

2(1):2023



**Sivas Cumhuriyet University Journal
of Science and Technology**

Published By
Sivas Cumhuriyet University
<https://www.scku.edu.tr/pub/fojst>
E-ISSN: 2980-0110

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology

Year (Yıl): 2023, Volume (Cilt):2, Number (Sayı):1

Dergi İmtiyaz Sahibi / Owner

Prof. Dr. Turhan KURŞUN

Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Doğan Engin ALNAK

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Prof. Dr. İbrahim CAN

Doç. Dr. Serdar MERCAN

Teknik Editor / Technical Editor

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat KOCA



Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology

Advisory Board (Danışma Kurulu)

Prof. Dr. Adem KURT	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Bilge Demir	Karabük Üniversitesi
Prof. Dr. Coşkun ÖZALP	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Prof. Dr. Murat HOŞÖZ	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Serdar OSMANYILMAZ	Namık Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Yasin VAROL	Fırat Üniversitesi



Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology

Subject Editors (Alan Editörleri)

Prof.Dr. Tanju TEKER

Doç.Dr. İlker Temizer

Dr.Öğr. Üyesi Abdullah KAPICIOĞLU

Dr.Öğr. Üyesi Cem ERTEK

Dr.Öğr. Üyesi Emre ÜNSAL

Dr.Öğr. Üyesi Nazile YILANKIRKAN

Dr.Öğr. Üyesi Özlem POLAT

Dr.Öğr. Üyesi Rukiye KARAKIŞ

Dr.Öğr. Üyesi Sibel ARSLAN

Dr.Öğr. Üyesi Sinan AYDIN

Dr.Öğr. Üyesi Tahsin YÜKSEL

Dr.Öğr. Üyesi Yakup EMÜL

Journal secretariat (Dergi Sekreteryası)

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat KOCA

Dr. Öğr. Üyesi Gizem BAKIR

Dr. Öğr. Üyesi Yeliz ALNAK

Arş.Gör. Fatih CİVELEK

Arş.Gör. Gökhan AZIZOĞLU

Arş.Gör. Kürşat TUNCER

Arş.Gör. Onur ÖRNEK



Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi (CUJAST) hakemli bir dergidir.

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi yılda iki kez yayınlanmaktadır (Haziran ve Aralık).

Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology (CUJAST) is a peer-reviewed journal.).

Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology is published two times in a year (June and December).

Dergi İçin Yazışma Adresi / Correspondence Address

Doç. Dr. Doğan Engin ALNAK (Editor in Chief)

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

e-mail: dealnak@cumhuriyet.edu.tr

cujast@cumhuriyet.edu.tr

Web link: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cujast>



Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology

Year (Yıl): 2023, Volume (Cilt):2, Number (Sayı):1

CONTENTS (İçindekiler)

	Sayfalar
Hatice Pınar Cantekin, Sezer Sorgun	1-4
On Analogues of Nilpotent and Total Graphs Associated Ring Zn Zn Halkası Üzerinde Tanımlı Nilpotent ve Total Çizgelerin Analogları Üzerine Taner Ekici	5-15
Distribution of Volcanic Activity on Earth and Examples from Turkey Yeryüzündeki Volkanik Aktivitenin Dağılımı ve Türkiye'den Örnekler Esra Kına1, Mehmet Salih Özgökçe, Hasret Güneş	16-23
Determination of Some Physiological Parameters of Acanthiophilus Helianthi Rossi (Diptera: Tephritidae) Before and After Damage in Different Safflower (Carthamus tinctorius L.) Varieties Acanthiophilus Helianthi Rossi (Diptera: Tephritidae)'nin Farklı Aspir (Carthamus tinctorius L.) Çeşitlerinde Zarar Öncesi ve Sonrası Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Belirlenmesi	24-30
Cahit Gürlek, Mehmet Bilgili	31-38
Estimation of Monthly Global Solar Radiation Using Long-Short Term Memory (LSTM) Method: A Case Study of Sivas Province Aylık Toplam Güneş Işınımının Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) Yöntemiyle Tahmini: Sivas İli Örneği	39-43
Taner Ekici	44-49
Petrology of the Neogene Şerefiye Volcanics (Zara-Sivas) Neojen Yaşlı Şerefiye Volkanitlerinin Petrolojisi (Zara-Sivas)	
Esra Kına, Mehmet Salih Özgökçe	
Determination of Some Morphological Parameters of Five Different Safflower Varieties in Field Conditions	
Cahit Gürlek, Ferhat Koca	
Numerical Investigation of Flow and Heat Transfer Characteristics in a Corrugated Channel Equipped With Obstacles Engellerle Donatılmış Oluklu Bir Kanal İçerisindeki Akış ve Isı Transferi Karakteristiklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi	



On Analogues of Nilpotent and Total Graphs Associated Ring Z_n

Hatice Pinar Cantekin^{1,a*}, Sezer Sorgun^{1,b}

¹Department of Mathematics, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Nevşehir 50300, Turkey.

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 01/02/2023

Accepted: 22/03/2023

ABSTRACT

In the last 20 years, the graphs associated a ring have been introduced such as the zero-divisor graph, the nilpotent graph and the total graph, etc. The studies on these graphs are generally related to their graph invariants (diameter, girth etc.). In this paper, we define two novel analogue graphs over the integer rings and obtain some properties as well as the spectrum with respect to the adjacency matrix.

Key Words: Graph, Nilpotent Graph, Total Graph, Zero Divisor, Spectrum
2000 Mathematics Subject Classification: 05C50;05C75

Z_n Halkası Üzerinde Tanımlı Nilpotent ve Total Çizgelerin Analogları Üzerine

Süreç

Geliş: 01/02/2023

Kabul: 22/03/2023

Öz

Son 20 yıldır, sıfır-bölen çizge, nilpotent çizge ve total çizge gibi bir halka ile oluşturulmuş graflar tanıtılmıştır. Bu yapılar üzerine yapılan çalışmalar genellikle çizgenin çapı, en kısa döngü sayısı vb. çizge değişmezleri çalışmalarıdır. Bu çalışmada tam sayılar halkası üzerinde iki analog çizge tanıtılmış ve komşuluk matrisine göre bazı spektral özellikleri incelenmiştir.

License



This work is licensed under
 Creative Commons Attribution 4.0
 International License

Anahtar Kelimeler: Çizge, Nilpotent Çizge, Total Çizge, Sıfır-Bölen, Spektrum.
2000 Matematik Konu Sınıflandırması: 05C50;05C75

pincarcantekin007@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9692-275X>

sqrnrzs@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8708-1226>

How to Cite: Cantekin Hatice Pinar, Sorgun Sezer. (2023) On Analogues of Nilpotent and Total Graphs Associated Ring Z_n , Journal of Science and Technology, 2(1):1-4.

Introduction

Throughout the paper we consider only simple graphs. Let $G = (V, E)$ be a graph on vertex set $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ and edge set $E = E(G) = \{v_i v_j : v_i, v_j \in V\}$. Also let d_i be the degree of vertex v_i for $i = 1, 2, \dots, n$. The minimum vertex degree is denoted by $\delta = \delta(G)$ and the maximum by $\Delta = \Delta(G)$. Let N_i be the neighbour set of the vertex $v_i \in V(G)$. If vertices v_i and v_j are adjacent, we denote that by $v_i v_j \in E(G)$ or $v_i \sim v_j$. The complete graph K_n is a graph such that all degrees of the vertices are $n - 1$. A complete bipartite graph $K_{m,n}$ is a graph whose vertices can be partitioned into two disjoint subsets U and W such that $V = U \cup W$ and for every $u \in U$ and $w \in W$, uw is an edge in E . For the graphs G and H , $G + H$ is also a graph and called the union of G and H .

The adjacency matrix $A(G)$ of G is defined by its entries $a_{ij} = 1$ if $v_i v_j \in E(G)$ and 0 otherwise. Let $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ denote the distinct eigenvalues of $A(G)$. The multiset of the eigenvalues is known as the spectrum and is shown by $Spec_A(G) = \{\lambda_1^{(m_1)}, \dots, \lambda_k^{(m_k)}\}$ where m_i is the algebraic multiplicity of λ_i .

In recent years, the graphs associated the rings have become one of the interesting research topics. The main questions arising in the studies are as 'Can a graph be defined on different elements of the group or ring from commonly used algebraic structures?' and 'Which graph family does the obtained graph structure belong to?'. In view of these questions, various graphs associated a ring can be found in [Anderson and Livingston, 1999; Anderson, Levy and Shapiro, 2003; Anderson and Badawi, 2008; Anderson, Asir, Badawi and Chelvam, 2021; Li and Li, 2010; Nikmehr and Khojasteh, 2013; Singh and Bhat, 2020]. In addition to pure graph theory studies, there are also the studies in terms of graph spectra (see also [Bajaj and Panigrahi, 2022; Cantekin and Sorgun, 2017; Chattopadhyay, Patra and Sahoo, 2020; Pirzada, Rather, Aijaz and Chishti, 2022; Pirzada, Rather, Sbahan and Chishti, 2023]). In this paper, we define analogues of total graph and nilpotent graph and obtain the graph structure. We also present the spectrum with respect to the adjacency matrix.

Main Results

Lemma 2.1. [Brouwer and Haemers, 2012]

1. For the complete graph K_m , we have $Spec_A(K_m) = \{(m - 1)^1, (-1)^{m-1}\}$.
2. For the complete bipartite graph $K_{m,n}$, $Spec_A(K_{m,n}) = \{(\sqrt{mn})^{(1)}, (-\sqrt{mn})^{(1)}, 0^{(m+n-2)}\}$.
3. Let G and H be graphs. Then $Spec_A(G + H) = Spec_A(G) \cup Spec_A(H)$.

Lemma 2.2.

[Brouwer and Haemers, 2012] Let Q be a quotient matrix of any square matrix A corresponding to an equitable partition. Then the spectrum of A contains the spectrum of Q .

Definition 2.3.

Let R be a commutative ring with unity such that the set of zero-divisor elements and the set of the nilpotent elements of R are $Z(R)$ and $N(R)$, respectively.

1. The nilpotent-divisor graph $\Gamma_{ND}(R)$ is the graph such that for any two distinct vertices x and y in $Z(R) \setminus N(R)$ are adjacent if and only if xy is nilpotent.
2. Let R be a commutative ring with unity. The nilpotent-total graph $\Gamma_{NT}(R)$ is the graph such that for any two distinct vertices x and y in $Z(R) \setminus N(R)$ are adjacent if and only if $x + y$ is nilpotent.

Lemma 2.4.

Let \mathbb{Z}_n be an integer ring such that $n = \sum_{i=1}^3 p_i^{m_i}$ (p_i 's prime numbers). Then the vertex of set $\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n)$ has six pairwise disjoint zero divisor sets except the nilpotent elements of it and the cardinalities of the sets as the following:

$$\begin{aligned} c_1 &= |\overline{p_2 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| = p_2^{m_2-1} p_3^{m_3-1} \Phi(p_1^{m_1}) \\ c_2 &= |\overline{p_1 p_2} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| = p_1^{m_1-1} p_2^{m_2-1} \Phi(p_3^{m_3}) \\ c_3 &= |\overline{p_1 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| = p_1^{m_1-1} p_3^{m_3-1} \Phi(p_2^{m_2}) \\ c_4 &= |\overline{p_1} \setminus \overline{p_1 p_2} \cup \overline{p_1 p_3}| = p_1^{m_1-1} \Phi(p_2^{m_2}) \Phi(p_3^{m_3}) \\ c_5 &= |\overline{p_3} \setminus \overline{p_1 p_3} \cup \overline{p_2 p_3}| = p_3^{m_3-1} \Phi(p_1^{m_1}) \Phi(p_2^{m_2}) \\ c_6 &= |\overline{p_2} \setminus \overline{p_1 p_2} \cup \overline{p_2 p_3}| = p_2^{m_2-1} \Phi(p_1^{m_1}) \Phi(p_3^{m_3}). \end{aligned}$$

Proof. We have $N(\mathbb{Z}_n) = \{p_1 p_2 p_3, 2(p_1 p_2 p_3), \dots, (p_1^{m_1-1} p_2^{m_2-1} p_3^{m_3-1})(p_1 p_2 p_3)\}$.

Also from the definition of nilpotent divisor graph the vertices of the graph are form of $\overline{p_i}, \overline{p_i p_j}$. For distinct i, j, k all sets which include the zero-divisor elements of \mathbb{Z}_n are

$$\begin{aligned} \overline{p_i} &= \{p_i, 2p_i, \dots, (p_i^{m_i-1} p_j^{m_j} p_k^{m_k}) p_i\} \tag{1} \\ \overline{p_i p_j} &= \{p_i p_j, 2p_i p_j, \dots, (p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} p_k^{m_k}) p_i p_j\} \tag{2} \\ \overline{p_i p_j p_k} &= N(\mathbb{Z}_n) \tag{3} \end{aligned}$$

From the definition of the graph, we get $p_i \sim p_j p_k$ and $p_i p_j \sim p_i p_k$ for all distinct i, j, k . Hence since we have $\overline{p_i p_j p_k} \subset \overline{p_i p_j} \subset \overline{p_i}$, the distinct set of the zero-divisors of the ring and hence the cardinalities are

$$\begin{aligned} |\overline{p_i}| &= |\overline{p_i} \setminus (\overline{p_i p_j} \cup \overline{p_i p_k} \setminus \overline{p_i p_j p_k})| \tag{4} \\ |\overline{p_i p_j}| &= |\overline{p_i p_j} \setminus \overline{p_i p_j p_k}| \tag{5} \end{aligned}$$

Hence, from the sets in (1-3), we get

$$\begin{aligned} |\overline{p_i}| &= p_i^{m_i-1} p_j^{m_j} p_k^{m_k} - (p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} p_k^{m_k} + p_i^{m_i-1} p_j^{m_j} p_k^{m_k-1} - p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} p_k^{m_k-1}) \\ &= p_i^{m_i-1} (p_j^{m_j} p_k^{m_k} - p_j^{m_j-1} p_k^{m_k} - p_j^{m_j} p_k^{m_k-1} + p_j^{m_j-1} p_k^{m_k-1}) \\ &= p_i^{m_i-1} (p_j^{m_j} (p_k^{m_k} - p_k^{m_k-1}) - p_j^{m_j-1} (p_k^{m_k} - p_k^{m_k-1})) \\ &= p_i^{m_i-1} \Phi(p_j^{m_j}) \Phi(p_k^{m_k}) \tag{6} \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} |\overline{p_i p_j}| &= p_i^{m_i-1} p_j^{m_j} p_k^{m_k} - p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} p_k^{m_k-1} \\ &= p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} (p_k^{m_k} - p_k^{m_k-1}) \end{aligned}$$

$$= p_i^{m_i-1} p_j^{m_j-1} \Phi(p_k^{m_k}) \tag{7}$$

Permuting i, j, k in the sets, the other cardinalities is provided similarly.

Theorem 2.5.

Let \mathbb{Z}_n be an integer ring such that $n = \sum_{i=1}^3 p_i^{m_i}$. Then $P_{A(\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n))}(x) = x^{\sigma-6}(x^6 - u_1x^4 - 2u_2x^3 + u_3x^2 - u_4)$ (8)

where σ is the number of vertex of the graph and $u_1 = \rho\phi(n)(S + 3)$, $u_2 = \rho^2\phi(n)$, $u_3 = \rho^2\phi(n)^2(S + 3)$, $u_4 = \rho^3\phi(n)^3$ such that ρ is the number of nilpotent elements and

$$S = \frac{p_1^{m_1-1}}{\Phi(p_1^{m_1})} + \frac{p_2^{m_2-1}}{\Phi(p_2^{m_2})} + \frac{p_3^{m_3-1}}{\Phi(p_3^{m_3})}.$$

Proof. Let $n = \sum_{i=1}^3 p_i^{m_i}$. From Lemma 2.4, we get

$$|V| = |\overline{p_2 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| + |\overline{p_1 p_2} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| + |\overline{p_1 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}| + |\overline{p_1} \setminus \overline{p_1 p_2} \cup \overline{p_1 p_3}| + |\overline{p_3} \setminus \overline{p_1 p_3} \cup \overline{p_2 p_3}| + |\overline{p_2} \setminus \overline{p_1 p_2} \cup \overline{p_2 p_3}|$$

Let's say $|V| = \sigma$ and $|N(\mathbb{Z}_n)| = \rho$. For every $x \in \overline{p_i} \setminus (\overline{p_i p_j} \cup \overline{p_i p_k})$ and $y \in \overline{p_i}$ we get $x \sim y$. Also $x \sim y$ for all $x \in \overline{p_i p_j}$ and $y \in \overline{p_i p_k}$. Hence the graph has six partitions as seen Figure. The adjacency matrix of the graph can be blocked as

$$A(\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n)) = \begin{bmatrix} 0_{c_1 \times c_1} & J_{c_1 \times c_2} & J_{c_1 \times c_3} & J_{c_1 \times c_4} & 0_{c_1 \times c_5} & 0_{c_1 \times c_6} \\ J_{c_2 \times c_1} & 0_{c_2 \times c_2} & J_{c_2 \times c_3} & 0_{c_2 \times c_4} & J_{c_2 \times c_5} & 0_{c_2 \times c_6} \\ J_{c_3 \times c_1} & J_{c_3 \times c_2} & 0_{c_3 \times c_3} & 0_{c_3 \times c_4} & 0_{c_3 \times c_5} & J_{c_3 \times c_6} \\ J_{c_4 \times c_1} & 0_{c_4 \times c_2} & 0_{c_4 \times c_3} & 0_{c_4 \times c_4} & 0_{c_4 \times c_5} & 0_{c_4 \times c_6} \\ 0_{c_5 \times c_1} & J_{c_5 \times c_2} & 0_{c_5 \times c_3} & 0_{c_5 \times c_4} & 0_{c_5 \times c_5} & 0_{c_5 \times c_6} \\ 0_{c_6 \times c_1} & 0_{c_6 \times c_2} & J_{c_6 \times c_3} & 0_{c_6 \times c_4} & 0_{c_6 \times c_5} & 0_{c_6 \times c_6} \end{bmatrix}$$

Since each i th block of the matrix has an identical rows, hence $x^{|V|-6}$ is a factor of the characteristic polynomial of $A(\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n))$. Also as seen the blocks, $A(\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n))$ has an equitable partition 6 classes. Let Q be the quotient matrix of the partition as

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & c_2 & c_3 & c_4 & 0 & 0 \\ c_1 & 0 & c_3 & 0 & c_5 & 0 \\ c_1 & c_2 & 0 & 0 & 0 & c_6 \\ c_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

From Lemma 2.2, the characteristic polynomial of Q is a factor of the characteristic polynomial of $A(\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n))$. Hence we get

$$P_Q(x) = x^6 - (c_1c_2 + c_1c_3 + c_1c_4 + c_2c_3 + c_2c_5 + c_3c_6)x^4 + 2c_1c_2c_3x^3 + \left(((c_4 + c_5 + c_6)c_3 + c_4c_5)c_2 + c_3c_4c_6 \right) c_1 + c_2c_3c_5c_6 x^2 - c_1c_2c_3c_4c_5c_6 \tag{9}$$

by computation and hence substituting the value of c_i , the desired result holds.

Corollary 2.6.

$$\Gamma_{ND}(\mathbb{Z}_n) \cong K_{p^{\alpha-1}\Phi(q^\beta), q^{\beta-1}\Phi(p^\alpha)} \text{ for } n = p^\alpha q^\beta.$$

Proof. It is easy to see the result from Lemma 2.1 and Theorem 2.5.

Theorem 2.7.

Let \mathbb{Z}_n be an integer ring such that $n = \sum_{i=1}^3 p_i^{m_i}$. Then $\Gamma_{NT}(\mathbb{Z}_n) \cong K_\rho + \frac{|V|-c_1}{2\rho} K_{\rho,\rho}$, when if $p_1 = 2$; $\Gamma_{NT}(\mathbb{Z}_n) \cong \frac{|V|}{2\rho} K_{\rho,\rho}$, when $p_i \neq 2$, where ρ is the number of nilpotent elements of \mathbb{Z}_n .

Proof. Assume that $p_1 = 2$. Recalling the disjoint zero divisor sets in Lemma 2.4. For every distinct $x, y \in \overline{p_2 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}$ we get $x \sim y$ since $x + y \in N(\mathbb{Z}_n)$. In fact, if $x \in \overline{p_2 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}$, then there is an odd t_1 integer such that $x = p_2 p_3 t_1$. Similarly if

$y \in \overline{p_2 p_3} \setminus \overline{p_1 p_2 p_3}$, then there is an odd t_2 integer such that $x = p_2 p_3 t_2$. So we have $x + y \in p_2 p_3 (t_1 + t_2)$ and since $t_1 + t_2 \in 2\mathbb{Z}$, $x + y$ must be the nilpotent element. Hence $x + y \in N(\mathbb{Z}_n)$. Provided this, there is exactly c_1 - elements, hence this partition forms the complete graph K_{c_1} . Notice that $c_1 = \rho$ since $p_1 = 2$. Hence the partition forms K_ρ .

On the other hand, for every $x \in \overline{p_1 p_j} \setminus \overline{p_1 p_j p_k}$ ($j, k \neq 1$), it is easy to say that $x + (p_1 p_2 p_3)t \in \overline{p_1 p_j} \setminus \overline{p_1 p_j p_k}$ since every elements have exactly one additive inverse. Also $-x + (p_1 p_2 p_3)t \in \overline{p_1 p_j} \setminus \overline{p_1 p_j p_k}$ because 0 is a nilpotent element. Let $U = \{x + (p_1 p_2 p_3)t : t \in \mathbb{Z}\}$ and $V = \{-x + (p_1 p_2 p_3)t : t \in \mathbb{Z}\}$. Then, we get $x \sim y$ for every $x \in U$ and $y \in V$. Hence it forms a bipartite graph whose partitions are the sets U and V . By similar method, we get disjoint bipartite graph on the distinct sets, given in Lemma 2.4. Therefore $\Gamma_{NT}(\mathbb{Z}_n) \cong K_\rho + \frac{|V|-c_1}{2\rho} K_{\rho,\rho}$.

Let $p_i \neq 2$ for $i = 1, 2, 3$. In this case, the all partitions form the complete bipartite graph $K_{\rho,\rho}$ by the method which is similar to the proof of the first case.

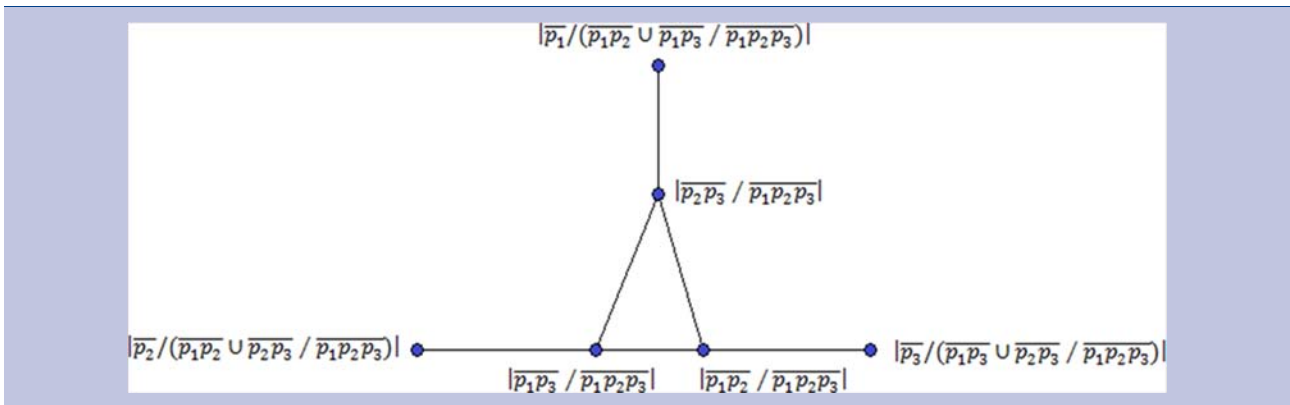


Figure 1: The nilpotent divisor graph of \mathbb{Z}_n

Corollary 2.8.

Let \mathbb{Z}_n be an integer ring such that $n = \sum_{i=1}^3 p_i^{m_i}$. Then

$$Spec_A(\Gamma_{NT}(\mathbb{Z}_n)) = \left\{ \rho - 1^{(1)}, (-1)^{(\rho-1)}, (\rho)^{\binom{|V|-c_1}{2\rho}}, (-\rho)^{\binom{|V|-c_1}{2\rho}}, (0)^{\binom{|V|-c_1}{\rho}(\rho-1)} \right\}$$

when $p_1 = 2$;

$$Spec_A(\Gamma_{NT}(\mathbb{Z}_n)) = \left\{ (\rho)^{\binom{|V|}{2\rho}}, (-\rho)^{\binom{|V|}{2\rho}}, (0)^{\binom{|V|}{\rho}(\rho-1)} \right\}$$

, otherwise.

Proof. It is obvious from Theorem 2.7 and Lemma 2.1.

References

- Anderson, D. F., Livingston, P. S. (1999). The zero-divisor graph of a commutative ring. *Journal of Algebra*, 217, 434-447.
- Anderson, D. F., Levy, R., Shapiro, J. (2003). Zero-divisor graphs, von Neumann regular rings and Boolean algebras. *J. Pure Appl. Algebra*, 180, 221- 241.
- Anderson, D. F., Badawi, A. (2008). The total graph of a commutative ring. *Journal of Algebra*, 320, 2706-2719.
- Anderson, D. F., Asir, T., Badawi, A., Chelvam, T.T. (2021). *Graphs from rings*. Springer.
- Brouwer, A. E., Haemers, W. H. (2012). *Spectra of graphs*. Springer.
- Bajaj, S., Panigrahi, P. (2022). On the adjacency spectrum of zero divisor graph of ring \mathbb{Z}_n . *Journal of Algebra and its Appl.*, 21 (10), 2250197.
- Cantekin, H. P. Sorgun, S. (2017). Laplacian spectral properties of nilpotent graphs over the ring \mathbb{Z}_n . *Sakarya University Journal of Science*, 21 (6), 1443-1447.
- Chattopadhyay, S., Patra, K.L., Sahoo, B.K. (2020). Laplacian eigenvalues of the zero divisor graph of the ring \mathbb{Z}_n . *Linear Algebra and its Appl*, 584, 267-286.
- Li, A. H., Li, Q. S. (2010). A kind of graph structure on von-Neumann regular rings. *International Journal of Algebra*, 4, 291-302.
- Nikmehr, M.J., Khojasteh, S. (2013). On the nilpotent graph of a ring. *Turkish Journal of Mathematics*, 37, 553-559.
- Pirzada ,S. Rather B. A. , Aijaz, M., Chishti, T. A. (2022). On distance signless Laplacian spectrum of graphs and spectrum of zero divisor graphs of \mathbb{Z}_n . *Linear and Multilinear Algebra*, 70 (17), 3354-3369.
- Pirzada, S., Rather, B., Shaban, R., Chishti, T. (2023). Signless Laplacian eigenvalues of the zero divisor graph associated to finite commutative ring. *Communications in Comb. and Opt.*, 8 (3), 561-574.
- Singh, P., Bhat, K.V. (2020). Zero-divisor graphs of finite commutative rings :a survey. *Surveys in Mathematics and its Applications*, 15, 371-397.



Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology

| cujast.cumhuriyet.edu.tr |

Founded: 2023

Available online, ISSN: 2980-0110

Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Distribution of Volcanic Activity on Earth and Examples from Turkey

Taner Ekici^{1,a*}¹Department of Geological Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 28/02/2023

Accepted: 11/04/2023

ABSTRACT

Volcanoes that are currently lava or pyroclastic or that have the potential to erupt in the future and that have been active during the Holocene (approximately the last 12,000 years) are defined as active volcanoes. The distribution of active volcanoes shows that they are closely related to the plate boundaries, although active volcanoes are also observed within the plate. The Mediterranean belt we live in is home to about 20% of all volcanoes in the world. Some of the volcanoes that are still active today are: Etna (Sicily-Italy), Stromboli (Stromboli Island-Italy), Vesuvius (Naples-Italy), Fuji (Japan), Mauna Loa (Hawaii), Kileuea (Hawaii), Tambora (Indonesia), Mayon (Philippines), Krakatao (Indonesia), Iceland and Santorini (Aegean Sea-Greece) volcanoes.

Turkey is located on the Alpine-Himalayan collision belt, which is one of the two important belts in the world in terms of seismic and active volcanic activity. In this belt, as a result of geodynamic events that started 65 million years ago and continue today in the form of closure and collision, many geochemically different volcanisms have developed. Widespread magmatic intrusions and volcanic eruptions in the crust at various stages from millions of years ago to historical times on the Anatolian platelet, as a result of the subduction and collision of the northern branch of Neotethys to the north under the Pontides and the southern branch to the north again under the Tauride/Anatolides. The areal size of the volcanic rocks formed during the Cenozoic period covers approximately 16% of Turkey's surface area. With the neotectonic period that started in the Late Miocene with the continent-continental collision of the Anatolian bloc and the Arabian platform, a widespread volcanism period starting from the Neogene-Quaternary to historical times began in all of Turkey, especially in the Eastern Anatolia region.

Kula volcano, located in the Aegean-Mediterranean volcanic belt, is one of these active volcanoes. According to the geochronological age data obtained from the Kula volcanics, its last activity belongs to 4,700±700 years ago. Karapınar volcano, which is one of the active volcanoes of Central Anatolia, was founded about 10,000 years ago, when the Hasandağ stratovolcano erupted in BC. 6.750-7.550, Erciyes volcano also BC. In 6,880, Acıgöl volcano was also destroyed in BC. It was determined that it was active between 4,300-11,000 years. It is stated that Nemrut stratovolcano, one of the active volcanoes of Eastern Anatolia, last erupted on April 13, 1692, Tendürek volcano in 1855, and Ağrıdağı stratovolcano on July 2, 1840. When all these data are evaluated together, it is seen that there are many active volcanoes within the borders of our country as well as in the world. These volcanoes, which are now extinct, and their immediate surroundings are also areas with high potential for geothermal energy.

Keywords: Volcanism, Active Volcanoes, Holocene, Turkey

Yeryüzündeki Volkanik Aktivitenin Dağılımı ve Türkiye'den Örnekler

Süreç

Geliş: 28/02/2023

Kabul: 11/04/2023

Öz

Halen lav veya piroklastik veya gelecekte püskürtme olasılığı olan ve Holosen döneminde (yaklaşık son 12.000 yıl) aktivite göstermiş volkanlar, aktif volkan olarak tanımlanmaktadır. Aktif volkanların dağılımı onların büyük ölçüde plaka sınırları ile yakın ilişkili olduklarını göstermekle birlikte plaka içlerinde de aktif volkanlar gözlenmektedir. İçerisinde bulunduğumuz Akdeniz kuşağı ise Dünya'daki tüm volkanların yaklaşık % 20'sine ev sahipliği yapmaktadır. Günümüzde halen aktif olan volkanlardan bazıları şunlardır. Etna (Sicilya-İtalya), Stromboli (Stromboli adası-İtalya), Vezüv (Napoli-İtalya), Fuji (Japonya), Mauna Loa (Hawaii), Kileuea (Hawaii), Tambora (Endonezya), Mayon (Filipinler), Krakatao (Endonezya), İzlanda ve Santorini (Ege Denizi-Yunanistan) volkanlarıdır.

Türkiye, Dünya'da sismik ve aktif volkanik faaliyet açısından önemli iki kuşaktan birisi olan Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu kuşakta 65 milyon yıl önce başlayan, kapanma ve çarpışma şeklinde günümüzde de devam eden jeodinamik olaylar sonucunda jeokimyasal olarak birbirinde farklı birçok volkanizma gelişmiştir. Neotetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru Pontid'lerin, güney kolunun ise yine kuzeye doğru Torid/Anatolid'lerin altına dalıp batması ve çarpışması sonucunda yaygın biçimde Anadolu plakacığı üzerinde milyonlarca yıl öncesinden başlayarak tarihsel zamanlara kadar çeşitli evrelerde kabuk içinde yaygın magmatik sokulumlar ve volkanik püskürmeler olmuştur. Senozoyik döneminde oluşan volkanik kayaçların alansal büyüklüğü Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %16'sını kaplamaktadır. Anadolu bloğu ile Arap platformunun kıta-kıta çarpışması ile Geç Miyosen'de başlayan neotektonik dönemle birlikte başta Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere tüm Türkiye'de Neojen-Kuvaterner'den tarihsel zamanlara kadar uzanan yaygın bir volkanizma dönemi başlamıştır.

Ege-Akdeniz volkanik kuşağında bulunan Kula volkanı bu aktif volkanlardan birisidir. Kula volkanitlerinden elde edilen jeokronolojik yaş verilerine göre en son faaliyeti 4.700±700 yıl öncesine aittir. Orta Anadolu'nun aktif volkanlarından Karapınar volkanı da yaklaşık 10.000 yıl öncesinde, Hasandağ stratovolkanının M.Ö. 6.750-7.550, Erciyes volkanının da M.Ö. 6.880 yılında, Acıgöl volkanının da M.Ö. 4.300-11.000 yılları arasında aktivite gösterdiği saptanmıştır. Doğu Anadolu'nun aktif volkanlarından Nemrut stratovolkanının en son 13 Nisan 1692 yılında, Tendürek volkanının 1855 yılında, Ağrıdağı stratovolkanının ise en son 2 Temmuz 1840 yılında püskürdüğü belirtilmektedir. Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde Dünya'da olduğu gibi ülkemiz sınırları içinde de birçok aktif volkan olduğu görülmektedir. Günümüzde sönmüş durumda gözlenen bu volkanlar ve yakın çevresi aynı zamanda önemli jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan alanlardır.

Anahtar Kelimeler: Volkanizma, Aktif Volkanlar, Holosen, Türkiye

License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

tanere@cumhuriyet.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-7420-3877>

How to Cite: Ekici T. (2023) Distribution of Volcanic Activity on Earth and Examples from Turkey, Journal of Science and Technology, 2(1): 5-15.

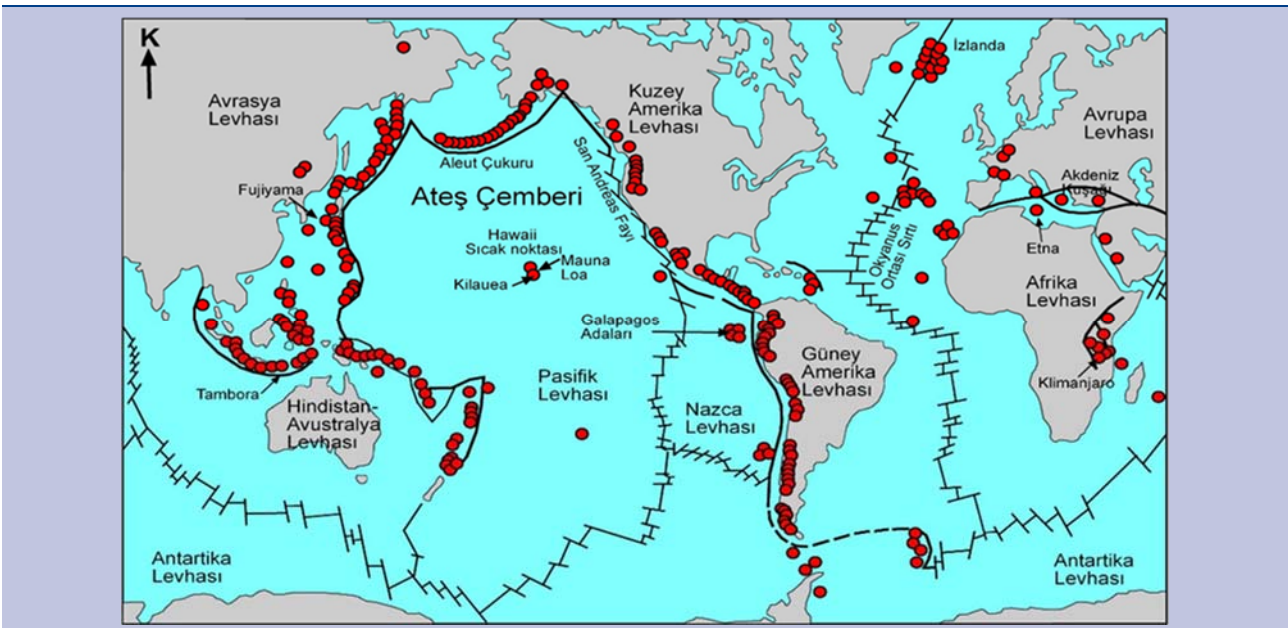
Giriş

Günümüzde insanlar tarafından oluşumu önlenemeyen doğal afetlerden depremlerden başka bir diğer doğal afet de aktif volkanlardır. Ancak aktif volkanların faaliyetleri sırasında yakınında bulunan bölgedeki insanlara ve yerleşim alanlarına zarar verme riskini alınacak önlemlerle en aza indirebilmek olanaklıdır. Dünyada şu anda kıtalarda ve denizin üzerinde adalar halinde gözlenen yaklaşık 600 dolayında aktif volkan vardır. Bu sayı sadece gözle görülür şekilde kıtasal alanlarda ve okyanus seviyesinin üzerinde ada şeklinde gözlenebilen son 12.000 yıldan beri (Holosen) en az bir kez püskürmüş olan volkanları içermektedir. Bunlardan başka karada birkaç bin sönmüş volkanın daha var olduğu onların biçimlerinden, yapılarından veya karakteristik kayaç türlerinden bilinmektedir. Aktif volkanlar yeryüzünde çok iyi bilinen zonlar ve kuşaklar üzerinde gelişmiştir. Dünya üzerindeki aktif volkanların %60'a varan büyük çoğunluğu okyanus tabanlarında yer almakta ve "Ateş Çemberi" olarak bilinen Pasifik kuşağı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Dünya'da bir yılda gerçekleşen volkanizmanın %70-80'i okyanus içlerinde meydana gelmektedir (Partitt ve Wilson, 2008). Okyanus içlerindeki aktif volkanların %90'ı daha çok dalma-batma zonunun hemen üzerinde ve/veya çevresinde "ateş çemberi" diye adlandırılan bu kuşak üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Geri kalanlar ise Doğu Afrika'daki Etiyopya ve Kenya gibi ülkelerde ve GB Amerika'da New Mexico eyaletindeki Rio Grande bölgesinde gelişen kıta içi açılma (rift) zonları ile ilişkilidir. Diğerleri ise plaka sınırlarından bağımsız olarak, sıcak derin kökenli mantonun ürünü olarak okyanusal ya da kıtasal alanlarda "sıcak nokta" magmatizması ya da "manto sorgucu" şeklinde yükselmenin ürünü olarak ortaya çıkarlar. Bugün okyanus adası olarak gözlenen ve

sıcak nokta magmatizması ile ilişkili aktif volkan oluşumlarına, en iyi örnek Hawaii adası verilebilirken, kıtasal alanlarda manto sorgucu şeklinde oluşanlara ise Yellowstone (ABD) ulusal parkının bulunduğu bölgedeki volkanlar örnek verilebilir. Aktif volkanların çoğunluğu okyanus ortası sırtlarda veya onun kenarlarında bulunmaktadır. Bunlardan en uzununu Atlantik Ortası sırtıdır. Bu volkanların çoğu denizaltı volkanıdır. Günümüzde de etkinliğini sürdüren İzlanda adasını oluşturan volkanlar, Atlantik Okyanusu ortasından geçen iraksayan plaka sınırlarındaki okyanus ortası sırtı volkanizmasının deniz seviyesi üzerine çıkarak oluşumunu sürdüren tek güncel örneğidir. Tüm volkanların yaklaşık %20 si de ülkemizin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde yer alan Akdeniz alt kuşağında yer alır. Pasifik ve Akdeniz volkan kuşağındaki volkanların büyük çoğunluğu kompozit/stratovolkan türündedir. Bu kuşağın Akdeniz alt kuşağı üzerindeki, en aktif volkanlar Etna, Stromboli, Vezüv, Santorini, Nisiros, Kos, Methana ve Milos volkanlarıdır. Bu aktif volkanların bir kısmı deniz içinde bir kısmı ise ana kara üzerinde gelişmiştir. Türkiye üzerinden doğuya doğru devam eden aktif volkanlar Ermenistan, Azerbaycan ve İran üzerinden doğuya doğru devam eder.

Hem geçmişte faaliyet göstermiş hem de günümüzde faal olan volkanlar, faaliyetlerinin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak bazen yerel bazen de küresel ölçekte çıkardıkları lav, kül ve gaz buharı gibi malzemeler nedeniyle çevre felaketi olarak nitelenebilecek can ve mal kaybına neden olmaktadır. En çok can kaybına neden olan son 200 yılda meydana gelen 10 volkanik patlama/püskürme Tablo 1'de verilmiştir (Kursky, 2008).



Şekil 1. Aktif volkanların Dünya haritası üzerindeki dağılımları. (Monroe ve Wicander, 2005)

Figure 1. Distribution of active volcanoes on the world map. (Monroe and Wicander, 2005)

Tablo 1. Son 200 yıl içerisinde gerçekleşmiş ve en çok insan kaybına neden olan volkanik patlamalar.**Table 1.** Volcanic eruptions that took place in the last 200 years and caused the most human loss.

Volkan, Ülke	Patlama Yılı	Ölü Sayısı
Tambora, Endonezya	1815	92.000
Krakatau, Endonezya	1883	36.500
Mount Pele, Martinik	1902	29.000
Nevada del Ruiz, Kolombiya	1985	24.000
Santa Maria, Guetemala	1902	6.000
Galunggung, Endonezya	1822	5.500
Awu, Endonezya	1826	3.000
Lamington, Papua Yeni Gine	1951	2.950
Agung, Endonezya	1963	1.900
El Chichon, Meksika	1982	1.700

Püskürme sırasında çıkan volkanik kökenli **gazlar** heterojen bir karışım olup, bu karışımın en bol bulunan **gaz** su buharıdır (H₂O). Bunu karbondioksit (CO₂) ve kükürt dioksit (SO₂) takip eder. Diğer **gazlar** hidrojen sülfür (H₂S), hidrojen klorür (HCl), hidrojen florür (HF), hidrojen (H₂), karbon monoksit (CO) ve helyumdur (He). Doğrudan atmosfere yayılan bu gazların insan sağlığına doğrudan çok fazla bir etkisi olmadığı belirtilmekle beraber, 1782 de İzlanda'da çatlaklardan çıkan toksik gazlardan dolayı çiftlik hayvanlarının %75'i telef olmuş, tarımsal ürünlerin azalmasına bağlı kıtlık oluşmuş ve nüfusun %24'nün ölümü gibi bazı felaketleri de beraberinde getirmiştir (Aydın, 2001). Atmosfere yayılan özellikle karbondioksit (CO₂) gazının sera etkisi yaratıp yaratmadığı konusunda da tartışmalar olmakla beraber, andropojenik (insan kaynaklı) etkinin yanında bunun önemsiz olduğu, hatta küresel ısınmanın aksine küresel soğumaya neden olduğu belirtilmektedir (Gerlach, 2011). Pinatubo volkanı örneğinde atmosfere yayılan sülfat parçacıklarının güneş ışınlarını engellemesi nedeniyle 15 ay boyunca küresel sıcaklığın 0,6°C azaldığı açıklanmıştır (Gerlach, 2011).

En son küresel ölçekte etkili olan 2010'daki Eyjafjallajökull (İzlanda) yanardağ patlaması sonucunda atmosfere yükselen kül, toz ve gaz bulutu nedeniyle aylarca Avrupa üzerindeki hava ulaşımının durmasına neden olmuştur. Yakın tarihsel geçmişte küresel boyutta yaşamı olumsuz yönde etkileyen büyük can kayıplarına ve küresel ölçekte mevsim değişimlerine ve buna bağlı kıtlıklara neden olan birçok volkanik patlama yaşanmıştır. Örneğin küresel ölçekte etkili olan 1600 yılında Peru'da (Güney Amerika) meydana gelen Huaynaputina patlaması son 2000 yılda tarihteki en büyük volkanik patlamalardan birisi olup, tarihsel kanıtlar 1601'de hem Çin hem de Kore Yarımadası'nda ani bir soğuma dönemine ve salgın hastalıklara neden olmuştur (Fei ve diğ., 2016). Akdeniz havzasındaki Vezüv yanardağının M.S. 79'daki patlaması sonucunda Pompeii şehri tamamen küllerle örtülmüştür. Yalnızca Pompeii'de, "*nuee ardent*" olarak bilinen, patlamayla birlikte hızla hareket eden sıcak akkor halindeki kül akıntısının altında kalan 16.000 kişi ölmüştür (Kursky, 2008). Endonezya'daki Tambora Yanardağı'nın 1815'deki faaliyeti sonucunda püskürme merkezinden 75 km uzakta 1 m kalınlıkta kül birikmiş ve 11-12.000 kişi hemen 60.000 kişi ise mahsul yetersizliği nedeniyle açlık ve hastalıktan ölmüştür (Oppenheimer, 2003). Stothers

(1984), 1816 yılında aşırı iklim anormalliği nedeniyle ortalama küresel sıcaklığın 0.4-0.7°C azaldığını ve yazsız bir tarım yılı felaketi yaşandığını doğrudan ve dolaylı etkilerle can kaybının 88.000 den fazla olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde Akdeniz coğrafyasında Ege Denizi'ndeki Thera (günümüzdeki adı Santorini) volkanının M.Ö. 1613'de Minos patlaması olarak adlandırılan püskürmesi sonucunda Minos Uygarlığı yok olmuştur (Gürsoy ve diğ., 2022). Minos patlaması sonucunda Ege ve Akdeniz kıyılarında tsunami oluşmuş ve atmosfere yayılan büyük miktarlarda kül ve kükürt dioksitin neden olduğu sıcaklıklardaki düşüş, daha sonra bölgede birkaç yıl süren soğuk ve yağışlı yazlara yol açarak bu coğrafyadaki tarımsal hasadı olumsuz etkilemiştir.

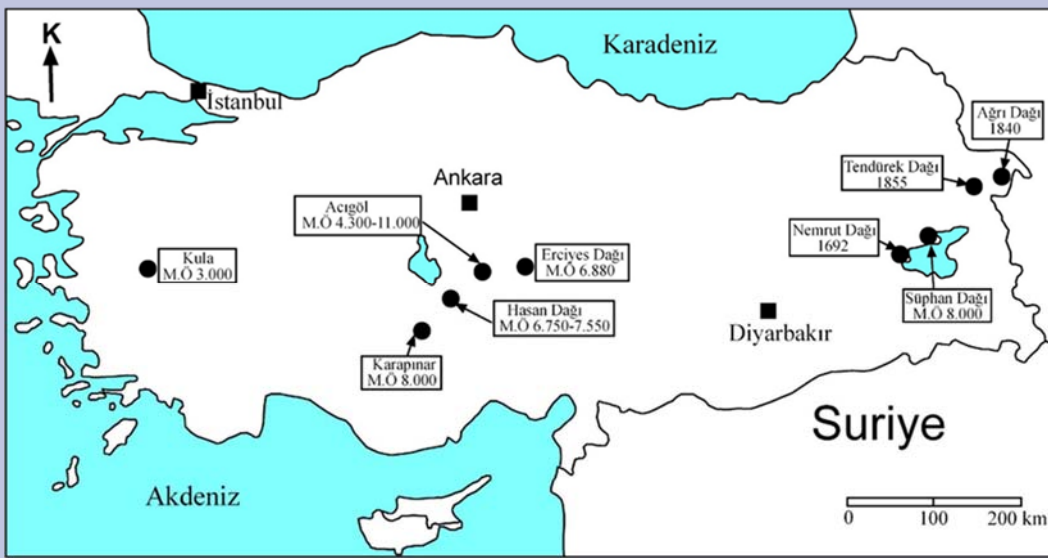
Türkiye'deki Aktif Volkanlar

Türkiye, Dünya'da sismik ve aktif volkanik faaliyet açısından önemli iki kuşaktan birisi olan Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Günümüz Türkiye coğrafyasında yüzeyleyen tüm kayalar, bütün jeolojik zamanlar boyunca Pantalassa, Paleotetis ve Neotetis okyanusunun kollarının açılıp kapanma sürecinde gelişen birçok jeodinamik olaylara ait kanıtları taşımaktadır. Avrasya ile Afrika kıtaları arasında yer alan günümüz Türkiye'sinin Senozoyik başındaki paleocoğrafyasında varolan Neotetis okyanusunun kolları, son 65 Milyon yıldan bu yana Avrasya ile Afrika plakaları arasındaki K-G yakınsama hareketine bağlı olarak kapanmaya başlamıştır. Bu kapanma sürecinde Neotetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru Pontid'lerin, güney kolunun ise yine kuzeye Torid/Anatolid'lerin altına dalıp batması ve çarpışması sonucunda yaygın biçimde Anadolu plakacığı üzerinde milyonlarca yıl öncesinden başlayarak tarihsel zamanlara kadar çeşitli evrelerde kabuk içinde yaygın magmatik sokulumlar ve volkanik püskürmeler olmuştur. Senozoyik döneminde oluşan volkanik kayaların alansal büyüklüğü Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %16'sını kaplamaktadır (Türkecan, 2015). Paleosen'den günümüze kadar süren jeodinamik olaylar sonucunda morfolojik, yapısal, jeokimyasal ve petrografik/petrolojik özellikleri birbirinden farklı birçok volkanizma gelişmiştir. Anadolu bloğu ile Arap platformunun kıta-kıta çarpışması ile Geç Miyosen'de başlayan neotektonik dönemle birlikte başta Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere tüm Türkiye'de Neojen-

Kuvaterner'den tarihsel döneme kadar uzanan yaygın bir volkanizma dönemi başlamıştır. Bu volkanizma Batı, Orta ve Doğu Anadolu'da köken açısından farklı petrolojik ve jeokimyasal karakterler taşıdığı bilinmektedir. Bölgesel olarak farklı jeokimyasal, petrolojik karakterleri ve tarihsel dönemlere kadar varan farklı yaşları aynı zamanda Türkiye'nin jeomorfolojik yapısının da şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Bu kıtasal çarpışma sonucunda Doğu Anadolu'da bir kabuksal kalınlaşma (Dewey ve diğ., 1986) ile ilişkilendirilen volkanizmanın aslında bölgenin altındaki manto litosferinin delaminasyonu sonucunda (Pearce ve diğ., 1990; Keskin ve diğ., 1998; Keskin, 2003, 2007) oluştuğu görüşleri kabul görmektedir.

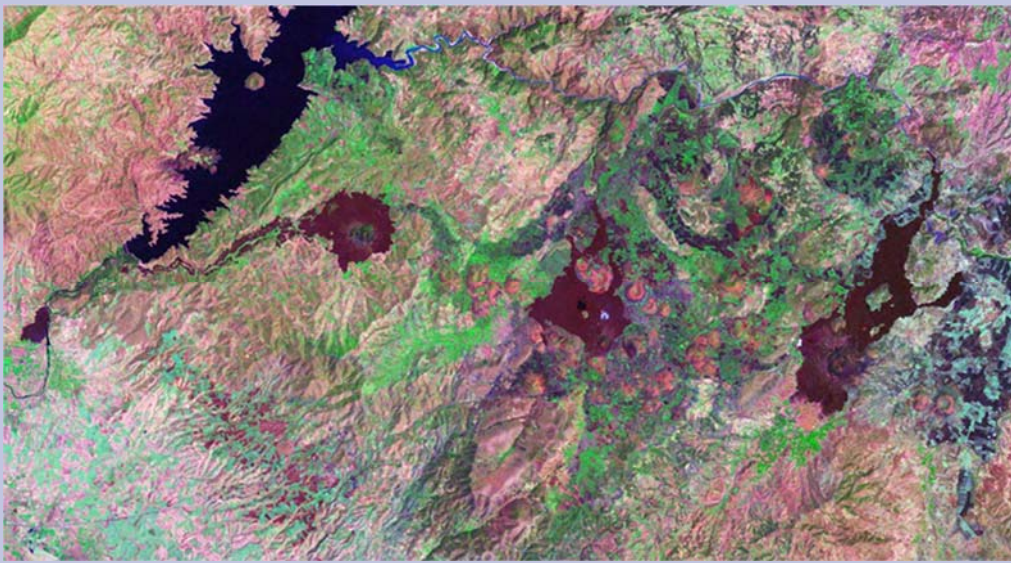
Türkiye'de bilinen ve tarihsel dönemlerde faaliyet göstermiş ve gösterme potansiyeli olan çok sayıda aktif volkan bulunmaktadır (Şekil 2). Son 12.000 yıllık zaman

dilimi içinde faaliyet göstermiş olan 9 volkanik çıkış merkezinin birincil morfolojik yapıları stratovolkan, kaldera, kalkan, lav kubbesi, maar ve volkanik alan şeklinde gelişmiştir. Ağrı, Erciyes, Hasandağ, Nemrut ve Süphan Dağları stratovolkan morfolojileri ile karakteristik bir görünüme sahiptir. Bazılarının üzerinde ve çevresinde ise kaldera ve küçük parazitik koniler gelişmiştir. Tendürek ve Karacadağ (Diyarbakır) volkanları ise kalkan şekilli bir morfoloji gösterir. Buldukları bölgedeki vadiler içerisine doğru akmıştır. Kula (Manisa) bölgesi vadi içlerine akmış üçü büyük boyutta onlarca küçük koni ve birkaç maardan oluşan bir volkanik alandır (Ercan, 1993; Richardson Bunbury, 1996; Türkecan, 2015). Karapınar (Konya) ve yakın dolayında Meke maarının yanı sıra değişik boyutta birçok cüruf/kül konisi gelişmiştir.



Şekil 2. Türkiye'de Holosen-Günümüz arasında faaliyet göstermiş volkanların konumu.

Figure 2. The location of the volcanoes that were active between the Holocene and the present in Turkey



Şekil 3. Kula volkanik alanının üç ana ve onlarca küçük kül/cüruf konilerinin vadi içine akan lavların SİD uydu görüntüsü.

Figure 3. SID satellite image of lava flowing into the valley of three main and dozens of small ash/slag cones of the Kula volcanic field

Kula Volkanı

Holosen (son 12.000 yıl) döneminde Ege-Akdeniz volkanik kuşağında Anadolu yarımadası üzerinde üçü büyük bir dizi küçük volkanik çıkış merkezinden oluşan volkanlar topluluğu Kula (Manisa) volkanı olarak bilinmektedir (Şekil 3). Ünlü tarihçi Strabon'un "Geographica" eserinde Kula'yı "Yanık ülke" anlamına gelen "Katakekaumene" olarak adlandırmıştır (Pekman, 2000). Kula bölgesindeki genç volkan konilerinin ve lav akıntılarının volkanolojik ve jeomorfolojik özellikleri il kez Erinç (1970) tarafından ortaya konulmuştur. Korunmuş morfolojisi ile dikkat çeken Kula bölgesi volkanik alanı ve kendine özgü yapı tarzına sahip evleriyle birlikte 2013 yılında UNESCO tarafından kültürel jeopark ağına alınmıştır.

Kula volkanik alanında 1969 yılında Cüruf konisi (Sinder) çevresinde bazalt lavı akıntısı yakınındaki tuf ara tabakalar içinde fosil insan ayak izleri bulunmuştur. Cüruf konisi çevresindeki piroklastik malzemenin işletilmesi sırasında ortaya çıkan bu ayak izleri Tekkaya (1976), Öngür (1976) ve Kayan (1992) tarafından bilim dünyasına duyuran yazılar ve makaleler yazılmıştır (Şekil 4). Ancak Ulusoy ve diğerleri (2019) çalışmasında çakallar konisi

dolayındaki hidrovolkanik kül içindeki insan ayak izleri üzerine gelen cüruf birikintilerinden 4.700 ± 700 yıl yaşını saptamıştır. Ayrıca bu bölgede kaya üzerine volkanı andıran biçimde çizilen resimlerin de Tunç Çağı'na (M.Ö. 3.000-1.200 arası) ait olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Karapınar Volkanı

Karapınar volkanik sahası çok sayıda polijenetik volkan ve monojenetik koni ve maarlardan oluşan Neojen-Kuvaterner yaşlı Kapadokya Volkanik Bölgesinin en güneybatı kesiminde bulunmaktadır (Keller, 1974; Toprak, 1998). Karadağ (Karaman) ile Karacadağ volkanik yüzlekleri arasında KD-GB yönünde dizilmiş olan bir dizi koni ve hat üzerinde Büyük Meke, Küçük Meke bazaltik konileri ile Meke ve Acıgöl maarı bulunmaktadır (Şekil 5) (Kuzucuoğlu, 2019). Bu koni ve maarların GB'dan KD'ya doğru gençleştiğini belirtmekte ve Geç Pleyistosen (en üst sınırı 11.700 yıl) yaşını önermektedir. Karapınar bölgesindeki bu volkanizma GVP (2013) "Global Volcanism Programme, 2013" web sitesi veri tabanında Türkiye'de Holosen döneminde yaklaşık 10.000 yıl öncesinde aktif olmuş volkanlar kategorisinde değerlendirilmektedir.



Şekil 4. Demirköprü Barajı batı kısmında açık renkli volkanik kül tabakası üzerinde ayak izleri. İzler bazaltik cüruf parçaları ile örtüldüğü için günümüze kadar bozulmadan kalabilmiştir (Kayan, 1992'den alınmıştır).

Figure 4. Footprints on the light colored volcanic ash layer on the west bank of Demirköprü Dam. Since the traces were covered with basaltic slag fragments, they remained intact until today (taken from Kayan, 1992).



Şekil 5. Meke Krater Gölünün görünümü.
Figure 5. View of Meke Crater Lake

Hasandağ Stratovulkani

Hasandağ stratovulkanının 130 km güneybatısındaki Çatalhöyük'te yapılan arkeolojik kazı çalışmalarında yerleşkenin VII katındaki MÖ 6600-6400 (günümüzden 8.600-8.400 yıl önce) öncesine tarihlendirilen bir evin kalıntılarında bulunan ve üzerinde noktalar bulunan bir çizim bulunmuştur. Bu çizimin altındaki bir yerleşim krokisini (Şekil 6) andıran geometrik şekillerin volkanı temsil ettiği düşüncesi (Mellaart, 1967) uzun zamandan beri tartışma konusu olmuştur. Günümüzde çift zirveli gözlenen Hasandağ ile söz konusu kroki resmin benzerliğinden yola çıkılarak Schmitt ve diğerleri, (2014) Büyük Hasan Dağı'nın zirvesinden alınan pomza örneğinden (zirkon minerallerinden U/Th-He yaşı) 8.970 ± 640 yıl yaş saptanmıştır. Kesin olmayan bazı verilere göre Hasandağ stratovulkanının M.Ö 6.750 ve M.Ö 7550 yıllarında da aktivite gösterdiği belirtilmektedir (GVP, 2013).

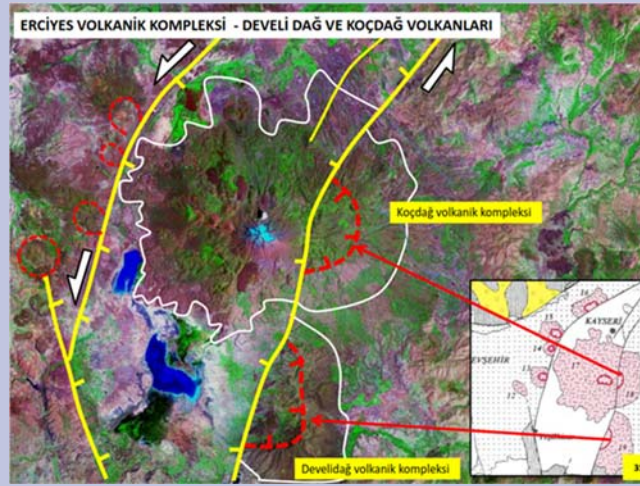
Son yıllarda yapılan çalışmalarda (Aydar ve Gourgaud, 1998; Deniel ve diğerleri, 1998; Kuzucuoğlu ve diğerleri, 2020) Büyük Hasandağ volkanının sadece Geç Pleistosen'de değil aynı zamanda Holosen'den yakın tarihsel çağlara kadar aktif olduğunu kanıtlamaktadır. Hasan Dağı'nın zirvesinde K/Ar yaşlandırması yapılmış ve elde edilen genç yaşlar volkanın Son Buzul Çağı'nda ve Holosen'de patladığını göstermektedir (Kuzucuoğlu vd.,1998). Kuzucuoğlu ve diğerleri (1998)'nin ayrıca Dikmen köyü yakınında bir lav akıntısından elde ettiği "0" K/Ar yaşının gösterdiği gibi daha güncel zamanlarda da volkanik faaliyet devam etmiştir.

Volkanın zirve alanında zayıf fumerol faaliyetleri, kışın yanardağdaki karların yerel olarak erimesi (köylüler tarafından bildirildiği üzere) ve tarihsel zamanlarda (kuzey kenarındaki bir lav kubbesinden <6000 yıl, K/Ar yaşı) etkinliği, Hasan Dağı'nın potansiyel olarak tehlikeli bir volkan olduğunu göstermektedir (Aydar ve Gourgaud, 1998). Kuzucuoğlu ve diğerleri (2020) çevresinde yaşayan nüfus ve şehirler için, özellikle de son faaliyetlerin yoğunlaştığı kuzeyden kuzeybatıya kadar olan bölgeler için tehlikeli olduğunu ve risk yönetimine ilk yanıt olarak MTA tarafından 2015 yılından bu yana Hasandağ yanardağının olası magmatik aktivitesinin izlendiğini belirtmektedir. Yanardağın hareketini izlemeye yönelik olarak 2017-2018 yılları arasında ise GPS çalışmaları yapılmıştır (Ulusoy ve diğerleri, 2019).

2021 yılının sonlarında Niğde ve civarında meydana gelen 5.1 büyüklüğündeki deprem sonucunda Hasandağ civarında Aksaray AFAD ekipleri tarafından yaklaşık 55°C 'lik sıcak su çıkışları tespit edilmiştir. Bu durum AFAD tarafından Hasandağ stratovulkanının yeniden aktivite göstermeye başlayabileceği şeklinde düşünülmüş olmakla beraber geçen bugüne kadar herhangi bir aktivite yaşanmamıştır (Dönemin gazete haberleri). Ayrıca 25 Şubat 2023 tarihinde Niğde'nin Bor ilçesinde meydana gelen 5.3 şiddetindeki deprem sonrası bölge ve civarında Hasandağ stratovulkanının hareket geçebileceği şeklinde bir korku oluşmuş olsa da şimdilik herhangi bir volkanik hareketlilik gözlemlenmemiştir (Dönemin gazete haberleri).



Şekil 6. Kazılardan çıkarılan ve Hasandağ stratovulkanını temsil ettiği düşünülen temsili resmin görünümü (Mellaart, 1967).
Figure 6. View of the representative image, which is thought to represent the Hasandağ stratovolcano from the excavations (Mellaart, 1967).



Şekil 7. Erciyes stratovolkanın uydu görünümü (Dirik, 2001).
Figure 7. Satellite view of Erciyes stratovolcano (Dirik, 2001).

Erciyes Volkanı

Kapadokya Volkanik Kompleksinin en büyük yanardağlarından birisi olan Erciyes stratovolkanı 3917 metre yüksekliğiyle İç Anadolu'nun en yüksek dağıdır. Bölgede Geç Miyosen-Pliyosen'de (2.7-3.0 MY İnnocenti ve diğerleri, 1975; 2.5 MY Ercan ve diğerleri, 1994) başlayan yaygın volkanizmanın ilk çıkış merkezlerinden olan Develidağ ve Koçdağ komplekslerinin batı yarıları günümüz Erciyes volkanik kompleksinin ana gövdesi tarafından örtülmüş ya da Sultansazlığı çöküntüsünün altında kalmıştır (Türkecan ve diğerleri, 1998) (Şekil 7). Konumsal olarak Ecemiş Fayı'nın en kuzeydoğu kesimi ile Deliler Fay Zonunun en GB uzantısını oluşturan Erkilet-Erciyes-Yeşilhisar faylarının kavuştuğu bölgede bulunan Erciyes stratovolkanı, her iki fay sisteminin bir miktar hem doğrultusuna ve hem de hareket karakterindeki değişimine bağlı olarak genişleme bölgesinde gelişmiş bir volkandır (Gürsoy, 2023, sözlü görüşme).

Erciyes stratovolkanının Orta Anadolu Fay Zonu'nun (Koçyiğit ve Beyhan, 1988; Dirik, 2001) gelişimi ile eşzamanlı başlamış ve kompleksin ana bacası dışında değişik kesimlerinden lav çıkışı ve püskürmesi tarihsel çağlara kadar devam etmiştir. Ana gövdesi dışında üzerinde ışınal olarak dizilmiş onlarca parazitik koni oluşumları ile kendine özgü bir morfoloji oluşturur.

Ünlü tarihçi Strabon (yaklaşık M.Ö. 63 - M.S. 23) Geographica adlı eserinde Erciyes (Argaios) dağının eteğindeki Mazaka (Kayseri) ile ilgili anlatımında "bütün çevredeki toprak düz olduğu halde, çok kıraçtır ve çift sürmeye elverişli değildir, kumlu ve altı kayalıktır. Biraz daha ilerleyince içinde ateş çukurları bulunan birçok **stadion** (177.4 m) uzunluğundaki volkanik araziye gelir." diye tanımlama yapmıştır. Bu bilgilere göre Erciyes dağı'nın 2000 yıl öncesine kadar en azından fümerol safhası şeklinde aktif olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu bölgeye ilişkin eski Roma paraları (MS 253) üzerinde olasılıkla Erciyes'i betimleyen bir yanardağ resmi bulunmaktadır (Feraud ve Özkoçak, 1993). Baykal ve Tatar (1970), Kayseri yakınlarında Kültepe'de arkeolojik kazılar sırasında bulunan volkanik bir cüruf içinde insan eliyle

yapılmış seramik parçalarının ksenolit olarak bulunduğunu belirterek, Erciyes volkanizmasının çok yakın zamanlarda da etkin olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu veri arkeolojik sit alanının Tunç çağı (M.Ö.3000-M.Ö.1000) döneminde bir volkanizmadan etkilendiğini göstermekte ancak Tunç Çağı'nın hangi katında bulunduğu dair henüz somut bir bilgi bulunmamaktadır. Devel ve diğ (2009) Yammoûneh paleo gölünden (Lübnan) alınan karotlardaki Holosen sedimanlarında bir volkanik kül tabakası tanımlamışlardır. Bu araştırmacılar Elektron mikroprob analizleriyle volkanik kül içindeki volkan camının temel element kimyası analizlerini Ege Bölgesindeki ve Doğu Anadolu'daki olası çıkış merkezleriyle karşılaştırdıktan sonra bu külün Kapadokya Volkanik Bölgesi kökenli (Hasandağ, Erciyes dağı) olduğunu ve kül tabakasında yer alan kırıntılı ağaç parçalarının radyokarbon tarihlemesinin de yaklaşık olarak 8.600 yıllık bir yaş verdiğini belirtmektedir.

Acıgöl Volkanik Kompleksi

Kapadokya Volkanik Kompleksi içerisinde Geç Miyosen'de başlayıp Holosen'de de etkin olmuş dom, maar, koni ve kaldera oluşumu biçiminde birçok farklı morfolojik yapılarıyla birlikte tüf, obsidiyen, lav akıntısı ve piroklastik malzemeler çıkarmış bir dizi volkanik çıkış merkezinden oluşan bir topluluktur. Kuzucuoğlu ve diğ. (1998) Orta Anadolu'nun Pleyistosen'deki ortamsal evrimini araştırdığı çalışmada organik maddeleri, jipsleri ve kabukları yaşlandırarak volkanlardan çıkan tefra tabakalarının kronostratigrafisini ortaya koymuştur. Eski Acıgöl maarının sediman dolgusunu inceleyerek Acıgöl ve çevresinde Geç Buzul ve Holosen sırasında birkaç patlamanın varlığını belirlemiştir. GVP (2013) göre Geç Pleyistosen Acıgöl maarı'nın karot sedimanlarında yaklaşık 11.000 ile 4.300 yıl önce yerel tefralardan püskürmüş 13 kül tabakası bulunmuştur. Bu volkanik gruptaki bir kül tabakası, MÖ 2.300-1.850 dönemindeki Roma-Kapadokya çağına ait insan eserlerini de örtmektedir.

Nemrut Stratovolkanı

Doğu Anadolu Bölgesi çok geniş bir alanda kalın ve genç bir volkanik örtü ile kaplıdır. Bu volkanik örtünün yüzeye ulaşmasında Nemrut, Süphan, Tendürek, Büyük ve Küçük Ağrı Dağları gibi büyük volkanik çıkış merkezleri önemli rol oynamıştır. Jeokimyasal karakterleri dışında Doğu Anadolu'da böyle birçok büyük volkanik çıkış merkezlerinin tekil jeomorfolojilerinin varlığı kısmen İç Anadolu kısmen de Batı Anadolu bölgesindeki Neojen-Kuvaterner dönemi volkanizmasının çıkış merkezlerinin türü ve boyutlarıyla ayıran en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Bu kalın ve yaygın volkanik örtünün oluşumunun aynı zamanda çok genç (tarihsel çağlara kadar sürmüş) olması, Doğu Anadolu'nun günümüzdeki sarp jeomorfolojisinin oluşmasında etkili olmuştur.

Doğu Anadolu bölgesinde çok geniş alanlarda yüzeyleyen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların oluşturduğu yüksek platoların yanı sıra morfolojik görüntü itibarıyla çevresinden belirgin şekilde göze çarpan genç ve büyük volkan konilerinden birisi de Nemrut stratovolkanıdır. Van gölü ile Muş ovasını ayıran 2935 m yüksekliğindeki bu stratovolkan uzun eksenli 27 km kısa eksenli 18 km boyutunda elips biçimli geniş bir tabana sahiptir (Yılmaz ve diğerleri, 1998). Zirve kısmında ise içinde bir krater gölü olan 6x9 km çaplı çökmüş bir kaldera bulunur (Şekil 8).

2.5 MY önce ilk evre volkanizmasıyla oluşmaya başlayan Nemrut stratovolkanının faaliyeti değişik zaman aralıklarında tekrarlanarak tarihsel çağlara kadar sürmüştür. MS 1441'de meydana gelen ve tarihsel olarak kaydedilmiş bir patlama yaşayan Anadolu'nun tek yanardağıdır (Oswalt, 1912). Bu patlama ile ilgili Karakhanian ve diğerleri (2002) Ermeni tarihi kayıtlarında yer alan belgelerde Nemrut volkanı ilişkili 3 volkanik faaliyeti anlatan ifadeler şöyledir.

1- "1441 yılında Khlát (Ahlat) ve Baghesh (Bitlis) kasabaları arasındaki Nemrut Dağı, korkunç bir fırtına gibi aniden gürlendi; Dağın geniş bir çatlağın nasıl yarıldığını ve çatlaktan puslu duman ve kokuşmuş alev çıktığını görünce tüm ülke ürperdi. Çocuklar bu kokudan bıktı ve yanan alevden kaynakayan taşlar, beş kangoun ağırlığındaki devasa taşlar gökyüzüne fırlatıldı; yangın iki günlük seyahat mesafesinden görüldü. Khlát (Ahlat) kasabası o gök gürültüsünden titriyordu. Dağ yarılarak koca bir uçurum açmış, zirvedeki taşlar kaynayıp eriyip birbirine yapışmış ve bu yıllarca böyle devam etmiş."

2- "13 Nisan 1692 yazında (?) Baghesh (Bitlis) (Van Gölü) kasabasında, güneş ışığı sabaktan beri loş ve renkliydi; insanlar birbirini göremesin diye yeryüzünü karanlık

kapladı. Akşama kadar kırmızı tozlar yere düştü ve deprem oldu, birçok yerleşim yeri yıkıldı ve çok sayıda insan öldü."

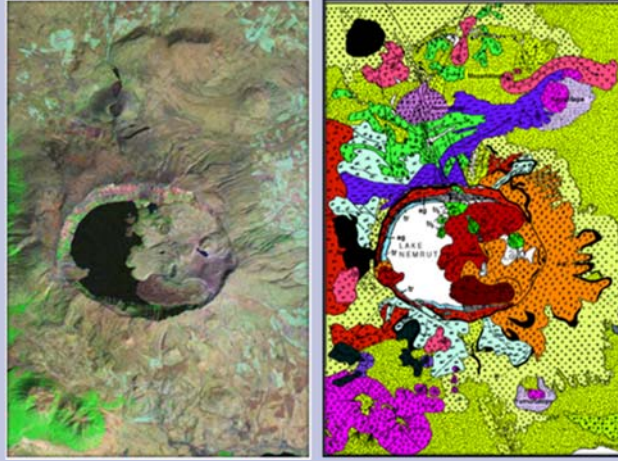
"M.S. 1111 yılında Ermenistan'ın Vaspurakan (Van) eyaletinde, kışın gökler gece açıldı ve Van Gölü'ne ateş yağdı. Dalgalar korkunç bir gürültüyle kıyıyı aştı. Hem sular hem de toprak korkunç bir gök gürültüsüyle titredi. Göl suları kırmızıya boyandı. Alev uçurumların kalesini yırttı. Sabah olunca insanlar çok sayıda balığın telef olduğunu gördüler. Kokuşmuş koku etraftaki her şeyi doldurdu. Dünyanın birçok yerinde çok derin yarıklar oluştu."

3- "18 Mayıs 1881'de Van'da şiddetli bir deprem oldu; Terzour Köyü'nde herşey yerle bir oldu. Depremden bir gün önce, köylülerden biri Nemrut Dağı'nda korkunç bir yeraltı patlaması duydu. Terzour köyü, 400 yıl önce Nemrut kraterinden akan bir lavın üzerine kurulmuş..."

1441'deki patlama sırasında yöre halkı tarafından Kantaşı olarak bilinen koyu, kırmızı lekeli, traktik lavlar oluştuğu ifade edilmiştir (Yılmaz ve diğ. 1998). GVP (2013) kayıtlarına göre Holosen döneminde hakkında doğrulanmış 26 kayıt ile de en çok bilginin sahip olduğu bir volkanıdır. Ancak Aydar ve diğ., (2003) en son kaydedilen volkanik aktivitenin 1441'de olduğu bilinmesine rağmen, Nemrut'un son patlamasının daha yakın bir zamanda, olasılıkla 1597'den hemen önce meydana geldiğini belirtmektedir. Mevcut aktif tektonik rejim, tarihsel patlamalar, manto kökenli magmatik gazların oluşumu ve kaldera tabanındaki fumerol ve kaplıca faaliyetleri, Nemrut Volkanı'nı çevresi için gerçek bir tehlike haline getirdiği belirtilmektedir (Aydar ve diğerleri, 2003). Haroutiunian (2006), Milton (1985) kronikleri kaynak göstererek 1.1.1650'de Van Gölü'ndeki sualtı patlaması hakkında 27.10.1650'de gözlemlenen etkilerle ilgili çarpıcı bir tarihsel kanıttan bahsetmektedir. Türkiye'deki en aktif volkanlardan birisi olan Nemrut Volkanı tarihsel dönemler içerisinde 26 defa aktivite göstermiştir (GVP, 2013) (Tablo 2).

Tendürek Volkanı

Doğu Anadolu bölgesindeki çok geniş alanlarda yüzeyleyen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların çıkış merkezlerinden birisi de Tendürek volkanıdır. Bu volkan Doğu Anadolu'da koni şeklinde gelişen devasa boyutlu Nemrut, Ağrı, Süphan, Kirkor, Solhan dağları oluşturan stratovolkanlardan farklı bir morfolojik yapıya sahiptir. Tendürek volkanı doğrudan Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı kayaçlarının (Şengör ve Yılmaz, 1981) oluşturduğu temel üzerinde birisi merkezde ve büyük, diğeri doğuda ve daha küçük iki koni çıkış merkezinden çıkan lavların ışınal olarak akarak oluşturduğu kalkan biçimli bir volkanıdır.



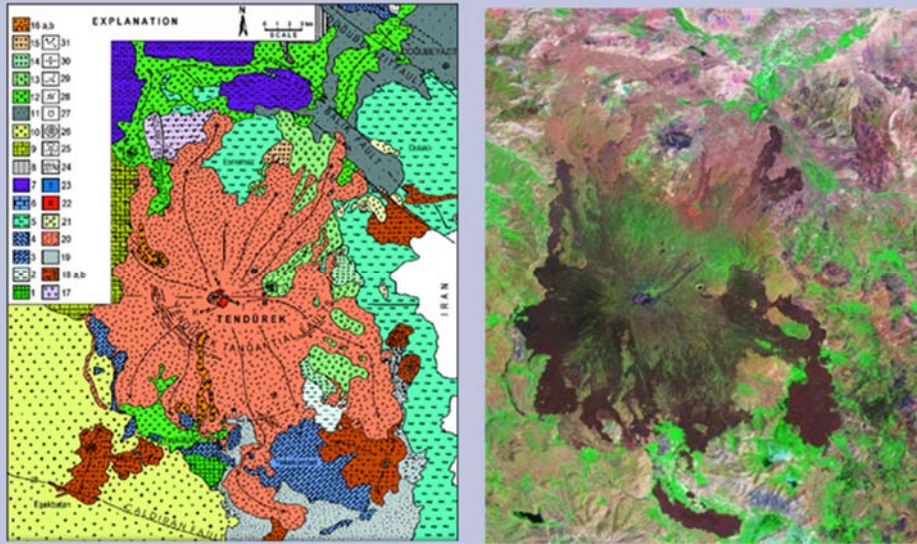
Şekil 8. Nemrut stratovulkanının Google Earth ve jeolojik haritadaki konumlarının görünüşleri (Yılmaz ve diğerleri, 1998'den alınmıştır).

Figure 8. Views of the location of the Nemrut stratovolcano on Google Earth and on the geological map (taken from Yılmaz et al., 1998).

Tablo 2. Nemrut stratovulkanının Holosen dönemi içerisindeki patlama tarihleri (GVP, 2013).

Table 2. The eruption dates of the Nemrut stratovolcano in the Holocene period (GVP, 2013).

Volkan Adı	Patlama Tarihi
Nemrut Volkanı	13 Nisan 1692, 27 Ocak 1650, 1597, 1441, 1402, 1111
Nemrut Volkanı	M.Ö.531, M.Ö.657, M.Ö.787, M.Ö.1396, M.Ö.1662, M.Ö.4055, M.Ö.4321, M.Ö.4615, M.Ö.4849, M.Ö.4938, M.Ö.5085, M.Ö.5152, M.Ö.5242, M.Ö.5320, M.Ö.5745, M.Ö.6213, M.Ö.6471, M.Ö.7087, M.Ö.7579, M.Ö.7769, M.Ö.9950,



Şekil 9. Tendürek volkanının Google Earth ve jeolojik haritadaki konumlarının görünüşleri (Yılmaz ve diğerleri, 1998'den alınmıştır).

Figure 9. Views of Tendürek volcano's positions on Google Earth and on the geological map (taken from Yılmaz et al., 1998).

Tablo 3. Ağrıdağı stratovulkanının Holosen dönemi içerisindeki patlama tarihleri (GVP, 2013).

Table 3. The eruption dates of the Ağrıdağı stratovolcano in the Holocene period (GVP, 2013).

Volkan Adı	Patlama Tarihi
Ağrıdağı Stratovulkanı	2 Temmuz 1840, 1783, 1450
Ağrıdağı Stratovulkanı	M.Ö.550, M.Ö.2450

Bu temel üzerinde oyulmuş derin vadi içlerini trakitik ve piroklastik malzemeler akarak doldurmuştur (Yılmaz ve diğerleri 1998). Ana gövde üzerinde yay biçimli bir dizi kırık sistemi gelişmiş durumdadır (Şekil 9).

Halen krater ve yan taraflarından fümerol safhasını gösteren sıcak su buharı ve H₂S ve CO₂ gaz çıkışı devam eden volkandan akan en genç lav 2500 yıllıktır (Nagao ve diğ. 1989; Ercan ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1998). GVP (2013) Tendürek volkanının Holosen döneminde MÖ 550 ve 1855 yıllarında etkin olduğundan söz etmektedir.

Ağrı Dağı Stratovolkani

Türkiye'nin Ermenistan ve İran ile sınırında yer alan Ağrı dağı 5137 metre yüksekliği ile ülkemizin en yüksek dağıdır. Büyük Ağrı ve Küçük Ağrı şeklinde iki volkan konisi yaklaşık 17 km yarıçaplı dairesel bir taban üzerinde oturmaktadır (Karakhanian ve diğ., 2002). Asidik ve ortaç karakterli bir jeokimyaya sahip olan Ağrı dağından, K/Ar yöntemi ile genellikle 1.5 MY ile 20.000 yıl arasında değişen farklı zaman aralıklarında birçok kez püskürdüğünü gösteren jeokronolojik yaşlar elde edilmiştir (Sanver, 1968; Innocenti ve diğerleri, 1976; Nagao ve diğerleri, 1989; Pearce ve diğerleri, 1990; Ercan ve diğerleri, 1990; Notsu ve diğerleri, 1995; Yılmaz ve diğerleri, 1998).

Karakhanian ve diğerleri, (2002) M.Ö. 2.500-700 yılları arasında volkanik kül felaketinin yaşanmış olabileceğini, Alman jeolog Wagner (1848)'in yörede yaşanan 1840 deprem felaketi ile Ağrı Dağı'nda meydana gelen heyelanın Ağrı Dağı volkanından kaynaklandığını düşündüğünü, konuyla ilgili olarak görgü tanıklarının ifadelerinden aktarmıştır.

"Global Volcanism Programme, 2013" web sitesi veri tabanında tarihsel dönemlerde Ağrı dağında 2 Temmuz 1840, M.Ö 550 ve M.Ö 2450 yılında patlamalar olduğunu bunun yanı sıra her ne kadar doğrulanmamış olmakla birlikte 1450 ve 1783 yıllarında patlamalar olmuş olabileceğini vurgulamaktadır (Tablo 3). Tarihsel dönemlerde aktif olan Ağrı Dağı volkanı Türkiye, İran ve Ermenistan için doğal bir risk faktörü olarak görülmektedir.

Kaynaklar

1. Aydar, E. & Gourgard, A. (1998). The geology of Mount Hasan stratovolcano, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85: 129-152.
2. Aydar, E., Gourgaud, A., Ulusoy, İ., Digonnet, F., Labazuy, P., Sen, E., Bayhan, H., Kurttas, T., Toluoglu, A.Ü. (2003). Morphological analysis of active Mount Nemrut stratovolcano, eastern Turkey: evidences and possible impact areas of future eruption, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 123, Issues 3-4, Pages 301-312.
3. Aydın, A. (2001). Volkanik gazlar ve iklim. *Mavi Gezegen Dergisi*. Sayı 4: 37.
4. Baykal, F. & Tatar, Y. (1970). Erciyes Volkanizmasının Yaşı Hakkında Yeni Gözlemler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 13 (2): 19-25.
5. Deniel, C., Aydar, E., Gourgaud, A. (1998). The Hasan Dağı stratovolcano-Central Anatolia, Turkey: evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 87:275-302.
6. Develle, AL., Williamson, D., Gasse, F., Walter-Simonnet, AV. (2009). Early Holocene volcanic ash fallout in the Yammouneh Lacustrine basin (Lebanon): Tephrochronological implications for the Near East. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 186 (2009) 416-425.
7. Dewey, JF., Hempton, MR., Kidd, WSF., Şaroğlu, F., Şengör AMC. (1986). Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of Eastern Anatolia - A young collision zone, in Coward, M.P., and Ries, A.C., Collision tectonics: *Geological Society of London Special Publication* 19, p. 3-36.
8. Dirik, K. (2001). Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, Volume 14, Issues 1-3, Pages 147-158.
9. Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, JI., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkaniklerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*, 110: 143-164.
10. Ercan, T. (1993). Interpretation of geochemical, radiometric and isotopic data on Kula volcanics (Manisa-western Anatolia). *Geol. Bull. Turk.* 36 (1): 113e129.
11. Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, JI., Ui, T., Notsu, K., Fujitani, T. (1994). Erciyes Dağı (Orta Anadolu) Pliyo-Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal, izotopik, radyometrik veriler ve jeotermal enerji açısından önemi. *Türkiye 6. Enerji Kongresi*, Teknik Oturum Tebliği 208-222.
12. Erinc, S. (1970). Kula ve Adala arasında genç volkan Reliefi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Cilt 9 sayı 17, sayfa 7-32, İstanbul
13. Fei, J., Zhang, DD. & Lee, HF. (2016). 1600 AD Huaynaputina Eruption (Peru), Abrupt Cooling, and Epidemics in China and Korea. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology*. Volume 2016, 12 pages.
14. Feraud, J. & Özkoçak, O. (1993). Les volcans actifs de Turkey: guide geologique et itineraires de'excursions. *L'Assoc Volc Europeenne (LAVE)*, 2: 1-82.
15. Gerlach, T. (2011). Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide. *EOS*, 92 (24): 201-202.
16. Global Volcanism Program. (2013). Volcanoes of the World. Distributed by Smithsonian Institution, compiled by Venzke, E. <https://volcano.si.edu/>.
17. Gürsoy, H., Kürçer, A., Yalçın, HD. (2022). Ege Deniz'inde Bir Denizaltı Volkanı mı Doğuyor? *Mavi Gezegen*, 30: 31-39.
18. Haroutianian, RA. (2006). The historical volcanoes of Armenia and adjacent areas revisited. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 155, Issues 3-4, Pages 334-337.
19. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquarè, G., Radicati di Brozolo, F., Villari, L. (1975). The Neogene calc-alkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geological Magazine* 112: 349-360.
20. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquarè, G., Radicati, F., Villari, L. (1976). Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, Eastern Turkey). *Geologische Rundschau* 69/1, 292-323.
21. Karakhanian, A., Djr bashian, R., Trifonov, V., Philip, H., Arakelian, S., Avagian, A. (2002). Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Volume 113, Issues 1-2, Pages 319-344.

22. Kayan, İ. (1992). Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayak izleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6, 1-32.
23. Keller, J. (1974). Quaternary maar volcanism near Karapınar in central Anatolia. *Bulletin Volcanology*, 38: 378-396.
24. Keskin, M., Pearce, JA., & Mitchell, JG. (1998). Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 85, 355–404, doi: 10.1016/S0377-0273(98)00063-8.
25. Keskin, M. (2003). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, p. 8046.
26. Keskin, M. (2007). Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume. *Plates, Plumes and Planetary Processes, Volume 430, Special Paper 430, 693–722*.
27. Koçyiğit, A. & Beyhan, A. (1998). A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, cilt 284, ss. 317-336.
28. Kursky, T.M. (2008). Volcanoes: eruptions and other volcanic hazards, 166 p.
29. Kuzucuoğlu, C., Pastre, JF., Black, S., Ercan, T., Fontugne, M., Guillou, H., Hatte, C., Karabıyıköğlü, M., Orth, P., Türkecan, A. (1998). Identification and dating of tephra layers from Quaternary sedimentary sequences of Inner Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1-4), 153-172.
30. Kuzucuoğlu, C., (2019). Geomorphological Landscapes in the Konya Plain and Surroundings, p.353-368 Landscapes and Landforms of Turkey, Eds. C.Kuzucuoğlu, A. Çiner, N. Kazancı, *World Geomorphological Landscapes* ISBN 978-3-030-03513-6.
31. Kuzucuoğlu, C., Gündoğdu Atakay, E., Mouralis, D., Atıcı, G., Guillou, H., Türkecan, A., Pastre, JF. (2020). Geomorphology and tephrochronology review of the Hasandağ volcano (S. Cappadocia, Turkey). *Mediterranean Geoscience Review*. 2: 185–215. <https://doi.org/10.1007/s42990-019-00017-1>.
32. Mellaart, J., (1967). *Catal Huyuk a Neolithic Town in Anatolia*. New York: McGraw Hill, 232 p.
33. Milton, S. (1985). Memory Notes of the Armenian Chronicles of the 17th Century, vol. 3, Academia, Yerevan (1985) 1016 pp. (in Armenian).
34. Monroe, JS., Wicander, R., (2005). Fiziksel Jeoloji Yeryuvarının Araştırılması. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*. 5.Baskı (Baskıya hazırlayanlar, Kadir Dirik ve Mehmet Şener) sayfa 642.
35. Nagao, K., Matsuda, JI., Kita, I., Ercan, T., (1989). Noble gas and carbon isotopic composition in Quaternary volcanic area in Turkey. *Jeomorfoloji Dergisi* 17: 101–110.
36. Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T. (1995). Geochemical features of collision related volcanic rocks in Central and Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 64, 171-192.
37. Oppenheimer, C. (2003). Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 27 (2): 230–259.
38. Oswald, F., (1912). Ermenice Bölgesel Jeoloji El Kitabı. H. 10. Heidelberg.
39. Öngür, T. (1976). Fosil insan ayak izlerinin öyküsü (İ. Koçer ile bir söyleşi). *Yeryuvarı ve İnsan*. C.1, 2: 4-7. Türkiye Jeoloji Kurumu. Ankara.
40. Parfitt, EA. & Wilson, L. (2008). *Fundamentals of Physical Volcanology*. Blackwell Publishing.
41. Pearce, JA., Bender, JF., De Long, SE., Kidd, WSF., Low, PJ., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. & Mitchell, JG. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 44, p. 189–229.
42. Pekman, A. (2000). Geographica XII-XIII-XIV, Strabon, Antik Anadolu Coğrafyası (Çeviri), *Arkeoloji ve Sanat Yayınları kitabı*, ISBN:978975538202.
43. Richardson Bunbury., JM. (1996). The Kula volcanic field, western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal-faulting graben. *Geological Magazine*: 133, 275– 283.
44. Sanver, M. (1968). A palaeomagnetic study of Quaternary volcanic rocks from Turkey. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 1, 403-421.
45. Schmitt, AK., Danisik, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, İ., Lovera, OM. (2014). Identifying the Volcanic Eruption Depicted in a Neolithic Painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey. *PLoS One* 9 (1): e84711.
46. Stothers, RB. (1984). The Great Tambora Eruption in 1885 and Its Aftermath. *Science*. 224 (4654): 1191-1198.
47. Şengör, AMC. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, Volume 75, Issues 3-4, 1 June 1981. Pages 181-190, 193-199, 203-241.
48. Tekkaya, İ. (1976). İnsanlara ait fosil ayak izleri. *Yeryuvarı ve İnsan*. C. 1, 2: 8-10. Türkiye Jeoloji Kurumu. Ankara.
49. Toprak, V. (1998). Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1): 55-67.
50. Türkecan, A. (2015). Türkiye'nin Senozoyik Volkanitleri. MTA Özel Yayın Serisi-33, MTA-Ankara.
51. Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N., Bilgin, R. (1998). Kayseri (Bünyan-Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10186, Ankara (yayınlanmamış).
52. Ulusoy, İ., Sarıkaya, MA., Schmitt, AK., Şen, E., Danisik, M., Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. *Quaternary Science Reviews*, Volume 212, 15 Mayıs 2019, Pages 187-198.
53. Wagner, M. (1848). Reise nach dem Ararat und Hochland Armenien. In: Reisen und Landesbeschreibungen. *Widermanna und Hauffa*, Stuttgart, 35, 230.
54. Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F. (1998). Geology of the quaternary volcanic centres of the east Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 85, Issues 1–4, Pages 173-210.



Determination of Some Physiological Parameters of *Acanthiophilus Helianthi* Rossi (Diptera: Tephritidae) Before and After Damage in Different Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties

Esra Kına^{1,a*}, Mehmet Salih Özgökçe^{2,b}, Hasret Güneş^{3,c}

^{1,2,3}Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 10/02/2023

Accepted: 17/03/2023

ABSTRACT

One of the principal pests of safflower plants is *Acanthiophilus helianthi*, also known as the safflower fly. The safflower plant (*Carthamus tinctorius*), one of its hosts, is a significant energy plant whose cultivation has expanded recently in our nation. It is drought-resistant and highly adaptable. This study aims to investigate the effect of *A. helianthi* on some physiological (sugar, mineral substance, chlorophyll, total phenol, and antioxidant content) parameters in five different safflower cultivars, whose production has increased in the province of Van in recent years. The findings showed that under stress conditions brought on by the development of the pest, *A. helianthi* responded physiologically to the five different forms of safflower in a significant way. The mineral values of iron and potassium increased under stress conditions brought on by *A. helianthi* damage, but the mineral values of zinc, manganese, copper, phosphorus, and calcium decreased. According to the sugar content results, only the fructose amounts of Ayaz and Göktürk varieties differed before and after the damage. Before the damage, the antioxidant content of the cultivars Asol, Ayaz, Balcı, and Dinçer was found to be low, whereas the antioxidant content of the Göktürk cultivar was high, and the antioxidant content of the Göktürk cultivar significantly decreased after the damage. It was found that under stress, the chlorophyll content of the cultivars of safflower used were reduced. As a result, it was concluded that the safflower fly has different effects on safflower varieties before and after damage and that it can provide practical ideas to the producers who will produce safflower as a solution to the drought and energy problem.

Keywords: *Acanthiophilus helianthi*, Safflower, Safflower fly, Physiological Parameters

Acanthiophilus Helianthi Rossi (Diptera: Tephritidae)'nin Farklı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinde Zarar Öncesi ve Sonrası Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Belirlenmesi

Süreç

Geliş: 10/02/2023

Kabul: 17/03/2023

ÖZ

Aspir bitkilerinin başlıca zararlılarından biri, aspir sineği olarak da bilinen *Acanthiophilus helianthi*'dir. Konukçularından biri olan aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius*), ülkemizde yetiştiriciliği son yıllarda yaygınlaşan önemli bir enerji bitkisidir. Kuraklığa dayanıklı ve son derece uyumludur. Bu çalışma, Van ilinde son yıllarda üretimi artan beş farklı aspir çeşidinde *A. helianthi*'nin bazı fizyolojik (şeker, mineral madde, klorofil, toplam fenol ve antioksidan içerik) parametreler üzerine etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Bulgular, zararlının gelişiminin getirdiği stres koşullarında *A. helianthi*'nin beş farklı aspir formuna fizyolojik olarak önemli ölçüde tepki verdiğini göstermiştir. *Acanthiophilus helianthi* hasarının getirdiği stres koşullarında demir ve potasyum mineral değerleri artarken, çinko, manganez, bakır, fosfor ve kalsiyum mineral değerleri azalmıştır. Şeker içerikleri sonuçlarına göre sadece Ayaz ve Göktürk çeşitlerinin fruktoz miktarları zarar öncesi ve sonrası farklılık göstermiştir. Hasat öncesi Asol, Ayaz, Balcı ve Dinçer çeşitlerinin antioksidan içeriği düşük bulunurken, Göktürk çeşidinin antioksidan içeriğinin yüksek olduğu, zarardan sonra Göktürk çeşidinin antioksidan içeriğinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Stres altında kullanılan aspir çeşitlerinin klorofil içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak aspir sineğinin aspir çeşitleri üzerinde zarar öncesi ve sonrası farklı etkilerinin olduğu, kuraklık ve enerji sorununa çözüm olarak aspir üretimi yapacak üreticilere pratik fikirler sağlayabileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Acanthiophilus helianthi*, Aspir, Aspir sineği, Fizyolojik Parametreler

License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

esrakn57@gmail.com

hasretans02@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6728-3453>

<https://orcid.org/0000-0003-3155-2695>

msozqokce@yyu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-6777-9149>

How to Cite: Kına, E., Özgökçe, M.S., Güneş, H. (2023) Determination of Some Physiological Parameters of *Acanthiophilus Helianthi* Rossi (Diptera: Tephritidae) Before and After Damage in Different Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties, *Journal of Science and Technology*, 2(1):16-23.

Introduction

Safflower is one of the oldest crops known to man, with usage records dating back more than 2200 years in China. Safflower seeds were found in Egyptian tombs more than 4000 years ago (Gyulai, 1996). Native to the Middle East, the safflower plant is believed to have originated in Iran (Knowles, 1989; Weiss, 1983; McPherson et al., 2004; Zareie et al., 2013; Khalili et al., 2014). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a member of the Asteraceae family grown for its flowers, which are used for many purposes (edible oil, food source for birds, medicine and dye industry, biofuel) (Weiss, 1983). Safflower has a significant role in human nutrition. Flowers are drunk in China as herbal tea because they contain some vitamins (such as B1, B2, B12, C, and E), minerals, antioxidants, and amino acids. In some Middle Eastern and Asian countries, its flowers are used in rice, soup, sauce, bread, and pickles to create bright yellowish and orange colors (Dajue and Mündel, 1996; Singh and Nimbkar, 2006). Carotene, riboflavin, vitamins A and C, calcium, phosphorus, iron, and riboflavin are all abundant in safflower (Singh and Nimbkar, 2006).

Throughout their life, plants are generally exposed to a variety of similar factors, such as salinity, drought, pollution, diseases and pests, heat, and cold, which adversely influence their natural growth and development. Stress is defined as changes to these conditions in plants (Korkmaz and Durmaz, 2017). Reducing product losses due to stress has become very important in our world where food shortages may occur in the future due to increasing population density and decreasing arable land (Korkmaz and Durmaz, 2017).

Safflower is generally grown as a rain-fed product without the need for irrigation, this feature ensures that the incidence of diseases and pests is lower than in other agricultural products (Li and Mündel, 1996). However, it has been discovered via research that the safflower plant is susceptible to a few pests, including aphids, green worms, thrips, safflower flies, and mites, which negatively affect the quality and yield of the crop (Nimbkar, 2008). The safflower fly (*Acanthiophilus helianthi* Rossi), which belongs to the family Tephritidae from the order Diptera, is one of the main pests that cause significant damage to the safflower plant (Talpur et al., 1995). *Acanthiophilus helianthi* Rossi, head yellowish green, antennae yellow, wings hyaline, and they are gray spotted, 4-5 mm tall and 9-10 mm wide. The body is cylindrical and 4-5 mm long, the wing veins are yellow, and the larvae are initially white and eventually turn grayish-white as they age (Şengonca, 1983).

During the plant's reproductive period, *A. helianthi* is heavily infested, and considerable losses in seed quantity and quality have been documented as a result of larval feeding (Riaz and Sarwar, 2014; Khuhro et al., 2021).

It has been observed that researches on safflower are mostly seed and oil focused. It has been determined that

there is no study on the total phenol, antioxidant, sugar, mineral substance, and chlorophyll content occurring in the leaves of the plant, especially before and after the safflower fly damage.

In this study, the safflower plant, which has the potential to gain an important place in sustainable agriculture methods used for both energy and consumption purposes in recent years, has been discussed. The degree of variation in the physiological parameters of the safflower plant—including sugar, mineral content, chlorophyll, total phenol, and antioxidant amount—before and after the safflower fly damage was evaluated.

Materials and Methods

Study area, location, and experimental design

Five safflower cultivars Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer, and Göktürk were used to assess each cultivar's level of resistance to the safflower fly *A. helianthi*. Seeds of Asol and Göktürk varieties used for sowing were obtained from Van Yüzüncü Yıl University, Department of Field Crops, Ayaz variety from Bahri Bağdaş International Agricultural Research Institute, Balcı and Dinçer varieties from Eskişehir Geçit Kuşağı Agricultural Research Institute.

The research was prepared according to random plots and carried out with five replications in the experimental areas of the Faculty of Agriculture of Van Yüzüncü Yıl University in 2020. Five parcels of each category made up a total of 25 that made up the study area. The parcels were set up with a space of 2 metres between them and measurements of 5 m x 5 m. The rows are formed at intervals of 5 cm, with a row spacing of 25 cm. 12 rows separate each plot. The study area was plowed between 25 March and 15 April 2020 with the help of a plow and the clods formed in the soil were prepared by breaking up with a disc harrow.

The plots received 480 gr/da of nitrogen fertilizer and 240 gr/da of phosphorus (TSP) fertilizer just before planting. With the use of a marker, 12 rows were made in each plot following the fertilizer application, and 2 kg/da of seeds were planted. It is given time to grow after being covered with 1-2 cm of dirt. Safflower seeds planted on March 31, 2020, were released on April 20, 2020. In the early stages of development, weed control was carried out at regular intervals until the safflower plant reached a certain height.

Plants planted in the field were followed up with daily controls. Immediately after the plants started to form flower heads, attacks and observations were made at weekly intervals, and it was determined when the *A. helianthi* started to damage the plant. To determine the physiological changes in the mechanism of damage by *A. helianthi* to the safflower plant, plant samples were taken from a certain number of flower heads from each plot

before and after the field was damaged and evaluated in terms of necessary parameters. Temperature, humidity,

and precipitation values of the region to be planted are given in Table 2.1.

Table 2.1. Van province climate values

Months	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Average temperature (C°)	-2.0	-1.5	4.6	7.9	13.9	18.6	22.2	21.3	20.3	14.2	7.3	2.1
Average relative humidity (%)	69.6	72.0	70.3	65.9	56.2	49.6	50.9	48.0	44.8	47.4	60.0	66.1
Total precipitation (mm/kg/m ²)	50.3	79.9	44.3	51.8	27.8	13.7	17.6	10.0	5.6	1.8	12.8	27.7

Parameters and statistical analysis

Determination of total phenol content and antioxidant activity

The Folin-Ciocalteu calorimetric technique was used to determine the total phenol content (Swain & Hillis, 1959). In brief, 1 g of the 4th compound leaf from the top of each fully developed plant was used for extraction. 400 µL of distilled water and 150 µL of Folin-Ciocalteu solution were added to 150 µL of the extract, followed by 300 µL of 20% sodium carbonate (Na₂CO₃) (Merck 1.06392.1000, Germany) and let for 30 min in dark. A spectrophotometer (VarianBio 100, Australia) was used to measure the absorbance of the solutions at 725.0 and 700.0 nm. The antioxidant activity of the same extracts was evaluated using the FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) technique (Benzie & Strain, 1996) for which 150 µL of the extract were combined with 2850 µL of the FRAP working solution and stored at 25°C for 30 min in the dark. For FRAP working solution, three preliminary solutions should be prepared. In the first one 1.55 g of acetate buffer was mixed with 0.25 L of distilled water followed by adding glacial acetic acid up to 0.5 L. For second solution, 100 mL of diluted HCl (40 nM) was prepared followed by adding 50 mL TPTZ (2,4,6 Tri (2-prdidyl)-s-triazine). In the third solution, 0.270 g of ferric chloride (2 nM) was added in 50 mL of distilled water. In final working solution, 250 mL of the first solution, 25 mL of the second and third solutions were mixed and kept in a water bath at 37°C for 30 min. The total antioxidant activity was measured at 593.0 nm using a spectrophotometer (VarianBio 100, Australia).

Determining the amount of sugar

Safflower juice obtained from leaf samples taken from the field with the help of a homogenizer was centrifuged at 12000 rpm for 2 minutes and passed through a SEP-PAK C18 cartridge. The filtered samples were read using a refractive index detector and 85% acetonitrile liquid phase sugars using a µbondapak-NH₂ column in the Food Control Laboratory HPLC device. The calculation of concentrations was made according to externally supplied standards.

Determination of mineral substance content (Ca, K, Mg, Cu, Fe, Mn) (mg/kg)

Mineral substance contents were prepared according to the dry burning method, and K, Ca, Mg, Fe, Mn, and Cu elements were determined with the help of an Atomic Absorption Spectrophotometer (Kacar, 1984).

Determination of leaf chlorophyll content

The chlorophyll amount was determined by measuring the leaves of the safflower plant from planting to the field with a SPAD device. To determine the amount of chlorophyll, measurements were made twice, before and after the safflower fly harmed it. To be able to measure, four plants were randomly separated from each plot, and each plant was divided into three parts from 4 plants and measured three times as upper, middle, and lower with a SPAD device.

Statistic analyses

The data obtained in the study were tested according to a one-way analysis of variance (one-way ANOVA, Tukey), and the differences between varieties were determined (SPSS, 2019).

Results

Five different safflower cultivars were observed to exhibit either a decrease in plant parameters or an increase in them in response to stress conditions brought on by *Acanthiophilus helianthi* damage.

Effect of *Acanthiophilus helianthi* on sugar content before and after damage in five different safflower cultivars.

The effect of *Acanthiophilus helianthi* on sugar content before and after damage in five different safflower cultivars is given in Table 1. According to this Table, the difference between sucrose, glucose, and fructose sugar amounts before and after the damage was found to be statistically significant ($p < 0.05$). The highest amount of sucrose before damage was found in the Dinçer variety with 1.75 g, while the lowest value was observed in the Asol variety 1.21 (Table 1). 38% increase in the Ayaz variety and a 7% decline in the Asol variety were seen following the damage (Table 1).

The fructose quantity metric recorded extremely low values both before and after the damage. Asol 0.32 gr, Ayaz 0.22 gr, Balcı 0.31 Dinçer 0.25, and Göktürk 0.26 gr were the weights before the damage. Although the Ayaz cultivar (0.22 gr) had the lowest fructose value, the Asol cultivar had the greatest value (0.32 gr). All cultivars except Asol showed a rise in fructose content after harvest (Table 1).

The difference in glucose amount between the treatment groups both before and after damage was statistically insignificant ($p > 0.05$). While the highest value before damage was 0.86 g in the Göktürk variety, the lowest value

after the damage was 0.58 g in Asol and Ayaz varieties. A decrease of 33% was observed after damage in the Dinçer variety compared to pre-damage, and 37% in the Göktürk variety (Table 1). Ayaz and Göktürk cultivars only differed in

fructose amount before and after damage, and no difference was found between other cultivars (Balçı, Dinçer and Asol), according to the sugar content results of the three cultivars (Sucrose, Fructose, Galactose) usually obtained in Table 1.

Table 1. Sugar content before and after damage in five different safflower cultivars of *Acanthiophilus helianthi* (Mean±Standard deviation)

Safflower varieties	Sucrose		Fructose		Glucose	
	Before damage $\bar{x}\pm S.D$	After damage $\bar{x}\pm S.D$	Before damage $\bar{x}\pm S.D$	After damage $\bar{x}\pm S.D$	Before damage $\bar{x}\pm S.D$	After damage $\bar{x}\pm S.D$
Asol	1.21 ± 0.22 ^{Aa}	1.12 ± 0.14 ^{Aa}	0.32 ± 0.09 ^{Aa}	0.32 ± 0.04 ^{Aa}	0.67 ± 0.08 ^{Aa}	0.58 ± 0.10 ^{Aa}
Ayaz	1.47 ± 0.30 ^{Aa}	2.04 ± 0.19 ^{Ab}	0.22 ± 0.02 ^{Aa}	0.47 ± 0.07 ^{Ba}	0.67 ± 0.08 ^{Aab}	0.58 ± 0.10 ^{Aa}
Balçı	1.32 ± 0.15 ^{Aa}	1.37 ± 0.28 ^{Aab}	0.31 ± 0.06 ^{Aa}	0.52 ± 0.05 ^{Aa}	0.44 ± 0.05 ^{Aab}	0.52 ± 0.09 ^{Aa}
Dinçer	1.75 ± 0.33 ^{Aa}	1.72 ± 0.39 ^{Aab}	0.25 ± 0.05 ^{Aa}	0.72 ± 0.11 ^{Aa}	0.72 ± 0.11 ^{Aab}	0.48 ± 0.13 ^{Aa}
Göktürk	1.24 ± 0.21 ^{Aa}	1.44 ± 0.11 ^{Aab}	0.26 ± 0.04 ^{Aa}	0.38 ± 0.16 ^{Ba}	0.86 ± 0.22 ^{Aab}	0.54 ± 0.37 ^{Aa}

*The difference between the same uppercase letters in each row and the same lowercase letters in each column in the table is statistically insignificant ($p>0.05$).

Table 2. Total phenolic substance, and total antioxidant content before and after damage in five different safflower cultivars of *Acanthiophilus helianthi* (Mean±Standard deviation)

Safflower varieties	Total phenolic substance (mg GAE / 100 g)	Before damage $\bar{x}\pm S.D$	After damage $\bar{x}\pm S.D$
Asol		116.88 ± 2.22 ^{Ab}	65.77 ± 10.59 ^{Bb}
Ayaz		270.22 ± 55.56 ^{Ab}	53.55 ± 5.55 ^{Bb}
Balçı		270.22 ± 40.06 ^{Ab}	103.55 ± 14.69 ^{Bb}
Dinçer		259.11 ± 30.93 ^{Ab}	70.22 ± 22.22 ^{Bb}
Göktürk		842.33 ± 131.46 ^{Aa}	320.22 ± 130.64 ^{Ba}
	Total antioxidant content (Trolox $\mu\text{mol TE} / 100\text{g}$)		
Asol		78.18 ± 10.00 ^{Ba}	631.00 ± 56.72 ^{Aa}
Ayaz		133.75 ± 32.04 ^{Ba}	631.00 ± 56.70 ^{Aa}
Balçı		122.66 ± 17.34 ^{Ba}	219.87 ± 12.10 ^{Aa}
Dinçer		328.22 ± 32.74 ^{Bb}	367.11 ± 24.68 ^{Aa}
Göktürk		497.66 ± 80.07 ^{Ac}	219.84 ± 12.10 ^{Bb}

*The difference between the same uppercase letters in each row and the same lowercase letters in each column in the table is statistically insignificant ($p>0.05$).

Effect of *Acanthiophilus helianthi* on total phenolic substance, and total antioxidant content before and after damage in five different safflower cultivars.

The effect of *Acanthiophilus helianthi* on total phenolic substance, and total antioxidant content before and after damage in five different safflower cultivars is given in Table 2. When the total phenol content values were examined, it was determined that there were statistically significant differences between the pre-damage and post-damage varieties ($p<0.05$) (Table 2). Accordingly, a decrease was observed in all varieties after damage, depending on climate, stress, and environmental conditions. Before the damage, the lowest total phenol content was in the Asol variety. It is 116.88 mg before the injury and 65.77 mg after the injury, with a 43% difference between them (Table 2). The total amount of phenol before the highest damage was measured as 842.33 mg in the Göktürk cultivar. The difference between the total phenol content of Göktürk before and after the damage is 62% (Table 2). Although the total phenol level of the Ayaz and Balçı cultivars was 270.22 mg prior to damage, it was found that the Balçı cultivar's total phenol content after the damage decreased less than the Ayaz cultivar's total phenol content, falling to 103.55 mg. The lowest total phenol content after the damage was observed in Asol variety (Table 2).

In total antioxidant parameter, it was observed that all cultivars were statistically different before and after damage ($p<0.05$) (Table 2). While the Asol variety had the lowest antioxidant content with 78.18 μmol before damage, it had the highest value with 631.00 μmol after damage (Table 2). While the Göktürk variety had the highest antioxidant content with 497.66 μmol before damage, it had the lowest antioxidant content with 219.84 μmol after damage (Table 2). While the Göktürk variety had the highest antioxidant content with 497.66 μmol before the damage, it had the lowest antioxidant content with 219.84 μmol after the damage, with a difference of 55% between them (Table 2). The difference between antioxidant amounts before and after damage (12%) was observed at least in the Dinçer cultivar ($p<0.05$) (Table 2).

Effect of *Acanthiophilus helianthi* on Chlorophyll amount before and after damage in five different safflower cultivars.

The effect of *Acanthiophilus helianthi* on amount of chlorophyll before and after damage in five different safflower cultivars is given in Table 3. According to this table, the amount of chlorophyll decreased in all safflower varieties after damage. Göktürk variety, which had the highest chlorophyll content with 107.91 SPAD before the damage, decreased by 65% after the damage. Dinçer

variety, which had the lowest chlorophyll content with 97.58 SPAD before the damage, had the highest chlorophyll content with 39.29 SPAD after the damage, and decreased by 60%. While it was measured as 100.31 SPAD before damage in Balcı variety, the lowest value was found as 37.94 SPAD after damage and decreased by 62%.

Table 3. Chlorophyll amount before and after damage in five different safflower cultivars of *Acanthophilus helianthi* (Mean±Standard Deviation)

Chlorophyll amount (SPAD)	Before damage	After damage
Safflower varieties	$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$
Asol	106.69 ± 2.39 ^{Aa}	38.53 ± 0.65 ^{Bab}
Ayaz	101.27 ± 2.59 ^{Aab}	39.04 ± 0.48 ^{Ba}
Balcı	100.31 ± 2.42 ^{Aab}	37.94 ± 0.30 ^{Bb}
Dinçer	97.58 ± 2.66 ^{Ab}	39.29 ± 0.33 ^{Ba}
Göktürk	107.91 ± 2.13 ^{Aa}	38.29 ± 0.28 ^{Bab}

*The difference between the same uppercase letters in each row and the same lowercase letters in each column in the table is statistically insignificant ($p > 0.05$).

Effect of *Acanthophilus helianthi* on the amount of mineral substance before and after damage in five different safflower cultivars.

The effect of *Acanthophilus helianthi* on amount of mineral substance before and after damage in five different safflower cultivars is given in Table 4. When the five safflower varieties used in the study were evaluated together, it was observed that there were statistical differences between the phosphorus amounts before and after the damage (Table 4). According to this table, high decreases (between 93-97%) were observed in P values of all safflower cultivars after damage. The Göktürk variety had the lowest value before and after the damage, with a drop of 97%, as shown in Table 4. In line with the findings, the reductions in Phosphorus are related to the harm to the safflower fly.

All safflower cultivars' Ca values rose (between 26-51%) following damage compared to before damage. When the pre-damage and post-damage cultivars were examined, the difference was found to be statistically insignificant ($p > 0.05$). The lowest pre-damage calcium value of 2.18% was obtained from Asol and Göktürk cultivars (Table 4). The highest value after the damage was found in the Balcı variety with 3.35% (Table 4).

The difference between the pre- and post-damage Cu contents of the cultivars was statistically significant ($p < 0.05$). Cu values, on the other hand, did not show a parallel course. In Table 4, it showed an improvement between 18.74-25.78 mg/kg pre-damage, while it decreased between 40-70% after the damage and was determined as 5.61-10.74 mg/kg (Table 4). The lowest Cu amount was determined in Göktürk with 18.74 mg/kg before the damage and in Balcı with 5.61 mg/kg after the damage. The highest change in Cu amounts before and after the damage was in the Balcı variety with 79% (Table 4).

Considering the climatic conditions and soil structure of the province of Van, where the study was conducted, it generally has a high Fe content. Considering this situation, when the Fe values obtained in the safflower plant are examined, there is a value between 500-1200 mg/kg in all

Statistically significant differences were observed between the amounts of chlorophyll before and after damage in Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer, and Göktürk cultivars ($p < 0.05$) (Table 3).

safflower varieties. (Table 4). The lowest pre-damage iron rate was 672.76 mg/kg and the highest was obtained from the Balcı variety with 909.92 mg/kg from the Ayaz variety. Statistical differences before and after damage in five cultivars were found only in Ayaz and Dinçer cultivars ($p < 0.05$) (Table 4). The difference between Asol, Balcı, and Göktürk cultivars was statistically insignificant ($p > 0.05$).

The K value (between 14 and 45%) after damage increased in all safflower cultivars. The pre-damage value was determined as 2.10% in the Asol variety, 2.42% in the Ayaz variety, 2.59% in the Balcı variety, 2.43% in the Dinçer variety and 2.23% in the Göktürk variety. After damage, Asol 2.63%, Ayaz 3.45% Balcı, 3.45% Dinçer, 2.79%, and Göktürk 2.78% values were obtained (Table 4).

One of the important structural elements of chlorophyll is Mg. Considering magnesium, which plays a role in the survival of the plant, it showed an increasing trend after the damage compared to before the damage, and this increased rate can be associated with the occurrence of the damage (Table 4). When the magnesium values before and after harvest were compared in general, it was seen that there was no statistical difference between the cultivars (except Asol and Balcı) ($P < 0.05$). The biggest difference between before and after harvest is in the Balcı variety with an increase of 112%. The highest Mg value before damage is 0.50% in the Dinçer variety and 0.72% after damage in the Balcı variety (Table 4).

The difference between manganese values before and after damage among the cultivars (except Asol and Balcı cultivars) was statistically insignificant ($p > 0.05$). After harvest, a 20-50% increase was observed in Asol, Ayaz, and Balcı cultivars, while decreases were observed in Dinçer and Göktürk cultivars (Table 4).

When Table 4 was scrutinized, it became clear that the sodium readings were quite high overall, with the highest values coming from the damage. Statistically significant differences were found in the pre-damage and post-damage data of the cultivars ($p < 0.05$). The Balcı variety sustained the maximum damage (1950,61%), and the Göktürk variety sustained the lowest damage (1117,92%). Examining the post-damage data revealed a trajectory

between 3000-5500%. When this course was examined, the Göktürk variety had the lowest score (3235.07%), while the Ayaz variety had the best score (5269.52) (Table 4).

When the Zn value was examined, there was no statistical difference between the cultivars (except for Balcı and Dinçer) ($p>0.05$). While Ayaz had the highest Zn value

with 36.41% before the damage, it was the highest Zn value with 41.88% after damage, with an increase of 15% between them. The highest decrease in Zn value after the damage was seen in the Dinçer variety with 31%.

Table 4. Mineral substances before and after damage in five different safflower cultivars of *Acanthiophilus helianthi* (Mean±Standard Deviation)

Safflower varieties	Mineral substances	Before damage	After damage
		$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$
Asol	P %	0.62 ± 0.14 ^{Aa}	0.03 ± 0.00 ^{Bab}
	Ca %	2.18 ± 0.18 ^{Aa}	3.23 ± 0.19 ^{Aa}
	Cu mg/kg	25.78 ± 3.76 ^{Aa}	9.52 ± 1.70 ^{Bab}
	Fe mg/kg	760.90 ± 115.78 ^{Aa}	1018.74 ± 122.57 ^{Aa}
	K %	2.10 ± 0.08 ^{Aa}	2.63 ± 0.24 ^{Aa}
	Mg %	0.35 ± 0.03 ^{Ba}	0.69 ± 0.10 ^{Aa}
	Mn %	87.66 ± 8.80 ^{Ba}	108.07 ± 10.41 ^{Aa}
	Na %	1660.90 ± 239.93 ^{Ba}	4405.60 ± 1308.13 ^{Aa}
	Zn %	30.33 ± 4.02 ^{Aa}	28.13 ± 3.79 ^{Aab}
	Ayaz	P %	0.66 ± 0.18 ^{Aa}
Ca %		2.50 ± 0.25 ^{Aa}	3.22 ± 0.27 ^{Aa}
Cu mg/kg		21.28 ± 2.07 ^{Aa}	10.74 ± 1.73 ^{Bb}
Fe mg/kg		909.92 ± 95.19 ^{Aa}	664.32 ± 198.02 ^{Ba}
K %		2.42 ± 0.36 ^{Aa}	3.45 ± 0.53 ^{Aa}
Mg %		0.45 ± 0.04 ^{Aab}	0.69 ± 0.10 ^{Aab}
Mn %		113.65 ± 13.70 ^{Aa}	101.17 ± 25.62 ^{Aa}
Na %		1699.90 ± 286.20 ^{Ba}	5269.52 ± 1907.42 ^{Aa}
Zn %		36.41 ± 8.35 ^{Aa}	41.88 ± 7.01 ^{Ab}
Balcı		P %	0.46 ± 0.08 ^{Aa}
	Ca %	2.22 ± 0.34 ^{Aa}	3.35 ± 0.20 ^{Aa}
	Cu mg/kg	26.84 ± 7.07 ^{Aa}	5.61 ± 1.07 ^{Ba}
	Fe mg/kg	672.76 ± 82.28 ^{Aa}	978.40 ± 155.89 ^{Aa}
	K %	2.59 ± 0.30 ^{Aa}	3.45 ± 0.53 ^{Aa}
	Mg %	0.34 ± 0.04 ^{Ba}	0.72 ± 0.12 ^{Aa}
	Mn %	76.34 ± 9.64 ^{Aa}	113.83 ± 7.92 ^{Ba}
	Na %	1950.61 ± 309.85 ^{Ba}	3736.61 ± 1052.58 ^{Aa}
	Zn %	28.88 ± 3.84 ^{Aa}	21.72 ± 4.44 ^{Ba}
	Dinçer	P %	0.51 ± 0.10 ^{Aa}
Ca %		2.63 ± 0.29 ^{Aa}	3.32 ± 0.23 ^{Aa}
Cu mg/kg		20.78 ± 1.22 ^{Aa}	6.05 ± 1.51 ^{Ba}
Fe mg/kg		800.20 ± 158.83 ^{Aa}	1146.56 ± 209.67 ^{Ba}
K %		2.43 ± 0.22 ^{Aa}	2.79 ± 0.35 ^{Aa}
Mg %		0.50 ± 0.06 ^{Ab}	0.64 ± 0.07 ^{Aa}
Mn %		98.33 ± 13.03 ^{Aa}	91.89 ± 13.76 ^{Aa}
Na %		1737.97 ± 235.94 ^{Ba}	5263.51 ± 1212.13 ^{Aa}
Zn %		30.85 ± 5.13 ^{Aa}	21.17 ± 3.50 ^{Aa}
Göktürk		P %	0.38 ± 0.05 ^{Aa}
	Ca %	2.18 ± 0.17 ^{Aa}	3.25 ± 0.30 ^{Aa}
	Cu mg/kg	18.74 ± 2.98 ^{Aa}	6.38 ± 0.79 ^{Ba}
	Fe mg/kg	760.00 ± 115.75 ^{Aa}	468.82 ± 209.66 ^{Aa}
	K %	2.23 ± 0.10 ^{Aa}	2.78 ± 0.80 ^{Aa}
	Mg %	0.38 ± 0.02 ^{Aab}	0.71 ± 0.20 ^{Aa}
	Mn %	90.31 ± 16.94 ^{Aa}	94.79 ± 11.61 ^{Aa}
	Na %	1117.92 ± 300.76 ^{Ba}	3235.07 ± 1304.85 ^{Aa}
	Zn %	24.17 ± 2.60 ^{Aa}	25.80 ± 4.71 ^{Aa}

*The difference between the same uppercase letters in each row and the same lowercase letters in each column in the table is statistically insignificant ($p>0.05$).

Discussion and Result

This study showed that the effects of *Acanthiophilus helianthi* on chlorophyll, mineral substances, sugar amounts, total phenol, and total antioxidant parameters before and after damage were different in five different safflower cultivars. No study was found on the changing

physiological parameters of the safflower fly, which is the main pest of the safflower plant, before and after the damage. Therefore, this study is the first report on the subject in the world. Studies are generally focused on the physiological changes of the plant in conditions such as drought, salt and temperature (Hasanshahi et al., 2012; Hasanshahi et al., 2013; Erdal et al., 2014; Gengmao et al.,

2015; Hussain et al., 2016; Kumar et al., 2018; Özkan, 2019; Yeloojeh et al., 2020). Azizabadi et al. (2014), in their study to investigate the effect of potassium and drought stress on the number of plant nutrients in safflower, showed that drought stress reduces plant height and leaf area, decreases shoot dry weight and relative leaf moisture, but increases leaf chlorophyll. Drought stress also decreased zinc, manganese, copper, phosphorus, nitrogen, and calcium concentrations and increased iron and potassium concentrations in leaves. Compared to the results obtained in our study, it was observed that zinc, manganese, copper, phosphorus, and calcium values decreased, and iron and potassium values increased under stress conditions caused by *A.helianthi* damage.

The plant's defense mechanism is activated in response to environmental stress or like insect infestation as well as climatic conditions. It is expected that the number of antioxidants will increase with the effect of the defense mechanism or decrease with the use of existing antioxidants (Yavaş and İlker, 2020). In our study, while total phenol values decreased in all cultivars after damage, total antioxidant content increased in all safflower cultivars except Göktürk.

In our study, chlorophyll value decreased in all safflower varieties after damage. Some researchers have reported that when the plant is exposed to any stress condition, changes occur in its physiological structure. The amount of chlorophyll, which is one of them, is expected to both complete the maturation phase and reduce the amount of chlorophyll due to the stress conditions it is exposed to (Yavaş and İlker, 2020).

Manganese is present in many primary and secondary minerals. Its deficiency causes a deficiency of iron, magnesium, and calcium elements (Bolat and Kara 2017). As a result of our findings, it was determined that the manganese value increased in Asol and Biçer cultivars, and the nutritional values differed according to the cultivars.

One of the stress causes in plants is the change brought on by pest conditions. In the current world, where food shortages may emerge in the future due to increased population density and declining arable land, reducing product losses due to stress has become crucial. In this study, physiological parameter changes of safflower flies before and after damage were investigated in five different safflower cultivars. It was determined that all five cultivars gave important physiological responses under stress conditions due to the development of the pest. These findings are believed to be a very significant step in lowering product losses with more thorough biological research findings, and will also supply farmers who will grow safflower with useful ideas for how to deal with the drought and energy issues that will be faced in the future.

Authorship contribution statement

Esra KINA: Working method, experimental planning, interpretation of results, article writing. Hasret GÜNEŞ: Analysis processes, interpretation of results, article writing

Informed consent

The research involved no human participants and animals, so the statement on the welfare of animals is not required.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Funding

This research study was financially supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Van Yuzuncu Yil University. Project number: FDK-2019-8280.

References

1. Azizabadi E, Golchin A, & Delavar M A. 2014. Effect of potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 5(3), 65-80.
2. Benzie IEF, Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1): 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
3. Bolat İ, & Kara Ö. 2017. Plant nutrients: Sources, functions, deficiencies and excesses. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(1), 218-228.
4. Dajue L, Mündel H H. 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. International Plant Genetic Resources Institute, 1-83.
5. Erdal ŞÇ, Cakırlar H. 2014. Impact of salt stress on photosystem II efficiency and antioxidant enzyme activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, *Turkish Journal of Biology*, 38 (4), 549-560. <https://doi.org/10.3906/biy-1401-33>
6. Gengmao Z, Yu H, Xing S, Shihui L, Quanmei S, Changhai W. 2015. Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. *Industrial Crops And Products*, 64, 175-181. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.058>
7. Gyulai J. 1996. Market outlook for safflower. In *Proceedings of North American Safflower Conference*, Great Falls, Montana, Lethbridge, Canada.
8. Hasanshahi G, Askarianzadeh A. 2012. Effect of drought stress on the damage safflower fly, *Acanthiophilus helianthi* Rossi (Dip., Tephritidae) on three cultivars of safflower, (*Carthamus tinctorius* L.) in Tehran region. *Iranian Journal of Entomological Research*, 2 (1).
9. Hasanshahi G, Askarianzadeh A, Karimi J, Jahan F, Abbasipour H, Askarianzade A, Karimi J. 2013. Effect of drought stress on the damage of safflower weevils, on three cultivars of *Carthamus tinctorius* L. *Biharean Biologist*, 2 (7). <http://biozoojournals.3x.ro/bihbio/index.html>
10. Hussain MI, Lyra DA, Farooq M, Nikoloudakis N, Khalid N. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for sustainable development*, 36 (1), 4. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0344-8>
11. Kacar B. 1984. *Plant Nutrition Application Guide*, Ankara University Faculty of Agriculture Publications: 900. Application Guide, 214. Ankara. 140.

12. Khalili M, Pour-Aboughadareh A, Naghavi MR, Mohammad-Admini E. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42 (1), 214-218. <https://doi.org/10.15835/nbha4219331>
13. Khuhro SA, Mari JM, Jatoi GH, Soomro N, Leghari UA, & Mengal A N. 2021. Resistant Cultivars of Safflower *Carthamus tinctorius* based on Yield Performance and Infestation against *Acanthiophilus helianthi* (Diptera: Tephritidae). *International Journal on Emerging Technologies*, 12(1), 175-180.
14. Knowles P F. 1989. Safflower, Oil Crops of the World, their Breeding and Utilization. (Eds. Robbelen, G., Downey, R.K., Ashri, A.) McGraw Hill, New York. 363–374.
15. Korkmaz H, & Durmaz A. 2017. Responses of Plants to Abiotic Stress Factors. 192-207.
16. Kumar ES, Kuna A, Padmavathi P, Rani CVD, Sarkar S. 2018. Nutrient composition of selected cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) leaves during different crop growth stages to water stress. *The Indian Society Of Oilseeds Research*, 216.
17. Kumar ES, Kuna A, Padmavathi P, Rani CVD, & Sarkar S. 2016. Nutrient composition of selected cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) leaves during different crop growth stages to water stress. *The Indian Society of Oilseeds Research*, 216.
18. Li D, Mündel H H. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Vol 7. Rome.
19. McPherson MA, Good AG, Topinka L, Hall L M. 2004. Theoretical hybridization potential of transgenic safflower (*Carthamus tinctorius* L.) with weedy relatives in the New World. *Canadian Journal of Plant Science*, 84 (3), 923-934. <https://doi.org/10.4141/P03-150>
20. Nimbkar N. 2008. Issues in safflower production in India. Paper presented at: Safflower: unexploited potential and world adaptability 7th International Safflower Conference Wagga, NSW, Australia.
21. Riaz M, & Sarwar M. 2014. A new record of safflower fly *Acanthiophilus helianthi* (Rossi) of genus *Acanthiophilus* Becker in subfamily Tephritinae (Diptera: Tephritidae) from the Fauna of Pakistan. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 3(1), 39-44.
22. Ozkan A. 2019. Changes in growth parameters, oil yield, fatty acid composition and mineral content of two safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in response to water stress. *Applied Ecology And Environmental Research*, 18 (1), 499-514. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801_499514
23. Singh V, Nimbkar N. 2006. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) (Ed. Ram J. Singh, Chapter 6 Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops, Chapter 6. CRC Press, Boca Raton, 320. <https://doi.org/10.17211/tcd.48394>
24. Swain T, Hillis W. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric*, 10, 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
25. Şengonca Ç. 1983. A research on safflower pests in Çukurova region. *Turkish Journal of Plant Protection*, (7), 117-127.
26. Talpur MA, Hussain T, Rustamani MA, Gaad M A. 1995. Relative resistance of safflower varieties to safflower shoot fly, *Acanthiophilus helianthi* Rossi (Diptera: Tephritidae). In *Proceedings of Pakistan Congress of Zoology*, (15), 177-181.
27. Weiss E A. 1983. Oilseed Crops. Chapter 6. Safflower. Longman Group Limited, Longman House, London, UK. 216-281.
28. Yavaş İ, & İlker E. 2020. Changes in Photosynthesis and Phytohormone Levels in Plants Exposed to Environmental Stress Conditions. *Bahri Dağdaş Journal of Herbal Research*, 9(2), 295-311.
29. Yeloojeh KA, Saeidi G, Sabzalian M R. 2020. Drought stress improves the composition of secondary metabolites in safflower flower at the expense of reduction in seed yield and oil content. *Industrial Crops and Products*, 154, 112496. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112496>
30. Zareie S, Golkar P, Mohammadi-Nejad G. 2011. Effect of nitrogen and iron fertilizer on seed yield and yield components of safflower genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (16), 3924-3929. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.683>



Estimation of Monthly Global Solar Radiation Using Long-Short Term Memory (LSTM) Method: A Case Study of Sivas Province

Cahit Gürlek^{1,a*}, Mehmet Bilgili^{2,b}

¹ Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

² Department of Mechanical Engineering, Ceyhan Engineering Faculty, Cukurova University, Adana, Turkey,

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 25/03/2023

Accepted: 25/04/2023

ABSTRACT

Accurate estimation of global solar radiation is critical for solar energy conversion systems (modelling, design and operation) and future investment policies. In this study, daily average monthly solar radiation estimation were performed using the long-short term memory (LSTM) method. For this aim, monthly sunshine radiation data obtained from the Sivas Province in the Central Anatolia Region of Turkey was used. Mean absolute percent error (MAPE), root mean square error (RMSE) and correlation coefficient (R) tests were used for forecast accuracy assessment. The results showed that the LSTM model predicted solar radiation effectively with MAPE of 9.446%, RMSE of 0.496 kWh/m²day, and R of 0.976 for the study area.

Keywords: LSTM, Machine Learning, Monthly Solar Radiation, Sivas

Aylık Toplam Güneş Işınımının Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) Yöntemiyle Tahmini: Sivas İli Örneği

Süreç

Geliş: 25/03/2023

Kabul: 25/04/2023

Öz

Küresel güneş ışınımının doğru tahmini, güneş enerjisi dönüşüm sistemleri (modelleme, tasarım ve işletme) ve gelecekteki yatırım politikaları için kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada uzun-kısa süreli bellek (LSTM) yöntemi kullanılarak günlük ortalama aylık güneş ışınımı tahmini yapılmıştır. Bunun için Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde bulunan Sivas ilinden elde edilen aylık güneş ışınımı verileri kullanılmıştır. Tahmin doğruluğunun değerlendirilmesi için ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve korelasyon katsayısı (R) testleri kullanılmıştır. Sonuçlar LSTM modelinin çalışma alanı için güneş ışınımını %9.446 MAPE, 0.496 kWh/m²gün RMSE ve 0.976 R değerleri ile etkin bir şekilde tahmin ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: LSTM, Makine Öğrenmesi, Aylık Güneş Işınımı, Sivas

License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

cgurlek@cumhuriyet.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0273-2999>

mbilgili@cumhuriyet.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-5339-6120>

How to Cite: Gürlek C., Bilgili M. (2023) Estimation of Monthly Global Solar Radiation Using Long-Short Term Memory (LSTM) Method: A Case Study of Sivas Province, Journal of Science and Technology, 2(1):24-30.

Giriş

Fosil kaynaklı yakıtların sınırlı olması, elde edilme sürecinde ve tüketilmesi sonrasında çevre, ekosistem ve insan sağlığına verdiği yıkıcı zararlar ve bunlara ek olarak artan enerji tüketimi ve fiyatları nedeniyle alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Güneş enerjisi dikkate alındığında 2011 ile 2021 yılları arasında kurulu fotovoltaik (PV) gücün yıllık büyüme oranı dünya genelinde %27,9, Türkiye’de ise %102,6 seviyesindedir (BP, 2022).

Güneş ışınımı, güneş enerji sistemleri başta olmak üzere; ısı konfor, güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma, endüstriyel ısıtma ve tarımsal üretim gibi birçok mühendislik uygulamasının tasarımı ve ekonomik değerlendirmesi için zorunlu bir veridir. Bununla birlikte daha çok ölçüm araçlarının kurulum ve bakımlarının pahalı olması nedeniyle yaygın olarak elde edilememektedir. Örneğin bu çalışmanın yapıldığı Sivas ili için 2010 yılından günümüze kadar sadece bir ölçüm istasyonu için tüm yıllara ait güneş ışınımı verileri bulunmaktadır. Bu nedenle güneş ışınımı; güneşlenme süresi, bağıl nem, sıcaklık, yağış miktarı, bulutluluk gibi daha yaygın olarak elde edilen meteorolojik veriler ya da daha önceki yıllara ait güneş ışınımı verileri kullanılarak çeşitli yöntemlerle tahmin edilmektedir.

Güneş ışınımı tahmininde deneysel (ampirik) modeller, yapay sinir ağları ve diğer makine öğrenme yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Deneysel yöntemleri; yalnızca güneşlenme süresinin kullanıldığı modeller, güneşlenme süresine sıcaklık gibi diğer meteorolojik verilerin eklenmesiyle oluşturulan modeller ve güneşlenme süresinin kullanılmadığı modeller olarak sınıflamak mümkündür. Makine öğrenme modelleri ise meteorolojik verilerin farklı birleşimlerinden oluşan girdiler, nöron ve katman sayıları, öğrenme algoritmaları ve transfer fonksiyonları gibi birçok değişkenin kullanıldığı çok daha karmaşık modellerdir (Zhang ve ark., 2017). Türkiye’nin farklı bölgeleri için çeşitli araştırmacılar tarafından hem deneysel hem de makine öğrenme modelleriyle güneş

ışınımı tahminleri gerçekleştirilmiştir (Akinoglu ve Ecevit, 1990; Sözen ve ark., 2004; Şen ve ark., 2004; Sözen ve Arcaklioğlu, 2005; Bakirci 2009; Şenkal ve Kuleli, 2009; Şenkal 2010; Koca ve ark., 2011; Bilgili ve Ozgoren, 2011; Ozgoren ve ark., 2012; Celik ve Muneer, 2013; Sahin ve ark., 2013; Yildiz ve ark., 2013; Gül ve Çelik, 2017; Gurlek ve Sahin, 2018; Arslan ve ark., 2019; Ballı, 2021). Bu çalışmalarda makine öğrenme modellerinin deneysel modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bu çalışmada Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) yöntemi aracılığıyla Sivas ili sınırlarında bulunan bir meteorolojik istasyondan elde edilen veriler kullanılarak günlük ortalama aylık güneş ışınımı verileri tahmin edilmiştir. Günlük ortalama aylık güneş ışınım verilerinin tahmininde zaman serisi yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen yöntem, karmaşık hesaplamalar gerektirmeden veya kapsamlı çevresel, topografik ve meteorolojik verilere sahip olmadan, günlük ortalama aylık güneş ışınım verilerinin bir ay ilerisini tahmin etmektedir. Zaman serisi yaklaşımı, zaman serisi verilerinin stokastik bileşenini yakalayabilir, ayrıca makine öğrenme araçları, zaman serisi verilerinin belirleyici kısmını tahmin edebilir. Bu nedenle bu çalışmada, günlük ortalama aylık güneş ışınım verilerinin zaman serisi verileri için makine öğrenmesi ve zaman serisi yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir tahmin yöntemi ele alınmıştır.

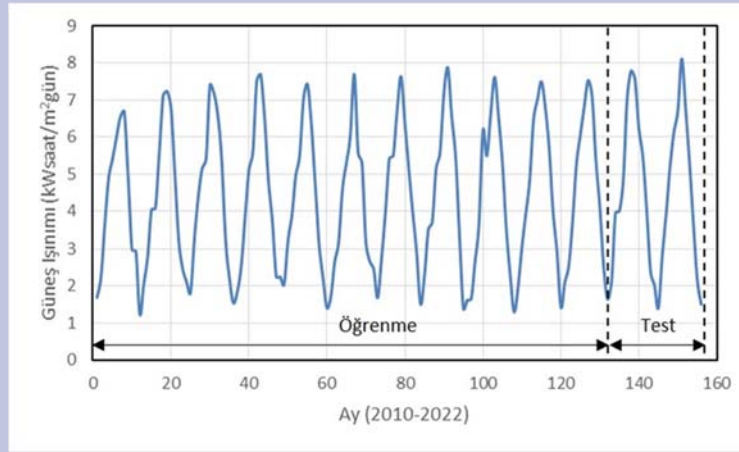
Yöntem

Çalışma Alanı ve Veri

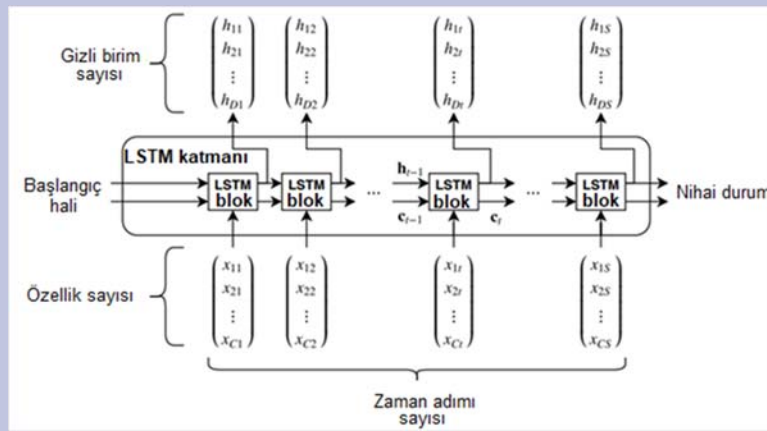
Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün Sivas ili sınırları içerisinde bulunan bir ölçüm istasyonundan elde edilen on üç yıllık (2010-2022) günlük ortalama aylık toplam güneş ışınımı verileri kullanılmıştır. Rakımı 1121 m olan ölçüm istasyonunun konum haritası Şekil 1’de sunulmuştur. Konum haritası ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 1. Ölçüm istasyonunun konum haritası
Figure 1. Location map of the measuring station



Şekil 2. Aylık toplam güneş ışınlamı dağılımı
Figure 2. Distribution of the monthly global solar radiation



Şekil 3. LSTM katman mimarisi
Figure 3. LSTM layer architecture

Ölçüm istasyonunun 2010-2022 yılları arasındaki aylık ortalama toplam güneş ışınlamı, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış miktarı sırasıyla: 4,44 kWsaat/m²gün, 0,20 °C, 25,42 °C, 12,53 °C, %53,29 ve 28,42 mm dir. Şekil 2’de 2010-2022 yılları arasındaki aylık toplam güneş ışınlamı dağılımı görülmektedir. LSTM analizlerinde 2010-2020 yılları arasındaki veriler eğitim için, 2021 ve 2022 yıllarına ait veriler ise test için kullanılmıştır.

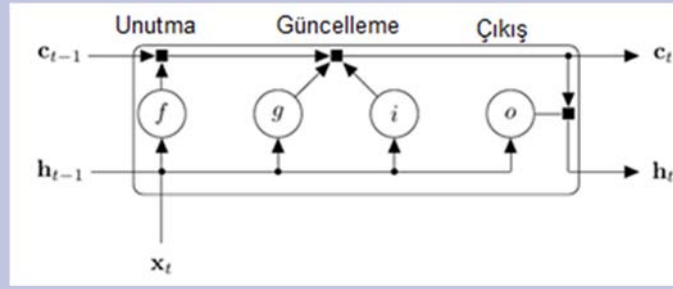
Uzun-Kısa Süreli Bellek Yöntemi

LSTM ağları zaman serilerinin tahmini için yaygın olarak kullanılan oldukça güçlü ve etkili bir tür geliştirilmiş tekrarlayan sinir ağı (RNN) yapılarıdır. LSTM ilk önce Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından ortaya konmuş daha sonra Gers ve ark. (2000) tarafından geliştirilmiştir. Genel olarak bir LSTM birimi (veya katmanı); bir hafıza hücresi (memory cell), bir giriş kapısı (input gate), bir çıkış kapısı (output gate) ve bir unutma kapısından (forget gate) oluşur. Giriş ve çıkış kapıları sırasıyla birime giren ve birimden çıkan verileri düzenler. Unutma kapısının en önemli görevi ise bir önceki zaman adımına ait hangi verilerinin saklanacağına veya atılacağına (unutulacağına) karar vermektedir. Hafıza

hücresi ise bilginin kullanılabilir (yararlı) olup olmadığını değerlendirir (Yu ve ark., 2019).

Tipik bir LSTM katman mimarisi Şekil 3’te sunulmuştur. Bu diyagram, S uzunluğundaki C özelliklerine sahip X zaman serisinin bir LSTM katmanından akışını göstermektedir. Diyagramda, h_t ve c_t sırasıyla çıkışı (gizli durum olarak da bilinir) ve t zaman adımındaki hücre durumunu gösterir.

İlk LSTM bloğu, ilk çıkışı ve güncellenmiş hücre durumunu hesaplamak için ağın başlangıç durumunu ve dizinin ilk zaman adımını kullanır. t zaman adımında blok, çıktıyı ve güncellenmiş hücre durumunu c_t hesaplamak için ağın mevcut durumunu (c_{t-1} , h_{t-1}) ve dizinin bir sonraki zaman adımını kullanır. Katmanın durumu, gizli durumdan (aynı zamanda çıkış durumu olarak da bilinir) ve hücre durumundan oluşur. t zaman adımındaki gizli durum, bu zaman adımı için LSTM katmanının çıktısını içerir. Hücre durumu, önceki zaman adımlarından öğrenilen bilgileri içerir. Her zaman adımında, katman hücre durumuna bilgi ekler veya hücre durumundan bilgi çıkarır. Katman, kapıları kullanarak bu güncellemeleri kontrol eder. Tablo 1, LSTM katman mimarisindeki bileşenleri ve bunların amaçlarını vermektedir. Bu bileşenler, katmanın hücre durumunu ve gizli durumunu kontrol eder.



Şekil 4. t zaman adımıdaki veri akışı
Figure 4. Data flow at time step t

Tablo 1. LSTM katman mimarisindeki bileşenler ve amaçları

Table 1. LSTM architecture components and their purposes

Bileşen	Amaç
Giriş geçidi (i)	Hücre durumu güncellemesinin düzeyini kontrol eder
Unutma geçidi (f)	Hücre durumu sıfırlamasının düzeyini kontrol eder
Hücre geçidi (g)	Hücre durumuna bilgi ekler
Çıkış geçidi (o)	Gizli duruma eklenen hücre durumunun düzeyini kontrol eder

Tablo 2. t zaman adımıdaki bileşenleri açıklayan formüller

Table 2. Formulas describing the components at time step t

Bileşen	Eşitlik
Giriş geçidi (i)	$i_t = \sigma_g(W_i x_t + R_i h_{t-1} + b_i)$ (4)
Unutma geçidi (f)	$f_t = \sigma_g(W_f x_t + R_f h_{t-1} + b_f)$ (5)
Hücre geçidi (g)	$g_t = \sigma_c(W_g x_t + R_g h_{t-1} + b_g)$ (6)
Çıkış geçidi (o)	$o_t = \sigma_g(W_o x_t + R_o h_{t-1} + b_o)$ (7)

Şekil 4, t zaman adımıdaki veri akışını göstermektedir. Bu diyagram, kapıların hücreyi ve gizli durumları nasıl unuttuğunu, güncellediğini ve çıktısını vurgular.

Bir LSTM katmanının öğrenilebilir ağırlıkları, girdi ağırlıkları W , yinelenen ağırlıklar R ve bias b 'dir. W , R ve b matrisleri, sırasıyla her bir bileşenin girdi ağırlıklarının, yinelenen ağırlıklarının ve biasın birleşimidir. Bu matrisler aşağıdaki gibi birleştirilir:

$$W = \begin{bmatrix} W_i \\ W_f \\ W_g \\ W_o \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} R_i \\ R_f \\ R_g \\ R_o \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_i \\ b_f \\ b_g \\ b_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada i , f , g ve o sırasıyla giriş geçidini, unutma geçidini, hücre adayını ve çıkış geçidini gösterir. t zaman adımıdaki hücre durumu aşağıdaki şekilde verilir:

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t \quad (2)$$

Burada \odot , vektörlerin eleman bazında çarpımını belirtir. t zaman adımıdaki gizli durum şu şekilde verilir:

$$h_t = o_t \odot \sigma_c(c_t) \quad (3)$$

Burada σ_c durum aktivasyon fonksiyonunu gösterir. LSTM işlevi, durum etkinleştirme işlevini hesaplamak için varsayılan olarak hiperbolik tanjant işlevini (\tanh) kullanır. Tablo 2, t zaman adımıdaki bileşenleri açıklayan formülleri vermektedir.

Bu hesaplamalarda σ_g geçit aktivasyon fonksiyonunu ifade eder. LSTM işlevi, varsayılan olarak, geçit aktivasyon fonksiyonunu hesaplamak için aşağıdaki gibi ifade edilen sigmoid işlevini kullanır. Detaylı matematiksel arka plan Hochreiter ve Schmidhuber (1997), ve Bilgili ve ark., (2022) çalışmalarında bulunabilir.

$$\sigma(x) = (1 + e^{-x})^{-1} \quad (8)$$

İstatistiksel Test Yöntemleri

LSTM modelinin tahmin başarısını sınamak için aşağıda formülleri verilen üç farklı istatistiksel değerlendirme ölçütü: ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve korelasyon katsayısı (R) kullanılmıştır. MAPE ve RMSE değerlerinin olabildiğince küçük ve sıfıra yakın olması istenir. MAPE değerleri için; $MAPE \leq 10\%$ yüksek tahmin doğruluğunu, $10\% \leq MAPE \leq 20\%$ iyi tahmini, $20\% \leq MAPE \leq 50\%$ kabul edilebilir tahmini ve $MAPE \geq 50\%$ hatalı tahmini göstermektedir (Rao ve ark., 2018).

Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{O}_i - T_i}{\hat{O}_i} \right| \times 100 \quad (9)$$

Kök ortalama kare hatası (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{O}_i - T_i)^2}{n}} \quad (10)$$

Korelasyon katsayısı (R):

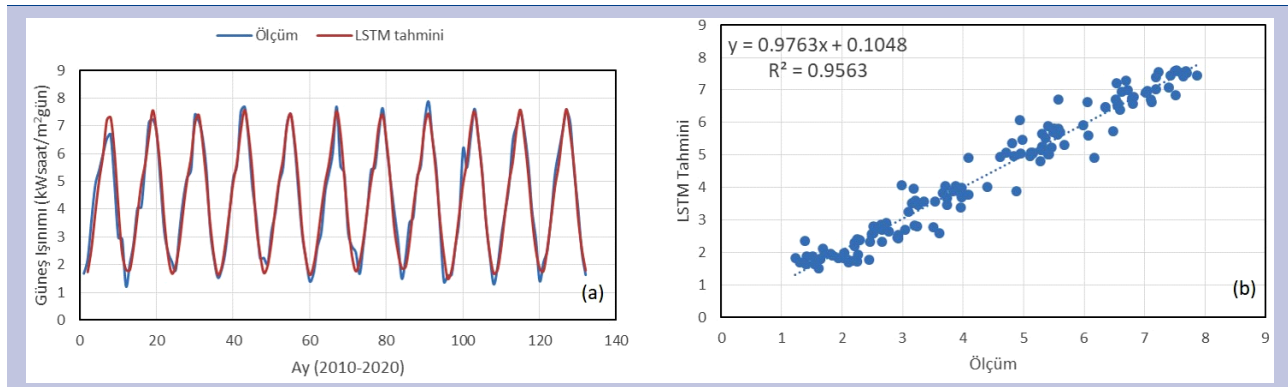
$$R = \frac{\sum (\hat{O}_i - \bar{\hat{O}}) (T_i - \bar{T})}{\sqrt{\sum (\hat{O}_i - \bar{\hat{O}})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2}} \quad (11)$$

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada aylık toplam güneş ışınımı tahmini için LSTM yöntemi kullanılarak zaman serisi analizi yapılmıştır.

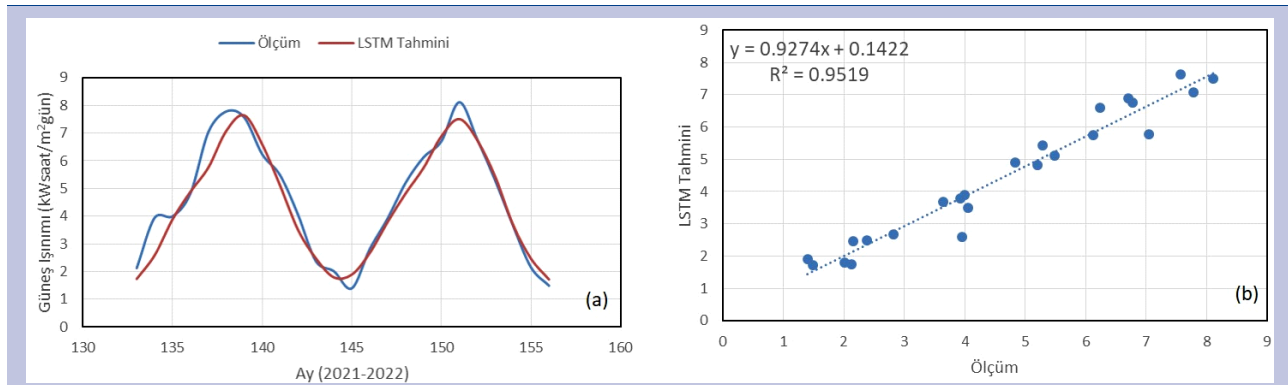
Bu yöntemin en önemli avantajı güneş ışınımı tahmini için; güneşlenme süresi, sıcaklık, nem, bulutluluk, yağış miktarı gibi diğer meteorolojik verilere ihtiyaç duymamasıdır. LSTM ağının eğitimi ve tahminleri için geçmiş yıllara ait aylık güneş ışınımı verileri girdi olarak kullanılmıştır.

LSTM yöntemiyle elde edilen ölçüm ve tahmin değerlerinin dağılımı ve regresyon analiz grafikleri eğitim ve test için sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 5 ve 6'dan LSTM ağının oldukça iyi eğitildiği, 2021-2022 yıllarındaki test döneminde tahmin verilerinin ölçüm verilerini iyi bir şekilde temsil ettiği açıkça görülmektedir. Bununla birlikte test döneminde ölçüm verilerinin daha az tahmin edilme (underestimate) eğiliminde olduğu dikkat çekmektedir.



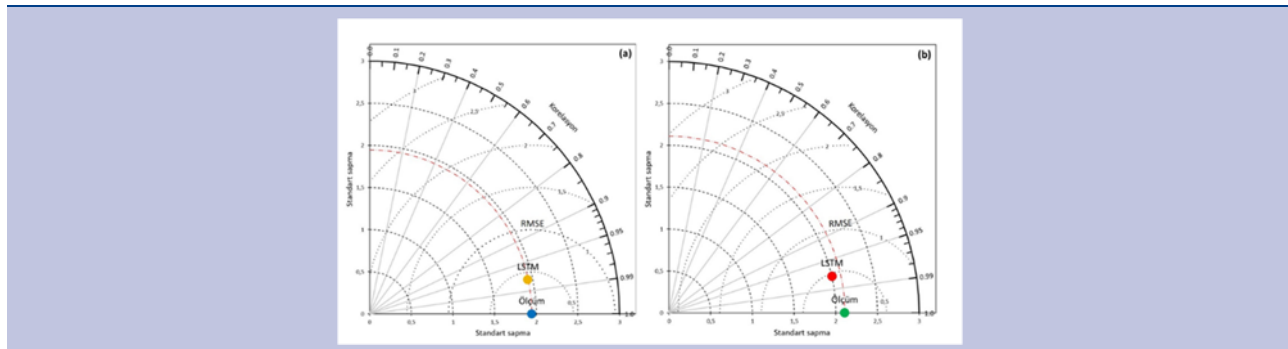
Şekil 5. Eğitim için a) aylık toplam güneş ışınımı ölçüm ve tahmin dağılımı, b) korelasyon grafiği

Figure 5. For training a) distributions of the measured and predicted monthly global solar radiation, b) correlation graph

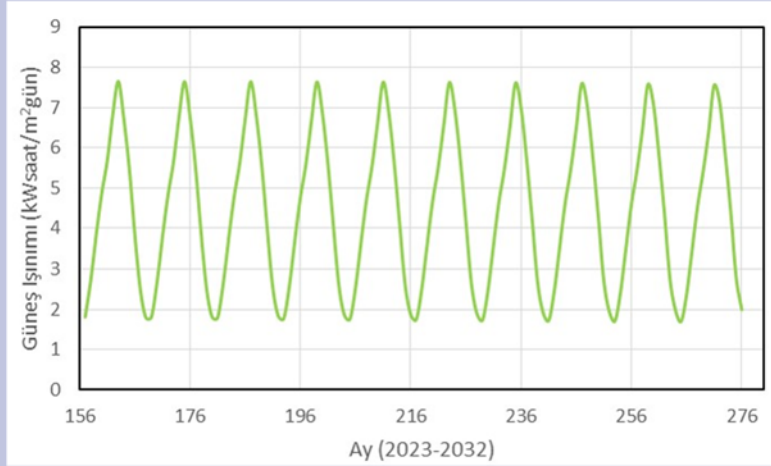


Şekil 6. Test için a) aylık toplam güneş ışınımı ölçüm ve tahmin dağılımı, b) korelasyon grafiği

Figure 6. For testing a) distributions of the measured and predicted monthly global solar radiation, b) correlation graph



Şekil 7. Taylor diyagramı a) eğitim b) test
Figure 7. Taylor diagram a) train b) test



Şekil 8. Önümüzdeki on yıl için aylık toplam güneş ışınımı dağılımı
Figure 8. Distribution of the monthly global solar radiation for the next ten years

Eğitim verileri için istatistiksel değerlendirme ölçütleri; MAPE, RMSE ve R değerleri sırasıyla %9,129, 0,407 ve 0,978 olarak elde edilmiştir. Test verileri için MAPE, RMSE ve R değerleri sırasıyla %9,446, 0,496 ve 0,976 olarak elde edilmiştir. Hem eğitim hem de test verileri için MAPE değerlerinin 10'dan küçük olduğu görülmektedir. Elde edilen istatistiksel tahmin değerlendirme ölçütlerine göre LSTM'nin ilgili istasyon için aylık toplam güneş ışınımını yüksek doğrulukta tahmin ettiği görülmektedir. Ek olarak bu bulgular; standart sapma, korelasyon katsayısı ve kök ortalama kare hatasını aynı anda gösteren Taylor diyagramı (Taylor, 2001) aracılığıyla da doğrulanabilir. Şekil 7'de Taylor diyagramı sunulmuştur. Şekil 8'de ileriye dönük 10 yıllık toplam güneş ışınımı tahminlerine ait dağılım sunulmuştur.

Sonuç

Bu çalışmada Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) yöntemi aracılığıyla günlük ortalama aylık güneş ışınımı için ileriye dönük tahminler yapılmıştır. Tahminler için Sivas il sınırları içerisinde bulunan bir ölçüm istasyonundan elde edilen on üç yıllık (2010-2022) güneş ışınımı verileri kullanılmıştır. 2010-2020 yılları arasındaki 132 aylık veri eğitim için, 2021 ve 2022 yıllarına ait 24 aylık veri ise test için kullanılmıştır. Tahminlerin doğruluğu MAPE, RMSE ve R istatistiksel değerlendirme ölçükleriyle sınanmıştır. Eğitim ve test için sırasıyla MAPE değeri %9,129 ve %9,446, RMSE değeri 0,407 ve 0,496, R değeri ise 0,978 ve 0,976 olarak elde edilmiştir. LSTM'nin günlük ortalama aylık toplam güneş ışınımını yüksek doğrulukta tahmin ettiği görülmüştür. LSTM yönteminin incelenen bölgede daha önceki güneş ışınımı verileri kullanılarak ileriye dönük güneş ışınımı tahminlerinde etkin olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Verileri sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Referanslar

1. Akinoğlu, B. G. & Ecevit, A. (1990). Construction of a Quadratic Model Using Modified Angstrom Coefficients to Estimate Global Solar Radiation. *Solar Energy*, 45 (2), 85–92. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(90\)90032-8](https://doi.org/10.1016/0038-092X(90)90032-8)
2. Arslan, G., Bayhan, B. & Yaman, K. (2019). Mersin / Türkiye için Ölçülen Global Güneş Işınımının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi ve Yaygın Işınım Modelleri ile Karşılaştırılması. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 7 (1), 80-96. <https://doi.org/10.29109/gujsc.419473>
3. Bakirci, K. (2009). Correlations for Estimation of Daily Global Solar Radiation with Hours of Bright Sunshine in Turkey. *Energy*, 34 (4), 485–501. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.02.005>
4. Ballı, Ö. (2021). Estimating Global Solar Radiation from Empirical Models: An Application. *European Mechanical Science*, 5 (3), 135-147. <https://doi.org/10.26701/ems.797177>
5. Bilgili, M. & Ozgoren, M. (2011). Daily Total Global Solar Radiation Modeling from Several Meteorological Data. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 112, 125-138. <https://doi.org/10.1007/s00703-011-0137-9>
6. Bilgili, M., Arslan, N., Şekertekin, A., & Yaşar, A. (2022). Application of Long Short-Term Memory (LSTM) Neural Network Based on Deep Learning for Electricity Energy Consumption Forecasting. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 30 (1), 140-157. <https://doi.org/10.3906/elk-2011-14>
7. BP. (2022). *Statistical Review of World Energy*.
8. Celik, A. N. & Muneer, T. (2013). Neural Network Based Method for Conversion of Solar Radiation Data. *Energy Conversion and Management*, 67, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.010>
9. Gers, F. A., Schmidhuber, J. & Cummins, F. (2000). Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM. *Neural Computation*,

- 12 (10), 2451-2471. <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>
10. Gurlek, C. & Sahin, M. (2018). Estimation of the Global Solar Radiation with the Artificial Neural Networks for the City of Sivas. *European Mechanical Science*, 2 (2), 46-51. <https://doi.org/10.26701/ems.359681>
11. Gül, M. & Çelik, E. (2017). ANFIS Kullanılarak Tunceli İli için Global Güneş Radyasyonu Tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8 (4), 891-899.
12. Hochreiter, S. & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9 (8), 1735–1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
13. Koca, A., Oztop, H. F., Varol, Y. & Koca, G. O. (2011). Estimation of Solar Radiation Using Artificial Neural Networks with Different Input Parameters for Mediterranean Region of Anatolia in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 38 (7), 8756–8762. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.085>
14. Ozgoren, M., Bilgili, M. & Sahin, B. (2012). Estimation of Global Solar Radiation using ANN over Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39 (5), 5043-5051. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.036>
15. Rao, K. D. V. S. K., Premalatha, M. & Naveen, C. (2018). Analysis of Different Combinations of Meteorological Parameters in Predicting the Horizontal Global Solar Radiation with ANN Approach: A Case Study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 248–58. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.096>
16. Sahin, M., Kaya, Y. & Uyar, M. (2013). Comparison of ANN and MLR Models for Estimating Solar Radiation in Turkey using NOAA/AVHRR Data. *Advances in Space Research*, 51 (5), 891-904. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.10.010>
17. Sen, Z., Oztopal, A. & Sahin, A. D. (2004). Solar Irradiation Estimation from Sunshine Duration by Geno-Fuzzy Partial Approach. *Energy Sources*, 26, 377–386. <https://doi.org/10.1080/00908310490266814>
18. Sözen, A., Arcaklıoğlu, E. & Özalp, M. (2004). Estimation of Solar Potential in Turkey by Artificial Neural Networks Using Meteorological and Geographical Data. *Energy Conversion and Management*, 45 (18-19), 3033–3052. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.12.020>
19. Sözen, A. & Arcaklıoğlu, E. (2005). Solar Potential in Turkey. *Applied Energy*, 80 (1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.02.003>
20. Şenkal, O. & Kuleli, T. (2009). Estimation of Solar Radiation Over Turkey Using Artificial Neural Network and Satellite Data. *Applied Energy*, 86 (7-8), 1222–1228. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.06.003>
21. Şenkal, O. (2010). Modeling of Solar Radiation Using Remote Sensing and Artificial Neural Network in Turkey. *Energy*, 35 (12), 4795–4801. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.009>
22. Taylor, K. E. (2001). Summarizing Multiple Aspects of Model Performance in a Single Diagram, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 106 (D7), 7183-7192. <https://doi.org/10.1029/2000JD900719>
23. Yildiz, B. Y., Şahin, M., Şenkal, O., Pestemalci, V. & Emrahoğlu, N. (2013). A Comparison of two Solar Radiation Models Using Artificial Neural Networks and Remote Sensing in Turkey. *Energy Sources, Part A*, 35 (3), 209–217. <https://doi.org/10.1080/15567036.2011.650276>
24. Yu, J., Ding, F., Guo, C. & Wang, Y. (2019). System Load Trend Prediction Method Based on IF-EMD-LSTM. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15 (8). <https://doi.org/10.1177/1550147719867655>
25. Zhang, J., Zhao, L., Deng, S., Xu, W. & Zhang, Y. (2017). A Critical Review of the Models Used to Estimate Solar Radiation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 314–329. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.124>



Sivas Cumhuriyet University

Journal of Science and Technology

cujust.cumhuriyet.edu.tr

Founded: 2023

Available online, ISSN: 2980-0110

Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Petrology of the Neogene Şerefiye Volcanics (Zara-Sivas)

Taner Ekici^{1,a*}

¹Department of Geological Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 06/01/2023

Accepted: 22/02/2023

ABSTRACT

The study area crops out around the town of Şerefiye in the northeastern parts of the Sivas basin. The units in the study area start with the Refahiye Complex, which consists of Upper Cretaceous aged ultramafic rocks from bottom to top. Akıncılar Formation consisting of Eocene aged sedimentary rocks overlies Refahiye Complex. Middle-Upper Eocene Karataş volcanics and contemporaneous Köseadağ syenite, which has a warm contact relationship with it, overlies this formation. Onarı formation, which is composed of Lower Miocene aged sedimentary rocks, also unconformably overlies these units. The Upper Miocene-Pliocene Şerefiye volcanics, which form the basis of this study, are overlain by the Onarı Formation. The Kadıköy Formation, which consists of carbonate and clastic sedimentary rocks, unconformably overlies the Şerefiye volcanics. Quaternary alluvium overlies all these units.

The Upper Miocene-Pliocene Şerefiye volcanics, which consist of foyidites and tefrites, are generally gray-black in color and contain abundant gas cavities in their upper levels, but are quite hard and compact. The Şerefiye volcanics show two different textural features. The first of these textures is a very fine grained hypocrySTALLINE porphyritic tissue containing plagioclase phenocrysts. The second textural feature is characteristic with its coarser grained and rich phenocryst content compared to the first texture. These phenocrysts are augite, olivine, nepheline and garnet minerals, especially plagioclase. The effects of fractional crystallization, partial melting and crustal contamination are observed geochemically in the Şerefiye volcanics, which show alkaline character.

In the Santonian-Campanian period, the oceanic crust forming the northern branch of the Neo-Tethys ocean subducted briefly under the Pontides towards the bottom of the Eurasian plate. In the continuation of the subduction event, a widespread crustal thickening occurred in the region and the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone was formed along this line. The Upper Miocene-Pliocene Şerefiye volcanics are the product of a young volcanism formed as a result of the fractures that developed in the region during the post-collisional phase.

Keywords: Neogene, Petrology, Central Anatolia, Volcanism

Neojen Yaşlı Şerefiye Volkanitlerinin Petrolojisi (Zara-Sivas)

Süreç

Geliş: 06/01/2023

Kabul: 22/02/2023

ÖZ

İnceleme alanı Sivas havzasının kuzeydoğu kesimlerinde Şerefiye beldesi civarında yüzeylenmektedir. Çalışma alanında bulunan birimler alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı ultramafik kayalardan oluşan Refahiye Karmaşığı ile başlamaktadır. Refahiye Karmaşığını Eosen yaşlı sedimanter kayalardan oluşan Akıncılar Formasyonu üzerlemektedir. Bu formasyonun üzerine de Orta-Üst Eosen Karataş volkanitleri ve onunla sıcak dokanak ilişkisine sahip eş yaşlı Köseadağ siyeniti gelmektedir. Bu birimlerin üzerine de yine uyumsuzlukla Alt Miyosen yaşlı sedimanter kayalardan oluşan Onarı Formasyonu gelir. Onarı Formasyonu üzerine de Isola volkanitleri bu çalışmanın temelini oluşturan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri gelmektedir. Şerefiye volkanitlerinin üzerine de uyumsuzlukla karbonatlı ve kırıntılı sedimanter kayalardan oluşan Kadıköy Formasyonu üzerlerken, tüm bu birimlerin üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

Foyidit ve tefritlerden oluşan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri genellikle gri-siyah renkli ve üst seviyelerinde bol miktarda gaz boşlukları içerirken oldukça da sert ve tıktır. Şerefiye volkanitleri iki ayrı dokusal özellik göstermektedir. Bu dokulardan birincisi oldukça ince taneli hipokristalin porfirik doku olup, yaygın olarak plajiyoklaz fenokristalleri içermektedir. İkinci dokusal özellik ise ilk dokuya göre daha iri taneli ve zengin fenokristal içeriği ile karakteristiktir. Bu fenokristaller, plajiyoklaz başta olmak üzere ojit, olivin, nefelin ve granat mineralleridir. Alkalın karakter gösteren Şerefiye volkanitlerinde jeokimyasal olarak fraksiyonel kristalleşme, kısmi ergime ve kabuksal kirlenmenin etkileri izlenmektedir.

Santoniyen-Kampaniyen döneminde, Neo-Tetis okyanusunun kuzey kolunu oluşturan okyanusal kabuk, Avrasya levhasının altına doğru Pontidlerin altına dalmaktadır. Dalma-batma olayının devamında bölgede yaygın bir kabuk kalınlaşması gerçekleşmiş ve bu hat boyunca da İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu oluşmuştur. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri çarpışma sonrası evrede bölgede gelişen kırıklar neticesinde oluşmuş genç bir volkanizmanın ürünüdür.

Anahtar Kelimeler: Neojen, Petroloji, Orta Anadolu, Volkanizma

License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

taner@cumhuriyet.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-7420-3877>



How to Cite: Ekici T. (2023) Petrology of the Neogene Şerefiye Volcanics (Zara-Sivas), Journal of Science and Technology, 2(1):31-38.

Giriş

Çalışma alanı Orta Anadolu'da Sivas ilinin doğusunda, Zara ilçesinin Şerefiye beldesi ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1). Neo-Tetis okyanusunun kapanmasından sonra Türkiye'nin önemli tektonik kuşaklarından birisi olan İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu meydana gelmiştir. Bu suture zonunun oluşmasıyla beraber Eosen sonrasında çok sayıda çarpışma sonrası volkanizma oluşmuştur. Bu çalışmanın asıl amacı da bölgede çarpışma sonrası oluşan genç volkaniklerden birisi olan Neojen yaşlı Şerefiye volkanitlerinin petrolojisinin açıklanarak bölgenin jeodinamik evrimine katkı sunabilmektedir.

Çalışma alanında çok sayıda çalışma olmakla beraber Yılmaz ve diğ., (1985) tarafından yapılan genel jeoloji amaçlı çalışma ile bölgedeki tüm litostratigrafi birimleri birbirinden ayırtlanmış ve yaşlandırılmışlardır. Ayrıca Uysal ve diğ., (1995) tarafından yapılan çalışmada Orta Eosen ve sonrasında oluşan volkanitlerin çarpışma sonrası volkanizmanın ürünleri olduğu da belirtilmiştir.

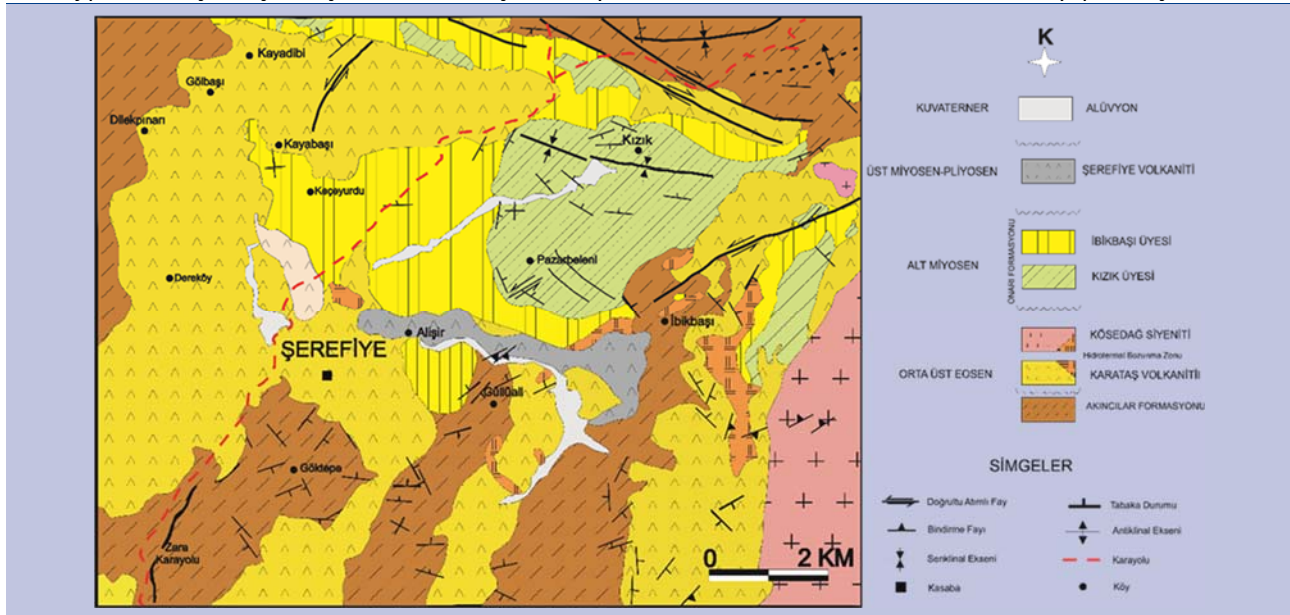
Çalışma alanında bulunan birimler alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı peridotit ve serpantinitleten meydana gelen Refahiye Karmaşığı ile başlamaktadır. Refahiye Karmaşığını Eosen yaşlı yeşil-siyah renkli serpantinleşmiş peridotite türü ultramafik kayalar, sarımsı renkli dolomit ara katkılı kumtaşı ve siltaşlarından oluşan kırıntılı sedimanter kayalar ile grimsi siyah renkli aglomeratik kayalardan oluşan Akıncılar Formasyonu üzerlemektedir. Bu formasyonun üzerine de Orta-Üst Eosen yaşlı grimsi siyah renkli bazaltik ve andezitik kayalardan oluşan Karataş volkanitleri ve onunla sıcak dokanak ilişkisine sahip eş yaşlı siyenitik kayalardan oluşan Köseadağ siyeniti gelmektedir. Bu birimlerin üzerine de yine uyumsuzlukla Alt Miyosen yaşlı kırmızımsı renkli çakıltaşı, sarımsı renkli orta-ince tabakalı kireçtaşı ve killi kireçtaşı tabakaları içeren beyaz renkli jips, kumtaşı ve çakıltaşı ara katkıları içeren beyaz

renki kireçtaşı-dolomit-kıltaşı aralanmasından oluşan Onarı formasyonu gelmektedir. Onarı formasyonunu da andezit ve dasitlerden oluşan İsola volkanitleri ile siyah renkli bol miktarda gaz boşlukları içeren Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri üzerlemektedir (Uysal ve diğ., 1995). Şerefiye volkanitlerinin üzerine de uyumsuzlukla gösel kökenli karbonatlı ve kırıntılı sedimanter kayalardan oluşan Kadıköy formasyonu gelmektedir. Tüm bu birimlerin üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir (Yılmaz ve diğ., 1985) (Şekil 2).

Analitik Yöntemler

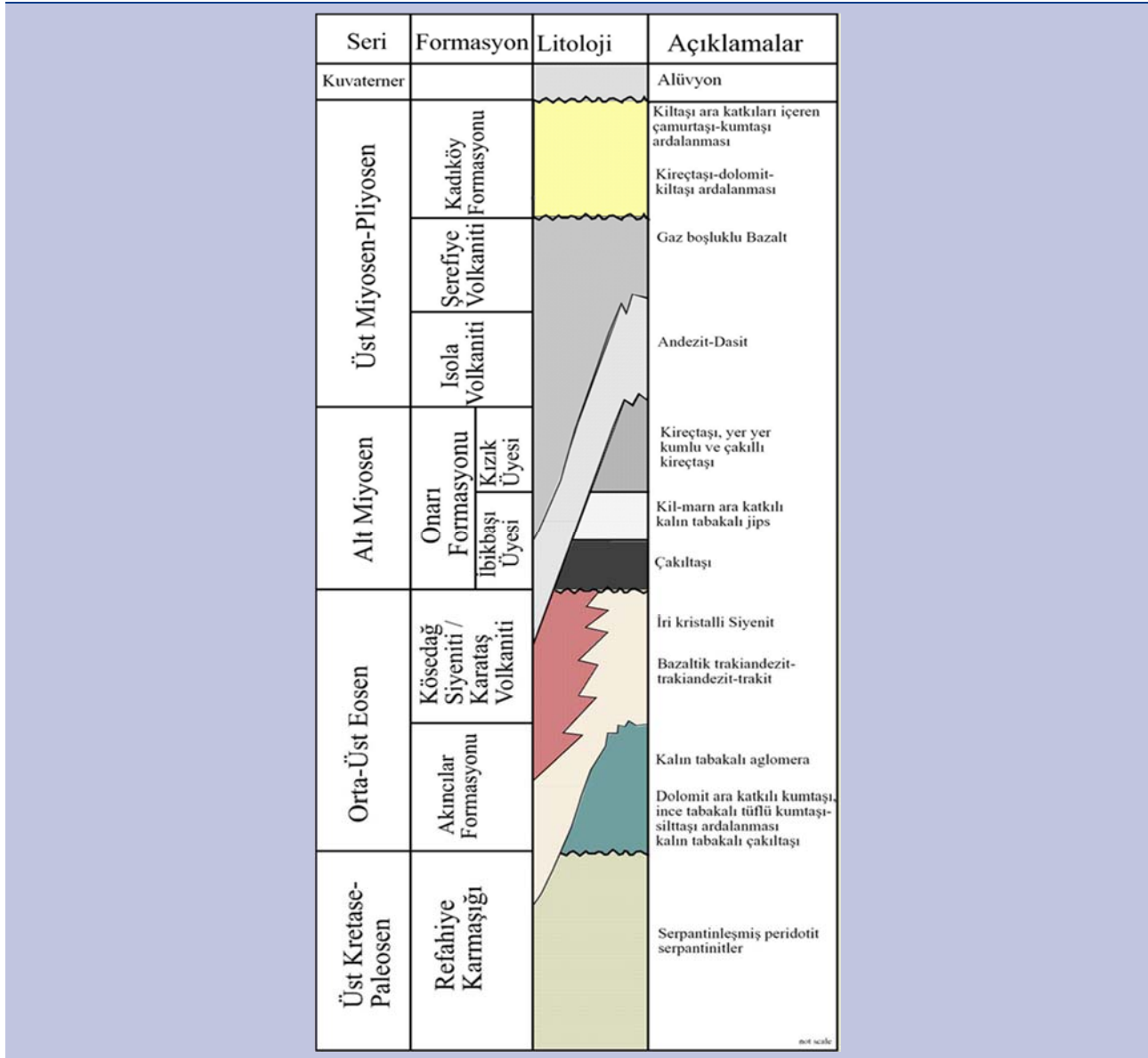
Yapılan arazi çalışmaları ile alınan kayaç örneklerinin petrografik inceleme amaçlı ince kesitleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır. İnce kesitlerin mineralojik-petrografik tanımlanmaları Nikon Eclipse 50i POL tipi alttan aydınlatmalı binoküler araştırma mikroskopunda McKenzie ve Guilford (1980), Yardley (1990) ve Erkan (2011) tarafından belirlenmiş olan optik mineralojik tanımlama ölçütlerine göre yapılmıştır.

Arazi çalışmaları ile alınan kayaç örneklerinden çalışma sahasını karakterize eden ve bozunmaya uğramamış olanların temiz yüzeylerinden seçilen 15 adet örnek Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında öncelikle kırma-öğütme işlemleri Fritsch marka çeneli kırıcıda yapılmıştır. Çeneli kırıcıda 0.5 cm'den daha küçük tane büyüklüğüne getirilmiş olan kayaç örnekleri silikon-karbid havanlı titreşimli değirmen ile 200 mesh tane büyüklüğünden daha küçük olacak şekilde öğütülmüştür. Pudra kıvamına kadar öğütülmüş kayaç örneklerinin ana, eser ve nadir toprak elementi analizleri de Kanada'da ACME laboratuvarlarında yaptırılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Kalkancı, 1974; Yılmaz ve diğ., 1985; Uysal ve diğ., 1995; Başbüyük, 2006'dan derlenmiştir).

Figure 1. Geological map of the study area (Modified from Kalkancı, 1974; Yılmaz et al., 1985; Uysal et al., 1995; Başbüyük, 2006).



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Kurtman, 1973; Kalkancı, 1974; Yılmaz ve diğ., 1985; Uysal ve diğ., (1995).

Figure 2. Generalized stratigraphic column section of the study area (Kurtman, 1973; Kalkancı, 1974; Yılmaz et al., 1985; Uysal et al., (1995).

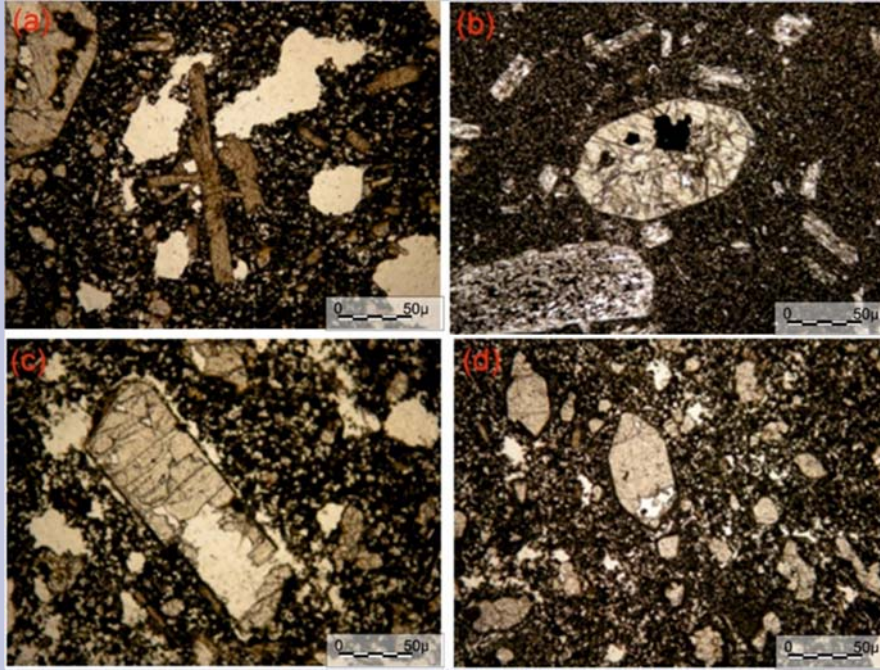
Petrografi

Çalışma alanında sadece Şerefiye beldesinin kuzey kesiminde sınırlı alanlarda yüzlekler sunan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri genellikle gri-siyah renkli ve üst seviyelerinde bol miktarda gaz boşlukları içerirken oldukça sert ve tıkdır. Bozunmaya uğramış olan örnekler ise açık gri renklerde ve kolay kırılabilir. Petrografik amaçlı alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılan incelemeler sonucunda Şerefiye volkanitlerinin iki farklı dokusal özellik sergiledikleri gözlemlenmiştir. İlk dokusal özellikte Şerefiye volkaniklerinde fenokristal fazında bol miktarda çubuğumsu prizmatik biçimli, polisentetik ikizlenmeli,

bazen erime çözünme yapıları da içeren plajiyoklaz minerallerinin varlığı ile karakteristiktir. İkinci dokusal özellikte ise fenokristal fazında plajiyoklaz minerallerinin yanı sıra ojit, olivin, nefelin ve granat minerallerinin bulunduğu görülmüştür. Bol miktarda fenokristalin görüldüğü dokusal özellikte fenokristallerin bir araya gelerek kümeler oluşturduğu glomeroporfirik doku (Şekil 3a) saptanmıştır. Şerefiye volkanitleri içerisinde gözlenen mafik minerallerden ojit mineralleri çoğunlukla yarı özşekilli/özşekilli, yüksek optik engebeli, renksiz ve sekizgen şekillidir (Şekil 3b). Olivin mineralleri ise hem fenokristal hemde mikrofeno-kristaller ve hamurda mikrolitler şeklinde; renksiz, yüksek optik engebeli,

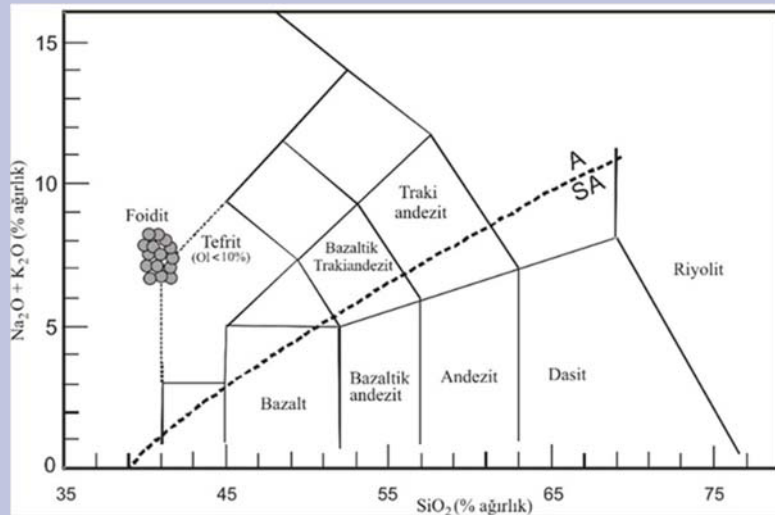
çatlaklı-ağsı dokuludur (Şekil 3c). Olivin minerallerinin kenar kısımlarından itibaren iddingsitleşme türü bozunmalar da saptanmıştır. Şerefiye volkanitlerinde feldispatoyid minerallerinden renksiz, düşük optik

engebeli, altıgen şekilli, özşekilli nefelin fenokristallerine de rastlanmıştır (Şekil 3d). Çok miktarda optik izotrop, özşekilli, soluk kahverengimsi melanit türü granat mineralleri de saptanmıştır.



Şekil 3. Şerefiye volkanitinin incekesit görünümü. a-Glomeroporfirik dokunun görünümü, b-Özşekilli sekizgen ojit fenokristalinin görünümü, c-Olivin fenokristalinin görünümü, d-Özşekilli altıgen nefelin fenokristalinin görünümü

Figure 3. Thin section views of the Şerefiye volcanics. a-Appearance of glomeroporphyric texture, b-Appearance of euhedral octagonal augite phenocrystal, c-Appearance of olivine phenocrystal, d-Appearance of euhedral hexagonal nepheline phenocrystal



Şekil 4. Şerefiye volkanitlerini oluşturan kayaç örneklerinin toplam alkali-silis diyagramındaki konumları (A: Alkali, SA: Subalkali, Le Maitre, 2002).

Figure 4. Total alkali-silica nomenclature diagram for Şerefiye volcanics (A: Alkali, SA: Subalkali, Le Maitre, 2002).

Jeokimya

Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri toplam alkali-silis (Le Maitre, 2002) adlandırma diyagramında foyidit ve tefritlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 4). Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitlerinin ana, eser

ve nadir toprak elementi analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Fraksiyonel Kristalleşme

Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitlerinin oluşumu esnasında da fenokristal fazda gerçekleşmiş olan sıvı-kristal fraksiyonel kristalizasyonu görülmektedir. Fraksiyonel kristalizasyonun izleri ana elementlerin SiO₂'ye karşı yapılmış olan değişim diyagramında izlenmektedir (Şekil 5). Bu ana elementlerin değişim

Tablo 1. Şerefiye Volkaniklerinin ana ve eser ve nadir toprak elementi analiz sonuçları (Ana elementler % ağırlık ve eser elementler ppm cinsinden verilmiştir; AK: ateşte kayıp).

Table 1. Major and trace and rare earth element analysis results of the Şerefiye volcanics (Main elements are given in % by weight and trace elements are given in ppm; AK: loss in fire).

Örnek No	Ş-12	Ş-13	Ş-15	Ş-17	Ş-18	Ş-22	Ş-25	Ş-29	Ş-32	Ş-35	Ş-38	Ş-39	Ş-40	Ş-41
SiO ₂	40.57	40.56	41.02	40.89	41.16	40.91	40.56	41.07	40.60	40.66	41.30	40.46	40.69	40.34
TiO ₂	2.90	2.90	2.88	2.90	2.88	2.87	2.81	2.83	2.89	2.85	2.81	2.84	2.77	2.80
Al ₂ O ₃	13.17	13.15	13.15	13.28	13.23	13.33	12.94	13.21	13.14	13.17	12.94	13.21	13.16	12.86
Fe ₂ O ₃	11.78	11.63	11.62	11.54	11.57	11.69	11.40	11.53	11.58	11.58	11.26	11.40	11.34	11.29
MgO	10.40	10.23	10.11	10.39	10.14	10.28	10.91	10.67	10.24	10.77	10.64	10.60	10.69	10.47
MnO	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
CaO	10.99	10.90	10.80	10.73	10.80	10.75	10.72	10.68	10.92	11.09	11.09	11.32	10.94	10.84
Na ₂ O	4.90	4.96	5.11	5.23	5.23	5.08	5.25	5.10	5.16	5.12	4.75	4.99	4.97	4.95
K ₂ O	2.34	2.24	2.42	2.51	2.48	2.42	2.56	2.58	2.55	2.55	2.45	2.54	2.51	2.67
P ₂ O ₅	1.18	1.19	1.16	1.18	1.19	1.19	1.16	1.15	1.19	1.15	1.13	1.15	1.12	1.15
AK	1.1	1.6	1.1	0.7	0.7	0.8	1.0	0.5	1.1	0.4	1.0	0.8	1.2	2.0
Toplam	99.55	99.58	99.58	99.56	99.59	99.55	99.53	99.54	99.37	99.56	99.58	99.53	99.60	99.58
Rb	48.6	50.9	46.0	44.8	46.0	43.6	44.0	44.5	42.9	44.6	40.6	42.8	40.8	42.1
Sr	1237	1207	1281	1224	1311	1295	1313	1309	1239	1245	1282	1236	1215	1220
Y	27.7	26.6	24.8	26.4	26.5	27.8	26.9	27.6	26.8	25.4	26.0	26.0	25.2	25.2
Zr	331	334	338	337	336	349	346	347	326	334	334	329	329	318
Nb	90.9	91.7	92.7	94.1	95.0	97.5	98.2	98.5	92.0	97.1	97.0	95.9	95.1	90.7
Ba	360	366	541	410	414	444	483	451	446	393	598	729	640	493
La	68.2	66.3	69.1	69.6	70.3	69.5	71.3	68.6	66.4	67.5	67.9	67.2	68.5	65.6
Ce	133.1	130.2	137.6	140.3	137.5	145.2	138.2	134.0	133.9	134.3	132.2	133.6	136.9	126.5
Pr	14.32	14.35	14.51	14.41	14.86	14.99	15.12	14.73	14.23	14.34	14.19	14.15	13.95	13.71
Nd	57.3	56.8	56.7	54.9	58.4	57.2	55.3	57.5	55.8	55.0	54.2	54.1	53.8	50.3
Sm	10.10	10.34	10.75	10.13	10.63	10.79	10.28	10.40	10.53	10.35	10.15	9.83	10.21	9.63
Eu	3.18	3.37	3.34	3.23	3.27	3.46	3.39	3.37	3.38	3.27	3.25	3.28	3.19	3.13
Gd	9.04	9.14	8.96	9.33	9.39	9.62	9.63	9.51	9.35	9.23	8.67	9.03	9.02	8.62
Tb	1.25	1.23	1.27	1.28	1.30	1.30	1.32	1.29	1.23	1.21	1.21	1.27	1.24	1.23
Dy	6.02	5.70	6.49	6.70	6.58	6.78	6.63	6.43	5.98	6.43	6.34	6.11	6.12	6.01
Ho	1.08	0.99	1.01	1.04	1.03	1.13	1.06	1.01	1.03	1.06	1.02	1.01	0.99	1.04
Er	2.51	2.65	2.59	2.52	2.67	2.57	2.81	2.52	2.33	2.79	2.79	2.66	2.59	2.47
Tm	0.32	0.33	0.37	0.34	0.31	0.35	0.32	0.35	0.30	0.31	0.35	0.32	0.32	0.31
Yb	1.82	1.85	1.95	1.78	1.95	1.98	2.01	1.88	1.83	1.97	2.07	2.02	1.89	1.89
Lu	0.26	0.24	0.28	0.28	0.26	0.30	0.27	0.26	0.24	0.29	0.28	0.26	0.26	0.26
Th	8.4	8.5	8.8	8.7	8.6	7.9	8.7	9.1	8.3	8.4	9.2	8.4	8.0	8.3
P	5148	5192	5061	5148	5192	5191	5061	5018	5192	5018	4930	5018	4887	5018
K	19425	18595	20089	20837	20588	20089	21252	21418	21169	21169	20338	21086	20837	22165
Ti	17383	17383	17263	17382	17263	17203	16844	16963	17232	17083	16843	17023	16603	16783

Benzer eğilimler eser elementlerin SiO₂'ye olan değişim diyagramlarında da izlenmektedir. Bu eğilimler genellikle de pozitif artışlar şeklindedir (Şekil 6).

Kısmi Ergime

Şerefiye volkanitlerinin MgO içeriklerine baktığımızda 10,11-10,91 (%) (Tablo 1) aralığında olduğu görülmektedir. Bazik-ultrabazik magmatik kayalarda kısmi ergime oranının artış gösterdiği bilinmektedir. Şerefiye volkanitlerinin de ultrabazik karakter gösterdiği (% SiO₂; 40,34-41,30) bilindiği gerçeği ile beraber irdelendiğinde

diyagramında Şerefiye volkanitlerini oluşturan Fonolit'lerin kendi içerisinde daha bazik üyelerinden itibaren zayıf da olsa bir fraksiyonlanma eğilimi görülmektedir. Özellikle bu eğilimler Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, MgO, TiO₂ ve P₂O₅ için negatif bir eğilim şeklinde gelişirken, K₂O ve CaO için ise pozitif bir eğilim sergilemektedir.

Şerefiye volkanitlerinde kısmi ergimeye uğramış olması beklenmektedir. Eser elementlerin birbirlerine göre yapılan Harker diyagramlarına baktığımızda da La/Lu'nun La'a ve Zr'un La'a olan değişim diyagramlarında kısmi erigimenin varlığı belirgince izlenmektedir (Şekil 7).

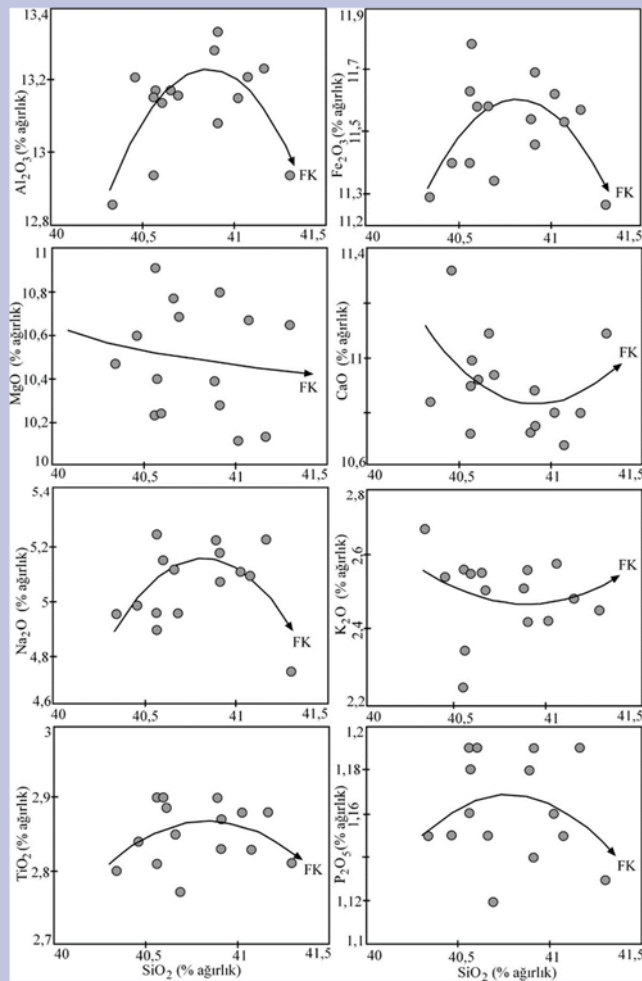
Kabuksal Kirlenme

Şerefiye volkanitlerinde eser elementlerin değişim diyagramları incelendiğinde özellikle de Y/Nb'un Zr/Nb'a olan ve La/Sm'un La/Ta' olan değişim diyagramlarında da kabuksal kirlenme etkileri görülmektedir (Şekil 8).

Şerefiye volkanitlerinin İksel Manto ve Kondrite göre normalize edilmiş örümcek diyagramındaki iz element dağılım desenleri değerlendirildiğinde, hafif nadir toprak elementleri ağır nadir toprak elementlerine göre zenginlik göstermiştir. Hafif nadir toprak elementlerinin ağır nadir toprak elementlerine oranla daha zengin olmaları ise kristallenme olayları esnasında kabuksal kökenli malzeme katkısının olduğunu göstermektedir (Şekil 9).

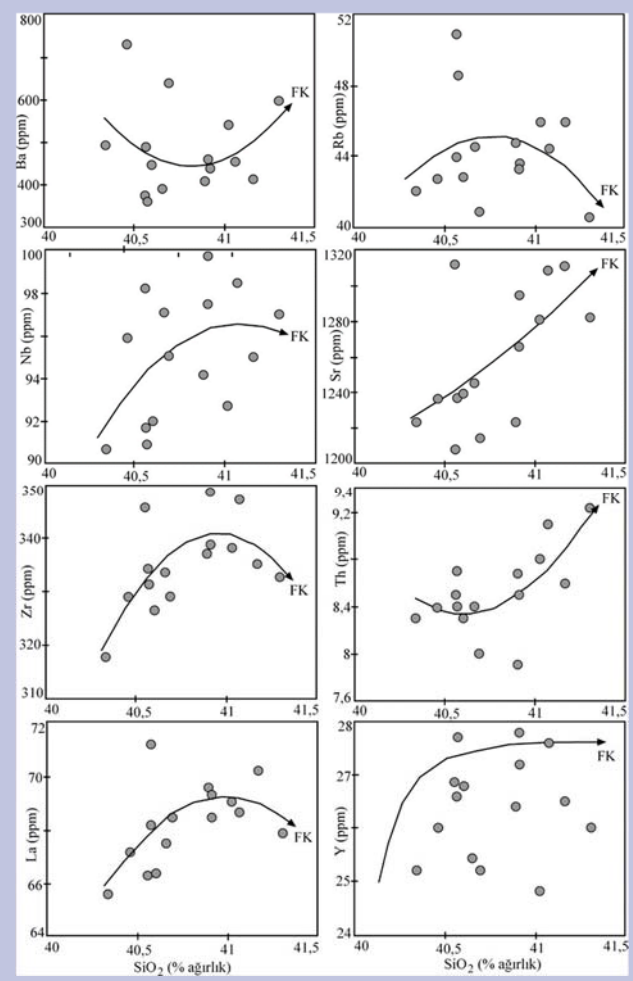
Şerefiye volkanitlerindeki Rb, Ba, Th ve Sr gibi büyük

iyon yarıçaplı elementler pozitif bir dağılım deseni gösterirken; birçok kalıcılığı yüksek elementler ise negatif bir dağılım deseni göstermektedir (Şekil 9). Büyük iyon yarıçaplı elementlerde pozitif dağılım desenlerinin görülmesi bu elementlerin bölümsel ergime süreçleri esnasında bölümsel ergimeye katıldığını gösterirken; kalıcılığı yüksek elementlerin ise bölümsel ergime süreçlerine çok fazla katılmadığını göstermektedir (Pearce, 1983; Wilson, 1989).



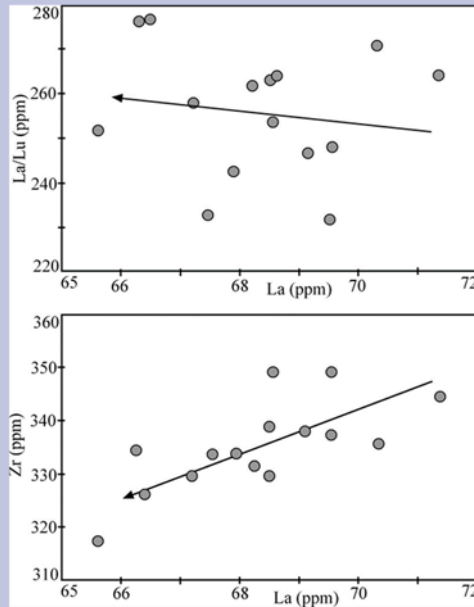
Şekil 5. Şerefiye volkanitlerinin bazı ana element içeriklerinin SiO_2 'ye göre olan değişim diyagramındaki konumları (FK: Fraksiyonel kristalizasyon).

Figure 5. Variation of selected major elements versus SiO_2 for Şerefiye volcanics (FK: Fractional crystallization).

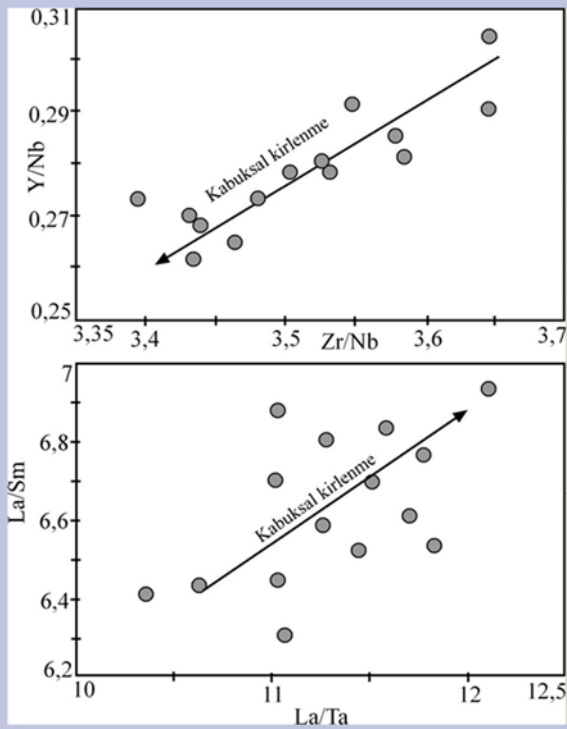


Şekil 6. Şerefiye volkanitlerinin bazı eser element içeriklerinin SiO_2 'ye göre olan değişim diyagramındaki konumları (FK: Fraksiyonel kristalizasyon).

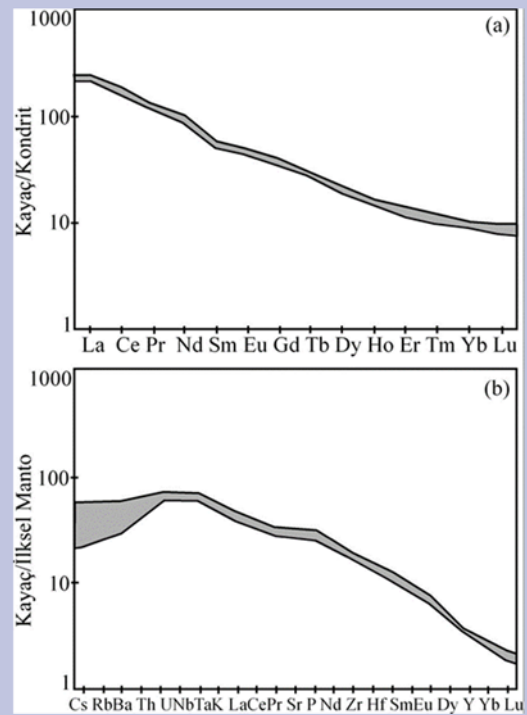
Figure 6. Variation of selected trace elements versus SiO_2 for Şerefiye volcanics (FK: Fractional crystallization).



Şekil 7. Şerefiye volkanitlerinin a) La/Lu-La; b) Zr-La değişim diyagramındaki konumları (Wilson, 1989).
Figure 7.a) La/Lu-La; b) Zr-La for the Şerefiye volcanics (Wilson, 1989).



Şekil 8. Şerefiye volkanitlerinin a) Y/Nb-Zr/Nb, b) La/Sm-La/Ta değişim diyagramındaki konumları (Wilson, 1989).
Figure 8. a) Y/Nb versus Zr/Nb, b) La/Sm versus La/Ta for the Şerefiye volcanics (Wilson, 1989).



Şekil 9. Şerefiye volkanitlerinin (a) nadir toprak elementi konsantrasyonlarının Kondrite (Boynton, 1984) ve (b) eser element konsantrasyonlarının ilksel manto'ya (Sun and McDonough, 1989) göre normalize edilmiş örümcek diyagramındaki konumları.
Figure 9. (a) Chondrite (Boynton, 1984) normalized rare earth element (REE) and (b) primitive mantle (Sun and McDonough, 1989) normalized multi element diagrams for the Şerefiye volcanics.

Tartışma ve Sonuçlar

İç-Doğu Anadolu alkalin provensi içerisinde bulunan ve bölgenin jeodinamiği açısından önemli olan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri foidit ve tefritlerden oluşmaktadır.

Mineralojik-petrografik olarak incelendiğinde; Şerefiye volkanitleri iki ayrı dokusal özellik göstermektedir. Bu dokulardan birincisi oldukça ince taneli hipokristalin porfirik doku olup, plajiyoklaz fenokristalleri içermektedir. İkinci dokusal özellik ise ilk dokuya göre daha iri taneli ve zengin fenokristal içeriği ile karakteristiktir. Bu fenokristaller, plajiyoklaz başta olmak üzere ojit, olivin, nefelin ve granat mineralleridir.

Alkalin karakter gösteren Şerefiye volkanitleri jeokimyasal olarak incelendiğinde; fraksiyonel kristalleşmesinin (FC) kanıtları jeokimyasal diyagramlarda belirgin olarak izlenmektedir. Bu fraksiyonlanmanın izleri ana ve eser elementlerin SiO₂'ye ve MgO'e karşı olan değişim diyagramlarında oldukça belirgindir. Şerefiye volkanitlerinde kısmi ergime ve kabuksal kirlenmenin izleri ana ve eser element değişim diyagramlarında izlenmiştir.

Santoniyen-Kampaniyen döneminde, Neo-Tetis okyanusunun kuzey kolunu oluşturan okyanusal kabuk, Avrasya levhasının altına doğru kısaca Pontidlerin altına dalmaktadır. Dalma-batma olayının devamında bölgede yaygın bir kabuk kalınlaşması gerçekleşmiş ve bu hat boyunca da İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu oluşmuştur (Akin, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Harris ve diğ., 1994; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve diğ., 1997; Okay ve diğ., 2001; Şengör ve diğ., 2003; Canbaz ve diğ., 2020). Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye volkanitleri çarpışma sonrası evrede bölgede gelişen kırıklar neticesinde oluşmuş genç bir volkanizmanın ürünüdür.

Kaynaklar

- Akin, H. (1979). Geologie, magmatismus und Lagerstättenbildung im ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. *Geologische Rundschau*, v.68, pp.253-283.
- Başbüyük, Z. (2006). Eosen Volkaniklerinin Hidrotermal Alterasyon Mineralojisi-Petrografisi ve Jeokimyası: Zara-İmranlı-SuşehriŞerefiye Dörtgeni'nden Bir Örnek (Sivas Kuzeydoğusu, İç-Doğu Anadolu, Türkiye). *C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, s.269.
- Boyton, W.V. (1984). Geochemistry of the rare elements: meteorite studies. In:Henderson P. (ed), *Rare earth element geochemistry*. Elsevier, pp. 631-14.
- Canbaz, O., Gökçe, A., Ekici, T., Yılmaz, H. (2020). Geochemical characteristics of the Eocene Karataş volcanic (Northeast Sivas, Turkey) in the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone. *MTA Dergisi* 162: 55-74.
- Erkan, Y. (2011). Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmesi, TMMOB Jeol. Müh. Odası, 5. Baskı. Sayfa, 436. ISBN: 975-395-137X.
- Harris, NBW., Kelley, S., Okay, Al. (1994). Postcollision magmatism and tectonics in northwest Anatolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252.
- Kalkancı, Ş. (1974). Suşehri güneyinin jeolojik ve petrokimyasal etüdü. Köseadağ siyenitik masifinin jeokronolojisi (NE Sivas-Türkiye). *TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Bildiri Özetleri, 33-34.7
- Kurtman, F. (1973). Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *MTA Dergisi*, 80, 1-32.
- MacKenzie, WS. & Guilford, C. (1980). Atlas of rock forming minerals in thin section. *John Wiley and Sons*, Inc, New York.
- Le Maitre, RW. (2002). *Igneous rocks* (p. 236). Cambridge: Cambridge University Press.
- Okay, Al., Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Memoir*, 68, 292-311.
- Okay, Al., Tansel, G., & Tüysüz, O. (2001). Obduction, subduction and collision as reflected in the Upper Cretaceous-Lower Eocene sedimentary record of western Turkey. *Geological Magazine*, 138, 117-42.
- Pearce, JA. (1983). The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins, in Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. eds., *continental basalts and mantle xenoliths: Nantwich, U.K.* Shiva, p. 230-249.
- Sun, SS. & McDonough, WF. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes In: Saunders A.D. and Narry M.J. (Eds), *Magmatism in ocean basins. Geological Society of London. Spec. Publ. No. 42*, pp. 313-345.
- Şengör, AMC., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, v.75, pp.181-241.
- Şengör, AMC., Özeren, MS., Zor, E. & Gene, T. (2003). East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure, *Geophysics Research Letters*, 30 (24), doi: 10, 1029/2003GL017858, 2003.
- Uysal, Ş., Bedi, Y., Kurt, G., Kılınc, F. (1995). Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi. *MTA Rapor No: 9838*, 120 s (yayınlanmamış).
- Wilson, M. (1989). *Igneous petrogenesis*: London, *Chapman and Hall*, 466 p
- Yardley, BWD., MacKenzie, WS., Guilford, C. (1990). Atlas of metamorphic rocks and their textures. *John Wiley and Sons*, Inc, NewYork.
- Yılmaz, A., Okay, A., Bilgiç, T., (1985). Yukarı Kelkit Çayı yöresi ve güneyinin temel jeoloji özellikleri ve sonuçları. *MTA Rapor No: 7777*, 124 s.
- Yılmaz, S. & Boztuğ, D. (1996). Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *Internat. Geology Review*, v.38, pp.935-956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, SC., Şengör, AMC. (1997). Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. Am. Assoc. Petroleum Geology Memoir*, 68, 183-226.



Determination of Some Morphological Parameters of Five Different Safflower Varieties in Field Conditions

Esra Kına^{1,a*}, Mehmet Salih Özgökçe^{1,b}

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 09/03/2023

Accepted: 03/05/2023

ABSTRACT

This research was carried out to determine some morphological parameters of five different safflower cultivars in Van province conditions. The study was prepared in the experimental areas of Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, according to the randomized plot design and was carried out for one year. In the experiment, 5 different safflower varieties, namely Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer and Göktürk, were used and plant height, stem diameter, number of heads per plant, number of seeds per tray, first flowering period and thousand grain weight of these varieties were determined. According to the results obtained, there were 28-30 cm, 6-8 mm, 12-13 pieces, 13-15 gr and 97 seeds on five cultivars, where plant height, stem diameter, number of heads per plant, thousand grain weight and first flowering period did not make a significant difference. It was found to be in the range of -99 days. Considering the number of seeds per tray, it was observed that there were differences and the highest yield was obtained from Asol variety with 29.54.

Keywords: Morphological Parameters, Plant Height, Safflower

esrkn57@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6728-3453>

msozqokce@vyu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-6777-9149>

How to Cite: Kına, E., Özgökçe, M.S. (2022) Determination of Some Morphological Parameters of Five Different Safflower Varieties in Field Conditions, *Journal of Science and Technology*, 2(1):39-43.

Introduction

Carthamus tinctorius L., commonly referred to as Safflower or (false saffron), is an arid climate herb belonging to the Compositae or Asteraceae family and typically growing in South Asia, China, India, Iran and Egypt, resembling thistle (Shirwaikar et al., 2010). The seeds of the safflower plant contain a large amount of oil and have a very high nutritional value. Its oil consists of 70% polyunsaturated fatty acids (i.e. linoleic acid), 10% monounsaturated oleic acid and a small amount of stearic acid (Knowles, 1969). It is a plant variety that has the potential to produce completely high yields in the areas where cereals are produced in our country and in all climatic conditions (grown only with rainfall without the need for any irrigation in dry conditions) and important grain products (such as barley, wheat) similar breeding techniques (Arioğlu ve ark., 2010). Safflower is an important oilseed plant whose potential has not yet been realized and has not been adapted to world agriculture for this reason. Although it is cultivated in limited areas and its production is low, it has an important role in agricultural systems (Gilbert 2008). Another sector of oilseed plants that has become important in recent times is the biodiesel sector. Oilseed plants are the main raw material sources of the sector (İlkdoğan, 2012). Factors such as the security and continuity of energy supply, the fact that fossil-based fuel reserves such as (oil-natural gas and coal) will be consumed in the future, the environmental factor of increasing

importance and the realization of rural development have brought biodiesel as an alternative energy source to the world agenda (İlkdoğan, 2012). The cultivation of crops such as rapeseed and safflower, which are frequently on the agenda with biodiesel, has had a positive effect on the solution of problems such as migration and employment in the countryside, as well as the chance to increase the income of the farmers (Berk ve Yaşar, 2008). In this study, it was aimed to determine some morphological parameters of five different safflower cultivars in Van province conditions. As a result, it can be a very important step to provide practical ideas for producers who will produce safflower as a solution to the drought and energy problem to be experienced in the future, especially for producers who will ensure sustainability in agriculture, and also to minimize product losses with more detailed biological research results.

Material and Method

In this study, some morphological parameters of five different safflower plants (Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer and Göktürk) in field conditions (plant height (cm), stem diameter (mm), number of heads per plant (pieces), number of seeds per tray (pieces), 1000 grain weight (gr) was investigated. The field experiment was prepared according to the randomized plots trial design in Van

Yüzüncü Yıl University Faculty of Agriculture trial design and carried out for one year. Temperature, humidity and precipitation values of the sowing region are given in Table 1. The study area consists of a total of 25 plots, 5 for each variety. The plots were prepared 5 m x 5 m in length and 2 m gaps were left between the plots (Figure 1). The row spacing was 25 cm on rows and 5 cm intervals. Each parcel was arranged to have 12 rows. The area was prepared by ploughing with the help of a plow and breaking the clods formed on the soil with a disc harrow between 25 March and 15 April. Just before, 240 gr/da phosphorus (TSP) fertilizer and 480 gr/da Nitrogen fertilizer were applied. After the fertilizer application, with the help of a marker, 12 rows were created in each plot and 2 kg/da of seeds were planted. It is covered with 1-2 cm of soil and left to develop.

Soil analysis

Before the collected soil samples were used in the study, PH, EC, Moisture and Lime values were checked and analyzed according to the evaluations. According to the analysis results, the pH value was 8.17 (slightly alkaline), the EC value was 0.161 dS/M (without salt), the lime was 18% (high lime) and the humidity was 8.12.

Features of varieties

Asol variety was developed by Trakya Agricultural Research Institute by crossing. It is the first variety developed by hybridization in our country. Production permit was obtained on 30.01.2015. Its flowers are orange (it first blooms in yellow, then turns orange) with thorny

seeds, the color of the seeds is white and the plant height is between 70-80 cm (Arslan et al., 2019). Ayaz variety was developed by Bahri Bağdaş International Agricultural Research Institute. Safflower populations obtained from local and US gene centers were selected in terms of resistance to cold by planting in October under Konya conditions between 2007-2012. Among the developed Winter safflower lines, the one with the highest seed yield was submitted to the registration, and while the registration trials were continuing, a production permit was obtained under the name Ayaz (Anonymous, 2021). The plant variety has red flowers and has less thorns. The seeds are cream colored. Balcı variety was bred by selection method by Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute. This variety was registered in 2011. The plant height is between 55-70 cm. It has yellow flowers has a spiny structure, and its seeds are cream-colored (Arslan et al., 2019). Dinçer variety was registered in 1983 by Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute. When examined in terms of morphological characteristics, the plant height varies between 90-110 cm. This variety, which shows good branching, has medium-sized leaves. The flower color of this variety, which has a thornless structure, is orange/red and the seeds are white (Arslan et al., 2019). Göktürk variety was developed by Bahri Bağdaş International Agricultural Research Institute. This variety was registered in 2016. Plant height varies between 90-100 cm. It has a vertical structure. As a flower color, it first turns yellow and turns into orange over time. Seed color is white (Arslan et al., 2019).

Table 1. Climate values of Van province for 2019-2020 years

Months	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2020												
Average temperature (C°)	-2.0	-1.5	4.6	7.9	13.9	18.6	22.2	21.3	20.3	14.2	7.3	2.1
Average relative humidity (%)	69.6	72.0	70.3	65.9	56.2	49.6	50.9	48.0	44.8	47.4	60.0	66.1
Total rain (mm/kg/m2)	50.3	79.9	44.3	51.8	27.8	13.7	17.6	10.0	5.6	1.8	12.8	27.7

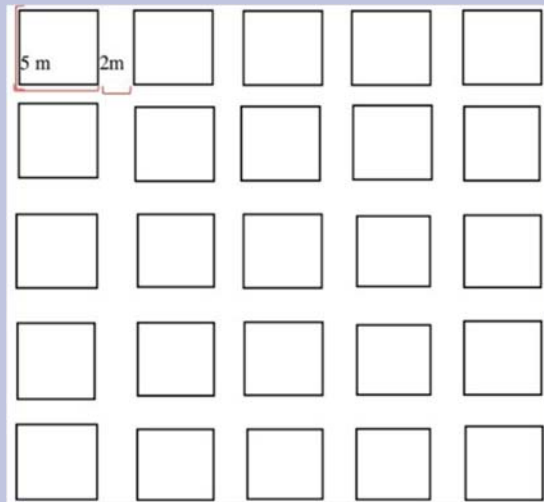


Figure 1. Formal view of parcels

Determination of morphological parameters

Plant height (cm): By making daily observations of the safflower plant, when the harvest time is approached, the distance from the soil level to the top of the plant was found by measuring 10 plants from each plot in cm and 50 plants of each variety in total.

Handle diameter (mm): When the plants matured, 10 randomly selected plants from each sub-plot were measured from the root collar and the parts where the lowest branch was separated from the trunk with a caliper, and the stem diameter was determined by taking the average.

First Flowering Time (days): In each subplot, the time from sowing to the first flower appearance was determined and recorded as days.

Number of Tables per Plant (piece): The number of trays found in all branches of 10 random plants of each variety was written in units.

Number of seeds per tray (pcs): From the safflower plants reaching the maturity stage, 20 pieces of 500 flower heads were cut from each plot and the seeds inside were counted and noted.

Thousand grain weight (gr): The flower trays collected from the plots of the safflower plants reaching the maturity stage were passed through the threshing machine and separated from their seeds. From the seeds obtained, 400 seeds were selected for each variety and weighed on precision scales. Weighed seeds were multiplied by ten and weights were obtained.

Statistic analyses: The data obtained in the study were tested according to a one-way analysis of variance (one-way ANOVA, Tukey), and the differences between varieties were determined (SPSS, 2019).

Results

When the study was examined, no difference was observed in the morphological parameters of five different safflower cultivars. It was observed that the difference was only the stem diameter and the number of seeds per head. Measurements were made from all plots of the safflower plant and calculated in cm and the data obtained are shown in Table 2. When the results were examined, it was seen that the plant heights of Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer cultivars were close to each other. Other (28.04, 29.16, 29.00, 29.44 cm) and above (30.00) Göktürk varieties. No statistical difference was found ($P>0.05$). The stem diameters of Asol, Balcı, Dinçer cultivars were close to each other (6.68, 7.50, 7.91 mm), while the stem diameters of Ayaz and Göktürk cultivars were higher (8.32, 8.59 mm) and there was a statistical difference between cultivars ($P<0.05$). It is seen that the number of heads per plant of Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer, Göktürk cultivars varies between 12-13 pieces on average (Table 2) ($P>0.05$). The seeds in the flower trays taken from the safflower plants were counted and noted. Looking at the results (Table 2), it was observed that there were statistical differences between the five cultivars ($P<0.05$), the lowest Ayaz (21.76) seeds, and the highest number of seeds (29.54) in Asol cultivar. Looking at Table 2, the thousand-grain weight of Balcı variety was found to be (13.66) g higher among Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer and Göktürk varieties ($P>0.05$) (Table 2). In each subplot, the time from sowing to the first flower appearance was determined and recorded as days. It was observed that the first flower heads started to form on 1 June. When we look at Table 3 as a result of the observations, it was observed that the number of first flowering days in Asol, Ayaz, Balcı, Dinçer and Göktürk cultivars were very close to each other (97-99), with only 1-2 days of difference.

Table 2. Determination of morphological parameters of five different safflower cultivars under field conditions (Mean \pm S.E)

Varieties	n	Plant Height	Handle Diameter	Number of Tables Per	Number of Seeds Per	Thousand Grain
		(cm)	(mm)	Plant. (piece)	Tray. (piece)	Weight (gr)
		Mean \pm S.E	Mean \pm S.E	Mean \pm S.E	Mean \pm S.E	Mean \pm S.E
Asol	50	28.04 \pm 0.50a	6.68 \pm 0.19b	13.04 \pm 0.39a	29.54 \pm 1.02c	14.55 a
Ayaz	50	29.16 \pm 0.58a	8.32 \pm 0.26a	12.12 \pm 0.25a	21.76 \pm 0.83a	14.28 a
Balcı	50	29.00 \pm 0.52a	7.50 \pm 0.32ab	12.44 \pm 0.35a	26.34 \pm 0.80bc	15.77 a
Dinçer	50	29.44 \pm 0.53a	7.91 \pm 0.31a	12.82 \pm 0.36a	23.28 \pm 0.76ab	15.43 a
Göktürk	50	30.00 \pm 0.46a	8.59 \pm 2.51a	12.84 \pm 0.35a	25.12 \pm 0.94ab	13.68 a

* The difference between the same letters in each row in the table is statistically insignificant ($P>0.05$).

Table 3. Determination of the first flowering days of five different safflower cultivars (days)

Varieties	Number of First Flowering Days (days)
ASOL	98
AYAZ	99
BALCI	97
DİNÇER	98
GÖKTÜRK	99

Discussion and Conclusion

When the results of the research were evaluated as a whole, it was seen that there were differences in parameters such as plant height, stem diameter, seed, depending on the climatic conditions (temperature, precipitation amount, soil yield) of Van province, and the yield of the safflower plant was not at the desired level. Arslan et al. (2003) Yield characteristics of GW-9003, GW_9025, Yenice, 5-154 and Dinçer cultivars were determined under the climatic conditions of Van province. The plant height of Dinçer cultivar was 69.03 cm, the number of spikes per plant was 12.70 and the weight of 1000 grains was 37.83 g. When compared, it was seen that plant height (29.44 cm) values were close to Dinçer variety and the number of heads was the same (12.82) in our study. Thousand grain weights varied. Çoşkun (2014) conducted a study on the effect of summer and winter planting times on yield in different safflower cultivars. When the data is evaluated that it was (123.67 cm, 16.50 and 39.33 g in the variety of Dinçer), while it was 108.80 cm in plant height, 12.83 in the number of heads per plant, and 35.33 g in 1000-grain weight. When compared with our study, it was observed that the plant heights obtained differed in both cultivars and the number of trays (12.44) was almost similar in the same Dinçer cultivar (12.82) in Balcı cultivar. Gok et al. (2014) A study was conducted on the yield and quality of 3 different safflower varieties (Dinçer, Remzibey, Linas) in dry conditions in Günyazı Village of Şemdinli district of Hakkâri province. The data of Dinçer cultivar were determined as 64.6 cm, 8.9, 37.7, and a thousand grain weight of 40.6 g, respectively. Compared to the Dinçer variety in our study, it was designated that the plant height differences and the number of heads per plant were higher. Different results were obtained from the number of seeds and the weight of one thousand seeds. Gursoy et al. (2018) conducted a study to examine the effect of three different row spacings (20, 30, 40 cm) and three row spacings on yield of two different safflower varieties (Ayaz and Lina) in the experimental area of Ankara University in 2015. The plant height of the Ayaz variety was 111.1 cm, the number of spikes per plant was 20.33 and the number of seeds per tray was 18.57. Ünsal et al., (2020) determined the morphological parameters of different safflower cultivars in their studies. It has been understood that the studies carried out are generally aimed at determining the morphological parameters of plants. When evaluated as a whole, it was observed that the results obtained from the cultivars used differed and there was variability in their morphological parameters. It is thought that factors such as climatic variability in the planting regions, adaptation of varieties to the environmental and precipitation may play an active role. Looking at all the varieties used differences were found according to the Göktürk and Asol cultivars we used in our study. When looked at, it can be concluded that the soil structure of the planted area, climate factor, rainfall frequency affect the yield of the safflower plant. It is foreseen that safflower plant can make important

contributions to the cities with arid climate such as Van, in terms of providing an alternative culture, increasing the welfare level and eliminating the energy that will create serious problems in the future. It is thought that it may be a pioneer for future studies.

Authorship contribution

Esra KINA: Working method, experimental planning, interpretation of results, article writing.

Declaration of ethical code

The research involved no human participants and animals, so the statement on the welfare of animals is not required.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

1. Anonim 2021. Yeni Kışlık Aspir Çeşidimiz AYAZ Üretim İzni Almıştır. Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya. Erişim tarihi: 08.03.2021.
2. Arıoğlu, H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C., & Arslanoğlu, F. (2010). Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. Paper presented at the Türkiye Ziraat Müh. VII. Teknik Kongresi, Ankara.
3. Arslan, B., Altuner, F., & Tunçtürk, M. 2003. Van'da yetiştirilen bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerinde bir araştırma. *Türkiye*, 5, 13-17.
4. Arslan, B., Çakır, H., ve Culpan, E., 2019. Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi. 27-29 Aralık 2019, Samsun. 113-121.
5. Berk, A. and Yaşar, B. 2008. Biodiesel production opportunities in rural areas in Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum, Oeconomia*, Vol: 7, Issue: 4, pp.17–25. Polonya.
6. Coşkun, Y. 2014. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in kışlık ve yazlık ekim olanakları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4): 462-468.
7. Gilbert, J. 2008. International safflower production – An Overview. 7. International Safflower Conference. Australian Oilseeds Federation. Wagga Wagga, Australia.
8. Gök, N., Ekin, Z., 2019. Hakkari ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 24(2): 88-96
9. Gürsoy U., 2004. Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, *Türk Tabipleri Birliği Yayınları*, Ankara . 975-6984-69-4
10. İlkdoğan, U. (2012). Türkiye'de aspir üretimi için gerekli koşullar ve oluşturulacak politikalar.
11. Knowles, P. F. (1969). Centers of plant diversity and conservation of crop germ plasm: Safflower. *Economic Botany*, 23(4), 324-329.

12. Kumar, S., Shrestha, P., Salam, P. A., 2013. A review of biofuel policies in the major biofuel producing countries of ASEAN: Production, targets, policy drivers and impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26: 822-836.
13. Özçelik, A. E., 2017. Investigation of the effects of safflower biodiesel blends with Eurodiesel fuel on engine performance and emissions in common-rail diesel engine. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 54 (1): 9-16
14. Shirwaikar, A., Khan, S., Kamariya, Y. H., Patel, B. D., & Gajera, F. P. (2010). Medicinal plants for the management of post menopausal osteoporosis: A review. *The Open Bone Journal*, 2(1).
15. Ünsal, M. B. (2020). Çukurova koşullarında farklı azot dozu uygulamalarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve verim özelliklerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).



Numerical Investigation of Flow and Heat Transfer Characteristics in a Corrugated Channel Equipped With Obstacles

Cahit Gürlek^{1,a*}, Ferhat Koca^{2,b}

¹ Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

² Department of Mechatronics Engineering, Technology Faculty, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 27/04/2023

Accepted: 29/05/2023

ABSTRACT

In this study, the turbulent flow and heat characteristics of a corrugated channel equipped with obstacles were investigated experimentally. The obstacles were placed on the bottom wall of the channel at three different angles of $\beta=45^\circ$, 90° and 135° with respect to the incoming flow. The velocity and turbulence kinetic energy contours and average Nusselt number, friction factor, pressure drop and thermal-hydraulic performance evaluation criteria distributions were presented. The highest Nusselt number and performance evaluation criteria values were obtained, respectively, for corrugated channels with obstacles with $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$ and $\beta=135^\circ$.

Keywords: Channel Flow, Corrugated Wall, Heat Transfer Enhancement, Finite Element Method

Engellerle Donatılmış Oluklu Bir Kanal İçerisindeki Akış ve Isı Transferi Karakteristiklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi

Süreç

Geliş: 27/04/2023

Kabul: 29/05/2023

ÖZ

Bu çalışmada engellerle donatılmış oluklu bir kanalın türbülanslı akış ve ısı transferi karakteristikleri sayısal olarak incelenmiştir. Engeller kanal alt yüzeyine akışa göre üç farklı açıda (45° , 90° ve 135°) yerleştirilmiştir. Hız ve türbülans kinetik enerji konturları ve ortalama Nusselt sayısı, sürtünme faktörü, basınç düşüşü ve termal-hidrolik performans değerlendirme kıstas dağılımları sunulmuştur. En yüksek Nusselt sayısı ve performans değerlendirme kıstası, sırasıyla, $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$ and $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanallar için elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Transferi Artırma, Kanal Akışı, Oluklu Yüzey, Sonlu Hacimler Yöntemi

License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

cgurlek@cumhuriyet.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0273-2999>

ferhatkoca@cumhuriyet.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-8849-5295>

How to Cite: Gürlek C., Koca F. (2023) Numerical Investigation of Flow and Heat Transfer Characteristics in a Corrugated Channel Equipped With Obstacles, Journal of Science and Technology, 2(1):44-49.

Giriş

Isı değiştiriciler, gaz türbinleri, elektronik cihazlar, nükleer santraller, güneş kolektörleri gibi birçok mühendislik uygulaması için yüzeylerden olan ısı transferinin artırılması önemlidir. Bu amaçla, yüzeyleri çeşitli geometrilere sahip oluklu kanallar veya yüzeylerine yine çeşitli geometrilerde ve dizilimlerde engellerin (çıkıntıların, kirişlerin) yerleştirildiği kanallar pasif ısı transferi artırma yöntemi olarak kullanılmaktadır. Temel ilke yüzey geometrisi aracılığıyla akış boyunca çalkantıların, çevrintilerin oluşturulması ve akışın kararsız hale getirilmesiyle karışımın, dolayısıyla ısı transferinin artırılmasına dayanmaktadır (Mirzaei ve ark., 2013).

Uygulama alanlarının önemi, ısı transferinde yaptığı iyileştirme ve başlıca oluk/engel geometrisi olmak üzere; oluklar/engeller arası mesafe-oluk/engel yükseklik oranı, oluk/engel yüksekliği-kanal yüksekliği oranı, engellerin akış yönüne göre yerleştirme açıları, akış rejimi, v.b. birçok parametreyi içerdiği için bu yöntem literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Han ve Park, 1988; Lorenz ve ark., 1995; Ahn, 2001; Casarsa ve Arts, 2005; Wang ve Sundén, 2007; Promvong ve Thianpong, 2008; Eimsa-ard ve Promvong, 2009; Wongcharee ve ark., 2011; Gururatana, 2012; Ramadhan ve ark., 2013; Chung ve ark., 2014; Selimefendięil ve Öztop, 2017; Ajeel ve ark., 2019; Hilo ve ark., 2020; He ve ark., 2021; Hamad ve Ajeel, 2022). Yapılan sayısal ve deneysel çalışmalarda basınç düşüşlerindeki artışa rağmen yüzeyleri oluklu/engelli kanalların ısı transferinin artırılmasına olan katkısı açıkça görülmektedir.

Bu çalışmada alt yüzeyi akışa göre farklı açılarda engellerle donatılmış oluklu bir kanal içerisindeki türbülanslı akış yapısı ve ısı transferi karakteristikleri sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal sonuçlar Reynolds sayısının (Re) 5000-20000 değerleri aralığında engel açısının akışa göre 45°, 90° ve 135° olduğu durumlar için elde edilmiştir.

Yöntem

şekil 1'de oluklu kanal yapısı ve farklı engel açılarıyla oluşturulan modeller şematik olarak sunulmuştur. Temel kanal boyutları Hamad ve Ajell'in (2022) çalışmasında kullanılan kanal ölçülerine benzer olarak seçilmiştir.

Kanal yüzeyleri arasındaki mesafe, $H=10$ mm, kanalın uzunluğu, $L=500$ mm'dir. Oluklu test kısmının uzunluğu $L_2=200$ mm, test kısmından önceki ve sonraki bölümlerinin uzunlukları sırasıyla $L_1=200$ ve $L_3=100$ mm'dir. Eliptik oluk geometrisinin yatay ve dikey yarıçap değerleri sırasıyla, $r_1=5$ mm ve $r_2=2,5$ mm dir. Yüksekliği, $h=5$ mm olan engeller kanal alt yüzeyindeki oluklar arasına $\beta=45^\circ, 90^\circ$ ve 135° olmak üzere 3 farklı açı ile yerleştirilerek 3 farklı model oluşturulmuştur. Oluklar ve engeller arasındaki mesafe sırasıyla, $p=10$ mm ve $l=20$ mm'dir.

Sayısal analizler sonlu hacimler yaklaşımını kullanan ANSYS-Fluent yazılımı aracılığıyla $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akış alanına ait temel denklemler ikinci dereceden ayrılaştırma ve SIMPLIC algoritmaları kullanılarak çözülmüştür. İlgili süreklilik, momentum ve enerji denklemleri aşağıda sunulmuştur:

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi:

x yönündeki momentum denklemi:

$$\left[\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial (\bar{u}'^2)}{\partial x} \right] + \left[\bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial (\bar{u}'\bar{v}')}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

y yönündeki momentum denklemi:

$$\left[\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial (\bar{v}'^2)}{\partial x} \right] + \left[\bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial (\bar{v}'\bar{v}')}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

Enerji denklemi:

$$\left[\bar{u} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right] + \frac{\partial (\bar{u}'\bar{T}')}{\partial x} + \frac{\partial (\bar{v}'\bar{T}')}{\partial y} = \frac{k}{\rho c_p} + \nu \left(\frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial y^2} \right) + \phi \quad (4)$$

Akışkan olarak kullanılan suyun özellikleri sabit ve kanala giriş sıcaklığı 300 K olarak alınmıştır. Kanalın üst ve alt oluklu yüzeylerden oluşan test kısmı $T_w=365$ °C sabit sıcaklıkta, giriş ve çıkış yüzeyleri ise yalıtılmış (adyabatik) kabul edilmiştir. Giriş ve çıkışta sırasıyla hız giriş ve basınç çıkış koşulları, kanal yüzeylerinde ise kaymama sınır koşulu uygulanmıştır. Sayısal çözümler akışkan giriş hızı ve hidrolik çapa bağlı olarak hesaplanan 4 farklı Reynolds sayısı, $Re=5000, 10000, 15000$ ve 20000 için gerçekleştirilmiştir.

$$Re = \frac{\rho V_\infty D_h}{\mu} \quad (5)$$

Burada, ρ akışkan yoğunluğunu, V_∞ akışkanın kanala giriş hızını, D_h hidrolik çapı ($w=50$ mm), μ ise akışkanın viskozitesini temsil etmektedir.

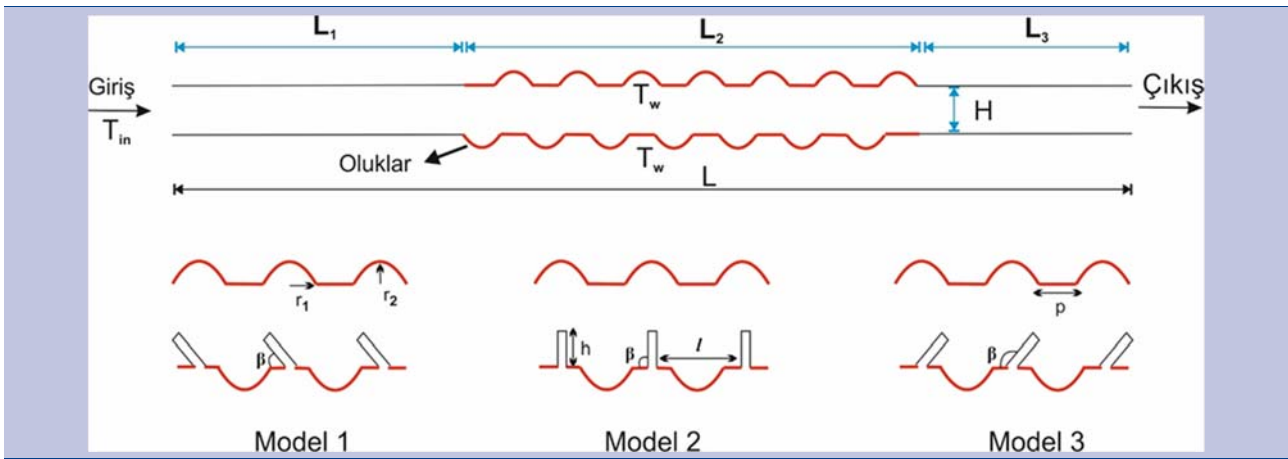
Kanal modellerinin ısı transferi karakteristiklerini kıyaslamak için kullanılan Nusselt sayısı, Nu , sürtünme faktörü, f , basınç düşüşü, ΔP ve performans değerlendirme kriteri (PEC) denklemleri aşağıda sunulmuştur:

$$Nu = \frac{h D_h}{k} \quad (6)$$

$$f = \Delta p \frac{2 D_h}{L \rho V_\infty^2} \quad (7)$$

$$\Delta p = p_{in} - p_{out}$$

$$PEC = \frac{Nu/Nu_o}{f/f_o^{(1/3)}} \quad (8)$$



Şekil 1. Oluklu kanal ve farklı engel modelleri
Figure 1. Corrugated channel and different obstacle models

Tablo 1. Ağ elemanı sayısına göre ortalama Nusselt sayısı değişimi

Table 1. Average Nusselt number variation with respect to the number of mesh elements

Ağ Elemanı Sayısı	Ortalama Nusselt Sayısı (Nu)
10^4	88,15
2×10^4	91,21
4×10^4	94,83
8×10^4	95,05
16×10^4	95,18

Sayısal çözümlerin ağ sayısından olan bağımsızlığını sağlamak amacıyla farklı ağ sayılarında $Re=10000$ değeri için elde edilen Nu sayıları karşılaştırılmıştır (Tablo 1). Buna göre ilgili kanal akışı için 4×10^4 adet ağ elemanının yeterli olduğu görülmüştür. Bu değerler Hamad ve Ajell'in (2022) çalışması ile ($Nu=95$) uyum içerisindedir.

Bulgular ve Tartışma

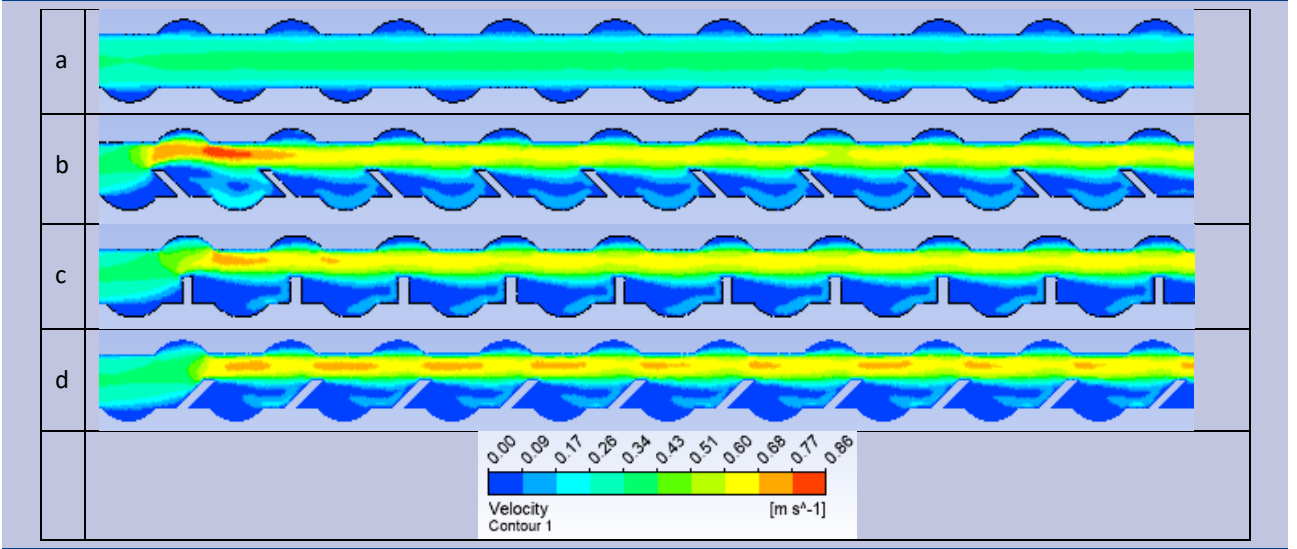
Yüzeyleri oluklu kanallarda oluklar arasına yerleştirilen engellerin ısı transferine olan etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Farklı Reynolds sayılarındaki akış alanına ait hız ve türbülans kinetik enerji (TKE) konturları ve ortalama Nusselt sayısı, sürtünme faktörü, basınç düşüşü ve termal-hidrolik performans faktörü dağılımları elde edilmiştir.

Şekil 2 ve 3'de sırasıyla, $Re=5000$ ve 20000 sayılarındaki hız konturları sunulmuştur. $Re=5000$ için oluklu kanalda (Şekil 2.a) hız konturları tüm kanal boyunca düzgün (üniform) olarak dağılmaktadır. Ölü akış bölgeleri oluklara hapsolmuş durumdadır. Oluklu-engelli kanallarda (Şekil 2b, 2c ve 2d) ilk engellerden başlayarak oluşan jet akışının kanal boyunca yayıldığı görülmektedir. Şekil 2b'de $\beta=45^\circ$ için jet akışı içerisinde, birinci ve ikinci engeller arasında, diğer oluklu-engelli kanallara göre daha yüksek değerlere sahip bir merkez hız alanı açıkça görülmektedir. Bu alan $\beta=90^\circ$ için daha düşük hız değerlerinde birinci ve ikinci engel arasında mevcutken, $\beta=135^\circ$ için kanal boyunca engel uçlarından başlayıp bir sonraki engele doğru uzamaktadır. Oluklu-engelli kanallarda engel açısına bağlı olarak engeller arasındaki akış alanlarının yapısı farklılık göstermektedir. Şekil 2b'de $\beta=45^\circ$ için ikinci engelden başlayarak engel yüzeyine çarpan akış, engel öncesi oluklara doğru yönlendirilerek olukların içerisinde,

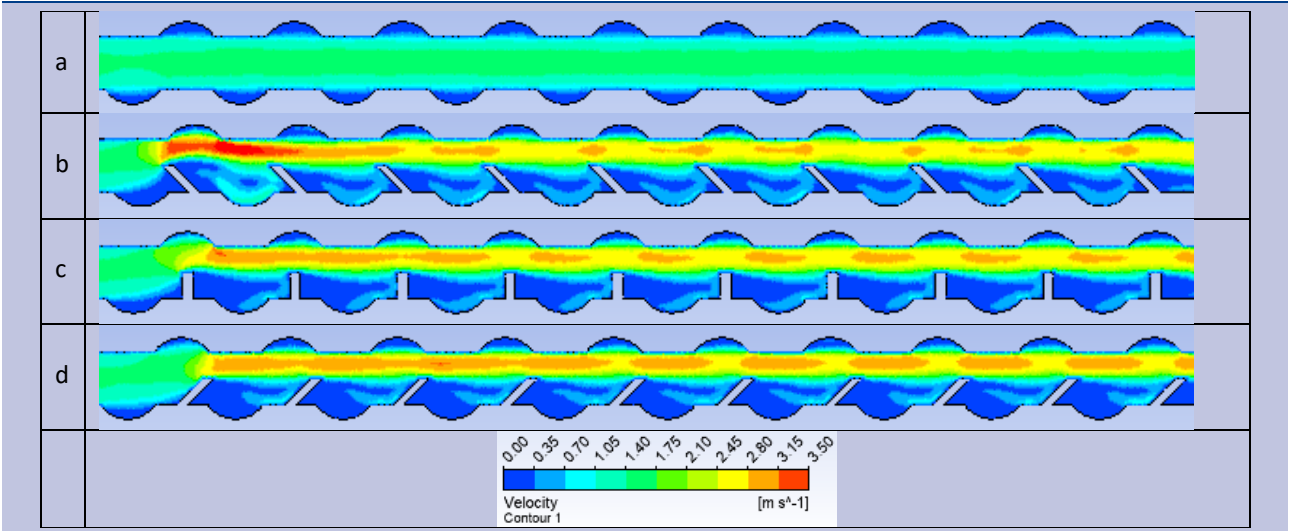
diğer tüm kanallara göre, daha yüksek hızlı akış alanları oluşturmaktadır. Şekil 2c'de $\beta=90^\circ$ için bu alan küçülerek olukların sağ yüzeyini kaplarken $\beta=135^\circ$ için, oluklu kanala benzer şekilde, ölü akış bölgesi tüm oluk alanlarını kaplamaktadır. Şekil 3'de $Re=20000$ için tüm engel açılarında engeller arasındaki akış yapıları $Re=5000$ için elde edilen akış yapılarıyla benzerlik göstermekle birlikte çekirdek akışlarının değerlerinin artarak uzayıp kanal boyunca yayıldığı gözlemlenmektedir. Ayrıca, $\beta=45^\circ$ için jet akışının kanal boyunca kalınlığının arttığı ve $Re=5000$ 'e göre daha fazla alanı kapladığı görülmektedir.

Şekil 4 ve 5'de sırasıyla, $Re=5000$ ve 20000 sayılarındaki TKE konturları sunulmuştur. Oluklu-engelli kanalların, her iki Re sayısı için de, oluklu kanala göre daha yüksek TKE alanlarına sahip olduğu açıktır. Re sayısındaki artışa bağlı olarak TKE değerlerindeki artış açıkça görülmekle birlikte kanal boyunca engeller arasındaki kontur dağılımlarının $Re=5000$ ve 20000 için bezer yapılar da olduğu gözlemlenmektedir. Maksimum TKE değerleri kanal üst yüzeyindeki olukların sağ köşesinde ve engellerin üst yüzeyi etrafında oluşmaktadır. Şekil 4c'de $\beta=135^\circ$ için maksimum TKE kontur alanının ikinci engelden başlayarak sekizinci engele kadar büyüyüp yatay engel yüzeyine yayıldığı daha sonra engel ucuna doğru küçüldüğü görülmektedir. Her üç oluklu-engelli kanal için de orta yoğunluktaki TKE konturları kanal üst yüzeyindeki olukları hemen hemen kaplamaktadır. Kanal alt yüzeylerdeki oluklarda ise $\beta=45^\circ$ için orta yoğunluktaki TKE konturları $\beta=90^\circ$ 'ye göre daha büyük bir alanı kaplamaktadır. Bununla birlikte $\beta=135^\circ$ için kanal alt yüzeyindeki oluklarla birlikte engellerin arka yüzünü

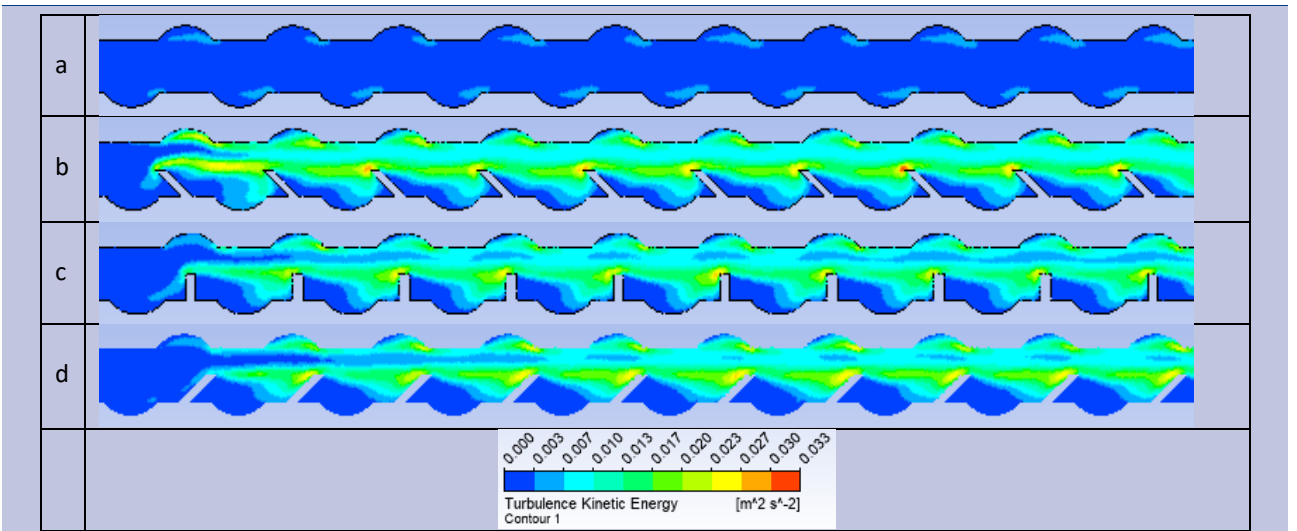
kapsayan büyük bir alanı çok düşük yoğunluklu TKE konturları kaplamaktadır.



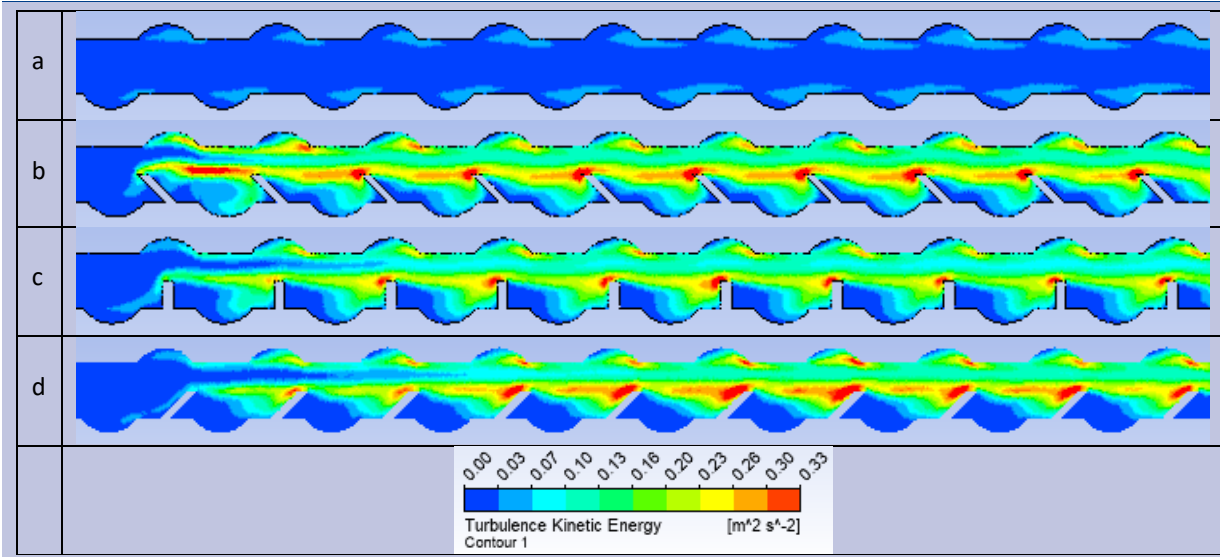
Şekil 2. $Re=5000$ için hız konturları (a) oluklu kanal (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$
 Figure 2. Velocity contours at $Re=5000$ (a) corrugated channel (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$



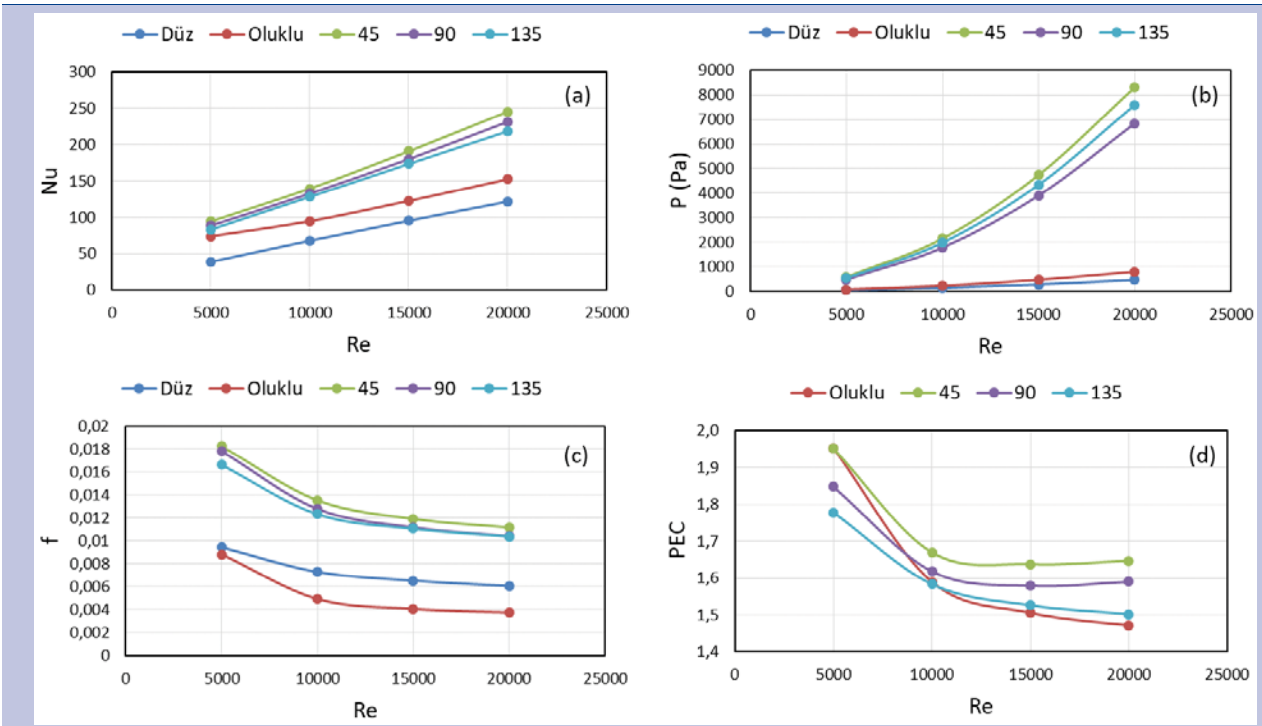
Şekil 3. $Re=20000$ için hız konturları (a) oluklu kanal (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$
 Figure 3. Velocity contours at $Re=20000$ (a) corrugated channel (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$



Şekil 4. Re=5000 için TKE konturları (a) oluklu kanal (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$
 Figure 4. TKE contours at Re=5000 (a) corrugated channel (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$



Şekil 5. Re=20000 için TKE konturları (a) oluklu kanal (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$
 Figure 5. TKE contours at Re=20000 (a) corrugated channel (b) $\beta=45^\circ$ (c) $\beta=90^\circ$ (d) $\beta=135^\circ$



Şekil 6. Re sayısı ile (a) Nu sayısı (b) basınç düşüşü (c) sürtünme faktörü (d) PEC sayısı değişimleri
 Figure 6. The variations of (a) Nu number (b) pressure drop (c) friction factor, (d) PEC number with Reynolds number

Şekil 6'da Re sayısına bağlı; Nu sayısı, basınç düşüşü, sürtünme faktörü ve PEC sayısı değişimleri sunulmuştur. PEC sayısı eşitliğinde kullanılan (Denklem 8) Nu_0 ve f_0 değerleri oluksuz ve engelsiz düz kanal için elde edilmiştir. Bu değerlerin ısı transferi etkinliği açısından önemi yakın zamanlı, Koca, 2022 ile Koca ve Güder, 2022 çalışmalarında detaylı olarak sunulmuştur. Şekil 6a'da Nu sayısındaki en büyük artışın $\beta=45^\circ$ oluklu-engelli kanalda gerçekleştiği görülmekte olup bunu yakın değerlerle $\beta=90^\circ$

ve $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanallar takip etmektedir. Oluklu kanal için artan Re sayıları ile birlikte diğer oluklu-engelli kanallarla olan Nu sayısı farkı da artmaktadır. En düşük Nu sayısı dağılımı beklenildiği gibi düz kanal için elde edilmiştir. Şekil 6b' de basınç düşüşü dağılımı Nu sayısı dağılımına benzemekle birlikte burada $\beta=135^\circ$ için $\beta=90^\circ$ 'ye göre daha yüksek basınç düşüşü değerleri elde edilmiştir. Düz ve oluklu kanallarla diğer oluklu-engelli kanallar arasındaki Re sayısı artışına bağlı basınç düşüşü

farkı oldukça dikkat çekicidir. En yüksek sürtünme faktörü dağılımı sırasıyla, $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$, $\beta=135^\circ$, düz ve oluklu kanal için elde edilmiştir (Şekil 6c). Sürtünme faktörü değerleri $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$ ve $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanallar için birbirine yakın olmakla birlikte bu değerlerin diğer düz ve oluklu kanallara ait sürtünme faktörü değerleriyle olan farkı belirgindir. Sürtünme faktörü değerleri $Re=5000$ ile 10000 arasında ani olarak düşmekte $Re=10000$ 'den sonra bu değişim oranı azalmaktadır. Benzer durum Şekil 6d'deki PEC dağılımı için de geçerlidir. $Re=5000$ için birbirine çok yakın en yüksek değerler $\beta=45^\circ$ oluklu-engelli ve oluklu kanal için elde edilmiştir. Bu Re sayısında en düşük değer $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanala aittir. PEC değerinin görece sabit kaldığı $Re=1000-20000$ aralığında en yüksek değerler sırasıyla, $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$, $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanallar ve oluklu kanal için elde edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında diğer kanallara göre basınç düşüşü daha yüksek olmakla birlikte en iyi ısı transferi karakteristiğine $\beta=45^\circ$ oluklu-engelli kanalın sahip olduğu söylenebilir.

Sonuç

Bu çalışmada alt yüzeylerine akışa göre farklı açılarda engeller yerleştirilmiş oluklu kanalların akış ve ısı karakteristikleri incelenmiştir. Engeller kanal alt yüzeylerine üç farklı açıyla; $\beta=45^\circ$, $\beta=90^\circ$, $\beta=135^\circ$ yerleştirilmiştir. Reynolds sayısı; $Re=5000-20000$ aralığı için hız ve türbülans kinetik enerji konturları, ortalama Nusselt sayısı, basınç düşüşü, sürtünme faktörü ve PEC değerleri elde edilmiştir. Artan Reynolds sayılarıyla birlikte Nu sayısı, basınç düşüşü ve sürtünme faktörü değerlerinin de arttığı görülmektedir. En yüksek Nu sayısı ve PEC değeri engel açısının $\beta=45^\circ$, olduğu oluklu-engelli kanal için elde edilmiştir ve bunu $\beta=90^\circ$ ve $\beta=135^\circ$ oluklu-engelli kanallar izlemiştir. Engeller olmayan oluklu kanal için diğer oluklu-engelli kanallara göre daha düşük Nu sayısı ve PEC değerleri ($Re>10000$) elde edilmiştir.

Referanslar

- Ahn, S. W. (2001). The Effects of Roughness Types on Friction Factors and Heat Transfer in Roughened Rectangular Duct. *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 28 (7), 933-942. [https://doi.org/10.1016/S0735-1933\(01\)00297-4](https://doi.org/10.1016/S0735-1933(01)00297-4)
- Ajeel, R. K., Salim, WS-IW. & Hasnan, K. (2019). Experimental and Numerical Investigations of Convection Heat Transfer in Corrugated Channels Using Alumina Nanofluid Under a Turbulent Flow Regime. *Chemical Engineering Research and Design*, 148, 202-217. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.06.003>
- Casarsa, L. & Arts, T. (2005). Experimental Investigation of the Aerothermal Performance of a High Blockage Rib-Roughened Cooling Channel. *ASME J. Turbomachinery*, 127 (3), 580-588. <https://doi.org/10.1115/1.1928933>
- Chung, H. S., Lee, G. H., Nine, M. J, Bae, K. & Jeong, H. M. (2014). Study on the Thermal and Flow Characteristics on the Periodically Arranged Semi-Circular Ribs in a Rectangular Channel. *Exp. Heat Transfer*, 27 (1), 56-71. <https://doi.org/10.1080/08916152.2012.719067>
- Eimsa-ard, S. & Promvong P. (2009). Thermal Characteristics of Turbulent Rib-Grooved Channel Flows. *Int.*

- Comm. Heat Mass Transfer*, 36 (7), 705-711. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.03.025>
- Gururatana, S. (2012). Numerical Simulation of Micro-Channel Heat Sink with Dimpled Surfaces. *American Journal of Applied Sciences*, 9(3), 399-404. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2012.399.404>
- Hamad, A. J. & Ajeel, R. K. (2022). Combined Effect of Oblique Ribs and a Nanofluid on the Thermal-Hydraulic Performance of a Corrugated Channel: Numerical Study. *J Eng Phys Thermophy*, 95, 970-978. <https://doi.org/10.1007/s10891-022-02552-5>
- Han, J. C. & Park, J. S. (1988). Developing Heat Transfer in Rectangular Channels with Rib Turbulators. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 31 (1), 183-195. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(88\)90235-9](https://doi.org/10.1016/0017-9310(88)90235-9)
- He, Z., Yan, Y., Feng, S., Li, X. & Zhongqing, Y. (2021). Numerical Study of Thermal Enhancement in a Micro-Heat Sink With Ribbed Pin-Fin Arrays. *J Therm Anal Calorim*, 143, 2163-2177. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09739-z>
- Hilo, A. K., Talib, A. R. A, Iborra, A. A, Sultan, M. T. H. & Hamid, M. F. A. (2020). Effect of Corrugated Wall Combined with Backward-Facing Step Channel on Fluid Flow And Heat Transfer. *Energy*, 190, 116294. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116294>
- Koca, F. (2022). Numerical Investigation of Corrugated Channel with Backward-Facing Step in Terms of Fluid Flow and Heat Transfer. *J. Engin. Thermophys*. 31, 187-199. <https://doi.org/10.1134/S1810232822010143>
- Koca, F. & Güder, T. B. (2022). Numerical Investigation of CPU Cooling with Micro-Pin-Fin Heat Sink in Different Shapes. *Eur. Phys. J. Plus* 137, 1276. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03489-7>
- Lorenz, S., Mukomilow, D. & Leiner, W. (1995). Distribution of the Heat Transfer Coefficient in a Channel With Periodic Transverse Grooves. *Exp. Thermal and Fluid Science*, 11(3), 234-242. [https://doi.org/10.1016/0894-1777\(95\)00055-Q](https://doi.org/10.1016/0894-1777(95)00055-Q)
- Mirzaei, M., Davidson, L., Sohankar, A. & Innings, F. (2013). The Effect of Corrugation on Heat Transfer and Pressure Drop in Channel Flow with Different Prandtl Numbers. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 66, 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.06.047>
- Promvong, P. & Thianpong, C. (2008). Thermal Performance Assessment of Turbulent Channel Flow Over Different Shape Ribs. *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 35(10), 1327-1334. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2008.07.016>
- Ramadhan, A. A., Al Anii, Y. T., Shareef, A. J. (2013). Groove Geometry Effects on Turbulent Heat Transfer and Fluid Flow. *Heat Mass Transfer*, 49: 185-195. <https://doi.org/10.1007/s00231-012-1076-9>
- Selimfendigil, F. & Öztop, H. F. (2017). Forced Convection and Thermal Predictions of Pulsating Nanofluid Flow Over a Backward Facing Step with a Corrugated Bottom Wall. *International Int. J. Heat Mass Transfer*, 110, 231-247. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.03.010>
- Wang, L. & Sunden, B. (2007). Experimental Investigation of Local Heat Transfer in a Square Duct with Various-Shaped Ribs. *Heat Mass Transfer*, 43, 759-766. <https://doi.org/10.1007/s00231-006-0190-y>
- Wongcharee, K., Changcharoen, W. & Eiamsa-ard, S. (2011). Numerical Investigation of Flow Friction and Heat Transfer in a Channel with Various Shaped Ribs Mounted On Two Opposite Ribbed Walls. *Int. J. Chem. Reactor Eng.*, 9 (1), A26. <https://doi.org/10.1515/1542-6580.2560>