışık atık için	5 adet 10 L plastik çöp kutusu		
2 adet 50 L plastik karışık atık için	22 adet 10 L plastik çöp kutusu	1 adet 50 L geri dönüşüm kutusu	

Mühendislik fakültesinden toplanan ambalaj atıklarını Ambalaj Atıkları Kontrol Yönetmeliği gereğince, Sakarya Üniversitesi Serdivan ilçesi sınırlarında bulunduğu için belediyenin anlaşmalı olduğu geri dönüşüm tesisi, karışık toplanan kentsel atıkları ise Serdivan Belediyesi bertaraf etmektedir. Mühendislik fakültesinde oluşan cam, metal, kağıt ve karton, plastik ambalaj atıkların ayrı toplanması için üniversitenin anlaşmalı olduğu geri dönüşüm tesisi tarafından bırakılan karton çöp kutuları bulunmaktadır (Şekil 2.1).

Geri dönüşüm tesisine ait kutulardaki ayrı toplanmış ambalaj atıkları üniversitenin geçici depolama sahasında depolanmakta ve haftada 3 kere geri dönüşüm tesisi tarafından alınmaktadır. Mühendislik fakültesinde oluşan karışık atıklar gri plastik çöp kutularına atılmakta ve

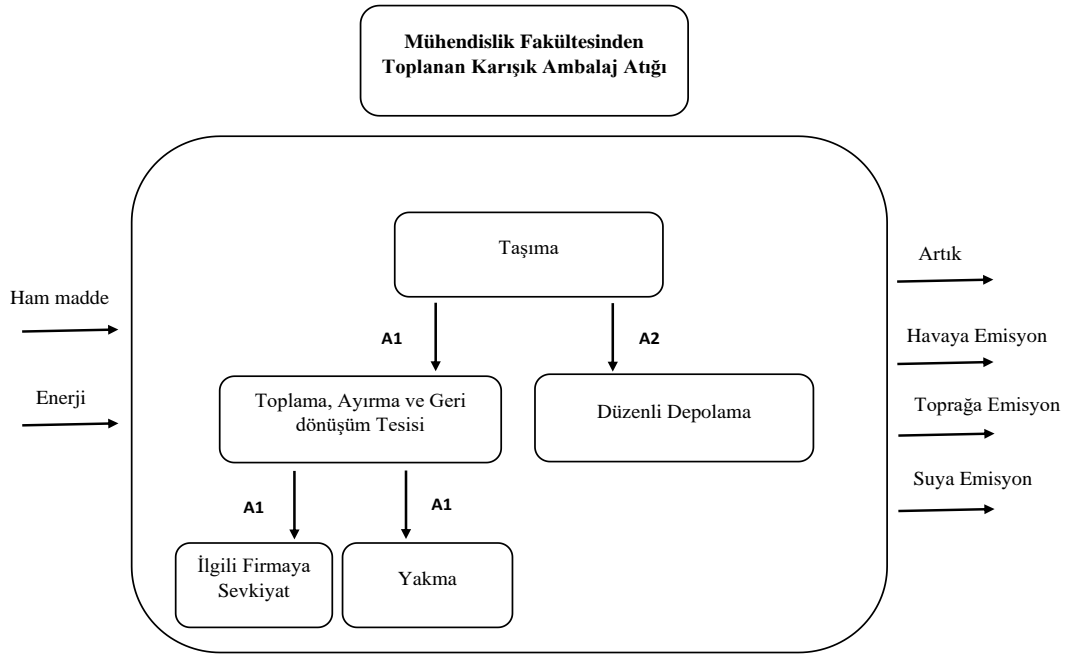
bunlar her gün fakülte çalışanları tarafından üniversitenin geçici depolama sahasına sevk edilmektedir. Geçici depolama alanından atıklar belirli periyotlarla alınmakta ve üniversiteye 11 km uzaklıkta bulunan düzenli depolama sahasında bertaraf edilmektedir.



Şekil 2.1. Karışık evsel atık ve ambalaj atığı toplama kutuları

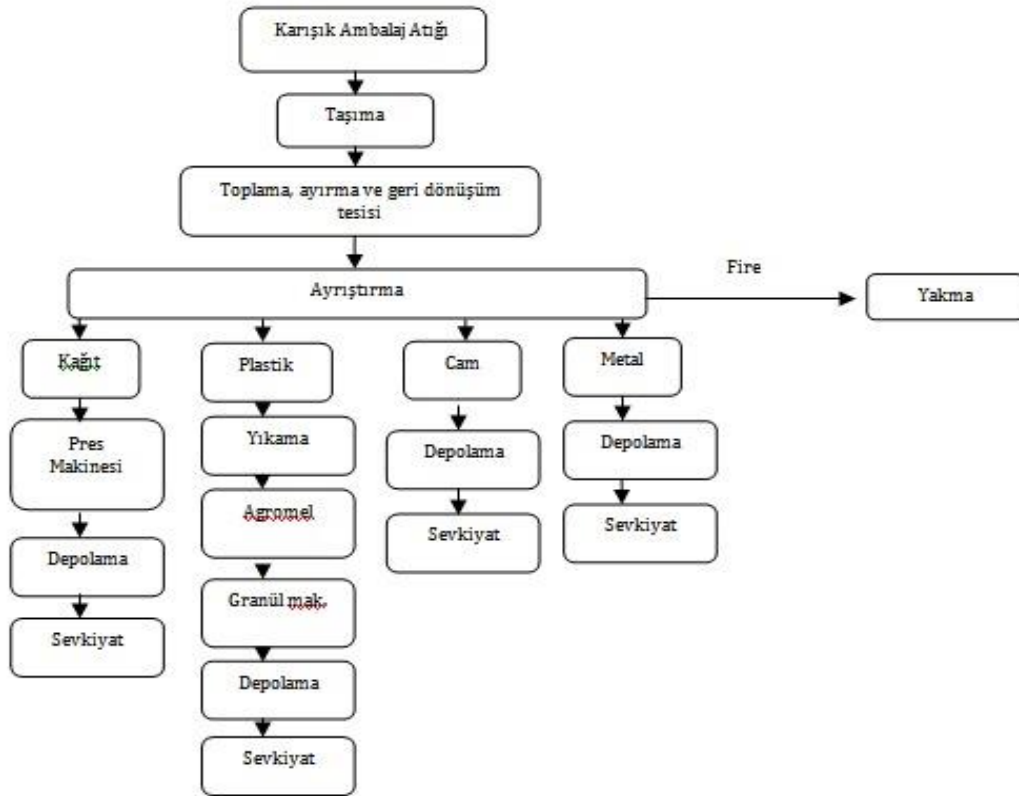
2.3. Yaşam Döngüsü Analizi

Mühendislik Fakültesinin yıl boyunca oluşan ambalaj atıkları (kâğıt-karton, plastik, cam ve metal) çalışmanın fonksiyonel birimini oluşturmakta olup, sistem sınırları karışık ambalaj atıklarının toplanması, taşınması, atık ayırma ve geri dönüştürme tesisinde ayrılması, kâğıt-kartonun preslenip, metal ve camın preslenmeden geri dönüşüm firmalarına satılması, plastik atıkların kırılıp, granül haline getirildikten sonra plastik üreticilerine satılması, geri kalan artıkların ve geri dönüştürülemeyen malzemelerin yakma tesisinde bertarafını içermektedir (Şekil 2.2). Hâlihazırda Mühendislik Fakültesinde uygulanan ambalaj atığı yönetimine ek olarak, ambalaj atıklarının geri dönüşüm tesisi yerine direkt düzenli depolamaya gönderilme hipotezi halinde çevresel etkilerin ne olabileceği de çalışmanın kapsamı içerisinde. Ambalaj atıklarının geri dönüşüm tesisinde işleme tabi tutulması ve burada oluşan firenin yakma tesisinde bertarafı ise Alternatif -1'i (A1), ambalaj atıklarının direkt düzenli depolamaya gitmesi sonucu oluşan çevresel etkiler Alternatif-2 (A2), oluşturmaktadır. Bu çalışmada ayrıca, Alternatif 1 (uygulanan yönetim) ve Alternatif 2 (kurgulanan hipotez) karşılaştırılarak çevresel etkilerin nasıl değişebileceği belirlenmiştir.



Şekil 2.2. Sistem sınırları

Simapro 8,4 programı kullanılarak hesaplanan yaşam döngüsü analizinde, atık karakterizasyonu ve anket çalışması, il çevre durum raporu, ecoinvent veri tabanı ve geri dönüşüm ve düzenli depolama tesis bilgileri döküm verisi olarak kullanılmıştır. Şekil 2.3'te geri dönüşüm tesisinin iş akım şeması görülmektedir. Bu iş akım şemasına göre, üniversiteden karışık ambalaj atıklarını toplayan araç geri dönüşüm tesisine geldiğinde, atıklar ayırma bandı üzerine boşaltılmakta ve kâğıt ile plastik atıklar birbirinden el ile ayrılmaktadır. Kâğıt ve plastik harici ambalaj atığı olmayan atıklar ise fire olarak adlandırılmaktadır. Bu fireler Gebze'de bir çimento fabrikasına sevk edilmektedir. Kağıt atıklar tekrar bir konveyör bant aracılığıyla pres makinesine taşınmakta ve balyalar halinde depolanıp geri dönüşüm tesislerine sevk edilmektedir. Plastik atıklar ise cinslerine göre ayrılmakta (HDPE,PE,PP,LDPE, PS, ABS) ve kostikli su ile yıkanmaktadır. Bu işlem sonucu oluşan yıkama suyu arıtma tesisine gitmekte ve arıtma çamuru haline getirilip 30 km uzaklıktaki lisanslı bir bertaraf tesisinde bertaraf edilmektedir. Yıkamadan sonra atıklar agromel makinesine girmekte ve hem kurutma hem de kırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Agromelde kurutulup kırılmış plastik, granül makinesinde eritilip elekten geçmekte ve uzun iplik halindeki plastik, granül makinesi çıkışındaki dönen bıçaklar yardımıyla dairesel 0,4-0,5 cm boyutuna getirilip çuvalanmakta ve soğumaya bırakılmaktadır. Son işlem olarak ilgili alıcıya sevk edilmektedir.



Şekil 2.3. Geri dönüşüm tesisi iş akış şeması

Ambalaj atıklarındaki plastik ambalajlar ikincil hammadde elde edilerek hem vahşi depolanan atık miktarında azaltıma gidilmekte hem de tekrar kullanım sağlanmış olunmakta ve bu atıklardan ekonomik gelir elde edilmektedir. Bu geri dönüşüm işlemi sonucunda Çizelge 2.2’de ayrıntıları gösterildiği üzere plastiklerin yıkanması için kostik ve su sarfiyatı, kağıt atıkların balyalanması için kullanılan pres makinesinden, plastik atıkların granül haline gelmesi için kullanılan agromel ve granül makinelerinden oluşan elektrik sarfiyatı oluşmaktadır. Programda veri girişi yapılırken elektrik sarfiyatları için “Electricity, medium voltage{TR} market for/conseq S” kağıt ve granülün taşınması için “Transport, lorry 7,5-16 t, Euro5/RER S” cam ve metalin taşınması için “Transport, municipal waste collection, lorry 21 t/CH S” su tüketiminde “Water, unspecified natural origin, TR” plastiğin granül haline getirirken kullanılan NaOH için ise “Sodium Hydroxide, without water, in %50 solution state{GLO}|S” seçilmiş ve hesaplama yapılmaktadır.

Çizelge 2.2. Tesislerde kullanılan ekipmanların tükettiği hammadde ve enerji

Atık cinsi	İşlem	Tüketilen kaynak ve birimi
	Agromel Ünitesi Makineleri	555,2 kw/ton atık
Ambalaj atıkları	Granül Ünitesi Makineleri	175 kw/ton atık
	Kağıt presleme	5 kw/ton
	Kostik	5 lt/ton
	Su	0.025 m ³ /ton

Bu çalışmada mevcut ambalaj atık yönetiminde ambalaj atıklarının geri dönüştürülemeden kısımları ve karışık toplanan atıklar direk düzenli depolamaya gönderilmesi söz konusudur. Üniversite Sakarya’da bulunduğundan, Sakarya iline ait düzenli depolama verileri kullanılmıştır. 2017 yılı ton atık başına normalize edilmiş baca gazı ve sızıntı suyu analizleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Sakarya düzenli depolama emisyonları

Sızıntı Suyu Emisyonu		Gaz Emisyonları	
Kompozisyon	Birim(g/ton)	Kompozisyon	Birim (g/ton)
KOİ	347,61	CH ₄	0,0493
BOİ	192,62	O ₂	0,1084
TKN	0,544	CO ₂	0,112
TP	0,127	H ₂	0,000016
TCr	0,061	H ₂ S	0,0009
Cr ⁺⁶	0,255		
Pb	0,0644		
Fe ⁺²	0,342		
Fe ⁻	0,342		
Cu	0,375		
Zn	0,095		
pH(birimsiz)	7,44		

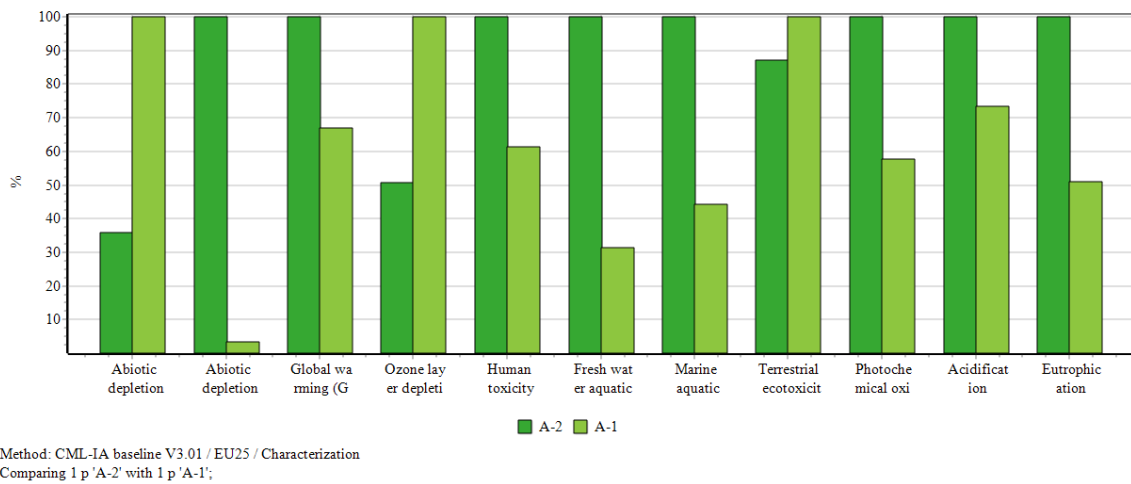
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada çevresel etkiler CML-IA hesaplama yöntemi ile hesaplanmış olup, yöntemin etki gruplarını küresel, bölgesel ve yerel etkileri gösteren 3 grupta toplayabiliriz. Bu etki gruplarının alt etki grupları ise abiyotik tükenme, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), küresel ısınma, ozon tabakası tahribatı, insan toksisitesi, tatlı su ekotoksitesite, deniz ekotoksitesite, karasal ekotoksitesite, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon ve ötrofikasyondur. Mühendislik Fakültesinde oluşan ambalaj atıklarının geri dönüşümü (Alternatif 1) veya düzenli depolamada bertarafı (Alternatif 2) senaryoların her etki kategorisi için YDA karakterizasyon analizinin sonuçları Çizelge 3.1’te verilmiştir. Farklı yönetim alternatiflerinin kıyaslaması ise Şekil 3.1 ve 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Yaşam döngüsü analizi karakterizasyon analizi

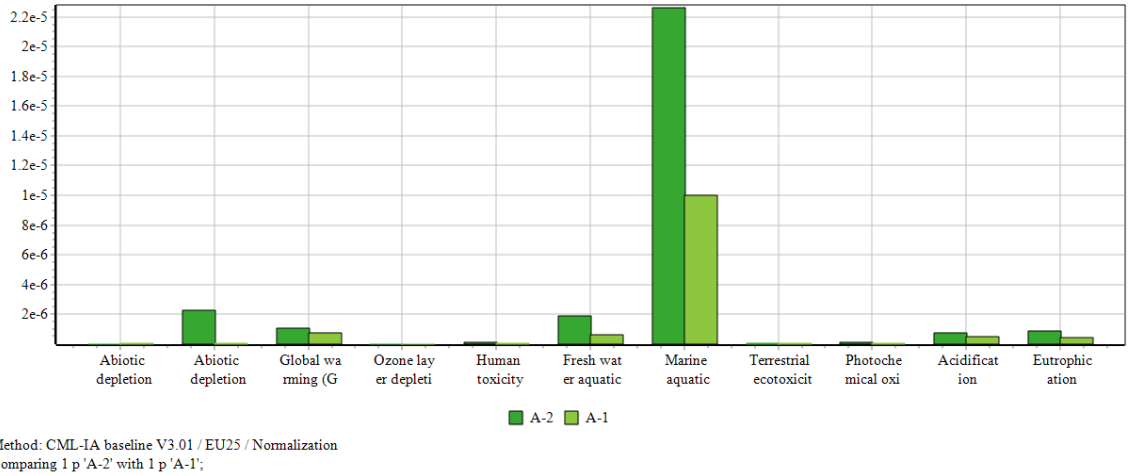
Etki Kategorisi	Alternatif 1	Alternatif 2
Abiyotik Tüketim (kgSb eq)	7,14	2,55
Abiyotik Tüketim (MJ) (Fosil Yakıtlar)	2,42 E-7	7,26 E-6
Küresel Isınma (kg CO ₂ eq)	3,68 E-6	5,49 E-6
Ozon Tabakası İncelmesi (kg CFC-11 eq)	0,555	0,282
İnsana Toksikitesi (kg1,4 DB eq)	6,93 E-5	1,13 E-6
Tatlı Su Ekotoksitesite (kg 1,4 DB eq)	3,12 E-5	9,92 E-5
Deniz Ekotoksitesite (kg 1,4 DB eq)	1,17 E-9	2,64 E-9
Karasal Ekotoksitesite (kg 1,4 DB eq)	2,17 E-3	1,89 E-3
Fotokimyasal Oksidasyon (kg C ₂ H ₄ eq)	474	821
Asidifikasyon (kg SO ₂ eq)	1,5 E-4	2,05 E-4
Ötrofikasyon (kg PO ₄ eq)	5,85 E-3	1,15 E-4

Karakterizasyon sonuçlarına baktığımızda, geri dönüşümün abiyotik tükenme, ozon tabakası tahribatı ve karasal ekotoksisite parametrelerinde yüksek olduğu gözlenmektedir. Sonuçları normalize ettiğimizde ise ambalaj atıklarının düzenli depolamada bertarafın daha fazla olumsuz çevresel etkileri olduğu bulunmuş olup, etki parametreleri içerisinde deniz suyu ekotoksitesinin en büyük etki parametresi olduğu görülmüştür. Literatüre göre deniz suyu ekotoksitesini depolamadan kaynaklı sızıntı suyunda oluşan nikel, bakır, berilyum, gibi birincil kirleticilerden ve elektrik kullanımından kaynaklı vanadyum, baryum gibi kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Alternatif-1 de kağıt atıkların balyalanması ve plastik atıkların granül haline getirilmesinde elektrikli ekipman kullanımından kaynaklanmaktadır. Alternatif-2 de ise yalnızca düzenli depolama yapıldığından değer yüksek görülmektedir. İkinci en büyük etkiye sahip parametre tatlı su ekotoksitesisi ise elektrik kullanımı ve NaOH kimyasalı kullanımından kaynaklandığı program verilerince belirlemiştir.



Şekil 3.1. CLM-IA Baseline metodolojisi ile kıyaslama grafiği-Karakterizasyon

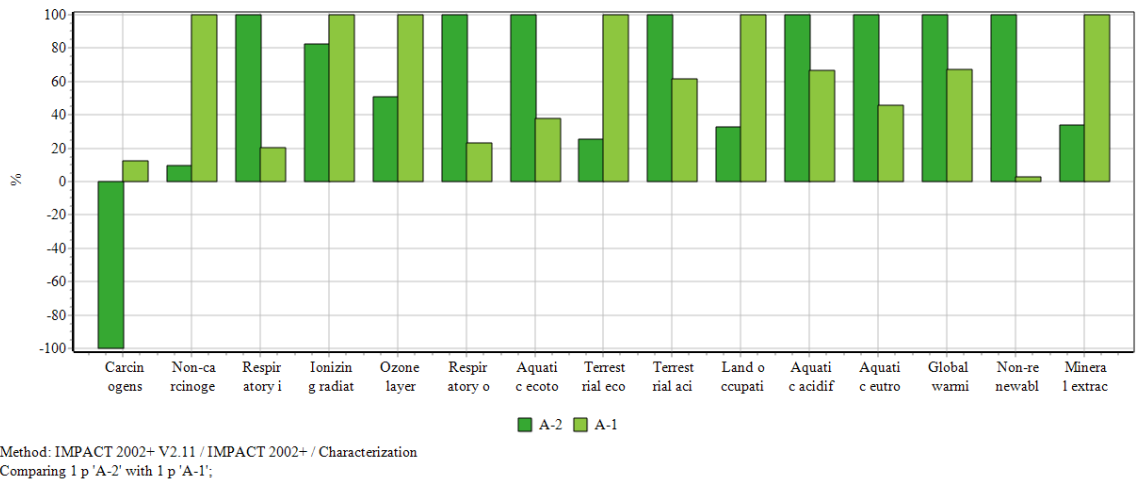
Temel olarak atıkların toplanması ve taşınması sırasında yakıt tüketiminden kaynaklanan abiyotik tüketimdir. Alternatif-1'de ambalaj atıkları üniversitenin geçici depolama sahasından alınıp alıcıya ve bertaraf tesislerine ulaştırılmasına kadar 512 km'lik taşıma gerçekleşmekte iken, Alternatif-2'de yalnızca geçici depolama sahasından alınan atık 11 km uzaklıktaki düzenli depolama sahasına taşınmaktadır. Mesafe arttıkça yakıt tüketimi arttığından abiyotik tüketim alternatif 1 için daha yüksek sonuç vermektedir. Düzenli depolama sonucu oluşan gaz emisyonundan ve yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ gibi sera gazları sonucu ortaya çıkan küresel ısınma parametresinin Alternatif-1'de oluşma sebebi taşımadan kaynaklı yakıt tüketimiyken, Alternatif-2'de oluşma sebebi düzenli depolama sahasında oluşan Çizelge 2.3 de gösterilmiş olan gaz emisyonlarıdır. Fotokimyasal Oksidasyon parametresinin kaynakları CO, NO, SO₂, NH₃ gibi gazlar ve yakıt tüketimidir. Asidifikasyon parametresi de yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır (Erses Yay, 2015; Pelesaraei ve ark., 2017; Cherubini ve ark., 2009; Geyhan ve ark.,).



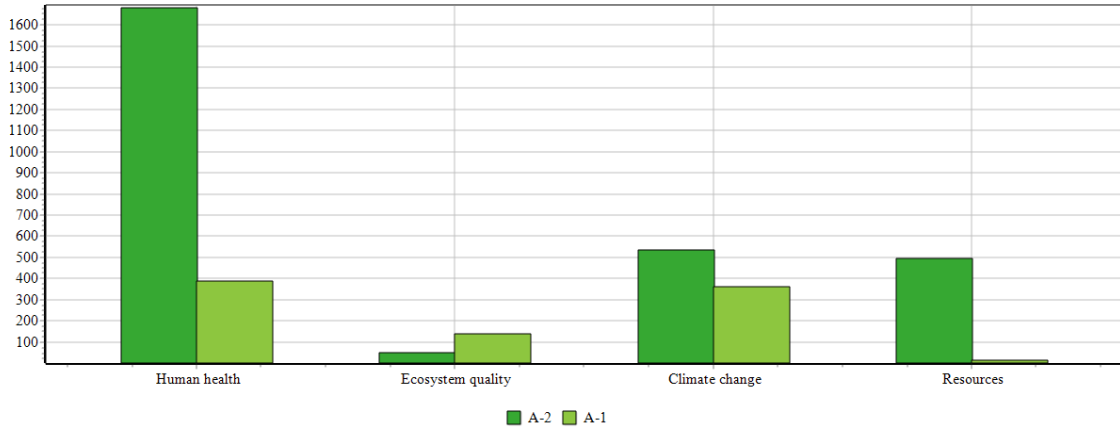
Şekil 3.2. CLM-IA Baseline metodolojisi ile kıyaslama grafiği-Normalizasyon

Kısacası taşımadan kaynaklı olarak oluşan emisyon, düzenli depolamadan kaynaklı olarak oluşan gaz emisyonları ve program veri tabanından seçmiş olduğumuz yakma prosesinden kaynaklı oluşan gaz emisyonları abiyotik tüketim, küresel ısınma, fotokimyasal oksidasyon ve asidifikasyon parametrelerine; depolama sızıntı suyu ve geri dönüşümde kullanılan yıkama suyunun deniz suyu ekotoksitesitesi, tatlı su ekotoksitesitesi ve ötrifikasyon parametrelerine; elektrik tüketiminden kaynaklı olarak deniz suyu ekotoksitesitesi parametresine etki etmektedir.

Bu çalışma sonuçlarının güvenilirliğini ve hassasiyetini kontrol etmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi etki değerlendirme yöntemi değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışmada CML-IA yöntemi kullanılırken, duyarlılık analizi için IMPACT 2002 kullanılmıştır. Şekil 3.3 ve 3.4, farklı etki yöntemi kullanarak yapılan duyarlılık analizi sonuçlarını göstermektedir. Şekiller incelendiğinde, aynı veriler ile IMPACT 2002 metodolojisi seçildiğinde de yalnızca düzenli depolama sahasına gömülmesinin ambalaj atıklarının geri dönüştürülmesi ve burada oluşan firelerin yakma tesisinde bertarafına göre etki parametrelerindeki değerlerin çok daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Her iki metodolojide de geri dönüşümün çevresel etkilerinin daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 3.3. Impact metodolojisi ile kıyaslama grafiği Karakterizasyon



Method: IMPACT 2002+ V2.11 / IMPACT 2002+ / Normalization
 Comparing 1 p 'A-2' with 1 p 'A-1';

Şekil 3.4. Impact metodolojisi ile kıyaslama grafiği Normalizasyon

4. Sonuç

Yaşam döngüsü analizinden elde edilen verilere göre, mühendislik fakültesinde oluşacak ambalaj atıklarının ayrı toplanması ve geri dönüştürülmesi, düzenli depoda bertaraf edilmesine göre olumsuz çevresel etkileri azaltacağı ve düzenli depolamaya göndermenin kaynakların israfına yol açacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmada farklı etki değerlendirmeleri kullanılsa bile sonuçların çevresel etkiler kategorilerinde benzerlik göstererek, duyarlılık analizi sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermiştir.

Kaynakça

- Anonim 2017. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 30283, 27.12.2017.
- Anonim 2019a. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <http://sifiratik.gov.tr/> (26.04.2019)
- Anonim 2019b. İstanbul Teknik Üniversitesi. <http://www.yesilkampus.itu.edu.tr/> (26.04.2019)
- Anonim 2019c. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. <https://ncc.metu.edu.tr/tr/yesil-kampus> (26.04.2019)
- Anonim 2019d. Boğaziçi Üniversitesi. [http://www.boun.edu.tr/tr_TR/Content/Kampus_Yasami /Kampus YesilKampus](http://www.boun.edu.tr/tr_TR/Content/Kampus_Yasami/KampusYesilKampus) (26.04.2019)
- Anonim 2019e. Sakarya Üniversitesi. <http://www.sakarya.edu.tr/tr> (26.04.2019)
- Banar M., Cokaygil Z., Ozkan A., 2009. Life Cycle Assessment Of Solid Waste Management Options For Eskişehir, Turkey. *Waste Management* 29:54-62.
- Cherubini F., Bargigli S., Ulgiati S., 2009. Life Cycle Assessment (LCA) of Waste Management Strategies: Landfilling, Sorting Plant and Incineration Energy, 34:2116-2123.
- Erses Yay A.S., 2015. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*, 94: 284-293.
- Geyhan Y.E., Çiftçi Y.G., Çiftçioğlu A.G.A., Kadirgan M.A.N., 2016. Environmental Analysis of Different Packaging Waste Collection Systems For Istanbul-Turkey Case Study, *Resources Conservation And Recycling*, 107:27-37.
- Güneralp S., Aydın F., Tok M., Ayaz M., Babacan M., Akbaş B., Değirmenci S., Uzun S., Kıvanç B., Saban E., 2017. Sakarya Üniversitesi Atık Yönetim Planı, Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.
- Herva M., Neto B., Roca E., 2014. Environmental Assessment of The Integrated Municipal Solid Waste Management System in Porto (Portugal). *Journal Of Cleaner Production*, 70:183-193.
- Pelesaraei N.A., Bayat R., Bandbafha H.H., Afrasyabi H., Chau K., 2017. Modeling of Energy Consumption and Environmental Life Cycle Assessment for Incineration and

Landfill Systems of Municipal Solid Waste Management-A Case Study in Tehran Metropolis of Iran. *Journal Of Cleaner Production*, 148:427-440.

Özeler D., Yetis Ü., Demirer G.N., 2006. Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management Methods: Ankara Case Study. *Environment International*, 32:405-411.

Deprem Kayıtları Kullanılarak Muğla-Milas Derince Barajının Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi

Erkan Ateş^{1*}, Turgay Kuru¹, Recep Kemal Aydın²

¹Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, ANKARA

²DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, AYDIN

20.03.2019 Geliş/Received, 22.10.2019 Kabul/Accepted

Öz

Muğla Milas ilçesinde Söke Milas Karayolu Derince Çayı köprüsünün 3,5 km kuzeyinde Derince Çayı üzerinde yer alan Derince Barajı, önyüzü beton kaplı kum çakıl dolgu tipinde olup temelden yüksekliği 67 m'dir. Baraj 2014 yılında hizmete açılmış olup, 2015 yılında barajın deprem altındaki yapısal durum ve performansını izlemek üzere bir adet gövde üzerine bir adet ana kayaya olmak üzere 2 adet ivmeölçer cihazı yerleştirilmiştir. Bu istasyonlar ile bir deprem anında barajın depremlere karşı vermiş olduğu tepki gözlenmiş olacaktır. 2017-2018 yıllarında Ege bölgesinde meydana gelen depremlerden anakaya ve baraj gövdesinde kurulu bulunan ivmeölçerler tarafından kaydedilen; lokasyonları farklı $M_w > 4.4$ olan 9 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Barajın dinamik özelliklerinin belirlemek amacıyla kaydedilen deprem sinyallerine referans yöntemine göre standart spektral oran (SSR) ve yatay/düşey spektral oran (HVSRR) yöntemleri uygulanmıştır. Bu iki yöntemin analizleri sonucunda baraj gövdesine ait büyütme, baskın frekanslar belirlenmiştir. Bu yöntemin analizi sonucunda barajın hakim frekansı 2.36 Hz bulunmuş ve iki yöntem karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: baraj, deprem, spektral oran, hakim frekans, dinamik özellik

Determination of Dynamic Properties of Muğla-Milas Derince Dam Using Earthquake Records

Abstract

Derince Dam, which is located in 3.5 km north of Derince River Bridge of Derince River in Söke Milas Highway of Milas district of Muğla, is 67 m high from its base. The dam was put into service in 2014 and, two accelerometer devices, one on the bedrock and one on the body, were placed to monitor the structural status and performance of the dam during an earthquake in 2015. The reaction of the dam to earthquakes was planned to be observed during an earthquake with these stations. Nine earthquake records in different locations with $M_w > 4.4$ were recorded by accelerometers installed on the bedrock and dam body, were used during the earthquakes occurred in the Aegean region in the years of 2017 and 2018. Standard spectral ratio (SSR) and horizontal / vertical spectral ratio (HVSRR) methods were applied to the recorded earthquake signals according to the reference method in order to determine the dynamic

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Erkan Ateş
(e-posta: erkan.ates@afad.gov.tr)

characteristics of the dam. As a result of the analysis of these two methods, growths in dam body and dominant frequencies were determined. The analysis of this method indicated that the dominant frequency of the dam was 2.36 Hz. These two methods were compared in the study.

Keywords: dam, earthquake, spectral ratio, dominant frequency, dynamic property

1. Giriş

Deprem oluştuğunda merkez üssünden yayılan sismik dalgalar yer yüzünde ana kayada veya yumuşak olan yer tabakalarında belirli sürelerde titreşim üretirler. Bu süre depremin büyüklüğüne, yerine, uzaklığına ve zemin özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Yer hareketini inceleyebilmek için en temel yöntem ivmeölçer kayıtlarının analiz edilmesidir. Yer-yapıda deprem dalgalarının büyütmesinin tespit edilmesinde kullanılan en geçerli yöntemlerden birisi ivme kayıtlarının incelenmesidir. Yer büyütmelerinin belirlenmesinde Standart Spektral Oran (SSR) yöntemi (Borcherdt, 1970), Yatay Düşey Spektral Oran (HVSR) yöntemleri (Nakamura, 1989) kullanılmaktadır. SSR yönteminin temel esası, büyütmesi belirlenmek istenen deprem istasyonuna yakın olan bir ana kaya istasyonuna oranlanması esasına dayanır. Büyütmenin hesaplanabilmesi için 2 istasyonun aynı deprem kayıtlarını kayıt etmesi gerekmektedir. İstasyonlar arası mesafenin ise episantr uzaklığından az olması gerekmektedir (Steidl ve ark., 1996). HVSR yöntemi ise referans istasyonu gerekmediğinden SSR yöntemine oranla daha kullanışlıdır. Bu yöntemin temeli, deprem kayıtlarının yatay bileşenlerin düşey bileşene oranlanması prensibine dayanır. Yer etkisini belirlemek için 1995 yılında meydana gelen Afyon Dinar depreminden sonra kurulan ivmeölçer istasyonu kayıtlarının analizleri (Yalçınkaya ve Alptekin, 2003), Bursa'da TÜBİTAK projesiyle yerleştirilen altı ivmeölçer istasyonunda beş farklı ivme kaydı analiz edilerek (Yalçınkaya, 2005) araştırılmıştır. Benzer bir çalışma ise İzmir ili içerisinde kurulan ivmeölçer istasyonları kayıtları kullanılarak (Gök ve ark., 2012) yer özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kocaeli ilinde ise binada ve yerde bulunan ivmeölçer istasyonları kullanılarak (Ateş ve Uyanık, 2019) 2 farklı yöntem ile yapıya ve yere ait dinamik özellikleri belirlemeye çalışılmışlardır.

Deprem esnasından yapıda hasar oluşma olasılığının belirlenebilmesi için yer etkisinin yanında yapı periyodunun belirlenmesi gerekmektedir (Uyanık, 2015). Bir barajın sağlamlığı ve kullanılabilirliği, doğal ya da insan yapımı olaylar, depremler, aşırı çalışma seviyeleri, kontrolsüz yapısal değişiklikler ve diğer çeşitli etkilerle önemli ölçüde azalabilir. Barajların izlenmesi, yapının kendisini etkilemeden, deprem altında yapısal durum ve performansı izlemek için yenilikçi bir yöntem olan Yapı Sağlığı ve Müdahale İzleme'nin bir koludur. Temel kavram, izin verilen performans kriterlerinin aşılmasını tespit etmek, yapısal davranışı tanımlamak ve doğrulamak için ivmeölçerleri baraja yerleştirmektir. Elde edilen verilerin sistem tarafından kullanılması, bir barajın yer özellikleri, büyük baraj yapısı içindeki sönümlenme, temel veya gövdeye doğru yol boyunca yer hareketinin güçlendirilmesi, yapı içindeki dalga yayılımı, doğal frekanslar, mod şekilleri vb. özellikleri ile ilgili bilgi verebilir.

Yerin dinamik özelliklerinin belirlenmesinde jeofizik yöntemler etkin olarak kullanılmaktadır (Salem, 2000; Jafari ve ark., 2002; Othman, 2005; Ulugergerli ve Uyanık 2007; Uyanık ve Ulugergerli, 2008; Dikmen, 2009; Özçep ve ark., 2010; Uyanık, 2010; Uyanık, 2011; Uyanık, 2015; Karabulut ve ark., 2012; Uyanık ve ark., 2013a; Uyanık ve ark., 2013b). Bununla birlikte son yıllarda mevcut yapıların da dinamik özelliklerini belirlemek için jeofizik yöntemler kullanılmaya başlanmıştır (Uyanık ve ark., 2011; Uyanık ve ark., 2012; Öziçer ve Uyanık,

2017; Sabbağ ve Uyanık, 2017; Uyanık, 2018; Özçelik ve Gelişli, 2018; Okur ve ark., 2019). Ancak mevcut yapılarda deprem kayıtları elde edilerek yapının dinamik analizi nadiren yapılmaktadır (Ateş ve Uyanık, 2019). Bu çalışma özellikle barajlardaki ivmeölçerler tarafından kaydedilen gerçek deprem kayıtları ile barajların dinamik özelliklerini belirlemesi yönünden farklı bir yaklaşım ortaya çıkaracaktır. Muğla ili Milas ilçesi Derince Barajına 2015 yılında barajın deprem altındaki yapısal durum ve performansını izlemek üzere bir adet gövde üzerine, bir adet paleozoyik yaşlı metamorfik ana kaya olacak şekilde 2 adet ivmeölçer cihazı kurulmuştur. Bu cihazların kaydettiği farklı büyüklük ve uzaklıktaki 9 adet deprem verisi kullanılarak iki farklı yöntemle barajın baskın salınım frekansı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada gerçek deprem kayıtları kullanılarak iki farklı yöntem (HVSR ve SSR) ile baraj dinamik özelliklerinin belirlenmesiyle diğer çalışmalardan farklı bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Ayrıca bu çalışmayla iki yöntem karşılaştırılmıştır.

2. Çalışma Alanı

2.1. Derince Barajı

Derince Barajı Muğla ili Milas ilçesi Derince yerleşim merkezi sınırları içerisinde, Milas ilçesinin 20 km kuzeybatısında Derince'nin 2 km kuzeyinde yer almaktadır. Baraj yeri ve göl alanındaki jeolojik birimler; paleozoyik mikaşist, kuvarsit, gnays, kuvaterner yaşlı eski alüvyon, killi yamaç molozu ve alüvyondan oluşmaktadır.

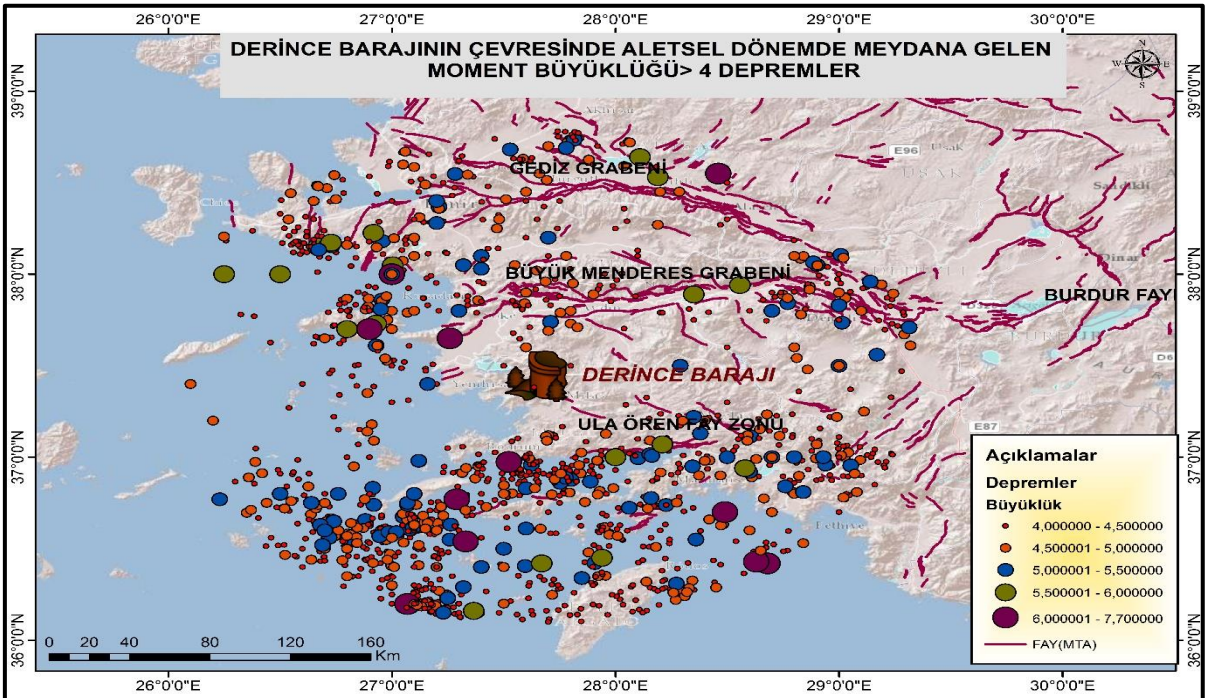
Malzeme ocaklarında ortaya çıkan çeşitli sebeplerden dolayı gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu tipinden ön yüzü beton kaplamalı kum-çakıl dolgu tipine dönüştürülen Derince Barajı 2014 yılı içerisinde hizmete açılmış olup, 2015 yılında bir adet gövdeye bir adet ana kayaya olmak üzere toplam 2 adet ivmeölçer istasyonu yerleştirilmiştir. Barajlara kurulan ivmeölçerler İsviçre menşeli üç bileşenli Force balance tipi GMSPLUS marka cihazlardır. Değerlendirme yapılan Derince Barajının genel görünüşü ve üzerine yerleştirilen deprem ivmeölçer cihazların Şekil 2.1'de gösterilmiştir. İvmeölçerlerin Doğu-Batı (EW) yönü baraj ekseninin uzun aksını, Kuzey-Güney (NS) yönü baraj eksenine dik olarak (kısa eksene) yerleştirilmiştir. Anakaya olarak kurulan istasyon şistler üzerine kurulmuştur. Bu çalışmada kullanılan 2 farklı yöntemde bu cihazların kaydettiği ivme verileri kullanılmıştır.



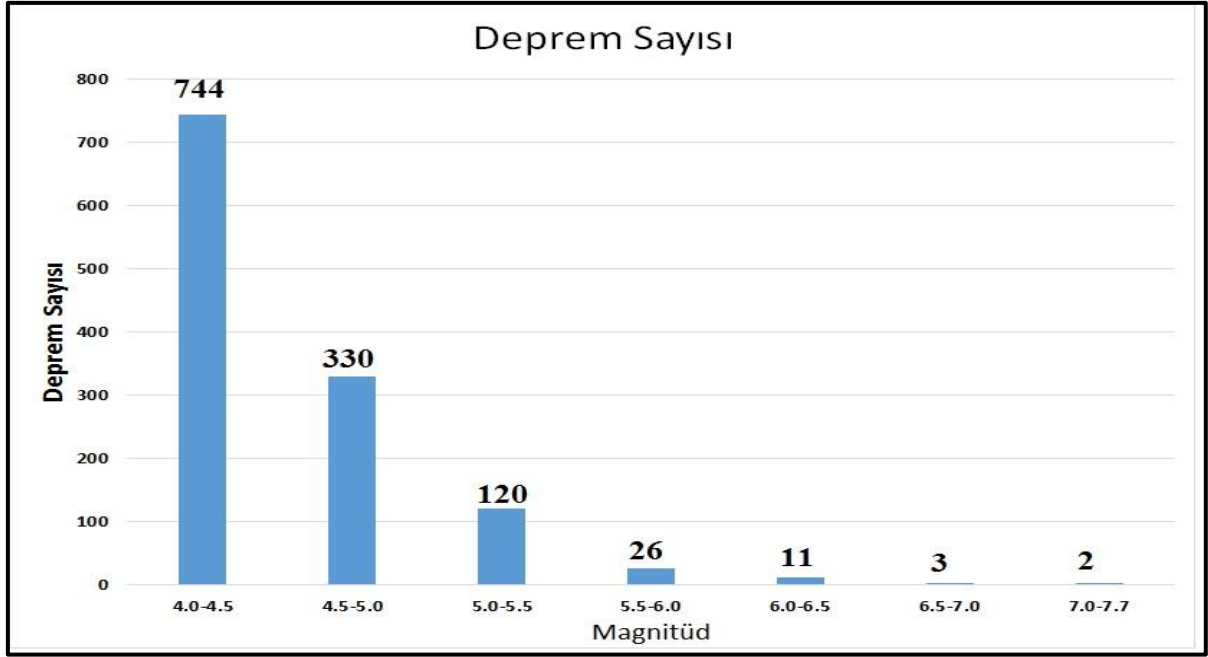
Şekil 2.1. Derince barajı ve kurulan ivmeölçer istasyonları

2.2. Bölgenin Depremselliği

Barajın bulunduğu bölgede birçok aktif fay bulunmaktadır. Şekil 2.2’de barajın inşa edildiği bölgenin 150 km yarıçapında meydana gelen ve aletsel dönemde (1900 yıldan günümüze) kaydedilmiş moment büyüklüğü 4’den büyük depremler haritalanmıştır. Görüleceği üzere bölge deprem aktivitesi açısından son derece hareketlidir. Aletsel dönemden günümüze kadar barajın 150 km yarıçapındaki alanda büyüklüğü 4’den büyük 1236 adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin büyüklüklerine göre sıralaması Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Derince barajının 150 km yarıçap içerisinde meydana gelen depremler

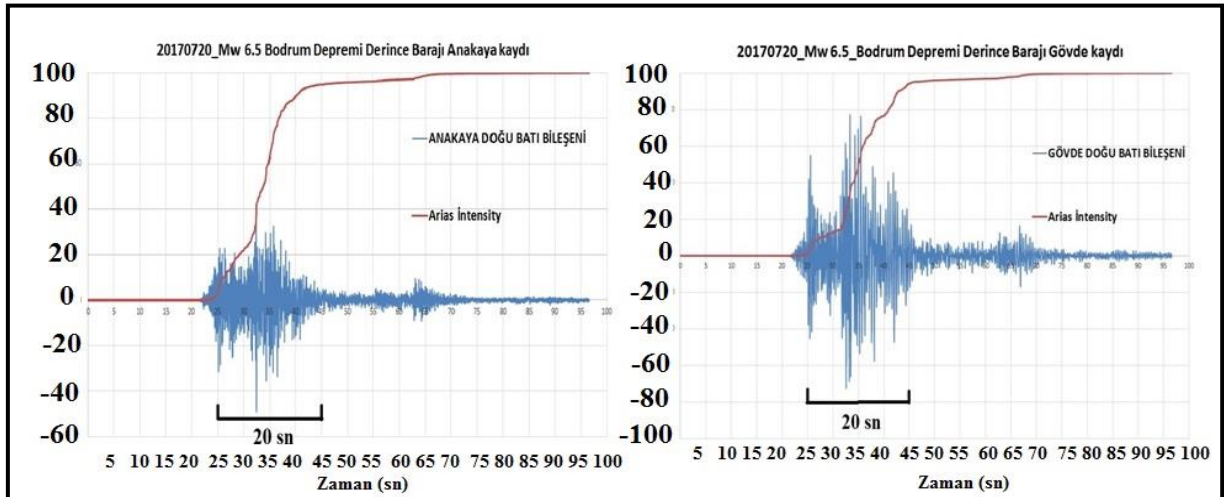


Şekil 2.3. 1900 yılından günümüze baraj çevresinde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre sıralanması

Çalışma alanının kuzeyinde barajı etkileyecek Gediz ve Büyük Menderes Grabenlerine ait diri faylar bulunmaktadır. Barajın güneyinde ise Ula-Ören fay zonu bulunmakta olup karadaki toplam uzunluğu 60 km'dir. Şekil 2.2'de görülen depremlerin büyük çoğunluğu belirtilen fay zonlarında meydana gelmiştir.

2.3. Çalışmada Kullanılan Depremler

Derince barajının yapı sağlığının izlenmesi amacıyla 2015 yılında kurulan ivmeölçer istasyonları kurulduğu günden bu yana farklı büyüklük ve uzaklıkta birçok deprem kaydetmiştir. Bu depremlerden en büyüğü istasyonlara 53 km mesafede 20.07.2017 tarihinde meydana gelen büyüklüğü 6.5 olan Bodrum depremidir. Bu deprem kaydı cihazların kaydettiği en büyük ivme kaydıdır. Bu depremin etkili süresi baraj gövdesinde yaklaşık olarak 20 sn'dir. Şekil 2.4'te barajın gövdesinde uzun ekseninde (DB) ve kayada hissedilen etkili süre gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Bodrum depreminin etkili süresi

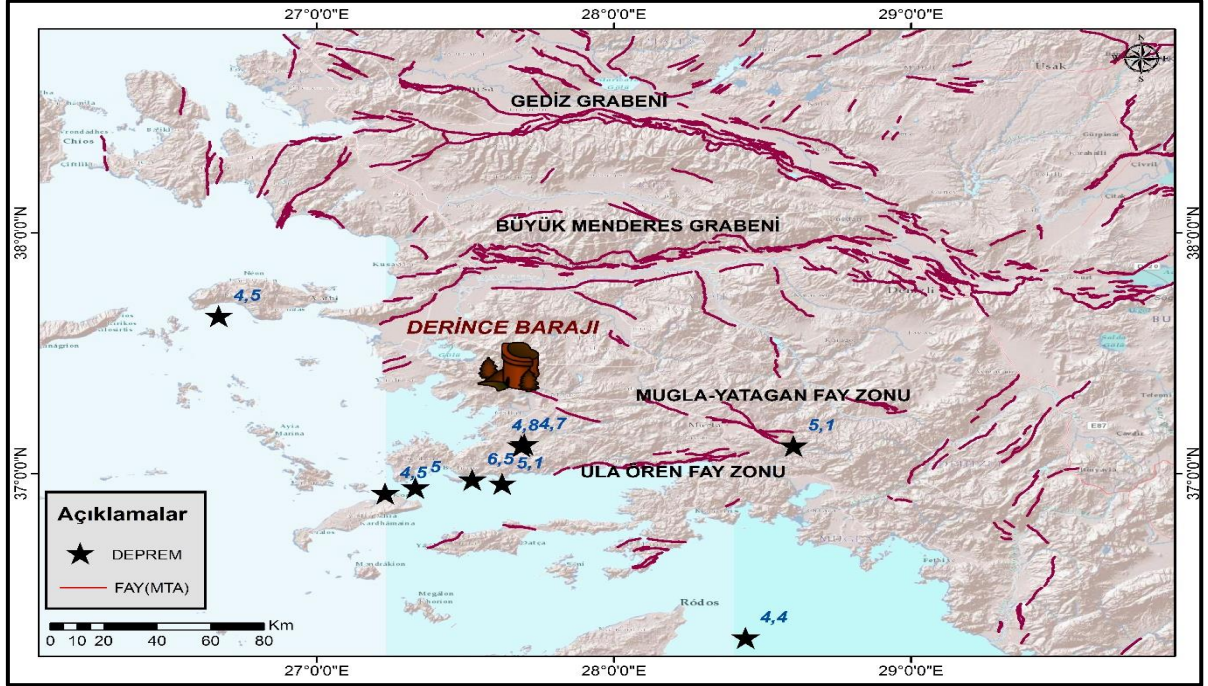
Bu çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. Standart Spektral Oran (SSR) yönteminde bu depremlerden 2 istasyon (ana kayada ve baraj gövdesinde) tarafından ortak olarak kaydedilen $M_w > 4.4$ 9 adet deprem kaydı kullanılmıştır. SSR yönteminde iki cihaz tarafından kaydedilen deprem dalgalarının geçtiği dalga yollarının aynı olması sebebi ile yol etkisi benzer olduğu kabul edilmiştir.

Yatay Düşey Spektral Oran (HVSR) yönteminde ise referans istasyonu gerekmediğinden yalnızca baraj gövdesinde bulunan ivmeölçer istasyonu tarafından kayıt edilen 9 adet deprem kaydı kullanılmıştır. İki farklı yöntemde kullanılan depremlerin enlem, boylam ve meydana geldiği tarihler Çizelge 2.1’de ve Şekil 2.5’de gösterilmiştir. İki yöntemde de aynı 9 deprem kaydı kullanılmıştır.

Kullanılan kayıtların tamamı Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı’na bağlı olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen veri tabanından alınmıştır (Anonim, 2019).

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan depremlere ait parametreler

Sıra	Enlem	Boylam	Tarih	Büyükklük	Odak Derinliği(km)	Derince Barajına uzaklığı(km)
1	36.9740	27.5230	20.07.2017	6.5	7.80	53
2	36.9576	27.6236	08.08.2017	5.1	11.03	54
3	36.9410	27.3320	21.07.2017	5.0	37.50	62
4	37.1140	27.6890	13.08.2017	4.8	22.60	37
5	37.1208	27.6990	14.08.2017	4.7	6.92	36
6	36.9170	27.2300	24.09.2017	4.5	9.20	69
7	36.3163	28.4438	07.11.2017	4.4	41.89	143
8	37.1146	28.6045	24.11.2017	5.1	24.46	92
9	37.6546	26.6698	26.07.2018	4.5	4.50	89



Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan depremler

3. Yöntemler

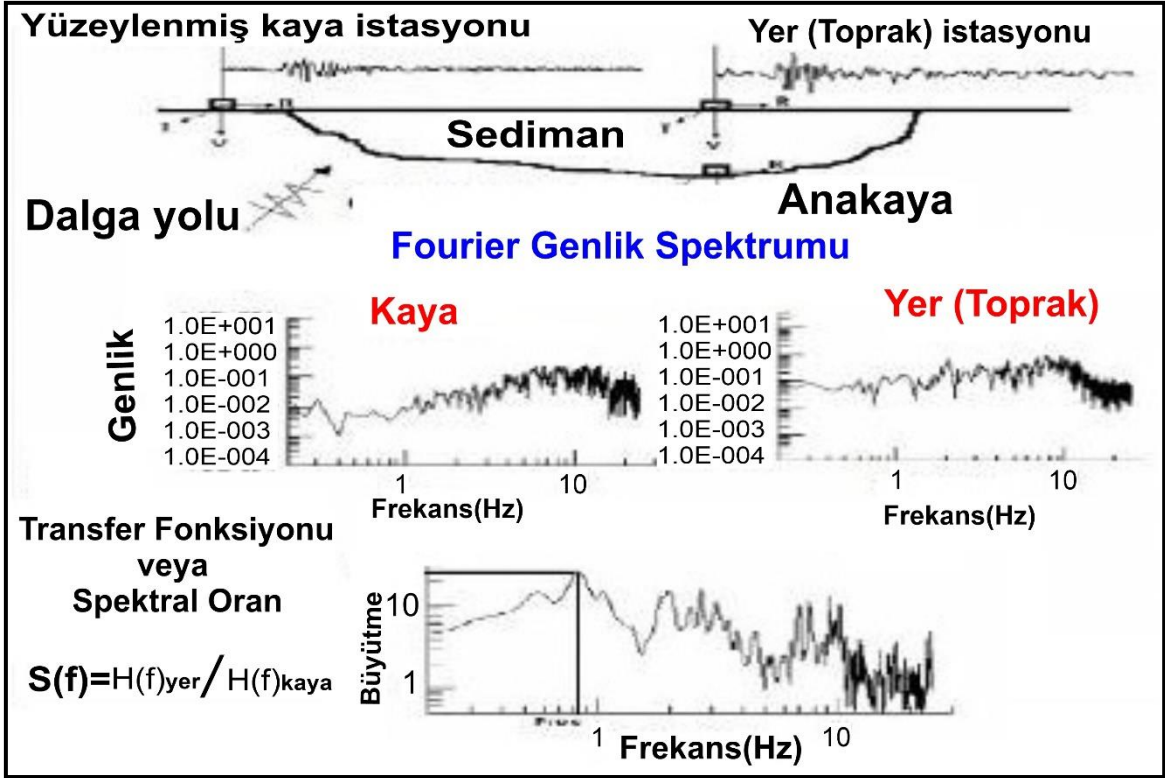
3.1. Standart Spektral Oran Yöntemi

Borcherdt tarafından ivmeölçer, hızölçer kayıtlarına uygulanan yöntem, yer etkisi hesaplanmak istenen noktanın, referans noktasına oranlanması prensibine dayanır (Borcherdt, 1970).

İvmeölçer yatay bileşen kayıtlarından S dalga fazının belli bir kısmı çıkarılarak Fourier Spektrumu alınır. Her istasyona ait yatay bileşen spektrumları birleştirilerek yön bağımlılığından kurtulur. Büyütmesi hesaplanmak istenen istasyon referans istasyona oranlanarak büyütme belirlenmektedir.

$$Tf(f) = HA(f) \div HK(f) \quad (1)$$

Eşitlik 1 ile belirtilen $H_A(f)$ alüvyon noktasına ait yatay bileşen genlik spektrumunu, $H_K(f)$ ise anakaya istasyonunun genlik spektrumlarını göstermektedir.



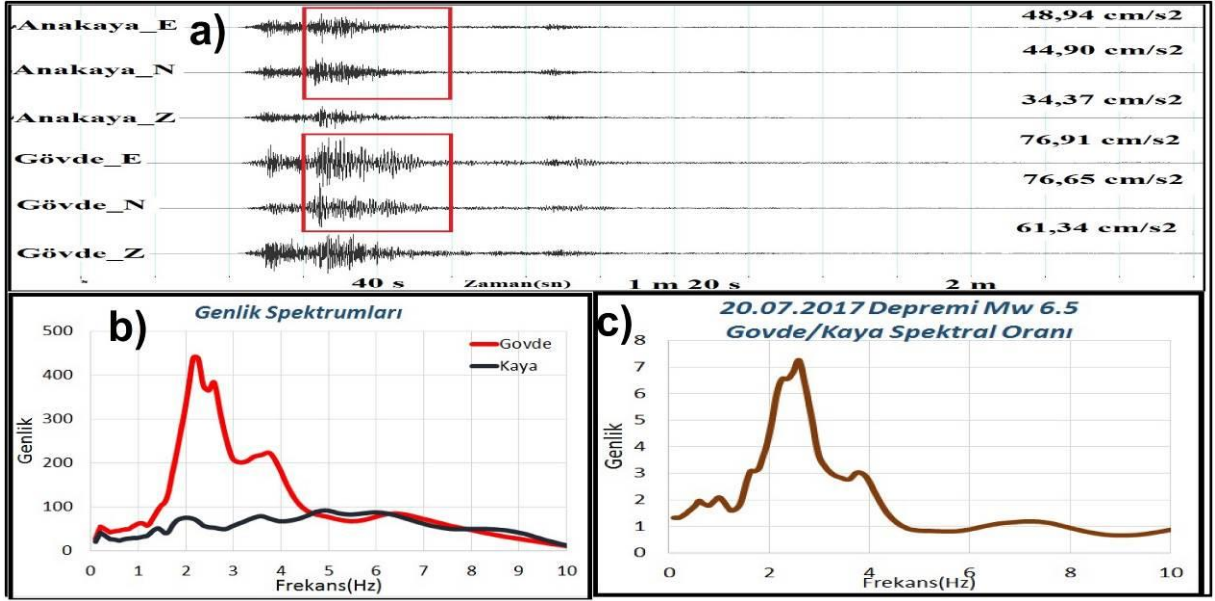
Şekil 3.1. SSR yöntemi analiz aşamaları (Ateş ve Uyanık, 2019)

3.1.1. SSR Yönteminde Veri İşlem

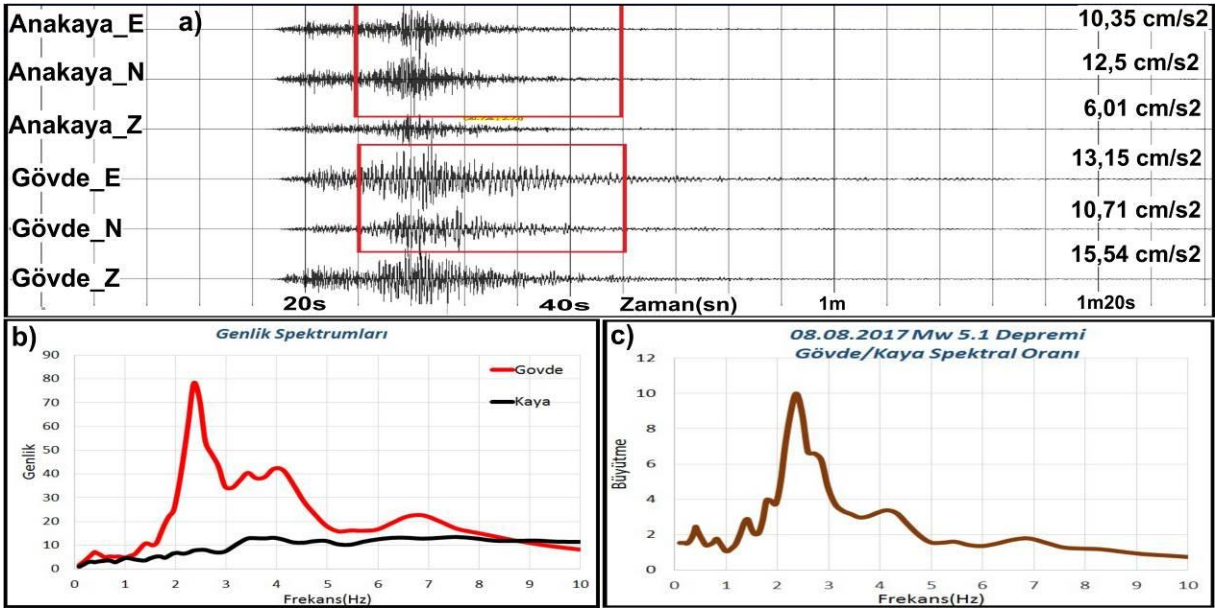
Çalışmada yapılan analizlerde GEOPSY yazılımı kullanılmıştır (Sesame, 2004). Kullanılan kayıtların örnekleme aralığı saniyede 100 örnektir. İki farklı cihaz kullanıldığından aygıt etkileri giderilmiştir. Depremin baraj gövdesindeki etkisini hesaplamak için S fazı kullanılmıştır. Belirlenen S fazından 5 sn uzunlukta pencereler kesilerek filtre işlemi uygulanmış ve veri uçları başından ve sonundan yuvarlatılarak hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak genlik spektrumları alınmıştır. Yön bağımlılığından kurtulmak için yatay bileşenler birleştirilmiş ve gövde istasyonu anakaya istasyonuna oranlanmış, baskın frekans ve büyütme değerleri ortaya çıkarılmıştır.

Barajın 1. Mod frekansını ve büyütmesini tespit etmek için Çizelge 2.1’de verilen farklı Magnitüd ve episantr noktasına sahip 9 depreme ait 18 ivme kaydı kullanılmıştır.

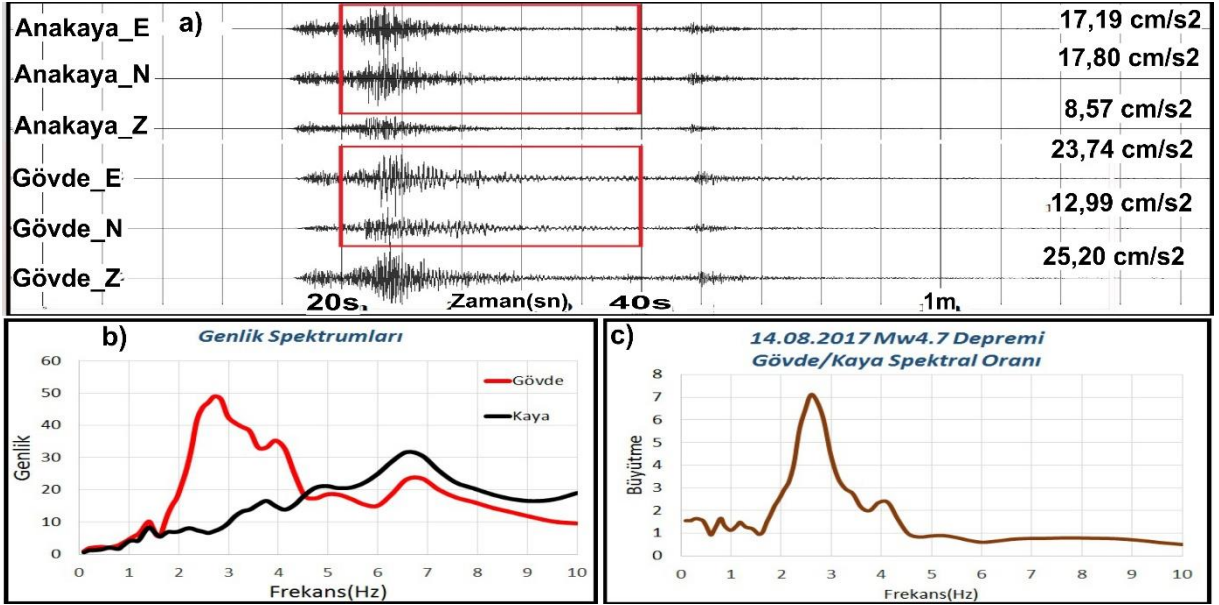
Analiz sonuçlarında dört depreme ait örnek Şekil 3.2- Şekil 3.5’de sunulmuştur. Herbir şekilde a grafiğinde istasyonlardan alınan kayıtların ham verisi ve seçilen dalga fazı, b grafiğinde ana kayada ve baraj gövdesinde bulunan kayıtlarının genlik spektrumları, c grafiğinde ise gövde kaydının ana kayaya oranlanması sonucu bulunan transfer fonksiyonu görülmektedir.



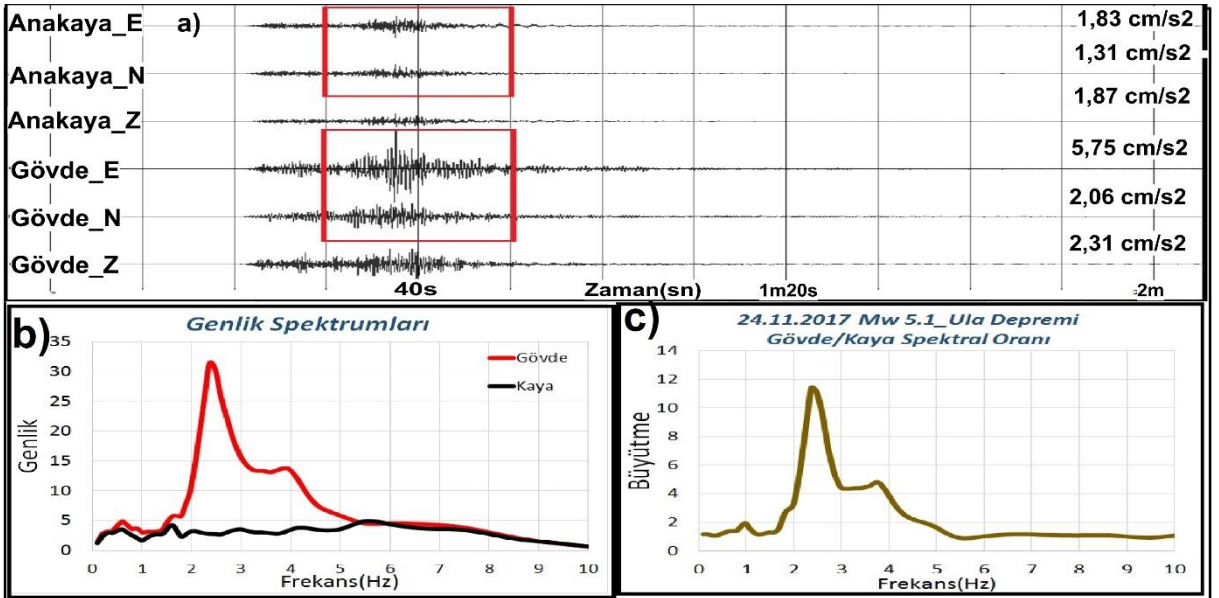
Şekil 3.2. a) 20.07.2017 Mw 6.5 deprem kayıtları (baraj gövdesi ve kaya), b) Birleştirilmiş yatay bileşen spektrumu, c) Gövdeye ait transfer fonksiyonu (gövde/kaya)



Şekil 3.3. a) 08.08.2017 Mw 5.1 deprem kayıtları (baraj gövdesi ve kaya), b) Birleştirilmiş yatay bileşen spektrumu, c) Gövdeye ait transfer fonksiyonu (gövde/kaya)



Şekil 3.4. a) 14.08.2017 Mw 4.7 deprem kayıtları (baraj gövdesi ve kaya), b) Birleştirilmiş yatay bileşen spektrumu, c) Gövdeye ait transfer fonksiyonu (gövde/kaya)



Şekil 3.5. a) 24.11.2017 Mw 5.1 deprem kayıtları (baraj gövdesi ve kaya), b) Birleştirilmiş yatay bileşen spektrumu, c) Gövdeye ait transfer fonksiyonu (gövde/kaya)

3.1.2 SSR Yöntemi Sonuçları

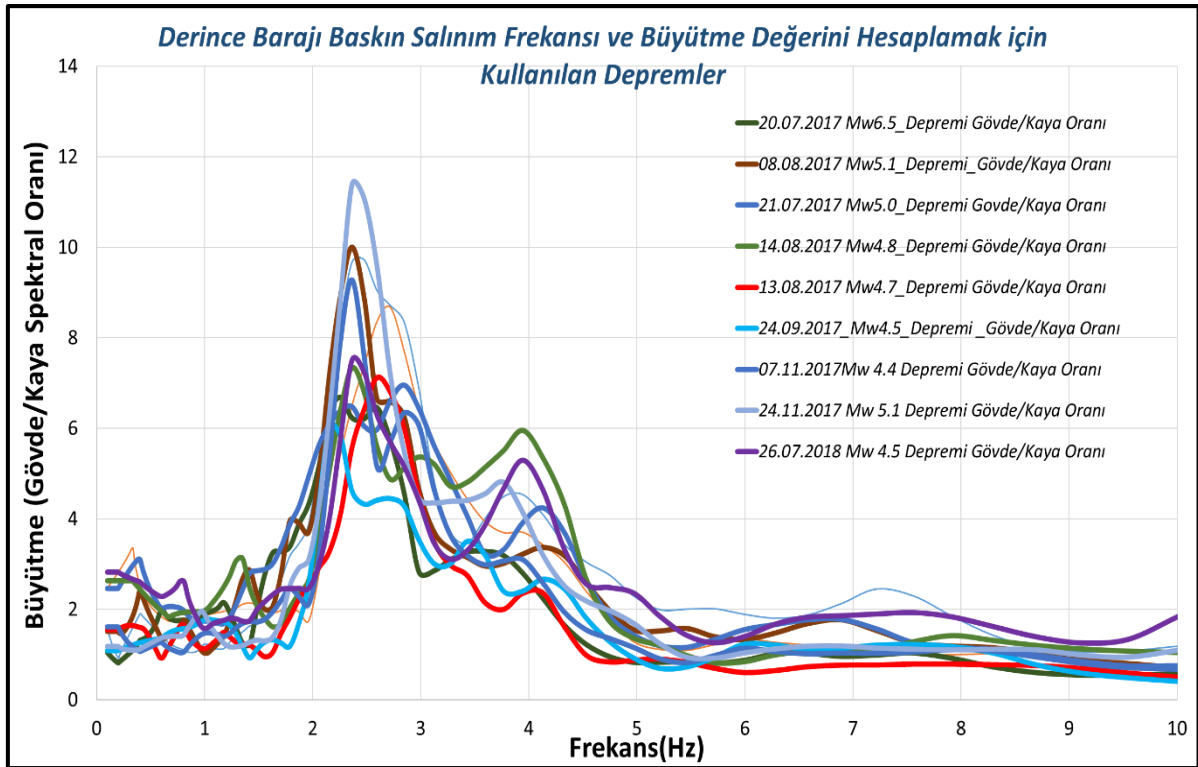
Yapılan 9 adet deprem çalışmasında baraj gövdesinde ve ana kaya da bulunan ivmeölçer istasyonlarının kayıtları SSR yöntemine göre değerlendirilmiş ve baraj gövdesine ait baskın salınım frekansı hesaplanmıştır.

Bu çalışmada baraj gövdesinin baskın salınım frekansı 2.36 Hz bulunmuştur. Baraj NS (kısa) ekseninde ortalama 2.7 Hz, EW (uzun) ekseninde 2.42 Hz olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmamızda yön bağımlılığın kurtulmak için eksenler birleştirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

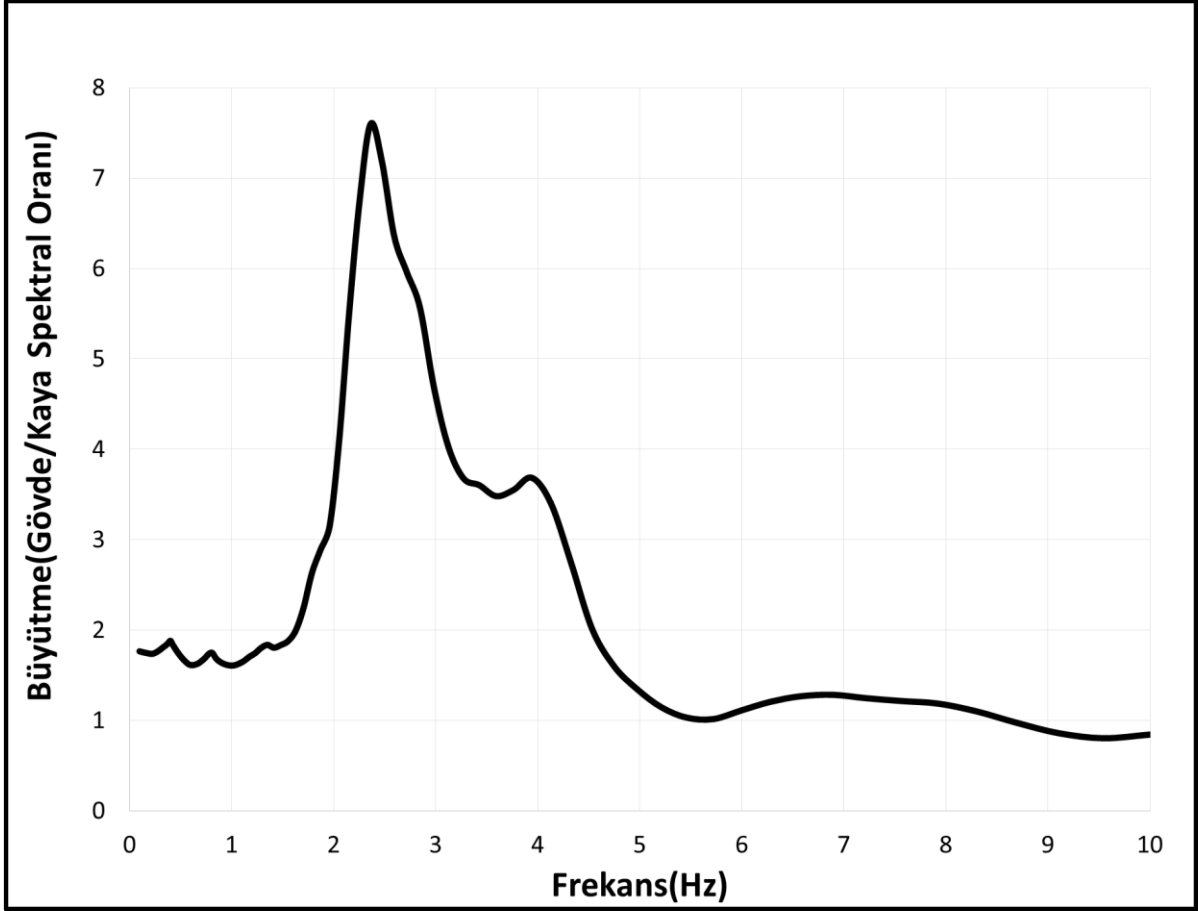
Çizelge 3.1. Depremlere ait analiz sonuçları

Tarih	Büyükük (Mw)	İstasyona olan Uzaklık (km)	f (E-W) Hz	f (N-S) Hz	Frekans (f0) Hz	Periyod(T0) sn	Büyütme
20.07.2017	6.5	53	2.25	2.60	2.25	0.44	6.7
08.08.2017	5.1	54	2.36	2.84	2.36	0.42	10.00
21.07.2017	5.0	62	2.84	2.84	2.84	0.35	6.9
13.08.2017	4.8	37	2.47	2.71	2.69	0.37	7.0
14.08.2017	4.7	36	2.59	2.42	2.36	0.42	7.3
24.09.2017	4.5	69	2.25	2.84	2.25	0.44	5.8
07.11.2017	4.4	143	2.36	2.84	2.36	0.42	9.3
24.11.2017	5.1	92	2.36	2.60	2.36	0.42	11
26.07.2018	4.5	89	2.36	2.84	2.47	0.40	7.2
Ortalama					2.36	0.42	7.5

Yapılan tüm depremlerin SSR yöntemine analizleri Şekil 3.6' da gösterilmeye çalışılmış, Şekil 3.7'de 9 adet depremin ortalaması alınarak çalışmanın sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan 9 adet depremin sonuçları (ssr yöntemi)



Şekil 3.7. Derince baraj gövdesinin farklı depremlere bağlı ortalama spektral oran büyütmesi (ssr yöntemi)

3.2. HVSr Yöntemi

Bir ivmeölçer istasyonunda kaydedilen deprem kaydının S fazının iki yatay bileşenlerin genlik spektrumunun, düşey bileşene oranlanması prensibine dayanır (Nakamura, 1989; Lermo J ve ark., 1993).

Deprem kayıtlarında düşey bileşenin yer özelliklerinden etkilenmediği fakat yatay bileşenlerin, yer tabakalarının yoğunluk ve hız özellikleri farklılıklarına bağlı olarak deprem dalgalarının genliklerini belli frekanslarda büyütmektedir. Yatay bileşenlerin düşey spektruma oranlanması ile yere veya yapıya ait transfer fonksiyonunun hesaplanması sağlanır. Kısaca bu yöntem düşey bileşeni referans olarak kabul eder.

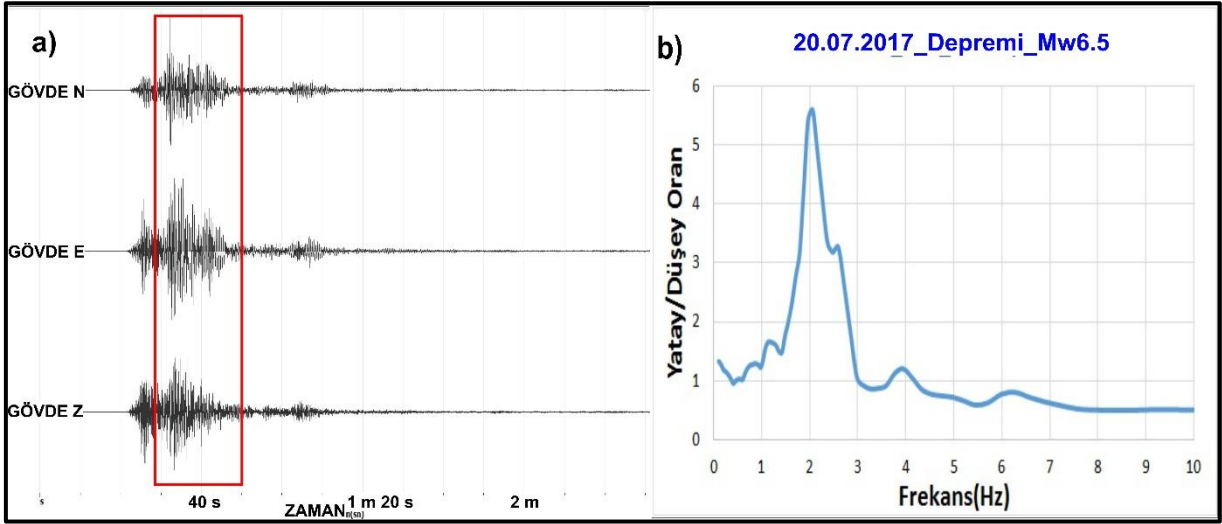
$$St = Hy \div Vd \quad 2$$

Eşitlik 2’de verilen H_y yatay bileşen spektrumlarının bileşkesini V_d düşey bileşen spektrumunu S_t transfer fonksiyonunu göstermektedir.

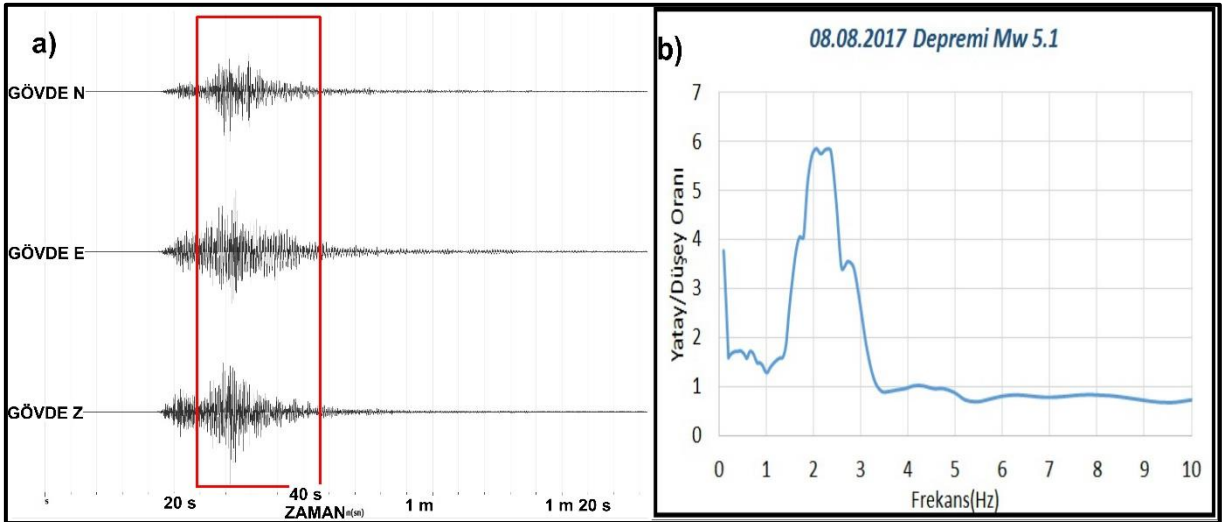
3.2.1. HVSr Yönteminde Veri İşlem

Analizde kullanılan depremler baraj gövdesinde bulunan ivmeölçer tarafından kayıt edilen 9 adet deprem olup Çizelge 2.1 de verilmiştir. HVSr yönteminde kullanılan depremler ile SSR yönteminde kullanılan depremler aynıdır. Gövde de bulunan ivmeölçer istasyonu kaydının

yatay bileşen spektrumları düşey bileşene oranlanmıştır. Şekil 3.8-3.9’da örnek olarak 2 adet deprem kaydı gösterilmiştir.



Şekil 3.8. a) 20.07.2017 Mw 6.5 depremi baraj gövdesi ivme kaydı ve seçilen S fazı, b) Gövdeye ait yatay/düşey oran spektrumu



Şekil 3.9. a) 08.08.2017 Mw 5.1 baraj gövdesi ivme kaydı ve seçilen S fazı, b) Gövdeye ait yatay/düşey oran spektrumu

Çalışmada yapılan analizlerde GEOPSY programı kullanılmıştır (Sesame, 2004). Kullanılan kayıtların örnekleme aralığı saniyede 100 örnektir. Gövdeye ait büyütmenin tespiti için ivme kaydının S dalga fazı kullanılmıştır. Belirlenen S fazından 5 sn uzunlukta pencereler kesilerek filtre işlemi uygulanmış ve veri uçları başından ve sonundan yuvarlatılarak hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak genlik spektrumları alınmıştır. Yatay bileşen spektrumu düşey bileşene oranlanmıştır.

Baraj gövdesinde bulunan yatay bileşen kayıtları düşey bileşene oranlanarak transfer fonksiyonu hesaplanmıştır. Her bir deprem için gövdeye ait 1. Mod frekansı ve büyütme değeri bulunmuş, 9 depreme ait değerlerin ortalaması alınarak baraj gövdesinin 1. Mod frekansı hesaplanmıştır.

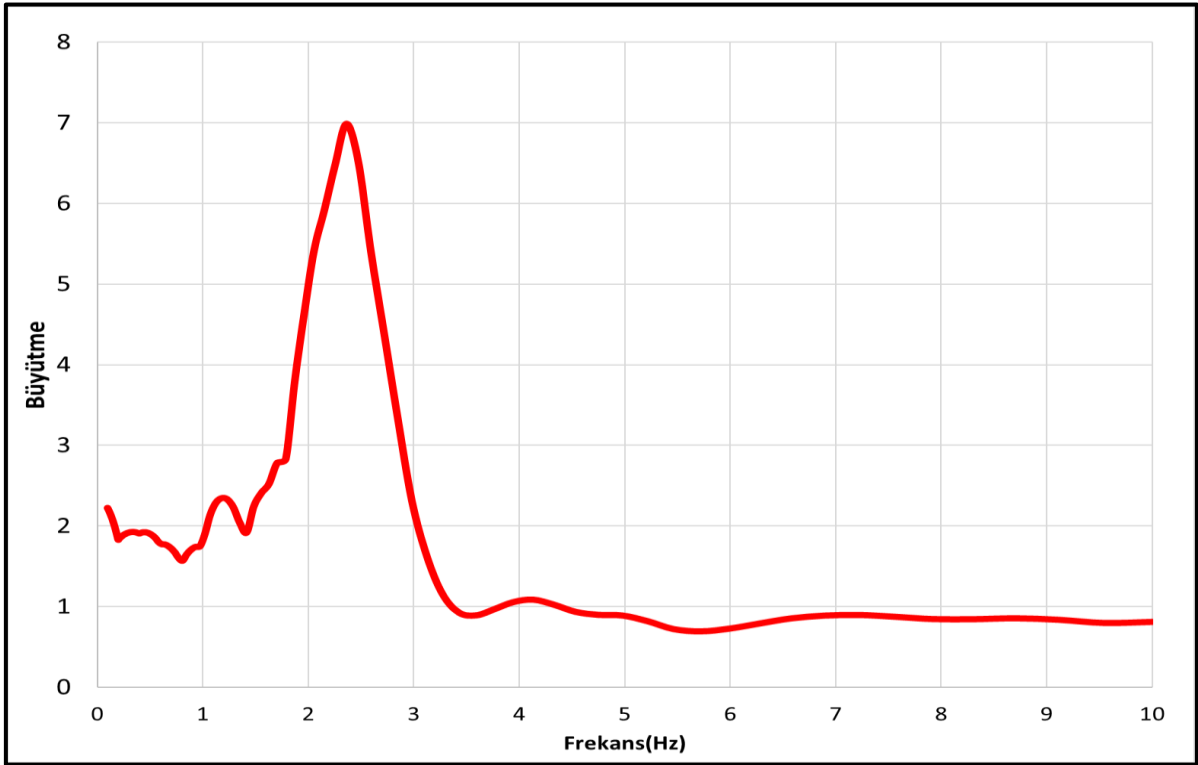
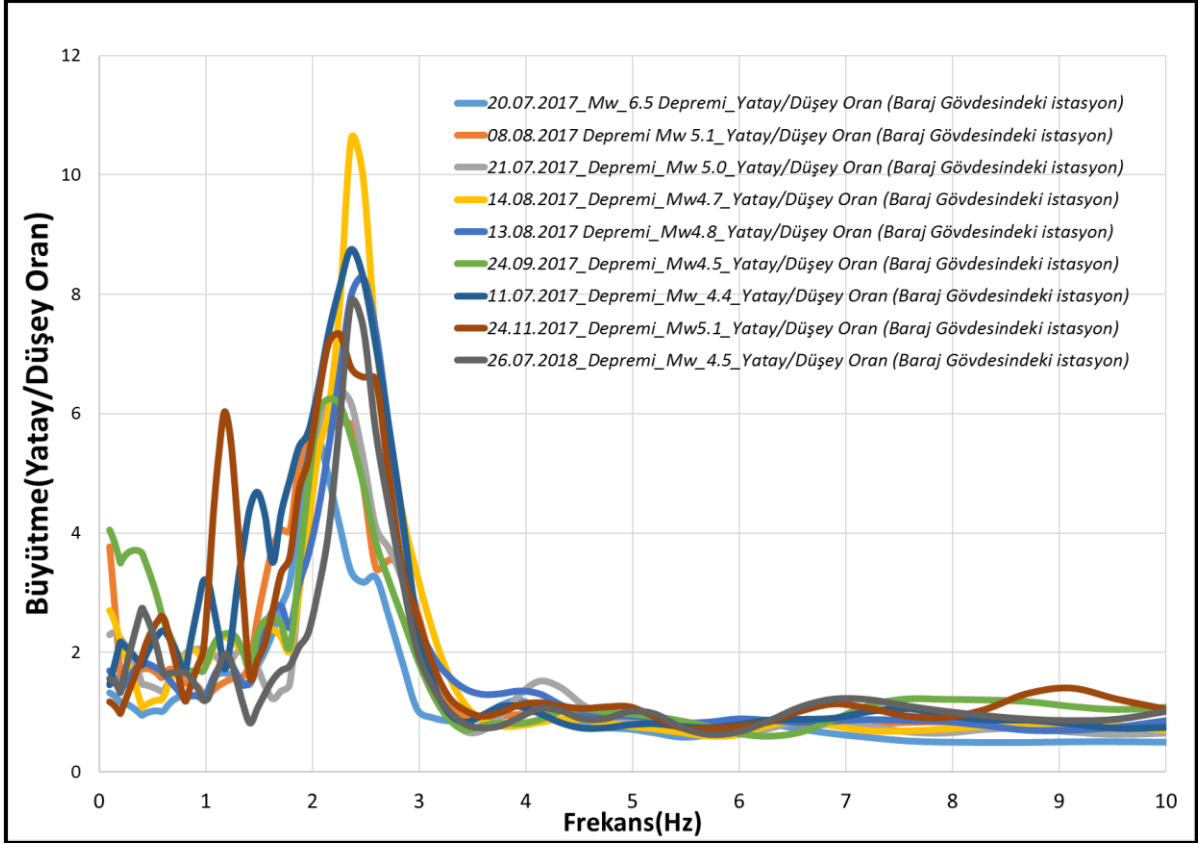
3.2.2. HVSR Yöntemi Sonuçları

Yapılan 9 adet deprem çalışmasında baraj gövdesinde bulunan ivmeölçer istasyonunun kaydettiği ivme kayıtları HVSR yöntemlerine göre değerlendirilmiş hakim frekansları bulunmuştur.

Baraj gövdesinde yapılan 9 adet depreme ait çalışmada baraj gövdesinin baskın salınım frekansı 2.36 Hz bulunmuştur. Bu çalışmamızda yön bağımlılığından kurtulmak için eksenler birleştirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. Tüm depremlere ait sonuçları Şekil 3.10, 9 depreme ait analizlerin ortalamasını Şekil 3.11 ’de görmekteyiz.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan depremlere ait analiz sonuçları

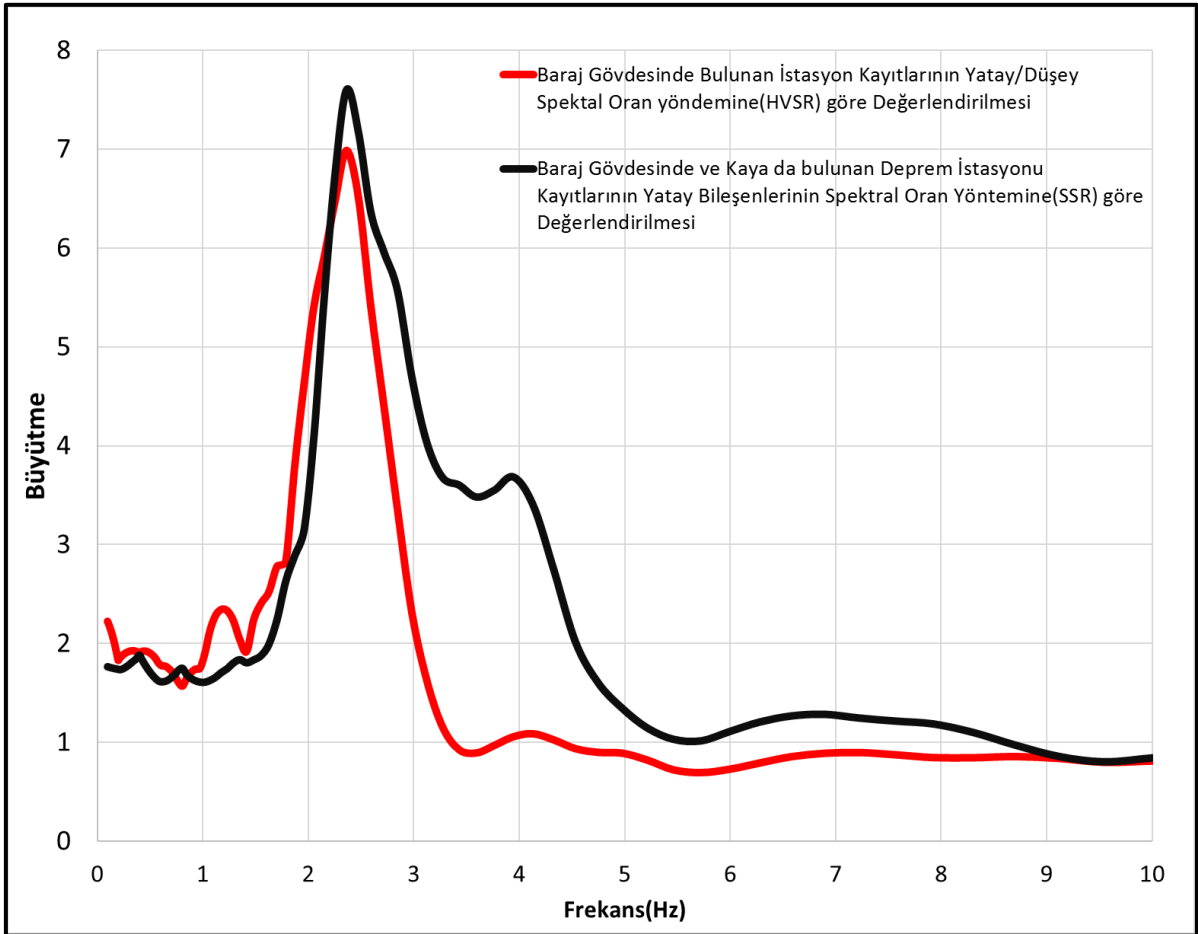
Tarih	Büyükük (Mw)	İstasyona olan uzaklık (km)	Hakim Frekans(f_0) Hz	Hakim Periyod(T_0) sn	Büyütme
20.07.2017	6.5	53	2.05	0.49	5.7
08.08.2017	5.1	54	2.36	0.42	5.8
21.07.2017	5.0	62	2.25	0.44	6.4
13.08.2017	4.8	37	2.47	0.40	8.2
14.08.2017	4.7	36	2.47	0.40	10
24.09.2017	4.5	69	2.25	0.44	6
07.11.2017	4.4	143	2.36	0.42	8.7
24.11.2017	5.1	92	2.25	0.44	7.3
26.07.2018	4.5	89	2.36	0.42	7.9
Ortalama			2.36	0.42	7.0



4.Yöntemlerin Karşılaştırılması

Baraj gövdesinde ve ana kayada bulunan ivmeölçer istasyonlar tarafından kayıt edilen deprem (ivme kayıtları) iki farklı yöntem (SSR, HVSR) göre analiz edilmiş ve baraj gövdesine ait baskın salınım frekansları ve büyütme değerleri hesaplanmıştır.

Baraj gövdesinde 2.36 Hz frekansında bir büyütme belirlenmiştir. Bu frekansın baraj gövdesinin 1. Mod frekansı olduğu düşünülmektedir. Şekil 4.1 de iki farklı yöntemin sonuçlarını görmekteyiz. İki farklı yöntemin (SSR, HVSR) analizinde aynı frekanslarda büyütme değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında iki yöntemin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. İki yöntemle de aynı hakim frekans değeri hesaplanmış yalnızca büyütme değerinde ufak bir farklılık olduğu görülmüştür. İki yöntem arasındaki büyütme farkı yaklaşık olarak %7 civarındadır. Bu çalışmadan da görüleceği üzere iki farklı yöntemde yer/yapı çalışmalarında başarı ile kullanılacağı görülmüştür. İki farklı yöntemin sonuçları birbirine çok yakındır.



Şekil 4.1. SSR ve HVSR yöntemlerinin karşılaştırılması

5. Sonuçlar

Derince Barajında gövde üzerinde ve ana kayada bulunan barajın deprem durumundaki davranışını takip etmek sebebi ile kurulan ivmeölçer cihazlarının kaydettiği deprem kayıtlarının iki farklı (SSR, HVSR) analiz yöntemi ile değerlendirilmiş, baraj gövdesinin dinamik özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

Alınan deprem kayıtlarından yapılan analizlerin ortak sonucu olarak iki farklı yöntemle barajın hakim (1. Mod) frekansı 2.36 Hz (periyot 0.42 sn) hesaplanmıştır. Yapılan 9 adet analizde benzer sonuçlara ulaşılmış bu frekansın barajın 1. Mod frekansı olduğu sonucuna varılmıştır. Ulaşılan sonuçlar çalışmanın ilk çıktıları olup uygun sayıda büyüklükte deprem meydana geldikçe çalışma güncellenecektir. Ayrıca frekans değişiminin deprem büyüklüğüne bağlı olarak değişimi ve yüksek mod frekansları daha detaylı incelenmelidir.

Bu çalışmada da görüleceği üzere iki farklı yöntemin (SSR ve HVSR) yer ve yapı çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılabilmesi görülmüştür. İki yöntemin sonucunda çok az farklılıklar bulunmakta olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları ile gerçek deprem ivme kayıtları girdi hareket olarak kullanılıp dinamik analiz yapılarak sonuçlar karşılaştırılmalı ve irdelenmelidir. Ayrıca bu çalışma sonuçları ile barajın tasarım aşamasındaki parametrelerin karşılaştırılması uygun olacaktır.

Barajlara kurulacak olan ivmeölçer cihazlarının barajların dinamik özellikleri hakkında vereceği bilgilerin ne kadar önemli olduğu görülmektedir. İlgili kurumlar tarafından barajlardan elde edilecek veriler takip edilmeli ve ortaya çıkan sonuçlar irdelenmelidir.

6. Teşekkür

Deprem verilerinin kaydedilmesi ve arşivlenmesini sağlayan DSİ, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı çalışanlarına ve olumlu eleştirileri ile çalışmaya katkı koyan hakemlere sonsuz teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Anonim, 2019. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php, 05 Ekim 2019.
- Ateş E., Uyanık O., 2019. Jeofizik Yöntemler ile Yer ve Yapı Etkileşimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23:46-60.
- Borcherdt R. D., 1970. Effects of Local Geology on Ground Motion Near San Francisco Bay. Bulletin of The Seismological Society of America, 60: 29-61.
- Dikmen, Ü., 2009. Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils. Journal of Geophysics and Engineering, 6: 61–72.
- Emre Ö., Duman TY., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Saroğlu F., 2013. Active Fault Map of Turkey Mineral Research and Exploration General Directorate, Special Issue Series-30, Ankara-Turkey
- Gök E., Keçecioglu M., Çeken U., Polat O., 2012. İzmirnet İstasyonlarında Standart Spektral Oran Yöntemi Kullanılarak Zemin Transfer Fonksiyonlarının Hesaplanması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(41): 1-11.
- Jafari M. K., Shafiee A., Razmkhah A., 2002. Dynamic Properties of Fine Grained Soils in South of Tehran. Journal of Seismology and Earthquake Engineering (JSEE), 4(1): 25–35.
- Karabulut S., Tezel O., Ozcep F., Imre N., 2012. A Geophysical Study On Soil Conditions After Flooding Hazard In Selimpasa, Istanbul (Turkey), Current Science, 102(2): 320-326.
- Konno, K., Ohmachi, T., 1998. Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components. Bulletin of the Seismological Society of America, 88(1): 228-241.
- Lermo J., Chavez G. F. J., 1993. Site Effect Evaluation Using Spectral Ratios with Only One Station. Bulletin Seismological Society of America, 83: 1574–1594.
- Nakamura Y., 1989. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface. Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, 30(1): 25-33.
- Okur H.D., Gelişli K., Babacan A.E., Sesli H., 2019. Betonarme Yapılarda Gerilmenin Neden Olduğu Deformasyonların Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması. Yerbilimleri, 40(1): 92-109.

- Othman A.A.A., 2005. Construed geotechnical characteristics of foundation beds by seismic measurements. *Journal of Geophysics and Engineering* 2: 126–138.
- Ozcep F., Karabulut S., Korkmaz B., Zarif H., 2010, Seismic Microzonation Studies in Sisli / Istanbul (Turkey), *Scientific Research and Essay*, 5(13): 1595 – 1614.
- Özçelik E., Gelişli K., 2018. Investigation of Concrete Quality and Structure Reinforcement Conditions in Reinforced Concrete Structures by Geophysical Methods. *Journal of Applied Earth sciences* 17(1): 1-11.
- Öziçer S., Uyanık O., 2017. Beton Dayanımının Yerinde P Dalga Hızından Belirlenmesi ve İzmir Örneği. *SDU International Journal of Technological Sciences*, 9(1): 1-16.
- Pitilakis K., 2004. Site Effects, Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation, Ansal (Ed), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Nederland, 354p
- Sabbağ N., Uyanık O., 2017. Prediction of Reinforced Concrete Strength by Ultrasonic Velocities. *Journal of Applied Geophysics*, 141: 13-23.
- Sabbağ N., Uyanık O., 2018. Determination of the reinforced concrete strength by apparent resistivity depending on the curing conditions. *Journal of Applied Geophysics*, 155: 13-25.
- Salem H. S., 2000. Poisson's Ratio and the Porosity of Surface Soils and Shallow Sediments Determined from Seismic P and S-Wave Velocities. *Geotechnique*, 50(4): 461–463.
- Sesame, 2004. Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations, Measurements Processing and Interpretation.
- Steidl J. H., Tumarkin A. G., Archuleta R. J., 1996. What is a reference side? *Bull Seism. Soc. Am.*, 86: 1733-1748.
- Ulugergerli E. U., Uyanık O., 2007. Statistical correlations between seismic wave velocities and SPT blow counts and the relative density of soils. *Journal of Testing and Evaluation*, 35(2): 187-191.
- Uyanık O., Ulugergerli E.U., 2008. Quality Control of Compacted Grounds Using Seismic Velocities, *Near Surface Geophysics*, 6(5): 299-306.
- Uyanık O., 2010. Compressional and shear-wave velocity measurements in unconsolidated the top-soil and comparison of the results. *International Journal of the Physical Sciences* 5(7): 1034-1039.
- Uyanık O., 2011. The Porosity of Saturated Shallow Sediments from Seismic Compressional and Shear Wave Velocities, *Journal of Applied Geophysics*, 73(1): 16-24.

- Uyanık O., Kaptan K., Gülay F.G., Tezcan S., 2011. Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini. *Yapı Dünyası* 184: 55-58.
- Uyanık O., Çatlıoğlu B., Uyanık N.A., Öncü Z., Sabbağ N., 2012. Kentsel Dönüşüm Projelerinde Betonarme Yapıların Beton Kalitesinin Sismik Ultrasonik Hızlardan Belirlenmesi. 1. Yerbilimleri Sempozyumu, 18-20, Isparta.
- Uyanık O., Ekinci B., Uyanık N.A., 2013a. Liquefaction Analysis from Seismic Velocities and Determination of Lagoon Limits Kumluca /Antalya Example. *Journal of Applied Geophysics* 95: 90-103.
- Uyanık A.N., Uyanık O., Akkurt İ., 2013b. Micro-Zoning of the Natural Radioactivity Levels and Seismic Velocities of Potential Residential Areas in Volcanic Fields: The Case of Isparta (Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 98: 191-204
- Uyanık O., 2015. Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgelelendirmelerin Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 19(2): 24-38.
- Yalçınkaya E., Alptekin Ö., 2003. Dinar'da zemin büyütmesi ve 1 Ekim 1995 depreminde gözlenen hasarla ilişkisi. *Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 27: 1-13.
- Yalçınkaya E., 2005. BYT-Net (Bursa-Yalova-Türkiye İvme Ölçer Ağı) İstasyonlarında Yerel Zemin Etkilerinin İncelenmesi. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2): 75-86, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.

Üniversite Çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Konusundaki Bilinç Düzeylerinin Araştırılması

Betül Yenisarı¹, Burcu Mestav², Ömer Faruk Öztürk^{1,3*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği ABD, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Çanakkale

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Çanakkale

21.01.2019 Geliş/Received, 27.11.2019 Kabul/Accepted

Öz

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), çeşitli endüstri ve faaliyetlere özgü olarak tıp, psikoloji, eğitim, toksikoloji, ergonomi, fizik, kimya, ekonomi, hukuk, teknoloji gibi bilimsel alanlarla ilgili konulara temas eden geniş kapsamlı ve çok disiplinli bir kavramdır. İSG, bu çok çeşitli alanlarla ilgili ve ilişkili olmasının yanı sıra, bazı temel ilkelere sahiptir. Bu ilkelere en önemlisi, her çalışanın İSG haklarına sahip olması ve bu hakların güvence altına alınması gerekliliğidir. Diğer önemli ilke ise işyerinde sağlık ve güvenliğin tesisi için çalışanın, işverenin ve devletin birtakım sorumlulukları ve yükümlülüklerinin olmasıdır. Hak ve sorumlulukların tam olarak yerine getirilmesi için öncelikle bu konuda bilgi sahibi olmak, dolayısıyla eğitim ve öğretim almak gerekmektedir. Bu araştırma çalışmasında, çalışanların İSG eğitimi konusundaki bilinç düzeylerini belirlemek amacıyla betimsel bir alan çalışması yapılmıştır. Çalışmada nicel araştırma tekniklerinden kaynak tarama ve anket yöntemleri kullanılmıştır. Anket, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin farklı birimlerinde görev yapan akademik ve idari personel ile yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların anket formlarına verdikleri cevaplar Cronbach Alpha testi kullanılarak güven analizine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, çalışanların farklı demografik (cinsiyet, bölüm, medeni durum, unvan gibi) özelliklerine göre İSG konusundaki bilgi düzeyleri ve farkındalıkları tablolar halinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: iş güvenliği, çalışan hakları, çalışan farkındalığı, üniversite çalışanları, istatistiksel analiz

Investigation of the Awareness Levels of University Staff about Occupational Health and Safety Education

Abstract

Occupational Health and Safety (OHS) is a comprehensive and multidisciplinary concept that touches on topics related to scientific fields such as medicine, psychology, education, toxicology, ergonomics, physics, chemistry, economics, law, technology etc. OHS has some

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Ömer Faruk Öztürk
(e-posta: ofozturk@comu.edu.tr)

Bu makale Betül Yenisarı'nın tez konusu kapsamında yazılmıştır

basic principles as well as being related to a wide range of fields. The most important of these principles is that each employee must have OHS rights and these rights must be secured. Another important principle is that the employee, employer and the government have certain responsibilities and obligations for the establishment of health and safety in the workplace. The fulfillment of rights and responsibilities precisely requires knowledge of this issue and therefore it requires education and training. In this research, a descriptive field study was conducted in order to determine the awareness level of the employees about OHS training. The resource scanning and survey methods, which are quantitative research techniques were used in the study. The survey was conducted by face to face interviews with academic and administrative staff working at different units of Çanakkale Onsekiz Mart University. The responses to questionnaire forms were subjected to confidence analysis using the Cronbach Alpha test. As a result of the study, the level of knowledge about the OHS based on different demographic characteristics (such as gender, department, marital status, title) of the employees was shown in schedules.

Keywords: occupational safety, employee rights, employee awareness, university staff, statistical analysis

1.Giriş

1.1.İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı

İş, sağlık ve güvenlik kelimelerinin birleşimi ile oluşmuş olan İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), tarihsel süreç içerisinde ülkelere ve kültürlere göre farklı anlamlara gelmiştir ve gelecektir.

Türk Dil Kurumu'na (TDK) göre iş (işyeri) “bir çalışmanın uygulandığı mekan” ve “çalışanın çalışma akdine göre çalıştığı mekan” anlamlarına gelmektedir. Güvenlik kelimesi ise “Toplumsal yaşamda kamusal düzenin aksamadan sağlanması, bireylerin korkmadan yaşayabilme hali, emniyet” anlamlarına gelmektedir (TDK, 2017). Yine TDK ya göre sağlık kelimesi “Kişinin fiziksel, yaşamsal ve ruhsal yönden tam bir iyilik durumunda olması, beden sağlığı, esenlik, sıhhat, afiyet” anlamlarına gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ya göre ise sağlık “kişinin fiziksel, zihinsel ve sosyal olarak tam bir iyi hal içinde bulunması, hastalık ve sakatlığın olmaması durumu” olarak tanımlanmıştır (WHO, 2017).

Genel olarak İş Sağlığı ve Güvenliği; çalışma hayatında meydana gelebilecek iş kazalarının ve meslek hastalıklarının oluşmasına sebep olacak tehlike kaynaklarının tespit edilmesini ve bu tehlike kaynaklarının oluşturacağı risklerin analiz edilerek bunların engellenmesi için alınması gereken önlemleri belirleyen, acil durum planlarının hazırlanmasını ve uygulanmasını sağlayan, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma gerekliliğini belirterek bu konuda devlete, işverene ve çalışana bir takım haklar ve sorumluluklar yükleyen bir sistemdir (Demircioğlu ve Centel, 2003; Özkılıç, 2005; Tanır, 2004; Akyiğit, 2001).

1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amaç ve Önemi

İş yaşamı hayatımızda önemli bir yerdedir, çünkü genelde günümüzün sekiz saati iş ortamında geçer. Dolayısıyla, çalışma ortamları güvenli ve sağlıklı olmalıdır. Her geçen gün dünyanın dört bir yanındaki pek çok işçi tehlikeli gazlar, gürültü, titreşim ve aşırı sıcaklıklar gibi sağlığa zararlı risklere maruz kalmaktadır. Mevcut bu risklerin yanı sıra bazı işverenler de çalışanlarının mesleki sağlık ve güvenliğinin korunması konusunda gerçekten endişe

duymamakta, hatta bu konuda endişe duymaları gerekliliğinin ahlaki ve yasal bir sorumluluk olduğunu bilmemektedirler (Montero ve ark., 2009).

ILO'nun raporuna göre her gün 6300, yılda 2,4 milyondan fazla kişi mesleki kazalar veya işle ilgili hastalıklar sonucu hayatını kaybetmektedir. Çalışma ortamlarında yılda 317 milyon kaza meydana gelmektedir ve bu kazaların birçoğu işten ayrılmalara sonuçlanmaktadır. Bu günlük kayıpların insani maliyeti çok fazladır ve yeterli düzeyde olmayan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin ekonomiye yükü, yıllık bazda Gayri Safi Milli Gelirin yaklaşık %4'nü kapsadığı düşünülmektedir. İşverenler, yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları yüzünden nitelikli eleman kaybı, erken yaşta emeklilik ve yüksek meblağlı sigorta primleri ile karşı karşıya kalmaktadırlar (ILO, 2015).

İş yerindeki güvenlik ve sağlığın iyileştirilmesi hem şirketlere hem de toplumlara bir bütün olarak ekonomik yararlar getirebilir. Oluşan iş kazası sonucu çalışan, işveren ve ülke ekonomisi doğrudan veya dolaylı olarak maddi yönden zarar görebilir. Oluşabilecek ekonomik zararın yanı sıra kazalar sonucu kişiler ve toplumlar psikolojik ve sosyal yönden de etkilenebilir. İSG ile işyerinde yaşanan bu olumsuzların birçoğu, önleme, raporlama ve denetleme faaliyetleri ile azaltılabilir veya önlenir.

1.3. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Tarafların, Hak, Yükümlülük ve Görevleri

1.3.1. Çalışanın Hakları

İş hayatında; yaşamın ve sağlığın korunması gittikçe daha fazla kabul gören ve en temel çalışan haklarından biridir. Bunun yanı sıra çalışanların da kendi güvenliklerini sağlama ve yaptıkları bir hata sonucu diğer çalışanların güvenliğini tehlikeye atmamaya dikkat etmek gibi görevleri vardır.

Çalışanların iş ile ilgili gerekli bilgiye sahip olma, güvenlik veya sağlıkları için herhangi bir tehlike söz konusu olduğunda işi durdurma hakları vardır. Bu hakka sahip olmak ve kendi güvenlik ve sağlığına dikkat etmek için çalışanlar mesleki riskleri ve tehlikeleri anlamalıdır. Bu nedenle tehlikelere karşı yeterince bilgilendirilmeli ve görevlerini güvenli bir şekilde yerine getirebilmeleri için yeteri kadar eğitim almaları gerekmektedir.

1.3.2. İşverenin Yükümlülüğü

Mesleki riskler işyerinde ortaya çıktığı için, iş ortamının güvenli ve sağlıklı olmasını sağlamak işverenlerin sorumluluğundadır. İşverenler mesleki riskleri önlemeli ve çalışanları korumalıdır. Bununla beraber işverenlerin mesleki tehlikeler hakkında bilgi sahibi olmaları ve İSG'yi sağlamak açısından gerekli tüm önlemleri alması gerekmektedir. Çalışanların İSG konusunda eğitimi, işverenlerin yapması gereken en önemli görevlerdendir. İşçiler, yalnızca işlerini nasıl yapacaklarını değil, aynı zamanda hayatlarını ve sağlığını ve çalışma sırasında meslektaşlarının sağlığını nasıl koruyacakları hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

1.3.3. Devletin Görevi

Hükümetler, İSG politikalarını hazırlamakla ve bunların uygulanmasını sağlamakla sorumludur. Bu konuda devletteki yetkili makam, düzenlemelerin veya uygulama kanunları yayınlanmalı ve periyodik olarak bu kanunları gözden geçirilmelidir. Tehlikeleri tanımlamak ve bunları aşmanın yollarını bulmak için araştırma başlatmalıdır. Yetkililer işverenlere ve

işçilere bilgi ve tavsiye sağlamalıdır. Ayrıca potansiyel risklerin yüksek olduğu felaketlerden kaçınmak için özel tedbirler almalıdırlar.

1.4. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Eğitim

Eğitim ve bilgilendirme; insanların sahip olduğu davranışlarını değiştiren, sahip olduğu bilgi düzeyini arttıran, mevcut yeteneklerini geliştirerek düşünce yapısına kaynak sağlayan bir olgudur (Akgemci, 1997; Varış, 1985; Akyüz, 1993; Kale ve Yanık, 2018). Sanayinin gelişmesi, işçilerin işyerlerinde maruz kaldığı iş kazalarının ve meslek hastalıklarının sayısının da artmasına neden olmuştur (Işık, 2000). İşçilerin gerek aldıkları eğitim düzeylerinin gerekse yaptıkları iş ile ilgili eğitim düzeylerinin düşük olması, güvenlik açısından uyulması zorunlu olan talimatlara uymamaları, İSG konusunda yeterli bilince sahip olmamaları ve ayrıca işverenlerin İSG konusuna yeteri kadar önem vermemeleri iş kazaları ve meslek hastalıklarının meydana gelmesine sebep olmaktadır (Alper, 1992). Gelişen teknoloji ile beraber, İSG kavramı çalışma yaşamının tüm alanlarına yayılmıştır. Yeni iş alanları, üretilen kimyasal maddeler, teknolojik makine ve teçhizatlar gibi nedenler güvenlik ve sağlık sorunlarının yaşanmasına ve çalışma alanlarında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının yürürlüğe konulmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun yansıması olarak da işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin önemi net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Gerek toplumsal bazda gerekse işyerlerinde, bireylere iş sağlığı ve güvenliği bilincinin kazandırılması ancak bu eğitimlerle mümkündür. Özellikle işyerlerinde çalışanların işe başladığı tarihten işten ayrıldığı tarihe kadar yaptıkları iş ile ilgili bilgi ve becerilerini artırıcı hizmet içi eğitimlerin sistemli ve sürekli yapılması büyük önem arz etmektedir (Cılga, 2004). Çalıştığı ortamda diğer çalışanlarla iyi ilişki kurabilen, bireysel gereksinimleri dikkate alabilen, karşılaşılan problemleri proaktif yaklaşımla çözebilen, çalışma ortamına uyum sağlayan çalışana duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Hizmet içi eğitimler bu noktada devreye girerek bu ihtiyacı karşılayacak eğitimlerin verilmesini sağlamaktadır. Hizmet içi eğitimler; işe yeni başlayan personelin işyerine ve yapacağı işe uyum sağlamasına yardımcı olmayı, personelin işyerinin genel çalışma kurallarının en kısa sürede öğretmesini sağlamayı, personelin işyerinin farklı alanlarında eğitimini tamamlama imkanı vermeyi, iş kazaları ve meslek hastalıkları hakkında bilgi vermeyi, personelin özgüvenini artırarak işinde başarılı olmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Şerifoğlu ve Kürşat, 2007; Kale ve Yanık, 2018).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ndeki kamu çalışanlarının İSG alanında farkındalık düzeylerini belirlenmesi ve çalışma ortamında karşılaşılan risklerin ortaya konulmasıdır. 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İSG kanundaki mevzuatın üniversite çalışanlarına nasıl yansıdığı da çalışmada irdelenmiştir. Ortaya konacak bilgi düzeyi seviyesi ile farkındalığı artırmak için alınması gereken önlemler çalışma sonunda belirtilmiştir.

2.2. Araştırmada Kullanılan Yöntem

Bu araştırmada, konu ile ilgili literatür taraması yapılarak ve yönetmelikler araştırılarak İSG mevzuatı hakkında bilgi toplanmış ve bu bilgiler doğrultusunda anket soruları hazırlanmıştır. Bu araştırma çalışması betimsel bir alan çalışması olup, çalışma kaynak tarama ve anket yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Anket, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin farklı

birimlerinde çalışan akademik ve idari personel ile yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler, demografik (cinsiyet, bölüm, medeni durum, unvan gibi) özellikleri dikkate alınarak çalışanların İSG konusundaki bilgi düzeyleri ve farkındalıkları tablolar halinde verilmiştir (Baş,2008).

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin geçerlilik ve güvenilirlik analizi SPSS (IBM SPSS Statistics 24) programı ile yapılmıştır (Büyüköztürk, 2013).

Çalışmada minimum, maksimum, standart hata, frekans ve yüzde ölçüleri kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada ortalamaları kıyaslamak amacıyla parametrik testlerden bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır (Can, 2014).

2.3.Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Bu çalışmada kullanılan anket 2017 yılında Çanakkale Onsekiz Mart üniversitesinde farklı fakülte ve birimlerde çalışanlardan rasgele seçilen 91 akademik ve 86 idari personele uygulanmıştır. %95 güven aralığında ve %10 kabul edilebilir hata payı olarak toplam 177 bireye ait örneklem oluşturulmuştur.

Anketteki bağımsız değişkenler:

-Yaş -Cinsiyet -Toplam çalışma yılı -Çalışılan bölüm -Kurumdaki unvan -İSG belgesi olma durumu -İş kazası geçirme durumu -Meslek hastalığına sahip olma durumu

Anketteki bağımlı değişkenler:

İSG tutumları

Ankette bilgi düzeyini ölçmek için 4'lü ve 5'li likert ölçeği kullanılarak farklı İSG alanlarındaki bilgiler değerlendirilmiştir. Bu alanlar; İSG eğitim ve genel bilgiler (19 soru), fiziksel risk etmenleri (5 soru), psikososyal risk etmenleri (12 soru), ofis ortamı ve oturma düzenini (13 soru) içermektedir.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Katılımcılara Ait Demografik Bulgular

Araştırma çalışması kapsamında hazırlanan ankete 177 üniversite çalışanı katılmış ve anketin tümü geçerli kabul edilmiştir (Çizelge 3.1).

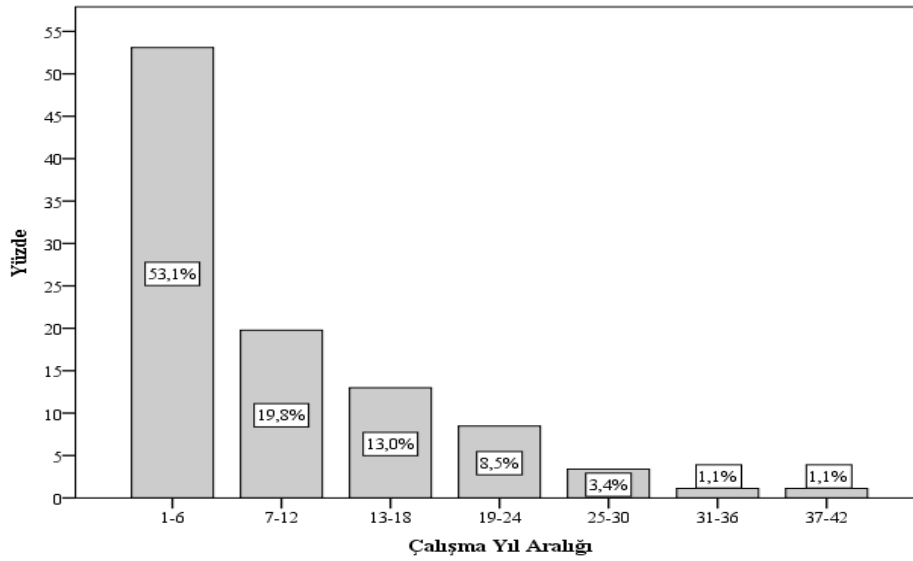
Çizelge 3.1. Geçerli anket sayısı

	N	%
Geçerli	177	100,0
Geçersiz	0	0,0
Toplam	177	100,0

Katılımcıların yaş aralıklarının frekans tablosu Çizelge 3.2'de gösterilmiştir. Buna göre 17 kişi 19-25 yaş aralığında, 58 kişi 26-32 yaş aralığında, 65 kişi 33-39, 21 kişi 40-46, 12 kişi 47-53, 2 kişi 54-60 ve 2 kişi de 61-67 yaş aralığındadır. Katılımcı personelin toplam çalışma yıl aralıkları ise Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre toplam 94 kişi ile 1-6 yıl aralığında çalışanların sayısı en fazladır. Bunu 35 kişi ile 7-12 yıl arası çalışma hayatı olanlar takip etmektedir. Katılımcılardan 23 kişi ise 13-18 yıl arasında çalışma hayatı olan kişilerdir.

Çizelge 3.2. Katılımcıların yaş aralıklarının frekansı

Yaş aralığı	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
19-25	17	9,6	9,6
26-32	58	32,8	42,4
33-39	65	36,7	79,1
40-46	21	11,9	91,0
47-53	12	6,8	97,7
54-60	2	1,1	98,9
61-67	2	1,1	100,0
Toplam	177	100,0	



Şekil 3.1. Katılımcıların toplam çalışma yıl aralıkları yüzde dağılımı

91 akademik personelin unvanlara göre dağılımı incelendiğinde 4 kişinin Okutman, 50 kişinin Araştırma Görevlisi, 8 kişinin Öğretim Görevlisi, 2 kişinin Uzman, 20 kişinin Yardımcı Doçent, 4 kişinin Doçent ve 3 kişinin Profesör olduğu (Çizelge 3.3), 177 katılımcıdan da yalnızca 18'nin İSG belgesine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3. Katılımcıların unvanlara göre dağılımı

Unvan	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
İdari Personel	86	48,6	48,6
Araştırma Görevlisi	50	28,2	76,8
Yardımcı Doçent	20	11,3	88,1
Öğretim Görevlisi	8	4,5	92,6
Doçent	4	2,3	94,9
Okutman	4	2,3	97,2
Profesör	3	1,7	98,9
Uzman	2	1,1	100,0
Toplam	177	100,0	

Çizelge 3.4. İSG belgesine sahip olma

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Evet	18	10,2	10,2
Hayır	159	89,8	100,0

3.2. Anket Sorularına İlişkin Bulgular

Üniversite çalışanlarından idari ve akademik personele yöneltilen İSG hakkındaki bilgi düzeylerini ve farkındalıklarını ölçmek adına sorulan sorulardan bir kısmı bu bölümde gösterilecektir. Sorulardan bazılarında Hiç (1), Az (2), Orta (3), Çok (4) şeklinde derecelerle derecelendirilmiş ve puanlanmıştır. Bazılarında ise Tamamen Katılıyorum (1), Katılıyorum (2), Kararsızım (3), Katılmıyorum (4), Kesinlikle Katılmıyorum (5) derecelerle derecelendirilmiş ve puanlanmıştır. Anketteki bazı sorular ise çok seçimli soru tiplerindedir.

Katılımcılara yöneltilen “Çalıştığım kurumda İSG alanında seminer/(bilgilendirme) aldım” sorusuna verilen cevaplar Çizelge 3.5’de görülmektedir. Verilen cevapların ortalama değeri 2,2’dir. Görüldüğü üzere katılımcıların %32,2’si İSG yönelik hiçbir seminer almadığını söylemektedir. Katılımcıların toplamda %54,8’i İSG hakkında az ya da orta seviyede bilgilendirme aldığını söylemiştir. 177 katılımcıdan yalnızca 18’i İSG belgesine sahiptir. Bu da toplam katılımcıların %10,2’sine tekabül etmektedir.

Çizelge 3.5. İSG alanında seminer alma

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	57	32,2	32,2
Az	36	20,3	52,5
Orta	61	34,5	87,0
Çok	23	13,0	100,0

Katılımcılara yöneltilen “6331 sayılı İSG Kanunu hakkında bilgi düzeyim” sorusuna verilen cevaplar Çizelge 3.6’da gösterilmiştir. Verilen cevapların ortalama değeri 2,2’dir. Katılımcıların büyük çoğunluğunu oluşturan %37,3’lük kısmı İSG kanunu hakkında bilgi düzeylerinin az olduğunu söylerken katılımcıların %20,9’u hiç bilgilerinin olmadığını belirtmiştir. Katılımcıların sadece %7,9’u İSG kanunu hakkında bilgi düzeylerinin çok olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 3.6. 6331 sayılı İSG kanunu hakkında bilgi düzeyleri

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	37	20,9	20,9
Az	66	37,3	58,2
Orta	60	33,9	92,1
Çok	14	7,9	100,0

Katılımcıların %17,5’i iş kazası hakkında çok bilgiye sahip olduğunu, %5,6’sı ise iş kazası ile ilgili hiç bilgilerinin olmadığını söylemektedirler (Çizelge 3.7). Katılımcıların %32,2’si iş kazası hakkındaki bilgi düzeyine az derken, %44,6’sı orta cevabını vermiştir. Verilen cevapların ortalama değerleri ise 2,7’dir. Katılımcıların meslek hastalığı hakkındaki bilgi düzeyleri Çizelge 3.8’de gösterilmiştir Katılımcıların %16,9’u meslek hastalığı hakkında çok bilgiye sahiptir. Katılımcıların %7,3’ü ise meslek hastalığı hakkında hiç bilgiye sahip değildir. Verilen cevapların ortalama değerleri ise 2,6’dır.

Çizelge 3.7. Katılımcıların iş kazası hakkındaki bilgi düzeyleri

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	10	5,6	5,6
Az	57	32,2	37,9
Orta	79	44,6	82,5
Çok	31	17,5	100,0

Çizelge 3.8. Katılımcıların meslek hastalığı hakkındaki bilgi düzeyleri

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	13	7,3	7,3
Az	69	39,0	46,3
Orta	65	36,7	83,1
Çok	30	16,9	100,0

Katılımcılara yöneltilen “Çalıştığım kurumdaki iş güvenliği önlemlerinin uygulanma düzeyi” sorusuna verilen cevapların ortalama değeri 2,5’dir (Çizelge 3.9). Katılımcıların büyük çoğunluğunu oluşturan %44,6’sı önlemlerin orta seviyede olduğunu belirtirken, %11,3’ü İSG önlemlerinin uygulanma düzeyinin hiç olmadığını, %13’ü ise önlemlerin uygulanma düzeyinin çok iyi olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 3.9. Çalışılan kurumdaki İSG önlemlerinin uygulanma düzeyine ilişkin görüşler

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	20	11,3	11,3
Az	55	31,1	42,4
Orta	79	44,6	87,0
Çok	23	13,0	100,0

Katılımcılara yöneltilen “Çalışma ortamındaki uyarıcı levha ve işaretlerinin ne anlama geldiği hakkındaki bilgi düzeyim” sorusuna verilen cevapların ortalama değeri 3,1’dir. Katılımcıların büyük çoğunluğunu oluşturan %46,9’u işaret ve levhaların anlamlarını orta seviyede bildiğini, %35,6’sı ise çok bildiğini söylemiştir. Katılımcıların yalnızca % 1,7’si levha ve işaretlerin ne anlama geldiğini hiç bilmemektedir (Çizelge 3.10). Uyarı işaret ve levhalarının diğer sorulara göre daha çok biliniyor olmasının sebebi, görsel hafızanın daha kalıcı olmasıdır.

Çizelge 3.10. Çalışma ortamındaki uyarıcı levha ve işaretlerinin ne anlama geldiği hakkındaki bilgi düzeyleri

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	3	1,7	1,7
Az	28	15,8	17,5
Orta	83	46,9	64,4
Çok	63	35,6	100,0

Çizelge 3.11 ve 3.12 incelendiğinde katılımcıların yaklaşık %46,3’ü yangın, %45,8’i deprem esnasında yapılması gerekenler hakkında orta seviyede bilgi sahibi olduğunu belirtirken, %3,4’lük kısmın ise yangın ve deprem sırasında yapılacaklar hakkında hiç bilgisi olmadığını ortaya çıkarmıştır. Verilen cevapların ortalama değerleri ise sırasıyla 2,9 ve 3,1’dir.

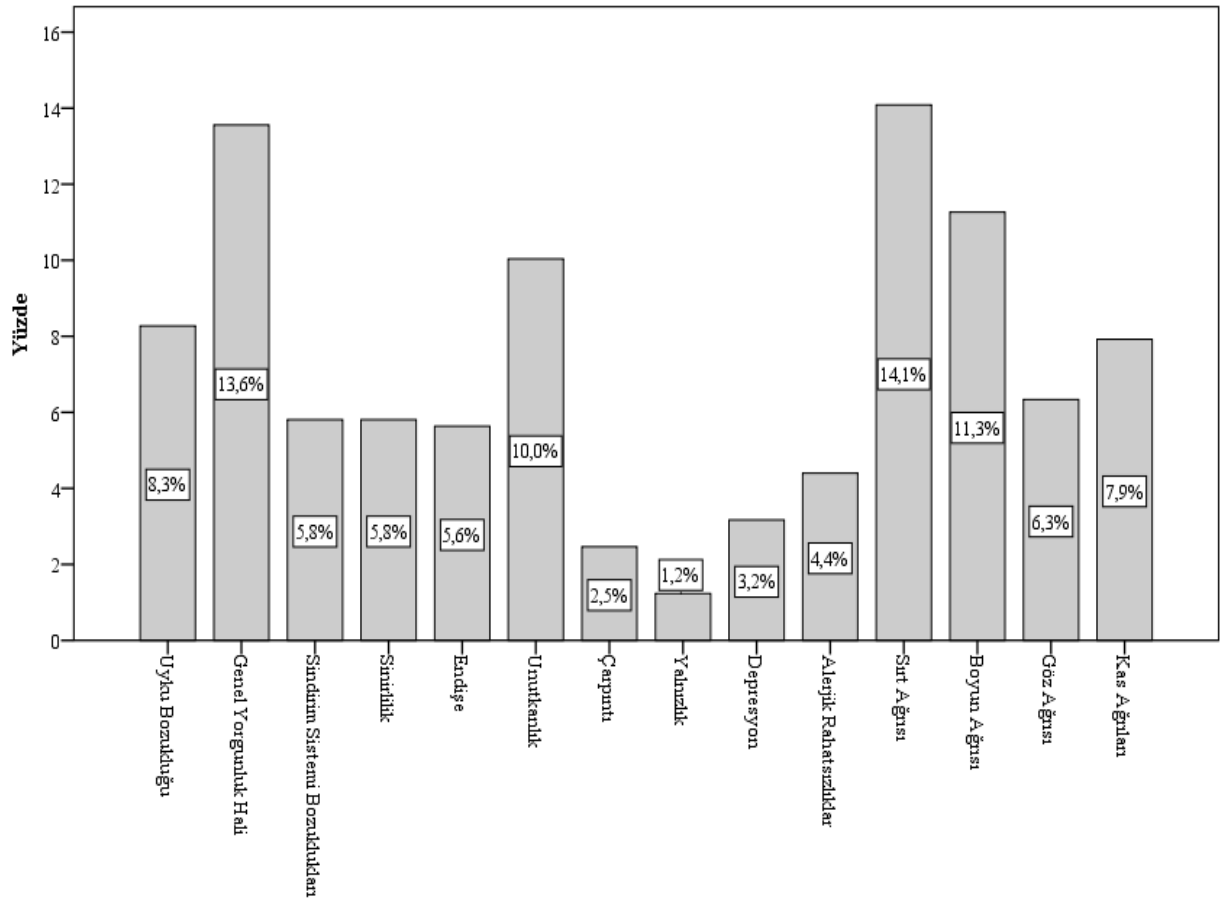
Çizelge 3.11. Yangın esnasında yapılması gerekenler hakkındaki bilgi düzeyleri

	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	6	3,4	3,4
Az	39	22,0	25,4
Orta	82	46,3	71,8
Çok	50	28,2	100,0

Çizelge 3.12. Deprem esnasında yapılması gerekenler hakkındaki bilgi düzeyleri

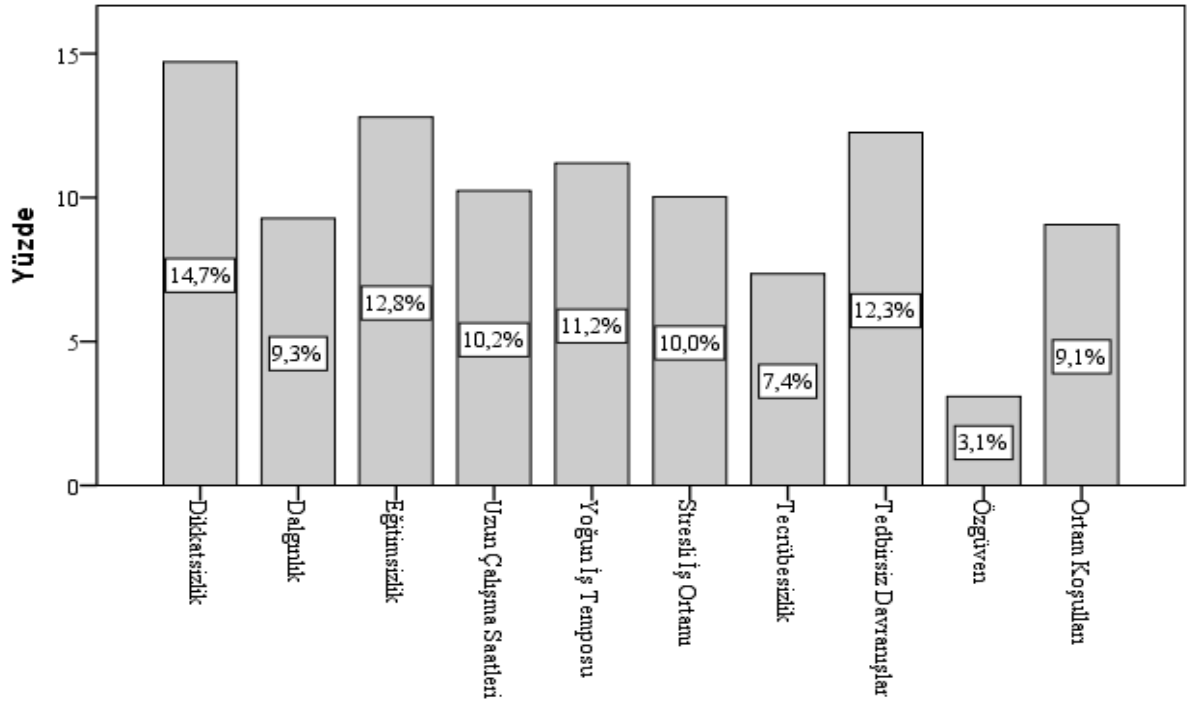
	Frekans	Yüzde	Birikimli yüzde
Hiç	6	3,4	3,4
Az	27	15,3	18,6
Orta	81	45,8	64,4
Çok	63	35,6	100,0

Katılımcılara “Aşağıdaki rahatsızlıklardan sizde mevcut olan var mı? Var ise hangisi/ hangileri?” şeklinde çok seçenekli soru yöneltilmiştir. Katılımcıların %14,1 gibi büyük bir çoğunluğunda “sırt ağrısı” gözlemlenmiştir. Katılımcıların toplamda %25,4’ünde boyun ve sırt ağrısı görülmüştür. Katılımcıların %13,6’sında “genel yorgunluk hali” mevcut iken %8’inde uyku bozukluğu görülmektedir (Şekil 3.2). İSG alanının ergonomi ve psikososyal yönleri de olduğu düşünülürse bu rakamlar üzerinde çalışılması gereken rakamlardır. Çalışma ortamının psikososyal yapısı ve ergonominin çalışma performansına etkisi oldukça fazladır. Bu tarz olumsuzlukların azaltılmasının verimliliği artıracağı bilinmektedir.



Şekil 3.2. Kas iskelet sistemi rahatsızlıklara sahip olanların yüzde dağılımı

177 katılımcıya “İş Kazalarının nedenleri size göre nelerdir?” şeklinde çok seçenekli soru yöneltildiğinde seçilen sebeplerin dağılımı Şekil 3.3’te gösterilmektedir. Buna göre katılımcıların büyük çoğunluğunu oluşturan %14,7’si “dikkatsizliğin” iş kazalarının en büyük nedeni olduğunu söylemiştir. Dikkatsizliği, %12,8 ile “eğitimsizlik”, %12,3 ile “tedbirsiz davranışlar” ve %11,2 ile “yoğun iş temposu” izlemektedir.



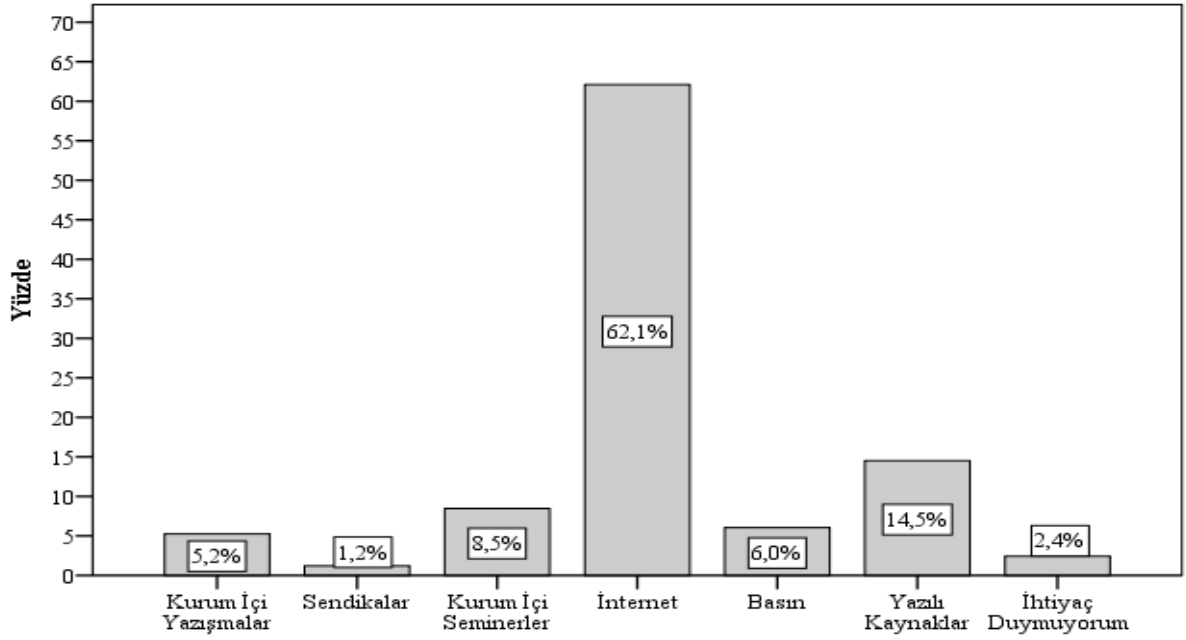
Şekil 3.3. İş kazalarının nedenleri size göre nelerdir sorusuna verilen cevaplar

Katılımcılara “İSG açısından görev hak ve sorumluluklarımı biliyorum.” şeklinde likert ölçeği şeklinde soru yöneltilmiştir. Verilen yanıtların dağılımı Çizelge 3.13’te verilmiştir. Verilen cevapların ortalama değeri 2,8’dir. Katılımcıların %26’sı “kararsızım” cevabını verirken, toplamda %25,4’ünün görev hak ve sorumluluklarımı bilmediğini tespit edilmiştir.

Çizelge 3.13. ‘İSG açısından görev hak ve sorumluluklarımı biliyorum.’ sorusunun cevap dağılımı

	Frekans	Yüzde
Tamamen katılıyorum	13	7,3
Katılıyorum	73	41,2
Kararsızım	46	26,0
Katılmıyorum	35	19,8
Kesinlikle katılmıyorum	10	5,6

“İSG ile ilgili mevzuata ulaşma ihtiyacı duyduğunuzda en çok faydalandığınız kaynak nedir?” sorusuna verilen cevapların frekans dağılımı ve yüzde dağılım grafiği Şekil 3.4’te verilmiştir. Buna göre katılımcıların İSG hakkında en çok faydalandığı kaynağın %62,1 ile internet olduğu görülmektedir. Katılımcıların %2,4’lük kısım ise İSG mevzuatına ulaşma ihtiyacı duymamıştır. Sendikalar ve kurum içi yazışmalar ise İSG mevzuatı yönünden en az faydalanılan kaynaklar olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.4. İSG ile ilgili mevzuata ulaşma ihtiyacı duyduğunuzda en çok faydalandığınız kaynak nedir sorusuna verilen cevaplar

3.3. Anket Sorularına İlişkin Bağımsız t-Testi

Bir hipotez testinde iki hipotez yer alır: Araştırma hipotezi ve yokluk hipotezi (H_0) Araştırmacının bir kuramdan bir olgudan yola çıkarak düşündüğü doğru olduğuna inandığı hipoteze araştırma (karşıt) hipotezi denir. Hipotezin doğruluğuna karar verme işi sıfır hipotezin kabul ve reddilmesi yoluyla yapılır (Ünver ve ark., 2013).

Art arda yapılan ölçümler arasındaki tutarlılık ya da kararlılık güvenilirlik olarak adlandırılır. Ölçümlerde güvenilirlik, güvenilirlik katsayısı (α) adı verilen bir sayı ile ifade edilir. Çoğunlukla güvenilirlik katsayısı 0 ile +1 arasında bir değer alır ve 1'e ne kadar yaklaşırsa, güvenilirliğin arttığını anlamını gösterir. α değerinin yorumlanması aşağıda belirtildiği gibidir.

- $0,00 \leq \alpha < 0,40$ Güvenilir değil
- $0,40 \leq \alpha < 0,60$ Düşük derecede güvenilir
- $0,60 \leq \alpha < 0,90$ Oldukça güvenilir
- $0,90 \leq \alpha < 1,00$ Yüksek derecede güvenilir (Tavşancıl, 2006)

Çizelgede 3.14'de görüldüğü üzere ankette ölçekteki madde sayısı 49'dur. Ölçeğin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı $\alpha = 0,849$ gibi güvenilir sayılan bir değer çıkmıştır.

Çizelge 3.14. Anketin güvenilirlik analizi

Cronbach's alpha	Değerlendirmeye katılan soru sayısı (N)
0,849	49

“Çalıştığım kurumda İSG alanında seminer (bilgilendirme) aldım” soru cümlesine ait puanların çalışanların İSG belgelerinin olma durumları değişkeninin üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığını ortaya koymak için yapılan bağımsız grup t-testi sonucunda p değeri 0,035 olarak bulunmuştur. Buna göre $p < 0,05$ $t = 2,12$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir. Bu durumda katılımcıların İSG belgeleri olma durumları değişkeni ile çalıştığım kurumda İSG

alanında seminer (bilgilendirme) aldım sorusuna ait puanların arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. İSG belgesine sahip olanların olmayanlara göre daha fazla seminer bilgilendirme aldıkları söylenebilir (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Seminer alma durumu ile İSG belgesine sahip olma değişkeni arasındaki bağımsız t-testi analiz sonucu

	N	X	Ss	F	t	p
Evet	18	2,777	1,060	0,388	2,122	0,035
Hayır	159	2,226	1,042			

H_0 : Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_1 : Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki vardır.

“6331 sayılı İSG Kanunu hakkında bilgi düzeyim” soru cümlesine ait puanların, çalışanların İSG belgelerinin olma durumları değişkeninin üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığını ortaya koymak için yapılan bağımsız grup t testi sonucunda p değeri 0,006 bulunmuştur (Çizelge 3.16). Buna göre $p < 0,05$ $t = 2,806$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir, bu durumda katılımcıların İSG belgeleri olma durumları değişkeni ile İSG kanunu hakkında bilgi düzeyi sorusuna ait puanların arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. İSG belgesine sahip personelin ortalaması (2,83) sahip olmayanların ortalamasından (2,26) yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda İSG belgesine sahip olanların olmayanlara göre İSG kanunu hakkında bilgi düzeylerinin daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.16. İSG kanunu hakkında bilgi düzeyleri ile İSG belgesine sahip olma değişkeni arasındaki bağımsız t-testi analiz sonucu

	N	X	Ss	F	t	p
Evet	18	2,833	0,707	4,289	2,806	0,006
Hayır	159	2,226	0,885			

H_0 : Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_1 : Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki vardır.

“İş kazası hakkında bilgi düzeyim” soru cümlesine ait puanların, çalışanların İSG belgelerinin olma durumları değişkeninin üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığını ortaya koymak için yapılan bağımsız grup t testi sonucunda p değeri 0,008 bulunmuştur (Çizelge 3.17). Buna göre $p < 0,05$ $t = 2,70$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir, bu durumda katılımcıların İSG belgeleri olma durumları değişkeni ile iş kazası hakkında bilgi düzeyi sorusuna ait puanların arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. İSG belgesine sahip personelin ortalaması (3,22) sahip olmayanların ortalamasından (2,68) yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda İSG belgesine sahip olanların olmayanlara göre iş kazası hakkında bilgi düzeylerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.17. İş kazası hakkında bilgi düzeyi ile İSG belgesine sahip olma değişkeni arasındaki bağımsız t-testi analiz sonucu

	N	X	Ss	F	t	p
Evet	18	3,22	0,646	2,515	2,705	0,008
Hayır	159	2,685	0,812			

H₀: Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile İSG belgesine sahip olma durumu arasında anlamlı bir ilişki vardır.

“Meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeyim” soru cümlesine ait puanların çalışanların iş kazası geçirme değişkeninin üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığını ortaya koymak için yapılan bağımsız grup t-testi sonucunda p değeri 0,009 bulunmuştur. Buna göre $p < 0,05$ $t = 2,65$ olduğu için H₀ hipotezi reddedilir, bu durumda katılımcıların iş kazası geçirme değişkeni ile meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeyi sorusuna ait puanların arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. İş kazası geçiren çalışanların, geçirmeyenlere göre meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeylerinin daha fazla olması kaza sonrası İSG ile ilgili olarak araştırma yapımlarından kaynaklandığını söylemek mümkündür (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. İş kazası hakkında bilgi düzeyi ile İSG belgesine sahip olma değişkeni arasındaki bağımsız t-testi analiz sonucu

	N	X	Ss	F	t	p
Evet	12	3,250	0,621	3,579	2,650	0,009
Hayır	165	2,578	0,848			

H₀: Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile iş kazası geçirme durumu arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Ankete katılanların İSG farkındalığına ilişkin soru ile iş kazası geçirme durumu arasında anlamlı bir ilişki vardır.

4. Sonuç

İş kazaları ve meslek hastalıkları çalışanların tehlikeli hareketleri ve işyeri ortamındaki tehlikeli durumların bir araya gelmesi sonucu meydana gelmektedir. İş sağlığı ve güvenliği, çeşitli endüstri ve faaliyetlere özgü olarak tıp, psikoloji, toksikoloji, ergonomi, fizik, kimya ekonomi hukuk, teknoloji gibi bilimsel alanlarla ilgili konuları da içeren geniş kapsamlı ve çok disiplinli bir kavramdır. Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği bilincine sahip olmasında, bilgi düzeylerinin geliştirilmesinde ve davranışlarının şekillendirilmesinde İSG eğitimlerinin önemi oldukça büyüktür. Bu yüzden son yıllarda İSG eğitimlerine olan ilgi artmıştır. Bu çalışmada, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi kamu çalışanlarının İSG eğitimleri alanında farkındalıklarının belirlenmesi için bir anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler SPSS programı ile analiz edilmiştir. Ankete 91 akademik, 86 idari personel katılmıştır. Araştırmaya katılan çalışanların 81'i (%45,8) erkek, 96'sı (%54,2) kadındır. Yaş ortalaması $34,5 \pm (8,2)$ 'dir. Toplam çalışma yılı ortalaması $9,3 \pm (7,7)$ 'dir. Soruların güvenilirlik analizi $\alpha = 0,849$ 'dur.

Araştırmaya katılanların çoğunun İSG konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve çalıştıkları kurumda iş güvenliği önlemlerinin uygulanma düzeyinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. İSG eğitimleri çalışanların bilinç düzeylerini artırarak iş kazaları ve meslek hastalıklarını ortadan kaldırmayı veya en aza indirmeyi hedefleyen bir süreçtir. İş kazaları ve meslek hastalıklarından korunmak için alınabilecek en önemli tedbirin eğitim olduğunu söylemek yanlış olmaz. Bundan dolayı, işverenler eğitim ile çalışanlarda iş güvenliği bilincini, kültürünü ve davranışını bir yaşam şekline getirmeyi amaçlamalıdır.

Katılımcılarda en çok sırt, boyun ağrısı ve genel yorgunluk hali rahatsızlıklarının olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin ergonomik çalışma koşullarının tam olarak sağlanmamış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Buna yönelik olarak ofislerdeki ergonomik risk faktörlerinin belirlenip bu risklere karşı önlem alınması gerekmektedir. Böylece çalışanların güvenliği sağlandığı gibi iş veriminde artış sağlanır. Ayrıca, masa başında çalışanların herhangi bir meslek hastalığına yakalanmamaları için belirli aralıklarda yapmaları gereken egzersiz hareketleri ile ilgili eğitimler verilmelidir.

İSG ile ilgili mevzuata/bilgilere ulaşmak için katılımcıların en çok kullandıkları kaynağın internet olduğunu görülmüştür. Bu bilgi göz önüne alındığında kurum tarafından hazırlanacak bilgilendirme seminerleri, görsel ve işitsel videolar, interaktif eğitim metotları çevrimiçi olarak çalışanlara sunulabilir. Böylece, çalışanların internet ortamındaki kaynak arayışında güvenilir bilgiye doğrudan kurum vasıtasıyla ulaşması sağlanabilir. Ayrıca internet ortamında ulusal bir bilgi ağı da oluşturulmalıdır.

Katılımcıların yaklaşık %12,8'i iş kazalarının nedenlerinin eğitimsizlikten kaynaklandığını belirtmiştir. Kurumlarda İSG eğitimlerinin bir plan halinde yürütülmesi sağlanmalı ve İSG uygulamalarının yaşam biçimi haline getirilmesi için kurumların gereken çabayı göstermesi gerekmektedir. İşverenler, birim farkı gözetmeksizin tüm çalışanlara yönelik İSG eğitimleri belirli aralıklarla alanında uzman kişilerce verilmesini sağlamalıdır. Çünkü İSG eğitimleri sonucunda çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine dair bilgi ve becerileri artmakta, yaptıkları işlere ilişkin riskleri fark ederek hem kendilerinin hem de diğer çalışanların hayatını tehlikeye sokacak güvensiz hareketlerden kaçınmaktadırlar. İSG alanına yönelik farkındalığı artırmak için bazı farklı stratejiler de uygulanabilir. Örnek olarak posterler, logolar, görsel ve işitsel araçlar, kurum içi seminerler, kamu spotları verilebilir.

Kaynaklar

- Akgemci T., 1997. İnsan Kaynakları Yönetiminde Eğitim ve Geliştirme Etkenliğinin Sağlanması. Verimlilik Dergisi, 59-61.
- Akyiğit E., 2001. İş Kanunu Şerhi. Seçkin Yayınları, Ankara, 48-63.
- Akyüz Y., 1993. Türk Eğitim Tarihi. Kültür Koleji Yayınları, Ankara, 145-148.
- Alper Y., 1992. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği ile İlgili Problemlere Genel Bir Bakış. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İşçi Sağlığı Daire Başkanlığı Dergisi, 14: 33-38.
- Baş T., 2008. Anket Nasıl Hazırlanır, Uygulanır, Değerlendirilir. Seçkin Yayıncılık, İstanbul, 255-260.
- Büyüköztürk Ş., 2013. Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı. Pegem Akademi Yayıncılık, İstanbul, 213-219.
- Can A., 2014. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi. Pegem Akademi Yayıncılık, İstanbul, 393-401.
- Cılga E., 2004. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yeni Dönem, Mess Mercek, 34: 108-115.
- Demircioğlu M., Centel, T., 2003. İş Hukuku, Beta Yayınları, Ankara, 85-92.
- ILO 2015. Investigation of Occupational Accidents and Diseases, (A Practical Guide for Labour Inspectors, Geneva).
- Işık R., 2000. İş Sağlığı ve Güvenliği için Öğretim. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, Eğitim Özel Sayısı: 24-27.
- Kale Ö., Yanık S., 2018. İnşaat Sektörü Çalışanlarının İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Eğitimleri Konusundaki Bilinç Düzeylerini Ölçmeye Yönelik Bir Sektörel Araştırma. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 2: 639-651.
- Montero M. J., Araque R. A., Rey J. M., 2009. Occupational Health and Safety in The Framework of Corporate Social Responsibility. Safety Science, 47,10: 1440-1445.
- Özkılıç Ö., 2005. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Yayınları, 246: 73-77.

Şerifoğlu U., Kürşat S., 2007. İşletmelerde Sağlık ve Güvenlik Kültürünün Oluşturulması; Tepe Yönetiminin Rolü ve Kurum İçi İletişim Olanaklarının Kullanımı. İ.Ü. İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 18, 58: 41-50.

Tanır F., 2004. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 17-22.

Tavşancıl E., 2006. Tutumların Ölçülmesi ve SPSS ile Veri Analizi. Nobel Yayınları, İstanbul, 123-130.

TDK, 2017. Güncel Türkçe Sözlük (Türk Dil Kurumu) <http://www.tdk.gov.tr>

Ünver Ö., Gamgam H., Altunkaynak B., 2013. Temel İstatistik Yöntemler. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 488-493.

Variş F., 1985. Eğitim Bilimine Giriş. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları, Ankara, 32-38.

WHO, 2017. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) <http://www.who.int/en>

Bazı Bitkisel Ekstraktların İki Noktalı Kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch Üzerine Ovisidal ve Repellent Etkileri

İsmail Kasap^{1*}, Şahin Kök¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale

15.10.2019 Geliş/Received, 11.12.2019 Kabul/Accepted

Öz

Bu çalışmada, tere (*Lepidium sativum* L.), roka (*Eruca vesicaria* Mill.), yarpuz (*Mentha pulegium* L.), fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.)'den elde edilen ekstraktların iki noktalı kırmızıörümcek (*Tetranychus urticae* Koch)'nin yumurtaları ve ergin dişileri üzerine ovisidal ve repellent etkileri belirlenmiştir. Ovisidal etki testleri 5 tekerrür olacak şekilde yürütülmüş ve sayımlar uygulamadan 10 gün sonra yapılmıştır. Benzer şekilde repellent etki testleri de 5 tekerrür olarak yürütülmüş ve sayımlar ekstraktların uygulamasından 2, 6, 24, 48, 72 ve 96 saat sonra yapılmıştır. En yüksek ovisidal etki %85.6 ile *R. officinalis* ekstraktının %12 konsantrasyonunda elde edilirken, en yüksek repellent etki ise %92.0 ile aynı ekstraktın aynı dozunda uygulamadan 24 saat sonra belirlenmiştir. Ayrıca genel olarak ekstraktların konsantrasyonlarının artmasıyla ovisidal ve repellent etkide de artışlar olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan bitkisel ekstraktların farklı konsantrasyonlarının *T. urticae*'nin hem yumurta hem de ergin dişileri üzerinde yüksek oranda ovisidal ve repellent etki gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: bitkisel ekstrakt, ovisidal etki, repellent etki, *Tetranychus urticae*

Ovicidal and Repellent Effect of Some Botanical Extracts on Two Spotted Spidermite, *Tetranychus urticae* Koch

Abstract

In this study, the ovicidal and repellent effect of the extracts derived from cress (*Lepidium sativum* L.), garden rocket (*Eruca vesicaria* Mill.), pennyroyal (*Mentha pulegium* L.), basil (*Ocimum basilicum* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) on eggs and adult females of two spotted spidermite (*Tetranychus urticae* Koch) were determined. The ovicidal effect tests were repeated five times and counting was performed after 10 days. Similarly, the repellent effect tests were repeated five times and counting was made after 2, 6, 24, 48, 72 and 96 hours. While the highest ovicidal effect with 85.6% was determined at 12% concentration of *R. officinalis*, the highest repellent effect with 92.0% was detected at the same concentration of the same extract after 24 hours. Also, it was generally observed that the ovicidal and repellent effect increased depending on the increases in the concentrations of extracts.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): İsmail Kasap
(e-posta: ikasap@comu.edu.tr)

ÇOMÜ BAP Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje numarası: FBA-2016-926

Consequently, different concentrations of the botanical extracts using in this study showed the high ovicidal and repellent effect on both eggs and adult females of *T. urticae*.

Keywords: botanical extract, ovicidal effect, repellent effect, *Tetranychus urticae*

1. Giriş

Bitkilerden elde edilen uçucu yağlar, karakteristik tat ve koku özellikleri içeren, terpenoidlerin kompleks karışımları olan sekonder metabolitlerin bir grubu olarak bilinmektedirler. Bitkisel ekstraktlar böcek ve diğer arthropod zararlılara karşı insektisit, akarisit, uzaklaştırıcı, yumurtlamayı engelleyici, antifungal ve antibakteriyel olarak doğada bitkilerin korunmasında önemli rol oynamaktadır (Regnault-Roger ve ark., 2012). Bunun yanı sıra bitkilerin polen ve tohumlarının dağılmasını kolaylaştırmak ya da istenmeyenleri uzaklaştırmak için böcekleri teşvik etmesi yönünden oldukça önemli etkilere sahiptirler. Bitkisel ekstraktların pestisit olarak kullanımı göz önüne alındığında ekolojik dengeyi korumalarından dolayı sentetik pestisitlere karşı etkili bir alternatif veya tamamlayıcı oldukları ortaya çıkmaktadır (Laborda ve ark., 2013). Ayrıca bitkisel ekstraktların doğa koşullarında minimum kalıcılığı, insan ve memelilere d şuk toksisitesinden dolayı birkaç istisna dışında sentetik pestisitlere göre daha güvenli olduğu bilinmektedir (Isman, 2006). Aromatik bitkilerden elde edilen bitkisel ekstraktlar sentetik pestisitlere karşı alternatif mücadele çalışmaları kapsamında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze kadar yürütülen araştırmalar yaklaşık 2000 bitkiden elde edilen ekstraktların zararlılar üzerinde insektisit etkisinin bulunduğunu göstermektedir (Koul, 2005). Genellikle tek bileşene dayalı sentetik pestisitlerin aksine bitkisel ekstraktlar birbiriyle sinerjik olarak etkileşime geçebilen ve hedef bölge direncinden kaçınmayı uygun hale getiren bileşenlerin kompleks karışımlarını içermektedir (Isman ve ark., 2011).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli zararlılardan biri olan iki noktalı kırmızı  r mcek, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) tarımsal ürünleri ve s s bitkilerini içeren 150 tanesi ekonomik olarak önemli 1200 den fazla konukçu bitki üzerinde zarar meydana getiren en önemli polifag türlerden biridir (Zhang, 2003). Bu türün mücadelesi çoğunlukla doğal düşmanlarını da olumsuz etkileyen sentetik pestisitlerin ya da biyolojik mücadele ajanlarının kullanılmasıyla yürütülmektedir. Ancak *T. urticae*'nin sentetik pestisitlere karşı kısa sürede direnç geliştirme yeteneğine sahip olması ve pestisitlerin kırmızı örümceklerin yüksek populusyonlarını baskılamada oldukça başarılı olan ve birçok pestisite karşı da hassas olan doğal düşmanlarına karşı olumsuz etkisi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Stumpf ve ark., 2001; Miresmailli ve Isman, 2006). Günümüzde *T. urticae*'nin dünyada 96 Türkiye'de ise 7 adet kimyasal etkili maddeye karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir (DARP, 2012). Bu sebeplerden dolayı seçici, biyolojik olarak doğada parçalanabilen ve hedef olmayan organizmalara karşı daha az olumsuz etkisi bulunan bitkisel ekstraktlar kırmızı örümceklerin mücadelesi için iyi bir alternatif haline gelmektedir (Isman, 2000).

Bitkilerden elde edilen ve zararlı türlere karşı kullanılma potansiyeli olduğu belirlenen farklı ekstraktların *T. urticae*  zerine toksik etkilerinin yanı sıra repellent ve ovisidal etkilerinin de incelendiği çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Wang ve ark., 2007; Erdoğan ve ark., 2010; Kumral ve ark., 2010; Yanar ve ark., 2011; Erdoğan ve ark., 2012; Motazedian ve ark., 2012; Derbalah ve ark., 2013; Ghaderi ve ark., 2013; Yorulmaz Salman ve ark., 2014; 2015; Akyazı ve ark., 2015; Vicentini ve ark., 2015; Kasap ve ark., 2016; Kök ve ark., 2016; Pavela, 2016; Kasap ve Kök, 2019). Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar göz önüne alındığında pestisitlerin hem insan sağlığı hem de evre üzerindeki gittikçe artan ciddi zararlı etkilerinden dolayı alternatif mücadele yöntemlerinin başında gelen bitkilerden elde edilen ekstraktlar olduk-

ça umut vaat edici sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda bitkilerden elde edilen ekstraktların insektisit özelliklerinin yanı sıra diğer etkilerini de ortaya çıkarabilmek için bu çalışmada tere (*Lepidium sativum* L.), roka (*Eruca vesicaria* Mill.), yarpuz (*Mentha pulegium* L.), fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ekstraktlarının *T. urticae*'nin yumurtaları ve ergin dişileri üzerine ovisidal ve repellent etkileri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Denemelerde Kullanılan *T. urticae* Bireylerinin Yetiştirilmesi

Ovisidal ve repellent etki denemelerinde kullanılan *T. urticae* stok kültürünün elde edilmesi amacıyla bireyler Çanakkale ilindeki tarım alanlarından toplandıktan sonra 25 ± 2 °C, % 70 ± 10 orantılı nem ve 16:8 ışıklandırma süresine ayarlı iklimlendirme odasında fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisi üzerinde yetiştirilmiştir. Denemelerde kullanılabilmesi amacıyla *T. urticae* popülasyonunun en az iki nesil boyunca belirtilen şartlarda çoğalması sağlanmıştır. Daha sonra elde edilen stok kültür üzerinden denemelerde kullanılan *T. urticae*'ye ait ergin dişi bireyler ve yumurtalar elde edilmiştir.

2.2. Bitkisel Ekstraktlarının Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan biberiye (*R. officinalis*), fesleğen (*O. basilicum*) ve yarpuz (*M. pulegium*) ekstraktları Telci ve ark. (2010)'un uyguladığı yöntem modifiye edilerek elde edilmiştir. Bu yönteme göre bitkiler serin ve gölge alanlarda sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra 50'şer gr kuru örnek üzerine 500 ml saf su eklenerek Neo-Clevenger cihazına alınmış ve 2-6 saat süreyle distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonunda elde edilen ekstraktlar cam şişeler içerisinde +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Roka (*E. vesicaria*) ve tere (*L. sativum*) ekstraktlarının elde edilmesinde Gökçe ve ark. (2007)'nin yöntemi değiştirilerek uygulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kurutulduktan sonra toz haline getirilen bitkilerden 100'er gr kuru örnek erlenmayer içerisinde çözücü kullanılarak 48 saat süre ile çalkalayıcıda bekletildikten sonra önce ince bir tül daha sonra filtre (Whatman No 1) kağıdından süzülerek posasının uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen karışımdaki çözücü yatık tip rotary evaporatör ile uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen ekstraktlar cam şişeler içerisinde +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Elde edilen bitkisel ekstraktlar %0.3 Tween 20 içeren saf su içerisinde seyreltilerek manyetik karıştırıcıda %1, %6 ve %12 konsantrasyonları hazırlanmıştır. Kontrol gruplarında da %0.3 Tween 20 içeren saf su kullanılmıştır.

2.3. Bitkisel Ekstraktların *T. urticae* Yumurtaları Üzerine Ovisidal Etkisi

Bitkisel ekstraktların ovisidal etkisini belirlemek amacıyla Akyazı ve ark. (2015)'nin uyguladığı yöntem temel alınarak ekstraktların %1, %6 ve %12'lik konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 3 cm çapındaki fasulye yaprak diskleri üzerinde 10 adet ergin dişi *T. urticae* bırakılmış ve yumurta bırakmaları için 24 saat süre ile beklenmiştir. Bu süre sonunda ergin bireyler ve fazla olan yumurtalar yaprak diskleri üzerinden uzaklaştırılmış ve son olarak 25 adet yumurta kalması sağlanmıştır. *T. urticae* yumurtası bulunan yaprak diskleri ekstraktların farklı konsantrasyonlarına 5 sn süre ile daldırılmış ve daha sonra oda sıcaklığında kuruması için beklenmiştir. Daha sonra diskler tabanında nemlendirilmiş pamuk bulunan plastik petri-ler alınarak denemeler başlatılmıştır. Denemeler 5 tekerrür olarak yürütülmüş olup kontrol gruplarında %0.3 Tween 20 içeren saf su kullanılmıştır. Sayımlar 10 gün sonunda yapılarak açılmayan yumurtalar ölü olarak değerlendirilmiştir.

2.4. Bitkisel Ekstraktların *T. urticae* Ergin Dişi Bireyleri  zerine Repellent Etkisi

Bitkisel ekstraktların *T. urticae* ergin dişi bireyleri üzerindeki repellent etkisi Akyazı ve ark. (2015)'nin uyguladığı yöntem esas alınarak belirlenmiştir. Ekstraktların *T. urticae* ergin dişileri üzerindeki repellent etkisini belirlemek amacıyla ekstraktların %1, %6, %12 konsantrasyonları Akyazı ve ark. (2015)'nin kullandığı yönteme göre uygulanmıştır. Bu doğrultuda 3 cm çapındaki fasulye yaprak disklerinin yarısı ekstraktların farklı konsantrasyonlarına 5 sn süre ile daldırıldıktan oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan yaprak disklerinin diğer yarısı da %0.3 Tween 20 içeren saf suya aynı yöntemle daldırıldıktan sonra kuruması beklenmiştir. Kuruyan yaprak diskleri taban kısmında nemlendirilmiş pamuk bulunan plastik pet-riler içerisinde yaprağın alt yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra 10 adet ergin dişi *T. urticae* bireyleri yaprağın ekstraktlar ve saf suyun uygulandığı orta sınır noktasına bırakılmış ve 2, 6, 24, 48, 72, 96 saat sonra kontrol edilerek yaprak diskinin hangi tarafında bulunduğu kaydedilmiştir. Repellent etki denemeleri 5 tekerrür olacak şekilde y r t lm ştir.

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen verilerle MiniTab 17 programında istatistik olarak değerlendirilmiştir. Repellent etki denemelerinden elde edilen sonuçlar Obeng-Ofori ve ark. (1997) tarafından geliştirilen % repellent etki indeksine $[\text{Repellent etki (\%)} = \frac{[(Nc-Nt)}{(Nc+Nt)}] \times 100$ (Nc: kontrol yönüne giden birey sayısı; Nt: uçucu yağ veya bileşen yönüne giden birey sayısı)] göre hesaplanmıştır. Elde edilen ham veriler varyans analizine tabi tutulmuş (One-Way ANOVA) ve her ekstrakt için uygulanan konsantrasyonlar kendi aralarında karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Farklı bulunan değerlere Tukey Testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Tere (*L. sativum*), roka (*E. vesicaria*), yarpuz (*M. pulegium*), fesleğen (*O. basilicum*) ve biberiye (*R. officinalis*) bitkilerinden elde edilen ve farklı konsantrasyonları kullanılan ekstraktların *T. urticae*'nin ergin dişi bireylerinin bıraktığı yumurtalar üzerindeki ovisidal etkilerinin farklı oranlarda olduğu tespit edilmiştir. En düşük ovisidal etki genellikle ekstraktların en düşük konsantrasyonlarında elde edilirken en yüksek ovisidal etki ise ekstraktların en yüksek (%12) konsantrasyonlarında tespit edilmiştir. *E. vesicaria*'nın %1 konsantrasyonunda ovisidal etki %11.2 olarak belirlenmiş ve *R. officinalis*'in %12 konsantrasyonunda ise %85.6 olarak tespit edilmiştir (P<0,05). Test edilen tüm ekstraktların her birinin kendi içerisinde farklı konsantrasyonları arasında istatistik olarak fark olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Bt n ekstraktlarda konsantrasyonların artışıyla birlikte ovisidal etkide de artış olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada test edilen bt n ekstraktların *T. urticae*'nin yumurtaları üzerinde önemli oranda ovisidal etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların farklı konsantrasyonlarının göstermiş olduğu ovisidal etkiler  izelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bitki ekstraktlarının *T. urticae* yumurtaları üzerine ovisidal etkisi (ort.±s.h.)

Konsantrasyon (%)	<i>Lepidium sativum</i>	<i>Eruca vesicaria</i>	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	Ovisidal Etki (%)	Ovisidal Etki (%)	Ovisidal Etki (%)	Ovisidal Etki (%)	Ovisidal Etki (%)
1	20.0±2.83 c	11.2±1.79 c	32.0±4.00 b	32.0±2.83 c	52.8±5.22 c
6	34.4±2.19 b	21.6±2.19 b	62.4±2.19 a	44.8±3.35 b	65.6±6.07 b
12	56.8±3.35 a	37.6±2.19 a	68.0±4.00 a	65.6±3.58 a	85.6±8.29 a

*Aynı sütunda ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0,05).

Farklı bitkilerden elde edilen ekstraktların *T. urticae* yumurtaları üzerindeki ovisidal etkilerini inceleyen önceki çalışmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Akyazı ve ark. (2015) *Prunus laurocerasus* L. (Rosaceae) bitkisinden elde edilen yaprak, çiçek ve tohum ekstraktlarının *T. urticae*'nin yumurtaları üzerindeki ovisidal etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada en düşük ovisidal etki çiçek ekstraktının %1 konsantrasyonunda elde edilirken, en yüksek ovisidal etki ise tohum ekstraktının %10 konsantrasyonunda elde edilmiştir. Çalışmada test edilen bitkinin farklı kısımlarından elde edilen ekstraktlarda doz arttıkça etki oranında da artışlar olduğu bildirilmiştir. Yorulmaz Salman ve ark. (2014) *Salvia officinalis* L. ve bu çalışmada da kullanılan *R. officinalis* bitkilerinden elde edilen ekstraktların *T. urticae* yumurtaları üzerindeki ovisidal etkilerini araştırdıkları çalışmalarında ekstraktların %1, %3, %6 ve %12 konsantrasyonlarını test etmişlerdir. Çalışma sonucunda %12 konsantrasyonda *S. officinalis* ekstraktının %30.2, *R. officinalis* ekstraktının ise %82.2 ovisidal etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar *R. officinalis* için bu çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada *R. officinalis* ekstraktının uygulandığı testlerde 10 gün sonra yapılan sayımlarda aynı konsantrasyonda %85.6 oranında ovisidal etki tespit edilmiştir. Ghaderi ve ark. (2013) tarafından yürütülen diğer çalışmada *Anisoscium orientale* DC., *Ptelea viscosa* L., *Scaligeria meifolia* Boiss. ve *Trigonella elliptica* Boiss. bitkilerinden elde edilen ekstraktların *T. urticae* yumurtaları üzerindeki ovisidal etkisi incelenmiştir. Çalışmada en yüksek ovisidal etkinin *S. meifolia* testlerinde belirlendiği ve bunu diğer ekstraktların izlediği bildirilmiştir. Sonuç olarak test edilen bütün ekstraktların yüksek ovisidal etkilerinin olduğu rapor edilmiştir.

Diğer taraftan bu çalışmada, farklı bitkilerden elde edilen ekstraktların %1, %6 ve %12 konsantrasyonlarının 2, 6, 24, 48 ve 72. saatlerde iki noktalı kırmızıörümcek, *T. urticae*'nin ergin dişi bireyleri üzerindeki repellent etkisi belirlenmiştir. Repellent etki testleri sonucunda farklı dozlarda ve farklı sürelerde uygulanan ekstraktların farklı oranlarda etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tere (*L. sativum*) bitkisinden elde edilen ekstraktın uygulanan konsantrasyonlarda farklı oranlarda etki gösterdiği ancak konsantrasyonlar arasında istatistik olarak herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir (P<0,05). Ekstraktın gösterdiği repellent etkinin süre ile birlikte artış gösterdiği en yüksek etkiyi ise 24. saat sonunda gösterdikten sonra sürenin ilerlemesiyle birlikte etkinin de azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Roka (*E. vesicaria*)'dan elde edilen ekstraktın farklı saatlerde yapılan sayımlarında farklı dozları arasında genellikle istatistik olarak herhangi bir fark gözlenmezken 24. saat sonunda yapılan sayımlarda en yüksek repellent etkinin ekstraktın %12 konsantrasyonunda belirlendiği ve dozlar arasında istatistik olarak fark olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Ekstraktın repellent etkisinin *L. sativum*'da olduğu gibi 24. saate kadar süre artışıyla birlikte arttığı ve bu süreden sonra ise azalma gösterdiği gözlenmiştir. *O. basilicum*'dan elde edilen farklı zamanlarda farklı konsantrasyonlarında yapılan sayımlarda dozlar arasında genellikle istatistik olarak farklar olduğu belirlenmiştir. En yüksek repellent etki 24. saat sonunda yapılan sayımda ekstraktın %12 konsantrasyonunda elde edilmiş ve uygulama dozlarının istatistik olarak farklı gruplarda yer aldığı gözlenmiştir (P<0,05).

Benzer sonuçlar *M. pulegium*'dan elde edilen ekstraktın testlerinde de elde edilmiştir. Bu testlerde genellikle uygulama dozlarının artmasıyla birlikte repellent etkide de artışlar olduğu tespit edilmiştir. En yüksek repellent etki 24. saat sonunda yapılan sayımlarda %12 konsantrasyonunda elde edilirken bu saatte yapılan sayımlarda uygulama dozlarının istatistik olarak farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu süreden sonra yapılan sayımlarda repellent etkinin zaman ilerledikçe azalma gösterdiği tespit edilmiştir. *R. officinalis*'den elde edilen ekstraktın farklı zamanlarda farklı konsantrasyonlarının değerlendirildiği testlerde genellikle konsantrasyonların istatistik olarak farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Repellent etki testlerinde 24. saat sonunda yapılan sayımlarda en yüksek etki ekstraktın %12 konsantrasyonunda elde edilmiş ve bu sürede konsantrasyonların istatistik olarak farklı gruplarda yer aldığı gözlenmiştir ($P<0,05$). Diğer ekstraktlarda olduğu belirli bir süreden sonra repellent etkide azalma olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların farklı konsantrasyonlarının göstermiş olduğu repellent etkiler izelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bitki ekstraktlarının *T. urticae* ergin dişileri üzerine repellent etkisi (ort. \pm s.h.)

Ekstrakt	Kons. (%)	2. Saat Etki (%)	6. Saat Etki (%)	24. Saat Etki (%)	48. Saat Etki (%)	72. Saat Etki (%)	96. Saat Etki (%)
<i>Lepidium sativum</i>	1	28.0 \pm 10.95 a	48.0 \pm 10.95 a	56.0 \pm 8.94 a	48.0 \pm 10.95 a	40.0 \pm 14.14 a	28.0 \pm 17.89 a
	6	36.0 \pm 8.94 a	40.0 \pm 0.00 ab	44.0 \pm 8.94 a	48.0 \pm 10.95 a	36.0 \pm 16.73 a	40.0 \pm 14.14 a
	12	24.0 \pm 8.94 a	32.0 \pm 10.95 b	56.0 \pm 8.94 a	44.0 \pm 8.94 a	28.0 \pm 10.95 a	24.0 \pm 8.94 a
<i>Eruca vesicaria</i>	1	12.0 \pm 10.95 a	24.0 \pm 8.94 a	36.0 \pm 8.94 b	40.0 \pm 0.00 a	24.0 \pm 8.94 a	8.0 \pm 10.95 a
	6	24.0 \pm 8.94 a	32.0 \pm 10.95 a	44.0 \pm 8.94 ab	44.0 \pm 8.94 a	24.0 \pm 10.95 a	16.0 \pm 16.73 a
	12	28.0 \pm 10.95 a	32.0 \pm 10.95 a	56.0 \pm 8.94 a	52.0 \pm 10.95 a	28.0 \pm 10.95 a	20.0 \pm 14.14 a
<i>Ocimum basilicum</i>	1	32.0 \pm 10.95 a	32.0 \pm 10.95 b	44.0 \pm 16.73 b	24.0 \pm 8.94 b	22.2 \pm 10.66 b	20.0 \pm 20.00 a
	6	44.0 \pm 8.94 a	52.0 \pm 10.95 b	63.5 \pm 16.76 ab	62.7 \pm 25.10 a	34.7 \pm 8.69 b	40.0 \pm 20.00 a
	12	48.0 \pm 10.95 a	80.0 \pm 14.14 a	83.1 \pm 9.51 a	63.1 \pm 15.68 a	68.0 \pm 10.95 a	32.0 \pm 10.95 a
<i>Mentha pulegium</i>	1	12.0 \pm 10.95 b	32.0 \pm 10.95 b	42.2 \pm 14.65 b	25.3 \pm 7.30 c	22.7 \pm 5.96 b	12.0 \pm 10.95 b
	6	16.0 \pm 16.73 b	24.0 \pm 8.94 b	55.1 \pm 8.66 b	50.2 \pm 9.50 b	28.0 \pm 10.95 b	16.0 \pm 8.94 ab
	12	52.0 \pm 10.95 a	72.0 \pm 10.95 a	84.0 \pm 8.94 a	72.0 \pm 17.89 a	67.1 \pm 17.17 a	36.9 \pm 17.89 a
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	16.0 \pm 16.73 b	36.0 \pm 8.94 c	48.0 \pm 10.95 b	32.0 \pm 10.95 b	24.0 \pm 8.94 b	28.0 \pm 10.95 a
	6	28.0 \pm 10.95 b	60.0 \pm 14.14 b	64.0 \pm 8.94 b	52.0 \pm 10.95 a	44.0 \pm 8.94 a	28.0 \pm 10.95 a
	12	52.0 \pm 10.95 a	88.0 \pm 10.95 a	92.0 \pm 10.95 a	64.0 \pm 8.94 a	60.0 \pm 14.14 a	40.0 \pm 14.14 a

*Aynı stnda ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Genel olarak bu çalışmada farklı srelerdeki repellent etkisi incelenen ekstraktların farklı dozlarının uygulandığı testlerde, en yüksek repellent etkinin ekstraktların %12 konsantrasyonlarında elde edildiği belirlenmiştir. Uygulamalardan sonra farklı sürelerde yapılan sayımlarda repellent etkinin genellikle 24. saate kadar önemli oranda artış gösterdiği ve bu süreden sonra azalma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bitkilerden elde edilen ekstraktların tarımsal zararlılar üzerindeki insektisit etkisini inceleyen çalışmaların yanı sıra son yıllarda repellent etkileri üzerine de çalışmalar yürütülmektedir. Kheradmand ve ark. (2015) alışmalarında karanfil (*Syzygium aromaticum* Thun. var. Nelson) (Myrtaceae), kimyon (*Cuminum cyminum* L. var. Kerman) (Apiaceae) ve nane (*Mentha spicata* L. var. Crispa) (Lamiaceae)'den elde edilen ekstraktların *T. urticae* zerine etkilerini incelemişlerdir. Test sonuçlarına göre en yüksek repellent etki sırasıyla karanfil, nane ve kimyon ekstraktlarından elde edilmiş ve konsantrasyon arttıkça repellent etkinin artış gösterdiği vurgulanmıştır. Benzer sonuç bu çalışmada da ortaya çıkmış ve genellikle konsantrasyon artışı ile birlikte repellent etkide de artış gözlenmiştir. Yeşilayer ve Aslan (2018) Labiatae (Lamiaceae) cinsine bağlı *Origanum onites* L., *O. vulgare* L., *O. majorana* L., *Thymbra spicata* ve *Thymus vulgaris* L., kekik türlerinin ekstraktlarının *T. urticae*'ye karşı repellent etkilerini incelemişlerdir. Repellent etki testleri sonucunda 24 saat sonra yapılan sayımlarda ekstraktların %71.5 ile %98.4 arasında değişen oranlarda etki gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca *T. urticae* zerindeki en yüksek repellent

etkiyi *O. onites* ekstraktının gösterdiği bildirilmiştir. Yorulmaz Salman ve ark. (2015) *T. urticae*'nin nimf ve ergin bireyleri üzerine *Hyssopus officinalis* L., *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel., *Rosmarinus officinalis* L. ve *Salvia officinalis* L. ekstratlarının repellent etkisini incelemişlerdir. Repellent etki testlerinin sonucunda ekstraktların nimflere karşı erginlere göre daha yüksek etki gösterdiği bildirilmiştir. Nimflerde yapılan sayımlarda en yüksek etki genellikle bütün ekstraktlar için en yüksek doz olan 10 ml/l'de elde edilirken erginlerde ise en yüksek repellent etki *H. officinalis* ve *L. intermedia* ekstraktının aynı dozunda belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada kullanılan bitkilerden elde edilen ekstraktların *T. urticae*'nin hem nimf hem de ergin dönemleri üzerine önemli oranda repellent etki gösterdiği bildirilmiştir. Yürütülen mevcut çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak *R. officinalis* ekstraktının %12 konsantrasyonunun ergin *T. urticae*'lere karşı önemli oranda repellent etki gösterdiği tespit edilmiştir. Mozaffari ve ark. (2013) bu çalışmada da kullanılan *M. pulegium* ekstraktının *T. urticae* üzerine farklı etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ekstraktın farklı konsantrasyonları test edilmiş olmasına rağmen konsantrasyonlar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Yürüttüğümüz mevcut çalışmada ise 24 saat sonra yapılan sayımlarda *M. pulegium* ekstraktının en yüksek repellent etkisi %12 konsantrasyonunda elde edilirken dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bunun durumun ise çalışmalarda test edilen dozların birbirinden önemli oranda farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kök ve ark. (2016) tarafından yürütülen diğer çalışmada ise ülkemizde çay ağacı olarak da bilinen *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae)'dan elde edilen Fungatol ve Gamma-T-ol ekstraktlarının farklı konsantrasyonlarının *T. urticae* üzerindeki repellent etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda her iki ekstraktın da 2 ve 24 saat sonra yapılan sayımlarda önemli oranlarda repellent etki gösterdiği ve sürenin ilerlemesiyle de etkinin azaldığı bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda da benzer sonuçlar gözlenmiş olup testlerde kullandığımız ekstraktların repellent etkilerinin 24. saate kadar artış gösterdikten sonra sürenin ilerlemesiyle azalma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada test edilen tere (*L. sativum*), roka (*E. vesicaria*), yarpuz (*M. pulegium*), fesleğen (*O. basilicum*) ve biberiye (*R. officinalis*) bitkilerinden elde edilen farklı konsantrasyonlardaki bitkisel ekstraktların hem dünya hem de ülkemizde önemli tarımsal zararlılardan biri olan *T. urticae* üzerine yüksek oranda repellent ve ovisidal etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Tarımsal üretimde zararlılar ile mücadele amacıyla yoğun olarak kullanılan pestisitlerin insan sağlığı ve çevre üzerine artan ve geri dönülemez seviyelere ulaşan olumsuz etkileri göz önüne alındığında, bu kimyasallara karşı alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkan bitkisel ekstraktların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçların *T. urticae* üzerine önemli etkileri olduğu tespit edilen bitkisel ekstraktların geliştirilerek tarımsal üretimde daha yaygın kullanılmasına, insan ve çevre sağlığına duyarlı mücadele yöntemlerinin kazanılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2016-926. Desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akyazı R., Soysal M., Hassan E., 2015. Toxic and Repellent Effects of *Prunus laurocerasus* L. (Rosaceae) Extracts against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Turkish Journal of Entomology, 39(4): 367-380.
- DARP 2012. 10 October 2019. Database of Arthropods Resistance to Pesticides.
<http://www.pesticideresistance.org/DB/index.html>
- Derbalah A.S., Keratrum A.Y., El-Dewy M.E., El-Shamy E.H., 2013. Efficacy of Some Insecticides and Plant Extracts against *Tetranychus urticae* under Laboratory Conditions. Egyptian Journal of Plant Protection Research, 1(3): 47-69.
- Erdoğan E., Saltan G., Sever B., 2010. Acı Biber (*Capsicum annum* L.) Ekstraktının İki Noktalı Kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae)'ye Akarisit Etkisi. Bitki Koruma B lteni, 50: 35-43.
- Erdoğan P., Yıldıırım A., Sever B., 2012. Investigations on the Effects of Five Different Plant Extracts on the Two- Spotted Mite, *Tetranychus urticae* Koch. (Arachnida: Tetranychidae). Psyche, 2012: 1-5.
- Ghaderi S., Minaei K., Rowshan V., Mohammad G., 2013. Toxicity and Ovicidal Activity of Different Plant Extracts on Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Archiv f r Phytopathologie und Pflanzenschutz, 46(1): 120-126.
- G k e A., Whalon M.E.,  am H., Yanar Y., Demirtaş İ., G ren N., 2007. Contact and Residual Toxicities of 30 Plant Extracts to Colorado Potato Beetle Larvae. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 40(6): 441-450.
- Isman M.B., 2000. Plant Essential Oils for Pest and Disease Management. Crop Protection, 19: 603-608.
- Isman M.B., 2006. Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
- Isman M.B., Miresmailli S., Machial C., 2011. Commercial Opportunities for Pesticides based on Plant Essentials Oils in Agriculture, Industry and Consumer Products. Phytocchemistry Reviews, 10: 197-204.

- Kasap İ., Kök Ş., 2019. Bazı Bitki Ekstraktlarının İki Noktalı Kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch Üzerine İsektisit Etkisinin Belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1): 137-144.
- Kasap İ., Kök Ş., Hassan E., 2016. Effect of Fungatol and Gamma-T-ol from *Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Turkish Journal of Entomology, 40(2): 117-123.
- Kheradmand K., Beynaghi S., Asgari S., Sheykhi Garjan A., 2015. Toxicity and Repellency Effects of Three Plant Essential Oils Against Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 1223-1232.
- Koul O., 2005. Insect Antifeedants. CRC Press, 1005 pp. Florida.
- Kök Ş., Erdoğan A., Koyun A., Kasap İ., 2016. *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae)'dan Elde Edilen Fungatol ve Gamma-T-ol Ekstraktlarının Laboratuvar Koşullarında *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)'ye Karşı Repellent Etkisi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1): 93-98.
- Kumral N.A., Çobanoğlu S., Yalçın C., 2010. Acaricidal, Repellent and Oviposition Deterrent Activities of *Datura stramonium* L, against Adult *Tetranychus urticae* (Koch). Journal of Pest Science, 83: 173-180.
- Laborda R., Manzano I., Gamónb M., Gavidiac I., Pérez-Bermúdezc P., Boluda R., 2013. Effects of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* Essential Oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Industrial Crops and Products. 48: 106-110.
- Miresmailli S., Isman M.B., 2006. Efficacy and Persistence of Rosemary Oil as an Acaricide against Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) on Greenhouse Tomato. Journal of Economic Entomology, 99: 2015-2023.
- Motazedian N., Ravan S., Bandani A.R., 2012. Toxicity and Repellency Effects of Three Essential Oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Journal of Agricultural Science and Technology, 14: 275-284.

- Mozaffari F., Abbasipour H., Sheikhi Garjan A., Saboori A., Mahmoudvand M., 2013. Toxicity and Oviposition Deterrence and Repellency of *Mentha pulegium* (Lamiaceae) Essential Oils against *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae). *TEOP*, 16(5): 575-581.
- Obeng-Ofori D., Adler C., Reichmuth C., 1997. Toxicity and Repellency of 1,8-cineole, Eugenol and Camphor against Stored Product Insects. *Mitteilungen Der DGaaE*, 11(1-6): 259-264.
- Pavela R., 2016. Acaricidal Properties of Extracts of Some Medicinal and Culinary Plants against *Tetranychus urticae* Koch. *Plant Protection Science*, 52(1): 54-63.
- Regnault-Roger C., Vincent C., Arnason J.T., 2012. Essential Oils in Insect Control: Low-risk Products in A High-Stakes World. *Annual Review of Entomology*, 57: 405-424.
- Stumpf N., Zebitz C.P.W., Kraus W., Moores G.D., Nauen R., 2001. Resistance to Organophosphates and Biochemical Genotyping of Acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pest Biochemistry and Physiology*, 69: 131-142.
- Telci I., Demirtas I., Bayram E., Arabacı O., Kaçar O., 2010. Environmental Variation on Aroma Components of Pulegone/Piperitone Rich Spearmint (*Mentha spicata* L.). *Industrial Crops and Products*, 32: 588-592.
- Vicentini V.B., Pratisoli D., de Queiroz V.T., Costa A.V., Pinheiro P.F., Zinger F.D., Rondelli V.M., 2015. Ethanol Extract of *Cymbopogon winterianus* on Mortality and Number of Eggs of *Tetranychus urticae*. *Ciência Rural*, Santa Maria, 45(7): 1154-1159.
- Wang Y.N., Shi G.L., Zhao L.L., Liu S.Q., Yu T.Q., Clarke S.R., Sun J.H., 2007. Acaricidal Activity of *Juglans regia* Leaf Extracts on *Tetranychus viennensis* and *Tetranychus cinabarinus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 100(4): 1298-1303.
- Yanar D., Kadioglu I., Gokce A., 2011. Acaricidal Effects of Different Plant Parts Extracts on Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch). *African Journal of Biotechnology*, 10(55): 11745-11750.
- Yeşilayer A., Aslan H.N., 2018. Bazı Kekik Türlerinden Elde Edilen Uçucu Yağların İki Noktalı Kırmızı rmcek (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) zerine Repellant Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2): 13-20.

Yorulmaz Salman S., Saritas S., Kara N., Ay R., 2014. Acaricidal and Ovicidal Effects of Sage (*Salvia officinalis* L.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) (Lamiaceae) Extracts on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Journal of Agricultural Science, 20: 358-367.

Yorulmaz Salman S., Saritas S., Kara N., Aydinli F., Ay R., 2015. Contact, Repellency and Ovicidal Effects of Four Lamiaceae Plant Essential Oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). TEOP, 18(4): 857-872.

Zhang Z., 2003. Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control. CABI Publishing, Cambridge, PP. 54–61.