



KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
UNIVERSITY



11 Cilt **1** Sayı **2018** Temmuz
Volume Issue July

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

e-ISSN: 2587 2389

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

E-Mail : kaufbed@kafkas.edu.tr



T. C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

KAFKAS UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

Cilt: 11

Sayı: 1

Temmuz 2018

Volume: 11

Number: 1

July 2018

e-ISSN: 2587-2389

Kafkas Üniv. Fen Bil. Enst. Derg (Kafkas Univ. Inst. of Nat. and Appl. Sci. J.)

Cilt: 11 Sayı: 1, Temmuz 2018 (Volume: 11 Number: 1, July 2018)

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

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

Dergi Sahibi / Owner

Prof. Dr. Sami ÖZCAN

Kafkas Üniversitesi Rektörü

Sorumlu Müdür / Director

Doç. Dr. Fikret AKDENİZ

Editör / Editor

Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK

Editör Yardımcıları / Associate Editors

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Veysel NEZİR	Matematik Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Nilgün GÜNBAŞ	Matematik Eğitimi Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Sündüs YERDELEN	Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı

Yayın Kurulu

ANABİLİM DALI	KURUMU
<u>Matematik Anabilim Dalı</u>	
Prof. Dr. Gabil YAGUB	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAĞLAR	Kafkas Üniversitesi
<u>Kimya Anabilim Dalı</u>	
Prof. Dr. Haydar YÜKSEK	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Turan TEKEŞ	Kafkas Üniversitesi
<u>Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı</u>	
Prof. Dr. Muzaffer ALKAN	Kafkas Üniversitesi
<u>Biyoloji Anabilim Dalı</u>	
Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Doğan İLHAN	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Duygu TANRIKULU	Kafkas Üniversitesi
<u>Biyomühendislik Anabilim Dalı</u>	
Dr. Öğr. Üyesi Evren KOÇ	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Özkan ÖZDEN	Kafkas Üniversitesi
<u>Fizik Anabilim Dalı</u>	
Dr. Öğr. Üyesi Güventürk UĞURLU	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ERTAP	Kafkas Üniversitesi
<u>Makine Mühendisliği Anabilim Dalı</u>	
Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN	Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi M. Arslan OMAR	Kafkas Üniversitesi
<u>Kimya Mühendisliği</u>	
Dr. Öğr. Üyesi Sevilay Demirci	Kafkas Üniversitesi

Yazışma Adresi

(Address for Correspondence)

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

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

Önemli Not:

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

**Danışma Kurulu
(Advisor Board)**

Prof. Dr. Abdullah HASBENLİ Gazi Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Adem BIÇAKÇI Uludağ Üniversitesi, Bursa
Prof. Dr. Ahmet AKSOY Akdeniz Üniversitesi, Antalya
Prof. Dr. Ahmet ALTINDAG Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Atilla YILDIZ Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. David. W. STANLEY Agricultural Research Service, USA
Prof. Dr. Esabi Başaran KURBANOĞLU Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Halit ORHAN Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Kamil KOÇ Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Mustafa SÖZEN Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
Prof. Dr. Nizami MUSTAFA Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Ö. Köksal ERMAN Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Ömür DEVECİ Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Ramazan SEVER ODTÜ, Ankara
Prof. Dr. Refige SOLTAN Selçuk Üniversitesi, Konya
Prof. Dr. Serap AKSOY Yale University, USA
Prof. Dr. Ten FEIZI Imperial College of science, UK
Prof. Dr. Vaqif FERZELİYEV Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi, Bakü
Prof. Dr. Yaşar ÖNEL University of Iowa, USA
Prof. Dr. Yüksel KELEŞ Mersin Üniversitesi, Mersin
Doç. Dr. Aycan TOSUNOĞLU Uludağ Üniversitesi, Bursa
Doç. Dr. Erhan DENİZ Kafkas Üniversitesi, Kars

Doç. Dr. Ferruh AŞCI Afyonkocatepe Üniversitesi, Afyon
Doç. Dr. Fikret AKDENİZ Kafkas Üniversitesi, Kars
Doç. Dr. İlhami GÖK Kafkas Üniversitesi, Kars
Doç. Dr. Mustafa YÜKSEK Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Buğra AKBABA Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Evren KOÇ Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ERTAP Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KAPLAN Niğde Üniversitesi, Niğde
Dr. Öğr. Üyesi Murat BEYTUR Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa SERTÇELİK Kafkas Üniversitesi, Kars
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÖNEN Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Pınar AKSU KILIÇLE Kafkas Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Veysel NEZİR Kafkas Üniversitesi, Kars
Asistant Prof. Dr. Greg GOSS University of Alberta, Department of Biological
Science, Canada
Assoc. Prof. Dr. Antonin LOJEK Academy of Sciences, Czech Republic.
Assoc. Prof. Dr. Pavel HYRSL Masaryk University Czech Republic

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)		Sayfalar/Pages
1	Determination of The Copper Accumulation in The Nest Materials of <i>Polistes dominulus</i> and <i>Polistes nimpha</i> (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) <i>Filiz Şeker, Nil Bağrıaçık</i>	1 - 5
2	Trakya Bölgesi, Hayrabolu Havzasında Akiferin Kirlenmeye Karşı Duyarlılığının DRASTIC ve DRASTIC-AHP Yöntemleri ile Haritalanması <i>Orhan Arkoç</i>	6 - 22
3	Deterjanların Gediz Nehrinde Biyolojik Parçalanabilirliği <i>Orkide Minareci, Zeynep IŞIKTAŞ</i>	23 - 28
4	Concentration of Residual Chlorine and Its Health Effects on The Drinking Water of The Kirkuk City <i>Yawooz Hameed MAHMOOD, Baraa Mohammed Ibrahim Al-HILALI, Afrah T. KALAF</i>	29 - 37
5	Gönen (Balıkesir) atmosferinin Polen Spektrumu <i>Aycan Tosunoglu, Hanife Akyalcin, Adem Bicakci</i>	38 - 46
6	Bu Sayının Hakem Listesi	47



Determination of The Copper Accumulation in The Nest Materials of *Polistes dominulus* and *Polistes nimpha* (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae)

Filiz ŞEKER, Nil BAĞRIAÇIK*

Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Sciences And Arts, Department of Biology, Niğde, Turkey.

(İlk Gönderim / Received: 10. 10. 2017, Kabul / Accepted: 08. 07. 2018, Online Yayın / Published Online: 18. 07. 2018)

Keywords:

Copper accumulation,
Polistes dominulus,
Polistes nimpha

Abstract: Social insects can be used as bioindicators of environmental quality. The trace metals, heavy metals, radioactivity, pesticides, environmental pollutants have been monitored by using social wasps. The species of Polistinae build up their nest in nature by collecting various organic and inorganic materials from surrounding areas. The idea of this study was to detect the accumulation of copper as environmental pollutant on native species. The nest materials belonging to two species *Polistes nimpha* and *Polistes dominulus* were collected from Adana in Çukurova Region that is one of the very important agriculture areas in Turkey and analyzed through flame atomic absorption spectrometric methods. The amount of copper was found in the nests of *P. nimpha* and *P. dominulus* which was changed from 2.03 to 6.68 $\mu\text{g.g}^{-1}$. It is believed that this accumulation is due to applications of copper-containing pesticides. Overall analyses of findings indicated that composition of the nests of *Polistes* might be evaluated as biomonitor for copper pollution.

Polistes dominulus ve *Polistes nimpha*'nın Yuva Materyalinde Bakır Birikiminin Tespiti (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae)

Anahtar Kelimeler

Bakır birikimi,
Polistes dominulus,
Polistes nimpha

Özet: Sosyal böcekler çevre kalitesinin biyoindikatörleri olarak kullanılabilirler. İz elementleri, ağır metaller, radyoaktivite, pestisitler, çevre kirleticiler sosyal arılar kullanılarak tespit edilebilir. Polistinae türleri doğada yuvalarını civardan topladıkları çeşitli organik ve inorganik materyaller ile inşa ederler. Bu çalışmanın amacı doğal türlerde çevre kirleticisi olan bakır birikiminin tespit edilmesidir. Türkiye'nin en önemli tarım bölgesi olan Çukurova'nın Adana ilinden toplanan *Polistes nimpha* ve *Polistes dominulus* türlerine ait yuvalar alevli atomik absorpsiyon spektrometresi metodu ile analiz edildi. *P. nimpha* ve *P. dominulus* yuvalarında bakır miktarının 2.03 – 6.68 $\mu\text{g.g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edildi. Bu birikimin bakır içeren pestisit uygulamalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. *Polistes* türlerinin yuvaları bakır kirliliğinin biyomonitörü olarak kullanılabilir.

*İlgili yazar: nilbagriacik@hotmail.com

1. INTRODUCTION

Insects, occupy different position in food chain, are the important part of the ecosystem. It

is reported that some insects accumulate large amount of metals in their

bodies and result in physiological toxicity (Heliövaara and Väisänen, 1990; Diener et al. 2015). Some predatory insects are used as bioindicators because of high abilities of accumulating metals from the ambient environment (Nummelin et al., 2007). The heavy metal accumulation and their biogeochemical transport in the soil-plant-insect system were clarified (Zhang et al., 2009).

Diptera (Hare and Tessier, 1998), Odonata (Hardersen, 2000) can be used as bioindicators of environmental quality. Metal concentrations in some insects belonging to Orthoptera, Odonata and Lepidoptera collected from industrial areas were evaluated (Azam et al., 2015). The presence of heavy metals in larvae, pupae and adults of the social wasps were examined (Kowalczyk and Watala, 1989; Urbini et al., 2006; Magalhaes de Souza et al., 2010). Possible adverse effects of heavy metal pollution to host plant-aphid relationships were indicated (Gorur, 2006). Hymenoptera species can be successfully used as bioindicators. The honey bee and its products are considered most versatile and efficient biomarkers for environmental pollution (Pohl, 2009; Balestra et al., 1992; Kevan, 1999; Zhelyazkova, 2012). Ants have been used to indicate pollutant concentrations (Andersen and Müller, 2000).

The wasps of the genus *Polistes*, commonly known as paper wasps, have a worldwide distribution in temperate and tropical zones. In temperate zones they are characterized by annual colonies (Cervo, 2000). The *Polistes* colonies in Turkey are univoltin. Their colonies are small with less than 100 workers per colony usually (Bagriacik, 2013). The nests of *Polistes* are arboreal, sometimes in cavities, and consist of a single resinous pedicel and a comb not covered by envelope. The species of *Polistes* prefer long vegetative fibers and plant hairs as nest material (Wenzel, 1998). The species of Polistinae use paper pulps that are obtained from a mixture of oral secretions and plant fibers, to construct their nests (Evans and West Eberhard, 1970). They build up their nest in nature by

using various organic and inorganic materials (Spradbery, 1973). Usually the nests are made of chewed plant fibers from weathered wood and other sources (Jeanne, 1975). Nests occur in or on vegetation, and on manmade structures such as the roofs and eaves of buildings. There are interspecific variations in preferred nesting sites (Evans and West Eberhard, 1970).

The concentration of copper in soils ranges from 2 ppm to 100 ppm (on dry weight basis) with a mean value of 20 ppm. Metals are absorbed by plants from contaminated soil (Naqvil et al., 2014). Copper is an essential micronutrient for normal plant growth and development, although it is also potentially toxic (Yruela, 2005). Cu concentrations in cells need to be maintained at low levels since this element is extremely toxic in view of its high redox properties. Excessive Cu can interfere with numerous physiological processes such as enzyme activity, protein oxidation (Işlek and Türkyılmaz Ünal, 2015).

In this study, the nests of two species *Polistes dominulus* and *Polistes nimpha* collected from Adana province which is one of important agricultural areas in southern part of Turkey were analyzed in respect to copper accumulation. Many chemicals are applied for preventing of pests and plant diseases in this region. The aim of the study was determination of the level of copper as environmental pollutant in the nests as natural structure made by *Polistes* wasps. The copper was analyzed because it is essential microelement for plants and also can accumulate in tissues.

2. MATERIAL AND METHODS

The nests of *Polistes nimpha* and *Polistes dominulus* were collected around Adana province of Turkey in the summer season of 2016. The samples were randomly collected from various areas which represent different habitats and altitudes of Adana province. The nests were mechanically dried in oven at 70°C for 48 h., weighed on microbalance (1g. for each

part of the nests), and digested in a mixture of five milliliters of nitric acid 0.1 M (6:1). Then, 10 ml of the same acid was added and the mixture was made up to 25 ml with distilled water. Four measurements were made for each nest. Each concentration datum is the average of the measurements. 13 nests were analyzed at the laboratory of the Department of Chemistry in Niğde Ömer Halisdemir University through flame atomic absorption spectrometric methods by Shimadzu AA7000.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the nest materials established using the natural materials by wasps were analyzed. The average amounts of copper in the nests of *Polistes* species were determined $5.20 \pm 1.45 \mu\text{g.g}^{-1}$ varying from a minimum of $2.03 \mu\text{g.g}^{-1}$ to a maximum of $6.68 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Table 1). The average amount of copper of the nests of *P. dominulus* and *P. nimpha* were determined $6.05 \pm 0.37 \mu\text{g.g}^{-1}$ and $4.96 \pm 2.21 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectively.

The analysis of measurements was shown that the nest materials including plant fibers contain higher concentrations of copper. Also, copper accumulated in fibrous materials of *P. nimpha* and *P. dominulus* nests. According to Bağriacik (2012) *Polistes nimpha*, *P. gallicus* and *P. dominulus* in Turkey were similar in terms of nest material preference and nest architecture. Long vegetable fibers, plant hairs and inorganic particles were observed in the nests of *Polistes* species. The nest materials of *P. dominulus* and *P. nimpha* collected for this study are similar.

The reason of the accumulation of copper of the nests of *P. nimpha* and *P. dominulus* in this study may be due to the applications of chemical drugs including copper for pest control and plant diseases in collecting areas. Approximately %40 of agricultural chemicals used in Turkey are applied in Adana province (Zeren and Eren, 2000). In this region, cupreous preparations are density used against plant disease (Mirik et al., 2005). Copper

hydroxide, copper sulphate (Bordeaux mixture), copper sulphatepenta hydrate, copper oxychlorid are some of the chemicals that were applied against plant diseases in Adana (DPPP, 2017).

Table 1. Data on the collecting localities and the amounts of copper in the nests

Locality number	Locality name	Altitude	Coordinates	Speices	Mean±SD ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
1	Karaisalı	240m.	35°25' N, 35°05' E	<i>P. dominulus</i>	5.42±2.32
2	Sarıçam, Menekşe	160m.	37°08' N, 35°35' E	<i>P. dominulus</i>	3.45±1.84
3	Ceyhan, Toktamış	25m.	36°99' N, 35°76' E	<i>P. dominulus</i>	2.03±1.13
4	Yüreğir, Solaklı	23m.	36°80' N, 35°33' E	<i>P. dominulus</i>	4.12±3.11
5	İmamoglu	84m.	37°25' N, 35°66' E	<i>P. dominulus</i>	3.55±2.24
6	Cukurova, Topalak	150m.	37°09' N, 35°27' E	<i>P. dominulus</i>	6.34±2.4
7	Yumurtalık	20m.	36°81' N, 35°75' E	<i>P. dominulus</i>	6.68±1.74
8	Feke, Merkez	620m.	38°81' N, 35°91' E	<i>P. dominulus</i>	5.79±4.36
9	Aladag, Kabasakal	700m.	37°55' N, 35°35' E	<i>P. nimpha</i>	5.58±1.87
10	Karatas	10m.	36°56' N, 35°38' E	<i>P. dominulus</i>	6.68±1.12
11	Pozantı, Eskikonacık	995m.	32°38' N, 34°86' E	<i>P. nimpha</i>	5.75±1.68
12	Saimbeyli, Güseren	1050m.	37°90' N, 36°08' E	<i>P. nimpha</i>	6.44±1.97
13	Kozan, Anavarza	200m.	37°25' N, 35°90' E	<i>P. dominulus</i>	5.85±1.94

There are a few studies on social wasps as biomonitor of environmental quality. *Polistes dominulus* seem to be a good candidate species for biomonitoring lead pollution in Florence (Italy) according to the results of analysis of the larval fecal masses (Urbini et al., 2006). *Pseudopolybia vespiceps*, *Polybia fastidiosuscula* and *Mischocyttarus drewseni* can be suggested to be used in monitoring programs of environmental quality of Riparian Forests in Southeast Brazil (Magalhaes de Souza et al., 2010). According to results of this study, the compositions of the nest materials of *Polistes dominulus* and *Polistes nimpha* may be a biomonitor for copper accumulation and environmental pollution. As chemicals with different composition heavily applied against pest species in agricultural lands in Turkey, conducting these types of studies are going to be important to detect side effects of chemical pollutions effects.

REFERENCES

- Andersen A.N., Müller W.J. (2000). Arthropod responses to experimental fire regimes in an Australian tropical savannah: ordinal-level analysis. *Australian Journal of Ecology*, 25(2), 199-209.
- Azam I., Afsheen S., Zia A., Javed M., Saeed R., Sarwar M.K., Munir B. (2015). Evaluating insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near industrial area of Gujrat. *Pakistan Hindawi Publishing Corporation Bio Med Research International*, no: 942751.
- Bağrıaçık N. (2012). Comparison of the nest materials of *Polistes gallicus* (L.), *Polistes dominulus* (Christ) and *Polistes nimpha* (Christ) (Hymenoptera: Vespidae). *Archives Biological Sciences Belgrade*, 64(3), 1079-1084.
- Bağrıaçık N. (2013). Some Structural Features of Nest Materials of *Polistes nimpha* (Christ, 1791) in Several Ecological Conditions (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 15(3), 1-7.
- Balestra V., Celli G., Porrini C. (1992). Bees, honey, larvae and pollen in biomonitoring of atmospheric pollution. *Aerobiologia*, 8, 122-126.
- Cervo R., Zacchi F., Turillazzi S. (2000). *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae) invading North America: some hypotheses for its rapid spread. *Insectes Sociaux*, 47, 155-157.
- Diener S., Zurbrugg C., Tockner K. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4): 261-270.
- Evans H.E., West Eberhard M. (1970). The Wasps. Michigan University Press, USA, 265 pp.
- Görür G. (2006). Effects of heavy metal accumulation in host plants to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) – morphology. *Ekológia*, 25(3), 314-321.
- Hardersen S. (2000). The role of behavioral ecology of damselflies in the use of fluctuating asymmetry as a bioindicator of water pollution. *Ecological Entomology*, 25(1), 45-53.
- Hare L., Tessier A. (1998). The aquatic insect Chaoborus as a biomonitor of trace metals in lakes. *Limnology & Oceanography*, 43(8), 1850-1859.
- Heliövaara K., Väisänen R. (1990). Concentrations of heavy metals in the food, faeces, adults, and empty cocoons of *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera, Diprionidae). *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 45, 13-18.
- DPPP, <https://bku.tarim.gov.tr/> access date: 18.04.2017
- Işlek C., Türkyılmaz Ünal B. (2015). Copper toxicity in *Caspium annuum*: Superoxide dismutase and catalase activities, phenolic and protein amounts of *in-vitro* grown plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6), 2441-2445.
- Jeanne R.L. (1975). The Adaptiveness of social wasp nest architecture. *Quarterly Review of Biology*, 50, 267-286.
- Kevan P.G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(3), 373-393.
- Kowalczyk J.K., Watala C. (1989). Content of some heavy metal ions in various developmental stages of the social wasp *Dolichovespula saxonica* (Fabr.) (Hymenoptera: Vespidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(3), 41-420.
- Magalhaes de Souza M., Louzada J., Serrao J.E., Zanuncio J.C. (2010). Social Wasps (Hymenoptera: Vespidae) as Indicators of Conservation Degree of Riparian Forests in Southeast Brazil. *Sociobiology*, 56 (2), 387-396.
- Mirik M., Aysan Y., Cinar O. (2007). Copper-resistant strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (doidge) dye in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 89 (1), 153-154.
- Naqvil N., Khan T.A., Mazid M., Khan F., Quddusi S., Roychowdhury R., Saxena D.K. (2014). Phytoremediatory potential of Guava and Ashok tree at three different sites of Bareilly District-A case study. *Journal of Agricultural And Biological Science*, 9(3), 101-109.
- Nummelin M., Lodenius M., Tulisalo E., Hirvonen H., Alanko T. (2007). Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, 145, 339-347.
- Pohl P. (2009). Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. *Trends in Analytical Chemistry*, 28(1), 117-128.
- Spradbery J.V. (1973). Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps. Sidgwick and Jackson Pres, Londra.
- Urbini A., Sparvoli E., Turillazzi S. (2006). Social paper wasps as bioindicators: a preliminary research with *Polistes dominulus* (Hymenoptera:

- Vespidae) as a trace metal accumulator. *Chemosphere*, 64, 697–703.
- Wenzel J.W. (1998). A generic key to the Nests of hornets, yellowjackets, and paperwasps worldwide (Vespidae: Vespinae, Polistinae). American Museum Novitates, American Museum of Natural History, no: 3224: 39 pp.
- Yruela I. (2005). Copper in plants. *Plant Physiology*, 17(1): 145-156.
- Zeren O., Erem G. (2000). The level of pesticide usage in the provinces of Adana and İçel. *Çevre Bilim ve Teknoloji*, 1(1), 29-33.
- Zhang Z.S., Lu X.G., Wang Q.C., Zheng D.M. (2009). Mercury, cadmium and lead biogeochemistry in the soil-plant-insect system in Huludao City. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83, 255-259.
- Zhelyazkova I. (2012). Honeybees – bioindicators for environmental quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(3), 435-442.

Trakya Bölgesi, Hayrabolu Havzasında Akiferin Kirlenmeye Karşı Duyarlılığının DRASTIC ve DRASTIC-AHP Yöntemleri ile Haritalanması

Orhan ARKOÇ*

Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 39100 Kırklareli

(İlk Gönderim / Received: 18. 01. 2018, Kabul / Accepted: 07. 07. 2018, Online Yayın / Published Online: 18. 07. 2018)

Anahtar Kelimeler
Akifer Duyarlılık Haritası,
Analitik Hiyerarşi Süreci,
DRASTIC Yöntemi,
Hayrabolu Havzası

Özet: Çalışma alanı, Türkiye'nin Trakya bölgesinde Hayrabolu havzasında yer almaktadır. Havzada yeraltı suyu, sulama ve içme suyu ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Bununla beraber havzadaki tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu, yeraltı sularının kirlenmesi açısından tehdit oluşturmaktadır. Bu çalışmada havzadaki kirleticilerin yeraltı sularını etkileme dereceleri ve dolayısıyla akiferi oluşturan birimlerin kirlenmeye karşı duyarlılığı DRASTIC yöntem ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) bir arada kullanılarak belirlenmiştir. DRASTIC yöntemine ek olarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile DRASTIC yönteminde kullanılan katsayılar ve ağırlıklar tekrar değerlendirilip akiferin kirlenmeye karşı duyarlılığı tekrar belirlenmiştir. CBS ortamında akiferin kirlenmeye karşı duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Yeraltı sularında gözlenen nitrat konsantrasyonu dağılım değerleri ile CBS ortamında hazırlanan duyarlılık haritaları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan duyarlılık haritasına göre havzadaki akifer yüzey alanının % 28,2'sinin kirlenmeye karşı oldukça savunmasız olduğu belirlenmiştir.

Mapping of Aquifer Susceptibility for Contamination via Combination of DRASTIC and DRASTIC-AHP Methods in Hayrabolu Basin, Thrace Region

Keywords:
Aquifer Susceptibility Map,
Analytic Hierarchy Process,
DRASTIC Method,
Hayrabolu Basin

Abstract: The study area is in Hayrabolu Basin in southern Thrace, Turkey. The groundwater in the basin is used both for irrigation and drinking purposes. However, the intensity of agricultural activities in the basin, is a threat in terms of pollution of groundwater. In this study, the degree of influence of pollutants affecting the groundwater in the basin and the susceptibility of the aquifer-forming units to pollution has been determined using a combination of DRASTIC method and geographic information systems (GIS). In addition to the DRASTIC method, the weights and ratings used in the DRASTIC method were re-evaluated with the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the susceptibility of the aquifer forming units to the contamination was re-determined. In this way, a susceptibility map for the aquifer pollution in the basin was prepared. The nitrate concentration distribution values observed in the groundwater were compared with the sensitivity maps prepared in the GIS environment. According to the generated susceptibility map, 28.2% of the surface area of the aquifer in the basin is determined as highly vulnerable to pollution.

*İlgili yazar: orhan.arkoc@klu.edu.tr

1. GİRİŞ

Su, yeryüzündeki canlılar ve dolayısıyla hayatın devamı için vazgeçilmezdir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde temel su kaynağını yeraltı suları oluşturmaktadır (Abdullah ve ark., 2016). Bununla beraber dünya üzerindeki tatlı su

kaynakları sınırlı olup yerküredeki tüm su kaynaklarının sadece 25%'i tatlı sudur (Cooley et al., 2014). Ülkemizde içme ve sulama amaçlı kullanılan tatlı su kaynaklarından içme sularının %82 si, sulama sularının ise %76 sı yeraltı sularından karşılanmaktadır (DSİ, 2016). Bu durumdan da anlaşılacağı gibi yeraltı

sularına olan bağımlılık oldukça fazladır. Bununla beraber yapılan araştırmalarda 2030 yılında ülkemizde su kıtlığı olacağı da öngörülmektedir (Şener ve ark., 2009). Dolayısıyla mevcut su kaynaklarımızın su kalitelerinin sürdürülebilir bir şekilde korunarak en iyi şekilde yönetilmeleri gerekmektedir.

Dünyanın farklı yerlerindeki birçok akifer, serbest akifer niteliğinde olup ve yüksek geçirgenliğe sahiptir. Yüzeydeki çeşitli aktiviteler, tarımsal faaliyetler, kentleşme ve iyi arıtılmamış evsel ve sanayi atıklarının deşarjı ile yüzeyden itibaren çeşitli kirleticilerin sızması bu tip akiferleri kirliliğe karşı aşırı duyarlı hale getirmektedir. Bu durum yeraltı sularının nitelik ve nicelik olarak bozulmasına neden olmaktadır (Baalousha, 2006).

Yeraltı sularının korunması ve mekânsal planlama için stratejiler geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda kirlenmeye karşı duyarlılığının araştırılması önemli bir yer tutmaktadır (Foster, 1987). Bu amaçla araştırılan fiziksel çevrenin yeraltı sularını tehdit eden kirleticilere karşı korunması amacıyla bölgelere ayrılabilmesi gereklidir. Yapılan çalışmalarda bazı bölgeler, diğer bölgelere göre kirlenmeye karşı daha duyarlı olarak belirlenmektedir ve dolayısıyla bu bölgeleri gösteren haritalar kirlenmeye karşı potansiyel tehlike altında olan akiferleri göstermektedir.

Bu tip haritaların hazırlanmasında literatürde birçok farklı yaklaşımdan söz edilmiştir. Bu yaklaşımlar temel olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile görsel olarak haritalanabilir ve doğruluğu sınanabilir yaklaşımlar olan, üst üste bindirme analizi yapan, sayısal indeks temelli

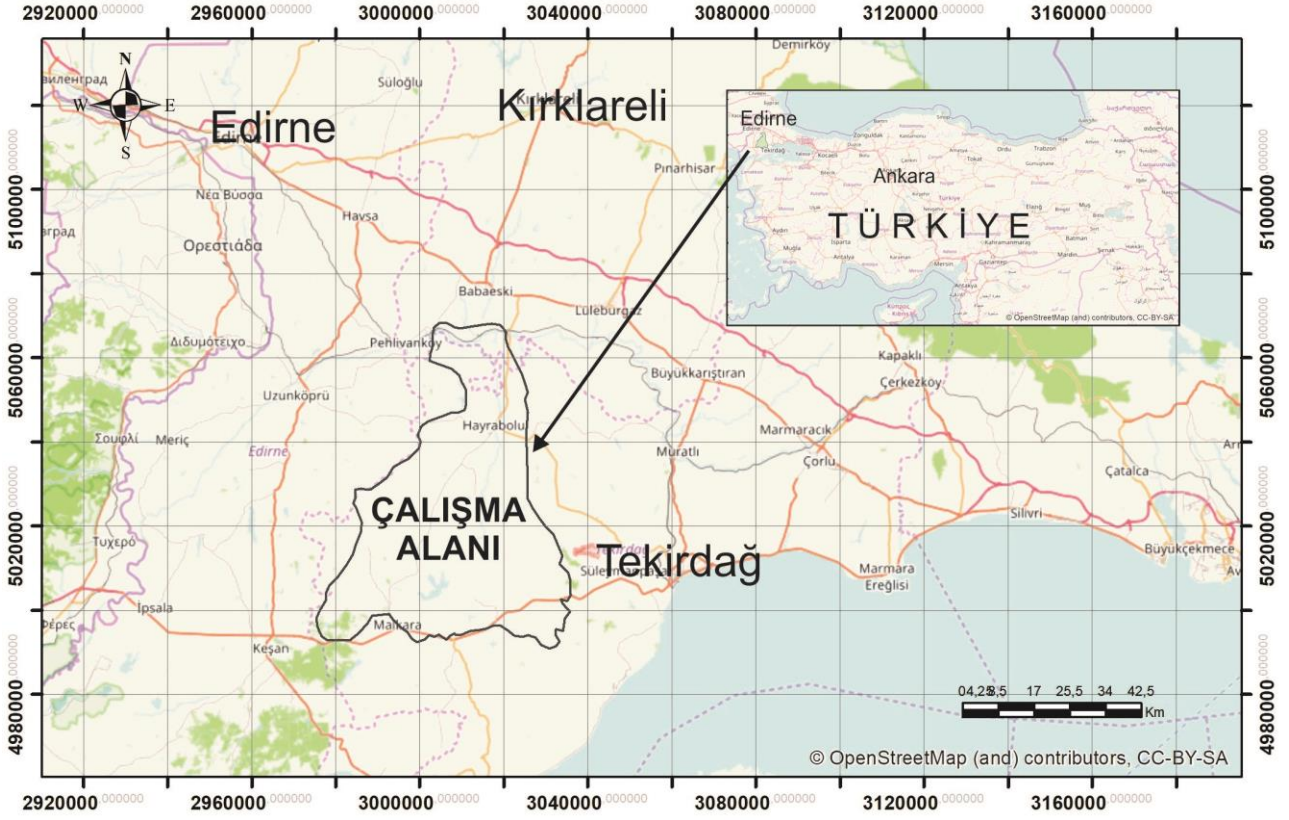
yöntemlerdir. Literatürde kullanılan Akifer duyarlılık analizi yöntemleri arasında; taneli ortamlar için kullanılan DRASTIC (Aller et al., 1987), GOD (Foster, 1987), AVI (Van Stempvoort et al., 1993) ve SINTACS (Civita, 1994) sayılabilirken, karstik ortamlar için ise; RISKE (Merchant, 1994), EPIK (Doerflinger et al., 1999) ve COP (Vias et al., 2006) sayılabilir.

Üst üste bindirme ve indeks temelli DRASTIC yöntemi, dünyanın farklı bölgelerine farklı araştırmacılar tarafından en yaygın kullanılan yöntemdir (Lobo-Ferreira ve Oliveira, 2004; Secunda et al., 1998; Al-Zabet, 2002; Sener ve Davraz, 2013; Hamza ve ark., 2015; Abiy et al., 2016; Yıldırım ve Güler, 2016; Garewal et al., 2017).

Bu çalışmanın amacı Hayrabolu Havzasında yer alan akifer birimlerinin kirlenmeye karşı duyarlılıklarını DRASTIC ve AHS yöntemleri kullanarak CBS desteği ile belirleyip haritalamaktır.

1.1. Çalışma Alanı

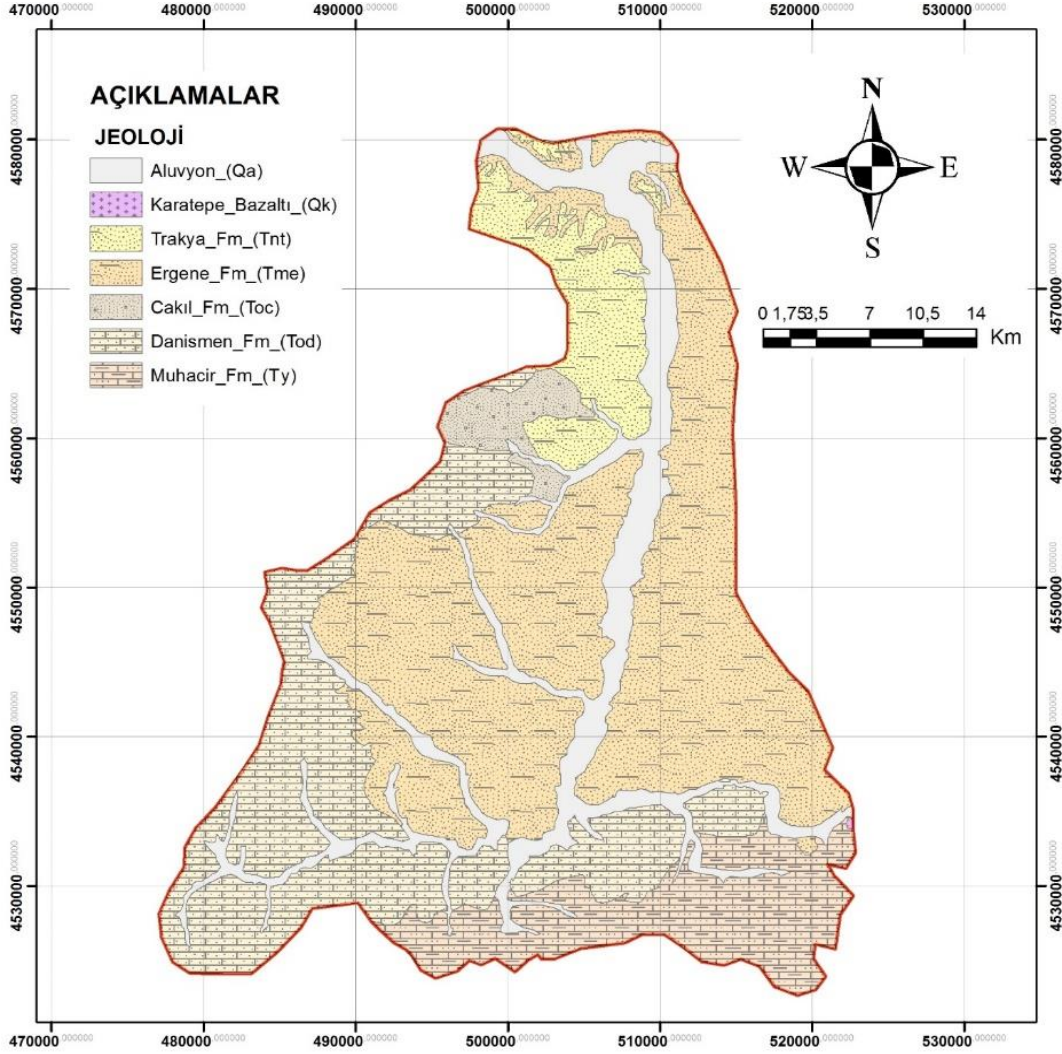
Türkiye'nin Kuzey Batısında Trakya bölgesinde yer alan çalışma alanı 1468 km²'lik alana sahiptir. Hayrabolu Nehrinin yüzey drenaj sahası çalışma alanını oluşturmaktadır. Alanın güneybatısında yer alan Karademir Tepelerinden doğan Hayrabolu Nehri, , yaklaşık güney - kuzey doğrultusunda, ayçiçek, buğday ve arpa gibi tarım ürünleri ekimi yapılan alanlarda 45 km akış göstererek Ergene Nehri ile birleşir. Havzanın batı, doğu ve güney kesimleri dağlık olup, yükseklik 6 m ile 324 m arasında değişir. Bölgede kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Ortalama yağış yüksekliği 521 mm'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (© OpenStreetMap CC-BY-SA)

Çalışma alanında en altta kilitaşı ve kumtaşı ardananmasından oluşan Muhacir Formasyonu (Ty) yer alır. Aralarında çakilitaşı bantları ve kalın kireçtaşı seviyeleri ile değişik düzeylerde linyit bantları içeren kumtaşlarından oluşan Oligosen yaşı Danışmen Formasyonu (Tod) Muhacir Formasyonun üzerinde yer alır. Bu birimin üzerine taneleri çeşitli boyda iyi yuvarlanmış çakilitaşı, kumtaşı ve yer yer killerden oluşan Çakıl Formasyonu (Toc) gelir. Miyosen yaşı Ergene Formasyonu (Tme) kil ve çakıl

merceklı gevşek tutturulmuş kumlardan oluşur ve çalışma sahasında geniş bir alanda gözlenir. Ergene Formasyonu üzerine çakıl, kum, kil ve çamurtaşlarından oluşan Trakya Formasyonu (Tnt) gelir. Koyu gri, siyah renklı sütun bazaltlardan oluşan ve Trakya Formasyonunu kesen Pleyistosen yaşı Karatepe Bazaltı (Qk) çalışma alanının güney doğusunda küçük bir alanda gözlenir. Hayrabolu Nehri ve kollarında çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemeler alüvyon (Qa) olarak adlandırılmıştır (Şentürk ve ark., 1998, Umut, 1988) (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası (Umut 1998'den değiştirilerek)

Çalışma alanındaki yeraltı suyu, Ergene ve Trakya Formasyonlarını oluşturan çakıl, kum ve silt taneleri arasındaki boşluklarda serbest olarak yer alır. Önceki çalışmalar ve bu çalışmada elde edilen bilgilere göre yeraltı su seviyesi eğimi güney-kuzey yönlüdür. Kuyulardaki su seviyeleri 70 ile 100 m arasında değişmektedir (DSİ, 2002).

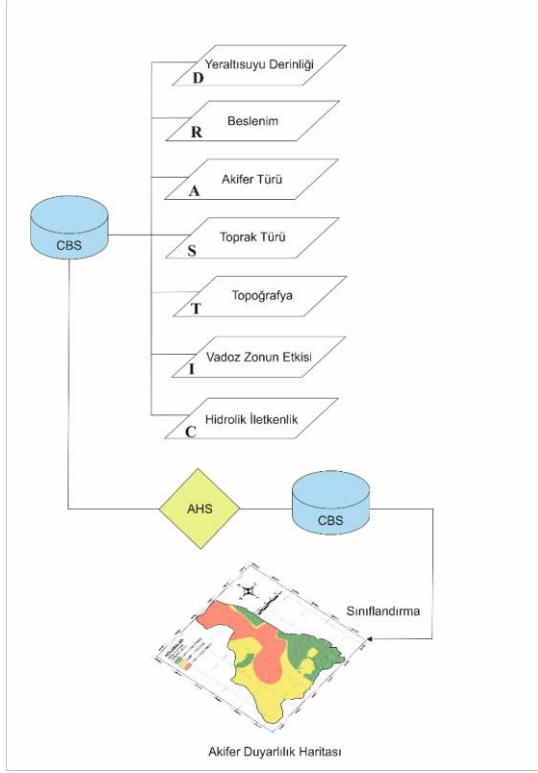
2. MATERYAL VE METOT

Hayrabolu havzasında başlıca geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Trakya bölgesi Türkiye Ayçiçek üretiminin % 48'nin, buğday üretiminin ise %11'inin karşılandığı bir bölgedir (www.tuik.gov.tr). Çalışma alanında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)

tarafından 121,43 km² alan sulanmaktadır. Bununla beraber havzada yer alan kırsal ve kentsel yerleşim yerleri içme suyu ihtiyaçlarını yeraltı suyundan karşılamaktadır. Yoğun tarım faaliyetinin olduğu bölgede kullanılan gübre ve pestisitlerin yeraltı suyuna karışması ihtimali oldukça yüksektir. Bununla beraber hayvansal ve evsel atıkların düzensiz depolanması sonucu oluşabilecek sızıntılar da yeraltı suları için ayrıca tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle havzadaki akiferlerin kirlenmeye karşı duyarlılığının saptanması gerekmektedir.

Bu çalışmada bölgedeki temel kirlenme kaynağının tarımsal faaliyetler olması ve taneli akifer birimlerinin gözlenmesi nedeniyle kirlenmelerin yeraltı sularına karışması

ihtimaline karşı DRASTIC yöntem ile duyarlılık haritası CBS yardımı ile hazırlanmıştır.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan yöntemle ait akış diyagramı

Buna ek olarak DRASTIC yöntemdeki her değişkene ait reyting katsayıları AHS ile tekrar belirlenip akifer duyarlılık haritası yeni katsayılar ile CBS ortamında tekrar hazırlanmıştır (Şekil 3).

2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Karar alma süreçlerinde insan yargısının etkinliğinin artması, alınan kararın doğruluğunu arttırmaktadır. Aynı karar problemlerinde karar ölçütlerinin önem düzeyi

ve karar seçeneklerinin değerlendirilmesinde her insan farklı karar yargılarına varabilmektedir. Bu tür karar problemlerinin çözümünde AHS daha etkin karar verme imkânı sağlamaktadır. AHS, Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş olan ikili karşılaştırma yöntemine dayalı karar alma yöntemlerinden olup çoklu ve zor problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu yöntemde belirlenmek istenen temel karar, belirlenen alt ölçütlerin sağlanması ile alınır. Karar verme işleminde, alt ölçütlerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilir (Saaty, 1980).

AHS yönteminin temeli olan ikili karşılaştırmalar için bir ölçek geliştirilmiştir. Bu ölçekte iki ölçüt birbiriyle sözel olarak karşılaştırılır ancak sonuçlar sayısal olarak ifade edilir. Karar ölçütleri ve her bir ölçüte göre karar seçenekleri 1 ile 9 arasında değişen sayılarla ikili karşılaştırmalarla değerlendirilir (Tablo 1) (Saaty, 1980).

AHS yönteminde ikinci adım her bir ölçütün önem derecesini gösteren, öncelik vektörlerinin bulunmasıdır. AHS algoritması aşağıdaki biçimde tanımlanabilir;

Öncelikle $C1, C2, Cn$ kriterleri ve a_{ij}, C_i kriteri ile C_j kriteri arasındaki değerlendirmeyi (1-9 önem ölçeğinde) ifade etmek üzere, $n*n$ boyutundaki A ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisinde $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ilişkisi ve $a_{ii} = 1$ eşitliği bulunur. Karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek “Normalleştirilmiş Karşılaştırma Matrisi” elde edilir. Daha sonra normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin her satırda satır ortalamaları hesaplanır. Bu ortalama değerleri ölçütlerin görece önemlerini ifade eder (Aydın ve ark., 2009).

Tablo 1. AHS yönteminde ikili karşılaştırmalarda kullanılan değerlerin anlamları (Saaty, 1980)

Sayısal değerler	Açıklama
1	Eşit önemli
3	Daha önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Aşırı derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

AHS sonuçlarının geçerli olabilmesi için, A matrisinin tutarlı bir matris olması gerekmektedir. Tutarlı bir A matrisinde, $\sum_{j=1}^n W_j = 1$ olmak üzere, w_i ağırlıkları (ağırlık vektörü) hesaplanır. Ağırlıklar, normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi ile hesaplanan göreceli önem değerleri ile ilk oluşturulmuş olan karşılaştırma matrisinin ilgili sütunun çarpılıp toplanması ile elde edilen vektördür.

A matrisinin oluşturulmasında karar vericinin ölçütler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için ‘‘Tutarlılık Oranı’’nın (TO) hesaplanması gerekir. Bu değer 0.1 den küçük olması gerekmektedir. Eğer bu oran 0.1’den büyük ise karar verici ikili karşılaştırmalardaki kararlarını yeniden gözden geçirmelidir (Millet ve Saaty, 2000).

Tutarlılık Oranı hesabı için aşağıdaki formül kullanılır;

$$TO = \frac{T\bar{I}}{R\bar{I}} \dots \dots \dots (2)$$

Burada $T\bar{I}$: Tutarlılık İndeksi, $R\bar{I}$: Rastgelelik İndeksini ifade eder. Tutarlılık İndeksi ise aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır;

$$T\bar{I} = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (3)$$

Burada λ_{maks} , karar matrisinin en büyük özvektörü olup matristen hesaplanabilmektedir. ‘n’ değeri ise matrisin derecesini ifade etmektedir. Formülde yer alan Rasgelelik

İndeks değeri ise aşağıda verilen tablo 2 den okunmaktadır.

Tablo 2. AHS yönteminde kullanılan matris boyutu ile ilgili Rastsal Tutarlılık İndeksi (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0	0	0.5	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4
I			8	9	2	4	2	1	5	9

n: matris boyutu Rİ: Rastgelelik indeksi

Bu çalışmada DRASTIC yöntemi için kullanılan 7 adet değişken incelendiğinden matrisin Rİ değeri 1,32’dir. Bu çalışma için yapılan hesaplamalarda TO değeri 0.03 olarak hesaplanmıştır.

Tutarlılık Oranının istenilen değerler arasında olması sağlandıktan sonra karar seçenekleri öncelik sıralamasını geliştirmek amacıyla öncelik matrisi oluşturulur. Her bir karar seçeneği için öncelik, bu ölçütlere göre karar seçeneğinin önceliğinin ölçütün önceliğiyle çarpılması ve çarpım sonuçlarının toplanması ile elde edilir.

Daha sonra, her bir parametre kendi içerisinde tekrar değerlendirilerek ikinci bir reyting değerleri bulunmuştur (Tablo 4,5,6,7,8,9,10). DRASTIC Yöntem içerisinde ve haritaların hazırlanmasında kullanılan reyting katsayıları her bir parametrenin kendisine ait reyting değeri ile yine kendi içerisinde yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen reyting değerlerinin çarpımı sonucunda elde edilmiştir (Tablo 11).

Bu çalışmada kullanılan DRASTIC yöntem içerisindeki 7 ayrı değişken için hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi ve her değişkenin reyting katsayıları Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. DRASTIC değişkenlerine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve AHS Reyting Katsayıları

	D	R	A	S	T	I	C	AHS-RK
D	1	1/3	1/3	1/6	1/7	1/2	1/5	0.374
R	3	1	½	1/3	1/5	½	1/3	0.139
A	3	2	1	1/3	1/3	1/3	½	0.104
S	6	3	3	1	½	1/5	½	0.051
T	7	5	3	2	1	1/6	½	0.040
I	2	2	3	5	6	1	1/3	0.223
C	5	3	2	2	3	3	1	0.070

D: Yeraltısuyu derinliği R:BeslenimA: Akifer türü S: Toprak türü T: Topoğrafya I: Vadoz zon etkisi C:Hidrolik iletkenlik AHS-RK: AHS reyting katsayısı

Lambda $\frac{T_i}{R_i}$ $\frac{T_i}{R_i}$
7,241626423 0,040271071 0,030508387

Bu işlemden sonra, her bir değişken (D, R, A, S, T, I, C) kendi içerisinde tekrar değerlendirilerek ikincil reyting değerleri bulunmuştur (Tablo 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

DRASTIC-AHS yöntemine göre hazırlanan haritalarda kullanılan reyting katsayıları ise tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. DRASTIC ve DRASTIC-AHS yöntemlerinde kullanılan ağırlık ve reyting değerleri

DRASTIC değişkenleri	Sınıf/özellik	DRASTIC			DRASTIC-AHS		
		Ağırlık	Reyting	Toplam ağırlık	Ağırlık	Reyting	Toplam ağırlık
Yeraltısuyu derinliği (m) <i>D</i>	0 – 10	5	10	50	0.374	0.306	0,114
	11-20		7	35		0.173	0,065
	21-30		5	25		0.105	0,039
	31-40		3	15		0.079	0,030
	> 40		1	5		0.052	0,019
Beslenim (mm/yıl) <i>R</i>	495-530	4	3	12	0.139	0,046	0,006
	531-595		5	20		0,073	0,010
	596-670		7	28		0,095	0,013
	>671		9	36		0,167	0,023
Akifer ortam <i>A</i>	Bazalt	3	9	27	0.104	0,078	0,008
	Kum ve çakıl		8	24		0,097	0,010
	Killi ve çakıllı kum		6	18		0,173	0,018
	Silt ve kil		3	9		0,366	0,038
	İnce yada yok	2	10	20	0.051	0,333	0,017
Toprak örtüsü, <i>S</i>	Kum		9	18		0,072	0,004
	Kumlu toprak		6	12		0,102	0,005
	Siltli toprak		4	8		0,167	0,009
	Killi toprak		3	6		0,040	0,114
	0-4	1	10	10	0.040	0,042	0,065
Topoğrafya, <i>T</i> (yüzde eğim)	4-7		9	9		0,058	0,039
	7-10		5	5		0,096	0,030
	10-15		3	3		0,163	0,019
	15-20		2	2		0,355	0,006
	Vadoz zon etkisi, <i>I</i>	Kil-Çakıl	5	5	25	0.223	0.150
Kum-Çakıl			6	30		0.059	0,013
Kum-Çakıl			8	40		0,089	0,023
Bazalt			9	45		0,274	0,008
Hidrolik iletkenlik (m/s) <i>C</i>		$10^{-3} - 10^{-4}$	3	10	30	0.070	0.033
	$10^{-4} - 10^{-5}$		8	24		0,202	0,018
	$10^{-5} - 10^{-6}$		6	18		0,090	0,038
	$10^{-6} - 10^{-7}$		4	12		0,149	0,017

Tablo 5. Yeraltısuyu derinliği parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reytting Katsayıları

	>40m	30-40m	20-30m	20-10m	0-10m	AHS-RK
>40m	1	1/2	1/3	1/3	1/5	0,052
30-40m	2	1	1/2	1/3	1/3	0,079
20-30m	3	2	1	1/2	1/3	0,105
20-10m	4	3	2	1	1/2	0,173
0-10m	5	4	3	2	1	0,306

Lambda CI CI/RI
3,731191663 -0,54480139 -0,412728325

Tablo 6. Yeraltısuyu Beslenimi parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reytting Katsayıları

	495-530mm	530-565mm	565-600mm	600-695mm	>600mm	AHS-RK
660-650mm	1	1/2	1/3	1/3	1/5	0,046
670-660mm	3	1	1/2	1/3	1/3	0,073
680-670mm	5	3	1	1/2	1/3	0,095
690-680mm	7	5	3	1	1/2	0,167
>690mm	9	7	5	3	1	0,334

Lambda: 4,677565413 CI: -0,387072431 CI/RI: -0,29323669

Tablo 7. Akifer türü parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reytting Katsayıları

	Kum ve çakıl	Killi ve çakıllı Kum	Silt ve kil	Bazalt	AHP
Kum ve çakıl	1	1/2	1/3	1/3	0,062
Killi ve çakıllı Kum	3	1	1/2	1/3	0,078
Silt ve kil	5	3	1	1/2	0,138
Bazalt	9	5	3	1	0,293

Lambda CI CI/RI
2,934059101 -0,677656816 -0,513376376

Tablo 8. Toprak türü parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reytting Katsayıları

	Killi toprak	Kum	Kumlu toprak	Siltli toprak	Çıplak Kayalık	AHS-RK
Killi toprak	1	1/2	1/3	1/3	1/5	0,040
Kum	7	1	1/2	1/3	1/3	0,072
Kumlu toprak	5	7	1	1/2	1/3	0,102
Siltli toprak	3	5	7	1	1/2	0,167
Çıplak kayalık	9	3	5	7	1	0,333

Lambda CI CI/RI
6,179755217 -0,136707464 -0,10356626

Tablo 9. Topoğrafya parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reyting Katsayıları

	0-2	2-6	6-12	12-18	>18	AHS-RK
0-2	1	1/3	1/4	1/6	1/7	0,042
2-6	2	1	1/3	1/4	1/6	0,058
6-12	3	2	1	1/3	1/4	0,096
12-18	4	3	2	1	1/3	0,163
>18	5	4	3	2	1	0,355

Lambda: 3,217370389 CI: -0,630438269 CI/RI: -0,477604749

Tablo 10. Vadoz zon etkisi parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reyting Katsayıları

	Kum ve çakıl	Killi ve çakıllı kum	Kil ve çakıl	Bazalt	AHS-RK
Kum ve çakıl	1	1/2	1/3	1/4	0,059
Killi ve çakıllı kum	2	1	1/2	1/3	0,089
Kil ve çakıl	3	2	1	1/2	0,150
Bazalt	4	3	2	1	0,274

Lambda CI CI/RI
2,308276796 -0,781953867 -0,592389293

Tablo 11. Hidrolik iletkenlik parametresine ait ikili karşılaştırmalar matrisi ve Reyting Katsayıları

	10 ⁻³ -10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁷	>10 ⁻⁷	AHS-RK
10 ⁻³ -10 ⁻⁴	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0,033
10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵	2	1	1/2	1/3	4	0,202
10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	3	2	1	1/2	1/3	0,090
10 ⁻⁶ -10 ⁻⁷	4	3	2	1	1/2	0,149
>10 ⁻⁷	5	4	3	2	1	0,240

Lambda CI CI/RI
5,061908854 -0,323015191 -0,244708478

2.2.DRASTIC Yöntemi

DRASTIC, indeks ve üst üste bindirme ile analiz yapan bir yöntemdir (Aller et al., 1987). DRASTIC kelimesinin baş harfleri İngilizce karşılıkları ile tanımlanmış yedi hidrojeolojik öğeyi simgeler. Bunlar, **D**: Yeraltı suyu Derinliği (Depth to groundwater), **R**: Beslenme (Recharge), **A**: Akifer Ortam (Aquifer media), **S**: Toprak Örtüsü (Soil Media), **T**: Topoğrafya (Topography) **I**: Vadoz zon etkisi (Impact of vadose zone), **C**: Akiferin hidrolik geçirgenliği (Hydraulic conductivity of the aquifer). Bu değişkenler 5 ile 1 arasında değişen ağırlıklara sahiptir (5 en üst düzeyde önemli, 1 en alt düzeyde önemli). Yine bu

değişkenlerin her biri yine kendi içinde farklı sınıflara ayrılır ve bu sınıflar 10 ile 1 arasında reyting değerlerine sahiptir (10 kirlenmeye en fazla duyarlı, 1 kirlenmeye en az duyarlı). Bu değişkenler aşağıdaki formüle yerleştirilerek DRASTIC indeks (DI) hesaplanır. Yüksek DRASTIC indeks değerleri yüksek kirlenme riskini gösterir.

$$\text{DRASTIC index (DI)} = (D_r \times D_w) + (R_r \times R_w) + (A_r \times A_w) + (S_r \times S_w) + (T_r \times T_w) + (I_r \times I_w) + (C_r \times C_w) \quad (1)$$

Burada;

D_r:Yeraltı suyu derinliği reyting değeri

D_w:Yeraltı suyu derinliği ağırlık değeri

Rr: Beslenme miktarı için atanmış reyting değeri

Rw: Beslenme miktarı için verilmiş ağırlık değeri

Ar: Akifer ortam için atanmış reyting değeri

Aw: Akifer ortam için verilmiş ağırlık değeri

Sr: Toprak örtüsü için atanmış reyting değeri

Sw: Toprak örtüsü için verilmiş ağırlık değeri

Tr: Eğim için atanmış reyting değeri

Tw: Eğim için verilmiş ağırlık değeri

Ir: Vadoz zonun etkisi için atanmış reyting değeri

Iw: Vadoz zonun etkisi için verilmiş ağırlık değeri

Cr: Hidrolik iletkenlik için atanmış reyting değeri

Cw: Hidrolik iletkenlik için verilmiş ağırlık değeri.

Tablo 4'te DRASTIC yöntemine ait ağırlıklar ve reyting değerleri verilmiştir. Kullanılan değerler Aller et al., 1987 den alınmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. DRASTIC Yönteminin Uygulanması

DRASTIC yönteminde akifer duyarlılığının saptaması için yedi hidrojeolojik parametre göz önüne alınır. Bu parametreler; Yeraltı suyu Derinliği, Beslenme, Akifer Ortam, Toprak Örtüsü, Topoğrafya, Vadoz zon etkisi ve Akiferin hidrolik geçirgenliğidir. DRASTIC yönteminde kullanılmış olan verilerin elde edildiği kaynaklar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 12. DRASTIC yönteminde kullanılan verilerin elde edildiği kaynaklar

Veri türü	Kaynak
Hidrojeolojik veri	Devlet Su İşleri
Jeoloji haritası	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
Toprak haritası	Çevre ve Orman Bakanlığı
Topoğrafya verisi	ASTER GDEM uydu fotoğrafları
Örnekleme kuyuları	Devlet Su İşleri, İl Özel İdaresi
Hidrolik iletkenlik	Devlet Su İşleri
Jeolojik kesit	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
Nitrat ölçümleri	Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı(2005)

DRASTIC yöntemde kullanılan 7 veri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1.1. Yeraltı suyu derinliği, D

Yeraltı su seviyesinin derinliği arttıkça kirleticilerin yeraltı suyuna karışmak için izlediği yol uzar ve bu nedenle akiferin ortamın kirleticinin etkisinin azaltma kapasitesi de artmış olur (Aller et al., 1987). Çalışma alanındaki yeraltı su seviyesinin belirlenmesinde 16 adet kuyu verisi kullanılmıştır. Bu veriler Devlet Su İşleri (DSİ) ve İl Özel İdaresinden elde edilmiştir. Çalışma alanındaki yeraltı su seviyesinin haritalanması için ArcGIS yazılımı, jeostatistiksel analiz uzantısı içindeki Kriging interpolasyon metodu kullanılmıştır. Daha sonra bu harita raster haritaya dönüştürülmüştür. Yeraltı suyu derinliği, kirleticilerin yeraltı suyuna karışmadan önce akifer içinde kat edeceği mesafeyi belirlediği için büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanındaki yeraltı suyu seviyesi 5 sınıfa ayrılıp haritalanmıştır. Yeraltı suyu derinliği 0 ile 60 m arasında değişirken, 1 ile 10 arasında reyting değerine sahiptir (Şekil 4a).

3.1.2. Beslenme, R

Bir yeraltı suyu havzasında beslenme doymamış bölgeden yeraltı suyuna süzülen su miktarı olarak tanımlanır (Al-Zabet, 2002). Havzaya düşen yağışın % 20'lik miktarının akifere süzülerek yeraltı sularını beslediği kabul edilmektedir (Balusha, 2006, Dumlu ve ark., 2006). Çalışma alanındaki temel beslenme kaynağı yağıştır. Sulama suyu ile beslenme mevsimsel olup kısıtlıdır. Bu nedenle Hayrabolu ve Tekirdağ Meteoroloji İstasyonları yıllık yağış verilerine göre yeraltı suyu beslenme haritası ArcGIS yazılımı kullanılarak mesafe ile ters ağırlıklı interpolasyon metodu yardımı ile hazırlanmıştır (Şekil 4b).

3.1.3. Akifer ortam, A

Akifer ortam haritasının hazırlanmasında ve DRASTIC yöntemine göre sınıflandırılmasında çalışma alanındaki su kuyularına ait loglar ile Umut 1988 tarafından hazırlanan jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Bu şekilde dört farklı hidrojeolojik birim çalışma alanında ayırtlanmıştır. Bu birimler, kirlenmeye karşı en duyarlı ortam olan kum ve çakıl ar dalanmasından oluşan alüvyon, ve çalışma alanının büyük kısmında gözlenen killi kum ve çakıl çökelleridir. Çalışma alanının güney batısında ise düşük geçirimliğe sahip, siltli ve killi birim yer alırken, son olarak bazalt intrüzyonu çalışma alanının güney doğusunda dar bir alanda gözlenmektedir. Akifer ortam haritası Şekil 4c'de verilmiştir.

3.1.4. Toprak örtüsü tipi, S

Toprak örtüsü tipi, akiferin kirlenmesine neden olan kirleticilerin beslenme ile süzülme oranını dolayısı ile kirleticilerin düşey olarak vadoz zonda ilerleme kabiliyetini kontrol eder (Lee, 2003). Çalışma alanının toprak örtüsü haritasının hazırlanmasında Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı (EHCDP, 2005) paftalarında yer alan basılı haritadan yararlanılmıştır. Bu harita ArcGIS ortamında sayısallaştırılmıştır. Bu amaçla çalışma alanındaki toprak örtüsü, siltli toprak, kum, kumlu toprak, killi toprak ve çıplak kayalık olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. (Şekil 4d).

3.1.5. Topoğrafya (eğim), T

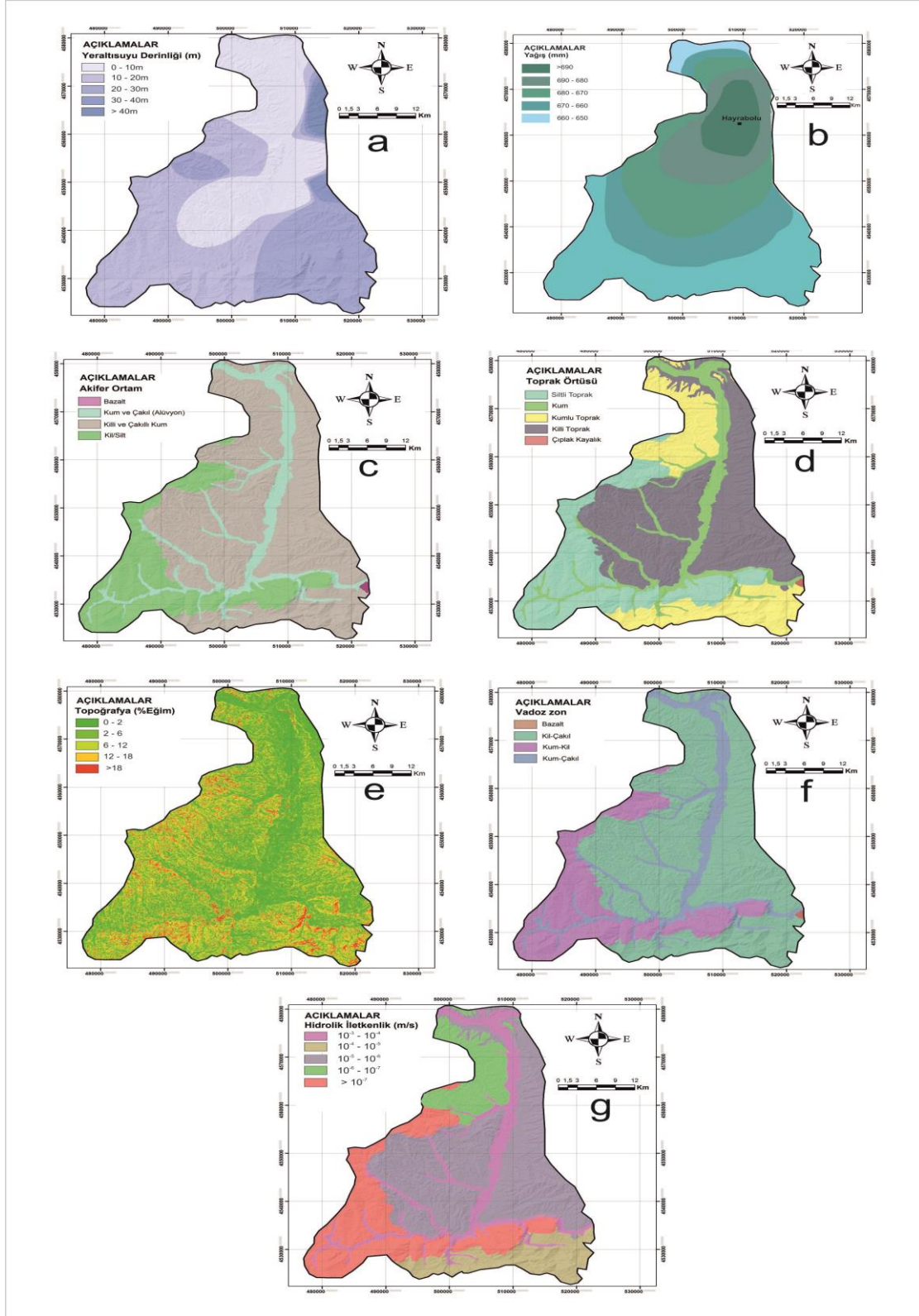
Çalışma alanının topoğrafik haritası ASTER uydusundan elde edilen çalışma alanına ait fotoğraftan elde edilmiştir. Bu işlem için uydu fotoğrafı MapInfo yazılımı kullanılarak, 10 m eş yükselti eğrisi aralıklı sayısal yükseklik modeline çevrilmiştir. Sayısal yükseklik modeli ArcGIS yazılımında mekânsal analiz, eğim aracı ile % eğim haritasına dönüştürülmüştür (Şekil 4e). Şekil 4e'de verilen haritada çalışma alanında eğim % 0 ile 18 ve üzeri arasında değişmektedir. Çalışma alanının % 62'sinde eğim % 0-6 arasındayken, % 28'inde eğim % 6-18 arasında değişmektedir.

3.1.6. Vadoz bölgenin etkisi, I

Yeraltı su seviyesi üzerinde yer alan kısmen doymuş ya da doymamış bölge vadoz bölge olarak adlandırılır. Vadoz bölge, akifere düşen yağışın süzülerek yeraltı suyuna karışmasında önemli rol oynamaktadır. Vadoz bölgenin haritalanmasında DSİ den elde edilen su kuyuları logları ve bölge jeoloji haritasından (Umut, 1988) faydalanılmıştır (Şekil 2). Çalışma alanının büyük kesimi kil ve çakıl birimleri gözlenirken, güney batı kesiminde kumlu ve killi birimler gözlenmektedir. Vadoz bölge haritası Şekil 4f'de verilmiştir.

3.1.7. Hidrolik iletkenlik, C

Akifer içindeki doymuş bölgedeki yeraltı suyu hareketi hidrolik iletkenlik tarafından kontrol edilmektedir.



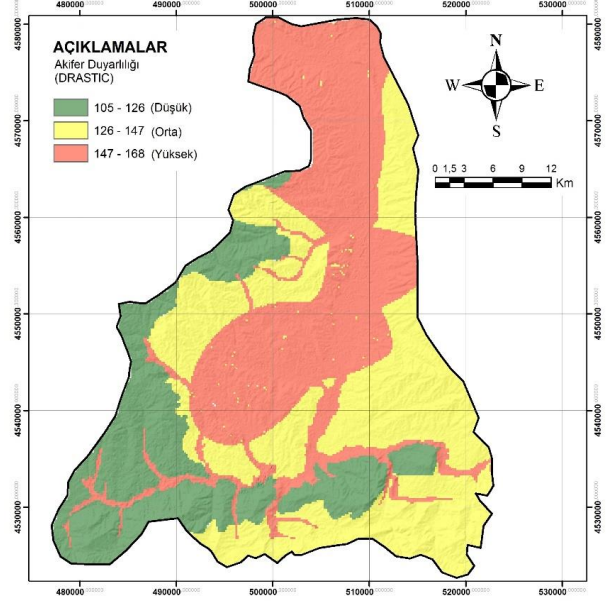
Şekil 4. Çalışma alanı (a)yeraltı suyu yüzeyden derinlik haritası, (b) yağış haritası, (c) akifer ortam haritası, (d) toprak örtüsü haritası, (e) eğim haritası, (f) vadoz zon haritası, (g) hidrolik iletkenlik haritası

Kirleticilerin yeraltı suyuna erişimi de hidrolik iletkenlik ile ilgilidir. Çalışma alanındaki hidrolik iletkenlik değerlerinin tespiti için DSİ tarafından yapılan akifer testleri sonuçlarından yararlanılmıştır. Kuyuların olmadığı kesimlerde ise literatürde jeolojik birimler için verilen hidrolik iletkenlik değerleri kullanılmıştır (Dumlu ve ark., 2006). Bu şekilde çalışma alanında 5 farklı sınıfta 10^{-3} ile 10^{-7} m/s arasında değişen hidrolik iletkenlik değerleri haritalanmıştır (Şekil 4f).

3.2. Akiferin kirlenmeye karşı hassasiyetinin belirlenmesi

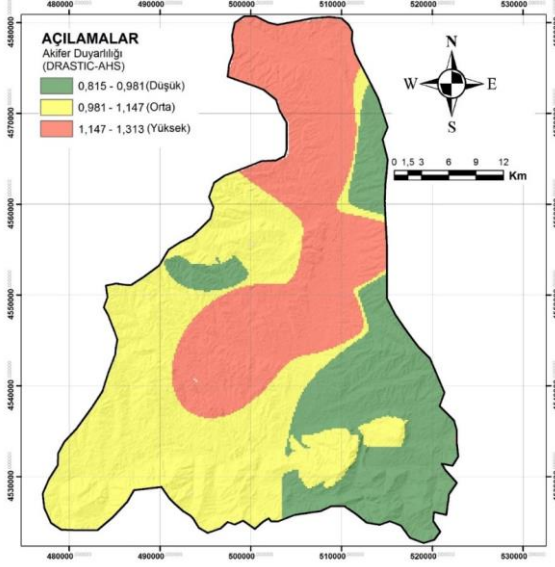
Çalışma alanındaki akiferin kirlenmeye karşı hassasiyetinin belirlenmesi için yukarıda değinilen 7 değişkene ait veriler ile hazırlanan haritalar, 1 nolu denklemde verilen formüle göre Tablo 4’te verilen reyting ve ağırlıklara göre ArcGIS ortamında örtüştürülerek çalışma alanındaki akifere ait kirlenmeye karşı hassasiyet haritası hazırlanmıştır (Şekil 5). Hazırlanan haritada akifer, düşük (105-126), orta (126-147) ve yüksek hassasiyetli (147-168) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Sınıflamada kullanılan kategori aralıklarını seçmek için çeşitli çalışmalarda çeşitli uygulamalar kullanılmıştır (Rahman 2008; Lee 2003; Al-Adamat et al., 2003; Baalousha 2006). Bu çalışmada, kullanılan verileri mutlak olmayıp, oransal olarak gruplara dağıtarak farklı harita desenleri üreten bir kuantil sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, bu tür sınıflandırma çalışması için uygun bir yöntemdir. Eğer kategori aralıkları rasgele belirlenirse, araştırmacılar tarafından güvenilir sonuçlar elde edilmesi mümkün olmamaktadır (Sener ve ark., 2009).

Klasik DRASTIC yönteminde akifer hassasiyeti değerlendirilmesinde kullanılan yedi değişkene ait reyting değerleri 1 ile 10 arasında değişmektedir. Araştırmacılar bölgenin hidrojeolojik özelliklerine göre bu yedi değişkene 1 ile 10 arasında reyting değerleri vermektedir. Ancak bu tip değerlendirmede farklı araştırmacılar tarafından verilen reyting değerleri farklı olabilmektedir. Bu durumun



Şekil 5. Çalışma alanı DRASTIC duyarlılık haritası

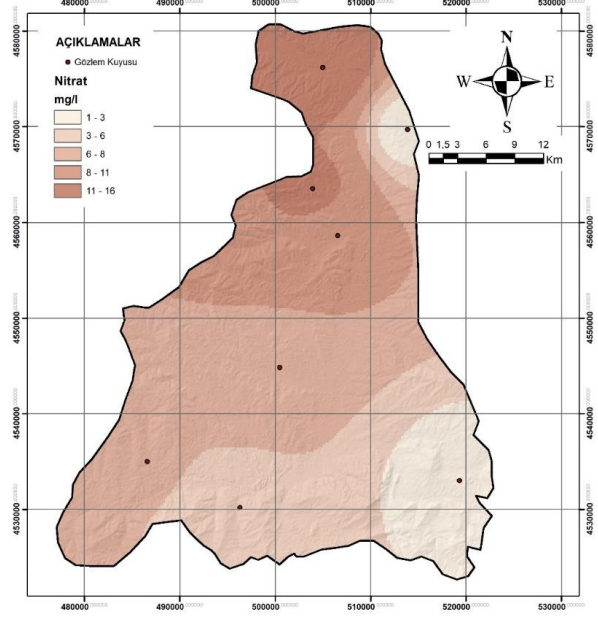
yarattığı belirsizliği kaldırmak için reyting değerleri AHS yöntemi ile tekrar belirlenmiştir. AHS ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri ile akifer hassasiyetini belirlemede kullanılan yedi değişken birbirlerine göre önem derecesine göre karşılaştırılmıştır. Bu şekilde yapılan yeni hesaplama ile DRASTIC-AHS akifer duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan yeni akifer duyarlılık haritası düşük (0.815-0.981), orta (0.981-1.147) ve yüksek hassasiyetli (1.147-1.313) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Şekil 6). Bu haritaya göre çalışma alanının doğu kesimleri düşük hassasiyete sahipken, orta ve batı kesimleri yüksek hassasiyete sahiptir. Çalışma alanının hidrolik iletkenliği yüksek, topografik eğimin düşük ve kum boyutlu tane içeriği fazla olan bölümünde DRASTIC değerlerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bununla beraber düşük hidrolik iletkenliği olan yüksek eğimli kesimlerde DRASTIC değerleri düşük olmaktadır. Trakya Formasyonu yüksek hidrolik iletkenlik değeri ile DRASTIC değerlerini arttırırken, Danişmen Formasyonu killi içeriği ve düşük hidrolik iletkenliği ile DRASTIC değerlerini azaltıcı etkide bulunmaktadır.



Şekil 6. Çalışma alanı DRASTIC-AHS duyarlılık haritası

3.3. Akifer kirlenmeye karşı duyarlılık haritasının doğrulanması

İnsan sağlığı açısından içme sularında izin verilen maksimum nitrat konsantrasyonu değeri 50 mg/l'dir (TSE, 2005; WHO, 2008). Bununla beraber yeraltı sularında gözlenen 10 mg/l üzerindeki nitrat konsantrasyonu değerleri bu suların dışarıdan kirletildiğini gösterir. Yeraltı sularındaki nitratın kaynağı temel olarak tarımda kullanılan gübrelerin ve hayvansal atıkların sızıntı ile yeraltı suyuna karışmasıdır. Çalışma alanındaki yeraltı sularında gözlenen nitrat konsantrasyonu değerleri 1 ile 16 mg/l arasında değişmektedir (EHCDP, 2005). Bu değerlerin mekânsal dağılımı ArcGIS yazılımı kullanılarak mesafe ile ters ağırlıklı interpolasyon metodu ile haritalanmıştır (Şekil 7). Bu analizlere dayanarak, nitrat konsantrasyonunun yüksek olduğu alanların DRASTIC çıktılarıyla ilişkilendirilebileceği sonucuna varılmıştır (Şekil 11). Kirlenmeye karşı düşük duyarlılığı olan bölgelerin, çalışma alanının güneybatısında yer alan yerleşim alanlarından uzak ve tarımsal alanların az olduğu kesimler olduğu gözlenmiştir. Çalışma alanındaki nitrat değerleri yeraltı su tablası eğimi ve tarımsal alanların yoğunluğuna bağlı olarak güneyden kuzeye doğru artmaktadır.



Şekil 7. Çalışma alanı yeraltı suları nitrat konsantrasyonu dağılımının Kriging metodu ile hazırlanmış haritası

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Ergene Havzasının güneyinde yer alan Hayrabolu alt havzasında akifer duyarlılık haritasının oluşturulmasında CBS tabanlı DRASTIC yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde çalışılan bölgeye ait 7 hidrojeolojik parametre araştırmacılar tarafından 1 ile 10 arasında değerlendirilmektedir. Ancak bu şekilde yapılan değerlendirmelerde farklı araştırmacılar farklı değerlendirmelerde bulunabilmektedirler. Bu durumu aşmak için bazı araştırmacılar DRASTIC yöntemini ek parametreler koyarak ya da yeni ağırlık ve reyting değerleri vererek yeniden düzenlemişlerdir. Değerlendirmede yaşanan bu farklılığın giderilmesi amacıyla DRASTIC yönteminde kullanılan reyting değerleri AHS yöntemi ile tekrar belirlenmiştir. Bu şekilde oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri ile 7 parametrenin birbirine göre önem derecelerine bağlı olarak yeni reyting değerleri belirlenmiştir.

Bu 7 hidrojeolojik değişken yardımı ile hazırlanan haritalar CBS ortamında üst üste bindirilerek çalışma alanındaki akifer için

kirlenmeye karşı duyarlılık haritası oluşturulmuştur. DRASTIC yöntemine göre hazırlanan haritaya göre çalışma alanının duyarlılık indeksi 105 ile 168 arasında değişirken, DRASTIC-AHS yöntemi ile hazırlanan haritaya göre bu değerler 0.815 ile 1.313 arasında değişmektedir. Elde edilen bu değerler kuantil sınıflandırma yöntemi kullanılarak üç sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar sırasıyla; düşük (0,815–0,981), orta (0,981–1,147) ve yüksek (0,147–1-313) olarak belirlenmiştir.

DRASTIC-AHS yönteminden elde edilen akifer kirlenmeye karşı duyarlılık haritası, koruma ve kirlilik önleme açısından yüksek önceliğe sahip konumları göstermektedir. DRASTIC-AHS yöntemi ile elde edilen sonuçlar, akifer koruma ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu sonuçlar aynı zamanda, yeraltı suları kaynaklarını yönetmekle görevli yerel makamlar için zaman ve ekonomik olmak açısından önemli bir fayda sağlamaktadır. Çalışma alanındaki akiferin % 28,2 sinin kirlenmeye karşı yüksek duyarlı olduğu bu yöntemle tespit edilmiş olup, öncelikli olarak bu kesimlerde önlem alınmalıdır.

DRASTIC-AHS yöntemi ile hazırlanan haritaların doğrulanması amacıyla yeraltı sularındaki nitrat konsantrasyonu değerleri kullanılmıştır. Bu amaçla yapılan değerlendirmede, yüksek nitrat konsantrasyonlarının, kirlenmeye karşı yüksek duyarlı akifer ortamına karşılık geldiğini göstermektedir. Çalışma alanının orta ve kuzey kesimleri ile alüvyon akifer yüksek hassasiyete sahipken batı kesimleri düşük hassasiyete sahiptir ve nitrat konsantrasyonları kuzeye doğru yeraltı su tablası eğimi ile uyumlu olarak artmaktadır. Bu durum, elde edilen sonuçların gerçekçi olduğunu ve sahadaki gerçek durumu temsil ettiğini gösterir.

Yapılan bu çalışmada Hayrabolu Nehrinin aktığı alüvyon akiferin yüksek risk altında olduğu görülmüştür. Bölgedeki yeraltı suyu tarımsal sulama dışında içme suyu kaynağı

olarak da kullanıldığı için akiferin korunmasına yönelik önlem alınması gerekmektedir. Bu çalışmanın sonuçları değerlendirilerek diğer havzalar için de benzer çalışmaların yapılması uygun olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Abdullah, T. O., Ali, S. S., Al-Ansari, N. A. (2016). Groundwater Assessment of Halabja Saidadiq Basin, Kurdistan region, NE of Iraq Using vulnerability Mapping. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(3), 1-16.
- Abiy, A. Z., Melesse, A. M., Behabtu, Y. M., Abebe, B. (2016). Groundwater Vulnerability Analysis of the Tana Sub-basin: An Application of DRASTIC Index Method. *Landscape Dynamics, Soils and Hydrological Processes in Varied Climates*. Springer International Publishing, Geneva, 839.
- Al-Adamat RAN, Foster IDL, Baban SMJ (2003). Groundwater Vulnerability and Risk Mapping for the Basaltic Aquifer of the Azraq Basin of Jordan Using GIS, Remote Sensing and DRASTIC. *Applied Geography* 23:303–324.
- Aller L., Bennett T., Lehr J.H., Petty R.H. Hackett G. (1987). DRASTIC: a Standardized System for Evaluating Groundwaters Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. USEPA Report 600/2- 87/035, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Oklahoma, USA.
- Al-Zabet T. (2002). Evaluation of Aquifer Vulnerability to Contamination Potential Using the DRASTIC Method. *Environmental Geology*, 43, 203– 208.
- EHCDP (2005). Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı Proje Grubu, Plan Hükümleri Raporu, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Arkoc, O. (2014). Heavy Metal Concentrations of Groundwater in the East of Ergene Basin, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 93, 429-437.
- Aydin, Ö., Öznehir, S., Akcalı, E.(2009). Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2),69-86.
- Baalousha H. (2006). Vulnerability Assessment for the Gaza Strip, Palestine Using DRASTIC. *Environmental Geology*, 50,405–414.
- Brindha, K., Elango, L. (2015). Cross Comparison of Five Popular Groundwater Pollution

- Vulnerability Index Approaches. *Journal of Hydrology*, 524, 597-613.
- Civita M. (1994). Contamination Vulnerability Mapping of the Aquifer: Theory and Practice. *Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale*, Pitagora, Italy, 325.
- Cooley, H., Ajami, N., Ha, M. L., Srinivasan, V., Morrison, J., Donnelly, K., Christian-Smith, J. (2014). Global Water Governance in the Twenty-First Century. In *The world's Water*. (editor: P. H. Gleick) Island Press, Washington, DC, 211-253.
- Doerfliger N., Jeannin P.Y. Zwahlen F. (1999). Water Vulnerability Assessment in Karst Environments: A New Method of Defining Protection Areas Using a Multi-Attribute Approach and GIS Tools (EPIK method). *Environmental Geology*, 39(2):165–176.
- DSİ (2002). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ergene Havzası Hidrojeoloji Raporu, Edirne.
- DSİ (2016). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- Dumlu, O., Bozkurtoğlu, E., Yalçın, H. T. (2006). Yeraltısuyu Jeolojisi ve Hidroliği. Literatür Yayıncılık. Ankara, 255.
- Foster S. (1987). Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, Pollution Risk and Protection Strategy. In: *Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants* (editors: Van Duijvenbooden and Van Waegeningh), Organization for Applied Scientific Research , Hauge, Netherlands, 69–86.
- Garewal, S. K., Vasudeo, A. D., Landge, V. S., Ghare, A. D. (2017). A GIS-Based Modified DRASTIC (ANP) Method for Assessment of Groundwater Vulnerability: A Case Study of Nagpur City, India. *Water Quality Research Journal*, 1-8.
- National Research Council (1993). *Ground Water Vulnerability Assessment: Predicting Relative Contamination Potential Under Conditions of Uncertainty*. National Academies Press. Washington, 210.
- Hamza, S. M., Ahsan, A., Imteaz, M. A., Rahman, A., Mohammad, T. A., Ghazali, A. H. (2015). Accomplishment and Subjectivity of GIS-based DRASTIC Groundwater Vulnerability Assessment Method: A Review. *Environmental Earth Sciences*, 73(7), 3063-3076.
- Lee, S. (2003). Evaluation of Waste Disposal Site Using the DRASTIC System in Southern Korea. *Environmental Geology*, 44:654–664.
- Lobo-Ferreira, J. P., Oliveira, M. M. (2004). DRASTIC Groundwater Vulnerability Mapping of Portugal. *Geofisica Internacional*, 43(4), 541-550.
- Merchant, J. W. (1994). GIS-Based Groundwater Pollution Hazard Assessment: a Critical Review of the DRASTIC Model. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 60(9), 1117-1128.
- Millet, I., Saaty, T. L. (2000). On The Relativity of Relative Measures—Accommodating Both Rank Preservation and Rank Reversals in the AHP. *European Journal of Operational Research*, 121(1), 205-212.
- Rahman, A. (2008). A GIS based DRASTIC Model for Assessing Groundwater Vulnerability in Shallow Aquifer in Aligarh, India. *Applied Geography* 28:32–53.
- Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill Book Company, New York. 287.
- Secunda, S., Collin, M. L., Melloul, A. J. (1998). Groundwater Vulnerability Assessment Using a Composite Model Combining DRASTIC with Extensive Agricultural Land Use in Israel's Sharon Region. *Journal of Environmental Management*, 54(1), 39-57.
- Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A. (2009). DRASTIC ve Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemlerinin Entegrasyonu ile Akifer Duyarlılık Haritalarının Hazırlanması: Senirkent-Uluborlu Havzası (Isparta) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 48-59.
- Sener, E., Davraz, A., (2013) Assessment of Groundwater Vulnerability Based on a Modified DRASTIC Model, GIS and an Analytic Hierarchy Process (AHP) Method: the Case of Egirdir Lake Basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeology Journal*, 21(3), 701-714.
- Şentürk, K., Sümengen, M., Terlemez, İ., Karaköse, C. (1998). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Bandırma D4 paftası, Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü, Ankara. <http://www.tuik.gov.tr> (21.05.2017).
- Umut, M. (1988) 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kırklareli-C4, Kırklareli –C5 paftaları, Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü, Ankara.
- Van Stempvoort D., Ewert L., Wassenaar L. (1993). Aquifer Vulnerability Index (AVI): a GIS Compatible Method for Groundwater Vulnerability Mapping. *Canadian Water Resources Journal*, 18:25–37.

Vias J.M., Andreo B., Perles M.J., Carrasco F., Vadillo I., Jimenez, P. (2006). Proposed Method for Groundwater Vulnerability Mapping in Carbonate (Karstic) Aquifers: the COP Method. Application in Two Pilot Sites in Southern Spain. *Hydrogeology Journal*, 14:912–925.

Wang, J., He, J., Chen, H. (2012). Assessment of Groundwater Contamination Risk Using Hazard

Quantification, a Modified DRASTIC Model and Groundwater Value, Beijing Plain, China. *Science of the Total Environment*, 432, 216-226.

Yıldırım, Ü., Güler, C. (2016). Identification of Suitable Future Municipal Solid Waste Disposal Sites for the Metropolitan Mersin (SE Turkey) Using AHP and GIS Techniques. *Environmental Earth Sciences*, 75(2), 1-16.



Deterjanların Gediz Nehrinde Biyolojik Parçalanabilirliği

Orkide MİNARECİ*, Zeynep IŞIKTAŞ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140, Manisa

(İlk Gönderim / Received: 27. 02. 2018, Kabul / Accepted: 06. 07. 2018, Online Yayın / Published Online: 18. 07. 2018)

Anahtar Kelimeler

Biyodegradasyon,
Gediz Nehri,
Deterjan

Özet: Bu çalışmada deterjan aktif maddesi Monoxol OT (Sodyum sulfosüksinik asit dioktil esteri)'nin tatlı suda parçalanabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada Gediz Nehrin'den alınan tatlı su kullanılmıştır. Belirli zaman aralıklarında fosfat ve anyonik deterjan konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre deterjan aktif maddesi içeren çözeltilerin 2. gün sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde degradasyona uğradığı görülmüştür. Çalışma süresi sonunda Gediz Nehri suyunda %86 oranında parçalanma meydana gelmiştir.

Biodegradability of Detergents in the Gediz River

Keywords:

Biodegradation,
Gediz River,
Detergent

Abstract: In this study, the degradability of Monoxol OT (sodium sulfosuccinic acid dioctyl ester) the detergent active substance in the fresh water was investigated. The fresh water from the Gediz River was used in the research. The phosphate and anionic detergent concentrations were determined at certain time intervals. According to the results obtained, the solutions containing the detergent active substance were found to be statistically significantly degraded at the end of the second day. At the end of the study period, 86 % disintegration occurred in Gediz River water.

*İlgili yazar: orkide.minareci@cbu.edu.tr

1. GİRİŞ

Deterjan, genel olarak temizlik işlemlerinde kullanılan ve içinde temizleme işlemine yardımcı maddelerle birlikte, alkil sülfat veya alkil aril sülfonat tipindeki anyonik yüzey aktif maddelerin esas temizleyici olarak bulunduğu karışımlardır (Egemen, 2000).

Deterjanlar genellikle evlerde, iş yerlerinde temizlik amacıyla ve çeşitli endüstrilerde kullanılır. Deterjanlar sulara karıştığında kirliliğe neden olmakta ve sudaki canlılık ve metabolik faaliyetleri olumsuz etkilenmektedir.

Biodegradasyon, mikroorganizmaların deterjanları kullandığı ve basit olmayan kimyasal olayların değişimidir. Deterjanlar

mikroorganizmalar tarafından tüketilir, yani gıda olarak yenir. Sudaki mikroorganizmaların bazıları deterjanlara adapte olmuş, bazıları olamamıştır. Sıcaklığın uygun olduğu koşullarda degradasyonun tamamlanabilmesi için, uygun zaman da gereklidir. Eskiden kullanılan tetrapropilen benzen sülfonat %30 oranında degrade olurken, bugün kullanılan deterjanlar %90 oranında degrade olmaktadır. Farklı tuzluluktaki suların, yumuşak deterjanları %80–90 oranında biodegradasyona uğrattığı saptanmıştır. Organik madde konsantrasyonunun önemli oluşu, biodegradasyonu kolaylaştırmasıdır. Mikroorganizmalar bu ortamda hızla çoğalırlar, biomasları artar ve ortamdaki isteklerine göre

besinleri kullanırlar. Mikroorganizmaların birçok türü anyonik deterjanları kuvvetlice absorblamakta ve bulunan anyonik deterjan değerlerine biodegradasyon etkili olmaktadır (Egemen, 2000).

Gediz Nehri'nde ve kollarında yapılan çalışmalara bakıldığında, deterjan ve fosfat kirliliğinin varlığı açıkça görülmektedir. Gediz Nehri'nde yapılan bir çalışmada, anyonik yüzey aktif madde konsantrasyonları bazı istasyonlarda su kalite kriterlerinin üzerinde bulunmuştur (Tuğrul, 1992). Gediz Nehri'nde yapılmış bir diğer çalışmada, yerleşim yerlerine yakın, evsel atık yükün fazla olduğu istasyonlarda anyonik deterjan yükünün arttığı bildirilmiştir (Minareci et al., 2009a). Gediz Nehrine akan Karaçay'da yapılan çalışmada, Karaçay anyonik deterjan parametresi bakımından 3. sınıf, fosfat parametresi bakımından 2. sınıf su kalitesinde bulunmuştur (Minareci ve ark., 2009b). Yine Gediz nehrindeki başka bir çalışmada da, sudaki fosfat konsantrasyonları belirlenmiş ve fosfat kirliliğinin özellikle endüstriden kaynaklandığı belirtilmiştir (Okur ve ark., 1997).

Ayrıca çıkış sularının Gediz Nehri'ne ulaştığı arıtma tesislerinde yapılan araştırmalarda, Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisi atık suyunun fosfat yönünden 2. sınıf yani az kirlenmiş su sınıfında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca sulara boşaltılacak atıklar için deşarj kriterleri ile elde edilen fosfor değerleri karşılaştırıldığında fosfor konsantrasyonu yüksek bulunmuştur (Minareci ve ark., 2008a). Manisa Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyunun anyonik deterjan bakımından 4. sınıf (çok kirlenmiş su), fosfat bakımından da 3. sınıf (kirlenmiş su) su kalitesinde olduğu belirtilmiştir (Minareci ve ark., 2008b).

Deterjanların suda parçalanma hızı, birikerek kirlilik yaratacak düzeye erişmemesi bakımından önem taşımaktadır ve evsel kökenli atık sularındaki toplam fosfor genel olarak deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, Gediz Nehri ve kollarında yapılan çalışmalarda nehir suyunun anyonik deterjan ve buna bağlı olarak fosfat

yükü fazla olduğu için, sudaki deterjan miktarının Gediz Nehri'nde mikroorganizmalar tarafından biyolojik parçalanabilirliği araştırılmıştır.

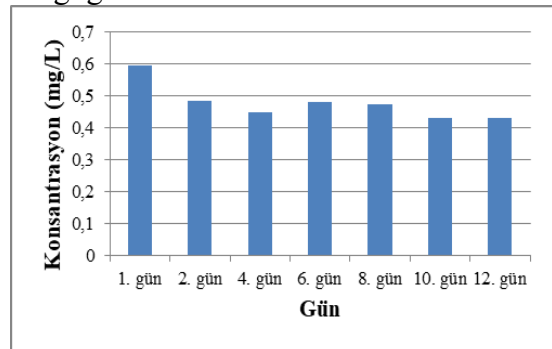
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada Gediz Nehri'nden alınan su örnekleri araştırma materyali olarak seçilmiştir. 2.5 ppm, 2 ppm, 1.5 ppm ve 1 ppm'lik deterjan aktif maddesi eklenmiş nehir suyu çözeltileri ve deterjan aktif maddesi eklenmemiş nehir suyu kontrol çözelti olarak 2'şer litrelik cam şişelerde ağzı kapalı olarak, 20 °C'lik etüvde araştırma süresince saklanmıştır. Belirlenen gün aralıklarıyla anyonik deterjan ve fosfat miktarları spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür (Parsons et al., 1984; Anonim, 1995).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan Gediz Nehri suyunda anyonik deterjan miktarı 0.964 mg L^{-1} , fosfat miktarı 0.597 mg L^{-1} olarak saptanmıştır. Gediz Nehri suyunun anyonik deterjan ve fosfat ortalama değerleri, Çevre Mevzuatı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 2004) ile karşılaştırıldığında, Gediz'in anyonik deterjan ve fosfat parametresi yönünden 3. kalite (kirlenmiş su) su sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Gediz Nehri suyundan alınan örnekte belirli gün aralıklarıyla ölçülen fosfat konsantrasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir. Gediz Nehri fosfat konsantrasyonunun zamanla azaldığı görülmektedir.

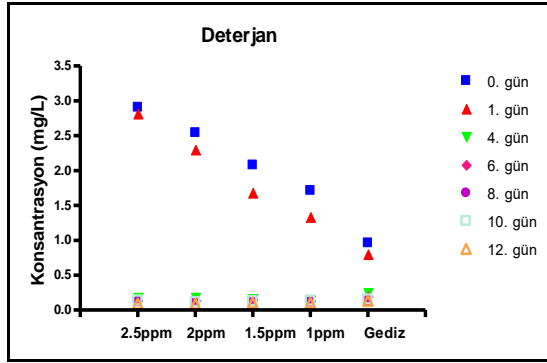


Şekil 1. Gediz Nehri suyunda fosfat konsantrasyonlarının zamansal değişimi

Tablo 1. Anyonik deterjan konsantrasyonlarının zamansal değişimi (mg L⁻¹)

Gün/Kons.	1. gün	2. gün	4. gün	6. gün	8. gün	10. gün	12. gün
2.5 ppm	2.908	2.818	0.178	0.139	0.127	0.138	0.092
2 ppm	2.544	2.303	0.18	0.138	0.128	0.115	0.089
1.5 ppm	2.082	1.685	0.161	0.152	0.125	0.129	0.106
1 ppm	1.717	1.337	0.141	0.133	0.118	0.136	0.104
Gediz (kontrol)	0.964	0.804	0.245	0.196	0.119	0.153	0.134

2.5 ppm, 2 ppm, 1.5 ppm ve 1 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş nehir suyu çözeltileri ve deterjan hammadesi eklenmemiş nehir suyu kontrol çözeltilerinde ölçülen anyonik deterjan konsantrasyonları Tablo 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Şekil 2.** Anyonik deterjan konsantrasyonlarının zamansal değişimi

2.5 ppm, 2 ppm, 1.5 ppm ve 1 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş nehir suyu çözeltileri ve deterjan hammadesi eklenmemiş nehir suyu kontrol çözeltilerinde ölçülen anyonik deterjan konsantrasyonlarının zamanla azaldığı, mikroorganizmalar tarafından deterjanın degrade edildiği yani parçalandığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma süresi sonunda, 2.5 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş çözeltide %96.8, 2 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş çözeltide %96.5, 1.5 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş çözeltide %94.9, 1 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş çözeltide %93.9, Gediz Nehri suyunda ise %86 oranında parçalanmanın gerçekleştiği saptanmıştır. Gediz Nehri'nde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların deterjan

kirliliğinin önlenmesinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

12 günlük çalışma sonunda günlere göre, 2.5 ppm, 2 ppm, 1.5 ppm ve 1 ppm'lik deterjan hammadesi eklenmiş nehir suyu çözeltileri ve kontrol çözeltilerindeki anyonik deterjan konsantrasyonlarının zamanla azaldığı belirlenmiştir. Yani çözeltilerdeki deterjan mikroorganizmalar tarafından büyük oranda parçalanmış ve Gediz Nehri'nde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların deterjan kirliliğinin önlenmesinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Deterjan parçalanma miktarları arasında önemli farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla "One way ANOVA" testi uygulanmış, test sonucunda, günlere göre deterjan miktarlarının farklılığı önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 2). Hangi günlerde anlamlı farklılıklar olduğunu belirlemek için yapılan Tukey Testi sonucunda 2. günde anyonik deterjan miktarında önemli bir değişiklik olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 2. Deterjan konsantrasyonları ve günler arasındaki One Way Anova testi sonucu

Tek yönlü Anova varyans analizi	
Önemli ölçüde farklılık var mı? ($P < 0.05$)	Evet
Grup sayısı	7
F	22.15
R ²	0.826
Bartlett'in eşit varyans testi	
Bartlett'in istatistiği	109
P değeri	P<0.0001
P anlamlılık	***
Varyanslar önemli farklılıklar gösteriyor mu mu? ($P < 0.05$)	Evet

Tablo 3. Günler arasındaki Tukey testi sonucu

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi	Ortalama farklılık	q	P değeri
1. gün & 2. gün	0.2536	1.371	P > 0.05
1. gün & 4. gün	1.862	10.07	P<0.001
1. gün & 6. gün	1.891	10.22	P<0.001
1. gün & 8. gün	1.92	10.38	P<0.001
1. gün & 10. gün	1.909	10.32	P<0.001
1. gün & 12. gün	1.938	10.48	P<0.001
2. gün & 4. gün	1.608	8.695	P<0.001
2. gün & 6. gün	1.638	8.854	P<0.001
2. gün & 8. gün	1.666	9.006	P<0.001
2. gün & 10. gün	1.655	8.948	P<0.001
2. gün & 12. gün	1.684	9.106	P<0.001
4. gün & 6. gün	0.0294	0.1589	P > 0.05
4. gün & 8. gün	0.0576	0.3114	P > 0.05
4. gün & 10. gün	0.0468	0.253	P > 0.05
4. gün & 12. gün	0.076	0.4109	P > 0.05
6. gün & 8. gün	0.0282	0.1524	P > 0.05
6. gün & 10. gün	0.0174	0.09406	P > 0.05
6. gün & 12. gün	0.0466	0.2519	P > 0.05
8. gün & 10. gün	-0.0108	0.05838	P > 0.05
8. gün & 12. gün	0.0184	0.09947	P > 0.05
10.gün & 12. gün	0.0292	0.1579	P > 0.05

Deterjanların tatlı su ortamında biyolojik parçalanması ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, araştırmada kullanılan deterjanlarda yüzey aktif maddelerin 15 günlük süre sonunda önemli oranda parçalandığı belirlenmiştir (Boran ve ark., 1998). Keban ve Hazar Gölü sularında deterjanların parçalanması ile ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmada 15 günlük süre sonunda parçalanmanın %80-90 olduğu saptanmıştır (Pehlivan ve ark., 1993). Yine deterjanların akarsularda parçalanması ile ilgili Sales ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada parçalanmanın %90.3'e kadar ulaştığı bulunmuştur (Sales et al., 1987). Porsuk Çayı'nda deterjan aktif maddelerinin, çaydan izole edilmiş bakteriler tarafından biyolojik parçalanabilirliği ile ilgili çalışmada, 33 günlük süre sonunda deterjan aktif maddelerinin miktarları ölçülmüş ve miktarların azaldığı görülmüştür. Ayrıca saf

kültür bulunan ortamlarda deterjanların parçalanmasının, karışık mikroorganizma kültürleri içeren ortamlardaki deterjan parçalanmasından düşük olduğu ve sonuç olarak Porsuk Çayı'nda doğal olarak bulunan mikroorganizmaların deterjan kirliliğinin önlenmesinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Çakır ve Kıvanç, 2000). Yüzey aktif maddelerin *Pseudomonas putida* kullanılarak biyodegradasyonunun incelendiği çalışmada, dodesil benzen sülfonat ve lineer alkil benzen sülfonat gibi kullanımı yaygın yüzey aktif maddelerin parçalanma oranları sırasıyla %70 ve %80 olarak bulunmuştur (Orhan ve Büyükgüngör, 1994). Yugoslavya'daki Sava, Drava ve Kupa nehirlerinde yapılan çalışmada, nehirlerdeki yüzey aktif maddelerin parçalanmaya dirençli olduğu, bunun nedeninin de deterjan aktif maddelerinin kimyasal yapısından veya ortamdaki mikroorganizma türlerinden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır (Cosovic et al., 1985). Çeşitli marka deterjan ve şampuanların nehir suyunda bozunmasıyla ilgili olarak yapılan bir çalışmada, şampuanların sıvı deterjanlardan daha hızlı birincil biyolojik bozunuma uğradığı belirtilmiş ve 12 günlük periyot boyunca çeşitli marka deterjan ve şampuanların bozulma kolaylığı, SDS (%97), Rainbow (%85), Flex (%79), Spencer (%79), Apollo (%77) ve Triton X-100 (%63) ve Teepol (%59) şeklinde olmuştur (Okpokwasili and Olisa, 1991). Polonya'da anyonik ve noniyonik deterjanların nehir suyunda biyolojik olarak parçalanabilirliğinin kontrolü için yapılan çalışmada, her iki deterjan türünün birincil biyodegradasyonu 20 gün boyunca izlenmiş ve anyonik deterjanların tamamında nispeten hızlı biyolojik bozunum olduğu, noniyonik deterjanların biyolojik olarak parçalanabilirlik bakımından çeşitlilik gösterdiği, sadece iki noniyonik deterjan türünün %80 olan biyolojik parçalanabilirlik sınırını aşmadığı görülmüştür (Siwiński et al., 1998). Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlarda, Gediz Nehri suyunda deterjan aktif maddelerinin parçalanmaya dirençli olmadığı, mikroorganizmalar tarafından parçalandığı ve

parçalanmanın %86 oranında olduğu belirlenmiştir.

Deterjan üretiminde, biyolojik olarak parçalanabilen deterjan aktif maddelerinin kullanılmasıyla, fosfatsız deterjan üretimiyle, evsel ve endüstriyel atık su arıtım tesislerinde fosfat ve deterjan arıtımı yapılmasıyla ve mikroorganizmaların biyolojik olarak deterjan aktif maddelerini biyodegradasyona uğratmasıyla ve en önemlisi de insanların doğru ve az miktarda deterjan kullanmasıyla sularda deterjan kirliliğinin azalacağı kanısındayız.

4. KAYNAKLAR

- Anonim. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition, APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- Boran M., Karaçam H., Kutlu S. (1998). Deterjanların tatlı su ortamında biyolojik parçalanması. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu. 10-12 Haziran 1998, Erzurum.
- Cosovic B., Vojvodic V., Plese T. (1985). Electrochemical determination and characterization of surface active substances in freshwaters. *Water Research*, 19, 175-183.
- Çakır E., Kıvanç M. (2000). Porsuk Çayı'ndan izole edilmiş bakteriler tarafından deterjan aktif maddelerinin biyolojik parçalanabilirliği. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 129-135.
- Egemen Ö. (2000). Çevre ve Su Kirliliği. 3. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:42, Bornova – İzmir, 120 s.
- Minareci O., Öztürk M., Egemen Ö., Minareci E. (2008a). Manisa Organize Sanayi Arıtım Tesisinin, Gediz Nehrinde Deterjan Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 65-72.
- Minareci O., Öztürk M., Egemen Ö., Minareci E. (2008b). Manisa Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının, Gediz Nehrine Olan Etkilerinin, Anyonik Deterjan ve Fosfat Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (e-dergi)*, 3(1), 16-25.
- Minareci O., Öztürk M., Egemen Ö., Minareci E. (2009). Detergent and Phosphate Pollution in Gediz River, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3568-3575.
- Minareci O., Minareci E., Öztürk M. (2009). Karaçay'da (Manisa) Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26(3), 171-177.
- Okpokwasili G.C., Olisa A.O. (1991). River-water Biodegradation of Surfactants in Liquid Detergents and Shampoos. *Water Research*, 25(11), 1425-1429.
- Okur B., Hakerlerler H., Anaç D., Anaç S., Dorsan F., Yağmur B. (1997). Gediz Nehrindeki Kimi Su Kirlilik Ögesi Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, 93-ZRF-043 nolu Proje Raporu, Bornova- İzmir, 41 s.
- Orhan Y., Büyükgüngör H. (1994). Yüzey aktif maddelerin *Pseudomonas putida* kullanılarak biyodegradasyonunun incelenmesi. II. Ulusal Biyoteknoloji Sempozyumu. 22-23 Eylül 1994, Ankara.
- Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M. (1984). A Manual Of Chemical and Biological Methods For Seawater Analysis. Pergamon Pres., New York, 173 p.
- Pehlivan D., Özçelik S., Yörük S. (1993). Deterjan Aktif Maddesinin Göl Sularında Biyolojik Parçalanması. *Doğa-Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 17, 249-254.
- Resmi Gazete. (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sayı 25687, Tarih 31.12.2004.
- Sales D., Quiroga J.M., Gomez-Parra A. (1987). Primary biodegradation kinetics of anionic surfactants in marine environment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 385-392.
- Siwiński P., Szymański A., Łukaszewski Z. (1998). Biodegradability of Detergent Powder Surfactants in the River Water Die-

A way Test. *Polish Journal of Environmental Studies*, 7(4), 251 – 256.

Tuğrul G. (1992). Gediz Nehir sisteminde anyonik deterjan kirliliğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, 48 s.



Concentration of Residual Chlorine and Its Health Effects on The Drinking Water of The Kirkuk City

Yawooz Hameed MAHMOOD, Baraa Mohammed Ibrahim Al-HILALI, Afrah T. KALAF

Samarra University, Education College, Biology Department, Iraq

(İlk Gönderim / Received: 04. 05. 2018, Kabul / Accepted: 09. 07. 2018, Online Yayın / Published Online: 18. 07. 2018)

Keywords:

Drinking water,
Chlorine,
Kirkuk

Abstract: Chlorine is one of the basic sterilizers for the drinking water in most countries due to its wide availability and low cost, which it works to eliminate the causes of diseases in drinking water effectively through the destruction of membranes and attack the basic enzymes of those organisms. The sterilization process of chlorinated drinking water depends on the added chlorine dose and the contact time. The residual chlorine is of great importance in maintaining the quality of drinking water. Therefore, the residual chlorine concentration in the drinking water of the city of Kirkuk was studied by some factors such as water temperature, turbidity, electrical conductivity, total soluble salts and pH of five stations by five samples per station during the study period, which lasted between January and July 2017. The results of the study showed that the concentration of residual chlorine ranged from 0.8 - 3 mg/l where it was higher than the limit allowed within the standards. The results also showed an inverse relationship between residual chlorine concentration and water temperature while the turbidity and concentrations of total dissolved solids, electrical conductivity, and pH were within Iraqi standards.

*İgili yazar: kerkuk07@hotmail.com

1. INTRODUCTION

Water is one of the essential natural resources we need daily and its processed through water treatment stations so that the water for drinking purposes can be free from contaminants and health problems, as well as a good taste and odor-free so a standard calibration of drinking water has been established.

It is known that the process of water treatment is carried out through the transfer units of sedimentation and filtration to remove impurities. The most of the drinking water treatment stations in Iraq use chlorine in the process of purification of drinking water, where it plays an important role in the elimination of many microorganisms. It has to be used because water is a quick way to spread many

diseases as well as that the water medium is an important part of the life cycle of some pathogens. 50% of the population in Third World countries are reported to have water-related diseases while about 80% of the total disease in developing countries is due to water pollution and more than 16% of the world's population use polluted water (Ramal, 2010). The World Health Organization (WHO) gives priority to three simple rules, its access to water from the best possible resources. Benefit available means to protect water resources ensure permanent water treatment. The continuous application of these rules ensures the protection of populations from water-borne diseases.

Liquid chlorine is low solubility in water so when chlorine

Chlorine is a toxic gas 2.45 times heavier than air, and its presented in the three cases according to temperature and pressure. The liquid chlorine is a low solubility in water so when water sterilization must to use chlorine gas otherwise, the liquid chlorine does not cause its use effectively in addition to its danger to the workers and corrode the pipes (Abdullah, 2001). Chlorine is widely used in the world to treatment drinking water to distinguish chlorine by its low cost, ease of application, great efficiency and its ability to maintain its efficiency in sterilizing water until it reaches the consumer (Nikolaou, et al, 2004). When chlorine is added to water, part of its consumed in reaction to chemicals that may be present in water is called chlorine demand another part of the water is the so-called residual chlorine (Abdullah, 2001).

The added chlorine dose should be sufficient to eliminate the germs, also to break down and oxidize the organic and inorganic substances present in the water and then leave a residual amount of free chlorine after 30 minutes of contact time (time to kill microorganisms and interact with other organic matter present in water). The remaining chlorine is very important in maintaining water quality. It should be noted that the amount of organic matter varies from one source of water to another. Accordingly, the chlorine dose required for disinfection varies according to the characteristics of the water sources (Ubeed, 2011). The main focus of chlorination is to ensure that free amounts of chlorine remain for as long as possible to ensure that bacterial growth is prevented during the transfer, storage and distribution of water, the residual chlorine content in drinking water is evidence of the success of the sterilization process and the disposal of abandoned organisms but the increased concentration on standard determinants poses a risk to human health so these measurements and tests are

therefore necessary because there are many sources of contamination of drinking water and for the purpose of ensuring that they are suitable for human use otherwise their effects will be serious and direct on the human and the environment (Zhang, et al, 2007).

The Objective of The Study

The current study aims at measuring the residual chlorine concentration in the drinking water of Kirkuk city and some important characteristics of drinking water such as pH, temperature, turbidity, electrical conductivity (EC) and total soluble solids (TDS) to determine the quality and validity of this water for human consumption, and determine the relationship between and compare them with the limit allowed in the Iraqi Standards.

2. MATERIALS AND METHODS

The Kirkuk Unified Water Project is located in the Kiwan(K1) area, northwest of Kirkuk Which pumps drinking water to all areas in the center of Kirkuk city, the main source of water is the Tigris river (Lower Zab) and the water is treatments in the project by chlorine gas. The design capacity of the project is 75 million gallons / day through five ground tanks spread throughout the city as shown in Figure 1.

The city was divided into five stations according to Table 1 samples from five stations were collected by five samples per month from each station during the months of January-June 2017. The samples were taken from the sites by plastic bottles of 2 liters after they were washed twice with the sample water at each station. The plastic bottles were well closed and transferred to the laboratory for the necessary analysis, all the tests were done in the laboratory of the Directorate Water of Kirkuk.

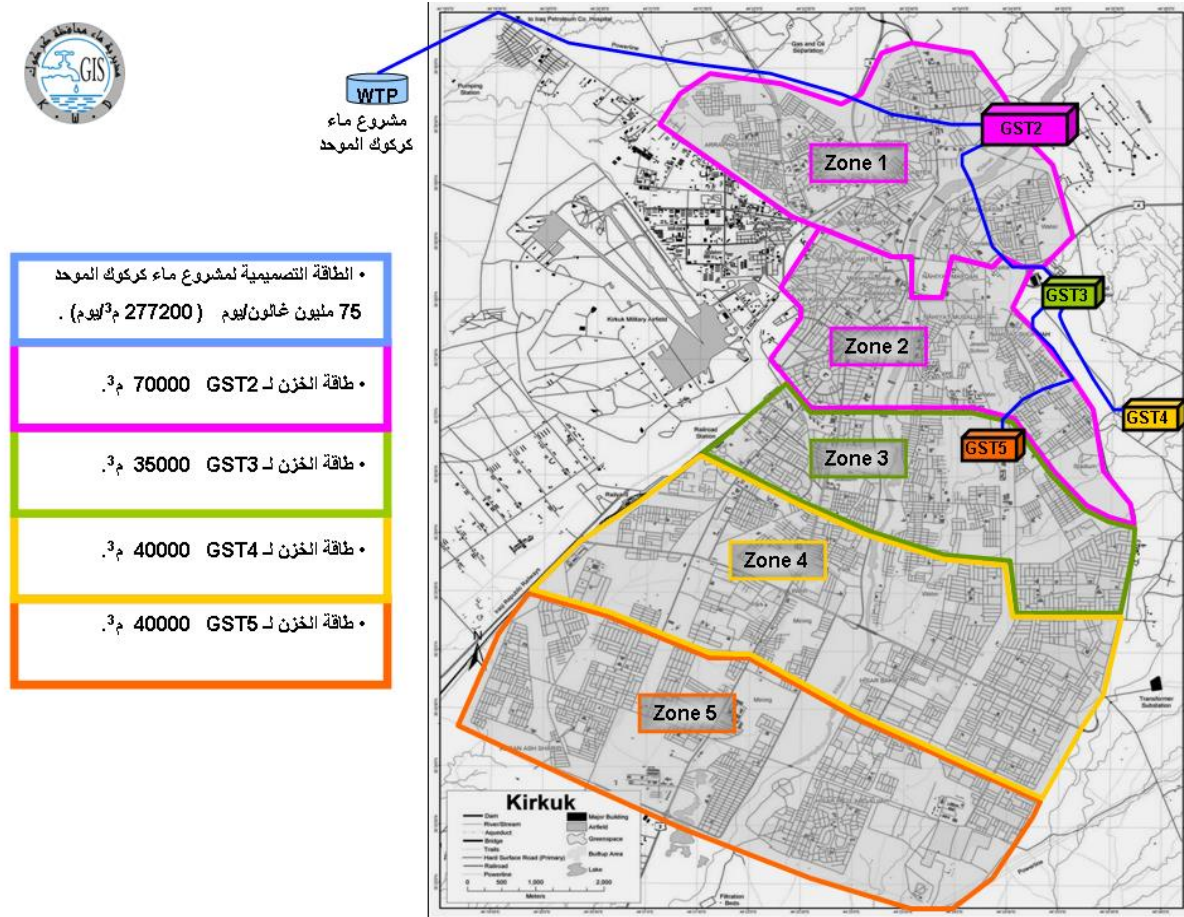


Figure 1. Kirkuk unified water project and distribution areas

Table 1. The geographical location of the stations

Number of stations	Name of stations	The geographical location of the stations
Station No. 1	Tank No. 1	Northwest of Kirkuk
Station No.2	Distribution areas of Tank No. 2	North of Kirkuk
Station No.3	Distribution areas of Tank No.3	Downtown Kirkuk
Station No.4	Distribution areas of Tank No.4	South of Kirkuk
Station No.5	Distribution areas of Tank No.5	South of Kirkuk

Turbidity

Water turbidity was measured using the German Turbidity meter was done after calibrating the device using standard solutions equipped by the manufacturer. The samples are tested in a special tube supplied with the device when the tube is placed in the reading process

of machine and through the results in (N.T.U) Nephthelometric Turbidity Unit.

Electrical Conductivity (E.C.)

The CONSORTC 830 Multi parameter analyzer was used to measure the electrical conductivity of the samples after calibrating the

device then reading results process through the unit of microsiemens / cm (μS).

Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids was measured using the WTW Digital conductivity model made by the German HANNA and expressed in mg/l units

Measurement of pH

The pH of the samples were measured using a pH meter manufactured by HANNA (Microprocessor HI 9321) after calibrating the device with Buffer Solution with pH (9, 7, 4).

RESULTS AND DISCUSSION

Water Temperature

The temperature of the water samples was measured as shown in Table 2 which shows the variation in temperature values between the months of January, February and the months of May, June which confirms that there is a wide impact of seasonal variation on water temperature change which affects a large part of the physiological system, metabolic and geochemical processes in the river water (Barakat, 2007).

Table 2 shows the water temperature in the stations, which ranged between the highest recorded in the first station in June at 28.7 °C and the lowest recorded in the second station in February at 16.8 °C. A gradual rise in water temperature can be observed from January to June. The fluctuating results of the temperature between the stations in this study is due to the extent of these stations affected by the temperature of the periphery derived from the sun (Fatalawi, 2007)

Residual Chlorine

The tests are done using a LOVIBOND disk with a (DPD) detector, a powder prepared in special containers used for each test. The measurement process is done by taking 10 ml of the water sample and then adding a (DPD) as a result, a pink solution of varying color is produced according to the remaining chlorine concentration in the sample, the cell is then placed on a disc (LOVIBOND) and the color of the test sample is compared with the color grades on the disc (LeChevallier et al., 1981).

pH

Natural water tends to the base side because of the presence of carbonates and bicarbonates (Lind, 1979). Therefore, the pH values were within a narrow range and did not change much. This is observed in the current study that there are no significant differences between stations. The result was consistent with (Samurai, 2009). The pH values of the water samples did not change significantly during the considered months. The pH measurement results shown in Table 3 are within the range (7.2-7.7). These percentages indicate that the water has a weak base because the calcareous nature of the Tigris River that passes through many of the mountainous highlands (Al-Shuwani, 2009). These percentages of pH concentration are acceptable for drinking water quality according to the World Health Organization (WHO) and Iraqi standard that ranging from 6.5 <pH> 8.5.

Table 2. Temperature values °C

Stations	January	February	March	April	May	June
1	18	17.2	20.7	22.8	28	28.7
2	18.2	16.8	21	22.9	27.8	27
3	18.4	17.4	20.9	23	28	27.9
4	18.3	17.3	21	22.9	28.1	28
5	18.2	17.2	20.7	22.9	28	27.6

Table 3. Values of pH

Stations	January	February	March	April	May	June
1	7.7	7.3	7.3	7.2	7.2	7.6
2	7.5	7.2	7.2	7.3	7.2	7.5
3	7.4	7.4	7.2	7.2	7.2	7.5
4	7.6	7.6	7.2	7.4	7.3	7.6
5	7.6	7.5	7.3	7.4	7.3	7.5

Table 4. Turbidity values mg/l

Stations	January	February	March	April	May	June
1	4.1	3.9	4.4	4.5	3.5	3.5
2	4	4.2	4.2	4.4	3.8	3.6
3	4.2	4	4.5	4.2	4	3.7
4	4	4.5	4	4.6	3.9	3.8
5	4.3	4.3	4.3	4.4	3.7	3.6

Turbidity

The cause of the turbidity is the presence of materials that may be minutes of soil, sand, Organic and Inorganic matter, or microorganisms, can be expressed by the visual property that makes light spread or absorbed instead of moving in a straight line (Mufriji, et al, 1991). Turbidity is the measurement of water transparency of suspended solids and high ratios of pathogenic organisms. The high rates of turbidity can protect living organisms from the effect of disinfection so the process of treatment and disinfection should be successful enough to keep water turbidity at the lowest level (Azzawi, 2010). The results showed an approximation of the turbidity values ranging between 3.5-4.6 NTU as shown in Table 4. It is within the international standards for drinking water. The high rate of turbidity of river water in rainy seasons is due to the erosion of soil, mud, and suspended matter with rain, such as

algae and organic matter downstream (Al-Misleh, 1988), As the increased turbidity in the winter occur as a result of increasing water levels and movement, which leads to the non-deposition of the suspended materials (Al-Saadi et al, 1986).

Electrical Conductivity (E.C.)

Electrical conductivity is a numerical expression of positive and negative ions found in water (APHA, 2003). The electrical conductivity of water depends on the soluble matter (mainly electrolytes) and its values are influenced by concentrations of salts found in the form of ions (Al-Shwani, 2001). The electrical conductivity ranged from 340 - 431 $\mu\text{s}/\text{cm}$ as shown in Table 5. The increase in the rate of soluble salts in the river water coincides with seasonal changes, as it increases in the winter from the summer due to rainfall, and

Table 5. Electrical conductivity values $\mu\text{s} / \text{cm}$

Stations	January	February	March	April	May	June
1	412	417	418	425	351	321
2	416	420	416	430	340	327
3	417	416	419	426	362	331
4	414	423	422	425	341	329
5	413	416	421	429	344	326

increase the amount of dissolved salts in the water. The abundance of highly soluble carbon dioxide causes the increase of negative carbon ions that combine with positive ions that form heterogeneous salts (Al-Haidari, 2003). The results for all samples during the study period were match with Iraqi Standard No. 417 of 1989 and the World Health Organization (WHO, 1993), which determined the validity of drinking water of electrical conductivity value does not exceed 2000 $\mu\text{s} / \text{cm}$.

Total Dissolved Solids (T.D.S.) mg/l

Soluble solids represent the measurement of inorganic salts, organic matter and other soluble substances in water, either naturally occurring in water or as a result of industrial and household wastes produced by anthropogenic or from the atmosphere or due to evaporation due to high temperatures or falling rain. It also depends on geology of earth (Wetze, 1983), containing organic particles or metals that are useful when they are present in the water as nutrients or lead to water pollution by containing toxic substances (Hassan et al, 2012). The variation in concentrations of dissolved solids during the months of the year may be due to the fact that the months with high concentrations of dissolved solids in rainy months (Table 6). Rainfall, particularly in densely populated cities and industrial areas, carries with it pollutants present in the atmosphere and solubility. When these rains reach the rivers, they increase concentrations of substances in water (Al-Sadani, 2009). A positive correlation was found between the concentrations of total dissolved solids and turbidity, The reason for the increase in total dissolved solids concentrations in the waters of

the Tigris River is the increase in flow rates during the winter and spring due to rainfall which leads to high turbidity rates (Samurai, 2009).

Residual Chlorine

The main goal of adding chlorine to water in water treatment plants is sterilization to eliminate microorganisms that cause disease. To ensure good sterilization, chlorine is added in enough quantities, part of which remains in the form of residual chlorine, which prevents water from biological contamination during storage and transport of drinking water at network. The permissible limits of free chlorine concentrations are 0.2-0.5 mg/l. If this percentage is reduced, the probability of contamination of water by microorganisms is increased, especially when leaks or breakdowns occur in the water network. If chlorine increases, this is dangerous because of the chlorine union with organic compounds that produce compounds that have a health effect.

The addition of chlorine in the Kirkuk unified water project is carried out after filtration so after the completion of the filter operations to be disposed of the largest amount of organic compounds that may be associated with chlorine to be toxic and carcinogenic substances. The free residual chlorine after the disinfection process, it ranges between (0.8 - 3.0) mg/l in drinking water samples as shown in Table 7. The results showed that the highest concentration of residual chlorine was during the month of January at the first station, which is (3) mg/l and the lowest concentration of residual chlorine was in the month of May the

Table 6. Total dissolved solids values mg/l

Stations	January	February	March	April	May	June
1	300	310	312	328	260	256
2	302	316	308	326	238	260
3	303	312	310	322	298	258
4	302	316	316	326	226	260
5	308	314	318	326	235	264

Table 7. Residual chlorine values mg/l

Stations	January	February	March	April	May	June
1	3	2.8	2.9	2.8	2.7	2.6
2	2.3	2.3	2.2	2.3	2	1.9
3	2.1	2.1	2	2	1.7	1.5
4	2	1.9	1.8	1.7	1.5	1.3
5	2	1.8	1.9	1.8	0.9	0.8

fifth station is (0.8) mg/l, due to the different amounts of chlorine added during the disinfection process according to the months and seasons of the year and the efficiency of chlorine pumps may affect differences in residual chlorine concentrations (Barakat, 2007).

Chlorine is a toxic chemical, although it is a disinfectant that is easy to use and control its effectiveness. However, recent research has shown that serious damage to human health because of its use. Therefore, when using chlorine and its manufacturing materials, gloves and protective masks should be used in well-ventilated areas but most people use chlorine in the wrong way, especially in cleaning, dish washing and clothing. This cheap chemical is also used extensively in the sterilization of drinking water, chlorine producers have made huge profits although scientific research has shown that chlorine is the leading carcinogen and can be fatal. Chlorine is weak in resistance to inorganic pollutants such as heavy metals such as zinc and iron, which contribute significantly to the injury of the body kidney failure and cirrhosis. Prolonged exposure to chlorinated water, whether by drinking or swimming, can lead to tooth damage, leading to tooth calcification and weakness. There is evidence of a relationship colon, bladder and rectum

cancer with chlorinated water. The exposure to chlorine during bathing is greater and more dangerous than the risk of drinking the same water, because when we drink water takes its way to the digestive system and then to the output system and only part of it goes to blood circulation while during showering hot water opens the pores of the skin and thus take chlorine and other pollutants into the body through the pores of the skin, on the other hand, there is another serious problem is the inhalation of dangerous substances during bathing, as the bathroom is usually small and therefore hot water is evaporation with chlorine, easy to inhalation, the vapor-loaded carcinogen and the problem is not only in its absorption across the skin but also in the inhalation of its spray during bathing, The inhalation of chlorine vapor during bathing increases the problems of asthma, allergies and sinuses by adding to skin problems and hair loss. Short-term exposure to these conditions may cause eyesight, coughing, phlegm, nasal bleeding, chest pain, redness of the skin and making the head hair dry and difficult to lay off. More-term exposure may cause fluid accumulation in the lungs, pneumonia, bronchitis, hard breathing and increase the problems of cortex in hair, the research has shown that the body absorbs chlorine during bathing, and that the amount of chlorine

entering the body during a bath of 10 minutes equivalent to the amount of drinking 8 cups of the same water (Abdel-Latif, 2014).

REFERENCES

- Abdullah J. (2001). Sterilization of drinking water, Vocational Training Corporation, Jordan Kingdom.
- Al-Azzawi Esraa Salman Dels (2010). Environmental and Bacteriological Study of Ray alam Project in Salahuddin Governorate, Master Thesis, Faculty of Science, University of Tikrit.
- Al-Fatalawi Yarub Falih Khalaf (2007). Study of the quality of drinking water for some projects of drinking water Baghdad. PhD thesis, College of Science, University of Baghdad.
- Al-Haidari Mohammed Jawad Saleh (2003). Environmental Impacts of Industrial Waste Water for Al - Furat General Company for Chemical Industries in Al-Sadda, Iraq. Master Thesis. Faculty of Science, University of Babylon.
- Al-Mafraji Talab Kazem and Shatha Salman al-Azzawi (1991). Microbiology of soil and water. Ministry of Higher Education and Scientific Research - University of Baghdad.
- Al-Muslah Rashid Mahjoub (1988). Microbiology of water. House of Wisdom, University of Baghdad – Iraq.
- Al-Saadi Hussein Ali, Nejm Kamar Al-Daham and Leith Abdul Jalil Hossan (1986). Aquatic ecology. Dar Al Kutub For Printing & Publishing. Marine Research Center. University of Basrah, Iraq.
- Al-Sadani Ibrahim Ahmed Hussein Hassan (2009). Environmental and Bacteriological Study of the Tigris River within the Governorate of Salahddin. Master degree, Faculty of Science, University of Tikrit.
- Al-Samarrai Bayda Abdelkader Mahdi (2009). Environmental and Microbiological Study of Drinking Water in Salahddin Governorate, Master Thesis, Faculty of Science, University of Tikrit.
- Al-Shawani Tawoos Mohammed Kamel Ahmed (2001) Environmental and microbiological study of the Lower Zab River from Alton Kubri to Hawija. Master Thesis, College of Education for Girls, University of Tikrit – Iraq.
- Al-Shawani Tawoos Mohammed Kamel Ahmed (2009). Bacterial evidence of biological pollution and its relation to some physical and chemical factors affecting some aquatic ecosystems in Kirkuk governorate. PhD thesis, Girls College of Education, Tikrit University, Iraq.
- Abdullatif Mohamed Saad (2014). Chlorine in our lives causes cancer, renal failure and liver cirrhosis.
<http://www.alnoor.se/article.asp?id=238666>.
- APHA (American Public Health Association) (2003). Standard Methods For the Examination of water and wastewater, 20th Edition. A.P.H.A., 101 5 fifteenth street, NW. Washington. Dc, USA.
- Barakat Nadia Tareq (2007). Measurement of drinking water pollutants in some areas of Baghdad. Master Thesis. College of Science University of Baghdad.
- Hassan F. M., Hadi R., Kassim T.I. & Al-Hassany J.S. (2012). Systematic study of epiphytic algal after restoration of al-Hawizah marshes, southern of Iraq. International Journal of Aquatic Science. ISSN: 2008-8019. Vol 3, No 1.
- Lind G.T. (1979). Hand book of Common Method in Limnology 2nd. Ed, London. pp 1991.
- LeChevallier M.W., Evans T.M. & Seidler, R.J. (1981), Effectof turbidity on chlorination efficieny and bacterial persistence in drinking water. Applied and Environmental Microbiology.
- Nikolaou A.D., Lekkas T.D. and Golfinopoulos S.K (2004), Kinetics of the formation and decomposition of chlorination by-products in surface waters. Chemical Engineering journal, No100 Vol. 5 PP. 139-148.
- Obaid Afaf Jadan (2011). Residual chlorine concentrations in Tikrit University water

network, Iraqi Journal of Civil Engineering
Volume 7 Issue 1 Page 18-29.

Ramal Sand Majid Matar (2010). Evaluation of
drinking water quality and efficiency of the
Great Ramadi Water Project, Qadisiyah
Journal of Engineering Sciences, Volume 3,
Issue 2.

Wetzel R.G. (1983). Limnology. 2nd Edi-
Saunders Company. Philadelphia. 767 pp.

WHO (World Health Organization) (1993).
Environmental Health criteria 134, WHO
World Health Organization. Geneva, PP 17-
273.

Pollen Spectrum of Gonen (Balıkesir) Atmosphere

Aycan Tosunoglu¹*, Hanife Akyalcin², Adem Bicakci¹

¹Uludag University, Faculty of Science, Department of Biology, 16059, Gorukle, Bursa, Turkey.

²18 Mart University, Faculty of Science, Department of Biology, Canakkale, Turkey.

(İlk Gönderim / Received: 24. 02. 2018, Kabul / Accepted: 05. 07. 2018, Online Yayın / Published Online:18. 07. 2018)

Keywords:

Aerobiology,
Gravimetric sampling,
Pollen calendar

Abstract: In this study, pollen amounts and variations were monitored in the atmosphere of Gonen-Balıkesir annually by using gravimetric method. A total of 38 taxa and unidentified pollen grains were recorded and from these, 22 of them belong to arboreal plants (AP), 16 to non-arboreal plants (NAP). During the sampling period 4916 pollen counted per cm², of which 73.13% pertain to arboreal plants, 26.08% to non-arboreal plants and 0.79% to unidentified. Dominating taxa in the air of sampling cite were *Pinus* (19.08%), *Poaceae* (16.94%), *Cupressaceae/Taxaceae* (10.50%), *Quercus* (9.62%), *Juglans* (9.52%), *Olea europaea* (8.58%), *Platanus* (6.20%), *Amaranthaceae* (3.32%), *Asteraceae* (2.71%), *Alnus* (1.59%), *Acer* (1.14%) and *Morus* (1.14%); all of dominated pollen types previously reported as allergenic in the literature. In the study period, the pollen amount reached its highest level in May.

Gönen (Balıkesir) Atmosferinin Polen Spekturumu

Anahtar Kelimeler

Aerobioloji,
Gravimetrik örnekleme,
Polen takvimi

Özet: Bu çalışmada Gönen-Balıkesir atmosferinde görülen yıllık polen miktar ve değişimi gravimetrik metod kullanılarak araştırılmıştır. Toplam 38 takson ve tanımlanamayan polenler kaydedilmiştir ve bunlardan 22 tanesi odunsu bitkilere (AP), 16 tanesi otsu bitkilere (NAP) aittir. Örnekleme süresi boyunca cm²'de 4916 polen kaydedilmiş olup, bunların %73.13'ü odunsu bitkilere, %26.08'i otsu bitkilere %0.79'u ise tanımlanamayan polenlere aittir. Örnekleme sahası atmosferindeki dominant taksonlar; *Pinus* (%19.08), *Poaceae* (%16.94), *Cupressaceae/Taxaceae* (%10.50), *Quercus* (%9.62), *Juglans* (%9.52), *Olea europaea* (%8.58), *Platanus* (%6.20), *Amaranthaceae* (%3.32), *Asteraceae* (%2.71), *Alnus* (%1.59), *Acer* (%1.14) ve *Morus* (%1.14) olup; literatürde tüm dominant polen tiplerinin allerjik olduğu rapor edilmiştir. Çalışma süresinde polen miktarı Mayıs ayında en yüksek seviyede görülmüştür.

*İlgili yazar: aycanbilisik@uludag.edu.tr

1. INTRODUCTION

Gonen (Balıkesir) is situated in the North-West of Turkey (40° 06' N - 27° 38' E) along the Marmara Sea and has a 33 m altitude. Gonen is an agricultural region in both dry and irrigated lands, a great variety of crops grow during the year because of the particular

climate. The most important yield of Gonen is rice. In addition to this, Gonen is a well-known center of health tourism in Turkey and famous with thermal springs.

The studied area has Mediterranean climate and some species appear in the study area as follows; *Quercus coccifera* L., *Olea*

europa L., *Phillyrea latifolia* L., *Spartium junceum* L., *Cercis siliquastrum* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Laurus nobilis* L., *Erica arborea* L., *Paliurus spina-christi* Miller., *Pinus brutia* Ten., *Platanus orientalis* L., *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus ornus* L., *Fagus orientalis* Lipsky. and *Castanea sativa* Miller.. On the slopes of mountains at higher altitudes *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arn. are dominate. Pollen allergy is a common disease caused by a hipertensivity allergic reaction of the respiratory system and the eye conjunctivae to pollen grains. During the pollination season sensitive individuals shows the symptoms like; allergic rhinitis, allergic conjunctivitis, allergic bronchial asthma and urticaria. Determination of pollen type and concentrations of pollen grains will be useful for patients' complaining from pollen allergy. For this reason, pollen calendars have been prepared in many countries in the world (Bicakci *et al.*, 2000a; Bicakci *et al.*, 2002; Giner *et al.*, 2002; Bicakci *et al.*, 2003; Peternel *et al.*, 2003; Gioulekas *et al.*, 2004).

The aims of the study were; to expose the pollen types present in the atmosphere, their actual conditions and to establish a pollen calendar for Gonen-Balikesir region.

2. MATERIALS AND METHODS

From 1 January to 31 December 2012, a Durham gravimetric pollen trap located at the top of the structure, 10 m above the ground level. Weekly slides were covered with glycerin jelly mixed with basic fuchsine (Charpin and Surinyach, 1974). Light microscopy was used for identification of pollen grains and pollen counting was done on 22 × 22 mm area of the slide, which was calculated to one cm². Weekly pollen amounts of plant taxa were calculated and weekly pollen calendar was prepared.

3. RESULTS AND DISCUSSION

A total of 4916 pollen from 38 taxa were identified in the atmosphere of Gonen. Of

these, 22 taxa were belong to arboreal plants and the others from non-arboreal plants. 3595 pollen found to be arboreal (73.13%), while 1284 as non-arboreal (26.08%) and 39 as unidentified (0.79%) (Table 1).

The main pollen producers were arboreal plants such as *Pinus*, Cupressaceae/Taxaceae, *Quercus*, *Juglans*, *Olea europaea*, *Platanus*, *Alnus*, *Acer*, *Morus* and they constituted 67.28% of the annual pollen index (API). Most frequented herbaceous plants were; Poaceae, Amaranthaceae and Asteraceae (22.97% of API) in Gonen atmosphere (Table 1).

Monthly values of variation, recorded in the atmosphere were shown in Figure 1. In the sampling period, the highest pollen amounts was recorded in May with 1673 pollen (34.03% of the API) and the less concentration recorded in December with 2 pollen (0.04% of the API) (Figure 1, Table 2). During the January-June term and in December; pollen grains of woody taxa dominated and during July-November term; non-arboreal ones. No arboreal pollen were recorded in October-November term and non-arboreal pollen grains were not represented in the months January-February and December in Gonen-Balikesir atmosphere (Figure 1, Table 2).

The earliest airborne pollen grains recorded at the beginning of the year from the following species; *Alnus* (0.51%), Cupressaceae/Taxaceae (0.37%), *Betula* (0.10%) and *Ulmus* (0.02%). In January 51 pollen recorded and that was 1.04% of the API (Figure 1-2, Table 2).

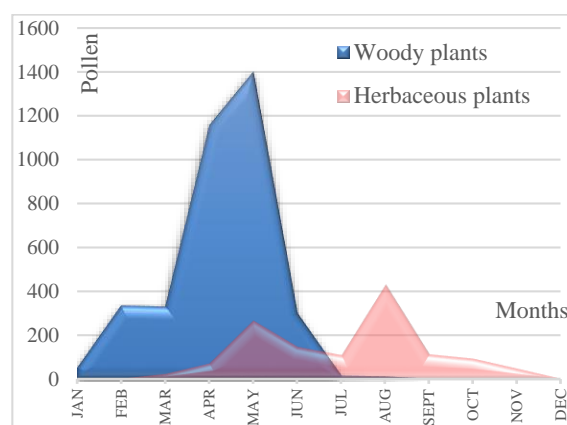
In February, number of plant species that recorded are increased, with the pollen originated from Cupressaceae/Taxaceae (4.13%), *Alnus* (0.96%), *Salix* (0.81%), *Fraxinus* (0.28%), *Betula* (0.22%), *Acer* (0.14%), *Populus* (0.08%), *Ulmus* (0.08%), *Corylus* (0.04%), Oleaceae (0.02%) and Rosaceae (0.02%). In addition, 338 pollen counted in February (6.88% of API) (Figure 1-2, Table 2).

Table 1. Pollen types recorded in Gonen-Balikesir atmosphere, their annual total and annual percentages

Taxa	Number of pollen	%
<i>Pinus</i>	938	19.08
Cupressaceae/Taxaceae	516	10.50
<i>Quercus</i>	473	9.62
<i>Juglans</i>	468	9.52
<i>Olea</i>	422	8.58
<i>Platanus</i>	305	6.20
<i>Alnus</i>	78	1.59
<i>Acer</i>	56	1.14
<i>Morus</i>	56	1.14
<i>Fraxinus</i>	48	0.98
<i>Salix</i>	45	0.92
<i>Betula</i>	36	0.73
<i>Fagus</i>	29	0.59
<i>Castanea</i>	23	0.47
Ericaceae	20	0.41
<i>Populus</i>	19	0.39
Rosaceae	16	0.33
<i>Olea europaea</i>	15	0.31
<i>Carpinus</i>	14	0.28
<i>Corylus</i>	7	0.14
<i>Ulmus</i>	7	0.14
<i>Tilia</i>	4	0.08
WOODY PLANTS	3595	73.13
Poaceae	833	16.94
Amaranthaceae	163	3.32
Asteraceae	133	2.71
<i>Xanthium</i>	47	0.96
<i>Plantago</i>	20	0.41
Urticaceae	20	0.41
Apiaceae	11	0.22
<i>Artemisia</i>	9	0.18
Cyperaceae	9	0.18
Fabaceae	8	0.16
Campanulaceae	6	0.12
Caryophyllaceae	6	0.12
Lamiaceae	6	0.12
<i>Taraxacum</i>	5	0.10
Brassicaceae	3	0.06
<i>Typha</i>	3	0.06
HERBACEOUS PLANTS	1284	26.08
Unidentified	39	0.79
TOTAL	4916	100.00

In March, pollen grains belonging to dominating plant taxa recorded in Gonen atmosphere; *Juglans* (2.18%), Cupressaceae/Taxaceae (1.63%), *Fraxinus* (0.67%), *Platanus* (0.43%), Poaceae (0.33%),

Betula (0.26%), *Quercus* (0.24%), *Populus* (0.20%), *Acer* (0.18%), *Carpinus* (0.14%), *Alnus* (0.12%), *Pinus* (0.12%), *Salix* (0.10%) and Oleaceae (0,10%). In March 352 pollen counted and that was 7.16% of the API (Figure 1-2, Table 2).

**Figure 1.** Monthly variation in pollen amounts belonging to woody and herbaceous taxa in Gonen-Balikesir, Turkey

In April, nearly similar taxa composition was found with March, but number of pollen grains increased and second highest pollen concentration was in this month. Dominated pollen types in April were; *Juglans* (5.92%), *Pinus* (5.57%), *Quercus* (4.88%) and *Platanus* (3.66%). In April 1231 pollen recorded and that was 25.04% of the API (Figure 1-2, Table 2).

In the sampling period the highest concentration was in May, with the pollen originating from *Pinus* (12.29%), *Olea europaea* (4.96%), Poaceae (4.60%), *Quercus* (4.41%), Cupressaceae/Taxaceae (2.32%), *Platanus* (2.12%) and *Juglans* (1.36%) (Table 2, Figure 1). The pollen grain that found most frequently in Gonen atmosphere in May was the pine pollen and number of pollen grains belongs to this taxon represents 36.10% of counted pollen grains in this month. Total number of pollen grains recorded in May constituted 34.03% of API (Figure 1-2, Table 2).

Table 2. Monthly variation of airborne pollen grains in Gonen-Balikesir atmosphere

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
<i>Acer</i>	-	0.14	0.18	0.49	0.33	-	-	-	-	-	-	-	1.14
<i>Alnus</i>	0.51	0.96	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.59
<i>Betula</i>	0.10	0.22	0.26	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73
<i>Carpinus</i>	-	-	0.14	0.10	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.28
<i>Castanea sativa</i>	-	-	-	-	0.02	0.43	0.02	-	-	-	-	-	0.47
<i>Corylus</i>	-	0.04	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14
Cupressaceae/Taxaceae	0.37	4.13	1.63	0.94	2.32	1.08	0.02	-	-	-	-	0.02	10.50
Ericaceae	-	-	0.06	0.20	0.10	0.02	-	-	0.02	-	-	-	0.41
<i>Fagus</i>	-	-	0.04	0.37	0.18	-	-	-	-	-	-	-	0.59
<i>Fraxinus</i>	-	0.28	0.67	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	0.98
<i>Juglans</i>	-	-	2.18	5.92	1.36	0.06	-	-	-	-	-	-	9.52
<i>Morus</i>	-	-	0.06	0.81	0.26	-	-	-	-	-	-	-	1.14
<i>Olea europea</i>	-	-	-	-	4.96	3.56	0.06	-	-	-	-	-	8.58
Oleaceae	-	0.02	0.10	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31
<i>Pinus</i>	-	-	0.12	5.57	12.29	0.79	0.18	0.16	-	-	-	-	19.08
<i>Platanus</i>	-	-	0.43	3.66	2.12	-	-	-	-	-	-	-	6.20
<i>Populus</i>	-	0.08	0.20	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39
<i>Quercus</i>	-	-	0.24	4.88	4.41	0.08	-	-	-	-	-	-	9.62
Rosaceae	-	0.02	-	0.08	0.10	0.08	-	0.04	-	-	-	-	0.33
<i>Salix</i>	-	0.81	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.92
<i>Tilia</i>	-	-	-	0.06	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.08
<i>Ulmus</i>	0.02	0.08	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14
WOODY PLANTS	1.00	6.79	6.69	23.54	28.52	6.06	0.28	0.20	0.02	-	-	0.02	73.13
Amarathaceae	-	-	-	-	0.02	0.08	0.37	1.89	0.73	0.16	0.06	-	3.32
<i>Artemisia</i>	-	-	-	-	-	-	0.02	0.10	0.06	-	-	-	0.18
Campanulaceae	-	-	-	0.02	-	-	0.02	0.08	-	-	-	-	0.12
Caryophyllaceae	-	-	0.02	0.08	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.12
Asteraceae	-	-	0.04	0.06	0.28	0.18	0.26	1.53	0.18	0.10	0.06	-	2.71
Brassicaceae	-	-	-	0.02	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.06
Cyperaceae	-	-	-	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02	-	-	-	-	0.18
Poaceae	-	-	0.33	0.83	4.60	2.32	1.22	4.13	1.18	1.55	0.79	-	16.94
Lamiaceae	-	-	-	-	0.02	0.02	0.08	-	-	-	-	-	0.12
Fabaceae	-	-	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	-	-	-	-	0.16
<i>Plantago</i>	-	-	-	0.02	0.14	0.10	0.06	0.06	-	0.02	-	-	0.41
<i>Taraxacum</i>	-	-	-	0.04	0.02	-	0.04	-	-	-	-	-	0.10
<i>Typha</i>	-	-	-	-	-	0.04	0.02	-	-	-	-	-	0.06
Apiaceae	-	-	-	-	0.02	0.10	0.04	0.06	-	-	-	-	0.22
Urticaceae	-	-	-	0.28	0.10	0.02	-	-	-	-	-	-	0.41
<i>Xanthium</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.81	0.10	0.02	0.02	-	0.96
HERBACEOUS PLANTS	-	-	0.43	1.40	5.39	2.95	2.18	8.73	2.26	1.85	0.94	-	26.08
Unidentified	0.04	0.08	0.04	0.10	0.16	0.04	0.04	0.12	0.06	0.06	0.02	0.02	0.79
TOTAL	1.04	6.88	7.16	25.04	34.03	9.05	2.50	9.05	2.34	1.91	0.96	0.04	100.00

Dominating pollen grains and their percentages in June were; *Olea europaea* (3.56%), Poaceae (2.32%), Cupressaceae/ Taxaceae (1.08%), *Pinus* (0.75%) *Castanea sativa* (0.43%), Asteraceae (0.18%), *Plantago* (0.10%) and Apiaceae (0.10%). In June 445 pollen grains recorded and this number is calculated as 9.05% of API (Figure 1-2, Table 2).

In July 123 pollen/cm² were counted and that was 2.50% of the total pollen concentration in the year. Pollen grains belonging to dominating plant taxa recorded and their percentages were; Poaceae (1.22%), Amaranthaceae (0.37%), Asteraceae (0.26%), *Pinus* (0.18%), Lamiaceae (0.08%), *Olea europaea* (0.06%), *Plantago* (0.06%), *Taraxacum* (0.04%) and Apiaceae (0.04%) (Figure 1-2, Table 2).

In August, dominated pollen grains as follows; Poaceae (4.13%), Amaranthaceae (1.89%), Asteraceae (1.53%), *Xanthium* (0.81%), *Pinus* (0.16%) and *Artemisia* (0.10%). 445 pollen counted in this month and it was 9.05% of total pollen content (Figure 1-2, Table 2).

In September 115 pollen counted and that was 2.34% of the API. Dominated plant taxa and their percentages were; Poaceae (1.18%), Amaranthaceae (0.73%), Asteraceae (0.18%), *Xanthium* (0.10%) and *Artemisia* (0.06%) (Figure 1-2, Table 2).

In October, 94 pollen grains that all of them belonged to non-arboreal plants counted and this number calculated as 1.91% of total pollen grains recorded whole year. Dominating pollen types recorded in October; Poaceae (1.55%), Amaranthaceae (0.16%), Asteraceae (0.10%), *Plantago* (0.02%) and *Xanthium* (0.02%) (Figure 1-2, Table 2).

In November and December, recorded pollen grains' annual percentages were not above 1%, Poaceae is the most frequent pollen in November. In December, the only recorded

pollen was belong to Cupressaceae/Taxaceae (Figure 1-2, Table 2).

Airborne pollen grains of arboreal plants were found to predominate in the atmosphere of Gonen-Balikesir with percentages of 73.13%. That was due to the vegetation, climate and geographical location of Gonen. Arboreal pollen types also found as dominant in Ostrawiec Swietokrzyski-Poland (73%) (Kasprzyk, 1996), Balikesir-Turkey (70.92%) (Bicakci *et al.*, 2000c), Izmir (Guvensen *et al.*, 2003), Koycegiz-Turkey (Tosunoglu *et al.*, 2009), Yalova-Turkey (Altunoglu *et al.*, 2008), Kastamonu-Turkey (Ceter *et al.*, 2011), Denizli-Turkey (Guvensen *et al.*, 2013), Buyukorhan-Turkey (Tosunoğlu *et al.*, 2013), Kayseri-Turkey (Acar *et al.*, 2015).

Arboreal pollen grains as *Pinus*, *Quercus*, *Juglans*, *Platanus*, *Alnus*, *Acer*, *Morus* and non-arboreal pollen grains such as Fabaceae, Amaranthaceae and Asteraceae families occupy a place, which encountered to have more than 1% of the total pollen content were recorded in high concentrations as the important allergenic pollen grains (Levetin and Buck, 1980; Bousquet *et al.*, 1984; Eriksson *et al.*, 1984; Chapman, 1986; D'Amato and Spieksma, 1990; Gioulekas *et al.*, 1991) in Gonen-Balikesir atmosphere.

According to the other studies in the world; *Platanus*, Poaceae, *Acer*, *Cupressus*, Chenopodiaceae, Urticaceae, *Morus*, *Plantago* and Oleaceae in Santiago-Chile (Villegas and Nolla, 2001); *Betula*, *Corylus*, *Ambrosia*, Urticaceae in Zagreb-Croatia (Peternel *et al.*, 2003); Cupressaceae, *Quercus*, Urticaceae, Oleaceae, Pinaceae, Poaceae, Platanaceae, *Corylus*, Chenopodiaceae and *Populus* in Thessaloniki-Greece (Gioulekas *et al.*, 2004); Cupressaceae, Poaceae, *Platanus*, *Quercus*, *Artemisia*, Chenopodiaceae/ Amaranthaceae and Urticaceae in Isparta-Turkey (Bicakci *et al.*, 2000b); *Pinus*, *Olea*, *Platanus*, Poaceae, Cupressaceae/Taxaceae, *Quercus*, *Acer*, *Morus*, *Xanthium*, *Castanea*, Amaranthaceae, *Corylus*,

Artemisia, *Urtica* and *Fraxinus* in Bursa-Turkey (Bicakci *et al.*, 2003); Pinaceae, Cupressaceae, *Fraxinus*, *Cedrus*, *Artemisia*, Poaceae, Chenopodiaceae and *Populus* in Eskişehir Sivrihisar (Potoglu Erkara, 2008); *Pinus*, *Fraxinus*, Cupressaceae, *Ailanthus*, Chenopodiaceae/ Amaranthaceae, *Sophora*, *Acer*, Poaceae, *Populus*, *Ostrya*, *Quercus*, *Salix*, Urticaceae, *Abies*, *Ulmus* and *Juglans* in Konya (Altunoglu *et al.*, 2010); *Pinus*, *Fagus*, *Ostrya*, *Quercus*, *Pistacia*, Brassicaceae, Poaceae, Cupressaceae/Taxaceae, *Salix*, Chenopodiaceae/ Amaranthaceae, *Abies*, *Carpinus*, *Juglans* and *Phillyrea* in Karabuk (Kaplan and Ozdogan, 2015) were reported as predominated taxa.

Pine was recorded as the most frequent pollen during the investigation period with 19.08%, probably the result of excessive pollen production of pine forests of the study area and its surroundings. Pine pollen recorded as the first dominating type before many times from Western Turkey; Burdur (Bicakci *et al.*, 2000a), Afyon (Bicakci *et al.*, 2002), Fethiye (Bilisik *et al.*, 2008a), Koycegiz (Bilisik *et al.*, 2009) and Didim (Tosunoglu *et al.*, 2008b).

Gramineae pollen was recorded as the most frequent non-arboreal type in Gonen atmosphere and their long presence was showing a similar pattern with other Mediterranean cities (Bicakci *et al.*, 2002, Giner *et al.*, 2002), which was probably due to the due to intense rice farming in the area. In addition, Gramineae pollen grains were also reported as a predominant pollen type in Bursa (Bicakci *et al.*, 2003), in Kayseri (Ince *et al.*, 2004), in Thessaloniki (Gioulekas *et al.*, 2004), and in Zagreb (Peternel *et al.*, 2003), Koycegiz (Tosunoglu *et al.*, 2009), Bodrum (Tosunoglu and Bicakci, 2015), Kagızman (Yalcin *et al.*, 2017) and Usak (Uguz *et al.*, 2018).

In conclusion, Airborne pollen grains of 38 taxa, 22 of them arboreal and 16 of them non-arboreal were recorded annually in Gonen-Balikesir, Turkey. Pollen grains on slides seen without deductions during the investigation period. The airborne pollen calendar prepared for Gonen-Balikesir (Figure 2). We hope the calendar designed by us will be useful for medical treatment of patients' complaining from pollen allergy in Gonen-Balikesir province and its surroundings.

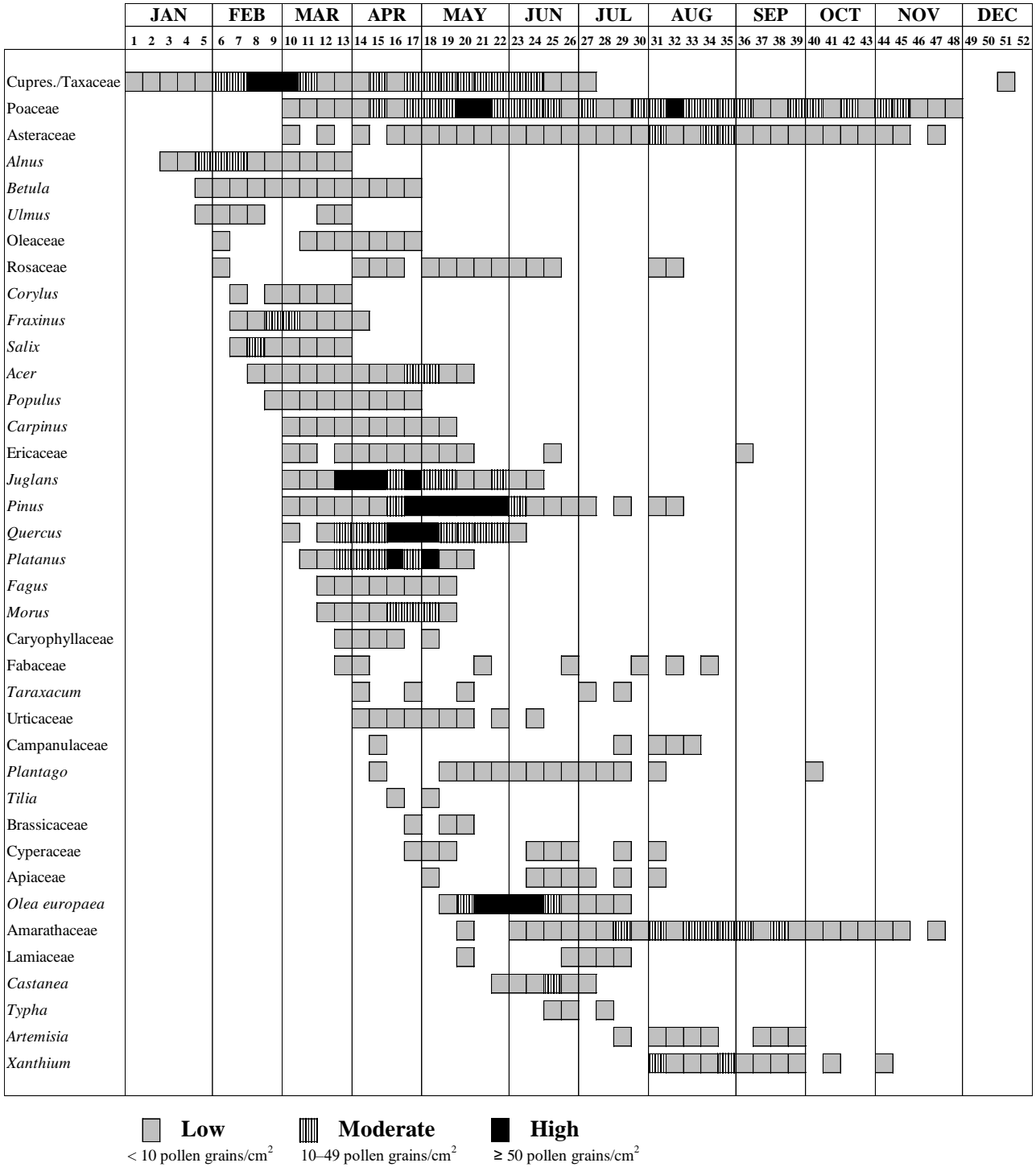


Figure 2. Annual pollen calendar of Gonen-Balikesir, Turkey.

REFERENCES

- Acar A., Pinar N.M., Şafak F., Silici S. (2015). Analysis of airborne pollen grains in Kayseri. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 79-88.
- Altunoglu M.K., Toraman E., Temel M., Bıçakçı A., Kargıoğlu, M. (2010). Analysis of airborne pollen grains in Konya, Turkey, 2005. *Pakistan Journal of Botany*, 42(2), 765-774.
- Altunoglu M.K., Bıçakçı A., Celenk S., Canitez Y., Malyer H., Sapan N. (2008). Airborne pollen grains in Yalova, Turkey, 2004. *Biologia*, 63(5), 658-663.
- Bıçakçı A., Akkaya A., Malyer H., Turgut E., Sahin U. (2000a). Airborne pollen grains of Burdur, Turkey. *Acta Botanica Sinica*, 42, 864-867.
- Bıçakçı A., Akkaya A., Malyer H., Unlu M., Sapan N. (2000b). Pollen calendar of Isparta, Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences*, 48, 67-70.
- Bıçakçı A., Akyalcin H. (2000c). Analysis of airborne pollen fall in Balikesir, Turkey, 1996-1997. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 7, 5-10.
- Bıçakçı A., Ergun S., Tatlıdil S., Malyer H., Ozyurt S., Akaya A., Sapan N. (2002). Airborne pollen grains of Afyon, Turkey. *Acta Botanica Sinica*, 44, 1371-1375.
- Bıçakçı A., Tatlıdil S., Sapan N., Malyer H., Canitez Y. (2003). Airborne pollen grains in Bursa, Turkey, 1999-2000. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10, 31-36.
- Bilisik A., Bıçakçı A., Malyer H., Sapan N. (2008a). Analysis of Airborne Pollen Concentrations in Fethiye-Mugla, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(6), 640-646.
- Bilisik A., Yenigun A., Bıçakçı A., Eliacik K., Canitez Y., Malyer H., Sapan N. (2008b). An Observation Study of Airborne Pollen Fall in Didim (S-W Turkey); in years 2004-2005. *Aerobiologia*, 24, 61-66.
- Bousquet J., Cour P., Guerin B., Michel F.B. (1984). Allergy in the Mediterranean area. I. Pollen counts and pollinosis of Montpellier. *Clinical Allergy*, 14, 249-258.
- Ceter T., Pinar N.M., Guney K., Yildiz A., Aşçı B., Smith M. (2011). A 2-year aeropalynological survey of allergenic pollen in the atmosphere of Kastamonu, Turkey. *Aerobiologia*, 28(3), 355-366.
- Chapman J.A. (1986). Aeroallergens of Southeastern Missouri, USA. *Grana*, 25, 235-246.
- Charpin J., Surinyach R. (1974). Atlas of European Allergenic Pollen, Paris: Sandoz Editions. 9-18.
- D'Amato G., Spiekma F.T.M. (1990). Allergenic pollen in Europe. *Grana*, 30, 67-70.
- Eriksson N.E., Wihl J.A., Arrendal H., Strandhede S.O. (1984). Tree pollen allergy. *Allergy*, 39, 610-617.
- Giner M.M., García J.S.C., Camacho C.N. (2002). Seasonal fluctuations of the airborne pollen spectrum in Murcia (SE Spain). *Aerobiologia*, 18, 141-151.
- Gioulekas D., Balafoutis C., Damialis A., Papakosta D., Gioulekas G., Patakas D. (2004). Fifteen years' record of airborne allergenic pollen and Meteorological parameters in Thessaloniki, Greece. *International Journal of Biometeorology*, 48, 128-136.
- Gioulekas D., Chatzigeorgiou G., Lylogiannis S., Papakosta D., Mpalafoutis C., Spiekma F.T.M. (1991). Olea europea 3-year pollen

- record in the area of Thessaloniki, Greece and its sensitizing significance. *Aerobiologia*, 7, 57-61.
- Guvensen A., Ozturk M. (2003). Airborne pollen calendar of Izmir, Turkey. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10, 37-44.
- Guvensen A., Celik A., Topuz B., Ozturk M. 2013. Analysis of airborne pollen grains in Denizli. *Turkish Journal of Botany*, 37, 74-84.
- Ince A., Kart L., Demir R., Ozyurt M.S. (2004) Allergenic Pollen in the Atmosphere of Kayseri, Turkey. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 22, 123-132.
- Kaplan A., Özdoğan, Y. (2015). Seasonal Variations of Airborne Pollen Grains in Karabük, Turkey. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 5(2), 89-100.
- Kasprzyk I. (1996). Palynological analysis of airborne pollen fall in Ostrawiec Swietokrzyski in 1995. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 3, 83-86.
- Levetin E., Buck P. (1980). Hay Fever plants in Oklahoma. *Annals of Allergy*, 45, 26-32.
- Peternel R., Čulig J., Mitić B., Vukušić I., Šostar Z. (2003). Analysis of airborne pollen concentrations in Zagreb, Croatia, 2002. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10, 107-112.
- Potoglu Erkara I. (2008). Concentrations of airborne pollen grains in Sivrihisar (Eskisehir), Turkey. *Environmental and Monitoring Assessment*, 138, 81-91.
- Romano B., Mingrigrucchi G., Frenguelli G., Bricci E. (1988). Airborne pollen content in the atmosphere of Central Italy (1982-1986). *Experientia*, 44, 625-629.
- Tosunoglu A., Bicakci A. (2015). Seasonal and intradiurnal variation of airborne pollen concentrations in Bodrum. SW Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(4), 167.
- Tosunoglu A., Bicakci A., Malyer H., Sapan N. (2009). Airborne Pollen Fall in Koycegiz Specially Protected Area (SW Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(10), 1860-1865.
- Uguz U., Guvensen A., Sengonca Tort, N., Esiz Dereboylu A. & Baran P. (2018). Volumetric analysis of airborne pollen grains in the city of Uşak, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 42, 57-72.
- Villegas G.J., Nolla J-M.R. (2001). Atmospheric pollen in Santiago, Chile. *Grana*, 40:126-132.
- Yalcin S., Altunoglu M.K., Akpınar S., Akdoğan G.E. (2017). Kars İli Kağızman İlçesi Atmosferik Polen ve Mantar Sporlarının Belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10(2), 172-180.



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

Ömer Köksal ERMAN	Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Yaşar GÜLMEZ	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Duygu TANRIKULU	Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Gül Esmâ AKDOĞAN	Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Özlem ÖNEN	Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Salih AKPINAR	Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Özkan ÖZDEN	Kafkas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Mucip DEMİR	Kafkas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Yusuf ERSAN	Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi
Muhtidin YIMAZ	Sinop Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

