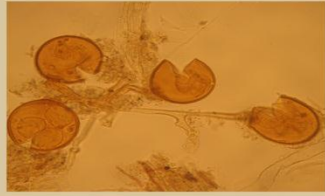


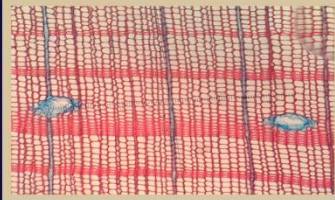


BARTIN ÜNİVERSİTESİ  
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

# JONAS



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



Bartın University International Journal of Natural  
and Applied Sciences

# Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

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

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

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

## **Editor-in-Chief**

Hatice Selma ÇELİKİYAY, *Prof.*

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

Pınar BOLLUKCU, *Assist. Prof.*  
Şahin PALTA, *Assist. Prof.*

## **Editorial Board**

Afer ALİFOV  
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK  
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Ahmet KARADAĞ  
Yozgat University, Turkey.

Ahmet TUTUŞ  
Kahramanmaraş University, Turkey.

Aysel USLU  
Ankara University, Turkey.

Azize Toper KAYGIN  
Bartın University, Turkey.

Azmihan AZİMOV  
Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
Azerbaijan.

Barbaros YAMAN  
Bartın University, Turkey.

Bülent KAYGIN  
Bartın University, Turkey.

Cemil ALKAN  
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Ercan TUNÇ  
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

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

Hamit AYBERK  
İstanbul University, Turkey.

Harun PARLAR  
Technical University of Munich, Germany.

İclal DİNÇER  
Yıldız Technical University, Turkey.

İlham PİRMAMEDOV  
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV  
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsmet Dasedemir  
Bartın University, Turkey.

Joan Jose del Coz DIAZ  
University of Oviedo, Spain.

Lokman ÖZTÜRK  
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Mahfuz ELMASTAŞ  
University of Health Sciences, Turkey.

Mehmet SABAZ  
Bartın University, Turkey.

Ömer KARA  
Karadeniz Technical University, Turkey.

Mustafa Sabri GÖK  
Bartın University, Turkey.

Sabir ORUCOV  
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Nilgül KARADENİZ  
Ankara University, Turkey.

Sebahat AÇIKSÖZ  
Bartın University, Turkey.

Oğuzhan SARIKAYA  
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Selma ÇELİKİYAY  
Bartın University, Turkey.

Orhan UZUN  
Bartın University, Turkey.

Selman KARAYILMAZLAR  
Bartın University, Turkey.

Osman GENÇEL  
Bartın University, Turkey.

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

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

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

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

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

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

## Contents

<u>Articles</u>	<u>Pages</u>
Profit Enhancement of Meat Products Marketing : The Case of Fast Food Agribusiness in Nigeri.....1-8 <b>Felix Odemero ACHOJA , Daniel Chukwujioko OKEKE , Ifeyinwa Alexandra EGBUIWE</b>	
Some Physical Properties of The Building Stones from Southeastern Anatolia Region.....9-15 <b>Ayşe BİÇER</b>	
Hydrogen as an Energy Carrier and Hydrogen Production Methods .....16-34 <i>Enerji Taşıyıcısı Olarak Hidrojen ve Hidrojen Üretim Yöntemleri</i> <b>Zafer Ömer ÖZDEMİR, Halil MUTLUBAŞ</b>	
Changes of Phenolic Compounds in Tomato Associated with the Heavy Metal Stress.....35-43 <b>Dursun KISA, Ömer KAYIR, Necdettin SAĞLAM, Sezer ŞAHİN, Lokman ÖZTÜRK, Mahfuz ELMASTAŞ</b>	
Wood Identification of Sarıhacılar Mosque in Akseki .....44-49 <i>Akseki Sarıhacılar Köyü Cami Ahşap Teşhisi</i> <b>Barbaros YAMAN, Ali Akın AKYOL, Kısmet AKTAŞ</b>	
Temperature and Relative Humidity Models of the Region Cities in Fırat Basin.....50-58 <i>Fırat Havzasında Bulunan Bazı İllerin Sıcaklık ve Nem Modelleri</i> <b>Ayşe BİÇER</b>	
Energy and Exergy Analysis of a Novel Three-Stage Heat Pump Drying System .....59-72 <b>Recep EKİCİLER</b>	
An Optimized Comet Assay Protocol for Drosophila Melanogaster .....73-76 <i>Drosophila Melanogaster için Optimize Edilmiş Comet Test Protokolü</i> <b>Fahriye ZEMHERİ NAVRUZ</b>	
The Factors that Threaten the Migratory Birds .....77-89 <i>Göçmen Kuşları Tehdit Eden Faktörler</i> <b>Nuri Kaan ÖZKAZANÇ, Emir ÖZAY</b>	
Influence of Rural Population on Urban Landscape Planning; Case Study of Bartın City Center and Nearby Villages.....90-97 <b>Melih ÖZTÜRK, Ali ÖZTÜRK, Muhammet SAVAHİL</b>	

# PROFIT ENHANCEMENT OF MEAT PRODUCTS MARKETING : THE CASE OF FAST FOOD AGRIBUSINESS IN NIGERIA

Felix Odemero Achoja<sup>1\*</sup>, Daniel Chukwujioko Okeke<sup>2</sup>, Ifeyinwa Alexandra Egbuiwe<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Department of Agricultural Economics and Extension, Delta State University, Asaba Campus, Nigeria,

<sup>2</sup> Nwafor Orizu College of Education, Nsugbe, Nigeria.

## Abstract

Meat products marketing agribusiness is a feature of developed economies that has undergone improvement and extended to developing nations such as Nigeria. It is still evolving all over the world. The meat products in fast food marketing agribusiness is gaining a lot of attention in business and economy debates in recent times. Most of the debates were anchored on the profitability. The performance and growth of fast food marketing firm is highly depended on the profitability. The growth of the fast food marketing firm in a competitive business environment will depend on the application of profit enhancement strategies. This subject matter is sensitive enough to warrant an investigation. The study analysed profit enhancement strategies of meat product marketing agribusiness in Nigeria. All the registered meat product marketing agribusinesses equalling 100 in Delta state, Nigeria, were used for the study. Collected data with questionnaire were analysed using a combination of descriptive statistics and inferential statistics, awareness index and strategy utilization index. Managers are 60% aware of profit enhancement status. Profit enhancement utilization index of 42% was observed. Regression analysis shows that marketing communication, feedback and communication cost-based pricing and internal auditing are the major profit enhancement strategies adopted by the managers of fast food marketing agribusiness in the study area. The result of the study shows that external factors (0.494); social factors (0.478) and consumers demand (0.310) have a positive and significant relationship with the utilization of profit enhancement strategies among fast food marketing agribusiness. Based on findings, It is important for the managers of meat product marketing firm in the industry to scale up their utilization of profit enhancement strategies.

**Keywords:** Profit enhancement, Strategies, Meat products, Marketing Agribusiness.

## 1. Introduction

Meat products marketing agribusiness is a feature of developed economies that has undergone improvement and extended to developing nations such as Nigeria. It is still evolving with big names in the fast food chains such as Taco Bells, Mr Bigg's, Burger King, Wendy's Jack in the box, Kentucky Fried Chicken (KFC) and McDonald's (Wilson, 2016) all over the world.

The origin of fast food marketing agribusiness in Nigeria is traceable to the early 1970s with Mr Bigg's being Nigeria's first chain of fast food restaurants. It is owned by the conglomerate of United African Company (UAC) Nigeria PLC, under the multinational corporation and has over 170 locations in Nigeria, Asaba inclusive.

Fast food marketing agribusiness emerged in Asaba metropolis with few restaurant business operators with the zeal to provide the kind of meals people desired to consume outside their homes. Agribusiness is the part of economy devoted to the production, processing and distribution of food, including the financial institutions that fund these activities (American Heritage Dictionary), increased more in trend and standardized due to increase in disposable income and this led to the metamorphosis of the concept of restaurant to fast food outlets that offers confectionaries and continental dishes. Fast food marketing agribusiness focuses on high quality service, affordable cost and customer friendly services. Much of its growth is due to the fact that eateries are preferred to local restaurants.

Fast food marketing agribusinesses strives to increase profitability, performance and satisfy customers by creating an enabled environment and encouraging customers to participate in consuming their products. Where utility is maximized by customers, and profit is elevated and maximized by firms Mankiw, (2014) Profit is the reward for entrepreneurs for taking business risk, it could also be the money made in business after paying the costs involved. A higher profit enhances the growth level of small meat marketing agribusiness (Arun & Amirkhalkahli, 2010). As a result; the desire to make profit necessitated the practice of various profit

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

Felix Odemero Achoja (Dr); Department of Agricultural Economics and Extension,  
Delta State University, Asaba Campus, Nigeria, Phone No: +2348032726201,  
E-mail: lixmoro40@yahoo.com.

Geliş (Received) : 23.09.2018  
Kabul (Accepted) : 23.07.2019  
Basım (Published) : 31.07.2019

enhancement strategies. Therefore, Profit enhancement may be known as an increase in profit through cost minimization and revenue maximization.

The meat products in fast food marketing agribusiness is gaining a lot of attention in business and economy debates in recent times. Most of the debates were anchored on the profitability. The performance and growth of fast food marketing firm is highly depended on the profitability. The growth of the fast food marketing firm in a competitive business environment will depend on the application of profit enhancement strategies. Fast food marketing agribusiness is still in its development stage. As a result, it is fraught with some growth challenges such as the awareness of profit enhancement strategies and how well these strategies were applied by fast food marketing agribusiness managers. Profit enhancement therefore, has occupied the central position of managerial debates but not related to fast food marketing agribusiness. Most agribusiness entrepreneurs discover market gaps and apply innovative strategies for development of the business in order to earn maximum profit as a reward (Nabila & Nadeem, 2015). The fast food marketing agribusiness firm can perform its economic and social responsibility of sustainable employment.

This study attempted to find out the level of awareness and application of profit enhancement strategies among fast food marketing agribusiness firms in the study area. Lastly, it examines the factors underpinning the utilization of these profit enhancement strategies among fast food marketing agribusiness in Asaba, Nigeria.

The seemingly poor performance and unsteady profit profile of fast food marketing outlet in Asaba may be traced to the manager's inadequate and unprofessional utilization of profit enhancement strategies.

The study will enable the fast food marketing agribusiness Managers became more profit conscious and improve on revenue growth, performance and overall firm efficiency. The findings of this study will strengthen the use of the relevant profit enhancement strategies such as marketing strategies, employee empowerment strategies, pricing strategies, customer retention strategies and sales practices. The study provided answers to the following research questions: Are the fast foods marketing agribusiness aware of profit enhancement strategies? What is the level of utilization of profit enhancement strategies by fast food marketing agribusiness? What are the specific profit enhancement strategies utilized? What are the factors underpinning the utilization of profit enhancement strategies by the fast food marketing agribusiness?

The broad objective of this study was to analyse profit enhancement strategies among fast food marketing agribusiness in Asaba metropolis.

The specific objectives of the study were to:

- (i) ascertain the level of awareness of profit enhancement strategies by fast food marketing agribusiness;
- (ii) evaluate the level of utilization of profit enhancement strategies by fast food marketing agribusiness;
- (iii) identify the specific profit enhancement strategies utilized; and
- (iv) examine the factors underpinning utilization of profit enhancement strategies by the fast food marketing agribusiness.

The following null hypothesis was tested.

H<sub>0</sub>: The selected factors do not have significant effect on the utilization of profit enhancement strategies in the fast food marketing agribusiness.

## 2.0 Materials and Methods

### 2.1 Study Area, Sample procedure and Data Collection Techniques

Asaba metropolis is the study area. The location was chosen for the study due to the presence of many fast food marketing agribusinesses and their implications on urban development. Asaba, a great historic town, is strategically located on a hill at the western edge of the majestic River Niger overlooking Onitsha where the river floods its bank and deposits both silt and sharp sand, it is about 100 miles North where it flows in the Atlantic ocean (Azinge, 2002). The city of Asaba became the headquarters of the royal Niger Company in the 19<sup>th</sup> century and later the capital of the oil richproducing, Delta State of Nigeria. Asaba is often referred to as the major gateway to the eastern part of Nigeria. Asaba occupies approximately 60<sup>0</sup>N of the equator and about the same distance of the prime meridian, with an estimated area of 300 square kilometres. Asaba has grown in population to over half a million (500,000) and now maintains a cosmopolitan population of predominantly non indigenous people. It maintains an average tropical temperature of 32<sup>0</sup>C during the dry season and an average

fertile rainfall of 7 inches during the rainy seasons with co-ordinates of 6.12<sup>0</sup>N and 6.38<sup>0</sup>E. Curled from oral history, the “Ikeliike” people were the first settlers on the land now known as Asaba, the people of “Ugboma” and “Ezeanyanwu” as the second and third settlers and lastly, “Nnebisi”, the father of Asaba and founder of the villages present today. Asaba town consists of 5(five) adjoining villages or quarters called Ogbes and these are; Umuezei, Umuonaje, Ogbomanta, Umuaji and Umuagu quarters. They are to be found in all professions and hold various positions in government consequently, patronizing the fast food marketing agribusiness.

Purposive sampling technique was adopted to obtain a sample size (i.e. 100 fast food firms) used for this study. The firms were all the registered fast food marketing agribusiness firms in Delta state, Nigeria (Ministry of Commerce and Industry, 2016).

The data for this study were obtained from Primary data i.e. the fast food marketing agribusiness firms in the study area (Hot bite, Sizzlers, Mac Dons, Flames, Ultimate taste, Otres, Hubs and Grill, Juwis and Tetrizzini). Primary data were collected by making use of structured questionnaire. The questionnaire was structured according to the specific objective of the study and will be administered to the respondents to express their views, opinions and objectives. The Structured questionnaire comprised of 4 sections.

Section A contains information on socio-economic characteristics of the fast food marketing agribusiness operators.

Section B contains information on awareness level of the fast food marketing agribusiness.

Section C contains information on strategy utilization level of fast food marketing agribusiness to profit enhancement strategies.

Section D contains information on possible factors underpinning utilization to profit enhancement strategies.

## 2.2. Data Analysis Techniques

The data collected for this study were analysed through the use of descriptive and inferential statistical tools. Descriptive statistics such as mean, percentages, and frequencies were used to analyse the data to achieve specific objectives. On the other hand, the inferential statistical tools utilized in this study include the regression. The awareness index as stated in objective (I), was used to ascertain the level of awareness of profit enhancement strategies by fast food marketing agribusiness.

Strategy utilization index as stated in objective (II), was used to evaluate the level of utilization of profit enhancement strategies by fast food marketing agribusiness.

The regression model, was used to evaluate the factors underpinning the use of profit enhancement strategies by fast food marketing firms.

## 2.3. Model specification

The Awareness Index formula which was used to ascertain objective I is given as;

$$\text{Awareness Index} = \frac{\text{No of awared profit enhancement strategies used}}{\text{Total number of profit enhancement strategies identified}} \times 100\%$$

The Strategy Use Index formula which was used to evaluate objective II is given as;

$$\text{Strategies Utilization Index} = \frac{\text{No of strategies used}}{\text{Total number of recommended strategies}} \times 100\%$$

The regression model, which was employed to realise objective IV, is stated in the implicit form of econometric model as:

$$Y = F(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

The explicit form of the model is stated as:

$$\text{SUI} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ms} + \beta_2 \text{Ees} + \beta_3 \text{Ps} + \beta_4 \text{Crs} + \beta_5 \text{Ss} + U_1$$

Where: SUI = level of strategies utilization index

$\beta_0$  = Intercept term

$\beta_1 - \beta_5$  = Co-efficient of parameter estimates

- Ef = External factors
- Sf = Social factors
- Scf = Socio- cultural factors
- Mef =Micro- environmental factors
- Cd = Consumers demand
- $U_1$  = Stochastic disturbance term.

### 3.0 Results and Discussion

#### 3.1. Strategies Awareness Index of Managers of Fast Food Marketing Outlets

Table 1 shows the distribution of strategies awareness level of managers

**Table 1: Distribution of Profit Enhancement Strategies Awareness Index of Managers Fast Food Marketing Outlets**

Fast food marketing outlets	Identified strategies	Strategies aware of	Profit enhancement awareness index(%)
Macdons	6	3	50%
Flames	6	1	17%
Juwis	6	5	83%
Crunches	6	6	100%
Ultimate Taste	6	6	100%
Hubs &Grills	6	2	33%
Tetrazzini	6	4	67%
Sizzlers	6	2	33%
Others	6	4	67%
Hot bites	6	3	50%

(Source: 2016 field data)

Table 1 shows the result of the study which reveals that majority of the fast food marketing outlets such as crunches and ultimate taste are fully aware of the identified strategies. Crunches constitutes of 100% and ultimate taste with 100%. Macdons has a 50% profit enhancement awareness index, Juwis has 83%, Tetrazzini has 67% index, Otres has 67% awareness index, and Hot bite has a 50% profit enhancement awareness index. Some fast food outlet however do not fully aware of their profit enhancement awareness index with Flames, Hubs & Grills, Sizzlers constituting 17%, 33%, and 33% respectively.

#### 3.2. Profit Enhancement Strategies Utilization Index for Meat Product Marketing

Table 2 shows the distribution of strategies utilization index of Meat product Marketers.

**Table 2: Distribution of Strategies Utilization Index of Managers of Fast Food Marketing Outlets.**

Fast food marketing outlets	Identified strategies	Strategies utilized	Profit enhancement utilization index (%)
Macdons	6	3	50%
Flames	6	1	17%
Juwis	6	3	50%
Crunches	6	6	100%
Ultimate Taste	6	1	17%
Hubs &Grills	6	1	17%
Tetrazzini	6	3	50%
Sizzlers	6	1	17%
Others	6	3	50%
Hot bites	6	3	50%

(Source:2016 field data)

The Table 2 that majority of the fast food outlets such as crunches is fully utilizing the identified strategies crunches constitutes of 100%. Macdons is utilizing 50% of its identified strategies, Juwis is utilizing 50% of its strategies, Tetrazzini is utilizing 50%, Otres and Hot bite are also utilizing 50% of their identified strategies.



However, some fast food managers are not properly utilizing their identified strategies with Flames, Ultimate Taste, Hubs % Grills and Sizzlers constituting 17%, 17%, 17%, and 17% respectively.

**Table 3:Descriptive Statistics**

Variables	N	Minimum	Maximum	Mean index %	Std deviation
<b>Profit Enhancement Strategies Awareness Index</b>	10	17.00	100.00	60	28.54
<b>Profit Enhancement Strategies Utilization Index</b>	<b>10</b>	<b>17.00</b>	<b>100.00</b>	<b>41.80</b>	<b>26.21</b>

**Valid N (list-wise)**

(Source: 2015 field data)

Table 3 shows the mean scores and standard deviation of profit enhancement strategies awareness index and profit enhancement utilization strategies index. The result shows that the profit enhancement strategies awareness index 60% with standard deviation of 28.5 and profit enhancement strategies utilization index 41.80% with standard deviation of 26.2. Table 3 shows the results of the study which implies a relatively high awareness index but low utilization index for profit enhancement strategies among managers of fast food marketing outlets in the study area. These results could be attributed to the fact that awareness of profit enhancement strategies is easier to acquire through seminars and workshop. Furthermore, implementation of profit enhancement strategies has cost implications and the resource at the disposal of management may be an inhibiting factor to the low utilization index (42%)was observed in the study.

**3.3. Profit Enhancement Strategies in Meat Products Marketing**

Table 4 shows the strategies utilized for profit enhancement.

**Table 4:Profit Enhancement Strategies.**

Strategies utilized	Frequency/Percentage	Mean/Mode
Marketing Strategies		
Marketing programmes	1(10)	Marketing programmes
Marketing communication	5(50)	
Marketing place research	4(40)	
In store marketing	4(40)	
Local marketing	2(20)	
Employee Empowerment Strategies		
Team work	3(30)	Feedback and communication
Feedback and communication	7(70)	
Training and development	3(30)	
Recruitment processes	1(10)	
Motivation	3(30)	
Pricing Strategies		
Penetrating pricing	-	Cost-based Pricing
Competition pricing	3(30)	
Product line pricing	3(30)	
Cost based pricing	7(70)	
Bundle pricing	-	
Consumer Retention Strategies		
Entertainment	6(60)	Entertainment
Accessories and animated programmes for kids	3(30)	
Relationship	4(40)	
Complaints	5(50)	
Bonanza	2(20)	

Sales Strategies		
Promotion	3(30)	
Product placement	4(40)	Product Placement
Lower marketing cost	1(10)	
Convenience	1(10)	
Visual Stimulation	2(20)	
Cost Reduction Strategies		
Wastage management	5(50)	Internal Auditing
Market survey	5(50)	
Internal auditing	7(70)	
Management information	2(20)	
Productivity	3(30)	

(Source: 2016 field data)

Figures in parenthesis are the corresponding percentage values

The Table 4 the shows the utilization or adoption of profit enhancement strategies by fast food marketing outlets, amongst which were;

**Marketing strategies:** The result shows that amongst the listed marketing strategies, fast food marketing outlets utilized marketing communication up to 50%. It helps to develop brand awareness and cements relationships with customers and suppliers. It creates and sustains demand and preference for the product.

**Employee empowerment strategies:** The result shows that amongst the listed employee empowerment strategies, fast food marketing outlets practices feedback and communication (70%). Feedback lies at the heart of effective communication, it is the response of an audience to an activity. Effective communication between management and employee can benefit the company by reducing employee turnover and feedback gives employees specific goals to achieve.

**Pricing strategies:** The result shows that amongst the listed pricing strategies, fast food marketing outlets practices cost- based pricing (70%). Cost –based pricing is one of the methods of determining the selling price of a product that can maximize profit.

**Consumer retention strategies:** the result shows that amongst the listed consumer retention strategies, fast food marketing outlets practices a form of entertainment (60%) which holds the attention and interest of their consumers or gives delight and pleasure to them e.g. music and dance.

**Sales strategies:** The result shows that amongst the listed sales strategies, fast food marketing outlets practices product placement (40%) more. It is an advertising technique used by companies to promote their products. It is a way for fast food marketing outlets to reach their target audience in more subtle ways (Paul, 2016).

**Cost reduction strategies:** the result shows that amongst the listed cost reduction strategies, fast food marketing outlets practices internal auditing (70%). Internal auditing is used by fast food marketing outlets to provide independent assurance that the firms risks management, governance and internal control processes are operating effectively in order to accomplish their goals.

### 3.4. Factors Underpinning Utilization of Profit Enhancement Strategies in the Fast Food Marketing Agribusiness.

Table 5 shows the factors underpinning utilization of profit enhancement strategies in the fast food marketing agribusiness.

Table 5. shows the results of the relationship between dependent variable- levels of utilized profit enhancement strategies and independent variables- external factors, socio- cultural factors, social factors, micro- environmental factors, consumers demand.

**Table 5: Factors Underpinning Utilization of Profit Enhancement Strategies by the Fast Food Marketing Agribusiness.**

Parameters	Coefficients	Standardized error	Standardized beta coefficients	T-stat	Sign
(constant)	-1.841	3.348		-5.50	.587
External factors	6.887	2.137	.494	3.222***	.004
Social factors	9.043	1.489	.478	6.073***	.000
Socio- cultural factors	-3.109	2.478	-.204	-1.256	.221
Micro-environmental factors	.757	2.310	.046	.328	.746
Consumers demand	5.336	2.250	.310	2.372**	.026

*Dependent Variable: Level of Utilized*

$R^2 = 90\%$

\*\*\*= significant at 1%

\*\*= significant at 5%

F- stat= 41.5

### Testing of hypothesis

$H_0$ : The selected factors do not have significant effect on the utilization of profit enhancement strategies in the fast food marketing agribusiness.

The above null hypothesis which states that the selected factors do not have significant effect on the utilization of profit enhancement strategies in the fast food marketing agribusiness was conducted noting the statistical significance of the estimated differential slope coefficient  $\beta_1$  using t- statistics. The result shows that three (3) of the selected factors significantly influenced the utilization of profit enhancement strategies in fast food marketing agribusiness in Nigeria. At this point, the results of the statistical significance of the individual explanatory variables in the model are discussed as follows:

#### External Factors;

The result in Table 5 shows that external factors such as natural resources, physical location, policies, capital, economic, health has a positive and a significant relationship with the compliance of fast food marketing agribusiness to profit enhancement strategies. These external factors impact the ability of business to achieve its strategic goals. As managers of fast food marketing outlets understand their external environment uses these external factors such as natural resources, physical location, government policies, capital, and economic health. Natural resources used in the fast food firm needs to be replenished on a constant basis, they save cost and energy and sometimes these cost obtain are passed along to the consumers. Physical location of these firms makes it possible to attract larger business or customers. Government policies have a legal environment which enacts regulations and policies that have positive effects on the firms. Capital is necessary because it enables the manager affording his revenue need for the firm to grow. Any change in the economic health can affect the supply and demand for a company's product and services.

#### Social factors;

The result of the study shows that social factors (0.478)\*\*\* has a positive and significant relationship with the factors underpinning compliance of fast food marketing agribusiness to profit enhancement strategies (Table 5). These Social factors reflect the preferences and trends in a society. These can change over time. Managers need to be aware of these changes to make foods that meet the needs of the consumers. Some of these social factors are employee attitude towards work, low prices of goods, rewards granted, and product quality and consumer demands. Employee attitude towards work creates a strong encouragement towards the managers and customers. Consumers' attitude toward customer service is mostly based on beliefs, feelings and behavioural intentions which significantly affect their services to customers. Low prices of goods saves the fast food managers the effort, expenses and generates consumer's loyalty. Rewards granted helps to stimulate consumers to purchase more. Product quality means to incorporate features that have the capacity to meet consumer need and provide satisfaction.

### Consumer demand:

The result of the study shows that consumer demand (0.310)\*\* has a positive and significant relationship with the factors underpinning compliance of fast food marketing agribusiness to profit enhancement strategies. This is a measure of consumers' desire for a product or service based on its availability. Factors that can stimulate of consumer demands are lower prices of goods, access to the location of the fast food firms, more compensations, food quality and packaging of the product. Consumers require more compensation for purchasing their products, this compensation may include free dish for their kids. More compensation which could be in the form of benefits, fixed or non-fixed monetary rewards are given by the employer to the employee. Packaging plays a primary role in maintaining the benefits and protection of the food product.

### 4. Conclusion

This study analysed profit enhancement strategies among fast food marketing agribusinesses in Nigeria. The study has shown that 60% of fast food firms' managers are aware of profit enhancement strategies. About 42% of the managers were compliant to the recommended profit enhancement strategies, while 58% were not compliant. The major profit enhancement strategies adopted by the managers of fast food marketing agribusiness in the study area were marketing communication, feedback and communication, cost-based pricing, and internal auditing. The utilization of profit enhancement strategies was significantly influenced by external factors, social factors and consumers demand. If these factors are taken care of, the utilization of profit enhancement strategies will improve in the fast food industry, in Nigeria. This study has contributed to knowledge by providing information on profit enhancement strategies that can lead to the improvement and survival of fast food industry in Nigeria.

Based on the research findings the following recommendations are made:

1. Managers of fast food marketing firm's especially new entrants in the industry should attend workshop and training programmes to increase their level of awareness of profit enhancement strategies.
2. The relevant profit enhancement strategies identified in the study such as marketing programmes, cost-based pricing techniques, entertainment, product promotion (advertisement) and internal auditing practices should be improved and adhered to by meat product marketers in fast food firms.

### 5. References

1. **Agricultural Economics Association of Georgia (2005)**. Constraints and opportunities in agricultural marketing. Agribusiness dev. Blogspot.com->2012.
2. **Arun M. & Amirkhalkahli S. (2010)**. "Profitability Performance and Firm Size-Growth Relationship". Journal of Business Research, Saint Mary's university, Halifax, Canada. Vol. 8.9; 121-122
3. **Azinge G.N. (2002)**. "A Bridged History of Asaba. A Pendulum of the talks on Asaba history. Asaba Development Union Asaba.
4. **Delta state Ministry of Commerce and Industry (2016)** Yearly Report.
5. **Mankiw G.N. (2014)**. *Principles of Economics*, South- Western Publication 3rd Edition, ISBN 13:9780321471884.
6. **Nabila K. & Nadeem, I. (2015)**. "Entrepreneurial Impact on Formal Fast Food Sector". Industrial Engineering Letters. Vol 5:6
7. **Paul S. (2016)**. "The Delicate Art of Product Placement Advertising". How Brands Grabs You by the Subconscious.
8. **The American heritage@ New Dictionary of Cultural Literacy (2015)**. Third Edition. Copyright published by Houghton Mifflin Company.
9. **Wilson T. (2016)**. "The history of fast food". *How fast food works*. Copyright 1998-2016.

# SOME PHYSICAL PROPERTIES OF THE BUILDING STONES FROM SOUTHEASTERN ANATOLIA REGION

Ayşe Biçer

Department of Chemical Engineering, Firat University, Elazığ,,Turkey.

## Abstract

In this study, some of the physical properties of the Karacadag stone from Diyarbakir, Sanliurfa stone from Sanliurfa, Mardin and Midyat stones from Mardin and Hasankeyf stone from Batman which have been used extensively as a building material in Southeastern Anatolia Region were investigated. The stones having different features have been used as building materials in every places all over the region for ages. Heat and mechanical properties of these stones have not been searched yet. The aim of this work is to find out how suitable these rocks are as structural materials. For this aim, two specimens from different sources for each stone chosen from various places in Southeastern Anatolia Region, have been taken. After chemical analysis, the experiments for determining the heat conductivity and heat capacity, water absorption and mechanical strength were carried out. The results are compared with the other building materials especially in the aspects of energy saving, strength and natural comfort conditions.

**Key words:** Andesite tuff, building stones, building materials, physical materials

## 1. Introduction

Price increases in the construction materials due to energy costs, along with the demand growth in buying house, bear the potential to bring forward the use of natural stone as load-bearing and filling material depending on the geological structure of every region. Stones are mainly used as carriers, while rarely being used as filling materials. This study examines the physical properties of Karacadag (Diyarbakır) stone, Sanliurfa stone, Mardin stone, Midyat stone and Hasankeyf (Batman) stone, as five sub regions in Southeast Anatolia Region. These Stones have been used as carrier construction element and filling materials in numerous buildings for many years within the regions, thus being recognized as respected construction material by the public. However, it is not certain whether the reason why this stone is respected, is due to being factually a solid material, or being easy-to-access.

The examined stones, except for Karacadag stone, are classified as organic sediment stone. Once the stones are taken out of the quarries, it is quite easy to cut, dress and process the stone due to the moisture in it. Additionally, its wood-like structure makes it easy to be cut with a saw, as well as for drilling with a driller, being dressed with hard objects, even being driven a nail. The moisture is disposed of the body in time, which leads the stones to become harder and gives resistance to the stones. Therefore, the stones were widely accepted as a construction material in the builds within the region thanks to these properties.

The number of studies on regional stones, carried out within the national borders, is quite limited. Some of these studies can be summarized as follows.

Devecioglu wrote up a master's thesis on heat transfer in porous stones (Devecioglu, 2001). Devecioglu et al carried out studies on certain physical characteristics of Diyarbakir Karacadag stone (Devecioglu, Bicer & Kavak, 2001). Bicer et al carried out researches on the physical characteristics of Mardin stone (Bicer, Yildiz & Pehlivan, 1996). Bicer et al also carried out researches on certain characteristics of the building Stones in Firat Basin (Bicer, Tanyildizi, Pehlivan & Yildirim, 1993). In another study, Bicer et al carried out theoretical and practical studies on heat transfer in porous Stones (Biçer, Devecioglu A.G & Akpinar E.K. 2004).

In this work, Karacadag, Sanliurfa, Midyat, Mardin and Hasankeyf stones were studied to constitute a step to an analysis which could be extended to the construction elements of all the regions. These stones have whitish

color in appearance, have been used for a long time as a main supporting construction element and have a great reputation among the people due to durability and ease of handling.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

**Karacadag Stone:** Classified as igneous extrusive rocks, this stone is basalt-type and black-colored. It has been used for buildings in the center and districts of the province Diyarbakır, and for construction of fortifications in the province. It is very challenging for this stone to be processed, having a hardness degree of 6-7 mohs

**Sanhurfa Stone:** Classified as organic sediment stone, this is a light yellowish and whitish stone. It has been used for construction of masonries in particular within the region for many years. Having large amounts of reserves, these stones have a hardness degree of 3-4 mohs, thus being easily processed. After being taken out of the query, it can be easily formed and processed compared to other stone structures, unless the moisture in it is lost and it is not exposed to the chemical effects of the external environment. Thanks to this characteristic, stones can be cut with a saw like wood, as well as being drilled with a driller, dressed with hard-cutters and even pounded with nails. This appealing characteristic is the reason why this stone type is widely recognized as construction materials for Keferhuvvar villages and buildings built in these regions.

**Midyat Stone:** Great deal of Stones are present in the rich seams near Keferhuvvar village of Estel region in Midyat town of Mardin. The seams are 10 km far from Midyat and 6 km from Estel. Travelling between region in Midyat and Estel is very easy. But the road between Estel and the seam is not surfaced. The stones are being used in the region extensively as building material. Their withdrawing are easy and water contentshigh.

**Mardin Stone:** The stone is drawn out Kabala region in Mardin. The seam is 2 km far from city center and near the road. It can be shaped easily without damage. Taşlar beyaz bazan sarımtırak renkte olup sertlik derecesi 3-4 in Mohs scale dır.

**Hasankeyf Stone:** The seam from which the stones were drawn is in the border of Kesmeköprü. Hasankeyf town which is 35 km from Batman city and to the northwest 15 km far from this willage. It is named also as Kesmeköprü stone. It is composed mainly of sedimentary rocks and assumed rock from by deposition in their locations due to abrasion and entrainment. Cracks and brokes may present in it's structure. It may deform with physical forces. Its hardness is about 3-4 in Mohs scale. The porosities may show slight changes depending on the seam and is about 5%.

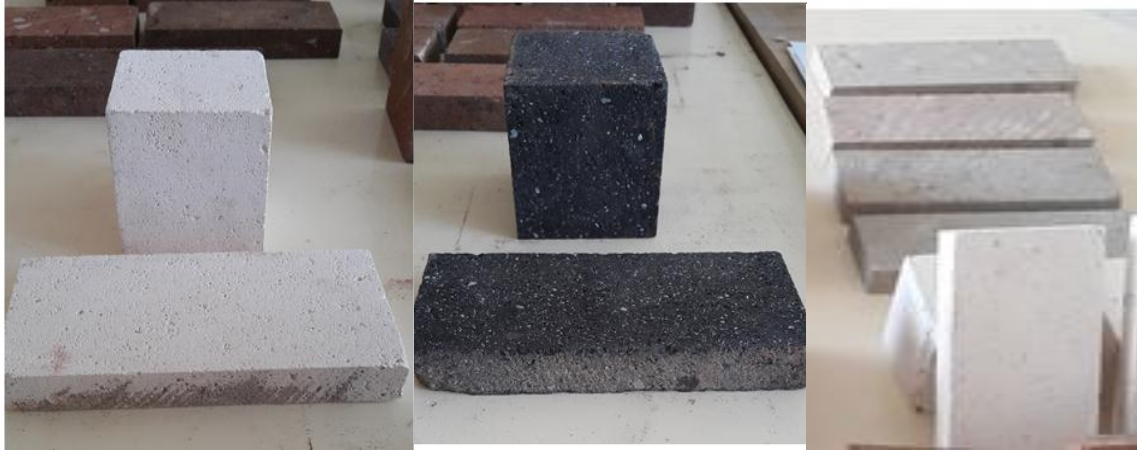
Last four stones are whitish yellow colored limestones. They can be easşly shaped with handtools and this is the main reason for their preference. The chemical compositions of these stones are given in Table 1.

Table 1. The chemical composition of the samples, (%)

Component Material	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Loss of ignition	Undefined
Karacadag stone	47.24	15.30	4.70	13.04	3.74	13.58	2.40
Sanliurfa stone	1.00	0.15	0.10	53.48	1.02	43.63	1.52
Midyat stone	0.30	-	-	34.10	18.65	46.63	0.32
Mardin stone	0.18	-	-	30.00	22.58	47.09	0.15
Hasankeyf stone	73.99	13.40	1.50	-	3.75	5.21	2.15

### 2.2. Testing Metot

The samples of Stones were taken from the seams and a number of rectangular blocks (150x60x20 mm) for each sample were prepared to be used in the density, thermal conductivity, specific heat capacity and water absorption measurements. In addition, cubical blocks (71x71x71 mm) were also cut for mechanical strength and abrasion tests.



a) b) c)  
Fig 2.1. Samples of stones a) Sanliurfa, b) Karacadag c) Mardin and Midyat

The thermal conductivities and specific heats of specimens were detected by *Isomet 2104* portable heat transfer analyzer, which makes measurements by using the hot wire method according to Norm (DIN) 51046 (Fig 2). Measurements were made on different parts of the specimens five times and the averages of these measurements were used in the study. Measuring device detected thermal conductivity coefficient in the range between 0.04 W/mK and 6 W/mK with 5% precision and volumetric heat capacity in the range of  $4.0 \times 10^4$  J/m<sup>3</sup> K and  $4.0 \times 10^6$  J/m<sup>3</sup> K with 15% precision. The temperature was between 22°C and 25°C during measurement. Thermal diffusivity of specimens whose thermal conductivities, specific heats and densities were known was determined by calculating with the Eq. (1)

$$a = \frac{k}{\rho \cdot C} \quad (1)$$



Fig 2.2. Isomet 2104 portable heat transfer analyzer

Compressive strength and tensile strength were applied on each sample block. Average values of at least three measurements were taken. Tensile strength values calculated according to the TS 500 standard by Eq. (2), (TS 500 and TS 699, 2000)

$$f_{ctk} = 0,35 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (2)$$

The aim of water absorption test is to investigate the maximum amount of of observed water ratio in the samples. This property is important in determining the suitability of the material against freezing hazards. The critical amount of moisture is 30% of the total dry volume, below which the material does not deform on freezing (Bicer and Kar, 2017, 2017, and 2016). The experiments were performed according to the *BS 812. Part 2* standard by keeping the specimens in water for 24 hours. Water absorption values calculated by Eq. (3)

$$\text{Water absorption percent} = \frac{W_d - W_k}{W_k} \cdot 100 \quad (3)$$

The purpose of drying ratio test is to search the respiration abilities of the samples. After being left in water contained for 48 hours the samples were taken from the water, wiped with a wet piece of cloth and left to natural drying at 22°C room temperature. The drying ratio values are calculated by Eq. (4). Drying occurs through evaporation from the surface of the material; here it is about the movement of water from the depth of the material through capillary canals, meaning that moisture is expelled from the body through steam permeability resistance and drying occurs.

$$\text{Drying ratio} = \frac{W_d - W_k}{W_d} \cdot 100 \quad (4)$$

### 3. Results and Discussions

The following results were obtained in this study, carried out for examining the physical properties of the stones which have been used for many years in Karacadag (Diyarbakır), Sanliurfa, Mardin, Midyat, Hasankeyf that are located in Southeast Anatolia Region.

Thermal conductivity coefficients and thermal diffusivity values of Mardin Stone (0.58 W/mK and  $4.05 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s) and Midyat stone (0.60 W/mK and  $4.44 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s) are lower than all the construction materials stated in Table 2. Midyat stone seems as a better materials with respect to the thermal diffusion coefficient than granite, marble and sand stone. The thermal diffusion coefficient of Mardin stone is similar to most of these materials except granite and sand stone. Wide-use of these stones instead of brick or briquettes in structures as separators will ensure energy saving and lower building costs. No significant characteristic was detected in Sanliurfa stone, Karacadag stone and Hasankeyf stones compared to similar construction materials in terms of power saving.

The water absorption ratio of the samples is found to be lower than 30% which is the critical value. Hence, none of the stones pose a risk for being frozen under 0°C, indicating that these stones can be used in humid environments. The time-based weight changes of the samples can be seen in Figure 4, which were obtained from the water absorption tests. On the other hand, it can be seen based on the results of drying test that the stones, except for Karacadag stone, bear the breathing-ability, even if just a hint (Fig 5).

Compressive strength (105 N/mm<sup>2</sup>), tensile strength (9.0 N/mm<sup>2</sup>) and abrasion loss (1.8%) of Karacadag stone were found to be higher than similar construction materials in this respect (Table 3). Despite having relatively lower values compared to high-strength natural building stones, the strength level of the stones that are examined in this study are equivalent to such construction materials like briquette and brick in this respect. However, they do not possess the required strength capacity in terms of abrasion strength. Therefore, the stones, except for Karacadag stone, should not be used as construction materials for parquet stairs, which are exposed to high-abrasion.

Density is the one of important factor affecting the thermal conductivity coefficients of the samples. Drying occurs through evaporation from the surface of the material; here it is about the movement of moisture from the depth of the material through capillary canals. For this reason micro-pores are formed in the structure of the stones during the drying process of the samples and the heat transfer coefficients values are reduced as the density values of samples are reduced.



Table 2. The physical properties of some building materials and natural stones (bicer 2004, Toksoy 1998).

Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Thermal conductivity (W/mK)	Specific heat capacity C <sub>p</sub> (J/kg <sup>0</sup> C)	Thermal diffusivity a.10 <sup>-7</sup> (m <sup>2</sup> /s)
Concrete	1906	0.814	879	4.91
Granite	2643	1.73-3.98	816	13.15
Limestone	2483	1.16	906	5.68
Common brick	837	0.692	837	5.16
Sandstone	2235	1.855	712	11.65
Marble	2603	277	808	3.94
<b>Karacadag stone</b>	<b>2890</b>	<b>1.610</b>	<b>1128</b>	<b>4.99</b>
<b>Sanliurfa stone</b>	<b>2190</b>	<b>1.38</b>	<b>927</b>	<b>7.16</b>
<b>Midyat stone</b>	<b>1460</b>	<b>0.60</b>	<b>1013</b>	<b>4.05</b>
<b>Mardin stone</b>	<b>1350</b>	<b>0.58</b>	<b>968</b>	<b>4.44</b>
<b>Hasankeyf stone</b>	<b>2559</b>	<b>2.1</b>	<b>850</b>	<b>10.03</b>

It poses a massive advantage for all the stones, except for Karacadag stone, to be processed easily compared to a number of construction materials, as well as being drilled, cut, dressed, and used for electricity and water service channels, even allowing the use of nails and screws.

Table 3. Mechanical properties of stones

Material	Compressive strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Water absorption (%)	Volume abration (%)
Karacadag stone	105	9.00	0.31	1.80
Sanliurfa stone	24	3.10	12.50	120
Midyat stone	6.13	1.03	13.70	0.65
Mardin stone	4.91	0.77	18.64	0.64
Hasankeyf stone	42.47	6.20	1.86	0.24

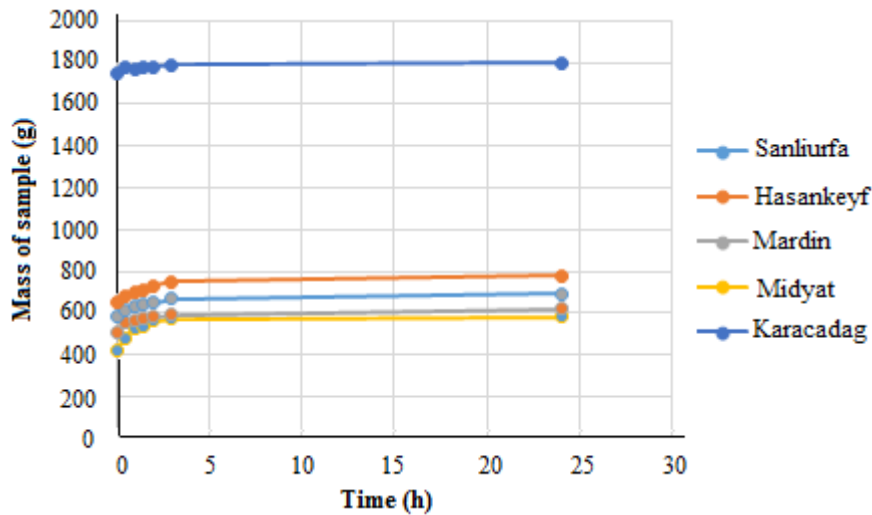


Fig 3.1. Mass change of samples in water the abrasion tests

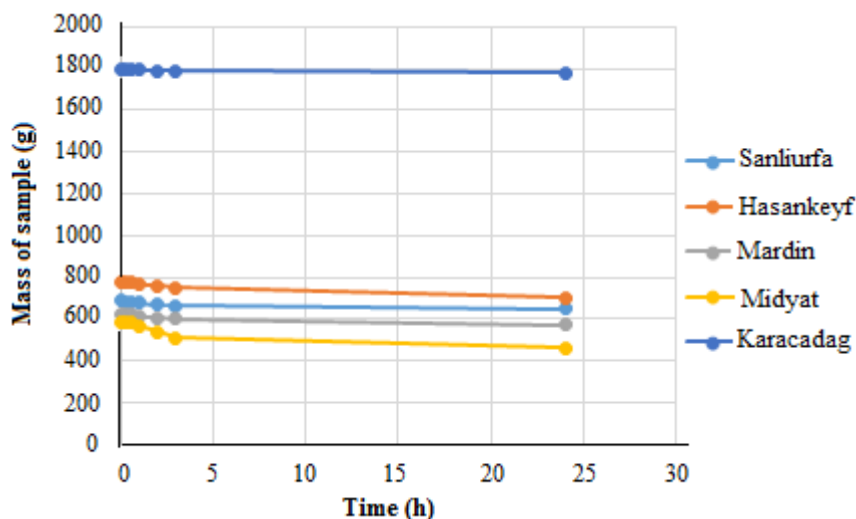


Fig 3.2. Mass change of samples in the drying test

Based on the stones in this study, Table 4 was drawn up for comparing the studies within the literature. There are two critical parameters in the table: thermal conductivity and compressive strength. It can be seen that these two parameters in this study are similar compared to those from other studies. The differences arise out of the location, where the stones are procured from, along with the measuring instrument and measurement errors.

Table 4. Physical properties of similar study

Materials	Thermal conductivity (W/mK)	Compressive strength (N/mm <sup>2</sup> )	Literature
Karacadag stone	1.77	120	(Devicioglu et al 2001)
	1.63	110	(Bicer et al 1993)
	1.61	105	present
Sanliurfa stone	1.4	26	(Bicer et al 1993)
	1.51	28	(Bicer et al 2004)
	1.38	24	present
Mardin stone	0.68	4.93	(Bicer et al 1996)
	0.80	4.99	(Bicer et al 2004)
	0.58	4.91	present

#### 4. Conclusions

Based on the results of the researches and tests carried out on the stones that are recognized as respected construction materials and widely used by the locals in the region;

- ✓ It is a reason for preference with regards to these stones to be used instead of brick or briquette as load bearing elements in structures (i.e. buildings) due to having reserves in large amounts, being suitable to be used for many years, as well as being easy to procure, ensuring energy saving and lowering the costs.
- ✓ Mardin and Midyat stones are used as load bearing for thermal comfort, while Sanliurfa and Hasankeyf stones are being used as load bearing, and Karacadag stone is used as load bearing, and floor covering in the local buildings thanks to the thermal and mechanical properties of the stones.
- ✓ Water absorption ratios of the samples were under the critical value (30%). Such materials can be used without freezing risk at places having direct contact with water such as sidings.
- ✓ For having a characteristic to be processed easily, Mardin, Midyat and Hasankeyf stones can also be used for decorative purposes, as well.

**Nomenclature**

- a : Thermal diffusivity, (m<sup>2</sup>/s)  
r : Density, (g/cm<sup>3</sup>)  
k : Thermal conductivity coefficient, (W/mK)  
f<sub>ck</sub> : Compressive strength, (MPa)  
f<sub>ctk</sub> : Tensile strength, (MPa)  
W<sub>k</sub> : Dry weight of sample, (g)  
W<sub>d</sub> : Wet weight of sample, (g)

**Kaynaklar**

1. **Deveciöglu A.G. (2001)**, An investigation on the heat conduction parameters of porous building stones, *Master Thesis*, Firat University.
2. **Deveciöglu A.G., Biçer Y. & Kavak E. (2001)**, Diyarbakır Karacadağ taşının bazı fiziksel özellikleri, *II. GAP ve SANAYİ Kongresi*, 29-30 Eylül, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 401-406, Diyarbakır.
3. **Bicer Y., Yıldız C. & Pehlivan D. (1996)**, Some physical properties of the building stones from Mardin and Its Districts, *TIEES-96 First Trabzon International Energy and Environment Symposium*, July 29-31, Vol. 3, 1005-1009, July 29-31, Trabzon-Turkey.
4. **Bicer Y., Tanyildizi V., Pehlivan D. & Yildirim, S. (1993)**, A research on the physical features of the natural building materials available in Firat Basin, *Cukurova University Journal of Faculty of Engineering and Architecture*, Vol 8 (2), 53-60.
5. **Biçer Y., Deveciöglu A.G & Akpınar E.K. (2004)**, Effective thermal conductivity of porous stones, *Firat University Turkish Journal of Science & Technology*, 15(4), 613-622.
6. **TS 500 and TS 699, (2000)**, The test and experiment methods of natural building stones, *TSE*, Ankara.
7. **Bicer A. & Kar F. (2017)**, The effects of apricot resin addition to the light weight concrete with expanded polystyrene, *Journal of Adhesion Science and technology*, 31(21), 2335-2348.
8. **Kaya A, & Kar F. (2017)**, Thermal and mechanical properties of gypsum plaster mixed with expanded polystyrene and tragacanth, *Thermal Science and Engineering Progress*, 1, 59-65.
9. **Kaya A & Kar F. (2016)**, Properties of concrete containing waste expanded polystyrene and natural resin”, *Construction and Building Materials*, 105: 572-578.
10. **Toksoy M. (1988)** Thermal conductivity coefficients of industrial materials, *Journal of Engineers and Machinery*, 347, 12-15.

# ENERJİ TAŞIYICISI OLARAK HİDROJEN VE HİDROJEN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Zafer Ömer Özdemir<sup>1</sup>, Halil Mutlubaş<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Analitik Kimya Anabilim Dalı, 34668 İstanbul, Türkiye.

<sup>2\*</sup> Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 39000 Kırklareli, Türkiye.

## Öz

Son yıllarda artan nüfus doğrultusunda kullanılan enerji miktarında da artış görülmüştür. Ulaşım sektöründeki yakıt ihtiyacı ağırlıklı olarak fosil kaynaklı yakıtlardan karşılanmaktadır. Dünya genelinde kullanılan fosil yakıtların rezerv ömürleri her geçen yıl azalmaktadır. Fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan sıkıntılar düşünüldüğünde ulaşım sektöründeki yakıt ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanarak sürekli hale gelmelidir. Devamlı artan CO<sub>2</sub> salımı, çevre kirliliği ve yükselen fosil yakıt maliyetleri yakın gelecekte alternatif enerji kaynaklarını aramayı kaçınılmaz hale getirmektedir. Bu amaçla ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için hidrojen gibi bir enerji taşıyıcısına ihtiyaç duyulmaktadır. Hidrojen doğada en çok bulunan element olduğu için uygulama alanı geniştir. Hidrojen elementi doğada serbest halde diatomik yapıda bulunur. Hidrojen, kokusuz, tatsız, renksiz ve en hafif yanıcı gazdır. Temiz enerji taşıyıcısı olarak hidrojen kütle bazında yüksek enerji içeriğine sahiptir. Hidrojenin yanma ısısı yüksek olup zehirli etkisi bulunmamaktadır. Kimyasal tepkimelerde yanma sonrası sadece su buharı oluşur. Petrol türevlerine göre hidrojenin verimi 1.13 kat daha fazladır. Hidrojen, motor veya gaz türbinlerinde elektrik üretiminde yakıt pili olarak kullanılır. Fosil yakıt türevlerinin atmosfere ve yeryüzüne verdiği zararlar düşünüldüğünde hidrojenin ne kadar önemli olduğu anlaşılacaktır. Enerji verimliliği, kaynak çeşitliliği ve çevresel etkiler açısından hidrojenin, fosil yakıtlara kıyasla üstünlüğü açıkça görülmektedir. Hidrojen, hidrokarbonlu bileşiklerin gazlaştırılması, buhar reformasyonu, ayrışma gibi teknikler kullanılarak elde edilebilir. Hidrojen elektroliz yöntemiyle de üretildiği için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Kimyasal ve fiziksel özellikleri çevreye olumsuz bir etki oluşturmadığı için temiz yakıt sınıfındadır. Bu çalışmada hidrojenin özellikleri anlatılmış olup, hidrojenin enerji kaynakları ile ilişkisi, hidrojen üretim yöntemleri açıklanmıştır. Ayrıca hidrojen depolama çeşitleri ve Türkiye'deki hidrojen uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hidrojen, Hidrojen depolama, Hidrojen üretim yöntemleri, Türkiye'de hidrojen kullanımı.

## HYDROGEN AS AN ENERGY CARRIER AND HYDROGEN PRODUCTION METHODS

### Extended Abstract

In recent years, there has been an increase in the amount of energy used in line with the increasing population. The fuel demand in the transportation sector is mainly met by fossil fuels. The reserve life of fossil fuels used in the world decreases every year. Considering the problems arising from the use of fossil fuels, the fuel need in the transportation sector can be met with renewable energy sources and become continuous. Increasing CO<sub>2</sub> emissions, environmental pollution, and rising fossil fuel costs make it inevitable to look for alternative energy sources in the near future. For this purpose, an energy carrier such as hydrogen is needed for the use of renewable energy sources in the transportation sector. Hydrogen is the most abundant element in nature and its application area is wide. The hydrogen element is found free in nature in diatomic structure. Hydrogen is odorless, tasteless, colorless and lightest flammable gas. Hydrogen, a clean energy carrier, has a high energy content on a mass basis. Hydrogen has a high combustion temperature, and it has no toxic effect. In chemical reactions, only water vapor occurs after combustion. According to petroleum derivatives, the yield of hydrogen is 1.13 times higher. Hydrogen is used as a fuel cell in electricity generation in engine or gas turbines. Considering the damage caused by fossil fuel derivatives to the atmosphere and the earth, it will be understood

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

Halil Mutlubaş; Kırklareli University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Energy Systems Engineering, 39000, Kırklareli, Turkey.  
Tel: +90 (552)2564592  
E-mail: halil.mutlubas@hotmail.com

Geliş (Received) : 29.03.2019  
Kabul (Accepted) : 23.07.2019  
Basım (Published) : 31.07.2019

how important hydrogen. In terms of energy efficiency, resource diversity and environmental impacts, the superiority of hydrogen over fossil fuels is evident. Hydrogen can be obtained by using techniques such as gasification of hydrocarbonaceous compounds, steam reforming, decomposition. Hydrogen is an infinite source of energy because it is produced by electrolysis. Chemical and physical properties do not have a negative impact on the environment and therefore have a clean fuel class. In this study, the properties of hydrogen are explained and the relationship between hydrogen and energy sources and hydrogen production methods are explained. In addition, there is information about the kinds of hydrogen storage and hydrogen applications in Turkey.

**Keywords:** Hydrogen, Hydrogen Production Methods, Hydrogen Storage, Hydrogen Usage in Turkey.

## 1. GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılda enerji, insanlık için vazgeçilmez bir yaşam kaynağıdır. Artan nüfus doğrultusunda enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Fosil kökenli yakıtların tükenebilir olması ve kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler göz önüne alındığında, insanoğlu yeni enerji kaynakları arayışı içine girmiştir (Hilooğlu & Sözen, 2018; Yu vd., 2019). Kullanılacak olan enerji kaynağının hem yenilenebilir olması hem de çevre dostu olması araştırmaları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında bazı kısıtlı noktalar bulunmaktadır. Bu kısıtlı noktaları ortadan kaldırmak için enerji uzmanları yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte hidrojen kullanımını öngörmüşlerdir. Hidrojen, bir enerji kaynağı değil bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen, bütün klasik yakıtların ağırlığı başına en yüksek enerji içeriğine sahip olması ile birlikte evrende en çok bulunan elementtir. Hidrojen elementinin dağılımı atmosferde %0.07 ve yer kabuğunda %0.14 şeklindedir. En hafif element olan hidrojenin 1 litrelik (L) hacmi 0.09 grama (g) tekabül eder. Hidrojen, yakıt olarak kullanıldığında atmosfere atılan ürün sadece su veya su buharı olduğundan enerji taşıyıcısı olarak kullanımı uygun görülmüştür. Hidrojen sayesinde üretilen enerji bir yerden başka bir yere güvenli bir şekilde taşınabilmektedir. Hidrojeni ideal bir enerji taşıyıcısı yapan bir diğer özellik ise yüksek enerji içeriğine sahip olmasıdır (Wendler vd., 2010). Hidrojen, bir enerji taşıyıcısıdır ve hidrojen, yapı olarak elektrik ile benzerlik göstermesine karşın elektrikten daha verimli bir biçimde enerjiyi taşıyabilmektedir. Hidrojen, ideal yakıt sınıfındadır. Hidrojen, doğaya karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) salımı yapmaz. Tek salımı sudur (H<sub>2</sub>O) ve karbon bileşimi içermez. Hidrojen, ısı ve elektrik enerjisine kolaylıkla dönüşebilir. Diğer yakıtlarla kıyaslandığında, patlama ve yanma tehlikesi hidrojen için daha azdır. Hidrojen, oksijen (O<sub>2</sub>) ve hava ile 450-500 °C üzerinde kendi kendine tutuşur. 450-500 °C sıcaklık değerlerinin altında ise platin (Pt), paladyum (Pd) ve elektrik kıvılcımı gibi katalizörlerle reaksiyon başlatılırsa yanma olayı gerçekleşir ve ürün olarak su oluşur. Farklı durumlarda ise azot oksitlerde (NO<sub>x</sub>) oluşabilir. Bu durum 800 °C' deki sıcaklıklarda yanma ile giderilebilir (Ball vd., 2016). Hidrojen sahip olduğu çeşitli özellikler sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin: Hidrojen, kimyasal reaksiyonlarda reaktan olarak kullanılarak hidrokarbonları parçalar, ortamda bulunan azot ve kükürt bileşiklerini uzaklaştırır. Yakıt olarak roket ve jet motorlarında ve elektrik jeneratörlerinin soğutucu sistemlerinde kullanılır.

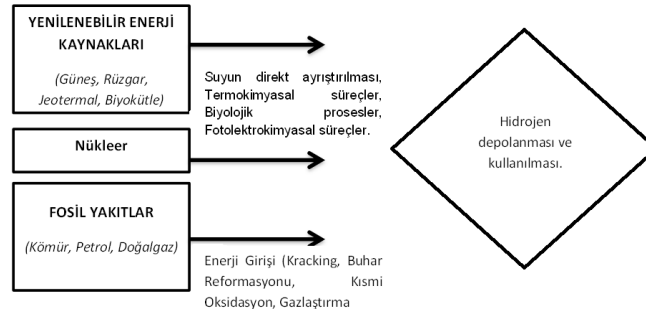
Enerji taşıyıcısı olan hidrojen, diğer proseslerde üretilen enerjiyi taşır. Hava ile etkileşime girdikten sonra ürün olarak azot (N<sub>2</sub>), H<sub>2</sub>O ve O<sub>2</sub> oluşur. Petrol ve türevlerinin kullanıldığı yanmalı motorların oluşturduğu azot oksit emisyonları, hidrojen motorlarında çok daha azdır. Tablo 1'de hidrojenin sahip olduğu yakıt özellikleri gösterilmektedir. Hidrojen, biyolojik ve kimyasal olarak iki farklı biçimde üretilebilir. Kimyasal yöntemler maliyetli olduğu için çok tercih edilmez. Biyolojik yöntemler ise maliyeti düşük, sürdürülebilir çevre dostu yöntemlerdir. Bu çalışmada hidrojenin üretim yöntemlerinden, depolanma özelliklerinden ve Türkiye'de hidrojen kullanımından bahsedilecektir.

Tablo 1. Hidrojen elementinin yakıt özellikleri (Demirbaş, 2009)

Özellik	Birim	Değer
Kaynama noktası	K	20.41
Donma noktası	K	13.97
Yoğunluk (sıvı)	kg/m <sup>3</sup>	70.80
Sabit basınçta özgül ısı	kJ/kg K	14.89
Havadaki patlama sınırları	% (Hacim)	4-75
Havada tutuşma enerjisi	mJ	0.02
Ateşleme sıcaklığı	K	585
Havadaki alev sıcaklığı	K	2318
Alev yayıcılığı	%	17-25
Havada stokiometrik karışım	%	29.53
Stokiometrik hava / yakıt	kg/kg	34.3/1
Alev hızı	cm/s	2.75
HHV ve LHV*	MJ/kg	141.90 - 119.90
HHV ve LHV	MJ/m <sup>3</sup>	11.89 - 10.05

## 2.Hidrojen Üretim Yöntemleri

Enerji; klasik enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki ana sınıfta incelenir. Klasik enerji kaynakları fosil ve nükleer yakıtlardır. Biyokütle, jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjisi ise yenilenebilir kaynaklardandır (Acar & Dinçer, 2019). Şekil 1’de hidrojen üretimi için kullanılan enerji kaynakları gösterilmektedir. Çalışmanın bu kısmında hidrojen üretimi için kullanılan üretim yöntemleri açıklanacaktır.



Şekil 1. Hidrojen üretim yöntemleri (Çimen, 2006)

### 2.1. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak hidrojen üretimi

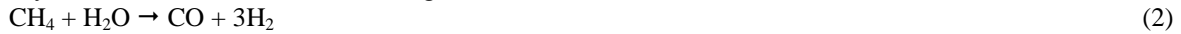
#### 2.1.1. Biyokütle enerjisinden hidrojen üretimi

Biyokütle enerjisiyle hidrojen üretimi iki genel kategoriye ayrılır. Bunlar; termokimyasal ve biyolojik proseslerdir. Bu kısımda termokimyasal proseslerden olan süperkritik su, geleneksel gazifikasyon ve piroliz yöntemleri ile biyolojik proseslerden olan direkt biyofotoliz, dolaylı biyofotoliz, foto fermantasyon, biyolojik yoldan suyun gaza dönüşümü ve karanlık fermantasyon yöntemleri açıklanacaktır.

#### Termokimyasal yöntemler

##### Piroliz yöntemiyle hidrojen üretimi

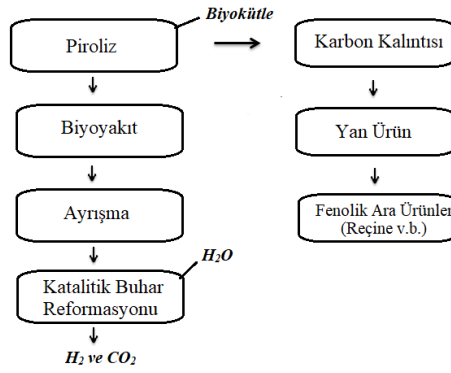
Piroliz işlemi, oksijensiz ortamda 0.1-0.5 megapascal (MPa)’da 650-800 K sıcaklıklarında biyokütlenin ısıtılarak katı organik kömür, sıvı yağ ve gaz içerikli bileşiklere dönüştürülmesi işlemidir. Piroliz düşük piroliz ve hızlı piroliz olarak iki şekilde sınıflandırılır. Genellikle ürünler organik kömür olduğu için düşük piroliz fazla tercih edilmemektedir. Hızlı piroliz ise yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Hızlı piroliz süreçlerinde ürünler katı, sıvı ve gaz halde bulunabilir. Örneğin: Katı; inert materyallere ek olarak saf karbon materyallerden meydana gelir (Salama vd., 2018). Sıvı; asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH), metanol (CH<sub>3</sub>OH) ve aseton (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O) gibi oda sıcaklığında sıvı halde bulunan katran ve yağ formda maddeleri içermektedir. Gaz; CO<sub>2</sub>, karbon monoksit (CO), metan (CH<sub>4</sub>), H<sub>2</sub> gibi gazları içerir.



Hidrojen enerjisi üretimini artırabilmek için suyun gaza dönüşümü gerçekleştirilebilir.



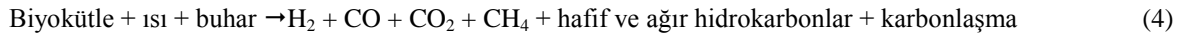
Gaz formda bulunan ürünlerin dışında, yağ halinde bulunan ürünler hidrojen üretimi için işleme alınabilir. Proliz yağı iki farklı fraksiyona ayrılabilir. Bunlar; suda çözünen ve suda çözünemeyen şeklindedir. Şekil 2’de piroliz ile hidrojen üretim basamakları gösterilmektedir. Piroliz prosesinin kontrol parametreleri için sıcaklık, alıkonma zamanı, ısınma hızı ve katalizör tipi önem arz etmektedir. Son yıllarda pirolizle hidrojen üretiminde plastik, katran yağı, kolza tohumu, tarımsal ürün artıkları gibi malzemeler kullanılmaktadır (Duman & Yanık, 2017).



Şekil 2. Piriliz yöntemi ile biyokütle hidrojenine çevrimi (URL-1, 2019)

### Biyokütle gazifikasyonu ile hidrojen üretimi

Piriliz yönteminin farklı bir formu olan gazifikasyon yöntemi temel olarak;  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $CO$  gibi maddelerin azot içinde kısmi oksidasyonuna dayanır. Gazifikasyon yönteminin termal verimliliği düşüktür. Bunun nedeni ise biyokütle kaynaklarının içerisinde bulunan rutubet miktarıdır. 800-1000 °C'lik yüksek sıcaklık şartlarında dahi gazifikasyon yöntemiyle katran üretilebilir. Bu süreçte biyokütle kısmi oksidasyona uğrar ve karbonlu madde ve gaz üretilir. Üretilen karbonlu madde ve gaz son olarak  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $H_2$  şeklinde azaltılabilir.



Gazifikasyon yönteminin ana sorunu katran oluşumudur. Katran oluşumunu minimum seviyeye indirmek için kullanılan yöntemler; gazlaştırıcının tasarımı, uygun çalışma ortamı, kontrol panelinin ayarlanması, katkı maddelerinin ve katalizörün seçimidir. Gazifikasyon yönteminin bir diğer problemi de kül oluşumudur. Oluşan kül çökme, sinterleşme, kirlenme, yığın oluşturma ve cürufleme gibi sebeplere yol açar. Süreç içindeki külü azaltmak için damıtma işlemi kullanılır (Seçer vd., 2018). Tablo 2'de örnek olarak gazifikasyon prosesiyle hidrojen üretimleri gösterilmektedir. Doğru katalizör seçimiyle birlikte akışkan yataklı gazlaştırıcı aracılığıyla yaklaşık %55-60 verimle hidrojen üretimi sağlamak mümkün hale gelebilir.

Tablo 2. Hidrojen üretiminde biyokütle gazifikasyonu kullanılarak yapılan bazı çalışmalar (Ni vd., 2006)

Hammadde	Reaktör Tipi	Katalizör	Hidrojen Üretimi (v. %)
Talaş	Geri devirli	Kullanılmıyor	810°C'de 10.5
Odun hammaddesi	Sabit yatak	Kullanılmıyor	550°C'de 7.7
Talaş	Akışkan yatak	Bilinmiyor	800°C'de 57.4
Çam talaşı	Akışkan yatak	Bilinmiyor	700-800°C'de 26-42
Küspe	Bilinmiyor	Bilinmiyor	700-800°C'de 29-38
Pamuk sapı	Bilinmiyor	Bilinmiyor	700-800°C'de 27-38
Eucalyptus gobulus	Bilinmiyor	Bilinmiyor	700-800°C'de 35-37

### Süperkritik su gazifikasyonu

Gazifikasyon süreçlerinde kritik nokta, suyun ortaya çıkan özelliklerinde kimyasal reaksiyonlar için önemli bir parametredir. Kritik noktanın altında gaz ve sıvı safhaların her ikisi de farklı özellik göstermektedir. Son aşamada ise kritik nokta değerine ulaşıldığında sıcaklık 374°C'nin altında olur. Basınç ise 22 MPa'nın altındadır. Böylece her iki safhada özdeş özellik sergiler. Süper kritik su gazifikasyonlarını yüksek nem içerikli biyokütle ile tek başına reaksiyon verebildiği için biyokütle kaynaklarının nem değeri düşürülmemelidir (Gong vd., 2018).

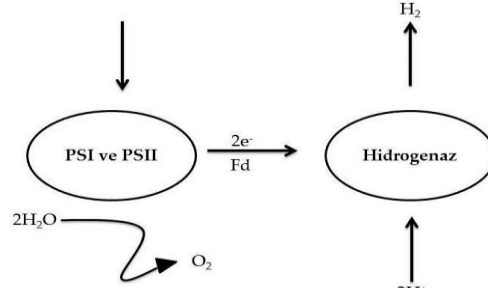
### Biyolojik süreçler

Biyolojik yollarla hidrojen üretimi beş grup ile sınıflandırılmaktadır. Bunlar: Direkt biyofotoliz, dolaylı biyofotoliz, biyolojik yöntemlerle suyun gaza çevrimi, fotofermantasyon ve karanlık fermentasyondur. Bahsedilen süreçlerin tümü nitrogenaz ve hidrogenaz gibi hidrojen üreten enzimler ile kontrol edilir (Ni vd., 2006).

### Direkt biyofotoliz

Direkt biyofotoliz ile hidrojen üretimini gerçekleştirmek için güneş enerjisi kimyasal enerjiye çevrilir. Süreçte bulunan iki fotosentetik sistem fotosentez sürecinden sorumludur. Bu sistemler:  $CO_2$  miktarını azaltmak için kullanılan indirgeyici üretecek fotosistem I (PSI) ve oksijen miktarını açığa çıkaran ve suyu bileşenlerine

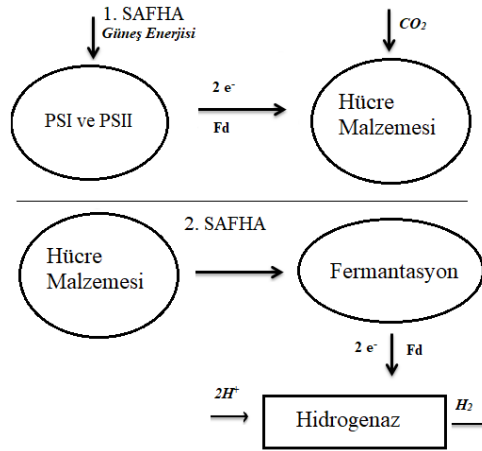
ayrıştırıcı fotosistem II (PSII)'dir. Yeşil bitkilerde karbon azalımının görülmesi hidrogenaz eksikliğinden kaynaklanır. Mavi-yeşil algler ve yeşil algler hidrogenaz içerir. Bu sayede hidrojen üretebilirler. Şekil 3'te gösterilen süreçte PSII ışık enerjisini absorpladığı anda elektronlar üretilir. Daha sonraki aşamada PSI tarafından soğurulan güneş enerjisi ferredoksine (Fd) transfer edilir. Hidrojen enerjisi açığa çıkarmak için Fd, elektronları kabul eder. Hidrogenaz oksijene duyarlıdır. Hidrojen üretiminin sürekli hale getirilmesi için oksijen miktarını %0.1' in altındaki seviyelerde tutmak gerekmektedir (Bolatkhani vd., 2019).



Şekil 3. Direkt biyofotoliz işlemi (Şentürk, 2010).

### Dolaylı biyofotoliz

Dolaylı biyofotoliz dört aşamada meydana gelir. Şekil 4'te dolaylı biyofotoliz aşamaları gösterilmektedir. Fotosentezle biyokütle üretimi, biyokütle zenginleşmesi, aerobik karanlık fermantasyon (2 mol asetat+alg hücresi) ve asetatın 2 mol hidrojene dönüşümü aşamalarıdır (Sengmee vd., 2017). Gerçekleşen reaksiyonlar:



Şekil 4. Dolaylı biyofotoliz aşamaları (Ni vd., 2006).

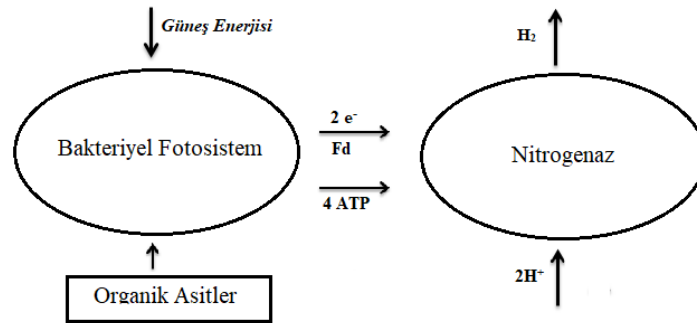
### Karanlık fermantasyon

Karanlık fermantasyon süreci ile hidrojen üretimi karbhidratlarca zenginleştirilmiş substrat üzerinde anaerobik bakterilerin reaksiyonu ile gerçekleştirilir. Gerçekleşen reaksiyonlar mezofilik (25-40 °C), termofilik (40-65 °C), aşırı termofilik (65-80 °C) ve hiper termofilik (80°C üzeri) sıcaklıklarda gerçekleşir. Bu süreçte bulunan anaerobik bakteriler ile üretilen gaz; H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO ve bazı hidrojen sülfidlerin karışımıdır. Safsızlıklardan arındırılmış hidrojeni elde edebilmek için ayırma işlemi yapılmalıdır. Bu süreç ayrıca asetik, bütirik ve diğer organik asitleri de üretir. Üretilen asitler organik kimyasal üretim yönündeki metabolik akışa yön vererek hidrojen verimini etkiler. Ayrıca asitler sistemi kompleksleştirir. Bu durum maliyetlerde artışa yol açar (Lunprom vd., 2019).



### Foto fermantatif süreçler

Foto fermantatif süreçler, fotosentetik bakteriyel hidrojen üretimi olarak da bilinmektedir. Bu süreçte *Klorofil*, *Carotenoids* ve *Phycobilin*'ler gibi ışığı tutan pigmentler kullanılmaktadır. Toplanan ışınlardan ışık enerjisi ayrılır ve ayrılan enerji fotolitik organizmalar içinde bulunan algler ile membran reaksiyon merkezlerine transfer edilir Güneş ışığı, suyu protonlara, elektronlara ve oksijene dönüştürür. Nitrogenaz katalizörler; hidrojen, amonyak ve adenin di fosfat (ADP) oluşturmak için azot ve adenin tri fosfat (ATP) ile proton ve elektronları tepkimeye sokar. Bu bakteriler çok farklı koşullarda kullanılabilir. Örneğin; kesikli süreçler, agar jel, gözenekli cam, aktivite edilmiş cam veya poli üretan köpük gibi ortamlarda kullanılabilir. Bu sürecin dezavantajı, organik asitlerin sınırlı kullanılabilirliği ve nitorogenaz enziminin yavaşlatıcı özelliğe olmasıdır. Ayrıca sürecin ara sıra yüksek miktarda enerji gerektirmesi ve hidrojeni tekrar oksidasyon etmesi gerekmektedir. Fermantasyon sürecinde oluşan sorunları çözmek için, yüksek enerji içeriğine sahip nitrogenaz enziminin kullanılması, güneş enerjisi dönüşüm verimliliğinin düşük seviyede olması ve geniş yüzeyleri kapsayacak anaerobik foto biyoreaktörlerin hazırlanması gerekir. Şekil 5'te foto-fermantasyon süreci gösterilmektedir. Belirtilen nedenlerden dolayı foto fermantasyon süreçleri hidrojen üretimi için uygun rekabet ortamı oluşturmaz (Zhang vd., 2017).



Şekil 5. Foto-fermantasyon aşamaları (Barişık, 2015).

### Biyolojik yollardan suyun gaza dönüşüm süreci

Bazı fotoheterotrofik bakteriler (*Rhodospirillum rubrum*)  $H^+$ 'yı  $H_2$ 'ye indirgemesi ve CO oksitlenme reaksiyonlarını birleştirerek ATP üretir. Karbon kaynağı olarak sadece CO kullanılır. Böylece bakteriler karanlık şartlarda bile hayatta kalabilirler (Yasin vd., 2015).



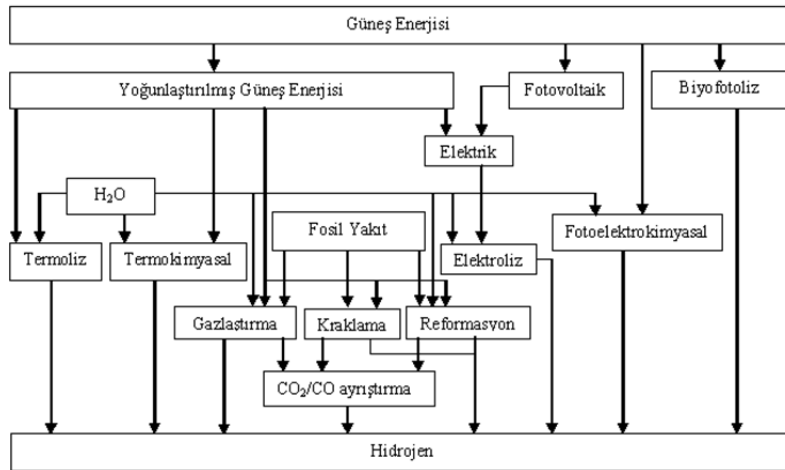
Reaksiyon sonunda açığa  $CO_2$  ve  $H_2$  çıktığı için bu süreç hidrojen üretiminde tercih edilmektedir. Biyolojik yolla suyun gaza dönüşüm prosesleri hidrojen üretiminde hala laboratuvar ölçekli olup birkaç çalışma analiz edilmiştir. Çalışmaların ortak amacı üretim oranını değerlendirip karbon monoksit bileşiklerini yüksek oranda tutacak mikroorganizmaları tayin etmektir. Denklem (7)'de CO'nin  $CO_2$ 'e oksidasyonu suyun gaza dönüşüm reaksiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem kullanılarak yapılan hidrojen dönüşüm oranı diğer biyolojik proseslere nazaran daha yüksektir.

#### 2.1.2 Güneş enerjisinden hidrojen üretimi

Hidrojen üretiminde güneş enerjisi kullanımı dört temel grupta sınıflandırılabilir. Bunlar;

1. Fotovoltaik (PV),
2. Fotoelektrokimyasal
3. Fotobiyolojiksel
4. Güneş termal enerji.

Güneş enerjisinden elde edilen enerji düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık altında kullanılır. Düşük sıcaklık uygulamalarında fotovoltaik, fotoelektrokimyasal ve fotobiyolojik hidrojen üretim sistemleri yer alırken; yüksek sıcaklık uygulamalarında termoliz, güneş termokimyasal çevrimler, güneş reformasyon, güneş enerjili gazlaştırma, güneşli kraklama yer alır. Şekil 6'da güneş enerjisi kullanılarak elde edilen hidrojenin üretim basamakları gösterilmektedir (Touili vd., 2018).

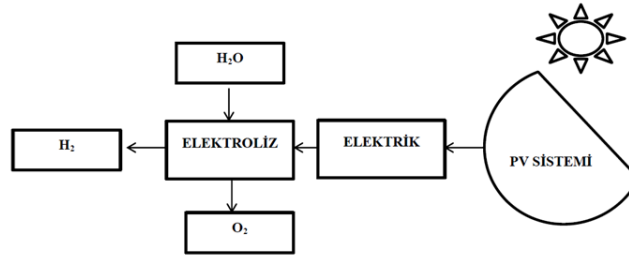


Şekil 6. Güneş enerjisi-hidrojen üretim prosesleri (Öztürk vd., 2011).

### Düşük sıcaklık uygulamalarıyla hidrojen üretimi

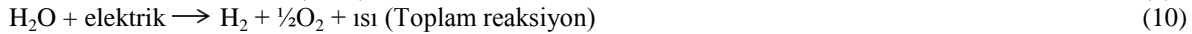
#### Elektroliz yöntemi

Elektroliz, suya doğru akım uygulanarak suyun, hidrojen ve oksijene ayrılması işlemidir. Şekil 7'de fotovoltaik üretim prosesi gösterilmiştir.



Şekil 7. Fotovoltaik sistemle hidrojen üretim aşamaları (Joshi vd., 2010).

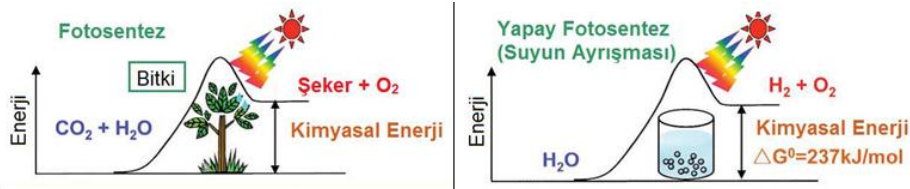
Elektroliz sistemi için gerekli olan elektrik enerjisi, doğrudan güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik gözelerden sağlanmaktadır. Elektroliz sistemi için gerekli elektrik enerjisi ayrıca yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ile buhar elde edip, buhar türbinleriyle üretilen enerjinin yine elektroliz sistemlerde kullanılmasıyla olanaklıdır. Önemli nokta düşük maliyet ve yüksek çevrim verimi sağlamasıdır. Fotovoltaik sistemlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Elektroliz hücresi içinde genel olarak bir düzlem metal veya karbon içerikli plakalar yer alır. İki elektrot ve elektrolit sıvısı bulunur. Doğru akım kaynağı elektrota bağlanarak iletken sıvı yardımıyla pozitif elektrottan (anot) negatif elektrota (katot) akım aktarılır. İşlem sonunda elektrolit içindeki su, hidrojen (katottan gelen) ve oksijene (anottan gelen) ayrışır. Aşağıda elektrokimyasal reaksiyonlar gösterilmektedir (Amikam vd., 2018).



Güneş enerjisi ile hidrojen üretiminde fotovoltaik elektrolizör sistemler iki basamaklı halde üretim yaparlar. İlk basamakta silisyumdan ya da eşdeğer maddelerden yapılan güneş pilinden doğru akım elde edilir. Elde edilen akım bir elektroliz hücresinin elektrotlarından aktararak hidrojen ve oksijenin ayrıştırılması sağlanır. Kullanılan güneş gözeleri güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken yapılarıdır. Elektroliz yöntemiyle hidrojen üretiminin verimi elektrik düşünüldüğünde %80 civarındadır. Üretilen elektriğin ısı verimi hafif su reaktörlerinde %34 civarında, geliştirilmiş sistemlerde %50 dolaylarında değişim gösterir ve ortalama %30-40 arasındadır. Elektroliz sistemleri düşük verimlerine karşın çevre dostu sistemler olması önem arz etmektedir.

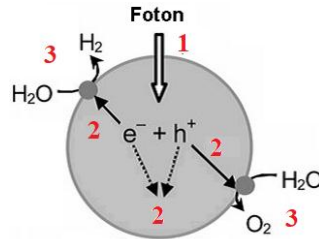
### Fotoelektrokimyasal ve fotokatalitik hidrojen üretimi

Suyun hidrojen ve oksijen gazlarında ısı enerjisi yardımıyla ayrışma reaksiyonu büyük bir Gibbs serbest enerji değişimi ile gözlemlenir. Fotokatalitik hidrojen üretimi yenilenebilir hidrojen üretimi ve çevre dostu enerji üretimleri için büyük önem taşır. Fotokatalitik üretim yeşil bitkilerin ve klorofil taşıyan canlıların gerçekleştirdiği fotosenteze çok benzerdir. Bu bağlamda suyun ayrışmasıyla hidrojen üretimi de yapay fotosentez olarak tanımlanabilir. Yapay fotosentez işleminde hidrojen üretimi için pozitif Gibbs serbest enerjisi tek başına reaksiyon gösteremediği için katalizöre veya fotokatalizöre ihtiyaç vardır (Carrasco vd., 2019). Şekil 8’de fotosentez ve yapay fotosentezin grafiksel gösterimi mevcuttur.



Şekil 8. Klorofil taşıyan bitkiler tarafından fotosentez ve bir fotokatalizör varlığında suyun fotokatalitik ayrışması reaksiyonu (yapay fotosentez) (Kudo & Miseki, 2009)

Fotoelektrokimyasal ve fotokatalitik hidrojen üretiminde yarı iletken katalizör kullanıldığında üç ana basamakta işlem gerçekleşir. Şekil 9’da fotokatalitik yöntemle suyun ayrışması gösterilmiştir.

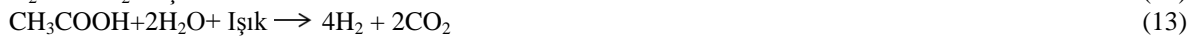
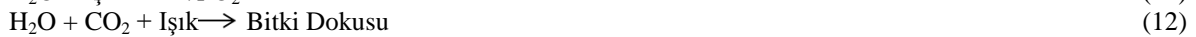
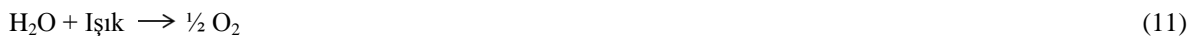


Şekil 9. Fotokatalitik yöntemle suyun H<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> ayrışması (Aslan, 2014).

Şekil.9’da gösterilen fotokatalitik yöntemle suyun ayrışması işleminin 1. aşamasında yarı iletken fotokatalizör üzerine iletilen fotonların absorplama işlemi gerçekleşerek, elektron boşluk çifti birbirinden ayrılır. 2. aşamasında ise ayrılan yüklerin reaksiyonun gerçekleşeceği alana transferi sağlanır. 3. aşamada da yüzeyin aktif kısımlarında uyarılmış elektronun suyu indirgeyerek H<sub>2</sub> üretimi ve sudaki boşluk yükseltilecek O<sub>2</sub> üretimi gerçekleşir. Fotokatalitik reaksiyonun tamamlanması için gönderilen fotonun enerjisi, yarı iletken fotokatalizör band aralığından yüksek olması gerekir. Yüksek enerjiye sahip fotonun, fotokatalizör üzerine iletilmesiyle yükler birbirinden ayrılır. Orbital boşluğu, ayrılan elektronun göçü esnasında oluşur. Bu yöntemin zorluğu ise, ortamda oluşan oksijen gazının sulu çözeltilerde çözünerek hidrojen üretiminde aksaklık oluşturmasıdır. Fotoelektrokimyasal sistemler suyun tam ayrışmasında sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemde oksijen ve hidrojen gazları fiziksel olarak birbirinden ayrılan anot ve katotta oluşum gösterir. Yöntemin bu kısıtlamaları elektron verici çözeltiler kullanılarak fotokatalitik hidrojen üretimi gerçekleştirilerek giderilir. Elektron alıcı çözeltilerde ise fotokatalitik oksijen üretimi gerçekleşir (Lee vd., 2019).

### Fotobiyojksel yöntemle hidrojen üretimi

Hidrojen üretiminde biyolojksel metotlar iki grupta sınıflandırılır. Bunlar; ışığa bağlı prosesler ve ışıktan bağımsız proseslerdir. Işığa bağımlı prosesler direkt veya indirekt fotofermantasyonu içermektedir. Işığa bağımsız prosesler ise karanlık fermentasyonu içerir. Fotobiyojksel metotlarla hidrojen üretiminde yeşil algler ve bakterilerin doğal fotosentetik aktivite özelliği kullanılır. Fotosentez reaksiyon denklem (11-13)’te gösterilmektedir (Poudyal vd., 2015).



Katalitik sistemlerde hidrojen üretimi %24 civarında verim sağlarken, gelişim aşamasında olan biyolojksel proseslerin kullanımında bazı sorunlar bulunmaktadır. Biyolojksel sistemlerde hidrojen üretimi siyano bakterilere ve yeşil alglerin varlığına bağlıdır. Yeşil algler aneorobik şartlar altında kuluçka evresinden sonra

hidrojen üretir. Siyano bakteriler ise nitrogenaz enzimi varlığında hidrojen üretmeye başlarlar. Fotobiyolojiksel yöntemlerde verimlilik %10'a ulaşmaktadır. Yöntemin en büyük zorluğu, algleri güneş sabitinin üzerinde tutabilmek için boyutlarının küçültülememesidir. Teknik engel ise hidrojen üretiminin yanında oksijen üretiminin de gerçekleşmesidir. Oksijenin varlığı hidrojen değiştirme enzim sistemlerinde hasara sebep olur.

### Yüksek sıcaklık uygulamalarıyla hidrojen üretimi

#### Güneş termoliz yöntemi

Termoliz işlemi, suyun yüksek sıcaklıklarda termal olarak parçalanıp hidrojen üretme işlemi olarak bilinir. Bu metotta sıcaklık 1500°C sıcaklığa veya daha yüksek sıcaklığa çıkartılarak buhar moleküllerinin oksijen ve hidrojeni parçalaması sağlanır. Sıcaklık ne kadar yükselirse parçalanma o kadar fazla olur. Aynı işlem buhar basıncı düşürülerek de yapılabilir. Endüstriyel alan için hidrojen üretiminde sıcaklık 2900-3000°C'ye kadar çıkartılabilir. Bu sıcaklığı temin etmenin en kolay yolu güneş kule sistemlerinin kullanılmasıdır. Bu sistemlerin tepe noktasına alıcı monte edilir (Yoğunlaştırma yaparak ısı üretimi sağlanır). Üretimde kimyasal madde kullanıma gerek olmadığı için çevresel kirlilik olmadığı gibi yüksek verim elde edilir. Prosesin dezavantajları arasında; yüksek sıcaklığın ticari olarak maliyeti arttırması ve hidrojenin yüksek sıcaklıklarda diğer kimyasal gazlardan ayrılmasının zor olduğu yer alır (Chen vd., 2019). Termoliz yönteminin kimyasal reaksiyonu denklem (14)'te gösterilmektedir.



Denklemden gösterilen a,b ve c harfleri mol kesirlerini ifade eder. Reaksiyonda dikkat edilmesi gereken husus, oksijen ve hidrojenin yüksek sıcaklık formunda birbirinden ayrılıp gaz faza geçmesidir. Burada gazlar birbirlerinden izole edilmelidir. Termoliz prosesinde yüksek sıcaklıklara gereksinim duyulduğu için bazı materyal sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu durumda absorpsiyon verimi düşüp, güneş ışığının önemli miktarını geri yansıtma problemleri ortaya çıkar.

#### Güneş termokimyasal çevrimler

Termokimyasal çevrim yönteminde H<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> ayrışım problemleri bulunmadığı için düşük sıcaklıklarda (Maksimum 1000°C) uygulama alanı bulup, termoliz yöntemlerine nazaran daha fazla uygulama alanında kullanılır. Termokimyasal çevrimlerde hidrojen üretimi için su ve birkaç reaktan kimyasal tepkimlere sokulur. Kimyasal değişim sonucu H<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> gazı elde edilir. Tepkimede kullanılan reaktanlar tekrardan kullanılır. Suyun bozunması termokimyasal açıdan üç aşamada gerçekleşir. Bunlar; hidrojen üretimi, oksijen üretimi ve kullanılan malzemelerin geri kazanımıdır (Fu vd., 2019). Termokimyasal çevrimlerin temel basamakları şunlardır:

1. Elektrik ve ısı üretimi,
2. Termokimyasal olarak suyun bozunması,
3. Elde edilen O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>'nin saflaştırılmasıdır.

Aşağıda magnezyum-iyot (Mg-I) termokimyasal çevrimi örnek olarak gösterilmektedir. Mg-I için maksimum sıcaklık 600°C'dir.

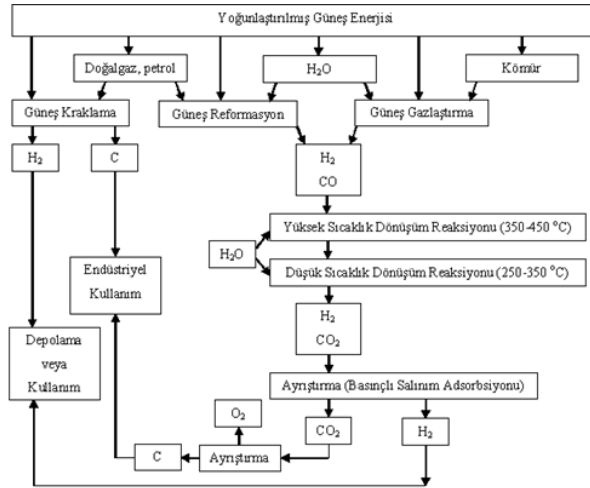


#### Güneş karbonsuzlaştırma yöntemi

Güneş enerjisinin kullanıldığı termokimyasal proseslerde fosil yakıtlardan da hidrojen üretimi sağlanabilir. Güneş termokimyasal prosesler üç alt kısma ayrılır. Bunlar; kraklama, reformasyon ve gazlaştırmadır. Kraklama prosesi hidrokarbonlu bileşiklerin termal ayrışması ile tanımlanabilir. Kraklama prosesi denklem (20)'de gösterilmektedir.



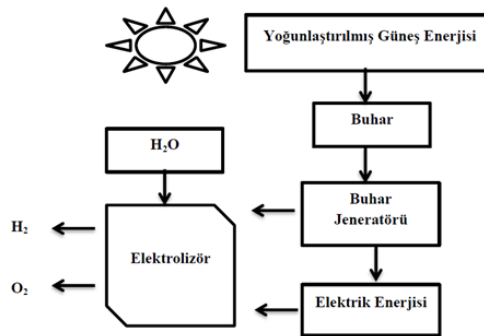
Şekil 10'da güneş kraklama, güneş reformasyon ve güneş gazlaştırma yöntemiyle hidrojen üretiminin aşamaları şematize edilmiştir.



Şekil 10. Güneş karbonsuzlaştırma yöntemlerinin şematik gösterimi (Öztürk vd., 2011).

### Güneş termal esaslı elektrolizör yöntemi

Güneş radyasyonlarının yoğunlaştırılarak yüksek sıcaklığa çıkarılmasıyla özel bir akışkana (Molden tuz karışımları veya faz değiştiren malzemeler) ısı olarak verilir, bu akışkandan elektrik ve buhar elde edilebilir. Yaklaşık olarak 500°C'deki termal enerjiyi özel akışkanlar depolayabilir (Menad vd., 2018). Şekil 11'de güneş termal esaslı elektrolizör yönteminin aşamaları gösterilmektedir.

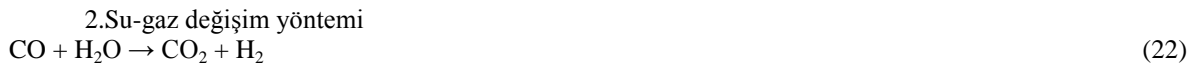


Şekil 11. Güneş termal elektroliz ile hidrojen üretim aşamaları (Öztürk vd., 2011).

## 2.2 Fosil Yakıtlardan Hidrojen Üretimi

### 2.2.1. Doğalgazın buhar reformasyonu

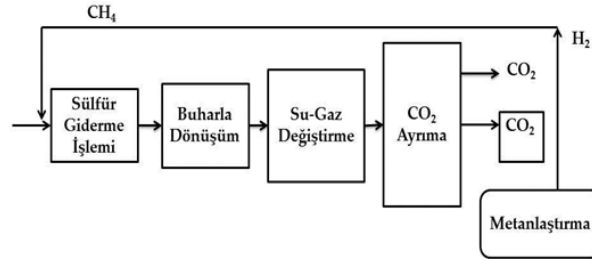
Hidrokarbonlardan hidrojen üretmek için reformasyon yöntemi kullanılmaktadır. Reformasyon, reaksiyona giren gazların atomlarının reaksiyon sonunda tekrardan düzenlenmesi anlamına gelmektedir. Reformasyon yöntemi temel olarak üç aşamada gerçekleşir (Anzelmo vd., 2018). Bunlar:



Buhar reformasyonu, ekzotermik, heterojen katalitik bir reaksiyondur. Ayrıca amonyak ve hidrojen üretiminin ana basamağıdır. Su-gaz değişim reaksiyonları atmosferdeki zehirli gazları temizlemede kullanılır. Kinetik ve termodinamik şartlar doğrultusunda su-gaz değişim reaksiyonunun düşük (200-250°C) ve yüksek (320-450°C)

sıcaklıkta uygulama alanları mevcuttur. Düşük sıcaklıktaki reaksiyonlarda genellikle bakır esaslı katalizörler kullanılırken, yüksek sıcaklıktaki değişim reaksiyonlarında demir esaslı katalizörler kullanılır.

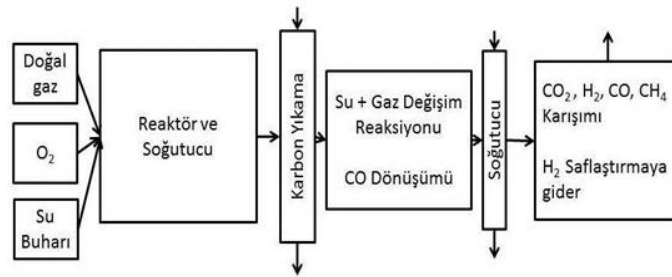
Doğalgazın buhar reformasyonu ile oluşan sıcak gazların soğutulması sonucu oluşan ısı, proseste bulunan suyun buharlaştırılmasında kullanılmaktadır. CO ile su buharının tepkimeye girmesi sonucu ek olarak CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> oluşmaktadır. Önemli olan nokta; üretilen hidrojenin yarısının sudan yarısının da hidrokarbondan meydana geldiğidir. Şekil 12’de reformasyon aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 12. Doğalgazın buhar reformasyonu (Spath&Mann, 2001; Kıncay vd., 2008).

### 2.2.2. Kısmi oksidasyon

Kısmi oksidasyon prosesinde kapalı bir yanma odasının içerisinde hidrokarbonun su buharı ile reaksiyonu gerçekleştirilir. Sınırlı miktarda O<sub>2</sub> eklenerek sıcaklık 1300-1500°C aralığında tutularak katalitik olmayan kısmi bir yanma gerçekleştirilir. Reaksiyon sonunda H<sub>2</sub>, CO ile az miktarda CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve sentez gazı elde edilir (Roseno vd., 2019). Şekil 13’te bahsedilen yöntem gösterilmektedir.



Şekil 13. Kısmi oksidasyon reaksiyonunu işleyişi (Kıncay vd., 2008).

Ayrıca kısmi miktarda CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> üretilir. Kısmi oksidasyon prosesinde kükürt giderme işlemine gerek yoktur. Geniş bir çalışma aralığı olduğundan %95-99 saflıkta O<sub>2</sub> kullanılır. Tepkime aşamaları:



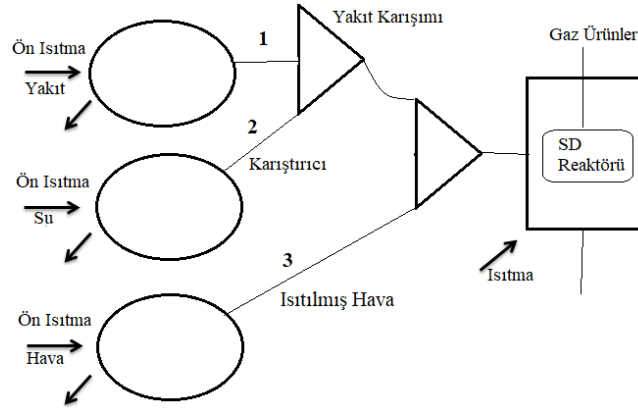
İkinci ve üçüncü tepkimeler endotermik reaksiyondur. Bu tepkimeler için gerekli olan ısı birinci tepkimeden karşılanır. Toplam tepkime ekzotermik olup aynı koşullarda ısının geri kazanımı sağlanabilir.

### 2.2.3. Sıcaklık özdenetimli dönüşüm (SD)

Hidrojen üretimi için son yıllarda endotermik ve ekzotermik reaksiyonlar birleştirilerek yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu sürecin çalışma prensibine göre hidrokarbonlar, su-oksijen karışımında parçalanmaktadır. Sonuç olarak CO, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> elde edilir. Reaksiyon, denklem (28)’de gösterilmektedir.



Reaksiyona göre stokiyometrik olarak oksijen-su-yakıt katsayıları birbirine bağımlı değiştirilerek üretimin verimliliği artırılır. Şekil 14’te SD akış şeması gösterilmektedir.

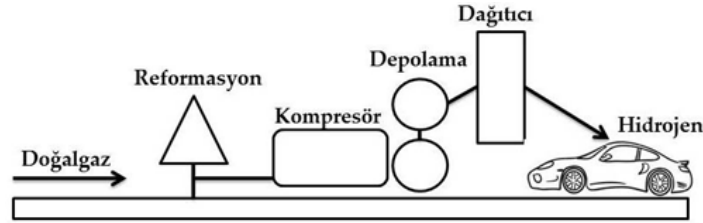


Şekil 14. SD akış şeması (Ersöz vd., 2003).

Oluşturulan proses ile kısmi oksidasyon soğuk ortamda başlar. Isınma işlemi tamamlandıktan sonra buharla dönüşüm yöntemi devreye girer. Ağır özellikteki hidrokarbonlar ile SD etkileşmeye devam eder. Oksitleyici olarak oksijen kullanılır. Fakat bu prosesin otomotiv sistemleri için elverişli olmadığı belirlenmiştir. Su ve hidrokarbon buharlaştırılarak bir karışım odasına alınır. Öte yandan ısıtılan hava ikinci bir karışım kabına (su+hidrokarbon) aktarılmıştır. Aktarım işlemi tamamlandıktan sonra üçüncü bir karışım şeklinde (SD) sisteme giriş yapılmıştır. Bu dönüşüm kullanılarak ortamda bulunan CO'ü CO<sub>2</sub>'ye dönüştürmek planlanmıştır. Ayrıca eş zamanlı bir şekilde H<sub>2</sub> gazı üretilmiştir. Elde edilen hidrojen ile zenginleştirilen gaz, yakıt pili sistemlerine uygun olmadığı için soğutulur kurutulmuştur. SD çıkışlı ürünlerin dönüşüm reaksiyonlarının sıcaklık koşulları 700-900°C olarak ölçülmüştür (Sadati vd., 2015). SD proseslerinde serbest C ve düşük seviyede CO oluşumunu sağlayabilmek için etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), CH<sub>4</sub>, propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ve bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) gibi doğalgaz karışımlarının oluşturduğu etkiler göz önüne alınarak SD yöntemi ile en doğru H<sub>2</sub> üretiminin incelenmesi yapılmaktadır (Gnanapragasam vd., 2010).

#### 2.2.4. Termal yollar ile doğalgazın parçalanması

2000°C'de ve oksijensiz ortamda hidrokarbon bileşikler ısıtılarak parçalanırlar. Yan ürün olarak siyah karbon üretilir. Bu yöntem ekonomik açıdan oldukça yarar sağlar. Yöntemin en önemli avantajı ise hidrojen üretimi sırasında CO<sub>2</sub> salımı olmamasıdır. Şekil 15'te doğalgazın parçalanması şematize edilmiştir.



Şekil 15. Doğalgazın termal yollarla parçalanması (URL-2, 2019).

#### 2.2.5. Ototermlal reformasyon

Bu yöntemin temeli, buhar reformasyonunun kısmi oksitlenmeyle birlikte kullanılmasına dayanır. Yanma-reformasyon tepkimeleri denklem (29) ve denklem (30)'da gösterilmektedir.



T: 850°C ve üzeri sıcaklıklar

#### 2.2.6. Kömürün gazlaştırılması

Kömürün gazlaştırılması iki aşamalı bir prosesdir. Birinci aşama piroliz, ikinci aşama kömür gazlaştırmadır. Piroliz basamağında, 300-500°C sıcaklıklar arasında düşük molekül ağırlığına sahip bileşiklerin oluşumu ele alınır. Bu bileşenler temelde yoğunlaşamayan gazlar veya katrandır. Normal şartlar altında piroliz kalıntısı ya da kömür, gerçek kömürün %55'inden %70'e kadar olanını tanımlar. Yanma ve gazlaşma proseslerinin bilinen sıcaklıklarda pirolize göre kömür gazlaştırma reaksiyonları oldukça yavaştır. Kömürün gazlaştırılması aşamasında aşağıdaki denklem kullanılabilir. Reaksiyon başladığında gazlaşma süreci ilerler ve böylelikle kömür

ağırlık kaybetmeye başlar. Burada yanma hızı, gazlaşma sürecini belirlemede kullanılır (Gnanapragasam vd., 2010). Gazlaşma hızını belirlemede düşünülen 2 ana yol vardır. Bunlar aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir.

### 1. Ana Yol

$$r = \frac{1}{w} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{1}{1-x} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (31)$$

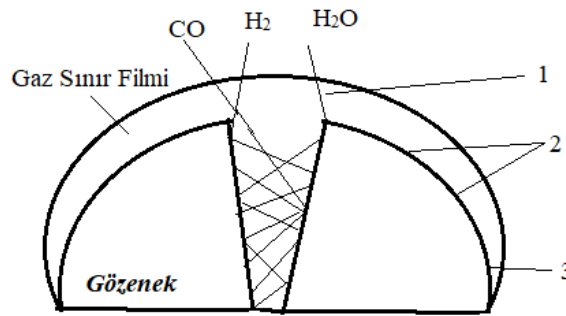
(r: Normalize edilen gazlaşma hızı, t: Zaman, W: t zaman sonraki kömürün sahip olduğu ağırlık, X: Dönüşen kömür)

### 2. Ana Yol

$$r = \frac{-1}{w_0} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{dx}{dt} \quad (32)$$

(r: Gazlaşma hızı,  $w_0$ : Kömürün girişteki kütlesi olarak düşünülebilir.)

Literatür taramasında, araştırmacılar genellikle birinci denklemi kullanmaktadırlar. Kömürün gazlaştırma işleminde karşılaşılan üç taşıma basamağı Şekil 16'da gösterilmektedir.



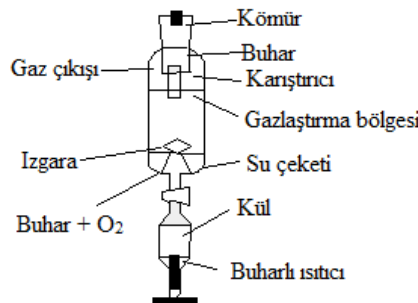
Şekil 16. Kömürlerin gazlaştırma aşamasındaki taşıma mekanizmaları (Canel, 1986).

1. Basamak: Gazlaştırıcının kömür yüzeyinde oluşturduğu hidrodinamik tabak içindeki difüzyon işlemi,
2. Basamak: Kömür gözeneği içindeki difüzyon işlemi,
3. Basamak: Gözenek yüzeylerindeki kimyasal tepkime (Denklem (33) gösterilmektedir.)



Kömürün gazlaştırma işlemlerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri incelendiğinde, kullanılan gazlaştırma yöntemleri üç grupta toplanmaktadır. Bunlar:

**1. Sabit yatakta gazlaştırma:** Bu işlem ters akım ilkesine göre yapılan ototermik bir işlem olup, üstten verilen kömürün aşağıya ilerlemesiyle reaksiyon başlar. Sırasıyla kurutma, ısıl bozunma ve gazlaşma aşamalarına tabi tutulur. Reaktörün alt kısmına ulaşan karbon içerikli bileşikler ve kok, reaktör kısmına su buharı ile verilen oksijenle yakılarak gerekli ısı sağlanır. Bu metotla ısı ile şişmeyen ya da çok az şişen linyit, turba ve antrasit kokları 10-50 milimetre (mm) büyüklüğe getirilerek gazlaştırılır. Şekil 17'de gazlaştırma düzeneği gösterilmiştir.

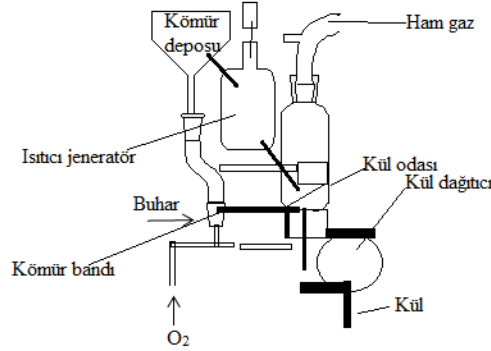


Şekil 2 Sabit yatakta gazlaştırma yöntemi (Demirtaş&Danışmaz, 2016; Canel, 1986)

**2. Akışkan yatakta gazlaştırma:** Akışkan yatakta gazlandırmada kömür ya da kok tanecikleri tamamen karıştığı için homojen bir sıcaklık (800-900°C dolayında) dağılımı gazlaştırma odasında oluşur. Katı parçacıklar

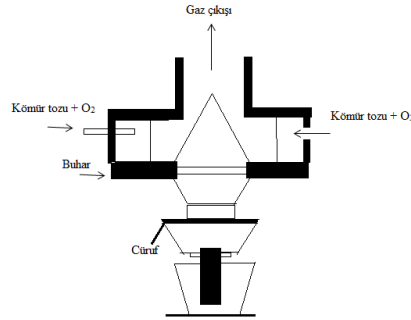


gazlaşma odasında ortalama 30 dakika, gazlar 1 dakika kadar bekletilir. Şişme yapan küçük tanecikli kömürler bu yöntemle gazlaştırılır. Şekil 18'de akışkan yatakta gazlaştırma yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 18.3 Akışkan yatakta gazlaştırma yöntemi (Canel, 1986).

**3. Hareketli yatakta gazlaştırma:** Bu sistemde çok ince öğütülmüş (0-1 mm) kömür, oksijen ve su buharı ile karışmış halde reaktöre püskürtülür ve reaksiyon başlar. Sistemde katının hızı, gaza göre daha hızlı azalır. Katı tanecikler ile gaz arasında büyük bağıl hız farkı oluşur. Yüksek sıcaklıklar altında katı ile gaz arasında oluşan sınır bu farktan dolayı bozulur. Böylelikle katının gaza dönüşüm hızı artmış olur. Bu yöntem 1300°C sıcaklık üzerinde gerçekleştiği için her cins kömür ve kokun gazlaştırılmasında kullanılır. Şekil 19'da hareketli yatakta gazlaştırma yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 19. Hareketli yatakta gazlaştırma yöntemi (Canel, 1986).

### 2.2.7. Kvaerner yöntemi

Kvaerner yöntemiyle hidrojen enerjisi üretebilmek için fosil kökenli bir yakıtta elektrik enerjisi aktarılır. Ayrıca bu yöntem ile aktif kömürde elde edilir. Bu sistemde hidrokarbonlar, saf karbon ve hidrojene yüksek sıcaklıklarda ayrışabilir. Bu yöntem ilk olarak 1999 yılında Norveç'te bulunan firmalar tarafından kullanılmıştır. Oluşan reaksiyon, denklem (34)'te gösterilmektedir.



Reaksiyon sonunda CO<sub>2</sub> oluşmaması diğer üretim yöntemlerine göre avantaj sağlamaktadır. Elde edilen mevcut enerjinin yaklaşık %40'ı aktif karbon, %10 su buharı ve %48'i hidrojenidir (Lee, 2015).

### 3. Hidrojenin Depolanması

Artan nüfus beraberinde enerjiye olan ihtiyacı da arttırmıştır. Günümüz dünyasında enerji küresel bir güç unsurudur. Enerjinin üretilmesi kadar üretilen enerjinin depolanması da önem arz etmektedir. Bu çalışmada hidrojenin üretim metotları açıklanmaya çalışılmış olup, bu kısımda hidrojenin depolanma çeşitlerinden bahsedilecektir. Hidrojenin depolanma çeşitleri boyutlara ve uygulama şekillerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Tarkowski, 2019). Hidrojen düşük yoğunlukta olduğu için depolanmasında da zorluklar ortaya çıkmaktadır. Hidrojenin belli başlı depolama çeşitleri şunlardır:

**3.1 Sıkıştırılmış gaz:** En yaygın hidrojen depolama yöntemidir. Hidrojen gaz halde basınçlı tanklarda depo edilir. Günümüz şartlarında hidrojen 50 L'lik silindir tanklarda 200-250 bar'lık basınç altında depo edilmektedir.

Hidrojen çok hafif bir gaz olduğu için hacimsel enerji yoğunluğu da oldukça düşüktür. Depolarda oluşan yüksek basınç sebebiyle tankların ağırlığına fazladır. Bu durum hidrojenin verimini düşürmektedir (Zhao vd., 2019).

**3.2 Sıvı hidrojen:** Hidrojenin sıvılaştırılarak depo edilmesi uzun ve zor bir süreçtir. Bu işlemler için gereken enerji hidrojenin sahip olduğu enerjinin 1/3'ü kadardır. Sıvılaştırılmış hidrojen genel olarak uzay çalışmaları gibi yüksek depolama yoğunluğu gerekli alanlarda kullanılmaktadır. Yeni gelişen teknolojilerle hidrojen yakıtıyla çalışan otomobillerde özel olarak tasarlanmış hidrojen tankları bulunmaktadır. Sıvılaştırarak depo etmenin nedeni ise hidrojenin petrole göre daha fazla hacim kaplamasıdır. Sıvılaştırma için soğutma sistemlerine ve yüksek basınca gereksinim duyulmaktadır. Sıvı depolama yöntemi gaz sıkıştırmaya göre daha düşük basınç gerektirdiği için güvenilir bir metottur (Shi vd., 2019).

**3.3 Karbon nanotüpler:** Bu yöntem ile hidrojen basınç altında süper aktif grafit yüzey üzerinde depolanır. Uygulama için duruma göre soğuk ortam veya oda sıcaklığı ortamı gerekmektedir. Sistem ağırlığı %4 hidrojen depolayabilmektedir. Verimi iki katına çıkarabilmek için çalışmalar sürmektedir. Bu teknik sıkıştırılmış gaz tekniğine benzerlik gösterse de basınçlandırılmış tanklar grafit ile doldurulmaktadır (Panigrahi vd., 2018).

**3.4 Hidrokarbonlar:** Etanol, bütanol ve metanol gibi hidrokarbonlu yakıtlar basınç ve birim hacimde saf sıvı hidrojenden daha fazla hidrojen taşımaktadırlar. Hidrojeni hidrokarbonlardan ayırmak için yüksek sıcaklıklarda su buharı kullanılır. Hidrokarbonlu bileşikler arasından metanol kolay bir şekilde ayrışır ve düşük miktarda emisyon oluşturur. Yöntemin avantajı; pahalı depolama ve dolun tesislerine ihtiyaç duyulmamasıdır. Dezavantajı ise; araçlarda hidrojen dönüşüm sistemlerine gerek olmasıdır.

**3.5 Metal hidritler:** Metal hidritler hidrojeni kolaylıkla emebilen bir metal olarak bilinir. Metal hidrit oluşum süresince hidrojen molekülleri ayrışıp, elde edilen hidrojen atomları uygun metal kafesler içerisinde tutulur. Metallerin, hidrojeni emmesi ve salması belli parametreler çerçevesinde gerçekleşir. Bu parametreler arasında; hidrojenin basıncı, metal sıcaklığı ve hidrojenin akış hızı yer alır. Hidrit sistemler ile depolanan hidrojen elektrikli otomobillerde, soğutucu sistemlerde, ısı pompa sistemlerinde ve beyaz eşyalarda kullanılması çevresel kirliliği azaltıp, küresel ısınmanın ilerlemesine engel olabilecektir (Manickam vd., 2019).

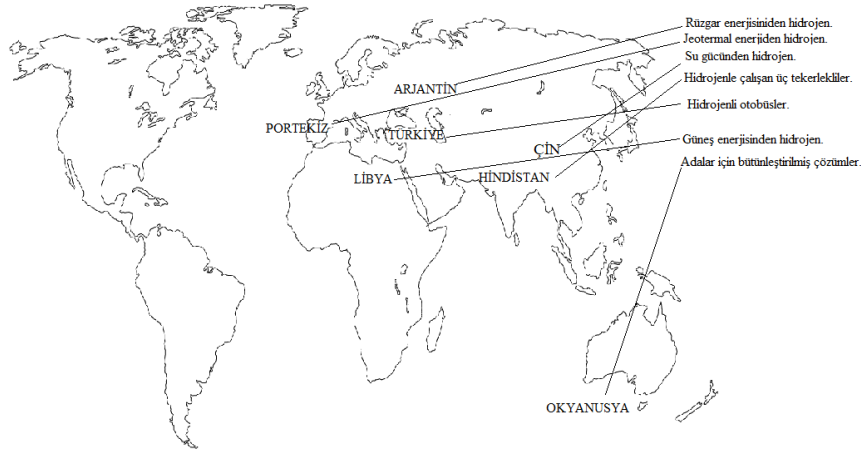
#### 4. Türkiye’de Hidrojen Enerjisinin Kullanımı (UNIDO-ICHET’in Kurulması)

21 Ekim 2003’te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO) arasında Viyana’da alınan karara göre UNIDO-ICHET teşkilatı kurulmuştur. ICHET kuruluşu, 2004 yılında Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu başkanlığında faaliyete başlamıştır. UNIDO-ICHET kuruluşunun gerçekleştirdiği faaliyetler şunlardır:

1. Veri Bankası’nın kurulması (Dünya’da yapılan hidrojen enerjisi Ar-Ge faaliyetleri ve endüstriyel gelişmeleri kapsar).
2. Hidrojen enerjisi hakkında çalışmalar yapmak, konferanslar düzenlemek, kısa ve uzun dönemli eğitim programlarını gerçekleştirmek.
3. Hidrojen kullanımı hakkında politikaları belirlemek
4. Pilot tesisler kurarak faaliyete geçmesini sağlamak
5. Hidrojen kullanımını sanayide yaygınlaştırmak
6. Hidrojenin üretim, dağıtım ve depolanmasını kontrol altına almak
7. Hidrojenin endüstriyel alanda kullanımı sağlamak için denemeler yapmaktır (Dinçer&Aslan, 2008).

#### 4.1. UNIDO-ICHET’in Pilot Projeleri

Hidrojen enerjisinin yaygın hale getirebilmek için dünyanın çeşitli bölgelerinde pilot tesisler kurulmuştur. Şekil 20’de UNIDO-ICHET’in dünyadaki pilot tesisleri gösterilmektedir.



Şekil 20. UNIDO-ICHET'in pilot projeleri (Kurtuluş vd., 2004).

Pilot tesis çalışmaları arasında Türkiye'de hidrojenle çalışan otobüs ve Bozcaada'da yer alan rüzgârdan hidrojen üretimi projeleri yer almaktadır. Tasarlanan projeye göre İstanbul ilinde faaliyet gösterecek hidrojenli otobüsler için gerekli olan yakıt gece kullanılmayan elektrikten temin edilecektir. Bozcaada projesinde ise elde edilecek enerji ada halkı tarafından yakıt olarak kullanılacaktır. Diğer pilot tesis çalışmalarına bakıldığında:

Çin: Hidrojeni küçük bir hidroelektrik santralden elde edilecektir.

Arjantin: Hidrojeni rüzgâr türbinlerinden elde edilecektir. Bahsedilen iki proje bölgesel kalkınmayı sağlayacaktır.

Güney Kore ve Hindistan: Hidrojen yakıtı kullanılan taşıtlar üzerinde çalışmalar yapılacaktır. Güney Kore'de Chonnam bölgesinde hidrojenli otobüsler faaliyet gösterecektir. Hindistan'da ise üç tekerlekli araçlardan oluşan bir filo kurularak Delhi bölgesinde faaliyet gösterecektir.

Libya: Hidrojeni güneş panellerinden üretilen olacaktır. Bölgesel kalkınma sağlanacaktır.

Portekiz: Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen olacaktır. Üretilen hidrojen Azores bölgesinin Terceira Adası'nda kullanılacaktır. Dünya genelinde yapılan çalışmalar her geçen gün artacaktır. Mısır, Rusya, Kolombiya ve İtalya gibi ülkelerde hidrojen kullanımı yaygın hale gelecektir.

#### 4.2. Demonstrasyon Projeleri

Türkiye'nin lider ülke konumuna geçebilmesi için UNIDO-ICHET'in organize ettiği hidrojen demonstrasyon projeleri oluşturarak sanayi kuruluşları ile iş birliği yapmaktadır. Örneğin;

1. TEMSA, Türk Hava Yolları (THY), Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) ile Atatürk Hava Alanı'nda hidrojenli otobüs projeleri,
2. BOSCH, Demirer Holding, Çukurova Holding şirketlerinde rüzgârdan elde edilen hidrojenin fabrikalar içerisinde kullanımı (margarin üretimi ve forklift yakıtı olarak),
3. Ankara'da bir hastanede ambulanslarda yakıt olarak hidrojen kullanımı gibi çalışmalar yapılmıştır (Önal&Yarbay, 2010).

#### 5. Sonuç ve Öneriler

Fosil kaynaklı yakıtların kullanımından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı sebebiyle araştırmalar yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi yer almaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının depolanmasında ve taşınmasında hidrojenin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Hidrojen, birincil enerji kaynakları arasında yer almamaktadır. Başka enerji kaynaklarıyla beraber

kullanılan sentetik halde bulunan enerji taşıyıcısıdır. Artan nüfus doğrultusunda kullanılan fosil yakıtların neden olduğu küresel ısınma ve tükenen hidrokarbon kaynakları sentetik yakıt olan hidrojeni cazip duruma getirmiştir. Hidrojenin uygulama sahasında; üretim-imalat, taşıma, dağıtım, depolama ve kullanım teknolojileri geliştirilmeye başlanmış ve dünya standartları oluşturulmuştur. Hidrojen, yakın bir gelecekte enerji pazarının her safhasında kullanılabilir olacaktır. Enerji taşıyıcısı olarak hidrojen, ulaşımda, elektrik güç üretim işlemlerinde, uçak yakıtlarında ve katalitik yanma işlemlerinde kısmi olarak kullanılmaktadır.

Mevcut bilgiler doğrultusunda, hidrojen ekonomik gelişimini tamamladığında tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulum maliyeti yüksek olduğundan hidrojen kullanımı şuan için yaygın değildir. Daha çok fosil yakıtların taşınmasında ve depolanmasında hidrojen kullanılmaktadır. Hidrojen ekonomilerini oluşturulmasında yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye hidrojen kullanımına geçiş sürecinde yol haritalarını belirleyerek uygun politikalar oluşturmalıdır. Ar-Ge faaliyetleri kapsamında yapılan çalışmalara maddi destek sağlanmalıdır. Geleceğin yakıtı olarak tanımlanan hidrojen teknolojilerinin hayata geçirilmesi için sanayi ve üniversite iş birliği kurulmalıdır.

### Kaynaklar

1. **Acar C. & Dinçer İ. (2019).** Review and evaluation of hydrogen production options for better environment, *Journal of Cleaner Production*, 218(1), 835-849.
2. **Amikam G., Nativ P. & Gendel Y. (2018).** Chlorine-free alkaline seawater electrolysis for hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(13), 6504-6514.
3. **Anzelmo B., Wilcox J. & Liguori S. (2018).** Hydrogen production via natural gas steam reforming in a Pd-Au membrane reactor. Comparison between methane and natural gas steam reforming reactions, *Journal of Membrane Science*, 568(15), 113-120.
4. **Aslan, E. (2014).** Nanoparçacık Temelli Hidrojen Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye.
5. **Ball, M., Weeda, M. & Veziroğlu, N.T. (2016).** Compendium of Hydrogen Energy: Hydrogen Use, Safety and the Hydrogen Economy (Woodhead Publishing Series in Energy), 1 St Edition Woodhead Press, Miami, FL, USA.
6. **Barışık, O. B. (2015).** Lignoselülozik Atıklardan Biyolojik Hidrojen Gazı Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.
7. **Bolatkhan K., Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Tomo T., Veziroglu T.N. & Allakhverdiev S.I. (2019).** Hydrogen production from phototrophic microorganisms: Reality and perspectives, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(12), 5799-5811.
8. **Canel M. (1986).** Kömürün Gazlaştırılması, *Madencilik*, 25: 2, 35-41.
9. **Carrasco-Jaima O.A., Hernandez J.M.M., Torres-Martínez L.M.T. & Moctezuma E. (2019).** A comparative study on the photocatalytic hydrogen production of ATiO<sub>3</sub> (A = Zn, Cd and Pb) perovskites and their photoelectrochemical properties, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 371, 98-108.
10. **Chen J., Xa W., Zuo H., Wu X.E.J., Wang T., Zhang F. & Lu N. (2019).** System development and environmental performance analysis of a solar-driven supercritical water gasification pilot plant for hydrogen production using life cycle assessment approach, *Energy Conversion and Management*, 184, 60-73.
11. **Çimen T. (2006).** Sıvı Hidrojen Tanklarının Isıl Analizi ve Optimal Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.
12. **Demirbaş A. (2009).** Biohydrogen for Future Engine Fuel Demands, Springer-Verlag London Limited, London, New York.
13. **Demirtaş C. & Danışmaz M. (2016).** Gazifikasyon Yöntemiyle Sentez Gazı Üretimi ve Gaz Yakma Sistemlerinde Kullanımı, *International Journal of Nuclear and Radiation Science and Technology*, 1(2), 14-19.
14. **Dinçer M.Z. & Aslan Ö. (2008).** Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 3(2), 152-160.
15. **Duman G. & Yanık J. (2017).** Two-step steam pyrolysis of biomass for hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(27), 17000-17008.
16. **Ersöz A., Olgun H., Özdoğan S., Güngör C., Akgün F. & Tırıs M. (2003).** Autothermal Reforming as a Hydrocarbon Fuel Processing Option for PEM Fuel Cell, *Journal of Power Sources*, 384-392.
17. **Fu M., Ma T., Wang L., Dai S., Chang Z., Xu H., Li J. & Li X. (2019).** Hydrogen production via a novel two-step solar thermochemical cycle based on non-volatile GeO<sub>2</sub>, *Solar Energy*, 179, 30-36.

18. **Gnanapragasam N.V., Reddy B.V. & Rosen M.A. (2010).** Feasibility of an energy conversion system in Canada involving large-scale integrated hydrogen production using solid fuels, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(10), 4788-4807.
19. **Gnanapragasam N.V., Reddy B.V. & Rosen M.A. (2010).** Hydrogen production from coal gasification for effective downstream CO<sub>2</sub> capture, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(10), 4933-4943.
20. **Gong Y., Lu J., Jiang W., Liu S., Wang W. & Li A (2018).** Gasification of landfill leachate in supercritical water: Effects on hydrogen yield and tar formation, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(51), 22827-22837.
21. **Hilooğlu M. & Sözen E. (2018).** Riskleri ve Ekonomik Kullanımları Açısından Türkiye'ye Geçiş Yapan İstilaç Sulak Alan Bitkisi Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms, *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(2), 128-137.
22. **Joshi A.S., Dincer I. & Reddy B.V. (2010).** Exergetic assessment of solar hydrogen production methods, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 4901-4908.
23. **Kıncay O., Ağustos H. & Akbulut U (2008).** Doğalgazdan Hidrojen Üretiminde Isıl Yöntemler, *J. Eng. Nat. Sci.*, 26(1), 1-17.
24. **Kudo A. & Miseki Y. (2009).** Heterogeneous photocatalyst materials for water splitting, *Chemical Society Reviews*, 38, 253-278.
25. **Kurtuluş G., Tabakoğlu F.Ö. & Türe İ.E. (2004).** Türkiye'de Hidrojen Enerjisi Çalışmaları ve UNIDO-ICHET", *Dünya Enerj. Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerj. Kongresi*, 459-466.
26. **Lee D.H. (2015).** 12 - Hydrogen production via the Kvaerner process and plasma reforming, *Compendium of Hydrogen Energy*, 349-391.
27. **Lee G.J., Chen H.C. & Wu J.J. (2019).** (In, Cu) Co-doped ZnS nanoparticles for photoelectrochemical hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(1), 110-117.
28. **Lunprom S., Phanduang O., Salakkam A., Liao Q. & Reungsang A. (2019).** A sequential process of anaerobic solid-state fermentation followed by dark fermentation for bio-hydrogen production from *Chlorella sp.*, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(6), 3306-3316.
29. **Manickam K., Mistry P., Walker G., Grant D., Buckley C., Humphries T.D., Paskevicius M., Albert R., Peinecke K. & Felderhoff M. (2019).** Future perspectives of thermal energy storage with metal hydrides, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(15), 7738-7745.
30. **Menad C.A., Gomri R. & Bouchahdane M. (2018).** Data on safe hydrogen production from the solarphotovoltaic solar panel through alkalineelectrolyser under Algerian climate, *Data in Brief*, 21, 1051-1060.
31. **Ni M., Leung D.Y.C., Leung M.K.H. & Sumathy K. (2006).** An Overview of Hydrogen Production from Biomass, *Fuel Processing Technology*, 87, 461-472.
32. **Önal E. & Yarbay R.Z. (2010).** Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, 18, 77-96.
33. **Öztürk M., Elbir A., Özek N. & Yakut A.K. (2011).** Güneş Hidrojen Üretim Metotlarının İncelenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, s. 231-237.
34. **Panigrahi P., Naqvic S.R., Hankel M., Ahuja R. & Hussain T. (2018).** Enriching the hydrogen storage capacity of carbon nanotube doped with polythiated molecules, *Applied Surface Science*, 444, 467-473.
35. **Poudyal RS, Tiwari I, Koirala AR, Masukawa H, Inoue K, Tomo T, Najafpour MM, Allakhverdiev SI, Veziroğlu TN (2015).** 10 - Hydrogen production using photobiological methods, *Compendium of Hydrogen Energy*, 289-317.
36. **Roseno C., Schmal M., Brackmann R., Alves R.M.B. & Giudici R. (2019).** Partial oxidation of methane on neodymium and lanthanum chromate based perovskites for hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(16), 8166-8177.
37. **Sadati S.M.T., Vousoughi P. & Eyvazi M. (2015).** Hydrogen Production : Overview of Technology Options and Membrane in Auto-Thermal Reforming Including Partial Oxidation and Steam Reforming, *International Journal of Membrane Science and Technology*, 2(1), 56-67.
38. **Salama M.A., Ahmeda K., Aktera N., Hossaina T., Abdullah B. (2018).** A review of hydrogen production via biomass gasification and its prospect in Bangladesh, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(32), 14944-14973.
39. **Seçer A., Küçet N., Faki E. & Hasanoğlu A. (2018).** Comparison of co-gasification efficiencies of coal, lignocellulosic biomass and biomass hydrolysate for high yield hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(46), 21269-21278.

40. **Sengmee D., Cheirsilp B., Suksaroge T.T. & Prasertsan P. (2017).** Biophotolysis-based hydrogen and lipid production by oleaginous microalgae using crude glycerol as exogenous carbon source, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(4), 1970-1976.
41. **Shi L., Qi S., Qu J., Che T., Yi C. & Yang B. (2019).** Integration of hydrogenation and dehydrogenation based on dibenzyltoluene as liquid organic hydrogen energy carrier, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(11), 5345-5354.
42. **Spath P.L. & Mann M.K. (2001).** Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming, NREL, Golden, Colorado.
43. **Şentürk G.İ. & Büyükgüngör H. (2010).** Biyohidrojen üretim yöntemleri ve kullanılan farklı atık materyallerin incelenmesi, *J. Eng. Nat. Sci.*, 28(362),369–395.
44. **Tarkowski R. (2019).** Underground hydrogen storage: Characteristics and prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 86-94.
45. **Touili S., Merrouni A.B., Azouzoute A., Hassouani Y.E. & Amrani A. (2018).** A technical and economical assessment of hydrogen production potential from solar energy in Morocco, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(51), 22777-22796.
46. **URL-1, (2019).** [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review04/hpd\\_p7\\_evans.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review04/hpd_p7_evans.pdf)
47. **URL-2, (2019).** <https://www.bilgiustam.com/hidrojen-nasil-elde-edilir>.
48. **Wendler K., Thar J., Zhan S. & Kirchner B. (2010).** Estimating the hydrogen bond energy, *J.Phys.Chem.A.*, 114(35), 9529-9536.
49. **Yasin M., Jeong Y., Park S., Jeong J., Lee E.Y., Lovitt R.W., Kim B.H., Lee J. & Chang I.S. (2015).** Microbial synthesis gas utilization and ways to resolve kinetic and mass-transfer limitations, *Bioresour. Technol.*, 177, 361–374.
50. **Yu H., Cocks A.C.F. & Tarleton E. (2019).** The influence of hydrogen on Lomer junctions, *Scripta Materialia*, 166, 173-177.
51. **Zhang Z., Zhou X., Hu J., Zhang T., Zhu S. & Zhang Q. (2017).** Photo-bioreactor structure and light-heat-mass transfer properties in photo-fermentative bio-hydrogen production system: A mini review, *International Journal of Hydrogen Energy*, 17(27), 12143-12152.
52. **Zhao L., Li F., Li Z., Zhang L., He G., Zhao Q., Yuan J., Di J. & Zhou C. (2019).** Thermodynamic analysis of the emptying process of compressed hydrogen tanks, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(7), 3993-4005.

## CHANGES OF PHENOLIC COMPOUNDS IN TOMATO ASSOCIATED WITH THE HEAVY METAL STRESS

Dursun Kısa<sup>1\*</sup>, Ömer Kayır<sup>2</sup>, Necdettin Sağlam<sup>3</sup>, Sezer Şahin<sup>4</sup>, Lokman Öztürk<sup>5</sup>, Mahfuz Elmastaş<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science, Bartın University, Bartın.

<sup>2</sup>Scientific, Technical, Research and Application Center, Hitit University, Çorum.

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Gaziosmanpaşa University, Tokat.

<sup>4</sup>Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Gaziosmanpaşa University, Tokat.

<sup>5</sup>Department of Biology, Faculty of Science and Arts, Gaziosmanpaşa University, Tokat

<sup>6</sup>Department of Basic Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, University of Health Sciences, İstanbul, Turkey.

### Abstract

Heavy metals have restricted the plant regular life cycles affecting the plant primer and seconder metabolites by biochemical and physiological pathways. Phenolic compounds considered as products of metabolic alterations have been synthesized in various numbers and typical characteristic of plants. In this study, we aimed to investigate the variations of phenolic compounds with HPLC in leaves of tomato exposed to heavy metals. The applications of Cu, Cd and Pb significantly reduced the total phenolic content, levels of caffeic, chlorogenic and vanillic acids in all treated groups except for 50 and 20 ppm of Pb for total phenolics and vanillic acid, respectively. The level of benzoic acid is generally decreased by the application of heavy metals except for Cu at 50 ppm doses. Rutin is the most abundant phenolic compound in term of quantity among to analyzed phenolics and its content decreased depending on the heavy metal doses except for 10 ppm doses of Cd. The responses of tomato under heavy metals stress resulted in lower amount of phenolic compounds. In the present study, it was showed that total phenolic content has positive correlations with caffeic acid in all treatment of heavy metals.

**Keywords:** Heavy metal, phenolic compound, tomato

### 1. Introduction

There are a broad stress factors affected the plant life cycles and plants exposed to these environmental conditions. Plant growth, development and yield have flourished when stress situations are close to optimum. The main factors that are limited plant development are abiotic stresses including salinity, drought and metal ions. These abiotic factors have changed the plant phenolic compounds (Król et al., 2014). Heavy metals accumulate in agricultural areas with various ways such as fertilizations, irrigation water, herbicides, and pesticides. The excess of heavy metals affects the major mechanisms such as nutrient distribution, photosynthesis, water usage, defense system, and seconder metabolites. Cadmium and lead are unnecessary and non-useful elements, but copper is crucial micro nutrients for plant life cycles (Rascio & Navari-Izzo, 2011). Plant growth medium comprises various elements and compounds, and the high levels of these metals change the phenolic acids of plants. The plant responses have varied depending on the kind of elements and the presence of heavy metal mixtures (Elguera et al., 2013). Heavy metals change the responses of plant by molecular, biochemical and physiological pathways. The adaptability of plants to unfavorable conditions changes depending on the respond of plant defense systems. The primary responses of plants under the stress conditions are the formation of reactive oxygen species, and heavy metals trigger the oxidative stress, and plant defense systems have accompanied to overcome the free radicals. The basic antioxidant system employed by plants is enzymatic defense mechanisms such as ascorbate peroxidase, catalase, glutathione reductase, glutathione S-transferase, guaiacol peroxidase, and superoxide dismutase. Also, plants have synthesized various seconder metabolites including phenolic acids, flavonoids, coumarins and lignins (Gratão et al., 2005; Sannchez-Rodriguez et al., 2011).

Seconder metabolites have various functions and involved in response of higher plants to different environmental factors such as pathogen attack, extreme temperature, nutrient imbalance, drought, salinity, heavy metal. A typical characteristic of plants is to synthesize a wide variety of the seconder metabolites composed of

#### \*Corresponding Author:

Dursun Kısa; Bartın University, Faculty of Science, Department Molecular Biology and Genetics, 74100, Bartın, Turkey. Tel: +90 (378) 501 10 00  
E-mail: dkisa@bartin.edu.tr

Geliş (Received) : 18.04.2019

Kabul (Accepted) : 23.07.2019

Basım (Published) : 31.07.2019

various numbers of compounds such as phenylpropanoids, flavonoids, tannins and lignins. Phenolic compounds are considered as products of metabolic alterations and one of the main groups of secondary metabolites (Mustafa & Verpoorte, 2007; Król *et al.*, 2014). Environmental factors can define the synthesis, profile, chemical composition and level of phenolic compounds through increasing or decreasing in plants. Also, phenolic contents of plant depended on plant age, genotype, tissues, season, and exposure time to stress (Sartor *et al.*, 2013; Waśkiewicz *et al.*, 2013). These phenolic performs a great number of biological functions such as being a structural component of cell walls and regulation of auxin transport. Phenolic compounds have one or more aromatic ring directly bonded hydroxyl group. Plant phenolics have been formed from phenylpropanoids or acetate/malonate pathways. Plants have the ability to synthesize various phenolic compounds that are unnecessary in the initial processes of life cycle but they have vital importance because of their interaction with the environmental situations. Abiotic stresses such as heavy metals and excessive nutrients affect accumulation of phenolic metabolites in plant tissues. The content of phenolic compounds is involved to various enzymes such as chalcone synthase, phenylalanine ammonia-lyase and phosphoenolpyruvate (PEP)-carboxylase which are responsible for the synthesis of phenolics (Bhattacharya *et al.*, 2010; Cheynier, 2012; Bautista *et al.*, 2016).

Phenolic compounds have different chemical structures characterized by hydroxylated aromatic rings. Benzoic acid (BA) is aromatic carboxylic acid that serves as a precursor for a range of essential phenolic compounds and natural product having a crucial role in plants. It provides carbon skeletons for a great number of specialized metabolites and biosynthesis begins from the shikimate pathway (Widhalm & Dudareva, 2015). Caffeic acid (CA) is cinnamic acid derivatives ubiquitously distributed in several plant varieties. This phenolic compound is substrate of polyphenol oxidases and may undergo oxidation in plants under the environmental conditions. CA has been accumulated in plant cell wall constitutes of the stress conditions in plants (Gülçin, 2006; Batish *et al.*, 2008). Chlorogenic acid (CGA) is phenolic generated by esterification of cinnamic acid such as caffeic and ferulic acid, and produced through the phenylpropanoid pathways. CGA are present in all nearly all plants and have been related with responses against to environmental stressors (Farah *et al.*, 2008; Ncube *et al.*, 2014). Vanillic acid (VA) is the oxidized form of vanillin and one of the phenolic acids identified in many plants. It may be used as a natural antioxidant, and decrease peroxidation of lipids and significantly restored enzymatic antioxidants (Gitzinger *et al.*, 2012; Calixto-Campos *et al.*, 2015). Rutin is one of the bioactive flavonoids with physiological properties in plants. Rutin content in various herbs has been differed depending on environmental factors and growth stages of plants (Zhao *et al.*, 2015).

Phenolic profiles of cereals have been intensively investigated in cereal grains, medicinal and aromatic plants due to their antioxidant activity and potential benefits, in recent years. Also, antioxidant enzymes of several plants subjected to biotic and abiotic stresses have been studied by plant physiologist (Gill & Tuteja, 2010; Farooq *et al.*, 2013; Grace *et al.*, 2014; Bajoub *et al.*, 2015). Moreover, total and individual phenolics of plants which they have not exposed any special stresses have been working by chemists (Bajpai *et al.*, 2005; Djeridane *et al.*, 2006; Manguro & Lemmen, 2007; Dudonne *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2011). In recent years, although the relationships between the abiotic stress and phenolic compounds have been newly investigated, there are no enough studies carried out individual phenolic compounds in plants exposed to environmental stress (Kováčik *et al.*, 2009c; Kisa *et al.*, 2016). In the present study, it is evaluated the effect of cadmium, copper and lead applied in different doses on total and individual phenolic compounds of tomato. Also, we want to indicate the interaction between total phenolic levels and individual phenolics in terms of studied parameters.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Plant growth conditions

Tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings were cultivated in pots having a 12 kg equal mixture of garden soil and peat in the greenhouse conditions with a randomized plot design. The experiment was carried with three replications with 16:8 photoperiods, at 25±2°C, and B, Ca, Fe, Mg and Zn were treated in 20 in ppm for plant development. When plants reached the sufficient size about three weeks later, they were exposed to 10, 20 and 50 ppm of Cd, Cu and Pb from CdCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> and Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> as heavy metal sources, respectively. The treatments were performed triplicate with an interval of two days, one time a day in the mornings. The tomato leaves were harvested two weeks after the heavy metal exposures, and samples were kept at -80°C for chemical analysis.

### 2.2. Plant phenolic compounds extraction

The tomato leaves (2g) were freshly crushed in liquid nitrogen with mortar and pestle, phenolic compounds were extracted from fine powder with chloroform-methanol (1:4), and sonicated with ultrasonic bath for 20 min at



room temperature. The suspension was centrifuged at 5000xg for 10 min, the supernatant was used for analysis of total and individual phenolic compounds.

### 2.3. Total phenolic content determination

The total phenolic contents of tomato leaves were determined by using phenol reagent method described previously (Singleton *et al.*, 1965). The extract (100  $\mu$ L) was diluted with distilled water (4.5 mL) and one milliliter of Folin-Ciocalteu was added to the mixture. After the incubation for 3 min at room temperature, the mixture was added to 300  $\mu$ L of 2 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , and it was kept at 25°C for two hours. The absorbance was read at 760 nm with UV-Vis spectrophotometer (Varian, Carry-50). The results were given as milligrams of gallic acid equivalents using a standart curve prepared from GA.

### 2.4. HPLC analysis of major phenolic compounds

The identification of major individual phenolic compounds in leaves extracts was achieved by using high performance liquid chromatography equipment (HPLC). The extracted methanol-chloroform samples were filtered through a syringe filter (0.22  $\mu$ m) and the filtrate was injected into HPLC system for analysis. Identification of phenolic compounds in samples was characterized by matching peak retention and UV spectra of chromatogram with those of known standard phenolic compounds. HPLC (Shimadzu) equipped with LC 20AT pump and DAD-M20A detector. Phenolic compounds separation was done by a reversed phase C18-EPS column (150 x 4.6 mm). The mobile phase comprised of solvent A (deionized water) and B (acetonitrile: water, 5:90) and the following gradient program was briefly performed: at 0-8 min, the A:B proportion was 10:90; at 8-29 min, 15:8; at 29-40 min, 30:70; at 40-50 min, 55:45; at 60 min, 0:0 washing and equilibration of column. The mobile phase was delivered at a rate of 1 mL  $\text{min}^{-1}$ , column oven temperature was set a 40°C, and the absorbance read at 280 nm. Identification of phenolic compounds in samples was characterized by matching peak retention and UV spectra of chromatogram with those of known standard phenolic compounds. The original phenolics were purchased from Merck and Sigma-Aldrich, and the results were given as mg  $\text{kg}^{-1}$  in fresh weight.

### 2.5. Statistical analysis

The work results were performed by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple tests using the SPPSS (SPSS 20.0 software). Significant differences in relation to the control groups were accepted if  $p < 0.05$  and data were expressed mean  $\pm$  SD.

## 3. Results

### 3.1. Total phenolic contents of tomato leaves

The treatment of heavy metals to the plant growth medium affected the total phenolic contents in leaves of tomato under the different concentration of Cd, Cu and Pb. The addition of Cd and Cu in plant cultivated soils significantly decreased the phenolic contents in all treated groups. The exposures of Pb reduced the phenolic contents in 10 and 20 ppm doses, but there are no significant changes at the high doses (50 ppm) compared to control plants. The decreases of total phenolic contents have showed similar reduction in leaves of tomato exposed to Cd and Cu and all results are shown in Fig. 1.

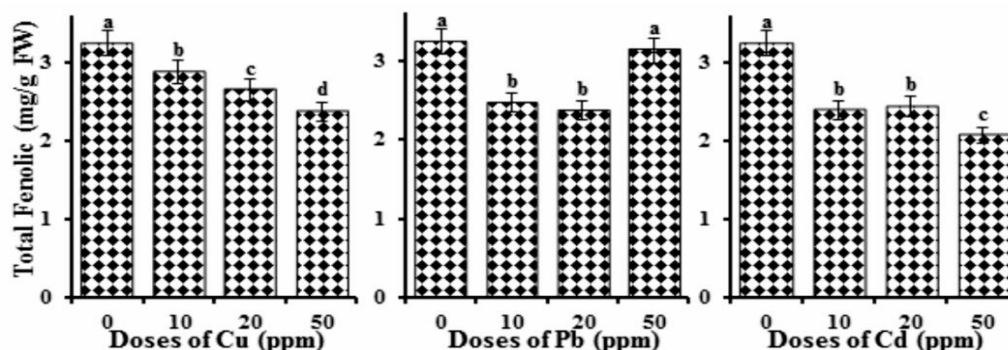


Fig 1. The effect of heavy metals on total phenolic compounds of tomato leaves. Different letter on bar were considered as a significantly different at  $p \leq 0.05$ . Data expressed as milligrams of gallic acids equivalents per gram fresh weight.

### 3.2. The effect of heavy metals on the content of major individual phenolic compounds

The effect of heavy metal on the content of benzoic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, rutin and vanillic acid was investigated in tomato leaves under the heavy metals. The responses of the major phenolic contents of the leaves are usually decreased by the treatment of Cu, Cd and Pb. The contents of caffeic acid and chlorogenic acid significantly reduced in all application of heavy metals, but a wide difference has been occurred the applied doses of heavy metals with regard to their contents. The level of vanillic acid is significantly reduced by the all applications of Cu and Cd. However, the treatment of Pb significantly decreased level of vanillic acid at 10 and 50 ppm doses, but it remained unchanged at 20 ppm compared to controls. The content of rutin has been changed the applied doses and heavy metal types. The application of Cu (10, 20 ppm), Pb (20 ppm) and Cd (20, 50 ppm) significantly decreased the content of rutin and other doses of heavy metals slightly reduced the rutin level except 10 ppm doses of Cd. The low doses of Cd (10 ppm) slightly increased the content of rutin. Also, rutin is the most abundant phenolic compound in terms of quantity among to investigated phenolics in tomato leaves. The quantity of benzoic acid in leaves of tomato growth in heavy metal containing soil is usually decreased by the application of heavy metal except for Cu at 50 ppm doses. The variations of individual phenolic compounds of tomato discussed above are shown in Fig. 2 and 3.

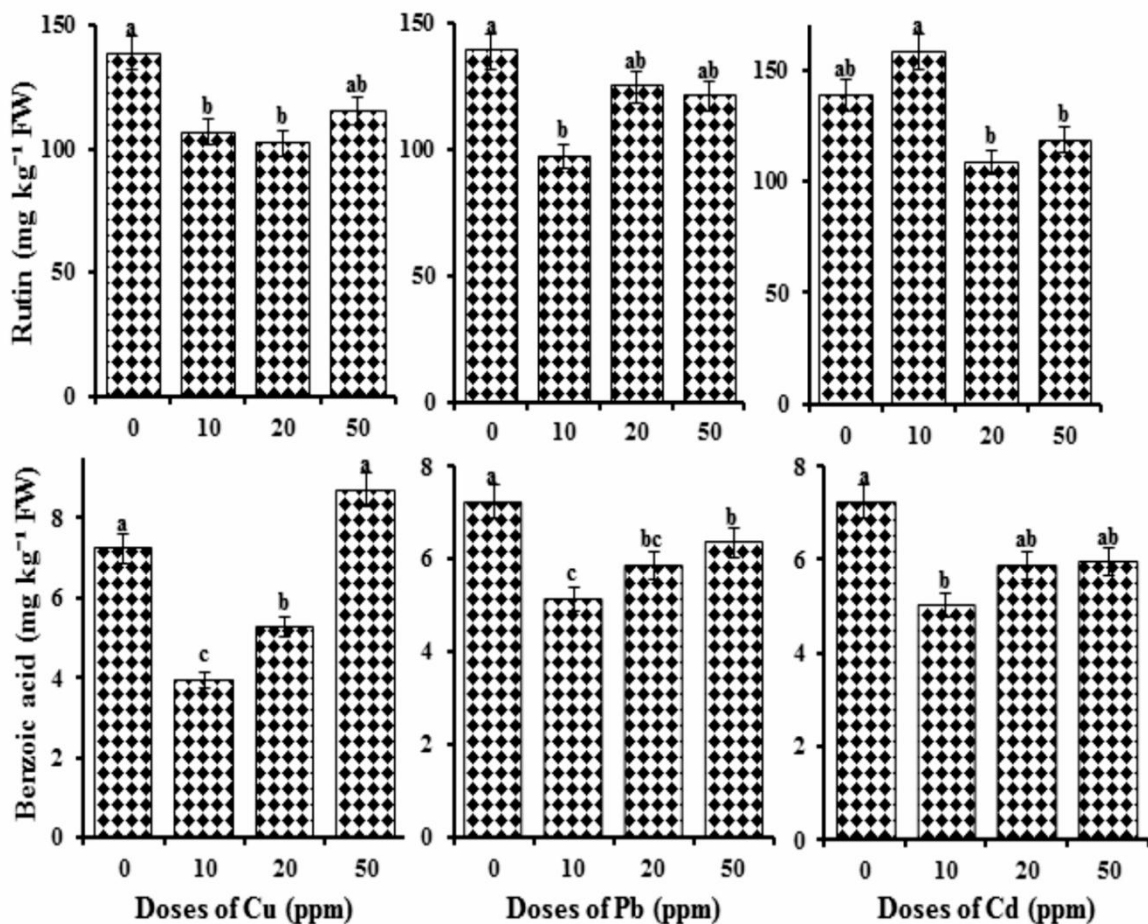


Fig 2. The level of caffeic acid, vanillic acid and chlorogenic acid of tomato leaves exposed 0, 10, 20, 50 ppm applications of Cu, Pb and Cd. Different letter on bar were considered as a significantly different at  $p \leq 0.05$ . Data expressed as  $\text{mg kg}^{-1}$  FW.

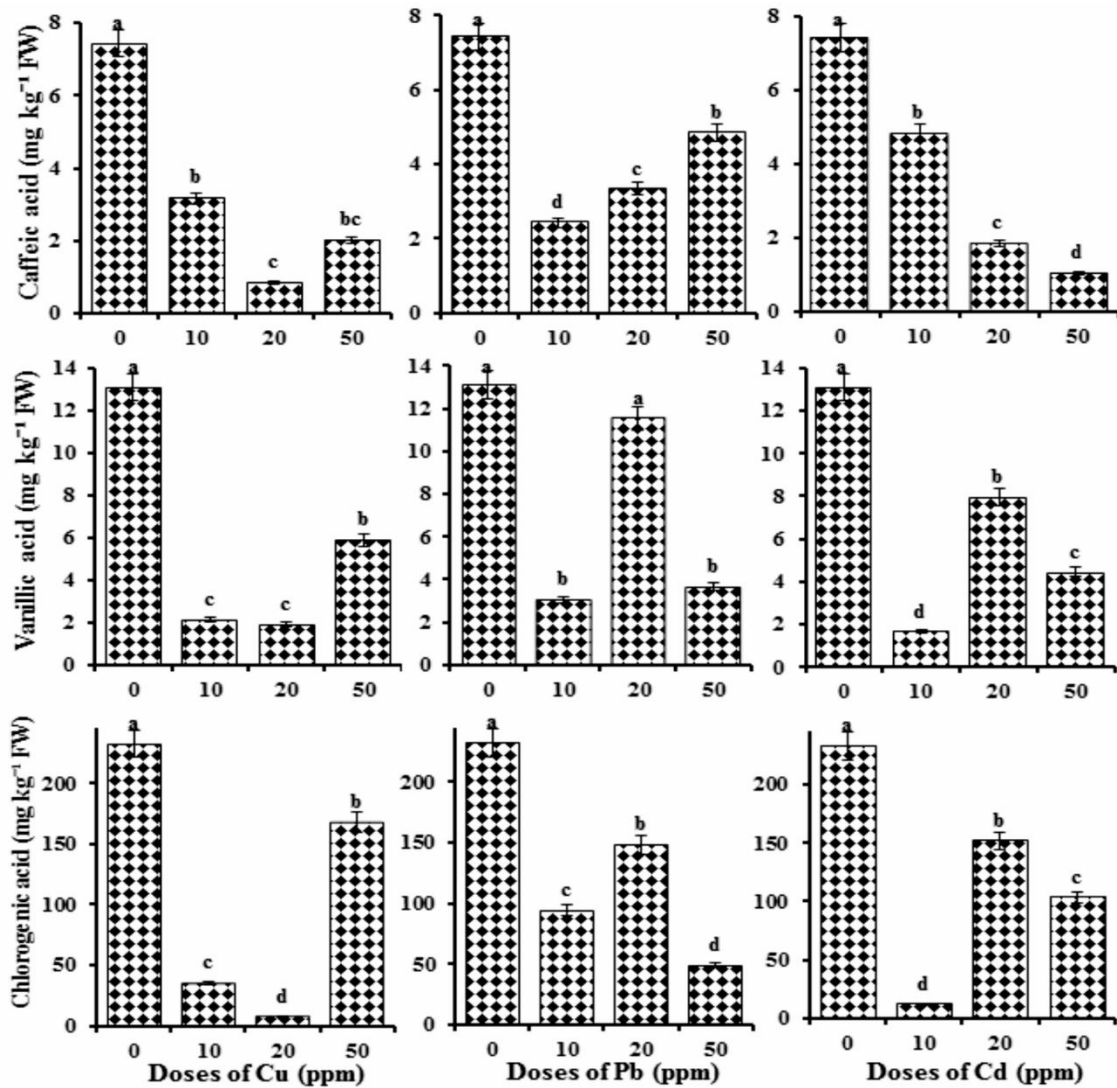


Fig 3.

Fig. 3. The level of benzoic acid and rutin of the leaves of tomato exposed 0, 10, 20, 50 ppm applications of Cu, Pb and Cd. Different letter on bar were considered as a significantly different at  $p \leq 0.05$ . Data expressed as  $\text{mg kg}^{-1}$  FW.

### 3.3. The correlation analysis for phenolic compounds of tomato

The relations between the phenolic compounds of tomato planted in Cd, Cu and Pb-containing medium was analyzed with Pearson's correlation. It is indicated that total phenolics have positive correlations with caffeic acid, vanillic acid and rutin under the Cu treatment; caffeic acid, rutin and benzoic acid under the Pb application, and caffeic acid, chlorogenic acid, vanillic acid, and benzoic acid under the Cd exposures. Also, there are some positive correlation among the individual phenolic compounds under the different concentration of heavy metals and their doses, and the correlations of all results are given in Table 1.

	T. Phenolics	Caffeic acid	Vanillic acid	Rutin	Chlorogenic acid	Benzoic acid
<b>T. Phenolics</b>	1					
<b>Caffeic acid</b>	0,851**	1				
<b>Vanillic acid</b>	0,587*	0,899**	1			
<b>Rutin</b>	0,643*	0,926**	0,990**	1		
<b>Chlorogenic acid</b>	0,314	0,752**	0,937**	0,923**	1	
<b>Benzoic acid</b>	-0,279	0,200	0,595*	0,538	0,785**	1
	<b>T. Phenolics</b>	<b>Caffeic acid</b>	<b>Vanillic acid</b>	<b>Rutin</b>	<b>Chlorogenic acid</b>	<b>Benzoic acid</b>
<b>T. Phenolics</b>	1					
<b>Caffeic acid</b>	0,886**	1				
<b>Vanillic acid</b>	0,140	0,571	1			
<b>Rutin</b>	0,609*	0,854**	0,820**	1		
<b>Chlorogenic acid</b>	0,220	0,628*	0,903**	0,673*	1	
<b>Benzoic acid</b>	0,848**	0,970**	0,619*	0,912**	0,598*	1
	<b>T. Phenolics</b>	<b>Caffeic acid</b>	<b>Vanillic acid</b>	<b>Rutin</b>	<b>Chlorogenic acid</b>	<b>Benzoic acid</b>
<b>T. Phenolics</b>	1					
<b>Caffeic acid</b>	0,876**	1				
<b>Vanillic acid</b>	0,849**	0,503	1			
<b>Rutin</b>	0,269	0,698*	-0,264	1		
<b>Chlorogenic acid</b>	0,738**	0,346	0,982**	-0,416	1	
<b>Benzoic acid</b>	0,779**	0,477	0,849**	-0,217	0,947**	1

Table 1. The correlations among the phenolic compounds of tomato leaves exposed to 0, 10, 20, 50 ppm applications of Cu, Pb and Cd. Correlation coefficient is significant at the 0.01 (\*\*\*) and 0.05 (\*) level (2-tailed).

#### 4. Discussion

Plants have ability to synthesize very different phenolic compounds and the responses of the plants to various environmental conditions are very complex. The content of phenolics show adherence to plant species, variety, tissue, soil characteristic, climate, duration of stress, and biotic and abiotic factors. Plant phenolic compounds are regarded as secondary metabolites known to have several functions and plant responses have varied depending on the kind of element and potential presences of heavy metals in the plant growth medium (Weidner et al., 2009). Environmental stress including drought, salinity and heavy metals have been considered to main causes of secondary stress such as oxidative and osmotic stress and the generated stress have negatively affected normal growth, development and metabolism of plants. Abiotic stress can cause a decline or an increase in phenolic compounds in plants (Król et al., 2014).

In the current study, addition of Cu, Cd, and Pb to the plant cultivated medium has generally decreased the total phenolic compounds compared to control leaves of tomato plants. It was previously reported that total phenolics in leaves of *Erica andevalensis* generally didn't show a significant change by the treatment of CdSO<sub>4</sub> (Márquez-García et al., 2012). Total phenolic content of sprouts were significantly decreased at 10 and 50 mM NaCl applications compared to controls in radish (Yuan et al., 2010). Different studies have carried in order to evaluate total phenolic content showed that cold stress significantly decreased the total phenolic in the leaves of grape (Amarowicz et al. 2010; Król et al. 2015). It was previously observed that total phenolic tended to decrease with increasing concentration of Cd in leaves of *Lepidium sativum* (Elguera et al., 2013). Phenolic

content of Greek olive cultivars (*Olea europaea* L.) depended on cultivated months and cultivars, and total phenolic of gaidourelia, kalamon and megaritiki didn't show significant changes by the treatment of water deficit stress during May, but there was a slightly increase in June at the leaves of gaidourelia, kalamon, koroneiki and megaritiki (Petridis et al., 2012)). However, many authors demonstrated that content of total phenolic increased in various plants under the abiotic stress (Kováčik et al., 2009c; Lim et al., 2012; Sytar et al., 2014; Manquian-Cerda et al., 2016). These results indicate that the total phenolic compounds of tomato decreased compared to control and these decreases have changed to treatment doses. The decrease in the total phenolic content can be related to the decreases of individual phenolic compounds in the leaves of tomato exposed to heavy metals.

Secondary metabolites of plants changes depending on the cultivated soils and environmental conditions, responses of plant to stress factors are different and the synthesis of phenolics is a carefully controlled process in plants (Sanchez-Rodriguez et al., 2011). In the present study, we analyzed the major phenolic compounds of tomato leaves, and it can be observed that individual phenolic compounds were globally higher in leaves of control groups than in tomato leaves planted under heavy metals. The content of caffeic acid and chlorogenic acid significantly decreased in the leaves of tomato under the each heavy metal treatments compared to control plants. The treatment of Cd and Cu in the plant growth medium resulted in lower amount of the vanillic acid, while the level of rutin changed depending on types and doses of heavy metals in tomato leaves. Also, benzoic acid has been usually reduced by the addition of heavy metals on the tomato growth medium except for 50 ppm of Cu. Similar results have been obtained with different researcher as followed studies. The content of caffeic acid was lower under the cold stress than in the control groups of *Vitis vinifera* (Król et al., 2015). It was declared that the contents of benzoic acid, caffeic acid, and chlorogenic acid decreased while the accumulation of vanillic acid increased, and the amount of total phenolic remained unchanged in leaves of *Matricaria chamomilla* under the salt stress (Kovacic et al., 2009b). Application of CdCl<sub>2</sub> decreased the free phenolics in leaves of *Lepidium sativus* such as benzoic acid, caffeic acid and chlorogenic acid (Elguera et al., 2013). It was previously reported that biotic (nematode) and abiotic (water stress) decreased the content of rutin, while they increased the level of chlorogenic acid in the tomato (Atkinson et al., 2011). The content of vanillic acid didn't show significant changes by the treatment of copper salts, but the level of chlorogenic acid showed slightly increase in chamomile leaves (Kovacic et al., 2008). Also, application of NiCl<sub>2</sub> raised the content of caffeic acid and chlorogenic acid and changed the content of vanillic acid depending on treated doses in chamomile leaves (Kováčik et al., 2009a). Also, It was revealed that the level of chlorogenic acid and rutin have been raised, but contents of caffeic acid and ferulic acid reduced in leaves of corn growth medium containing heavy metals (Kisa et al., 2016).

In the present study, it was demonstrated that treatment of heavy metals globally decreased total phenolic content and major individual phenolics of the tomato leaves with some exceptions. The contents of phenolic compounds are vigorously dependent on cultivating conditions and the appearance of stressors in fields. Secondary metabolism in plants has been widely intensified in response to cold, temperature and osmotic stress (Akula & Ravishankar, 2016). The decreases in the phenolics should be results of the decline in the activity of crucial enzymes involved in the biosynthesis of phenolic compounds under the heavy metal stress. Polyphenols are generated in various plants through the phenylpropanoid pathways and the involved reactions have comprised several enzymes such as chalcone synthase, cinnamate 4-hydroxylase, phenylalanine ammonia-lyase, p-coumarate 3-hydroxylase, and etc. (André et al., 2009). In this study, it is indicated some phenolic compounds of tomato exposed to heavy metals, but supplementary investigations can be carried to obtain new perspectives which further phenolic compounds and related studies such as expressions and activities of involved enzymes.

## References

1. Akula R. & Ravishankar G. A. (2016). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal Behav*, 6:1720–1731.
2. Amarowicz R., Weidner S., Wójtowicz I., Karamać M., Kosińska A. & Rybarczyk A. (2010). Influence of low-temperature stress on changes in the composition of grapevine leaf phenolic compounds and their antioxidant properties. *Funct Plant Sci Biot* 4:90–96.
3. André C. M., Schaffleitner R., Legay S., Lefèvre I., Aliaga C. A., Nomberto G., Hoffmann L., Hausman J. F., Larondelle Y. & Evers D. (2009). Gene expression changes related to the production of phenolic compounds in potato tubers grown under drought stress. *Phytochemistry*, 70:1107–1116.
4. Atkinson N. J., Dew T. P., Orfila C., Urwin P. E. (2011). Influence of Combined Biotic and Abiotic Stress on Nutritional Quality Parameters in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *J Agric Food Chem*, 59:9673–9682
5. Bajoub A., Hurtado-Fernández E., Ajal E. A., Ouazzani N., Fernández-Gutiérrez A. & Carrasco-

- Pancorbo A. (2015).** Comprehensive 3-year study of the phenolic profile of Moroccan monovarietal virgin olive oils from the meknes region. *J Agric Food Chem*, 63:4376–4385.
6. **Bajpai M., Pande A., Tewari S. K. & Prakash D. (2005).** Phenolic contents and antioxidant activity of some food and medicinal plants. *Int J Food Sci Nutr*, 56:287–291.
7. **Batish D. R., Singh H. P., Kaur S., Kohli R. K. & Yadav S. S. (2008).** Caffeic acid affects early growth, and morphogenetic response of hypocotyl cuttings of mung bean (*Phaseolus aureus*). *J Plant Physiol*, 165:297–305.
8. **Bautista I., Boscaiu M., Lidón A., Llinares J. V., Lull C., Donat M. P., Mayoral O. & Vicente O. (2016).** Environmentally induced changes in antioxidant phenolic compounds levels in wild plants. *Acta Physiol Plant*, 38:1–15.
9. **Bhattacharya A., Sood P. & Citovsky V. (2010).** The roles of plant phenolics in defence and communication during Agrobacterium and Rhizobium infection. *Mol Plant Pathol*, 11:705–719.
10. **Calixto-Campos C., Carvalho T. T., Hohmann M. S. N., Pinho-Ribeiro F. A., Fattori V., Manchope M. F., Zarpelon A. C., Baracat M. M., Georgetti S. R., Casagrande R. & Verri W. A. (2015).** Vanillic Acid Inhibits Inflammatory Pain by Inhibiting Neutrophil Recruitment, Oxidative Stress, Cytokine Production, and NFκB Activation in Mice. *J Nat Prod*, 78:1799–1808.
11. **Cheyrier V. (2012).** Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochem Rev*, 11:153–177.
12. **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. & Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem*, 97:654–660.
13. **Dudonne S., Vitrac X., Coutiere P., Woillez M. & Merillon J. M. (2009).** Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *J Agric Food Chem*, 57:1768–1774.
14. **Elguera J. C. T., Barrientos E. Y., Wrobel K. & Wrobel K. (2013).** Effect of cadmium (Cd(II)), selenium (Se(IV)) and their mixtures on phenolic compounds and antioxidant capacity in *Lepidium sativum*. *Acta Physiol Plant*, 35:431–441.
15. **Farah A., Monteiro M. & Donangelo C.M.S (2008).** 5-O-caffeoylquinic acid (5-CQA) from Green Coffee Extract are Highly Bioavailable in Humans. *J Nutr*, 138:2309–2315.
16. **Farooq M. A., Ali S., Hameed A., Ishaque W., Mahmood K. & Iqbal Z. (2013).** Alleviation of cadmium toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes; suppressed cadmium uptake and oxidative stress in cotton. *Ecotoxicol Environ Saf*, 96:242–249.
17. **Gill S. S. & Tuteja N. (2010).** Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochem*, 48:909–930.
18. **Gitzinger M., Kemmer C., Fluri D.A., Daoud El-Baba M., Weber W. & Fussenegger M. (2012).** The food additive vanillic acid controls transgene expression in mammalian cells and mice. *Nucleic Acids Res*, 40:2–15.
19. **Grace M. H., Esposito D., Dunlap K. L. & Lila M. A. (2014).** Comparative analysis of phenolic content and profile, antioxidant capacity, and anti-inflammatory bioactivity in wild alaskan and commercial vaccinium berries. *J Agric Food Chem*, 62:4007–4017.
20. **Gratão P. L., Polle A., Lea P. J. & Azevedo R. A. (2005).** Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Funct Plant Biol*, 32:481–494.
21. **Gülçin I. (2006).** Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217:213–220.
22. **Kisa D., Elmastaş M., Öztürk L. & Kayır Ö. (2016).** Responses of the phenolic compounds of *Zea mays* under heavy metal stress. *Appl Biol Chem*, 59:813–820.
23. **Kováčik J., Grúz J., Bačkor M., Tomko J., Strnad M. & Repčák M. (2008).** Phenolic compounds composition and physiological attributes of *Matricaria chamomilla* grown in copper excess. *Environ Exp Bot*, 62:145–152.
24. **Kováčik J., Klejdus B. & Bačkor M. (2009a).** Phenolic metabolism of *Matricaria chamomilla* plants exposed to nickel. *J Plant Physiol* 166:1460–1464.
25. **Kováčik J., Klejdus B., Hedbavny J. & Bačkor M. (2009b).** Salicylic acid alleviates NaCl-induced changes in the metabolism of *Matricaria chamomilla* plants. *Ecotoxicology*, 18:544–554.
26. **Kováčik J., Klejdus B., Hedbavny J., Štokr F. & Bačkor M. (2009c).** Comparison of cadmium and copper effect on phenolic metabolism, mineral nutrients and stress-related parameters in *Matricaria chamomilla* plants. *Plant Soil*, 320:231–242.
27. **Król A., Amarowicz R. & Weidner S. (2014).** Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitis vinifera* L.) under continuous of long-term drought stress. *Acta Physiol Plant*, 36:1491–1499.

28. **Król A., Amarowicz R. & Weidner S. (2015).** The effects of cold stress on the phenolic compounds and antioxidant capacity of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves. *J Plant Physiol*, 189:97–104.
29. **Lim J. H., Park K. J., Kim B. K., Jeong J. W. & Kim H. J. (2012).** Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout. *Food Chem*, 135:1065–1070.
30. **Manguro L. O. A. & Lemmen P. (2007).** Phenolics of *Moringa oleifera* leaves. *Nat Prod Res*, 21:56–68.
31. **Manquian-Cerda K., Escudey M., Zuniga G., Arancibia-Miranda N., Molina M. & Cruces E. (2016).** Effect of cadmium on phenolic compounds, antioxidant enzyme activity and oxidative stress in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) plantlets grown in vitro. *Ecotoxicol Environ Saf*, 133:316–326.
32. **Márquez-García B., Fernández-Recamales M. A. & Ordoña F. (2012).** Effects of Cadmium on Phenolic Composition and Antioxidant Activities of *Erica andevalensis*. *J Bot*, 936950:1–6.
33. **Mustafa N. R. & Verpoorte R. (2007).** Phenolic compounds in *Catharanthus roseus*. *Phytochem Rev*. 6:243–258.
34. **Ncube E. N., Mhlongo M. I., Piater L. A., Steenkamp P. A., Dubery I. A. & Madala N. E. (2014).** Analyses of chlorogenic acids and related cinnamic acid derivatives from *Nicotiana tabacum* tissues with the aid of UPLC-QTOF-MS/MS based on the in-source collision-induced dissociation method. *Chem Cent*, 8:1–10.
35. **Petridis A., Therios I., Samouris G., Koundouras S. & Giannakoula A. (2012).** Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiol Biochem*, 60:1–11.
36. **Rascio N. & Navari-Izzo F. (2011).** Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Sci*, 180:169–181.
37. **Sánchez-Rodríguez E., Moreno D. A., Ferreres F., Rubio-Wilhelmi M. D. M. & Ruiz J. M. (2011).** Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry*, 72:723–729.
38. **Sartor T, Xavier V. B., Falcao M. A., Mondin C.A., Dos Santos M. A., Cassel E., Astarita L. V. & Santarem E. R (2013).** Seasonal changes in phenolic compounds and in the biological activities of *Baccharis dentata* (Vell.) G.M. Barroso. *Ind Crops Prod*, 51:355–359.
39. **Singleton L. & Rosi J. A. (1965).** Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *Am J Oenol Vitic*, 16:144–158.
40. **Srivastava A., Gupta A. K., Datsenka T., Mattoo A. K. & Handa A. K. (2010).** Maturity and ripening-stage specific modulation of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit transcriptome. *GM Crops*, 1:237–249.
41. **Sytar O., Borankulova A., Hemmerich I., Rauh C. & Smetanska I. (2014).** Effect of chlorocholine chlorid on phenolic acids accumulation and polyphenols formation of buckwheat plants. *Biol Res*, 47:1–19.
42. **Waśkiewicz A., Muzolf-Panek M. & Goliński P. (2013).** Phenolic Content Changes in Plants Under Salt Stress. In: Parvaiz A., Azooz M.M., Prasad M.N.V. (ed) *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer, New York, pp 283–314
43. **Weidner S., Kordala E., Brosowska-Arendt W., Karamac M., Kosinska A. & Amarowicz R. (2009).** Phenolic compounds and properties of antioxidants in grapevine roots (*Vitis vinifera* L.) under low-temperature stress followed by recovery. *Acta Soc Bot Pol*, 78:279–286.
44. **Widhalm J. R. & Dudareva N. (2015).** A familiar ring to it: Biosynthesis of plant benzoic acids. *Mol Plant*, 8:83–97.
45. **Yuan G., Wang X., Guo R. & Wang Q. (2010).** Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. *Food Chem*, 121:1014–1019.
46. **Zhang L., Ravipati A. S., Koyyalamudi S. R., Jeong, S. C., Reddy N., Smith P. T., Bartlett J., Shanmugam K., Munch G. & Wu M. J. (2011).** Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds. *Chin Med*, 7:12361–12367.
47. **Zhao S., Park C. H., Li X., Kim Y. B., Yang J., Sung G. B., Park N. Kim S. & Park S. U. (2015).** Accumulation of Rutin and Betulinic Acid and Expression of Phenylpropanoid and Triterpenoid Biosynthetic Genes in Mulberry (*Morus alba* L.). *J Agric Food Chem*, 63:8622–8630.

## AKSEKİ SARIHACILAR KÖYÜ CAMİ AHSAP TEŞHİSİ

Barbaros Yaman<sup>1\*</sup>, Ali Akın Akyol<sup>2</sup>, Kısmet Aktaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, Türkiye.

<sup>2</sup> Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, 06830, ANKARA.

<sup>3</sup> Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı 74100, Bartın, Türkiye.

### Öz

Bu çalışma, ahşap ve moloz taş kullanılarak inşa edilen tarihi Akseki - Sarıhacılar Köyü Camisi'ne ait bazı ahşapların anatomik teşhis ve tanımını yapmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ahşap örneklerinin cins / tür teşhisinin yapılmasına olanak sağlayan çalışılan anahtar nitelikteki anatomik özelliklerden traheid hücrelerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitlerde görülen dişli torus, incelenen bütün ahşap örneklerinin Gymnospermae'lerden Pinaceae familyası sedir (*Cedrus*) cinsine ait olduğunu kanıtlamıştır. En son sistematik dizine göre (<http://www.theplantlist.org>) sedir cinsinin dünya üzerinde üç türü bulunmaktadır. Bunlar Toros Sediri (*Cedrus libani* A.Rich), Atlas Sediri (*C. atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière ve Himalaya Sediri'dir (*C. deodara* (Roxb. ex D.Don) G.Don). Kıbrıs sediri (*C. brevifolia* (Hook.f.) Elwes & A.Henry) *C. libani* var. *brevifolia* Hook.f. olarak adlandırılmaktadır. Akseki-İbradı Havzasının Toros Dağları üzerinde yer alması ve ahşap ihtiyacının ulaşım imkânlarının zor ve sınırlı olduğu tarihsel dönemlerde en yakın doğal kaynaktan temin edilmesi nedeniyle, anatomileri incelenen ahşap örneklerinin tamamının *Cedrus libani* (Toros Sediri) türüne ait olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Toros Sediri, Odun Anatomisi, Odun Teşhisi, Sarıhacılar Cami

## WOOD IDENTIFICATION OF SARIHACILAR MOSQUE IN AKSEKI

### Extended Abstract

Wood, especially in the Black Sea and Mediterranean Region where the forests are abundant, the mudbrick made with soil and soil is used in Central Anatolia, and the stone is widely used in the Aegean and Mediterranean coasts and east and southeast Anatolia regions. The architectural tradition in a region, the geographic conditions, and the economics of the material chosen are among the important factors affecting the material preference in the structures related to the local architecture. Along with the residences in Anatolian villages, buildings such as mosques, maşjid, coffee houses, village rooms, mills, warehouses, and barns are also considered within the scope of local architecture. Sarıhacılar is a village near Akseki that has mountainous and forested geography. As in the traditional buildings in the other Akseki villages on the Taurus Mountains, in the Sarıhacılar Village Mosque dated to the 19th century, wood and rubble stone were used as building materials. It is stated that the wood-based dry masonry wall system produced by the characteristic construction technique of Akseki-İbradı Basin, which is referred to as buttoned wall in the literature, reflects the thousands of years of Anatolia's tradition and is related to the Bronze Age culture. The rectangular main part of the mosque was built with a semi-masonry system and the later part of it was built with the buttoned wall technique. This study was carried out in order to make anatomical diagnosis and definition of some woods belonging to Sarıhacılar Village Mosque. The anatomical features of the woods such as especially scalloped tori and traumatic resin canals have shown that all the wood samples belong to the genus Cedar (*Cedrus*). There are three different species of cedar worldwide. These are the Taurus cedar (*Cedrus libani* A.Rich), Atlas Cedar (*C. atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière, and Himalayan cedar (*C. deodara* (Roxb. Ex D.Don) G.Don). Due to the fact that Akseki and Ibradı Basin are located on the Taurus Mountains and the need for wood is provided from the closest natural source in historical periods where the transportation opportunities are difficult and limited, it can be said that all the wood samples examined belong to *Cedrus libani* (Taurus Cedar).

**Keywords:** Taurus Cedar, Wood Anatomy, Wood Diagnosis, Mosque Sarıhacılar

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

Barbaros Yaman (Dr.); Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, 74100, Bartın, Turkey. Tel: +90 (378) 223 5178, Fax: +90 (378) 223 5062, E-mail: yamanbar@gmail.com

Geliş (Received) : 14.05.2019  
Kabul (Accepted) : 23.07.2019  
Basım (Published) : 31.07.2019



## 1. Giriş

Anadolu köylerindeki konutlarla birlikte cami, mescit, kahve, köy odası, değirmen, ambar, samanlık ve ahır gibi yapılar da yöresel mimarlık kapsamında değerlendirilmektedir (Sözen, 2012). Bir yöredeki mimari gelenek, coğrafi koşullar ile seçilen malzemenin ekonomikliği, yöresel mimariye ilişkin yapılarda malzeme tercihinin etkileyen önemli faktörler arasındadır (Tay, 2017a). Ahşap, kerpiç ve taş bu tür yapılarda tarihsel süreç içerisinde en çok kullanılan yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ahşap, özellikle ormanların bol olduğu Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri'nde, toprak ve toprakla yapılan kerpiç Orta Anadolu'da, taş ise Ege ve Akdeniz kıyıları ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde kullanılmaktadır (Sözen, 2012).

Sarıhacılar, dağlık ve ormanlık bir coğrafyaya sahip olan Akseki ilçesine bağlı bir köydür. Toros Dağları üzerinde kurulu olan diğer Akseki köylerindeki geleneksel yapılarda olduğu gibi, Sarıhacılar Köyü Camisi'nde de yapı malzemesi olarak ahşap ve moloz taş kullanılmıştır (Tay, 2017b). Literatüre "düğmeli duvar" olarak geçen ve Akseki-İbradı Havzası'nın karakteristik yapı tekniğiyle üretilen ahşap hatıllı kuru yığma duvar sisteminin Anadolu'nun binlerce yıllık yapı geleneğini yansıttığı ve Bronz Çağ yapı kültürü ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Kavas, 2015; Tay, 2017b). Ahşap ve moloz taş ile inşa edilen Sarıhacılar Köyü Camisi iki farklı bölümden oluşmaktadır (Şekil 1). Caminin dikdörtgen planlı ana kısmı yarı-kâgir sistemle yapılırken sonradan eklenen kuzeydeki bölümü ise "düğmeli duvar" tekniği ile inşa edilmiştir (Tay, 2017b). Caminin yapım tarihi bilinmemektedir. Ancak Tay (2017b) gerek minarenin onarım tarihi (1907-1908) gerekse yöredeki sivil mimarlık örneklerinin benzerliklerine dayanarak caminin 19. yüzyıla tarihlendirilebileceğini belirtmiştir.

Bu çalışma, ahşap ve moloz taş kullanılarak inşa edilen Akseki-İbradı Havzası'nın 19. yüzyıl yöresel mimari örneklerinden olan Sarıhacılar Köyü Camisi'nin muhtelif kısımlarından alınan ahşapların anatomik tanımını yapmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** İki farklı kısımdan oluşan Sarıhacılar Köyü Camisi. Sonradan eklenen bölümdeki "düğmeli duvar"  
(Foto: D2 Mimarlık Restorasyon Proje İnş. Tic. Ltd. Şti).

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada teşhisi yapılan eski ahşap malzeme (Tablo 1), Gazi Üniversitesi Teknokent - Ankara İleri Teknoloji Yatırımları Anonim Şirketi'ne sağlanan proje danışmanlığı hizmeti kapsamında Antalya Akseki Sarıhacılar Köyü Camisinden alınmış ve Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Anatomisi ve Yıllık Halka Analizleri Laboratuvarı'nda incelenmiştir. Tablo 1'de kodları verilen ahşap örneklerinden (Şekil 2) kızaklı mikrotom (GSL-1) yardımıyla yaklaşık 20-25 µm kalınlığında enine (transversal), boyuna teğet ve radyal yönde anatomik kesitler alınmıştır. İnce odun kesitleri lam üzerinde gliserin ortamında lamel ile kapatılarak

geçici görüle olarak hazırlanmış ve Olympus CX-21 ışık mikroskopunda incelenerek teşhis edilmiştir. Anatomik kesitlere ait mikrofotografılar Carl-Zeiss marka fotomikroskop (Axiostar plus) yardımıyla çekilmiştir.

Tablo 1. Akseki Sarıhacılar Cami ahşap örnekleri.

Örnek Kodu	Açıklamalar
AAC-A2	Kuzeybatı 1,5 m seviyesinden kaplama altı özgün ahşap dikme
AAC-A4	Mahfel altı
AAC-A6	Tavan çıtası
AAC-A7	Batı cepheden düğme hatıl
AAC-A8	Batı cepheden hatıl



Şekil 2. Soldan sağa AAC-A2, AAC-A4, AAC-A6, AAC-A7 ve AAC-A8 kodlu ahşaplar.

Ahşaplardan kesit alma ve kesit hazırlama ile makale yazımında kullanılan terminoloji için IAWA Committee (2004) ile Gaertner & Schweingruber (2013)'den yararlanılmıştır. İncelenen ahşap malzemenin belirlenen anatomik özelliklerine göre teşhisinde Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Anatomisi ve Yıllık Halka Analizleri Laboratuvarı'nda bulunan ksilyum örneklerinden ve odun anatomisi ile ilgili çeşitli makale (Esteban vd., 2004, Yaman, 2007) ve atlaslardan (Akkemik & Yaman, 2012; Fahn vd., 1986; Hoadley, 1990; Merev, 2003; Schoch vd., 2004) yararlanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

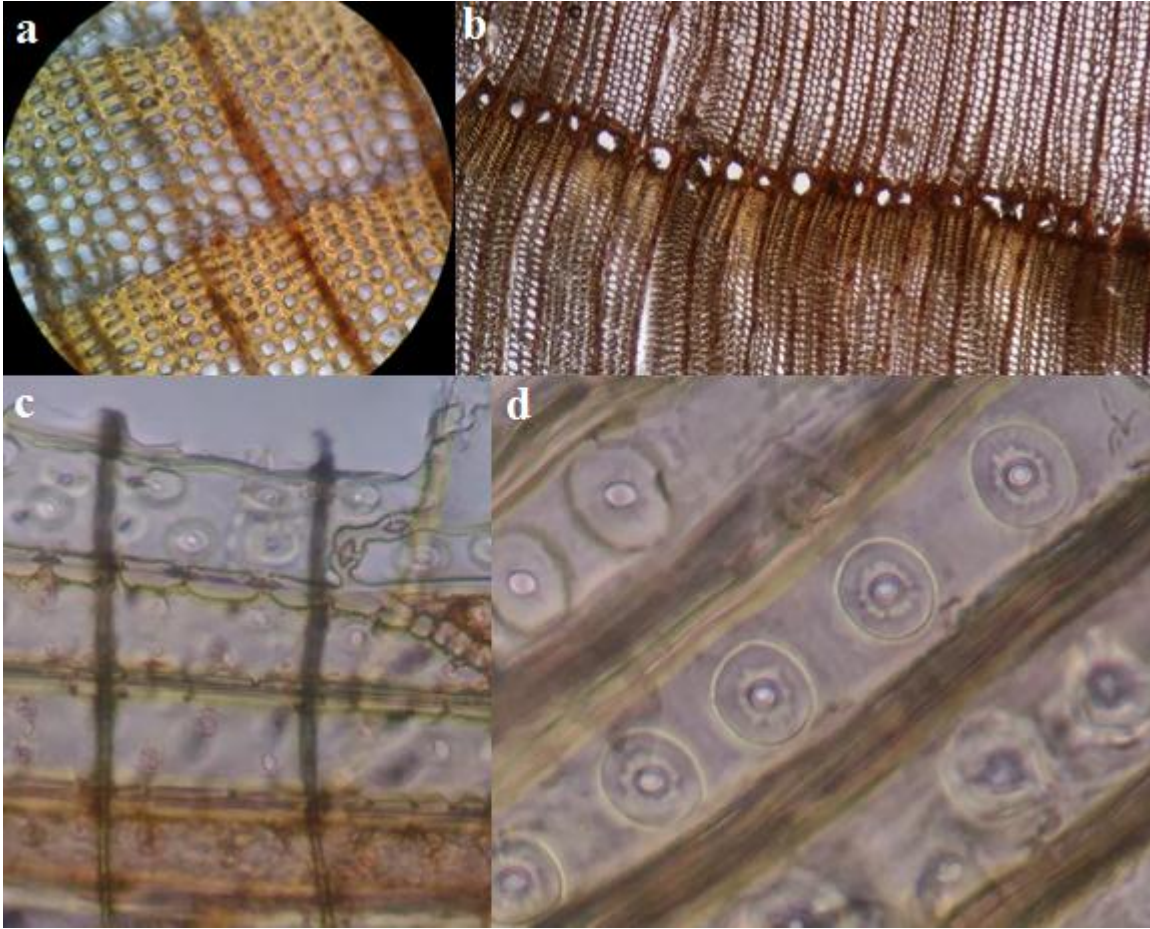
Sekonder ksilemin incelenmesi sonucunda ahşap örneklerinin hangi cins ve türlere ait olduğu belirlenmiş ve tanım sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ahşap örneklerinin ksilolojik teşhis sonuçları.

Örnekler	Familiya	Cins ve/veya Tür
AAC-A2	Pinaceae	<i>Cedrus libani</i> A.Rich
AAC-A4	Pinaceae	<i>Cedrus libani</i> A.Rich
AAC-A6	Pinaceae	<i>Cedrus libani</i> A.Rich
AAC-A7	Pinaceae	<i>Cedrus libani</i> A.Rich
AAC-A8	Pinaceae	<i>Cedrus libani</i> A.Rich

Ahşap örneklerinin cins / tür teşhisinin yapılmasına olanak sağlayan ve üzerinde çalışılan anahtar nitelikteki anatomik özellikler incelenen bütün örneklerde aynı karakteristik anatomik özelliklerin bulunduğunu göstermiştir. Bütün örneklerde yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunu traheidleri ince çeperli - geniş lümenli iken yaz odunu traheidleri kalın çeperli - dar lümenlidir. Yaz odunu traheidleri aynı zamanda radyal yönde yassılaşmıştır (Şekil 3a). Odunda doğal reçine kanalı yoktur. Ancak, bazı yıllık halkalarda traumatik reçine kanallarına rastlanmıştır (Şekil 3b). İlkbahar odunu traheid-özışını karşılaştırmaya geçitleri taxodioid tiptedir. Özışınları tek sıralıdır, ancak traumatik reçine kanallarının bulunduğu yıllık halkalarda nadiren çok sıralı özışınları da bulunmaktadır. Özışınlarında enine traheid vardır (Heterojen Özışını) (Şekil 3c). Her bir

örneğin kenarlı geçitlerinde görülen dişli torus özelliği bütün bu ahşap örneklerinin Gymnospermae'lerden Pinaceae familyası sedir (*Cedrus*) cinsine ait olduğunu kanıtlamaktadır. Traheid hücrelerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler çoğunlukla tek sıralı, nadiren iki sıralıdır. Kenarlı geçitlerde torus kenarları dişlidir (Şekil 3d), bu özellik söz konusu örneklerin teşhisinde en önemli anahtar karakteristik özellik olarak kullanılmıştır (Fahn vd., 1986; Esteban vd., 2004; Akkemik & Yaman 2012). Türkiye'de Toros Sediri adı verilen tek bir sedir türü (*Cedrus libani*) doğal olarak yetişmektedir. Bu tür en geniş yayılışını Güney Anadolu'da Toros Dağları üzerinde yapmaktadır (Yaltırık & Akkemik, 2011). Toros sediri Türkiye'de batıda Köyceğiz civarından başlayarak doğuda Göksu, Kahramanmaraş dolaylarına uzanır, buradan kavis çizerek Amanoslar üzerinden güneye yönelir. Akseki ve İbradı Havzası'nın Toros Dağları üzerinde yer alması ve ahşap ihtiyacının ulaşım imkânlarının zor ve sınırlı olduğu tarihsel dönemlerde en yakın doğal kaynaktan temin edilmesi nedeniyle, incelenen ahşap örneklerinin tamamının *Cedrus libani* (Toros Sediri) türüne ait olduğu söylenebilir. Toros Sediri'nin çok dayanıklı, sağlam ve değerli bir oduna sahip olması yanı sıra, Antalya Akseki Sarıhacılar Köyü'nün doğal yayılış alanının yakınında olması caminin yapımında Toros Sediri'nin tercih edilmesinin temel nedenidir.



**Şekil 3.** a. enine kesit: yıllık halka, ilkbahar odunu ve yaz odunu traheidleri, özışınları, b. enine kesit: ilkbahar odunu başlangıcında traumatik reçine kanalları. c. radyal kesit: enine traheid çeperinde kenarlı geçitler, özışını paranzim hücreleri d. radyal kesit: kenarlı geçitlerde dişli torus.

Toros Sediri günümüzde Türkiye, Kıbrıs, Suriye ve Lübnan'da doğal olarak yayılış yapmakla birlikte, Türkiye hariç diğer bölgelerdeki yayılışı son derece daralmıştır. Mantar ve böceklerle karşı dayanıklı, fiziksel olarak sağlam, hoş kokulu ve değerli bir oduna sahip olması nedeniyle Toros Sediri kerestesinin yapı malzemesi olarak kullanımı Antik dönemlere kadar uzanır (Liphshitz, 2013). Antik dönemlerde Ortadoğu'nun dağlık bölgelerinde bugünkünden çok daha geniş sedir ormanlarının olduğu bilinmektedir. Ancak sedir kerestesinin gemi, tapınak ve sarayların yapımında yoğun olarak kullanılması nedeniyle Toros Dağları dışındaki bölgelerde sedir varlığı iyice azalmıştır. Eski Mısır 4. Hanedanı'nın ilk Firavunu Sneferu döneminin yazılı kayıtlarında gemi ve saray kapılarının yapımı için ithal edilen 40 gemi dolusu sedir kerestesinden bahsedilir (Liphshitz & Biger, 1991). Mısır Giza'daki Büyük Primit'in altında keşfedilen firavun Keops'un gemisinin (M.Ö. 2600)

sedir kerestesinden yapılmış olması, sedir odununun kullanımına ilişkin en eski arkeolojik kanıtlardan biridir (Liphshitz & Biger, 1991; Liphshitz, 2013). Diğer taraftan İsrail’de Tel Lachis’de bulunan karbonize sedir odunları da Bronz Çağı’nda sedir kullanımına ilişkin kanıtları oluşturmaktadır (Liphshitz & Biger, 1991).

Anadolu’da da sedir odunu Antik dönemlerden günümüze birçok alanda kullanılmıştır. Friglerin başkenti Gordion’da Tümüls MM içerisinde M.Ö. 740’a tarihlenen mezar odasının taban döşemesinde kullanılan kalaslar ve kral tabutunun ana gövdesi sedirdendir (Simpson & Spirydowicz, 1999). Sedir Gordion’a muhtemelen krallar arasında gerçekleşen diplomatik takas yoluyla uzaklardan getirilmiştir (URL-2). Toros sediri Anadolu’da Uluburun ve Gelidonya’da bulunan batık Bronz Çağı gemilerinde (Liphshitz, 2012), Yenikapı kadirgalarının kaplama kısımlarında (Akkemik, 2015), Tatarlı’daki boyalı ahşap mezar odasında (Summerer, 2007), 1. Dünya Savaşında demiryolu travers üretiminde (Yeşilkaya, 1992) ve bu çalışmada gösterildiği üzere daha yakın yüzyıllarda cami yapımında da kullanılmıştır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Ahşap, paleolitik dönemlerden günümüze, insanoğlunun en çok yararlandığı malzemelerden birisidir. Henüz bakır, demir, tunç ve kumun teknolojik amaçlarla kullanılmadığı dönemlerde başta yakacak olmak üzere av ve savaş araç gereçleri yapımında kullanılan ahşap, ilerleyen süreçlerde ulaşım teknolojileri, tarımsal araç gereçler ve sanatsal yapılar olmak üzere pek çok alanın temel hammadde kaynağı olmuştur. Endüstri devriminden sonra da ahşabın birçok başka malzeme ile birlikte insan ihtiyaçlarını karşılamaya dönük işlevi devam etmiştir. Uygarlık tarihinin oluşum sürecinde ahşabın kolay bulunduğu veya ithal edilebildiği dünyanın farklı coğrafi bölgelerinde kendine özgü bir “ahşap kültürü” oluşmuştur. Anadolu tarih boyunca orman ve odunsu tür zenginliği ile insanlığın ahşap kültürü birikimine önemli katkılarda bulunan bir coğrafya olmuştur. Konutlarla birlikte cami, mescit, kahve, köy odası, değirmen, ambar, samanlık ve ahır gibi yöresel mimarlık kapsamında değerlendirilen tarihi yapılarda kullanılan ahşabın anatomik özelliklerine göre cins / tür teşhisi, yenileme ve yeniden tasarımı çalışmalarında orijinal malzemeye sadık kalınması bağlamında büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma ile gösterildiği üzere, Akseki Sarıhacılar Köyü Camisi’nin muhtelif kısımlarında da kullanılmış olan Toros Sediri tarih boyunca Doğu Akdeniz’in en önemli yapı malzemelerinden birisini oluşturmaktadır.

#### Teşekkür

Sarıhacılar Köyü Camisi’nin malzeme açısından belgelenmesi ve araştırılmasına yönelik çalışmalar; T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı’nın ilgili bölge koruma kurulları sorumluluğunda, “Antalya, Akseki Sarıhacılar Köyü Cami Rölöve Restitüsyon Restorasyon ve Çevre Düzenleme Projeleri İşleri” kapsamında müellif firma D2 Mimarlık Restorasyon Proje İnşaat Tic. Ltd. Şti.’nin Gazi Üniversitesi Teknopark, Ankara İleri Teknoloji Yatırımları A.Ş. (AITY)’ne yaptığı resmi başvuru ile başlatılmış ve “Antalya, Akseki Sarıhacılar Köyü Cami Yapısal ve Dekoratif Malzeme Analizi” adı altında gerçekleştirilmiştir.

#### Kaynaklar

1. **Akkemik Ü. & Yaman B. (2012).** *Wood Anatomy of Eastern Mediterranean Species*. 310 pp., illus., 2012. Kessel Publishing House, ISBN 978-3-941300-59-0.
2. **Akkemik Ü. (2015).** *Woods of Yenikapı Shipwrecks*. Volume II, Istanbul University Yenikapı Shipwrecks Project and Ege yayınları, Istanbul, 213 p.
3. **Esteban L.G., de Palacios P.d.P., Casasús A.G., & Fernandez F.G. (2004).** Characterisation of the xylem of 352 conifers. *Forest Systems*, 13(3): 452–478.
4. **Fahn A., Werker E. & Baas P. (1986).** *Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions Jerusalem*. Israel Academy of Sciences and Humanities, 221p.
5. **Gaertner H. & Schweingruber F. H. (2013).** *Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis*. ISBN: 978-3-941300-76-7, 78p. Verlag Dr Kessel, Remagen.
6. **Hoadley R. B. (1990).** *Identifying wood: accurate results with simple tools*. Taunton Press, Newtown, Connecticut. ISBN 0-942391-04-7
7. **IAWA Committee (2004).** IAWA list of microscopic features for softwood identification. Richter H.G., D. Grosser, I. Heinz, P.E. Gasson (eds). *IAWA Journal* 25(1): 1-70.
8. **Kavas K. R. (2015).** Mimarlık – Kültür – Çevre İlişkileri Bağlamında Akseki – İbradı Havzası’nın Düğmeli Evleri. *Arkitera*, <http://www.arkitera.com/gorus/657/akseki-%E2%80%93ibradi-havzasinin-dugmeli-evleri> [Erişim tarihi: 18.04.2019].

9. **Liphshitz N. & Biger G. (1991).** Cedar of Lebanon (*Cedrus libani*) in Israel during Antiquity. *Israel Exploration Journal* 41(1/3): 167-175.
10. **Liphshitz N. (2012).** The Use of Lebanese Cedar for Ship Construction Evidence from Timber Identification of Shipwrecks in the East Mediterranean. *Skyllis, Heft 1*: 94-98.
11. **Liphshitz N. (2013).** Cedars of Lebanon: Exploring the Roots. *Biblical Archaeology Review* 39(3): 49-56.
12. **Merev N. (2003).** *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*. KTÜ Orman Fak. Genel Yay. No. 210, Fakülte Yay. No. 32, Trabzon.
13. **Schoch W., Heller I., Schweingruber F.H. & Kienast F. (2004).** Wood anatomy of central European species. [www.woodanatomy.ch](http://www.woodanatomy.ch) [Erişim tarihi: 13.05.2019].
14. **Simpson E. & Spirydowicz K. (1999).** *Gordion Wooden Furniture*. Published by the Museum of Anatolian Civilizations, Ankara.
15. **Sözen M. (2012).** *Anadolu'da Kırsal Mimarlık*. Uluslararası Kırsal Yaşam, Kırsal Mimari Sempozyumu, E-Kitap, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Tarihi Kentler Birliği ve ÇEKÜL Vakfı, 27 s, <http://www.tarihikentlerbirligi.org/wp-content/uploads/AnadoludaKirsalMimarlik-Ekitap.pdf> [Erişim tarihi: 18.04.2019].
16. **Summerer L. (2007).** *From Tatarlı to Munich: The Recovery of a Painted Wooden Tomb Chamber in Phrygia*. In: *The Achaemenid Impact on Local Populations and Cultures In Anatolia (Sixth-Fourth Centuries B.C.)*, edited by İ. Delemen in collaboration with O. Casabonne - Ş. Karagöz - O. Tekin. Turkish Institute of Archaeology.
17. **Tay L. (2017a).** Akseki'nin Düğmeli Camileri. *Mediterranean Journal of Humanities* 7(1): 309-323.
18. **Tay L. (2017b).** Akseki-Sarıhacılar Köyü Cami. *Aksos* 1(1): 127-145.
19. **URL-1.** The Plant List. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Cedrus> [Erişim tarihi: 13.05.2019].
20. **URL-2.** Gordion: Tümülüs MM Turu. [https://www.sas.upenn.edu/~nmiller0/Tour\\_MM\\_circuit.Turkish.html](https://www.sas.upenn.edu/~nmiller0/Tour_MM_circuit.Turkish.html) [Erişim tarihi: 13.05.2019].
21. **Yaltırık F. & Akkemik Ü. (2011).** *Türkiye'nin Doğal Gymnospermleri (Açık Tohumlular)*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, ISBN: 978-605601143-1-4, Ankara.
22. **Yaman B. (2007).** Anatomy of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood with indented growth rings. *Acta Biologica Cracovensia-Series Botanica* 49(1): 19-23.
23. **Yeşilkaya Y. (1992).** *Tarihsel ve kültürel yönü ile sedir*. Ü. Eler (ed.), *Sedir, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını Seri: 6*, 19-32.

# FIRAT HAVZASINDA BULUNAN BAZI İLLERİN SICAKLIK VE NEM MODELLERİ

Ayşe Biçer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 23000, Elazığ, Türkiye.

## Öz

İllerde nüfus yoğunlaşması, yeşil alanlar, sanayileşme ve sonradan oluşturulan göl veya göletler iklim yapılarının değişimine neden olmuştur. Bu çalışma, gelecek yıllar için, illerin iklim yapılarını tahmin etmek üzere yapılmıştır. Bu amaçla, Fırat Havzasında bulunan Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerine ait sıcaklık ve nem parametreleri meteorolojik ölçüm sonuçları, 23 yıllık rasat süreci esas alınarak (1996-2018) incelenmiştir. İllerin yıllık ortalama sıcaklıkları (SO), kış ayları (Ocak, Şubat, Aralık) en düşük sıcaklık ortalamaları (EDSO) ve yaz ayları (Haziran Temmuz, Ağustos) en yüksek sıcaklık ortalamaları (EYSO) ile bağıl nem modelleri (RN) araştırılmıştır. Bölge illerinin sıcaklık ortalamaları yükselen bir değişim gösterirken bağıl nem değerleri ise küçülen bir değişim göstermiştir. İllerin, EDSO ve EYSO modeli polinom tipi, SO modeli Diyarbakır ili için polinom, Elazığ, Şanlıurfa ve Mardin illeri için üstel bir denklem modeli belirlenmiştir. Dört ilin de nem modelleri doğrusal denklem tipindedir. Sonuçta, gelecek yıllarda söz konusu illerin sıcaklık ve nem tahmin modelleri kullanarak; i) hava şartlarının çevre üzerindeki etkilerini belirlemek mümkün olacak, ii) enerji ile ilgili çalışmalarda yararlanabilecek, iii) güncellenecek yeni dış sıcaklık parametreleri esas alınarak hazırlanacak bina ısıtma ve soğutma tesisatlarının hem kurulum maliyetleri hem de enerji giderleri azalacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Fırat havzası, sıcaklık, bağıl nem, meteorolojik veri, modelleme.

## TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY MODELS OF THE REGION CITIES IN FIRAT BASIN

### Extended Abstract

Population growth, green areas, industrialization, along with the lakes and ponds in the provinces have led to changes in the climate structures. This study was carried out for predicting the climate structures of provinces for the coming years. With this purpose in mind, The meteorological measurement results for temperature and humidity parameters of Elazig, Diyarbakir, Şanlıurfa and Mardin provinces located in Euphrates River Valles were examined based on the 23 years of observation process (1996-2018). Annual average temperatures of the provinces (SO), along with the lowest temperature averages (EDSO) for winter season (January, February, December) and highest temperature averages (EYSO) of summer season (June, July, August) and the relative humidity models (RH) were analyzed, as well. While the temperature averages of the provinces located in the region showed an increasing change, the relative humidity values underwent a decreasing change. Polynomial type was identified for EDSO and EYSO model of the provinces, while designating the same for SO of Diyarbakir province, and exponential equation type for Elazığ, Şanlıurfa and Mardin provinces. Humidity models of four provinces are identified as linear equation type. In conclusion, using the temperature and humidity prediction models for the provinces in question concerning the coming years, i) it will be possible to identify the impacts of weather conditions on the environment; ii) it will be viable to make use of the studies concerning energy; iii) and it will be possible to minimize the installation costs and power expenses concerning the building heating & cooling fixtures to be settled based on the outdoor temperature parameters that are projected to be kept up-to-date.

**Key words:** Fırat basin, temperature, relative humidity, meteorological data, modelling.

### \*Ayşe Biçer (Corresponding Author):

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Fırat University, 23000,  
Elazığ, Turkey. Tel: +90 (424) 237 0000-5504,  
E-mail: abicer@firat.edu.tr

Received : 06.04.2019  
Accepted : 24.07.2019  
Published : 31.07.2019

## 1. Giriş

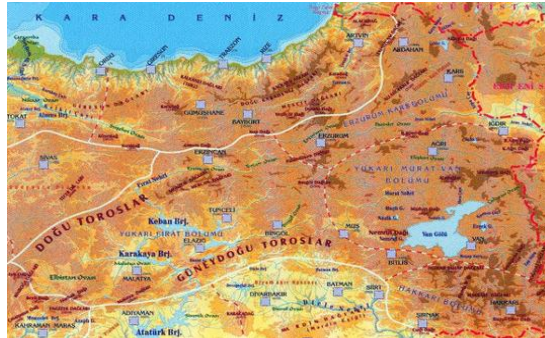
Bir yörenin geçmiş ve günümüzdeki enerji potansiyelini belirlemek, geliştirmek ve sorunlarının çözümü yollarını üretmede meteorolojik verilerin büyük önemi vardır (Bakırcı vd., 2006); Çobanyıldızı & Yüksel (2013). Enerjiye olan gereksinim iklim ve hava şartları ile doğrudan ilişkilidir. İklim verileri, binaların tasarlanmasında, tarımsal üretimin planlanmasında, konutlar ve endüstri alanlarının soğuk havalarda ısıtılması, sıcak havalarda soğutulması için ihtiyaç duyulan enerji ve tesisatlarının tasarımında çok büyük öneme sahiptir (MGM., 2017; Dönmez, 1984).

Türkiye’de il ve ilçelerin dış sıcaklıkları 1950’li yıllarda hazırlanmış olup günümüz şartlarına uymamaktadır. Şehirlerdeki nüfus yoğunlaşması, yeşil alanlar, sanayileşme ve sonradan oluşturulan göl ve göletler şehirlerin iklim yapılarına etki ederek dış sıcaklık parametresinin değişimine neden olmaktadır. Doğu Anadolu’nun önemli nehirlerinden biri olan Fırat nehri üzerinde, gerek enerji üretimi ve gerekse sulama amacıyla sınırdan çıkış noktasına kadar toplam beş büyük baraj inşaatı yapılmıştır. Fırat Nehri, 3290 metre rakımda Murat Nehri ve Karasu Nehri üzerinde doğup Erzincan, Tunceli, Elazığ, Malatya, Diyarbakır, Adıyaman, Gaziantep ve Şanlıurfa şehirlerini geçerek Basra Körfezi’ne dökülür. Uzunluğu 2800 km olup, nehir üzerinde beş adet HES’den toplam 6396 MW elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu güç, Türkiye’deki HES’lerden üretilen elektriğin % 30.8 ini, toplam elektrik tüketiminin % 8.3’nü karşılar. Bu barajların enerji üretimini sağlamakla birlikte bölgenin iklim yapısının da değişimine neden olmuştur. Konu ile ilgili özellikle yurt içinde birçok çalışmalar yapılmış olup bu çalışmaları iki gruba ayırmak mümkündür. Birinci grup çalışmalar ağırlıklı olarak iklim yapıları ile ilgili çalışmalardır. Bu çalışmalara bazı örnekler aşağıda verilmiştir;

Bakırcı vd. (2006), meteoroloji verileri kullanarak Erzurum ili için enerji çalışmaları yapmıştır. Çobanyılmaz & Yüksel (2013), kentlerin iklim değişikliğinden görebileceği zararları inceleyerek Ankara örneğini vermişlerdir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2017), Klimatoloji Şube Müdürlüğü tarafından Türkiye’nin iklim yapıları sınıflandırılması yapılmıştır. Dönmez (1984), şehirlerin umumi klimatoloji ve iklimleri kapsamında çalışmalar yapmıştır. Geymen & Dirican (2016), iklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi değişimlerini analiz etmişlerdir. Apple et al., (2006) ile Sen (2007), meteorolojik değerler kullanarak hava tahmin modelleri geliştirmiştir. Al-Garni et al., (1999), Suudi Arabistan ülkesinin doğu bölgelerinin iklim yapılarını incelemiş ve bölgenin rüzgar gücünün modellenmesini yapmıştır. Akpınar vd. (2005), Doğu Anadolu Bölgesi bazı illerinin hava şartları ve rüzgâr gücünü araştırmıştır.

İkinci grup çalışmalar, sonradan oluşturulan göl veya göletlerin bölge iklim yapısına olan etkileri ile ilgilidir. Bölgedeki baraj gölleri Şekil 1’de görülmektedir. Bu çalışmaların bazıları özetle aşağıda verilmiştir;

Şengün (2007), Keban Baraj Gölü’nün 1975 yılı öncesi ve sonrası 30 yıllık bir sürede Elazığ ikliminde yapmış olduğu değişimi incelemiş ve sonuçlarını değerlendirmiştir. Özkan (1996), Keban baraj gölünün Elazığ iklim şartlarına etkisini araştırmıştır. Baraj yapımından önceki ve sonraki dönemlerde iklim değişkenlerini incelemiştir. Baraj yapımından sonra, kış aylarındaki sıcaklıklarda önemli artışlar, yaz aylarındaki sıcaklıklarda ise bir miktar azalma tespit edilmiştir. Yeşilata vd., (2004), GAP Bölgesi’nde sıcaklık ve nem parametrelerindeki baraj gölü kaynaklı değişimi araştırmışlardır. Bu çalışmaların dışında, Emiroğlu vd., (1996); Tonbul (1986); ve Kadioğlu (1994), Keban Baraj Gölü’nün Elazığ ili, Biçer & Yıldız (1994), Atatürk Barajı Gölü’nün Şanlıurfa ili iklim yapısına etkisini araştırmıştır. Bacanlı & Tuğrul (2016), Gökpınar Baraj Gölü’nün bölge illeri iklim yapısına olan etkisini incelemiştir.



Şekil 1. Yukarı Fırat havzasında bulunan bazı baraj gölleri

Bu çalışmanın amacı, meteorolojik değerler kullanarak Yukarı Fırat Havzasında bulunan bazı illerin sıcaklık ve nem gibi hava parametrelerini incelemek ve regresyon denklemlerini belirleyerek ileriki yıllarda yapılacak çalışmalara bir ön fikir vermektir.

## 2. Sıcaklık, Bağıl Nem ve Yöntem

### 2.1. Sıcaklık

Her ile ait dış sıcaklık parametresi (T), aylık en düşük ve en yüksek ortalama sıcaklık değerleri, 23 yıllık (1996-2018) rasat süreci için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, meteorolojik ölçüm sonuçlarından alınmıştır (MGM, 2018).

Her ilin kış mevsimi aylarına ait (Ocak, Şubat, Aralık) aylık en düşük sıcaklık ortalamalarının ortalaması ( $T_{dmin}$ ) Denklem (1) ve rasat süreci için en düşük sıcaklık ortalamalarının ortalaması (EDSO) ise Denklem (2) ile hesaplanmıştır (Gülferi 1996).

$$T_{dmin}=(T_{min\ Ocak} + T_{min\ Şubat} + T_{min\ Aralık}).(1/3) \quad (1)$$

$$T_{EDSO}=(1/n). \sum T_{dmin} \quad (2)$$

Benzer şekilde yaz mevsimi için (Haziran Temmuz, Ağustos), her ilin en yüksek sıcaklık değerleri ortalamalarının ortalaması ( $T_{dmaks}$ ), Denklem (3) ve rasat süreci için en yüksek sıcaklık değerleri ortalamalarının ortalaması ( $T_{EYSO}$ ) Denklem (4) ile hesap edilmiştir (Gülferi 1996).

$$T_{dmaks}=(T_{maks\ Haziran} + T_{maks\ Temmuz} + T_{maks\ Ağustos}).(1/3) \quad (3)$$

$$T_{EYSO}=(1/n). \sum T_{dmaks} \quad (4)$$

Her ilin meteorolojik değerleri kullanılarak, 23 yıllık rasat süreci için yılın 12 ayın en düşük sıcaklık ortalamalarının ortalaması (SO) Denklem (5) ile hesaplanmıştır.

$$T_{SO}=(1/n). \sum T_{yillik} \quad (5)$$

### 2.2. Bağıl nem

Her ile ait bağıl nem parametresinin aylık ortalama değerleri 1996-2018 rasat süreci için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, yıllık meteorolojik ölçüm sonuçlarından alınarak 23 yıllık ortalama değerleri hesaplanmıştır (MGM, 2018).

## 3. Bulgular ve Tartışma

1996-2018 yılları arasında ortalama sıcaklık değişimi Şekil 2, 3, 4 ve 5’de gösterilmiştir. 23 yıl için ortalama sıcaklık, Ocak, Şubat ve Aralık ayları sıcaklık ortalamalarının ortalaması (EDSO) ile Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları sıcaklık ortalamalarının ortalaması (EYSO) ve 12 aylık sıcaklık ortalamalarının ortalama değerleri (SO) hesaplanarak illere göre Tablo 1 de gösterilmiştir.

İllerin EDSO, EYSO ve SO sıcaklık ortalamalarının ortalaması değişimi, aylık ve 23 yıllık rasat süresi için her il ayrı ayrı incelenmiştir.

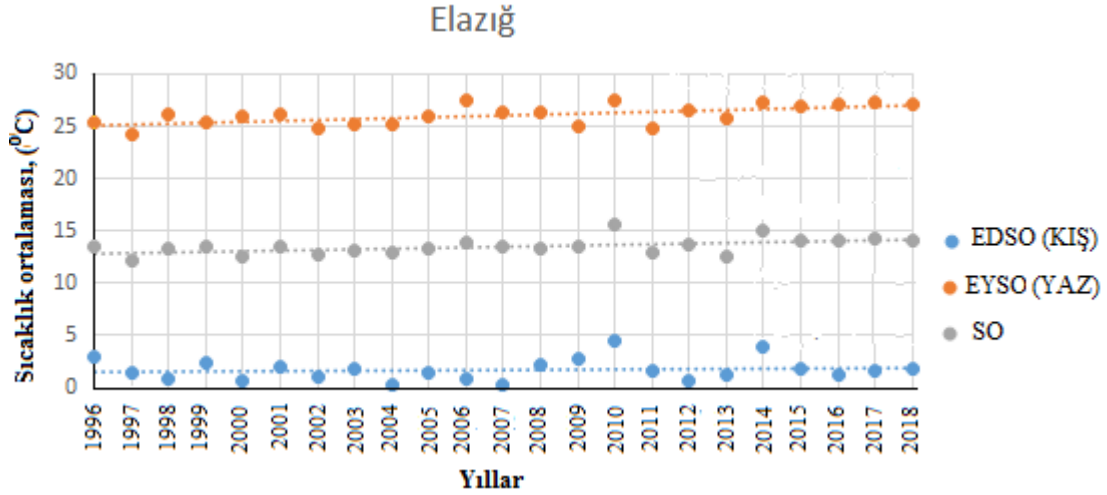
Tablo 1. İllere göre sıcaklık ortalamalarının ortalaması değerleri (°C)

İller	23 yıllık ortalama sıcaklık değerleri		
	EDSO	EYSO	SO
Elazığ	1.73	26.08	13.55
Diyarbakır	3.31	29.52	15.98
Şanlıurfa	7.32	31.35	19.10
Mardin	4.90	29.16	16.82

İncelenen illerden Elazığ için, rasat süresince sıcaklık ortalamalarının ortalaması değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu şeklin incelenmesi halinde EDSO’nun en küçük değerinin 2004 yılında (0.3 °C), en yüksek değerinin 2010 yılında (4.5 °C), EYSO’nun ise en küçük değerinin 2004 yılında (4.5 °C) ve en yüksek değerinin 2010 yılında (27.5 °C) gerçekleştiği görülür. Aynı şekilde SO için en küçük değer 2000

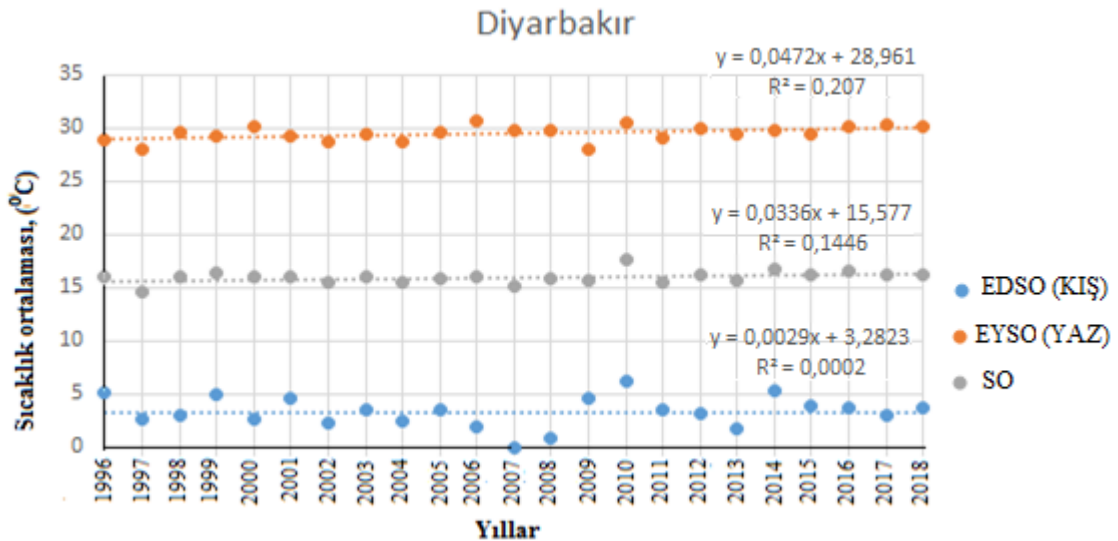


yılında (12.55 °C) ve en yüksek değeri 2011 yılında (15.51 °C) gerçekleşmiştir. Bu üç parametrenin yıllara göre regresyon denklemleri, çok küçük de olsa yükselen bir grafik göstermektedir. 1975 yılında göl sahası oluşan Keban Barajı ve 1988 yılında Karakaya Baraj Gölü, Elazığ iline kış şartlarında 4-5 °C bir ısınma yaz şartlarında ise 2-3 °C'lık serinleme getirmiştir (Akpınar vd., 2005). Gerek küresel ısınma ve gerekse Güneş'teki patlamalar Dünya genelinde bir ısınmaya neden olmuştur. Bu nedenle, rasat süresince, Elazığ ilinin sıcaklık ortalamalarının ortalaması 23 yıllık süreçte, az da olsa yükselme göstermektedir.



Şekil 2. Elazığ ilinin ortalama sıcaklık değerlerinin lineer regresyonu

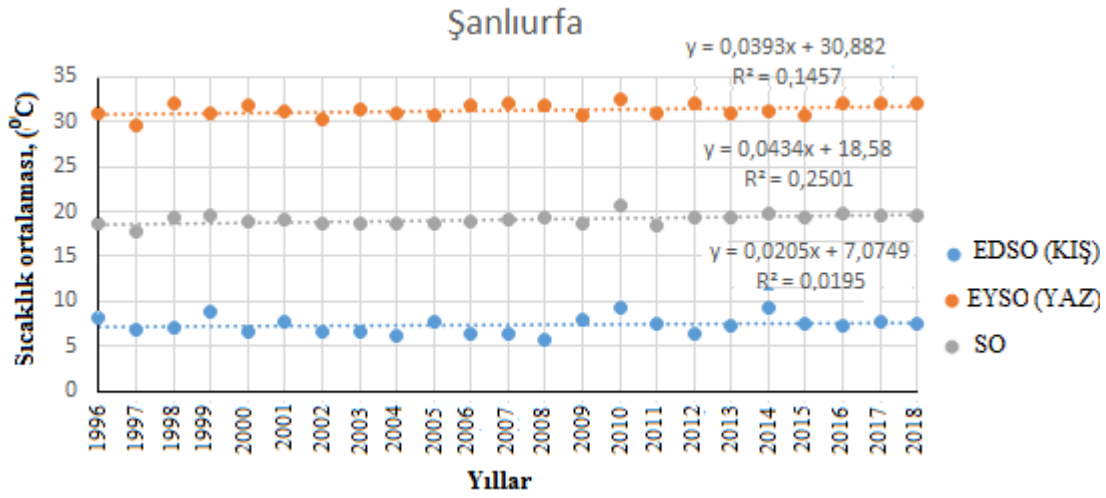
Şekil 3'ün incelenmesi halinde ortalama sıcaklıkların Diyarbakır ili için EDSO'nun en küçük değeri 2012 yılında (-0.03 °C), en yüksek değeri 2010 yılında (6.2 °C), EYSO'nun ise en küçük değeri 2009 yılında (4.7 °C) ve en yüksek değeri 2006 yılında (30.67 °C) gerçekleştiği görülür. Aynı şekilde SO için en küçük değerinin 2000 yılında (12.55 °C) ve en yüksek değeri 2011 yılında (15.51 °C) gerçekleşmiştir. Bicer ve Yıldız (1994), yaptıkları çalışmada, Karakaya Baraj Gölü'nün etkisi ile Diyarbakır kış mevsiminde 2 °C'lık ısınmaya ve yaz şartlarında 1-2 °C'lık serinleme gerçekleşmiştir (Kadioğlu, 1994). Söz konusu sıcaklık ortalamalarının ortalaması grafiklerinde rasat süresince, azda olsa bir yükselme göstermektedir. Bu yükselmenin bir nedeni küresel ısınma olduğu söylenebilir.



Şekil 3. Diyarbakır ilinin ortalama sıcaklık değerlerinin lineer regresyonu

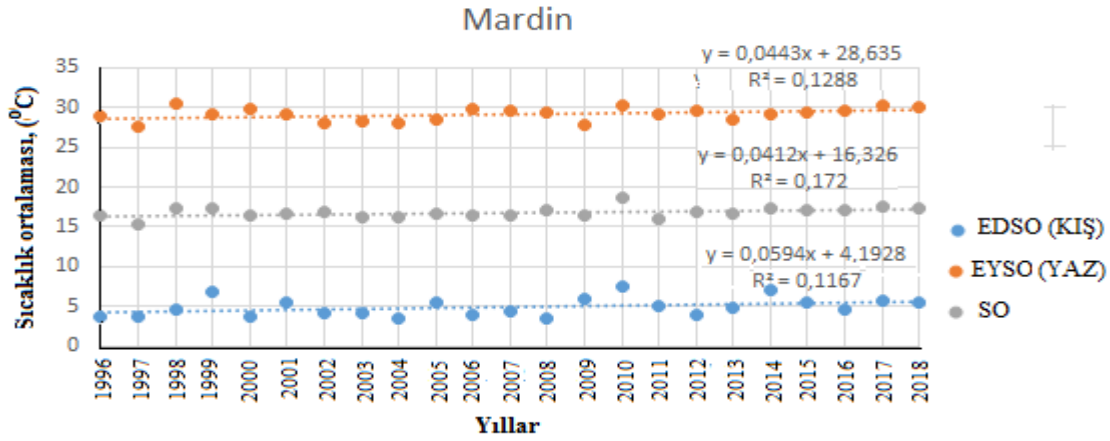
Şanlıurfa ili için yapılan araştırmada, 1992 yılında oluşan Atatürk Barajı Gölü kış şartlarında 1 °C derecelik ısınma ve yaz şartlarında ise 3-4 °C'lık serinleme getirmiştir (Biçer & Yıldız 1994). Şekil 4'de rasat süreci içinde incelenen sıcaklık ortalamalarının ortalamasında bir yükselme görülmektedir. Şanlıurfa ili için EDSO'nun en küçük değerinin 2008 yılında (5.73 °C), en yüksek değerinin 2010 yılında (7.67 °C), EYSO, en

küçük değerinin 1997 yılında (29.63 °C ) ve en yüksek değerinin 2010 yılında (32.43 °C) gerçekleşmiştir. SO için en küçük değerinin 1997 yılında (17.74 °C ) ve en yüksek değerinin 2010 yılında (20.69 °C) gerçekleşmiştir



Şekil 4. Şanlıurfa ilinin ortalama sıcaklık değerlerinin lineer regresyonu

Mardin ili için Şekil 5'in incelenmesinde, EDSO'nun en küçük değerinin 2008 yılında (3.37 °C), en yüksek değerinin 2010 yılında (7.6 °C), EYSO'nun en küçük değeri 1998 yılında (27.87 °C) ve en yüksek değeri 1998 yılında (30.7 °C) gerçekleştiği görülür. SO için en küçük değeri 1997 yılında (15.83 °C) ve en yüksek değerinin 2010 yılında (18.65 °C) gerçekleşmiştir. Sıcaklıkların yıllara göre regresyon denklemlerinde ortalama sıcaklıkların rasat sürecinde azda olsa bir yükselme mevcuttur.



Şekil 5. Mardin ilinin ortalama sıcaklık değerlerinin lineer regresyonu

İncelenen illerin EDSO, EYSO ve SO sıcaklıkları değişim modelleri, bilgisayarda Excel programında lineer regresyon bağıntıları ile birlikte belirlenmiş ve Tablo 2'de topluca gösterilmiştir. Bu tablonun incelenmesi halinde, dört ilin sıcaklık değişimleri doğrusal, üstel, polinom ve logaritmik model olarak incelendiği ve modeller arasında en büyük R<sup>2</sup> değerine sahip olan denklemler o ilin ilgili parametresinin modeli olarak belirlenmiştir. Tabloda topluca gösterilen modeller ve modele ait R<sup>2</sup>ler görülmektedir. Bu tabloda her ilin sıcaklık ortalamalarının ortalama sıcaklıklarına uygun model koyu renkle yazılmıştır. Bu modellerin incelenmesi halinde, incelenen dört ilin de EDSO ve EYSO değişim modellerinin polinom tipi bir modele uygun olduğu belirlenmiştir. İllerin SO modelleri ise Elazığ, Şanlıurfa ve Mardin için üstel bir model tipi uyarken Diyarbakır iline ise polinom tipi model uymaktadır

Tablo 2. İllere ait sıcaklık değerleri ortalamalarının ortalaması lineer regresyon bağıntıları

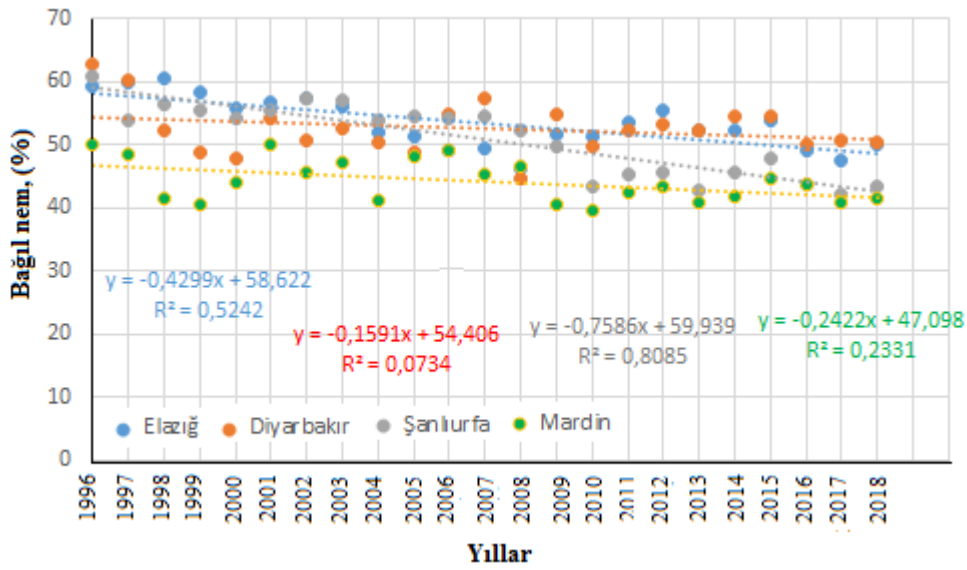
<b>Elazığ</b>			
Model	SO	EDSO	EYSO
<b>Doğrusal</b>	$T_{SO} = 0,0635*Y + 12,785$ $R^2=0,2953$	$T_{EDSO} = 0,0195*Y + 1,4982$ $R^2=0,0155$	$T_{EYSO} = 0,0867*Y + 25,045$ $R^2=0,3763$
<b>Üstel</b>	$T_{SO} = 12,74 * e^{0,0047*Y}$ $R^2=0,3019$	$T_{EDSO} = 1,2155 * e^{0,0013*Y}$ $R^2=0,0165$	$T_{EYSO} = 25,051 * e^{0,0033*Y}$ $R^2=0,3729$
<b>Polinom</b>	$T_{SO} = 0,0007*Y^2 + 0,0457*Y + 12,86$ $R^2=0,0203$	$T_{EDSO} = 0,0018*Y^2 + 0,0245*Y + 1,68$ $R^2=0,0203$	$T_{EYSO} = 0,0021*Y^2 + 0,0359*Y + 25,26$ $R^2=0,3841$
<b>Logaritmik</b>	$T_{SO} = 0,4527*\ln(Y) + 12,532$ $R^2=0,2249$	$T_{EDSO} = 0,0393*\ln(Y) + 1,645$ $R^2=0,0009$	$T_{EYSO} = 0,6412*\ln(Y) + 24,646$ $R^2=0,306$
<b>Diyarbakır</b>			
<b>Doğrusal</b>	$T_{SO} = 0,0033*Y + 35,577$ $R^2=0,1446$	$T_{EDSO} = 0,0029*Y + 3,2823$ $R^2=0,00002$	$T_{EYSO} = 0,0472*Y + 28,961$ $R^2=0,207$
<b>Üstel</b>	$T_{SO} = 15,57 * e^{0,023*Y}$ $R^2=0,1472$	-	$T_{EYSO} = 28,951 * e^{0,0016*Y}$ $R^2=0,2058$
<b>Polinom</b>	$T_{SO} = 0,0011*Y^2 + 0,007*Y + 15,69$ $R^2=0,1502$	$T_{EDSO} = 0,00104*Y^2 - 0,248*Y + 4,33$ $R^2=0,0803$	$T_{EYSO} = 0,0003*Y^2 + 0,0547*Y + 28,93$ $R^2=0,2086$
<b>Logaritmik</b>	$T_{SO} = 0,2417*\ln(Y) + 15,438$ $R^2=0,1112$	$T_{EDSO} = 0,189*\ln(Y) + 3,7404$ $R^2=0,0011$	$T_{EYSO} = 0,3874*\ln(Y) + 28,655$ $R^2=0,2073$
<b>Şanlıurfa</b>			
<b>Doğrusal</b>	$T_{SO} = 0,0434*Y + 18,58$ $R^2=0,2502$	$T_{EDSO} = 0,0205*Y + 7,0749$ $R^2=0,0195$	$T_{EYSO} = 0,0393*Y + 30,882$ $R^2=0,1457$
<b>Üstel</b>	$T_{SO} = 18,58 * e^{0,023*Y}$ $R^2=0,2535$	$T_{EDSO} = 7,018 * e^{0,0025*Y}$ $R^2=0,0203$	$T_{EYSO} = 30,86 * e^{0,0023*Y}$ $R^2=0,1456$
<b>Polinom</b>	$T_{SO} = 0,0009*Y^2 + 0,0206*Y + 18,67$ $R^2=0,0195$	$T_{EDSO} = 0,0067*Y^2 - 0,1415*Y + 7,75$ $R^2=0,093$	$T_{EYSO} = 0,0009*Y^2 + 0,060*Y + 34,79$ $R^2=0,1483$
<b>Logaritmik</b>	$T_{SO} = 0,33*\ln(Y) + 18,361$ $R^2=0,2146$	$T_{EDSO} = 0,0152*\ln(Y) + 7,2867$ $R^2=0,0002$	$T_{EYSO} = 0,323*\ln(Y) + 30,627$ $R^2=0,1465$
<b>Mardin</b>			
<b>Doğrusal</b>	$T_{SO} = 0,0412*Y + 16,326$ $R^2=0,172$	$T_{EDSO} = 0,0594*Y + 4,1928$ $R^2=0,1167$	$T_{EYSO} = 0,0443*Y + 28,635$ $R^2=0,1288$
<b>Üstel</b>	$T_{SO} = 16,32 * e^{0,022*Y}$ $R^2=0,1757$	$T_{EDSO} = 4,104 * e^{0,1297*Y}$ $R^2=0,1176$	$T_{EYSO} = 28,623 * e^{0,0023*Y}$ $R^2=0,1302$
<b>Polinom</b>	$T_{SO} = 0,0021*Y^2 - 0,0098*Y + 16,034$ $R^2=0,1167$	$T_{EDSO} = 0,0009*Y^2 + 0,0376*Y + 4,28$ $R^2=0,1396$	$T_{EYSO} = 0,0045*Y^2 + 0,0631*Y + 29,08$ $R^2=0,3841$
<b>Logaritmik</b>	$T_{SO} = 0,300*\ln(Y) + 16,146$ $R^2=0,136$	$T_{EDSO} = 0,4712*\ln(Y) + 3,85$ $R^2=0,1089$	$T_{EYSO} = 0,291*\ln(Y) + 28,313$ $R^2=0,0826$

(Tabloda; T sıcaklık, Y=Yıl)

Bağıl nem, hava içerisinde bulunan nemin o sıcaklıktaki maksimum neme oranıdır. Bir yerde yağış olabilmesi için bağıl nemin %100 'ü aşması gerekir. Sıcaklık arttıkça bağıl nem azalır. Sebebi ısınan havanın hacminin genişlemesiyle alabileceği nemin artmasıdır. Bağıl nem azaldıkça buharlaşma artarken, bağıl nem arttıkça buharlaşma azalır. Tablo 3'ün incelenmesi halinde, 1996-2018 yılları arasında en küçük ve en büyük ortalama bağıl nem değerleri Elazığ için % 46.17 - %57.36, Diyarbakır için % 44.51 - %62.71, Şanlıurfa için % 42.20 - %60.84 ve Mardin ili için % 39.45 - %50.20 olarak görülmektedir. Yıllara göre ortalama bağıl nem oranı değişimi Şekil 6'de grafik halinde gösterilmiştir. 23 yıllık rasat sürecinde bağıl nem ortalamalarının ortalama ortalaması, Elazığ için % 53.46, Diyarbakır için % 52.50, Şanlıurfa için % 50.84 ve Mardin ili için %53.2 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6'da görülen ortalama bağıl nem denklem ve eğrilerinde, uygun modelin doğrusal tip olduğu ve denklem başındaki (-) işareti ile denklemin azalan bir meyil gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 3. İllere göre ortalama bağıl nem değerleri

Yıllar	Elazığ	Diyarbakır	Şanlıurfa	Mardin
1996	59.28	<b>62.71</b>	<b>60.84</b>	50.09
1997	59.98	60.15	53.7	48.52
1998	60.42	52.39	56.52	41.48
1999	58.23	48.93	55.39	40.39
2000	55.85	47.85	54.27	44.08
2001	56.61	54.25	55.53	<b>50.20</b>
2002	<b>57.36</b>	50.71	57.41	45.44
2003	56.02	52.65	56.94	47.07
2004	52.08	50.24	53.71	41.19
2005	51.47	48.69	54.64	48.17
2006	49.22	54.71	54.18	49.24
2007	49.44	57.22	54.47	45.20
2008	<b>46.17</b>	<b>44.51</b>	52.12	46.62
2009	51.66	54.94	49.69	40.60
2010	51.47	49.68	43.34	<b>39.45</b>
2011	53.61	52.41	45.32	42.45
2012	55.48	53.17	45.62	43.27
2013	52.14	52.19	42.77	40.87
2014	52.32	54.42	45.50	41.64
2015	53.97	54.37	47.76	44.57
2016	49.03	50.14	43.85	43.62
2017	47.66	50.62	<b>42.20</b>	40.92
2018	50.17	50.48	43.46	41.32



Şekil 6. İllerin ortalama bağıl nem değerlerinin lineer regresyonu

Tablo 2’de illere uygunluğu belirlenen sıcaklık ve Tablo 3’de belirlenen nem modelleri topluca Tablo 4 de gösterilmiştir.

Tablo 4. İllere ait sıcaklık ve nem değerlerinin lineer regresyon bağıntıları		
İller	İklim Parametresi	Lineer regresyon modelleri
Elazığ	SO	$T_{SO} = 12,74 * e^{0,0047 * Y}$
	EDSO	$T_{EDSO} = 0,0018 * Y^2 + 0,0245 * Y + 1,68$
	EYSO	$T_{EYSO} = 0,0003 * Y^2 + 0,0547 * Y + 28,93$
	RN	$RN = - 0,4299 * Y + 58,622$
Diyarbakır	SO	$T_{SO} = 0,0011 * Y^2 + 0,007 * Y + 15,69$
	EDSO	$T_{EDSO} = 0,00104 * Y^2 - 0,248 * Y + 4,33$
	EYSO	$T_{EYSO} = 0,3874 * \ln(Y) + 28,655$
	RN	$RN = - 0,1591 * Y + 54,406$
Şanlıurfa	SO	$T_{SO} = 18,58 * e^{0,023 * Y}$
	EDSO	$T_{EDSO} = 0,0067 * Y^2 - 0,1415 * Y + 7,75$
	EYSO	$T_{EYSO} = -0,0009 * Y^2 + 0,060 * Y + 34,79$
	SO	$RN = - 0,7586 * Y + 59,939$
Mardin	SO	$T_{SO} = 16,32 * e^{0,022 * Y}$
	EDSO	$T_{EDSO} = 0,0009 * Y^2 + 0,0376 * Y + 4,28$
	EYSO	$T_{EYSO} = 0,0045 * Y^2 + 0,0631 * Y + 29,08$
	RN	$RN = - 0,2422 * Y + 47,098$

Tabloda, T sıcaklık, Y=Yıl ve RN bağıl nemdir

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada Yukarı Fırat havzasında bulunan Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerinin 23 yıllık rasat süreci için meteorolojik veriler kullanarak, illerin sıcaklık ortalaması ve bağıl nem parametrelerine ait değişim modelleri belirlenmiştir.

- ✓ İncelenen illerin, EDSO, EYSO, SO ve RN değişimlerinin ortalamasını veren modellerden; dört ilim EDSO ve EYSO modeli polinom tipi, SO için ise Diyarbakır iline polinom, Elazığ, Şanlıurfa ve Mardin illeri için üstel bir denklem modeli belirlenmiştir
- ✓ İncelenen illerin nem modelleri doğrusal denklem modeli tipindedir.
- ✓ İncelenen bölge illerinin sıcaklık ortalamaları yükselen bir değişim gösterirken bağıl nem ise küçülen bir değişim göstermektedir
- ✓ .Bu modeller ile söz konusu illerin gelecek yıllardaki sıcaklık ortalamaları ve bağıl nem parametrelerini tahmin etmek ve bu tahmini hava şartlarının çevre üzerindeki etkileri belirleyebilmek mümkün olacaktır
- ✓ Isıtma tesisatlarının tasarımında önemli bir parametre olan dış sıcaklık parametresi çok eski yıllara göre hesaplanmıştır. Bölgede oluşturulan baraj gölleri ve küresel ısınma nedenleri ile dış sıcaklık parametrelerinin güncellenmesi gerekir. Bu çalışma, ülke genelinde dış sıcaklık parametresinin yaz ve kış sezonları için güncellenmesine yardımcı olabilecektir.
- ✓ Güncellenecek yeni dış sıcaklık parametresi ile hazırlanacak ısıtma tesisatları tasarımları ile hem yapı maliyetleri hem de enerji giderleri azalacaktır.

**Teşekkür:** Çalışmada kullanılan meteorolojik ölçüm verilerinin temininden dolayı “Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü” ne ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

**Kaynaklar**

1. **Bakırcı K., Özyurt Ö., Yılmaz M., Erdoğan S. (2006).** Erzurum ili enerji çalışmaları için iklim ve meteoroloji verileri, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Cilt 9, Sayfa 19-26.
2. **Çobanyılmaz P., Yüksel Ü.D. (2013).** Kentlerin iklim değişikliğinden zarar görebilirliğinin belirlenmesi: Ankara Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 17 Sayı 3 Sayfa 389-50.
3. **Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, (2017).** *İklim Sınıflandırmaları*, Sayfa 1-16, Ankara.
4. **Dönmez, Y. (1984),** *Umumi klimatoloji ve iklim çalışmaları*, İ.T.Ü. Yayın No: 2506, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 102
5. **Geymen A., Dirican A.Y. (2016).** İklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi değişiminin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 8 Sayı 1, Sayfa 65-74.
6. **Apple L.S.C, Chow T.T, Square K.F.F, Lin J.Z. (2006).** Generation of a typical meteorological year for Hong Kong. *Energy Conversion and Management*, Vol. 47, 87–96.
7. **Sen Z. (2007).** Simple nonlinear solar irradiation estimation model. *Renewable Energy*, Vol. 32, 342–350.
8. **Al-Garni, A.Z., Şahin, A.Z., Al-Farayedhi, (1999).** A. Modelling of weather characteristics and wind power in the Eastern Part of Saudi Arabia, *International Journal of Energy Research*, Vol. 23, 805-812.
9. **Akpınar E.K. Biçer Y., Erdoğan B., Çetinkaya F. (2005).** Doğu Anadolu Bölgesindeki bazı illerin hava şartları ve rüzgar gücünün araştırılması. *15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi 7-9 Eylül*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
10. **Şengün M.T. (2007).** Son değerlendirmeler ışığında Keban Barajı'nın Elazığ iklimine etkisi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, Sayfa 116-121.
11. **Özkan F. (1996).** Keban Baraj Gölü'nün, Elazığ Bölgesi iklim şartlarına etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
12. **Yeşilata B., Bulut H., Yeşilnacar M.İ. (2004).** GAP Bölgesinde sıcaklık ve nem parametrelerindeki baraj gölü kaynaklı değişim trendinin araştırılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Cilt 83, Sayı 21-31.
13. **Emiroğlu İ., Özkan M. E., Özkan F., Öztürk M. (1996).** Keban Barajı Rezervuarının Elazığ ili iklim şartlarına etkisi üzerine bir araştırma. *GAP I. Mühendislik Kongresi*, Bildiriler Kitabı, 17-20 Mayıs, Harran Üniversitesi, Sayfa 167-174, Şanlıurfa.
14. **Tonbul S. (1986).** Elazığ ve çevresinin, iklim özellikleri ve Keban Barajı'nın yöre iklimi üzerine olan etkileri. *Fırat Üniversitesi Coğrafya Sempozyumu*, 14-15 Nisan, Elazığ, Türkiye, 1986
15. **Kadioğlu M. (1994).** Keban Barajı Öncesi ve Sonrasında Çevre İkliminin Franktal Analizi. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ. Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri 21-23 Eylül, cilt 3, sayfa 1087-1098, Ankara.
16. **Biçer Y., Yıldız C. (1994).** Atatürk Barajı Rezervuarının Şanlıurfa İli Dış Sıcaklık Parametresine Etkisinin Araştırılması" *3. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Kongresi*, Sayfa 333-340, 4-6 Mayıs Çukurova Üniversitesi, Adana.
17. **Bacanlı, Ü.G. Tuğrul A.T. (2016).** Baraj göllerinin iklimsel etkisi ve Vali Recep Yazıcıoğlu Gök Pınar Baraj gölü örneği. *Pamukkale Üniversitesi Müh. Bilim Dergisi* Cilt 22, Sayı 3, Sayfa 154-159.
18. **MGM. (2018),** Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Aylık ve Yıllık meteorolojik ölçüm değerleri, 23 Şubat 2019.
19. **Gülferi İ. (1996).** Meteorolojik değerler yardımıyla kış için dış hesap sıcaklığının bulunmasında yeni bir istatistik metot. Doktora Tezi, İTÜ.

# ENERGY AND EXERGY ANALYSIS OF A NOVEL THREE-STAGE HEAT PUMP DRYING SYSTEM

Recep Ekiciler<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gazi University, 06570, Ankara, Turkey.

## Abstract

A three-stage heat pump dryer is analyzed and assessed in terms of energy and exergy performances using different refrigerants such as R134-a, R12, and R22. Many parametric optimization studies are applied for the corresponding system in order to specify the best performing system and environmental parameters. R12 shows the highest energy and exergy efficiencies while requirement of compressor work is low when R12 is used as a refrigerant. The system is not much influenced from the environmental conditions. In addition, the overall system energy and exergy efficiencies are 44.23% and 55.7% for R134-a, respectively.

**Keywords:** Three-stage heat pump dryer, exergy efficiency, destruction, energy, specific humidity rate.

## 1. Introduction

The principal purpose of a drying system is to get a dried product of intended quality. Drying is a process in which removal of moisture takes place by energy input. Namely, heat pump drying system is to give the product more heat when compared with environmental conditions. It also energy intensive process. It has a lot of applications such as timber, textile, agriculture, and food. So, there are a lot of studies to improve the efficiency and product quality.

Hodget (1976) firstly investigated heat pump dryer. The efficiency of heat pump dryer was studied. He found that energy consumption is less than comparing the conventional steam heated dryer. In addition, he mentioned the principal of the dehumidifying of heat pump and how its usage could permit improvements in drying efficiency. Cunney & William (1984) studied an engine driven heat pump dryer. They obtained that engine driven heat pump has better performance in term of energy consumption. Meyer & Greyvenstein (1992) performed life cycle cost analysis of a heat pump dryer for drying grain. They argued energy requirement for drying. They also compared different device of energy cost. They conclude that heat pump dryer is more economical than conventional electrical heating device. Söylemez (2006) presented a study about economic analysis of heat pump dryer. He obtained optimum size of components and optimum temperature at optimum minimum life cycle energy cost. Ameen & Bari (2004) investigated whether clothes can be dry or not using waste heat of condenser. They compared that drying rate of the system with trading dryer and drying which occurs at environmental conditions. They found that waste heat of condenser could be utilized for drying. Çolak & Hepbaşlı (2005) investigated the exergy analysis of heat pump drying system. They performed exergy efficiency and exergy destruction for drying of apple. Erbay & İcier (2009) made an optimization to dry olive leaves using heat pump dryer. The purposes of this study are given following order: obtain the effect of some system parameters and optimum working conditions for this system. Gan et al. (2017) investigated an experimental study to understand the effect of temperature and relative humidity on drying of Malaysian bird's nest. They obtained that temperature significantly influences the drying as relative humidity is greater. In addition, energy efficiency of the drying system is high in compared with the other drying system. Erbay & Hepbaşlı (2013) conducted a study about exergy analysis of heat pump dryer. Their purpose is given following: to interpret the exergy performance and to obtain optimum temperature for the system. Furthermore, they determined the exergy destruction rate for each part of the system. Erbay & Hepbaşlı (2014) firstly made an evaluation of exergoeconomic analysis of heat pump drying system. They concluded that heat recovery is one of most effective unit in terms of decreasing total cost of the system. They noticed that when inlet temperature of dryer is decreased, there is an increase cost efficiency of the heat pump dryer. Şevik et al. (2013) investigated to dry mushroom a solar-driven single-stage heat pump drying system. The dryer temperature was changed between 45 °C and 55 °C and air mass flow rate was 310 kg/s. They noticed that coefficient of

**\*Recep Ekiciler (Corresponding Author):**

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gazi University,  
06570, Ankara, Turkey. Tel: +90 (312) 582 3430,  
E-mail: recepekiciler@gazi.edu.tr

Received : 11.02.2019

Accepted : 24.07.2019

Published : 31.07.2019

performance of the system is ranged 2.1 and 3.1 due to parametric study. Also, they obtained that the product was dried 0.07 g water/g dry product using at least energy. Erbay and Hepbaslı (2017) performed exergoeconomic analysis of ground-source heat pump dryer at different environmental temperatures for the first time. They concluded that condenser is one of most important unit in terms of increasing the total efficiency. Heat exchanger is significantly affected by changing the environmental temperature. Ceylan et al. (2007) conducted an experimental investigation to obtain energy and exergy analysis of timber drying system. They reached that recirculation air ratio depends on the ambient temperature and relative humidity ratio. In addition, they noticed that energy requirement is decreased by decreasing the moisture content in timbers.

There are some modifications on heat pump dryer to enhance the efficiency of heat pump drying system. One of them is two-stage heat pump drying system. It has two different air streams that have different humidity and temperature. This system can ensure multiple purpose like two or more products can be dried (Chua & Chou, 2005). In the literature, there are many studies about two-stage heat pump dryer. Li et al. (2003) performed an experimental study to understand the performance of a system with two evaporators and R-290 as the refrigerant. They found that mass flow rate of R-290 and system's suction pressure increase by the condensing pressure. Brundrett (2013), Rose et al. (1992), Jung and Radermacher (1991), and Simmons et al. (1996) testified the two-stage heat pump dryer superior regarding performance when compared the single-stage heat pump dryer. Namsanguan et al. (2004) experimentally performed two-stage heat pump drying system to decrease the time for drying. The effect of tempering between SSD (superheated steam drying) and HPD (heat pump drying) was investigated. They also compared the steam heated dryer and heat pump dryer. The results showed that SSD/HPD shrimp give lower shrinkage in comparison to the single stage SSD. Zhu et al. (2015) conducted an experimental study to find the effect of the two-stage heat pump drying system. The system was used for drying tobacco. They compared with single-stage and two-stage drying system with respect to drying rate of tobacco. They concluded that two-stage drying system has rate of drying 50% higher than single-stage heat pump drying.

Three-stage heat pump dryer can be used both for drying, heating, and freezing at the same time. However, it is possibly costly to establish it when compared with single or two-stage heat pump dryers. Especially in marine food industry, three-stage heat pump dryer is utilized because of its versatility such as heating, freezing, and drying. Energy and exergy analysis of three-stage heat pump dryer is analyzed for the first time in this study, and the effects of various refrigerants, air humidity and mass flow rate, and ambient conditions on energy and exergy efficiencies are investigated in detail. In addition, exergy efficiencies and exergy destructions are determined for the system components.

## 2. System Description

A schematic view of the three-stage heat pump dryer is presented in Figure 1. This system has two independent cycles: (1) Air cycle and (2) Refrigerant cycle. Heat pump contains three evaporators, compressors, and expansion valves, a condenser, a sub-cooler, two pressure regulators, two mixers. Three different refrigerants are used for this system such as R134-a, R22, and R12. The refrigerant enters the compressors as saturated vapor and leaves as superheated vapor. The refrigerant entirely condenses at the condenser and entirely evaporates at the evaporators.



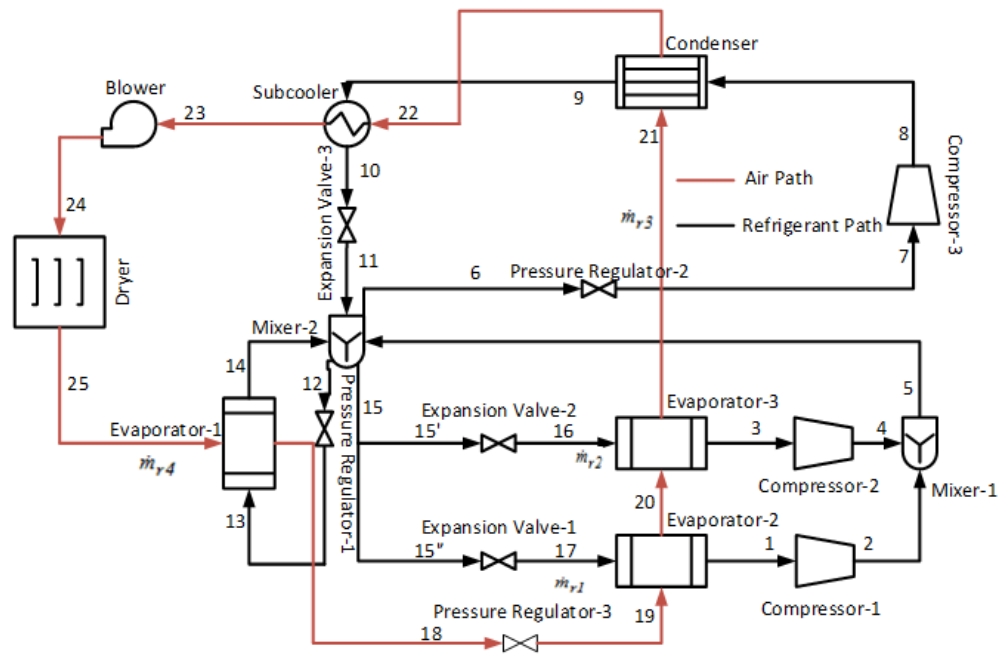


Figure 1. Schematic view of the three-stage heat pump drying system

### 3. Thermodynamic Analysis

In the system analysis, the effects of the mass flow rate of refrigerant and air, ambient temperature and pressure, compressors pressure ratio, and types of refrigerants on energy and exergy efficiencies are obtained. Also, exergy destruction rate and exergy efficiency is determined for parts of system. For the analysis, the flow is assumed to be steady-state and air is treated as an ideal gas. In addition pressure drops due to frictions and other losses through components and piping are neglected and compressor is taken to be isentropic. Mentioned assumption is made for simplicity of the general assessment of the studied system. Mass, energy, entropy and exergy balances are utilized to determine the energy and exergy efficiencies. The balance equations are given below:

$$\sum_{in} \dot{m} = \sum_{out} \dot{m} \tag{1}$$

$$\sum_{in} (\dot{m}h + \dot{Q} + \dot{W}) = \sum_{out} (\dot{m}h + \dot{Q} + \dot{W}) \tag{2}$$

$$\sum_{in} \dot{m}s + \dot{S}_{gen} + \frac{\dot{Q}_{in}}{T_b} = \sum_{out} \dot{m}s + \frac{\dot{Q}_{out}}{T_0} \tag{3}$$

$$\sum_{in} \dot{m}ex = \sum_{out} \dot{m}ex + \dot{E}x_d + \dot{E}x^Q \tag{4}$$

where  $h$  is enthalpy,  $\dot{m}$  is mass flow rate,  $ex$  is exergy of flow at its state,  $\dot{E}x_d$  is exergy destruction rate, and  $\dot{E}x^Q$  is thermal exergy rate. Refrigerant and air exergy are calculated as follows, respectively [Rosen et al. (2008), Gaggioli (1980)]:

$$ex_r = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \tag{5}$$

$$ex_a = (C_{p,a} + \omega C_{p,v})T_0 [(T/T_0) - 1 - \ln(T/T_0)] + (1 + 1.6078\omega)R_a T_0 \ln(P/P_0) + R_a T_0 \{(1 + 1.6078\omega) + \ln[(1 + 1.6078\omega_0)/(1 + 1.6078\omega)] + 1.6078\omega \ln(\omega/\omega_0)\} \quad (6)$$

where  $C_{p,a}$ ,  $C_{p,v}$ ,  $R_a$ , and  $\omega$  are specific heat of air, specific heat of water vapor, air gas constant and specific humidity ratio, respectively. Thermal exergy is obtained as follows:

$$\dot{E}x^Q = \dot{Q} \left( 1 - \frac{T_L}{T_H} \right) \quad (7)$$

General COP, energy and exergy efficiencies are obtained respectively, as follows:

$$COP_{HP} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{W}_{compressor}} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{\dot{E}_{out}}{\dot{E}_{in}} \quad (9)$$

$$\psi = \frac{\dot{E}x_{useful}}{\dot{E}x_{in}} \quad (10)$$

Table 1 shows how to determine the exergy destruction rate and exergy efficiency of components as following:

Table 1. Calculation of exergy efficiency and exergy destruction rate of components

COMPONENT	EXERGY EFFICIENCY	EXERGY DESTRUCTION RATE
Compressor-1	$(\dot{E}x_2 - \dot{E}x_1) / W_{comp1}$	$T_0 \dot{m}_{r1} (s_2 - s_1)$
Compressor-2	$(\dot{E}x_4 - \dot{E}x_3) / W_{comp2}$	$T_0 \dot{m}_{r2} (s_4 - s_3)$
Compressor-3	$(\dot{E}x_8 - \dot{E}x_7) / W_{comp3}$	$T_0 \dot{m}_{r3} (s_8 - s_7)$
Mixer-1	$\dot{E}x_5 / (\dot{E}x_4 + \dot{E}x_2)$	$T_0 [(\dot{m}_{r1} + \dot{m}_{r2})s_5 - \dot{m}_{r2}s_4 - \dot{m}_{r1}s_2]$
Mixer-2	$(\dot{E}x_{12} + \dot{E}x_{15} + \dot{E}x_6) / (\dot{E}x_{14} + \dot{E}x_5 + \dot{E}x_{11})$	$T_0 \left[ \begin{array}{l} (\dot{m}_{r1} + \dot{m}_{r2})s_{15} + \dot{m}_{r4}s_{12} + \dot{m}_{r3}s_6 \\ -(\dot{m}_{r1} + \dot{m}_{r2})s_5 - \dot{m}_{r3}s_{11} - \dot{m}_{r4}s_{14} \end{array} \right]$
Pressure Regulator-1	$\dot{E}x_{13} / \dot{E}x_{12}$	$T_0 \dot{m}_{r4} (s_{13} - s_{12})$
Pressure Regulator-2	$\dot{E}x_7 / \dot{E}x_6$	$T_0 \dot{m}_{r3} (s_7 - s_6)$
Pressure Regulator-3	$\dot{E}x_{19} / \dot{E}x_{18}$	$T_0 \dot{m}_a (s_{19} - s_{18})$
Expansion Valve-1	$\dot{E}x_{17} / \dot{E}x_{15''}$	$T_0 \dot{m}_{r1} (s_{17} - s_{15''})$
Expansion Valve-2	$\dot{E}x_{16} / \dot{E}x_{15'}$	$T_0 \dot{m}_{r2} (s_{16} - s_{15'})$
Expansion Valve-3	$\dot{E}x_{11} / \dot{E}x_{10}$	$T_0 \dot{m}_{r3} (s_{11} - s_{10})$
Evaporator-1	$(\dot{E}x_{18} + \dot{E}x_{14}) / (\dot{E}x_{13} + \dot{E}x_{25})$	$T_0 [\dot{m}_{r4} (s_{14} - s_{13}) - \dot{m}_a (s_{18} - s_{25})]$
Evaporator-2	$(\dot{E}x_1 + \dot{E}x_{19}) / (\dot{E}x_{19} + \dot{E}x_{17})$	$T_0 [\dot{m}_{r1} (s_1 - s_{17}) - \dot{m}_a (s_{20} - s_{19})]$
Evaporator-3	$(\dot{E}x_3 + \dot{E}x_{21}) / (\dot{E}x_{20} + \dot{E}x_{16})$	$T_0 [\dot{m}_{r2} (s_3 - s_{16}) - \dot{m}_a (s_{21} - s_{20})]$
Sub-cooler	$(\dot{E}x_{10} + \dot{E}x_{23}) / (\dot{E}x_9 + \dot{E}x_{22})$	$T_0 [\dot{m}_{r3} (s_{10} - s_9) - \dot{m}_a (s_{23} - s_{22})]$
Blower	$\dot{E}x_{24} / \dot{E}x_{23}$	$T_0 \dot{m}_a (s_{24} - s_{23})$
Dryer	$\dot{E}x_{25} / \dot{E}x_{24}$	$T_0 \dot{m}_a (s_{25} - s_{24})$
Condenser	$(\dot{E}x_{22} + \dot{E}x_9) / (\dot{E}x_8 + \dot{E}x_{21})$	$T_0 [\dot{m}_{r3} (s_9 - s_8) - \dot{m}_a (s_{22} - s_{21})]$

#### 4. Results and Discussion

Three-stage heat pump dryer is thermodynamically analyzed by using Engineering Equation Solver (EES) in this parametric study. The effect of air and refrigerant, environment temperature and pressure on efficiencies and power consumption of system compressor are investigated in detail. Exergy efficiencies of the components are given for refrigerant 134-a and air in Figure 2. It is revealed that mixer1 (89.9%) has the highest exergy efficiency while mixer 2 (30.52%) has the lowest one. In addition, the some components' exergy efficiencies are in the following order: Dryer 61%, evaporator-1 69.59%, evaporator-2 77.21%, evaporator-3 80.36%, condenser 61.66%, sub-cooler 60.69%, and blower 73.51%.

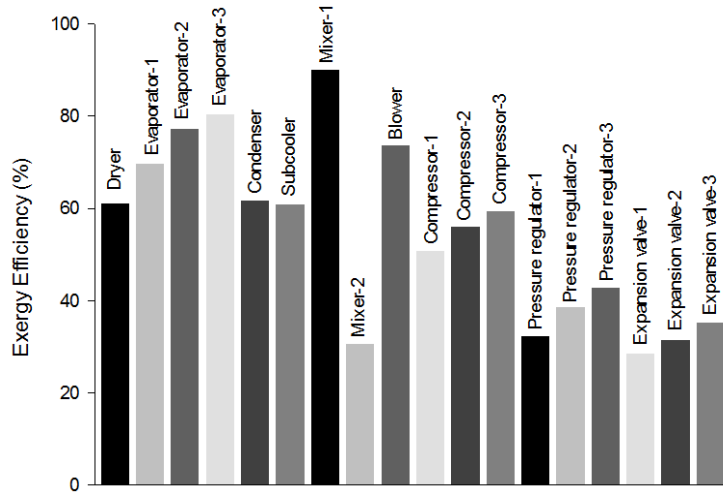


Figure 2. Exergy efficiencies of parts of system for air and R134-a

Exergy destruction rates for system components are illustrated by utilizing R134-a, R12, and R22 in Figure 3(a)-(c). Mass flow rate of air is 0.4 kg/s. According to the system analysis, it is noticed that dryer and blower do not influence from types of refrigerants. Because, air flows in them. In addition, exergy destruction rate for the overall system decreases when R12 is used. R22 has the highest waste of exergy. Exergy destruction rates are obtained in the following ascending order for R134-a: Mixer-1 0.06 kW, condenser 0.1028 kW, blower 0.6107 kW, mixer-2 0.6848 kW, sub-cooler 1.1120 kW, evaporator-2 1.2710 kW, evaporator-3 3.8230 kW, evaporator-1 4.1850 kW, and dryer 6.4110 kW.

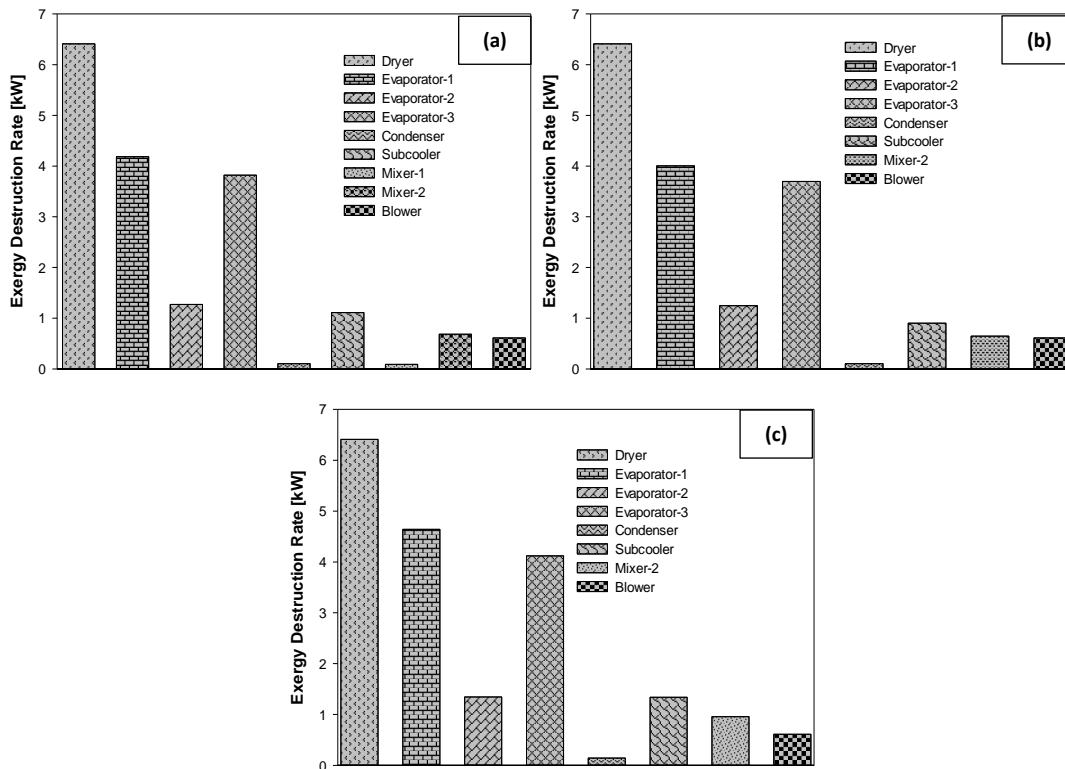


Figure 3. Exergy destruction rates of parts of system using (a) R134-a, (b) R12, (c) R22

Figure 4 represents the effects of the mass flow rate of air on drying unit (dryer, blower, evaporator-1, evaporator-2, evaporator-3, condenser, and sub-cooler) of exergy destruction rate. Mass flow rate of air is chosen such as 0.4 kg/s, 0.6 kg/s, and 0.8 kg/s. It is revealed that exergy destruction rate of all parts of the drying unit increases by increasing mass flow rate of air. When the mass flow rate of air is increased from 0.4 kg/s to 0.6 kg/s, the increment percentage of exergy destruction rate of the dryer, blower, evaporator-1, evaporator-2, evaporator-3, condenser, and sub-cooler are 49%, 50%, 41.6%, 44.8%, 43.5%, 40.17%, and 7.64%, respectively. When the mass flow rate of air is reached 0.8 kg/s, the increment percentage of exergy destruction rate of the drying unit (with the same upper order) are 33.3%, 33.2%, 29.3%, 31%, 30.3%, 28.66%, and 7.1%, respectively. Briefly, it can be concluded that percentage of exergy destruction rate decreases by increasing mass flow rate of air. Furthermore, dryer and blower significantly influence variation of air mass flow rate in comparison to sub-cooler.

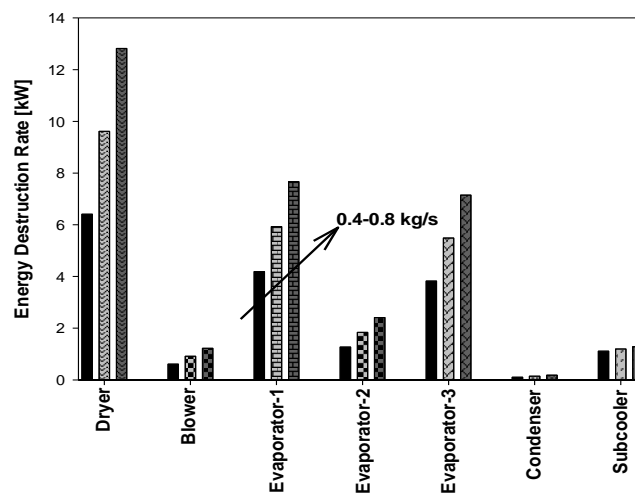


Figure 4. Exergy destruction rates of parts of system using R134-a for different mass flow rate of air

Figure 5 represents the distribution of energy and exergy efficiencies by using R134-a, R12, and R22 for different pressure ratios. It is obtained that energy and exergy efficiencies decrease by increasing pressure ratio for all refrigerants. R12 has the highest efficiencies. The total exergy efficiency increases after pressure ratio of 11 when using R22. The effects of mass flow rate of air on overall energy and exergy efficiencies are exhibited for R134-a, R12, and R22 in Figure 6. Mass flow rate of air is changed between 0.2-0.8 kg/s. The efficiencies show an upward trend for each refrigerant. It is obtained that R12 has the best performance for the three-stage heat pump dryer at the highest mass flow rate of air. Energy efficiency of R134-a and R22 is close each other after mass flow rate of air of 0.5 kg/s.

Energy and exergy efficiencies for various ambient pressure and temperature are almost insignificant. Namely, the heat pump drying system shows similar performance parameters at any season of a year. Figures 7(a)-(c) represent distribution of energy efficiency with various mass flow rate of refrigerants such as R12, R22, and R134-a, respectively. It is noticed that energy efficiency increases with decreasing mass flow rate of R12 and R134-a. Otherwise, energy efficiency increases with increasing mass flow rate of R22. In other words, energy efficiency starts with the value of 41.8% and 39.6% and results with the value of 44.7% and 41.9% for R12 and R134-a, respectively. When the slopes of the Figures 7(a)-(c) is measured, mass flow rate of  $\dot{m}_{r2}$  has the lowest effect on energy efficiency for all refrigerants. Variation of mass flow rate of R12, R22, and R134-a effects are investigated on exergy efficiency in Figure 8(a)-(c), respectively. It can be seen from the figures that mass flow rate of refrigerants significantly influences the exergy efficiency. Exergy efficiency increases by decreasing the mass flow rate of refrigerants. Also,  $\dot{m}_{r2}$  shows a lower impact when compared to the mass flow rate of  $\dot{m}_{r1}$ ,  $\dot{m}_{r3}$ , and  $\dot{m}_{r4}$  on exergy efficiency. Exergy and energy efficiency has the same trend for R12 and R134-a while Exergy and energy efficiency has opposite trend for R22.

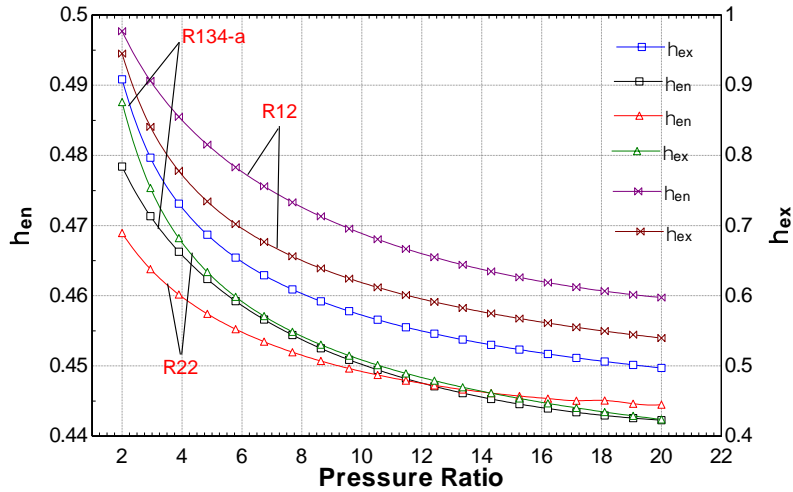


Figure 5. Distribution of overall system energy and exergy efficiencies with pressure ratio for different refrigerants

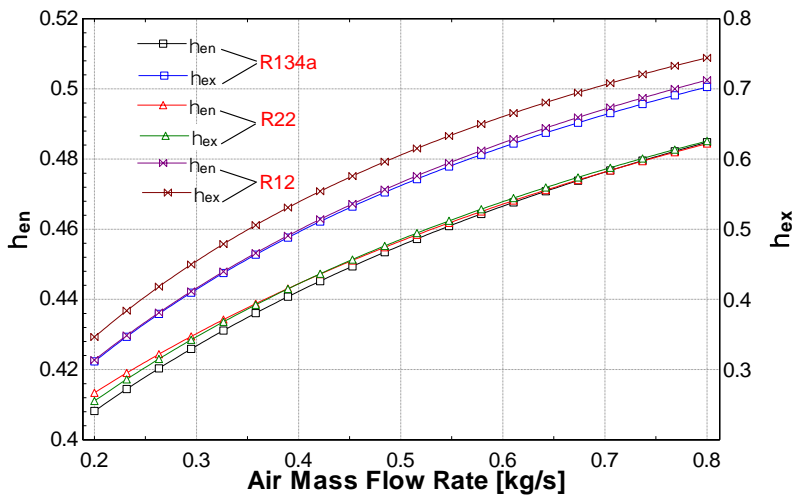
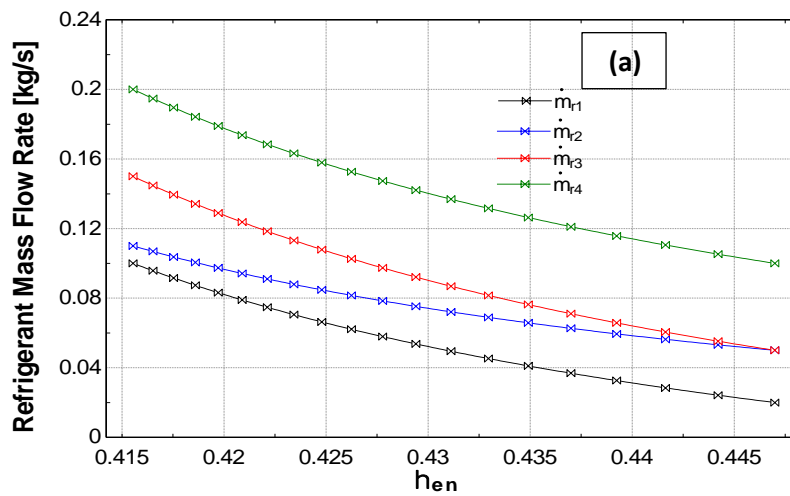


Figure 6. Distribution of overall system energy and exergy efficiencies with mass flow rate of air for different refrigerants



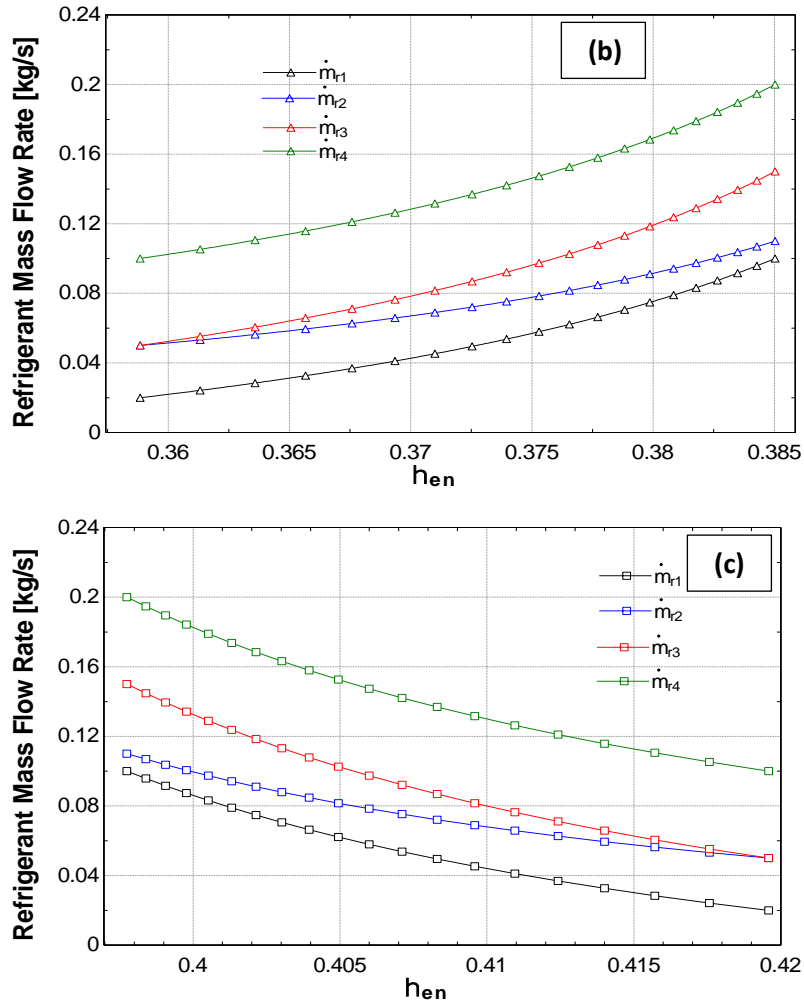
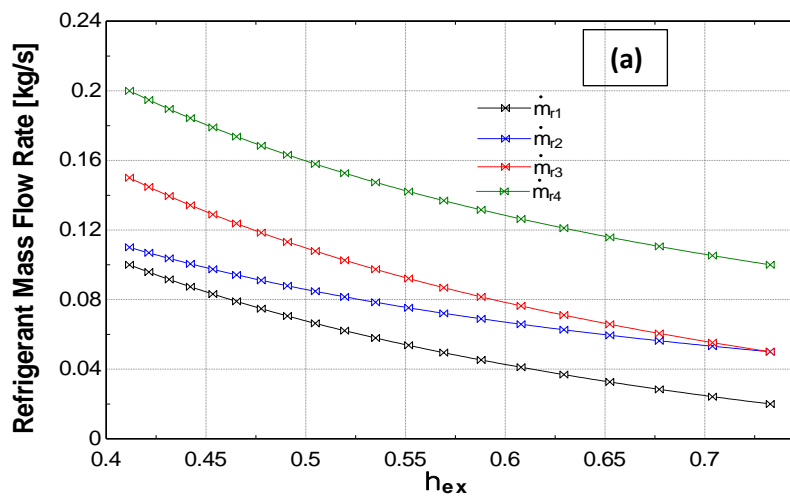


Figure 7. Distribution of overall system energy efficiency with mass flow rate of different refrigerants (a) R12, (b) R22, and (c) R134-a



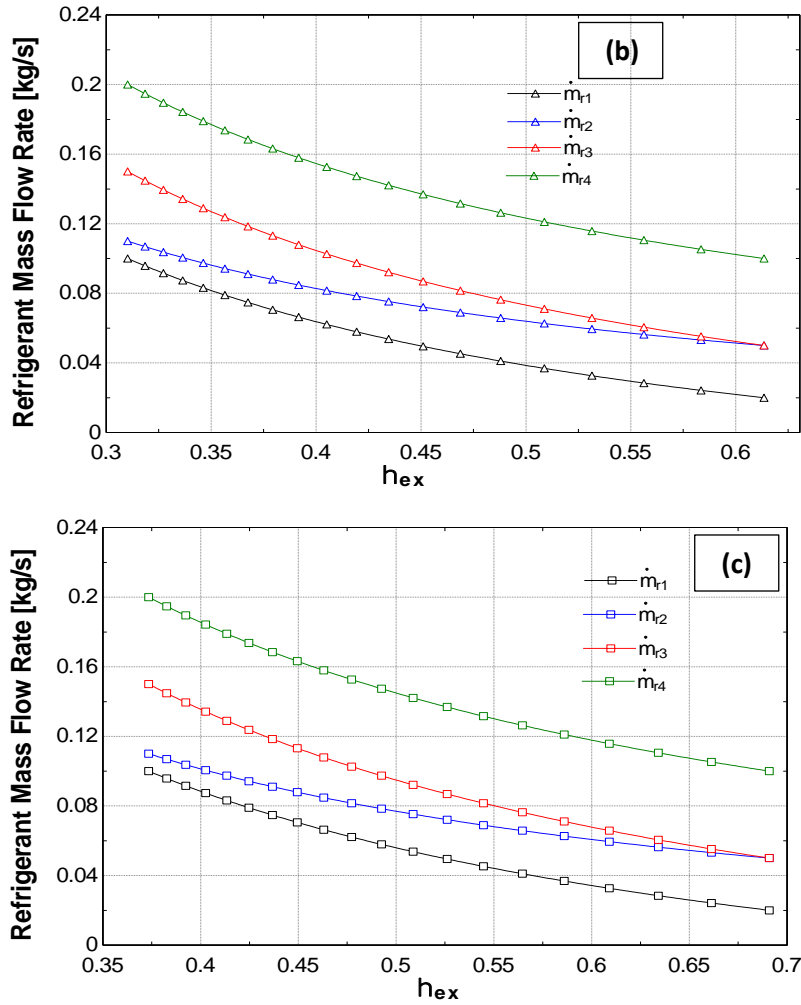


Figure 8. Distribution of overall system exergy efficiency with mass flow rate of different refrigerants (a) R12, (b) R22, and (c) R134-a

Figure 9 represents power consumption of compressor-1, compressor-2, and compressor-3 for R134-a, R12, and R22. It can be concluded that types of refrigerants substantially affect the power consumption of system compressors. It is obtained that power consumptions of compressor-1 are given the following order for R22, R134-a, and R12: 4.024 kW, 3.074 kW, and 2.668 kW. Power consumptions of compressor-2 are determined as 6.437 kW, 4.84 kW, and 4.218 kW for R22, R134-a, and R12. Also, Power consumptions of compressor-3 are calculated as 7.95 kW, 6.297 kW, and 5.407 kW for R22, R134-a, and R12. Power consumption is the lowest value when using R12 for all compressors.



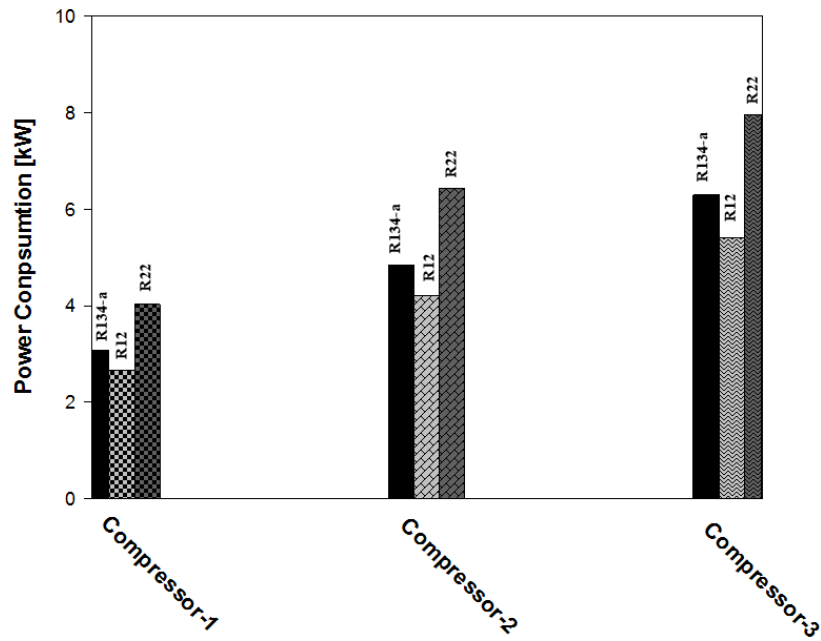


Figure 9. Power consumption distribution of system compressors for different refrigerants

Figure 10, Figure 11, and Figure 12 show power consumption of compressor-1, compressor-2, and compressor-3 with refrigerant mass flow rate for R134-a, R12, and R22. Mass flow rate of refrigerant  $\dot{m}_{r1}$ ,  $\dot{m}_{r2}$ ,  $\dot{m}_{r3}$ , and  $\dot{m}_{r4}$  are changed between 0.02-0.1 kg/s, 0.05-0.11 kg/s, 0.05-0.15 kg/s, and 0.1-0.2 kg/s, respectively. It is observed from the figures that power consumption increases with following order: compressor-1, compressor-2, and compressor-3. Power requirement for compressors linearly increases by increasing mass flow rate of refrigerants. Furthermore, power requirement is significantly influenced by the types of refrigerants. It is revealed that power consumption of compressor is decreased by using R12. R22 has the highest power requirement for triggering the system. On the other hand, R12 has the steepest slope while R22 is exactly the opposite.

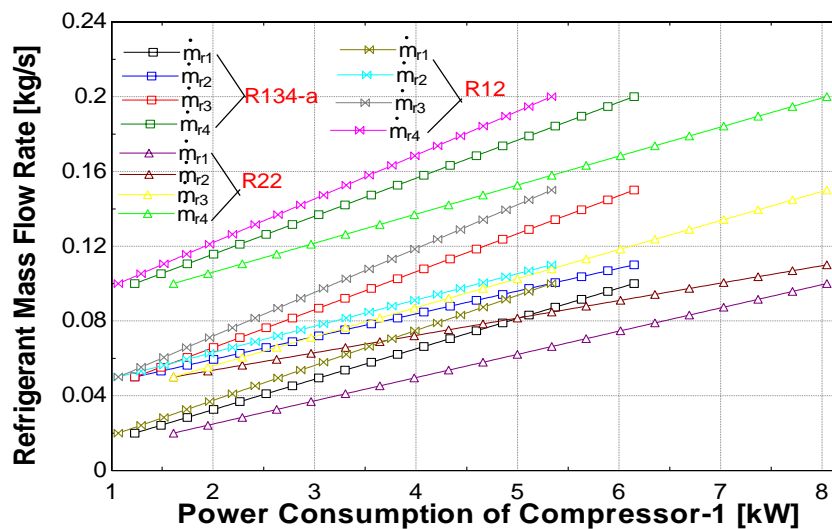


Figure 10. Power consumption distribution of the compressor-1 for different refrigerants

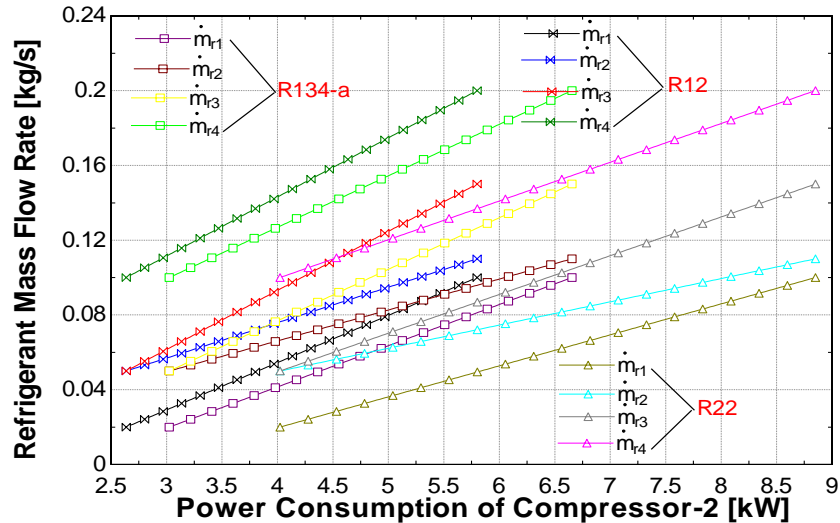


Figure 11. Power consumption distribution of the compressor-2 for different refrigerants

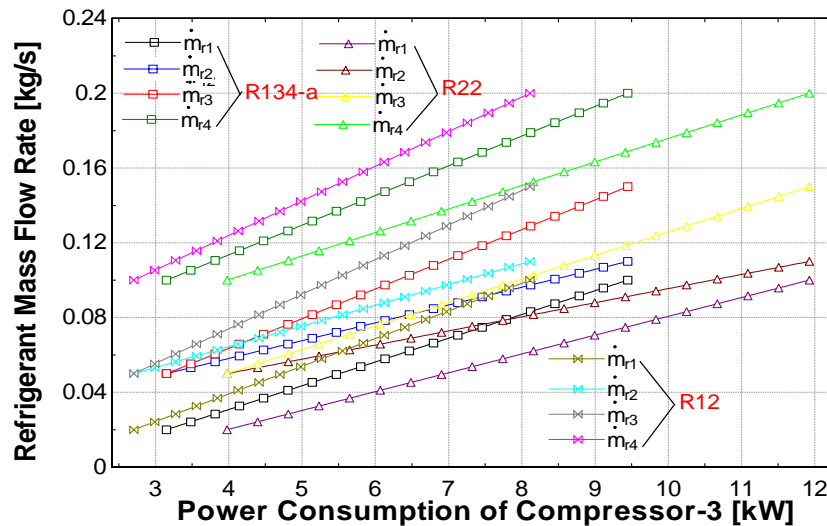


Figure 12. Power consumption distribution of the compressor 3 for different refrigerants

#### 4. Conclusion

A three-stage heat pump drying system is proposed and is investigated in terms of energy and exergy performances. The effects of system are analyzed with respect to ambient temperature and pressure, power consumption of system compressor, and air and refrigerant mass flow rates. Types of refrigerants substantially affect the energy and exergy efficiencies. R12 shows the best performance while R22 represents the lowest performances. The effects of ambient conditions are almost negligible for the studied system. Furthermore, both mass flow rate of air and refrigerants have a key role on energy and exergy efficiencies. In addition, the pressure ratio of compressors is another key factor affecting the efficiency of system. Power requirement of compressors are lowest when using R12 in comparison to R22 and R134-a. The overall system energy and exergy efficiency is 44.23% and 55.7%, respectively. Exergy destruction rate is the highest at dryer.

#### Nomenclature

$C_p$  : specific heat (kJ/kgK)

$COP$  : coefficient of performance (-)

$ex$  : exergy

- $E\dot{x}^Q$  : thermal exergy rate (kW)  
 $E\dot{x}_d$  : exergy destruction rate (kW)  
 $h$  : specific enthalpy (kJ/kg)  
 $\dot{m}$  : mass flow rate (kg/s)  
 $P$  : pressure (kPa)  
 $R$  : gas constant (kJ/kgK)  
 $s$  : specific entropy (kJ/kgK)  
 $\dot{S}$  : entropy (kJ/K)  
 $T$  : temperature  
 $\dot{Q}$  : thermal energy rate (kW)  
 $\dot{W}$  : power (kW)

**Greek Symbol**

- $\omega$  : specific humidity rate (kg water/kg air)  
 $\psi$  : exergy efficiency (-)  
 $\eta$  : energy efficiency (-)

**Subscripts**

- en : energy  
ex : exergy  
a : air  
r : refrigerant  
0 : ambient  
b : bulk  
gen : generation  
in : inlet  
out : outlet  
L : low  
H : high

**References**

1. **Ameen, A., & Bari, S. (2004)**. Investigation into the effectiveness of heat pump assisted clothes dryer for humid tropics. *Energy Conversion and Management*, 45(9), 1397-1405.
2. **Brundrett, G. W. (2013)**. *Handbook of Dehumidification Technology*. Butterworth-Heinemann.
3. **Ceylan, I., Aktaş, M., & Doğan, H. (2007)**. Energy and exergy analysis of timber dryer assisted heat pump. *Applied Thermal Engineering*, 27(1), 216-222.
4. **Chua, K. J., & Chou, S. K. (2005)**. A modular approach to study the performance of a two-stage heat pump system for drying. *Applied Thermal Engineering*, 25(8), 1363-1379.

5. Colak, N., & Hepbasli, A. (2005). Exergy analysis of drying of apple in a heat pump dryer. In *Second International Conference of the Food Industries and Nutrition Division on Future Trends in Food Science and Nutrition* (pp. 27-29).
6. Cunney, M. B., & Williams, P. (1984). An engine-driven heat pump applied to grain drying and chilling. In G. A. Watts, & J. E. A. Stanbury (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on the Large-Scale Applications of Heat Pumps* (pp. 25-27). Cranfield^ eBedford Bedford: BHRA.
7. Erbay, Z., & Hepbasli, A. (2013). Advanced exergy analysis of a heat pump drying system used in food drying. *Drying Technology*, 31(7), 802-810.
8. Erbay, Z., & Hepbasli, A. (2014). Advanced exergoeconomic evaluation of a heat pump food dryer. *Biosystems Engineering*, 124, 29-39.
9. Erbay, Z., & Hepbasli, A. (2017). Exergoeconomic evaluation of a ground-source heat pump food dryer at varying dead state temperatures. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1425-1435.
10. Erbay, Z., & Icier, F. (2009). Optimization of drying of olive leaves in a pilot-scale heat pump dryer. *Drying Technology*, 27(3), 416-427.
11. Gaggioli, R. A. (Ed.). (1980). *Thermodynamics: Second Law Analysis*. American Chemical Society.
12. Gan, S. H., Ong, S. P., Chin, N. L., & Law, C. L. (2017). A comparative quality study and energy saving on intermittent heat pump drying of Malaysian edible bird's nest. *Drying Technology*, 35(1), 4-14.
13. Hodgett, D. L. (1976). Efficient drying using heat pumps. *Chemical Engineer(London)*, (311), 510-12.
14. Jung, D. S., & Radermacher, R. (1991). Performance simulation of a two-evaporator refrigerator—freezer charged with pure and mixed refrigerants. *International Journal of Refrigeration*, 14(5), 254-263.
15. Li, C. J., & Su, C. C. (2003). Experimental study of a series-connected two-evaporator refrigerating system with propane (R-290) as the refrigerant. *Applied Thermal Engineering*, 23(12), 1503-1514.
16. Meyer, J. P., & Greyvenstein, G. P. (1992). The drying of grain with heat pumps in South Africa: A techno-economic analysis. *International Journal of Energy Research*, 16(1), 13-20.
17. Namsanguan, Y., Tia, W., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2004). Drying kinetics and quality of shrimp undergoing different two-stage drying processes. *Drying Technology*, 22(4), 759-778.
18. Rose, R. J., Jung, D., & Radermacher, R. (1992). Testing of domestic two-evaporator refrigerators with zeotropic refrigerant mixtures. In *ASHRAE Winter Meeting, Anaheim, CA, USA, 01/25-29/92* (pp. 216-225).
19. Rosen, M. A., Dincer, I., & Kanoglu, M. (2008). Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact. *Energy Policy*, 36(1), 128-137.
20. Simmons, K. E., Haider, I., & Radermacher, R. (1996). Independent compartment temperature control of Lorenz-Meutzner and modified Lorenz-Meutzner cycle refrigerators (No. CONF-960254--). *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*, Atlanta, GA (United States).
21. Söylemez, M. S. (2006). Optimum heat pump in drying systems with waste heat recovery. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 292-298.
22. Şevik, S., Aktaş, M., Doğan, H., & Koçak, S. (2013). Mushroom drying with solar assisted heat pump system. *Energy Conversion and Management*, 72, 171-178.
23. Zhu, W. K., Wang, L., Duan, K., Chen, L. Y., & Li, B. (2015). Experimental and numerical investigation of the heat and mass transfer for cut tobacco during two-stage convective drying. *Drying Technology*, 33(8), 907-914.

# AN OPTIMIZED COMET ASSAY PROTOCOL FOR *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Fahriye Zemheri Navruz

Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science, Bartın University, 74110, Bartın, Turkey.

## Abstract

Genotoxins can cause various disorders in chromosome and DNA structure such as gene mutations, chromosome abnormalities and DNA chain breaks. This situation has been associated with the concept of genetic toxicity. Genotoxicity tests have been developed to predict the possible effects of genotoxins on all living things in nature. The single cell gel electrophoresis assay (SCGE, also known as comet assay) is used as the fastest, easy and sensitive. The Comet method is based on distinctive migration characteristics of DNA molecules having different electrical charges and molecular weights at alkaline pH. According to this method, nucleolus' and cells can be visualized by staining with a fluorescent dye by first placing between the agarose layers and then running at alkaline electrophoresis buffer and lysis solution and lastly applying neutralization procedure. The displayed DNA fractures are measured and evaluated according to tail length. DNA images are graded according to the degree of damage. DNAs that are not damaged are evaluated as arbitrary units (AU) by scoring 0 and damage DNAs are scored from 1 to 4 according to the degree of damage. Comet assay is a useful method in evaluating the potential toxic effect. *Drosophila melanogaster* is the most important non-mammalian organism used in the fields of medicine and biology. *Drosophila melanogaster* has been used for many years as an *in vivo* model organism for potential toxicity and genotoxicity studies. It is important to determine the damage of genotoxins on DNA. It was preferred because it was easy to obtain and grow in the laboratory, the larvae were cheap and the life cycle was short-lived. Comet analysis using *Drosophila melanogaster* tissues to determine the damage of various genotoxins on DNA is an effective and easy method. This study aims to explain the alkaline Comet assay aimed to determine the effect of general various genotoxins on *Drosophila melanogaster* tissues.

**Keywords:** *Drosophila Melanogaster*, genotoxicity, comet assay.

## 1. Introduction

Contrary to biological incidents causing DNA damage (e.g. mutations and chromosome abnormalities, etc.), a range of techniques are used so as to identify DNA damage caused by substances which have genotoxic activity (Tice et al.,2000).

Researchers analyze DNA damage caused by various agents in their toxicology studies. These DNA damages include such damages as DNA adducts, DNA breaks, chromosomal abnormalities and gene mutations. Genotoxicity studies increase in importance day by day as genotoxicity causes various diseases such as cancer and aging. Genotoxicity tests are developed especially to measure carcinogenic potential of mutagenic and genotoxic substances (Sezginer & Dane, 2016). "Comet Assay" takes an important place among genotoxicity tests. With the use of plants, a wide range of terrestrial or aquatic species especially in environmental risk assessments, comet assay has been among the most widely conducted experiments (Langie et al., 2015).

In addition, *D. melanogaster* has become one of the most widely used model organisms in experimental studies on human health (Gaivão & Sierra, 2014; Langie et al., 2015). Various larvae (from brain, midgut, hemolymph and virtual disk) and pubescent forms of this model organism have been widely used in comet assay (Gaivão & Sierra, 2014). Comet assay was first tested on *D.melanogaster* in 2002. Since 2002, fly studies have been attracting more attention thanks to the assay. Many researchers point out that in *D.melanogaster*, the use of comet assay for toxicology studies is an important potential. Comet practice may clarify impact mechanisms of toxins which may considerably affect the limited research conducted on vertebrates. It is also considered that the use of comet assay for DNA stability assessment of flies will rapidly become more widespread in the future with a high degree of probability (Augustyniak et al.,2015).

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

Fahriye Zemheri-Navruz (Dr.); Department of Molecular Biology and Genetics,  
Faculty of Science, Bartın University, 74110, Bartın, Turkey.  
Tel: +90 (378) 501 1000,  
E-mail: fzemheri@bartin.edu.tr

Geliş (Received) : 31.05.2019  
Kabul (Accepted) : 24.07.2019  
Basım (Published) : 31.07.2019

This study aims to introduce *D. melanogaster* model organism and comet assay and to clarify a comet assay protocol which is optimized for *D. melanogaster*.

## 2. *Drosophila Melanogaster*

*D. melanogaster* (phylum of Arthropoda, class of insecta, order of diptera, genus of *D. melanogaster*) is an invertebrate model organism which most resembles human beings. When compared to other model systems, this non-mammal model system has various advantages such as short life cycle, being easily cultured, ease of care, rapid sexual maturation, multiple molecular mechanisms and ease of experimental manipulation. Furthermore, they are the reason behind frequent use of *D. melanogaster* in toxicology studies. When *D. melanogaster* genome sequencing is analyzed, it is revealed that 70% of human genes have orthologs of *D. melanogaster* genes. In addition, most of the genes which regulate reproduction are those genes which are also protected in vertebrates. *D. melanogaster* is an excellent *in vivo* genetic model system for toxicity studies thanks to its 65-70% of functional homology with human beings as well as the proven genetics and developmental biology (Tiwari et al., 2011). Nucleotide sequencing of almost whole 120-megabase euchromatic portion of *D. melanogaster* genome has been completed to a large extent. Also, analyses reveal that 13,600 genes have been coded (Adams et al., 2000).

*D. melanogaster* is a key model in improving research on molecular mechanisms of ageing. Signal reduction through insulin and IGF-I (Insulin-like growth factor-I) in healthy aging has a critical role in ensuring evolutionary protection. It is possible to easily conduct research on how *D. melanogaster* may change the process of aging by taking into consideration the genetic findings (with the movements in intestines and muscles) thanks to its vulnerability throughout its life cycle and as it is possible to conduct external intervention (Piper & Partridge, 2018).

In a study conducted with *D. melanogaster*, it is observed that vitamin C leads to a substantial increase in survival, development and copulating success of flies in their life cycles. Consequently, it gives rise to thought that vitamin C may suppress the induction of oxidative stress (Ong et al., 2014).

## 3. Comet Assay

Comet assay is known as single cell gel electrophoresis experiment. It is a method used in single cell eukaryotes so as to identify DNA damage in qualitative and quantitative terms. It has become one of the most popular and most common methods for -especially *in vivo*- genotoxicity studies over the past decade. The assay has become popular thanks to its simplicity and the availability of various tissue cells, and as it requires few cells (Carmona et al., 2011). Comet assay is a method used to identify DNA strand break in individual cells and this technique has both alkaline and neutral versions (Fairbairn et al., 1995). In this study, it is observed that alkaline version of Comet assay is a suitable method for *D. melanogaster*.

### 3.1 Comet Assay Protocol Conducted with *Drosophila Melanogaster*

- 0.5% Agarose which has a low melting point (LMA: Low Melting Agarose) is melted for comet analysis and kept in a heater at 40°C so as to ensure that it is not frozen.
- 1% Agarose which has a normal melting point (NMA: Normal Melting Agarose) is prepared and covered by slides.
- After fly specimens are completely minced in HBSS Solution (20mM EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid)/10% DMSO (Dimethyl sulfoxide)), 50 µl is taken from the mixture and 100 µl is taken from 0.5%-LMA and they are mixed, which is added to slide covered by NMA and kept until frozen. It is kept at 4°C for 5 minutes.
- Preparations (2.5 M NaCl (Sodium Chloride), 100 mM EDTA, 10 mM Tris base are arranged at pH.10 and 1% Triton X-100 and 10% DMSO are freshly added) are kept in lysis solution for 1 hour at 4°C.
- Preparations (10N NaOH (Sodium Hydrochloride), 200mM EDTA, pH>13.0) are kept in electrophoresis buffer at 4°C for 15 minutes.
- Alkaline electrophoresis 24 V and 300 mA are performed for 40 minutes.
- Preparations are neutralized in 0.4 M Tris buffer (pH 7.5) for 5 minutes.
- Afterwards, preparations are stained with ethidium bromide (10 µl/ml) and fluorescence microscope (Zeiss, Germany) is used to analyze them (Dhawan et al., 2009).
- 100 comets on each slide are visually classified in a way to be in one of five classes which are predefined in accordance with tail density and each scored comet is given a value of 0, 1, 2, 3, or 4.

Among 100 cells, those who are damaged are scored from undamaged (0) to maximally damaged (4) (Olive & Banáth, 2006).

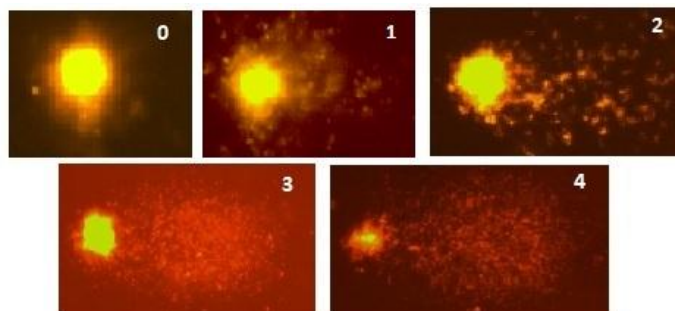


Figure 2. Image of comet assay in gel. (Bartın University, Molecular Biology and Genetic Lab.)

#### 4. Discussion and General Conclusions

When studies conducted and test protocols used are analyzed, the test protocol suitable for *D.melanogaster* species is compiled in this study thanks to trials carried out. The use of *D.melanogaster* model organism in comet assay increases in importance day by day. To illustrate, in a study conducted with *D.melanogaster*, it is found that there is a significant positive correlation between chlorpyrifos and production of ROS (reactive oxygen species), apoptosis and DNA damage. (i) It is thought that ROS may cause apoptosis and DNA damage in *D. melanogaster* larvae which are exposed to genotoxins such as chlorpyrifos, and (ii) it is expressed that *D. melanogaster* can be used as an alternative for *in vivo* animal model for xenobiotic risk assessment (Gupta et al., 2010). In another study, it is observed that medaka (*Oryzias latipes*) fish are exposed to genotoxins such as 4-NP for 15 days and it is revealed through comet assay that it causes the highest DNA damage at the highest dose (100 µg/l) (Sayed et al., 2018). According to the studies conducted, it can be assumed that distributed image (Figure 2) of DNA, the damage of which is detected through comet assay, also represents apoptotic cells (Collins, 2004). It is important to learn the impact of substances -to which creatures are exposed due to environmental pollution increasing with the advancement of technology- on DNA damage so as to diagnose in advance diseases such as cancer, aging, etc.

Finally, the results obtained by the alkaline *in vivo* comet assay in *D.melanogaster* tissue clearly demonstrate that this is a suitable *in vivo* assay for the detection of DNA damage caused by chemical and physical mutagens (Carmona et al., 2011). Briefly, in this review, the comet assay steps optimized for *D.melanogaster* tissues are described in detail for researchers working with comet analysis on *D.melanogaster*.

#### 5. Acknowledgement

This manuscript was presented as poster at the International Conference on Data Science and Applications in Congress, Yalova, in Turkey (2018).

#### 6. References

1. Adams M.D., Celniker S.E., Holt R.A., Evans C.A. & Gocayne J.D. (2000). The Genome Sequence of *Drosophila melanogaster*. Science, New Series, Vol. 287, No.5461:2185-2195.
2. Augustyniak M. Gladysz M. Dziewie M. 2015. The Comet assay in insects—Status, prospects and benefits for science. Mutat. Res.: Rev. Mutat. Res. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2015.09.001>.
3. Carmona E.R., Guecheva T.N., Creus A. & Marco R. (2011). Proposal of an In Vivo Comet Assay Using Haemocytes of *Drosophila melanogaster*. Environmental and Molecular Mutagenesis. 52:165-169.
4. Collins A.R. (2004). The Comet Assay for DNA Damage and Repair; Principles, Applications, and Limitations. Molecular Biotechnology. 26: 249-261.
5. Dhawan A., Bajpayee M., Pandey A.K. & Parmar D. (2009). Protocol for the single cell gel electrophoresis/comet assay for rapid genotoxicity assessment. Developmental Toxicology Division Industrial Toxicology Research Centre Marg, Lucknow 226001 U.P. India, Retrieved September 21, 2013 from <http://www.cometassayindia.org/Protocol%20for%20Comet%20Assay.PDF>.
6. Fairbairn D.W., Olive P.L. & O'Neill K.L. (1995). The comet assay: a comprehensive review. Mutation Research. 339:37-59.
7. Gaivão I. & Sierra L.M. (2014). *Drosophila* comet assay: insights, uses, and future perspectives. Frontiers in Genetics. August 2014 | Volume5 | Article 304:1-8.

8. **Gupta S.C., Mishra M., Sharma A., Balaji T.G.R.D., Kumar R., Mishra R.K. & Chowdhuri D.K. (2010).** Chlorpyrifos induces apoptosis and DNA damage in *Drosophila* through generation of reactive oxygen species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73:1415–1423.
9. **Langie S.A.S., Azqueta A. & Collins A.R. (2015).** The comet assay: past, present, and future. *Frontiers in Genetics*|www.frontiersin.org 1 August 2015|Volume6|Article266:1-3.
10. **Olive P.L. & Banáth J.P. (2006).** The comet assay: a method to measure DNA damage in individual cells. *Nature Protocols* | VOL.1 NO.1: 23-29.
11. **Ong C., Yung L.Y.L., Cai Y., Bay B.H. & Baeg G.H. (2014).** *Drosophila melanogaster* as a model organism to study nanotoxicity. *Nanotoxicology*. ISSN: 1743-5390 (print), 1743-5404 (electronic) *Nanotoxicology*, Early Online: 1–8. DOI: 10.3109/17435390.2014.940405.
12. **Piper M.D.W. & Partridge L. (2018).** *Drosophila* as a model for ageing. *BBA - Molecular Basis of Disease*. 1864:2707–2717.
13. **Sezginer H. & Dane F. (2016).** Genotoxic Analysis Methods of Toxic Substances. *Turkish Journal of Scientific Compilations*. 9 (1): 50-55.
14. **Sayed A.E.D.H., Watanabe-Asaka T., Oda S., Kashiwada S. & Mitani H. (2018).**  $\gamma$ -H2AX foci as indication for the DNA damage in erythrocytes of medaka (*Oryzias latipes*) intoxicated with 4-nonylphenol. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2985-z>.
15. **Tice R.R., Agurell E., Anderson D., Burlinson B., Hartmann A., Kobayashi H., Miyamae Y., Rojas E., Ryu J.-C. & Sasaki Y.F. (2000).** Single Cell Gel/Comet Assay: Guidelines for *in vitro* and *in vivo* Genetic Toxicology Testing. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 35:206-221.
16. **Tiwari A.K., Pragya P., Ram K.R. & Chowdhuri D.K. (2011).** Environmental chemical mediated male reproductive toxicity: *Drosophila melanogaster* as an alternate animal model. *Theriogenology* 76:197–216.



# GÖÇMEN KUŞLARI TEHDİT EDEN FAKTÖRLER

Nuri Kaan ÖZKAZANÇ<sup>1,\*</sup> Emir ÖZAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, Türkiye.

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, Bartın, Türkiye.

## Öz

Biyolojik çeşitliliğin önemli parçası olan kuşlar hem yerel yaşam alanlarında hem de göç esnasında birçok farklı etmen tarafından tehdit edilmektedir. Bu etmenler sebebi ile bazı kuş türlerinin popülasyonları azalırken bazı türlerde küresel ölçekli azalmalar görülmektedir. Bu çalışma ile küresel ölçekli olarak kuşları tehdit eden etmenler derlenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda alınabilecek önlemler hakkında öneriler yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda kuşları tehdit eden faktörler doğal düşmanlar, iklim şartları, doğal afetler ve insanlar olarak sıralanmıştır. Bu faktörlerden en tehlikelisinin insan olduğu ve kuşları korumak için insan kaynaklı faktörlerin azaltılmasının en etkili yol olduğu vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuş, göçmen, tehdit, insan, faktör.

## THE FACTORS THAT THREATEN THE MIGRATORY BIRDS

### Abstract

Birds differ from other animals with their many differences morphological and biological features. Many bird species have adapted to living in water, on land and in the air with these features. Feathers covering the bodies are not found in any other animal group. There are between 8500 and 10000 bird species in the world. In Turkey, there are 487 species of birds. Another important reason that is been much of the bird species in Turkey, Turkey have two major bird migration that passing through Anatolia's.

But Birds, which are an important part of biodiversity, are threatened by many different factors both in local habitats and during migration. Due to these factors, some bird species' populations decrease while some species decrease globally. In this study, the factors that threaten birds on a global scale are compiled and recommendations are made about the measures that can be taken in line with the results obtained. Factors that threaten birds can be listed as follows.

1. Natural Enemies
2. Climate Conditions
3. Natural disasters
  - a) Hurricanes, storms and other strong winds
  - b) Snowstorm, extreme cold
  - c) Earthquakes and landslides
  - d) Volcano eruptions
  - e) Floods and tsunamis
  - f) Natural forest fires
  - g) Drought and heat waves
4. Human Influence
  - a) Destruction of Living Areas
    - Environmental pollution
    - Industrialization
    - Urbanization
    - Destruction of forests:
  - b) Large Scale Commercial Investments
    - Dams and Hydroelectric power stations
    - Thermal power plants

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

Nuri Kaan ÖZKAZANÇ (Dr.); Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry,  
Bartın University, 74100, Bartın, Turkey. Tel: +90 (378) 223 5147,  
Fax: +90 (378) 223 5066, E-mail: nozkazanc@bartin.edu.tr

Geliş (Received): 08.07.2019

Kabul (Accepted): 25.07.2019

Basım (Published): 31.07.2019

- High voltage lines
  - Wind Turbines
  - Airports and highways:
- c) Agricultural applications
- Barbed wires
  - Drying of wetlands
  - Pesticides
- d) Hunting

As a result of the researches, the factors that threaten the birds are listed as natural enemies, climate conditions, natural disasters and human. It is emphasized that the most dangerous of these factors is human and the reduction of human factors is the most effective way to protect birds. Nevertheless, some measures to be taken to protect birds against natural factors can be listed as follows.

1. Control of populations against any epidemic diseases in domestic bird populations and application of disinfection where possible,
2. Reducing the populations of overgrowing predators, provided that the natural balance is not disturbed,
3. In case of climatic events (drought, snow, cold), which exceed the seasonal norms and reach a level that threatens the birds, the provision of supplementary nutrients, water and artificial shelter (bird's nest, birdhouse) to the habitats,
4. Improving the habitats as soon as possible after taking into account the magnitude of the damage after natural disasters and providing the necessary needs for birds in the area (water, food, etc.).
5. To create donation campaigns and public opinion to support rescue organizations in the affected areas in natural disasters to support rescue projects, to support volunteers,
6. Support renewal conservation efforts such as habitat restoration after natural disaster or captive bird breeding programs

**Keywords:** Bird, migrant, threat, human, factor.

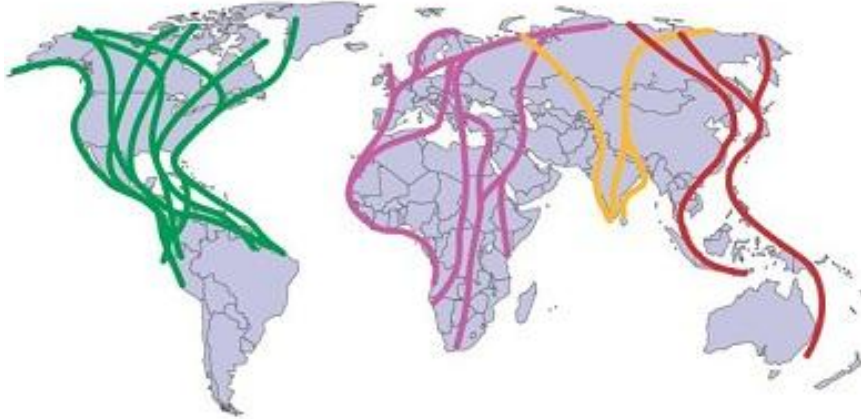
## 1. Giriş

Aves sınıfına dahil olan kuşların ön üyeleri diğer hayvanlardan farklı olarak kanat formuna dönüştükleri için uçabilme yeteneğine sahiptirler. Sahip oldukları bu uçuş özellikleri onlara diğer hayvanların yaşayamadığı alanlara ulaşma ve oralarda yaşama kolaylığı sağlamaktadır. Renk, görünüş, şekil ve gündüz aktif olmaları sebebi ile oldukça iyi tanınan kuşlar aynı zamanda dünyanın bir çok yerinde ekolojik gösterge tür olarak da gösterilmektedir (Şekercioğlu vd., 2007). Ayrıca tüylerin yapısı, şekli, üzerindeki desenleri ve renkleri kuşların tanınmasında ve teşhis edilmesindeki en önemli kriterler arasında yer almaktadır (Gill, 2007). Farklı kaynaklar değerlendirildiğinde dünya üzerinde 8500 ile 10000 arasında kuş türünün olduğu, alttürler ile birlikte bu sayının 29.000'e ulaşacağı sanılmaktadır (Kiziroğlu, 1989; Turan 1990, Çanakçıoğlu & Mol, 1996; Tabur & Ayvaz, 2010).

Kemikleşmiş bir iskelet sistemine sahip olan kuşlarda büyük kemiklerin içleri vücudun ağırlığını azaltmak için boştur. Sıcakkanlı ve akciğer solunu yapan kuşlarda boşaltım metamorfoz tipinde, yarı katı, ürik asit kristalleri halindedir. Kuşların çoğunda syrinx adı verilen bir ses organı bulunur (Çanakçıoğlu & Mol, 1996; Gill 2007). Farklı büyüklük, şekil ve renklerde olan kuşların bazılarında eşeyssel dimorfizm (cinsiyete bağlı görünüş farklılığı) görülmektedir. Kuşlarda çiftleşme sonrası yumurtlama ve kuluçka dönemi gözlenir. Bu gün dünyada bilinen en büyük kuş türü *Struthio camelus* (Afrika Deve Kuşu), kanat açıklığı en büyük olan tür *Diomedea exulans* (albatros) ve en ufak kuş türü ise *Mellisuga minima* (cücekolibri)'dir (Çanakçıoğlu ve Mol 1996).

Biyolojik çeşitliliğin önemli bir parçası olması yanında; zararlı böceklerle mücadele, doğal tohum taşıma gibi bazı ekolojik görevleri de olan kuşlar aynı zamanda besin zincirinin de önemli parçasını oluşturmaktadır (Tabur & Ayvaz, 2010). Şekercioğlu (2006) kuşların faydalarını et, giyim eşyası ve guano (kuş gübresi) gibi tedarik hizmetleri; leş ve atıkların temizlenmesi, omurgasız ve omurgalı zararlıların popülasyonlarının kontrolü, tozlaşma ve bitki tohumu dağıtımı gibi ekolojik düzenleme hizmetleri; kuşların sanat ve dinlerde göze çarpan rolleri ve kuş gözlemciliğine harcanan milyarlarca dolar gibi kültürel hizmetler; nutrientlerin (besin maddelerinin) dönüşümü ve toprak oluşumuna katkısı şeklinde sıralamıştır. Ayrıca kuşların yediği birçok meyve tohumu sindirim sisteminden zarar görmeden geçerek dışkıları ile tekrardan toprağa dönmekte ve bu tohumlar çimlenerek yeni bitkilerin yetişmesine sebep olmaktadır (Tabur & Yavuz, 2010).

Dünyadaki bu duruma paralel olarak Türkiye sahip olduğu coğrafi yapısı ve farklı ekosistem özellikleri sebebi 487 kuş türüyle neredeyse tüm Avrupa'daki kuş türlerinden daha fazla türe sahiptir (Özkazanç, 2016). Bu türlerden 96 tanesi düzenli gözlenen tür olmayıp ülkemiz topraklarına bir şekilde sürüklenen bireylere aittir ve "rastlantısal konuk" olarak adlandırılmaktadırlar (Eken vd., 2006). Türkiye'de kuş türlerinin fazla olmasının önemli sebeplerinden bir diğeri ise Batı Palearktik Bölgede yer alan dört önemli kuş göç yolundan iki tanesinin Anadolu üzerinden geçmesidir. Bu göç yollarının varlığı Türkiye'de kuş türlerinin sayısını ve kuş gözlemin önemini artırmaktadır (Dizdaroğlu, 2015) (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya'daki büyük kuş göç yolları (Tan, 2019).

Batı Palearktik Bölgede yer alan bu dört önemli kuş göç yolu göçmen kuşların kuzey-güney yönlü göçleri esnasında kullandıkları, İspanya, İtalya, kısmen Yunanistan ve Türkiye üzerinden geçen ana göç yollarıdır (Schüz, 1972).

Kuşların üreme bölgelerine gitmek için yaptıkları ilkbahar göçü, Mart ayı ortalarından Haziran ayına kadar sürmektedir. Üreme dönemi, genel olarak ilkbaharda başlayıp yaz mevsiminin bitiminde sona ermektedir. Sonbahar göçü ise genellikle Ağustos ayından itibaren başlayıp Kasım ayına kadar devam etmektedir (Anonim, 2005).

Türkiye'deki, kuş göçleri ise ilkbaharda güneyden kuzeye, sonbaharda ise kuzeyden güneye doğru olmaktadır (Göktürk vd., 2008). Bu göçler sırasında kullanılan iki önemli göç yolundan ilki Avrupa ve batı Sibirya'dan gelen kuşların kullandığı İstanbul boğazından başlayarak batı ve orta Anadolu'yu takibe Hatay üzerinden Afrika'ya yönelmektedir. Diğer ana göç yolu ise orta Asya ve Doğu Sibirya'dan gelen kuşların kullandığı Artvin vadisinden başlayarak doğu ve güney doğu Anadolu'yu takiben Suriye üzerinden Afrika'ya ulaşmaktadır (URL-1, 2018) (Şekil 2).

Her yıl bu göç yollarını kullanan 200 binden fazla yırtıcı kuş, Doğu Karadeniz bölgesinden Türkiye'ye girer ve Çoruh Nehri üzerinden geçerek, Doğu Anadolu'daki sulak alanlara yayılır (Anonim, 2006). Türkiye'den geçen bu göç, Batı Palearktik bölgesinin en büyük yırtıcı kuş göçü olarak kayıtlara geçmektedir. Ayrıca 'Boğaziçi göç yolu' olarak bilinen rotada, Trakya'dan başlayıp Boğaziçi üzerinden geçerek kuzeybatıdan güneye doğru inmektedir. Bu rotayla 250 binden fazla leylek, 200 ile 700'lü gruplar halinde dünyanın görülmeye değer en büyük kuş hareketlerinden biri olarak Anadolu üzerinden geçmektedir (Şekil 3.) (Cırık, 2005; Anonim, 2000).



Şekil 2. Türkiye üzerinden geçen iki an kuş göç yolu (URL-2, 2018).



Şekil 3 Leylek göçleri Eskişehir 2016.

Kuşların göçleri yaşadıkları bölgedeki çevresel (ekolojik) ve iklimsel (klimatolojik) faktörlerin doğal ya da yapay sebeplerden farklılaşması sonucunda hayatta kalma ve yeni yaşam alanları bulma içgüdüğü ile gerçekleşmektedir. Kuşlar göç esnasında her yıl aynı yolu takip etmektedirler ancak bu yolu nasıl bulduklarını konusunda hala kesin bir kanıt yoktur. Bu konuda farklı teoriler olsa da şu an için ispatlanmış bir teori bulunmamaktadır. Kuş göçleri kimi zaman çok büyük gruplar halinde sürüler oluşturularak olduğu gibi kimi zaman daha küçük gruplar ya da tek tek bireysel göçler şeklinde de olabilir. Kuş göçleri zaman ve sebepleri dikkate alındığında 4 şekilde sınıflanmıştır:

- **Mevsimlik Göçler:** Aynı bölgenin kuşları için yılın belli mevsimlerinde besin ihtiyaçları ya da üreme dönemleri doğrultusunda yapılan ülke ya da bölge içindeki göçlerdir.
- **Periyodik Göçler:** Bu göçler genellikle kışlama, yazlama ya da üreme dönemlerini geçirmek için her yıl yapılan uzun mesafeli ülkeler ve kıtalar arası göçlerdir. Temel anlamda bu göçleri yapan kuşlar göçmen kuş statüsünde değerlendirilmektedir.
- **Günlük Göçler:** Kuşların gün içindeki aktiviteleri sırasında yuvadan çıkarak beslenme, avlanma, su ve diğer ihtiyaçları karşılamak amacıyla yapılan yaşam alanı içindeki günlük kısa göçlerdir.
- **Zorunlu Göçler:** Normal periyotlar dışında ekolojik ve klimatolojik şartlarda meydana gelen ani ve olumsuz değişimler sonucunda kuşların hayatta kalabilmek için zorunlu olarak yaptıkları göçlerdir. Kimi zaman bir orman yangını, sel, ya da yaşam ortamlarının bozulması zorunlu göçleri tetikleyen en önemli sebepler arasında yer almaktadır.

## 2. Göçmen Kuşları Tehdit Eden Faktörler

Şüphesiz ki bu uzun göç maratonunda göçmen kuşların yaşamı tehdit eden birçok faktör mevcuttur. Genel anlamda bakıldığında kuşların tehdit eden etmenleri 4 ana başlık halinde ele alabiliriz. Bunlar;

1. Doğal düşmanlar
2. İklim şartları
3. Doğal afetler
4. İnsanlar

Yukarıda sayılan bu tehditlerden ilk üçü kuşların doğal yaşamı içinde her zaman var olmuş ve gelecekte de var olacak etmenlerdir. Çünkü bu üç etmen kuşlara karşı bir tehdit olmanın yanında doğanın vazgeçilmez unsurları arasında yer almaktadır.

### 2.1. Doğal Düşmanlar

Kuşların doğal düşmanları, doğada sürekli olarak var olan ve onları zarara uğratan hastalıklar, asalak böcekler (kene vs.) ve doğal yırtıcı türlerinden oluşmaktadır. Tüm bu doğal düşmanlar doğada kuşlar ile belirli bir denge içinde yer almaktadır. Bu denge dışarıdan (insan tarafından) her hangi bir müdahale olmadığı süreçte korunmaktadır.

Kuşların önemli bir doğal düşman gurubu olan bazı akar türleri ve bitler, kuş tüyleri ve cilt üzerinde bulunurken, diğerleri direk olarak onların kanlarını emerler. Çok sayıda kan emici akar, genç kuşlarda kansızlığa ve ölüme neden olabilirken, tüylü akarların yoğun olarak maruz kaldığı bir yuva, ebeveynlerin yumurtaları terk etmesine veya genç yaşta bırakmasına neden olabilir. Bu tüy akarlarının çoğu kuşlarda kellik, tüysüz başlılık yapmaktadır. Özellikle baş ve boyun bölgesine ulaşamayan kuşlarda bu parazitler daha zararlıdır. Bazı kene türleri, kuşların göz çevresindeki cilde yapışır ve bu da kuşun yiyecek bulmasını zorlaştırır (URL-3, 2019).

Özellikle sürüler ya da büyük gruplar halinde göç eden kuşlarda her hangi bir bulaşıcı hastalığın sürüye bulaşması çok büyük popülasyon kayıplarına sebep olabilmektedir. Göçmen kuşlarda görülen en önemli kuş hastalıklarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (URL-4, 2019; URL-5, 2019):

- *Trichomonas gallinae* (kuş kanseri): Bu hastalık en çok güvercin türleri ile güvercinlerle beslenen yırtıcıları etkilemektedir. Ağız, yemek borusu ve midede şiddetli lezyonlarla görülür.
- Avian çiçek virüsü: İki farklı şekli olan bu virus hastalığın, daha yaygın biçimde göz çevresi, gaga tabanı, bacaklar ve ayaklar gibi vücudun tüysüz bölgelerinde siğile benzer büyümeler meydana getirir. İkinci formda ise, ağız, boğaz, trakea ve akciğerlerin mukozalarında plaklar gelişir ve solunum ve beslenme bozulmasına neden olur.
- Salmonella, hasta kuşlar zayıflar ve çökmüş bir görünüm sergiler. Göz kapaklarını şişmiş yapıdadır. Çoklukla bireyler uyuşuktur. Hastalık gıda ve suyun kirletilmesiyle bulaşır.
- Mikoplazmal konjonktivit hastalığı: Bu hastalığa yakalanan kuşlar kırmızı, şişmiş, akıntılı veya kabuklu gözlere sahip gibi görünmektedir. Bazı hasta kuşlar iyileşirken, birçoğu av bulmadıkları için açlığa maruz kalırlar veya avlanmadıkları için ölmektedir.
- Aspergillus: Bu kuşların solunum sistemini etkileyen bir mantar hastalığıdır. Solunum zayıflamakta, susuzluğu arttırmakta, yürüme zorlaşmakta, gözlerde akıntı eşliğinde beyaz bir opaklık oluşmaktadır.

### 2.2. İklim Şartları

İklim ve iklimle dayalı şartlar doğanın bir sürecidir. Ancak bazen normal iklim şartları ekstrem durumlar yaratabilmektedir. Bu durumda birçok yaban hayvanı gibi kuşlarda zor duruma düşmekte, başta besin ve su eksikliği olmak üzere birçok yaşam kaynağını yitirmektedir. İklim şartlarından aşırı kar, yağmur, dolu yağışları, aşırı sıcaklık ve buna bağlı olarak meydana gelen kuraklık kuşları tehdit eden iklim faktörleri arasında yer alır. Özellikle kar kışın birçok kuş türünün ölmesine ya da göç etmesine sebep olan en önemli iklim faktörlerinden bir tanesidir.

Yine kar gibi kuraklıkta göçmen kuşların karşılaştığı önemli iklim faktörlerinden bir tanesidir. Özellikle uzun göç yollarında su kaynaklarının kurumuş olması birçok kuşun yaşamlarını yitirmesine sebep olmaktadır. Örneğin her yıl milyonlarca kuşun kullandığı önemli bir göç yolu olan Pacific Flyway'de görülen kuraklık sebebi ile sulak alanlar ve göllerde yeterli su olmadığı için bu alan hem üreyen hem de göç eden kuşlar için

büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Yaşam alanlarındaki suların azalması daha fazla kuşun daha küçük habitatlara sıkışmasına sebep olmaktadır. Bu durum aynı zamanda salgın hastalıkların artmasına da sebep olmuştur (URL-6, 2019).

### 2.3 Doğal Afetler

Birçok doğal afet kuşları olumsuz etkilemektedir. Ancak doğal afetlerden kaynaklanan bu etkiler direkt olarak kuşları öldürmekten ziyade, kuşların yaşam alanlarının bozulması ile meydana gelmektedir. Kuşları etkileyen doğal afetleri aşağıdaki başlıklar altında sıralamak mümkündür.

- Kasırgalar, fırtınalar ve diğer sert rüzgarlar
- Kar fırtınası, normal ötesi şiddetli soğuk
- Depremler ve heyelanlar
- Volkan patlamaları
- Sel ve tsunamiler
- Doğal orman yangınları
- Kuraklık ve ısı dalgaları

Doğal afetin türüne bağlı olarak meydana gelen bir veya daha fazla yıkıcı etki, o bölgedeki kuşları etkileyebilir. Doğal afetlerin kuşları etkileme şekillerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (URL-7, 2019).

- **Yuvalanma:** Kuşların yuvalama alanları doğal afetlerle sonucu yanabilir, su basabilir veya toprağa gömülebilir. Bu durum üreme mevsiminde meydana gelirse, yavrular, yumurtalar ve palazalar ölebilir. Ancak doğal afet üreme mevsimi dışında meydana gelirse, bu yuvalama habitatu gelecek yılın üreme döngüsü için uygun olmayabilir, bu da gelecekteki nüfus sayılarını büyük ölçüde etkileyebilir.
- **Beslenme:** Tahıl, tohum, böcek, nektar ve küçük hayvanlar gibi besin kaynaklarının doğal afetler tarafından tahrip edilmesi sonucu yeterli besin kaynağı olmayan kuşların diğer bireyler ve canlılar ile rekabet etmeleri gerekecektir.
- **Habitat Bozulmaları:** Doğal afetler, kuşların habitatlarına zarar verebilir veya tamamen tahrip edebilir. Bir kuşun yuva alanı olsun ya da olmasın, uygun habitatında meydana gelen bu kayıplar, göçer ya da yerli tüm kuşlar için yıl boyunca kritik olan barınakları ve tünek alanlarını kaldırarak kuşları etkileyebilir.
- **Doğrudan Ölümler:** Bazı doğal afetler doğrudan sağlıklı kuşların ölümüne neden olabilir. Örneğin ani rüzgarlar kuşların engellere çarpmasına ve travma sonucu ölmelerine neden olabilir. Yine aşırı sıcak dalgalar dehidrasyona, ani ve hızlı orman yangınları uçamayan kuşların yavruların ve yuvaların yanmasına, aşırı soğuklar ya da don afetleri ise yeterli korumaya sahip olmayan kuşların donarak ölmesine neden olabilir.
- **Göçün Bozulması:** Doğal afetler göçe sırasında olur ise göçmen kuşları büyük ölçüde tahrip edebilir. Örneğin yüzlerce veya binlerce mil uçan bir kuş sürüsü bir fırtına ile karşılaştığında çok daha yüksek göç ölümleri yaratabilir. Ayrıca bazı doğal afetler sebebi ile göçmen kuşlar bilinmeyen bir rota boyunca göç etmek zorunda kalabilir ve bunun sonucunda düşük gıda tedariki, uygun habitat eksikliği veya beklenmedik avcılar gibi ek tehlikelere maruz kalabilir.
- **Doğal Olmayan Afetler Oluşturma:** Kimi zaman doğal afetler doğal olmayan afetlere sebep olabilir. Örneğin bir kasırga açık denizdeki bir petrol platformuna zarar verebilir ve başta su kuşları olmak üzere ve doğal yaşamı etkileyebilecek bir petrol sızıntısına neden olabilir.

### 2.4 İnsan Etkisi

Günümüzde insan sadece kuşlara değil küresel ölçekli olarak tüm doğaya zararlı etkisi olan en önemli etmendir. İnsan faaliyetleri sonucunda kuşların yaşam alanlarının parçalanması, bozulması ve yok olmasının yanında, avcılık, kuşların uluslararası ticareti ve çevre kirliliği kuşların en önemli insan kaynaklı tehditleri arasında yer almaktadır. İnsanların doğaya, yaban hayatına ve dolayısı ile göçmen kuşlara olan olumsuz etkileri farklı şekillerde nitelendirilse de genel olarak yaşam alanlarının tahribatı ve yaşam mücadelesinin engellenmesi şeklinde özetlemek mümkündür.

#### 2.4.1 Yaşam Alanlarının Tahribatı

Her canlı gibi kuşlarda kendilerine uygun olan yaşam alanlarında yaşama ve üreme eğilimindedir ancak insan etkisi ile bu yaşam alanlarının tahrip edilmesi geri dönüşü olmayan zararlara ve popülasyon kayıplarına sebep olmaktadır. Günümüzde kuşlar üzerindeki en büyük tehdit yaşam alanlarının kaybolması diğer bir deyişle habitat

kaybı olarak kabul edilmektedir. İnsan etkisi ile meydana gelen ormansızlaşma, sulak alanların tahliyesi, yerli olmayan ağaçların ekilmesi, kentsel gelişmeler, habitat kayıpları ve yoğun tarımsal faaliyetler kuşları tehdit etmektedir. Birçok türün popülasyonları onların yaşam alanlarının kaybının bir sonucu olarak ciddi bir düşüş göstermektedir ve bu kayıplar kuş popülasyonlarının genellikle küçük ve kırılgan olduğu bölgelerde daha ciddi olarak görülmektedir (URL-8, 2008). Yaşam alanlarının tahrip olma sebeplerini dört başlık altında sınıflayabiliriz. Bunlar:

- **Çevre kirliliği:** Çevre kirliliği farklı kaynaklardan meydana gelir ve her kirlenici madde kuşlar üzerinde farklı etkilere sahiptir. En yaygın çevre kirliliklerinden olan hava kirliliği çoğunlukla, benzin, doğal gaz, kömür ve petrol yanmasından kaynaklanan karbon monoksit kaynaklanmaktadır. Bu kirlenici madde, kuşların sinir sistemlerini doğrudan etkilediği için anormal nefes almasına yol açar (URL-9, 2018). Kuşlar, dünya genelinde tatlı su ekosistemlerinin, sulak alanların ve nehir kenarındaki alanların önemli bileşenleridir. Tüm kuş türlerinin % 11–23'ü yılın en az bir süresini iç sularda kullanmaktadır (Onnerod & Tyler, 1993). Ancak sulak alanlardaki aşırı kirlenme hem habitat kayıplarına hem de kuşların popülasyonlarının düşmesine sebep olmaktadır. Sulak alanlardaki petrol sızıntıları, kuşlar özellikle su kuşları için büyük bir tehdit oluşturuyor. Büyük çapta petrol sızıntıları genellikle binlerce kuşu öldürmektedir.
- **Sanayileşme:** Sanayileşme, tarımsal bir yaşam biçiminden teknolojik yeniliklerin baskın olduğu bir harekete geçme ile karakterizedir. Kuşkusuz ki sanayileşme, insanların ilerlemesini ve belirli etkinliklerden faydalanmasını sağlayan sayısız faydaya sahiptir. Ancak bu faydalarla rağmen, sanayileşme küresel ısınmayı, çevresel kirliliği ve bozulmayı da beraberinde getirmiştir. İnsanlar dışında hayvanlar da sanayileşmenin bu zararlı etkilerine maruz kalmışlardır. Bu bağlamda göçmen kuşlarda sanayileşme tehdidi altında kalmakta özellikle göç yolları üzerinde sanayi işletmelerinden etkilenmektedir.
- **Kentleşme:** Kuşların kentleşmeden etkilendiğini bilinmektedir, ancak bu etkilerin büyüklüğü ve türler arasında farklılık göstermektedir. Kentleşmenin kuşlar üzerindeki etkileriyle ilgili yapılan araştırmaların çoğu, kentleşmenin doğrudan etkilerini, yerel yaşam alanlarında meydana gelen değişikliği belirlemektedir. Bazı türler kentsel ortamlarda yuvalama ve beslenme fırsatlarından yararlanabilmektedir ancak birçok türün popülasyonları yerleşim yoğunluğu arttıkça düşmekte veya yok olmaktadır (Miller vd., 2003). Miller vd. (2003) kuş topluluklarının ve nehir kıyısındaki bölgelerdeki yerel habitat koşullarının çevre düzenlemedeki gelişmelerden etkilendiğini belirtmiştir. Nitekim kentsel bölgelerdeki peyzaj alanları ve birçok kuş türünü barındırmaktadır. Ancak yoğun kentleşme kuşlar üzerinde önemli bir tehdit olmaktadır. Bir bölgedeki kentleşmeden hemen sonra yok olan kuş türlerin tespit edilmesi nispeten kolaydır. Bununla birlikte, birçok tür kentleşmeye daha yavaş yanıt vermekte ve sonuç olarak popülasyonları zamanla azalmaktadır. Bu türleri tanımlamak daha zor olabilir ve uzun süreli popülasyon çalışmaları ve dinamikleri gerektirir. Kentsel olmayan kuşların çevre yaşam alanlarındaki habitatlardaki kuşlara kıyasla daha düşük yaşam potansiyeli bulunmaktadır. Kentleşme aynı zamanda yabancıl karakterde olan birçok kuşun insana bağımlı olmasına, evcilleşmesine ve ırk farklılaşmasına sebep olabilmektedir (Isaksson, 2018).
- **Ormanların yok edilmesi:** Ormanlar gerek büyüklükleri gerekse de içinde barındırdıkları farklı ekosistem ve habitat özellikleri sebebi ile en önemli yaban hayatı alanlarıdır. Ancak ormanlar başta yangınlar olmak üzere önemli derecede insan kaynaklı tahribata uğratılmaktadır. Bu noktada orman yangınları üzerinde durmakta fayda vardır. Kuşların yangına verdikleri tepki çok çeşitlidir. Bazı kuş türleri yangından kaçarken, bazıları yangını çok fazla önemsemez. Böcekçil ve diğer bazı kuşlar ise yangın sonrası böceklerin yoğun olarak bulunduğu dumanlı alanları tercih etmektedirler. Orman yangınlarında kuşları etkileyen en önemli faktör yangının tipidir (Lyon vd., 1978). Yuva yapma zamanında toprak üzerinde ve alçak boylu vejetasyon üzerinde yuvaları olan yavru kuşlar örtü yangınında bile zarar görürler (Lyon vd., 2000). Orman yangınları göçmen kuşları da dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Göçmen kuşlar tarafından göç esnasında dinlenme ve beslenme alanı olarak kullanılan orman, yangından zarar gördüğü takdirde bu durumdan göçmen kuşların olumsuz olarak etkilenmeleri kaçınılmaz olmaktadır. Yangınların kuşlar üzerine olan etkisi kuş türlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu etki kimi zaman kuşların aleyhine olurken kimi zamanda kuşlar için olumlu olmaktadır. Özellikle yuvalarını toprak, ağaç ve çalılarda yapan kuşlar için yeni yuva yapma ortamları oldukça uzun zaman almaktadır. Ayrıca yuva yapma zamanında çıkan orman yangınları, kuşların yumurta ve yavrularının yok olmasına sebep olmaktadır (Özkazanç & Ertuğrul, 2011). Bunun yanında ormanları tahrip eden önemli işlemde ağaçların kesilmesidir. Ormanlarda kuş türlerinin yaklaşık üçte ikisi bulunduğundan, ağaç kesimi kuşlar için çok büyük bir soru oluşturmaktadır. Bu türlerin çoğu ormanların dışında yaşayamazlar ve kalan orman parçaları arasında uçamazlar.

#### 2.4.2 Büyük Ölçekli Ticari Yatırımlar

Kuşların göç yolları üzerinde yapılan büyük ölçekli ticari yatırımlar habitat parçalanmalarına sebep olmanın yanında farklı şekillerde kuşları direkt ya da dolaylı olarak etkilemektedir.

- **Barajlar ve HES'ler:** Barajlar nehir havzaları yanında farklı yaşam alanlarını da parçalayarak ekosistem kayıplarına, bozulmasına ve bun bağlı olarak biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olur (Hagenmaier vd., 2016). Son derece önemli kuş alanları olan sulak alanlar barajlara karşı son derece hassastırlar (Junk vd., 2012; Sun vd., 2012). Habitat bozulması yanında barajlar sulak alanlardaki su miktarını azaltır, bu da sulak alanlara bağlı kuşlar ve bir dizi su biyotası için sıkışmalara ve aşırı kullanımlara neden olur (Sun vd., 2012). Dünyada son yıllarda yapılan büyük baraj projeleri doğal yaşam habitatlarında büyük rahatsızlıklara neden olmaktadır. Barajların etkileri inşaat aşamasında başlamakta, doldurma ve stabilizasyon aşamalarında devam edebilmektedir. Barajı çevreleyen habitatlarda üreyen kuşlar, doğrudan yeni su bölgelerini kullanmaları veya yerel iklim veya yeraltı suyu düzenlerindeki değişiklikler nedeniyle dolaylı olarak etkilenebilir (Reitan & Thingstad, 1999).
- **Termik santraller:** Aytaç (2018) termik santrallerin doğaya olan zararı; yanma sonucu meydana gelen atıklardan kaynaklanan geniş yayılım en başta hava kirliliğine sebep olur; başta CO2 olmak üzere sera gazlarının salınımından kaynaklanan sera etkisi ve iklim değişikliği; yüksek sıcaklıkta ve kimyasallar içererek suyun doğaya geri verilmesi; özellikle kömürün depolanması sırasında içten yanması ile hava, toprak ve yer altı suyu kirliliği; yanma sonucu oluşan başta kül ve radyoaktif maddeler olmak üzere atıkların oluşturduğu kirlilik; soğutma suyu, proses atık suları, tehlikeli kimyasallar ve ünitelerin bakımı sırasında oluşan atık yağlar gibi endüstriyel nitelikli sıvı atıklar; evsel nitelikli sıvı atıklar; gürültüdür şeklinde özetlemektedir. Yapılan çalışmalarda nükleer santrallerde GWh başına 0.6, fosil yakıtlı elektrik santralleri ise GWh başına yaklaşık 9.4 kuş ölümünün olduğu düşünülmektedir. Bu durumda nükleer santrallerin yılda yaklaşık 460.000 ve fosil yakıtlı elektrik santrallerinin 24 milyon kuşu öldürdüğü anlamına gelir (Sovacool, 2012).
- **Yüksek gerilim hatları:** Kuşlar yüksek gerilim hatlarını ve direklerini tünemek, yuvalanmak veya koloniler oluşturmak için kullanırlar. Elektrik iletim ve dağıtım hatlarının, biyolojik çeşitlilik ve özellikle de kuşlar üzerindeki olumsuz etkileri dünya çapında hızla artmaktadır. Yüksek gerilim hatlarında çarpışmalar ve elektrik çarpmaları nedeni ile her yıl çok sayıda kuşun öldürüldüğü bilinmektedir. Örneğin her yıl ABD elektrik hatlarında 12 ila 64 milyon kuşun öldürüldüğü tahmin edilmektedir (Loss vd., 2014). Bevanger ve Broseth (2014) mevsimin, yüksek gerilim ya da elektrik hattı kesitinin ve alandaki kuşların bolluğunun, kuş türünün morfolojisi, yaşı ve cinsiyetinin yüksek gerilim hattından kaynaklanan kuş ölümlerini etkilediğini bildirmektedir. Aynı çalışmada kuşların kış aylarındaki ölüm oranlarının ilkbahar ve yaz aylarına göre daha fazla olduğu da belirtilmektedir.
- **Rüzgar türbinler:** Bir çok avantajları sebebi ile rüzgar türbinleri son yıllarda hızla büyüyen ve kullanılan enerji kaynakları olmuştur. Ancak yüksek hızla dönen türbin kanatları, kuşların ölümlerine sebep olabilmektedir. Kuşların, dünyada rüzgar türbinlerinin en büyük mağdur gruplarından biri olduğu bilinmektedir. Öte yandan Sovacool (2012), rüzgar enerjisinin fosil yakıtlardan yirmi kat daha az kuş öldürdüğünü belirtmektedir. Rüzgar türbinlerinin kuş ölümleri üzerine etkisi dikkate alındığında insan kaynaklı her 250 kuş ölümünden yalnızca bir tanesinin rüzgar türbinlerinden kaynaklandığı hesaplanmıştır (Saidur vd., 2011). Rüzgar türbinlerinden kaynaklanan kuş ölümlerinin çok büyük boyutlarda olmadığı bilinmektedir (Aydın, 2013; Şenel, 2012). Yapılan çalışmalar sonucunda rüzgar türbinlerinin üretilen elektrik GWh başına yaklaşık 0.27 kuş ölümünden sorumlu olduğunu bildirilmektedir. Örneğin 2009 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgar türbinlerinden kaynaklanan kuş ölümlerinin yaklaşık 46.000 olduğu belirtilmiştir (Sovacool, 2012). Özellikle kuş sığınakları ve kuşların toplu olarak yaşadıkları yerlere ve önemli kuş göç yolları üzerine rüzgar santrallerinin kurulması bu santrallerden kaynaklanan kuş ölümlerini arttırmaktadır (Dereli, 2001). Bunun yanında rüzgar türbinlerine bağlı kuş ölümlerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de kuş türlerinin büyüklükleridir. Büyük kuşlar çoklukla daha fazla ölüm oranına sahip olmaktadır. Yine ölüm oranının en çok olduğu kuş gurubu ise yırtıcı kuşlardır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi genetikdir; çünkü akbaba gibi bazı türlerin görme alanlarında kör noktaları vardır, bu da uçarken doğrudan önünde bulunan rüzgar türbinlerini göremedikleri anlamına gelir. California'da, bir çalışmada yaklaşık 4.000 rüzgar türbininin bir yıl içinde 1127 yırtıcı kuşu öldürdü belirtilmektedir (URL-10, 2015). Bu sayı İspanya'da, 252 rüzgar türbininde 124 olarak saptanmıştır.



- **Hava alanları ve kara yolları:** Hava alanları ve karayolları kuşların yaşam alanlarını bozmak ve parçalamanın yanında meydana getirdikleri farklı türdeki kirlilikler sebebi ile de kuşları etkilemektedir. Bunların başında da gürültü gelmektedir. Özellikle hava alanlarında alçak irtifadan uçan uçalar yüksek miktarlarda gürültüye sebep olur. Wolfenden (2017) hava alanlarında, uçakların gürültüsünün kuşlar üzerindeki fizyolojik stresi araştırılmış ve çalışma sonucunda, uçak gürültüsünün kuş türleri üzerindeki işitme kaybına sebep olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında hava alanları etrafında ve civarındaki büyük kuş sürüleri ile uçakların çarpışması kuşlara olduğu kadar insan hayatına da büyük tehlike yaratmaktadır. Birçok havaalanı, geleneksel yıllık kuş göç yolları boyunca yer almaktadır. Kuşlar yıllık göçlerinde bir havaalanında veya üzerinde büyük sürüler halinde ortaya çıkabilir. Göç tarihleri, türlere ve bölgelere göre değişir. Belirli bir türün sürü büyüklüğü, yılın zamanına, hava koşullarına ve diğer birçok faktöre bağlı olarak yıldan yıla geniş ölçüde değişebilir. Hava alanları yanında yaşayan kıyı kuşları, su kuşları, martılar ve diğer kuşlar genellikle havaalanlarını beslenme, tüneme, yuva yapma ve günlük uçuş alanları olarak kullanırlar. 1999-2008 yılları arasında, kuş çarpışması nedeniyle toplam 71 kaza meydana gelmiştir. Bunlardan sadece 6'sında ölümcül yaralanmalar olmuştur. Kuşlar ve uçakların çarpışması ile meydana gelen en fazla kaza sayısı uçakların kalkış aşamasında (% 48), bunu takiben alana yaklaşma (% 30) ve yolda (uçuş sırası) (% 15) meydana gelmiştir. Kuş-uçak çarpışma kazalarının toplam % 84'ü kalkış, yaklaşma ve iniş aşamalarında meydana gelmektedir (URL-11, 2018).

Temel olarak karayolları da hava alanları gibi kuşlar üzerine etki yapsa da bu etki çok daha az düzeydedir. Kara yollarının kuşlar üzerindeki iyi bilinen doğrudan etkileri arasında habitat kaybı ve parçalanması, araç kaynaklı ölümler (çarpışma), kirlilik ve zehirlenme sayılabilir. Bununla birlikte, karayollarının dolaylı etkileri kuş popülasyonları üzerinde daha büyük bir etki yaratmaktadır. Bu etkileri, gürültü, yapay ışık, hareket engelleri ve yol kenarını içerir. Ayrıca, dolaylı ve doğrudan etkiler, popülasyon yoğunluğunda ve tür zenginliğinde düşüşlere neden olur. Yol ağlarının ve buna bağlı olarak trafik hacimlerinin dünyadaki birçok ülkede artacağı tahmin edilmektedir. Habitat kaybının ve parçalanmanın artması ve iklim değişikliğinden kaynaklanan tür dağılımındaki değişimler, karayolunun kuşlar üzerindeki genel etkilerini arttırması muhtemeldir (Kociolek vd., 2011).

### 2.4.3 Tarımsal uygulamalar

Farklı tarım arazisi tipleri kuş türünün bolluğu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Örneğin orman içi tarım arazileri sahip oldukları doğal peyzajının açıklık derecesinin etkisi ile diğer tarım alanlarından farklılık gösterir. Tarım alanındaki binaların alanı, kuş topluluğunun kompozisyonunu, toplam kuş yoğunluğunu ve binalara yuva yapan çok sayıda kuş türünü etkilemektedir. Yapılan üretim türü de (hayvancılık veya ekili tarım) kuş kompozisyonunu etkileyen faktörler arasındadır. (Ahnström vd., 2008). Bu karşın tarım alanlarındaki ürüne zararlı böcekleri yok eder ve doğal bir mücadele sağlar. Buna karşın bazı kuş türlerinin tarımsal ürünlere zarar verdiği de bilinmektedir. Yine yapılan çalışmalarda organik tarım yapılan alanlarda kuş türlerinin popülasyonlarının geleneksel yöntemler uygulanan tarım alanlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür (Kirk vd., 2011). Her ne kadar kuşlar ile tarım uygulamaları arasında karşılıklı bir yararlanma olsa da yapılan bazı yanlış tarımsal uygulamalar kuşları önemli ölçüde etkilemektedir. Hububat, mısır, ayçiçeği tarlalarında toprağa yuva yapan kuşların karşılaştığı en büyük tehlikelerden biri ise hasat zamanı yuvalarının makineler tarafından yok edilmesidir. Ayrıca hasat sonrası anız yakılması da kuşların tarım alanlarında karşılarına çıkan en büyük tehlikelerden birisidir.

- **Dikenli teller:** Yapılan çalışmalar tarım arazileri etrafına çevrilmiş dikenli tel çitlerine kuşların çarparak ya da dolanarak zarar gördüklerini göstermektedir. Genel olarak, su kuşları, gece kuşları ve yırtıcı kuşların dikenli tellerden daha çok etkilendiği görüldüğü görülmektedir. Tüm dikenli tel kullanımları dikkate alındığında kuş ölümlerinin % 95 oranında standart yükseklikteki tarım alanı etrafındaki dikenli tellerde meydana geldi belirlenmiştir (Ree, 1999).
- **Sulak alanların kurutulması:** Sulak alanlar başta su kuşları olmak üzere birçok kuş türü için farklı amaçlarda kullanılan çok önemli yaşam alanlarıdır. Ancak bu alanların başta tarım amacı ile kurutulması kuşlar üzerinde büyük etkilere sebep olmaktadır. Sulak alanların kurutulması sonucu, bu sulak alanlara göç, kışlama veya üreme evrelerini geçirmek için gelen su kuşları, ihtiyaç duyduklarından daha az yaşam alanı bulmaktadır. Bu durumda bazı kuşlar uçacak ve durmadan göçlerini yapmaya devam edeceklerdir. Alanda kalanlar ise, suyun bulunduğu sınırlı bölgelerde toplanmaya zorunlu kalacak ve yoğun popülasyon sebebi ile salgın hastalık riski meydana gelecektir. Sonuçta kurutulan ya da küçültülen sulak alanlarda toplu ölümler görülecektir. Yine,

kurutulan sulak alanlarda karşılaşın en önemli zararlı etkilerden biri de bu alanlardaki gıda kaynaklarının toplam popülasyon için yetersiz kalmasıdır (URL-12, 2019).

- **Tarımsal İlaçlar:** Tarımsal ilaçlar kuşları tehdit eden en önemli etmenlerin başında yer almaktadır. Bu kimyasallar birim alandan en fazla verimi almak için ürünlerde kayıplara sebep olan hastalık ve zararlıların kontrolünde kullanılmaktadır. 2004 yılında, yaklaşık 50 çeşit farklı tarım ilacının farklı kuş türlerini öldürdüğü bildirilmiştir. Her yıl Amerika'da sadece karbonlu ilaç kullanımı sonucunda hektar başına 3-16 ötücü kuşun öldüğü bilinmektedir. Buna karşın organik klorlu ve organik fosfatlı tarım ilaçlarının hem yetişkin hem de embriyonik yaşam aşamalarında kuşlarda üreme etkisine neden olduğu görülmüştür (Fry, 1995). Mineau & Whiteside (2013) tarım ilaçlarının ABD'deki kuş popülasyonlarındaki düşüşlerin en belirleyicisi faktörü olduğunu söylemektedir. Çoklukla merkezi sinir sistemini etkileyen organik klorlu ilaçlar şahin, ve kartal gibi predatör kuşlarda popülasyon düşmesine neden olurlar. Her ne kadar yasaklanmış olsa da DDT'nin doğan ve şahin yumurtalarının kabuğunun incelmeye neden olmaktadır. Klorpirifos, aldikarb ve karbaril içeren tarım ilaçları kuşları ciddi şekilde etkiler. Bu pestisitlerin ölümcül etkileri, endokrin bozulması, beslenme davranışındaki değişiklikler ve kuşların üremesini etkileyen bağışıklık sistemi yetersizliği ile kendini gösterir. Pestisitler, yerel kuşların tükenmesine, davranış değişikliklerine, güvenli habitat kaybına ve bazı kuşlarda nüfusun azalmasına neden olmaktadır (Mitra vd., 2011).

#### 2.4.4 Avcılık

Doğal yaşamı doğrudan etkileyen insan faaliyetlerinden biridir olan avcılık giderek artan bir etkinliktir. Yapılan birçok çalışmada avcılık faaliyetlerinin kuş davranışını ve dağılımını büyük ölçüde etkileyebileceği belirtilmiştir. Avcılık sadece avlanan türleri değil avlanmayan kuşları da olumsuz yönde etkilemektedir. Casas vd., (2008) günlük kuş faaliyetlerinin avlanma yapılan günlerinde avlanma gününden hemen önceki ve sonrakilerden daha yüksek olduğunu, avlanma günlerinde kuş yaşam alanlarında rahatsızlığın arttığını ve bunun sonucunda kuşların olumsuz etkilendiğini belirtmektedirler.

Avlanma yapılan bölgelerde kuş popülasyonları diğer alanlara göre oldukça düşüklük göstermektedir. Avlanma, sadece kuşların değil tüm biyolojik çeşitlilik kaybının ana itici gücüdür. Lopez vd. (2017) kuş yoğunluğunun, avcılık yapılmayan alanlara göre avlanma yapılan alanlarda % 58 (% 25 ila 76) oranında azaldığını belirtmektedir. Yine aynı çalışmada kuş popülasyonlarının, avcılarının avlağa erişim noktalarından (yollar ve yerleşim yerleri) itibaren 7 ila 40 kilometreye kadar etki altında olduğu bildirmektedir.

Avlanmanın özellikle göçmen kuşları nasıl etkilediğinin bilinmesi, avlanan popülasyonların sürdürülebilir bir yönetimi için şarttır. Avlanma, göçmen kuş davranışlarını ve hareketlerini yanında beslenme, üreme faaliyetlerini de etkileyebilir (Christos vd., 2019).

### 3. Tartışma ve Sonuç

Doğal düşmanlar, iklim şartları, doğal afetler ve insanlar tarafından sürekli bir tehdit altında olan kuşların ve dolayısı ile göçmen kuşların bu etkilere karşı korunması ya da önlemlerin alınması sadece insan kaynaklı etkiler üzerinde mümkündür. Diğer faktörler doğanın bir parçası olmakla birlikte bunlara her hangi bir müdahale yapılması söz konusu değildir. Ancak kuşlar üzerine olumsuz etkilere sahip olabilecek bu doğal kaynaklı etmenlerin kuşlara verdiği zararlar alınacak önlemler ya da uygulamalar ile en aza indirilebilir. Bu amaçla ya doğal etmen oluşmadan önce önlemler alınmalı ya da etmen oluştuğundan sonra iyileştirilme çalışmalarına gidilmelidir. Her ne kadar doğal felaketler kuş popülasyonlarına zarar verebilir olsa da ancak kuşların sahip oldukları doğal adaptasyon onların çok büyük ölçüde zarar görmelerini engeller. Yine de kuşların doğal etmenlere karşı korunmasına yönelik olarak alınacak bazı önlemleri şu şekilde sıralayabilir.

1. Yerli kuş popülasyonlarda meydana gelecek herhangi bir salgın hastalığa karşı popülasyonların kontrol edilerek mümkün olan durumlarda ilaçlama yapılması,
2. Doğal dengenin bozulmaması kaydı ile aşırı çoğalan yırtıcıların popülasyonlarının azaltılması,
3. Mevsim normallerinin üstüne çıkan ve kuşları tehdit edecek seviyeye ulaşan iklim olaylarında (kuraklık, kar, soğuk) yaşam alanlarına takviye besin maddeleri, su ve yapay barınma mekanları (kuş yuvası, kuş evi) bırakılması,
4. Doğal afetler sonrasında zararın büyüklüğü dikkate alınarak en kısa sürede yaşam alanlarının iyileştirilmesi ve bu sırada kuşlar için gerekli ihtiyaçların alanda sağlanması (su, besin vs.)

5. Doğal afetlerde etkilenen bölgelerdeki koruma kuruluşlarına, kurtarma projelerini desteklemek için bağış kampanyaları ve kamuoyu oluşturmak, gönüllüleri desteklemek,
6. Doğal afet sonrası habitat restorasyonu veya esir kuş yetiştirme programları gibi yenileme koruma çabalarını desteklenmesi

Şüphesiz ki insan temelli faaliyetlerin kuşlara verdiği zarar doğal afetlerden çok daha fazladır. Kuşlarda meydana gelen insan kaynaklı ölümler incelendiğinde her yıl tahminen

- 980 milyon kuş, binalara çarparak,
- 174 milyon kuş elektrik hatlarında
- 340 milyona kuş karayollarında
- 6.8 milyon kuş iletişim kulelerinde
- 1 milyon kuş petrol ve gaz çukurlarında
- 330.000 kuş ise rüzgar türbinlerinde ölmektedir (URL-13, 2015 )

Her canlı gibi kuşlarda kendilerine ait yaşam alanlarında en sağlıklı şekilde yaşamlarını sürdürürler. Ancak yaşam alanlarının yok olması kuşlara etki eden insan faktörlerinin başında yer alır. Bu bağlamda doğal yaşam alanlarının tahrip olmaması için çevre kirliliği, sanayileşme, kentleşme ve bunlara bağlı olarak orman alanlarının yok olması etkin bir şekilde izlenmesi tehlike sınırlarını aşmadan ilgili kurum ve kuruluşlar ile gerekli önlemler alınmalıdır. Farklı sebeplerden dolayı kuşların yaşam alanlarını tehdit eden bu etmenlerin ortadan kaldırılması yerli kuş türleri yanında göç sırasında bu yaşam alanlarını kullanan göçmen kuşlarında yaşamına katkı sağlayacaktır. Özellikle kentleşme ve sanayii sadece kuş popülasyonları üzerine değil insan dahil tüm canlılar için büyük bir tehlikedir. Bu iki etmene bağlı olarak azalan yeşil alanlar yaşam kalitesini giderek düşürmekte, hatta bazı bölgelerde sanayi ve kentleşme kaynaklı hava kirliliği insan hayatını tehdit edecek boyutlara ulaşmaktadır.

Yine etkin bir çevre etkileşim değerlendirmesi (ÇED) yapılmadan inşa edilen büyük ölçekli yatırımlar kuş yaşam alanlarını yok etmekle birlikte direkt olarak kuşların ölümlerine de sebep olmaktadır. Göç yolları üzerine kurulan hava alanları, barajlar, termik santraller ya da rüzgar türbinleri göçmen kuşları tehdit eden en önemli etmenlerdendir. Özellikle göçmen kuşların yolları üzerindeki hava alanları sadece göçmen kuşları değil, olası bir çarpışmada insan hayatını da büyük ölçüde tehdit etmektedir. Bu sebepten yapılacak olan büyük ölçekli yatırımların kuşlar açısından çevresel etkileri çok iyi bir şekilde araştırılmalı ve kuşlara zararlı olmayacak ya da zararın en az seviyede olacak yatırımlara yapılmalıdır. Büyük ölçekli yatırımlar içinde son 30-40 yıl boyunca artış gösteren rüzgar türbinleri bazı çevreler ve çevre bilimcileri tarafından özellikle kuşlar üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle eleştiriler de, düşük emisyonlu, düşük kirliliğe sahip bir enerji kaynağı olması sebebi ile başta fosil yakıtlılar olmak üzere diğer elektrik kaynaklarından çok daha fazla çevre dostudur.

Bunun yanında yanlış tarımsal uygulamalar ve özellikle kimyasal ilaç kullanımları mutlaka dikkate alınmalı ve sıkı bir denetim mekanizması ile denetlenmelidir. Çünkü bir böcek ya da hastalık için uygulanacak olan pestisid besin piramidinin en üst noktasındaki ayrıştırıcılara kadar kalıntı bırakabilmektedir. Yine tarlaların hasat ve özellikle de anız kaldırma işlerinin kuşların üreme dönemleri dışında yapılması son derece etkili bir koruma önlemi olacaktır.

Kuşların en önemli tehditlerinden biri olan avcılık ise kuşların direkt olarak öldürülmesine yönelik bir eylem olduğu için titizlikle kontrol altına alınması birçok kuş popülasyonunun gelecek nesillere aktarılması açısından önemlidir. Av kuşlarına yönelik olarak verilecek olan günlük avlanma kotalarının yerel ölçek yanında küresel ölçekli popülasyonları da dikkate alınarak karar verilmelidir. Av denetimleri artırılmalı popülasyon düzeyi kritik olan türler için sınırlamalar ve yasaklamalar getirilmelidir.

Dünyada kuşların korunmasına yönelik olarak imzalanan Bern, Bonn, Ramsar ve Paris Sözleşmesi gibi sözleşmelerin getirdiği tüm hükümlerin devletler tarafından eksiksiz olarak uygulanması ve bu tip sözleşmelere tüm ülkelerin taraf olacağı yenilerinin eklenmesi ve uygulanması kuşların ve dolayısı ile göçmen kuşların korunması açısından büyük önem taşıyacaktır.

## Kaynaklar

1. **Ahnström J., Berg A. & Ahnström H.S. (2008).** Birds on farmsteads–Effects of landscape and farming characteristics. *Ornis Fennica* 7007(75007)
2. **Anonim, 2000.** Doğu Karadeniz Bölgesel Gelişme Planı (DOKAP). Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Nihai Raporu, 5. Cilt. Çevre, Ağustos,

3. **Anonim (2005)**. 2. Doğu Anadolu Kalkınma Projesi (DAKAP). Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Nihai Raporu.
4. **Anonim (2006)**. Yusufeli Barajı ve HES Projesi Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu (Revizyon F). Encon Çevre Danışmanlık Ltd. Şti, Ankara.
5. **Aydın İ. (2013)**. Balıkesir’de rüzgâr enerjisi. *Eastern Geographical Review.*, 18(29): 29-50.
6. **Aytaç O. (2018)**. Kömür Yakıtlı Termik Santrallerin Baca Gazındaki Kirlenmeler, İzin Verilen Salım Sınır Değerleri, Ülkemizdeki Santrallerdeki Baca Gazı Arıtma Tesislerinin Güncel Durumu. Mühendis Ve Makina Güncel Kasım 2018 [www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr)
7. **Bevanger K. & Broseth H. (2004)**. Impact of power lines on bird mortality in a subalpine area. *Animal Biodiversity and Conservation* 27(2): 67–77
8. **Casas F., Mougeot F., Vinuela J. & Bretagnolle V. (2008)**. Effects of hunting on the behaviour and spatial distribution of farmland birds: importance of hunting-free refuges in agricultural areas. *Animal Conservation*. Print ISSN 1367-9430 p:1-9
9. **Cırık Ö. 2005**. Gökyüzü Krallığı. *Yeşil Atlas Dergisi* 8:30-37.
10. **Çanakçıoğlu H. & Mol T. 1996**. Yaban Hayvanları Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3948, Fakülte Yayın No: 440 ISBN 975-404-424-4 x-550s.
11. **Dereci S. (2001)**. Rüzgar enerjisi. Ankara; Tübitak Yayını; 2001.
12. **Dizdaroğlu E. (2015)**. Avrupa Kuşları Kırmızı Listesi ISBN: 978-92-79-47450-7 VIII+68 s.
13. **Eken G., Bozdoğan M., İsfendiyaroğlu S., Kılıç D.T. & Lise Y. (2006)**. Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği Yayınları ISBN 978-975-89901-3-1 Mas Matbaası.
14. **Fry D.M. (1995)**. Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. *Environmental Health Perspectives* 103:165-171.
15. **Gill F. (2007)**. Ornithology Third Edition. W. H. Freeman and Company ISBN-13: 978-0-716749837 xxvi-758 p.
16. **Göktürk T., Artvinli T. & Bucak F. (2008)**. Artvin kuş faunası. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (1-2): 33-43
17. **Hagenmaier, E., Mingoia, S. & Worthen, N. (2016)**. Impact of Dam-Reservoir Systems on Wetlands with an emphasis on John Redmond Reservoir. <http://academic.emporia.edu/aberjame/student/hagenmaier1>
18. **Junk W.J., An S., Finlayson C.M., Gopal B., Kvet, J., Mitchell S.A., Mitsch W.J. & Roberts R.D. (2013)**. Current state of knowledge regarding the world’s wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sci.* 75: 151–67.
19. **Sun Z., Huang Q., Opp C., Hennig T. & Marold U. (2012)**. Impacts and implications of major changes caused by the Three Gorges Dam in the middle reaches of the Yangtze River, China. *Water Resour. Manag.* 26: 3367–3378.
20. **Reitan O. & Thingstad Pg. (1999)**. Responses of birds to damming - A review of the influence of lakes, dams and reservoirs on bird ecology. *Ornis Norvegica* 22(1):3-37
21. **Isaksson C. (2018)**. Impact of Urbanization on Birds. *Bird Species: How They Arise, Modify and Vanish* pp 235-257
22. **Kirk D. A., Lindsay K.E. & Brook R.W. (2011)**. Risk of agricultural practices and habitat change to farmland birds. *Avian Conservation and Ecology* 6(1): 5 <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00446-060105>
23. **Kızıroğlu İ. (1989)**. Türkiye Kuşları (Kırmızı Listede Olanlar ve Buldukları Bölgeler). Orman Genel Müdürlüğü, Eğitim Daire Başkanlığı, Yayın ve Tanıtım Şube Müdürlüğü 314 s. Ankara
24. **Kociolek A.V., Clevenger A., Cassady C. & Proppe D.S. (2011)**. Effects of Road Networks on Bird Populations *Conservation Biology* 25(2):241-9 DOI: 10.1111/j.1523-1739.2010.01635.x
25. **Lopez A.B, Alkemade R., Schipper A.M., Ingram D.J., Verweij P.A., Eikelboom, J.A.J. & Huijbregts, M.A.J. (2017)**. The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. *Science* 356(6334): 180-183 DOI: 10.1126/science.aaj1891
26. **Loss S.R., Will T. & Marra P.P. (2014)**. Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the united states. *PLoS ONE* 9(7): e101565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>
27. **Lyon L.J., Crawford H.S., Czuhai E., Frederiksen R.L., Harlow R.F., Metz L.L. & Pearson, H.A. (1978)**. Effects of Fire on Fauna: A State of Knowledge Review. Gen. Tech. Report WO - 6. Washington, OC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 22 p.
28. **Lyon L.J., Huff M.H., Telfer E.S., Schreiner D.S. & Smith L.K. (2000)**. Fire effects on animal populations. *Wildland Fire in Ecosystems, Effects of Fire on Fauna*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS - GTR 42(1): 25-34.

29. **Miller J.R., Wiens J.A., Hobbs T.N. & Theobald D.M. (2003).** Effects of human settlement on bird communities in lowland riparian areas of Colorado (USA). *Ecological Society of America, Ecological Applications*. 13(4): 1041–1059
30. **Mineau P. & Whiteside M. (2013).** Pesticide acute toxicity is a better correlate of U.S. grassland bird declines than agricultural intensification. *PLOS One*. DOI:10.31371/journal.pone.0057457.
31. **Mitra A., Chatterjee C. & Mandal F.B. (2011).** Synthetic chemical pesticides and their effects on birds. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 5: 81-96. DOI: 10.3923/rjet.2011.81.96
32. **Onnerod S.J. & Tyler S.J. (1993).** Birds as indicators of changes water quality. *Birds as Monitors of Environmental Change* pp 179-216
33. **Özkazanç N.K. (2016).** The importance of birds in biological control and insectivorous bird species determined in Bartın. *International Journal of Bartın Faculty of Forestry*. 18(2): 55-64 ISSN: 1302-0943 EISSN: 1308-5875
34. **Özkazanç N.K. & Ertuğrul M. (2011).** Orman Yangınlarının Fauna Üzerine Etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 13(19): 128-135
35. **van der Ree, R. (1999).** Barbed wire fencing as a hazard for wildlife. *Victorian Naturalist* 116:210-217.
36. **Saidur R., Rahim N.A., Islam M.R. & Solangi K.H. (2011).** Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 2423–2430
37. **Schüz, E. (1972).** Grundriss der Vögelzugkunde, Paul Parey Verlag, Berlin
38. **Sokos C.K., Birtsas P.K., Connelly J.W. & Konstantinos G. (2019).** Hunting of migratory birds: disturbance intolerant or harvest tolerant? *Papaspapopoulos Source: Wildlife Biology*, 19(2) : 113-125 Published By: Nordic Board for Wildlife Research URL:<https://doi.org/10.2981/12-032>
39. **Sovacool B.K. (2012).** The avian and wildlife costs of fossil fuels and nuclear power. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9(4): 255-278, DOI: 10.1080/1943815X.2012.746993
40. **Şekercioğlu Ç.H. (2006).** Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21(8): 465-471
41. **Şekercioğlu Ç.H., Schneider T.H., Fay J.P. & Loarie S.R. (2007).** Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology*, 22(1): 140–150
42. **Şenel M.C. 2012.** Rüzgar türbinlerinde güç iletim mekanizmalarının tasarım esasları-dinamik davranış. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
43. **Tabur M.A. & Ayvaz Y. (2010).** Kuşların ekolojik önemi. Conference: Second International Symposium on Sustainable Development. June 8-9 2010. At: Sarajevo, Bosnia and Herzegovina Volume: 560-565
44. **Tan R. (2019).** World Migratory Bird Day. <https://wildshores.blogspot.com/2014/05/10-11-may-world-migratory-bird-day.html#.XTcFwOgzbIV>
45. **Turan N. (1990).** Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları-Kuşlar. Orman Genel Müdürlüğü, Eğitim Daire Başkanlığı, Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü. Sıra No: 675, Yayın No:61
46. **URL-1, (2018).** <http://www.milliparklar.gov.tr/haberler/ülkemizde-görülen-kuş-türü-sayisi-485-oldu>
47. **URL-2 (2018).** <http://www.longozukoru.org/longoz/detay/Kuslar/17/10/0>
48. **URL-3 (2019).** <https://www.massaudubon.org/learn/nature-wildlife/birds/common-bird-parasites-diseases>
49. **URL-4 (2019).** <https://www.rspb.org.uk/birds-and-wildlife/advice/how-you-can-help-birds/disease-and-garden-wildlife/diseases-in-garden-birds/>
50. **URL-5 (2019).** <http://www.birdsandblooms.com/birding/birding-basics/wild-bird-diseases/>
51. **URL-6 (2019).** <https://ca.audubon.org/news/drought-and-birds>
52. **URL-7 (2019)** <https://www.thespruce.com/natural-disasters-and-birds-386487>
53. **URL-8 (2008)** [http://www.worldmigratorybirdday.org/2008/index5218.html?option=com\\_content&view=article&id=26&phpMyAdmin=19bc4b88ec8et5959b806&Itemid=3](http://www.worldmigratorybirdday.org/2008/index5218.html?option=com_content&view=article&id=26&phpMyAdmin=19bc4b88ec8et5959b806&Itemid=3)
54. **URL-9 (2018)** <https://findingnature.co.uk/air-pollution-affects-birds/>
55. **URL-10 (2015)** <https://www.carbonbrief.org/bird-death-and-wind-turbines-a-look-at-the-evidence>
56. **URL-11 (2018)** [https://www.skybrary.aero/index.php/Bird\\_Population\\_Trends\\_and\\_Impact\\_on\\_Aviation\\_Safety](https://www.skybrary.aero/index.php/Bird_Population_Trends_and_Impact_on_Aviation_Safety)
57. **URL-12 (2019)** <https://ca.audubon.org/news/how-drought-affecting-birds>
58. **URL-13 (2015)** <http://helioscsp.com/birds-mortality-at-concentrated-solar-power-csp-plants/>
59. **Wolfenden A. (2017).** The effects of aircraft noise on avian communities and communication PhD candidate: Division of Biology and Conservation Ecology School of Science and the Environment Manchester Metropolitan University.

# INFLUENCE OF RURAL POPULATION ON URBAN LANDSCAPE PLANNING; CASE STUDY OF BARTIN CITY CENTER AND NEARBY VILLAGES

Melih Öztürk<sup>1\*</sup>, Ali Öztürk<sup>2</sup>, Muhammet Savahil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Landscape Architecture, Faculty of Forestry, Bartın University, 74100, Bartın, Turkey.

<sup>2</sup> Department of Sociology, Faculty of Literature, Bartın University, 74100, Bartın, Turkey.

## Abstract

Sustainable urban landscape planning must regard the effect of the nearby rural population as well as the urban society for the decision making on the spatial organization and arrangement of the cities. The cities like Bartın where is immediately surrounded by the villages, are under the pressure of the sudden incoming rural population. In fact, the core nearby population within the 10 km distance is approximately 26% of the total local population of Bartın central city whereas the global nearby population within the mean 20.5 km distance slightly exceeds that total local population. However, the core city center is not suitable for adequately servicing public open space for such population flow; is able to offer relatively qualified public open space for the average 1,500 persons. On the other hand, the public open space of the global city center is to a certain degree available for 26,250 persons. Nevertheless, the spatial composition of the public open space within the core city center is dominated by the squares, tea gardens and pedestrian trails while the public open space of the global city center varies in characteristics including the cemetery yards, parks, orchards and, especially long riverside trails. Consequently, in order to acquire more public open spaces to meet the necessities of the prospective additional rural population, the remaining parts of the riverside landscape within the global city center should be introduced to serve as recreational fields. Ultimately, urban landscape planning projects should also be extended towards the urban periphery for sake of incorporating some of the isolated forest patches into the urban forestry.

**Keywords:** urban landscape, spatial planning, urban periphery, rural population, Bartın city center and vicinity.

## 1. Introduction

Urban landscape basically involves the natural and cultural components of a city together with their ecological integration fields (Steiner, 1999) within the certain visual boundaries. These natural and cultural components particularly form the urban land uses and therefore comprises the ecological networks among those land uses; ultimately constituting the urban landscape mosaic (Forman, 1995). Hence, urban landscape planning is actually the decision making primarily on the urban land uses considering not only their natural and cultural settings but also their ecological networks and social interactions among those land uses and surrounding environment (Turner & Gardner, 2015). Indeed, these integrated social interactions and their associated impacts are definitive on the urban landscape planning objectives. Therefore, sustainable urban landscape planning and design that consider the socio-economic structure of the urban and surrounding rural society, will be able to achieve coherent spatial organization and able to maintain harmonious urban design criteria in particular (Marsh, 2010). Nevertheless, particularly for the rapidly urbanizing and densely populated cities, proposed landscape and land use plans should be re-handled and revised (Sakieh et al., 2015). In addition, alternative landscape plans should be produced if required in order to adapt the prospective spatial reorganization and reconfiguration of the urban features.

Public open space is conceptually defined as the areal extent of a land serving the present society particularly to supply recreation (Randolph, 2004) and not covered by any of the shielding objects. Public open spaces constitute significant portion of the urban landscapes, which accommodate not only the local societies of the cities but also the external visitors such as the rural population around the urban vicinity. Indeed, urban greenery is included into the urban open spaces and most likely associated and referred with the urban open spaces. Because of their recreation potential, they play significant role for the public life within the cities in particular (Konijnendijk, 2008). Thus, the sustainability of these public open spaces must be ensured under the circumstances of sustainable urban landscape planning objectives and projects. Around this context,

## \*Corresponding Author:

Melih Öztürk (Assoc. Prof. Dr.); Department of Landscape Architecture, Faculty of Forestry, Bartın University, 74100, Bartın, Turkey. Tel: +90 (378) 223 51 28, Fax: +90 (378) 223 50 66, E-mail: melihozturk@bartin.edu.tr

Received : 11.07.2019

Accepted : 26.07.2019

Published : 31.07.2019

development and enhancement of these public open spaces is one of the major tasks and goals of urban landscape planning.

Central city of Bartın Province has many connected villages, most of which are located within the urban vicinity. This situation leads to the constant interaction between those nearby villages and the city center, increasing the tendency of the rural population to frequently arrive the city center for economic, educational and healthcare reasons in principle. The rural population usually uses the public open spaces during their facilities within the city center. However, both the core and global city centers hardly offer available open space opportunities for that rural population, since the existing public open spaces already narrowly suffice to the urban local population partially thanks to the more public open space in the global city center. Therefore, the purpose of this study is to analyze and evaluate the effect of the rural population from the nearby villages on the urban landscape of Bartın central city. This study also suggests sustainable landscape planning proposals in order to avoid the centralization particularly around the core city center and to spread the local and rural populations primarily towards the global city center and then towards the urban periphery.

## **2. Material and Method**

### **2.1. Site Characteristics of Bartın Province**

Bartın Province is located between the 32°07' and 32°56' eastern longitudes, between 41°20' and 41°50' northern latitudes at the northwestern Black Sea Region and covers 2,220 km<sup>2</sup> area (PDEU, 2018). Although the average altitude of the city center is 25 m asl., the topography of the province varies from coastal zones at the sea level up to the mountainous hillsides at the 1200 m asl. (Öztürk & Gökyer, 2015). More than half of the provincial area is covered by the forests (Gökyer *et al.*, 2015) whereas more than a quarter of this provincial area is dominated by the agricultural areas (PDEU, 2018). The remaining part of the provincial area is either urbanized and urbanizing or locally built and constructed. The region where the Bartın Province exists, is included into the humid mesothermal climate regime (Atalay, 2011; Öztürk *et al.*, 2017), with average annual total precipitation of 1033 mm and annual temperature of 12.6°C (TSMS, 2013; Öztürk *et al.*, 2017).

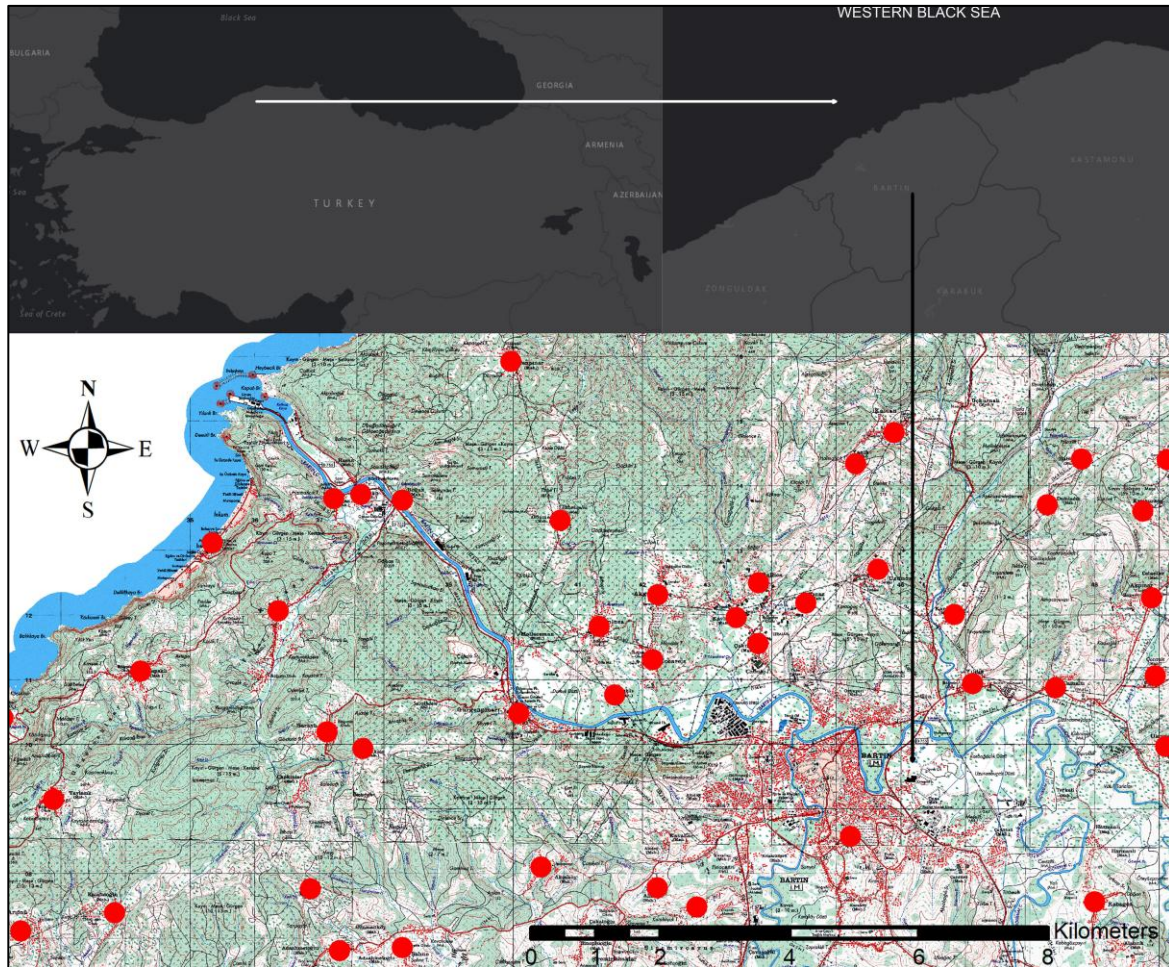


Figure 1. Location of Bartın Province within Turkey and some of the closest nearby villages to city center.

The central city of Bartın Province is at least 10 km away from the Black Sea. There are 80,965 inhabitants which correspond almost 41% of the total population of Bartın Province (198,999), and which are settled within the central city and connected two towns (TSI, 2019a). The inhabitant number of 137 villages connected to the central city, is 74,051 which correspond to about 37% of the Bartın Province total (TSI, 2019b). Bartın Province has three districts; Amasra, Ulus and Kurucaşile. Amasra and Kurucaşile are the coastal districts whereas Ulus is the internal district. Amasra with the central population of 6,085 (only 3% of Bartın Province total), is at least 16 km away from the Bartın city center and, has 30 connected villages (TSI, 2019b). The inhabitant number of these villages is 8,691, corresponding to only about 4% of the Bartın Province total (TSI, 2019b). Ulus is the second closest district with 37 km distance to the Bartın city center and, has 8,262 inhabitants (only 4% of Bartın Province total) within the city center and connected two towns (TSI, 2019b). There are 68 villages connected to the Ulus District where 14,071 inhabitants live, which correspond to about 7% of the Bartın Province total (TSI, 2019b). On the other hand, Kurucaşile is the furthest district with 64 km distance to the Bartın city center and has only 1,877 inhabitants corresponding to only almost 1% of the Bartın Province total (TSI, 2019b). There are 28 villages connected to the Kurucaşile District, where 4,997 inhabitants live, which correspond to only almost 3% of the Bartın Province total (TSI, 2019b).

## 2.2. Methodology

In order to determine the spatial effects of rural population who daily visits the Bartın city center, some of its' spatial and population characteristics should have been addressed to present the actual urban conditions and services. The determination of these spatial and population characteristics will also assist the exploration of alternative possible places that could accommodate the daily rural visitors compensating the existing spatial and social deficiencies, which then will support the prospective sustainable urban landscape planning. Hence, the spatial data indicating the connections within Bartın city center and between the nearby villages are based



on the explicit Google Earth maps whereas the estimation of the population data are based on the literature survey.

The methodology of this study involves the calculation of these spatial and population characteristics of the Bartın city center and the surrounding vicinity including the connected villages. These basic spatial characteristics are the areal and peripheral extent of the core and global city centers, and the approximate areal and peripheral extent of the actual public open spaces that are recently supplied to the local and rural populations. Besides, the areal and peripheral extent of the alternative open spaces that are recently serviced to the local population whereas, that would potentially be serviced to the rural population, are also included within these mentioned basic spatial characteristics. These spatial characteristics of the core and global city centers were calculated based on the maps.

On the other hand, both the spatial and population characteristics of the connected villages, which primarily and frequently transfer rural population to the Bartın city center for their definite proper purposes, were to some extent revealed based on the calculation of their locational distances and populations. At a definite trivium on the Hamam Street, the center point of the Bartın city was marked. The locational distances; road distances, between the nearby villages and this Bartın city center point were determined based on the GIS (Geographical Information Systems) analysis and calculations using the ArcMap 10.5 (ESRI, 2016) and physical settlement maps. Dependent upon their locational distances, they were also classified as core and global nearby villages, and their associated populations were also referred. The villages that are at up to 10 km distance from the Bartın city center point were accepted as core nearby villages whereas the villages within and more than 10 km distance were accepted as global nearby villages.



Figure 2. Location of core (red line) and global (yellow line) centers of Bartın city (modified from Google Earth image of April 23th of 2018) together with certain field photographs (original).

### 3. Results and Discussion

The basic spatial characteristics of the core and global centers of Bartın city (Figure 2), indicating the areal and peripheral sizes of their recent and alternative public open spaces, are stated in the Table 1. According to the Table 1, the areal extent of the global city center is approximately 9 times of the core city center whereas its' peripheral extent is almost 3 times (Figure 2). Although the core city center covers 34 hectares, it could only offer 3 hectares of public open space (Table 1), already one-fifth of which is shared by Cumhuriyet Square and surrounding open places (Bollukcu & Cengiz Gökçe, 2019). The remaining area of the already-limited public open space within the core city center, consists solely of few narrow squares and parks, tea gardens, pedestrian trails with pavements, and even barely the spaces around municipal parking lots, bus stops and sitting benches. However, out of those restricted spatial opportunities within the core city center, alternative public open spaces can be introduced particularly by the municipality, through pedestrianization and by uncovering some of the

public semi-open spaces. Yet these spatial opportunities scarcely attain 1 km area and 1.5 km peripheral extent (Table 1). In fact, streetscape designs especially for the riverside landscapes such as proposed by Cengiz (2012) in a study within the global center of Bartın city center, can also in some way be applied for the core city center in order to allow the pedestrian mobility along the riversides.

Table 1. Basic spatial characteristics of Bartın city center and vicinity.

Space	Areal Extent (ha)	Peripheral Extent (km)
<i>Core city center</i>	34	3.0
<i>Global city center</i>	301	8.5
<b>Public Open Space</b>		
<i>Core city center</i>	~3.0	~3.5
<i>Global city center</i>	~50	~30
<b>Alternative P. Open Space</b>		
<i>Core city center</i>	~1	~1.5
<i>Global city center</i>	~20	~10

The situation is to some degree different for the global center of Bartın city, which could provide more public open space relative to its' overall areal space (Table 1). Moreover, the characteristics of the public open spaces tend to vary expanding from the core to the global city center. This variability depends principally on the fact that the proportion of the natural environment to the built environment, increases from the core to the global city center (Figure 2). Hence, gradually differentiating from the core city center, the public open space of the global city center is primarily composed of the cemetery yards, larger and greener parks together with orchards along the riversides, again riverside pedestrian trails with tea gardens, and roadside pedestrian pavements (Figure 2). Such flourishing green spaces among the concrete spaces indicates a sort of ecological conversion within the global city center (Figure 2). In this respect, ingredients of urban ecology differ from the components of the relatively natural and rural area ecology (Forman, 2016). Consequently, the alternative public open spaces that can potentially be supplied by the global city center are also larger than the core city center (Table 1). The introduction of these alternative public open spaces principally involve the activation of other riverside and roadside landscapes by planning and application of recreational facilities along these spaces. The natural and rural areas surrounding the cities are permanently under the threat of urbanization and urban expansion (Antrop, 2004), unless contrary landscape and urban planning strategies are implemented in order to promote sustainable urbanization (Wu, 2014). On the other hand, considering the expansion and sprawl potential of the Bartın city towards the surrounding natural areas, urban forests that would provide recreation opportunities for the public should be sought among the woodlands at the actual urban periphery. Indeed, Öztürk and Bolat (2012) suggested the recreation potential of six forest patches within the urban periphery outside the actual global center of the Bartın city, and they discussed their suitability for the urban forestry.

The population characteristics of the core and global nearby villages together with their mean distances to the center point of Bartın city, are presented in Table 2. Almost 5% of the total rural population of the villages connected to the Bartın city, lives within the immediate nearby ( $\leq 5$ km) of the city center (Table 2). This immediate nearby rural population also corresponds to almost 5% of the total local population (71,703) of the central city (TSI, 2019b). Nevertheless, the rural population within the core nearby villages ( $\leq 10$ km) is slightly more than one-fourth of the each total local and total rural populations (Table 2). For most of the societies, economy is the primary motive urging the rural population to the city centers (Kroll et al., 2012; Wu et al., 2014), which is accordingly followed by education and healthcare. The rural population of the nearby villages, visits the city center for similar particular purposes involving principally the commerce and trade, business and labor, education and training, medical treatment and healthcare, governmental and municipal issues, simply visiting and meeting, transportation and recreation. Amongst the commercial and trading factors, major bazaar within the core city center plays significant and crucial role on gathering and concentrating not only the rural population but also the local population during the bazaar days in particular (Koday & Çelikoğlu, 2011). Especially during these bazaar days, exceedance of the carrying capacity of the public open spaces within the core city center, necessitates the urban landscape planning in order to reorganize actual public open spaces and even to explore alternative ones.

Table 2. Population patterns of core and global nearby villages connected to central city of Bartın Province.

	Core Nearby Villages		Global Nearby Villages		
	≤5km	≤10km	≤15km	≤20km	>20km
<b>Number of Villages</b>	5	25	54	76	61
<b>Mean Distance (km)</b>	4.1	7.0	10	12.1	30.8
<b>Rural Population</b>	3,487	16,027	34,989	47,058	26,993

The huge rural population of the global nearby villages (Table 2), always puts spatial and social pressure primarily on the core city center and secondarily on the global city center. In other words, there is a potential for the rural population of global nearby villages which in fact exceeds the population of the central city, to flow suddenly towards the city center. Therefore, this sudden agglomeration particularly around the core city center, which is under these circumstances far away from accommodating adequate public open space even for the local population, will not be scattered leading to the high population densities at certain concentration points. Merely 4 hectares of public open space could provide relatively qualified service only to 1000-2000 persons, which is complying with the variable open space planning standards given in the study by Veal (2013). However, the recent advances in the road conditions and means of transportation, supply the associated accessibility to the Bartın city center even from the furthest village at 43.2 km distance. Thereby the possibility of sudden population flow towards the city, can to some extent be solved within the global city center, which will serve public open space around 17,500-35,000 persons (see Table 1). On the other hand, the potential traffic problem as a result of such possible population flow should not be ignored, since that pressure will lead to parking lot problem as indicated for Safranbolu, Turkey (Dönmez *et al.*, 2016). Consequently, sustainable landscape planning objectives should particularly be concentrated on the global city center, regarding the efficient land use planning for the actual and alternative public open spaces there.

#### 4. Conclusions and Recommendations

Mostly the accumulation of the governmental, educational, healthcare institutions and the places of active business around the core and global centers of Bartın city have led to the aggregation of the local and rural populations within the core city center of Bartın. Therefore, the urban landscape and urban land use planning strategies should principally involve profound changes and decisions during the making of the city master and development plans. Moreover, sustainability of the recent public open spaces, discovery and development of the alternative ones are crucial for the urban landscape planning objectives. On the other hand, livable environment and social wellbeing within the city and the vicinity, can be supported through the introduction of the new public open spaces around the urban periphery and even at the countryside to serve for both the local and rural populations. However, this can be ensured by constructing the urbanization strategies and policies based on the landscape and regional scale plans.

Furthermore, sustainable landscape planning considering social basis of the region, intends to prevent cultural conflicts and unharmonious confrontations between the urban and rural populations in order to sustain public security within the city center. Otherwise, dependent upon these conflicts and confrontations, specific and customary crimes would be committed (Öztürk, 2019). Therefore, appropriate landscape planning and design projects that propose special arrangements and features, should be established within the context of the cultural conciliation between the urban and rural societies. In other respects, some precedent behaviors and properties of the urban society, which have not been adopted by the rural communities, cause incompatibilities for the usage of the open spaces within the city center (i.e. usage of the open spaces around the villagers' bus stops for chatting and eating place by the urban dwellers). Besides, there are application differences between the urban and rural societies for such practices like locational recognition and waste disposal within the city, which should not be ignored during the design and placement of the equipment like city guide boards, waste and garbage bins. There are also access differences between the urban and rural societies for such fields like car parking and riversides, where should be designed and rearranged multifunctional for sake of compatibility with the authentic, natural and historical environment. Beyond all these incompatibilities for the urban public open space usages, the cultural means and varieties and the economic returns contributed to the city by the rural population, should seriously be taken into consideration (Öztürk, 2019).

General observations indicate that the population movement between the Bartın city center and the nearby villages tends to stay within its' regular and controllable routines (Öztürk, 2018a). On the other hand, converter factors that are applicable for all the rural conversions, pose sudden population migration risks between the city and the nearby villages such as the establishment of the university, the construction of new settlements and the associated introduction of new recreational areas within either of the urban or rural landscapes (Öztürk,

2018b). Hence, solution-oriented multiple landscape and land use planning strategies must be developed against multiple models of sprawl scenarios, in order to absorb the possible negative impacts of these converters along the urban and rural gradients. This strategy development will also to some degree assist to moderate the prospective urban sprawl, unregulated rentier areas and uncontrolled social relationships (Öztürk, 2018a).

## References

1. **Antrop M. (2004).** Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*. 67: 9-26.
2. **Atalay İ. (2011).** *Climate Atlas of Turkey*. İnkılâp Bookstore Publications. 136 pages. İstanbul, Turkey.
3. **Bollukcu P. & Cengiz Gökçe G. (2019).** Revision suggestions for landscape design of Bartın City Square. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*. 21(1): 97-107.
4. **Cengiz B. (2012).** Streetscape design proposals for urban ecological greenway planning in Bartın, Turkey. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*. 14(Special Issue): 120-135.
5. **Dönmez Y., Çabuk S., Öztürk M. & Gökyer E. (2016).** Parking lot problem within Safranbolu urban protected site and solution alternatives. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*. 18(2): 137-145.
6. **ESRI (2016).** ArcGIS Desktop 10.5. USA.
7. **Forman R.T.T. (1995).** *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. First Edition. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
8. **Forman R.T.T. (2016).** Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different? *Landscape Ecology*. 31:1653-1662.
9. **Gökyer E., Öztürk M., Dönmez Y. & Çabuk S. (2015).** Evaluation of ecotourism activities using Geographic Information Systems in mountain areas of Bartın City. *İnönü University Journal of Art and Design*. 5(12):25-35.
10. **Koday S. & Çelikoğlu Ş. (2011).** An example of traditional shopping site: Bartın Ladies' Bazaar (Galla Bazaar). *Atatürk University Journal of Graduate School of Social Sciences*. 15(2): 243-262.
11. **Konijnendijk C.C. (2008).** *The Forest and The City; The Cultural Landscape of Urban Woodland*. Second Edition. Springer International Publishing, Switzerland.
12. **Kroll F., Müller F., Haase D. & Fohrer N. (2012).** Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*. 29: 521-535.
13. **Marsh W.M. (2010).** *Landscape Planning, Environmental Applications*. Fifth Edition. John Wiley and Sons, Inc. USA. (2010).
14. **Öztürk M. & Bolat İ. (2012).** *Determination of recreational urban forest patches based on spatial characteristics, Case Study: Bartın (Turkey) city center and vicinity*. In: BENA (Balkan Environmental Association)-2012, Sustainable Landscape Planning and Safe Environment, İstanbul Technical University, İstanbul, 21-24 June 2012.
15. **Öztürk M. & Gökyer E. (2015).** Seasonal variation in light transmission and canopy gaps of deciduous roadside vegetation: Assessment within forest landscape. *Eurasian Journal of Forest Science*. 3(2): 1-11.
16. **Öztürk M., Bolat İ., Gökyer E. & Kara Ö. (2017).** Land use suitability classification for the actual agricultural areas within the Bartın Stream Watershed of Turkey. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 5(1): 30-36.
17. **Öztürk A. (2018a).** *Immigration and Crises*. In: Immigration Sociology (Ed. Rıdvan Şimşek). Akademisyen Bookstore, Ankara, Turkey.
18. **Öztürk A. (2018b).** *Grand Crises of Social Science in Turkey (Alarm for Preference of University Department over YKS Examination: Analysis of 2018 Data)*. 3<sup>th</sup> International Multidisciplinary Studies Congress, October 5-6, 2018. pp. 360-365. Kiev, Ukraine.
19. **Öztürk A. (2019).** The comparison of East-Islamic Cities and Western Cities in the context of city Imajoloji. *TYB Academy (Journal of Philology, Literature and Social Sciences)*. 26: 112-129.
20. **Randolph J. (2004).** *Environmental Land Use Planning and Management*. First Edition. Island Press, Washington, USA.
21. **Sakieh Y., Salmanmahiny A., Jafarnezhad J., Mehri A., Kamyab H. & Galdavi S. (2015).** Evaluating the strategy of decentralized urban land-use planning in a developing region. *Land Use Policy*. 48: 534-551.
22. **Steiner F. (1999).** *The Living Landscape: An Ecological Approach to Landscape Planning*. Second Edition. McGraw-Hill Professional Architecture. New York, USA.
23. **PDEU-Provincial Directorate of Environment and Urbanism (Bartın Governorship) (2018).** *Environmental Status of Bartın Province in 2017*. 131 pages. Bartın, Turkey.

24. **TSI-Turkish Statistical Institute (2019a)**. *Turkey in Statistics 2018*. 147 pages. Publication Number: 4546, Ankara, Turkey.
25. **TSI-Turkish Statistical Institute (2019b)**. *Address Based Population Registration System, Statistics of 2018*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> Date of Access: 29.06.2019.
26. **TSMS-Turkish State Meteorological Service (2013)**. *Daily Meteorological Data of Bartın Meteorological Station*. Ankara, Turkey.
27. **Turner M.G. & Gardner R.H. (2015)**. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Second Edition. Springer-Verlag, New York, USA.
28. **Veal A.J. (2013)**. Open space planning standards in Australia: in search of origins. *Australian Planner*. 50(3): 224-232.
29. **Wu J. (2014)**. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*. 125: 209-221.
30. **Wu J., Xiang W-N. & Zhao J. (2014)**. Urban ecology in China: Historical developments and future directions. *Landscape and Urban Planning*. 125: 222-233.