



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

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Cilt / Volume: 6

Sayı / Number: 2

Aralık / December 2020

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

e-mail:fbedergi@klu.edu.tr

editor@klu.edu.tr



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Sahibi / Owner

Kırklareli Üniversitesi Rektörlüğü Adına / Owner on Behalf of Kırklareli Rectorship
Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR (Rektör)

Baş Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

Editörler / Editors

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Soner YELER

Doç. Dr. Alptekin KISASÖZ

Doç. Dr. Mustafa ARSLAN

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Prof. Dr. A. Sabih ATADAN

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

Doç. Dr. Meryem ÇAMUR

Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editing Manager

Sedat KEÇELİ

İnternet Adresi / Web Address

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Rektörlük Kültür Merkezi B Blok Merkez/ Kırklareli

e-mail: fbedergi@klu.edu.tr

Tel: 0 (288) 246 15 16

Fax: 0 (288) 246 16 02

Baskı / Publisher

Kırklareli Üniversitesi Matbaası / Kırklareli University Publishing Centre

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın Süreli Yayın / International Periodical

Yılda iki kez yayınlanır: Haziran, Aralık / Twice a year: June, December

Bu sayı 100 adet basılmıştır / This issue published as 100 copies

Basım Tarihi / Publication Date: 31.12.2020



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Danışma Kurulu / Advisory Board

Abdurrahman GÜNER, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul
A. Fevzi BABA, Marmara Üniversitesi, İstanbul
A. Sabih ATADAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Aleksandar GEORGIEV, Sofya Teknik Üniversitesi, Bulgaristan
Asım KURTOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Bilal BALKAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Bülent AKBAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
Bülent ŞENGÖRÜR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Deris STIAWAN, Sriwijaya University, Endonezya
Emrah DOĞAN, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
Erhan BUDAK, Sabancı Üniversitesi, İstanbul
Erol TÜRKEŞ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Fahri VATANSEVER, Uludağ Üniversitesi, Bursa
F.Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
Gökhan GÖKMEN, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Göksel DEMİR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Hasan DEMİR, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
İsmail KIYAK, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Kadir GÜLER, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Kanat Burak BOZDOĞAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale
Kamil KAHVECİ, Trakya Üniversitesi, Edirne
Lambros EKONOMOU, Hellenic American University, Yunanistan
M. Hakan HOCAOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
Meryem ÇAMUR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
M.S. Bhaskar RANJANA, Marathwada Institute of Technology, Hindistan
Murat BOSTANCIOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
Murat KARAHAN, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Mustafa BİRİNCİ, İnönü Üniversitesi, Malatya
Nadide SEÇKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Oğuzhan ERBAŞ, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Osman KILIÇ, Marmara Üniversitesi, İstanbul
Osman Nuri UÇAN, İstanbul Kemerburgaz Üniversitesi, İstanbul
Özlem AYTEKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Ramazan ÇAĞLAR, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Sarp ERTÜRK, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
Serpil AKÖZCAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli
Sezai TAŞKIN, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
Veselina Nedeva, Trakia Üniversitesi, Bulgaristan
Yılmaz ÇAN, Trakya Üniversitesi, Edirne
Youcef Soufi, University of Tébessa, Cezayir
Yunus BİÇEN, Düzce Üniversitesi, Düzce
Yüksel OĞUZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
Zafer AĞDELEN, Girne Amerikan Üniversitesi, KKTC
Witold Charatonik, University of Wroclaw, Polonya



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

İçindekiler / Contents

Orhan ARKOÇ; ASSESSMENT OF TEMPORAL VARIATIONS OF GROUNDWATER RECHARGE IN ERGENE BASIN (NORTHWESTERN TURKEY) IN TERMS OF CLIMATE CHANGE (<i>Araştırma</i>)	95-118
Mustafa İLHAN, Mümin Mehmet KOÇ; INFRARED DETECTING BEHAVIOURS OF Cu ₂ NiSnS ₄ PHOTODIODES (<i>Araştırma</i>).....	119-131
Erkan Taşdemir, Tülin ERDOĞAN TAŞDEMİR; ON THE STABILITY OF A THIRD ORDER DIFFERENCE EQUATION (<i>Araştırma</i>).....	132-141
Cihan TORLAK, Cemile ÖZCAN; INVESTIGATION OF Pb AND Ni LEVELS IN SUNFLOWER PLANT AGRICULTURE TWO DIFFERENT pH ENVIRONMENTS (<i>Araştırma</i>).....	142-152
Selin ÖZDEN, Serpil AKÖZCAN; KIRKLARELİ TARIM ARAZİLERİNDEKİ AYÇİÇEĞİNDE RADYONÜKLİD TRANSFERİNİN BELİRLENMESİ (<i>Araştırma</i>).....	153-164
Fürüzan ASLAN, Oğuz ATEŞ, Yaşar MENTEŞ; KENTSEL MEKAN VE MORFOLOJİ İLİŞKİSİ: KIRKLARELİ İLİ YAYLA MAHALLESİ ÖRNEĞİ (<i>Araştırma</i>).....	165-184
Engin HÜNER; YABANCI UYARTIMLI EKSENEL AKILI SENKRON ALTERNATÖRÜN ELEKTROMANYETİK TASARIMI VE ANALİZİ (<i>Araştırma</i>).....	185-195
Oğuz Ozan YOLCAN, Ramazan KÖSE; TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ DURUMU VE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMUNDA ÖNEMLİ PARAMETRELER (<i>Araştırma</i>).....	196-215
Çisem TÜRKÖĞLU, Bilal BALKAN; ÖĞRETMENLERİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE İLİŞKİN BİLGİ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİNE YÖNELİK BİR ALAN ARAŞTIRMASI (<i>Araştırma</i>).....	216-237
Demet TOPAL KOÇ; SAĞLIK HİZMETLERİ PİYASASI VE KOMPÜTASYONEL MODELLEME (<i>Derleme</i>).....	238-253

ASSESSMENT OF TEMPORAL VARIATIONS OF GROUNDWATER RECHARGE IN ERGENE BASIN (NORTHWESTERN TURKEY) IN TERMS OF CLIMATE CHANGE

O. Arkoc*

* Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 39100, Karahıdır, KIRKLARELİ

Abstract

Recharge of groundwater is important for the sustainability of this resource. Groundwater in Ergene Basin is used for domestic purposes, irrigation and industrial demand. In this study, it is aimed to determine the temporal variations of groundwater recharge in Ergene Basin. For this purpose, data of main meteorological stations located the basin in 1966 - 2014 were used. The study area is divided into two zones, eastern zone (EZ) and western zone (WZ). Groundwater recharge, which is calculated using hydrologic budget method, showed a decreasing trend in EZ while very slightly increasing trend in WZ consistent with the decreasing precipitation and increasing temperature trends. Increasing demand for groundwater and over pumping in EZ of the Basin caused significant groundwater declines with combined effect of climate change. According to Standardized Precipitation Index (SPI) values the study area also experienced moderate-mild draught during the study periods.

Key words: Groundwater Recharge, Ergene Basin, SPI index, Climate change

Ergene Havzası'nda (Kuzeybatı Türkiye) Yeraltısularının Beslenmesinin Zamansal Değişimlerinin İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi

Öz

Yeraltısularının sürdürülebilir olarak kullanımı için beslenme çok önemlidir. Ergene Havzasında yeraltısuları evsel kullanım, sulama ve sanayi ihtiyacı için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Ergene Havzası'ndaki yeraltısuyu beslenmesinin zamansal değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla havzada bulunan ana meteoroloji istasyonlarının 1966-2014 yıl aralığındaki verileri kullanılmıştır. Çalışma alanı çok büyük olduğu için Doğu ve Batı Bölge olmak üzere iki bölgeye ayrılmıştır. Hidrolojik bütçe yöntemi kullanılarak hesaplanan yeraltısuyu beslenmesi, yağış ve sıcaklık trendleri ile uyumlu olarak Batı Bölgesinde çok az bir artış eğilimi gösterirken Doğu Bölgesinde azalma eğilimi göstermiştir. Havzanın Doğu Bölgesinde ise artan su ihtiyacı, aşırı çekim ve iklim değişikliğinin birleşik etkisiyle önemli yeraltı suyu düşümleri meydana gelmiştir. Hesaplanan Standart Yağış İndeksi (SPI) değerleri, çalışma alanında araştırma dönemleri boyunca orta-hafif kuraklık periyodu yaşandığını tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltısuyu beslenmesi, Ergene Havzası, SPI indeksi, İklim değişikliği

Corresponding author: orhan.arkoc@klu.edu.tr

1. Introduction

Groundwater is an important resource all over the world for drinking, industry and irrigation. Approximately 50% of drinking water and 43% of irrigation water consumption is supplied from groundwater [1, 2]. The use of groundwater has led to significant social development and economic growth in all countries of the world, and at the same time increased food safety [3].

Future demand for groundwater is increasing. Despite its huge presence, groundwater resources are under threat due to over exploitation in many regions of the world [4- 7]. Another significant threat to groundwater resources is reduced recharge of aquifers and surface water bodies due to climate change. Many researchers specified that increase in temperature and change of rainfall patterns due to climate change will affect groundwater recharge notably [8, 9].

Although impacts of climate change on groundwater recharge is an urgent issue to be addressed, direct studies of the effects of climate change on groundwater recharge is limited [10]. Van Engelenburg et al., [5] assessed the projected impact of Climate Change on hydrology of Velewe area, Netherlands and stated that the impact strongly depend on local conditions. Green et al., [6] discussed the impacts of Climate Change on all components of groundwater and stated that potential impacts of Climate Change is largely unknown. Salem et al., [4] assessed the impacts of Climate Change on irrigation cost in a groundwater dependent region of Bangladesh and concluded that climate change induced fluctuations in groundwater level on crop production cost is significant where groundwater levels are declining fast. Ferguson & Gleeson, [11], discussed the vulnerability of coastal aquifers and stated that sea level rise due to climate change adversely impacts the coastal aquifers due to salt water intrusion. Döll [12] assessed the vulnerability of renewable groundwater resources to climate change in global-scale and suggested that groundwater recharge will be decreased by %10 until 2050 in global scale. Jyrkama, M. I., & Sykes, J. F. [13], used modified HELP3 to estimate both temporal and spatial effect of climate change on groundwater recharge in Ontario, Canada.

In the fourth evaluation report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [14], according to the outputs of the Global Circulation Model (GCM) for different emission scenarios, significant decreases in precipitation will occur with the rise of temperatures towards the end of the twenty-first century in the Mediterranean Basin, including Turkey. This make the region will

be one of the most vulnerable to global climate change [15]. Projections reveal that Turkey will face an increase in the temperature in all seasons, this increase will be more in the summer, but remain limited in the winter months. However, especially in the south, precipitation will decrease and the Mediterranean Climate will be observed in the northern regions, which will result in a decline of the amount of useable water and reduction of water resources.

According to pessimistic scenario of IPCC (A2), model projections show that, water potential in Turkey in the year 2050 and 2075 will be reduced by 16% and 27% respectively. This decline in rainfall and increase in temperature will also increase the drought in Turkey [15].

Industry has developed rapidly in the Thrace region in recent years. Along with this, the increasing population and the need for irrigation in agriculture also increased.

For this reason, the groundwater in the basin is under pressure due to the increasing water demand. When impacts of climate change, such as decreasing or insufficient precipitation and high temperature, added to these pressures, the situation even gets worse and access to water for industry, irrigation and domestic use becomes more difficult.

As in many other aquifers in the world, aquifers in Turkey are also under the threat of depletion, due to climate change and demand brought by humans. It is important to understand the impact of climate change for ecosystems and society, especially in terms of complex changes that affect the sustainability and availability of both underground and surface water resources [16].

The aim of this study is to present, evaluate, discuss temporal variations and influences of human actions on groundwater recharge in Ergene Basin in terms of climate change western Turkey.

2. Study area

Ergene river basin is situated in the northwest of Turkey (Fig.1) covers a drainage area of 8928 km² at GS2 flow observation station. The basin is mainly flat and elongated in E-W direction, surrounded by low hills. In this study Ergene river basin is divided into two sub basins; namely “eastern sub basin” (ESB) and “western sub basin” (WSB) For the separation of these two zones, the drainage network from which the river flow rate gauging station GS1(Muratlı) received data determined as ESB, and then the drainage network area of GS1 (ESB) is extracted from drainage area of discharge rate gauging station GS2 (Uzunköprü) and the remainder area is determined as the WSB of the study area.

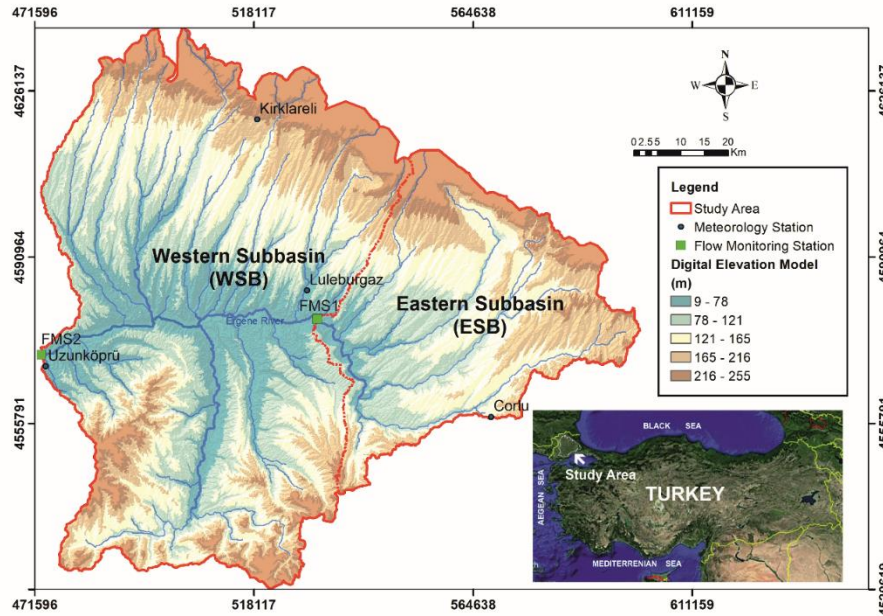


Figure 1. Study area (modified from Google Earth)

Ergene Basin is an important region in terms of its climate, topography and agriculture for Turkey. The main agricultural products of the region are paddy, canola, wheat and wine grapes. The study area supplies Turkey's, 12% of wheat, 46.3% of sunflower, 45.6% of the rice and 76% of Canola production. Industrial sites for, textile and machinery are mostly situated in the ESB.

The study area is constituted of the drainage area of Ergene River and its tributaries, while annual average discharge rate of Ergene River is $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$. In the study area summers are hot and dry while winters are cold and rainy. The average annual precipitation of the study area is 510 mm.

Metamorphic rock sequences of Istranca Massif composes the basement rocks of the Ergene Basin (Figure 2). These Metamorphic sequences are; gneisses, mica schists, granitic gneises, which mainly crop out in the north (Pkk-Pzt). Basement rocks are overlain unconformably in the north by Eocene aged clastics, İslambeyli Formation and Kırklareli Limestones, composed of sandstones and limestones (Tei, Tek).

At the center of the study area Oligocene aged Danisman Formation (Tod) composed of successive claystones and sandstones came over these units. These units are overlain by Miocene aged Ergene Formation (Tme) composed of gravelstones and sandstones. Neogene sedimentary sequence in the

study area is characterized by sandstone– mudstone successions, named as Trakya Formation (Tnt). Alluvial deposits are deposited along Ergene River and its tributaries in basin area.

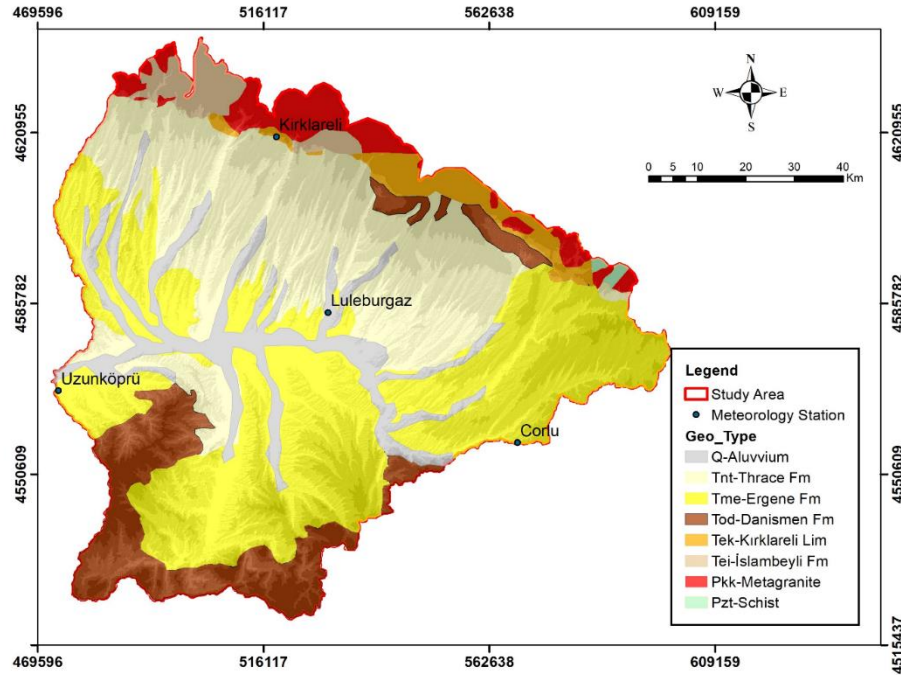


Figure 2. Geology map of the study area (modified from GDMRE [21])

The geologic formations observed in the basin were divided into geohydraulic units due to their water-bearing potential [17]. According to this classification, basement rocks, gneisses and schists are attributed as impervious due to lack of fractures and low water storage properties. Oligocene units are defined as impervious-semi impervious due to water retention properties of claystones. All Miocene and alluvium units are referred as pervious due to high porosity and permeability features of conglomerates and sandstones. Groundwater in these units are under unconfined conditions. Since first impacts of climate change directly influences these type of aquifers [18-20] this aquifer is very susceptible to changes of climatic variables.

3. Methodology

Geological map of the study area is digitized with ArcMap software using previous maps prepared by General Directorate of Mineral Research and Exploration (GDMRE), these maps are available online from earth sciences portal of GDMRE [21]. Rainfall data of the study area is obtained from the stations operated by General Directorate of Meteorology (GDM). For this purpose, long term

(1966-2015) rainfall data of Lüleburgaz TİGEM, Çorlu, Kırklareli and Uzunköprü stations were used. Rainfall map of the study area is generated using proximity toolset for creating Thiessen polygon in ArcMap software. Evapotranspiration of the study area was determined by using Thornthwaite method [22] from the data obtained from GDM and all calculations were done using MS Excel. The flow of Ergene River is measured by gauging stations operated by state Hydraulic Works (SHW). For the base flow and flow parameters of Ergene River, data of Muratlı (GS1) and Uzunköprü (GS2) gauging stations provided by SHW were used.

4. Hydrometeorological evaluation

ESB covers an area of 2546 km² where dense population and organized industrial zones are located. The population of main districts of ESB is 502549 as of 2017. WSB of the study area covers an area of 6382 km², in contrast to its largeness, the population density is lesser and industrial facilities are also less in number and agricultural fields predominantly situated in this area. The population of main districts of western part is 311294 as of 2017.

Due to this different distribution in the population, industry and agricultural areas, the groundwater requirement in the ESB of the study area is expected to be higher than WSB.

4.1. Precipitation, P

Climate change has a direct impact on precipitation patterns in a basin. Understanding effects of climate change on long-term precipitation trends is important for groundwater management studies. The most important source of recharge in a basin is the infiltration from direct rainfall. Amount and duration of precipitation from rainfall effects the rate of recharge in the basin. One of the common methods used in calculating the amount of precipitation falling into the basin is Polygon (Thiessen) method [23]. In this method, each precipitation station is combined with other stations to form triangles.

Then, polygons are formed with vertical center studs that emerge from the middle of these triangles. In this way, there is only one rainfall value is attributed to each polygon. Using this value and the polygon area, the average rainfall value is calculated using the following equation by ArcMap software (Fig.3).

$$P_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{A_t} \dots\dots\dots (Eq. 1)$$

In equation 1;

P_{av} : Average precipitation value in the basin

A_i : Polygon area

P_i : Precipitation value of each station in each polygon

A_t : Total area of the basin

Using this method mean rainfall calculated for east and west zone of the study area covering years from 1966 to 2015. From Kırklareli, Uzunköprü, Lüleburgaz and Çorlu stations of GDM.

According to calculations from measurements, the maximum rainfall value for the ESB of the basin was 336 mm while the minimum rainfall value was 145mm and for the WSB maximum and minimum values are, 363 mm and 164 mm respectively.

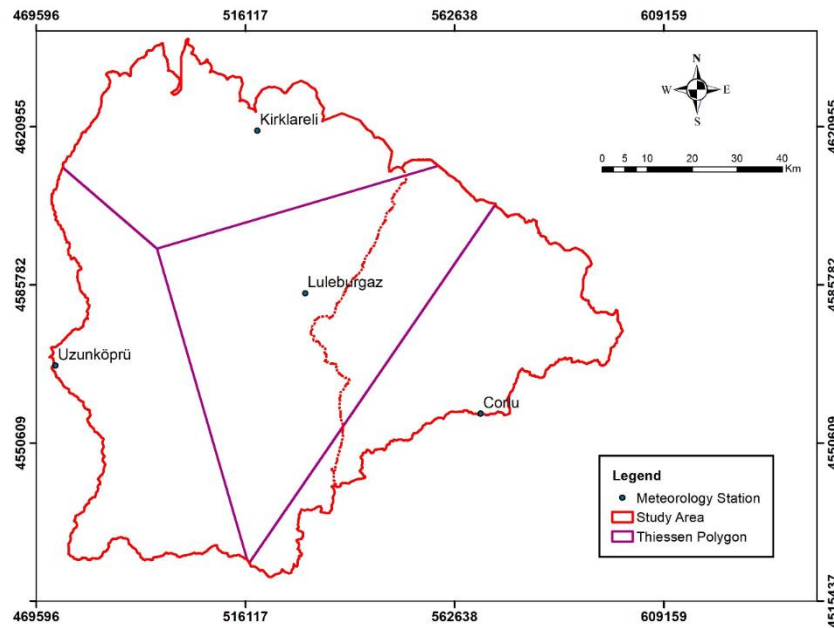


Figure 3. Thiessen Polygon map of meteorological stations

The annual precipitation, the cumulative deviation from mean annual precipitation and the long-term trend of the cumulative deviation from mean annual precipitation for these stations are given in Figures 4, 5, 6 and 7.

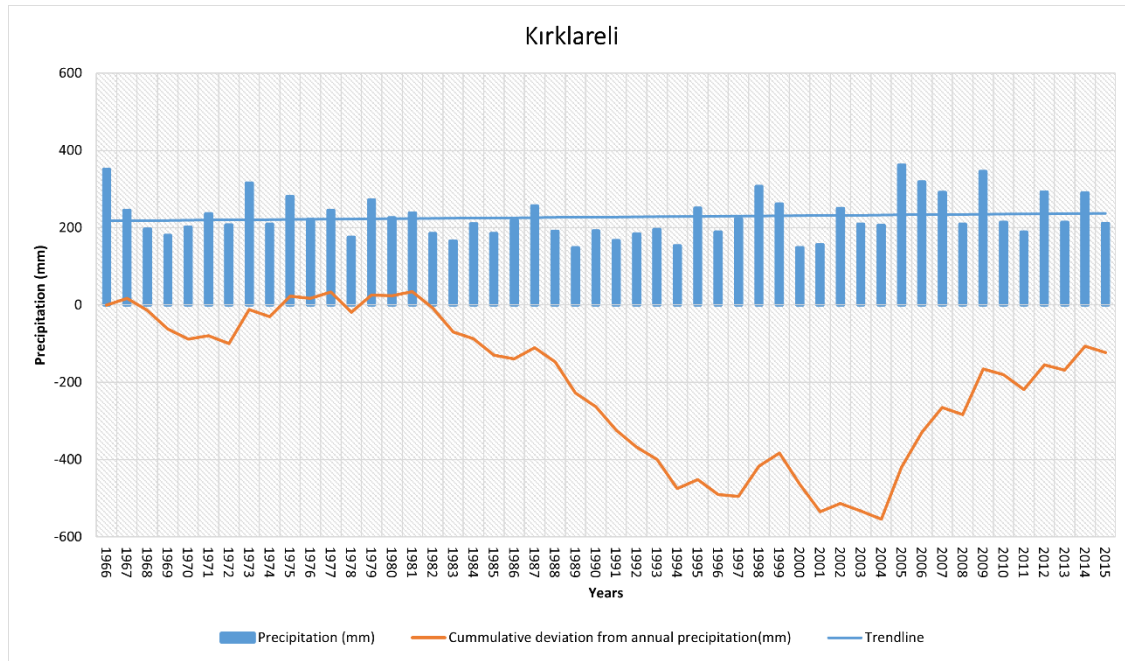


Figure 4. The annual precipitation, the cumulative deviation from mean annual precipitation and the long-term trend of Kırklareli meteorology station (1966-2015).

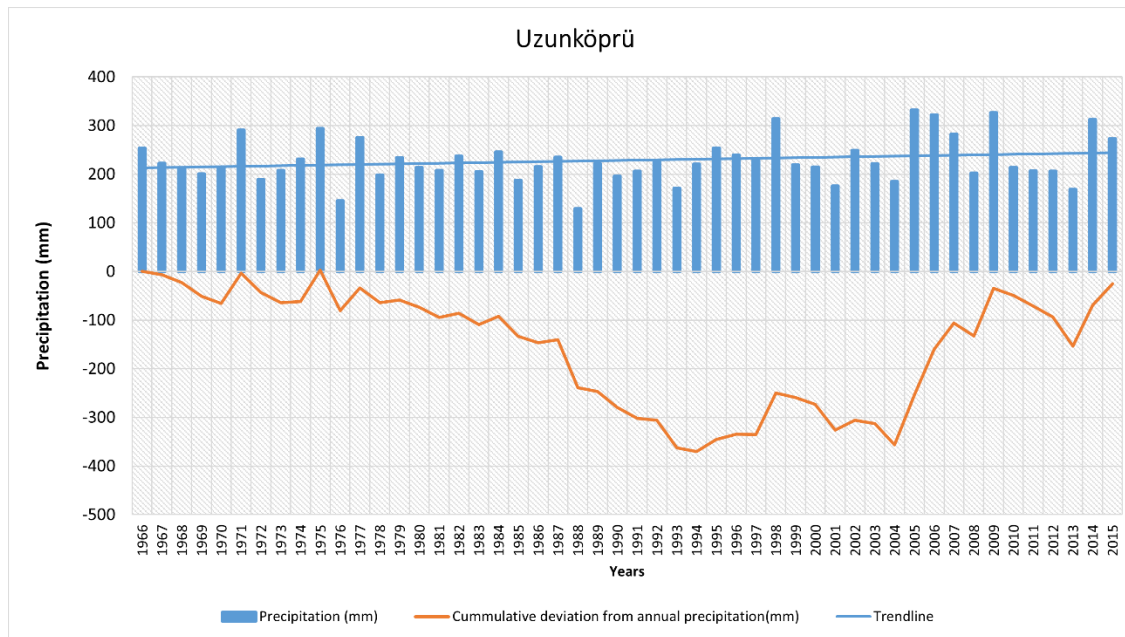


Figure 5. The annual precipitation, the cumulative deviation from mean annual precipitation and the long-term trend of Uzunköprü meteorology station (1966-2015).

Figure 4 and Figure 5 show the data of two precipitation stations in the north (Kırklareli Station) and south (Uzunköprü Station) of the WSB of the study area. The two figures show similar rainfall

patterns, which indicates that the basin receives similar amounts of precipitation. WSB experienced a dry period between 1974 and 2004, and a wet period from 2006 until 2015. Long-term trend lines of both stations show a slightly increasing pattern in precipitation between 1966 and 2015.

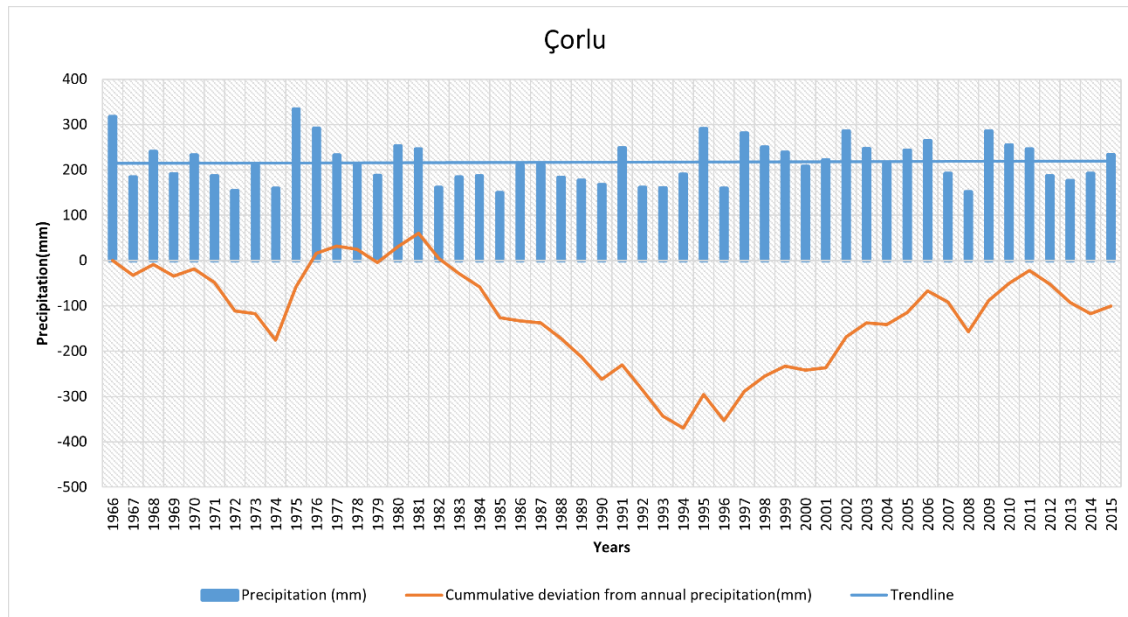


Figure 6. The annual precipitation, the cumulative deviation from mean annual precipitation and the long-term trend of Çorlu meteorology station (1966-2015).

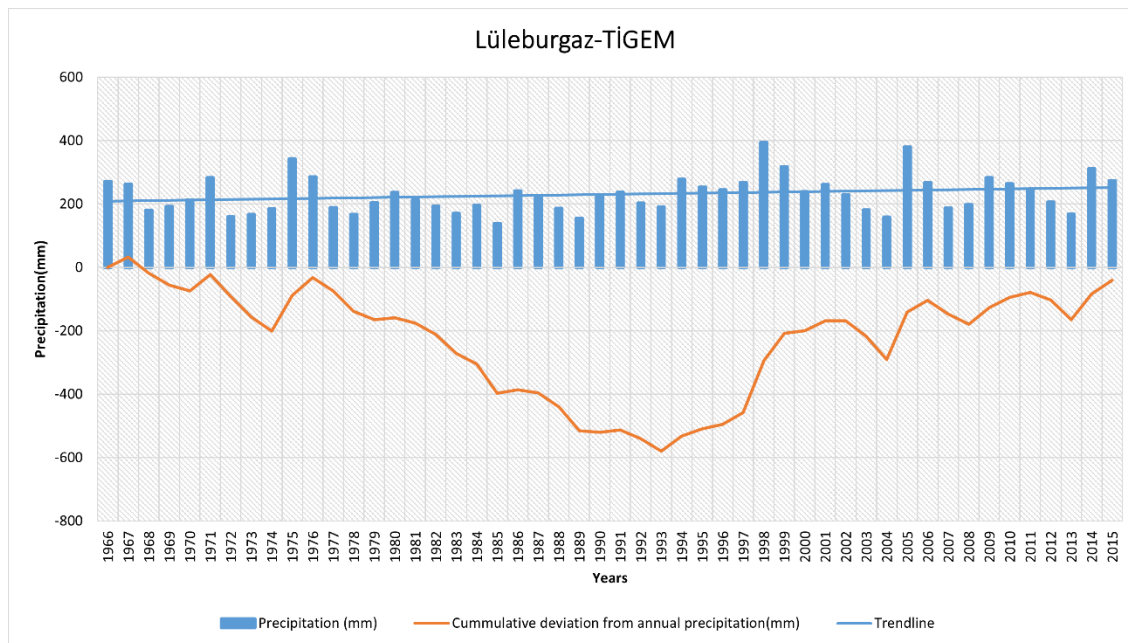


Figure 7. The annual precipitation, the cumulative deviation from mean annual precipitation and the long-term trend of Lüleburgaz-TİGEM meteorology station (1966-2015).

Figure 6 and 7 belongs to stations located in ESB of the study area and they also show a similar trend in precipitation as stations of WSB. Çorlu station experienced a dry period between 1966 and 1974, then a rainy period between 1974 and 1981. Then again, a dry period between 1981 and 1994 and again a rainy period from 1994 till 2015. Lüleburgaz-TİGEM station experienced a dry period beginning from 1967 until 1993, then a rainy period between 1993 and 2015. Long-term trend lines of both stations show a slightly increasing trend in precipitation between 1966 and 2015 same as WSB stations.

4.2. Temperature, T

Temperature is a basic measurement of the energy status of the environment and it powers weather and defines climate. Accurate long-term temperature records are important for understanding climate trends. The rate of temperature rise will affect the response time of climate change. According to the long-term data obtained from the meteorological stations of Kırklareli and Çorlu, a significant increase observed especially in the temperature values after 1994 (Figure 8 and Figure 9).

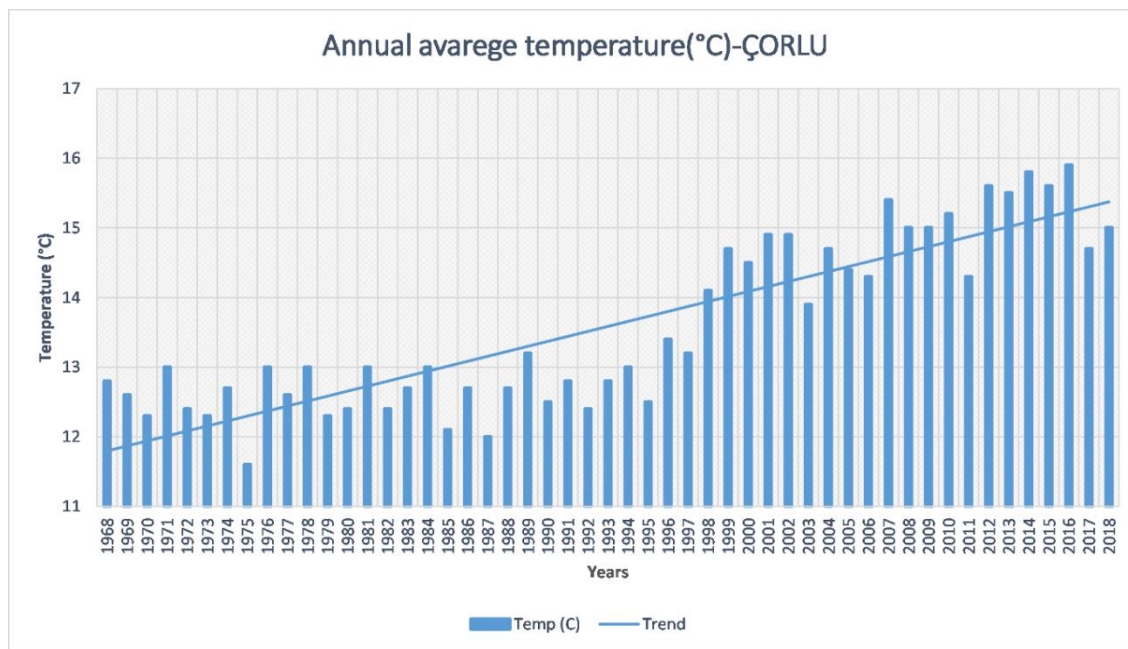


Figure 8. The annual average temperature variation of Çorlu meteorology station (1968-2018).

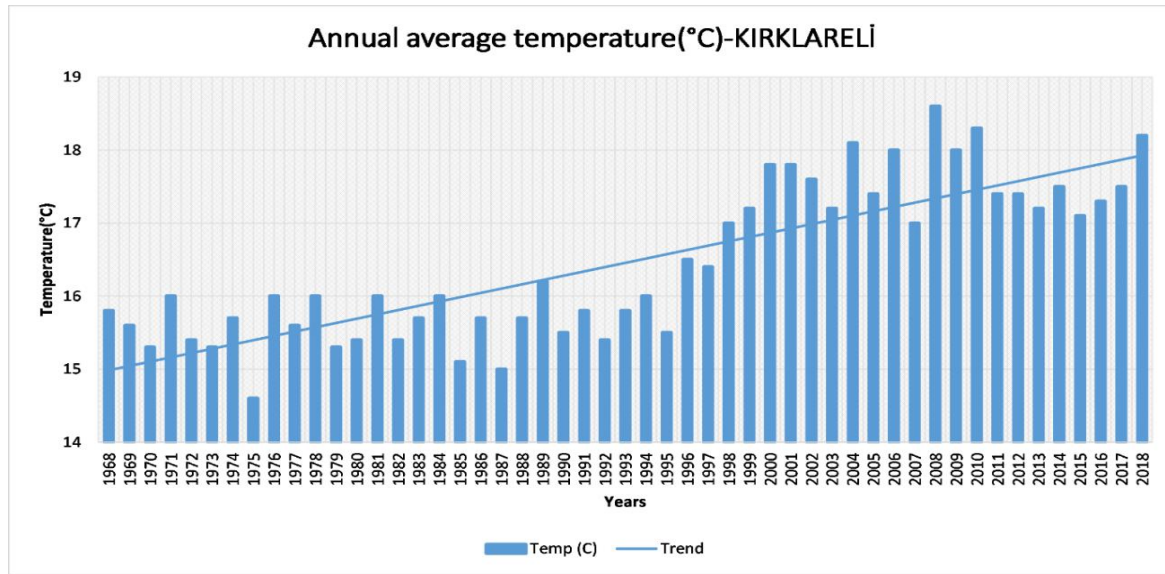


Figure 9. The annual average temperature variation of Kırklareli meteorology station (1968-2018).

4.3. Evapotranspiration, Et

Evapotranspiration (Et) is the sum of evaporation from the land surface plus transpiration from plants to the atmosphere and it is the one of the most important water balance equation component [24].

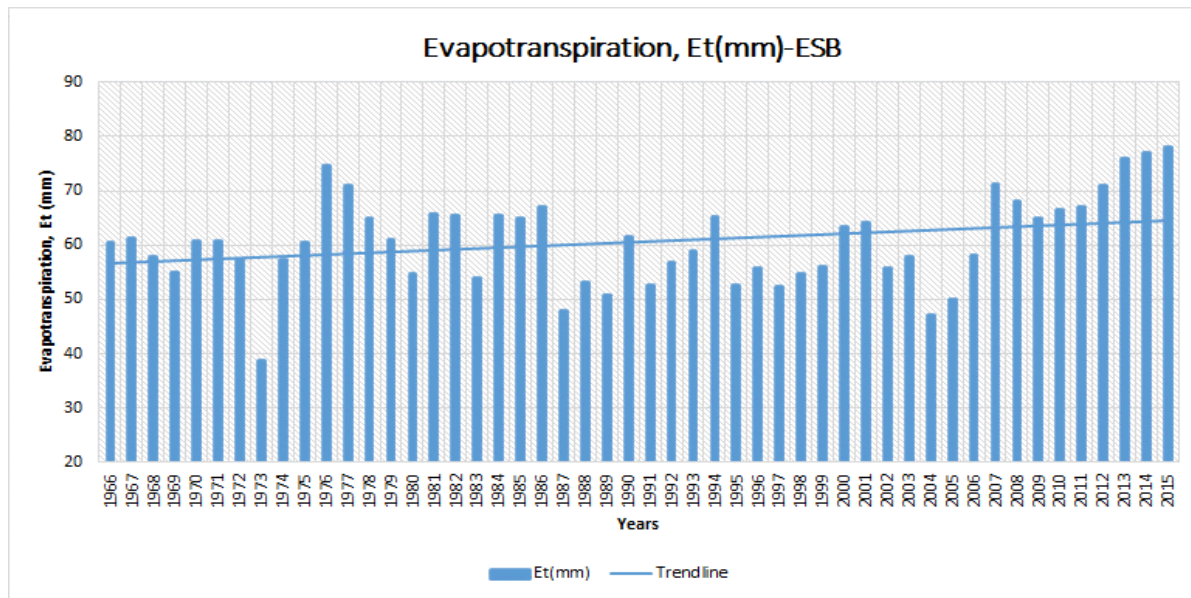


Figure 10. The annual evapotranspiration variation and trendline of ESB meteorology stations (1966-2015).

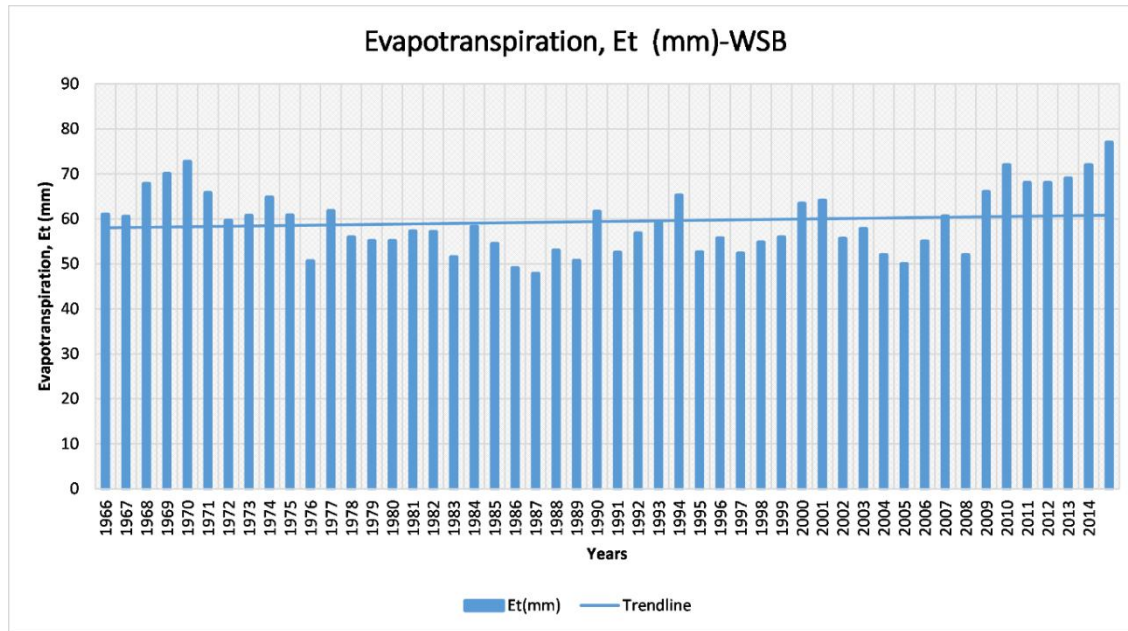


Figure 11. The annual evapotranspiration variation and trendline of WSB meteorology stations (1966-2015).

According to the data obtained from the meteorological stations, the warmest month in the basin is August (highest temperature reaches to 38.4°C) and the coldest month is January (lowest temperature reaches to -13.5 °C). To calculate the evapotranspiration values in the study area, stations providing data for long-term evapotranspiration calculation are used. For this purpose in the ESB of the study area, Lüleburgaz-Tigem, Çorlu and Kırklareli meteorology stations data were used while the data of Uzunköprü, Lüleburgaz-Tigem and Kırklareli meteorology stations were used to calculate the evapotranspiration values in the WSB of the study area. According to these data, the average annual evapotranspiration value shows an increasing trend between 1966 and 2016 (Figure 10 and 11).

4.4. Gravimetric terrestrial water storage of the study area

The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite mission is sponsored by National Aeronautics and Space Administration (NASA) and its partner German Aerospace Center (DLR). The mission had collected data from 2002 till 2017 [25]. The nominal data products of this mission are monthly Earth gravity fields [25].

In order to make worldwide estimation of total vertical water storage (TWS) these nominal data is being used. A few 100 km and larger spatial scaled data estimations are much more accurate (Wahr et al., 2004). Monthly released GRACE gravity field data (Monthly) is consisted of a set of spherical harmonic (Stokes) coefficients. This monthly GRACE gravity field is filtered using the method of Swenson and Wahr [26] and converted to mass in units of equivalent water thickness [25]. Then these monthly time series are used to track the trend of the TWS in the study area. These filtered time series of the study area are obtained from data portal for GRACE by the University of Colorado Boulder [27]. According to these data, the average TWS values shows an increasing trend between 2002 and 2016 (Figure 12).

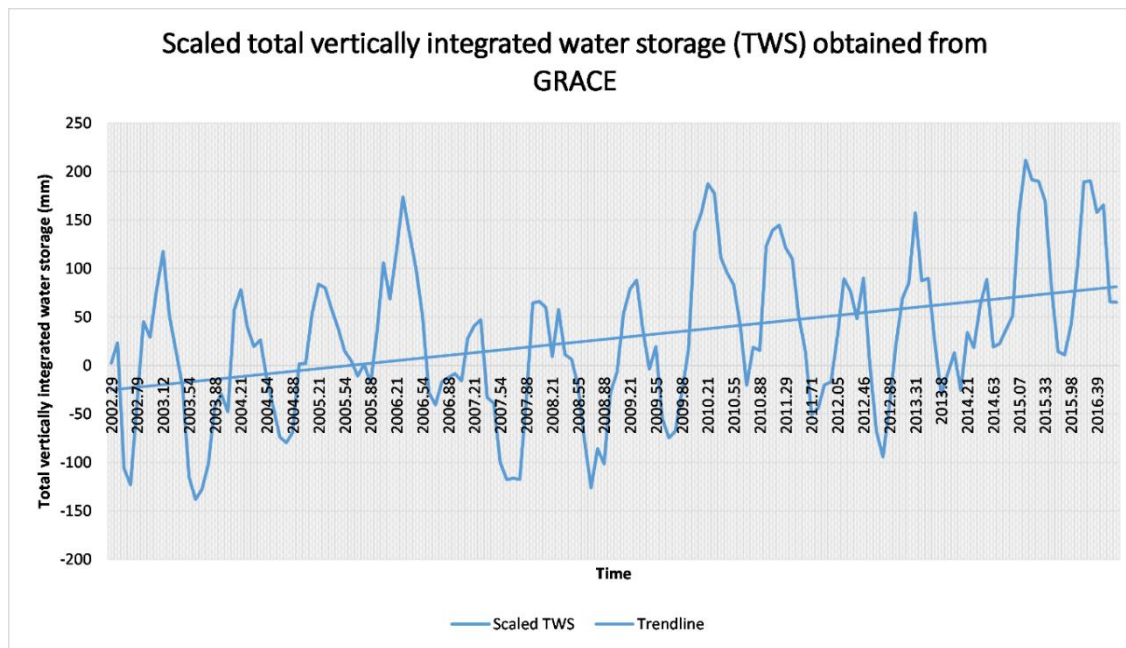


Figure12. TWS variation of the study area data obtained from GRACE mission (2002-2016).

4.5. SPI index method

The Standardized Precipitation Index (SPI) is a commonly used index to characterize meteorological drought on a range of timescales. For short period of time, the SPI is tightly related to soil moisture, while for longer period of time, the SPI values could be related to groundwater and aquifer storage [28].

To calculate the SPI of any location, long-term precipitation data for a wanted period is required. The historic record is fitted to a probability distribution, which is then transformed into a normal distribution such that the mean SPI value for that location and period is zero. SPI values below 0 indicates rainfall deficits (droughts), on the other hand SPI values between greater than 0 indicates excess rainfall in the given location.

SPI value of the study area was evaluated by 12-month time scales. The Standardized Precipitation Index (SPI) is evaluated from the following equation:

$$SPI = \frac{x_i - x_{mean}}{S} \dots\dots\dots (Eq. 2)$$

where, X_i , is monthly rainfall data of the meteorological station, X_{mean} is rainfall mean and S is the standard deviation.

Drought is a harmful hazard of climate. It can have a substantial impact on the ecosystem and harm to the affected region's economy. Drought can be defined as prolonged shortage of water supply (precipitation, surface water groundwater), usually a season or more. Main factor that controls the drought is the precipitation. Using SPI drought can be defined as functional and quantitative for each time scale [28]. Different drought categories are defined according to the calculated SPI values (Table 2).

Table 2. SPI classification scale from [28]

SPI values	Drought category
0 to -0.99	Mild drought
-1.00 to -1.49	Moderate drought
-1.50 to -1.99	Severe drought
-2.00 or less	Extreme drought

Meteorological drought analysis was carried out in the Ergene River basin using the SPI method over a 12-month period. For the calculation of SPI index values of the study area, average precipitation values of Çerkezköy and Kırklareli meteorological stations were used (Fig.13).

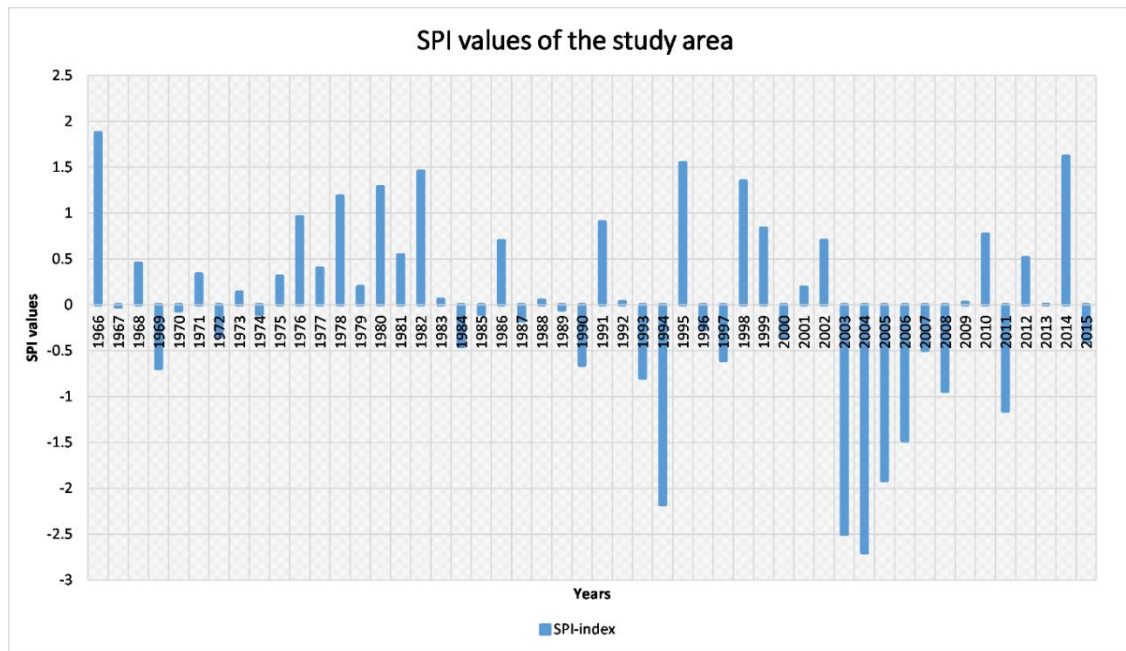


Figure 13. SPI values of the study area (1966-2015).

Calculated SPI values revealed that, extremely dry years were 1994, 2003 and 2004, severe dry year was 2005, moderate dry years were 2006 and 2011 and mild dry years were 1969,1970, 1972, 1974, 1984, 1987, 1990, 1993, 1996, 200, 2007, 2008 and 2015. In addition severe wet years were 1966 and 2014, moderate wet years were 1978, 1980, 1982, 1995 and 1998, and mild wet years were 1968, 1971, 1973, 1975, 1976, 1977, 1979, 1981, 1983, 1986, 1991, 1993, 2002, 2009, 2010 and 2012. On average, %55 of the SPI values of the years studied were wet period.

5. Groundwater recharge

Understanding groundwater recharge is necessary for the successful management of groundwater resources [29]. For the quantification of the impacts of climate change on groundwater resources, groundwater recharge estimation over time is as important as forecasting of changes in key climatic variables [13]. Groundwater recharge could be defined as the portion of precipitation infiltrating the soil surface and percolating through the unsaturated zone of the aquifer reaching the water table and adding to groundwater storage [30, 31]. In groundwater systems, groundwater recharge is the primary component in integrated water resources management studies since it is used for prediction of impacts of climate change in groundwater models [32]. Knowledge of aquifer recharge also

helps to identify the sustainable yield of a catchment and thus protecting the groundwater resources [33].

In this study, a hydrological simulation was carried out to determine the distribution of spatial and temporal changes of groundwater recharge from precipitation and surface run-off in to Ergene River Basin aquifer system. In this simulation method, rainfall reaching the ground surface infiltrates into soil. This infiltrating water supplies soil moisture deficit, part of the infiltrating water becomes direct runoff and other part becomes groundwater recharge. Under this supposition, groundwater recharge was calculated by the use of equation below;

$$P = Q + Et + R + \Delta S$$

Where P= precipitation, Q= surface run-off, Et= evapotranspiration, R= groundwater recharge and ΔS = change in soil moisture storage. In order to analyze the quantification of groundwater recharge, in Ergene River basin for both EZ and WZ a 49-year period between 1966 and 2015 monthly precipitation and evapotranspiration data of Lüleburgaz-Tigem, Çorlu and Kırklareli, Uzunköprü meteorological stations are used to trace monthly changes in soil moisture. Results of this analyses are given in figures 14 and 15 for EZ and WZ, respectively.

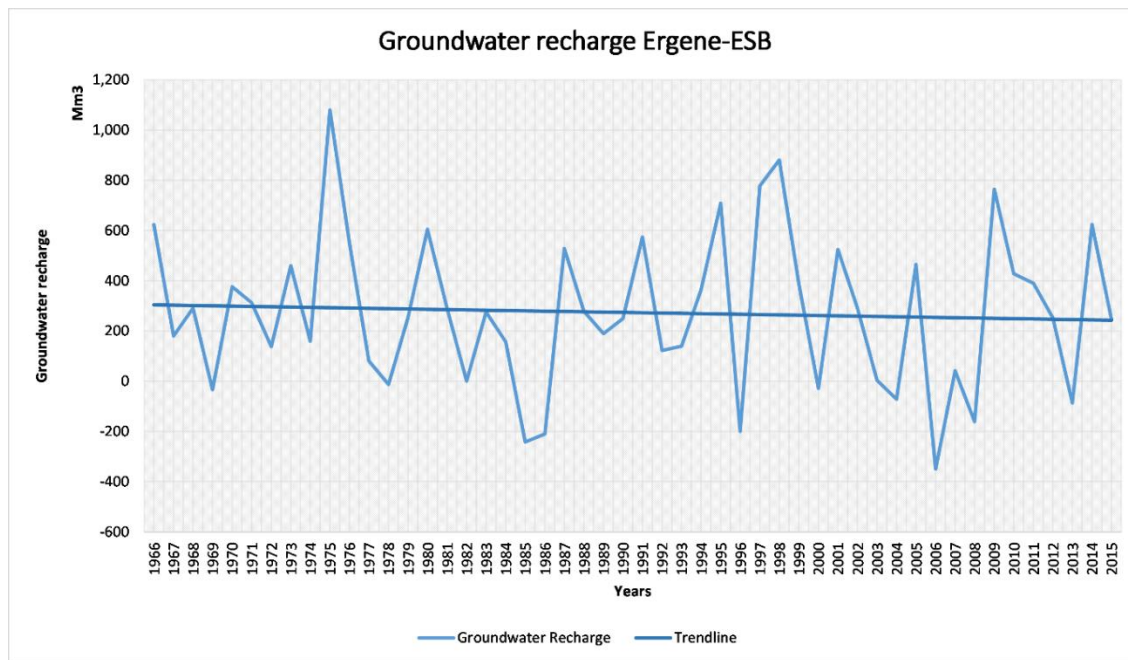


Figure 14. Calculated groundwater recharge variation with trendline in ESB (1966-2015).

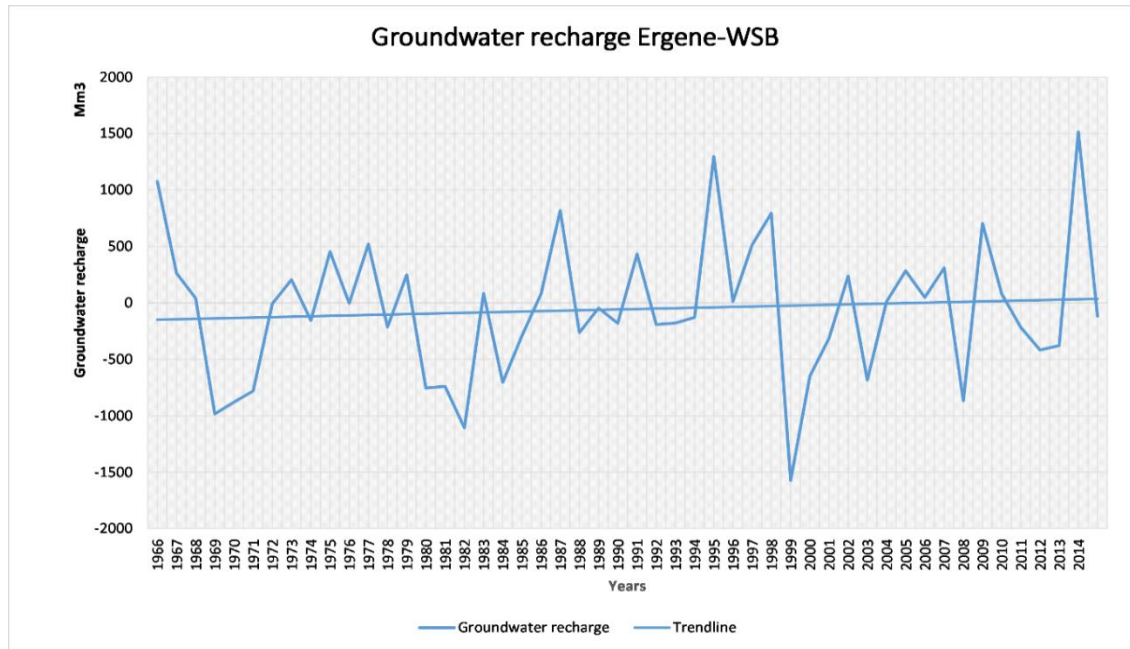


Figure 15. Calculated Groundwater recharge variation in trendline WSB (1966-2015).

In the WSB of the study area (Fig.14), groundwater recharge was observed to increase, albeit to a limited extent, while it was observed to decrease in the ESB. Although precipitation in both zones of the study area increased, impact of this increase on groundwater recharge is limited. This could be attributed to overexploitation of the aquifer system. As noted by State Hydraulic Works [34] overexploitation of the aquifer in the ESB began in early 1990s resulted in a

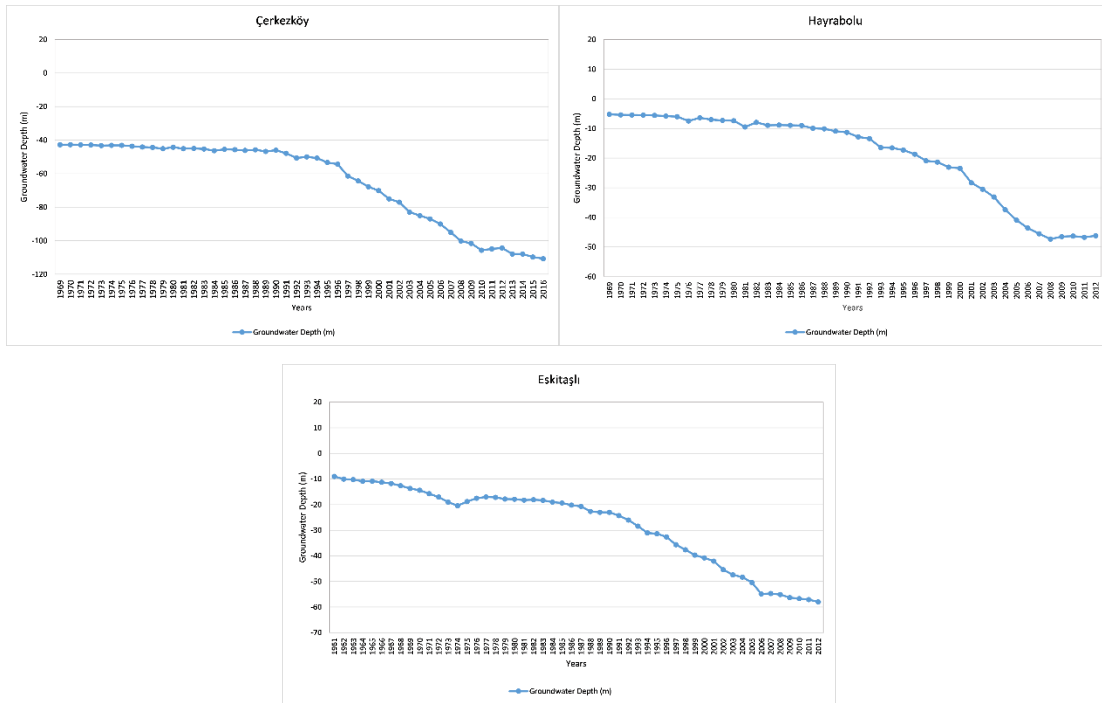


Figure 16. Variation of groundwater depth in ESB observation wells Çerkezköy, Hayrabolu, Eskitaşlı

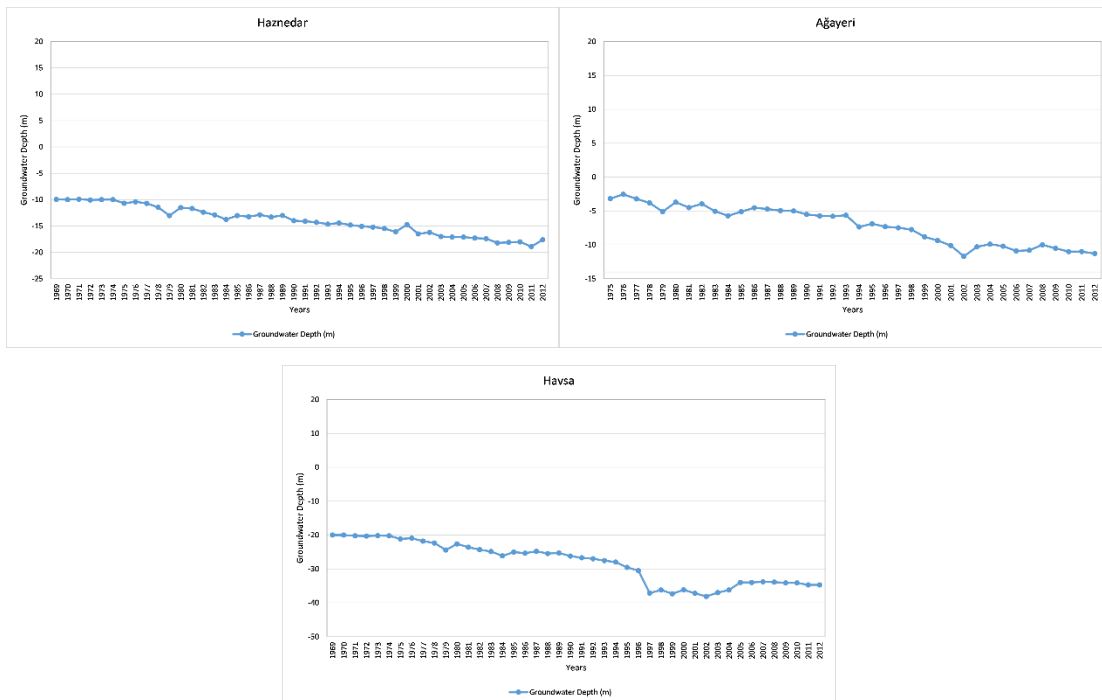


Figure 17. Variation of groundwater depth in WSB observation wells Haznedar, Ağayeri, Havsa

significant decline in water table depth, this decline resulted in making deeper wells and deeper wells triggered more decline in water table depth. These declines in water table reached to 40m – 70m in the center of the EZ. Since climate in the study area gets drier, it is expected to have lower water tables in response to decreasing recharge (Figure16 and 17).

In the WSB of the study area this decline in groundwater levels is between 10 to 20 m which is limited compared to ESB (Fig. 17) and recharge of the aquifer is significantly much more than ESB (Figure 15) in correspondence with higher precipitation values (Fig. 4, 5, 6 and 7).

During the observation period groundwater recharge of the ESB showed a decreasing trend and trending groundwater recharge values were between 210 and 223 Mm³, never reached negative values. But on the other hand, although groundwater recharge of the WSB showed an increasing trend, trending values were between -112 and 56 Mm³.

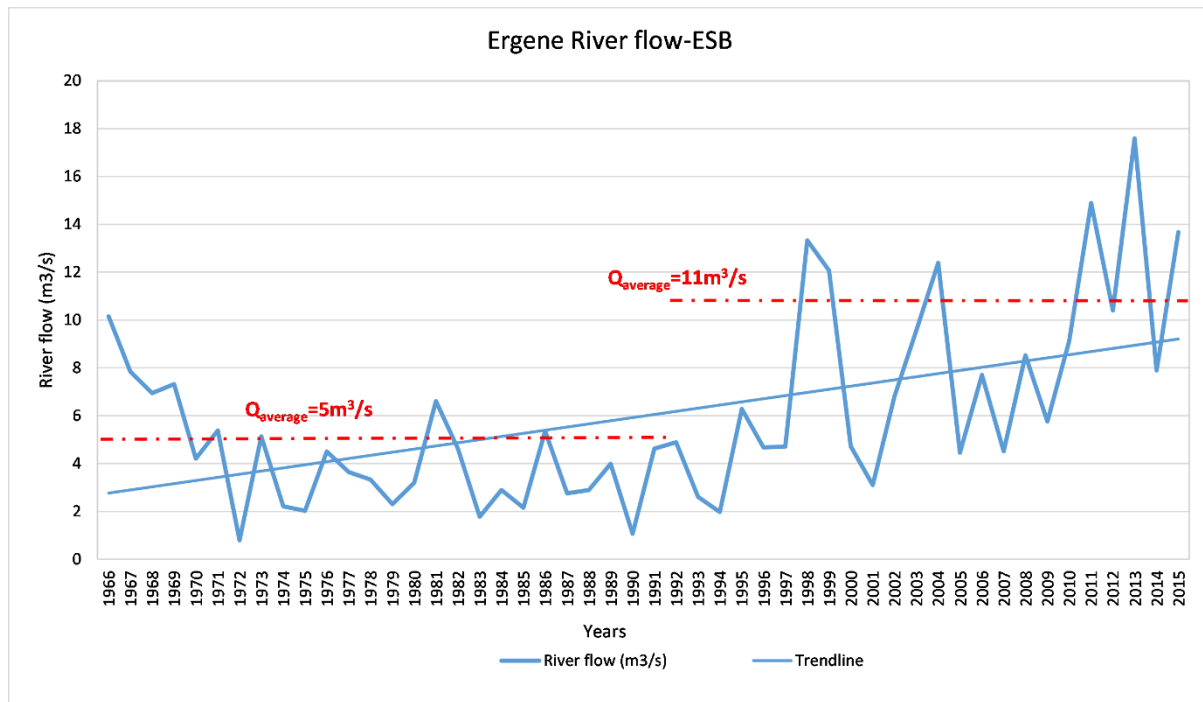


Figure 18. Annual flow variation of Ergene river with trendline (1966-2015).

Besides, flow of Ergene River in EZ of the study area significantly increased from 1990 from average of 5 m³/sec to 11 m³/sec, (Fig.15) this increase could be attributed to both increasing precipitation pattern in the area and discharge of process waters of some factories pumped from

groundwater and let to Ergene River. But nevertheless, no positive affect of this discharge process on groundwater recharge was observed.

6. Discussion and conclusion

In this study, temporal variations of groundwater recharge in terms of climate change in the Ergene Basin, in north-west Turkey between 1966 and 2015 were investigated based on precipitation, temperature and evaporation data. Precipitation, which is one of the main components of groundwater recharge, has shown a linear-slight increasing trend in both zones of the study area, also both temperature and evapotranspiration values has also revealed an increasing trend.

Scaled monthly GRACE gravity field data for TWS of the study area between 2008 and 2016 had also exhibited an increasing trend. In the light of this data, it should be expected that groundwater recharge will increase in the region. This GRACE data belongs to a noticeably short time interval, but it is observed that precipitation and groundwater recharge has also increased. In this context, it can be concluded that GRACE data for TWS and precipitation data are compatible in this time interval.

Groundwater tables of observation wells of both zones exhibited a decreasing trend in 1964-2015, which is much more evident in ESB than WSB. Due to both industrial and agricultural demands for water in the region, early 1990s overexploitation of the aquifer resulted in more rapid decline in groundwater table and decreasing recharge values. This caused a trend towards water scarcity in the ESB of the basin. Although the study area receives increasing precipitation, overexploitation of the aquifer might be one of the reasons for declining groundwater recharge. According to SPI values between 1993, 1994 and 2003 - 2008, moderate - mild draught was also observed in the study area. This also had an impact in decreasing trend of recharge values of ESB. From the beginning of 1990s process waters of factories in the ESB, which are let to Ergene river, had great contribution to river flow but this contribution did not affect the groundwater recharge (Fig.14 and 15).

On the other hand, there are some factors that darkens the recharge estimation. Firstly, over exploitation of the aquifer makes it difficult to assess how groundwater recharge is affected, where pumping volume of the groundwater from the aquifer is unknown. Secondly the study area covers a large area and for more accurate assessment it has been divided in to two zones. But the



unconfined aquifer in the study area has an integrated distribution, not as two parts, so it is inevitable that there might be some errors in recharge estimation values of both zones.

But overall, findings of the study still emphasizes the impact of climate change on temporal variations of groundwater recharge in the study area which is observed as increase in temperature, evapotranspiration and decreasing trend in precipitation and declining groundwater recharge in the ESB and a slight increase in groundwater recharge in the WSB .

For ensuring sustainable groundwater management it is a requisite forecasting the impact of climate change and develop mitigation strategies. These strategies should include the local regulations and dominant users of groundwater resources. One of the important alternative mitigation strategies that could be applied to preserve and restore the natural conditions of groundwater recharge in the basin is artificial groundwater recharge. On the other hand, agricultural sector and industry are the main users of groundwater. For the water demands of both sectors, the amount of groundwater withdrawal from the aquifer should be optimized. Additionally, water resources managers and local administrators should also realize their essential role for groundwater resources in adapting and reducing the impacts of climate change along with human activity as well as meeting demands for domestic usage, irrigation, industry, and sustainable ecological systems. The agricultural sector in the basin is the main user of groundwater, therefore more efficient irrigation methods are recommended. Both for the water demands of the industry and the irrigation practices the amount of groundwater withdrawal from the aquifer should be optimized.

ACKNOWLEDGEMENT

This research received no funding from any institution. Author would like to thank State Hydraulic Works and General Directorate of State Meteorological Service for allowing access to their data and Mustafa ŞİRİN for proof reading of the manuscript. The author also expresses thanks to anonymous reviewer(s) for their constructive comments and suggestions that improved the manuscript.

REFERENCES

- [1] Yagbasan, O., Impacts of climate change on groundwater recharge in Küçük Menderes River Basin in Western Turkey. *Geodinamica Acta*, 28(3), 209–222. <https://doi.org/10.1080/09853111.2015.1121802> , 2016.
- [2] Shahid, S., Wang, X.-J., Rahman, M.M., Hasan, R., Harun, S.B., Shamsudin, S., , Spatial assessment of groundwater over-exploitation in northwestern districts of Bangladesh. *J. Geol. Soc. India* 85, 463–470. <http://dx.doi.org/10.1007/s12594-015-0238-z>, 2015.
- [3] Xu, Y., Beekman, H. E., Review: Groundwater recharge estimation in arid and semi-arid southern Africa. *Hydrogeology Journal*, 27(3), 929–943. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1898-8> 2018.
- [4] Salem, G. S. A., Kazama, S., Shahid, S., Dey, N. C., Impacts of climate change on groundwater level and irrigation cost in a groundwater dependent irrigated region. *Agricultural Water Management*, 208, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.011> , 2018.
- [5] Van Engelenburg, J., Hueting, R., Rijpkema, S., Teuling, A. J., Uijlenhoet, R., Ludwig, F., Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting. *Water Resources Management*, 32(1), 259-272. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1808-1> , 2017.
- [6] Green, T. R., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J. J., Allen, D. M., Hiscock, K. M., Treidel, H., Aureli, A., Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. *Journal of Hydrology*, 405(3-4), 532-560. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.002> , 2011.
- [7] Guerhazi, E., Milano, M., Reynard, E., Zairi, M., Impact of climate change and anthropogenic pressure on the groundwater resources in arid environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(1), 73-92. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9797-9>, 2018.
- [8] Shahid, S., Wang, X.-J., Harun, S.B., Shamsudin, S.B., Ismail, T., Minhans, A., Climate variability and changes in the major cities of Bangladesh: observations, possible impacts and adaptation. *Reg. Environ. Change* 16, 459–471. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-015-0757-6>. 2016.
- [9] Holman, I. P., Climate change impacts on groundwater recharge- uncertainty, shortcomings, and the way forward? *Hydrogeology Journal*, 14(5), 637-647. <https://doi.org/10.1007/s10040-005-0467-0> , 2005.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 1995, impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses. London: Cambridge University Press., 1996.

- [11] Ferguson, G., Gleeson, T., Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change. *Nature Climate Change*, 2(5), 342-345. <https://doi.org/10.1038/nclimate1413> , 2012.
- [12] Döll, P., Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment. *Environmental Research Letters*, 4(3), 035006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/3/035006> , 2009.
- [13] Jyrkama, M. I., Sykes, J. F., The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed (Ontario). *Journal of Hydrology*, 338(3-4), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.036> , 2007.
- [14] Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller (Eds.), *Climate change 2007: Synthesis report*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 19-91, 2007.
- [15] Şen, Ö. L., *A holistic view of climate change and its impacts in Turkey*. İstanbul: İstanbul Policy Center, Sabancı University, Stiftung Mercator Initiative. ISBN 978-605-4348-65-7.2013.
- [16] USGS Effects of climate variability and change on groundwater resources in the United States. US Geological Survey, Fact Sheet, 3074, 4p. 2009.
- [17] Arkoc, O., Assessment of water quality of east part of the Ergene Basin, Turkey. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 12(4), 1644-1655.2011.
- [18] Strack, M., Waddington, J. M., Tuittila, E. (2004). Effect of water table drawdown on northern peatland methane dynamics: Implications for climate change. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(4). <https://doi.org/10.1029/2003gb002209> , 2004.
- [19] Ise, T., Dunn, A. L., Wofsy, S. C., Moorcroft, P. R., High sensitivity of peat decomposition to climate change through water-table feedback. *Nature Geoscience*, 1(11), 763-766. <https://doi.org/10.1038/ngeo331> , 2008.
- [20] Zhu, J., Sun, G., Li, W., Zhang, Y., Miao, G., Noormets, A., Wang, X., Modeling the potential impacts of climate change on the hydrology of selected forested wetlands in the southeastern United States. <https://doi.org/10.5194/hess-2017-215-supplement> , 2017.
- [21] General Directorate of Mineral Resources (MTA) *Earth Sciences Portal* Retrieved from <http://yerbilimleri.mta.gov.tr> accessed in 2019, June15
- [22] Thornthwaite, C.W., and J.R. Mather, (1957) *Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance*. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology 10(3), 311 pp., 1957.

- [23] Thiessen, A. H., Precipitation averages for large areas. *Monthly weather review*, 39(7), 1082-1089.1911.
- [24] Novák, V., Evapotranspiration: A component of the water cycle. Evapotranspiration in the Soil-Plant-Atmosphere System, 1-13. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3840-9_1, 2009.
- [25] Swenson, S., Wahr, J., Monitoring the water balance of Lake Victoria, East Africa, from space. *Journal of Hydrology*, 370(1-4), 163-176. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.008>, 2009.
- [26] Wahr, J., Swenson, S., Zlotnicki, V., & Velicogna, I. Time-variable gravity from GRACE: First results. *Geophysical Research Letters*, 31(11), <https://doi.org/10.1029/2004gl019779> , 2004.
- [27] Data portal for GRACE by the University of Colorado Boulder, Retrieved from <http://geoid.colorado.edu/grace/dataportal.html>, accessed in 2020, June15.
- [28] McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).1993.
- [29] Ali, M., Mubarak, S. (2017). Approaches and methods of quantifying natural groundwater recharge – A review. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 5(1), 1-27. <https://doi.org/10.9734/ajee/2017/36987> , 2017.
- [30] Freeze, R. A., Cherry, J. A., *Groundwater*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1979.
- [31] Allison, G. B., Estimation of groundwater discharge and recharge with special reference to arid areas. In *Proceedings of the International Conference on Groundwater Systems Under Stress* (pp. 231-238). 1987.
- [32] De Silva, C. S., Rushton, K. R., Groundwater recharge estimation using improved soil moisture balance methodology for a tropical climate with distinct dry seasons. *Hydrological Sciences Journal*, 52(5), 1051-1067. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.5.1051>. 2007.
- [33] Baalousha, H. M., Barth, N., Ramasomanana, F. H., Ahzi, S., Groundwater recharge estimation and its spatial distribution in arid regions using GIS: A case study from Qatar Karst aquifer. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(4), 1319-1329. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0503-4>. 2018.
- [34] State Hydraulic Works, Hydrogeological report of Ergene Basin. State Hydraulic Works, Ankara. 2003.

INFRARED DETECTING BEHAVIOURS OF $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ PHOTODIODES

Mustafa İLHAN¹, Mümin Mehmet KOÇ^{2*}

¹ *Department of Physics, Faculty of Literature and Science, Fırat University, Elazığ, TURKEY*

² *School of Medical Service, Kırklareli University, Kırklareli, TURKEY*

Abstract

A photodetector in Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al form was fabricated with sol-gel method. The structural assessment of the photodetectors was investigated and Cu₂NiSnS₄ structures were formed in nanostructure in granular form. Current–time and current-voltage investigations illustrated that Cu₂NiSnS₄ photodiodes have infrared sensing properties. Photodetection properties such as linear dynamic rate, ideality factor, photosensitivity and photoresponse characteristics were assessed. Results also validate the infrared sensing properties of the diodes. The barrier height of the Cu₂NiSnS₄ diodes is calculated as 0.466 eV. Ideality factor of the diodes was found to be 5.16. Results indicate that our Cu₂NiSnS₄ photodetectors are suitable for infrared tracking device applications.

Keywords: Quaternary Functional Photodetectors; Infrared Detectors; Photodiodes; Photodetectors

Öz

Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al yapıdaki fotodedektörler sol-jel yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak fotodedektörler yapısal olarak incelenmiştir. Mikroskopik incelemeler sonucunda Cu₂NiSnS₄ yapının nanoformda sentezlendiği ve nanoparçacıkların granüler yapıda bir arada bulunduğu gözlemlenmiştir. Akım – zaman ve akım - voltaj grafikleri Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al yapıda üretilmiş olan diyotlarımızın kızılötesini ışığı hissedebilme özellikleri gösterdiğini göstermiştir. Fotodedektör özelliklerini incelemede kullanılan lineer dinamik oran, idalite faktörü, fotohassasiyet, fototepki karakteristikleri gibi karactersistik özellikler çalışmamızda detaylıca incelenmiştir. İncelenen fotodiyot karakteristikleri de fotodiyotlarımızın kızılötesi dedektör özellikleri gösterdiğini doğrulamıştır. Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al yapıdaki diyotlarımıza ait bariyer yüksekliği 0.466 eV olarak hesaplanırken idealite faktörü ise 5.16 olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al yapıda üretilmiş fotodiyotların infrared tarama cihazlarında kullanılmaya uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dört Bileşenli Fonksiyonel Fotodedektörler; Kızıl Ötesi Dedektörleri; Fotodiyotlar; Fotodedektörler

* Corresponding Author: muminmehmetkoc@klu.edu.tr

1. INTRODUCTION

Photodiodes constitute the essential parts of photodetector and photosensor applications. Photodetectors and photodiodes were used in different types of technological implications. Therefore, scientists from different areas like physics, engineering, chemistry, materials engineering and science investigate the structural, electrical and optoelectronic properties of the photodiodes. Different materials can be used in the fabrication of photodetectors and photodiodes. Organic based molecules were often considered as fabrication materials, since they are easy to synthesize and abundant in the nature [1]–[3]. However, organic material based devices have some drawbacks such as instability, fragility and short lifetime [4], [5]. Therefore, different alternatives were applied. For example, organic material based photodiodes were often produced in composite forms or doped with other materials such as nanoparticles [1], [6]. It was evidenced by different papers that such a solution enhance mechanic, electric and optoelectronic properties of the photodiodes [7]–[9]. On the other hand, metallic thin film based photodiodes were found to be more reliable. Since, they are not easily affected by external factors, they are more durable, and they have astonishing electrical and optoelectronic properties. Hence, electric, electronic and magnetic properties of the metallic based diodes subject to an active research in the literature [10]–[14]. In addition, producing thin films in composite form and doping metallic thin films with other molecules help researchers to adjust the electrical properties of the metallic photodetectors [11], [15]–[19]. Thin films have relatively low energy band gap and good photoresponsive properties [20], [21]. Quaternary functional photodetectors have a special role [15] among the metallic based photodetectors. Quaternary functional photodetectors have a thin film layer which consist of four different material [22]. Quaternary functional photodetectors in different forms were reported in the literature. $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$, $\text{Cu}_2\text{CoSnS}_4$ and $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ structures are popular structures reported in the literature. Electrical properties of such structures were detailly investigated [23]–[26]. It was evidenced that such structures have strong potential to be used as infrared detectors [27], [28]. Previously HgCdTe structures were considered as infrared detectors [29]. However, HgCdTe structures have lattice mismatch problem [30]. The problem strongly affects the device quality

mechanical properties of the infrared diodes. CdTe buffer layers were proposed to overcome such a drawback [30], [31]. However, CdTe buffer layers alter the electrical and optoelectronic properties of the HgCdTe structures. At this point, quaternary functional structures step forward. In this work, we produced Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄/Al diodes to assess their infrared sensing properties. Sol-gel method was used in the production of Cu₂NiSnS₄ active layer which was found to be in nanostructure form. Such method was cheap, reliable, and facile. I-V and I-t properties were assessed under infrared illumination. Photocharacterization of the photodiodes were performed. Photoresponse, photosensitivity, ideality factor, barrier height characteristics were also assessed under infrared illumination. It was concluded that photodiodes were reflects infrared sensing properties.

2. MATERIALS AND METHOD

Sol-gel technique was used in the production of infrared active Cu₂NiSnS₄ nanoparticles which were used in the core of the device. Before the production of Cu₂NiSnS₄ thin films. Cleaning procedures were applied to the Si wafers [32]. P-type Si substrate was used as the main platform of the device. Firstly, p-type Si wafers were rinsed with pure water and sonication procedure was applied for 5 mins in acetone. Wafer was rinsed and sonicated in pure H₂O. Si substrates were etched in HF:H₂O (1:10 ml) for 30 sec [32]. After the etching, Si substrates were rinsed in sonic bath. Al contact was applied to the one side of p-type Si substrate. Al/p-Si structure is heated at 570 °C. After annealing procedure Al/p-Si structure was rinsed. 2 m mol CuCl₂, 1m mol SnCl₂, 5 m mol CH₄N₂S (Thiourea) and 1m mol NiCl₂ were poured to 80ml DMF (Dimethylformamide). Mixture stirred at 500 rpm. Mixture was then poured in hydrothermal nanoparticle synthesis device where it was kept there for 24 h at 250 °C. To take the sediment from the result product, mixture was centrifuged. Drained sediment was dried and obtained nanopowders were used in the coating process. Cu₂NiSnS₄ nanoparticles were dissolved in chlorobenzene. Chlorobenzene dissolved mixture was dropwise placed on Al contacted Si substrate. Spin coating process was performed. As a result, fabrication of Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄ structure was completed. Al/p-Si/Cu₂NiSnS₄ structure was heat treated to dry the excessive liquids. Finally, Al coating was performed and where Al/p-Si/ Cu₂NiSnS₄/Al quaternary functional photodiode fabrication was completed. FYTRONIX

FY-INF1000 infrared characterization system was used in the device characterization. Karl Zeiss SEM was used in the microscopic investigations of the surface.

3. RESULT AND DISCUSSION

Figure 1 illustrates the SEM (Scanning Electron Microscopy) results of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodiodes. Images obtained in 15 K (a) and 150 K (b) magnification; they were illustrated in Figure 1. Figure shows the nanostructures which form the active layer of Al/p-Si/ $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ /Al quaternary functional photodiodes. It was seen that active layer consists of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ nanostructures which was in granulated shape where nanoparticles agglomerate and forms big lumps. Size of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ nanoparticles were found to be between 200 nm – 500 nm. It was also understood that nanoparticles have narrow size distribution.

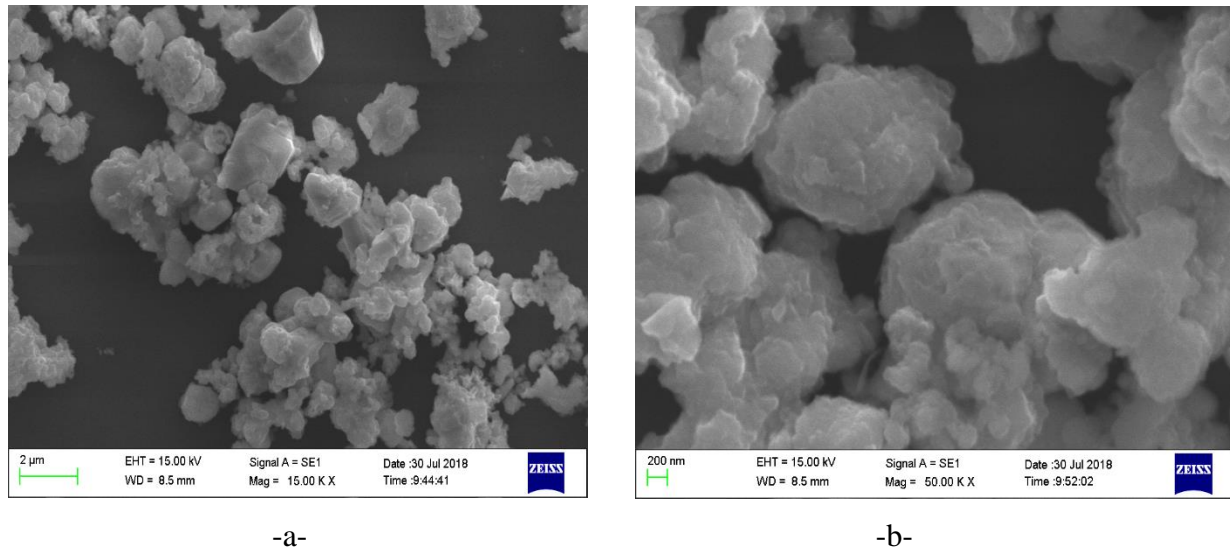


Figure 1: SEM images of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ obtained under 15K (a) and 50K (b) magnification.

To evaluate the electronic characteristics of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors, current-time (I – t) and current-voltage (I – V) behaviors were investigated. Various illumination intensities were used in the assessment of current-voltage characteristics. I-V behaviors of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were assessed between +3 V and -3 V. Only infrared illumination was used in the assessment. Current-voltage behaviors were given in Figure 2. Figure illustrates that Al/p-Si/ $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ /Al quaternary functional photodiodes respond to

infrared light. Noticeable difference between dark measurement and measurements obtained under infrared illumination was seen. It was noticed that enhanced infrared illumination enhances the measured current in the backward bias region. Slight barrier voltage difference between dark measurement and infrared illumination measurement can be identified in the figure. Enhanced barrier voltage difference was seen for enhanced infrared illumination intensities.

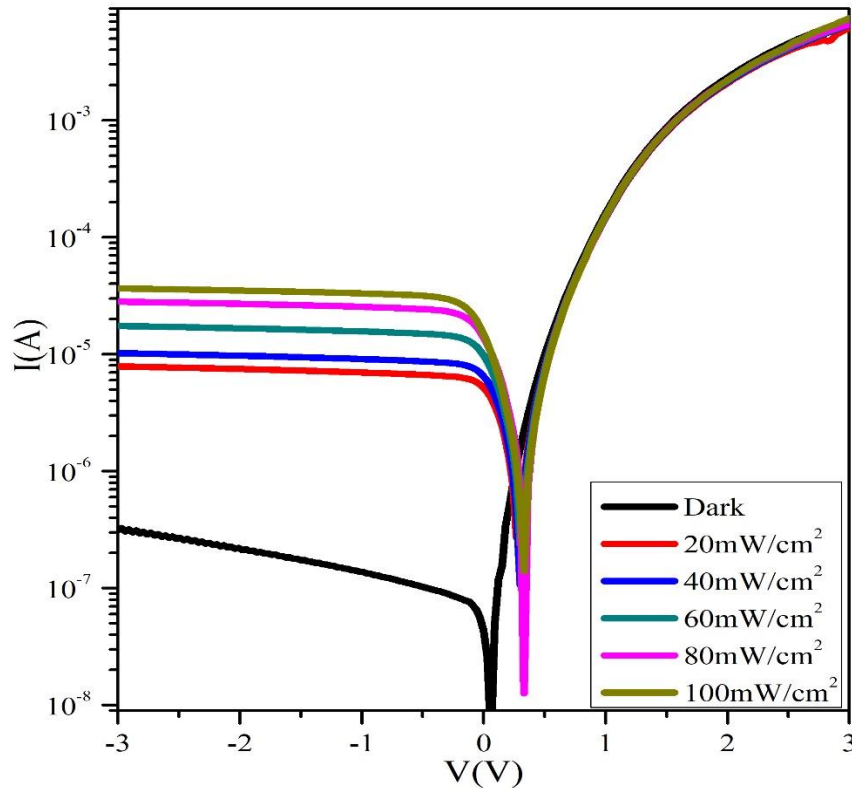


Figure 2: Current-voltage plot of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodiodes obtained under infrared illumination.

Current-time behaviors of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were presented in Figure 3. Current-time characterization of the photodiodes were performed under 100 mW/cm^2 infrared illumination. Infrared light was applied for 5 sec intervals. Infrared illumination was kept on for 5 min and then turned off for 5 sec. At 100 mW/cm^2 infrared illumination intensity, maximum photocurrent was measured. The maximum photocurrent was found to be $3.1 \times 10^5 \text{ A}$. Shutting off the illumination resulted in a rapid cut off in the measured current. Repeated cycles

give similar and successful results. It was seen that $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were susceptible to infrared light.

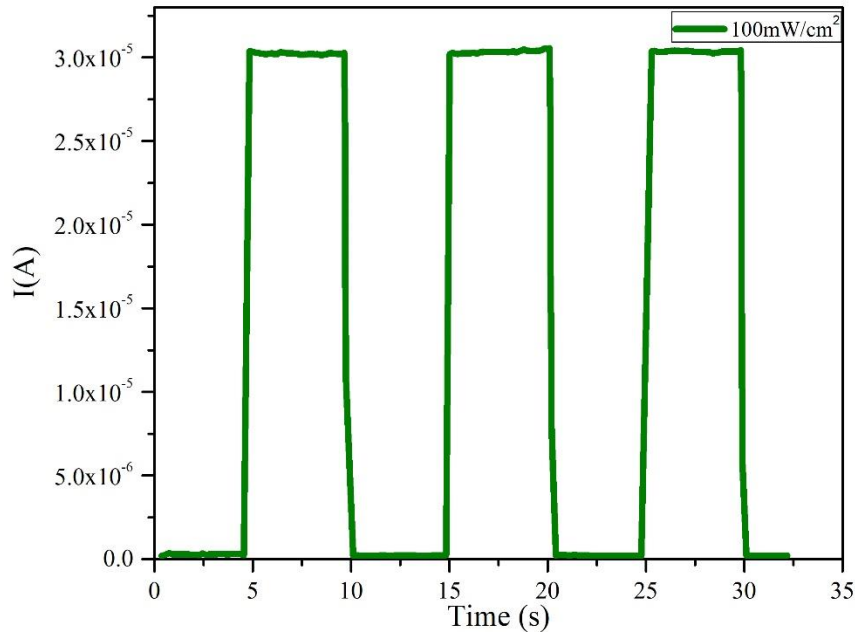


Figure 3: Current-time behaviors of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodiodes.

Current-voltage and current-time characteristics was utilized to calculate the (n) ideality factor, (ϕ_b) barrier height, (R_s) photosensitivity and saturation constants. To calculate the photoelectric characteristics of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors, thermionic emission theory was used [6], [33].

$$I=I_o\left[\exp\left(\frac{q(V-IR_s)}{nkT}\right)-1\right] \quad (1)$$

Formula above was used in the barrier height (ϕ_b) and ideality factor (n) calculation where n is ideality factor, T is absolute temperature, q is the charge of electron, k is Boltzman constant, I_o is backward bias current, R_s is serial resistance and V is applied voltage. I_o is calculated using Eq (2).

$$I_o=AA^*T^2\exp\left(-\frac{q\phi_b}{kT}\right) \quad (2)$$

In Eq 2, A is the surface area of the diode, ϕ_b is the barrier height, A^* is the Richardson constant that is $32 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$. The slope and the intercept of the forward bias $\ln(I)$ vs. voltage (V) plot yield values for n and Φ_b , respectively. Table 1 represents the results exploited using thermionic emission theory. Ideality factor (n) was found to be 5.16. The expected value for the ideality factor is 1. However, there are many cases in the literature where ideality factor is greater than 1.

Barrier height of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodiodes were calculated as 0.466 eV which is within the range that were reported for the metallic thin film-based photodiodes in the literature. Barrier heights of Fe doped ZnO photodiodes were found to be between 0.45 eV and 0.51 eV [11]. Barrier height of Pt:carbon composite diodes were reported as 0.52 eV and barrier height for ZnO: carbon photodiodes were reported as 0.46 eV [1], [2].

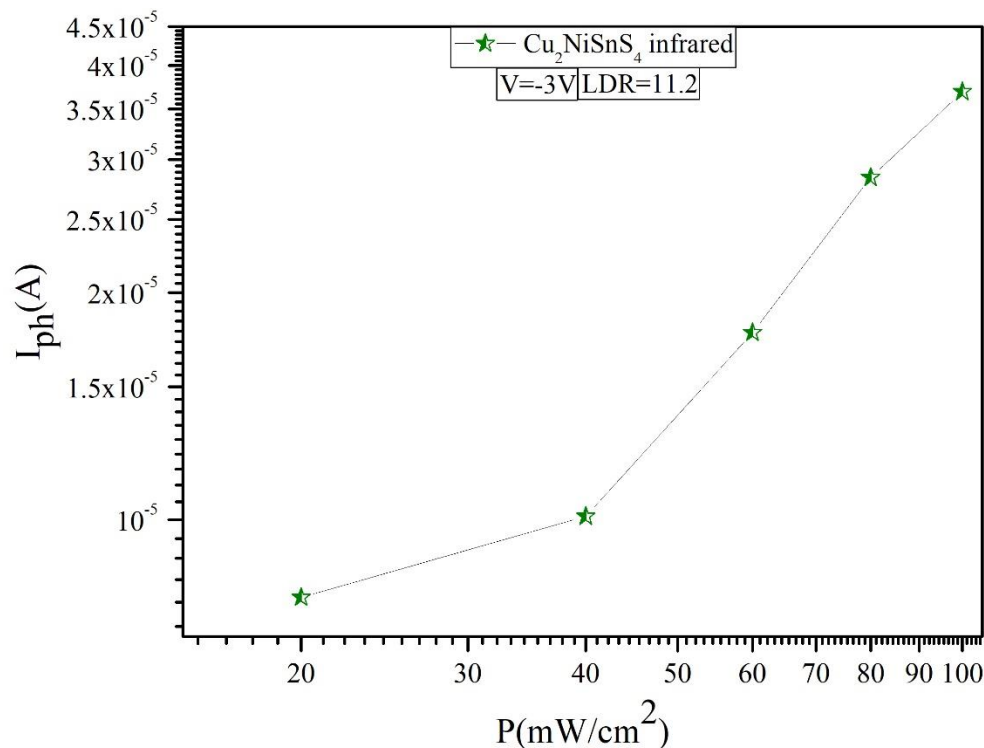


Figure 4: Photocurrent-Illumination intensity plot of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors.

Table 1: barrier height (ϕ_b), ideality factor (n), photosensitivity (R) and saturation current (I_0) $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodiodes.

Photodiode	n	R(A/W)	ϕ_b (eV)	I_0 (A)
IR Light	5.16	4.90×10^{-5}	0.466	3.25×10^{-4}

Photosensitivity of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were assessed. In the calculation of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors photocurrent is graphed as a function of illumination intensity. Photocurrent-illumination intensity characteristics was illustrated in Figure 4. Formula in Eq. 3 was used in the calculation

$$I_{PH} = KP^m \quad (3)$$

P represents the illumination and m is a constant in the Eq. 3.

Photocurrent-infrared illumination plot represents data obtained between $20\text{mW}/\text{cm}^2$ $100\text{mW}/\text{cm}^2$. Figure demonstrates that diodes respond to infrared light. Furthermore, enhanced photocurrent was seen for enhanced illumination intensity. $100\text{mW}/\text{cm}^2$ infrared illumination represents the highest photocurrent as $3.7 \cdot 10^{-5}$ A. LDR(Linear Dynamic Rate) was evaluated utilizing the $I_{Ph} - P$ slope. LDR of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were found to be 11.2 dB.

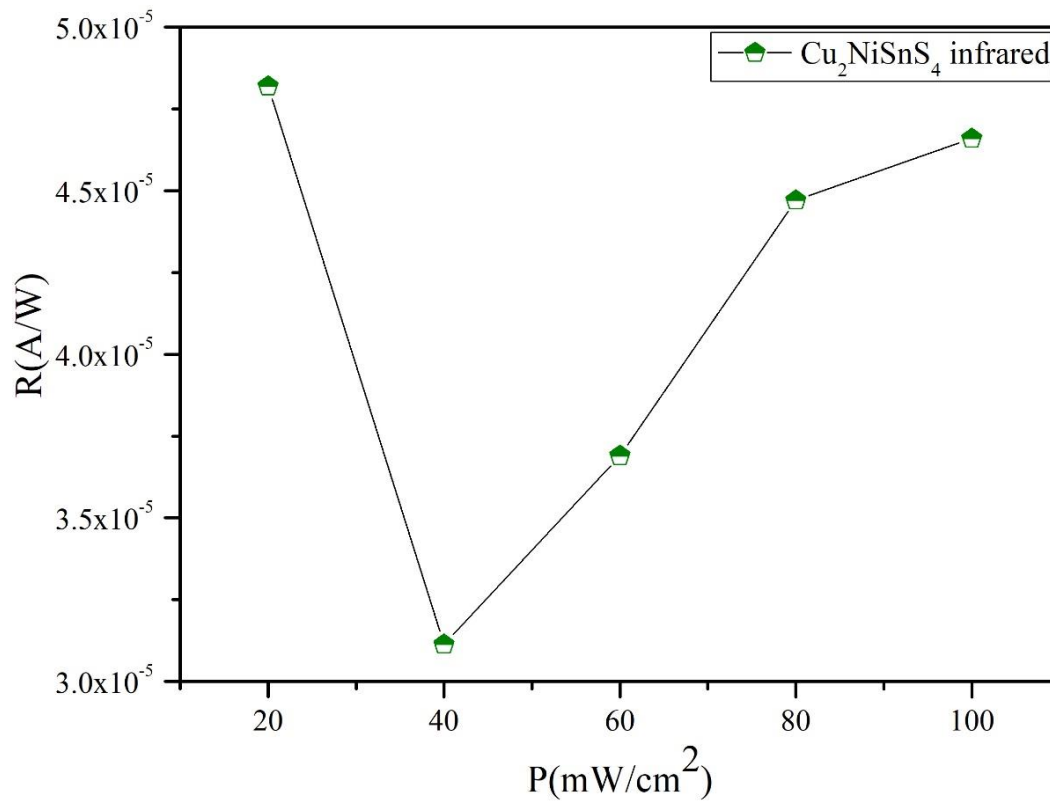


Figure 5: Photosensitivity-Illumination intensity plot of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors.

Photosensitivity (R) of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were evaluated using the equation below

$$R = \frac{(I_p - I_d)}{PA} \quad (4)$$

where I_d , A, P, and I_p are dark current, surface area, illumination intensity and photocurrent, respectively.

Photosensitivity (R) of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors were demonstrated in Figure 5. 20 mW/cm^2 was found to be the highest photosensitivity which was $4.90 \cdot 10^{-5}$ A/W. The lowest photosensitivity for $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors was measured at 100mW/cm^2 . Photosensitivity of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors show diminishing trend with diminishing illumination.

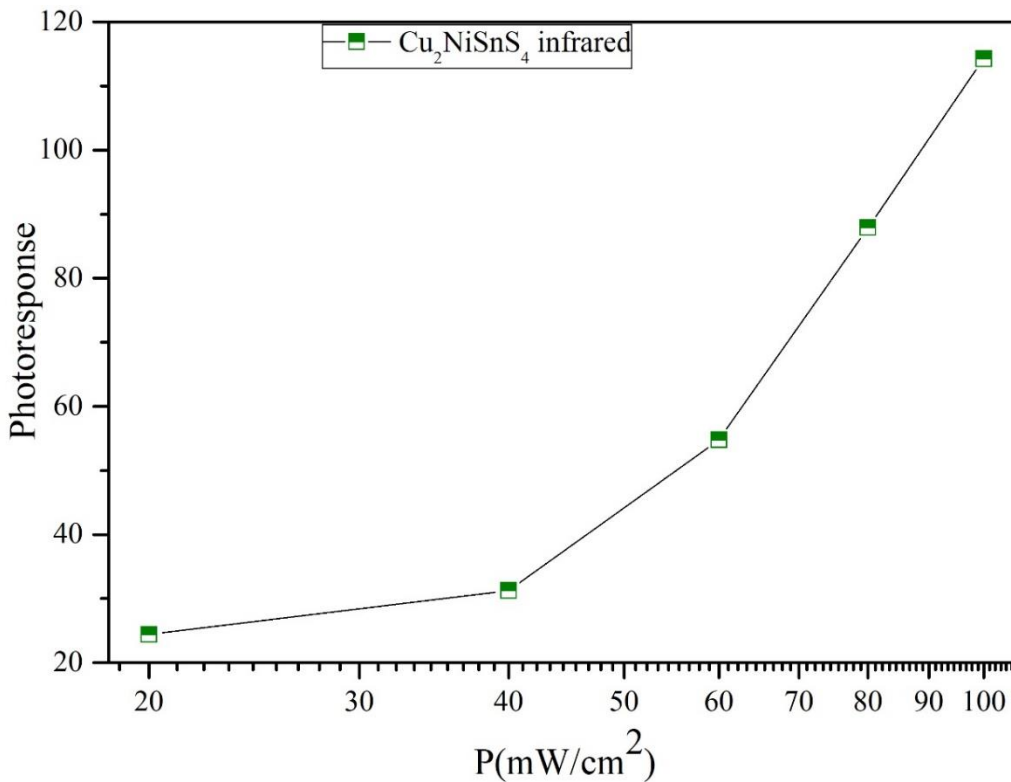


Figure 6: Photoresponse-Illumination plot of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetector.

Photoresponse behaviour of $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodetectors was presented in Figure 6. I-t characteristics was used in the assessment of photoresponse behaviours. Enhancing photoresponse characteristics was seen with augmenting infrared illumination. 100mW/cm^2 was found to be the value where the highest photoresponse was obtained. Photoresponse value was measured as $0.33 \cdot 10^2$ for 100mW/cm^2 infrared illumination. Photoresponse behaviours illustrated that $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were responsive to infrared light and a good candidate for sensing implications such as infrared sensors, infrared tracking devices or photodiodes.

4. CONCLUSION

$\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ nanoparticles were prepared using sol-gel method. $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ was spin coated to fabricate $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ photodiodes. Surface properties of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors were evaluated using electron microscopy. Current-voltage and current-time

behaviours of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors revealed that diodes are responsive to infrared light. Ideality factor, saturation current, and barrier height characteristics were evaluated. We benefit from thermionic emission theory in our assessment and calculations. Results indicate that photosense, photoresponse characteristics of the $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ quaternary functional photodetectors have good infrared sensing properties. They have great potential to be used in infrared tracking device technologies.

REFERENCES



- [1] M. Koç *et al.*, “Electrical characterization of solar sensitive zinc oxide doped-amorphous carbon photodiode,” *Optik.*, C 178, S 316–326, 2019.
- [2] N. Aslan *et al.*, “Ti doped amorphous carbon (Al/Ti-a:C/p-Si/Al) photodiodes for optoelectronic applications,” *J. Mol. Struct.*, C 1155, S 813–818, 2018.
- [3] N. Aslan, N. Başman, and O. Uzun, “Investigation of Optical, Morphological and Mechanical Properties of Diamond-Like Carbon Films Synthesized by Electrodeposition Technique Using Formic Acid,” *Int. J. Pure Appl. Sci.*, C 2, S 57–63, 2016.
- [4] A. Dere, M. Soylu, and F. Yakuphanoglu, “Solar light sensitive photodiode produced using a coumarin doped bismuth oxide composite,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, C 90, S 129–142, 2019.
- [5] A. Mekki *et al.*, “Graphene controlled organic photodetectors,” *Synth. Met.*, C 217, S 43–56, 2016.
- [6] N. Aslan, N. Başman, O. Uzun, M. Erkovan, and F. Yakuphanoglu, “The effects of deposition potential on the optical, morphological and mechanical properties of DLC films produced by electrochemical deposition technique at low,” *Mater. Sci.*, C 37, no. 2, S 166–172, 2019.
- [7] A. A. Hendi and F. Yakuphanoglu, “Graphene doped TiO_2 /p-silicon heterojunction photodiode,” *J. Alloys Compd.*, C 665, S 418–427, 2016.
- [8] A. Karabulut *et al.*, “Silicon based photodetector with Ru(II) complexes organic interlayer,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, C 91, S 422–430, 2019.
- [9] B. Coskun, “Capacitance and Dielectric Properties of Mn Doped CdO Photodetectors,” *J. Mater. Electron. DEVICES*, C 1, no. 1, S 65–71, 2019.
- [10] B. Coskun, T. Asar, U. Akgul, K. Yildiz, and Y. Atici, “Investigation of structural and electrical properties of Zirconium dioxide thin films deposited by reactive RF sputtering

- technique,” *Ferroelectrics*, C 502, no. 1, S 147–158, 2016.
- [11] B. Coşkun *et al.*, “Optoelectrical properties of Al/p-Si/Fe:N doped ZnO/Al diodes,” *Thin Solid Films*, C 653, S 236–248, 2018.
- [12] T. Rezkallah, I. Djabri, M. M. Koç, M. Erkovan, Y. Chumakov, and F. Chemam, “Investigation of the electronic and magnetic properties of Mn doped ZnO using the FP-LAPW method,” *Chinese J. Phys.*, C 55, no. 4, S 1432–1440, 2017.
- [13] R. Topkaya, M. Erkovan, A. Öztürk, O. Öztürk, B. Akta, and M. Özdemir, “Ferromagnetic resonance studies of exchange coupled ultrathin Py/Cr/Py trilayers,” *J. Appl. Phys.*, C 108, no. 2, 2010.
- [14] M. Erkovan *et al.*, “Probing Exchange Bias Properties of Pt x Co1-x /Pt/CoO Films,” *J. Supercond. Nov. Magn.*, C 29, no. 1, S 163–168, 2016.
- [15] F. Yakuphanoglu, “Transparent metal oxide films based sensors for solar tracking applications,” *Compos. Part B Eng.*, C 92, S 151–159, 2016.
- [16] A. Tataroğlu, A. A. Al-Ghamdi, F. El-Tantawy, W. A. Farooq, and F. Yakuphanoglu, “Analysis of interface states of FeO-Al₂O₃ spinel composite film/p-Si diode by conductance technique,” *Appl. Phys. A*, C 122, no. 3, S. 220, 2016.
- [17] F. Yakuphanoglu, “Preparation of nanostructure Ni doped CdO thin films by sol gel spin coating method,” *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, C 59, no. 3, S 569–573, 2011.
- [18] A. Gencer Imer, “Investigation of Al doping concentration effect on the structural and optical properties of the nanostructured CdO thin film,” *Superlattices Microstruct.*, C 92, S 278–284, 2016.
- [19] S. Dugan, M. M. Koç, and B. Coşkun, “Structural, electrical and optical characterization of Mn doped CdO photodiodes,” *J. Mol. Struct.*, C 1205, p. 127235, 2019.
- [20] B. A. H. Ameen, A. Yildiz, W. A. Farooq, and F. Yakuphanoglu, “Solar Light Photodetectors Based on Nanocrystalline Zinc Oxide Cadmium Doped/p-Si Heterojunctions,” *Silicon*, C 11, no. 1, S 563–571, 2019.
- [21] S. H. Güler, M. Boyrazlı, Ö. Başgöz, and F. Yakuphanoglu, “The effects of nanoporous Fe₂O₃ synthesized via mechano-thermal process on electrical and optical properties of zinc oxide,” *Phys. B Condens. Matter*, C 547, S 120–126, 2018.
- [22] S. Rondiya, N. Wadnerkar, Y. Jadhav, S. Jadkar, S. Haram, and M. Kabir, “Structural, Electronic, and Optical Properties of Cu₂NiSnS₄: A Combined Experimental and Theoretical Study toward Photovoltaic Applications,” *Chem. Mater.*, C 29, no. 7, S 3133–3142, 2017.



- [23] F. Ozel, E. Aslan, B. Istanbulu, O. Akay, and I. Hatay Patir, “Photocatalytic hydrogen evolution based on Cu₂ZnSnS₄, Cu₂NiSnS₄ and Cu₂CoSnS₄ nanocrystals,” *Appl. Catal. B Environ.*, C 198, S 67–73, 2016.
- [24] J. Y. Chane-Ching, A. Gillorin, O. Zaberca, A. Balocchi, and X. Marie, “Highly-crystallized quaternary chalcopyrite nanocrystals via a high-temperature dissolution-reprecipitation route,” *Chem. Commun.*, C 47, no. 18, S 5229–5231, 2011.
- [25] F. Al-Hazmi and F. Yakuphanoglu, “Cu₂ZnSnS₄:graphene oxide nanocomposites based photoresponse devices,” *J. Alloys Compd.*, C 653, S 561–569, 2015.
- [26] M. M. K. Mustafa İlhan, “Infrared Sensing Properties of Quaternary Cu₂CoSnS₄ Photodetectors,” *J. Mater. Electron. DEVICES*, C 1, no. 1, S 19–24, 2020.
- [27] H. J. Chen, S. W. Fu, T. C. Tsai, and C. F. Shih, “Quaternary Cu₂NiSnS₄ thin films as a solar material prepared through electrodeposition,” *Mater. Lett.*, C 166, S 215–218, 2016.
- [28] M. Courel, J. A. Andrade-Arvizu, and O. Vigil-Galán, “Loss mechanisms influence on Cu₂ZnSnS₄/CdS-based thin film solar cell performance,” *Solid. State. Electron.*, C 111, S 243–250, 2015.
- [29] A. Rogalski, “Infrared detectors: An overview,” *Infrared Phys. Technol.*, C 43, no. 3–5, S 187–210, 2002.
- [30] E. Bilgilişoy, S. Özden, E. Bakali, M. Karakaya, and Y. Selamet, “Characterization of CdTe Growth on GaAs Using Different Etching Techniques,” *J. Electron. Mater.*, C 44, no. 9, S 3124–3133, 2015.
- [31] S. Özden and M. M. Koc, “Spectroscopic and microscopic investigation of MBE-grown CdTe (211)B epitaxial thin films on GaAs (211)B substrates,” *Appl. Nanosci.*, C 8, no. 4, S 891–903, 2018.
- [32] S. Özden and M. M. Koç, “Wet-chemical etching of GaAs(211)B wafers for controlling the surface properties,” *Int. J. Surf. Sci. Eng.*, C 13, no. 2/3, p. 79, 2019.
- [33] A. Turut, A. Karabulut, K. Ejderha, and N. Biyikli, “Capacitance-conductance-current-voltage characteristics of atomic layer deposited Au/Ti/Al₂O₃/n-GaAs MIS structures,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, C 39, S 400–407, 2015.

ON THE STABILITY OF A THIRD ORDER DIFFERENCE EQUATION

Erkan TAŞDEMİR^{1*}, Tülin ERDOĞAN TAŞDEMİR²

¹Pınarhisar Vocational School, Kırklareli University, 39300, Kırklareli Turkey

²Pınarhisar Anatolian High School, Ministry of National Education, 39300, Kırklareli Turkey

Abstract

In this paper, we are investigated the equilibrium points of difference equation $x_{n+1} = x_{n-1}x_{n-2} + A$, where A is a positive real number and the initial conditions are positive. We are also studied the local asymptotic stability of related difference equation. Particularly, we are examined the convergence of solutions of related equation.

Keywords: Difference equations, stability, convergence

ÜÇÜNCÜ DERECEDEDEN BİR FARK DENKLEMİNİN KARARLILIĞI ÜZERİNE

Öz

Bu çalışmada $x_{n+1} = x_{n-1}x_{n-2} + A$ fark denkleminin A pozitif bir reel sayı ve başlangıç koşulları pozitif iken denge noktaları incelendi. Ayrıca ilgili fark denkleminin lokal asimptotik kararlılığı çalışıldı. Özellikle ilgili denklemin çözümlerinin yakınsaklığı incelendi.

Anahtar Kelimeler: Fark denklemleri, kararlılık, yakınsaklık

Corresponding author: erkantademir@hotmail.com

1. Introduction and Preliminaries

On account of the fact that many mathematical models need to discrete variables, the difference equations known to be composed of discrete variables have been studied frequently by many mathematicians in recent years. Particularly, stability analysis and convergence of solutions of difference equations has been huge interest between researchers.

In [6], Kent et al investigated the boundedness of solutions, periodicity of solutions, and existence of unbounded solutions of following difference equation

$$x_{n+1} = x_n x_{n-1} - 1. \quad (1)$$

Additionally, in [10] Liu et al and in [19] Wang et al studied some properties of solutions of related difference equation.

In [2], Amleh et al handled the stability of solutions and existence of bounded solutions of difference equations

$$x_{n+1} = x_n x_{n-1} + \alpha. \quad (2)$$

Moreover, in [15], Taşdemir et al studied existence of periodic solutions of Eq.(2).

In [7], Kent et al investigated the periodicity of solutions, existence of bounded or unbounded of solutions and stability of solutions of difference equation

$$x_{n+1} = x_{n-1} x_{n-2} - 1.$$

In this paper we investigate the convergence of solutions of following difference equations

$$x_{n+1} = x_{n-1} x_{n-2} + A, \quad (3)$$

where A is a positive real number and the initial conditions are positive. We also investigate the local asymptotic stability of difference equation (3). Particularly, we examine the convergence of solutions of related equation.

Definition 1 A difference equation of order third is an equation of the form

$$x_{n+1} = f(x_n, x_{n-1}, x_{n-2}), \quad n = 0, 1, \dots \quad (4)$$

where f is a function that maps some set I^3 into I . The set I is usually an interval of real numbers, or a union of intervals, or a discrete set such as the set of integers $\mathbb{Z} = \{\dots, -1, 0, 1, \dots\}$.

A solution of Eq.(4) is a sequence $\{x_n\}_{n=-2}^{\infty}$ that satisfies Eq.(4) for all $n \geq 0$.

A solution of Eq.(4) that is constant for all $n \geq -2$ is called an *equilibrium solution* of Eq.(4). If

$$x_n = \bar{x}, \text{ for all } n \geq -2$$

is an equilibrium solution of Eq.(4), then \bar{x} is called an *equilibrium point*, or simply an *equilibrium* of Eq.(4).

Definition 2 (Linearized Equation) Suppose that the function f is continuously differentiable in some open neighborhood of an equilibrium point \bar{x} . Let

$$q_i = \frac{\partial f}{\partial u_i}(\bar{x}, \bar{x}, \dots, \bar{x}), \text{ for } i = 0, 1, \dots, k$$

denote the partial derivative of $f(u_0, u_1, \dots, u_k)$ with respect to u_i evaluated at the equilibrium point \bar{x} of Eq.(4).

The equation

$$z_{n+1} = q_0 z_n + q_1 z_{n-1} + \dots + q_k z_{n-k}, \quad k = 0, 1, \dots, \quad (5)$$

is called the linearized equation of Eq.(4) about the equilibrium point \bar{x} .

Definition 3 (Characteristic Equation) The equation

$$\lambda^{k+1} - q_0 \lambda^k - q_1 \lambda^{k-1} - \dots - q_{k-1} \lambda - q_k = 0 \quad (6)$$

is called the characteristic equation of Eq.(5) about \bar{x} .

Definition 4 (Stability) Let \bar{x} an equilibrium point of Eq.(4).

An equilibrium point \bar{x} of Eq.(4) is called *locally stable* if, for every $\varepsilon > 0$; there exists $\delta > 0$ such that if $\{x_n\}_{n=-2}^{\infty}$ is a solution of Eq.(4) with

$$|x_{-2} - \bar{x}| + |x_{-1} - \bar{x}| + |x_0 - \bar{x}| < \delta,$$

then

$$|x_n - \bar{x}| < \varepsilon, \text{ for all } n \geq -2.$$

An equilibrium point \bar{x} of Eq.(4) is called *locally asymptotically stable* if, it is locally stable, and if in addition there exists $\gamma > 0$ such that if $\{x_n\}_{n=-2}^{\infty}$ is a solution of Eq.(4) with

$$|x_{-2} - \bar{x}| + |x_{-1} - \bar{x}| + |x_0 - \bar{x}| < \gamma,$$

then we have

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \bar{x}.$$

An equilibrium point \bar{x} of Eq.(4) is called a *global attractor* if, for every solution $\{x_n\}_{n=-2}^{\infty}$ of Eq.(4), we have

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \bar{x}.$$

An equilibrium point \bar{x} of Eq.(4) is called *globally asymptotically stable* if it is locally stable, and a global attractor.

An equilibrium point \bar{x} of Eq.(4) is called *unstable* if it is not locally stable.

Theorem 5 (Clark Theorem see ([3], p.6)) Assume that q_0, q_1, \dots, q_k are real numbers such that

$$|q_0| + |q_1| + \dots + |q_k| < 1.$$

Then all roots of Eq.(6) lie inside the unit disk.

2. Main Results

Firstly, we find out the equilibrium points of Eq.(3). The next lemma gives the equilibrium points of related difference equation.

Lemma 6 Eq.(3) has two equilibrium points such that

$$\bar{x}_1 = \frac{1 + \sqrt{1 - 4A}}{2}, \quad (7)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1 - \sqrt{1 - 4A}}{2}. \quad (8)$$

Lemma 7 The equilibrium points of Eq.(3) have three conditions as follows:

- i. If $A < \frac{1}{4}$ then the equilibrium points \bar{x}_1 and \bar{x}_2 are both different and real numbers.
- ii. If $A = \frac{1}{4}$ then the equilibrium points \bar{x}_1 and \bar{x}_2 are equal and $\bar{x}_{1,2} = \frac{1}{2}$.
- iii. If $A > \frac{1}{4}$ then the equilibrium points \bar{x}_1 and \bar{x}_2 are complex numbers.

Now, we investigate the local stability analysis of real equilibrium points of Eq.(3). Firstly, we examine the linearized equation of Eq.(3) about equilibrium point \bar{x} .

Theorem 8 The linearized equation of Eq.(3) about equilibrium point \bar{x} is

$$z_{n+1} - \bar{x}z_{n-1} - \bar{x}z_{n-2} = 0. \quad (9)$$

Proof. We consider Eq.(4). Thus we have the following partial derivatives at the equilibrium point \bar{x} of Eq.(4):

$$q_0 = \frac{\partial f}{\partial x_n}(\bar{x}, \bar{x}, \bar{x}) = 0,$$
$$q_1 = \frac{\partial f}{\partial x_{n-1}}(\bar{x}, \bar{x}, \bar{x}) = \bar{x},$$
$$q_2 = \frac{\partial f}{\partial x_{n-2}}(\bar{x}, \bar{x}, \bar{x}) = \bar{x}.$$

Therefore we obtain the linearized equation of Eq.(3) about equilibrium point \bar{x} is $z_{n+1} - \bar{x}z_{n-1} - \bar{x}z_{n-2} = 0$ as desired.

Lemma 9 The characteristic equation of Eq.(9) about equilibrium point \bar{x} is

$$\lambda^3 - \bar{x}\lambda - \bar{x} = 0. \quad (10)$$

Note that the next theorem shows that the equilibrium point \bar{x}_1 of Eq.(3) is unstable.

Theorem 10 If $A < \frac{1}{4}$ then the equilibrium point $\bar{x}_1 = \frac{1 + \sqrt{1-4A}}{2}$ of Eq.(3) is unstable.

Proof. The characteristic equation of Eq.(9) about equilibrium point $\bar{x}_1 = \frac{1 + \sqrt{1-4A}}{2}$ is

$$\lambda^3 - \frac{1 + \sqrt{1-4A}}{2}\lambda - \frac{1 + \sqrt{1-4A}}{2} = 0.$$

Hence we have

$$2\lambda^3 - (1 + \sqrt{1-4A})\lambda - (1 + \sqrt{1-4A}) = 0.$$

We consider a polynomial such that

$$P(\lambda) = 2\lambda^3 - (1 + \sqrt{1-4A})\lambda - (1 + \sqrt{1-4A}).$$

Thus we obtain the followings:

$$P(1) = -2\sqrt{1-4A} < 0,$$

$$P(1 + \sqrt{1-4A}) > 0.$$

Therefore $P(1) < 0 < P(1 + \sqrt{1-4A})$ and we have $P(\lambda) = 0$ such that $1 < \lambda < 1 + \sqrt{1-4A}$. So, absolute value of at least one root of characteristic equation is greater than 1. Hence, equilibrium point $\bar{x}_1 = \frac{1 + \sqrt{1-4A}}{2}$ of Eq.(3) are unstable.

The following theorem shows that the equilibrium point \bar{x}_2 of Eq.(3) is locally asymptotically stable.

Theorem 11 Assume that $A < \frac{1}{4}$, then the equilibrium point $\bar{x}_2 = \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2}$ of Eq.(3) is locally asymptotically stable.

Proof. The characteristic equation of Eq.(9) about equilibrium point $\bar{x}_2 = \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2}$ is

$$\lambda^3 - \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2}\lambda - \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2} = 0.$$

Now we consider the Clark Theorem (see Theorem 5). According to this Theorem, if $|q_0| + |q_1| + \dots + |q_k| < 1$ then absolute values of all roots of the characteristic equation of Eq.(9) about equilibrium point \bar{x} is less than 1. Let $A < \frac{1}{4}$. Hence

$$|q_0| + |q_1| + |q_2| = |0| + \left| \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2} \right| + \left| \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2} \right| = |1-\sqrt{1-4A}|.$$

If $A < \frac{1}{4}$, then we obtain $0 < 1-\sqrt{1-4A} < 1$. So

$$|q_0| + |q_1| + |q_2| = |1-\sqrt{1-4A}| < 1.$$

According to Clark Theorem, the equilibrium point $\bar{x}_2 = \frac{1-\sqrt{1-4A}}{2}$ of Eq.(3) is locally asymptotically stable.

Lemma 12 Let A is a positive real number and the initial conditions are positive. Then $x_n \in (0, \infty)$ for all $n \geq -2$.

Lemma 13 Let $f \in C\left((0, \infty)^2 \rightarrow (0, \infty)\right)$ is a function such that $f(x, y) = xy + A$. If $\bar{x}_2 < x < \bar{x}_1$ then $f(x, x) < x$.

The following theorem shows that every solutions of Eq.(11) with $x_{-2}, x_{-1}, x_0 \in (\bar{x}_2, \bar{x}_1)$ converges to equilibrium point \bar{x}_2 .

Theorem 14 Assume that $A < \frac{1}{4}$ and $f \in C\left((0, \infty)^2 \rightarrow (0, \infty)\right)$ increases in both variables and that the difference equation

$$x_{n+1} = f(x_{n-1}, x_{n-2}), n = 0, 1, \dots \quad (11)$$

has two consecutive equilibrium points \bar{x}_1 and \bar{x}_2 with $\bar{x}_2 < \bar{x}_1$. If the initial conditions in (\bar{x}_2, \bar{x}_1) then every solutions $\{x_n\}_{n=-2}^{\infty}$ of Eq.(11) with $x_{-2}, x_{-1}, x_0 \in (\bar{x}_2, \bar{x}_1)$ converges to equilibrium point \bar{x}_2 .

Proof. Firstly we know from Lemma 13, $f(x, x) < x$, for $\bar{x}_2 < x < \bar{x}_1$. Then we choose a number t_0 such that $t_0 = \max\{x_{-2}, x_{-1}, x_0\}$ and let $\{t_n\}_{n=0}^{\infty}$ be the unique solution of the difference equation

$$t_{n+1} = f(t_n, t_n) = t_n^2 + A, n = 0, 1, \dots \quad (12)$$

with initial condition t_0 . Hence, we have from Eq.(11) and (12),

$$x_1 = f(x_{-1}, x_{-2}) \leq f(t_0, t_0) = t_1 < t_0,$$

$$x_2 = f(x_0, x_{-1}) \leq f(t_0, t_0) = t_1 < t_0,$$

$$x_3 = f(x_1, x_0) \leq f(t_0, t_0) = t_1 < t_0,$$

$$x_4 = f(x_2, x_1) \leq f(t_1, t_1) = t_2 < t_1 < t_0,$$

⋮

Therefore we obtain that

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x}_n \leq \lim_{n \rightarrow \infty} t_n.$$

Now we assume that $\lim_{n \rightarrow \infty} t_n = t$, then we have from (12), $t = \bar{x}_1$ or $t = \bar{x}_2$. Additionally we know that $\bar{x}_2 < \bar{x}_1$ and $\{t_n\}_{n=0}^{\infty}$ is a decreasing sequence. So, t_n converges to \bar{x}_2 as desired.

Theorem 15 If $A = \frac{1}{4}$ then the equilibrium point $\bar{x} = \frac{1}{2}$ of Eq.(3) is unstable.

Proof. Now we consider the characteristic equation of Eq.(9) about equilibrium point $\bar{x} = \frac{1}{2}$. Thus we have

$$\lambda^3 - \frac{1}{2}\lambda - \frac{1}{2} = 0. \quad (13)$$

Therefore we obtain the three roots of characteristic equation (13) as follows:

$$\lambda_1 = 1, \lambda_{2,3} = \frac{1+i}{2}.$$

Hence, we get $|\lambda_{2,3}| < 1 = |\lambda_1|$. So, equilibrium point $\bar{x} = \frac{1}{2}$ of Eq.(3) is unstable.

Example 16 Let $A = 0.2$ and the initial values $x_{-2} = 0.71$, $x_{-1} = 0.65$ and $x_0 = 0.68$. Then, every solutions of Eq.(3) converges to equilibrium point $\bar{x}_2 = 0.27639$. The following figure shows the first 100 terms of Eq.(3) and verifies to results of Theorem 14.

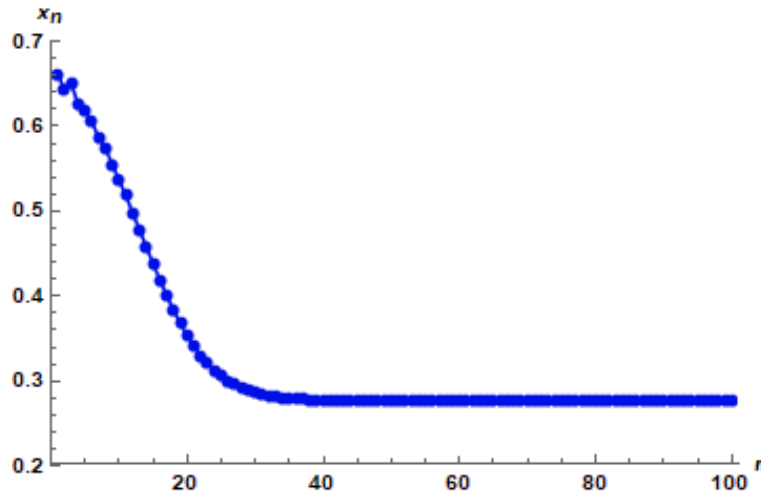


Figure 1 Plot of Eq.(3).

3. Conclusion

In this paper, we examine the equilibrium points of Eq.(3). We also find out that if $A < \frac{1}{4}$, then the equilibrium point \bar{x}_1 of Eq.(3) is unstable. Moreover, we reveal that if $A < \frac{1}{4}$, then the equilibrium point \bar{x}_2 of Eq.(3) is locally asymptotically stable and every solutions of Eq.(11) with $x_{-2}, x_{-1}, x_0 \in (\bar{x}_2, \bar{x}_1)$ converges to equilibrium point \bar{x}_2 . Additionally, we obtain that if $A = \frac{1}{4}$ then the equilibrium point $\bar{x} = \frac{1}{2}$ of Eq.(3) is unstable. Finally we give an example for verifies to our results.

REFERENCES

- [1] Agarwal, R. P. and Wong, P. J., Advanced topics in difference equations (Vol. 404), Springer Science & Business Media, 2013.
- [2] Amleh, A. M., Camouzis, E. and Ladas, G., On the Dynamics of a Rational Difference Equation Part 1, Int. J. Difference Equ., vol. 3, no. 1, pp. 1-35, 2008.
- [3] Camouzis, E. and Ladas, G., Dynamics of third order rational difference equations with open problems and conjectures, volume 5 of Advances in Discrete Mathematics and Applications, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2008.
- [4] Elaydi, S., An Introduction to Difference Equations, Springer-Verlag, New York, 1996.



- [5] Kent, C. M. and Kosmala, W., On the Nature of Solutions of the Difference Equation $x_{n+1} = x_n x_{n-3} - 1$, International Journal of Nonlinear Analysis and Applications, vol. 2, no. 2, pp. 24-43, 2011.
- [6] Kent, C. M., Kosmala, W., Radin, M. A. and Stevic, S., Solutions of the difference equation $x_{n+1} = x_n x_{n-1} - 1$, Abstr. Appl. Anal., vol. 2010, pp. 1-13, 2010.
- [7] Kent, C. M., Kosmala, W. and Stevic, S., Long-term behavior of solutions of the difference equation $x_{n+1} = x_{n-1} x_{n-2} - 1$, Abstr. Appl. Anal., vol. 2010, pp. 1-17, 2010.
- [8] Kent, C. M., Kosmala, W. and Stevic, S., On the difference equation $x_{n+1} = x_n x_{n-2} - 1$, Abstr. Appl. Anal., vol. 2011, pp. 1-15, 2011.
- [9] Kulenovic, M. R. S. and Ladas, G., Dynamics of second order rational difference equations with Open Problems and Conjectures, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2002.
- [10] Liu, K., Li, P., Han, F. and Zhong, W., Behavior of the Difference Equations $x_{n+1} = x_n x_{n-1} - 1$, J. Comput. Anal. Appl., vol. 22, no. 1, pp. 1361-1370, 2017.
- [11] Okumuş, İ., Soykan, Y., Dynamical behavior of a system of three-dimensional nonlinear difference equations, Adv. Difference Equ., vol. 2018, no. 224, pp. 1-15, 2018.
- [12] Stevic, S. and Iričanin, B., Unbounded solutions of the difference equation $x_{n+1} = x_{n-1} x_{n-k} - 1$, Abstr. Appl. Anal., vol. 2011, pp. 1-8, 2011.
- [13] Taşdemir, E., On the Asymptotically Periodic Solutions of A Fifth Order Difference Equation, J. Math. Anal. vol. 10, no. 3, pp. 100-111, 2019.
- [14] Taşdemir, E., On The Dynamics of a Nonlinear Difference Equation, Adıyaman University Journal of Science, vol. 9, no. 1, pp. 190-201, 2019.
- [15] Taşdemir, E. and Soykan, Y., On the Periodicities of the Difference Equation $x_{n+1} = x_n x_{n-1} + \alpha$, Karaelmas Science and Engineering Journal, vol. 6, no. 2, pp. 329-333, 2016.
- [16] Taşdemir, E. and Soykan, Y., Long-Term Behavior of Solutions of the Non-Linear Difference Equation $x_{n+1} = x_{n-1} x_{n-3} - 1$, Gen. Math. Notes, vol. 38, no. 1, pp. 13-31, 2017.
- [17] Taşdemir, E. and Soykan, Y., Stability of Negative Equilibrium of a Non-Linear Difference Equation, J. Math. Sci. Adv. Appl., vol. 49, no. 1, pp. 51-57, 2018.
- [18] Taşdemir, E. and Soykan, Y., Dynamical Analysis of a Non-Linear Difference Equation, J. Comput. Anal. Appl., vol. 26, no. 2, pp. 288-301, 2019.



[19] Wang, Y., Luo, Y., Lu, Z., Convergence of solutions of $x_{n+1} = x_n x_{n-1} - 1$, Appl. Math. E-Notes, vol. 12, pp. 153-157, 2012.

INVESTIGATION OF Pb AND Ni LEVELS IN SUNFLOWER PLANT AGRICULTURE TWO DIFFERENT pH ENVIRONMENTS

Cihan Torlak¹, Cemile OZCAN^{2*}

^{1,2}Department of Chemistry, Science and Art Faculty, Kırklareli University, Kırklareli, Turkey

Abstract

In this study, in the soil samples collected from farmland with two different pH environments located in Kırklareli Province, heavy metals (Pb and Ni) were aimed to investigate the relationship. The working pH values are took in 3 different periods (after the formation of the plant, week of 1 and 6, harvest time) from the farm land in the town of Kırklareli and Kavaklı. In order to determine the concentration of Pb and Ni metals, the reading process was performed by the Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS). The concentrations of Pb and Ni metals in soils in the first region were 36.3-43.7 mg/kg and 12.6-14.9 mg/kg, in the second region soil concentrations were 11.7-17.1 mg/kg, 0.09-0.24 mg/kg, 3.12-4.353 mg/kg, 7.89-11.2 mg/kg, 56.3-9.54 mg/kg, respectively. The concentrations of Pb and Ni metals in first region plant components were 1.93-12.1 mg/kg, and 0.56-11.8 mg/kg, the second region was 6.92-14.8 mg/kg and 0.58-9.37 mg/kg, respectively. The relative standard deviation (RSD) was found to be less than 10%. The RSD of analysis of samples have satisfying precision.

Keywords: FAAS, heavy metal, soil, sunflower.

AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ TARIMINDA İKİ FARKLI pH ORTAMINDA Pb ve Ni DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Öz

Bu çalışmada Kırklareli İlinde bulunan iki farklı pH ortamına sahip tarım arazilerinden toplanan toprak örneklerinde ağır metallerin (Pb ve Ni) ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kırklareli ve Kavaklı ilçesindeki çiftlik arazisinden çalışma pH değerleri 3 farklı dönemde (bitkinin oluşumundan sonra 1. ve 6. hafta, hasat zamanı) bitki örnekleri alındı. Pb ve Ni metallerinin konsantrasyonunu belirlemek için tayin işlemi Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (FAAS) ile gerçekleştirildi. Birinci bölgedeki topraklardaki Pb ve Ni metal konsantrasyonları 36.3-43.7 mg / kg ve 12.6-14.9 mg / kg, ikinci bölgede ise sırasıyla 11.7-17.1 mg/kg, 0.09-0.24 mg/kg, 3.12-4.353 mg/kg, 7.89-11.2 mg/kg, 56.3-9.54 mg/kg bulundu. Birinci bölge bitki bileşenlerindeki Pb ve Ni metal konsantrasyonları sırasıyla 1.93-12.1 mg / kg ve 0.56-11.8 mg / kg, ikinci bölge ise sırasıyla 6.92-14.8 mg / kg ve 0.58-9.37 mg / kg idi. Bağlı standart sapmanın (RSD) % 10'dan az bulundu. Numunelerin analizinin RSD'si tatmin edici bir hassasiyete sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: FAAS, ağır metal, toprak, ayçiçeği.

Corresponding author: cemilebal.ozcan@klu.edu.tr

INTRODUCTION

In the world, there has been a great progress in the industrial and industrial fields with the technology to meet the basic needs of the people [1-3]. As a result of this progression, it should not be ignored that pollution poses a serious problem to the environment, and that pollution, especially to the agricultural land, air layer and the water resources used for irrigation purposes, cause serious damage. In this context, there is a significant decrease or extinction of living species and basic food products. The most important environmental problem in the world is heavy metal pollution. Heavy metals are an important area for the most widely used and monitored pollutants due to their common uses [3-9].

Lead (Pb) is the metal that causes the most damage to our environment with human activities. Pb is one of the most important heavy metals emitted as a metal or organo-metallic compound into the atmosphere and creates ecological pollution due to its toxic properties [7-13]. It was revealed that the nickel (Ni) was a nutritional element needed for the growth and development of plants since 1987 [14, 15]. The need for nickel in plants is necessary in the germination period of the seed. In addition, nickel is a metal part of urease enzyme and many hydrogenase enzymes, which is a catalase enzyme that converts urea to ammonium and carbon dioxide [14-16].

Helianthus annuus L. (sunflower) is one of the most important oil plants produced and used today. Sunflower oil is among the most preferred vegetable oils in terms of food quality [8, 17-20]. For this reason, sunflower cultivation is also very common in the world. One of the factors affecting the transition of the necessary nutrients to the plant in plant development is undoubtedly the pH of the soil. As shown by the tolerance of the specific pH range of each plant, the sunflower plant can maintain its growth within the pH range of 6.0-7.2 [1, 21]. In addition to the upper or lower values of these limits, there is a decrease in plant growth, decline and decrease in product efficiency. In recent years, various breeding studies have been carried out to take control of weed in sunflower.

In this study, the sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown or grown in two different pH environments in Kırklareli province, the possible residual contents of the soil and its components (root, leaf, stem and seed) grown in sunflower plants, possibly possible Pb and Ni metal levels are aimed to determine the relationship between.

MATERIAL AND METHOD

Study Area

This study was carried out in the farmland and the farmland in the Kavaklı District, which is located 10 km west of the province and in the agricultural land connected to the Atatürk Soil Water and Agricultural Metrology Research Institute, 4 km west of the city of Kırklareli on the Thrace side of the Marmara Region.

Sample Collection

In this study, soil and sunflower-parts (root, stem, leaf, head and seed) samples which taken from TUBITAK-113Y529 project were used. These samples were two different pH values in Kırklareli Merkez (7.28) and Kavaklı (4.95). The periods in which the samples were taken and the plant components taken were shown in Table 1.

Table 1: Sample sampling planning and collection times.

Sampling Time	Sunflower plant components and growing soil					
	Soil	Root	Body	Leaf	Head	Seed
1 st Sowing period (week 1)	+	+	+	+	-	-
2 nd Plant development period (6th week)	+	+	+	+	+	-
3 rd Harvest period	+	+	+	+	+	+

The first location (Kırklareli City Center), Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute, in the soil of the trial agricultural land has a clay soil structure and a neutral pH. As the second location, land information of Kavaklı agricultural land, in the soil structure is sand and has the property of acidity pH.

Sample Preparation

Samples collected from specified points were brought to the laboratory and the sunflower plant was washed with tap water, then 3 times with pure water and then dried at 40 °C in the oven. The dried plant samples were ground by a titanium-coated blender and prepared for weighing. Soil samples were also dried at room temperature and passed through a 450 mesh sieve.

Dissolution process in the microwave

For heavy metal analysis of the samples, CEM-MARS 6 brand microwave was used during the solubilization process. Optimization studies were conducted for the appropriate solubilization process. Power and temperature scans were performed for the most suitable dissolution for plant and soil samples (Table 2 and Table 3). The fourth method was chosen as the most suitable solubilization method for the plants and the third method was chosen for the soil.

Table 2: Microwave dissolution process optimization studies for plants.

Method	Power (W)	Time (min)	First temperature (°C)	Last temperature (°C)	Time to hold (min)	Total time (min)
1	450	20	100	220	5	40
2	450	20	100	180	5	40
3	550	20	100	150	5	40
4	600	20	100	180	5	40
5	600	20	100	200	5	40
6	600	20	100	220	5	40

Table 3: Microwave dissolution process optimization studies for soil.

Method	Power (W)	Time (min)	First temperature (°C)	Last temperature (°C)	Time to hold (min)	Total time (min)
1	600	20	100	180	5	40
2	600	20	100	200	5	40
3	600	20	100	220	5	40

Samples of plant components for microwave solubilization were weighed in an analytical precision balance of 0.5 g and transferred to 75 mL of teflon flasks. 1 mL of 35% H₂O₂ (Merck) and 9 mL of 65% concentrated HNO₃ (Merck) were added to the vessels and digested (Table 2 fourth method) in the microwave, respectively. The dissolved samples were then taken to the falcon tubes and centrifuged at 15 °C at 5000 rpm for 7 minutes. The decanted supernatant was evaporated in a water bath at 40-45 °C until 2-3 mL remained and was completed with ultrapure water to a final volume of 50 mL. Soluble samples were prepared for reading by FAAS.

Samples of soil components for microwave solubilization were weighed in an analytical precision balance of 0.5 g and transferred to teflon flasks. 1 mL of 35% H₂O₂ (Merck) and 9 mL of 65%

concentrated HNO₃ (Merck) and 3 mL of %37 HCl were added to the vessels and digested (Table 3 third method) in the microwave, respectively. As in the plant sample, the soil samples were prepared for reading with same method by FAAS.

The same methods were made to blind samples and blind absorbance values were calculated by subtracting the actual values from the absorbance values.

Preparation of standard solutions and reagents

For standard solutions of metals, 1000 mg/L NIST standard stock solutions were used. The standards of the metals for Pb and Ni to be analyzed were prepared for the appropriate working range of 0.025–2 mg/kg. Standard solutions were prepared by dissolving with 1 M HNO₃.

Agilent 240 AA Duo model flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS) was used for metal analyzes. Device parameters for metal analysis were given in Table 4.

Table 4: Parameters related to FAAS for metals.

	Wavelength (nm)	Lamp Current (mA)	Slit Width (nm)	Used Flame
Pb	217.0	10.0	0.2	Air/Acetylene
Ni	352.5	4.0		

The solutions of 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 and 2 mg/kg prepared from standards of Pb and Ni were read in FAAS and RSD (relative standard deviation) (%) values were determined in the range of 0.5–9.8 and 0.2–1.9, respectively. The linear equation and the correlation coefficient value for the Pb and Ni, respectively obtained; $y = 0.126x - 0.003$, $R^2 = 0.9993$ and $y = 0.1536x + 0.0005$; $R^2 = 0.9998$. The RSD of analysis of samples have satisfying precision.

RESULTS

The heavy metal contents of samples, which sunflower plant and soil were collected of the samples taken from 3 different periods in two different pH environments in Kırklareli, were determined by FAAS. The obtained results were compared with the national and international quality control standard limit values such as Turkish Food Codex and WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization) [19, 22, 23]. The heavy metal concentration

results which belonging to two different agricultural lands are given of soil samples and of the root and body part, leaf, head and seed samples of the sunflower plant, in Table 5.

Table 5: The amount of Pb and Ni in the soil where sunflower plants grow and the parts of sunflower plant (mg/kg, n=6).

	Samples	Pb	Ni
Kavaklı Location	Soil 1	11,7 ± 1,21	5,63 ± 0,27
	Soil 2	15,2 ± 1,12	7,41 ± 0,34
	Soil 3	17,1 ± 0,97	9,54 ± 0,07
	Root 1	12,5 ± 1,17	0,58 ± 0,01
	Root 2	ND	4,96 ± 0,32
	Root 3	ND	2,31 ± 0,11
	Body 1	12,6 ± 1,91	3,47 ± 0,12
	Body 2	6,91 ± 1,36	3,85 ± 0,4
	Body 3	ND	1,59 ± 0,3
	Leaf 1	14,8 ± 1,31	3,4 ± 0,15
	Leaf 2	12,8 ± 1,31	4,52 ± 0,25
	Leaf 3	9,07 ± 0,33	7,15 ± 0,38
	Head 2	8,82 ± 1,24	7,06 ± 0,16
	Head 3	ND	4,47 ± 0,31
	Seed 3	ND	9,37 ± 0,17
Kırlareli Location	Soil 1	39,2 ± 3,95	13,1 ± 0,36
	Soil 2	43,7 ± 0,68	12,6 ± 0,7
	Soil 3	36,3 ± 0,75	14,9 ± 0,33
	Root 1	ND	0,56 ± 0,02
	Root 2	8,67 ± 1,22	1,06 ± 0,15
	Root 3	8,61 ± 1,31	4,78 ± 0,02
	Body 1	ND	3,2 ± 0,29
	Body 2	ND	ND
	Body 3	ND	2,28 ± 0,28
	Leaf 1	1,93 ± 0,08	1,06 ± 0,18
	Leaf 2	3,71 ± 0,34	3,23 ± 0,17
	Leaf 3	10,5 ± 1,25	7,91 ± 0,06
Head 2	ND	ND	
Head 3	5,83 ± 0,07	2,91 ± 0,24	
Seed 3	ND	1,45 ± 0,14	

ND: Not detection.

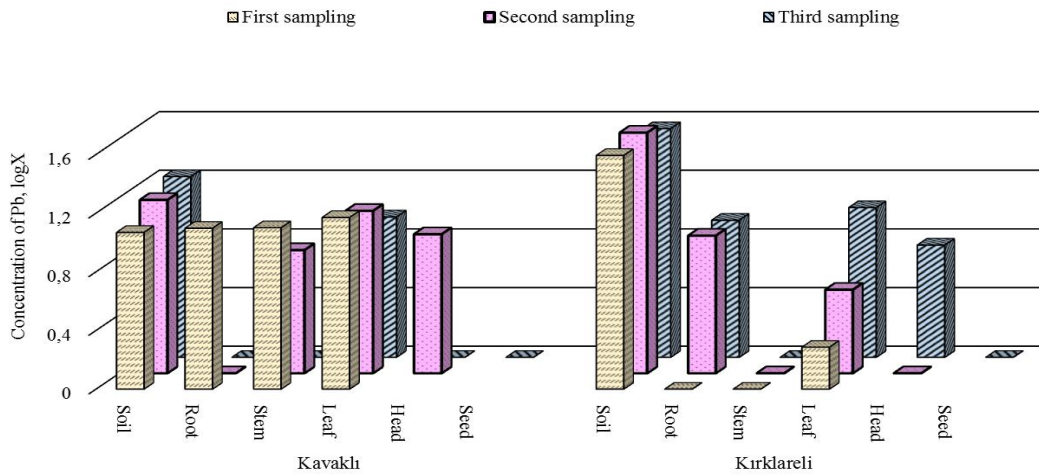


Figure 1: The distribution of Pb concentration in the sunflower plants of Kırklareli and Kavaklı.

According to the results of the graphical analysis, the Pb concentrations in the soil and plant parts of Kırklareli and Kavaklı locations were found to be amongst 1.93-39.2 mg/kg and 6.91-17.1 mg/kg, respectively (Figure 1). The Pb concentrations in two locations were exceeded the permissible limit values. When the addition 1 and addition 2 are examined, it is seen that the transfer factor of the lead in the Kırklareli and Kavaklı locations increases towards the soil from the plant components.

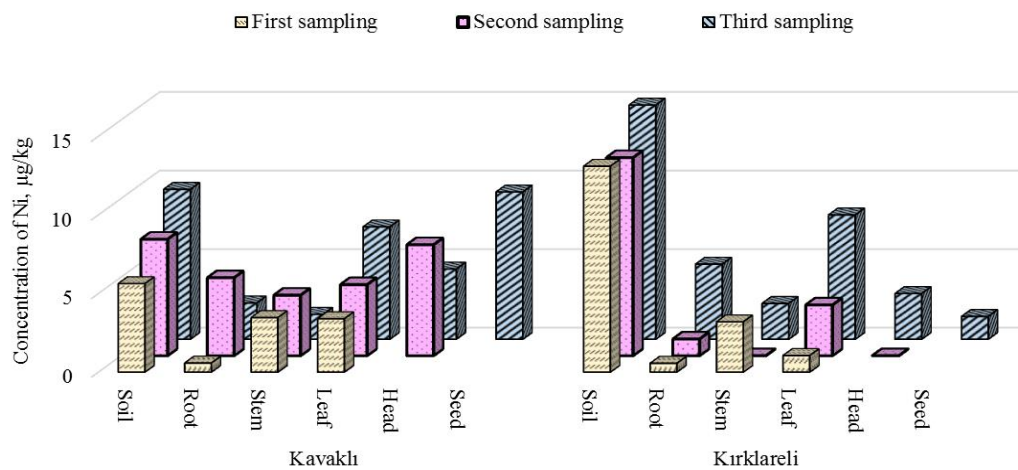


Figure 2: The distribution of nickel concentration in parts of sunflower plants from Kırklareli and Kavaklı location.

When the graphs obtained from the Ni contents were examined, the Ni concentrations in the soil and plant components in Kırklareli and Kavaklı locations were determined as 0.56-14.9 mg/kg and 0.58-9.54 mg/kg, respectively (Figure 2). Ni concentrations in Kırklareli and Kavaklı locations are transferred from soil to plant components (Transfer factor addition 1 and 2). Moreover, Ni concentrations in two locations were determined to be within the limit values.

The comprises a group of technics in which plants absorb heavy metals, including lead, through their roots and relocate them to harvestable parts of the plant, such as stems, shoots, and leaves, being called of plants [1, 12]. Therefore, the correlation between sunflower grown in Kırklareli and Kavaklı and its environment was examined. Positive correlation (0.80 and above) in soil and stem and negative correlation (= 0.98 and above) in root and leaf were determined for Pb and Ni in Kavaklı. Negative correlation in soil and stem, positive correlation (= 0.59 and above) in root and leaf were determined for Pb and Ni in Kırklareli. No correlation was determined in the head and seed.

CONCLUSION

At the end of the study, three different periods (first week, sixth week and harvest period) were performed in the Kırklareli city center and Kavaklı town. Transitions of plant components of soil elements can be evaluated by means of transfer factor. It is known that some elements accumulate in their components as a result of accumulation within the body by absorbing the plants depending on the environmental factors that are not present in the soil structure. At the beginning of the elements that adhere to the tissues of the plants with environmental impact, lead and cadmium are the most common.

In the study, the results of metal analysis did not exceed the limit values determined by Turkish Food Codex and WHO/FAO except lead. The most important factors in the dissemination of heavy metals to the environment are industrial works, motor vehicle exhausts, mining operations and fertilizers used in agriculture. The Pb concentrations in the soil and plant samples of Kırklareli location were found between 36.3-43.7 mg/kg and 1.93-12.1 mg/kg. The Pb concentrations in the soil and plant samples of Kavaklı town were found to be between 11.7-17.1 mg/kg and 6.92-14.8 mg/kg. Ni concentrations in the soil samples of Kırklareli and Kavaklı locations were determined

between 12.6-14.9 mg/kg and 5.63-9.54 mg/kg, while, plant parts were found between 0.56-11.8 mg / kg and 0.58-9.37 mg/kg, respectively.

As a result of metal analysis were investigated in contents of Pb and Ni. When soil and plant samples were compared according to European Union standard, Turkish Food Codex and WHO limit values, only, Pb concentrations were found to be above the limit values.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Kırklareli University Research Foundation for their support (KLUBAP/121).

REFERENCES



- [1] Sessitsch, A., Kuffner, M., Kidd, P., Vangronsveld, J., Wenzel, W.W., Fallmann, K., The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biol Biochem*, C 60, S 182-94, 2013.
- [2] Mendil, D., Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Soylak, M., Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry *J. Hazard. Mater.*, C 165, S 724–728, 2009.
- [3] Bakircioglu, D., Kurtulus, Y.B., İbar, H., Comparison of extraction procedures for assessing soil metal bioavailability of to wheat grains. *Clean–Soil, Air, Water*, C 39 (8), S 728-734, 2011.
- [4] Amin H, Arain BA, Jahangir TM, Abbasi MS, Amin F. Accumulation and distribution of lead (Pb) in plant tissues of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.): profitable phytoremediation with biofuel crops. *Geol Ecol Landscapes*, C 2, S 51-60, 2018.
- [5] Okçu, M., Tozlu, E., Kumlay, M., Pehlivan, M., Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Erzurum*. C 17 (B), S 14-26, 2009.
- [6] Azevedo, R. A. and Lea P.J., Toxic Metals in Plants, *Brasil Journal Plant Physiology*, 17-1, 2005.
- [7] Yörük, O., *Ergene Havzasında Yeriştirilen Ayçiçek Bitkisinde (Helianthus annuus L.) Bazı Eser Element İçeriklerinin ICP-OES ile Tayini* (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Edirne, 2008.
- [8] Mehmet Aycicek, Olcay Kaplan, Mehmet Yaman, Effect of Cadmium on Germination, Early Seedling Growth and Metal Contents of Sunflower (*Helianthus annus* L.), *Asian J. Chem*, 20(4), S 2663-2672, 2008.

- [9] Asri, F., Sönmez, S., Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü*, Antalya, 2006.
- [10] Pourrut B, Shahid M, Dumat C, Winterton P, Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants. Springer Verlag 213, S 113–36, 2012.
- [11] Zengin, F. ve Munzuroğlu K., Effects of lead (Pb²⁺) and Copper (Cu²⁺) on the growth of root, Shoot and Leaf of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings, Gazi University, Journal Of Science 17(3), S 1-10, 2004.
- [12] Ashraf U, Kanu AS, Mo Z, Hussain S, Anjum SA, Khan I., Lead toxicity in rice: effects, mechanisms, and mitigation strategies—a mini review. *Environ Sci Pollut Res*, 22, S 18318-32, 2015.
- [13] Brown, P., H., Welch, R., M., Cary, E., E. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol.* 85, S 801–803, 1987.
- [14] Gerendas, J., Polacco, J., C., Freyermuth, S., K., Sattelmacher, B., Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 162 (3), S 241–256, 1999.
- [15] Tokay, F., Bağdat, S. Extraction of nickel from edible oils with a complexing agent prior to determination by FAAS. *Food Chemistry*, 197, S 445-449, 2016.
- [16] Bakircioglu Kurtulus, Y., Bakircioglu, D., Babac A.C., Yurtsever, S., Topraksever, N., Extraction of Cu, Fe, Mn and Ni from Margarine Samples using Extraction Induced by Emulsion Breaking Procedure prior to Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry and Comparison of Results to Provisional Tolerable Daily Intake Values, *Journal of AOAC International*, 103(5), S 1256–1263, 2020.
- [17] Konyalı, S., Sunflower Production and Agricultural Policies In Turkey. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 6(4), S 11-19, 2017.
- [18] Anonim, 2002, Official Gazette, Ministry of Agriculture and Rural Affairs and Ministry of Health (2002) Turkish Food Codex Communique' on Determination of Maximum Levels of Specific Contaminants in Foodstuffs (Communique'No: 2002/63) 1–13. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/09/20020923.htm>. date of access: 18.09.2020.
- [19] Anonim 2016, TÜİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (web sayfası: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=kategorist>), alındığı tarihi: 04.09.2017.
- [20] USDA, (2016), United States Department of Agriculture Economic Research Service (USDA).



- [21] Bilen, S., Sezen, Y., Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Elementleri El Verişliliği Üzerine Etkisi. Atatürk Ü. Zir. Fak. Der., 24 (2), 156-166, Erzurum, Türkiye, 1993.
- [22] JECFA (1983) Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Twenty-seventh Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series 696, 52. <https://www.who.int/ipcs/publications/jecfa/reports/trs940.pdf>
- [23] FAO (1996) Trace Elements in Human Nutrition and Health. World Health Organization. <https://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/> date of access: 18.09.2020.

KIRKLARELİ TARIM ARAZİLERİNDEKİ AYÇİÇEĞİNDE RADYONÜKLİD TRANSFERİNİN BELİRLENMESİ

Selin ÖZDEN^{1*} ve Serpil AKÖZCAN²

^{1,2} Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Öz

Bu çalışmada, topraktan ayçiçeğine radyonüklid transferini araştırmak için Türkiye’de Kırklareli ilinde 20 farklı tarım arazisinde toprak ve ayçiçeği örneklemesi yapılmıştır. Toprak örneklerinde bulunan ⁴⁰K ve ayçiçeği örneklerinde bulunan ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları HPGe gama spektrometre sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Ayçiçeği örneklerinde bulunan ⁴⁰K radyonüklid aktivite konsantrasyonu 255,86±21,78 ile 426,51±29,42 Bq kg⁻¹ aralığında ölçülmüş, fakat ²²⁶Ra, ²³²Th ve ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları ihmal edilebilir seviyelerde bulunmuştur. ⁴⁰K radyonüklidinin topraktan ayçiçeğine transfer faktörleri hesaplanmış ve 0,34-1,17 aralığında bulunmuştur. Ayrıca, elde edilen ortalama transfer faktörü değeri Dünya’da yapılan diğer çalışmalarla kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Transfer Faktörü, Radyonüklid, ⁴⁰K, Ayçiçeği, Gama, Toprak

DETERMINATION OF RADIONUCLIDE TRANSFER IN SUNFLOWER ON AGRICULTURAL LANDS IN KIRKLARELİ

Abstract

In this study, soil and sunflower samples were collected in 20 different agricultural lands in Kırklareli province of Turkey in order to determine soil to sunflower radionuclide transfer. ⁴⁰K radionuclide activity concentrations in soil samples and ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ¹³⁷Cs radionuclide activity concentrations in sunflower samples were measured by high purity germanium (HPGe) gamma spectrometry. The activity concentration of ⁴⁰K ranged from 255.86±21.78 to 426.51±29.42 Bq kg⁻¹, but the activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ¹³⁷Cs were found as negligible levels for sunflower samples. Soil to sunflower transfer factors for ⁴⁰K was calculated and found to be in the range of 0.34-1.17. In addition, mean value of transfer factor compared with other studies around the world.

Key Words: Transfer Factor, Radionuclide, ⁴⁰K, Sunflower, Gamma, Soil

Sorumlu Yazar: Selin ÖZDEN, selinozden@klu.edu.tr

1. Giriş

Toprakta bulunan radyasyon kaynakları birkaç milyar yıl önceden beri yeryüzünde bulunmaktadır. Toprakta mevcut olan ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K gibi doğal radyonüklidler ile ^{238}U , ^{232}Th bozunum serisi ürünleri (^{226}Ra ve ^{222}Rn), nükleer kazalar ve nükleer silah denemeleri sonucunda serpinti yoluyla gelen ^{137}Cs gibi yapay radyonüklidler toprağın radyoaktif olmasına neden olmaktadır. Toprağın verimliliğini arttırmak için tarım arazilerinde kullanılan suni gübreler de topraktaki radyoaktiviteyi arttırmaktadır [1]. Doğal ve yapay radyonüklidler, besin zincirinde topraktan bitkiye ve bitkiden canlılara geçiş yolunu izlemektedir. Canlılar, doğal ve yapay radyonüklidlerin besin zinciri yoluyla transfer edilmesi sonucunda zarar görmektedir.

Bitkilere radyonüklid transferi, genellikle toprakta bulunan radyonüklidlerin bitki kök sistemine direkt geçişi ya da nükleer serpinti yoluyla yapraklarına geçişi ile olmaktadır [2]. Radyonüklidlerin topraktan bitkiye alımı Transfer Faktör (TF) ile karakterize edilmektedir. TF, birim kütlede bitki ve toprağın radyonüklid konsantrasyon oranı olarak tanımlanmaktadır [3, 4]. Radyonüklid toprak-bitki transferi toprak tipi, elektriksel iletkenlik, pH, toprak/sıvı dağılım katsayısı, toprağın bikarbonat miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir [5].

Ayçiçeği, yağlı tohumlar içinde yüksek yağ oranına sahip olması nedeniyle ülkemizde önemli miktarlarda yetiştirilmektedir. Dünya geneline bakıldığında 2016 verilerine göre ülkemizin ayçiçeği üretimindeki payı %3,53 olup, 7. sırada bulunmaktadır. Ülkemizde ağırlıklı olarak Edirne, Kırklareli, Tekirdağ ve Konya'da ayçiçeği yetiştiriciliği yapılmaktadır [6].

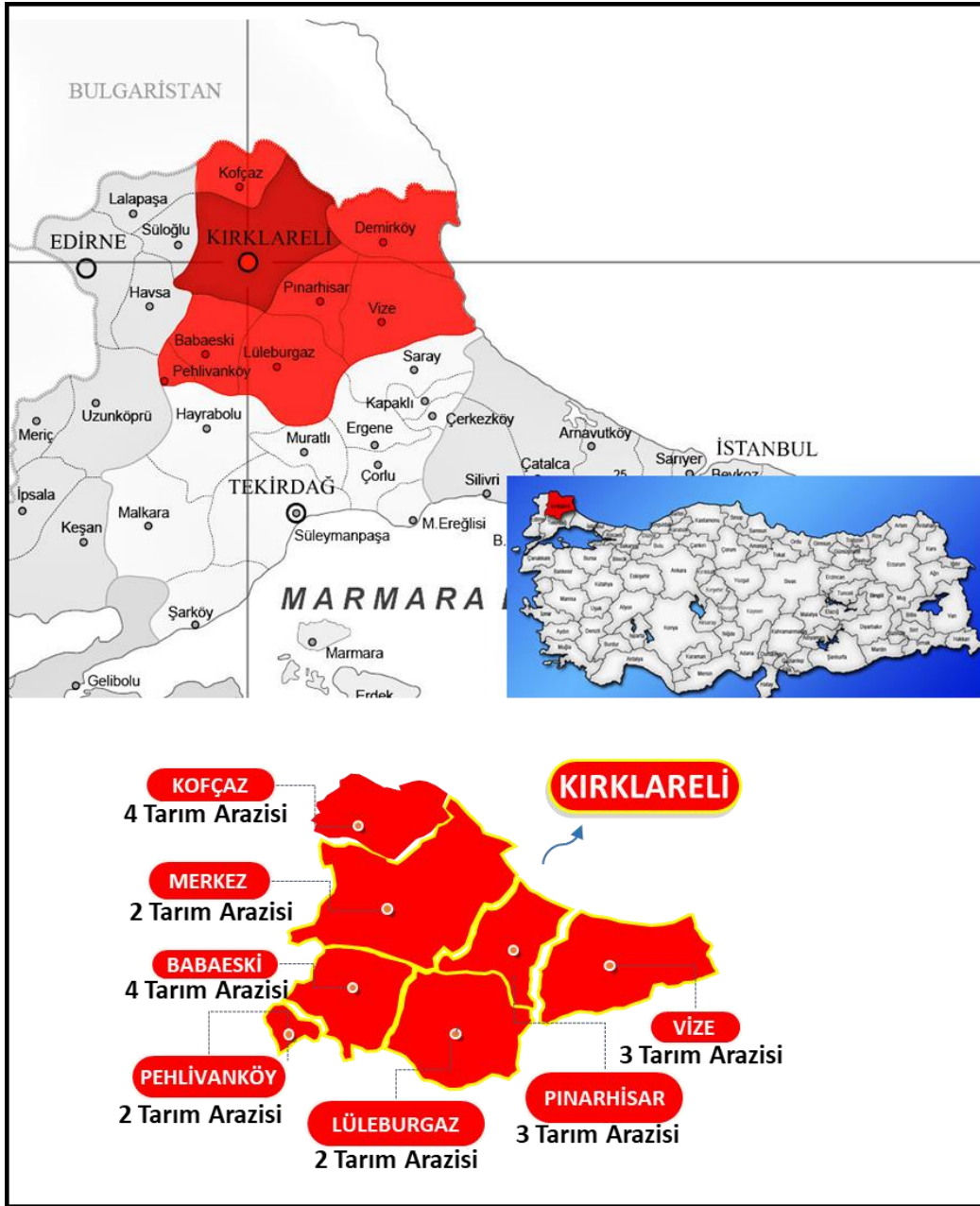
Bu çalışmada, Kırklareli ili merkezi ve ilçelerinde bulunan tarım arazilerinde toplanan toprak örneklerinde ^{40}K ve ayçiçeği örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları gama spektrometresi kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca, topraktan ayçiçeğine radyonüklid transfer faktörü hesaplanmış ve elde edilen ortalama transfer faktörü değeri Dünya'da yapılan diğer çalışmalarla kıyaslanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Örnekleme Bölgeleri

Çalışmada Kırklareli ili merkezi ve ilçelerinde bulunan toplamda 20 farklı tarım arazisinde toprak ve ayçiçeği örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan çalışma bölgesi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Kırklareli ili Merkez, Babaeski, Demirköy, Kofçaz, Lüleburgaz, Pehlivanköy, Pınarhisar ve Vize olmak üzere 7 ilçeye sahip, $41^{\circ}13'34''$ ve $42^{\circ}05'03''$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ}54'14''$ ve $28^{\circ}06'15''$ doğu boylamları arasında yer alan bir şehirdir. Marmara Bölgesi'nin Trakya kesiminde yer alan Kırklareli ilinde yetiştirilen en önemli ürünlerden biri ayçiçeği olup; bölge, Türkiye ayçiçeği üretimini (%61) büyük oranda karşılamaktadır [7].



Şekil 1. Çalışma Bölgesi.

2.2. Toprak ve Ayçiçeği Örneklerinin Alınması ve Sayıma Hazırlanması

Toprak örnekleri alınmış ve naylon poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen toprak örneklerinde bulunan yabancı cisimler ayıklanmış ve 105 oC’de etüvde 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra toprak örnekleri öğütülerek elekten geçirilmiş ve son olarak 250 mL hacmindeki hava almayan sayım kaplarına yerleştirilmiştir.

Ayçiçeği örnekleri ise tarım arazilerinde baş kısımları kesilerek toplanmış ve naylon poşetlere yerleştirilerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen ayçiçeği örnekleri ilk olarak oda koşullarında kurumaya bırakılmış ve sonrasında toprak örneklerinde olduğu gibi 105 °C’de etüvde 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından örneklerin çekirdek kısımları ve baş kısımları rondodan geçirilerek karıştırılmıştır. Örnekler son olarak 250 mL hacmindeki hava almayan sayım kaplarına yerleştirilmiştir. Toprak ve ayçiçeği örneklerinde bulunan radyonüklidlerin radyoaktif dengeye ulaşması için sayım kaplarında 4-5 hafta süresince beklemeye alınmıştır.

2.3. Gama Spektrometrik Analiz Sistemi

Çalışmada topraktan ayçiçeğine deki ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th ve ^{137}Cs radyonüklid transfer faktörlerini belirlemek için Kırklareli Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan % 70 relatif verime sahip Ortec GEM 70P4-95 model yüksek saflıkta germanyum HPGe dedektörlü gama-ışını spektrometresi kullanılmıştır. ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu ^{214}Pb (351,9 keV) ve ^{214}Bi (609,3 keV) gama ışınları, ^{40}K aktivite konsantrasyonu 1460,8 keV değerindeki gama piki, ^{232}Th aktivite konsantrasyonu ^{228}Ac (911,2 keV) ve ^{208}Tl (583,1 keV) gama ışınları, ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu ise 661,7 keV değerindeki gama piki kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada her toprak ve ayçiçeği örneği ile arka plan 160000 saniye sayılmıştır.

2.4. Aktivite Konsantrasyonunun Hesaplanması

Kırklareli ili ve ilçelerindeki tarım arazilerinden toplanan toprak ve ayçiçeği örneklerinde bulunan radyonüklid aktivite konsantrasyonu değerleri Bq kg⁻¹ (kuru ağırlık) biriminde aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$A = \frac{N_{net}}{\varepsilon.t.I.m}$$

Burada A , N_{net} , ϵ , t , m ve I sırasıyla; aktivite ($Bq\ kg^{-1}$), net pik alanı, dedektör verimi, sayım süresi, örnek kütlesi (kg) ve gama enerjisinin yayınlanma olasılığıdır [8].

2.5. Transfer Faktörünün Hesaplanması

Topraktaki mevcut radyonüklidlerin bitki metabolizmasına geçiş oranını transfer faktörü (TF) vermektedir. Çalışmada TF değerleri ayçiçeğindeki ve topraktaki radyonüklid aktivite konsantrasyonları kullanılarak aşağıda verilen denklemlerle hesaplanmıştır:

$$TF = \frac{A_A}{A_T}$$

Burada A_A ayçiçeğinde bulunan radyonüklidin $Bq\ kg^{-1}$ biriminde aktivite konsantrasyonu ve A_T toprakta bulunan radyonüklidin $Bq\ kg^{-1}$ biriminde aktivite konsantrasyonudur [9].

3. Sonuçlar

3.1. Ayçiçeği Örneklerindeki ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs Dağılımı

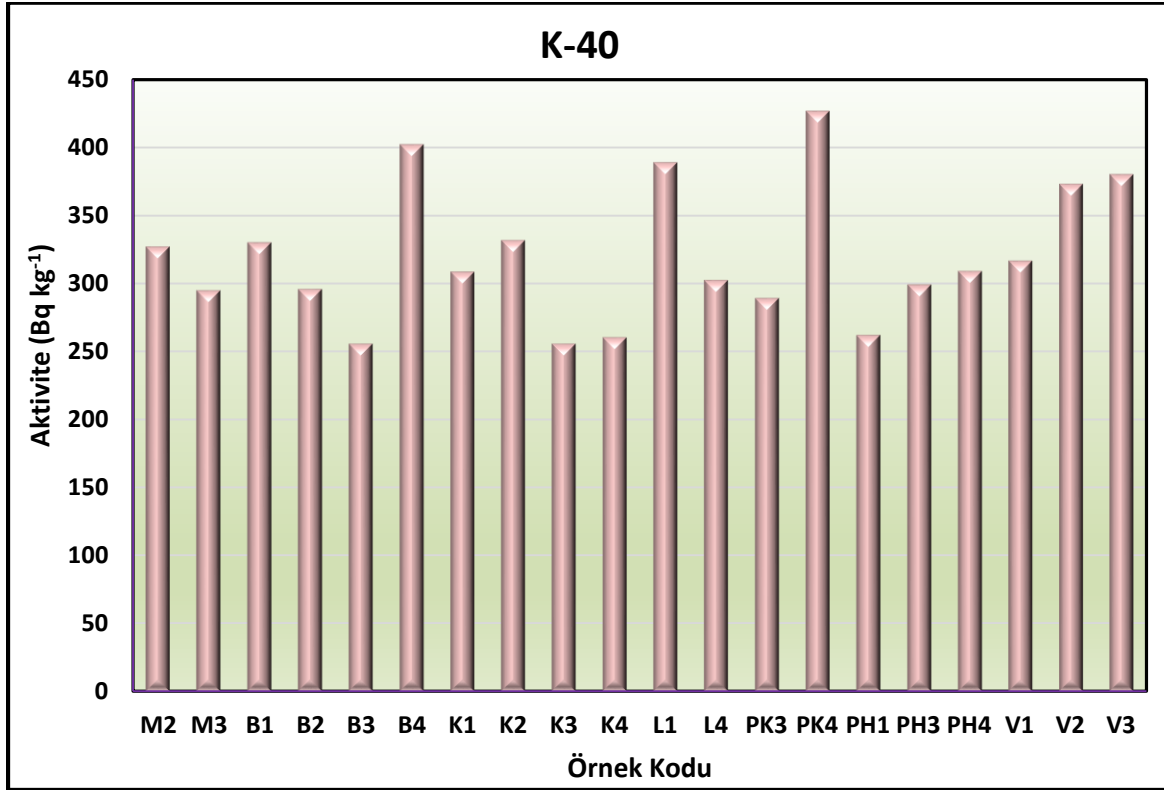
Kırklareli ili ve ilçelerinde 20 farklı tarım arazisinden alınan ayçiçeği örnekleri için ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayçiçeği örneklerindeki radyonüklid aktivite konsantrasyonları Tablo 1’de verilmiştir. Bitkide ve gıda ürünlerinde bulunan radyoaktivite toprak, su ve hava yoluyla direkt ve dolaylı olarak aktarılmaktadır. Bitki ve toprak örneklerindeki radyonüklid oranları radyonüklidin fiziko-kimyasal yapısı, bitki türleri ve bitkideki içsel translokasyon mekanizması, toprak karakteristiği, tarım arazilerinde kullanılan gübreler ve tarımsal kimyasallar, organik maddeler, radyonüklidlerin topraktaki dağılımı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [10].

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında; ayçiçeği örneklerindeki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{137}Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları ihmal edilebilir düzeydedir. ^{40}K aktivite konsantrasyonu ise $255,86 \pm 21,78\ Bq\ kg^{-1}$ ile $426,51 \pm 29,42\ Bq\ kg^{-1}$ aralığında değişmektedir. En yüksek ^{40}K radyonüklid aktivite konsantrasyonu Pehlivan köyü (PK4 kodlu örnek) ilçesinden alınan ayçiçeği örneğinde hesaplanmış ve en düşük aktivite konsantrasyonu ise Babaeski (B3 kodlu örnek) ilçesinden alınan ayçiçeği örneğinde bulunmuştur. Tarım arazilerindeki verimliliği arttırmak için uygulanan gübreleme işlemlerinin ayçiçeği örneklerindeki ^{40}K radyonüklid aktivite konsantrasyonunu arttırdığı düşünülmektedir.

Tablo 1. Ayçiçeği örneklerinin radyonüklid aktivite konsantrasyonları (Bq kg⁻¹).

Örnekleme Noktası	Örnek Kodu	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
2	M2	<1,62*	<1,40*	327,07±12,72	<0,15*
3	M3	<2,73*	3,76±4,17	294,98±21,82	0,36±0,68
5	B1	<2,90*	<2,30*	330,15±20,95	0,78±0,77
6	B2	<1,75*	<1,41*	296,07±14,47	<0,11*
7	B3	<2,83*	<2,36*	255,86±21,78	<0,21*
8	B4	<2,32*	<2,04*	401,91±16,98	<0,11*
9	K1	17,19±12,31	<3,14*	308,68±25,72	<0,27*
10	K2	<3,21*	<2,44*	331,84±22,13	<0,28*
11	K3	<2,19*	<1,75*	255,90±14,75	0,40±0,58
12	K4	<1,98*	<1,77*	260,63±16,61	<0,20*
13	L1	<2,77*	<2,26*	388,70±18,61	<0,23*
16	L4	<4,03*	<3,36*	302,46±28,68	<0,30*
19	PK3	<2,01*	<1,77*	289,47±14,68	<0,19*
20	PK4	<3,29*	<2,27*	426,51±29,42	<0,36*
21	PH1	<2,93*	<2,11*	262,31±21,48	<0,25*
23	PH3	<2,82*	<2,39*	299,28±21,21	<0,20*
24	PH4	<1,29*	<0,97*	309,13±10,61	<0,11*
25	V1	<2,18*	<1,69*	316,59±15,40	<0,18*
26	V2	<1,76*	<1,39*	373,08±13,04	<0,15*
27	V3	<4,87*	<3,70*	380,01±33,33	1,98±1,79
Minimum	-	<1,29*	<0,97*	255,86±21,78	<0,11*
Maximum	-	17,19±12,31	3,76±4,17	426,51±29,42	1,98±1,79
Ortalama	-	-	-	320,53±19,72	-

*MDA: Minimum dedekte edilebilir aktivite



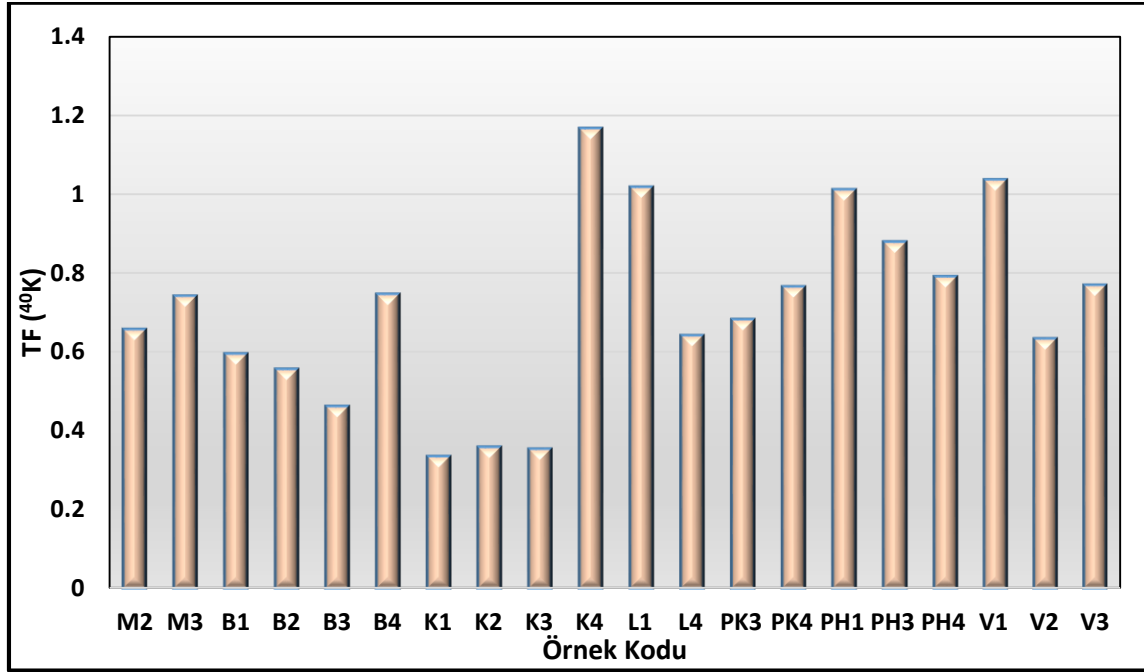
Şekil 2. Ayçiçeği örneklerinin ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları.

3.2. Transfer Faktörü

Topraktan ayçiçeği örneklerine ⁴⁰K radyonüklidinin geçiş oranları transfer faktörü hesaplanarak belirlenmiş ve Tablo 2’de elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bitkiler hemostatik dengeye ulaşmak için bitkiler tarafından yüksek oranlarda potasyum emilmekte ve bu nedenle yüksek oranlarda transfer faktörü değerleri elde edilmektedir [11]. Bu çalışmada; tarım arazilerinde topraktan ayçiçeği örneklerine ⁴⁰K radyonüklidi geçişi için hesaplanan transfer faktörleri 0,34 ile 1,17 aralığında hesaplanmıştır. Örnekleme noktalarına göre hesaplanan transfer faktörü TF(⁴⁰K) değerleri Şekil 3’te karşılaştırılmıştır. En düşük TF(⁴⁰K) değeri Kofçaz ilçesinde K1 kodlu örnekte, en yüksek ise Kofçaz ilçesinde K4 kodlu örnekte elde edilmiştir.

Tablo 2. ⁴⁰K radyonüklidi için topraktan bitkiye transfer faktörleri.

Örnekleme Noktası	Örnek Kodu	⁴⁰ K _{Toprak}	⁴⁰ K _{Ayçiçeği}	TF(⁴⁰ K)
2	M2	497,63±10,12	327,07±12,72	0,66
3	M3	398,05±9,13	294,98±21,82	0,74
5	B1	554,98±11,82	330,15±20,95	0,59
6	B2	532,18±11,11	296,07±14,47	0,56
7	B3	553,56±11,13	255,86±21,78	0,46
8	B4	538,28±18,02	401,91±16,98	0,75
9	K1	920,22±10,72	308,68±25,72	0,34
10	K2	924,68±15,21	331,84±22,13	0,36
11	K3	723,36±10,15	255,90±14,75	0,35
12	K4	223,50±6,82	260,63±16,61	1,17
13	L1	381,78±9,87	388,70±18,61	1,02
16	L4	471,23±9,85	302,46±28,68	0,64
19	PK3	424,38±9,97	289,47±14,68	0,68
20	PK4	557,50±9,66	426,51±29,42	0,77
21	PH1	259,44±8,74	262,31±21,48	1,01
23	PH3	340,56±11,44	299,28±21,21	0,88
24	PH4	390,96±11,95	309,13±10,61	0,79
25	V1	305,42±9,48	316,59±15,40	1,04
26	V2	589,08±11,14	373,08±13,04	0,63
27	V3	494,01±8,25	380,01±33,33	0,77
Minimum	-	223,50±6,82	255,86±21,78	0,34
Maksimum	-	924,68±15,21	426,51±29,42	1,17
Ortalama	-	492,86±10,90	320,53±19,72	0,71

Şekil 3. ⁴⁰K transfer faktörleri.

Tablo 3. Farklı bölgelerde topraktan bitkiye/meyveye geçişlerde elde edilen ortalama transferi.

Ülke	Örnek Türü	TF(⁴⁰ K)	Referans
Mısır	Bitkiler	1,06	[12]
Suudi Arabistan	Bitkiler	0,16	[13]
Bangladeş	Çimen	0,28	[14]
	Bitkiler	0,27	
Filistin	Bitkiler	1,70	[15]
	Çimen	1,20	
Tanzanya	Fasülye	0,13	[16]
	Mısır	0,80	
Irak	Buğday	0,55	[17]
	Arpa	0,48	
Yemen	Kuru Soğan	0,10	[18]
	Kırmızı Turp	0,10	
	Fıstık	0,25	
	Mısır	0,15	
Hindistan	Buğday	0,16	[19]
Hindistan	Muz	0,14	[20]
Almanya	Domates	1,40	[21]
Türkiye	Ayçiçeği	0,71	Bu çalışma

Tablo 3'te Dünya'da yapılmış çalışmalardan elde edilen topraktan bitkiye/meyveye geçişlerde bulunan ortalama transfer faktörleri karşılaştırılması verilmiştir. Bu çalışmada hesaplanan ortalama TF(⁴⁰K) değeri, Tanzanya'da fasülye, Irak'ta buğday ve arpa, Yemen'de kuru soğan, kırmızı turp, fıstık ve mısır, Hindistan'da buğday ve muz için hesaplanan TF değerlerinden daha yüksek bulunmuştur [16-20].

4. Tartışma

Bu çalışmada, Türkiye Trakya bölgesinde bulunan Kırklareli ili merkezi ve ilçelerindeki tarım arazilerinde toplanan toprak ve ayçiçeği örneklerinde doğal radyonüklid konsantrasyonları HPGe dedektörlü gama ışını spektrometresi kullanılarak belirlenmiş ve topraktan ayçiçeğine radyonüklid transfer faktörleri hesaplanmıştır. Ayçiçeği örneklerinde ²²⁶Ra, ²³²Th ve ¹³⁷Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları ihmal edilebilir düzeyde bulunmuştur. Ancak, belirgin miktarlarda ⁴⁰K radyonüklidine rastlanmıştır. Ayçiçeği örnekleri için ⁴⁰K aktivite konsantrasyonu 255,86±21,78 Bq kg⁻¹ ile 426,51±29,42 Bq kg⁻¹ aralığında değişmektedir. Ortalama aktivite konsantrasyonu 320,53±19,72 Bq kg⁻¹ bulunmuştur. Toprakta ayçiçeğine ⁴⁰K radyonüklidi geçişi için hesaplanan transfer faktörleri 0,34 ile 1,17 aralığında hesaplanmıştır. Ayçiçeği örneklerinde ⁴⁰K radyonüklidinin yüksek değerlerde bulunmasının nedeni tarım arazilerinde verimliliği artırmak için uygulanan gübreleme işlemlerinin toprakta bulunan ⁴⁰K aktivite konsantrasyonlarını arttırması ve ayçiçeği örneklerine yüksek oranda ⁴⁰K radyonüklidin geçmiş olabileceğidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların, besin zincirine katılan radyonüklidlerin belirlenmesi ve katılım miktarları konusunda önemli bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Akkaya, G., Bursa İli Toprak Numunelerinde Radyonüklid Dağılımının İncelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.

[2] Noordijk, H, Van KE, Lembrechts J, Frissel MJ., Impact of ageing and weather conditions on soil-to-plant transfer of radiocesium and radiostrontium, The Journal of Environmental Radioactivity, 15:277-286, 1992.

[3] Staven LH, Rhoads K, Napier BA, Strenge DL., A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products, Pacific Northwest National Laboratory US Department of Energy, 2003.

- [4] Yassine T, Al-Odat M, Othman I., Transfer of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr from typical Syrian soils to crops, *Journal of Food Engineering* 16:73-79, 2003.
- [5] Shyamal R. C., Rezaul A., Rahman A. R. and Sarker R., Radioactivity concentrations in soil and transfer factors of radionuclides from soil to grass and plants in the Chittagong City of Bangladesh, *Journal of Physical Science*, 24 (1), 95–113, 2013.
- [6] Meral, U.B., Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Bitkisinin Önemi ve Üretimine Genel Bir Bakış, *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(2): p. 58-71, 2019.
- [7] Semerci, A., Trakya’da tarımsal yapı, verimlilik ve gelişmişlik düzeyi, *Tarım ve Mühendislik Dergisi*, (76-77), 2006.
- [8] Kaya, S., Karabıdak, S. M., & Çevik, U., Gümüşhane İli Çevresinde Toplanan Toprak ve Karayosunu Örneklerinde Doğal (²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K) ve Yapay (¹³⁷Cs) Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24-33, 2015.
- [9] International Union of Radioecologists, Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments, Technical reports series no. 364. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 1994.
- [10] El-Taher, A., & Al-Turki, A., Soil-to-plant transfer factors of naturally occurring radionuclides for selected plants growing in Qassim, Saudi Arabia, *Life Science Journal*, 11(10), 2014.
- [11] Pulhani, V. A., Dafauti, S., Hegde, A. G., Sharma, R. M., & Mishra, U. C., Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil, *Journal of environmental radioactivity*, 79 (3), 331-346, 2005.
- [12] Harb, S., El-Kamel, A. H., El-Mageed, A. A., Abbady, A., & Rashed, W., Radioactivity levels and soil-to-plant transfer factor of natural radionuclides from Protectorate area in Aswan, Egypt, *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 2014.
- [13] Alharbi, A., & El-Taher, A., A study on transfer factors of radionuclides from soil to plant. *Life Science Journal*, 10 (2), 532-539, 2013.
- [14] Chakraborty, S. R., Azim, R., Rahman, A. R., & Sarker, R., Radioactivity concentrations in soil and transfer factors of radionuclides from soil to grass and plants in the Chittagong city of Bangladesh, *Journal of Physical Science*, 24 (1), 95, 2013.
- [15] Jazzar, M. M., & Thabayneh, K. M., Transfer of natural radionuclides from soil to plants and grass in the Western North of West Bank Environment, Palestine, *Int. J. Environ. Monitoring and Analysis*, 2, 252-258, 2014.



[16] Banzi, F., Msaki, P., & Mohammed, N., Assessment of radioactivity of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soil and plants for estimation of transfer factors and effective dose around Mkuju River Project, Tanzania. *Mining of Mineral Deposits*, 2017.

[17] Pourimani, R., & Mortazavi Shahroudi, S. M., Radiological Assessment of the Artificial and Natural Radionuclide Concentrations of Wheat and Barley Samples in Karbala, Iraq, *Iranian Journal of Medical Physics*, 15 (2), 126-131, 2018.

[18] El-Gamal, H., Hussien, M. T., & Saleh, E. E., Evaluation of natural radioactivity levels in soil and various foodstuffs from Delta Abyan, Yemen. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 12 (1), 226-233, 2019.

[19] Pulhani, V. A., Dafauti, S., Hegde, A. G., Sharma, R. M., & Mishra, U. C., Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil. *Journal of environmental radioactivity*, 79(3), 331-346, 2005.

[20] Shanthi, G., Thanka Kumaran, J. T., Gnana Raj, G. A., & Maniyan, C. G., Transfer factor of the radionuclides in food crops from high-background radiation area of south west India, *Radiation protection dosimetry*, 149 (3), 327-332, 2011.

[21] Köhler, M., Gleisberg, B., & Niese, S., Investigation of the soil–plant transfer of primordial radionuclides in tomatoes by low-level γ -ray spectrometry. *Applied Radiation and Isotopes*, 53(1-2), 203-208, 2000.

KENTSEL MEKAN VE MORFOLOJİ İLİŞKİSİ: KIRKLARELİ İLİ YAYLA MAHALLESİ ÖRNEĞİ

Fürüzan ASLAN¹, Oğuz ATEŞ², Yaşar MENTEŞ^{3*}

¹⁻²Kırklareli Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kırklareli, Türkiye
³Tarım ve Orman Bakanlığı, Elazığ Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

Öz

Dünya genelinde şehirler, sürdürülebilir kentleşme hedefine ulaşabilmek için artan zorluklarla daha çok karşı karşıya kalmaktadır. Yaşadığı çevre ile sürekli etkileşim içinde olan insan bir taraftan fiziksel çevreyi etkilerken, bir taraftan da bu çevreden etkilenmektedir. Bu etkileşim süreci içerisinde kentlerde çeşitli değişimler yaşanmaktadır. Kentsel peyzajın yapısının nasıl ifade edileceği ve temsil edileceği sorusu uzun zamandır kentsel morfolojinin merkezinde yer almaktadır. Kentsel peyzaj, kentsel morfoloğlar için paha biçilmez bir bilgi kaynağıdır. Kentlerin geçmişi, bugünü ve geleceği konusundaki tartışmalarda kilit rol oynayan kentsel morfoloji, yüzyıldan fazla bir süredir, kentsel formun unsurlarını tanımlayan, sınıflayan ve açıklayabilen bir takım kavram ve yöntem geliştirmiştir. Son zamanlarda, kentsel morfoloğlar kentsel formun belirli bir unsurunu şekillendirme sürecini incelemeye başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, Kırklareli ili Merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan, tarihi olarak en eski ve en zengin mahallesi olan Yayla Mahallesi'nin kentsel unsurlarını kentsel morfoloji perspektifinden incelemek, değerlendirmek ve çeşitli önerilerde bulunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Morfoloji, Yayla Mahallesi, Peyzaj Mimarlığı

URBAN SPACE AND MORPHOLOGY RELATIONSHIP: EXAMPLE OF YAYLA NEIGHBORHOOD IN KIRKLARELİ

Abstract

Cities around the world face increasing challenges in order to achieve the goal of sustainable urbanization. The person who constantly interacts with the environment, in which he lives, affects the physical environment and is also affected by this environment. In this interaction process, there are various changes in the cities. The question of how to express and represent the structure of urban landscape has long been at the center of urban morphology. Urban landscape is an invaluable source of information for urban morphologists. Urban morphology plays a key role in discussions about the past, present and future of the cities.

Sorumlu Yazar: yasarment@hotmail.com.tr,

Recently, urban morphologists have begun to examine the process of shaping a particular element of the urban form. In this study, the urban elements of Yayla District, which is the oldest and richest neighborhood of Kırklareli province, has been examined and evaluated from the perspective of urban morphology. Afterwards, various suggestions have been made.

Keywords: Urban Morphology, Yayla Neighborhood, Landscape Architecture

1. GİRİŞ

Kentler uzun zamandan beri birçok disiplin tarafından ekolojik, ekonomik, sosyal ve siyasal açıdan araştırma ve inceleme konusu olmuş; buna bağlı olarak çeşitli tasarım ve planlama yaklaşımları oluşturulmuştur. Bu yaklaşımlar neticesinde kent ölçeğinde çeşitli öneriler geliştirilmiş, çeşitli kavramsallaştırmalar yapılmış, kente özgü konseptler oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmaların çoğu kent kimliğinde olumlu yansımalar oluşturmuştur.

Yüzyıllar boyunca yapılı çevrenin insanlar üzerindeki etkisine duyulan inanç, mimari ve kentsel düşünce biçimlerinde yaygındır. Kırsal alanlara nazaran kentsel alanlar daha fazla dinamizm oluşturmaktadır. Çünkü kentsel alanlar, burada yaşayanlara fayda sağlayan merkezi ticaret yerleridir [1].

İnsanlar yaşadığı çevre ile sürekli etkileşim halindedir. İnsanların çevreyi nasıl algıladığı, zihinsel olarak nasıl yapılandırdığı, çevrenin insanlar üzerinde nasıl bir etki uyandırdığı, insan davranışı veya memnuniyeti için ne kadar önemli olduğu bu etkileşimin içinde yer almaktadır. İnsanlar bir taraftan yaşadığı fiziksel çevreyi etkilerken diğer taraftan da yaşadığı çevreden etkilenmektedir.

İnsanları fiziksel çevreleri ile birbirine bağlayan mekanizmalar, çevrenin şekillendirilmesinde rol oynar. İnsanlar duyuşsal kapasiteleri ile çevre üzerinde algılar oluşturarak değerler ve inançlar çerçevesinde çevreyi yorumlamaktadır. İnsanların bağlı buldukları küçük gruplar, aileler, büyük sosyal gruplar, kurumlar ve kültürlerdeki rolleri, iletişim kurma şekilleri, sosyal ağları, akrabalık sistemleri çevrenin şeklini etkiler. Fiziksel çevrenin insanları ne derece ve ne ölçüde etkilediği, tasarlanan yapılı çevrenin insan davranışı, ruh hali ya da refahı üzerindeki etkilerini bilmek önemlidir. Herhangi bir etkisi yoksa veya bu etkiler azsa, insan ile çevre etkileşimi buna bağlı olarak azalır [2].

Ittelson (1960)'a göre çevre yedi bileşenli bir ekolojik sistem olarak tanımlanmaktadır;

- Algısal (Bireylerin dünyayı deneyimleme yolları)
- Etkileyici (Şekiller, renkler, dokular, kokular, sesler ve sembolik anlamlar)

- Kültürün estetik değerlerinin alanı
- Uyarlanabilir (Çevrenin faaliyetlere ne ölçüde yardımcı olduğu veya engel olduğu)
- Bütünleştirici (Çevre tarafından kolaylaştırılan veya engellenen sosyal gruplaşma türleri)
- Enstrümantal (Çevre tarafından sağlanan araç ve tesisler)
- Tüm bu bileşenlerin genel ekolojik ilişkisi [2].

Fiziksel çevrenin insanlar üzerindeki etkisi kültürel coğrafyada ve çevresel tasarım araştırmalarında dikkat çekmiştir. Coğrafya, farklı bir ölçekte farklı değişkenlerle uğraşsa bile, tasarım alanındaki gelişmelere paralel olarak faydalı imkanlar sunmaktadır. Bu çerçevede Coğrafyada üç görüş mevcuttur; [2]

- Fiziksel çevrenin insan davranışını belirlediği görüşü (Çevresel determinizm),
- Fiziksel çevrenin, insanların, özellikle kültürel kriterlere göre seçimler yapma olasılıkları ve kısıtlamaları sağladığı görüşü,
- Fiziksel çevrenin aslında seçim için olasılıklar sağladığı ve belirleyici olmadığı, ancak bazı seçeneklerin verilen fiziksel ortamlarda diğerlerinden daha olası olduğu hakkındaki mevcut görüş.

Planlama ve tasarımda çevresel determinizm geleneksel görüş olmuştur. Buna göre kent içindeki bina formlarının değişikliklerinin mutluluğun ve sosyal etkileşimin artması gibi insan davranışlarında büyük değişikliklere neden olabileceği inancı hakimdir [2].

Bu çalışmada, Kırklareli ili Merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan, bugüne kadar korunarak gelmiş, Kırklareli'nin tarihi olarak en eski ve en zengin değerlerini içerisinde barındıran Yayla Mahallesi kentsel morfoloji perspektifinden incelenmiş, değerlendirilmiş ve kentsel unsurlara yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini, Kırklareli ili Merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan ve tarihi olarak en eski ve en zengin mahallesi Yayla Mahallesi oluşturmaktadır. Ayrıca Yayla Mahallesi ile ilgili yazılı ya da görsel her türlü veri vb. araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.

Morfoloji kelimesi ilk olarak, çalışmalarının önemli bir bölümünü biyolojiye adanmış ünlü Alman yazar ve düşünür Johann Wolfgang Von Goethe (1749-1832) tarafından önerilmiştir. Goethe, “formların özüyle ilgilenen bilim” i belirtmek için morfolojisi kelimesini kullanmıştır. Başlangıçta biyolojinin bir alt dalı olarak önerilmesine rağmen, morfolojinin genel ve soyut doğası, birçok farklı alanda uygulanmasını sağlamıştır [5].

Alman coğrafyacıların çalışmalarına kök salmış olan kentsel morfoloji, 19. yüzyılın sonunda organize bir bilgi alanı olarak şekillenmeye başlamıştır [5]. Kentsel formun tarihsel gelişiminin izlenmesine dayanarak, kentsel morfoloji ilk günlerinden itibaren doğal olarak kent manzaralarını ayırt etmek, karakterize etmek ve açıklamakla ilgilenmiştir. (Fritz 1894; Schlüter 1899a, b). Alman Coğrafyacı Otto Schlüter, insan coğrafyasında fiziksel coğrafyadaki fiziksel veya doğal peyzajın morfolojisine paralel olarak tasarladığı kültürel peyzajın bir morfolojisini varsaymıştır [6].

Kentsel morfoloji, kentlerin fiziksel formunun yanı sıra kentleri zamanla şekillendiren ana etmenleri ve süreçleri inceleyen bilim dalıdır.

Kentsel morfoloji, kentsel formun incelenmesidir. Kentsel yerleşimlerin büyüklüğü, şekli ve fiziksel yapısı ile ilgilidir. Amerikan Planlama Derneği, kentsel morfolojiyi bir kentsel alanın gelişim sürecini inceleyerek mekansal yapısı ve karakterini anlamak olarak görür. Kentsel formların daha iyi anlaşılması, kentsel modellerin ve analizlerin yapılmasında yardımcı olur. Bu bilimsel yaklaşımın amacı, kentin yerleşik karmaşıklığını, doğasını ve morfolojisini açıklamaktır [4].

2.2. Kentsel morfolojinin önemi

İnsanlar ve içinde yaşadıkları kentler için kentsel morfolojinin önemi büyüktür. Geçmişin ve bugünün kentsel unsurlarını oluşturan yapıların detaylı bir şekilde çalışılmasıyla, kentlerin geleceği ile ilgili daha sağlıklı, iyi işler yapılabilir.

Kentsel morfoloji önemlidir, çünkü görsel olarak inşa edilmiş mevcut şeylere dayanır. Bununla birlikte, kentsel morfolojinin önemi bunun da ötesinde olup; yapılı çevrede neyin var olduğunu üreten süreçleri, bunun nasıl ve neden değiştiğini kentsel morfoloji sayesinde öğreniriz [3].

Diğer birçok disiplinde olduğu gibi, kentsel morfolojide de morfolojik yaklaşımların her birinin ortaya çıkışı ve kabulü, önceki yaklaşımların yerine değil, mevcut yaklaşımlarla bir arada bulunmasından ibarettir. Bu anlamda kentsel morfoloji, kentsel fenomenlerin tanımlanması ve açıklanması için kapsamlı, sağlam bir teori, kavram ve teknik setine sahiptir. Bu nedenle kentsel

morfoloji mevcut formların dönüşümü ve yeni kentsel formların tasarımı için rehberlik sunabilir [3].

Halk sağlığı, sosyal adalet, miras turizmi, iklim değişikliği ve enerji, kentsel morfolojinin sağlam bir katkı sunabileceği günlük yaşamın belirli sorunlarının seçilmiş beş örneğidir [5].

Kentsel çevrenin fiziksel doğasının şimdiki ve gelecekteki enerji talepleri üzerinde derin bir etkisi bulunmaktadır. Kentsel sürdürülebilirlik bağlamında, kentsel morfoloji, özellikle kentsel peyzajların biyolojik bileşenlerinin farklı kentsel biçimlerle etkileşime girme biçimleriyle ilgilidir. Kentsel morfoloğlar, kentsel alanlarda çevre ve yaban hayatı koruma konularındaki tartışmaların ve politikaların oluşturulmasında önemli bir rol oynayabilirler [3].

Son yıllarda küresel kentleşmenin büyük baskıları tarafından tehdit edilen kentsel peyzajın geleceği için dünya çapında endişeler vardır. Kentsel morfolojik yaklaşımların bu endişelerin giderilmesinde katkıda bulunabilir [7].

Kentsel morfoloji felsefi, kültürel ve pratik olmak üzere üç açıdan önemlidir. Kentsel morfoloji felsefi bir temel üzerine bir tartışma ile başlar. Kentsel morfoloji etrafımızdaki dünyayı anlamlandıran, kentlerin fiziksel, sosyal ve kültürel boyutlarını bütünleştiren felsefi bir yaklaşımı savunur. Daha sonra kentsel formun çalışmasında kültürün önemine geçer. Kültürel olarak, kentsel morfolojiyi anlamak, yaşam kalitesini arttırmak, kentsel estetik bilincinin ve kasabalara bağlı anlam katmanlarının farkında olmak için bir ön koşuldur. Son olarak, kentsel morfolojinin önemi kentsel korumadan planlamaya, kentsel okunabilirlikten miras turizmine, sürdürülebilirlikten kentsel suçlara ve halk sağlığına farklı pratik boyutlarda değerlendirilir. Pratik olarak, kentsel morfoloji çalışması hayati bir eğitim işlevi yerine getirir. Kentsel formun ayrıntılı çalışılmasıyla, başarılı ve bütünsel kentsel bir yönetim hedefine ulaşılır. Kentsel morfoloji, kentsel tasarım, planlama, mimari ve koruma gibi yakından ilgili pratik uygulama alanlarının entegre edilmesi için benzersiz bir eğitim sağlar [3].

Kentler yerel, bölgesel veya ulusal kültürü yansıtmaktadır. Kentsel morfoloji, kültürün kentsel biçime nasıl yansıtıldığı ile ilgilenir. Appleton (1996)'a göre kentsel form ve estetik arasındaki ilişkiler duyularımızı etkilediği için kentsel morfoloji, kültürel bağlamda, kentsel ortamdan estetik haz elde etmenin bir yoludur [3].

Kentsel morfoloji, kent içindeki bina gruplarının birbirleriyle ve bitişik alanlarla olan ilişkisiyle ilgilidir. Kentsel morfoloji bize bina toplulukları ve örneğin bazı inşa edilmiş ortamlarda nasıl barış

ve sakinlik duygusu aktardıklarını öğretir. Kentsel ortamlardaki birçok yapı, bilinçli ve kasıtlı olarak estetik bir etki oluşturmak için inşa edilmiş olsa da, bunun altında daha işlevsel amaçlar yattığı unutulmamalıdır. Kentsel morfolojik kentteki her şeye odaklanır; çünkü kentsel sahnenin her bileşeni ilgi çekicidir ve açıklama gerektirir [3].

Kentsel morfoloji ve koruma arasındaki bağlantılar köklüdür. Kentsel morfolojinin önemli bir kısmı tarihi kentsel biçimlerle ilgili olduğundan, kentsel alanlarda koruma politikalarının benimsenmesi, kentsel morfolojilerin pratik katılımı için büyük fırsatlar sunar. Kentsel morfolojinin koruma politikasındaki potansiyel rolü, Larkham (1996) tarafından analiz edilmiştir. Kentsel morfoloji ve miras turizmi arasında açık bağlantılar vardır. Bir taraftan tarihi kentsel alanların korunması bir taraftan da bu alanlara turist ziyaretlerinin teşvik edilmesi ile ekonomik getirinin sağlanması arasındaki dengenin korunması gerekir. Yapılı çevre, bir yörenin turizm kaynağının temel bir bileşenidir. Kentsel morfolojinin değeri, özellikle faaliyetin belirli alanlara ekonomik değeri, konaklama, beslenme gerektiren tarihi yerleri ziyaret eden milyonlarca ziyaretçi ile çok büyük olduğu için açık olmalıdır. Yapılı çevrede değişiklik bir dereceye kadar kaçınılmaz olsa da bu alanlara entegre olan miras, indirgenmemesi gereken bir kaynaktır. Diğer bir deyişle, bu kaynaklar uzun vadeli sürdürülebilirlik göz önünde bulundurularak yönetilmelidir. Kentsel morfoloji konusu bu görevi yerine getirmek için araçlar sağlar [3].

Kentsel morfolojinin planlama ve kentsel tasarım pratiğinde kullanımı üzerine yapılan araştırmaların yeniden canlanmasına rağmen, kentsel morfolojinin kentsel tasarımda pedagojik amaçlar için araştırılması yavaş gelişmiştir [5].

Kentsel tasarım öğretiminde ve uygulamasında kentsel morfolojinin önemini büyüktür. Kentsel morfoloji kentsel tasarım pedagojisini bilgilendiren ve geliştiren, sürdürülebilirlik ilkeleri tarafından yönlendirilen bir yaklaşım ortaya koymaktadır [8].

2.3. Kentsel morfolojinin disiplinlerarası karakteristiği

Şehir karmaşık ve dinamik bir organizmadır. Ancak kentsel morfoloji, tüm fiziksel ölçekleri içerir ve belki de en büyük rolü burada yatmaktadır. Bu da bir kentin tüm karakteristik ölçeklerini dinamik olarak okumak için kentsel morfolojinin açık bir yapısal işaretler sistemini algılama yeteneğinden gelir [9].

Kentsel morfolojinin ayrı bir akademik çalışma alanı olarak tanımlanmasından bu yana kentsel morfoloğlar disiplinlerinin uygulanabilirliği ile ilgili olarak kentsel ortamdaki problemleri yorumlama ve çözüm önerme yeteneğini geliştiren araştırmalara yönelmiş, morfolojik ilkelerin kentsel gelişime uygulanmasına ilişkin örnekler uygulamışlardır [3].

Kentsel morfoloji farklı mekânsal ölçeklerde araştırma yapmaktadır. Şehri bir bütün olarak veya bireysel binalara odaklanarak diğer disiplinler tarafından nadiren görülen farklı ölçeklerde çalışmaktadır [3].

Genellikle “kentsel morfoloji” olarak bilinen kentsel peyzaj çalışması, coğrafya, mimari ve planlama da dahil olmak üzere birçok alanda araştırmacıları cezbetmiştir [10]. Birçok kentsel arazi modeli ekonomistler, coğrafyacılar ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir [11].

Kentsel morfolojinin disiplinler arası doğası hem zorluklar hem de avantajlar sunmaktadır. Bir yandan, hem yardımcı bir disiplin hem de bağımsız bir alandır. Diğer yandan, bağımsız bir alan olarak morfoloji, diğer disiplinlerin çeşitli bulgularını “form”ün birleştirici yönü etrafında bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Bu anlayışta morfoloji temelde ve yapısal olarak disiplinler arasıdır. İdeal olarak, morfoloji diğer disiplinlere katkıda bulunur [12].

Kentsel morfoloji diğer tüm disiplinlere ihtiyaç duyar çünkü sadece analitik değil aynı zamanda sentetiktir. Bir disiplin veya alan olarak kentsel morfoloji, mimari, kentsel tasarım, planlama, coğrafya, arkeoloji, tarih, antropoloji, kentsel ekoloji ve çevre psikolojisi dahil olmak üzere çok çeşitli alanlarda kullanılır [12]. Kentsel morfoloji mimarlık, kentsel tasarım, peyzaj ve sürdürülebilirlik disiplinleri arasında bir irtibat görevi görmektedir [9].

Araştırma alanının karmaşıklığından dolayı, kentsel morfoloji, farklı alanlardan yararlanan açık disiplinler arası bir yapıya sahiptir.

Arkeoloji, tarih, mimarlık ve mimarlık tarihi, özellikle koruma ile ilgili tarih planlama ve planlama, sosyoloji, antropoloji, ekonomi, siyaset bilimi ve psikoloji entegre çalışma gerektiren komşu disiplinlerin başında gelir. Yapılacak bir disiplinler arası çalışmalarda maksimum faydayı elde etmek için “Kentsel morfoloji bu disiplinlerin zenginleştirilmesini sağlamak için nelere sahiptir?” ve “Bu disiplinlerin kentsel morfolojinin zenginleştirilmesine yönelik neler sunması gerekir?” soruları üzerinde yoğunlaşmak gerekir [13].

3. BULGULAR

Tarihi kimliği, coğrafi konumu ve iki önemli sınır kapısından gelen devlet yollarının birleştiği ulaşım fonksiyonu, kültürel ve sosyal yapısıyla ayrıcalıklı bir kent konumunda olan Kırklareli, Türkiye'nin Avrupa Kıtası'nda yer alan beş kentinden biridir.

Kırklareli, birçok medeniyete ev sahipliği yapmış, tarih öncesi çağlardan beri iskân politikalarına tabi tutulmuş önemli kentlerdendir [14].

Kırklareli ilinin ilk imar planı 1948 yılında 2. imar planı 1968 yılında, 3. imar planı, 1986 yılında 1/1000 ve 1/5000 ölçeklerde hazırlanmıştır. 1988 yılında 1/1000 ölçekli plan revize edilmiştir. 1986 tarihinde yapılan Uygulama İmar Planından sonraki dönemde kentin çeşitli yerlerinde Belediye Meclisinin kararıyla Revizyon- Islah İmar Planlarıyla revizyonlar gerçekleştirilmiştir. Kültür Bakanlığı tarafından kentte 1990 yılından önce envanter çalışmaları yapılmış, 31 sivil mimarlık örneği tescil edilmiştir [15].

Bizans döneminden itibaren Kırklareli merkezinde Yayla bölgesinde çoğunlukla Rumlar ve Bulgarlar yaşamıştır. Yayla Bölgesi Cumhuriyet döneminde yapılmış Rum ve Bulgar dönemi evlerinden oluşmaktadır. [15].

Şahin (2000)'e göre Yayla mahallesinde 1924'te yapılan nüfus değişimine kadar kentin zengin yerli Rumları oturmuştur. Nüfus değişimi sırasında çoğunluğu Yunanistan'dan getirilen Türklerin oturduğu Yayla Mahallesinde günümüzde 21 adet tescilli sivil mimarlık örneği, 1 eğitim yapısı, 1 böcekhanne binası bulunmaktadır [15].

Yayla mahallesi Bölge Koruma kurulu tarafından 19.09.1996 tarihinde "Kentsel sit alanı" olarak ilan edilmiş ve koruma amaçlı imar planı çalışmalarına başlanmıştır [15].

3.1. *Yayla Mahallesinin mekansal durumu*

Kırklareli ili, Merkez ilçe sınırları içerisinde olan Yayla Mahallesi, Kırklareli'nin eski kent merkezi olarak bilinmektedir.

Kentlerdeki farklı grupların kentsel sosyal alanda farklılaşmaya yol açan farklı konut ve mahalleleri seçmeleri gerçeğinin altında yatan sebeplerden biri tarihsel ve kültürel farklılıklardır. Farklı kültürler ve alt kültürler arasında bilişsel stillere, eğitim, öğretim ve deneyime bağlı olarak bu farklılıklar göz önüne alındığında, planlamacıların ve tasarımcıların çok özel değerlere, yeteneklere ve dünyayı görme yollarına sahip bir yapı oluşturmaları beklenir [2].

Kentsel morfoloji kentlere odaklanmaktadır. Mahalleler kent yaşamı ve morfolojisi açısından son derece önemli birimlerdir. Kentsel tasarımda, mahalle genellikle bir kentsel alanın temel mekansal birimi olarak düşünülür.

Her mahalle farklı bir karaktere sahiptir. Mahalleler sokak isimleri, belirli işlevler, el sanatları ile farklı olup; renk, ses, koku ve morfolojide farklılık gösterir [2].

Yayla Mahallesi, Kırklareli'nin karakteristik özelliklerinin günümüze kadar korunarak geldiği, kent kimliğinin önemli ve bütüncül bir parçası olarak sürdürülebilirliği sağlayan tipik bir Anadolu mahallesidir.

Kırklareli il sınırları içinde yer alan Yayla Mahallesi, kuzeyde Çamlık Mevkii, doğuda Akalar Mahallesi, güneyde ise Demirtaş Mahallesi ile sınırlandırılmıştır [16].

Yayla Mahallesine büyük ölçekte bakıldığında mahallenin güney-doğu yönüne kurulan yeni bir yerleşim olduğu, yol akslarında genişletilme olduğu, bazı boş parsellerde yapılaşma olduğu görülmektedir.

Morfolojik olarak belirli faaliyetlerin gerçekleştiği binalar arası boşluk olarak tanımlanan sokak ağı arazi kullanımı ve bina gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip en dayanıklı kent unsurlarından biridir. Çünkü kentsel morfolojide yollar ve rotalar diğer tüm faktörlerden daha fazla belirleyici olup bölgeyi dönüştürmek için temel araçtır.

Kentsel formun en temel unsuru olan sokak düzeni, erişilebilirlik için temel bir geometri sağlar ve sokak bölümlerinin “mekansal yapılandırma” yoluyla hareket olanaklarını nasıl düzenleyeceğini belirler [17].

Yayla Caddesi, Koşuyolu Caddesi, Namazgah Caddesi, Buzhane Sokak, Çamlık Sokak, Çifte Gazinolar Sokağı, Dilber Yokuşu, Durmuş Bey Sokak, Laleli Sokak, Mektep Sokak, Soğuk Kuyu Sokağı, Gülizar Sokak ve Küçük Yayla Çıkmazı Yayla Mahallesi'nin önemli yerleşimleri barındırmış sokakları arasındadır. Yayla Mahallesinde yer alan sokaklar dar ve etkileyici görünümlere sahip olup bu sokakların çoğu Yayla meydanına kadar uzanmaktadır. Yapılar üzerinde meydana gelen tipolojik değişimler kent morfolojisindeki dönüşümü ortaya koymaktadır. Buna bağlı olarak geleneksel kent dokusunun bir devamı olarak mahalle içinde genel olarak müstakil görümlü, 1 ya da 2 katlı kagir yapılar çoğunluğu oluşturmakla beraber dönüşüme bağlı olarak da 3-4 katlı betonarme yapılar da bu yapılarla beraber aynı mekanda yerini almaktadır. Bu öğeler kentsel mekanın farklı dönemlerine ait karakteristiklerini oluşturmaktadır. Eski yerleşimlere

ait tipolojiler Kırklareli'nin tarihi dokusunu korumakla birlikte ilgisiz, bakımsız bir görünüm sergilemektedir. Ayrıca sağlamlık açısından risk oluşturmaktadır.



Şekil 2. Koşuyolu Caddesi (2019)



Şekil 3. Namazgah Caddesi (2019)



Şekil 4. Buzhane Sokak (2019)



Şekil 5. Çamlık Sokak (2019)



Şekil 6. Durmuş Bey Sokak (2019)



Şekil 7. Laleli Sokak (2019)

Yayla Mahallesiinde yer alan ve tarihi olarak her biri tek başına ayrı bir önem taşıyan hamam, cami, okul, çeşme, ev gibi kent unsurları, bu sokaklar ve meydan ile birlikte kentin geleceğe açılan tarihi dokularının bütüncül bir parçasını oluşturmaktadır.

Tevfik Fikret Ortaokulu ve öğrenci pansiyonu, Prof. Dr. Gültaç Özbay Sanat Galerisi, Eski Yeşilay Binası, Aydın Akkul Evi ve Ali Rıza Efendi Kültür Evi Yayla Mahallesiinin önemli tescilli yapılarındandır.

Tevfik Fikret Ortaokulu ve öğrenci pansiyonu Mektep Sokağında yer alan tescilli yapılarıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Tevfik Fikret Ortaokulu ve öğrenci pansiyonu (2019)

Prof. Dr. Gültaç Özbay Sanat Galerisi ve Eski Yeşilay Binası Namazgah Caddesinde yer alan tescilli yapılarıdır (Şekil 9).



Şekil 9. Prof. Dr. Gültaç Özbay Sanat Galerisi ve eski Yeşilay binası (2019)



Şekil 10. Aydın Akkul Evi ve Ali Rıza Efendi Kültür Evi (2019)

Aydın Akkul Evi ve Ali Rıza Efendi Kültür Evi Laleli Sokağında yer alan tescilli yapılarıdır (Şekil 10).

Yayla Mahallesi konut ölçeğinde incelemeler;

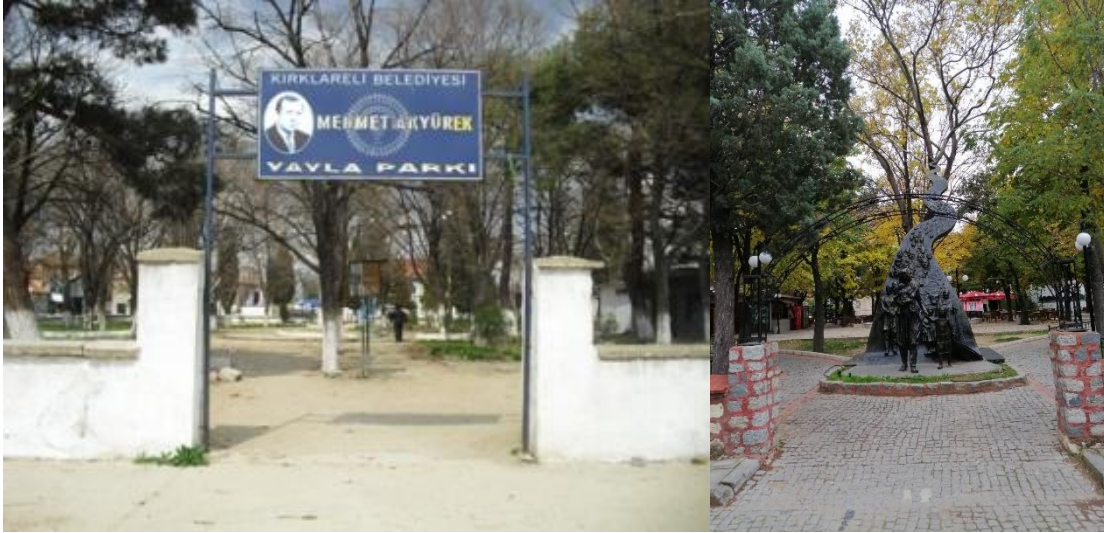


Şekil 11. Tevfik Fikret ilköğretim okulu 1905 yılı fotoğrafı (solda) mevcut durumu (sağda)

Tevfik Fikret İlköğretim Okulunun genel hatlarında bir değişiklik olmamıştır. Sadece binanın dış cephe duvar boyasında değişiklikler gözlemlenmektedir (Şekil 11).



Şekil 12. Yayla Mahallesi'ne çıkan yol 1959 yılı fotoğrafı (solda) mevcut durumu (sağda) 60 yıl önceki haliyle toprak yol olan sokak günümüzde parke taşı ile döşenmiştir. Yol kenarındaki taş yükseltiler geniş kaldırımlar ve kent mobilyalarıyla donatılmıştır (Şekil 12).



Şekil 13. Yayla Parkı 2011 yılı fotoğrafı (solda), [19] ve mevcut durumu (sağda)

Kentsel peyzajın korunmasında önemli bir yere sahip olan Yayla Mahallesi Parkında sosyal ve ekonomik etkenler fiziksel dokuyu şekillendirmiştir. Parka ait bitki örtüsünde gözle görünür bir değişiklik bulunmamasıyla birlikte yaya yolları, kaldırımlar, duvarlar, çocuk oyun alanları gibi yapısal peyzaj içinde yer alan unsurlarda morfolojik değişim ortaya çıkmaktadır.



Şekil 14. Yayla Mahallesi meydanı eski durumu (solda) [20] ve mevcut durumu (sağda)

Kentin önemli merkezlerinden biri olan Yayla Meydanı uzun yıllardan beri kamusal tören alanı, bayram, şenlik vb. sosyal ve kültürel etkinliklerin yapıldığı bir toplanma meydanı olarak kullanılmış, hala da bu işlevini devam ettirmektedir. Meydan çevresinde yer alan bazı yapılarda değişiklik gözlenmesine rağmen; yapılar genel itibariyle mimarisini korumaktadır. Meydan genişliğinde geçmişe nazaran daralışlar gözlemlenmiştir. Park alanları, kaldırımlar, kent mobilyaları ve yeni yapılar eklenmiştir (Şekil 14).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yıllar boyunca, çok sayıda kavramsal, teorik ve deneysel çalışma, yapılı çevrenin insanlar tarafından nasıl değerlendirildiğini formüle etmeye, modellemeye ve ölçmeye çalışmıştır. Bununla birlikte, kentsel formu doğru bir şekilde ölçmek için güçlü bir metodolojinin olmaması nedeniyle bu çalışmalar nadir düzeyde kalmıştır.

Kentsel morfoloji, son yıllarda şehirleri ve bölgeleri okumak için etkili araçlar geliştirerek kentsel analize dahil olan disiplinler arasında küresel olarak önemli bir rol edinmiştir. Ancak, insan yaşamının diğer boyutlarının dahil edildiği kentsel tasarım ve manzara uygulamaları sürdürülebilirlik sorunlarının ortaya çıkmasıyla, daha yeni yeni uygun bir araştırma alanı bulmuştur.

Kentsel morfoloji kentsel sokak ağları, alanların düzenlenmesi, arazi kullanımı, bina yoğunluğu ve hareket modelleri hakkında mekansal bilgiler içerir ve bu nedenle şehirdeki her bir konuma erişilebilirlik açısından bir değer verir.

Kentsel form çalışması, bir kenti yapılandıran ve şekillendiren temel fiziksel unsurları (binaları, blokları, arazileri, sokakları ve bunların ilgili açık alanlarını) tanımlamaya ve yorumlamaya odaklanmaktadır. Kentsel formun sadece binaların, sokakların ve diğer dış alanların görünür şekli ve deseni değil, aynı zamanda bu unsurlar arasındaki ilişkilerin kullanılarak ölçülmesi ve tanımlanması gerekir [18]. Kentsel morfoloji ve kenti inceleyen farklı bilim dalları arasında etkili ve entegre araştırmayı teşvik eden disiplinler arası bağlantıların geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Yayla Mahallesi Kırklareli'nin tarihsel anlamda en eski ve en zengin yerleşim yeridir. Yayla Mahallesinde tescilli birçok yapı bulunmaktadır. Bu tarihi yapılarıyla Yayla Mahallesi Kırklareli'ne anlam kazanmıştır. Festival, konser gibi toplumsal etkinlikler burada düzenlenmektedir.

Yayla mahallesindeki tarihi yapılar korunmaya değer olarak görülmektedir. Bu yapılar yöre halkı tarafından daha kullanışlı bulunmaktadır [15]. Ancak bu yapılarda yeterli korunum sağlanamamaktadır. Eski yapılar bakımsızlık nedeniyle yıkılma tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Finansal durum göz önüne alınarak kamu ve sivil toplum kuruluşlarının işbirliği ile finansal kaynaklar sağlanmalı, tarihi yapılar bakım ve onarımı yapılarak korunmalıdır. Mahallede sakinleri kültürel mirası koruma alanında bilgilendirilmelidir.

Mahalleler kentsel kimlik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik için büyük önem taşıyan yarı kamusal alanlardır. Kent içindeki mahallelerin ve sokakların tanımı, kentsel morfolojiyi anlama, analiz veya tasarım için birimler seçme ve bilişsel şema oluşturmada önemlidir.

Yayla Mahallesi, Kırklareli için turistik açıdan büyük önem taşımasına rağmen, bölgeye gerekli yatırımlar yapılmamıştır. Tarihi yapıların korunması ve yöre halkının bu konudaki bilincinin artırılması ile kent turistler açısından bir cazibe merkezine dönüştürülebilir. Sit alanı çevresinde turizm amaçlı konaklama tesisleri inşa edilebilir. Sürekli kullanımla birlikte çevre canlılık kazanıp Kırklareli'nde yeni bir merkezi alana dönüşebilir.

Yayla Mahallesinde çarpık yerleşme hâkimdir. Bu durum görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Çarpık kentleşmeyi önlemek için yeniden imar planı düzenlenip uygulamaya koyulmalıdır.

Yayalar için yürüyüş yolları yeterli olmayıp; mevcut yollar tasarım ilkelerine uygun değildir. Yollar, kaldırımlar ve otoparklar herkes için tasarım ilkelerine uygun bir şekilde yeniden düzenlenebilir. Uygun alanlara bisiklet yolları eklenebilir.

Kent merkezinde çocuk oyun alanlarının durumu incelendiğinde bir eksiklik söz konusudur. Yayla mahallesinde çocuk oyun alanı bulunmamaktadır. Çocuk parklarının yetersizliği göz önünde bulundurularak Yayla Mahallesi'ne çocuk parkı önerilmektedir.

Yayla Mahallesinde konut yoğunluğu nedeniyle kişi başına düşen yeşil alan miktarı az olup yeterli temiz hava sağlanamamaktadır. Pasif yeşil alanlar aktifleştirilerek yerel halkın sürekli kullanımına sunulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Volchenkov. D., Assessing complexity of urban spatial, pp: 173-197, In: Dacci, L. (Ed.), The Mathematics of Urban, Springer International Publishing, Switzerland, 2019.
- [2] Rapoport. A., Human Aspects of Urban Form Towards a Man, Environment Approach to Urban Form and Design, Pergamon Press, U.K, 439 p., 1977.
- [3] Barke. M., The importance of urban form as an object of study, pp: 11-30, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.
- [4] Dacci. L., On urban morphology and mathematics, pp: 1-18, In: Dacci, L. (Ed.), The Mathematics of Urban. Springer International Publishing, Switzerland, 2019.
- [5] Oliveira, V. Urban Morphology, An Introduction to the Study of the Physical Form of Cities, Springer International Publishing, Switzerland, 192 p., 2016.
- [6] Gu. K., Exploring urban morphology as urban design pedagogy, pp: 145-158, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.
- [7] Samuels. I., Research and Practice, pp: 115-131, In: Oliveira, V. (Ed.), Whitehand and the Historico-geographical Approach to Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2019.
- [8] Talen. E., Urban morphology in urban design, pp: 205-217, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.
- [9] Maretto. M., Teaching urban morphology in a sustainable perspective, pp: 243-264, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.

- [10] Gu. K., Urban Morphological Regions: Development of an Idea, pp: 33-46, In: Oliveira, V. (Ed.), Whitehand and the Historico-geographical Approach to Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2019.
- [11] Kivell. P., Land and The City, Patterns and Processes of Urban Change, Geography and Environment Series, London, 223 p., 1993.
- [12] Kropf. K., Interdisciplinarity and design: Tools for teaching urban morphology, pp: 297-315, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.
- [13] Conzen. M. R. G., Notes on urban morphology: Its nature and development, pp: 51-64, In: Oliveira, V. (Ed.), Teaching Urban Morphology, Springer International Publishing, Portugal, 2018.
- [14] <http://www.kirklarelikulturturizm.gov.tr/TR-64282/tarihce.html>, Erişim tarihi: 19.02.2020
- [15] Eyüboğlu Erşen. A., Vatansever. N., Kırklareli Kentsel Sit Alanı Yerleşimi, Koruma Sorunları ve Öneriler, 3. Uluslararası Mimar Sinan Sempozyumu, Edirne, 2007.
- [16] Yüksek. İ., Kırklareli'nin Mevcut Sivil Analizinde Pencerelerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2004.
- [17] Xiao. Y., Urban Morphology and Housing Market. Springer Geography, China, 189 p., 2017.
- [18] Jia. M., Liu. Y., Lieske. S. N., Chen. T., A fractal approach to explore Australian urban form and its impacting factors at neighbourhood scale, pp: 123-144, In: Dacci, L. (Ed.), The Mathematics of Urban, Springer International Publishing, Switzerland, 2019.
- [19] <http://www.trakyagundemi.com/panel/modul/rotahaberler/haber-resimleri/2011/04/12/13885249.jpg>
- [20] <http://www.eskiturkiye.net/2096/kirklareli-yayla-meydani#lg=0&slide=0>

YABANCI UYARTIMLI EKSENEL AKILI SENKRON ALTERNATÖRÜN ELEKTROMANYETİK TASARIMI VE ANALİZİ

Engin HÜNER^{1*} 

¹Kırklareli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kırklareli

Öz

Yapılan bu çalışmada yabancı uyartımlı eksenel akılı (YUEA) senkron alternatörün elektromanyetik analizi ve tasarımı ANSYS Maxwell 3d programı ile gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda eksenel akılı sürekli mıknatıslı alternatör tasarımları rüzgar türbinleri için önemli bir adaydır. Bununla birlikte farklı hızlarda hava aralığı manyetik akısının değişmesi gerekmektedir. Mıknatıslar tarafından oluşan sabit manyetik alanı zayıflatma hakkında farklı yöntemler verilmiştir. Bu çalışmada eksenel akılı topoloji kullanılarak yabancı uyartımlı kutup ayakları Maxwell 3d ile modellenmiştir. Tasarlanan kutup ayakları ile geniş aralıkta hava aralığı manyetik akı yoğunluğunu ayarlamak mümkün olmuştur. Tasarımın ANSYS Maxwell 3d analizleri sonucunda 1500 amper sarım ve kutup genişliği 25mm için ortalama manyetik akı yoğunluğu 0.739 Tesla olarak elde edilmiştir. Tasarım parametreleri için kutup kenar yüksekliği ise 3mm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelime: Eksenel Akılı Alternatör, Yabancı Uyartım, Elektromanyetik Analiz, Sonlu Elemanlar Yöntemi

ELECTROMAGNETIC DESIGN AND ANALYSIS OF AN EXTERNAL-EXCITED AXIAL FLUX SYNCHRONOUS ALTERNATOR

Abstract

In this study, the electromagnetic analysis and design of the external-excited axial flux (EEAF) synchronous alternator was obtained with ANSYS Maxwell 3d program. In recent years axial flux permanent magnet alternator designs are an important candidate for wind turbines. However, the air gap magnetic flux density are changed at different speeds. Different methods are given for weakening the fixed magnetic flux density provided by magnets. In this study, external-excited pole legs are modeled with Maxwell 3d using axial flux topology. It has been possible to adjust the wide range of air gap magnetic flux density with the designed pole legs.

As a result of ANSYS Maxwell 3d analysis of design, the average magnetic flux density for 1500 amper-turn and pole width 25 mm was obtained as 0.739 Tesla. For design parameters, pole edge height is obtained as 3 mm.

Keywords: Axial Flux Alternator, External-excited, Radial Flux Alternator, Electromagnetic Analysis, Finite Element Method

*Sorumlu Yazar: engin.huner@klu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi üzerine yapılan çalışmalardan bir kısmı alternatörler üzerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle sürekli mıknatıslı alternatörler üzerine yapılan çalışmalar radyal akılı ve eksenel akılı olarak ikiye ayrılmaktadır. Sürekli mıknatıslı alternatörlerin en önemli özellikleri uyartım için enerji harcanmadığı için verimlerinin yüksek oluşudur [1-3]. Bununla birlikte vuruğu momenti, alan zayıflatmanın zorluğu ve mıknatısların maliyetleri gibi bazı dezavantajları mevcuttur [4-6]. Vuruğu momenti mıknatıslar ile stator nüvesi arasında hava aralığı relüktansının değişimine bağlı olarak oluşan momentteki dalgalanmalardır. Vuruğu momentini gidermek için stator ve rotor tarafında yapılan çalışmalar mevcuttur. Stator tarafında yapılan çalışmalar maliyet açısından yüksek olduğu için genellikle rotor tarafında yapılan çalışmalar tercih edilmektedir [7-9]. Rotor tarafında vuruğu momentini azaltmak için mıknatıs kaydırma, mıknatıs kaykırı teknikleri, rotorların birbirine göre ötelenmesi, mıknatıs gruplaması ve mıknatıs yerleştirme açısı yöntemleri uygulanmaktadır [10-12]. Eksenel akılı makinelerde vuruğu momentinin yanı sıra en büyük problem devir sayısının artışı için gerilim ve frekans değişiminin dışında manyetik alanı zayıflatma gereksinimidir. Sürekli mıknatıslar kullanıldığında hava aralığındaki manyetik akı değeri değişmez dolayısıyla hava aralığı manyetik akısına bağlı olarak istenilen gerilim değeri geniş bir aralıkta ayarlanamaz. Yapılan çalışmalar incelendiğinde eksenel akılı sürekli mıknatıslı makinelerde hava aralığı manyetik akısını değiştirmek için farklı yöntemler sunulmuştur. Bu yöntemlerin bir kısmı sürekli mıknatısları ters manyetik alanlara maruz bıraktığı için mıknatısların manyetik özelliklerini yitirme durumuna karşı pek önerilmemektedir. Bununla birlikte bazı alan zayıflatma teknikleri bileşke manyetik alanların yönünü değiştirmeye dayanmaktadır [13]. Bunun için rotor yüzeyinde mıknatısların kapladığı alan azaltılarak manyetik alanda kolay yön değiştirebilen yumuşak demir bölgeler oluşturulmaktadır [14]. Bu bölgeler ikinci bir sargı ile manyetikleştirilerek toplam manyetik alanın yönü ve değeri değiştirilmektedir. Fakat bu yöntemde toplam mıknatıs hacmi azaldığı için ve ikinci bir enerji harcanması dezavantajlarındandır. Alan zayıflatma için harcanan enerji makinenin verimini de düşürmektedir. Yapılan bu çalışmada son yıllarda tasarlanan eksenel akılı alternatörlerde sürekli mıknatıslarla hava aralığı manyetik akısı oluşturmak yerine alan sargıları tasarlanarak hava aralığı manyetik akısı oluşturulmuştur. Böylelikle çok geniş aralıkta hava aralığı manyetik akısını kontrol etmek mümkündür. Alan sargısını tasarlamak için 3d katı model oluşturulduktan sonra ANSYS Maxwell

3d manyetik analiz programı ile manyetik analizler gerçekleştirilmiştir. Manyetik analizler sonucunda ise en uygun kutup ayaklarının genişliği, kutup kenar yüksekliği optimize edilmiş ve farklı amper-sarım değerleri için manyetik nüvenin doyum bölgelerinin manyetik analizleri elde edilmiştir.

2. METARYEL VE METOD

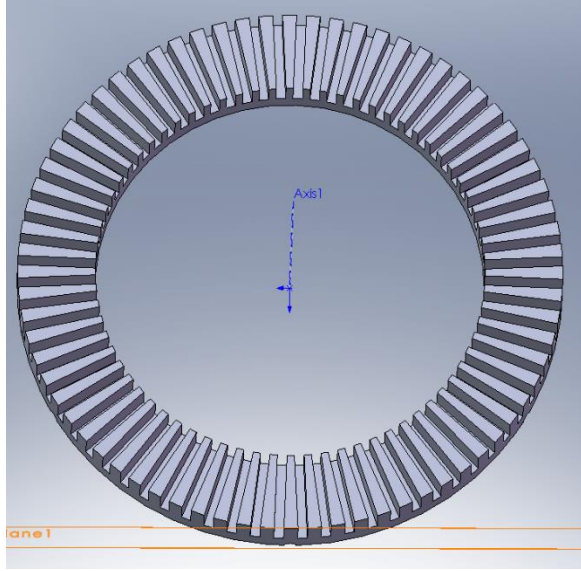
2.1. YUEA Senkron Alternatörün Tasarım Parametreleri

YUEA Senkron alternatörün rotor ve statoru için 3d katı modeli oluşturulmuştur. YUEA senkron alternatörün stator yapısı açık oluklu olarak tasarlanmıştır. Tasarımda faz başına bir oluk düşmektedir. Tasarlanan stator 72 oluklu bir yapıya sahiptir. YUEA senkron alternatörün mekaniksel değerleri Tablo 1’de verilmiştir. YUEA senkron alternatörün rotoru 24 kutuplu bir yapıya sahiptir. Kutup genişliği ve kutup kenar yüksekliği sırasıyla a ve c olarak Tablo 1’de verilmiştir.

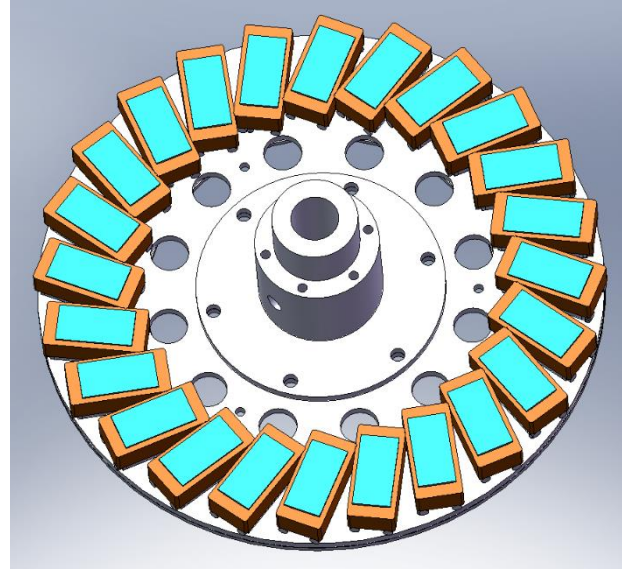
Tablo 1. YUEA Senkron Alternatörün Mekaniksel Parametreleri

Stator Ölçüleri		Rotor Ölçüleri	
Dış çap (mm)	560	Dış çap (mm)	560
İç çap (mm)	400	İç çap (mm)	460
Nüve uzunluk (mm)	50	Kutup sayısı	24
Oluk sayısı	72	Kutup yüksekliği (mm)	30
Oluk derinliği (mm)	35	Kutup genişliği (mm)	a
Oluk genişliği	10	Kutup kenar yüksekliği (mm)	c
İç çap / Dış çap	0.714		

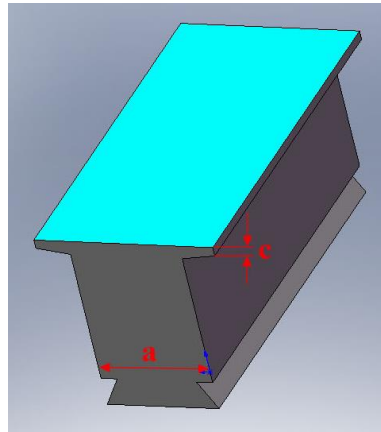
Tablo 1’e göre YUEA senkron alternatörün stator rotor ve bir kutup ayağı Şekil 1’de verilmiştir.



(a)



(b)

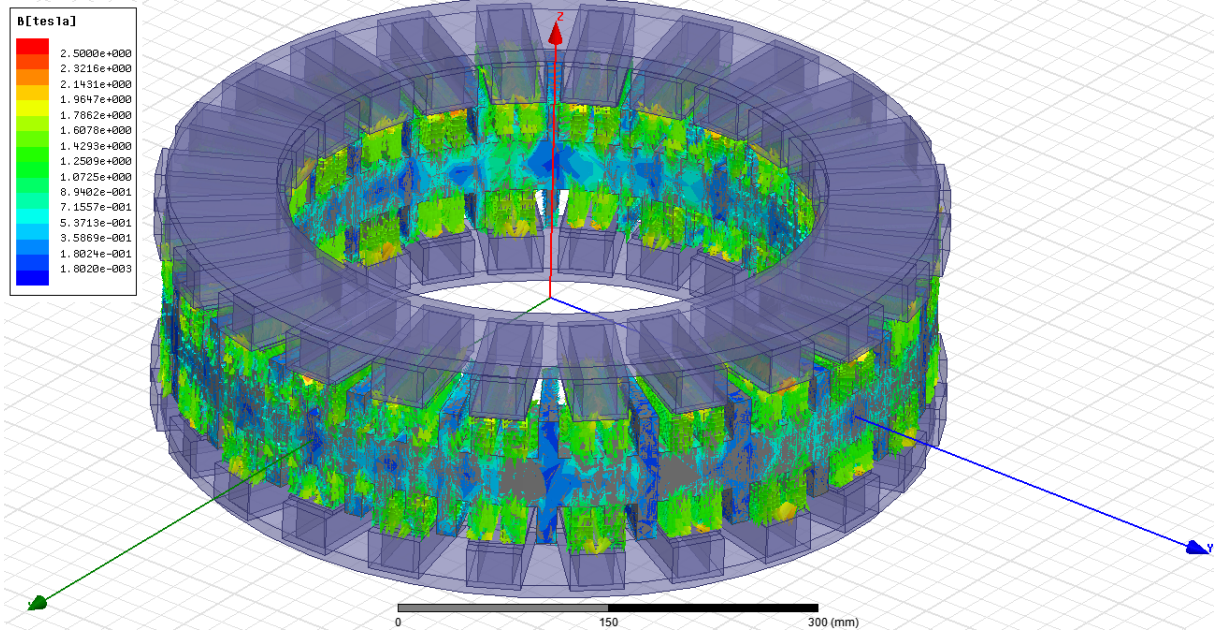


(c)

Şekil 1. YUEA Senkron Alternatör a) Stator b) Rotor c) Kutup ayağı

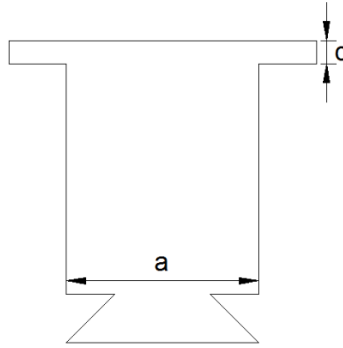
2.2. YUEA Senkron Alternatörün 3d Maxwell ile Manyetik Analizi

YUEA senkron alternatörün manyetik analizleri ANSYS Maxwell 3d programı ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle oluşturulan katı model maxwell programında Tablo 1’de verilen ölçülere göre programın çizim araçları kullanılarak oluşturulmuştur. Maxwell 3d’de oluşturulan model Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de verilen YUEA senkron alternatörün kutup ayaklarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. YUEA Senkron Alternatörün Maxwell 3d modeli

Kutup ayaklarının optimizasyonu için Şekil 3’de gösterilen 3 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler kutup genişliği “a”, kutup kenar yüksekliği “c” ve kutup ayağına sarılan sargı miktarını belirleyen amper-sarım miktarıdır.



Şekil 3. YUEA Senkron Alternatörün Kutup Ayak Ölçüleri

3. BULGULAR

YUEA senkron alternatörün elektromanyetik modeli ANSYS Maxwell programı ile 3d boyutlu oluşturularak manyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Alternatör yabancı uyarımlı olduğu için

kutup ayaklarının optimizasyonu üzerinde durulmuştur. Kutup ayaklarının a, c ve amper sarım miktarları değiştirilerek manyetik analizleri gerçekleştirilmiştir.

YUEA senkron alternatörün 3d manyetik analizleri için öncelikle amper sarım ve kutup kenar yüksekliği “c” sabit olup kutup genişliği “a” değiştirilerek elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir. Manyetik analiz sonuçları incelendiğinde kutup genişliği “a” parametresinin değişimine bağlı olarak hava aralığı ortalama manyetik akı değeri “ B_{ort} ” yükselmektedir. Bununla birlikte kutup genişliği parametresinin artmasıyla iletken kesit alanı azalacağı için “a” parametresinin her değeri için aynı amper-sarım değerine ulaşmak mümkün olmayacaktır. Bu yüzden hava aralığı ortalama manyetik akı değeri “ B_{ort} ” 0.7 Tesla ve yukarı değerler için a parametresinin 25mm ve 30mm değerleri için manyetik analizlere devam edilmiştir.

Tablo 2. YUEA Senkron Alternatörün Manyetik Analiz Sonuçları

Amper Sarım (A)	c (mm)	a (mm)	B_{ort} (Tesla)
1500	3	15	0.579
1500	3	20	0.681
1500	3	25	0.739
1500	3	30	0.766
1500	3	35	0.784

YUEA senkron alternatörün kutup genişliği “a” parametresinin 25mm ve 30mm değerleri için değişik amper-sarımlarda elde edilen manyetik analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. YUEA Senkron Alternatörün Amper-Sarım B_{ort} İlişkisi

Amper Sarım (A)	c (mm)	a (mm)	B_{ort} (Tesla)
1200	3	25	0.638
1300	3	25	0.672
1400	3	25	0.708
1500	3	25	0.739
1600	3	25	0.771
1700	3	25	0.798
1800	3	25	0.820

1200	3	30	0.653
1300	3	30	0.695
1400	3	30	0.739
1500	3	30	0.766
1600	3	30	0.793
1700	3	30	0.818
1800	3	30	0.842

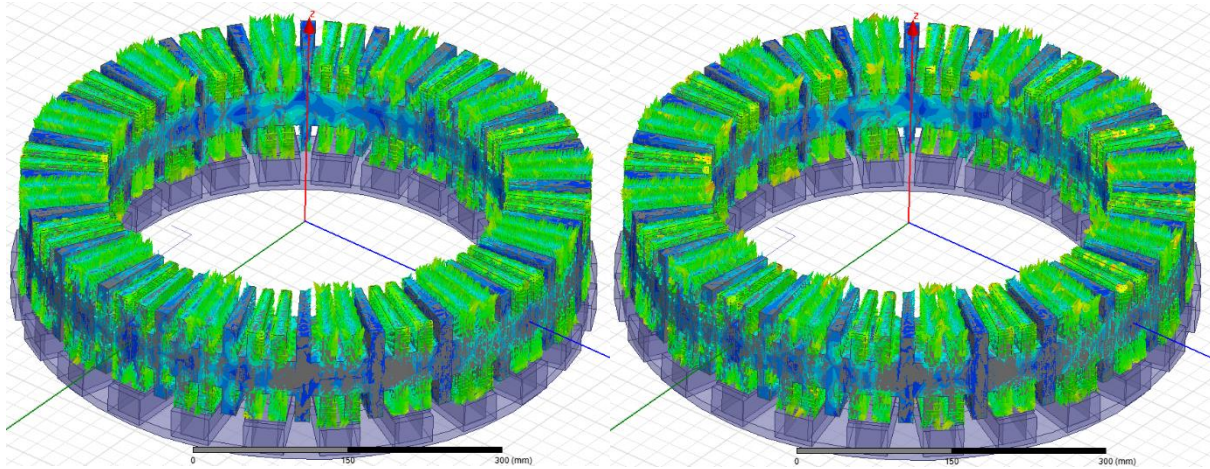
Tablo 3’de elde edilen sonuçlara bakıldığında hava aralığı ortalama manyetik akı değeri B_{ort} için 0.7 Tesla ve yukarı değerlerin en düşük 1400 amper-sarım uyarım değerinde elde edildiği görülmektedir. 1500 amper-sarım uyarım değeri için B_{ort} yaklaşık olarak 0.04 Tesla bir fark vardır. Bununla birlikte ayak genişliği 25mm ve 30mm için uyarım sarımının kesiti hesaplandığında 225mm^2 , 150mm^2 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla 25mm kutup ayağı genişliği için %50 daha fazla sarım gerçekleştirilebilir. Bundan dolayı kutup ayağı genişliği 25mm tasarım parametresi olarak belirlenmiştir.

Kutup kenar yüksekliği “c” parametresi değişimine göre hava aralığındaki B_{ort} değeri analiz edilmiştir. Tablo 4’de görüldüğü gibi c parametresinin artışı ile B_{ort} pozitif yönde artmaktadır. Dolayısıyla kutup kenar yüksekliği parametresi “c” 3mm olarak alınmıştır.

Tablo 4. YUEA Senkron Alternatörün Amper-Sarım Bort ilişkisi

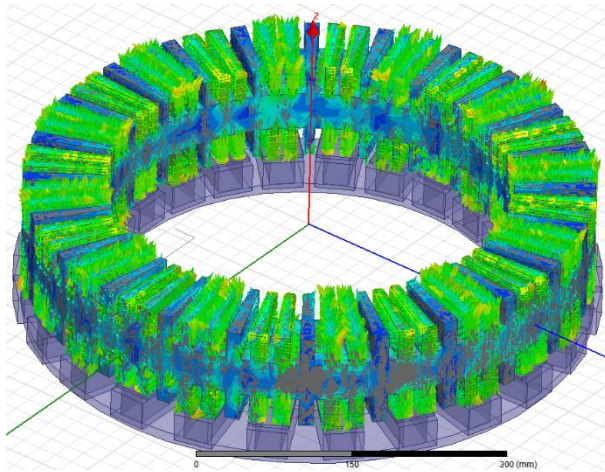
Amper Sarım (A)	c (mm)	a (mm)	B_{ort} (Tesla)
1500	3	25	0.739
1500	2	25	0.720
1500	1	25	0.708

YUEA Senkron alternatörün elde edilen c ve a parametrelerine göre farklı uyarım akımlarındaki analiz sonuçları Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4’de sırasıyla 1200 amper-sarımdan 1800 amper sarıma kadar olan manyetik analiz sonuçları verilmiştir. Şekil 4.a-g 1200 amperden 1800 amper uyarım akımına kadar kutup kenarlarında doyumun olmadığı görülmektedir. dolayısıyla geniş bir aralıkta hava aralığı B_{ort} değerini ayarlamak mümkündür.

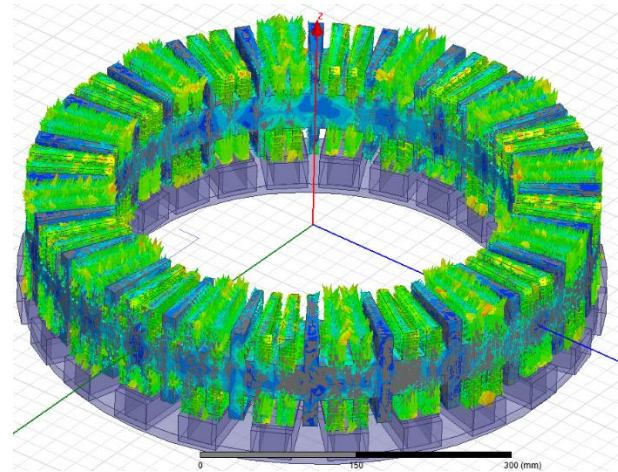


(a)

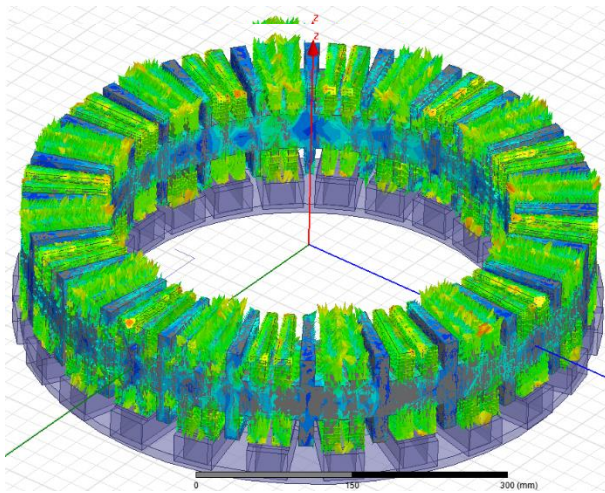
(b)



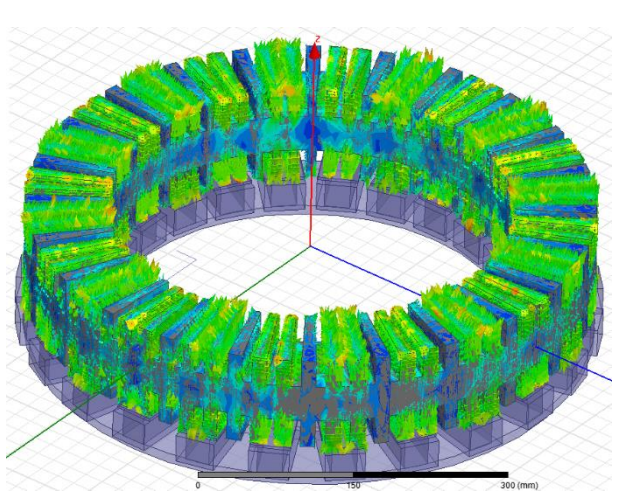
(c)



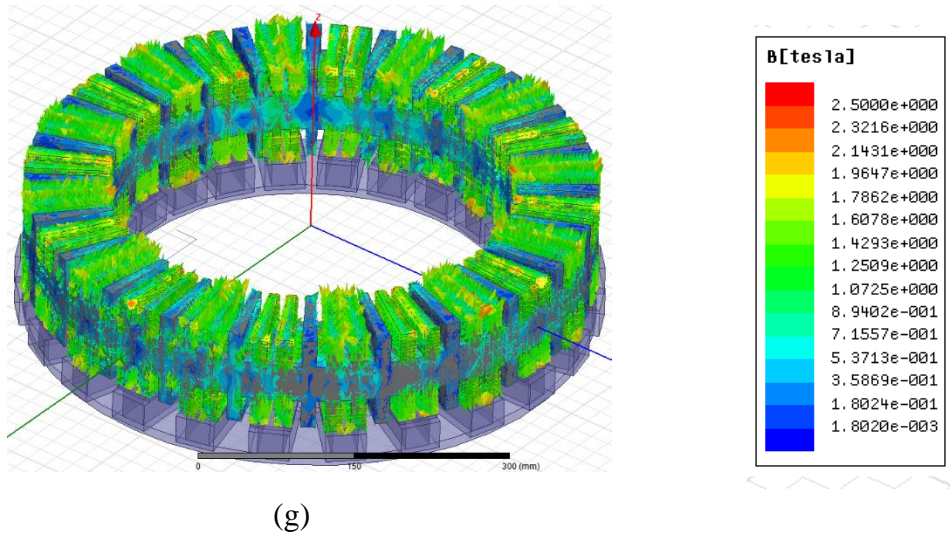
(d)



(e)



(f)



Şekil 4. YUEA Senkron Alternatörün Manyetik Alan Dağılımı a) 1200 Amper b) 1300 Amper c) 1400 Amper d) 1500 Amper e) 1600 Amper f) 1700 Amper g) 1800 Amper

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada YUEA senkron alternatörün ANSYS Maxwell 3d ile manyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Geleneksel tipte sürekli mıknatıslı kutup ayakları yerine bu çalışmada dışarıdan gerilim kaynağı ile uyarılan kutup ayakları önerilmiştir. Böylelikle sürekli mıknatıslar sabit manyetik alanı dışarıdan uyarımlı kutup ayakları ile çok geniş aralıkta hava aralığı manyetik akı değerinin ayarlanması sağlanmıştır. Bunun için de bu çalışmada kutup ayaklarının genişliği “a” ve kutup kenar yüksekliği “c” parametresi optimize edilmiştir. Sonuç olarak kutup genişliği “a” 25mm seçilerek %50 daha fazla sargı alanı elde edilmiştir. Bununla birlikte c parametresi 3mm seçilerek hava aralığının B_{ort} değeri 0.739 Tesla olarak optimize edilmiştir. Ayrıca optimize edilen a ve c parametreleri için farklı amper-sarım değerlerinde hem kutup hem de statordaki manyetik alan dağılımı incelenmiştir. Elde edilen manyetik alan sonuçlarından oluk kenarlarında doyumun olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla YUEA senkron alternatörün seçilen a ve c parametreleri ile geniş bir amper-sarım aralığında uyarım sağlanabilmektedir. Bu da bizi sürekli mıknatısların sabit manyetik alanı yerine kolaylıkla kontrol edilebilen bir hava aralığı manyetik akısı sağlamaktadır. Bundan sonraki çalışmalar kutup ayaklarında hem sargı hem de sürekli mıknatıs kullanılarak hibrid yapılı bir uyarım elde edilebilir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 114E431 nolu başlangıç AR-Ge projeleri (3001) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Minaz, M.R., Çelebi, M., Design and analysis of a new axial flux coreless PMSG with three rotors and double stators, *Result in Physics*, Vol.7, 183-188, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2016.10.026>
- [2] Bumby, J.R., Martin, R., Axial-flux permanent magnet air-cooled generator for small scale wind turbines, *IEEE Electric Power Applications*, Vol.152, No.5, 1065-1075, 2005. <https://doi.org/10.1049/ip-epa:20050094>
- [3] Wannakarn, P., Tanmaneeprasert, T., Rugthaicharoencheep, N., Nedphograw, S., Design and construction of axial flux permanent magnet generator for wind turbine generated DC voltage at rated power 1500 W, 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Shandog, China, 2011. <https://doi.org/10.1109/DRPT.2011.5993994>
- [4] Hwang, C.C., Li, P.L., Chuang, F.C., Liu, C.T., Huang, K.H., Optimization for reduction of torque ripple in an axial flux permanent magnet machine, *IEEE Transaction on Magnetics*, Vol.45, No.3, 1760–1763, 2009. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2009.2012811>
- [5] Kasim, M., Fletcher, J., Mechanical field weakening techniques for an axial flux machine, *International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application*, Indonesia, 2019. <https://doi.org/10.1109/ICSEEA47812.2019.8938626>
- [6] Kiani, F., Ardebili, M., Optimal design of an axial flux permanent magnet motor with flux control capability for electric vehicles, *International Journal of Mechatronics, Electric and Computer Technology IJMEC*, Vol.10, No.36, 4583–4597, 2020.
- [7] Kumar, P.,; Srivastava, R.K., Cost-Effective stator modification technique for cogging torque reduction in axial flux permanent magnet machines, *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific*, 2018.
- [8] Xiao, L., Li, J., Qu, R., Lu, Y., Zhang, R., Li, D., Cogging torque analysis and minimization of axial flux PM machines with combined rectangle-shaped magnet, *IEEE Transaction on Industry Applications*, Vol.53, No.2, 1018–1027, 2017. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2631522>

- [9] Arand, S.J., Ardebili, M., Cogging torque reduction in axial flux permanent magnet wind generators with yokeless and segmented armature by radially segmented and peripherally shifted magnet pieces, *Renewable Energy*, Vol.99, 95–106, 2016. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.054>
- [10] Hsieh, M.F., Dorrell, D.G., Yeh, Y.H., Ekram, S., Cogging torque reduction in axial flux machines for small wind turbines, 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, 3-5 November, 2009. <https://doi.org/10.1109/IECON.2009.5414896>.
- [11] Huang, M.S., Chen, P.C., Huang, Y.S., Chen, K.C., Reduce the cogging torque of axial flux permanent magnet synchronous motor for light electric vehicle application, *IEEE ICIT*, Taipei, Taiwan 14-17 March, 2016. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2016.7474749>.
- [12] Reza, M.M., Ahmad, A., Kumar, P., Srivastava, R.K., Semi-Analytical model for triangular skewed permanent magnet axial flux machine, *IEEE ITEC-India*, 2017. <https://doi.org/10.1109/ITEC-India.2017.8333843>
- [13] Aydın, M., Huang, S., Lipo, T.A., A New axial flux surface mounted permanent magnet machine capable of field control, 37th IAS Annual Meeting, Vol.2, 1250-1257, 2002. <https://doi.org/10.1109/IAS.2002.1042719>.
- [14] Tapia, J.A., Gonzalez, R., Wallace, R., Valenzuela, A., Axial flux surface mounted PM machine with field weakening capability, *Recent Developments of Electrical Drives*, 321-334, 2006. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4535-6_27

TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ DURUMU VE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMUNDA ÖNEMLİ PARAMETRELER

Oğuz Ozan YOLCAN^{1*}, Ramazan KÖSE²

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Öz

Fosil kökenli yakıtların limitli rezervleri ve çevreye verdikleri zararlar, yenilenebilir enerji kaynaklarını günden güne daha önemli kılmaktadır. Ülkemizin elektrik enerjisi üretiminde, ithal edilen fosil kökenli yakıtların payı çok büyüktür. Bu sebepten dolayı, elektrik üretiminde alternatif kaynaklara yönelmek önem arz etmektedir. Bu alternatiflerden birisi, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisidir. Dünyada ve ülkemizde, güneş enerjisi santrallerine yapılan yatırımlar yıldan yıla, hızlı bir şekilde artmaktadır. Ülkemiz yıllık toplam güneşlenme süresi olarak 2741 saat ve yıllık toplam gelen güneş enerjisi değeri olarak 1527 kWh/(m².yıl) değerleri ile önemli bir güneş potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmada; ülkemizin enerji durumu, yenilenebilir enerji kaynakları ve güneş enerjisi durumu değerlendirilmiş, güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli olan parametrelerden, santral verimliliği, yasal düzenlemeler ve çevresel etkiler olmak üzere 3 ana başlık altında bahsedilmiştir. Ayrıca, çeşitli kriterler kullanılarak algoritmalar yardımıyla güneş enerjisi santrali yer seçimi incelenmiş, yapılmış çalışmalar üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son aşamasında, DPÜ Evliya Çelebi Kampüs alanı ele alınarak, AHP yöntemiyle PV kurulumuna uygun olan alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji, güneş enerjisi santrali yer seçimi

Abstract

Limited reserves of fossil fuels and the damage they cause to the environment make renewable energy resources more important day by day. The share of imported fossil based fuels in the electricity production of our country is very large. For this reason, it is important to turn to alternative sources in electricity generation. One of these alternatives is solar energy, which is one of the renewable energy sources. Investments in solar power plants in the world and in our country are increasing rapidly from year to year. Our country has a significant solar potential with 2741 hours of total sunshine duration and 1527 kWh / (m².year) as a total annual solar energy value.

In this study; Turkey's energy situation, renewable energy resources and solar energy situation were evaluated. The important parameters in solar power plant installation are mentioned under three main headings: power plant efficiency, legal regulations and environmental impacts.

*Sorumlu Yazar: oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr

In addition, the location selection of the solar power plant has been examined using various criteria with the help of algorithms and the studies have been emphasized. In the last phase of the study, the areas suitable for PV installation with AHP method were determined by considering DPÜ Evliya Çelebi Campus area.

Keywords: Solar energy, renewable energy, solar powerplant site selection

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin her geçen gün arttığı dünyamızda, fosil kökenli yakıtların limitli rezervleri ve çevreye verdiği zararlar sebebiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Tablo 1’ de bazı ülkelerin, 2016 yılı kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları verilmektedir [1]. Tablo 1’den görüleceği üzere, Kanada elektrik üretiminin çok büyük bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Dünya ortalamasına bakıldığında ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının %22,9 gibi önemli bir orana sahip olduğu görülmektedir. Dünya ortalamasında kömürün oranı %40,6, petrolün oranı %4,3, doğal gazın oranı %21,6 ve nükleer enerjinin oranı %10,6 olarak görülmektedir. Dünyanın en çok elektrik üretimine sahip ülkeleri olan Çin ve ABD, elektrik üretimini çok büyük ölçüde fosil kökenli yakıtlardan sağlamaktadır. Ülkemiz 2002-2017 yılları arası 16 yıllık elektrik enerjisi üretim ve tüketim oranlarının verildiği Tablo 2 incelendiğinde, 2009 yılı hariç, üretim ve tüketim değerlerinde düzenli bir artış olduğu görülmektedir [2]. Tablo 2’de ülkemizin 2017 elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık 296,7 milyar kWh, elektrik enerjisi üretimi ise yaklaşık 297,3 milyar kWh olarak belirtilmiştir. Ülkemizin kaynak bazında elektrik enerjisi üretim miktarları ve oranları ise Tablo 3’te verilmektedir [2]. Tablo 3’ten görüleceği üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi düzenli olarak artış göstermiştir. 2017 yılında ülkemizde üretilen 297,3 milyar kWh elektrik enerjisinin, 26,9 milyar kWh’lık kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmiş olup, bu miktar, toplam elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık %9’luk kısmına eşittir.

Tablo 1. Bazı ülkelerin kaynak bazında elektrik üretim oranları [1]

Ülke	Kömür (%)	Petrol (%)	Doğal Gaz (%)	Nükleer (%)	Yenilenebilir Enerji (%)	Diğer (%)
Fransa	2,1	0,3	2,3	77,6	17,5	0,2
Almanya	45,4	0,9	9,9	15,5	28,0	0,3
ABD	39,5	0,9	26,8	19,1	13,6	0,1
Kanada	9,9	1,2	9,3	16,4	62,8	0,3
Çin	72,5	0,2	2,0	2,3	23,0	0,0
Hindistan	75,1	1,8	4,9	2,8	15,5	0,0
Rusya	14,9	1,0	50,1	17,0	17,0	0,0
Dünya	40,6	4,3	21,6	10,6	22,9	0,1

Tablo 2. Ülkemiz elektrik enerjisi görünümü (GWh) [2]

Yıl	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim	Üretim Artış Oranı (%)	Tüketim Artış Oranı (%)
2002	129.399,5	3.588,2	435,1	132.552,6	5,4	4,5
2003	140.580,5	1.158,0	587,6	141.150,9	8,6	6,5
2004	150.698,3	463,5	1.144,3	150.017,5	7,2	6,3
2005	161.956,2	635,9	1.798,1	160.794,0	7,5	7,2
2006	176.299,8	573,2	2.235,7	174.637,3	8,9	8,6
2007	191.558,1	864,3	2.422,2	190.000,2	8,7	8,8
2008	198.418,0	789,4	1.122,2	198.085,2	3,6	4,3
2009	194.812,9	812,0	1.545,8	194.079,1	-1,8	-2,0
2010	211.207,7	1.143,8	1.917,6	210.434,0	8,4	8,4
2011	229.395,1	4.555,8	3.644,6	230.306,3	8,6	9,4
2012	239.496,8	5.826,7	2.953,6	242.369,9	4,4	5,2
2013	240.154,0	7.429,4	1.226,7	246.356,6	0,3	1,6
2014	251.962,8	7.953,3	2.696,0	257.220,1	4,9	4,4
2015	261.783,3	7.135,5	3.194,5	265.724,4	3,9	3,3
2016	274.407,7	6.330,3	1.451,7	279.286,4	4,8	5,1
2017	297.277,5	3.588,2	435,1	296.702,1	8,3	6,2

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi miktarları ve bu miktarların toplam elektrik üretimi içerisinde paylarının verildiği Tablo 4 incelendiğinde ise, özellikle güneş enerjisinden elektrik üretiminin son yıllarda katlanarak arttığı ve 2014 yılında 17,4 milyon kWh değerindeyken 2017 yılında 2,9 milyar kWh değerine ulaştığı görülmektedir [2].

Tablo 3. Kaynak bazında ülkemiz elektrik enerjisi üretimi (GWh) [2]

Yıl	Termik	Hidrolik	Rüzgar + Güneş + Jeotermal	Toplam
2002	95.563,1	33.683,8	152,6	129.399,5
2003	105.101,0	35.329,5	150,0	140.580,5
2004	104.463,7	46.083,7	150,9	150.698,3
2005	122.242,3	39.560,5	153,4	161.956,2
2006	131.835,1	44.244,2	220,5	176.299,8
2007	155.196,3	35.850,8	511,0	191.558,1
2008	164.139,3	33.269,8	1.008,9	198.418,0
2009	156.923,4	35.958,4	1.931,1	194.812,9
2010	155.827,6	51.795,5	3.584,6	211.207,7
2011	171.638,3	52.338,6	5.418,2	229.395,1
2012	174.871,7	57.865,0	6.760,1	239.496,8
2013	171.812,5	59.420,5	8.921,0	240.154,0
2014	200.416,6	40.644,7	10.901,5	251.962,8
2015	179.366,4	67.145,8	15.271,0	261.783,3
2016	185.798,1	67.230,9	21.378,7	274.407,7
2017	212.138,5	58.218,5	26.920,6	297.277,5

Tablo 5’ te, ülkemizin birincil kaynaklara göre kurulu gücü görülmektedir [3]. Mayıs 2019 sonu itibarıyla, ülkemizin toplam kurulu gücü yaklaşık 90 bin MW’ tır. Toplam kurulu güç içerisinde, fosil kökenli yakıt kullanan santrallerin oranı %52,8, hidrolik santrallerin oranı %31,7 ve yenilenebilir enerji santrallerinin oranı %15,5’ tir. Türkiye kurulu gücünün önemli bir bölümünü, yakıt olarak ithal edilen fosil kökenli yakıtları kullanan santraller oluşturmaktadır.

Rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklarını kullanan santrallerin toplam payı içerisinde rüzgar %51,4 güneş %39,0 ve jeotermal %9,6 orana sahiptir. Güneş enerjisi santrallerinin, ülkemiz toplam kurulu gücü içerisindeki payı %6,1 dolayındadır.

Tablo 4. Ülkemiz elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (GWh) [2]

Yıl	Jeotermal	Rüzgar	Güneş	Toplam
2002	104,6	48,0		152,6
2003	88,6	61,4		150,0
2004	93,2	57,7		150,9
2005	94,4	59,0		153,4
2006	94,0	126,5		220,5
2007	156,0	355,1		511,0
2008	162,4	846,5		1.008,9
2009	435,7	1.495,3		1.931,1
2010	668,2	2.916,4		3.584,6
2011	694,4	4.723,9		5.418,2
2012	899,3	5.860,8		6.760,1
2013	1.363,5	7.557,5		8.921,0
2014	2.364,0	8.520,1	17,4	10.901,5
2015	3.424,5	11.652,5	194,1	15.271,0
2016	4.818,5	15.517,1	1.043,1	21.378,7
2017	6.127,5	17.903,8	2.889,3	26.920,6

Tablo 5. Ülkemiz birincil kaynaklara göre kurulu gücü [3]

Birincil Kaynak	Santral Adedi	Kurulu Güç (MW)
Akarsu	541	7.855,2
Asfaltit Kömür	1	405,0
Atık Isı	74	338,3
Barajlı	121	20.554,2
Biyokütle	150	665,2
Doğalgaz	323	25.906,2
Fuel Oil	15	487,2
Güneş	6.323	5.435,1
İthal Kömür	14	8.938,9
Jeotermal	48	1.335,5
Linyit	48	9.842,0
LNG	1	2,0
Motorin	1	1,0
Nafta	1	4,7
Rüzgar	257	7.155,4
Taşkömürü	4	810,8
Toplam	7.922	89.736,7

2. ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

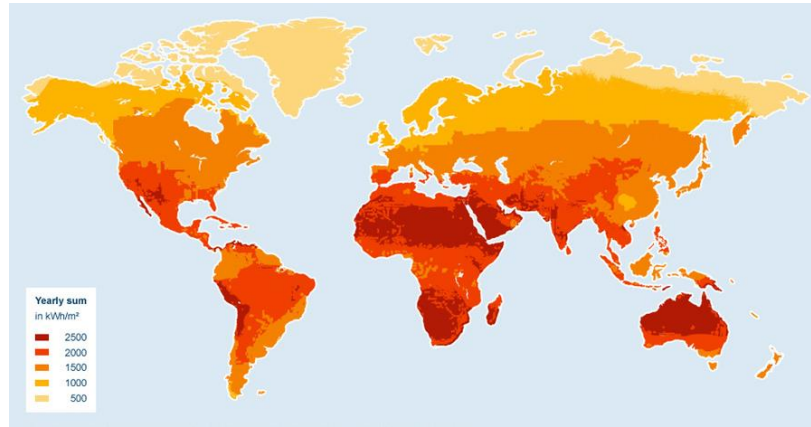
Enerji kaynakları değerlendirilirken, çeşitli kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji teknolojilerinin değerlendirilmesinde, ülke yapısına ilişkin kriterler, teknolojik kriterler, ekonomik kriterler ve sosyo-ekonomik kriterler ayrı ayrı incelenmelidir. Ülkemizin, enerji konusunda sıkıntı yaşamaması için enerji talebinin hangi kaynaklarla karşılanacağını belirlenmesi ve uygulamaların da buna göre yapılması gereklidir. Enerji politikalarındaki ciddiyetsizlik ve dağınıklık önlenmeli, ülkemizin güvenli, temiz ve yeterli enerjiye sahip olmasını hedefleyen planlı bir enerji politikası oluşturularak, bu politikaya bağlı kalınmalıdır. Enerji teknolojilerini değerlendirme kriterleri, açıklamalarıyla birlikte Tablo 6’ da paylaşılmıştır [4].

Tablo 6. Enerji teknolojilerini değerlendirme kriterleri [4]

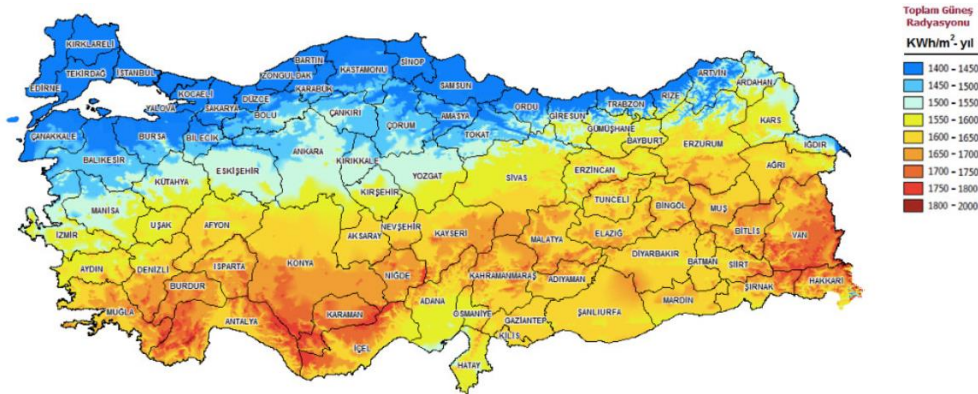
Kriterler	Açıklama
Ülke yapısına ilişkin kriterler	Doğal kaynaklardan yararlanma Nüfus dağılımına uyum İklim ve coğrafi koşullara uyum Sektörel yapı üzerindeki etkiler Milli hedeflere uyum
Teknolojik kriterler	Enerji talebini karşılamaya katkı Talep dağılımına uyum Teknolojinin gelişme düzeyi Teknolojik risk
Ekonomik kriterler	Birim enerji maliyeti Döviz ihtiyacı Dışa bağımlılık Sanayide yeni yatırımları teşvik etme olasılığı
Sosyo-ekonomik kriterler	Ülkede istihdamı artırma imkanı Toplum sağlığı üzerindeki etkiler Çevre üzerindeki etkiler Sosyal ve kültürel yapı üzerindeki etkiler

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışımaya enerjisidir. Atmosferin dışında güneş enerjisi şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Güneş, nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır [5]. Aşağıda, dünya ve ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli haritaları görülmektedir.



Şekil 1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli atlası [6]



Şekil 2. Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli atlası [7]

Güneş enerjisinden doğrudan ve dolaylı olarak pek çok alanda yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi kullanım alanları doğal, ısı, doğrudan elektrik üretimi ve diğer kullanım alanları olmak üzere 4

başlıkta toplanabilir [8]. Güneş enerjisinin doğal kullanımına fotosentez ve fosil yakıtların oluşumu örnek gösterilebilir. Güneş enerjisi, çeşitli sıcaklık değerlerinde gruplandırılarak ısı uygulamalarda kullanılmaktadır. Düşük sıcaklık uygulamalarına kullanım suyu eldesi ve tarım ürünleri kurutulması, orta sıcaklık uygulamalarına vakumlu güneş kolektörleri, yüksek sıcaklık uygulamalarına ise yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri (CSP) örnek gösterilebilmektedir. Güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretiminde PV paneller kullanılmaktadır. PV hücreler, güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine çeviren aygıtlardır.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ YER SEÇİMİ

Güneş enerji santrallerinin yer seçimi kriterleri, santrallerin kurulum ve işletme aşaması süreçlerini ve elektrik üretim maliyetini doğrudan etkilemektedir. Yer seçiminde santral verimliliği, yasal düzenlemeler ile çevresel etki kriterleri ön plandadır. Yasa ve yönetmeliklerin kısıtlama ve teşvik mekanizmalarının incelenmesi önemlidir [9].

4.1. Santralin Verimliliği ve Çevresel Etkiler

Uygun santral seçimi konusunda bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, arazi yapısı, arazi kullanım durumu, şebeke bağlantıları, enerji tüketim bölgelerine mesafesi, erişilebilirliği, su kaynakları, arazinin jeolojik yapısı, arazi durumu ve arazi maliyeti gibi temel kriterler bulunmaktadır [8]. Bu kriterler ve gereklilikleri şu şekilde özetlenebilir [10];

Tablo 7. GES yer seçimi kriterleri ve gereklilikleri [10]

Kriter	Gereklilik
Güneş ışınımı	>1100 kWh/(m ² .yıl)
Eğim	<5° – 15°
Yerleşim bölgesine yakınlık	<2500 metre
Sanayi bölgelerine yakınlık	<3500 metre
Karayolu ağına yakınlık	<500 metre
Hava sıcaklık aralığı	15 °C – 40 °C
Arazi örtüsü	Ormanlardan, yerleşim yerlerinden, tarıma elverişli alanlardan, doğal afet riski taşıyan bölgelerden uzak olmalı, bitki örtüsünün yoğun olmamalı

Güneş enerji santrallerinin verimliliğini etkileyen temel koşullardan biri, santralin kurulacağı bölgenin güneş enerjisi potansiyelidir. Ülkemiz güneş ışınımı açısından oldukça zengin bir konumda yer almaktadır. Ülkemizde toplam güneş ışınım şiddeti yıllık 1527 kWh/m^2 , yıllık toplam güneşlenme süresi ise 2 bin 741 saattir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası' na göre günlük ışınım değerlerinin en az $3,29 \text{ kWh/m}^2$, en fazla $5,48 \text{ kWh/m}^2$ olduğu görülmektedir [7].

Arazi eğimi, güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli bir kriterdir. Eğimli araziler inşaatı zorlaştırır ve maliyeti artırır. Panellerin dik yamaçlara montajı erozyon, drenaj ve statik problemlere yol açabilir [11]. Düz arazilerde, panellerin optimum açısı kolaylıkla ayarlanabilirken, eğimli arazide bu işlem zorlaşmaktadır.

Güneş enerjisi santralının, şebekeye olan mesafesi bir diğer önemli kriterdir. Santralin şebekeye yakın olması, yeni altyapı kurulumunu önleyerek kurulum maliyetini azaltmaktadır. Santralin, elektrik tüketiminin yoğun olduğu bölgelere yakın kurulması, iletim kayıplarını ve altyapı maliyetlerini azaltarak, kurulum ve işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır [12].

Ortam sıcaklığı, panellerin verimliliğini etkileyen önemli kriterlerdendir. Panellerin optimum verimde elektrik enerjisi üretebilmesi için en uygun hava sıcaklık aralığı $15 \text{ }^\circ\text{C} - 40 \text{ }^\circ\text{C}$ aralığıdır [10].

Arazinin mülkiyet durumu, kurulum ve işletme aşamasında üzerinde durulması gereken en önemli kriterlerdendir. Yaşanabilecek olası problemlerin aşılabilmesi için, kadastro belgeleri ve ihale anlaşmaları özenle hazırlanmalıdır [10]. Ayrıca santralin kurulacağı alan ormanlardan, yerleşim yerlerinden, tarıma elverişli alanlardan, doğal afet riski taşıyan bölgelerden uzak olmalı, bitki örtüsünün yoğun olmadığı bölgelere kurulmalıdır [10].

4.2. Yasal Düzenlemeler

Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde, yapılmış olan yasal düzenlemeler ile uygulama yönetmeliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir [9]. Güneş enerji santrallerinin yer seçimini etkileyen yasal düzenlemeler şöyle özetlenebilir;

Tablo 8. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimini etkileyen yasal düzenlemeler

Yasal Düzenleme	Amacı
5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.
4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu	Endüstri bölgelerinin kurulması, yönetim ve işletilmesine ilişkin esasları düzenlemektir
2872 Sayılı Çevre Kanunu	Bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır.
2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu	Yurdumuzdaki milli ve milletlerarası düzeyde değerlere sahip milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanlarının seçilip belirlenmesine, özellik ve karakterleri bozulmadan korunmasına, geliştirilmesine ve yönetilmesine ilişkin esasları düzenlemektir.
4342 Sayılı Mera Kanunu	Daha önce çeşitli kanunlarla tahsis edilmiş veya kadimden beri kullanılmakta olan mera, yaylak, kışlak ve kamuya ait otlak ve çayırların tespiti, tahdidi ile köy veya belediye tüzel kişilikleri adına tahsislerinin yapılmasını, belirlenecek kurallara uygun bir şekilde kullandırılmasını, bakım ve ıslahının yapılarak verimliliklerinin artırılmasını ve sürdürülmesini, kullanımlarının sürekli olarak denetlenmesini, korunmasını ve gerektiğinde kullanım amacının değiştirilmesini sağlamaktır.
5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu	Toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüklerinin belirlenmesi ve bölünmelerinin önlenmesi, tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine

	uygun olarak planlı kullanımını sağlayacak usul ve esasları belirlemektir
3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu	Sulama alanları ile Bakanlar Kurulunca gerekli görülen alanlarda; e) Zorunluluk halinde tarım arazisinin diğer amaçlara tahsisini düzenlemeyi sağlamaktır.
2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu	Korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımları belirlemek, yapılacak işlem ve faaliyetleri düzenlemek, bu konuda gerekli ilke ve uygulama kararlarını alacak teşkilatın kuruluş ve görevlerini tespit etmektir.
3621 Sayılı Kıyı Kanunu	Deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerinin doğal ve kültürel özelliklerini gözeterek koruma ve toplum yararlanmasına açık, kamu yararına kullanma esaslarını tespit etmek amacıyla düzenlenmiştir.
2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu	a) Yurt savunması bakımından hayati önemi haiz askeri tesisler ve bölgeler ile sınırların, güvenlik ve gizliliğini sağlamak için bunların çevrelerinde, kıyılarında ve havalarında; kara, deniz ve hava askeri yasak bölgelerinin, b) Yurt savunması veya yurt ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunan veya kısmen dahi tahripleri veya devamlı olarak ya da geçici bir zaman için faaliyetten alıkonulmaları halinde milli güvenlik veya toplum hayatı bakımından olumsuz sonuçlar doğurabilecek; diğer askeri tesis ve bölgeler ile kamu veya özel kuruluşlara ait her türlü yer ve tesislerin etrafında güvenlik bölgelerinin, Kurulması, kaldırılması ve gerektiğinde genişletilmesine ilişkin esas ve yöntemlerin düzenlenmesidir.
2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu	Devamlı ve hızlı bir gelişme gösteren, ileri teknolojinin uygulandığı, sürat ve emniyet faktörlerinin büyük önem taşıdığı sivil havacılık sahasındaki faaliyetlerin ulusal çıkarlarımız ve uluslararası ilişkilerimize uygun bir şekilde düzenlenmesini sağlamaktır.

4.3. Algoritmalar İle Santral Sahası Belirlenmesi

Güneş enerjisi santral sahası belirlenmesinde, önceki bölümlerde belirtilen kriterler kullanılarak, çeşitli algoritmalar yardımıyla en uygun yer seçimi yapılabilmektedir.

Dhunny ve ark., rüzgar, güneş ve hibrit rüzgar-güneş santralleri için en uygun bölgeleri değerlendirmek için bulanık mantık kullanarak bir analitik çerçeve geliştirilmiştir; klimatolojik, topografik ve insan faktörleri yoluyla enerji optimizasyonu için kritik bileşenler kullanılmıştır. Model, oldukça karmaşık bir topografya taşıyan Mauritius adasına bir örnek olay incelemesiyle uygulanmıştır. Bu hesaplama sayesinde, rüzgar ve güneş enerjisi, saha kotu, yerleşim alanları ve ızgara hatlarına yakınlık gibi kısıtlamalar, farklı bulanık üyelik kümelerine uydurulmuş ve her birinin bireysel memnuniyet dereceleri hesaplanmış ve genel memnuniyet derecelerinde toplanmıştır [13]. Jung ve ark. dijital sayısal haritaları kullanarak PV güneş panelleri için yerlerin önceliklendirilmesi ve seçilmesi için güneş enerjisi potansiyelini tahmin eden bir hesaplama yöntemi önermiştir. Bu haritalar, doğru arazi kullanımını desteklemek için çeşitli mekansal veriler sunar. Ulusal karayolu yamaçlarının potansiyel kurulum alanları olarak kullanılmasına odaklanmaktadır, çünkü bunlar genellikle erişimi yüksek, az kısıtlı olan ortak kullanım alanlarıdır. Yıllık güneş ışınlarının tahmini için, yükseklik hatları ve otoyol ağları ilk önce sayısal haritalardan ayrılmıştır. Çıkarılan konturlar daha sonra tahmin için bir topografik veri kümesi üretmek için kullanılmıştır. Çıkarılan karayolu ağı, içinde yüksek güneş enerjisine sahip ızgara hücrelerinin tanımlandığı ve uygun bölgelerin yerini belirlemek için kümelenildiği doldurma eğimlerini temsil eden ikili bir maske üretmek için kullanılmıştır [14]. Palmer ve ark., İngiltere'deki güneş enerjisi çiftliklerinin yerlerini belirlemek için saha uygunluğu analizini kullanmışlardır. Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) yazılımı ile her biri belirli bir uygunluk kriterini temsil eden bir harita seti oluşturulmuştur. Bunlar, büyük ölçekli PV çiftlik kurulumları için uygun olan alanların haritasını oluşturmak için birleştirilmiştir. Coğrafi faktörler, güneş enerjisi kaynağı ve elektrik dağıtım şebekesi kısıtlarını içeren kriterleri değiştirerek çeşitli senaryolar araştırılmıştır [15]. Doorga ve ark., coğrafi bilgi sistemi (GIS) analizi ile birleştirilmiş Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) tekniği kullanılarak yasal, sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve kültürel perspektiflere dayanan yere monte güneş enerjisi santrallerinin kurulumları için mekansal uygunluğunu araştırmışlardır. [16]. Ali ve ark., Tayland'ın güneyindeki bir il olan Songkhla'da faydalı ölçekli rüzgar ve güneş çiftliklerini bulmak için ideal bölgeleri tespit etmişlerdir. Coğrafi bilgi sistemi (GIS) ve analitik

hiyerarşi süreci (AHP), çeşitli fizyolojik, çevresel ve ekonomik konumlandırma kriterlerini değerlendirmek için kullanılmıştır. [17]. Wu ve ark., yer seçimi, sürdürülebilir çevre ve toplum üzerindeki etkileri göz önünde bulundurarak, parabolik çanaklı konsantre güneş enerjisi santrali projelerinin tüm yaşam döngüsünü dikkate almışlardır. Bilgi eksiklikleri, etkileşim problemi ve karar sürecinde var olan değerlendirme özelliklerinin çeşitli özellikleri göz önüne alınarak, parabolik çanaklı konsantre güneş enerjisi santrali yer seçim kararına, bulanık PROMETHEE II yaklaşımını uygulayan, üçgen bir sezgisel bulanık genelleştirilmiş sıralı ağırlıklı ortalama ile birleştirilen entegre bir çerçeve oluşturmuşlardır [18]. Shorabeh ve ark., İran'da farklı iklim koşullarına sahip dört ildeki güneş enerjisi santralleri için potansiyel alanları temsil eden haritalar üretmek için GIS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Analizi (GIS-MCDA) tekniğini kullanmışlardır. Risk kavramı, Sipariş Edilen Ağırlıklı Ortalama (OWA) modeli kullanılarak GIS-MCDA sürecine dahil edilmiştir. OWA modeli, uygun santral alanlarını belirlemek için çeşitli risk alma (iyimser) ve riskten kaçınma (karamsar) senaryoları sağlanmıştır [19]. Garni ve ark., coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve çok kriterli bir karar verme (MCDM) tekniği kullanarak, güneş enerjisi projeleri için en uygun yerin değerlendirilmesi ve seçilmesini incelemiştir. Model, ekonomik ve teknik faktörler gibi farklı yönleri göz önünde bulundurarak, proje maliyetini en aza indirirken maksimum güç elde edilmesini sağlama amacındadır. Kriterleri ölçmek ve potansiyel bölgeleri değerlendirmek için bir arazi uygunluk endeksini (LSI) hesaplamak için analitik bir hiyerarşi süreci (AHP) uygulanmıştır. Çalışmada, Suudi Arabistan için bir vaka çalışması sunulmaktadır. Modelde, yollar, dağlar ve korunan alanlar gibi gerçek klimatoloji ve mevzuat verileri kullanılmıştır [20]. Zoghi ve ark., bulanık mantığa, ortalama bir riske sahip olan ve ağırlıklarına göre öncelikli katmanları içerebilen ağırlıklı doğrusal kombinasyona (WLC) ve Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) sürecine dayalı optimizasyon alanı seçimini incelemiştir. Alan tespit edildikten sonra, belirsizlikten dolayı bulanık yöntem kullanılarak ölçüt katmanlarının değerlendirilmesi ve önemi belirlenmiş, katmanlar birleştirilmiştir. Genel olarak, sonuçlar bulanık mantık, WLC ve MCDM kombinasyonunun optimal güneş alanlarını bulmakta yüksek bir hassasiyete ve konumlandırmaya sahip olduğunu ve bu şekilde iklimsel katmanların en önemli olduğunu göstermiştir [21]. Abdul-Wahab ve ark., Umman koşulları için en iyi PV sistemi bulmak ve mevcut bir PV sistemi kullanarak kaçınılabilecek kirlenici emisyonları maliyetlerini analiz etmek için Elektrik Yenilenebilir Hibrit Optimizasyon modeli (HOMER) kullanmışlardır. HOMER kullanımı, güneş

enerjisi üretimini en üst düzeye çıkarmak için Umman'daki en iyi konumların belirlenmesine yardımcı olmaktadır [22]. Cho ve ark., anketler ve coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile gelir, eğitim ve güneş enerjisini benimseme ilişkilerini analiz etmişlerdir. GIS analizinden ve lineer regresyondan elde edilen sonuçlar, eğitim, gelir düzeyleri ve Oregon nüfus sayım yollarındaki solar PV uygulayıcılarının sayısı arasındaki korelasyonu göstermektedir [23].

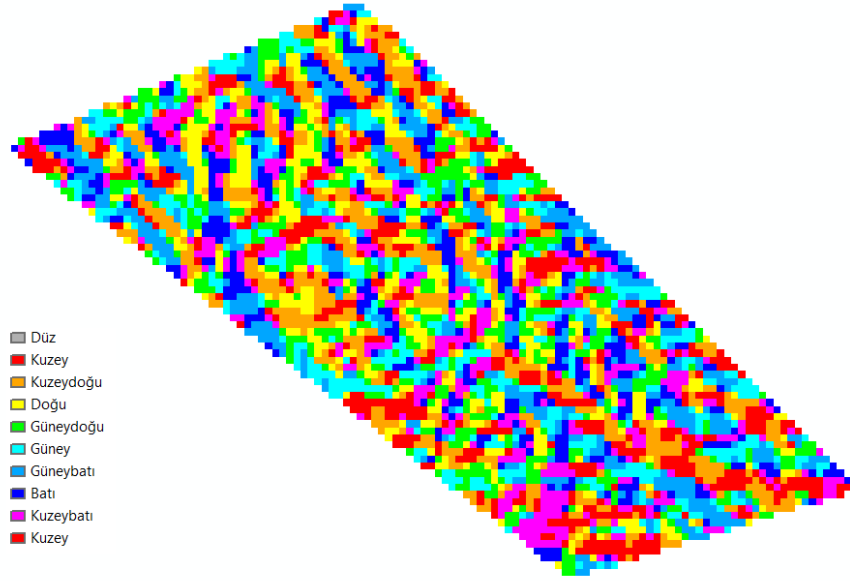
4.4. Örnek Çalışma: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Kampüsü

Bu bölümde, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Kampüsü ele alınmış ve Analitik Hiyerarşi Süresi (AHP) yöntemi kullanılarak, PV santrali kurulabilecek alanlar belirlenmiştir. Seçili alan, Google Earth yazılımı üzerinden alınmıştır [24].

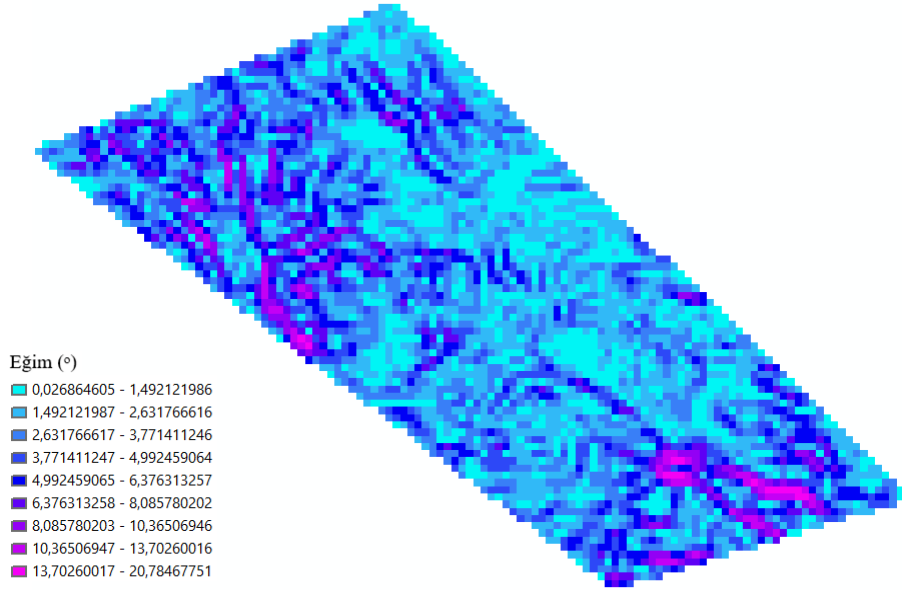
Yapılan örnek çalışmada eğim, bakı, kampüs içinde yer alan binalar, su kütleleri ve yollar kriter olarak alınmıştır. Haritalar NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) programından [25] alınmış ve ArcGIS yazılımında analiz edilmiştir [26]. ArcGIS yazılımında yapılan analiz sonucu elde edilen haritalar aşağıda görülmektedir.



Şekil 3. DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü



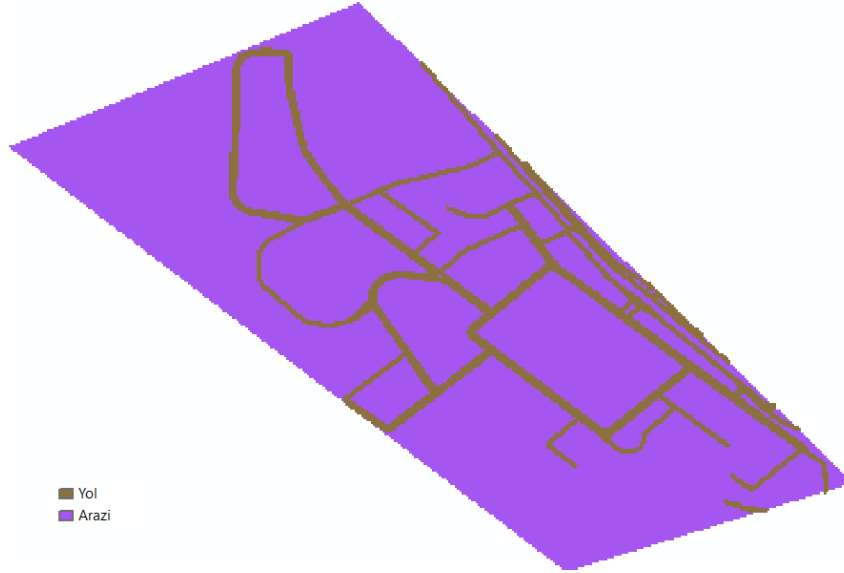
Şekil 4. DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü Bakı Haritası



Şekil 5. DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü Eğim Haritası



Şekil 6. DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü Binalar ve Su Kütleleri

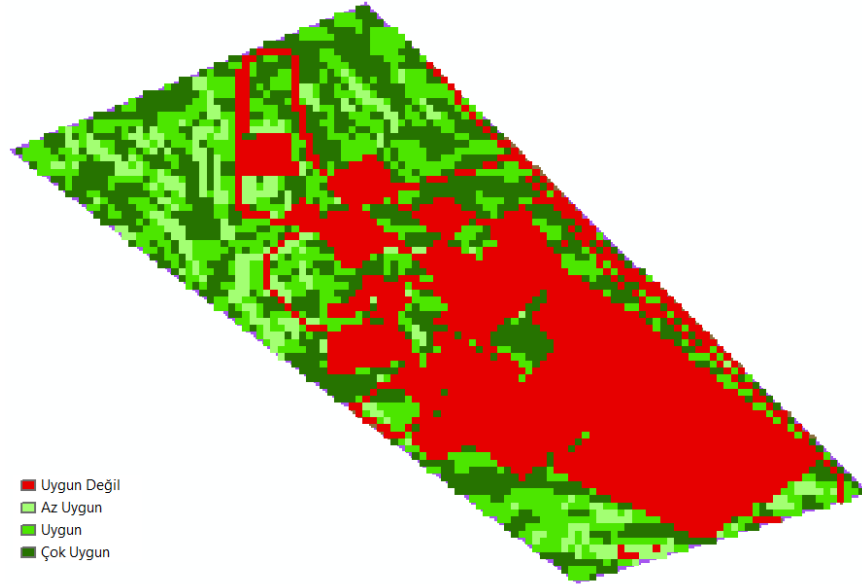


Şekil 6. DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü Yolları

Verilen haritalar kullanılarak, ele alınan arazi kriterlerine göre sınıflara ve derecelere ayrılmış, AHP ile ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuçlar, Tablo 9.' da görülmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan haritalar ve gerçekleştirilen AHP yöntemiyle, DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü PV kurulumu uygunluk haritası elde edilmiştir. Harita üzerinde uygun olmayan, az uygun, uygun ve çok uygun alanlar görülmektedir. Elde edilen harita Şekil 7.' de görülmektedir.

Tablo 9. AHP Sonuç Tablosu

Kriter	Ağırlık	Sınıf	Derece
Eğim (°)	0,546	0° - 5°	5
		5° - 10°	3
		10° - 15°	2
		15° +	1
Bakı	0,232	Düz ve Güney	5
		Güneydoğu ve Güneybatı	4
		Doğu ve Batı	3
		Kuzeydoğu ve Kuzeybatı	2
		Kuzey	1
Binalar ve Su Kütleleri	0,111	Arazi	5
		Binalar ve Su Kütleleri	0
Yollar	0,111	Arazi	5
		Yollar	0

**Şekil 7.** DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü PV Uygunluk Haritası

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Güneş enerjisinin temiz ve sonsuz bir enerji kaynağı olduğu ve ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin oldukça yüksek olup, mevcut durumda enerji yönünden dışa bağımlı olduğu gerçeği göz önüne alındığında, ülkemizde güneş enerjisi yatırımlarının artırılması önemle teşvik edilmelidir. Bu çalışmada ülkemizin enerji ve güneş enerjisi durumundan bahsedilmiş, güneş enerjisi santrali yer seçiminde önemli olan kriterler 3 ana başlık altında değerlendirilmiştir. Bu kriterler, santral kurulumu ve işletmesi sırasında maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, çeşitli kriterler kullanılarak algoritmalar yardımıyla güneş enerjisi santrali yer seçimi incelenmiş, yapılmış çalışmalar üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son kısmında, DPÜ Evliya Çelebi Kampüsü ele alınmış ve eğim, bakı, kampüs içerisinde yer alan binalar, su kütleleri ve yollar kriter olarak alınmıştır. Ele alınan kriterler doğrultusunda haritalar oluşturulmuş ve AHP yöntemiyle kampüs alanı içinde PV kurulumu uygunluk haritası elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunumleri> Erişim Tarihi: 26.08.2019
- [2] <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-2017-yili-istatistikleri> Erişim Tarihi: 03.09.2019
- [3] http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369 Erişim Tarihi: 03.09.2019
- [4] Köse, R., Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi, 3e Dergisi S 68-72, 1998.
- [5] http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx Erişim Tarihi: 03.09.2019
- [6] www.meteonorm.com Erişim Tarihi: 11.09.2019
- [7] www.eie.gov.tr Erişim Tarihi: 11.09.2019
- [8] <https://www.yenienerji.com/gunes-enerjisi-ve-kullanim-alanlari> Erişim Tarihi: 03.09.2019
- [9] Şenlik, İ., Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi, Elektrik Mühendisliği S 462 S 94-98, 2017.

- [10] Kereush, D., Perovych, I., Determining Criteria For Optimal Site Selection For Solar Power Plants, *Geomatics, Landmanagement and Landscape C 4 S 39-54*, 2017.
- [11] Brewer, J., Ames, D.P., Solan, D., Lee, R., Carlisle, J., Using GIS analytics and social preference data to evaluate utility-scale solar power site suitability. *Renewable Energy S 81 S 825-836*, 2015.
- [12] Charabi, Y., Gastli, A., PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. *Renewable Energy S 36 S 2554-2561*, 2011.
- [13] Dhunny, A., Doorga, J., Allam, Z., Lollchund, M., Boojhawon, R., Identification of optimal wind, solar and hybrid wind-solar farming sites using fuzzy logic modelling. *Energy S 188 116056*, 2019.
- [14] Jung, J., Han, S., Kim, B., Digital numerical map-oriented estimation of solar energy potential for site selection of photovoltaic solar panels on national highway slopes. *Applied Energy S 242 S 57-68*, 2019.
- [15] Palmer, D., Gottschalg, R., Betts, T., The future scope of large-scale solar in the UK: Site suitability and target analysis. *Renewable Energy S 133 S 1136-1146*, 2019.
- [16] Doorga, J. R., Rughooputh, S. D., Boojhawon, R., Multi-criteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. *Renewable Energy S 133 S 1201-1219*, 2019.
- [17] Ali, S., Taweekun, J., Techato, K., Waewsak, J., Gyawali, S., GIS based site suitability assessment for wind and solar farms in Songkhla, Thailand. *Renewable Energy S 132 S 1360-1372*, 2019.
- [18] Wu, Y., Zhang, B., Wu, C., Zhang, T., Liu, F., Optimal site selection for parabolic trough concentrating solar power plant using extended PROMETHEE method: A case in China. *Renewable Energy S 143 S 1910-1927*, 2019.
- [19] Shorabeh, S. N., Firozjaei, M. K., Nematollahi, O., Firozjaei, H. K., Jelokhani-Niaraki, M., A risk-based multi-criteria spatial decision analysis for solar power plant site selection in different climates: A case study in Iran. *Renewable Energy S 143 S 958-973*, 2019.
- [20] Garni, H. Z. A., Awasthi, A., Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy S 206 S 1225-1240*, 2017.
- [21] Zoghi, M., Ehsani, A. H., Sadat, M., Amiri, M. J., Karimi, S., Optimization solar site selection by fuzzy logic model and weighted linear combination method in arid and semi-arid region: A case study Isfahan-IRAN. *Renewable and Sustainable Energy Reviews S 68 S 986-996*, 2017.



[22] Abdul-Wahab, S., Charabi, Y., Al-Mahruqi, A. M., Osman, I., Osman, S., Selection of the best solar photovoltaic (PV) for Oman. *Solar Energy S* 188 S 1156–1168, 2019.

[23] Cho, Y., Shaygan, A., Daim, T. U., Energy technology adoption: Case of solar photovoltaic in the Pacific Northwest USA. *Sustainable Energy Technologies and Assessments S* 34 S 187–199, 2019.

[24] *Google Earth*, earth.google.com/web/ Erişim Tarihi: 22.11.2020

[25] NASA SRTM, <https://search.earthdata.nasa.gov/search> Erişim Tarihi: 22.11.2020

[26] ArcGIS Desktop 10.5, ESRI Inc.

ÖĞRETMENLERİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE İLİŞKİN BİLGİ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİNE YÖNELİK BİR ALAN ARAŞTIRMASI

Çisem TÜRKOĞLU¹, Bilal BALKAN^{2*}

¹Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Kırklareli

²Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kırklareli

Öz

Bu çalışmada Kırklareli il merkezinde yer alan 11 temel eğitim kurumunda görev yapan öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik bilgi düzeyleri araştırılmıştır. 150 öğretmen üzerinde yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak tablolar haline getirilerek incelenmiştir. Anket sonuçlarına göre, öğretmenlerin sağlık ve güvenlik işaretleri, ilkyardım bilgisi, yaralanmalarda davranış durumu, yangın tüpü kullanımı gibi konularda iş sağlığı ve güvenliğine yönelik bilgi düzeylerinde eksiklikler tespit edilmiş olup, bu konuda önerilerde bulunulmuştur. Yapılan bu çalışmanın okul yönetimi ve öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilinçlenmesine katkı sağlayabileceği ileri sürülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, Okul, Öğretmen

A RESEARCH ON THE DATA LEVELS OF TEACHERS RELATED TO OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Abstract

In this study, the knowledge levels of teachers working in 11 basic educational institution in the city of Kırklareli on occupational health and safety were investigated. The data obtained from the survey conducted on 150 teachers were assembled into tables using appropriate statistical techniques and analyzed. According to the results of the survey, a lack of knowledge in the areas of health and safety signs, first aid information, behavioral status in injuries, use of fire extinguishers on the occupational health and safety subjects were detected and recommendations were made. It is suggested that this study could help in educating the school management and teachers on occupational health and safety.

Key Words: Occupational health and safety, School, Teacher

*Sorumlu Yazar: bilal.balkan@klu.edu.tr

1. GİRİŞ

İnsanın korunma, beslenme, bakılma ve yetiştirilme görevi doğumundan başlayarak önce aileye daha sonra okula aittir [1]. Okul, toplumun eğitim gereksinimlerinin karşılanması görevini üstlenen toplumsal bir kurumdur. Bir okulun varlığını sürdürebilmesi için toplumun eğitim ihtiyaçlarını belirli bir seviyede karşılayabilmesi gerekmektedir [2]. Bireylerin eğitim ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için oluşturulan okullar, eğitim görülen kalabalık kurumlar olması sebebiyle birtakım sağlık ve güvenlik sorunlarını beraberinde getirmektedir.

Aileden sonra, çocuğun en çok vakit geçirdiği yer şüphesiz okuldur. Okullarda huzurun sağlanmasının temel etkeni güvenliğin sağlanmasına bağlıdır. Bu güvenlikte meydana gelen bozulmalar, eğitim faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Okullar, başta öğrenciler olmak üzere öğretmenler ve çalışan tüm personel için rahat ve güvenli yerler olmalıdır [3]. Güvenli bir okul ortamını oluşturmak kadar bu güvenli ortamı koruyabilmek ve devamlılığını sağlayabilmekte iş güvenliği açısından [4] çok önemlidir. Güvenli ve sağlıklı bir okul alanı oluşturmada öğretmenlerin ve yöneticilerin bir uyum içerisinde çalışma yürütmeleri gerekmektedir [5].

Okullarda oluşan tehlikeleri belirlemek, tehlikelerden meydana gelebilecek riskleri analiz etmek, bu tehlikelere karşı önlemler almak, gerektiğinde oluşabilecek tehlikelere karşı acil durum planları hazırlamak, sağlıklı ve emniyetli bir okul ortamının oluşturulabilmesi için gerekmektedir. Ayrıca sistemli ve bilimsel bir şekilde iş yerlerinde farklı sebeplerle oluşan, insan sağlığını tehdit eden koşullardan kaçınmak amacıyla yapılan çalışmalar olarak ifade edilen [6] iş sağlığı ve güvenliğinin eğitimlerinde yer almak önem arz etmektedir.

Kırklareli ilinde yapılan bu çalışmada, il merkezinde temel eğitim düzeyinde yer alan ilkokullar ve ortaokullarda görev yapan öğretmenlerin, iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi düzeylerini ölçmek amacıyla 27 sorudan oluşan bir anket çalışması yapılmıştır. Okullarda sağlıklı ve güvenli bir alan oluşturabilmeye zemin hazırlamak, okul idarecilerinin ve öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi düzeylerini tespit etmek, iş sağlığı ve güvenliği konusunda eksik görülen alanlarda öğretmenlerin bilinçlenmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Öğretmenlere Uygulanan Anket

Çalışma Kırklareli il merkezinde bulunan Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı devlet okullarında gerçekleştirilmiştir. Anketi gerçekleştirebilmek için Kırklareli İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden (14.11.2018 tarihli ve 81588373-605.99-E.21801883 sayılı yazı) izin alınmış ve okullarda görev yapan öğretmenlerle anket gerçekleştirilmiştir.

2.2. Örneklem

Araştırmanın örneklemini Kırklareli il merkezinde seçilen 11 farklı okulda görev yapan öğretmenler oluşturmaktadır. Bu çalışma 2018-2019 eğitim öğretim yılında gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmasına bu okullarda görevli 235 öğretmenden 150 öğretmen gönüllü olarak katılmıştır. 27 anket sorusunu cevaplayan 150 öğretmene ait cevaplar değerlendirilmiştir.

2.3. Verilerin Analizi

Anket çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS 22 programı kullanılmıştır. Sorularda evet, hayır ve kısmen seçenekleri bulunmaktadır. Tüm sorular yüzdeler olarak belirtilmiş olup anketin güvenilirlik analizi test edilerek hata payı hesaplanmıştır. Ankette t-testi ve ANOVA (varyans analizi) kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR

3.1. Demografik Bulgular

1. soru ile 5. soru arasındaki cevaplara ait veriler, öğretmenlerin cinsiyet, yaş, mesleki deneyim, okuldaki görev yılı, günlük çalışma süresi gibi bilgiler değerlendirilmiştir.

Soru 1: Cinsiyetiniz nedir?

Tablo 1. Öğretmenlerin cinsiyete göre dağılımları.

Cinsiyet	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Erkek	50	33.3	33.3
Kadın	100	66.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Tablo 1’de görüldüğü gibi ankete katılan 150 öğretmenin 50’si erkek, 100’ü kadındır. Ankete katılan erkeklerin yüzdelik oranı %33.3, kadınların yüzdelik oranı %66.7 olarak belirlenmiştir.

Soru 2: Kaç yaşındasınız?

Tablo 2. Öğretmenlerin yaş aralıkları.

Yaş	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
25-35	49	32.7	32.7
35-50	85	56.7	89.3
50 ve üstü	16	10.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Ankete katılan öğretmenler ağırlıklı olarak %56.7 oranla 35-50 yaş arasındadır. 25-35 yaş arasındaki öğretmenler %32.7 oranında iken 50 yaş ve üstü öğretmenler en az katılımı %10.7 orana sahiptir.

Soru 3: Mesleki deneyiminiz kaç yıl?

Tablo 3. Öğretmenlerin toplam görev yıllarına göre dağılımları.

Mesleki Deneyim	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
1-5 yıl	22	14.7	14.7
5-15 yıl	65	43.3	58.0
15 yıl ve üstü	63	42.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Ankete en az katılanlar % 14.7’lik oran ile 1-5 yıl arasında deneyimli öğretmenlerdir. 5-15 yıl arası deneyimli öğretmenler anketin %43.3’ünü, 15 yıl ve üstünde deneyim sahibi öğretmenler %42’sini oluşturmaktadır.

Soru 4: Bu okulda kaç yıldır görev almaktasınız?

Tablo 4. Öğretmenlerin çalıştıkları okullardaki görev süreleri.

Okulda Görev Yılı	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
1-5 yıl	76	50.7	50.7
5-15 yıl	56	37.3	88.0
15 yıl ve üstü	18	12.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Çalıştıkları okullardaki görev süresi 1-5 yıl arasında olan öğretmenler 76 kişi olup %50.7’lik oran ile anketin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. 5-15 yıl arasında şu anki okulunda görev alan

öğretmenlerin oranı %37.3'tür. Buldukları okulda 15 yıl ve üzerinde çalışan öğretmenler %12 oranındadır.

Soru 5: Günlük çalışma süreniz kaç saat?

Tablo 5. Öğretmenlerin günlük çalışma süreleri.

Günlük Çalışma Süresi	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
6 saat	48	32.0	32.0
8 saat	69	46.0	78.0
8 saat ve üstü	33	22.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Öğretmenlerin büyük çoğunluğu %46'lık oran ile günde 8 saat çalışmaktadır. Bunu %32 oran ile günde 6 saat çalışan öğretmenler takip etmektedir. 8 saat ve üstünde çalışan öğretmenler anketin %22'sini oluşturmaktadır.

3.2. İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Bulgular

Öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik bilgi düzeyleri, bu konuda aldıkları eğitimler, meslek hastalıkları ve okullarda yaşanan kazalar, 6. soru ile 27. soru arasındaki cevaplara ait veriler ile değerlendirilmiştir.

Soru 6: İş Sağlığı ve Güvenliğinin önemi hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 6. İSG'nin önemi hakkında bilgi durumu.

İSG'nin Önemi	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Evet	99	66.0	66.0
Hayır	4	2.7	68.7
Kısmen	47	31.3	100.0
Toplam	150	100.0	

İş sağlığı ve güvenliğinin önemi hakkında bilgi sahibi olduğunu belirten öğretmenler %66, kısmen bilgi sahibi olan öğretmenler ise %31.3 oranındadır. Öğretmenlerin yalnızca %2.7'si iş sağlığı ve güvenliğinin önemi hakkında bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir.

Soru 7: İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili uymanız gereken kurallar hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 7. İSG konusunda uyulması gereken kuralların bilgi durumu.

İSG Kuralları	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Evet	84	56.0	56.0
Hayır	7	4.7	60.7
Kısmen	59	39.3	100.0
Toplam	150	100.0	

Tablo 7’de görüldüğü gibi öğretmenlerin %56’sı evet cevabı ile iş sağlığı ve güvenliği konusunda uymaları gereken kurallar hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir. Bu konuda kısmen bilgi sahibi olan öğretmenler %39.3 oranındadır. Öğretmenlerin yalnızca %4.7’si iş sağlığı ve güvenliği konusunda uyması gereken kurallar hakkında bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir.

Soru 8: Mesleğiniz ile alakalı kaza riskleri ve tehlikeler hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 8. Kaza riskleri ve tehlikelerin bilgi durumu.

Meslekte Kaza Riskleri	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Evet	89	59.3	59.3
Hayır	11	7.3	66.7
Kısmen	50	33.3	100.0
Toplam	150	100.0	

Mesleği ile alakalı kaza riskleri ve tehlikeler hakkında bilgi sahibi olan öğretmenler evet cevabı ile %59.3 oranındadır. Kısmen cevabı veren öğretmenler %33.3 oranındadır. Mesleği ile ilgili kaza riskleri ve tehlike hakkında bilgi sahibi olmayan öğretmenlerin oranı %7.3’tür.

Soru 9: Aşağıda yer alan konularla ilgili almış olduğunuz eğitim veya eğitimler var mı? İşaretleyiniz.

Tablo 9. İSG eğitimleri alınma durumu.

Eğitimler	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Temel İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi	136	45.3	90.7
Temel İlk Yardım Eğitimi	78	26.0	52.0
Yangın Eğitimi	44	14.7	29.3
Hijyen Eğitimi	42	14.0	28.0
Toplam	300	100.0	200.0

Öğretmenlere bu soruda birden fazla seçenek işaretleyebilecekleri söylenmiştir. Bu soruya cevap veren katılımcı sayısı 150 öğretmendir fakat katılımcı sayısı hepsi bir arada alındığından toplam 300 olarak hesaplanmıştır. Çoklu yanıtı bu soruda frekans sayısı örneklemin hacmini geçmektedir. Tablo 9’da görüldüğü gibi en fazla alınan eğitim %90.7 oran ile temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimidir. Temel ilkyardım eğitimi %52, yangın eğitimi %29.3 oranındadır. En az alınan eğitim %28 oran ile hijyen eğitimidir.

Soru 10: Aşağıda yer alan konularla ilgili daha önce katılmış olduğunuz tatbikat veya tatbikatlar var mı?

Tablo 10. İSG tatbikatlarına katılma durumu.

Tatbikatlar	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Deprem Tatbikatı	129	42.4	86.0
Yangın Tatbikatı	128	42.1	85.3
İlkyardım Tatbikatı	47	15.5	31.3
Toplam	304	100.0	202.7

Öğretmenlere bu soruda birden fazla seçenek işaretleyebilecekleri söylenmiştir. Bu soruya cevap veren katılımcı sayısı 150 öğretmendir fakat hepsi bir arada alındığı için katılımcı sayısı toplam 304 olarak hesaplanmıştır. Çoklu yanıtı bu soruda frekans sayısı örneklemin hacmini geçmektedir. Tablo 10’da görüldüğü gibi en fazla işaretlenen seçenek %86’lık oran ile deprem tatbikatıdır. Yangın tatbikatına katılanların oranı %85.3’tür. En az işaretlenen seçenek %31.3 oran ile ilkyardım tatbikatıdır.

Soru 11: Çalıştığınız okulda acil çıkış kapılarının, kaçış merdivenlerinin ve acil durumlarda toplanma yerinin nerede olduğunu biliyor musunuz?

Tablo 11. Acil çıkışların bilinme durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	126	84.0	84.0
Hayır	24	16.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Tablo 11’de görüldüğü gibi bu soruya verilen evet cevabı %84’lük gibi yüksek bir orana sahiptir. Öğretmenlerin %16’sı ise çalıştıkları okulda acil çıkış kapılarını, kaçış merdivenlerini ve acil durumlarda toplanma yerini bilmediğini belirtmiştir.

Soru 12: Sağlık ve güvenlik işaretlerinin ne anlama geldikleri hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 12. Sağlık ve güvenlik işaretleri bilgisi durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	81	54.0	54.0
Hayır	5	3.3	57.3
Kısmen	64	42.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Sağlık ve güvenlik işaretlerinin ne anlama geldiğini bilen öğretmenler %54'lük bir oran ile anketin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu konuda kısmen bilgi sahibi olan öğretmenler %42.7, bilmediğini belirten öğretmenler %3.3 oranındadır.

Soru 13: Öğretmenlerin İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda bilinçli olması sizce okullarda yaşanan kaza ve yaralanmaları azaltır mı?

Tablo 13. İSG bilincinin okul kazalarında etki durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	140	93.3	93.3
Hayır	10	6.7	100.0
Toplam	150	100.0	

140 kişi evet seçeneğini işaretleyerek %93.3'lük oranı oluştururken, %6.7'lik kısım hayır seçeneğini işaretlemiştir.

Soru 14: Öğrencilerinizi okuldaki tehlikeler ve kaza risklerine karşı bilgilendiriyor musunuz?

Tablo 14. İSG bilgi paylaşımı.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	103	68.7	68.7
Hayır	8	5.3	74.0
Kısmen	39	26.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Öğrencilerini okuldaki tehlikeler ve kaza risklerine karşı bilgilendirdiğini söyleyen öğretmenlerin oranı %68.7'dir. Bu konuyla ilgili öğretmenlerin %26'sı kısmen bilgilendirme yaptığını, %5.3'ü bilgilendirme yapmadığını belirtmiştir.

Soru 15: Öğrencilerle ilgili düşme ve yaralanmaların en çok yaşandığı yer veya yerler hangisidir?

Tablo 15. Okul kazalarının meydana geldiği yerler.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Okul Bahçesi	120	57.1	80.0
Sınıflar	41	19.5	27.3
Koridorlar	49	23.3	32.7
Toplam	210	100.0	140.0

Öğretmenlere bu soruda birden fazla seçenek işaretleyebilecekleri söylenmiştir. Bu soruya cevap veren katılımcı sayısı 150 öğretmendir fakat katılımcı sayısı hepsi bir arada alındığından dolayı toplam 210 olarak hesaplanmıştır. Çoklu yanıt seçenekli bu soruda frekans sayısı örneklemin hacmini geçmektedir. Tablo 15'te görüldüğü gibi %80 oran ile öğretmenler en çok okul bahçesinde düşme ve yaralanmaların olduğu görüşündedir. Koridorlar şikkını işaretleyen öğretmenler anketin %32.7'sini, sınıflar şikkını işaretleyen öğretmenler anketin %27.3'ünü oluşturmaktadır.

Soru 16: Çalıştığınız okulda risk değerlendirmesi yapıldı mı?

Tablo 16. Risk değerlendirmesi durumu.

Risk Değerlendirmesi	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	116	77.3	77.3
Hayır	34	22.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Öğretmenlerin %77.3'ü çalıştıkları okulda risk değerlendirmesi yapıldığını, %22.7'si yapılmadığını belirtmiştir.

Soru 17: Herhangi bir iş kazası geçirmeniz durumunda kanunsal hak ve sorumluluklarınız hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 17. Yasal haklar bilgi durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	54	36.0	36.0
Hayır	18	12.0	48.0
Kısmen	78	52.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Bu soruda en çok kısmen cevabı işaretlenerek %52 oranında iş kazası geçirilmesi durumunda, yasal hak ve sorumlulukları hakkında kısmen bilgi sahibi olduğu anlaşılmaktadır. Yasal hak ve

sorumluluklarını bildiğini belirten öğretmenler %36, bilgi sahibi olmadığını belirten öğretmenlere ise %12'dir oranındadır.

Soru 18: Kişisel koruyucu donanımlar hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 18. Kişisel koruyucu donanımlar bilgi durumu.

Kişisel Koruyucu	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	43	28.7	28.7
Hayır	35	23.3	52.0
Kısmen	72	48.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Kısmen cevabı %48 oran ile en fazladır. Öğretmenlerin %28.7'si kişisel koruyucu donanımlar hakkında bilgi sahibi olduğunu, %23.3'ü bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir.

Soru 19: İlk yardım konusunda yeterli olduğunuzu düşünüyor musunuz?

Tablo 19. İlk yardım bilgisi durumu.

İlk yardım	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	34	22.7	22.7
Hayır	45	30.0	52.7
Kısmen	71	47.3	100.0
Toplam	150	100.0	

Öğretmenlerin büyük çoğunluğu %47.3'lük oran ile ilk yardım konusunda kısmen yeterli olduklarını belirtmişlerdir. Bu konuda yeterli olmadığını belirten öğretmenler %30 orana sahiptir. En az işaretlenen evet seçeneği ile öğretmenlerin yalnızca %22.7'si ilk yardım konusunda yeterli olduğunu belirtmiştir.

Soru 20: Meslek hastalıkları hakkında bilgi sahibi misiniz?

Tablo 20. Meslek hastalıklarının bilinme durumu.

Meslek Hastalıkları	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	61	40.7	40.7
Hayır	17	11.3	52.0
Kısmen	72	48.0	100
Toplam	150	100.0	

%48'lik oran ile meslek hastalıkları hakkında kısmen bilgi sahibi olduğu belirtilmiştir. Meslek hastalıkları hakkında bilgi sahibi olan öğretmenler 40.7 oranındadır. Bu konuda bilgi sahibi olmayan öğretmenlerin oranı %11.3 olarak görülmektedir.

Soru 21: Çalıştığınız okulda öğrencilerinize ait kan grubu listeleriniz mevcut mu?

Tablo 21. Kan grubu listelerinin bulunma durumu.

Kan grubu listeleri	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	40	26.7	26.7
Hayır	110	73.3	100.0
Toplam	150	100.0	

Büyük bir çoğunluğun bu soruya verdiği cevap hayır olmuştur. Öğretmenlerin %73.3'ü öğrencilere ait kan grubu listelerinin çalıştıkları okulda bulunmadığını belirtmiştir. Öğretmenlerin yalnızca %26.7'si çalıştıkları okulda kan grubu listelerinin mevcut olduğunu söylemiştir.

Soru 22: Mesleğiniz ile alakalı olduğunu düşündüğünüz aşağıdaki hastalıklar ile karşılaşmıyorsunuz musunuz?

Bu soruda 4 hastalık ana başlıklar halinde belirtilerek öğretmenlerin çalışma hayatları boyunca karşılaştıkları hastalıkları işaretlemeleri istenmiştir. Öğretmenlere birden fazla seçenek işaretleyebilecekleri söylenmiştir. Ankette belirtilen hastalıklar; bel, boyun, eklem rahatsızlıkları (ayakta durmaktan kaynaklı), kulak, burun, boğaz hastalıkları (farenjit, sinüzit), alerjik rahatsızlıklar (astım, bronşit vb.), mikrobik rahatsızlıklar (öğrencilerden bulaşan grip, nezle vb.) şeklindedir.

Tablo 22. Fiziksel meslek hastalıklarının görülme durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	136	90.7	90.7
Hayır	14	9.3	100.0
Toplam	150	100.0	

Meslek hayatları boyunca 4 ana başlık halinde belirtilen hastalıklardan en az biri ile karşılaştıklarını belirtenlerin oranı %90.7'dir. %9.3 hayır cevabı ile öğretmenler bu hastalıklardan hiçbirine yakalanmadıklarını söylemiştir.

- Karşılaşıyor iseniz size uygun olanları işaretleyiniz.

Tablo 23. Fiziksel meslek hastalıkları çeşitlerinin görülme durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Bel, boyun, eklem rahatsızlıkları	96	28.9	70.6
Kulak, burun, boğaz hastalıkları	103	31.0	75.7
Alerjik rahatsızlıklar	33	9.9	24.3
Mikrobik rahatsızlıklar	100	30.1	73.5
Toplam	332	100.0	244.1

Yakalandıkları fiziksel meslek hastalıklarını işaretleyen 136 öğretmen bulunmaktadır. Fakat katılımcı sayısı hepsi bir arada alındığı için toplam 332 olarak hesaplanmıştır. Öğretmenler birden fazla seçenek de işaretlemiştir. Çoklu yanıt seçeneği bulunduğu için frekans sayısı örneklemin hacmini geçmektedir. Tablo 23'te görüldüğü gibi ankete katılan öğretmenler meslek hayatları boyunca %75.7 oranla en çok kulak, burun, boğaz hastalıkları yaşadıkları görüşündedir. Bunu %73.5 oranla öğrencilerden bulaşan grip, nezle gibi mikrobik rahatsızlıklar takip etmektedir. Bel, boyun, eklem rahatsızlıkları %70.6 oranındadır. Öğretmenlerde en az görülen alerjik hastalıklar olup %24.3 oranındadır.

Soru 23: Mesleğiniz ile alakalı olduğunu düşündüğünüz aşağıdaki psikolojik durumlar ile karşılaşıyor musunuz?

Bu soruda psikolojik rahatsızlıklar 6 ana başlık halinde verilerek öğretmenlerin meslek hayatları boyunca bunlardan hangileriyle karşılaştıkları tespit edilmek istenmiştir. Öğretmenlere bu soruda birden fazla seçenek işaretleyebilecekleri söylenmiştir. Bu psikolojik durumlar; aşırı yorgun hissetme, stres, anksiyete (kaygı bozukluğu), baş ağrısı, sinirsel problemler ve işe devamsızlık isteğidir.

Tablo 24. Psikolojik meslek hastalıklarının görülme durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	131	87.3	87.3
Hayır	19	12.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Öğretmenlerin 87.3'ü meslek hayatları boyunca 6 ana başlık halinde belirtilen psikolojik durumlara maruz kalmaktadır. %12.7'si meslekleriyle bağlantılı olarak bu psikolojik durumlardan herhangi birisiyle karşılaşmadıklarını belirtmiştir.

- Karşılaşıyor iseniz size uygun olanları işaretleyiniz.

Tablo 25. Psikolojik meslek hastalıkları çeşitlerinin görülme durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Aşırı yorgun hissetme	98	27.7	74.8
Stres	86	24.3	65.6
Anksiyete	19	5.4	14.5
Baş ağrısı	76	21.5	58.0
Sinirsel problemler	48	13.6	36.6
İşe devamsızlık isteği	27	7.6	20.6
Toplam	354	100.0	270.2

Yakalandıkları psikolojik meslek hastalıklarını işaretleyen 131 öğretmen bulunmaktadır. Fakat katılımcı sayısı hepsi bir arada alındığı için toplam 354 olarak hesaplanmıştır. Öğretmenler birden fazla seçenek de işaretlemiştir. Çoklu yanıt seçeneği bulunduğu için frekans sayısı örneklemin hacmini geçmektedir. Tablo 25'te görüldüğü gibi ankete katılan öğretmenler meslek hayatları boyunca %74.8 oranla en fazla aşırı yorgun hissetme şikkını işaretlemişlerdir. Bunu %65.6 oranla stres şikkı takip etmektedir. Baş ağrısı şikkını işaretleyen öğretmenlerin oranı %58, sinirsel problemler şikkını işaretleyen öğretmenlerin oranı %36.6 ve işe devamsızlık isteği şikkını işaretleyen öğretmenlerin oranı %20.6'dır.

Soru 24: Yaralanmalarda nasıl davranmanız gerektiğini biliyor musunuz?

Tablo 26. Yaralanmalarda davranış durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	52	34.7	34.7
Hayır	10	6.7	41.3
Kısmen	88	58.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Bu soruda katılımcılar %58.7 oranında en fazla kısmen seçeneğini işaretlemişlerdir. Yaralanmalarda nasıl davranması gerektiği hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtenlerin oranı %34.7'dir. Bu konuda nasıl davranması gerektiğini bilmediğini belirten öğretmenler %6.7 oranındadır.

Soru 25: Yangın tüplerini kullanabilir misiniz?

Tablo 27. Yangın tüplerini kullanma durumu.

Yangın Tüpleri	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	72	48.0	48.0
Hayır	78	52.0	100.0
Kısmen	150	100.0	

Bu soruya birbirine yüzdeler dilim olarak yakın cevaplar verilmiştir. Yangın tüplerini kullanabildiğini belirten öğretmenler %48, kullanamadığını belirten öğretmenler ise %52'lik bir orana sahiptir.

Soru 26: Acil bir durumla karşılaştığınız zaman soğukkanlı davranabilir misiniz?

Tablo 28. Acil durumlarda davranış durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	98	65.3	65.3
Hayır	52	34.7	100.0
Toplam	150	100.0	

Acil bir durumla karşılaştığınız zaman soğukkanlı davranabilir misiniz? Sorusuna verilen evet cevabı %65.3 oranında çoğunluk tarafından işaretlenmiştir. Soğukkanlı davranamadığını belirten öğretmenlerin oranı ise %34.7'dir.

Soru 27: İş Sağlığı ve Güvenliği dersi sizce okullarda zorunlu bir ders olarak okutulmalı mıdır?

Tablo 29. İSG dersinin zorunlu ders olma durumu.

	Frekans	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)
Evet	132	88.0	88.0
Hayır	18	12.0	100.0
Toplam	150	100.0	

Bu soruya cevap veren 150 öğretmenden %88'i iş sağlığı ve güvenliği dersinin okullarda zorunlu bir ders olarak okutulması gerektiğini düşünürken, %12'si iş sağlığı ve güvenliği dersinin okullarda zorunlu bir ders olarak okutulmasına gerek olmadığı görüşündedir.

3.3 Güvenilirlik Analizi

Anketteki tüm soruların katılımcılar tarafından aynı düzeyde algılanıp algılanmadığını ölçmek için yapılan güvenilirlik analizinde Cronbach's Alpha değeri tablo 30'da görüldüğü gibi 0.814 olarak bulunmuştur. Anketin %81.4 oranında yüksek derecede güvenilir olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmada, demografik özellikleri içeren sorular hariç diğer soruların ölçek güvenilirliğine ait Cronbach's Alpha değerleri ve ortalamaları bulunmuş olup tablo 31'de verilmiştir

Tablo 30. Cronbach's alpha katsayısı

Cronbach's Alpha	Soru Sayısı
.814	22

Tablo 31. Tüm soruların cronbach's alpha değeri ve ortalaması.

Anket Soruları	Cronbach's Alpha	Ortalama
6.Soru	.801	1.59
7.soru	.789	1.70
8.soru	.794	1.65
9.soru	.796	1.00
10.soru	.812	1.00
11.soru	.817	1.11
12.soru	.798	1.81
13.soru	.815	1.03
14.soru	.810	1.38
15.soru	.802	1.00
16.soru	.807	1.16
17.soru	.797	2.27
18.soru	.784	2.08
19.soru	.802	2.43
20.soru	.813	2.03
21.soru	.806	1.76
22.soru	.801	1.00
23.soru	.810	1.00
24.soru	.788	2.35
25.soru	.807	1.62
26.soru	.804	1.41
27.soru	.817	1.08

3.4 T-Testi

Bu bölümde öğretmenlerin demografik özelliklerine göre anket sorularına verdikleri cevapların değişiklik gösterip göstermediği tespit edilmiştir. Cinsiyete göre araştırma yaparken gruplama değişkenimiz 2 gruba ayrıldığı için t testi uygulanmıştır. Bunun için öncelikle Levene testiyle varyansların eşit olup olmadığı araştırılmıştır.

Tablo 32. T testi sonuçları.

Levene Testi		t testi				%95 güven seviyesi		
F	Anlamlılık (p)	t	df	Anlamlılık (-2 yönlü)	Ortalama farkı	Std hata farkı	En düşük	En yüksek
1.223	.271	-1.738	148	.084	-.08409	.04837	-.17968	.01150
		-1.688	90.819	.095	-.08409	.04982	-.18305	.01486

Levene testine göre cinsiyet açısından varyanslar homojen dağılmaktadır ($p>0.05$). Varyanslar eşit olduğu için 1. satırda yer alan değerler bizim istatistiksel bilgilerimizi içermektedir. Varyansların eşit olmadığı durumlarda 2. satıra göre bilgi alınmaktadır.

Varyanslar eşit olduğu için Tablo 32’de yer alan birinci satırda anlamlılık (-2 yönlü p) değeri iş sağlığı ve güvenliğine yönelik görüşlerin cinsiyetler açısından anlamlı bir şekilde farklılaşmış farklılaşmadığını ifade etmektedir. Cinsiyetlere göre anket sorularına verilen cevaplarda anlamlılık değeri (-2 yönlü p); $p>0.05$ olduğu için öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik görüşleri cinsiyetler açısından farklılık göstermemektedir.

3.5 Anova Testi (Yaş)

Öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik görüşlerinin yaşlarına ve mesleki deneyimlerine göre değişip değişmediği Anova testi ile belirlenmiştir. Öncelikle varyans homojenlik testi uygulanmıştır.

Tablo 33. Yaş için Varyans Homojenlik testi.

Yaş İçin Varyans Homojenlik Testi			
Levene İstatistikleri	df1	df2	Anlamlılık (p)
.813	2	147	.445

$0.445>0.05$ olduğu için varyanslar eşittir.

Tablo 34. Yaş için Anova testi.

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık (p)
Gruplararası	.014	2	.007	.089	.915
Gruplarıçi	11.765	147	.080		
Toplam	11.779	149			

Anova testinde bulunan $0.915 > 0.05$ olduğuna göre Öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik görüşleri yaşlarına göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

Tablo 35. Mesleki deneyim için Varyans Homojenlik testi

Mesleki Deneyim İçin Varyans Homojenlik Testi			
Levene İstatistikleri	df1	df2	Anlamlılık (p)
1.233	2	147	.294

$p > 0.05$ olduğu için varyanslar eşittir.

Tablo 36. Mesleki deneyim için Anova testi.

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık (p)
Gruplararası	.005	2	.003	.033	.968
Gruplarıçi	11.774	147	.080		
Toplam	11.779	149			

Öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik görüşleri mesleki deneyimlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p > 0.05$).

4. TARTIŞMA

Öğretmenler eğitim ve öğretim faaliyetlerini sağlamanın yanında öğrencilerin güvenliğini korumakla da yükümlüdürler. Ancak bu büyük sorumluluğu yalnızca öğretmenlere yüklemek yanlış olabilir. Güvenli bir okul ortamının sağlanması için öğretmenlerin, okul idaresinin ve öğrencilerin iş birliği içinde olması gerekmektedir. Türkiye’de ve Dünya’da giderek önemini arttıran İş sağlığı ve güvenliği kavramı [7] adına yapılacaklardan biri, eğitimler düzenleyerek öğretmenleri bu konuda daha fazla bilgilendirmektir. Öğretmenlerin bilinçli olması, öğrencileri

kaza ve tehlikelerden koruyabileceği gibi acil sağlık sorunlarında meydana gelebilecek zararları büyük oranda azaltabilir. Bununla birlikte öğrencilerin de sağlık ve güvenlik konusu ile ilgili ders alması gerekmektedir. Çocuk kendi güvenliği için tehlikeli olan davranışları iyi bilirse, bu davranışlardan uzak durur. Böylece kazalar azalabilir.

Okullarda iş sağlığı ve güvenliği uzmanı bulunmamaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı'nın talimatı doğrultusunda her ilde yer alan tüm okullarda gerekli risk değerlendirmeleri yapılmış olup, okullarda meydana gelebilecek kazalara karşı önlemler alınmaktadır. Ayrıca her okulda kurulan Okul Sağlık Güvenlik Kurulu ve varsa Alan Sağlık ve Güvenlik Kurulu iş sağlığı ve güvenliği adına gerekli çalışmaları yürütmektedir. Buna rağmen her okulda iş sağlığı ve güvenliği uzmanının bulunması, bu konuda gerekli her işi iş sağlığı ve uzmanının yürütmesi şüphesiz daha doğru bir adım olabilir.

Kırklareli il merkezinde seçilen çeşitli ilkokullar ve ortaokullar olmak üzere toplam 11 temel eğitim kurumunda çalışan 100 kadın 50 erkek öğretmene anket uygulanarak iş sağlığı ve güvenliğine yönelik bilgi düzeyleri ölçülmüştür. Anket çalışmasına katılan öğretmenlerin yaş aralıklarına baktığımızda büyük çoğunluğunun 35-50 yaş arasında olduğu görülmektedir (Tablo 2). Meslekte 5-15 yıl arasında çalışan öğretmenlerin oranı fazladır (Tablo 3).

Öğretmenlerin çoğunluğunun İş sağlığı ve güvenliğinin önemi hakkında bilgi sahibi olduklarını söylenebilir ancak tam anlamıyla bilgi sahibi olmayanların oranı biraz yüksektir (Tablo 6). İş sağlığı ve güvenliği okullarda son derece önem verilmesi gereken bir konu olduğundan tüm öğretmenlerin bilgi sahibi olması beklenmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili uyulması gereken kuralları tam anlamıyla bilmeyen öğretmenlerin oranı azımsanamayacak düzeydedir (Tablo 7). Bu da iş sağlığı ve güvenliği konusunda uyulması gereken kurallarda öğretmenlerde eksiklikler olduğunu göstermektedir.

Öğretmenlerin meslekleriyle alakalı kaza riskleri ve tehlikeler konusundaki bilgi düzeyleri Tablo 8' de gösterilmiştir. %59.3'ü bu konuda bilgi sahibi olduklarını belirtirken, geriye kalan %40.6'lık kısım kısmen ve hayır cevabıyla mesleki kaza riskleri ve tehlikeleri tam anlamıyla bilmediklerini söylemişlerdir. %40.6 biraz yüksek bir orandır.

Tablo 9' a göre öğretmenler en fazla temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, en az hijyen eğitimi almıştır. Öğretmenlerin yarısından fazlasının temel ilk yardım eğitimi bulunmadığını söylemek mümkündür. %29.3 oranında yangın eğitimi alan öğretmen bulunmaktadır. Bu oran da diğer eğitimlere göre çok düşüktür. Genel olarak bakıldığında öğretmenlerin aldıkları eğitimlerde düşük bir oran görülmektedir. Bu eğitimlerin önemi iş sağlığı ve güvenliği açısından büyüktür. Eğitimlerdeki eksikliklerin giderilmesi gerektiğini söylenebilir.

Öğretmenlerin iş sağlığı ve güvenliği tatbikatlarından en çok deprem tatbikatına, daha sonra yangın tatbikatına katıldığı görülmektedir. En az katıldıkları ilkyardım tatbikatı %31.3 oranındadır (Tablo 10). Tatbikatlara katılan öğretmen sayısının yüksek olduğunu söylenebilir. Ancak ilkyardım tatbikatına katılan öğretmenlerin oranının az olması öğretmenlerin ilkyardım uygulamalarında eksik olduğunu göstermektedir. Bu da okullarda yaşanabilecek kaza ve yaralanmalarda olumsuzluklar meydana getirebilir.

Ankete katılan öğretmenlerin çalıştıkları okulda acil çıkış kapıları, kaçış merdivenleri ve acil durumlarda toplanma yeri konusundaki bilgi durumları değerlendirildiğinde; bilgi sahibi olan öğretmen sayısının fazla olması son derece olumlu bir durumdur (Tablo 11).

Sağlık ve güvenlik işaretleri hakkında bilgi seviyesi düşüktür (Tablo 12). Sağlık ve güvenlik işaretleri, çalışanları meydana gelebilecek kazalara karşı bilgilendirdiği için tam anlamıyla öğrenilmesi önem arz etmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği konusunda öğretmenler bilinçli olursa okullarda yaşanan kaza ve yaralanmalar azalır şeklinde düşünenlerin oranı %93'tür (Tablo 13). Öğretmenlerin bu konuda bilinçli olması okullardaki olası tehlikelerin ve risklerin önceden fark edilmesine olanak sağlar. Bunun da okullarda yaşanan kaza ve yaralanmaları azaltabileceği düşünülmektedir.

Tablo 14'te görüldüğü gibi öğrencilerini okuldaki tehlikeler ve kaza risklerine karşı bilgilendiren öğretmenlerin oranı, kısmen bilgilendiren veya hiç bilgilendirmeyen öğretmenlere göre yüksektir. Fakat bu konuda gereken farkındalık tüm öğretmenler tarafından sağlanmalıdır. Çünkü öğrencileri okuldaki tehlikelere ve kaza risklerine karşı bilgilendirmek onlarda farkındalık seviyesini yükselterek oluşabilecek kaza ve yaralanmaları azaltabilir.

Öğrencilerin düşme ve yaralanmalarının en çok okul bahçesinde yaşandığı belirtilmiştir (Tablo 15). Bu nedenle okul bahçelerinde gereken güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Çalıştıkları okulda risk değerlendirilmesi yapıldığını belirten öğretmenlerin oranı %77.3' tür (Tablo 16). Öğretmenlerin yalnızca %12'si herhangi bir iş kazası geçirmeleri halinde yasal hak ve sorumluluklarını bilmediklerini söylemişlerdir (Tablo 17). Kişisel koruyucu donanımlar hakkında tam anlamıyla bilgi sahibi olan öğretmenlerin yüzdeliğinin düşük olmasından dolayı (Tablo 18) kişisel koruyucu donanımların ne olduğu hakkında fazla bilgi sahibi olunmadığı rahatlıkla söyleyebilir.

İlkyardım konusunda tam bilgi sahibi olduklarını belirten öğretmenlerin sayısının, Kara (2015) tarafından rapor edilen bulgulara benzer şekilde azlığı (Tablo 19) bu konuda büyük eksiklikler olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte meslek hastalıklarının öğretmenler tarafından bilinme oranı düşüktür (Tablo 20) ve öğretmenlerin %73.3'ü çalıştıkları okulda öğrencilere ait kan grubu listeleri bulunmadığını söylemişlerdir (Tablo 21). Kaza ve yaralanmalarda öğrencilere ait kan grubu listeleri hayati önem taşımaktadır. Bu listelerin okullarda yer almamasının, yaşanabilecek kaza ve yaralanmalarda ciddi bir tehlike yaratabileceği düşünülmektedir.

Öğretmenlerin ciddi bir çoğunluğunun mesleklerine bağlı olarak Tablo 22 ve 23' te görüldüğü gibi fiziksel hastalıklardan etkilendiğini söylemek mümkündür. Fiziksel hastalıklar öğretmenlerin sağlığını olumsuz yönde etkileyerek iş verimini düşürmektedir. Mesleklerine bağlı olarak aşırı yorgun hissetme, stres, anksiyete, baş ağrısı, sinirsel problemler, işe devamsızlık isteği gibi psikolojik durumlara maruz kalındığı belirtilmiştir (Tablo 24). Bu psikolojik durumlar öğretmenlerin sağlığını olumsuz yönde etkileyerek iş verimini düşürmektedir. Hem fiziksel hem psikolojik olarak meslek hastalıklarından etkilenen öğretmen oranı çok yüksektir. Özellikle psikolojik durumlarla ilgili sorun yaşayan öğretmenler okula ve derslere adapte olmada zorluk yaşayabilir.

Yaralanmalarda nasıl davranması gerektiği konusunda kısmen bilgi sahibi olan öğretmenler %58.7 düzeyindedir (Tablo 26). İlkyardım konusunda öğretmenlerin tam bilgi sahibi olmaması yaralanmalarda davranış durumunu etkileyebilir. İlkyardım bilgisi eksik olan öğretmenler kaza ve yaralanma anında ne yapılacağını bilemeyebilir. Yaralanmalarda davranış durumunun ilkyardım

bilgisiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. İlk yardım konusundaki eksiklerin giderilmesinin yaralanmalarda doğru davranış durumunu arttıracacağı söyleyebilir.

Okullarda yangın güvenliğinin sağlanmasında yangın tüpü kullanımı önemli bir yer tutar. Yangın tüpü kullanabilen öğretmenlerin oranı kullanamayanlara göre daha azdır (Tablo 27). Bu durum yaşanabilecek olası bir yangında hayati önem taşıması durumundan ciddi olumsuzluklara neden olabilir.

Acil durumlarda soğukkanlı davranmak olaylara doğru ve zamanında müdahale etmenin temel kuralıdır. Öğretmenlerin %65.3'ü acil bir durum karşısında soğukkanlı davranabileceğini belirtmiştir (Tablo 28). Acil bir durum ya da hastalıklar karşısında soğukkanlı ve bilinçli davranarak doğru hareket etmek, çocukların bu tip durumlardan en az zararla kurtulmasına olanak sağlar.

Okullarda güvenli yaşam bilincinin oluşturulabilmesi için, çocukların küçük yaşlardan itibaren sağlık ve güvenlik konusunda farkındalık kazanması gerekmektedir. Bu farkındalığı kazandırabilmenin yollarından biri de, eğitim öğretim faaliyetlerinde iş sağlığı ve güvenliği kurallarına yer vermek gerektiği görüşünde olan öğretmenlerin oranı %88'dir (Tablo 29). Kendisine neyin zarar verebileceğinin bilincinde olan ya da bir sağlık problemiyle karşılaştığı zaman bu konuda nasıl davranabileceğini bilen çocuklar yetiştirmek, şüphesiz okullarda yaşanan kazaları ve buna bağlı yaralanmaları azaltır.

Sonuç olarak öğretmenlerin genel olarak iş sağlığı ve güvenliği konusunda kısmen bilgi sahibi oldukları görülmektedir. Öğretmenler iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ile bu konuda uyulması gereken kuralların son derece önem teşkil ettiğinin bilincindedir fakat iş sağlığı ve güvenliğine yönelik birçok konuda eksik oldukları tespit edilmiştir. Sağlık ve güvenlik işaretleri, ilkyardım bilgisi, yaralanmalarda davranış durumu, yangın tüpü kullanımı gibi konularda tam anlamıyla bilgi sahibi olunmamasının yaşanabilecek kazaları ve buna bağlı yaralanmaları olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir. Öğrencileriyle okullarda bulunan tehlikeler ve bu tehlikelerden meydana gelebilecek kazalar konusunda paylaşım yapan öğretmenlerin sayısı fazladır. Ankete katılan öğretmenler iş sağlığı ve güvenliğinde bilinçli olurlarsa, okullarda yaşanan kaza ve yaralanmaların azalacağı görüşündedir. Ayrıca müfredata iş sağlığı ve güvenliği adında bir ders eklenmesi gerektiğini düşünen öğretmenlerin sayısı Gümüş (2016) tarafından yapılan çalışmaya benzer

şekilde oldukça fazladır. Bu da öğretmenlerin birçoğunun iş sağlığı ve güvenliği hakkında yeterli donanımda olmasalar da, bu konunun üzerinde önemle durulması gerektiğini düşündüklerini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Boztuğ, Ö. ve Akyol, B., İlkokullarda Yönetici ve Öğretmen Görüşlerine Göre Okul Güvenliği (Aydın İli Efeler İlçesi Örneği). Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 4, 1, 74-95, 2017.
- [2] Barhan, A., İlköğretim Okullarında Öğrenci Güvenliğinin Sağlanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. 2001.
- [3] Kandakai, T. L. ve King, K. A., Preservice Teachers' Perceived Confidence İn Teaching School Violence Prevention. American Journal of Health Behavior, 26(5), 342-353, 2002.
- [4] Yıldız, M., Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkındaki Bilgi Düzeylerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli, 2019.
- [5] Turan, M. ve Turhan, M., Ortaöğretim Kurumlarında Güvenlik. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi.18, 121-142, 2012.
- [6] Van, M.H., Koç, N., Kamu Yönetiminde Temel İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgisi (Van Milli Eğitim Müdürlüğü Örneği). Akademik İzdüşüm Dergisi, 5 (2), 1-20, 2020.
- [7] Aktuna, A., Tarım sektöründe çalışanların iş sağlığı ve güvenliği çerçevesinde bilgi, tutum ve algı düzeyleri: Tekirdağ Süleymanpaşa örneği. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ, 2017.
- [8] Kara, M., Mesleki ve Teknik Anadolu Liselerinde Görev Yapan Teknik Öğretmenlerin İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgi Düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Gedik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [9] Gümüş, B., Okullarda İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları ve Öğretmenlerin Bu Konudaki Bilgi Düzeylerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.

SAĞLIK HİZMETLERİ PİYASASI VE KOMPÜTASYONEL MODELLEME

Demet TOPAL KOÇ^{1*} 

¹ Kırklareli Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Sağlık Yönetimi Bölümü, Kırklareli, Yıldız Teknik Üniversitesi, İktisat Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

ÖZET

Sağlık hizmetleri ve sağlık hizmetleri piyasası kompleks adaptif sistemdir. Dolayısıyla, klasik Newton matematiğini kullanan yöntemlerden elde edilen tek bir çözüm ile sağlık hizmetleri piyasasının değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi yeterli değildir. Klasik matematiksel araçlar yerine, kompleks sistemi analiz eden araçların ve yöntemlerin kullanılması gerekir. Böylece sistem gerçeğe daha yakın modellenirken, genellikle tek bir çözüm yerine çözüm kümesi sunan yöntemler ile sorunlara daha etkin çözümler bulunabilmektedir. Bu bağlamda, bu derleme çalışmasında konu ile ilgili bir kılavuz olması açısından sağlık hizmetleri ve sağlık hizmetleri piyasasını değerlendirmede kompleks sistem analiz araçlarını kullanan çalışmalar araştırılmıştır. Çalışmada, öncelikle kompleks adaptif sistemleri analiz ederken en sık kullanılan ajan bazlı modelleme, sistem dinamiği ve ayrık olay simülasyonu gibi yöntemler kısaca açıklanmış ve sonrasında bu yöntemleri kullanılan literatüre yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ajan bazlı modelleme, Sistem dinamiği modellemesi, Sağlık hizmetleri piyasası, Sağlık ekonomisi, Kompütasyonel iktisat

HEALTHCARE MARKET AND COMPUTATIONAL MODELLING

ABSTRACT

Healthcare market is one of complex adaptive systems. Therefore, the methods using Newtonian mathematics usually give a solution that is not sufficient for analysis, examining and finding solutions for this complex system. Instead of classic mathematical tools, healthcare market evaluation studies need complex adaptive system tools. Using these methods and toolkits, the healthcare market can be modelled more closely to real life. That's why, the system is modelled more closely to real life, instead of to find just one solution, can be get more effective solutions with the methods can give a solution set. The aim of this study is to guide researchers interested in computational methods such as agent-based model, system dynamics model and discrete event simulation in healthcare market. So in this study, firstly, these complex system analysis methods are examined and then the literature that use these complex methods are presented.

Keywords: Agent based modelling, System dynamics modelling, Healthcare market, Health economics, Computational economics

*Sorumlu Yazar: demettopalkoc@klu.edu.tr

1. GİRİŞ

Çok katmanlı ve birbirine bağımlı, kendi kendini organize eden ve evrilebilen, nonlineer ve yol bağımlılığı olan sistemler kompleks adaptif sistemlerdir [1]. Sağlık sistemleri, heterojen birimler ve bunların oluşturduğu süreçler açısından kompleks adaptif bir sistemdir [2]. Bu durum, sağlık sistemi davranışlarını tahmin etmede ve sistemin etkin yönetimi konusunda, geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Sağlık hizmetleri piyasasını analiz etmede kullanılan geleneksel yaklaşım yöntemleri çeşitli varsayımlar ve belirli bir durumu ele alır. Ancak sistemi genel olarak anlamak ve gerçekçi çözümler sunabilmek için kompleks sistem analiz araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sağlık sistemi yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası olmak üzere aile hekimliklerinden üçüncü derece kapsamlı hastanelere kadar çeşitli büyüklükteki sağlık kuruluşları ile çok katmanlı yapıdadır. Dolayısıyla performansın değerlendirilmesi, etkin politikaların sunulması ve optimizasyonun sağlanmasında sadece maliyet etkililik, maliyet yarar gibi matematiksel çözümler yerine daha az varsayım kullanarak, sistemi ayrıntılı şekilde modelleyebilecek kompütasyonel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sağlık hizmetleri pek çok açıdan değerlendirilebilir. Bu çalışmada özellikle sağlık hizmetleri piyasası ele alınmaktadır. Çalışmada öncelikle sağlık hizmetleri piyasası ve kompütasyonel modelleme kısaca açıklanmaktadır. Sonrasında söz konusu yöntemlerden sistem dinamiği ve ajan bazlı modelleme yöntemlerine değinilerek, bu yöntemlerle yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Son olarak, yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirilmektedir.

2. Sağlık Hizmetleri Piyasası

Ekonomi için önemli bir kavram olan sağlığın, kazanılması ve korunması amacıyla gerçekleştirilen tüm faaliyetler sağlık hizmetleri olarak tanımlanmaktadır. Kaybedilen sağlık durumunun tekrar kazanılması ve korunabilmesi için, sunulan hizmetlerinin amacı, toplum için olumsuz durumları azaltmak, hastalığı önlemek ve “sağlıklı” tanımına uygun toplum oluşturmaktır. Sağlığın ekonomi açısından iki temel önemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki sağlıklı bir toplumun ekonomiye sağladığı katkılardır. İkincisi de sağlık durumundaki bozulmalar sonucu ortaya çıkan hastalığın, bireye ve topluma ekonomik zararlarıdır [3]. Sağlık hizmetlerinin kullanımı, temel insan haklarından biri

olarak kabul edildiği için devlet müdahalesi kaçınılmazdır. Sağlık sigortasını ödeme gücüne sahip olmayan bireylerin, devlet desteği ile hizmetlerden faydalanması sağlanır. Çünkü hasta bireyin tedavi edilmemesi yalnızca, o kişiyi değil toplumu da etkileyerek, çevresindekiler için de sosyal maliyet oluşturmaktadır.

Sağlık hizmetleri tedavi, bakım, önleme ve rehabilitasyon olmak üzere 4 aktiviteyi kapsamaktadır [4]. Tedavi (care) genellikle hastanede ve kısa sürede yapılırken; bakım, önleme ve rehabilitasyon aktiviteleri için daha uzun sürelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sağlık hizmetleri toplumdaki hasta insanların iyileşmesi ve bakımı için ayrılan kaynak ve aktiviteler olarak da tanımlanmaktadır. Sağlık hizmetlerinin diğer tanımı da hizmetin birincil amacına göre yapılmaktadır [4].Önleme, rehabilitasyon ve bakımın (cure) ilk amacı sağlığı geliştirmek ve sağlık çıktısını üretmektir. Tedavinin (care) ilk amacı ise, hastalığı ortadan kaldırmaya yöneliktir. Bunun yanı sıra, hasta ve bakımını yapan arasındaki ilişkinin sadece sağlık çıktısına göre değerlendirilmesi eksik bir yaklaşımdır. Bunun yerine, saygı, empati ve sempati gibi süreç ilişkili bir şekilde tanımlanmasının daha doğru bir yaklaşım olduğu söylenebilir. Fakat bakım süreçlerinin objektif değerlendirilmesi oldukça güçtür, bunun yerine ekonomik değerlendirmeler sağlık çıktısı ile ilgilenmektedir.

Sağlığı geliştirmek, ölüm oranı (mortalite) ve hastalık oranı (morbidite) gibi sağlık çıktılarını iyileştirmek ve aynı zamanda sağlıktaki eşitsizliği gidermek için “ne yapılmalı” sorusuna yanıt aranır. Bununla birlikte, sağlık kaynaklarının etkin ve eşit olarak yeniden dağıtımı için çalışılmaktadır. Bu amaçlara ulaşabilmek için iktisadın yöntemleri ve araçları (toolkit) kullanılmaktadır [4]. Sağlık sistemi kompleks yapıda olduğu için geleneksel yöntemler yerine simülasyonlarla modellenmesi ve analiz edilmesi gerçeğe daha yakın ele alınmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda, bu çalışmada kompleks sistemleri modellemede en çok kullanılan kompüsyonel yöntemlerden ajan bazlı modelleme ve sistem dinamiği modellemesi ile yapılan çalışmalara yer verilecektir.

3. Kompüsyonel Modelleme

Son yıllarda kompüsyonel modelleme yöntemleri özellikle sağlık hizmetleri gibi kompleks yapıları araştırma ve analiz etmede önemli bir araç hâline gelmiştir. Sistem dinamiği modelleri ve

ajan bazlı modelleme yöntemleri makro ve mikro seviyede sağlık sistemi davranışlarının simülasyonunu yapabilmek için en sık kullanılan yöntemler olmuştur. Söz konusu yöntemler, mikro ve makro seviye davranışları modelleyebilen, kompleks sistemlerdeki mekanizmayı açıklayabilen analiz araçlarıdır. Sağlık hizmetleri piyasasını açıklayan bu araçlar son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır [5].

Diferansiyel denklemler veya ayrık olay simülasyonu (AOS) gibi araçların yetersiz kaldığı dinamik hasta akışı veya dinamik personel aktiviteleri gibi sistemler ajan bazlı modelleme ile analiz edilebilir. Ayrık olay simülasyonu yönteminde, ajan bazlı modellemeyle de yapılabilen, sıralama teorisi kullanılabilir ancak buradaki ajanlar ABM (Ajan Bazlı Modelleme)'deki gibi karar veremezler ve pasiftirler [6]. ABM gerçek hayattaki sistemlere daha yakın modelleme imkânı sağlarken, ajan olarak hastalar diğer hastalardan, sağlık çalışanlarından ya da sağlık sisteminde kendi tecrübeleri ile olaylardan öğrenebilir ve çıkarım yapabilirler [7]. Buna karşılık SDM (Sistem Dinamiği)'deki ise geri bildirimleri, sağlık hizmeti süresince yaşanan aktiviteleri ve sistemin zaman içindeki değişimini iyi bir şekilde yakalayabilmektedir. Ayrık olay simülasyonunda zamanın belli bir anının görüntüsü elde edilirken, SDM'de ise sistemin bütününün akışını, eğilimlerini ve alt sistemlerin davranışı açıklanabilmektedir [8].

Söz konusu yöntemlerden en sık kullanılanları sistem dinamiği modelleri ve ajan bazlı modelleme olup bir sonraki bölümde kısaca açıklanmaktadır.

3.1 Sistem Dinamiği Modellemesi

Kompütasyonel yöntemlerden sistem dinamiği modellemesi, sistem davranışlarını makro seviyede kaynakların hareketleri veya zaman içinde niceliksel değişimleri açısından inceler. SDM sistemin durum değişkenlerinin ve bunların zaman içinde değişimini diferansiyel denklemleri kullanarak sistemdeki birimlerin simülasyonunu yapar. SDM yönteminin biçimsel bir temsili olan stok akım diyagramı, stokları, oranları ve etkileyen faktörleri kullanarak sistem değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Akış diyagramı suyun küvete dolması ve boşalması gibi düşünülebilir; oranlar, küvete ne kadar suyun geleceğini ya da gideceğini belirlerken, söz konusu oranlar da kısıtlar ve koşullara bağlı olarak zamanla değişmektedir. SDM'de stok akım diyagramı oluşturmadan önce sistemin mantıksal bir modeli olarak genel bir döngü diyagramı oluşturulur [8].

3.2 Ajan Bazlı Modelleme

SDM'nin aksine ajan bazlı modellemede sistem bütün olarak değil birim bazında ve her yönüyle temsil edilebilir. Bunun yanı sıra sadece birimlerin değil, bütün sistem davranışı aşağıdan yukarıya (bottom-up) modellenenir. Her ajan kendi özellikleriyle ve davranış eğilimleriyle ele alınabilir. Ayrıca ajanlar, deneyimlerinden öğrenebilir, belirlenen kurallara göre kendi kararlarını verebilir, özelliklerine ve modelde oluşturulan çevreye (environment) göre, diğer ajanlarla etkileşim kurabilir. Ajanlar arası iletişim; bire bir, bire karşı çok ajanlı ve bire karşı alan (location) olacak şekilde kurulabilmektedir [9]. Bire bir iletişim, iki kişi arasındaki iletişimdir; bire karşı çok ajanlı iletişim doktorun hastayı ve yakınlarını bilgilendirmesi gibi bir iletişimdir. Son olarak merkezi anons sisteminden hemşire vb. gibi sağlık personelinin bekleme salonundaki hastaları bilgilendirmesi de bire karşı alan iletişimi olarak tanımlanabilmektedir.

4. İlgili Literatür

SDM ve ABM yöntemleri sağlık sisteminde karar verme süreçlerinden acil servis optimizasyonuna kadar sağlığın geliştirilmesi ve korunması için pek çok farklı şekilde kullanılmaktadır [10]. Sağlık sisteminde maliyetli politika ve uygulamaları hayata geçirmeden önce simülasyonlarla risksiz ve düşük bütçeli olarak denemeler yapılabilir ve etkileri görülebilir. Genellikle “what if/ya olursa/farz edelim ki” senaryoları ile uygulamalar optimize edilmeye çalışılır [10].

Ayrık olay simülasyonu ve Markov modellerinin de sağlık sistemini modelleme ve sağlık ile ilgili ekonomik değerlendirmelerde geniş kullanım alanları bulunmakla birlikte bu çalışmada özellikle kompleks dinamik sistemleri modellemede tercih edilen, sistem dinamiği ve ajan bazlı modelleme yöntemlerini ele alan literatür incelenmiştir.

4.1 Sistem Dinamiği Modellemesi ile İlgili Literatür

Sağlık sistemi içinde acil servisler belirsizliğin en yüksek olduğu alanlardan birisidir. Sağlık hizmet talebinin ne zaman ve nasıl ortaya çıkacağı belli olmadığı için sağlık hizmet arzının her zaman yeterli olması gerekir, ancak bu talebi dengelemek için hastanenin tüm kaynakları acil servis için

kullanılamaz. Bu noktada sağlık idarecilerinin kaynakları optimum kullanacak şekilde hastanenin bulunduğu bölgeye ve genel talep eğilimine göre planlaması ve düzenlemesi beklenmektedir. Lane [11] çalışmasında Londra'daki bir acil servis modellenerek, elektif/isteğe bağlı cerrahi müdahale kayıtlarında etkili unsurlar ve acil serviste gecikmelere neden olan faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak yatak sayısı düşürüldüğünde acil servis kayıtlarında ve tedavi için bekleme sürelerinde artış olmuştur, bununla birlikte elektif cerrahi müdahale kayıtlarında da iptaller artmıştır. Sağlık hizmeti talebindeki artış, hasta bekleme sürelerini arttırırken sağlık çalışanlarının da uzun süre tam kapasitede çalışmasına neden olmuştur. Aynı yazarın [12] çalışmasında da yine Londra'daki bir acil servis iThink programı ile modellenmiştir. Akut hastanelerdeki hasta bekleme süresinin yatak sayısına ne kadar hassas olduğunu belirleyebilmek için çeşitli senaryolar geliştirilmiştir. İlk senaryoda yatak kapasitesi değiştirilmiş, ikinci senaryoda da kalıcı talep değişikliği yapılmıştır. Yatak kapasitesinin azaltılmasının sadece hasta bekleme sürelerini uzatmadığı ayrıca, diğer performans ölçütlerini de kötüleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Kalıcı olarak sağlık hizmetleri talebi arttığında sistemin neredeyse çöktüğü, personelin tamamının kullanıldığı ve elektif ameliyat iptallerinin arttığı gözlenmiştir.

Haslett ve Walker'ın [13] çalışmasında Avusturalya'nın Victoria şehrindeki hastanede tek bir hizmete yönelik imkânların arttırılması, sistem dinamiği yöntemi ve iThink programı ile modellenmiştir. Büyük hastanelerden, hizmet alanı genişletilmiş akut hastanelere hasta akışında bu alanla ilgili kayıt personelinin kullandığı yerel kuralların etkisi ele alınmıştır. Yerel kurallar uygulandığında hizmet maliyeti bütçeyi %6 aşmıştır. Aksine yerel kurallar uygulanmadığında hizmet maliyeti bütçenin %3 altında kalmıştır. Önceliğin uygulanmadığı bekleme listesinde, tedavi için hasta bekleme süreleri kısa etkin bir döngüde kalmıştır. Büyük hastaneden küçük akut hastanelere hasta sevkinde yüksek öncelik kuralı uygulanmıştır.

Worni vd.'nin [14] çalışmasında toplam diz ameliyatı için yapılacak geri ödemeler, varis tedavisi ile aynı oranda ise, ödemelerin yapılmaması ile ilgili politika uygulanmış ve sonuçları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde, Amerika'da kemik iltihabı semptomları olan, 65 yaş üstü ve "Medicare" sigortası kapsamındaki 9,7 milyon hastanın simülasyonu Vensim programı ile yapılmıştır. Model çıktıları yeni politika uygulamasının varis tedavisi oranında 3 katı kadar düşüş olduğunu göstermiş ve ayrıca diz ameliyatı olmaya uygun hasta sayısı 6 kat azalmıştır.

Mielczarek ve Zabawa'nın [15] çalışmasında kalp hastalıkları açısından gelecekte ihtiyaç duyulacak sağlık hizmetleri talebi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada 2002-2014 yılları arası, Polonya'daki Wrocław bölgesinde yaşayan 60 yaş üstü yaşlı nüfus ile temel senaryo oluşturulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, 2015 yılından 2035 yılına kadar kalp hastası sayısı olarak; erkeklerde %34,4 ve kadınlarda %30,15 oranında artış olacağı tahmin edilmiştir.

Esensoy ve Carter'in [16] çalışmasında inme yaşamış hastaların tedavileri için en iyi uygulamalar araştırılmıştır. Ontario sağlık sistemindeki 6 sektör ve bunlar arasındaki hasta akışı Vensim programı ile modellenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre tedavi için en iyi uygulama yapıldığında tüm sektörlerde hastaların kalma süresi kısalmıştır.

Sağlık sistemini bütün olarak değerlendiren çalışmalardan biri de Semwanga'nın [17] çalışmasıdır. Uganda sağlık sisteminin dinamiklerini yakalamak amacıyla, “yenidoğan” hizmetlerinde müdahalelerin ne kadar etkisi olduğu araştırılmıştır. Sistem dinamiği modellemesi Stella programı ile yapılmıştır. Sağlık hizmetlerini bir açıdan değerlendirmek yerine, farklı hizmetler ve “yenidoğan” bebek bakımları birlikte ele alınmıştır. Toplumun sağlık konusunda eğitimi, “yenidoğanlar” için gerekli malzeme ve teçhizatın ücretsiz dağıtımı ve ayrıca motosiklet kuponlarının entegre edilmesi ile “yenidoğan” bebek ölümleri büyük ölçüde engellenmiştir. Bunların yanı sıra sosyoekonomik statüyü hedef alan müdahalelerin ise hizmet dağıtımını hedefleyen müdahalelerden çok daha fazla oranda “yenidoğan” ölümlerini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Hlavka [18] çalışmasında 6 Avrupa ülkesinde alzheimer (Alzheimer) tedavisi konusunda sağlık sistemi alt yapısının hazırlıklı olup olmadığı değerlendirilmiştir. Alzheimer tedavisinde genel kabul görmüş tek bir yöntem bulunmamakla birlikte, geliştirilme aşamasında pek çok yöntem vardır. Erken evre araştırmalarına göre, var olan tedaviler tam olarak bunamayı engellemediği için, alzheimer tedavisinin yerine hastalığın önlenmesi daha önemli hale gelmiştir. Bu nedenle günümüzdeki muayeneler, hastalığı önceden teşhis etmeye çalışmaktadır. Bir tedavi geliştirildiğinde, hastalarda ilk önce erken dönem hafıza kaybı ya da orta düzey bilinç düzeyi kaybı gözlenirken, alzheimer olup olmadığı test edilir ve hafıza kaybı süreci geciktirilmeye ya da yavaşlatılmaya çalışılır. Geliştirilen tedavi alzheimer hastalığının geç evrelerini hedefliyorsa, tam bu noktada sağlık sistemi açısından önemli bir zorluk ortaya çıkmaktadır. Çünkü, 28 Avrupa ülkesinde 55 yaş üstü yaklaşık 20 milyon bireyin orta düzey hafıza kaybı yaşadığı ancak bunların

test edilmediği düşünülmektedir. Dolayısıyla alzaymır için bir tedavi geliştirildiğinde, bu tedavinin denenmesi ve süreçlerin gözlenmesi için tanısı konulmuş yeterli hasta sayısı olmadığı söylenebilir. Bu bağlamda, söz konusu çalışmada, Fransa, İspanya, Almanya, İtalya, İsveç ve İngiltere'nin alzaymır tedavisi bulunması durumunda, ilgili uygulamalar açısından hazırlıklı olup olmadıkları araştırılmıştır. Tedavileri değerlendirmek ve beklenen sayıda hasta tedavi edebilmek için SDM ile simülasyonlar yapılmıştır. Simülasyona göre, tedavi için bekleme süreleri 5 aydan (Almanya'da) 19 aya (Fransa'da) kadar değişmiştir. Bekleme süresi olmaksızın tedaviye ulaşma ise, Almanya'da 2030, Fransa'da 2033, İngiltere'de 2042 ve İspanya'da 2044 yılında gerçekleşebilmiştir. Çoğu ülkenin, tedavinin dağıtımını açısından zorluk yaşayacağı öngörülmüştür. Eğer hastalığın tedavisi 2020 yılında uygulanabilir hâle gelirse, öngörülen kapasite ve tedavi dağıtımını kısıtları altında, 2020-2044 yılları arasında hafif düzey biliş bozukluğu olan 1 milyondan fazla hastanın, orta düzey alzaymır hastalığını yaşayacağı tahmin edilmiştir.

Zhu vd.'lerinin [19] çalışmasında, İngiltere'de antibiyotik reçetesi yazılma oranının optimizasyonu konusunda yapılabilecek müdahaleler sistem dinamiği modellenmesi ile ele alınmıştır. Antibiyotik direncinin oluşmaması amacıyla antibiyotik tüketimini azaltmaya yönelik pek çok davranışsal müdahale yapılmasına rağmen, doktorların antibiyotik yazma oranı üzerinde sınırlı etkisi olmuştur. Bu bağlamda, bu çalışmada bir hastanede antibiyotik yazılma sürecinin, karar verme aşamaları iThink programı kullanılarak sistem dinamiği yaklaşımı ile modellenmiştir. Hastane verileri kullanılarak "ya olursa" senaryoları geliştirilmiştir. Yapısal doğrulama ve parametre doğrulama testi, ekstrem durum testi, tutarlılık ve davranışsal duyarlılık testleri yapılmıştır. Modelde stok akım metodolojisi ile doktorların reçete yazma süreci oluşturulmuştur. Stok seviyesi, farklı aşamalarda reçete yazılma kararı verilen hasta sayısı olmak üzere, akım ise, birim zamanda reçetesi yazılma süreci devam eden hasta sayısını temsil etmiştir. Mikrobiyoloji laboratuvarı da alt sistem olarak modele alınmıştır. Ayrıca reçete yazımı kurallarına uymayan tecrübeli ve tecrübesiz personel yüzdesi ile mikrobiyologların gözlemlerini dikkate alarak reçete yazma kuralına uyan personel yüzdesi ana parametreler olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçları hastane yöneticilerine hangi uygulamaların yapılması gerektiği konusunda kantitatif bir kanıt sunmuştur. Buna göre, mikrobiyoloji laboratuvarında hızlı tanı araçlarının kullanılması ya da tanı testlerinin daha kısa sürede yapılması antibiyotik reçetesi yazılma oranını azaltmıştır.

4.2 Ajan Bazlı Modelleme ile İlgili Literatür

Huynh vd.'lerinin [20] çalışmasında ilaç kayıt güvenliğinin sağlanması konusunda ajan bazlı modelleme kullanılmıştır. Bu bağlamda, ilaç kayıt sürecinde (İKS) ilgili hemşirenin iş akışı ele alınmış ve yeniden dizayn edilmiştir. Çalışmada hemşirelerin hastalara ait ilaçların kaydını yaptığı yerel ilaç merkezi NetLogo programı kullanılarak modellenmiştir. İKS görev süreci sıralaması yeni bir protokol ile değiştirilmiş ve böylece görev için ayrılan süreler kısalmıştır. Simülasyonda, hemşireler pilot çalışmadaki gibi en yüksek sıklıkla gözlenmiş sıralamayı uyguladığında ilaç kayıt görev sürelerini daha etkin kullanabilmişlerdir.

Einzinger vd.'lerinin [21] çalışmasında sağlık hizmeti sağlayıcılar ve geri ödemeler ele alınmıştır. Ajan bazlı GAR-DRG modeli ile Avusturalya'daki ayaktan tedavi hizmetlerinde geri ödeme planları karşılaştırılmıştır. Simülasyonda hastalar medikal sorunlar yaşar ve tıbbi hizmete ihtiyaç duyar. Bu noktada sağlık hizmeti sağlayıcılarına başvurur. Geri ödeme sistemi, hastaların sağlık kurumlarını ziyaretleri sırasında kapsamlı bilgi toplar. Model tutulan hasta verilerinin optimal kullanımı için dizayn edilmiştir. Ana ajanlar hastalar, sağlık hizmeti sağlayıcılar, geri ödeme sistemi ve sağlık hizmetleri piyasası olup, AnyLogic programı ile modellenmiştir. Sonuçta Avusturalya için geri ödeme planlarını karşılaştırabilecek bir araç oluşturulmuştur.

Viana vd.'lerinin [22] çalışmasında gebe ayaktan tedavi kliniğinde, sağlık hizmeti talebi belirsiz olan doğumu gecikmiş hastalar aracılığıyla hasta akışını açıklamak ve geliştirmek için ajan bazlı modelleme kullanılmıştır. Norveç'te Akershus Üniversitesi Hastanesi'ndeki doğumu gecikmiş gebe ayaktan tedavi kliniği, gebe kliniği ve doğum sonrası kliniği NetLogo programı ile modellenmiştir. Simülasyon sonucunda beklendiği gibi klinikteki ebe sayısının artması ile kaynakların kullanımı azalmıştır. Buna karşılık, büyük oranda talep artışı olursa, ebe sayısı artsa bile, bu talebi karşılayabilmek için daha fazla doktor görev yapmak zorunda kalmıştır.

Chang ve Tassier'in [23] çalışmasında, bölgesel aşılama kapsamında ve epidemik bir hastalığın ajan bazlı modellemesi yapılmıştır. Çalışmada örnek olarak mevsimsel grip salgını yaşandığında, yüksek ve düşük aşılama yapılan bölgelerdeki epideminin ve dışsallıkların şiddeti araştırılmıştır. Epidemiy boyutları aşı kapsamının ne kadar heterojen olduğuna, toplumdaki etkileşim yapısına ve toplumun, sürü bağışıklığına (herd immunity) ne kadar yakın olduğuna göre değişmiştir. Toplam aşı seviyesi sabit tutulduğunda, ortalama epidemiy boyutu artmıştır. Bölgesel aşılama oranları

değişkenliği yüksek iken, sürü bağışıklığı için daha büyük ölçüde aşılama yapılması gerektiği gözlenmiştir. Toplumda etkileşim yüksek ise, hastalık daha kolay yayılacağı için söz konusu aşılama gerekliliği de daha yüksek olmuştur. Buna karşılık, bölgeler arası bağlantılar ve aşılama seviyesi yeterli olduğunda, ortalama epidemiy boyutu da azalmıştır. Ayrıca çalışmada, farklı aşılama kapsamı bulunan bölgelerde, dışsallık şiddetinin, toplumun sürü bağışıklığı yakınlığına göre, değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Sok ve Fischer'ın [24] çalışmasında, hayvan aşılarının beklenen ters etkileri, devlet ve çiftçi arası iletişim stratejileri ve devlet desteklerine göre farklılık gösteren aşılama planlarını dizayn etmek için ajan bazlı modelleme yapılmıştır. Modelde NetLogo programı kullanılarak, çeşitli senaryoların simülasyonu yapılmıştır. Çiftlik hayvanlarında epidemik hastalık olması durumunda, devlet desteği ve çiftçilerle iletişimin minimal seviyede kurulduğu ve belirli bir plan olması senaryoları ele alınmıştır. Sonuç olarak hastalık görüldüğünde, çiftçinin ne yapması gerektiğine dair plan olması durumunda, aşılama oranlarının arttığı gözlenmiştir. Çalışma sonuçları, iyi planlanmış risk yönetim stratejilerinin, devletin finansal desteği kadar önemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca söz konusu planlar ile hastalıklara karşı hayvanların aşılama oranı artmıştır.

4.3 Hibrit Modeller ile ilgili Literatür

İki ya da daha fazla yöntem kullanılarak oluşturulan modeller hibrit modellerdir. Aynı ayrı modelleme yöntemlerinin kısıtları bulunmaktadır. Hibrit modeller ile bu kısıtlar ortadan kaldırılarak, gerçeğe daha yakın modelleme yapılabilmektedir [25]. Bazı modeller bireysel hasta ve sağlık personel çeşitliliğini, bazıları da sağlık sisteminin kompleks yapısını daha iyi yansıtabilir. Bu çalışma kapsamında ajan bazlı modelleme, ayrık olay simülasyonu ve sistem dinamiği modellemelerini ikili olarak birlikte kullanan çalışmalar incelenecektir.

Sistem dinamiği ve ayrık olay simülasyonu yöntemlerini birlikte kullanan Brailsford vd.'lerinin [26] çalışmasında yerel yönetimlerin yaşlı nüfusun sağlık hizmetleri servisleri ve desteklerine ulaşımını nasıl kolaylaştırabileceği ele alınmıştır. Bu konuda yeni bir iletişim merkezi uygulamasının uzun dönemli etkisi değerlendirilmiştir. İngiltere'deki Hampshire Belediyesi çağrı merkezi modele alınmıştır. Söz konusu merkez yaşlılara tavsiye vermiş ya da uygun sağlık hizmetine yönlendirmiştir. SDM için Vensim ve AOS için de Simul8 programları kullanılmıştır.

Simülasyonda sağlık durumu kötü olup ikinci aramayı yapan hastalar (ilk aramada iletişim kurmada sorun yaşayanlar) çağrı merkezindeki yetkili kişilerden tavsiye alarak iyileşebilmişlerdir. Böylece sağlık durumu kötü olan yaşlı sayısı önemli miktarda azalmıştır.

Djanatliev vd.'lerinin [27] çalışmasında ileriye yönelik sağlık teknolojileri değerlendirmesi (ProHTA- Prospective Health Technology Assessment) için ajan bazlı modelleme ve sistem dinamiği yaklaşımları birlikte kullanılmıştır. Sağlık teknolojilerinin değerlendirilmesinde HTA, EarlyHTA and Horizon Scanning gibi farklı araçlar kullanılmaktadır. Bunlar var olan teknolojileri değerlendirmeye imkân verirken; ProHTA aracında ise sağlık hizmetleri ile ilgili bir ürün geliştirilmeden veya dizayn edilmeden önce değerlendirilebilmektedir. Modellemede AnyLogic programı kullanılmıştır. Ana simülasyonlar ve hasta davranışlarının detaylı iş akışları ABM ile oluşturulurken, bunun dışındaki çevre sistem dinamiği ile modellenmiştir. Tüm simülasyonlar farklı modüllere bölünerek komplekslik en iyi şekilde modellenebilmiş ve modül parçaları farklı senaryolarda kullanılabilmiştir. Kullanım senaryosu (use case) örnek ile ele alınmıştır. Mobil İnce Birimleri (MİB-Mobile Stroke Units) yeni bir sağlık hizmet aracı olarak ele alınmış ve uygulama sonrasında trombosit oranındaki yükseliş değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçları alandaki uzman doktor ve diğer sağlık çalışanlarının da onayını alabilmiştir. Model ile sağlık hizmetleri için geliştirilen teknolojik bir ürün, nihai üretimi yapılmadan önce sanal ortamda değerlendirilebilmiştir.

Kittipittayakorn ve Ying'in [28] çalışmasında hasta bekleme sürelerini azaltmak için uygulanabilecek politikalar, ajan bazlı modelleme ve kesikli olay simülasyonu ile değerlendirilmiştir. Çalışmada hastanelere randevulu ve randevusuz hasta kabul edildiğinde, hasta bekleme sürelerinin arttığı belirtilmiştir. Bekleme sürelerini azaltmak için departmanlara danışma birimleri eklenmiştir. Çalışmada sadece hastanenin ortopedi departmanı için danışma birimleri eklendiğinde, bu birimdeki hasta bekleme sürelerinin yaklaşık 30 dk azaldığı gözlenmiştir. Hastanenin ortopedi departmanındaki alanları modellemede ayrık olay simülasyonu kullanılırken, hasta ve sağlık çalışanları da ajan bazlı modelleme ile simülasyona alınmıştır.

Tablo 1: Sağlık Hizmetleri Piyasasında Kullanılan SDM ve ABM Yöntemlerinin Özeti

	ABM	SDM
Çalışmanın Amacı	İstenmeyen sağlık çıktılarının azaltılması [27]	İstenmeyen sağlık çıktılarının azaltılması [17] [27] [14]
	Herhangi bir tıbbî müdahale almadan hastaneyi terk eden hasta sayısının azaltılmaya çalışılması [21]	Alınan sağlık hizmetleri kalitesini arttırmak [17]
	Sağlık personelinin görevini yerine getirirken harcadığı performansın azaltılması, hastaların hizmet almak için bekleme ve sistemde kalma süresinin kısaltılması [20] [28]	Sağlık hizmetleri kapasitesinin yeterli hâle getirilmesi ve hastaların hastanede kalış sürelerinin azaltılması [26] [16]
	Sağlık sigortası geri ödeme planlarının karşılaştırılabilmesi için araç geliştirilmesi [21]	Sağlık hizmetlerinin toplam maliyetini azaltmak [27] [14]
	Aşı planlamaları ve bu konu ile ilgili uygulanacak politikaların, salgın hastalık durumunda etkinliğinin değerlendirilmesi [24] [23]	Acil serviste istenmeyen durumlara neden olan faktörlerin belirlenmesi [11] [12]

Validasyon Yöntemleri	Model çıktıları uzmanlar tarafından değerlendirilmiş ve doğrulanmıştır. [22]	Model çıktıları uzmanlar tarafından değerlendirilmiş ve doğrulanmıştır [12] [17].
	Duyarlılık (Sensitivity) analizi yapılmıştır. [21]	Yapısal geçerlilik testleri yapılmıştır. [16] [17]
	Ekstrem durum testleri yapılmıştır. [22]	Yapısal geçerlilik için uzmanların onayı alınmıştır. [11]
	Model çıktıları tarihsel veriler ve daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. [22] [20] [21]	Duyarlılık analizinde model çıktılarının ana parametrelerdeki değişimlere ne kadar duyarlı olduğu test edilmiştir. [17] [12]
	F-testi (Huynh) ve T-testi kullanılmıştır. [20] [28]	Uygulanan politikaların hataya karşı dayanıklılığı (robustness) ve etkililiği test edilmiştir. [16] [14]
Kullanılan programlar	AnyLogic [21]	iThink [13] [12] [19]
	NetLogo [20] [24]	Simul8 [26]
		Vensim [14] [16] [26]

5. SONUÇ

Yapılan derleme sonucunda sistem dinamiği modellemesi, ajan bazlı modelleme ve ayırık olay simülasyonu yöntemleri sağlık hizmetlerinde çeşitli alanlarda hizmetlerin performansını değerlendirmek, hizmetleri yeniden düzenlemek ve geliştirmek için kullanılmıştır. Söz konusu

yöntemlerin, sağlık hizmetleri piyasasında; yaşlı bakımı veya uzun dönem bakım hizmetlerinin değerlendirilmesinde, acil servisin performansı konusunda, sağlık sigortası, sağlık hizmet sağlayıcıları ve geri ödeme sistemlerinin planlanmasında ve düzenlenmesinde, salgın hastalıkların yayılma şekilleri ve bulaşma riskini azaltmak için alınabilecek önlem senaryolarının simülasyonunda ve son olarak yenidoğan, doğum sonrası ve çocuk sağlığı konularında hizmetleri değerlendirmek ve geliştirmek amacıyla kullanıldığı gözlenmiştir.

Çalışmada SDM, ABM ve hibrit modelleme yöntemlerinin, sağlık hizmetleri sisteminin simülasyonunu yapma, değerlendirme ve uygulanacak politikaları hayata geçirmeden önce sanal ortamda gözleme konusunda sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. ABM yöntemi sistemi birim bazında değerlendirme konusunda daha üstün iken, SDM yöntemi de stok akım yaklaşımı ile uygulamada kolaylık sağlayarak, sistemi genel olarak değerlendirmede tercih edilmektedir.

Sağlık hizmetleri ve sağlık hizmetleri piyasası kompleks adaptif yapı olduğu için klasik değerlendirme ve analiz etme araçları, gerçeği yansıtmada konusunda yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla etkin çözüm konusunda klasik Newton matematiği kullanılarak bulunan ve tek çözüm veren yöntemler yerine, günümüzün ileri düzey teknolojisiyle oluşturulmuş simülasyon yöntemleriyle bulunan çözümlerin diğer bir ifadeyle tek bir çözüm yerine çözüm kümeleri sunan yöntemlerin sağlık hizmetleri ve sağlık hizmetleri piyasasını değerlendirmede daha üstün olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] J. H. Holland ve J. H. Miller, “American Economic Association Artificial Adaptive Agents in Economic Theory Author (s): John H . Holland and John H . Miller Source : The American Economic Review , Vol . 81 , No . 2 , Papers and Proceedings of the Hundred and Third Annual Meeting of th”, *Am. Econ. Rev.*, c. 81, sayı 2, ss. 365–370, 1991.
- [2] A. Kitson vd., “Using complexity and network concepts to inform healthcare knowledge translation”, *Int. J. Heal. Policy Manag.*, c. 7, sayı 3, ss. 231–243, 2018.
- [3] F. Ersöz, “Türkiye ile OECD ülkelerinin sağlık düzeyleri ve sağlık harcamalarının analizi”, *İstatistikçiler Dergisi İstatistik ve Aktüerya*, c. 1, sayı 2, ss. 95–104, 2008.
- [4] J. A. Olsen, *Principles in Health Economics and Policy*. 2009.
- [5] R. Cassidy vd., “Mathematical modelling for health systems research: A systematic review of system dynamics and agent-based models”, *BMC Health Serv. Res.*, c. 19, sayı 1, ss. 15–

17, 2019.

- [6] M. Allen *vd.*, “Right cot, right place, right time: improving the design and organisation of neonatal care networks – a computer simulation study”, *Heal. Serv. Deliv. Res.*, c. 3, sayı 20, ss. 1–128, 2015.
- [7] Z. Liu, E. Cabrera, D. Rexachs, ve E. Luque, “A Generalized Agent-Based Model to Simulate Emergency Departments”, *Sixth Int. Conf. Adv. Syst. Simul.*, sayı c, ss. 65–70, 2014.
- [8] P. Liu ve S. Wu, “An agent-based simulation model to study accountable care organizations”, *Health Care Manag. Sci.*, c. 19, sayı 1, ss. 89–101, Mar. 2016.
- [9] U. Wilensky ve W. Rand, *An introduction to agent-based modeling*, sayı January. 2015.
- [10] M. Atkinson, R. Wells, A. Page, A. Dominello, M. Haines, ve A. Wilson, “Applications of system dynamics modelling to support health policy”, *Public Heal. Res. Pract.*, c. 25, sayı 3, ss. 1–8, 2015.
- [11] D. Lane ve J. Rosenhead, “Emergency - but no accident - a system dynamics study of casualty waiting times in the British NHS - CentAUR”, *Eurohealth (Lond.)*, c. 4, sayı 1, ss. 34–36, 1998.
- [12] D. Lane, C. Monfeldt, ve J. Rosenhead, “Looking in the wrong place for healthcare improvements: A system dynamics study of an accident and emergency department”, *J. Oper. Res. Soc.*, c. 51, sayı 5, ss. 518–531, 2000.
- [13] T. Haslett ve B. C. Walker, “The dynamics of local rules in hospital admission processes”, *Aust. Heal. Rev.*, c. 26, sayı 3, s. 98, 2003.
- [14] M. Worni *vd.*, “System Dynamics to Model the Unintended Consequences of Denying Payment for Venous Thromboembolism after Total Knee Arthroplasty”, *PLoS One*, c. 7, sayı 4, s. e30578, Nis. 2012.
- [15] B. Mielczarek ve J. Zabawa, “MODELING HEALTHCARE DEMAND USING A HYBRID SIMULATION APPROACH”, sayı August, ss. 1535–1546, 2016.
- [16] A. V. Esensoy ve M. W. Carter, “High-fidelity whole-system patient flow modeling to assess health care transformation policies”, *Eur. J. Oper. Res.*, c. 266, sayı 1, ss. 221–237, 2018.
- [17] A. R. Semwanga, S. Nakubulwa, ve T. Adam, “Applying a system dynamics modelling approach to explore policy options for improving neonatal health in Uganda”, *Heal. Res. Policy Syst.*, c. 14, sayı 1, ss. 1–17, 2016.
- [18] J. Hlavka, S. Mattke, ve J. Liu, “Assessing the Preparedness of the Health Care System

Infrastructure in Six European Countries for an Alzheimer's Treatment", *Assess. Prep. Heal. Care Syst. Infrastruct. Six Eur. Ctries. an Alzheimer's Treat.*, c. 8, sayı 3, Eyl. 2018.

- [19] N. J. Zhu, R. Ahmad, A. Holmes, J. V. Robotham, R. Lebcir, ve R. Atun, "System dynamics modelling to formulate policy interventions to optimise antibiotic prescribing in hospitals", *J. Oper. Res. Soc.*, c. 0, sayı 0, ss. 1–13, 2020.
- [20] N. Huynh, R. Snyder, J. M. Vidal, A. S. Tavakoli, ve B. Cai, "Application of computer simulation modeling to medication administration process redesign", *J. Healthc. Eng.*, c. 3, sayı 4, ss. 649–662, 2012.
- [21] P. Einzinger, N. Popper, F. Breitenecker, N. Pfeffer, R. Jung, ve G. Endel, "The GAP-DRG model: Simulation of outpatient care for comparison of different reimbursement schemes", *Proc. 2013 Winter Simul. Conf. - Simul. Mak. Decis. a Complex World, WSC 2013*, ss. 2299–2308, 2013.
- [22] J. Viana, T. B. Simonsen, F. A. Dahl, ve K. Flo, "A hybrid discrete event agent based overdue pregnancy outpatient clinic simulation model", *Proc. - Winter Simul. Conf.*, c. 2018-Decem, ss. 1488–1499, 2018.
- [23] M. H. Chang ve T. Tassier, "Spatially Heterogeneous Vaccine Coverage and Externalities in a Computational Model of Epidemics", *Comput. Econ.*, 2019.
- [24] J. Sok ve E. A. J. Fischer, "Farmers' heterogeneous motives, voluntary vaccination and disease spread: An agent-based model", *Eur. Rev. Agric. Econ.*, c. 47, sayı 3, ss. 1–22, 2019.
- [25] S. Brailsford, "Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, eds.", ss. 1436–1448, 2007.
- [26] S. C. Brailsford, S. M. Desai, ve J. Viana, "Summary for Policymakers", içinde *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 2010, c. 53, sayı 9, ss. 1–30.
- [27] A. Djanatliev, R. German, P. Kolominsky-rabas, ve B. Hofmann, "Technology can be represented in this context by medical devices , pharmaceuticals , procedures , ther-", *Proc. 2012 Winter Simul. Conf.*, 2012.
- [28] C. Kittipittayakorn ve K.-C. Ying, "Using the Integration of Discrete Event and Agent-Based Simulation to Enhance Outpatient Service Quality in an Orthopedic Department", *J. Healthc. Eng.*, c. 2016, ss. 1–8, 2016.

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisinde fen ve mühendislik alanında özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, vaka takdimleri, kitap eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektuplar yayınlanır. Dergi Aralık ve Haziran aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanır. Yayınlanmak üzere gönderilen eserlerin başka bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere gönderilmemiş olması gerekmektedir. Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergide yayınlanacak eserlerin her türlü sorumluluğu yazar/larına aittir. Makaleler, <http://dergipark.ulakbim.gov.tr> adresine gönderilmelidir. Makalenin hakem incelemesi için kabul edilmesi durumunda, Telif Hakkı Devir Formu tüm yazarlarca imzalanarak editörlüğe gönderilmelidir. Dergiye gönderilen makaleler, öncelikle Dergi Yayın Kurulu tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Yayın Kurulu, yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı veya yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleleri hakemlere göndermeden red kararı verme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınabilecek olan makaleler, incelenmek üzere iki ayrı hakeme gönderir. Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir.

Yazım Kuralları / Instructions

- 1.** Yazı tümüyle (metin, tablolar, denklemler, çizimler) bilgisayarda düzenlenmeli ve baskıya hazır biçimde teslim edilmelidir. Yazı, A4 (210 x 297 mm) boyutlu kâğıda, Word ortamında, 12 punto (ana başlık 14 punto) Times New Roman font kullanılarak, bir buçuk aralıkla ve her iki yana yaslı olarak yazılmalı, kâğıdın tüm kenarlarından 25 mm boşluk bırakılmalıdır.
- 2.** Çizimler ve tablolarla birlikte, makaleler 25 sayfadan, teknik notlar 6 sayfadan daha uzun olmamalıdır.
- 3.** Yazı, elektronik ortamda (CD veya e-posta eki) dergi e-posta adresine veya dergi yazışma adresine gönderilmelidir.
- 4.** Metin yalın bir dil ve anlatımla yazılmalı, Türkçe yazım kurallarına uygun olmalı, üçüncü tekil şahıs ve edilgen fiiller kullanılmalı, devrik cümleler içermemelidir.
- 5.** Bölümler (i) özet ve anahtar kelimeler, (ii) abstract and keywords (İngilizce başlık, özet ve anahtar kelimeler), (iii) ana metin (giriş, materyal ve metod, sonuçlar vb.), (iv) semboller, (v) teşekkür (gerekliyse) ve (vi) kaynaklar sırası içinde düzenlenmelidir.
- 6.** Başlık kısa ve açık olmalı, içeriği yansıtabilmelidir. Başlık büyük harfle ortalanarak yazılmalıdır.
- 7.** Yazar/ların adları kısaltmasız, başlığın altına yan yana, soyadlar büyük harfle ortalanarak 11 punto boyutunda yazılmalıdır. Yazar isimlerinden sonra virgül ve adres belirtmek için üst simge olarak rakam kullanılmalıdır. Yazışmaların yapılacağı sorumlu yazar isminde mutlaka üst simge yıldız (*) sembolü olmalıdır. Adres/ler tam yazılmalı, kısaltma yapılmamalıdır. Sorumlu yazarın e-mail adresi dipnot olarak bulunmalıdır. Yazar adları yazılırken herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir.
- 8.** Özet (ve Abstract) çalışmanın amacını, kapsamını, yöntemini ve ulaşılan sonuçları kısaca tanımlamalı ve 200 kelimeyi aşmamalıdır. En az üç tane anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler, zorunlu olmadıkça başlıktakilerin tekrarı olmamalıdır. Başlık, Özet ve İngilizce başlıklı Abstract birinci sayfaya sığdırılmalı, birinci sayfanın altında on satır boş bırakılmalı ve ana metin ikinci sayfadan başlatılmalıdır.
- 9.** Bölüm ve alt bölüm başlıkları numaralanmalıdır (TS1212).
- 10.** Semboller uluslararası kullanıma uygun seçilmeli; her bir sembol ve varsa kısaltmalar ilk kullanıldığı yerde tanımlanmalı, ayrıca metnin sonunda (Kaynaklardan önce) tüm semboller alfabetik sıra ile (önce Latin, sonra Yunan alfabesi) listelenmelidir.
- 11.** Matematiksel ifadeler (denklemler) Word ortamında "Equation Editör" kullanılarak yazılmalıdır. Metin içerisinde geçen denklemler numaralanmalı ve bu numaralar satır sonunda parantez içinde gösterilmelidir.

12. Tablo dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafik gibi gösterimler “Şekil” olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şeklin metin içindeki yeri belirtilmelidir. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırasıyla numaralandırılmalı (Tablo 1., Tablo 2., Şekil 1., Şekil 2. gibi) başlık ve açıklama içermelidir. Grafik ve şekiller basılı sayfa boyutları dikkate alınarak çizilmelidir. Şekillerin sıra numaraları ve başlıkları şeklin altına, tabloların ki ise tablonun üstüne yazılmalıdır.

13. Yazılarda yalnızca SI birimleri kullanılmalıdır.

14. Teşekkür olabildiğince kısa olmalı, çalışmaya katkısı ve desteği bulunan kişi ve kuruluşlar belirtilmelidir.

15. Dergimize yayınlanmak üzere gönderilen makaleler benzerlik kontrol programı ile kontrol edilecektir. Benzerlik raporu ilgili yayın danışma kurulu üyesine kontrol etmesi için gönderilecektir. Benzerlik raporu sonucu yüksek çıkan makaleler için yazardan düzenleme talep edilir.

16. Kaynaklar metinde köşeli parantez ([]) içinde numaralanmalı ve kaynaklar listesinde metin içinde veriliş sırasına uygun biçimde belirtilmelidir. Yayınlanmamış bilgiler kaynak olarak verilmemelidir. Ancak tamamlanmış ve jüriden geçmiş tezler ve DOI numarası olan makaleler kaynak olarak verilebilir.

Kaynaklarda şu bilgiler verilmelidir:

Kaynak makale ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, makalenin tam başlığı, derginin adı, cilt, sayı, başlama ve bitiş sayfaları, basıldığı yıl.

Örnek: [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962.

Kaynak kitap ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, kitabın adı, cilt numarası, varsa editörü, yayınlandığı yer, yayınlandığı yıl.

Örnek: [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

Kaynak bildiri ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, bildirinin adı, konferansın adı, yapıldığı yer, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

Örnek: [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

Kaynak tez ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, tezin adı, derecesi, sunulduğu kurum, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

Örnek: [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 5-9, 2011

Kaynak rapor ise: Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, raporun adı, türü, numarası, kuruluşun adı, yayınlandığı yer, yıl.

Örnek: [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

Kaynak internet ise: Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan çalışmalar hariç)

Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, çalışmanın adı, internet sitesinin adı ve adresi, internet sitesine erişim tarihi

Örnek: [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, ATechnical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, Erişim tarihi: 12.10.2014

KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Kirklareli University Journal of Engineering and Science welcome materials for publications as original research papers, short communications, technical notes, case reports, book/software reviews and scientific letter to editors. Kirklareli University Journal of Engineering and Science is published two issues per year in June and December. Manuscripts submitted to the journal are only accepted if they have not been or will not be published and should not be under review elsewhere. Manuscript's language is English and Turkish. All responsibility of the studies belongs to the authors. Studies should be prepared in accordance with international scientific ethics rules. Studies must be sent to <http://dergipark.ulakbim.gov.tr>.

For the studies accepted for publication in our journal, copyright transfer form signed must be sent to the journal editorial. Papers are firstly checked for their suitability for technical and journal's style. The manuscripts that do not suit journal's standards or not suitable correspond to the scope journal are refused with unexplained reason. Manuscripts that are found suitable for peer review will be assigned to two expert reviewers. The final decision to accept or reject a manuscript will be made by the Editorial Boards. After review process, the Editorial Boards will inform the authors of acceptance, rejection or necessity of revision of the manuscript.

Instructions / Yazım Kuralları

1. Text (tables, equations, figures, pictures etc.) should be prepared using Microsoft Word Processor with Times New Roman font and 12 point (The title 14 point) size. Manuscripts should be written with 1,5 line spacing on A4 (210 x 297 mm) sized typing paper with 25 mm all margins.
2. The maximum number of pages for original research papers (including tables, figures and references) should be 25 and for the technical notes should be 6 respectively.
3. Paper should be sent online by the journal web site or should be posted CD by journal correspondence address.
4. Text should be written in plain language and narrative, it should be free from any spelling or grammatical errors and the third person singular passive verb should be used.
5. The parts should be in order to (i) Turkish abstract and key words, (ii) English abstract and key words, (iii) main text (Introduction, Material and Methods, Results, Discussions etc.), (iv) symbols, (v) acknowledgements and (vi) references.
6. The title suitable for the content should be clear, as short as possible and centered on the page with the capital letters.
7. All Authors full names should be written as lower case 11 font size in the middle and surname of the authors should be written capital letters. After authors name and surnames, authors' addresses should be stated with superscript numbers (e.g. 1, 2, 3). Corresponding author's full name should be marked with an asterisk (*). All authors' addresses must be typed with lower case 11 font in the center. The corresponding author's contact address and e-mail address should be given. Names of institutions and cities each authors also must be stated. Authors' name and surname should not indicated any academic title.
8. A brief, informative English and Turkish abstract, not exceeding 200 words, should be typed in 12 font size. Immediately following the abstract, authors should provide at least 3 English and Turkish keywords or phrases that reflect content of the article. The key words should not repeat of the title as possible.
9. Section and sub-section title should be numbered (TS1212).
10. In general, the recommendations of the SI units should be followed. Symbols, formulas and equations should be written with great care, capitals and lower case letters being distinguished where necessary. Unusual symbols employed for the first time should be defined by name in the left-hand margin. Abbreviations require definition when first used.

11. Mathematical expressions should be written by an equation editor (Word format). Each equation in text should be numbered and numbers should be shown in parentheses at the end of the line.
12. The drawings, photos and graphs except the tables should be given as "Figure" in manuscript. Electronically submitted figures and graphs are preferred *.jpg or *.tiff formats. Do not give magnification on scales in the figure titles; instead draw bar scales directly on the figures. All the tables and figures must be referred in the text. The numbers and headings of figures must be written below the figure. The numbers and headings of tables should be written the top of the table.
13. SI (System International d'Unités) units should be used.
14. The acknowledgement in the manuscript should be short as possible and it should be indicated if any support is given to work by an institution or a person.
15. Manuscripts submitted for publication in our journal are checked a similarity control software. Similarity report will be sent on the advisory board to be checked. If the similarity control program report results as high similarity, manuscripts are sent back to authors for them to make necessary changes.
16. Literature references are to be numbered consecutively in square brackets. The list of references should be given at the end of the paper in order of their first appearance in the text. Unpublished data should not be used as references. But MSc and PhD thesis, accepted by jury and the manuscripts not published yet if accepted for publication with DOI numbers can be use as references.

References should be provided with the following information:

If the reference is a journal paper: Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, volume number, pages, year.

Example: [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962

If the reference is a book: Author surname, first name initial(s), title of the book, volume number, editor(s) (if provided), place of print , page interval, year.

Example: [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

If the reference is a congress presentation: Author surname, first name initial(s), title of the presentation, name of the congress, seminar or conference, place, page interval, year.

Example: [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

If the reference is a printed thesis: Author surname, first name initial(s), title of the thesis, thesis type (MSc. or Ph.D), institute submitted, place, page interval, year.

Example: [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Ph.D, Trakya University Graduate School of Natural and Applied Sciences, P 5-9, 2011

If the reference is a source publication: Author surname, first name initial(s), report name, name of the organization (if the report is prepared by an organization), report number (if applicable), place, page interval, year.

Example: [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

For Electronic Encyclopedia and books: Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, website name and web address, date of access

Example: [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, A Technical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, 12.10.2014



MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
http://fbedergi.klu.edu.tr

TELİF HAKLARI DEVİR FORMU

Makale Adı:

Yazarların Ad/ları:

Biz aşağıda imzaları bulunan yazarlar, sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; başka bir yerde yayınlanmak üzere verilmediğini, daha önce yayınlamadığını, eğer, tümüyle ya da bir bölümü yayınlandı ise yukarıda adı geçen dergide yayınlanabilmesi için gerekli her türlü iznin alındığını ve orijinal telif hakkı devir formu ile birlikte Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif haklarından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz.

Bu vesileyle makalenin telif hakkı Kırklareli Üniversitesi'ne devredilmiştir. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazar/ların aşağıdaki hakları saklıdır:

1. Telif Hakkın dışında kalan patent vb. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Yazarın gelecekteki yapacağı kitap ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü veya bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.
3. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih:/...../..... İmza:

(Yazar isimleri makaledeki sıraya göre yazılacak ve Telif Hakları Devir Formu tüm yazarlar tarafından imzalanacaktır.)

Makaleyi Gönderen Sorumlu Yazar:

Adı -Soyadı:

Yazışma Adresi:

Telefon: ()

Fax: ()

E-posta:

Bu form makale hakem incelemesi için dergi editörlüğüne kabul edildikten sonra doldurulup imzalandıktan sonra basılı 2 nüsha halinde "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli" adresine gönderilmelidir.



JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
http://fbedergi.klu.edu.tr

COPYRIGHT TRANSFER FORM

Manuscript Title:

Full names of all authors:

The undersigned authors, we guarantee that our submitted manuscript is original work; it has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere, if, in whole or part of publication of the magazine was published for the above-mentioned receipt of all necessary permits and was sent to Editorial Office of Kırklareli University Journal of Engineering and Science with copyright transfer form.

We agree to waive the right to assume the responsibility of the copyright of the article and thank signature. This article is hereby transferred to the copy right of Kırklareli University. Kırklareli University Journal of Engineering and Science Editor of the publication the article is authorized. However, the authors reverse the following rights:

1. All proprietary rights Copyrights outside, such as patents.
2. to use, free of charge, all parts of this article for the authors' future works in books, lectures.
3. the right to reproduce the article for their own purposes provided the copies are not offered for sale.

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

Author Name: Date:/...../..... Signature:

(The authors will be written in the order of to appear on manuscript and copyright transfer form should be signed by all authors)

Corresponding Author's:

Name-Surname:

Address:

Phone: ()

Fax: ()

E-mail:

Please, fill in this form after your manuscript accepted by journal editorial for referee review, sign and sent two copies published form to address: "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli"