



# GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI**

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ULAKBİM TR DİZİN

EBSCO

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 6

SAYI/NUMBER: 2

YIL/YEAR: 2016

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY  
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 12 85 Belge Geçer: 0 456 233 12 86



*Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute*

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**

*Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute*

Cilt/Volume:6 Sayı/Number:2 Yıl/Year:2016

Altı ayda bir yayınlanır/ *Published twice a year*

**ISSN 2146-538X**



**Sahibi / Owner**

*Prof. Dr. İhsan GÜNAYDIN*

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına

*On the behalf of Gümüşhane University Science and Technology Institute*

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief**

*Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN*

**Editörler / Editorial Board**

*Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ*

*Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR*

*Yrd. Doç. Dr. Cemalettin BALTACI*

**Yayın Kurulu / Associate Editors**

*Prof. Dr. Murat KÜÇÜK*

*Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR*

*Doç. Dr. Ahmet GÖKDOĞAN*

*Doç. Dr. Selim ŞEN*

*Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK*

*Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR*

*Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI*

*Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞOĞLU*

*Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin BOSTANCI*

*Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAVUŞOĞLU*

*Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DAŞ*

*Yrd. Doç. Dr. Selim KAYA*

*Yrd. Doç. Dr. Kemal KUVVET*

*Yrd. Doç. Dr. Seda NEMLİ*

*Yrd. Doç. Dr. Yasin OĞUZ*

*Yrd. Doç. Dr. Melih OKCU*

*Yrd. Doç. Dr. Zuhale OKCU*

*Yrd. Doç. Dr. Birol ŞAHİN*

*Yrd. Doç. Dr. Mustafa Nuri URAL*

**Dergi Sekreteryası / Secretariat**

*Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI*

*Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER*

*Öğr. Gör. Salih TÜRK*

*Arş. Gör. Ömer KARPUZ*

**Yayın Türü / Publication Type**

*Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed*

**Yayın Tarihi / Publication Date**

**31.Temmuz.2016**

*Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi yılda iki kez online olarak yayınlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle Dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayınlanan çalışmaların bütün sorumluluğu yazarlara aittir.*



*Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute*

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**

*Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute*

Cilt/Volume:6 Sayı/Number:2 Yıl/Year:2016

Altı ayda bir yayınlanır/ *Published twice a year*

**ISSN 2146-538X**



**Danışma Kurulu/Advisory Board**

- |   |   |
|---|---|
| <i>Emel ABDİOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>      | <i>Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi</i>                   |
| <i>Bülent AKAR-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi</i>           |
| <i>Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi</i>            | <i>Özgül KALKIŞIM-Gümüşhane Üniversitesi</i>              |
| <i>Vecihi AKSAKAL-Gümüşhane Üniversitesi</i>            | <i>Musa KARAALP-Gümüşhane Üniversitesi</i>                |
| <i>Eda Feyza AKYÜREK-Gümüşhane Üniversitesi</i>         | <i>S. Mustafa KARABIDAK-Gümüşhane Üniversitesi</i>        |
| <i>Kadri Cemal AKYÜZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>  | <i>Orhan KARPUZ-Gümüşhane Üniversitesi</i>                |
| <i>Selahattin ALBAYRAK-Gümüşhane Üniversitesi</i>       | <i>Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>         |
| <i>Selçuk ALEMDAĞ-Gümüşhane Üniversitesi</i>            | <i>Afşin KAYA-Gümüşhane Üniversitesi</i>                  |
| <i>Mehmet ALKAN-Yıldız Teknik Üniversitesi</i>          | <i>Elif ÇELENK KAYA-Gümüşhane Üniversitesi</i>            |
| <i>Gökhan APAYDIN-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>     | <i>Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi</i>               |
| <i>Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi</i>                | <i>Kemal KUVVET-Gümüşhane Üniversitesi</i>                |
| <i>Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>      | <i>Murat KÜÇÜK-Gümüşhane Üniversitesi</i>                 |
| <i>Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi</i>                | <i>Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üniversitesi</i>           |
| <i>Mustafa ATASOY-Aksaray Üniversitesi</i>              | <i>Abdurrahman LERMİ-Niğde Üniversitesi</i>               |
| <i>Zekeriya AYDIN-Namık Kemal Üniversitesi</i>          | <i>Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi</i>                 |
| <i>Hamit AYDIN-Zonguldak Karaelmas Üniversitesi</i>     | <i>Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi</i>                    |
| <i>Emre AYDINÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi</i>           | <i>Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi</i>            |
| <i>Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Melih OKCU-Gümüşhane Üniversitesi</i>                  |
| <i>Cemalettin BALTAÇI-Gümüşhane Üniversitesi</i>        | <i>Zuhal OKCU-Gümüşhane Üniversitesi</i>                  |
| <i>Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i>   | <i>Korhan ÖZGAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>         |
| <i>Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi</i>              | <i>Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi</i>                 |
| <i>Turan BATAR-Dokuz Eylül Üniversitesi</i>             | <i>Emre ÖZKOP-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>           |
| <i>Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi</i>              | <i>Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi</i>               |
| <i>Hakan BOLAT-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Sultan ÖZTÜRK-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>        |
| <i>Hasan Tahsin BOSTANCI-Gümüşhane Üniversitesi</i>     | <i>Selçuk REİS-Aksaray Üniversitesi</i>                   |
| <i>Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>        | <i>Sevim Beyza ÖZTÜRK SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi</i> |
| <i>Oğuz BURNAZ-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi</i>                 |
| <i>Kamil COŞKUNÇELEBİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i> | <i>Ferkan SİPAHİ-Gümüşhane Üniversitesi</i>               |
| <i>Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Biröl ŞAHİN-Gümüşhane Üniversitesi</i>                 |
| <i>Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi</i>                   |
| <i>Zafer ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi</i>                     |
| <i>Ahmet ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi</i>              | <i>Emine TANIR-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>          |
| <i>Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi</i>              | <i>Kamil TEKE-Hacettepe Üniversitesi</i>                  |
| <i>Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi</i>                   |
| <i>Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi</i>              | <i>Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi</i>                 |
| <i>Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi</i>             | <i>İbrahim TURAN-Gümüşhane Üniversitesi</i>               |
| <i>Serhat DAĞ-Gümüşhane Üniversitesi</i>                | <i>Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi</i>  |
| <i>Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi</i>                | <i>Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi</i>                |
| <i>Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi</i>         | <i>Birgül VANİZÖR KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i> |
| <i>Fatih DÖNER-Gümüşhane Üniversitesi</i>               | <i>Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi</i>              |
| <i>İbrahim DÜZGÜN-Gümüşhane Üniversitesi</i>            | <i>Ali YALÇIN-Aksaray Üniversitesi</i>                    |
| <i>Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi</i>        | <i>Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>    |
| <i>Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>       | <i>Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi</i>                |
| <i>Saffet ERDOĞAN-Afyon Kocatepe Üniversitesi</i>       | <i>Faruk YILDIRIM- Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>      |
| <i>Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>     | <i>Mustafa YILDIRIM-Gümüşhane Üniversitesi</i>            |
| <i>Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>       | <i>Volkan YILDIRIM-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>      |
| <i>Candan GÖKÇEYOĞLU-Hacettepe Üniversitesi</i>         | <i>Hilal YILDIZ-Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi</i> |
| <i>Ahmet GÖKDOĞAN-Gümüşhane Üniversitesi</i>            | <i>Ali Osman YILMAZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>     |
| <i>Mehmet Ali GÜCER-Gümüşhane Üniversitesi</i>          | <i>Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi</i>          |
| <i>Levent GÜMÜŞEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>     | <i>Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi</i>                 |
| <i>Ali GÜNDOĞDU-Gümüşhane Üniversitesi</i>              | <i>Tahsin YOMRALIOĞLU-İstanbul Teknik Üniversitesi</i>    |
| <i>Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>        |   |

## İçindekiler/Contents

KARATAŞ F., ÇÖTELİ E.; Kırmızı ve Koyu Kırmızı Bazı Meyvelerdeki A, E Vitamini, Beta Karoten ve Likopen Miktarlarının Araştırılması.....	61-66
ARSLAN M.; Kas Gevşetici İlaç Cabral® (Feniramidol)'ın Mutajenik Etkisinin Ames Salmonella/Mikrozom Test Yöntemi ile Araştırılması.....	67-73
TEKCE E., GÜL M.; Esansiyel Yağların Broiler Beslemedeki Kullanım Alanları.....	74-88
ŞAHİN K., KAYGUSUZ A.; Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri.....	89-116
GÜRBÜZ Y., KULAKSIZ A. A.; Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması.....	117-125
EFE B., YERLİKAYA M. A., EFE Ö. F.; İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama.....	126-137
MADEN N., KAHVECİ N.; Ünlüpinar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epitermal Pb-Zn±Au Cevherleşmesinin Gamma Ray Spektrometre Ölçümleri ile İncelenmesi.....	138-149
ÜÇÜNCÜ O., BALTACI C., İLTER Ş. M.; <i>Gladiolus italicus</i> Miller Bitkisinin Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri.....	150-156
ALEMDAĞ S.; Toprak Dolgulu Barajlarda Gövde Duraylılığının Limit Denge ve Sayısal Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye'den Bir Atık Barajı Örneği.....	157-173

## Kırmızı ve Koyu Kırmızı Bazı Meyvelerdeki A, E Vitamini, Beta Karoten ve Likopen Miktarlarının Araştırılması

Fikret KARATAŞ\*, Ebru ÇÖTELİ

Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

Geliş tarihi/Received 28.12.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 04.06.2016

Kabul tarihi/Accepted 07.06.2016

### Öz

*Bu çalışmada meyve olarak tüketilen içi yada dışı kırmızı olan kiraz, vişne, çilek, kan portakalı, kırmızı elma, nar, can eriği, greyluft, mor dut, kırmızı üzüm, siyah üzüm, böğürtlen, karpuz, gilaburu, kırmızı incir, nektari ve şeftali gibi meyveler de A, E vitaminleri,  $\beta$ -karoten ve likopen miktarları Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlendi. A vitamini, E vitamini, beta-karoten ve likopen bakımından en zengin kırmızı meyvelerin sırasıyla greyluft ( $1.64 \pm 0.14 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık), gilaburu ( $8.10 \pm 1.04 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık), böğürtlen ( $71.14 \pm 6.28 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) ve siyah üzüm ( $50.16 \pm 4.92 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) olduğu belirlendi. Aynı şekilde A vitamini, E vitamini, beta-karoten ve likopen bakımından en fakir kırmızı meyvelerin ise sırasıyla can eriği ( $0.10 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık), kırmızı üzüm ( $0.11 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık), vişne ( $6.46 \pm 0.62 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) ve kırmızı incir ( $0.40 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) olduğu belirlendi. Bu sonuçlardan A ve E vitaminleri ile  $\beta$ -karoten ve likopen açısından bazı meyvelerin oldukça iyi kaynak olabilecekleri söylenebilir. Meyvelerdeki A ve E vitaminleri,  $\beta$ -karoten ve likopen miktarlarındaki farklılıklar ise meyvelerin cinsi, bitkinin bakımı, beslenmesi ve ekolojik koşullardan kaynaklanmış olabilir.*

**Anahtar kelimeler:** A vitamini, Beta-karoten, E vitamini, Kırmızı meyve, Likopen

## The Investigation of Amounts Vitamin A, Vitamin E, Beta- Carotene and Lycopene in Some Fruits Red and Dark Red

### Abstract

*In this study, the amounts of vitamin A, vitamin E, beta-carotene and lycopene in the fruits inside or outside of the red consumed fruit red with cherry, strawberry, blood orange, red apple, pomegranate, plum, grape fruit, purple berry, red grape, black grape, black berry, watermelon, Viburnumopulus L., red fig, nectarine and peach were determined by using High Performance Liquid Chromatography. Vitamin A, vitamin E, beta-carotene and lycopene in terms of the rich red fruits determined as grape fruit ( $1.64 \pm 0.14 \mu\text{g/g}$ ), viburnumopulus L. ( $8.10 \pm 1.04 \mu\text{g/g}$ ), blackberry ( $71.14 \pm 6.28 \mu\text{g/g}$ ) and black grapes ( $50.16 \pm 4.92 \mu\text{g/g}$ ), respectively. Same way vitamin A, vitamin E, beta-carotene and lycopene in terms of the poorest red fruits determined as plum ( $0.10 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$ ), red grape ( $0.11 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$ ), morello ( $6.46 \pm 0.62 \mu\text{g/g}$ ) and red fig ( $0.40 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$ ), respectively. The results of vitamin A and vitamin E,  $\beta$ -carotene and lycopene some fruit for would rather good source can be said. The differences at amounts of vitamin A and vitamin E,  $\beta$ -carotene and lycopene in fruits may be due kind of fruits, plant care and feeding to ecological conditions.*

**Keywords:** Vitamin A, Beta-carotene, Vitamin E, Red fruits, Lycopene.

\* Fikret KARATAŞ, fkaratas@firat.edu.tr, Tel: (0424) 237 00 00-3682

## 1. Giriş

Yoğun olarak tüketilen kırmızı renkli olan kiraz, elma, çilek, böğürtlen, dut, erik turp gibi meyvelerde bulunan antosiyanin, damar sertleşmesini önlemede yardımcı olur. Ayrıca kan basıncını düzenlediği, iltihaplanmaları durdurabildiği ve kanseri engellediği belirtilmektedir (URL-1, 2015). Beslenme rejimleri antioksidan meyve ve sebzeler bakımından zengin olan toplumlarda kalp ve damar hastalıkları ile kanserlerin daha az görülmesi bu tip kırmızı-siyah meyvelere olan ilgiyi artırmaktadır (URL-2, 2015). Bu yüzden oksidasyonu engelleyici antioksidanların hayatımız için önemli olduğu bilimsel olarak da kanıtlanmıştır. Günümüzde kanserler, kalp ve damar hastalıkları, sağlıklı bir yaşam ve yaşlanmanın geciktirilmesi için antioksidan ağırlıklı beslenme ile antioksidan etkili gıda desteklerinin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır (URL-3, 2015). Kırmızı renkli meyvelerde bol miktarlarda bulunduğu belirtilen antioksidanlar, endojen ve eksojen kaynaklı antioksidanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Ayrıca antioksidanları enzim ve enzim olmayanlar şeklinde de sınıflandırmak mümkündür (Akkuş, 1995). Enzim olmayanların başında lipid fazda yer alanlar  $\alpha$ -tokoferol (E vitamini),  $\beta$ -karoten ve likopendir (Diplock, 1991; Akkuş, 1995; Granado vd., 1998).  $\beta$ -karotenin, A vitamini öncülü olma özelliğinin yanı sıra lipid antioksidanı olması ve özellikle singlet oksijen olmak üzere serbest radikalleri temizleme gibi özelliklere sahiptir (Edge vd., 1997; Handelman, 2001). A vitamini ise büyüme, cilt gelişimi, görme fonksiyonları, üreme, kemik büyümesi, hücre bölünmesi ve farklılaşması ile enfeksiyonlara karşı vücut direncinin artırılmasında görev alır, ayrıca bağışıklık sistemini de güçlendirir (Mashima vd., 2001). E vitamini, peroksitleri ve oksijen radikallerini nötralize ederek önemli bir antioksidan etkinliği yerine getirmektedir (El-Demerdash vd., 2004; Frank, 2005). Karotenoidlerin önemli bir türevi de kırmızı rengi veren likopendir (Yaping vd., 2002). Likopen provitamin A aktivitesi göstermez. *İn vitro* koşullarda likopen karotenoidler arasında en güçlü antioksidan olup, daha

büyük radikal toplama aktivitesine sahiptir (Stahl ve Sies, 1992). Likopen ile ilgili yapılan araştırmalarda; likopenin kardiyovasküler hastalıklar, kemik, deri ve göz sağlığı üzerine etkili olduğu (Rousseau vd., 1992; Mashima vd., 2001; Yaping vd., 2002; Frank, 2005) ve birçok kanser türünü önlediği rapor edilmektedir (Hopancı Bıçaklı ve Rüçhan Uslu, 2012).

Hayatımızda vazgeçilmez olan kırmızı renkli meyvelerin vitaminler açısından zengin olduğuna dair birçok çalışma olmasına rağmen, A, E vitaminleri, beta-karoten ve likopen miktarlarını birlikte belirten çalışma sayısı kısıtlıdır. Ayrıca son zamanlarda önemli olduğu ön plana çıkan likopen hakkında bilgi ise son derece azdır. Bu nedenle meyve olarak tüketilen içi yada dışı kırmızı olan kiraz, vişne, çilek, portakal, elma, nar, erik, greyfurt, dut, kırmızı üzüm, siyah üzüm, böğürtlen, karpuz, gilaburu, incir, nektari ve normal şeftali gibi meyvelerin A, E vitaminleri,  $\beta$ -karoten ve likopen miktarlarını belirlemek ve parametreler açısından meyveleri birbirleri ile karşılaştırılmasının yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan kırmızı ve koyu kırmızı meyve örneklerinden; kiraz, vişne, çilek, kırmızı elma, can eriği, mor dut, kırmızı üzüm, siyah üzüm, böğürtlen, karpuz ve şeftali Elazığ bölgesinde sağlandı. Geri kalan diğer meyve örnekleri ise narenciyelilerden taze olarak temin edildi.

### 2.1. A, E Vitamini, B-Karoten ve Likopen Miktarlarının Belirlenmesi

Analizlenecek meyve örnekleri yıkanıp kurulandıktan sonra homojenizatörde iyice parçalandı. Bu parçalanmış meyve örneklerinden 1.0'er gram tartılarak polietilen tüplere alındı. Her bir tüp üzerine 5.0 mL etil alkol ilave edilerek vortekslendi. Daha sonra bu karışım 3500 devirde 3.0 dakika santrifüj edildi. Ardından örnekler üzerine 1.0 mL n-hekzan ilave edilerek çalkalandı. Böylece A, E vitamini,  $\beta$ -karoten ve likopen n-hekzan

fazına ekstrakte edilmiş oldu. Bu ekstraksiyon işleminin iki kez tekrarı ile elde edilen n-hekzan ekstraktları birleştirilip azot gazı altında kuruyuncaya kadar buharlaştırılarak uzaklaştırıldı. Tüpteki kalıntı 200 µL metanolla çözülerek HPLC’de analize hazır hale getirildi. A ve E vitamini β-karoten ile likopenin tayinlerinde Supelcosil LC-18 kolonu (25 cm x 4.6 mm x 5.0 µm ) ve metanol: su (98:2 v/v) karışımından oluşmuş mobil faz kullanıldı. Mobil fazın akış hızı 1.0 mL/dk olarak ayarlandı. E vitamini 296 nm, A vitamini 326 nm, β-karoten 465 nm ve likopen ise 472 nm’de tayin edildi (Miller vd., 1984; Supelco, 2005-2006).

Çalışmadaki bütün analizlerde Cecil 1100 serisi yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Cotati marka 7125 enjeksiyon lobu, Cecil 68174 UV dedektörü ve HP 3395 integratörü) cihazı kullanıldı. Ayrıca kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup Merck firmasından temin edilmiştir. Tüm analizlerde

bidistile su kullanıldı. Analizler 5 farklı örnek üzerinden paralel yürütüldü ve verilerin aritmetik ortalaması ile standart sapması olarak hesaplandı.

### 3. Bulgular ve Tartışma

A vitamini görme fonksiyonları, büyüme gibi birçok hücrel fonksiyonlar ile enfeksiyonlara karşı vücut direncinin artırılmasında görev almaktadır (Aksoy, 2000). Tablo 1’de görüleceği üzere A vitamini bakımından en zengin Greyfurt meyvesi (1.64±0.14 µg/g yaş ağırlık) iken, en fakir meyvenin ise can eriği (0.10±0.01 µg/g yaş ağırlık) olduğu, diğer meyvelerin ise bu ikisi arasında oldukları belirlendi. Çilek meyvesinde yapılan bir çalışmada, A vitamini miktarı (0.69±0.028 µg/g yaş ağırlık) olduğu bildirilmiştir (Tuncer ve Karataş, 2011). Bizim sonuçlarımızda ise çilekteki A vitamini (0.14±0.02 µg/g yaş ağırlık) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Kırmızı ve koyu kırmızı meyve örneklerindeki A, E vitamini, β-karoten ve likopen miktarları

Meyveler	A Vitamini (µg/g yaş ağırlık)	E Vitamini (µg/g yaş ağırlık)	β-Karoten (µg/g yaş ağırlık)	Likopen (µg/g yaş ağırlık)
Kiraz	0.14 ± 0.011	0.56 ± 0.05	16.02 ± 1.63	13.16 ± 2.44
Vişne	0.18 ± 0.03	0.51 ± 0.04	6.46 ± 0.62	28.28 ± 3.72
Çilek	0.14 ± 0.02	0.62 ± 0.07	67.93 ± 4.59	37.15 ± 2.16
Kan Portakalı	0.29 ± 0.04	0.34 ± 0.03	8.78 ± 1.10	0.46 ± 0.06
Kırmızı Elma	1.16 ± 0.12	7.94 ± 1.22	38.45 ± 2.37	23.90 ± 4.03
Nar	0.11 ± 0.02	0.20 ± 0.02	21.94 ± 1.45	21.43 ± 2,35
Can eriği	0.10 ± 0.01	0.19 ± 0.03	18.78 ± 2.40	41.63 ± 2.64
Greyfurt	1.64 ± 0.14	0.18 ± 0.02	41.78 ± 6.49	40.24 ± 4.05
Mor Dut	0.17 ± 0.01	0.28 ± 0.03	18.16 ± 3.18	3.30 ± 0.36
Kırmızı Üzüm	0.15 ± 0.02	0.11 ± 0.01	5.91 ± 0.82	0.92 ± 0.24
Siyah Üzüm	0.25 ± 0.04	0.20 ± 0.03	56.88 ± 5.81	50.16 ± 4.92
Böğürtlen	1.46 ± 0.22	6.46 ± 0.64	71.14 ± 6.28	52.19 ± 5.84
Karpuz	0.14 ± 0.012	0.30 ± 0.03	14.49 ± 3.01	13.84 ± 3.41
Gilaburu	0.22 ± 0.04	8.10 ± 1.04	9.80 ± 1.18	5.84 ± 0.62
Kırmızı İncir	0.30 ± 0.05	0.12 ± 0.02	14.45 ± 3.32	0.40 ± 0.05
Nektari	0.13 ± 0.02	0.22 ± 0.03	15.47 ± 2.80	3.34 ± 0.42
Şeftali	0.11 ± 0.02	0.19 ± 0.03	23.56 ± 3.17	0.72 ± 0.14

Bu farklılık meyvenin yetiştiği ortam, olgunluğu ve rakımından kaynaklanmış olabilir.

Serbest radikallerin oksidasyonuna karşı hücre membranındaki doymamış yağ asitlerini korumada E vitamininin önemli rolü vardır. Ayrıca E vitamini hidrojen iyonları ile peroksit ve hidroperoksitleri doyurarak, peroksit radikallerinin aktivitesini azaltır ve otooksidasyonun başlatıcısı olan bu reaksiyonu inhibe eder (Underwood, 1977; Ognjanovic vd., 2003).

Yine Tablo 1’de görüleceği üzere E vitamini bakımından en zengin gilaburu meyvesi ( $8.10 \pm 1.04$  µg/g yaş ağırlık) iken, en fakirin ise kırmızı üzüm ( $0.11 \pm 0.01$  µg/g yaş ağırlık) olduğu, diğer meyvelerin bu ikisi arasında oldukları belirlendi. Kuşburnu meyvesinin çeşitli türlerindeki E vitamini miktarlarını araştıran bir çalışmada, *R. Villosa* türünde ( $3.57$  µg/g yaş ağırlık), *R. Pisifor mis* türünde ( $17.60$  µg/g yaş ağırlık) E vitamini içerdikleri bildirilmiştir (Yörük vd., 2008). Çilek meyvesindeki E vitamini miktarının  $0.69-0.73$  µg/g arasında değiştiği rapor edilmektedir (Tuncer ve Karataş, 2011). Kırmızı renkli olan gilaburu meyvesindeki E vitamini miktarının fazla olduğu ancak diğer meyvelerde E vitamini miktarlarının düşük olduğu gözlenmiştir.

β-karoten antioksidan özelliğe sahip olup, doymamış yağların oksidasyonunu önleyerek serbest radikallerin oluşumunu baskılar. Epidemiyolojik çalışmalarda oksidatif stresle ilişkili dejeneratif hastalıklar ile karotenoid tüketimi ve kan düzeyleri arasında ters bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Paiva ve Russell, 1999). β-karoten bakımından en zengin böğürtlen ( $71.14 \pm 6.28$  µg/g yaş ağırlık) iken, en fakirin ise kırmızı üzüm ( $5.91 \pm 0.82$  µg/g yaş ağırlık) olduğu belirlenirken, diğer meyvelerin bu ikisi arasında oldukları gözlemlendi (Tablo 1). Yapılan bir çalışmada kuşburnu meyvesinin β-karoten miktarının ( $3.25$  µg/g yaş ağırlık) civarında olduğu bildirilmiştir (Kazaz vd., 2009). İçi ya da dışı kırmızı ve koyu kırmızı olan meyvelerle yaptığımız çalışmada β-karoten miktarı bakımından en fakir kırmızı üzüm

meyvesinde bile  $5.91 \pm 0.82$  µg/g yaş ağırlık olduğu tespit edilmiştir.

Karotenoidlerin önemli bir türevi olan likopen ise meyvelere kırmızı rengi vermektedir (Yaping vd., 2002). *In vitro* şartlarda karotenoidler arasında yer alan likopen en güçlü antioksidan olup daha fazla radikal toplama aktivitesine sahiptir (Stahl ve Sies, 1992; Lindshield vd., 2007). Likopen açısından en zengin meyvenin böğürtlen ( $52.19 \pm 5.84$  µg/g yaş ağırlık), en fakir meyvenin ise kırmızı incir ( $0.40 \pm 0.05$  µg/g yaş ağırlık) olduğu, diğer meyvelerinde bunlar arasında oldukları gözlemlendi (Tablo 1). Kırmızı meyvelerde yapılan bir çalışmada, likopen miktarları, domates meyvesinde  $8.8-42$  µg/g yaş ağırlık, karpuz meyvesinde  $23-72$  µg/g yaş ağırlık ve greyfurt meyvesinde  $33.6$  µg/g yaş ağırlık olarak tayin edilmiştir (Shi ve Le Mageur, 2000). Bulgularımızın karpuz meyvesinden düşük, greyfurt meyvesinden ise yüksek miktarda likopen ihtiva ettiği söylenebilir.

Vitaminler, β-karoten ve likopen sağlıklı beslenme açısından oldukça önemlidir. Tablo 1’deki verilerden; böğürtlen, greyfurt, kırmızı elma, siyah üzüm, çilek, can eriği, nar, mor dut, gilaburu, karpuz, vişne, kiraz, kan portakalı, nektari, şeftali, kırmızı incir ve kırmızı üzüm şeklinde basit bir sıralama yapılabilir.

Meyveler arasındaki vitaminler, β-karoten ve likopen miktarlarındaki bu farklılıkların sebebi ise; meyvenin türü, yetiştirme ortamı, meyvenin olgunluk derecesi, iklim koşulları ve rakım farklılıkları gibi çevresel faktörler ile açıklanabilir.

#### **Teşekkür**

Bu çalışma FÜBAB tarafından FF.14.29 Proje numarası ile desteklenmiştir. Bu destekten dolayı FÜBAB’a teşekkür ederiz.

#### **4. Kaynaklar**

Aksoy, M. 2000. Beslenme Biyokimyası. Hatipoğlu Basım ve Yayım San. Tic. Ltd. Şti., 321-342, 564-565s, Ankara



- Akkuş, İ. 1995. Serbest radikaller ve fizyolojik etkileri, Mimoza yayınları, Konya.
- Diplock, A.T. 1991. Antioxidant nutrients and disease prevention: An Overview, Am. J. Chim. Nutr., 53, 1895-1935.
- Edge, R., Mc Garvey, D.J., Truscott, T.G. 1997. The carotenoids as antioxidants-a review. Journal of Photochemistry and Photo biology B: Biology, 41, 189-200.
- El-Demerdash, F.M., Yousef, M.I., Kedwany, F.S. 2004. Cadmium-induced changes in lipid peroxidation, blood hematology, biochemical parameters and semen quality of male rats, protective role of vitamin E and carotene, Food and Chemical Toxicology. 42, 1562-1571.
- Frank, J. 2005. Vitamin E supplementation an alternative strategy to improve vitamin E status, Journal of Plant Physiology, 162, 834-843.
- Granado, F., Olmedilla, B., Gil-Martinez, E., Blanco, I., Millan, I., Rojas-Hidalgo, E. 1998. Carotenoids, retinol and tocopherols in patients with insulin-dependent diabetes mellitus and the immediate relatives, Clin. Sci. (Colch). 94 (2), 189-195.
- Handelman, G.J. 2001. The evolving role of carotenoids in human biochemistry. Nutrition. 17 (10), 818-822.
- Hopancı Bıçaklı, D., Rüçhan Uslu, R. 2012. Likopen ve kanser; Derleme, Türk Onkoloji Dergisi. 27 (2), 93-97.
- Kazaz, S., Baydar, H., Erbas, S. 2009. Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. And *Rosa canina* L. Fruits. Czech J. Food Sci. 27, 178-184.
- Lindshield, B.L., Canene-Adams, K., Erdman, Jr J.W. 2007. Lycopene: Are lycopene metabolites bioactive? Archives of Biochem and Biophysics. 458, 136-140.
- Mashima, R., Witting, P.K., Stocker, R. 2001. Oxidants and antioxidants in atherosclerosis. Current Opinion in Lipidology, 12 (4), 411-418.
- Miller, K.W., Lorr, N.A., Yang, C.S. 1984. Simultaneous determination of plasma retinol  $\alpha$ -tocopherol, lycopene,  $\alpha$ -carotene, and  $\beta$ -carotene by high performance liquid chromatography. Analytical Biochemistry. 138, 340-345.
- Ognjanovic, B.J., Pavlovic, S.Z., Maletic, S.D., Zikic, R.V., Stajn, A.S., Radojicic, R.M., Saicic, Z.S., Petrovic, V.M. 2003. Protective influence of vitamin E on antioxidant defense system in the blood of rats treated with cadmium. Physiol Res. 52, 563– 70.
- Paiva, S.A., Russell, R.M. (1999). Beta-carotene and other carotenoids as antioxidants. J Am Coll Nutr. 18, 426-33.
- Rousseau, E.J., Davison, A.J., Dunn, B. 1992. Protection by beta-carotene and related compounds against oxygen-mediated cytotoxicity and genotoxicity: implications for carcinogenesis and anticarcinogenesis. Free Radical Biology and Medicine, 13 (4), 407-433.
- Shi, J., Le Mageur, M. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 40, 1-42.
- Stahl, W., Sies, H. 1992. Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat processed than from unprocessed tomato juice in humans.

- Journal of Nutrition. 122 (11), 2161-2166.
- Supelco Chromatography Products for Analysis & Purification. 2005-2006. Sigma- Aldrich Chemie GmbH, Export Department Eschenstraße Taufkirchen, Germany,169s.
- Tuncer, H., Karataş, F. 2011. Çilekte (Fragaria Vesca) Yağda Çözünabilen Bazı Parametrelerin Araştırılması. Firat University Journal of Science. 23(1), 13-17.
- Underwood, E.J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition New York, Academic Press. 302-346.
- Yaping, Z., Suping, Q., Wenli, Y., Zheng, X., Hong, S., Side, Y., Dapu, W. 2002. Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards tri chloro methyl peroxy radical CC13O2. Food Chemistry, 77, 209-212.
- Yörük, İ.H., Türker, M., Kazankaya, A., Erez, M.E., Battal, P., Çelik, F. 2008. Fatty acid, sugar and vitamin contents in rose hip species. Asian Journal of Chemistry. 20 (2), 1357-1364.
- URL-1. Meyvelerin renklerine göre yararları. <http://www.ensonhaber.com/saglik/210749> (Erişim tarihi: 26.11.2015).
- URL-2. <http://www.faydalar.com/> kirmizi-ve-siyah-renkli-meyvelerin-antioksidan-ozellikleri (Erişim tarihi: 22.12.2015).
- URL-3. <http://www.naturelbesin.com/hastal%C4%B1kta-beslenme/> (Erişim tarihi: 22.12.2015).

## Kas Gevşetici İlaç Cabral®(Feniramidol)'ın Mutajenik Etkisinin Ames Salmonella/Mikrozom Test Yöntemi İle Araştırılması

Mehmet ARSLAN\*

Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu Hemşirelik Bölümü, 75000, Ardahan, Türkiye

Geliş tarihi/Received 17.01.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 08.04.2016

Kabul tarihi/Accepted 20.04.2016

### Öz

Günümüzde yaygın olarak kullanılan feniramidol (Cabral®) kas gevşetici etki gösteren analjezik bir ilaçtır. Bu çalışmada amaç feniramidol'ün potansiyel mutajenik etkisinin Ames Salmonella/Mikrozom test sistemi ile saptanmasıdır. Bu amaçla mutajenik etkiyi belirlemek için feniramidol'ün ticari formu olan Cabral®'in 5 farklı dozu (0.1-1000 µg/plak) Salmonella typhimurium'un TA98 ve TA100 suşları ile muamele edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre feniramidol'ün denenen hiçbir dozu TA98 ve TA100 suşlarında mutajenik etki göstermemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ames Salmonella/Mikrozom testi, Cabral®, Feniramidol, Mutajen

## Investigation of Mutagenic Effects of Muscle Relaxant Drugs Cabral® (Pheniramidol) by Ames Salmonella/Microsome Test System

### Abstract

The aim of this study was to determine the possible mutagenic effects of the commercial formulation of pheniramidol (Cabral®) that is extensively used as analgesic muscle relaxant. Ames Salmonella/Microsome test systems were used to determine the mutagenicity of Cabral® using TA98 and TA100 strains of Salmonella typhimurium. Strains were treated with 5 different doses (0.1-1000 µg / plate) of Cabral®. It was shown that pheniramidol was not mutagenic to TA98 and TA100 strains of Salmonella typhimurium.

**Keywords:** Ames Salmonella/Mikrosome test, Cabral®, Pheniramidol, Mutagen

### 1. Giriş

İnsan popülasyonunun çevredeki kanserojen ve mutajen maddelerin etkisinden korunması için bu özelliğe sahip bileşiklerin tespit edilmesi ve etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir (Maron ve Ames, 1983; Debnath vd., 1991).

Mutajenlere maruz kalmanın çeşitli yolları vardır. Bunlardan en önemlisi beslenme

zinciri olmakla birlikte sudaki ve havadaki kirleticilerle etkileşim, saç boyaları gibi kozmetik bileşikler ile terapötik ilaçlar gibi yapay kimyasalların kullanılması da mutajenlerle temasta önemlidir (Bökesoy vd., 2000).

Bu kimyasalların önemli bir grubunu hastalıklara karşı kullanıma sunulan ilaçlar oluşturmaktadır. Hedef hastalığın tedavisinde kullanılan ideal bir ilacın en önemli özelliği,

\* Mehmet ARSLAN, mehmetarslan@ardahan.edu.tr, Tel: (0478) 211 26 87, Faks: (0478) 211 29 73

yan etkisinin minimum düzeyde olmasıdır. Buna göre kullanıma sunulacak olan ilacın toksikolojik, özellikle de bireyin kendisini ya da bir sonraki neslini önemli düzeyde etkileyecek olan genotoksikolojik potansiyeli, uygun bir şekilde sınanmalıdır.

Mutajenite testlerinden en yaygını 1970'lerin başında Bruce Ames ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilen Ames testidir. Bu test *Salmonella typhimurium*'un his mutasyonunun revertantları kullanılarak yapılır (Synder ve Champness, 2007).

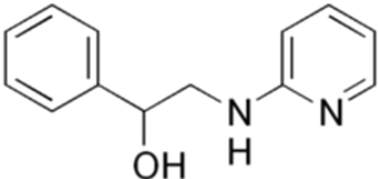
Ames testi birçok kimyasalın mutajenik etkisinin tespitinde kullanılmıştır (Kayraldız vd., 2006; Boyacıoğlu vd., 2007; Kutlu vd., 2011). Bu çalışmada da Cabral'ın farklı konsantrasyonlarının olası mutajenik etkilerini belirlemek üzere Ames Salmonella/Mikrozom testi kullanılmıştır.

Araştırma konusu Cabral®, etken maddesi feniramidol (IUPAC adı: S1-phenyl-2-(pyridin-2-ylamino) ethanol ve CAS no: 553-

69-5) olan, benzil alkol türevi santral etkili kas gevşetici bir ajandır (Tablo 1). Klinik olarak ilk defa 1960 yılında kullanılmaya başlanmıştır (O'Dell vd., 1960). C<sub>13</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O kimyasal formülüne sahiptir ve günlük olarak oral veya kas içine (*i.m.*) 400-800-3200 mg/gün dozlarında kullanılmaktadır (Iglöe, 1963). Feniramidol karaciğerde glukuronik asit ile konjuge olur ve feniramidol glukuronit şeklinde idrar yoluyla atılır. İlacın bir kısmı ise safraya karışarak dışkı ile atılır (Köksal vd., 2003).

Üretici firmalar bir ilacı satışa sunmadan önce mutlak surette yasalarla belirlenmiş risk analizi testlerini yapmakla yükümlüdürler. Ancak Cabral® insanlar tarafından kullanıldığı halde mutajenik etkisinin tarafsız değerlendirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu ve benzeri çalışmalardan elde edilecek bulguların, ilacın kullanımının sorgulanmasında ya da farklı etkilerinin ortaya çıkarılmasında yetkili mercilere hareket alanı kazandırması beklenmektedir.

Tablo 1. Feniramidol (Cabral®)'un kimyasal yapısı ve molekül ağırlığı

Kimyasal yapısı	Molekül ağırlığı
	214.263 g/mol

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, test maddesi olarak feniramidolün ticari formu olan Cabral® (Recordati İlaç ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye) kullanıldı. Mutajenik etkiyi belirlemek üzere mutant (oksotrofik) *Salmonella typhimurium* suşları (TA98 = Çerçeve kayması sonucu oluşturulmuş mutant) ve TA100= Nokta mutasyonu sonucu oluşturulmuş mutant) 'nda geri mutasyon testi kullanıldı (Maron ve Ames, 1983). Çalışmada kullanılan TA98 ve TA100 mutant suşları, Prof. Dr. Gökhan Coral'dan (Mersin Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji

Bölümü) alındı. Test maddesi suda tam çözünmediği için dimetil sulfoksit (DMSO) çözücü olarak kullanıldı. Yukarıda belirtilen test sistemi, test maddesinin çeşitli konsantrasyonları ile muamele edildi ve sonuçlar kendi kontrolleriyle karşılaştırıldı. Çalışmada kullanılan test maddesinin doz tespiti Dean vd. (1985)'nin yöntemine göre saptandı ve sitotoksik olmayan 5 ayrı doz ile çalışıldı. Çalışmamızda kullanılan kimyasal maddelerden nutrient broth, Sodyum azid (SA), sodyum klorür, agar Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından, diğer kimyasallardan DMSO, magnezyum sülfat, sitrikasit monohidrat, potasyum fosfat, sodyum

amonyum fosfat, D-Biyotin, L-Histidin-HCl, ampicilin trihidrat, sodyum hidroksit, kristal viyole, glukoz, 4-nitro-*o*-fenilendiamin (4-NPD) Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, Amerika Birleşik Devletleri) firmasından alındı.

### 2.1. *Salmonella* Reversiyon Testi

*Salmonella* reversiyon testinde, test bileşiği ve bakteri suşu top agara karıştırıldı ve minimal glukoz agarlı plaklara döküldü. Plaklar 37°C'de 48-72 saat inkübe edildi, bu süre sonunda plaklardaki his<sup>+</sup> revertant bakteri kolonileri sayıldı. Bu yöntemde, histidin ve biotin eklenmiş 45°C'deki 2 mL'lik top agara, test suşu kültüründen 0.1 mL ve Cabral®'ın seçilen dozundan 0.1 mL eklendi ve düşük hızda 3 sn vortekslendi. Daha sonra oda sıcaklığındaki minimal glukoz agarlı plaklara yayıldı. Top agarın plağın bütün yüzeyine donmadan yayılmasını sağlamak için karıştırma, dökme ve yayma işlemlerinin tümü 20 saniyeden az bir sürede yapıldı. Her deneyde, her geri dönme özgülüklerini doğrulamak için pozitif kontrol olarak bu suşlar için bilinen mutajenler olan 4-NPD (TA98 için) ve SA (TA100 için) kullanıldı. Bakteriyi ve kullanılan çözücüyü içeren, fakat test edilen kimyasalı içermeyen negatif kontrol plakları, her suş için kendiliğinden geriye dönen bakteri sayısının saptanmasında kullanıldı. Test maddesinin beş farklı konsantrasyonu (0.1, 1, 10, 100 ve 1000 µg/plak), çözücü, pozitif ve negatif kontrol eşliğinde her bir kontrol grubundan ve konsantrasyon serisinden aynı anda 6 petri plağına ekim yapılarak test edildi.

### 2.2. İstatistiksel Analiz

Deney sonucunda Cabral®'ın etkisiyle geri dönen koloni sayıları saptandı. Kontrol plakları ile Cabral®'ın farklı konsantrasyonlarının denendiği plaklar arasında istatistiksel ayırım olup olmadığı tek yönlü varyans analizini (OneWay ANOVA) takiben Dunnett test metoduna göre araştırıldı. Gruplar arasındaki ayırım minimum  $p < 0.05$  düzeyine göre anlamlandırıldı.  $p < 0.001$ , gruplar arasında ileri düzeyde istatistiksel ayırım olduğunu göstermektedir.

### 3. Bulgular

*Salmonella* reversiyon testinde bir maddeye mutajen denilebilmesi için histidin prototroflarının sayısının, kendiliğinden geriye dönen koloni sayısının en az iki katı olması gerekir. Bununla birlikte bu sayı kendiliğinden geri dönen koloni sayısının iki katından az olup, doza bağlı artış söz konusu olursa, bu durumda da bu maddeye mutajen denilebilmektedir (Maron ve Ames, 1983; Mortelmans ve Zeiger, 2000).

Çalışmamızda TA98 ve TA100 suşlarında Cabral®'ın denenen hiçbir konsantrasyonu reversiyon mutasyonlarını kontrol ve çözücü kontrole göre önemli seviyede etkilememiştir ( $p > 0.05$ ) (Tablo 2). Kontrol ve çözücü kontrol ile benzer sayıda revertant koloni sayısı içeren Cabral® muameleli gruplarda pozitif kontrole göre revertant koloni sayısı düşüktür, bu da non-mutajenik kimyasallar için beklenen bir sonuçtur.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde, test edilen feniramidol'ün ticari formu Cabral®'ın denenen hiçbir dozu TA98 ve TA100 suşlarında mutajenik etki göstermemiştir.

Yaptığımız literatür taramasında Cabral® ve etken maddesi feniramidol ile ilgili bugüne kadar yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak başka kas gevşetici ilaçlarla yapılan çalışmalara vardır. Bunlardan bazıları şunlardır.

Diazepam, *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537, TA1538 geri mutasyon testlerinde metabolik aktivatör varlığında ve yokluğunda mutajenik etki göstermemiştir. Aynı ilaç *Saccharomyces cerevisiae*, geri mutasyon testinde ise sadece metabolik aktivatör olan S9 karışımı yokluğunda mutajenik etkiye sahip değildir (Balbi vd.,1980).

Benzodiazepinler ve benzodiazepin analoglarının çoğu *S. typhimurium*, *E. coli* ve *S. cerevisiae* geri mutasyon testlerinde S9 karışımı varlığında ve yokluğunda mutajenik

Tablo 2. Feniramidol (Cabral®)'un farklı konsantrasyonlarının *S. typhimurium* TA98 ve TA100 suşları üzerinde mutajenik etkileri

Test Maddesi	Konsantrasyon ( µg/ petri )	TA 98 (revertant koloni sayısı)	TA 100 (revertant koloni sayısı)
Kontrol		26.33 ± 2.82	137.50 ± 10.60
DMSO	100 µL	25.83 ± 1.49	144.20 ± 20.10
4-NPD	100	1968.00 ± 257.00 *	-
SA	10	-	1177.50 ± 81.80 *
Cabral®	0.1	36.17 ± 6.33	138.50 ± 7.25
Cabral®	1	19.33 ± 3.12	129.83 ± 7.31
Cabral®	10	24.67 ± 1.99	122.00 ± 9.65
Cabral®	100	27.00 ± 2.96	122.00 ± 7.58
Cabral®	1000	22.83 ± 3.64	113.00 ± 12.70

\*: Aynı sütun içinde diğer tüm gruplara göre  $p < 0.001$  düzeyinde istatistiksel ayırım bulunmaktadır. Revertant kolonilerin tespitinde her bir grup için toplam altı petri kutusunda sayım yapılmıştır.

etkiye sahip olmadıkları bildirilmiştir (Balbi vd.,1980; Staiano vd.,1984; Kier vd., 1986; Wakisaka vd.,1987; Stoyanov vd., 1987; Black vd., 1987; Yamakage vd., 1994; Chlopkiewicz vd., 2001; Brambilla vd., 2007).

Genito-üriner sistem için seçici olan dikkate değer bir düz kas gevşetici ilaç flavoksat HCl'nin *S. typhimurium* geri mutasyon testinde ve *B. subtilis* DNA tamir ve mikronükleus testlerinde mutajen etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir (Veronese ve Barzaghi, 1987).

Karahalil vd. (2005) açık kalp cerrahisi süresince kullanılan diazepamın kromozomal aberasyonu (KA) neden olmadığını saptamışlardır.

Cerrahi öncesi kas gevşetici olarak kullanılan rocuronium bromide'in genotoksik etkisi *Drosophila melanogaster*'de Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART) ile araştırılmış ve rocuronium bromürün mutajenik ve / veya rekombinojenik etkilere sebep olmadığı bildirilmiştir (Koksal ve Gürbüz, 2015).

Tüm bu bulgular araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Fakat bahsi geçen bu kas gevşetici ilaçların mutajenik etkiye sahip olduğunu gösteren araştırma bulguları da vardır. Bunlardan bazıları şunlardır.

Leal Garza vd. (1998) diazepamın mutajenik aktivitesini belirlemek amacıyla farelerin kemik iliği hücrelerinde kardeş kromatid değişimi (KKD) ve mikronükleus (MN) analizi yapmışlardır. Diazepam'ın fare kemik iliği hücrelerinde mutajenik ve genotoksik etkileri gözlenmiştir ve bu ilacın insan sağlığı için de bir risk faktörü olabileceği vurgulanmıştır.

*In vitro* diazepam etkisindeki fare oositlerinde mayoz bölünmede gecikme olduğu ve anöploid hücre sayısının arttığı bildirilmiştir (Yin vd., 1998).

Ibrulj ve Nefic (1999) diazepam'ın genotoksik etkilerini insan kan lenfositlerinden hazırlanan kültürlerde araştırmışlardır. Diazepam'ın lenfositlerin mitotik aktivitelerini azalttığını, sayısal kromozomal aberasyonlara (KA) (daha çok hipodiploidi) neden olduğunu ve sitotoksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Genel anestezide kas gevşetici olarak kullanılan Esmeron'un (rocuronium bromür) genotoksik etkisi *in vitro* insan periferel lenfositlerinde KKD, KA ve MN testleri ile araştırılmıştır (Zan vd., 2011). 24 ve 48 saatlik etki süreleri sonunda Esmeron KKD'yi uyarmamakta, proliferasyon indeksi (PI), mitotik indeksi (MI) ve nükleus bölünme indeksini düşürmemektedir. Fakat KA'yı ve mikronükleus oluşumunu uyarmaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalardan anlaşılacağı üzere, anestetik ajanların Ames Salmonella/Mikrozom testinde genelde mutajenik olmadıkları fakat *in vivo* fare kemik iliğinde ve *in vitro* insan lenfositlerinde genotoksik etki gösterebildikleri görülmektedir. Bu sonuçlar anestetik ajanların substitüsyon veya frameshift mutasyon oluşturmalarından ziyade mitoz bölünmede hasarlara veya kromozomal anormalliklere sebep olabildiklerini göstermektedir. Dolayısıyla Ames Salmonella/Mikrozom test yöntemi kullanılarak anestetik maddelerin mutajenik etkileri hakkında elde edilen bilgiler bizim bu çalışmadan elde ettiğimiz bilgilerle tam bir uyum içindedir.

Bizim elde ettiğimiz ve daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar aynı test maddesinin farklı test sistemlerinde farklı sonuçlar verebildiğini göstermektedir. Bundan dolayı insanlar tarafından kullanılan her kas gevşetici ilacın yan etkilerinin uygun testlerle araştırılması ve birkaç kez doğrulanması gereklidir. Çünkü bir test maddesinin genotoksik etkiye sahip olup olmadığının yüksek güvenirlilikle saptanabilmesi için Ames Salmonella/Mikrozom test sistemi gibi bakteriyel mutajenite testlerinin kullanılması yanında *in vivo* hayvan kemik iliği ve *in vitro* insan lenfositleri gibi test sistemlerinin tümünün de kullanılması ve sonuçlarının beraber yorumlanması gerekir. Bizim yaptığımız bu çalışma bu test bataryasının ilk çalışması olması dolayısıyla önemlidir.

Bu çalışmada Ames Salmonella/Mikrozom testinin ve TA98-TA100 suşlarının seçilmesinin nedeni, ilaçların mutajenik etkilerinin araştırılmasında çok yaygın olarak

kullanılması, test parametreleri açısından en iyi standardize edilmiş ve mutajen/karsinojen etkisi en iyi bilinen kimyasallarla geçerliliği ispatlanmış bakteriyel test sistemlerinden biri olmasından kaynaklıdır. Ayrıca testin, diğer testlere göre çok hızlı sonuç vermesi, ucuz ve uygulanabilirliğinin kolay olması nedeniyle bu test sistemi seçilmiştir.

Yaptığımız çalışma sonucunda kas gevşetici ilaç Cabral®'in Ames Salmonella/Mikrozom test sisteminde mutajen olmadığı tespit edilmiştir. Ancak başka test sistemleri ile daha ileri araştırmaların yapılması hem sağlığımız hem de gelecek nesillerin sağlığı açısından son derece önemlidir.

## 5. Kaynaklar

- Balbi, A., Muscettola, G., Staiano, N., Martire, G. ve De Lorenzo, F., 1980. Psychotropic drugs: evaluation of mutagenic effect, Pharmacological Research Communications, 12, 423-431.
- Black, H., Szot, R., Arthaud, L., Massa, T., Mylecraine, L., Klein, M., et al., 1987. Preclinical safety evaluation of the benzodiazepine quazepam, Arzneimittel-Forschung/Drug Research, 37, 8 906-913.
- Boyacıoğlu, M., Arslan, Ç.Ö., Parlak, H. ve Karaaslan, M., 2007. Mutagenicity of Nonylphenol and Octylphenol Using Salmonella Mutation Assay, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 24, 3-4, 299-302.
- Bökesoy, T. A., Çakıcı, İ. ve Melli, M., 2000, Genel Farmakoloji ve Toksikoloji, Gazi Kitabevi, Ankara, 86-101s.
- Brambillaa, G., Carrozzinob, R. ve Martellia, A., 2007. Genotoxicity and carcinogenicity studies of benzodiazepines, Pharmacological Research, 56, 6, 443-458.
- Chlopkiewicz, B., Ejchart, A. ve Anuszevska, E., 2001. Tofisopam—evaluation of

- mutagenic and genotoxic properties, Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research, 58, 31-34.
- Dean, B., Brooks, T., Hodson-Walker, G. ve Hutson, D., 1985. Genetic toxicology testing of 41 Industrial chemicals, Mutation Research, 153, 57-77.
- Debnath, A., Compadre, R., Debnath, G., Shusterman, A. ve Hansch, G., 1991. Strure-Activity Relationship of Mutagenic Aromatic and Heteroaromatic Nitro Compounds Correletion Molecular with Orbital Energies and Hydrophobicity, Journal of Medicinal Chemistry, 34, 2, 786-797.
- Ibrulj, S. ve Nefic, H., 1999. Diazepam induced chromosome aberrations in human lymphocytes *in vitro*, Medicinski arhiv, 53, 1, 3-5.
- Igloe, M.C., 1963. The use of injectable phenyramidol in musculoskeletal disorders, Industrial Medicine & Surgery, 32, 242-247.
- Karahalil, B., Yağar, S., Bahadır, G., Durak, P. ve Sardaş, S., 2005. Diazepam and propofol used as anesthetics during open-heart surgery do not cause chromosomal aberrations in peripheral blood lymphocytes, Mutation Research, 581, 1-2, 181-186.
- Kayraldız, A., Kaya, F. F., Canımoğlu, S. ve Rencüzoğulları, E., 2006. Mutagenicity of five food additives in Ames/Salmonella/Microsome test, Annals of Microbiology, 56, 2, 129-133.
- Kier, L., Brusick, D., Auletta, A., Halle, E.V., Brown, M., Simmon, V., et al., 1986. The *Salmonella typhimurium*/mammalian microsomal assay. A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Program, Mutation Research, 168, 2, 69-240.
- Köksal, A., Köklü, S., Filik, L., Şaşmaz, N. ve Şahin, B., 2003. Phenyramidol-Associated Liver Toxicity, Annals of Pharmacotherapy, 37, 1244-1246.
- Köksal, P.M. ve Gürbüz, M., 2015. Analysis of genotoxic activity of ketamine and rocuronium bromide using the somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*, Environmental Toxicology and Pharmacology, 39(2): 628-634.
- Kutlu, M., Öztaş, E., Aydoğan, G., Işıkdag, İ. ve Özkay, Y., 2011. Bazı 9-Süstitüe Fenantren Türevlerinin Mutajenik Aktivitelerinin Ames/Salmonella/Mikrozom Testi İle Araştırılması, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, 1,1, 83-94.
- Leal, C.G., Valencian, G., Rojas, M. ve Cortes, E.G., 1998. Mutagenic activity of diazepam evaluated by *in vivo* cytogenetic tests, Archives of Medical Research, 29, 4, 285-289.
- Maron, D. ve Ames, B., 1983. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test, Mutation Research, 113, 173-215.
- Mortelmans K. ve Zeiger, E.E., 2000. The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay, Mutation Research, 455, 1-2, 29-60.
- O'Dell, T., Wilson, L., Napoli, M., White, H. ve Mirsky, J.H., 1960. Pharmacology of a series of new 2-substituted pyridine derivatives with emphasis on their analgesic and interneuronal blocking properties, The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 28, 65-74.
- Staiano, M. N., Belisario, R., Morte, C.D., Farina, P. ve Rimondelli, G., 1984. Muscettola Mutagenic effects of flunitrazepam, Bollettino della Societa



Italiana di Biologia Sperimentale, 60, 2247-2253.

Stoyanov, I., Nikolov, I., Chernozemskii, I. ve Stoichev, I., 1987. Assessment for mutagenicity of 10 pharmaceutical products following Ames, micronucleus, and sperm morphology testing, Toxicity Assessment, 2, 2, 207-215.

Synder, L. ve Champness, W., 2007. Third Edition Moleküler Genetics of Bacteria, Department of Microbiology and Molecular Genetics, Michigan State University East Lansing, Michigan Washington, DC, 492.

Veronese, M. ve Barzaghi, D., 1987. Experimental studies *in vitro* and *in vivo* on the mutagenicity of flavoxate, Arzneimittel-Forschung, 37, 5, 528-531.

Wakisaka, Y. ve Nishimoto, Y., 1987. Mutagenicity study on a new sleep inducer, a 1H-1,2,4-triazolylbenzophenone derivative (450191-S), and its metabolite in bacteria. Iyakuin Kenkyu, 18, 12-20.

Yamakage, K., Katoh, M., Sakamoto, K., Sasaki, K., Hashimoto, K., Ishihara, N., et al., 1984. Mutagenicity tests of clobazam, Iyakuin Kenkyu, 25, 874-885.

Yin, H., Baart, E., Betzendahl, I. ve Eichenlaub-Ritter, U., 1998. Diazepam induce meiotic delay, aneuploidy and predivision of homologues and chromatids in mammalian oocytes, Mutagenesis, 13, 6, 567-580.

Zan, U., Topaktas, M. ve Istifli, E. S., 2011. Document *in vitro* genotoxicity of rocuronium bromide in human peripheral lymphocytes, Cytotechnology, 63, 239-245.

## Esansiyel Yağların Broiler Beslemedeki Kullanım Alanları

Emre TEKCE<sup>1\*</sup>, Mehmet GÜL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Mustafa Beyaz M.Y.O, Şiran, Gümüşhane, Türkiye.

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye.

Geliş tarihi/Received 08.02.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 19.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 25.07.2016

### Öz

Hayvan beslemede broiler büyütme faktörü ve gastro intestinal sistemdeki patojen mikroorganizmaların kontrol altında tutmak için antibiyotik kullanılmaktaydı. Ancak antibiyotiklerin 2006 yılında yasaklanmasından sonra aynı etkiyi gösterecek alternatif ürünler aranmaya başlanmıştır. Bu ürünlerin başında da insan sağlığına herhangi bir yan etkisi olmayan, elde edilen hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmayan ve bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesini engellemek için bitki ekstraktı doğal ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Bu derlemede bitkisel ekstraktların genel özellikleri ve broiler beslemedeki kullanım alanları üzerinde durulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Bitkisel Ekstrakt, Broiler, Kullanım alanı

## Usege of Essential Fatty Acids in Broiler Feeds Area

### Abstract

Antibiotics were used in animal feeding in order to keep under control the broiler growth factor and pathogen microorganisms in gastrointestinal system. However, alternative products that can show the same effect have been sought after the prohibition of antibiotics in 2006. As one of such primary alternative products, people started to use herbal extracts which do not have any side effect on human health, leave no residue on animal products and are preferred to prevent bacteria from developing resistance to antibiotics. This review focuses on general characteristics of herbal extracts and their areas of use in broiler feeding.

**Keywords:** Essential oil, Broiler, Using Possibility

### 1. Giriş

Hayvan beslemede yemden yararlanmayı artırmak, hayvan sağlığını korumak, hayvanlardan elde edilen ürünlerin miktar ve kalitesini artırmak amacıyla çeşitli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır (Şengezer ve Güngör,2008). Bu katkı maddelerinin başında, büyütme faktörü ve gastro intestinal sistemdeki patojen mikroorganizmaları

kontrol altında tutmak için 50 yılı aşkın bir süredir kullanılan antibiyotikler gelmektedir (Dibner ve Richard, 2005; Üstündağ ve Özdoğan, 2011; Çetin, 2012). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), bu antibiyotiklerin yem katkı maddesi olarak yemlerde tedavi dozunun altında katılmaya başlandıktan sonra antibiyotiklerin hatalı dozda kullanımı ile mikroorganizmalar spesifik antibiyotiklere karşı zamanla bağışıklık kazandığı ve insan

\* Emre TEKCE, emretekce@gumushane.edu.tr, Tel: (0456) 233 10 32

sağlığı açısından risk oluşturabilecek dirençli bakterilerin oluşmasına zemin hazırladığı sonucuna varmıştır (Yörük vd., 2008; Çetin, 2012; Habrun vd., 2012). Bunun sonucunda Türkiye’de Tarım Bakanlığı tarafından 10.06.1996’da resmi gazete de yayınlanan Yemlik Preparat ve Mineral Yemlerin Satışı ve Tescil İşlemlerinde Uyulması Gereken Hususlar Hakkındaki yayının 14. maddesine istinaden 30.06.1999’dan itibaren büyütme faktörü olan antibiyotiklerin yem katkı maddesi olarak kullanımları yasaklanmıştır. Avrupa ve Türkiye’de geriye kalan ve yem içerisinde kullanımı serbest olan diğer antibiyotiklerin kullanımı ise 21 Ocak 2006 tarihinden itibaren kesin olarak yasaklanmıştır (Mazmanoğlu, 2008).

Yeni yasal düzenlemelerle beraber büyütme faktörü olarak antibiyotiklere alternatif olabilecek ve kanatlı sektöründeki kayıpları minimize edebilecek yeni yem katkı maddeleri aranmaya başlanmıştır (Brenes ve Roura, 2010; Köksal ve Küçükersan, 2012). Aranılan bu yem katkı maddeleri, özellikle son dönemlerde Avrupa Birliği’ne girme çabasındaki Türkiye’nin, Avrupa Birliği’nin hayvan ve hayvansal ürünler hakkındaki yönetmeliklerine uymak zorundadır. Bununla birlikte Avrupa Birliği’ne üye ülkelerdeki tüketicilerin; insan sağlığı, tükettikleri gıdaların güvenli oluşu ve çevre kirliliği gibi konulara karşı artan bir hassasiyet oluşmaktadır. Bu yüzden son yıllarda hayvanlara verilen yemlerde sentetik yem katkı maddeleri yerine organik maddeler verilerek organik ürünler elde edilmesi konusunda geniş çaplı araştırmalar başlamıştır. Hayvan beslemede kullanılan doğal yem katkı maddelerinin yemden yararlanmayı artırması, insan sağlığına olumsuz yönde oluşabilecek etkilerin azaltılması, hayvanlardan elde edilen ürünün miktar ve kalitesini artırması amaçlanmaktadır (Mazmanoğlu, 2008; Babaoğlu, 2008; Buğdaycı ve Ergün, 2011).

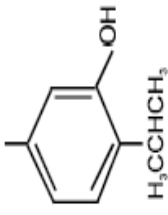
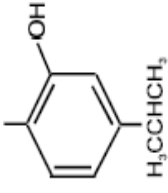
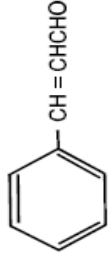
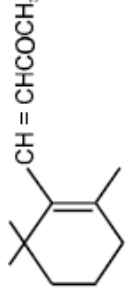
Hayvanlarda herhangi bir kalıntı bırakmayan ve insan sağlığı açısından herhangi bir risk içermeyen bitkisel özüt olan esansiyel yağlar hayvan beslemede kullanılan maddelerin başında gelir (Bilgin ve Kocabağlı, 2010).

Özellikle son yıllarda kekik (Oregano), karanfil, tarçın ve biberiye (Rosemary) gibi esansiyel yağların bu konuda etkili olduğu görülmektedir. Yapılan kimyasal analizler bunların yağlarının en önemli bileşenlerinin karvakrol, thymol, cinnamaldehyde, ionone ve eugenol olduğu (Lee vd., 2004; Yıldız, 2007; Bilal vd., 2008) ve bu bileşenlerin özellikle antimikrobiyal (Dorman ve Deans, 2000; Ultee vd., 2002), antifungal (Daouk vd., 1995; Jayashree ve Subramanyam, 1999; Mari vd., 2003), antioksidan (Botsoglou vd., 2004), antiviral (Bishop, 1995), antitoksijenik (Ultee ve Smid, 2001; Juglal vd., 2002), antiparaziter (Pandey vd., 2000; Pessoa vd., 2002), insektisidal (Konstantopoulou vd., 1992; Karpouhtsis vd., 1998), anti-inflamatuvar etkilerinin yanında yem tüketimi, yemden yaralanma, performansı artırıcı ve sindirim sistemini uyarıcı (Platel ve Srinivasan, 2000; Baser, 2008) etkileri olduğu bildirilmektedir.

## 2. Esansiyel Yağlar ve Genel Özellikleri

Esansiyel yağlar bitkilerin yaprak, çiçek, tohum ve köklerinden elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkli, kendi bitkisine has bir koku ve lezzet veren, genellikle eteri yağ, eterik yağ, kokulu yağ, uçucu yağ, ruh gibi adlandırmalar yapılan bileşiklerdir (Şengezer ve Güngör, 2008). Esansiyel yağlar çeşitli bileşiklerin farklı konsantrasyonda ve farklı kimyasal yapılarında birleşmesi sonucu oluşan kompleks yapıdadır (Al-Kassie, 2009). Esansiyel yağlar terpenler (linalool, geraniol, thujanol, borneol, menthol, citronnillol, alfa-terpineol) ve düşük molekül ağırlığındaki aliofatik hidrokarbonlar yada diğer bir deyişle fenilpropan (thymol, karvakrol, eugenol, gaiacol gibi fenoller ile cinnamaldehyde, cuminal, phellandral gibi aromatik aldehytler) olmak üzere iki temel yapıya ayrılır (Yıldız, 2007; Brenesa ve Roura, 2010). 5 karbonlu bloklar (izopran üniteleri) oluşturan yapıya sahip terpenler; monoterpenler (C10), seskiterpenler (C15), diterpenler (C20), sesterterpenler (C20), triterpenler (C30), karotenoidler (C40), politerpenler ((C5)<sub>n</sub>) gibi gruplara ayrılır (Karabacak, 2007; Umay, 2007).

Tablo 1. Esansiyel yağ asitlerinin kimyasal yapıları ve biyolojik aktiviteleri.

	<b>Timol</b>	<b>Karvakrol</b>	<b>Cinnamaldehyde</b>	<b><math>\beta</math>-ionone</b>
<b>Moleküler Ağırlığı</b>	150 C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	150 C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	132 C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	192 C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O
<b>Sinonim</b>	5-methyl-2-(1-methylethyl)phenol	2-methyl-5-(1-methylethyl)phenol	3-phenyl-2 propenal	4-(2,3,3-trimethyle-1-cyclohexen-1-yl)-3-buten-2-one
<b>Bulunan Ana Madde</b>	Timol (Lamiaceae)	Oregano (Lamiaceae)	Cinnamon (Lauraceae)	Boronia (Rutaceae)
<b>Görünüm</b>	Beyaz kristal	Açık sarı renkli bir sıvı	Biraz sarı renkli bir sıvı	Renksiz sıvı
<b>Koku</b>	Keskin kostik	Timol kokusu	Tarçın kokusu	Menekşe kokusu
<b>Kaynama Noktası</b>	233	237	246	266
<b>Yoğunluk, G/MI</b>	0.969	0.976	1.048	0.945
<b>Sağlamlık</b>	İyi	İyi	Zayıf	İyi
<b>Yapısı</b>				
<b>Biyolojik Aktivite</b>	Antimikrobiyal, Antiinflamatuar Antimelanomik, Antioksidant Antiseptik, Gaz Giderici, Lezzet	Antimikrobiyal, Antiinflamatuar, Antimelanomik, Antioksidant Antispasmodik, Gaz Giderici, Lezzet	Antimikrobiyal, Antiinflamatuar Antispasmodik, Antiuirease, Lezzet, Hypoglisemi	Antimikrobiyal, Antimelanomik, Antitumor Cytochrome- P450-tetikleyen, Hypocholesterolemic

Agricultural Research Service (ARS), Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases, <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/chem-activities.pl>,  
Lee, K.W. Evert, H. Beynen, A.C. 2004. Essential Oils in Broiler Nutrition. International Journal of Poultry Science, 3; 738-752.

Doğada tahminlere göre 1000'den fazla monoterpen ve 3000'den fazla seskiterpen olduğu tespit edilmiştir. Fenilpropan (C3 – C6 ) ise 3 karbonlu yan zinciri içeren 6 karbonlu aromatik bir halka olup doğada sadece 50 türevi tanımlanmıştır (Lee vd., 2004). Esansiyel yağlarda bulunan bazı etken maddeler ve bunların biyolojik aktiviteleri Tablo 1'de verilmiştir.

### 3. Esansiyel Yağların Elde Edilmesi

Esansiyel yağların elde edilmesi bitkideki uçucu yağ asit miktarına, cinsine ve bitki aksamına göre değişiklik gösterir (Toroğlu ve Çenet, 2006). Örneğin kereviz tohumunda limonen %74, yaseminde benzil asetat %22,9, ardıç meyvesinde alfa-pinene %33,7, maydanoz tohumunda

miyristik %44, nanegil ailesinden paculide ise %28,8 paculi alkoli içerir (Wei ve Shibamoto, 2007; Windisch vd., 2008). Tablo 2'de bitkilerden yağ asidi elde edilme yöntemi gösterilmiştir.

## 4. Esansiyel Yağların Etkileri

### 4.1. Antioksidan Etkileri

Antioksidanlar yağların ve yağ asitlerinin oksidasyonunu engellemek veya oksidasyonu uzatmak amacıyla kullanılmaktadır. Geçmişte butiratet hyroksianol, butiratet hyroksitoluen, bütiratet hyroksianol veya bütiratet hyroksinetolvenol gibi sentetik antioksidanlar yem katkı maddesi olarak kullanılmışlardır (Nakatani, 2000; Luna vd., 2010).

Tablo 2. Uçuşu yağ elde edilmesinde kullanılan yöntemler.

<b>1.Distilasyon Yöntemi:</b> <sup>1,2,3,4</sup> Soğutucu sistemine sahip bir cam balonun 2-5 saat kaynatılarak buharlaşan kısım içerisindeki yağ moleküllerinin yoğunlaşarak sudan ayrıştırılması	a-Su distilasyonu
	b-Buhar distilasyonu
	c-Vakum distilasyonu
<b>2.Ekstraksiyon Yöntemi:</b> <sup>1,3,4</sup> Bir çözücünün diğer bir çözücü içerisine transferi olarak tanımlanır.	a-Çözücü Ekstraksiyonu Yöntemi
	b-Süperkritik Sıvı Ekstraksiyon yöntemi
	c- Mikrodalgayla Ekstraksiyon yöntemi
	d-Sıkıştırılmış Çözücü Ekstraksiyon yöntemi
	e- Katı-Faz Mikro Ekstraksiyon yöntemi
d- Çok Yönlü Ekstraksiyon yöntemi	
<b>3-Anfloranj Yöntemi (Yağ Ekstraksiyonu):</b> <sup>2,5,6</sup> Bu yöntem genellikle uçucu yağ asidi az olan ilaçlar için kullanılır. Materyal yağ sürülmüş ince plaklar üzerinde bir kaç saat veya birkaç gün bekletilerek yağın ince plak üzerine çıkması ile alkol ekstraksiyonunda elde edilmesi yöntemidir.	
<b>4-Tüketme Yöntemi:</b> <sup>2,3</sup> Bu yöntem ile genellikle organik bir çözücü ile sokselet prensibine göre droglardan yağ elde edilmesi yöntemidir.	
<b>5-Mekanik yöntem:</b> <sup>1,2,3</sup> Meyvelerin (limon ve portakal gibi) kabuklarını bez içerisine koyarak soğuk hidrolik presle sıkılarak esansiyel yağ elde edilmesi işlemidir.	

1- Evren, M. Tektüner, B. 2011. Uçuşu Yağların Antimikrobiyal Özellikleri. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 9; 28-40.

2- Toroğlu, S. Çenet M. 2006. Tedavi Amaçlı Kullanılan Bazı Bitkilerin Kullanım Alanları ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Metotlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9.

3- Kılıç, A. 2008. Uçuşu Yağ Elde Etme Yöntemleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10, 13.

4- Biçer, A. Özkan G., 2003. Lavanta Bitkisi Çiçeklerinden Süperkritik Co<sub>2</sub> İle Uçuşu Yağların Ekstraksiyonuna Basıncın Etkisi. G.Ü fen bilimleri dergisi, 16; 717-723.

5- Cellat, K. 2011. Bazı Endemik Bitkilerin Uçuşu Yağ Bileşenlerinin Ekstrakte Edilmesi ve İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

6- Kara, D. 2001. Bazı Metal Katyonlarının N,N-bis(2 hidroksi-5-bromo-benzil)1,2-diaminopropan ile Çözücü Ekstraksiyonu ve Uygulamaları, Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı. Balıkesir.

Ancak fareler üzerinde yapılan bazı çalışmalarda butiratat hyroksitoluen ve bütiratet hyroksiyanol sentetik antioksidanların vücutta çeşitli organlarda tümör ve kanserojen yapıcı etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır (Lindenschmidt vd., 1986; Kahl ve Kappus, 1993; Yanishlieva vd., 1999). İnsan sağlığı açısından sentetik antioksidanların bu zararları ortaya çıkınca üreticiler fenolik terpenler içeren fitojenik bitkilere yönelmiştir. Antioksidan özelliği açısından fitojenik bitkiler içerisinde özellikle labiate familyasında yer alan kekik, biberiye, timol öne çıkmaktadır (Cuppet ve Hall,1998; Wojdyło vd., 2007; Windisch vd., 2008). Doğal antioksidan indirgeyici ajan, serbest radikal, pro-oksidasyon metal kompleksi yada oksijen oluşumunu engelleyici olarak fayda sağlar (Pratt, 1992). Antioksidanların bu faydaları ile sadece yemdeki lipit peroksidasyonunu değil aynı zamanda hücre membranını ve geçirgenliğini zararlı etkilere karşı korur (Nakatani, 2007).

Broiler etlerinde yapılan çalışmada timol ve karvakrol antioksidan etkilerinin sentetik antioksidanlara benzer etki gösterdiği (Luna vd., 2010), bunun yanı sıra antioksidan enzim aktivitesini artırdığı, yağ oksidasyonunu engellediği, sindirim enzimlerinin aktivitesini geliştirdiği ve broiler immun sistemini güçlendirdiği (Hashemipour vd., 2013), karaciğerdeki thiobarbiturik asit miktarını azalttığı, vitamin A ve E'nin serumda ve karaciğerde miktarını arttığı görülmüştür (Taverez vd., 2011).

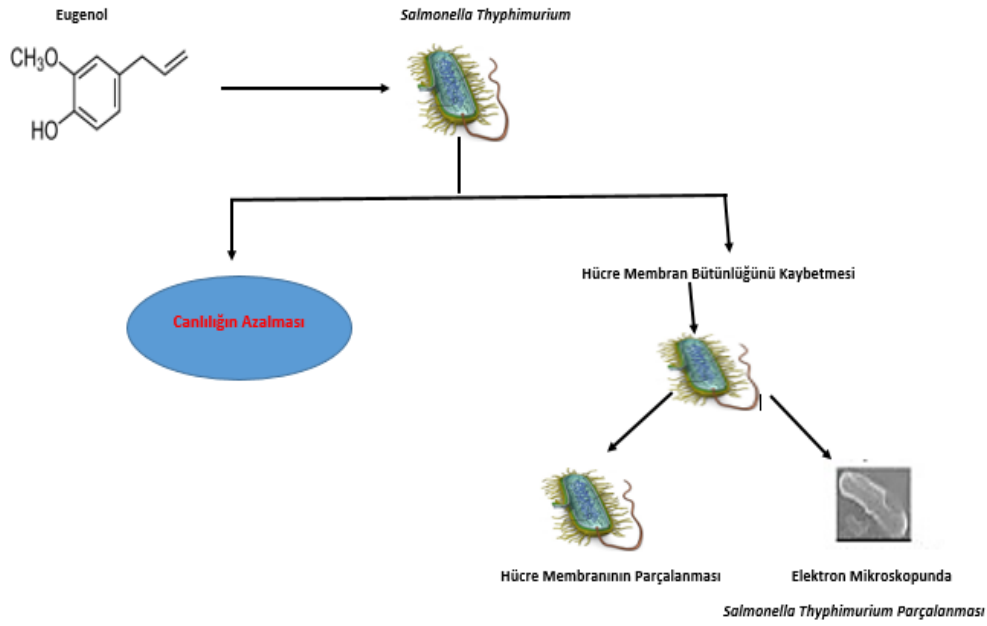
Kanatlı hayvanlara enerji kaynağı olarak verilen yağların oksidasyonu sonucu yemlerin tadı, kokusu ve besleyici değerini etkileyeceğinden başta kardivasküler hastalıklar olmak üzere çeşitli hastalıkların gelişimine sebep olur (Galobart vd., 2001). Bu durum da hayvanlarda verim düşüklüğü ve elde edilen ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkiler.

#### 4.2. Antimikrobiyal Etkileri

Esansiyel yağ asitlerinin patojen mikroorganizmalara karşı başarılı olduğu bilinmektedir (Witkowska ve Sowinska, 2013). Esansiyel yağ asitleri antimikrobiyal etki mekanizması ile ilgili olarak sahip oldukları hidrofobik (suyu sevmeyen) özellikleri sayesinde bakteri hücre membrana affinitesi olduğu ve bu sayede hücre mebranının geçirgenliğini artırmak suretiyle hücre stoplazmasındaki organelleri (Şekil 1) yıkıma uğratmaktadırlar (Sikkema vd., 1994; Burt, 2004; Chung vd., 2007; Devi vd., 2010).

*Clostridium perfringens* (*C.perfringens*) broilerde ekonomik kayıplara sebep olan nekrotik enteritisin etkenidir (Timbermont vd., 2010). Yapılan çalışmalarda zencefil ve karvakrol karışımının *C.perfringens* çoğalmasının durduğu broilerde villus uzunluğu, ağırlık artışı ve villus uzunluğu/krept derinliğini oranını artırdığı görülmüştür (Jerzsele vd., 2012). Başka bir çalışmada ise laboratuvar ortamında hazırlanan besi yerine inokule edilen *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *C.perfringens*, *Escherichia coli*, *Clostridium albicans* türü mikroorganizmaların ortama karanfil yağının ilavesi ile 2-7 dk içerisinde bu mikroorganizmaların %99,9 oranında inhibe olduğu tespit edilmiştir (Briozzo vd., 1989). Yapılan başka bir araştırmada ise thymol ve karvakrol karışımının da *C.perfringens* üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Mitsch vd., 2004). Bir diğer çalışmada ise thymol, cinnamaldehyde ve okaliptus *C.perfringens* etkeninin büyümesini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Timbermont vd., 2010).

Kümes hayvanlarından elde edilen ürünlerde patojen mikroorganizma olarak başta salmonella (*Salmonella enterica*, *Salmonella enterica* serovar, *Salmonella typhimurium* gibi *Salmonella enterica* serovar enteritidis) etkenleri gelmektedir.



Şekil 1. Karanfil uçucu yağ (eugenol) asidinin *Salmonella typhimurium* hücre yapısını bozması (Devi vd., 2010).

Özellikle *Salmonella typhimurium* kanatlı endüstrisinde kayıplara neden olan önemli bir etkidir. Hastalık hızlı farklılaşması ile gerek insanlar gerekse tavuk endüstrisi için önemlidir (Gürakan vd., 2008). Yapılan çalışmalarda cinnamaldehyde, thymol ve ksilanoz karışımının *Salmonella* enfeksiyonlarını % 77 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Amerah vd., 2012). Yapılan bir çalışmada broilerde esansiyel yağ asitlerinin bağırsak mikrobiyolojisi ve besi performansı incelenmiştir. Esansiyel yağ asitlerinin vücut ağırlığına %4-5 etki ettiği ,sekumda özellikle *Escherichia coli*, *Lactobacillus* türlerinin sayısında artışa sebep olduğu ve bu mikrobiyolojik değişime bağlı olarak sekumda 20 günde asetik asit, 41 günde propiyonik asit miktarında azalma olduğu; ancak 20 ve 41 günde bütirik asit miktarında ve sperm oranında artış olduğu görülmüştür (Tiihonen vd., 2010). Başka bir çalışmada ise patojen mikroorganizmalara karşı kekik ve biberiye esansiyel yağ asitlerinin etkileri incelenmiştir. Biberiye esansiyel yağ asidinin *Escherichia coli*, *Salmonella*

*indiana*, *Listeria innocua* üzerine etkili olduğu, kekik esansiyel yağ asidinin biberiye'nin etkilediği bakterilerin yanı sıra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* sayısında azalma sağladığı, yemden yararlanma ve ağırlık kazanımını etkilediği ancak besi performansını etkilemediği görülmüştür (Mathlouthi vd., 2011).

Broiler ile ilgili olarak yapılan çalışmada havaya nane ve kekik yağının sprey ile sıkılması, suya sıvı fomda katılması ve duvarlara belli aralıklarla sprey ile sıkılması sonucu alınan örneklerde Mesofilik bakteriler, Enterobakteriler, Staphylokoklar üzerinde hijyen sağlanması açısından etkili olduğu görülmüştür (Witkowska vd., 2013)

#### 4.3. Antiparaziter Etkileri

Kanatlılarda özellikle *eimeria* familyası içinde bulunan *Coccidia* türleri bulaşıcı ve öldürücü olan koksidiozis etkenidir. Esansiyel yağ asitlerinin antiparaziter etkileri üzerine yapılan çalışmalarda kekik

yağı ile antiparaziter ilaç olan lasalocid'in Eimeria tenella üzerine olan etkileri incelenmiş ve Eimeria tenella ookistleri üzerine etkili olduğu fakat antiparaziter ilaç olan lasalocid kadar etkili olmadığı sonucuna varılmıştır (Giannenas vd., 2003). Başka bir çalışmada ise invitro ortamda karvakrol, timol, isopulegol ve eugenol etken maddelerinin Eimeria oositlere karşı etkilerini incelemiş ve esansiyel yağ asitlerinin (0 ,0.3 ,0 ,5 .1 .2.4.10) düşük dozlarda dahi parazit ookistlerine karşı %90 oranında etkili olduğu görülmüştür (Remmal vd., 2013). Yapılan başka bir çalışmada ise tarçın, limon ve sarımsak karışımının Tetratrichomonas gallinorum ve Histomonas mellagritis üzerine etkili olduğu görülmüştür (Zenner vd., 2003).

#### **4.4. Büyüme Performansı ve Verim Üzerine Etkisi**

Antibiyotiklerin yasaklanmasından sonra yemlere katılan esansiyel yağ asitlerinin patojen mikroorganizmaların sayısını azaltması; büyüme, karkas randıma ve verim üzerine olumlu etkilerinin görülmesinden sonra kanatlı dietlerine ilave edilmeye başlanmıştır. Antibiyotiklerin yasaklanmasından sonra, Danimarka'da bulunan broiler çiftliklerinde yapılan araştırmada yemlere, antibiyotik katılmamasının yem tüketimini % 0,016 kg/kg (<%1) oranında artırdığı ve ölüm oranı ile karkas randımanı açısından sanıldığı kadar çok etki etmediği belirlenmiştir (Emborg vd., 2001).

Broilerde yapılan çalışmalarda yemlere 36 ve 48 mg/kg esansiyel yağ karışımı (Oreganum sp, Laurus nobilis L. Salvia triloba L. Myrtus communis, Foeniculum vulgare ve Citrus sp) ilavesinin vücut ağırlığı, yem alımı ve yem yararlanma oranı artırdığı, en iyi karkas randımanının 48 mg/kg esansiyel yağ karışımında olduğu, mortalite oranını diğer tedavi gruplarına göre yüksek olduğunu belirlenmiştir (Alçiçek vd., 2004). Yapılan

benzer bir çalışmada ise broiler yemlerine 50 mg/kg dozunda kekik, rezene, zencefil, biberiye ve çörek otu ekstraktlarının farklı deneme gruplarına katılması sonucu yem tüketimi ve canlı ağırlık artışı üzerine 50 mg/kg dozunda kekik gruplarında, en yüksek karkas randımanı ile en düşük Enterobakter sayısı 50 mg/kg dozunda rezene grubunda, en yüksek karaciğer ağırlığı 50 mg/kg dozunda kekik ve en düşük karaciğer ağırlığı da 50 mg/kg dozunda biberiye grubunda olduğu belirlenmiştir (Avcı, 2004). Yapılan başka bir çalışmada ise broiler rasyonlarına farklı seviyelerde katılan oreganum, karanfil ve anason (100, 200 ve 400 ppm) esansiyel yağ karışımının antibiyotik (avilamycin % 0,1) ile kıyaslamalı olarak yapılan araştırma sonucunda 200 ppm dozundaki esansiyel yağ karışımının günlük ağırlık kazancı üzerine kontrol grubuna kıyasla % 16, antibiyotikli gruplara göre % 8 artırdığı; yem dönüşüm oranına göre ise kontrol grubuna göre % 12, antibiyotikli gruplara göre % 6 artış sağladığı ancak yem alımı üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Ertaş vd., 2005; Amerah vd., 2012)

Bu çalışmaların aksine broiler yemlerine bitki ekstrak karışımının (200 ppm oreganum, tarçın, biberiye ile 5000 ppm adaçayı, oreganum ve biberiye) broiler vücut ağırlığını 0-21 günlerde düşürdüğü, 21-42 günlerde artış olduğu, yem tüketimi ve yem dönüşüm oranını düşürdüğü; pankreas, proventrikülüs, taşlık ağırlıklarına etki etmediği bununla birlikte karaciğer ağırlığını azalttığı, villus uzunluğu ile kript derinliğini artırdığı tespit edilmiştir (Hernandez vd., 2004; Garcia vd., 2007; Zhou vd., 2009). Oreganum türleri üzerine yapılan kimi çalışmalarda broiler yemlerine farklı dozlarda katılmasının yem alımı ve yem dönüşüm oranını artırdığı, vücut ağırlığına tesir etmediği, ölüm oranını düşürdüğü, karkas randımanı, karaciğer, pankreas ve taşlık ağırlığı üzerine etkisinin olmadığı, total protein, total kolesterol, ALT, AST ve



kript derinliğini artırdığı belirtilmiştir (Çabuk vd., 2006; Demir vd., 2005; Köksal vd., 2012).

Broiler rasyonlarına farklı dozlarda katılan vitamin E ve kekik yağının (100 ve 200 mg/kg) büyüme performansı, doku yağ asidi kompozisyonu ve bazı kan parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği araştırmada; kekik yağı ve E vitaminin 200 mg/kg dozunda katılan gruplarda ağırlık artışı ve yem dönüşüm oranını daha yüksek olduğu; kekik yağı ilave edilen gruplarda göğüs ve but dokularında doymuş (SFA) çoklu yağ asidi konsantrasyonunun azaldığı, ancak bu dokularda tekli doymamış yağ asidi konsantrasyonunun arttığı, plazmada trigiliserid, LDL-kolesterol, HDL-kolesterol seviyesinin arttığı belirlenmiştir (Bölükbaşı vd., 2006; Mathlouthi vd., 2011).Yapılan başka bir çalışmada ise antibiyotik (oksitetrasiklin) ile esansiyel yağ asidi karışımının (kekik,anason,narenciye kabuğu) broiler beslemedeki etkileri incelenmiş ve antibiyotik ile esansiyel yağ asidi karışımının hayatta kalma oranını %10 artırdığı, esansiyel yağ asidi karışımı arttıkça broiler canlı ağırlığının lineer olarak arttığı, yem alımının azaldığı ek olarak esansiyel yağ asidi karışımının duedonum villus uzunluğunu artırdığı, göğüs etinin daha kalın, daha yumuşak hale getirdiği görülmüştür (Mountzouris vd., 2011; Hong vd., 2012).

## 5. Sonuç

Sonuç olarak antibiyotiklere alternatif olabilecek çeşitli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ancak literatürlerde daha çok doğal bitkisel ekstratların antimikrobiyal, antifungal, antioksidan, antiviral, antitoksijenik, antiparaziter, insektisidal, antiinflamatuvar, yem tüketimi, yemden yaralanma ve performansı artırıcı sindirim sistemini uyarıcı özellikleri öne çıkmaktadır. Bunlar içerisinde önemli bir yere sahip olan bitkisel esansiyel yağ

asitlerinin broilerdeki etki dozu, etki mekanizması ve diğer özellikleri tam anlamı ile araştırılmadığı için kullanım alanı sınırlı olarak kalmaktadır. Derlemede bahsi geçen doğal bitkisel esansiyel yağ asitlerinin antibiyotiklere alternatif olabilecek dozların belirlenmesi için yoğun araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6.Kaynaklar

Al-Kassie GAM., 2009. Influence of Two Plant Extracts Derived From Thyme and Cinnamon on Broiler Performance. Pakistan Vet. Jour., 29;169-173.

Alçiçek A., Bozkurt M., Çabuk M., 2004. The Effect of a Mixture of Herbal Essential Oils, an Organic Acid or a Probiotic on Broiler Performance. South African Journal of Animal Science, 34; 217-222.

Agricultural Research Service (ARS), Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/chem-activities.pl>, 01.01.2016.

Amerah AM., Mathis G., Hofacre CL., 2012. Effect of Xylanase and a Blend of Essential Oils on Performance and Salmonella Colonization of Broiler Chickens Challenged with Salmonella Heidelberg. Poultry Science, 91; 943–947.

Avcı S., 2004. Etlik Piliç Karma Yemlerinde Bitkisel Ekstrakt Kullanımının Besi Performansına Etkileri. Fen Bilimleri Enstitüsü. Zootekni Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi.

- Babaoğlan M., 2008. Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Büyüme Uyarıcı Olarak Kullanımı Önerilen Farklı Timol ve Karvakrol Kaynaklarının Biyo-etkinliklerinin Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baser KH., 2008. Biological and Pharmacological Activities of Carvacrol and Carvacrol Bearing Essential Oils. *Curr. Pharm. Des.*, 14, 3106.
- Biçer A., Özkan G., 2003. Lavanta Bitkisi Çiçeklerinden Süperkritik CO<sub>2</sub> İle Uçuçu Yağların Ekstraksiyonuna Basıncın Etkisi. *G.Ü fen bilimleri dergisi*, 16; 717-723.
- Bilal T., Keser O., Abaş İ., 2008. Esans Yağların Hayvan Beslemede Kullanılması. *Erciyes Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 5; 41-50.
- Bilgin AŞ., Kocabağlı N., 2010. Etlik Piliç Beslemede Esansiyel Yağların Kullanımı. *İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 36; 75-82.
- Bishop CD., 1995. Antiviral Activity of The Essential Oil of *Melaleuca Alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel (Tea Tree) Against Tobacco Mosaic Virus. *Journal of Essential Oil Research*, 7; 641-644.
- Botsoglou NA., Christaki E., Florou-Paneri P., Giannenas I., Papageorgiou G., Spais AB., 2004. The Effect of a Mixture of Herbal Essential Oils or A-Tocopheryl Acetate on Performance Parameters and Oxidation of Body Lipid In Broilers. *South African Journal of Animal Science*, 34 (1).
- Bölükbaşı CŞ. Erhan MK. 2006. Etlik Piliçlerin Yemlerine İlave Edilen Kekik Yağı ve Vitamin E' nin Performans, Doku Yağı Asidi Kompozisyonu ve Raf Ömrüne Etkileri. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Buğdaycı KE., Ergün A., 2011. Esansiyel Yağ ve/veya Probiyotigin Broilerlerde Performans, İmmun Sistem ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 58; 279-284.
- Burt S., 2004. Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods, *International Journal of Food Microbiology*, 94; 223– 253.
- Brenes A., Roura E., 2010. Essential Oils in Poultry Nutrition: Main Effects and Modes of Action. *Animal Feed Science and Technology*, 158; 1–14.
- Briozzo J., Nunez L., Chirife J., Herszage L., D'Aquino M., 1989. Antimicrobial Activity of Clove Oil Dispersed in a Concentrated Sugar Solution. *J. Applied Bacteriol.*, 66; 69-75.
- Çabuk M., Bozkurt M., Alçicek A., Akbaş Y., Küçükyılmaz K., 2006. Effect of a Herbal Essential Oil Mixture on Growth and İnternal Organ Weight of Broilers From Young and Old Breeder Flocks. *South African Journal of Animal Science*, 36: 135-141.
- Cellat K., 2011. Bazı Endemik Bitkilerin Uçuçu Yağı Bileşenlerinin Ekstrakte Edilmesi ve İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Çetin M., 2012. Hayvan Beslemede Antibiyotik ve Antiparazitlere Alternatif Olarak Bitkisel Ekstraktlar ve Pelinotu'nun (*Artemisia Absinthium*) Kullanılması. KSÜ Doğa Bil. Derg., 15.

Chung KH., Yang KS., Kim J., Kim JC., Lee KY., 2007. Antibacterial Activity of Essential Oils on The Growth of *Staphylococcus Aureus* and Measurement of Their Binding Interaction Using Optical Biosensor. J. Microbiol. Biotechnol., 17; 1848–1855.

Cuppett SL., Hall CA., 1998. Antioxidant Activity of the Labiatae. Adv. Food Nutr. Res., 42; 245-271.

Daouk RK., Dagher SM., Sattout EJ., 1995. Antifungal Activity of the Essential Oil of *Oreganum-Syriacum*. Journal of Food Protection, 58; 1147-1149.

Demir E., Sarıca Ş., Özcan MA., Suiçmez M., 2005. The Use of Natural Feed Additives as Alternative to an Antibiotic Growth Promoter in Broiler Diets. Arch. Geflügelk., 69: 110–116.

Devi KP., Nisha SA., Sakthivel R., Pandian SK., 2010. Eugenol (an Essential Oil of Clove) Acts as an Antibacterial Agent Against *Salmonella Typhi* by Disrupting the Cellular Membrane. Journal of Ethnopharmacology, 130; 107–115.

Dibner JJ., Richard JD., 2005. Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode

of Action. Poultry Science, 84; 634 – 643.

Dorman HJD., Deans SG., 2000. Antimicrobial Agents From Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. Journal of Applied Microbiology, 88; 308-316.

Emborg HD., Ersboll AK., Heuer OE., Wegener HC., 2001. The Effect of Discontinuing the use of Antimicrobial Growth Promoters on the Productivity in the Danish Broiler Production, Preventive Veterinary Medicine, 50: 53-70.

Ertuş ON., Güler T., Çiftci M., Dalkılıç B., Şimşek UG., 2005. The Effect of on Essential Oil Mix Derived From *Oregano*, *Clove* and *Anise* on Broiler Performance, International Journal of Poultry Science, 4; 879-889.

Evren M., Tekgüler B., 2011. Uçucu Yağların Antimikrobiyel Özellikleri. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 9; 28-40.

Galobart J., Barroeta AC., Baucells MD., Codony R., Ternes W., 2011. Effect of Dietary Supplementation with Rosemary Extract and *A-Tocopheryl Acetate* on Lipid Oxidation in Eggs Enriched with  $\omega$ 3-Fatty Acids. Poultry Science, 80; 460–467.

Garcia V., Gregori PC., Hernandez F., Megias MD., Madrid J., 2007. Effect of Formic Acid and Plant Extracts on Growth, Nutrient Digestibility, Intestine Mucosa Morphology, and Meat Yield of Broilers, Journal of Applied Poultry Research, 16: 555–562.

Giannenas I., Florou-Paneri P., Papazahariadou M., Christaki E.,

- Botsoglou NA., Spais AB., 2003. Effect of Dietary Supplementation with Oregano Essential Oil on Performance of Broilers After Experimental Infection with *Eimeria tenella*, Arch. Tierernahr. 57; 99-106.
- Gürakan GC., Aksoy C., Ögel ZB., Ören NG., 2008. Differentiation of *Salmonella typhimurium* from *Salmonella enteritidis* and Other *Salmonella serotypes* Using Random Amplified Polymorphic DNA Analysis, Poultry Science, 87; 1068–1074.
- Habrun B., Simpraga B., Kompes G., Krstulovic F., 2012. Antimicrobial Resistance and Serotyping of *Salmonella enterica subsp. Enterica* Isolated from Poultry in Croatia. Veterinarski Arhiv., 82; 371-381.
- Hernandez F., Madrid J., Garcia V., Orengo J., Megias MD., 2004. Influence of Two Plant Extracts on Broilers Performance, Digestibility, and Digestive Organ Size, Poultry Science, 83:169–174.
- Hong JC., Steiner T., Aufy A., Lien TF., 2012. Effects of Supplemental Essential Oil on Growth Performance, Lipid Metabolites and Immunity, Intestinal Characteristics, Microbiota and Carcass Traits in Broilers, Livestock Science, 144; 253–262.
- Hashemipour H., Kermanshahi H., Golian A., Veldkamp T., 2013. Effect of Thymol and Carvacrol Feed Supplementation on Performance, Antioxidant Enzyme Activities, Fatty Acid Composition, Digestive Enzyme Activities, and Immune Response in Broiler Chickens. Poult Sci., 92; 2059-2069.
- Jayashree T., Subramanyam C., 1999. Antiaflatoxic Activity of Eugenol is Due to Inhibition of Lipid Peroxidation. Letters in Applied Microbiology, 28; 179-183.
- Jerzsele A., Szeker K., Csizinszky R., Gere E., Jakab C., Mallo J.J., Galfi P., 2012. Efficacy of Protected Sodium Butyrate, a Protected Blend of Essential Oils, Their Combination, and *Bacillus amylolique faciens* Spore Suspension Against Artificially Induced Necrotic Enteritis in Broilers. Poultry Science, 91; 837–843.
- Juglal S., Govinden R., Odhav B., 2002. Spice Oils For The Control of Co-Occurring Mycotoxin-Producing Fungi. Journal of Food Protection, 65; 683-687.
- Kahl R., Kappus H., 1993. Toxikologie der Synthetischen Antioxidantien BHA und BHT im Vergleich Mit Dem Natürlichen Antioxidans Vitamin E. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 196, 329-338.
- Kara D., 2001. Bazı Metal Katyonlarının N,N-bis(2 hidroksi-5-bromobenzil)1,2-diaminopropan ile Çözücü Ekstraksiyonu ve Uygulamaları, Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı. Balıkesir.
- Karabacak C., 2007. Bazı *Scutellaria orientalis* Türlerinin İçerisindeki

- Ekstraktif Bileşiklerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Karpouhtsis I., Pardali E., Feggou E., Kokkini S., Scouras ZG., Mavragani-Tsipidou P., 1998. Insecticidal and Genotoxic Activities of Oregano Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46; 1111-1115.
- Kılıç A., 2008. Uçucu Yağ Elde Etme Yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10, 13.
- Konstantopoulou I., Vassilopoulou L., Mavragani-Tsipidou P., Scouras ZG., 1992. Insecticidal Effects of Essential Oils. A Study of The Effects of Essential Oils Extracted from Eleven Greek Aromatic Plants on *Drosophila Auraria*. *Experientia*, 48; 616-619.
- Köksal BH., Küçükersan MK., 2012. Broiler Rasyonlarına Humat ile Bitki Ekstraktı Karışımı İlavesinin Büyüme Performansı, Bazı Bağışıklık ve Serum Biyokimya Değerlerine Etkileri. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 18; 103-108.
- Küçükyılmaz K., Çatlı AV., Çınar M., 2012. Etlik Piliç Yemlerine Esansiyel Yağ Karışımı İlavesinin Büyüme Performansı, Karkas Randımanı ve Bazı İç Organ Ağırlıkları Üzerine Etkileri, *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 18; 291-296.
- Lee KW., Evert H., Beynen AC., 2004. Essential Oils in Broiler Nutrition. *International Journal of Poultry Science*, 3; 738-752.
- Lee KW., Everts H., Kappert HJ., Frehner M., Losa R., Beynen AC., 2010. Effects of Dietary Essential Oil Components on Growth Performance, Digestive Enzymes and Lipid Metabolism in Female Broiler Chickens, *British Poultry Science*, 44; 450-457.
- Lindenschmidt RC., Tryka AF., Goad ME., Witschi HP., 1986. The Effects of Dietary Butylated Hydroxytoluene on Liver and Colon Tumor Development in Mice. *Toxicology*, 38: 151-160.
- Luna A., Lábaque MC., Zygadlo JA., Marin RH., 2010. Effects of Thymol and Carvacrol Feed Supplementation on Lipid Oxidation in Broiler Meat, *Poultry Science*, 89; 366-370.
- Mari M., Bertolini P., Pratella GC., 2003. Non-Conventional Methods for the Control of Post-Harvest Pear Diseases. *Journal of Applied Microbiology*. 94; 761-766.
- Mathlouthi N., Bouzaiennet., Oueslati I., Recoquillay F., Hamdi M., Urdaci M., Bergaoui R., 2011. Use of Rosemary, Oregano, and a Commercial Blend of Essential Oils in Broiler Chickens: In Vitro Antimicro- Bial Activities and Effects on Growth Performance, *J. Anim. Sci.*, 90; 813-823.
- Mazmanoğlu G., 2008. Etlik Piliç Yemlerine Antibiyotik, Esansiyel Yağ Karışımı ve Organik Asit Katılmasının Performans, Organ Ağırlıkları ve Kan Parametreleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mitsch P., Zitterl-Eglseer K., Kohler B., Gabler C., Losa R., Zimpfrik

- I., 2004. The Effect of two Different Blends of Essential Oil Components on the Proliferation of *Clostridium perfringens* in the Intestines of Broiler Chickens, *Poultry Science*, 83; 669–675.
- Mountzouris KC., Paraskevas V., Tsirtsikos P., Palamidi I., Steiner T., Schatzmayr G., Fegeros K., 2011. Assessment of a Phytogetic Feed Additive Effect on Broiler Growth Performance, Nutrient Digestibility and Caecal Microflora Composition, *Animal Feed Science and Technology*, 168; 223–231.
- Nakatani N., 2000. Phenolic Antioxidants From Herbs and Spices. *Biofactors*.13,141.
- Nakatani N., 2007. Antioxidants from Spices and Herbs. in ‘‘ Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications’’,Ed., shahidi F., Company AOCS,USA.
- Pandey R., Kalra A., Tandon S., Mehrotra N., Singh HN., Kumar S., 2000. Essential Oils as Potent Sources of Nematicidal Compounds. *Journal of Phytopathology*, 148; 501-502.
- Pessoa LM., Morais SM., Bevilaqua CML., Luciano JHS., 2002. Anthelmintic Activity of Essential Oil of *Ocimum Gratissimum* Linn. and Eugenol Against *Haemonchus Contortus*. *Veterinary Parasitology*, 109: 59–63.
- Platel K., Srinivasan K., 2000. Influence of Dietary Spices and Their Active Principles on Pancreatic Digestive Enzymes in Albino Rats. *Die Nahrung*, 44; 42-46.
- Pratt DE.,1992. Natural Antioxidants from Plant Material. In ‘‘ Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II ‘’, Ed., Huang M., Ho C., Lee C.Y . Company American Chemical Society, New Jersey.
- Remmal A., Achahbar S., Bouddine L., 2013. Oocysticidal Effect of Essential Oil Components Against Chicken *Eimeria* Oocysts. *International Journal of Veterinary Medicine*, 599816, 8.
- Şengezer E., Güngör T., 2008. Esansiyel Yağlar ve Hayvanlar Üzerindeki Etkiler. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 48, 101 – 110.
- Sikkemat J., Jan AM., Bontt D., Polmann B., 1994. Interactions of Cyclic Hydrocarbons with Biological Membranes. *The Journal Of Biological Chemistry*, 269; 8022-8028.
- Tavarez MA., Boler DD., Bess KN., Zhao J., Yan Y., Dilger AC., Mckeith FK., Killefer J., 2011. Effect of Antioxidant Inclusion and Oil Quality on Broiler Performance, Meat Quality, and Lipid Oxidation. *Poultry Science*, 90; 922–930.
- Tiihonen K., Kettunen H., Bento MHL., Saarinen M., Lahtinen S., Ouwehand AC., Schulze H., Rautonen N., 2010. The Effect of Feeding Essential Oils on Broiler Performance and Gut Microbiota, *British Poultry Science*, 51; 381-392.
- Timbermont L., Lanckriet A., Dewulf J., Nollet N., Schwarzer K., Haesebrouck F., Ducatelle R., Van Immerseel F., 2013. Control of *Clostridium perfringens*-induced Necrotic Enteritis in Broilers by Target-Released Butyric Acid, Fatty

- Acids and Essential Oils. Avian Pathology, 39;117-121.
- Toroğlu S., enet M., 2006. Tedavi Amalı Kullanılan Bazı Bitkilerin Kullanım Alanları ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Metodlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9.
- Toghyani M., Toghyani M., Gheisari A., Ghalamkari G., Eghbalsaied S., 2011. Evaluation of Cinnamon and Garlic as Antibiotic Growth Promoter Substitutions on Performance, Immune Responses, Serum Biochemical and Haematological Parameters in Broiler Chicks, Livestock Science, 138; 167–173.
- Ultee A., Smid EJ., 2001, Influence of Carvacrol on Growth and Toxin Production by *Bacillus cereus*. International Journal of Food Microbiology. 64; 373–378.
- Ultee A., Bennik MHJ., Moezelaar R., 2002. The Phenolic Hydroxyl Group of Carvacrol is Essential for Action Against the Food-Borne Pathogen *Bacillus cereus*. Applied and Environmental Microbiology, 68; 1561–1568.
- Umay A., 2007. Lavandula stoechas, Melissa officinalis ve Tribulus terrestris Bitkilerinin Kimyasal İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. ukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Üstündağ AÜ., Özdoğan M., 2011. Kanatlı Hayvan Beslemede Bakteriyosinlerin Kullanım Olanakları. Hayvansal Üretim, 52; 69-73.
- Yanishlieva NV., Marinovaa EM., Gordonb MH., Ranevaa VG., 1999. Antioxidant Activity and Mechanism of Action of Thymol and Carvacrol in Two Lipid Systems, Food Chemistry, 64; 59-66.
- Yıldız CH., 2007. Carvacrol, Tymol ve Rosmarinic Asit İçeren Bitki Ekstraktlarının Etlik Pililerde Performans, Sindirim Kanalı Histomorfolojisi ve Kan Parametreleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yörük MA., Laçın E., Hayırlı A., Yıldız A., 2008. Humat ve Prebiyotiklerin Farklı Yerleşim Sıklığında Yetiştirilen Japon Bildircınlarında Verim Özellikleri, Yumurta Kalitesi ve Kan Parametrelerine Etkisi. YYÜ Vet. Fak. Derg., 19; 15-22.
- Zenner L., Callait MP., Granier C., Chauve C., 2003. In Vitro Effect of Essential Oils From Cinnamomum Aromaticum, Citrus Limon and Allium Sativum on Two İntestinal Flagellates of Poultry, Tetratrichomonas gallinarum and Histomonas. Parasite. 10(2):153-157.
- Zhou TX., Chen YJ., Yoo JS., Huang Y., Lee HJ., Jang HD., Shin SO., Kim HJ., Cho JH., Kim IH., 2009, Effects of Chitooligosaccharide Supplementation on Performance, Blood Characteristics, Relative Organ Weight, and Meat Quality in Broiler Chickens, Poultry Science, 88: 593–600.

- Wei A., Shibamoto T., 2007. Antioxidant Activities and Volatile Constituents of Various Essential Oils. *Jour. Agric. Food Chem.*, 55: 1737–1742.
- Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., 2008. Use of Phytogetic Products as Feed Additives for Swine and Poultry. *J. Anim. Sci.*, 86; 140–148.
- Witkowska D., Sowińska J., 2013. The Effectiveness of Peppermint and Thyme Essential Oil Mist in Reducing Bacterial Contamination in Broiler Houses. *Poult. Sci.*, 92: 2834-2843.
- Wojdylo A., Oszmianski J., Czemerys R., 2007. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in 32 Selected Herbs. *Food Chemistry*, 105: 940–949.



## Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri

Kübra ŞAHİN<sup>1</sup>, Abdullah KAYGUSUZ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Demir Export Anonim Şirketi, Gümüşhane

<sup>2</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 10.02.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 08.04.2016

Kabul tarihi/Accepted 20.04.2016

### Öz

*Doğu Pontid'lerin Güney Zonunda Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve çevresinde yüzeylenen Eosen yaşlı volkanik kayaçlar mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak incelenmiştir. Mescitli volkanitleri bazaltik andezit, bazaltik traki andezit, traki andezit, andezit, dasit ve riyolit bileşiminde olup, başlıca plajiyoklas, alkali feldispat, kuvars, hornblend, ojit ve biyotit minerallerinden oluşurlar. Volkanitler kalk-alkali karakterli olup, orta-yüksek K içeriğine sahiptirler. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve hafif nadir toprak elementlerce zenginleşmiş, yüksek çekim alanlı elementler bakımından tüketilmişlerdir. Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle konkav şekilli olup ( $La_N/Lu_N=5-14$ ), volkanitleri oluşturan kayaçların benzer kaynaktan itibaren oluştuklarını gösterirler. Volkanitlerin gelişiminde başlıca ayırılma, daha az oranda da özümleme  $\pm$  magma karışımı rol oynamıştır. Tüm bu veriler, volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önce yitimle ilişkili olaylardan türeyen sıvıların metazomatizması yoluyla zenginleşmiş, yarı kıtasal litosferik manto kaynağı olabileceğini gösterir.*

**Anahtar kelimeler:** *Doğu Pontidler, Eosen, Jeokimya, Mescitli volkanitleri, Petroloji, Torul*

## Petrographical, geochemical and petrological features of Eocene volcanic rocks in the Mescitli (Torul/Gümüşhane) and surrounding area

### Abstract

*Eocene volcanic rocks of the Mescitli (Torul/Gümüşhane) and surrounding area in the southern part of the Eastern Pontides are investigated as mineralogical, petrographical and geochemical. Mescitli volcanic rocks are basaltic andesite, basaltic trachy andesite, trachy andesite, andesite, dacite and rhyolite in composition, and consists of mainly plagioclase, alkali feldspar, quartz, hornblende, augite and biotite minerals. They show calc-alkaline affinities and have medium to high K contents. They are enriched in large ion lithophile and light rare earth elements, with pronounced depleted of high field strength elements. The chondrite-normalized REE patterns ( $La_N/Lu_N=5-14$ ) show low to medium enrichment, indicating similar sources for the rock suite. The main solidification processes involved in the evolution of the volcanics consist of fractional crystallization with minor amounts of crustal contamination  $\pm$  magma mixing. All evidence supports the conclusion that the parental magma of the rocks probably derived from an enriched subcontinental lithospheric mantle, previously metasomatized by fluids.*

**Keywords:** *Eastern Pontides, Eocene, Geochemistry, Mescitli volcanic rocks, Petrology, Torul*

\* Abdullah KAYGUSUZ, abduallah.kaygusuz@gmail.com, Tel: (0456) 233 10 00-1707

## 1. Giriş

Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer alan Doğu Pontidler (KD Türkiye), volkanik ve plütonik kayaların yaygın olarak gözlemlendiği önemli alanlardan biridir. Doğu Pontid'lerde, Liyas, Kretase ve Eosen (ve sonrasında) olmak üzere üç ana volkanik devre belirlenmiştir (Adamia vd., 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Kazmin vd., 1986; Korkmaz vd., 1995; Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997). Doğu Pontid'ler, Kretase yaşlı kayaların litolojik olarak kuzey ve güney bölgelerde farklılık göstermesinden dolayı Özsayar vd., (1981) tarafından Kuzey ve Güney Zon olarak ikiye ayrılmıştır. Buna göre inceleme alanı Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer almaktadır.

Doğu Pontidler'de Tersiyer volkanitlerin gelişimi ile ilgili yapılan çalışmalarda; Tokel (1972; 1977), Eosen volkanitlerinin kalk-alkali özellikte ada yayı volkanizması ürünleri olduğunu belirtmiştir. Çamur vd., (1996), bölgedeki volkanitlerin yitim esnasında oluşum evrimine giren hareketli elementler bakımından zengin akışkanlarca ikincil bir zenginleşmeye uğrayan OOSB benzeri bir mantodan türediklerine işaret etmişlerdir. Arslan vd., (1997), yöredeki volkanik kayaların ana magmasının alt kabuk ve/veya üst mantodan türediğini belirtmiştir. Arslan ve Aliyazıcıoğlu (2001), Eosen yaşlı volkanitlerin tabanında yer alan mikritik kireçtaşlarında ve aglomeralar içindeki mikritik kireçtaşlarında bulunan Paleosen fosillerine dayanarak, Eosen volkanizmasının Paleosen döneminde başladığını ve ekstansiyonel rejimdeki havzada geliştiğini belirtmişlerdir. Şen vd., (1998), Doğu Pontid Alkali Volkanik Provensi'nde, Eosen yaşlı Trabzon ve Tonya grubu volkanitlerinin, metasomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinlikte diferansiyasyona uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Arslan vd. (2000), Trabzon ve Gümüşhane yörelerinde yüzeylenen Eosen volkanitlerinde magma karışımı ve kirlenme olaylarının belirleyici rol oynadığını belirtmişlerdir. Barbieri vd., (2000), Kuzey Zon'daki

Senozoyik yaşlı volkanitlerin yaşlarının 26 My etrafında kümelendiğini, Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali örneğin 26.5-27 My yaşında olmasını, yöredeki Senozoyik volkanitlerinin en son ürünü olarak yorumlamışlardır. Şen (2000), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyindeki Eosen sonrası kayalar içerisinde "ultramafik nodüllerin" varlığını ortaya koymuş ve bu nodüllerin manto kalıntısı olmadığını, magmanın değişik derinliklerinde kristallenen mineral birikimleri olduğunu belirtmiştir. Kaygusuz (2000), Torul yöresindeki Eosen volkanitlerinin kalk-alkali karakterde olduğunu belirtmiştir. Aydın vd., (2008), Trabzon yöresinde yer alan Neojen yaşlı alkali volkanik kayaların K-Ar yaşlarının 5.1 ile 3.2 My arasında olduğunu vurgulamışlardır. Aslan (2010), Gümüşhane civarındaki Eosen yaşlı kayalara ait tüflerin U-Pb zirkon yaşının 45.8 My olduğunu ve volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğini belirtmiştir. Kaygusuz vd., (2011a), Eosen yaşlı Torul volkanitlerinin K/Ar yaşlarının 33.45 ila 43.99 My aralığında (Orta-Üst Eosen) olduğunu, volkanitlerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$  değerlerinin 0.70457-0.70511 arasında,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$  değerlerinin ise 0.51264 ila 0.51278 arasında olduğunu ve köken magma(lar)sının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir üst manto kaynağından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Eyüboğlu vd., (2011a, b), Doğu Pontidler'deki Tersiyer magmatizmasının 57 milyon yıl önce (Geç Paleosen) Kop Dağı-Erzincan hattı boyunca adakitik karakterli olarak başladığını, zaman içinde kuzeye doğru göç ettiğini ve 45 milyon yıl önce Torul-Bayburt-İspir hattı boyunca adakitik magmatizmanın son ürünlerini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Temizel (2008), Doğu Pontidler'de Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer volkaniklerinin  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  yaşlarının 15.1 ile 49.1 My arasında olduklarını ortaya koymuştur. Aydınçakır (2012), Borçka (Artvin) civarındaki volkanik kayaların örneklerinin  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  yaşlarının 39.9 ile 46.0 My arasında değiştiğini belirtmiştir. Temizel vd., (2012), Ulubey (Ordu) yöresindeki

Tersiyer yaşlı volkanik kayaların köken magmasının daha önceden akışkanlar ve sedimanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış yitim ve astenosferik ergiyiklerin karışımından oluşan zenginleşmiş bir kaynak bölgeden türediğini ortaya koymuşlardır. Yücel (2013), Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer yaşlı volkanik kayaların  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yaşlarının 5.8 ile 44.7 My arasında olduğunu, çarpışma sonrası ekstansiyonel jeodinamik evrimine sahip olduğunu ve yitim akışkan±ergiyikleri ile zenginleşmiş litosferik mantodan türeyen ana magmalardan karmaşık magmatik süreçlerle farklılaştıklarını vurgulamıştır. Aslan vd., (2014), Gümüşhane yöresindeki andezitik lavların K-Ar yaşlarının 30.02 ile 37.62 My arasında, bazaltik daykların K-Ar yaşının ise 15.80 My olduğunu belirtmişlerdir.

Bu makalede Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve civarındaki Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ortaya konularak, Doğu Pontid Tersiyer magmatizmasının gelişimine açıklık getirilmeye çalışılacaktır.

## 2. Genel Jeoloji

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın en yaşlı kayaları Güney Zon'da Pulur masifi (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, b, 2007), Ağvanis masifi (Okay, 1984; Altunkaynak, 2000), Tokat metamorfik masifi (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006), Kurtoğlu metamorfikleri (Topuz vd., 2007, 2010), Karadağ metamorfikleri (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu metamorfik kayaları, Gümüşhane Batoliti (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Topuz vd., 2010) ve Köse Batoliti (Dokuz, 2011) ile temsil edilirken; magmatik yayın kuzeyinde küçük mostralara halinde Tonya güneyinde Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd., 2012a, b, 2013), Özdil yöresinde Özdil Granitoyidi (Kaygusuz vd., 2013, 2016) ve Maçka yöresinde Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd., 2013, 2016) ile temsil edilirler. Bununla birlikte metamorfizma yaşları tam olarak

bilinmemekle birlikte Kuzey Zon'da Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde gözlenen metamorfik kayalarında bölgenin taban kayalarını temsil ettiği görüşü yaygındır (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Triyas dönemini temsil eden kayaların varlığı tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresinde metamorfik kayalar üzerine gelen ve kırıntılı kayalardan oluşan istifin (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997; Topuz vd., 2004) ve Amasya yöresinde Tokat masifini oluşturan metamorfik kayalar üzerine gelen ve çok düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan kırıntılı kayalardan oluşan birimin (Alp, 1972) Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir. Eyüboğlu vd., (2010, 2011a, b), Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonların Geç Triyas yaşlı (191 ile 212 My) olduklarını belirtmişlerdir. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayalar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istif tarafından uyumsuz olarak örtülür. Kuşağın Kuzey Zonu'nda Jura yaşlı sedimanter oluşuklara seyrek rastlanılmakta (Giresun, Dereli) olup, birim genellikle volkanik kayalar ile temsil edilmektedir (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu, 2006; Şen 2007; Kaygusuz vd., 2012, 2013). Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda, Kuzey Zon'dan farklı olarak Erken-Orta Jura dönemi sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir ve daha geniş alanlarda yüzeyleme verir (Saydam Eker vd., 2012). Geç Jura-Erken Kretase dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın tamamında tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelişi egemendir. İlk kez Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak isimlendirilmiş olan birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilir (Taslı, 1984). Magmatik yayın güney kesiminde ise bu birim genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı

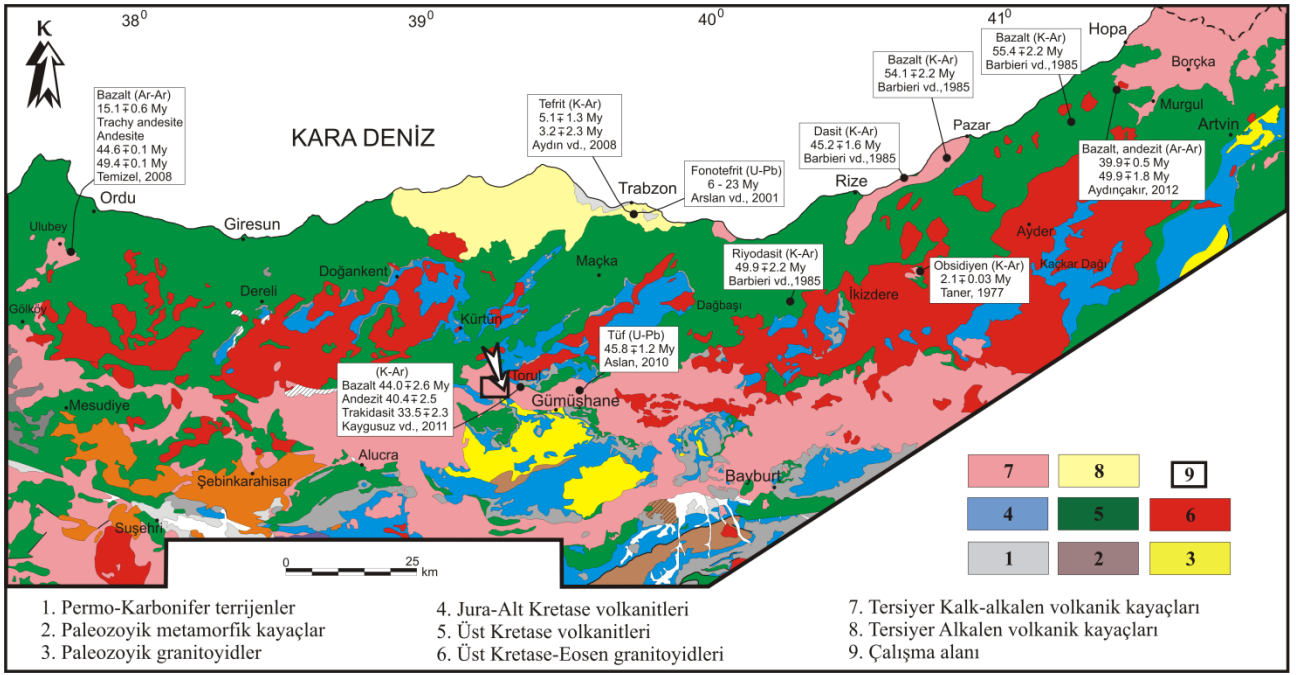
kireçtaşlarından oluşan, sığ denizel bir istif özelliği sunar (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002). Geç Kretase dönemi, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda kuzeyden güneye doğru önemli litolojik farklılıklar gösterir. Kuzey Zon'da şiddetli bir magmatizmanın ürünü olan volkanik kayalar ve granitoidik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturur (Bektaş, 1984; Jica, 1986; Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2004, 2006; Şahin vd., 2004; Karlı vd., 2004, 2010; Sipahi, 2005, 2011; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011a, 2012a, b, 2013, 2014; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Sipahi ve Sadıklar, 2014; Sipahi vd., 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013). Magmatizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul ara seviyelerin çökelişi söz konusudur. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalır ve magmatik kayalar ağırlıklı istif yerini sedimanter kayalar ağırlıklı bir istife bırakır. Daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca ise magmatizma yaygın olarak gözlenir (Altherr vd., 2008; Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010).

Senozoyik dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güney kesiminde sedimanter, kuzey kesiminde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Güneyde Senozoyik magmatizması Kop Dağları ve Erzincan hattı üzerinde Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Erken Eosen döneminde Gümüşhane-İspir hattı boyunca asidik magmatizma ve volkano-sedimanter istif özelliğindeki ürünleri oluşturmuştur (Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karlı vd., 2007, 2010, 2011; Kaygusuz vd., 2011a; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2011; Çakmak, 2013; Çakmak ve Kaygusuz, 2014; Öztürk, 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015). Doğu Pontid'lerin Kuzey Zon'unda Senozoyik döneminde magmatizma Güney Zon'dakine göre daha şiddetlidir ve bu dönemde kalk-alkalin granitoidik ve bazik volkanik kayaların oluşumu söz konusudur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Şen vd., 1998; Boztuğ vd., 2004; Karlı vd., 2011) (Şekil 1).

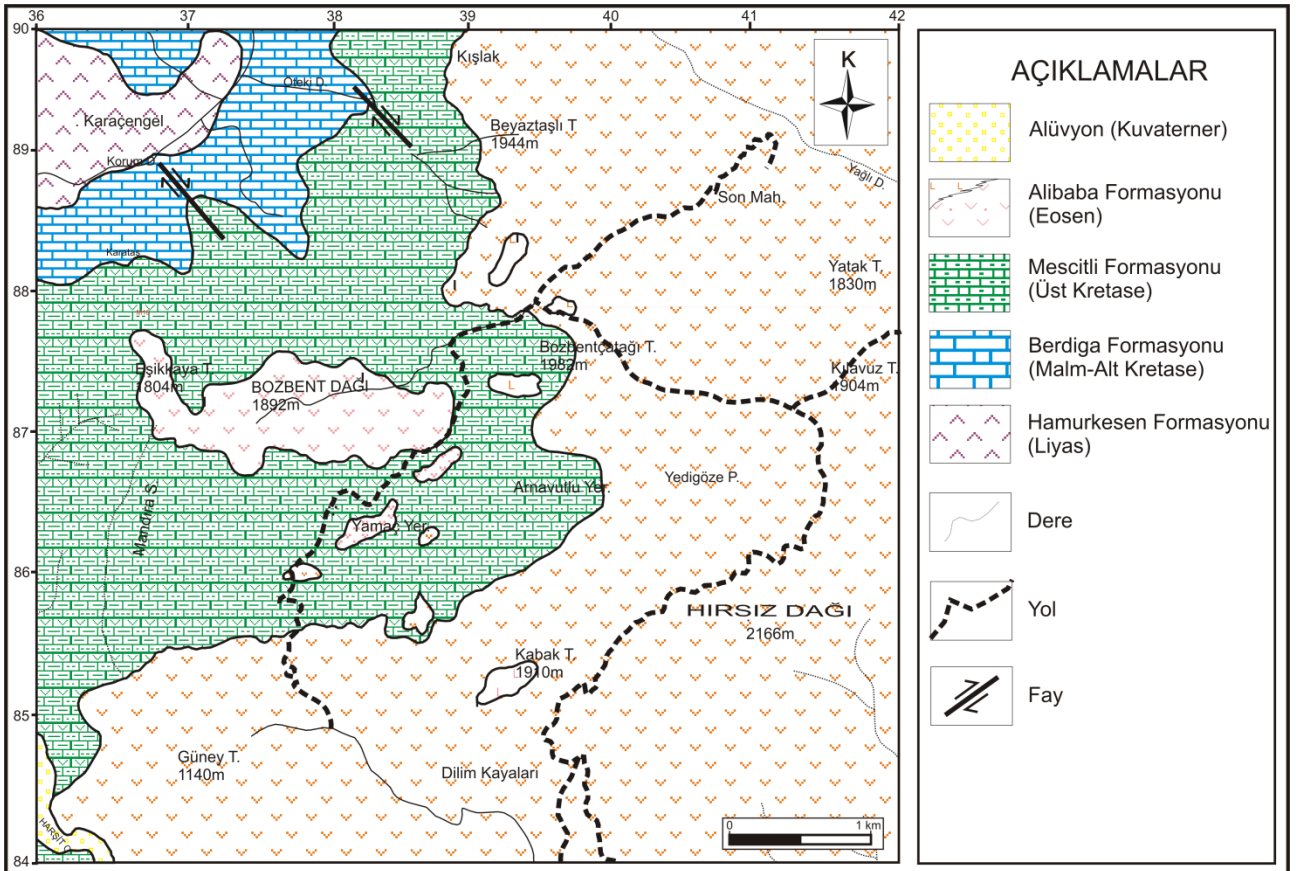
Sahil kesiminde ise Neojen yaşlı alkalin volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerini oluşturur (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve göl fasiesleri olarak gözlenmiştir (Erentöz, 1974; Ketin, 1983). Kuvaterner yaşlı oluşuklar traverten ve alüvyonlardan oluşurlar.

Doğu Pontid Tektonik Birliği Güney Zonu'nda yer alan ve genelde volkanik ve tortul kayaların egemen olduğu çalışma alanında, en yaşlı kayaları Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu oluşturur (Şekil 2). Birim Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. Geç Kretase yaşlı Mescitli Formasyonu bu birim üzerine uyumsuz olarak gelir. Tüm bu birimler Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. İnceleme alanının en genç birimini Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturur (Şekil 2).

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Alibaba Formasyonu inceleme alanında en fazla yüzelemeye sahip olup, başlıca Son Mahallesi, Beyaztaşlı Tepe, Bozbentçatağı Tepe, Kılavuz Tepe, Güney Tepe, Kabak Tepe, Dilim Kayaları, Bozbent Dağı ve Hırsız Dağı civarında yüzeylemektedir (Şekil 2). Bu birim tabanda volkanik breş, aglomera ve tüfler ile başlamakta, bunu killi kireçtaşı ve kumtaşı ara seviyeli hornblend/ojit andezit, kuvarslı andezit ve tüflerden oluşan birimler üstlenmektedir, en üstte ise riolit, dasit ve piroklastitlerinden oluşan birimler yer almaktadır. Aglomera ve breşler makroskobik olarak koyu gri, yeşil renkte olup, andezit çakılları bir matriks ile bağlanmışlardır. Andezit çakıllarının boyutları 5-25 cm arasında değişmekte olup, aglomeralarda yuvarlak veya oval, breşlerde ise köşeli şekildedirler. Tortul kayalar, inceleme alanında en belirgin şekilde Kabak Tepe civarında görülmekte olup, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşı mercerlerinden oluşur. Andezitler gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renkte olup, yer yer kalsit ve kuvars damarları içerirler.



Şekil 1. Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımları ile Tersiyer yaşlı volkanitlerden elde edilen jeokronolojik yaşlar (Güven, 1993 ve Aydınçakır, 2012'den değiştirilerek).



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Şahin, 2014'den değiştirilerek).

Dasit ve riyolitler inceleme alanında Bozbuğdağı Tepe ve Kabak Tepe civarında küçük kütleler halinde görülürler. Renkleri açık gri, pembemsi gri ve gridir. Alibaba Formasyonu'na ait andezit ve piroklastitleri bazalt bileşimli dayklar tarafından kesilmiştir. Bazalt daykları, inceleme alanında Hırsız Dağı civarında aglomeraları kesmiş olup, koyu gri ve siyah renktedir.

### 3. Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında, araziden derlenen kayaç örneklerinin ince kesitleri hazırlanmış ve polarizan mikroskopta ayrıntılı petrografik özellikleri belirlenmiştir. İnceleme alanına ait 16 adet kayaç örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada'da Vancouver, BC Analiz (ACME) Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, nadir toprak elementler (NTE) ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry) yöntemiyle ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0.2 gr toz örnek 1.5 gr LiBO<sub>2</sub> ile karıştırılarak, % 5 HNO<sub>3</sub> içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri için 0.250 gr toz örnek dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (LOI), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ilâ 0.04, iz elementler için 0.1 ilâ 8 ppm ve NTE için 0.01 ilâ 0.3 ppm arasındadır.

### 4. Mineraloji ve Petrografi

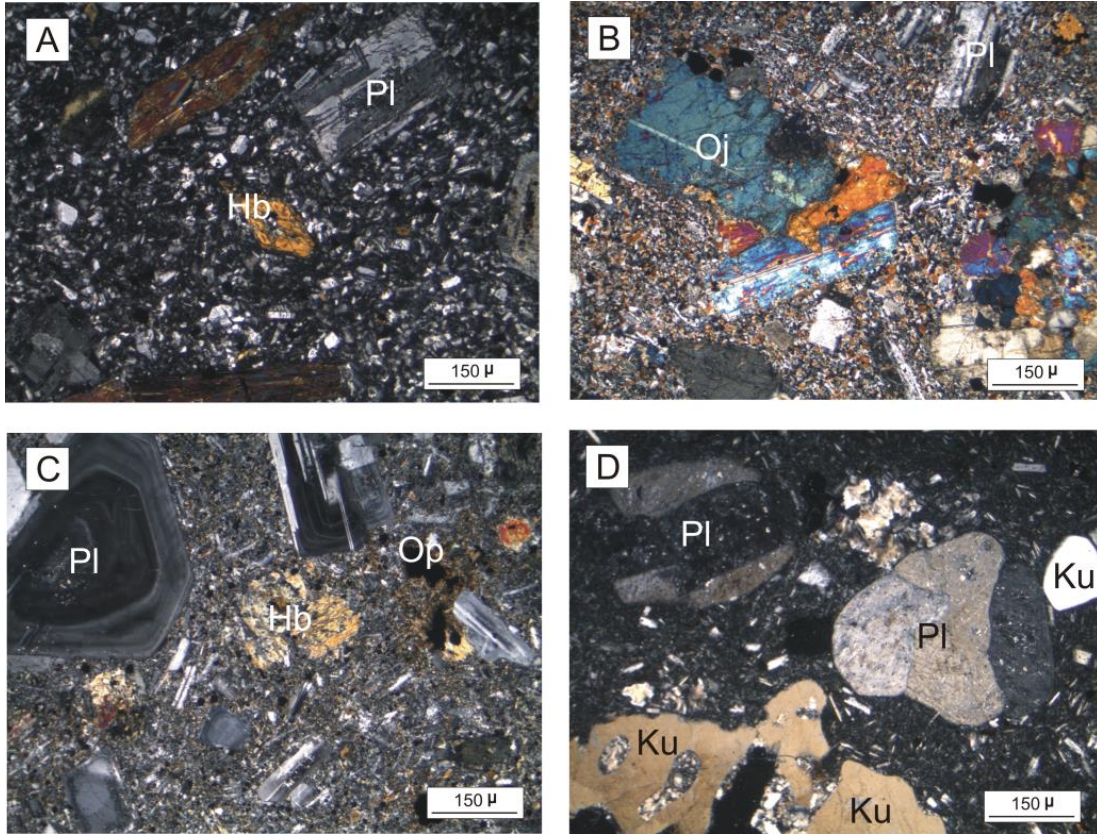
Çalışmanın ana konusunu oluşturan Eosen yaşlı Mescitli volkanitlerine ait andezit, dasit ve riyolit türü kayaçların dokusal özellikleri ile mineralojik-petrografik bileşimleri incelenmiştir. Andezitlerin mikroskobik incelemesinde porfirik, kısmende mikrolitik porfirik ve trakitik doku görülür. Plajiyoklas iri öz ve yarı öz şekilli uzun kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunur. İri kristaller genellikle zonlu yapı gösterir. Albit ikizi sunanlarda yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) An içeriğinin 32-38 arasında

değiştirdiği ve andezin olduğu belirlenmiştir. Bazı minerallerde albit ikizi, bazılarında da polisentetik ikiz görülür. En yaygın ayrışma ürünleri kalsit, klorit ve kil mineralleridir. Hornblendler iri öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içerirler. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 24-25 derece arasında sönme açıları gösterirler. Genelde kalsite ayrılmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir. Ojitler genelde iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük taneler halinde bazı kesitlerde görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde sönme açıları yaklaşık 40-43 derece arasında değişir. Biyotitler genellikle küçük prizmatik kristaller halindedir ve bazı kesitlerde görülür. Kırmızımsı kahverengi ve sarımsı kahverengi pleokroizma belirgindir. Opak mineraller az miktarda küçük taneler halinde ve dağınık olarak bulunur. İkincil mineraller kalsit, klorit, serizit ve epidot minerallerinden oluşur. Hamur plajiyoklas, ojit, hornblend ve biyotit minerallerinin mikro ve kripto kristallerinden ve opak mineral tanelerinden oluşur (Şekil 3).

Dasit/riyolitlerin mikroskobik olarak mikrogrönü porfirik dokuda oldukları gözlenmiştir. Plajiyoklaslar iri, öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. İri plajiyoklas kristalleri küçük hornblend ve opak mineral inklüzyonları içerir. Plajiyoklaslar bolluk sırasına göre albit ve albit-karlsbad ikizleri gösterirler. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 36-42 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde zonlanma görülmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme şeklindedir. Alkali Feldispatlar iri, öz veya yarı öz şekilli kristaller halinde olup hamurda küçük kristaller halinde bulunur. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi gözlenir. Kuvars genelde iri ve özsekilli kristaller halindedir. İri kristallerin bazılarının kenarları hamur tarafından yenmiştir (Şekil 3d). İri kristaller genelde dalgalı sönme gösterirler ve kırıklı yapıdadır. Biyotitler öz ve yarı özsekilli çubuğumsu prizmatik kristaller ve lameller halindedir. İncelenen kayaçlarda en

bol bulunan koyu renkli mineraldir. Bazı kesitlerde kenarlardan itibaren kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş olarak gözlenmektedir. Ayrışma sonucu açığa çıkan demir, dilinimler boyunca opak oksit yığılımlarına neden olmuştur. Hornblendler öz ve yarı özşekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 14-16 derece arasındadır. Bazı kesitlerde ayrışarak

klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem küçük kristaller halinde bulunur. Hamur plajiyoklas, kuvars, biyotit, hornblend ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşur. Tali mineraller zirkon ve apatit minerallerinden oluşurlar. Ayrışma minerallerini klorit, serizit ve kalsit oluşturur (Şekil 3).



Şekil 3. Mescitli volkanitlerine ait, a) Andezitlerdeki mikrolitik porfirik doku, b) Andezitlerdeki iri ojit minerali, c) Andezitlerdeki zonlu plajiyoklas minerali, d) Dasitlerde gözlenen mikrogrönü porfirik doku ve hamur tarafından yenmiş iri kuvars mineralleri (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Oj: Ojit, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral)

## 5. Eosen yaşlı Mescitli volkanitlerinin jeokimyasal özellikleri

### 5.1. Ana ve iz elementler

Mescitli volkanitlerine ait 16 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri de Tablo 1'de verilmiştir.

İncelenen örneklerin SiO<sub>2</sub> değerleri % 52.46-73.48 arasında olup, bazaltik andezitlerde en

düşük (52.46-55.40), riolitlerde ise en yüksektir (69.95-73.48). Örneklerin K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O oranları 0.37-1.40 arasında olup, andezitlerde en düşük (0.37-0.97), traki andezitlerde en yüksektir (1.04-1.19). Örneklerin Magnezyum numaraları [Mg#=100\*(MgO/MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>)] ise 9.33-38.74 arasında olup, riolitlerde en düşük (9.33-20.73), bazaltik andezitlerde en yüksektir (26.58-38.59) (Tablo 1).

Tablo 1. Mescitli volkanitlerine ait kayaçların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri

Kayaç Adı	Bazaltik andezit		Bazaltik traki-andezit		Andezit		Traki-andezit		Dasit		Riyolit					
	B11	B46	B58	B41	O12	B33	M19	M4	B24	B4	M27	M17	M1	B8	M26	M13
Örnek	B11	B46	B58	B41	O12	B33	M19	M4	B24	B4	M27	M17	M1	B8	M26	M13
SiO <sub>2</sub>	52.46	55.4	53.35	53.6	59.19	59.25	57.71	60.95	63.39	63.76	69.95	70.99	71.02	71.8	73.37	73.48
TiO <sub>2</sub>	0.56	0.58	0.63	0.63	0.57	0.61	0.57	0.42	0.4	0.39	0.3	0.64	0.48	0.54	0.24	0.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.16	16.17	16.06	17.7	15.87	15.21	14.54	18.25	16	14.79	15.06	14.77	14.26	15.06	12.57	13.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>T</sup>	7.43	7.16	8.22	7.99	6.35	6.04	6.62	3.4	4.41	4.76	1.95	3.11	2.2	1.54	1.97	2.09
MnO	0.12	0.13	0.14	0.16	0.1	0.11	0.09	0.11	0.08	0.07	0.14	0.06	0.04	0.02	0.05	0.07
MgO	2.69	4.5	4.7	3.95	2.28	2.61	2.65	2.15	2.36	1.74	0.51	0.32	0.51	0.17	0.5	0.47
CaO	9.83	6.13	6.11	6.82	5.28	6.16	6.71	3.58	4.08	3.64	2.37	1.12	1.76	2.53	0.99	1.6
Na <sub>2</sub> O	2.08	2.49	3.28	3.96	3.48	2.95	3.06	3.57	4.37	3.29	3.02	4.34	4.18	3.92	3.44	3.81
K <sub>2</sub> O	1.49	2.14	2.36	1.47	2.54	2.85	3.64	3.73	1.88	3.58	3.87	2.52	3.09	2.7	2.5	3.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.16	0.24	0.18	0.23	0.2	0.12	0.1	0.14	0.09	0.08	0.12	0.08	0.1	0.06	0.07
LOI	6.9	4.9	4.1	3.3	3.4	3.7	3.7	2.9	2.6	3.5	2.5	1.9	2.2	1.1	3.6	1.8
Toplam	99.81	99.76	99.19	99.76	99.29	99.69	99.41	99.16	99.71	99.61	99.75	99.89	99.82	99.48	99.29	99.89
Ga	14.5	16.2	15	17.6	16.1	13.4	11.9	8.5	15.9	14.3	12.9	10.7	12	12.1	8.9	9.6
Ni	13.5	8.2	8.6	6.8	3.5	8.1	8.3	3.8	13.6	3	1.4	2.1	1.2	1	1.1	0.8
V	182	212	226	206	213	171	157	76	106	85	34	20	15	9	18	12
Cu	68.8	14	87.9	86.2	23.2	208.1	16.2	12.4	44.1	23.2	7.1	2.9	1.7	2.1	2.8	1.4
Pb	12.5	3.7	5.5	8.1	12.7	7.1	5.7	15.6	14.3	17.6	27.4	16.3	21.5	14	26.1	18.7
Zn	53	52	37	58	40	34	53	79	64	48	51	90	44	7	29	30
W	1.5	0.7	1.1	0.5	0.9	0.9	2.9	1.4	0.5	1.5	4.2	1.5	1.7	3	3.7	1.9
Rb	32.7	40.8	71.2	32.5	33.8	62.5	87	72.8	35.5	77.4	86.1	53.9	83.7	53	84.1	78.5
Ba	680	620	742	481	608	722	936	1064	799	980	1250	525	665	2023	335	560
Sr	341.8	534.7	529.4	709.5	414.4	613.6	214.7	213.4	629.6	185.4	225.9	155.4	234	237.6	95.3	141.2
Ta	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.7	0.4	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6	0.8
Nb	3.5	2.7	2.7	2.9	4.8	4.1	7.7	4.9	4.3	4.7	7.2	8.5	10.6	9.4	7.8	9.1
Hf	2.3	2.1	2.2	2.2	3.3	2.8	3.5	2.4	2.1	3.7	2.8	4.9	5.1	5.2	3.1	4.9
Zr	76.5	76.5	76.8	77.5	118	107.3	106.4	101.9	91.1	115.2	113.9	188.2	181	195.6	116.7	168.1
Y	16.5	14.3	15.6	19.8	16.2	17	20.1	14.7	10.8	15.5	16	18.1	26.1	20.8	17.9	29.7
Th	6.7	4.9	6	2.2	8.6	6.7	13.3	10.2	5.1	11	11.7	7.3	10.4	7.5	15.3	11.5
U	2.2	1.3	1.8	0.6	2.8	1.8	3.6	2.3	1.2	2.3	3.3	2.3	3.4	2.5	4.4	3.1
La	17.7	16.5	19.9	14.6	27	21	27.5	25.8	20	23.7	28.2	21.5	28.7	25.7	30.5	30.1
Ce	30.3	27.6	35.9	28.6	49.7	39.9	51.6	42.5	35.5	40.4	49.5	44.1	54	44.1	51	53.1
Pr	3.43	3.23	4.06	3.49	5.5	4.52	5.62	4.58	4.02	3.98	4.93	4.68	6.04	4.99	5.12	6.17
Nd	14.1	12.7	15.3	15.9	21.3	19.1	20.7	15.9	15.2	15.3	19.2	17.9	23.7	18.4	17.9	22.5
Sm	3.05	2.68	3.4	3.03	4.19	3.83	4.31	2.94	2.8	2.47	3.12	3.89	4.73	3.75	2.98	4.9
Eu	0.87	0.82	1.02	1.05	1.1	0.97	1.09	0.65	0.85	0.79	0.99	1.19	1.14	1.51	0.65	1.16
Gd	3.12	2.63	3.38	3.26	3.99	3.39	4	2.71	2.24	2.68	3	3.9	4.48	4.13	2.28	4.88
Tb	0.47	0.37	0.45	0.5	0.6	0.47	0.62	0.45	0.32	0.4	0.46	0.59	0.74	0.61	0.43	0.81
Dy	3.2	2.49	3	3.48	3.3	2.93	3.69	2.52	1.78	3	2.7	3.18	4.43	3.69	2.47	4.84
Ho	0.62	0.49	0.54	0.73	0.65	0.6	0.78	0.6	0.32	0.51	0.61	0.77	1.01	0.78	0.61	1.04
Er	1.82	1.29	1.43	2.02	1.86	1.79	2.27	1.63	0.97	1.74	1.84	2.11	3	2.27	1.72	2.88
Tm	0.26	0.19	0.21	0.29	0.27	0.24	0.33	0.32	0.14	0.26	0.32	0.3	0.45	0.36	0.28	0.45
Yb	1.8	1.28	1.55	1.92	1.75	1.73	2.23	2.31	1.05	1.9	1.99	1.75	2.75	2.28	1.98	3.21
Lu	0.28	0.21	0.24	0.28	0.27	0.26	0.35	0.34	0.15	0.3	0.32	0.31	0.45	0.37	0.33	0.49
Mg#	26.58	38.59	36.38	33.08	26.42	30.17	28.59	38.74	34.86	26.77	20.73	9.33	18.82	9.94	20.24	18.36
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.72	0.86	0.72	0.37	0.73	0.97	1.19	1.04	0.43	1.09	1.28	0.58	0.74	0.69	0.73	0.81
Sr/Y	20.72	37.39	33.94	35.83	25.58	36.09	10.68	14.52	58.3	11.96	14.12	8.59	8.97	11.42	5.32	4.75
(La <sub>N</sub> /Lu <sub>N</sub> )	6.55	8.14	8.59	5.4	10.35	8.36	8.14	7.86	13.81	8.18	9.12	7.18	6.6	7.19	9.57	6.36
Eu=Eu/Eu*	0.85	0.93	0.91	1.02	0.81	0.81	0.79	0.69	1.01	0.93	0.98	0.92	0.75	1.17	0.73	0.72

LOI (loss on ignition=ateşte kayıp):Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>). A/CNK= Mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+NaO+K<sub>2</sub>O). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>: Toplam demir, Eu\*=(Sm+Gd)<sub>N</sub>/2

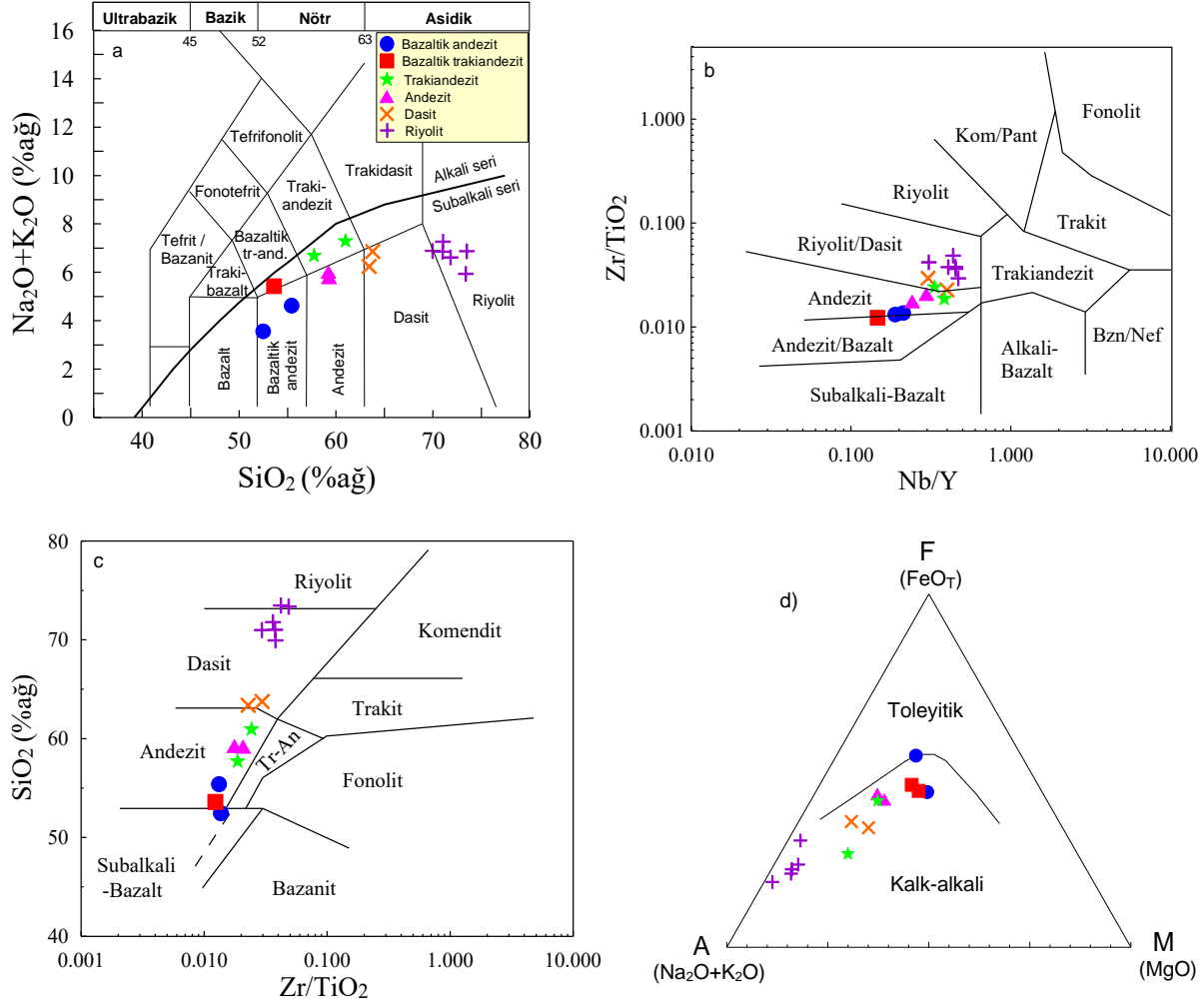
SiO<sub>2</sub>'ye karşı (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) diyagramında (Le Maitre vd., 1989), Mescitli volkanitlerinin subalkalen karakterli bazaltik andezit, bazaltik traki-andezit, andezit, traki-andezit, dasit ve

riyolit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülür (Şekil 4a). Winchester ve Floyd (1977)'ün Nb/Y'ye karşı Zr/TiO<sub>2</sub>\*0.0001 kimyasal adlandırma diyagramında volkanik kayaçlar



andezit/bazalt, andezit ve riyolit/dasit bileşimli kayalardan oluşur (Şekil 4b). Winchester ve Floyd (1977)'un  $\text{SiO}_2$ -Zr/TiO<sub>2</sub> diyagramında örneklerin genelde andezit ve dasit, az oranda da bazalt ve riyolit bileşimli

kayaçlardan oluştuğu görülür (Şekil 4c). AFM diyagramında, sınıra düşen B11 nolu 1 örnek (bazaltik andezit) hariç, örneklerin tümü kalk-alkalen karakterlidir (Şekil 4d).



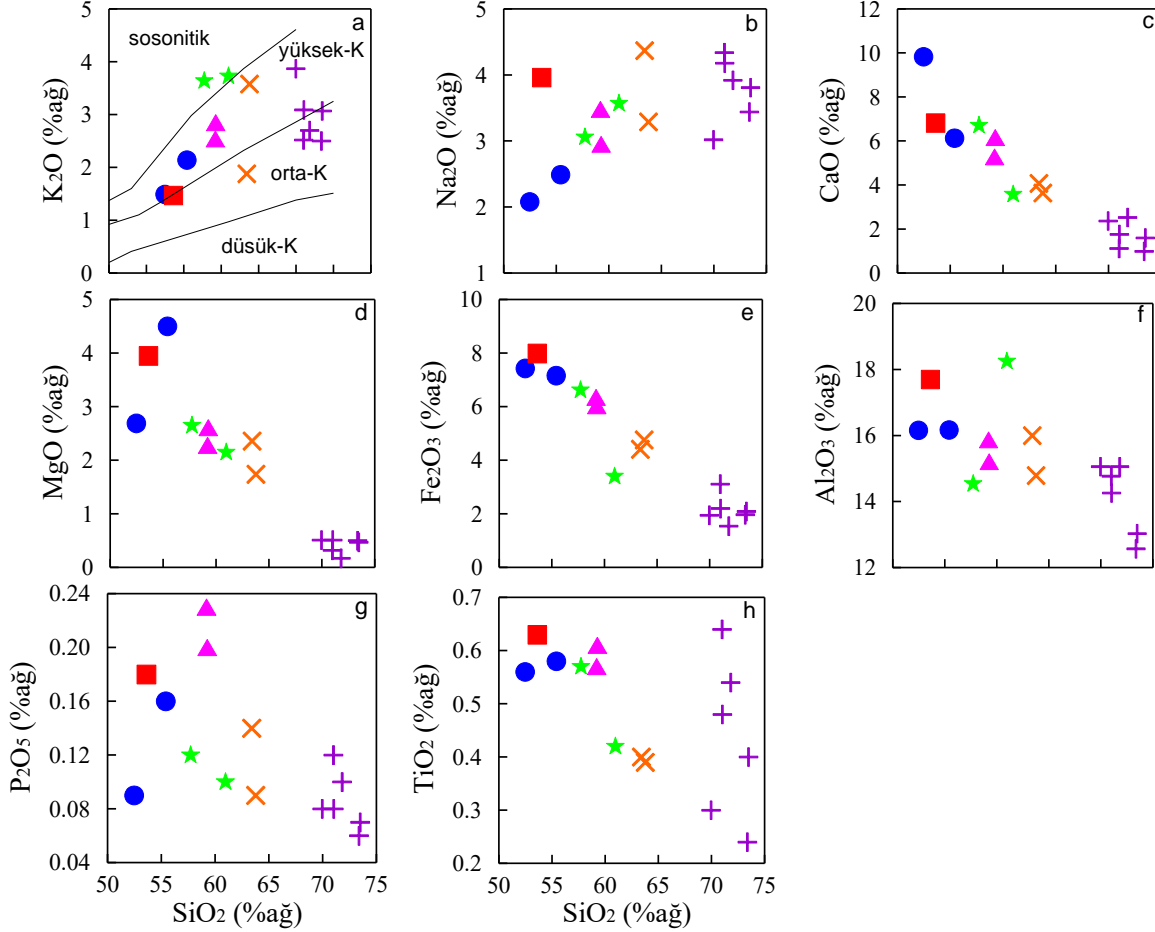
Şekil 4. Mescitli volkanitlerine ait örneklerin a)  $\text{SiO}_2$ 'e karşı toplam alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) diyagramı (Le Maitre vd., 1989) (Alkali/Subalkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'den alınmıştır), b)  $\text{Nb}/\text{Y}$ 'e karşı  $\text{Zr}/\text{TiO}_2$  sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), c)  $\text{SiO}_2$ - $\text{Zr}/\text{TiO}_2$  diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), d) AFM diyagramı (Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'den alınmıştır)

Kayaç örnekleri  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{SiO}_2$  diyagramına (Le Maitre, 1989 ve Rickwood, 1989) düşürüldüğünde, andezit, trakiandezit, bazaltik andezit ve bazaltik traki-andezitlere ait örneklerin yüksek potasyum; dasit ve riyolite ait örnekler ise orta-yüksek potasyum içeriğine sahip oldukları görülür (Şekil 5a).

$\text{SiO}_2$ 'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramlarının (Şekil 5 ve 6) bir kısmında düzensiz dağılımlar gözlenmekle birlikte, yer yer iyi korelasyonlar vermeleri, Eosen yaşlı volkanitlerin gelişiminde ayrımlaşmanın oldukça önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı ana element değişim diyagramlarında;  $\text{SiO}_2$  değerleri

artıkça CaO, MgO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup> azalarak iyi derecede negatif bir ilişki gösterirler (Şekil 5c-e). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve TiO<sub>2</sub>'de SiO<sub>2</sub> arttıkça çok iyi olmasa da yine negatif bir ilişki

görülmür. K<sub>2</sub>O ve Na<sub>2</sub>O değerlerinde ise SiO<sub>2</sub> artışına paralel olarak pozitif bir korelasyon gözlenir (Şekil 5a ve b).

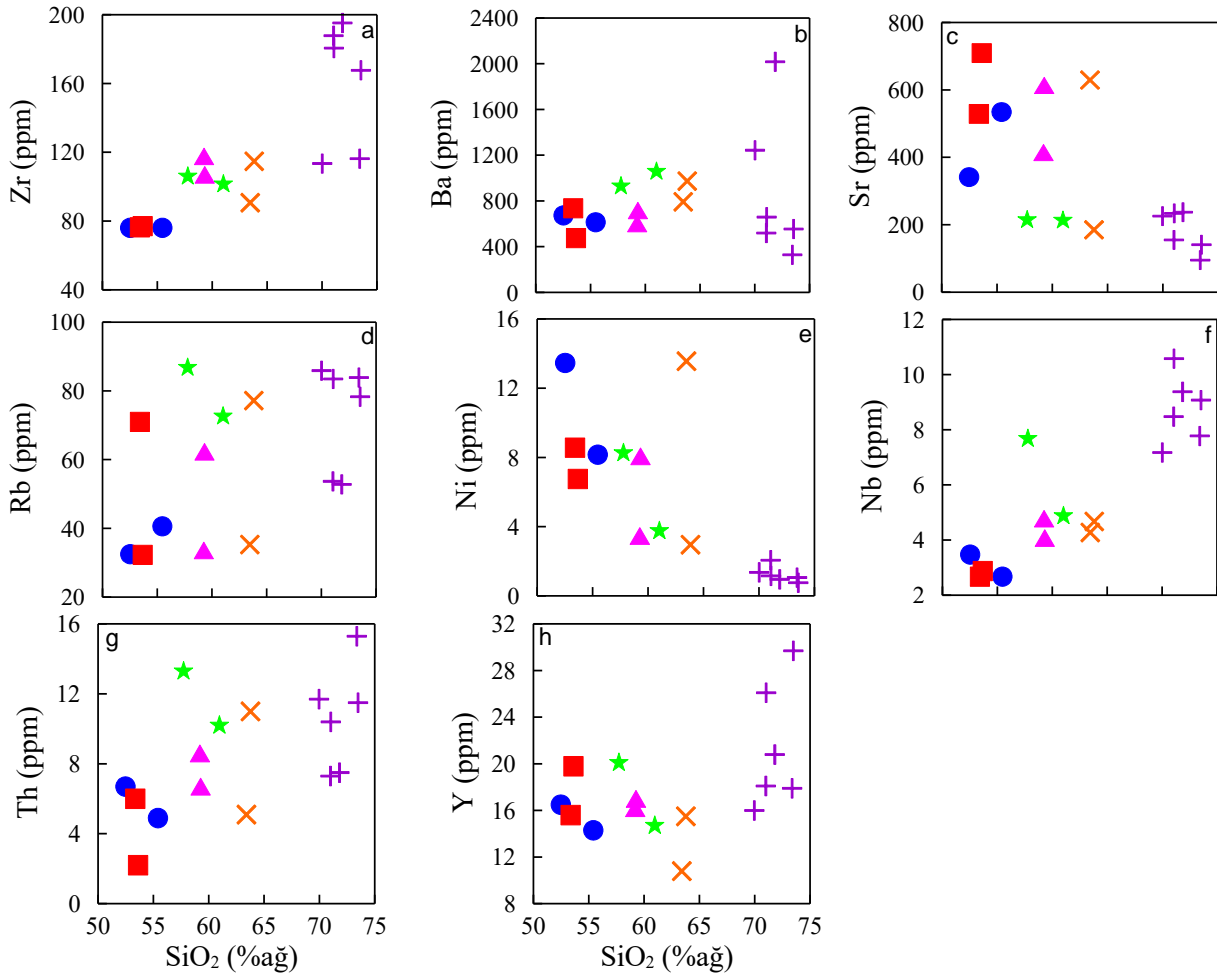


Şekil 5. Mescitli volkanitlerine ait kayaç örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana element değişim diyagramları (SiO<sub>2</sub>'e karşı K<sub>2</sub>O diyagramı Le Maitre vd., 1989'dan alınmıştır) (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz element değişim diyagramlarında; SiO<sub>2</sub> arttıkça Zr, Ba, Rb, Nb ve Th değerlerinde pozitif bir ilişki gözlenirken; Sr ve Ni'de negatif bir ilişki gözlenir (Şekil 6a-h). Y değerlerinde ise riyolitlerde pozitif, diğer kayaç türlerinde ise negatif bir ilişki gözlenir (Şekil 6).

Örneklerin ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş

olan iz element değişim diyagramında Sr, K, Rb, Ba, Th, U, Pb ve Nd konsantrasyonları bakımından zenginleşme gözlenirken; Ti, Nb, Ce, Pr, P ve Ta bakımından fakirleşme izlenmektedir (Şekil 7a-g). Özellikle Th, U ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır. Negatif Nb ve Ta anomalisi, kayaçların ana magmasının gelişiminde, yitim bileşeninin etken bir rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 6. Mescitli volkanitlerine ait kayaç örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

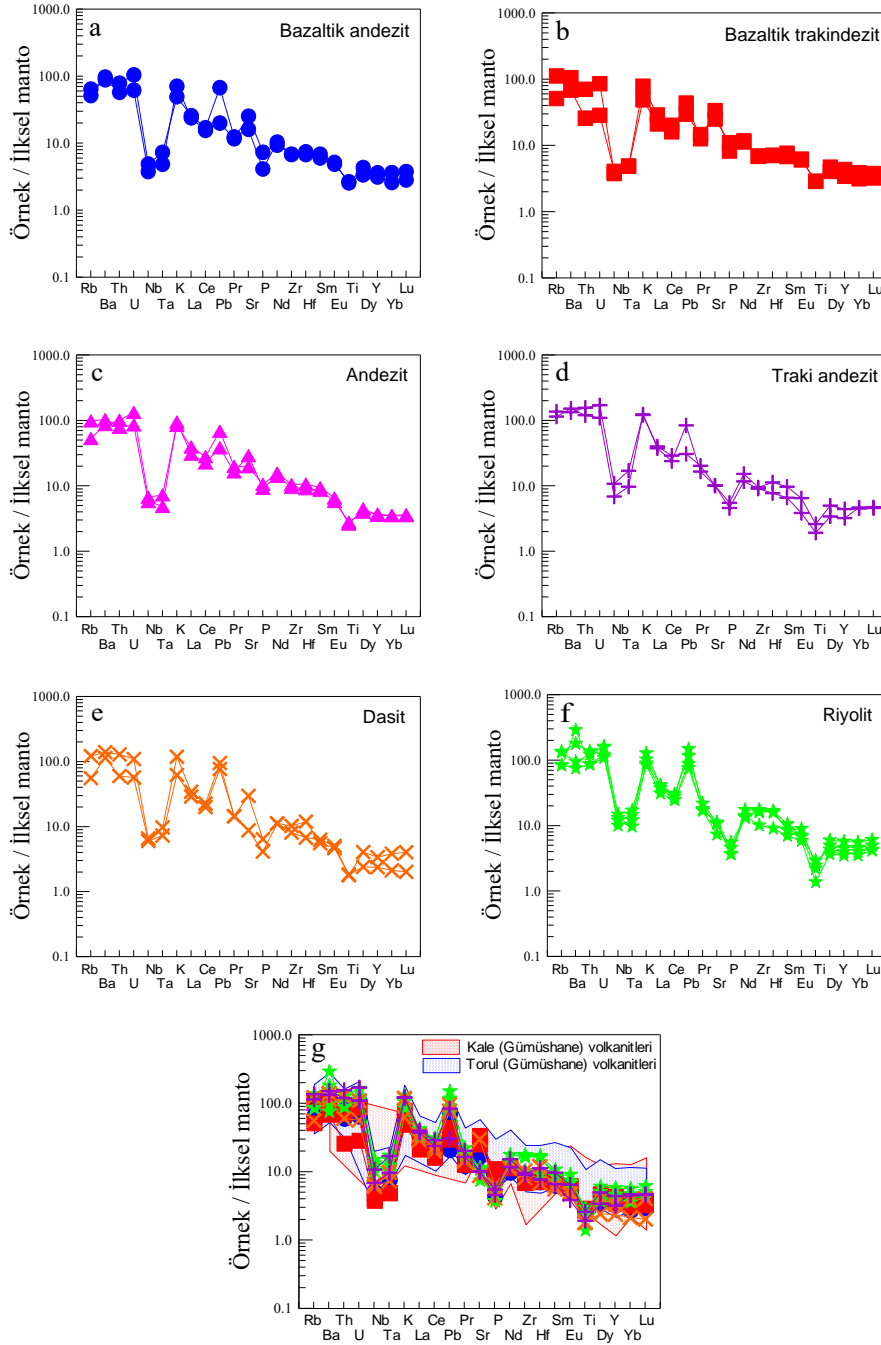
Bölgede Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında, incelenen volkanik kayaçların iz element içerikleri Eosen yaşlı Torul volkanitleri (Kaygusuz vd., 2011a) ve Kale volkanitleri (Aliyazıcıoğlu, 1999)'ne benzer yönsemeler gösterirler (Şekil 7g).

İncelenen volkanitlerin kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları genel olarak birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 8a-g). Bu durum, inceleme alanındaki volkanitleri oluşturan kayaçların benzer manto kaynağından türediklerini işaret etmektedir. Volkanik kayaç örneklerinin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramlarında (Şekil 8), hafif nadir toprak elementler, ağır nadir

toprak elementlere göre daha fazla zenginleşmiştir. Örneklerin (La/Lu)<sub>N</sub> oranları 5.4-13.81 arasında değişir (Tablo 1).

Örneklerin hemen hemen tümünde negatif Eu anomalisi gözlenmemekte olup (Şekil 8), (Eu/Eu\*)<sub>N</sub> oranları 0.7-1.1 arasındadır (Tablo 1).

Bölgede Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, incelenen volkanik kayaçların nadir toprak element içerikleri Kale volkanitleri (Aliyazıcıoğlu, 1999) ve Torul volkanitlerine (Kaygusuz vd., 2011) benzer yönsemeler göstermekle birlikte, onlara nazaran hafif nadir toprak elementlerce biraz zenginleşmişlerdir (Şekil 8g).



Şekil 7. Mescitli volkanitlerine ait kayaların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

## 5.2. Tektonik Konum

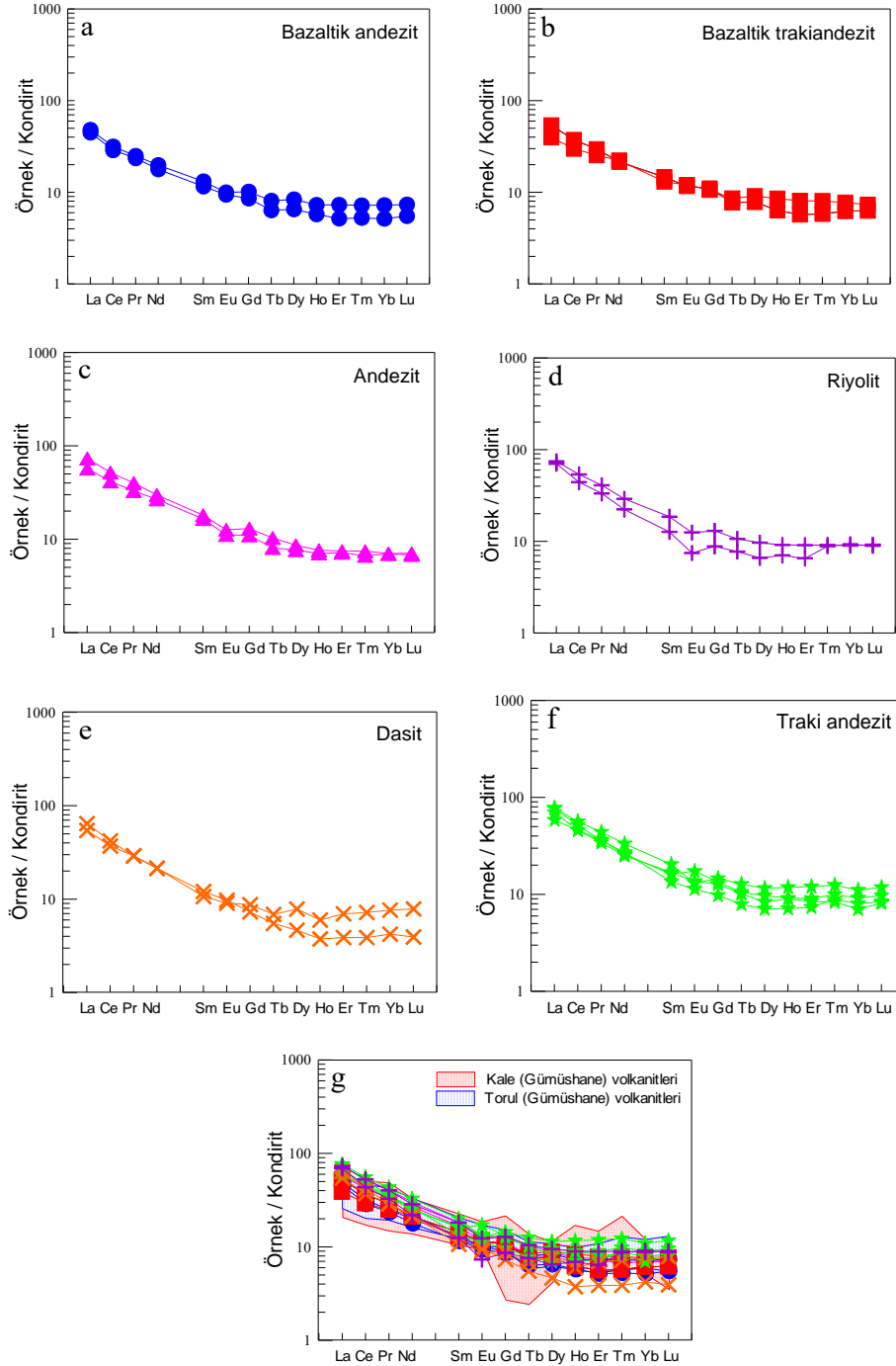
İnceleme alanındaki volkanitlerin değişim diyagramlarına bakıldığında, iz element değişimlerinde Nb, Ta, Zr ve Ti bakımından tüketilme, Sr, K, Ba, Rb ve HNTE bakımından bir zenginleşme görülmekte olup, bu değerler volkanitlerin magmasının bir yitim zonu ortamında geliştiğini göstermektedir (Pearce and Peate, 1995;

Turner, 2005). Volkanitlerin, okyanus ortası sırtı bazaltları, okyanus adası bazaltları ve plaka içi bazaltlarından daha yüksek Ba/La (10.98-44.33) ve daha düşük Nb/La (0.14-0.40) oranlarıyla (Tablo 1) orojenik volkanik kayalara benzerlik gösterirler (Sun ve McDonough, 1989).

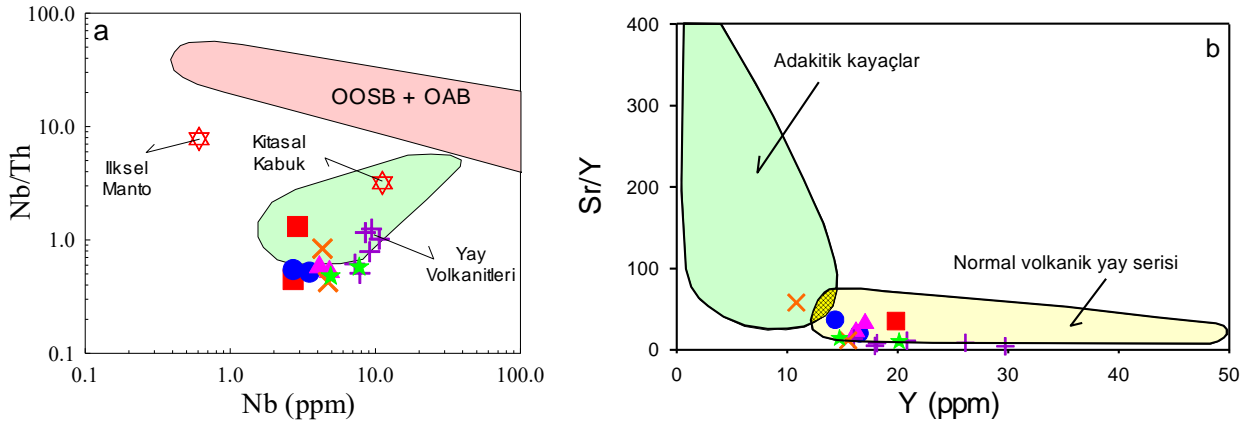
İncelenen volkanitlerin, alterasyondan fazla etkilenmediği bilinen Ti, Zr, Sr ve Nb gibi

elementlerin birbirleriyle ilişkilerine göre tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Nb'ye karşı Nb/Th (Pearce ve Cann, 1973) tektonik ayırtman diyagramına göre, örnekler yay volkanitleri alanına ve yakın yerlere

düşmektedir (Şekil 9a). Sr/Y-Y (Defant ve Drummond, 1990) ayırtman diyagramında örnekler normal yay volkanik serisi alanına düşmektedir (Şekil 9b).



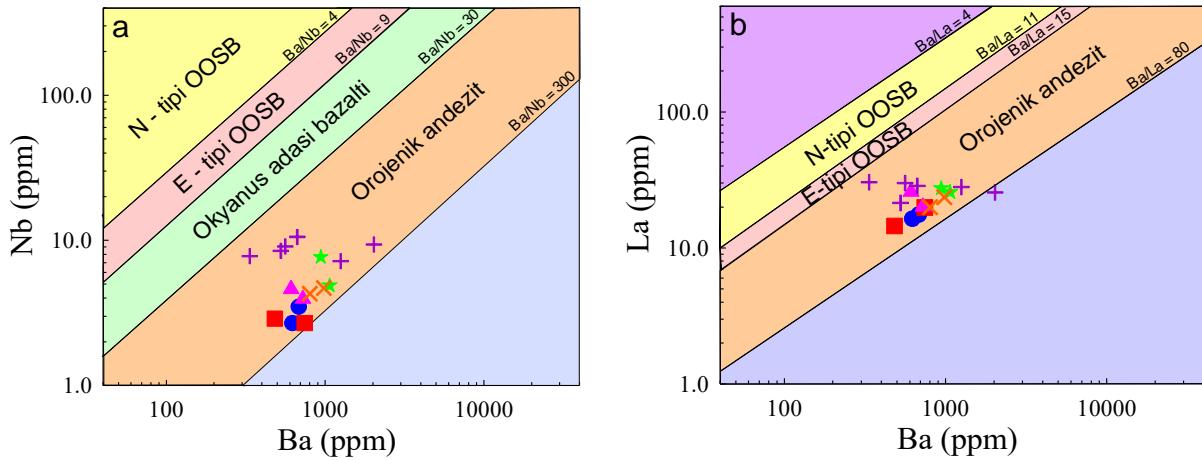
Şekil 8. Mescitli volkanitlerine ait kayaların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)



Şekil 9. Mesitli volkanitlerine ait tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilkseel manto değerleri Hoffmann, 1988'den, kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve yay volkanitleri alanları Schmidberger ve Hegner, 1999'den alınmıştır). (b) Sr/Y-Y ayırtman diyagramı (Defant ve Drummond, 1990) (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

İncelen volkanitler Ba'a karşı Nb ve La (Perfit vd., 1980; Gill, 1981) tektonik ortam ayırtman diyagramlarında (Şekil 10a ve b), yüksek Ba/La (10.98-78.72) ve Ba/Nb (61.76-274.81) oranları ile orojenik andezitlere benzerlik gösterirler. Ancak, bu diyagramda

riyolitler diğer birimlere kıyasla daha yüksek, bazaltik trakiandezitler ise daha düşük Ba, Nb ve La içeriğine sahiptir. Bu da benzer kökenli magma(lar)dan itibaren farklı ayrımlaşma süreçleri ile oluştuklarına işaret eder.



Şekil 10. Mesitli volkanitlerine ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları (Alanlar: Perfit vd.,1980 ve Gill, 1981'den) (OOSB: Okyanus ortası sırtı bazaltı) (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

## 6. Tartışma

### 6.1. Ayrımlaşma

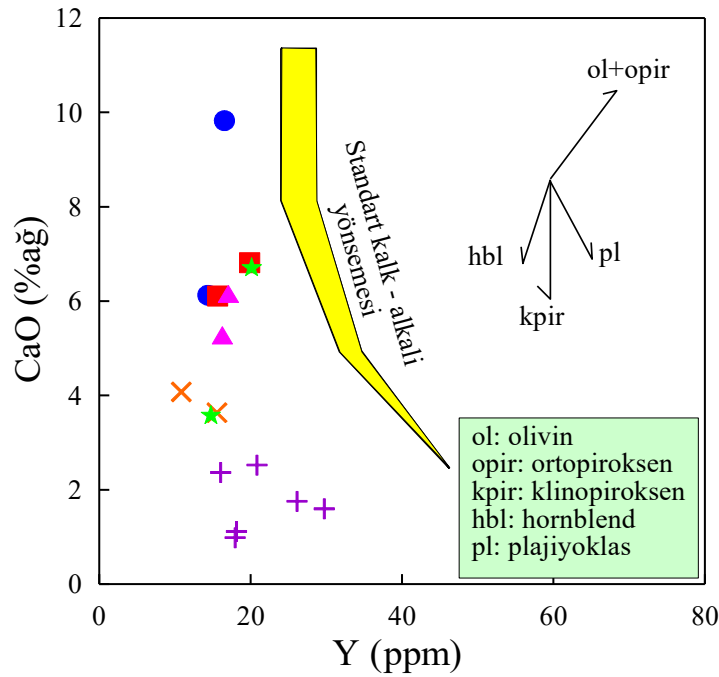
Tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element verileri dikkate alındığında (Şekil 5 ve 6), volkanitlerin gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit ayrımlaşmasının

önemli olduğu görülür. Artan SiO<sub>2</sub> içeriğine karşılık TiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup> içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerin ayrımlaşmasına işaret etmektedir. SiO<sub>2</sub>'ye karşı CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup> ve MgO daki negatif ilişkiler plajiyoklas (An>50) ve klinopiroksen fazların ana magmadan ayrımlaşmışına işaret etmektedir. SiO<sub>2</sub>'e karşı Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> deki birliktelikli

azalan negatif ilişki hornblend ayrışmasına işaret etmektedir. SiO<sub>2</sub>'e karşı K<sub>2</sub>O ve Na<sub>2</sub>O diyagramlarında dağınık olmakla birlikte pozitif ilişkiler söz konusudur. Bu dağınıklık alterasyon olaylarının kısmen etkili olduğunu ve pozitif ilişkinin de bazik plajiyoklasların giderek ayrılaştığını ifade etmektedir. SiO<sub>2</sub>'ye karşı P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değişim diyagramında gözlenen negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 5). SiO<sub>2</sub>'e karşı Ni azalması, klinopiroksen ayrılaştığını desteklemektedir. SiO<sub>2</sub> ile Zr arasındaki pozitif ilişki manyetit ve hornblend ayrılaştığını göstermektedir. Ba, Rb, Th elementleri genellikle feldispatlar ve hornblendlerin bünyesine girdikleri ve ayrılaştığı sırasında geç evrelerde

kristallendikleri için pozitif bir ilişki göstermektedirler (Şekil 6).

Genel olarak, kayaçların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında hafif nadir toprak elementlerin, orta ve ağır nadir toprak elementlere göre daha fazla zenginleşmesi, nadir toprak element dağılım diyagramında konkav bir yapı sunması, volkanik kayaçların gelişiminde klinopiroksen ve hornblend ayrılaştığını etkili olduğunu göstermektedir (Fujimaki vd., 1984) (Şekil 6). Y'a karşı CaO diyagramında (Şekil 11), Eosen yaşlı andezitik kayaçlar hemen hemen dikey ve L-tipi bir yönseme göstermekte olup, plajiyoklas ve klinopiroksen ağırlıklı ayrılaştığını etkili olduğunu ifade eder.



Şekil 11. Mescitli volkanitlerin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974), Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrılaştığı yönlerini göstermektedir (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

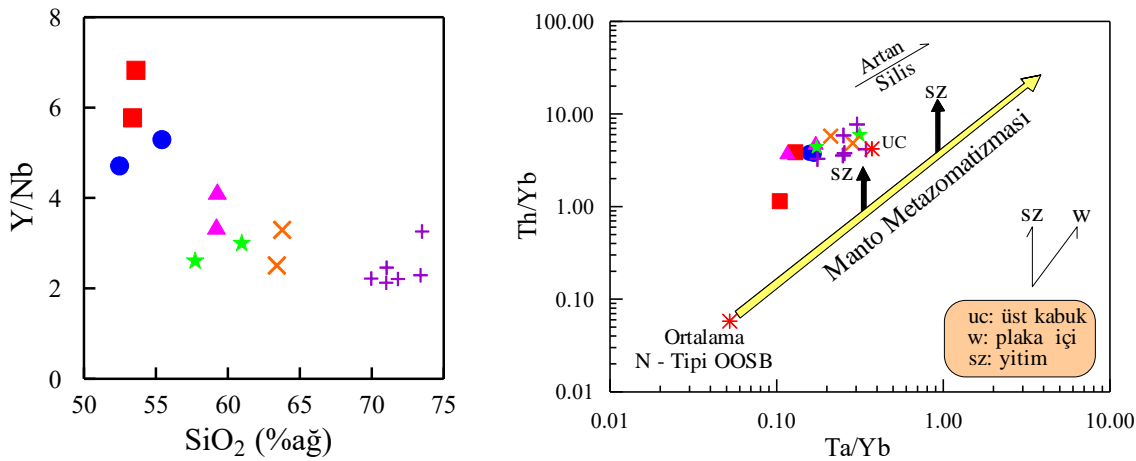
## 6.2. Özümleme

Kabuksal materyallerin asimilasyonu, mantodan türeyen kayaçların iz element ve izotopik bileşimlerini etkileyen önemli bir süreçtir (McDermott vd., 2005; Zellmer vd., 2005). Doğu Pontidler'de Paleojen ve Neojen yaşlı çarpışma ve çarpışma sonrası volkanik

kayaçlar üzerine yapılan çalışmalarda (Temizel ve Arslan 2008, 2009; Kaygusuz vd., 2011a; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Yücel, 2013; Aydınçakır, 2014) birincil magmanın olgun ve kalınlaşmış kabuk tarafından kirlenmesinin önemli bir özellik olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle, mantodan türeyen kayaçların kabuktan

yükselirken olası kabuksal kirlenmeye uğraması ve bunun magma bileşimine etkisi, çalışılan volkanitlerin kaynak bileşimlerinin karakterlerini belirlemede değerlendirilebilir.

SiO<sub>2</sub>'ye karşı Y/Nb oranlarında gözlenen negatif yönseller, magma gelişimi esnasında kabuksal özümlemeye işaret eder (Şekil 12a). Th/Yb ve Ta/Yb oranları, kaynak bileşimi ve kabuksal kirlenmenin tayininde etkili bir şekilde kullanılması, kabuksal kirlenmede Ta ve Yb'ye nazaran Th elementinin daha fazla etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Pearce vd., 1990). Th/Yb'ye karşı Ta/Yb diyagramı (Şekil 12b), incelenen kayaçların gelişiminde AFC proseslerinin önemli bir rol oynadığını ve volkanitlerin oluşumuna kaynaklık eden magmanın ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını gösterir.



Şekil 12. Mescitli volkanitlerinin, a) SiO<sub>2</sub>'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990), (yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., 1990'dan alınmıştır, N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri Sun ve McDonough, 1989 ve Taylor and McLennan, 1985'ten alınmıştır) (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

Örneklerde gözlenen düşük Ce/Pb oranları (1.8 ila 9.1), okyanusal bazaltlardan (20 ila 30) (Hoffmann, 1988, 1997) farklı olup, bu durum çalışılan volkanik kayaçların astenosferik manto kaynağından türemediğini gösterir. Yüksek Nb/La oranları (>1) okyanus adası bazalt (OIB) benzeri astenosferik manto kaynağını, düşük oranlar (<0.5) ise litosferik manto kaynağına işaret eder (Bradshaw and Smith, 1994; Smith vd., 1999). Bu nedenle, Nb/La ve La/Yb oranları volkanik kayaçlarda

### 6.3. Kaynak Karakteristiği

Mescitli volkanik kayaçlarında gözlenen LILE element (K, Sr, Rb ve Ba), Th ve Ce zenginleşmesi, yüksek Th/Yb oranları, volkanitlerin ana magma(larının)sının litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir (Pearce ve Peate 1995; Churikova vd., 2001; Elburg vd., 2002; McDermott vd., 2005; Zellmer vd., 2005). Ayrıca, çalışılan volkanik kayaçlarda gözlenen LILE elementlere nazaran Nb ve Ta tüketilmesi, sedimentler yada yiten levhadan türeyen sıvıların metazomatizmasıyla etkilenmiş, yitimle ilişkili magma kaynağının özelliğini ifade eder (Pearce 1983; Hawkesworth vd., 1997; Elburg vd., 2002). Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramında (Şekil 13a), çalışılan volkanik kayaçlara ait örnekler yay volkanikleri alanında yer alırlar.

kısmi ergime derecesi ve kaynak bileşiminin belirlenmesinde faydalıdır (Jahn vd., 1999). İncelenen volkanik kayaçlarının Nb/La oranları 0.14 ila 0.40 arasında ve ortalama La/Yb oranları 7.6 ila 19.1 arasında olup (Tablo 1), spinel lerzolitik litosferik manto kaynağına işaret eder (Şekil 13b). İncelenen volkanik kayaçlar (Şekil 13c)'de yay volkanikleri alanında yada yakınında yer alırlar. Volkaniklerin La/Nb (2.5 ila 7.4) ve Ba/Nb (61 ila 274) oranları, yitim zonu



zenginleşmesi ile ilgili kaynağı gösterir. Yitim anında, LILE ve LREE elementler slabdan türeyen sıvılar yoluyla yukarıya doğru taşınırlar (Churikova vd., 2001; Elburg vd., 2002). Bu nedenle, çalışılan volkanitlerde gözlenen önemli LILE ve LREE zenginleşmeleri, tüketilmiş manto kaynağına nazaran, zenginleşmiş manto kaynağına işaret eder (Rogers vd., 2000; Condie vd., 2002; Zhao vd., 2006).

Pearce (1983) tarafından önerilen Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Şekil 13d), ergime zenginleşmesi ürünleri ile yitim zenginleşmesi ürünü volkanik kayaçlarını ayırmada kullanılır. Ayrıca, Th/Y ve Nb/Y oranları kabuksal kirlenme ve magma kaynağındaki homojenleşmeyi ayırmada kullanılabilir. İncelenen volkanik kayaçları OAB ve OOSB çizgisine paralel trend gösterirler (Şekil 13d), ancak onlara nazaran daha yüksek Th/Y oranlarına sahip olup, manto kaynağının yitim zonu sıvılarınca metasomatizmaya uğramasını ifade eder. Th/Yb'ye karşı Ta/Yb diyagramında (Şekil 12b), volkanik kayaçlar manto dizinine paralel bir yönseme gösterirler, ancak daha yüksek Th/Yb oranlarına sahiptirler. Bu yönseme, önceki (Eosen öncesi) yitim prosesleri yoluyla türemiş sıvıların zenginleştirdiği (metasomatizma) kaynaktan türeyen ana magma(lara)ya işaret eder.

İncelenen Eosen yaşlı Mescitli volkanitlerinin ana ve iz element karakteristikleri, Doğu Pontidler'deki diğer Paleojen ve Neojen yaşlı volkanik kayaçlara (Temizel ve Arslan, 2008; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014) benzer olup, incelenen volkanitleri oluşturan ana magma(lar)nın, Eosen öncesinde yitimle ilişkili olaylardan türeyen sıvıların metasomatizması yoluyla etkilenen, yarı kıtasal litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir.

## 7. Sonuçlar

Mescitli volkanitlerini oluşturan andezit, dasit ve riyolit türü kayaçlar genellikle porfirik, hyalo-porfirik, glomeroporfirik, entersertal, entergranüler ve akma (flüidal) dokusu

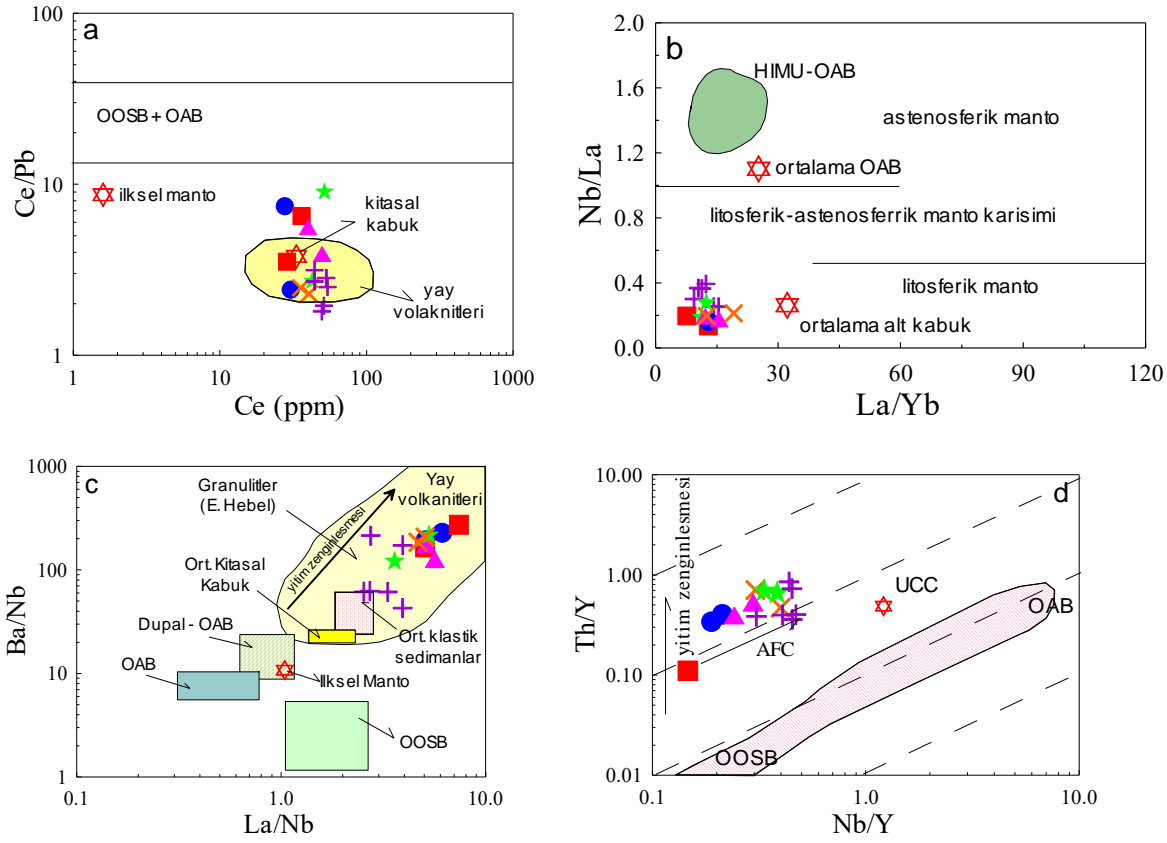
göstermekte olup, başlıca mineraller plajiyoklas, alkali feldispat, kuvars, hornblend, ojit ve biyotit fenokristallerinden oluşur.

Değişim diyagramlarında gözlenen iyi derecede pozitif ve negatif ilişkiler, kayaçların gelişiminde ayırmaşmanın etkili olduğunu ve klinopiroksen + plajiyoklas ± hornblend ± magnetit fraksiyonlaşmasının rol oynadığını göstermektedir. Volkanitlerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılımları, özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil element ve daha az oranda Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme, fakat Zr, Y ve TiO<sub>2</sub> konsantrasyonları bakımından fakirleşme göstermektedir. Bunun yanında, kayaçların azalan Nb ve Ta içerikleri volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceden akışkanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir kaynak bölgeden (litosferik manto) türeyebileceklerini ifade etmektedir.

Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle (La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub>= 5.4 ila 13.8) konkav şekilli olup, genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri benzer kaynaktan itibaren oluştuğunu gösterir.

Tektonik ayırtman diyagramlarına göre, yüksek Ta/Yb ve Th/Yb içeriklerine sahip volkanitler, volkanik yay bazaltları alanına düşmektedirler. Bu veri, Mescitli volkanitlerinin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını ve bu kayaçların gelişiminde ayırmaşmanın önemli bir rol oynadığını ifade etmektedir.

Mescitli yöresi Eosen yaşlı volkanitlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri dikkate alındığında, volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğramış yarı kıtasal bir litosferik manto kaynağının kısmi ergimesi ile oluştuğunu ve daha sonra da kıtasal kabuktaki sığ magma odalarının gelişimi ile ayırmaşma ± özümleme gibi magmatik olaylarla geliştiklerini göstermektedir.



Şekil 13. Mescitli volkanitlerinin; (a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı (ilksel manto değerleri Hofmann, 1988'den, kıtasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999'dan alınmıştır). (b) La/Yb'ye karşı Nb/La diyagramı (OAB değerleri, Fitton vd., 1991'den, ortalama alt kabuk değerleri, Chen ve Arculus, 1995'den, HIMU+OAB alanları, Weaver vd., 1987'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., 1999'dan alınmıştır), (c) Ba/Nb'a karşı La/Nb diyagramı (Jahn vd., 1999) (Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984'den, İlksel Manto, Sun ve McDonough, 1989'dan, ortalama Kıtasal kabuk, Taylor ve McLennan, 1985 ve Condie, 1993'den, Dupal-OAB, Jahn vd., 1999'dan alınmıştır). (d) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Pearce, 1983) (Semboller Şekil 4a'daki gibidir)

## 8. Teşekkür

Bu makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılarından dolayı editör ve hakemlere teşekkür ederiz.

## 9. Kaynaklar

Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B., ve Zakariadze, G.S. 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183-199.

Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora

Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.

Aliyazicioğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) yöresi volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.

Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic

- characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149-161.
- Altunkaynak, L., 2000. Ağvanis masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Arslan, M., Şen, C., Aliyazıcıoğlu, İ., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2000. Comparative geology, mineralogy and petrology of Eocene (?) volcanics in Trabzon and Gümüşhane areas (NE, Turkey). Earth Science and Mining Conference, Journal of Conference Book 1, 39-53.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., ve Şen, C., 2013.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin. Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113-142.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey, Chemi der Erde, 57, 157-187.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ., ve Kaygusuz, A., 2014. K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey. Mineral. Petrol. 108, 245-267.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karsli, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E., 2012. Borçka (Rrtvin, KD-Türkiye) Yöresi tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 200 Sayfa, Trabzon.
- Aydınçakır, E., ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic

Volcanism in NE Turkey: Constraints on the Geodynamic Implications, Lithos, 208/209, 361-377.

Barbieri, M., Conforto, L., Garbarino, C., Masi, U., Nicoletti, M. ve Akıncı, Ö. 2000. Geochemistry of hydrothermally-altered volcanic rocks of the upper volcanic cycle from the Eastern Pontides (NE Turkey), Chemical der Erde, 60, 81-95.

Baret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, mass, and oxygen isotopic changes during extreme hydrothermal alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Economic Geology, 86, 406-441.

Bektaş, O., 1984., Doğu Pontidler'de Üst Kretase Yaşlı Şişonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, K.Ü. Dergisi, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.

Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.

Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. Tectonophysics, 382, 213-228.

Bradshaw, T.K. ve Smith, E.I., 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 63, 165-182.

Chen, W. ve Arculus, R.J. 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, U.S.A. Lithos, 110, 99-119.

Churikova, T., Dorendorf, F., ve Wöerner, G., 2001. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation. Journal of Petrology, 42, 1567-1593.

Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.

Condie, K.C., Frey, B.A. ve Kerrich, R., 2002. The 1.75-Ga Iron King Volcanics in westcentral Arizona: a remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component, Lithos, 64, 49-62.

Çakmak, G., (2013). Pelitli (Bayburt) Granitoidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, (Yayınlanmamış), 88s.

Çakmak, G. ve Kaygusuz, A., 2014. Pelitli (Bayburt) Granitoidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4 (1), 46-63.

Çamur, M.Z., Güven, T.B. ve Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 123-144.

Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve

Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.

- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Gechemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and Upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaların jeokimyası ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton, Gondwana Research, 19, 926-944.
- Drummond, M. S. ve Defant, M. J., 1990. A model for trondjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slabmelting: Archean to modern comparisons. Journal of Geophysical Research, 95, 21503-21521.
- Elburg, M.A, Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I. ve Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771-2789.
- Erentöz, C., ve Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars). Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayını'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik- Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. International Geology Review, 52 (2-3), 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011a. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting, Gondwana Research, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migration magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Fitton, J.G., James, D. ve Leeman, W.P. 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic extension in the western United States: compositional variations in space and time. Journal of Geophysical Research, 96, 13693-13712.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M. ve Aoki, K., 1984. Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmasses, Proc. 4th Lunar Planet Sci Conf. 2. Journal of Geophysical Research, 89, B662-672.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaların petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki bölgesel yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gill, J.B., 1981. Orogenic andesites and plate tectonics, Springer, Berlin, 390p.

- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı-Soğanlı Dağı arası (GD Çamlıhemşin-Rize) kesiminin petrografik, jeokimyasal ve petrojenetik incelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özetleri, s. 223-224.
- Güven İ.H. 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, Ankara (yayınlanmamış).
- Hawkesworth, C.J., Turner, S., McDermott, F., Peate, D. ve Van Calsteren, P., 1997. U-Th isotopes in arc magmas: implications for element transfer from the subducted crust, Science, 276, 551-555.
- Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Hofmann, A.W., 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism, Nature, 385, 219-229.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Jahn, B.M. ve Zhang, Z.Q., 1984. Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications, Contributions to Mineralogy and Petrology, 85, 224-243.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y. ve Lo, C.H., 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China, Chemical Geology, 157, 119-146.
- Jica, 1986. The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report. Japan International Cooperation Agency, 146 pp.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, B., 2004. The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey, Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implication for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like granitoid porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: potential parental melts and geodynamic implications, Lithos, 127, 354-372.
- Kaygusuz A. ve Aydınçakır, E., 2011b. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey): the Dağbaşı Pluton. Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188/, 211-233.

- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F., ve Temizel, İ. 2016. U-Pb zircon Chronology and Petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research, doi:10.1016/j.gr.2016.01.011.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, Whole-Rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration. Chemie der Erde, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-alkaline I-Type plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions. Chemie der Erde, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B., ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4; 423-438.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., 235 Sayfa, Trabzon.
- Kaygusuz, A., 2009. K/Ar ages and geochemistry of the collision related volcanic rocks in the Ilıca (Erzurum) area, eastern Turkey, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 186, 21-36.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonunda yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı granitlerin U-Pb zirkon yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O izotop sistematiği ve jeodinamik evrimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011a. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Rew. 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N., ve Temizel, İ. 2014. LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism, Lithos, 192-195, 271-290.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Arslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and sr-nd isotopic compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549-581.
- Kaygusuz, A., ve Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences, 108, 97-116.

- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Insight Into Magma Genesis at Convergent Plate Margins – A Case Study From the Eastern Pontides (NE Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187/3, 265-287.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97, 739-764.
- Kazmin, V.G., Sborshikov, I.M., Rıcou, L.E., Zonensham, L.P., Boulın, J. ve Knıpper, A.L. 1986. Volcanic belts as marker of the Mesozoic–Cenozoic evolution of Tethys. Tectonophysics, 123, 123-152.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Korkmaz, S., Tuysuz, N., Er, M., Musaoğlu, A. ve Keskin, İ., 1995. Stratigraphy of the eastern Pontides, NE Turkey.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid ada yayı granitoidlerin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111-120.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks, Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms, Blackwell, Oxford.
- McDermott, F., Delfin, F.G., Defant, M.J., Turner, S. ve Maury, R., 2005. The petrogenesis of magmas from Mt. Bulusan and Mayon in the Bicol arc, the Philippines, Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 652-670.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region, American Association Petroleum Geologists, 68, 291-311.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the Eastern Pontides, Mineral Research Exploration Bulletin, 119, 1-24.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegeç, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal arasındaki bölgenin jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve yakın çevresinin jeolojisi-mineralojisi-petrografisi ve maden zuhurlarının jenetik incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Konya.



- Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, cilt 1, 65-114.
- Öztürk, 2014., Kılıçkaya (Bayburt) Granitoidinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 100s.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, 19, 290-300.
- Pearce, J.A. ve Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of composition of volcanic arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 23, 251-285.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C. J., Hawkesworth ve M. J. Norry, (eds.), Continental basalts and mantle xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi, K.TÜ. Yayınları, 87, 103s, Trabzon.
- Perfit, M.R., Gust, D.A., Bence, A.R., Arculus, R.J. ve Taylor, S.R., 1980. Chemical characteristic of island-arc basalts: Implications for mantle sources, Chemical Geology, 30, 227-256.
- Rickwood, P.C., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams, which use oxides of major and minor elements. Lithos, 22, 247-263.
- Rogers, N., Macdonald, R., Fitton, J. G., George, R., Smith, M. ve Barreiro, B. 2000. Two Mantle Plumes Beneath the East African Rift System: Sr, Nd and Pb Isotope Evidence from Kenya Rift Basalts. Earth and Planetary Science Letters, 176, 387-400.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and neotectonic characteristics of the southern margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Saydam Eker, C., Sipahi, F. ve Kaygusuz A., 2012. Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane, NE, Turkey, Chemie der Erde, 72, 167-177 pp.
- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calcalkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German)-implications for Late Variscan orogenic development, Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 373-385.
- Schultze-Westrum, H.H. 1961. Giresun civarındaki Aksu Deresinin jeolojik profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütealalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) volkanitlerindeki hidrotermal ayrışmaların mineraloji ve jeokimyası, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., Sadıklar, M. B., ve Şen, C., 2014. Geochemical and Sr-Nd Isotopic

- Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). Chemie der Erde-Geochemistry, 74, 331-342.
- Sipahi, F., ve Sadıklar, M. B., 2014. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey). Geochemistry International, 52, 4, 329-349.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small and large scale chemical variability of the lithospheric mantle, Journal of Geology, 107, 433-448.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A. D. Saunders, ve M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Şahin, K., 2014. Mescitli (Gümüşhane) ve çevresindeki Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 sayfa.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparative petrogenetic investigation of Composite Kaçar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.
- Şen, C. 2000. Doğu Pontid alkali provensine (KD, Türkiye) ait Eosen sonrası kayalar içerisinde bulunan ultramafik nodüllerin petrografisi, mineralojisi ve kimyası, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Mayıs, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 1, 55-66.
- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is it rift related or subduction related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A. 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) alkali volkanik provensinin jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri, Tübitak Yayınları, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taşlı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taşlı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The continental crust, its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 312.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2008. Petrology and geochemistry of Tertiary volcanic rocks from the İkizce (Ordu) area, NE Turkey: implications for the evolution of the eastern Pontide paleo-magmatic arc, Journal of Asian Earth Sciences, 31, 4-6, 439-463.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2009. Mineral chemistry and petrochemistry of post-collisional Tertiary mafic to felsic cogenetic volcanics in the Ulubey

- (Ordu) area, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, İ., 2008. Ulubey (Ordu-KD Türkiye) yöresi Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, petrokimyası,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  jeokronoloji, Sr-Nd izotop jeokimyası ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematic of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region (Ne Turkey), Ph. D. Thesis, University Colloge, London.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz bölgesi'nde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma, TJK Bülteni, 20,1, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pular complex, Eastern Pontides, Turkey, Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pular complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pular complex, NE Turkey: implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 125, 131-150.
- Turner, S.P., 2005. Some remarks on magmatic processes beneath island arc volcanoes. Adeances in Science, Earth Sciences, Imperial College Press, 131-155.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides

- (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, Spacial Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J. ve Joron, J., 1987. Geochemistry of ocean island basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda. In: Fitton, J.G ve Upton, B.G.J. (eds), Alkaline igneous rocks, Geological Society, London, Special Publications, 30, 253-267.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325-343.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian Border, MTA, Ankara.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical study of the Gümüşhane Granite, İst. Üniv. Fen. Fak. Mec. Seri B, 39, 3-4, 173-203.
- Yılmaz, Y., Tuysuz, O., Yiğitbaş, E., Genc, Ş.C. ve Şengor, A.M.C., 1997. Geology and tectonics of the Pontides. In: ROBINSON, A.G. (ed), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir 68, 183-226.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer volkanitlerinin petrografisi,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  jeokronolojisi, petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ve petrolojisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 285 sayfa.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., ve Abdioğlu, E., 2014. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes, Mineralogy and Petrology, 108, 439-467.
- Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Neue Folge, Heft 109, 61-90, München.
- Zellmer, G.F., Annen, C., Charlier, B.L.A., George, R.M.M., Turner, S.P. ve Hawkesworth, C.J. 2005. Magma evolution and ascent at volcanic arcs: constraining petrogenetic processes through rates and chronologies. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 140, 171-191.
- Zhao, D., Lei, J., Inoue, T., Yamada, A., Gao, ve S., 2006. Deep structure and origin of the Baikal rift zone. Earth and Planetary Science Letters, 243, 681-691.

## Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması

Yusuf GÜRBÜZ<sup>1\*</sup>, A. Afşin KULAKSIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Meslek Yüksek Okulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye

Geliş tarihi/Received 14.03.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 02.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 11.07.2016

### Öz

Günümüzde dünya enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıttan karşılanmakta ve bu enerjinin %26'sı ulaşımda kullanılmaktadır. Bu enerji kullanımına bağlı olarak kara yollarında %26 CO<sub>2</sub> emisyonu oluşmaktadır. Avrupa Birliği, 2020 yılı için tüm sera gazı emisyonlarını, 1990 yılı seviyesine göre %20 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşmada, özellikle CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre büyük avantajlara sahip olan elektrikli araçlar aday gösterilmektedir. Gelişen teknoloji sayesinde otomobil dünyasında da önemli değişiklikler yapılmaya çalışılmaktadır. Otomobillerde çok uzun süredir kullanılan içten yanmalı motorların yerine elektrikli motorlar kullanılarak elektrikli araçlar üretilmektedir. Bu çalışmada, elektrik motoruna sahip elektrikli araçlar ile içten yanmalı motora sahip klasik araçlar çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır. Batarya, elektrik motoru ve kontrol kartı olmak üzere üç ana bileşenden oluşan elektrikli araçlar, çok daha fazla hareketli parçaya sahip olan klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre daha basit, daha kompakt ve daha güvenli olmaktadır. Ayrıca, elektrikli araçların verimi içten yanmalı motorlu araçlara göre daha yüksektir ve yaklaşık üç kattır. Buna karşın, elektrikli araçların tam dolu bataryalar ile gidebildiği mesafe, yakıt deposu tam dolu olan içten yanmalı motorlu araçların gidebildiği mesafeye göre çok düşüktür ve bu oran yaklaşık dörtte birdir. Ayrıca bataryaların şarj olma süresi, bir depo yakıtın dolma süresine oranla daha fazladır ve şarj istasyon sayısı, yakıt istasyon sayısına göre çok azdır. Bu olumsuzluklar, elektrikli araçların yukarıda sayılan avantajlarını gölgede bırakmaktadır. Dolayısıyla, elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçlara göre daha az tercih edilmektedirler.

**Anahtar kelimeler:** Elektrikli Araç, Elektrik Motoru, İçten Yanmalı Motor, Karşılaştırma

## Comparison of Conventional Internal-Combustion Engine Vehicle and Electric Vehicles in Various Aspects

### Abstract

Nowadays, the energy needs of the world are mostly met by fossil fuels and 26% of this energy is consumed in transportation. Depending on this energy consumption in highway transportation, CO<sub>2</sub> emission accounts 26% of the total. For 2020, Europe Union projects a reduction of overall greenhouse emissions below 1990 levels. Compared with internal-combustion engine (ICE) vehicles, the superiorities of electric vehicles (EVs) in regard to their CO<sub>2</sub> emission and fuel consumption, they are a viable option to reach these levels. By means of the developing technology, crucial changes are being made in automotive industry. In automobiles, internal-combustion engines that have been used for a long time are being replaced by electric motors and EVs are

\* Yusuf GÜRBÜZ, ygurbuz@konya.edu.tr, Tel: (332) 582 54 54-144

*being produced. In this study, EVs powered by electric motors and conventional vehicles with internal combustion engine have been compared in various aspects. EVs, consisting of three major units namely battery, electric motor and control board, are simpler, more compact and safer than conventional ICE vehicles that have many more moving parts. Furthermore, the efficiency of EVs is higher than ICE vehicles and they are approximately three times more efficient. However, the range of EVs with fully charged batteries is much less than the range of ICE vehicles with a full fuel tank. The ratio is approximately one quarter. Also, the charge times of batteries are much longer than filling a fuel tank and the number of charge stations is much less than the number of fuel stations. These negative aspects overshadow the explained advantages. Therefore, EVs are currently preferred less than ICE vehicles.*

**Keywords:** *Electric Vehicle, Electric Motor, Internal Combustion Engine, Comparison.*

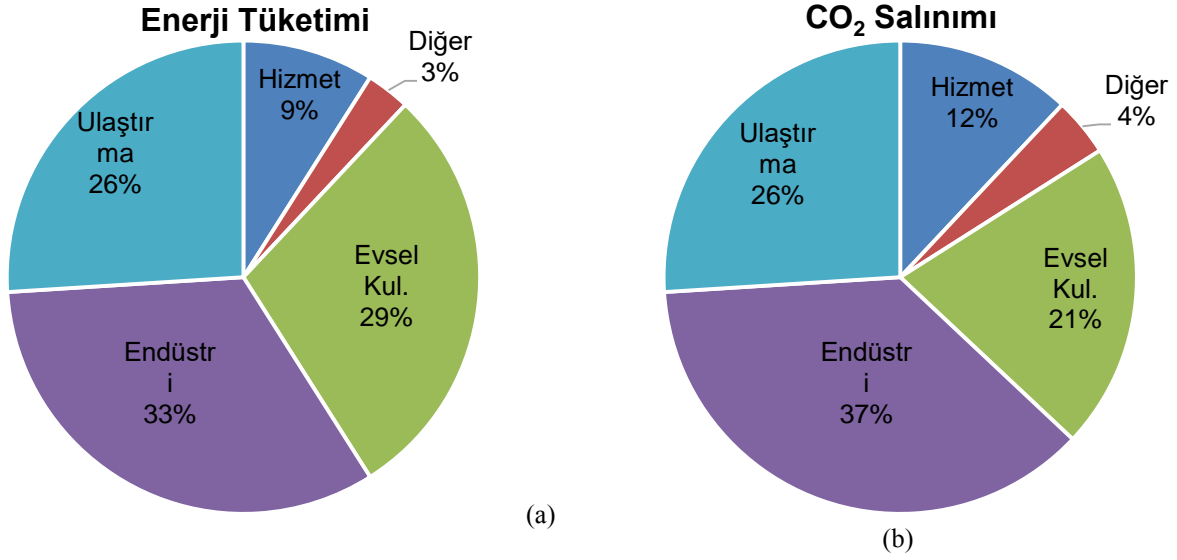
## Giriş

Araç teknolojisinde elektrikle tahrik sistemleri ilk çalışılan konular olmasına rağmen içten yanmalı motorların icat edilmesi ve elektrikli araçların batarya kapasitelerinin düşük olmasından dolayı elektrikli araçlar uzun yıllar ilgi görmemiştir. Günümüzde dünya enerji gereksinimi büyük oranda fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Ancak fosil yakıtların yakın gelecekte tükenmesi ve yanmadan sonra açığa çıkardığı zararlı gazların atmosferdeki miktarının artmasından dolayı ozon tabakası zarar görmekte ve sera etkisi oluşmaktadır. Bu durum son zamanlarda artan çevresel kaygılarla fosil yakıt kullanımına karşı insanları harekete geçirmiştir (Mazman vd., 2012). Şekil 1’de görüldüğü gibi dünyadaki enerjinin %26’sı ulaşımda kullanılmakta ve bu kullanıma bağlı olarak %26 CO<sub>2</sub> emisyonu oluşmaktadır (Anonim, 2011).

Uluslararası alanda, sera gazı emisyonlarını azaltmak için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa Birliği (AB) 2020 yılı için tüm sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine göre %20 oranında azaltmak istemektedir. Bu hedeflerine uygun olarak, 2012 yılından itibaren klasik içten yanmalı motor teknolojilerinin geliştirilmesiyle kilometre başına CO<sub>2</sub> miktarına 130g, alternatif yöntemler kullanılarak kilometre başına CO<sub>2</sub> miktarına 120g sınırı getirilmiştir. 2020 yılında araçlarda kilometre başına CO<sub>2</sub> miktarı 95g olarak hedeflenmektedir. Bu durum 443/2009 sayılı AB Regülasyonunda

belirlenmiştir. Karayolu ulaşımında motorlu taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması, araçlarda daha düşük emisyon sağlayan alternatif tahrik sistemlerinin kullanılmalarını gündeme getirmiştir (Anonim, 2010).

Batarya teknolojisindeki yenilikler sayesinde kurşun-asit bataryalar yerini birim ağırlık başına daha verimli ve daha kapasiteli olan lityum bataryalara, motor ve kontrol teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde ise fırçalı DC motorlar yerini ya fırçasız DC motorlara ya da indüksiyon motorlara bırakmışlardır. Bu gelişmelerle birlikte otomobil dünyasında da çok büyük değişiklikler yapılmaya çalışılmaktadır. Otomobillerde çok uzun süredir kullanılan içten yanmalı motorların yerine elektrik motorları kullanılarak ya tamamen elektrikli ya da hibrid araçlar üretilmektedir. Hibrid araçlar, klasik içten yanmalı motor ve elektrik motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerindeki bataryalarda depolanan elektrik enerjisi ile elektrik motoru kullanılarak, hem CO<sub>2</sub> emisyonu hem de yakıt tüketimi açısından geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre büyük avantajlar sağlamaktadır (Uçarol ve Kural, 2009). Elektrikli araçların CO<sub>2</sub> emisyon miktarı, elektriğin elde edildiği yere bağlı olarak çok düşük ya da sıfır olmaktadır. Örneğin elektrikli araç elektrik ihtiyacını yenilenebilir enerjiden karşılarsa sıfır emisyonla sahip olabilmektedir.



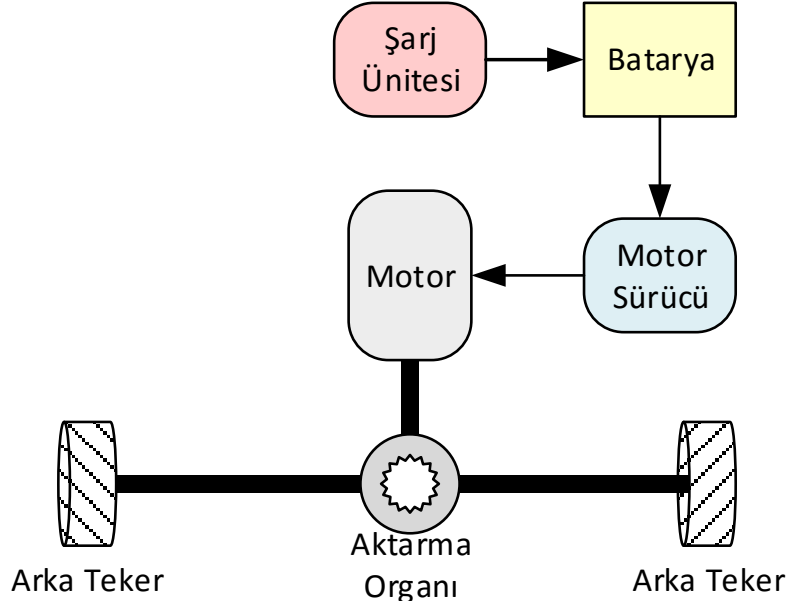
Şekil 1. a) Sektörlere göre dünya enerji tüketimi, b) enerji tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu

Bu duruma ilaveten elektrikli araçlar her ne kadar basit yapıları, güvenilirliği ve yüksek verime sahip olması gibi avantajlardan dolayı tercih sebebi olsa da bataryaların uzun sürede şarj olması, yeterli şarj istasyonlarının olmaması ve tam dolu bataryalar ile gidebileceği mesafenin düşük olmasından dolayı istenildiği kadar yaygınlaşmamaktadır. Otomotiv pazarında geleneksel içten yanmalı motorlu araçların sayısı, hibrid ve elektrikli araçların sayısından çok daha fazladır. 2009 yılında Almanya’da yapılan bir çalışmaya göre 3.8 milyon adet üretilen yeni araçların sadece 162’sinin elektrikli araç olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmaya ilaveten ülkemizde 2012 yılı içerisinde 184, Mart 2013’e kadar ise 16 olmak üzere toplamda 200 elektrikli araç satılmıştır. Bu konuda yayınlanan istatistiki bir veri olmamasına rağmen 2015 yılı itibariyle piyasada elektrikli araç sayısının 450-500 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak neredeyse bütün büyük otomotiv firmalarının elektrikli araçlara ilgi göstermekte olduğu ve geliştirmek için çaba sarf ettiği belirtilmektedir (Bitar ve Jabı, 2014, Polat vd., 2015). Bu firmaların çabaları ve teknolojinin ilerlemesiyle elektrik motorları ile kontrol üniteleri daha verimli ve bataryalar

birim ağırlık başına daha kapasiteli hale getirilerek, elektrikli araçların tek şarjla daha uzun mesafe almaları sağlanabilecektir. Dolayısıyla, elektrikli araçlar içten yanmalı motorlu araçlarla rekabet edebilir hale gelebilecektir. Tüm tahminler yakın gelecekte bu araçların pazar paylarının artacağını göstermektedir.

Bir elektrikli araç temel olarak elektrik motoru, kontrol ünitesi ve batarya grubundan oluşmaktadır. Şekil 2’de elektrikli aracın prensip şeması görülmektedir.

Bu üç parça elektrikli araç için çok önemlidir. Örneğin bataryaların birim ağırlık başına daha çok enerji depo edebilmesi, elektrik motorunun ve kontrol ünitesinin daha verimli olması ile elektrikli araç tek şarj ile daha fazla mesafe alabileceği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, basit yapıda, sessiz, performanslı, vites kutusuna ihtiyaç duymaması gibi önemli avantajlarından dolayı tercih sebebi olan elektrikli araçların en büyük engeli olan tek şarj ile kısa mesafede gitme problemi çözülerek içten yanmalı motorlara göre daha çok tercih edilmesi ve zamanla onun yerine geçmesi sağlanabilir.



Şekil 2. Elektrikli aracın prensip şeması

## 2. İçten Yanmalı Motorlar ile Elektrik Motorlarının Karşılaştırılması

Araçlarda tahrik sistemi olarak geçmişten günümüze içten yanmalı motorlar uzun süredir yaygın olarak kullanılmaktadır. İçten yanmalı motor karmaşık, şaşırtıcı bir makinedir. Kusursuz uyum içerisinde valfler açılır-kapanır, kıvılcım ateşler, piston hareket eder ve krank mili döner. Krank mili pistonun doğrusal hareketini dönme hareketine dönüştürerek aracın hareket etmesini sağlar. Ancak içten yanmalı motorun bu karmaşıklığından dolayı verimi düşüktür. En iyi ihtimalle yakıt enerjisinin sadece %30 'u hareket enerjisine dönüştürülür ve motor dönmediği zaman moment elde edilemez. Buna karşın elektrik motorları çok basit yapıya sahiptirler. Motor elektrik enerjisini mekanik güce çevirir. Aynı zamanda bir generatör olarak da mekanik gücü elektriğe dönüştürebilir. İçten yanmalı motorda olduğu gibi çok fazla parçaya sahip değildir, hareketli parça olarak sadece rotora sahiptir. Doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştürmeye gerek yoktur ve mekaniksel zamanlamaya da ihtiyaç duymazlar (URL-1, 2007). Elektrikli aracın sürüş performansını daha iyi anlayabilmek için çalışma ve bekleme performansı, gürültü ve titreşim, vites

değiştirme, verim gibi bazı kriterlere göre geleneksel içten yanmalı motora sahip araçlar ile karşılaştırılması yapılmıştır.

### 2.1. Çalışma ve Boşta Bekleme Performansı

Geleneksel içten yanmalı motorlarda aracı çalıştırmak için marş motoru krank milini yaklaşık 200-250 d/d'de döndürür. Bu esnada yakıt enjeksiyonu başlar ve krank mili 800-850 d/d boşta bekleme hızına ulaşır. Motor boşta bekleme hızına ulaştığı anda hareket etmek için hazırdır.

Elektrikli araç krank milinin hareket ettirilmesine ve boşta beklemeye ihtiyaç duymaz. Elektrik motoru ile herhangi bir devirde anlık moment elde edilebilir. Gaz pedalına basıldığı anda motorun tam dönme gücü elde edilir. İçten yanmalı motorlu araç verimini artırmak ve emisyonu azaltmak için başlatma/durdurma kontrolüne ihtiyaç duyarken elektrikli araçta böyle bir kontrole gerek yoktur (Guzzella ve Onder, 2010).

### 2.2. Gürültü ve Moment Dalgalanması

İçten yanmalı motor gürültü ve titreşimlerin temel kaynağı olan yüksek moment dalgalanmalarına sahiptir. İçten yanmalı



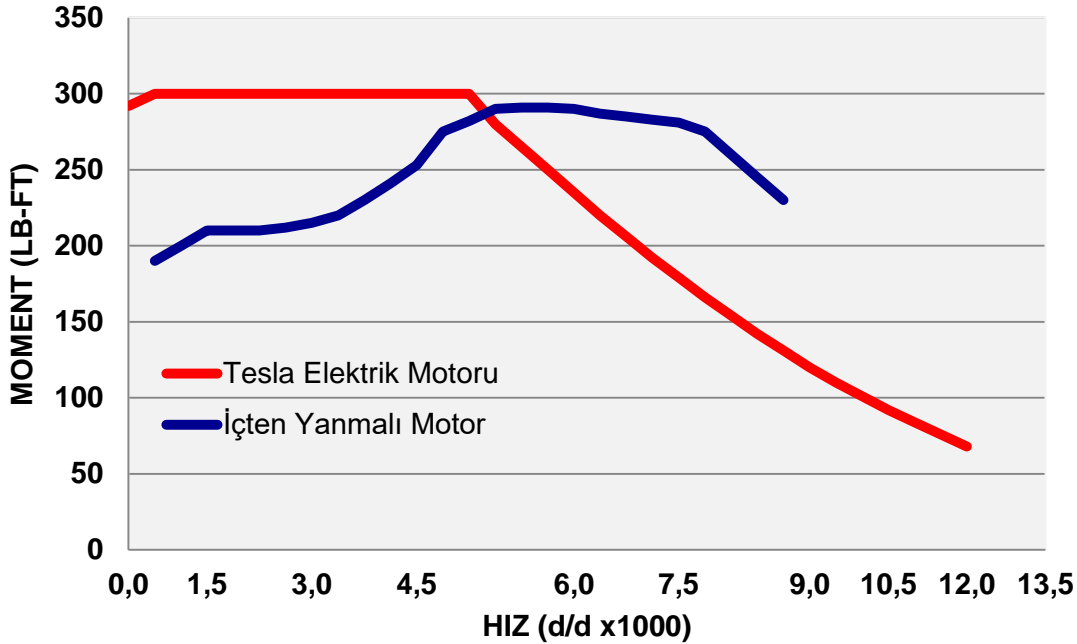
motorda moment üretimi sürekli değildir. Moment üretimini sürekli hale getirmek ve krank miline denge etkisini sağlamak için içten yanmalı motor ile aktarma arasına volan eklenir. Volan, vites geçişi esnasında oluşan moment boşluklarını minimuma düşürmektedir.

İndüksiyon motoru veya kalıcı mıknatıslı senkron motor gibi elektrik motorlarında moment dalgalanması makinanın tasarımı ve kontrol metotları ile minimum seviyeye indirilebilir. Bu elektrik motorları içten yanmalı motorun aksine mekaniksel gürültüye ve titreşim problemlerine sahip değildir.

Hatta elektrikli araçlar o kadar sessizdir ki isteğe bağlı olarak araca yapay ses çıkaran ekipmanlar eklenmektedir (Karamuk, 2011).

### 2.3. Moment Aralığı ve Vites Değiştirme Gereksinimi

İçten yanmalı motor maksimum momente çok yüksek devirlerde ulaşmaktadır. Ancak motor maksimum momente ulaştığı anda hızı çabucak düşmeye başlar. Bu sınırlı moment aralığı problemi, farklı vites dişli oranları ile giderilmeye çalışılmaktadır. Şekil 3'te içten yanmalı motor ile elektrik motorun moment-hız karakteristiği verilmiştir (URL-1, 2007).



Şekil 3. İçten yanmalı motor ve elektrik motorunun moment-hız karakteristiği

İçten yanmalı motorun güç çıkışı daha hızlı oran ile geliştirilebilirdi. Ancak, bu motorların devir hızı sınırları 5000-6000 d/d civarındadır. Motorun devir hızı bu değerleri geçtiğinde motorun parçalarını bir arada tutmak ve motorun zamanlamasını ayarlamak maliyetli olmaktadır. Örneğin, kapanan valfleri iten yaylar düşünülürse, motorun devri artarken yaylar valfi açmaya yetişemeyebilir ve valfin pistonu çarpması ile çok olumsuz motor arızası meydana gelebilir.

Bir elektrik motoru ile herhangi bir devirde anlık moment elde edilebilir. Gaz pedalına

basıldığı anda motorun tam dönme gücü elde edilebilmektedir. Maksimum moment neredeyse dakikada 6000 d/d'ya kadar sabit kalmakta ve daha sonra yavaşça düşmeye başlamaktadır. Özellikle düşük devirlerde elde edilen bu geniş moment aralığı vites değiştirme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bu yüzden elektrikli araç büyük çoğunlukla tek vitesli olmaktadır. Yani sıfırdan maksimum hıza kadar tek vites kullanılmaktadır. Aracın geri gitmesi motorun ters yönde çalıştırılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Dolayısıyla, elektrikli araçlarda geri vites ihtiyacı olmamaktadır. Bu tasarım

elektrikli araçları hem inanılmaz basit, güvenilir ve kompakt yapmakta, hem de sürüş keyfini büyük ölçüde artırmaktadır (URL-1, 2007).

#### **2.4. Bakım Gereksinimi**

Elektrikli bir otomobilin çalışma masraflarının çoğu batarya bakımındır. Çünkü elektrikli bir aracın motorunda sadece beş hareketli parça varken, içten yanmalı motoru sahip araçta yüzlerce parça bulunmaktadır. Elektrikli otomobiller değiştirilmesi gereken pahalı bataryalara sahiptirler fakat bunun dışında özellikle yaygın lityum tabanlı tasarımlarda çok düşük bakım masrafları bulunmaktadır. Tesla Roadster'in çok büyük bataryalarının sıradan bir sürüş ile yedi yıl dayanması tahmin edilmektedir ve bugün satın alındığında 12.000\$ mal olmaktadır. 64 km'lik günlük kullanım yedi yılda 164.500 km ile 1 km'de 0.0729\$ batarya kullanım masrafına veya 64 km'de 4.70\$'a denk gelmektedir. Ancak zamanla bunun miktarın düşeceği tahmin edilmektedir (URL-2, 2015). Buna karşın içten yanmalı motora sahip araçların bakımı, üretici firmaların belirlediği zamanlarda genelde 1 yıl veya belirlediği periyotlarda 10.000/15.000, 20.000/30.000, 30.000/45.000km'lerde yapılmaktadır. Bu bakım periyotlarında araçlardaki sıvıların, filtrelerin, ayarların ve mekanik parçaların bakımları, kontrolleri ve değişimleri yapılmaktadır. İlk 10000 /15000 km'de aracın genellikle hava filtresi, yağ filtresi, yakıt filtresi, polen filtresi ve motor yağı değiştirilmektedir. İkinci 20000, 30000 km ve katlarındaki periyotlarda araçlara ilk bakımda yapılan bakımlar ve kontrollere ilave olarak bujilerin değişimi (benzinli araçlar için), egzoz gazı dumanının kontrolü, firma talimatları doğrultusunda V kayışı kontrolü/değişimi gibi işlemler yapılır. Firmalara göre değişiklik göstermekle beraber genelde (2-3 yıl) veya 60000 km ve katlarındaki bakımlarda, debriyaj baskı ve balatasının, bazı markalarda belirli modeller için kavrama ve vites kutusu veya otomatik vites kutusu yağ ve filtresinin değişimi önerilmektedir. Ayrıca firmalar (4-5 yıl) veya 90000/120000 km ve katlarındaki bakımlarında araç triger kayışı/zinciri ve gergi

rulmanlarının, vites kutusu yağının değişimini önermektedirler (MEGEP, 2011).

#### **2.5. Verim ve Enerji Depolama**

Bir dizel aracın optimum verimi yaklaşık %32 olmasına karşın kalıcı mıknatıslı senkron motorun verimi yaklaşık %95 olmaktadır. Tesla firması, Tesla'nın elektrik motoru sadece yüksek güçte moment üretmekle kalmadığını aynı zamanda çok yüksek verimliliğe de sahip olduğunu ve Tesla firmasına ait elektrikli aracın bütün sürüş verimliliğinin %88 olduğunu belirtmektedir. Yani, bu durum geleneksel araçlara göre neredeyse 3 kat daha verimli olduğu anlamına gelmektedir. Elektrik motoru hem motor olarak hem de generatör olarak çalışabilmekte ve bataryaları şarj edebilmektedir. Gaz pedalı bırakıldığı anda, motor generatör moduna geçmekte ve araç yavaşlarken bataryalar şarj edilebilmektedir. Bu durum geleneksel araçlardaki motor frenlemeye benzer ancak bu çok daha fazla sezgisel olmaktadır (URL-1, 2007, Karamuk, 2011).

Bununla beraber bataryaların enerji yoğunluğu elektrikli araçların sürüş menzili için çok önemli olmaktadır. Li-on bataryanın enerji yoğunluğu yaklaşık 110-160 Wh/kg olmaktadır (Burke, 2007). Elektrikli araçlarda kullanılan bataryalar 20-40kWh arasında kapasitelerde değişmektedir. Ancak 38 litre benzin 360kWh'lik enerji içermektedir (Shiau vd., 2009). 38 litrelik benzinin içerdiği enerji bataryalar ile sağlanacak olursa ve batarya enerji yoğunluğu 160Wh/kg alınacak olursa bataryaların yaklaşık ağırlığı 2.250kg olacaktır. Bu ağırlık 38 litre benzinin ağırlığına göre çok yüksek olmaktadır. Her ne kadar elektrikli araçlar içten yanmalı motora sahip araçlara göre 3 kat verimli olmuş olsa da bataryaların birim ağırlık başına enerji yoğunluklarının sıvı yakıtların enerji yoğunluğuna göre çok düşük olması elektrikli araçlar için halen en büyük dezavantajdır.

#### **2.6. Şarj ve Yakıt İstasyonu**

Polat vd. (2015) yılında yapmış oldukları çalışmada şarj istasyonu satan ve kuran firmaların şarj haritalarından yararlanmışlar

ve firmalarla görüşmeler yapmışlardır. Yapmış oldukları görüşmeler sonucunda İstanbul Avrupa Yakası ve diğer bölgeler olmak üzere şarj istasyonu dağılımı

çıkartmışlardır. Tablo 1’de elektrikli araç şarj istasyon dağılımı görülmektedir (Polat vd., 2015).

Tablo 1. Elektrikli araç şarj istasyon dağılımı

Yerleşim	AC [kVA]			DC [kW]		Toplam
	3,7	11	22	12	45	
İstanbul Avrupa Yakası	24	4	88	47	4	167
Diğer Bölgeler	31	3	135	56	2	227
Dağılımı Bilinmeyen	400	0	0	0	0	400
<b>Toplam</b>	455	7	223	103	6	794

Tablo 1’den de görüldüğü gibi ülkemizde yaklaşık 800 adet elektrikli araç şarj istasyonu bulunmaktadır. Buna karşın ülkemizde yaklaşık 13.000 akaryakıt istasyonu ve yaklaşık 10.000 LPG istasyonu bulunmaktadır

(Erdil, 2013, URL-3, 2015). Tablo 2’de Türkiye’de bulunan akaryakıt ve LPG istasyon sayılarının yıllara göre dağılımı verilmiştir (PETDER, 2014).

Tablo 2. Akaryakıt ve LPG istasyon sayısının 2010-2014 yıllarına göre dağılımı

	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Akaryakıt İstasyonu</b>	12.894	12.348	12.460	12.623	12.667
<b>Dağıtıcı Lisansı</b>	53	50	58	77	78
<b>LPG İstasyonu</b>	8.721	9.377	9.802	10.089	10.360
<b>LPG Dağıtıcı Lisansı</b>	64	70	72	73	79

Bu verilere göre şarj istasyon sayısının akaryakıt istasyon sayısına göre çok düşük olduğu görülmektedir. Bunu etkileyen en büyük etken elektrikli araç sayısının içten yanmalı motora sahip araçlara göre çok az sayıda olmasıdır.

## 2.7. Piyasada Bulunan Araç Sayıları

Otomotiv Dağıtıcıları Derneği (ODD)’nin istatistiklerine göre Türkiye’de 2013 Aralık sonu itibari ile yaklaşık 665 bin adet, 2014 Aralık sonu itibari ile yaklaşık 587 bin ve 2015 Aralık sonu itibari ile yaklaşık 726 bin klasik içten yanmalı motora sahip otomobil satılmıştır. Buna karşın 2013, 2014 ve 2015 Aralık sonunda sırasıyla, 31, 47 ve 120 adet elektrikli otomobil satılmıştır. Tablo 3’de yıllara göre Türkiye’de satılan otomobil sayıları gösterilmiştir (ODD 2014, 2015).

Tablo 3’den de görüldüğü gibi piyasada bulunan otomobillerin büyük çoğunluğunu içten yanmalı motora sahip araçlar oluşturmaktadır. Ancak piyasada bulunan elektrikli otomobillerin sayıları yıllara göre artmaktadır.

## Sonuçlar

Bu çalışmada elektrikli araçların, klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre çalışma ve bekleme performansında, gürültü ve titreşimde, vites değiştirmede, verim ve sürüş keyfi gibi birçok yönlerden üstün olduğu görülmüştür. Özellikle CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi açısından geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre büyük avantajlar sağlamaktadır. Öyle ki karayollarındaki CO<sub>2</sub> emisyon miktarını azaltmak için elektrikli araçlar en büyük aday olarak görülmektedir.

Tablo 3. 2013-2015 yılları arasında Türkiye’de satılan otomobil sayıları

Motor Hacmi	Motor Cinsi	2013	2014	2015
≤ 1600cc	Benzin / Dizel	626.047	558.995	696.076
1601cc ≤ 2000cc	Benzin / Dizel	32.609	22.536	23.108
≥ 2001cc	Benzin / Dizel	5.968	5.753	6.292
≤ 85kW	Elektrikli	31	22	38
86kW ≤ 120kW	Elektrikli	0	0	0
≥ 121kW	Elektrikli	0	25	82
<b>Toplam</b>		<b>664.655</b>	<b>587.331</b>	<b>725.596</b>

Ayrıca elektrikli araçlar basit yapıları, güvenilirliği ve yüksek verime sahip olmalarından dolayı klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre önemli avantaja sahiptirler. Ancak, elektrikli araçların bataryalarının uzun sürede şarj olması, yeterli şarj istasyonlarının olmaması ve tam dolu bataryalar ile yeteri kadar uzun mesafe gidememeleri içten yanmalı motorlu araçlara göre en büyük dezavantajlarıdır. Dolayısıyla, batarya alanında yapılacak olan çalışmalar ile daha verimli ve daha uygun maliyetli bataryalar tasarlanarak elektrikli araçların yaygınlaşmasına büyük katkı sağlanabilir. Ayrıca, elektrikli araçların en önemli parçalarından olan elektrik motoru ve sürücülerini üzerine yapılacak yenilikçi çalışmalar sayesinde bataryaların daha verimli kullanılması sağlanarak elektrikli araçların en büyük problemi olan tek şarjla gidebildikleri kısa mesafenin uzatılması sağlanabilir.

### Kaynaklar

Anonim, 2010. Elektrikli Araç Çalışma Grubu Raporu: 1-16.

Anonim, 2011. Elektrikli Araçlar İçin Enerji Depolama Çözümleri, III. Enerji Verimliliği Kongresi. Gebze, TÜBİTAK MAM: 1-33.

Bitar, Z. ve Jabi, S.A., 2014. Studying the Performances of Induction Motor Used in Electric Car, *Energy Procedia*, 50, 342-51.

Burke, A.F., 2007. Batteries and Ultracapacitors for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles, *Proceedings of the IEEE*, 95, 4, 806-20.

Erdil, M., (2013, ). Türkiye ‘istasyon’ çöplüğü olacak, <http://www.hurriyet.com.tr/turkiye-istasyon-coplugu-olacak-22878516>. 13 Mart 2016.

Guzzella, L., ve Onder, C., 2010. Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag p.

Karamuk, M., 2011. A survey on electric vehicle powertrain systems, *Electrical Machines and Power Electronics and 2011 Electromotion Joint Conference (ACEMP)*, 2011 International Aegean Conference on, 315-24, 8-10 Sept. 2011.

Mazman, M., Uzun, D., Kaypmaz C. ve Biçer, E., 2012. Elektrikli Araçlar İçin Enerji Depolama Çözümleri, *Mühendis ve Makina*, 53, 628, 21-5.

MEGEP, 2011. Motorlu Araçlar Teknolojisi Otomotiv Peryodik Bakımı, Ankara, Milli Eğitim Bakanlığı, p. 3-4.

ODD, 2014. Otomotiv Dağıtıcıları Derneği (ODD) Genel Değerlendirme: 19-20.

ODD, 2015. Otomotiv Dağıtıcıları Derneği (ODD) Genel Değerlendirme: 22-3.

PETDER, 2014. Petrol Sanayi Derneği (PETDER) 2014 Sektör Raporu.

Polat, Ö., Yumak, K., Sezgin, M.S., Yumurtaci, G. ve Gül, Ö., 2015. Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu, VI.Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, Kocaeli.

Shiau, C-S.N., Samaras, C., Hauffe, R. ve Michalek, J.J., 2009. Impact of battery weight and charging patterns on the economic and environmental benefits of plug-in hybrid vehicles, Energy Policy, 37, 7, 2653-63.

Uçarol, H. ve Kural, E., 2009. Ulaşımında Enerji Verimliliği için Hibrid ve Elektrikli Araçlar, Mühendis ve Makina, 50, 594, 66-71.

URL-1, <http://my.teslamotors.com / roadster / technology/motor>. 25 Ağustos 2015.

URL-2, [https:// tr.wikipedia.org / wiki / Elektrikli\\_otomobil-cite\\_note-49](https:// tr.wikipedia.org / wiki / Elektrikli_otomobil-cite_note-49). 12 Mart 2016.

URL-3, <http:// petbayder.org / sayfa / 312 / akaryakit-sektorunde-13630-lisans-var>. 12 Mart 2016.

## İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama

Burak EFE<sup>1</sup>, Mehmet Akif YERLİKAYA<sup>1\*</sup>, Ömer Faruk EFE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara

<sup>2</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 29000, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 25.04.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 01.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 25.07.2016

### Öz

Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) imalat ve hizmet sistemlerindeki potansiyel hataları elimine etmek, tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir risk değerlendirme yöntemidir. Geleneksel HTEA'da olasılık (O), şiddet (S) ve saptanabilirlik (D) gibi risk faktörleri skorlarının çarpımıyla elde edilen risk öncelik puanı kullanılarak hata türlerinin risk öncelikleri belirlenir. Ancak, kesin değerlerin kullanıldığı risk öncelik puanı yönteminde bazı eksiklikler olduğu için eleştirilmiştir. Bu çalışmada; O, S ve D risk faktörlerine ait ağırlıkları değerlendirmek için üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen dilsel değişkenler kullanılmıştır. En ciddi hata türlerinin seçiminde, önceden teşhis edilen hata türlerinin risk önceliklerini belirlemek için bulanık B-PROMETHEE yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemin bulanık ortamda uygulamasını göstermek için örnek bir çalışma sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık PROMETHEE, Hata türleri ve etkileri analizi, Risk değerlendirme

## Failure Mode and Effects Analysis with Fuzzy Promethee Method in Occupational Accidents: An Application in a Construction Firm

### Abstract

Failure mode and effects analysis (FMEA) is a extensively employed risk evaluation tool for identifying and eliminating potential failures in manufacturing and service systems. In conventional FMEA, the risk priorities of failure modes are defined with so-called risk priority numbers (RPNs), which can be achieved by multiplying the scores of risk factors like occurrence (O), severity (S), and detection (D). However, the crisp RPN method has been criticized to have several shortcomings. In this study, linguistic variables, expressed triangular fuzzy numbers, are used to assess O, S and D risk factors related to weights. For selecting the most serious failure modes, Fuzzy PROMETHEE method is proposed to determine risk priorities of the failure modes that have been identified. A case study is presented to demonstrate the efficiency of the suggested method under fuzzy environment.

**Keywords:** Fuzzy PROMETHEE, Failure mode and effects analysis, Risk evaluation

\* Mehmet Akif YERLİKAYA, akifyerlikaya@gazi.edu.tr, Tel: (0 312) 582 38 46

## 1. Giriş

Risk, üretim faaliyetinin doğal bir sonucu olarak meydana gelebilmektedir. Bütün risklerin yok edilebileceğini söylemek mümkün değildir fakat riskleri kabul edilebilir seviyeye getirmek mümkündür. Risk değerlendirme, beklenmeyen hataları engellemek için uygun teknikler kullanılarak uygulanır (Vahdani vd., 2015). Bu durumda, her bir hata türü ve etkisini risk değerlerine göre önceliklendirmek ve değerlendirmek gerekmektedir. Yüksek riskli (veya en tehlikeli) hata türü en öncelikli olarak düzeltilmelidir. Geleneksel HTEA risk öncelik sayısı (RÖS) metodunu kullanarak hata türlerinin risk önceliklerini belirlemektedir.

Geleneksel HTEA gerçek hayat problemlerinde uygulandığında kesin RÖS metodu bazı önemli eksiklikler göstermektedir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için literatürde yapılmış olan çalışmaların bir kısmı aşağıda sunulmuştur.

HTEA metodunun etkinliğini arttırmak için TOPSIS (technique for ordering preference by similarity to ideal solution) (Song vd., 2013), VIKOR (Liu vd., 2012), analitik hiyerarşi prosesi (AHP) (Sachdeva vd., 2008), gri teori (Tan ve Du, 2013; Zhou ve Thai, 2016), veri zarflama analizi (VZA) (Chang ve Sun, 2009), sezgisel bulanık hibrid TOPSIS (Liu vd., 2015), bulanık önceliklendirme metodu (Özfirat, 2014), kaba TOPSIS (Song vd., 2014), DEMATEL (decision making trial and evaluation laboratory) (Chang vd., 2013b; Seyed-Hosseini vd., 2006), uzman sistem (Sankar ve Prabhu, 2001; Sharma vd., 2005), hibrid yaklaşımlar (Kutlu ve Ekmekcioğlu, 2012; Chang vd., 2013a, Vahdani vd., 2015; Liu vd., 2014) vb. yöntemler önerilmiştir. HTEA metodu tanker ekipman hata tahmini (Zhou ve Thai, 2016), çelik üretim süreci (Vahdani vd., 2015), gemi ekipman hataları (Tan ve Du, 2013), motor sistemleri (Xu vd., 2002), otomotiv sanayi (Kutlu ve Ekmekcioğlu, 2012), maden sektörü (Özfirat, 2014) ve anestezi süreci (Liu vd., 2012) gibi farklı birçok alanda uygulanmıştır. Kesin sayı

metotlarıyla karşılaştırıldığında bulanık mantık yaklaşımı aşağıdaki avantajları sağlamaktadır (Sharma vd., 2005; Xu vd., 2002; Liu vd., 2012; Wang vd., 2009).

İlk olarak, kantitatif veri ve belirsiz olarak tanımlanan kalitatif bilgi kullanılabilir ve HTEA sırasında tutarlı durumda yönetilir. İkinci olarak, hata türleriyle ilgili risk dilsel değişkenler kullanılarak direkt olarak değerlendirilebilir. Son olarak, bulanık mantık belirsiz veriyi kullanmaya izin verir, böylece HTEA'daki birçok bulanık bilgi ifade edilebilir.

İnşaatlarda birçok potansiyel hata türü mevcuttur. Bu hata türleri gerçekleştiği zaman firmalara oldukça yüksek maliyet getirmektedir. Bu maliyetleri azaltmak amacıyla inşaat firmalarında güvenli bir iş ortamı oluşturmak gerekmektedir. HTEA metodu bir hata meydana gelmeden önce o hatayı tespit edebilen ve sonrasında onu ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak için kullanılan bir analiz tekniğidir. Bu çalışmada risk değerlendirme için HTEA'nın bu özelliğinden yararlanılmıştır. Yukarıda ifade edildiği gibi geleneksel HTEA'da kullanılan RÖS metodunun eksikliklerini ortadan kaldırmak için birçok ölçütlü karar verme yaklaşımı olan PROMETHEE yöntemi bu çalışmada incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemini bulanık ortamda genişleterek bir inşaat firmasında risk değerlendirmesi için bir karar destek sistemi kurmaktır. O, S ve D risk faktörlerine ait önem derecelerini belirlemek için dilsel değişkenler kullanılmıştır. Geleneksel HTEA'daki kesin sayıların kullanıldığı 1-10 ölçeği yerine uzmanların görüşlerini daha kolay ifade edebileceği dilsel değişkenler kullanılmıştır. Hata türlerinin risk önceliklerini belirlemek için bulanık PROMETHEE (B-PROMETHEE) yöntemi önerilmiştir. Literatürde HTEA ile risk değerlendirmesi yaparken B-PROMETHEE yöntemini kullanan çalışmaya rastlanmamıştır. Önerilen yöntem, inşaat

sektöründe gerçek hayat problemi üzerinde incelenmiştir.

Bu çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibidir. Geleneksel HTEA ve onun eksiklikleri Bölüm 2’de kısaca anlatılmıştır. Bölüm 3’te çalışmada kullanılan yöntem ve Bölüm 4’te uygulama ve elde edilen sonuçlar anlatılmıştır. Son bölümde ise sonuç verilmiştir.

## 2. Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) ilk olarak 1960’larda havacılık endüstrisinde tasarım metodolojisi olarak geliştirilmiştir (Bowles ve Pelaez, 1995). HTEA, potansiyel tehlikeleri değerlendiren ve onları meydana gelmeden önleyen faydalı ve güçlü bir araçtır (Sankar ve Prabhu, 2001). HTEA imalat ve hizmet sistemlerindeki potansiyel hataları elimine etmek, tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir risk değerlendirme yöntemidir. Hata türü, tasarım amacını gerçekleştirirken parçada, alt sistemde, sistemde, süreçte vb. potansiyel olarak hatanın olabileceği durumlar olarak tanımlanmaktadır. Bir parçadaki hata türü başka bir parçada hata türünün sebebi olabilir. HTEA’nın diğer risk değerlendirme araçlarından farkı, hata olduktan sonra bir çözüm bulmak yerine sistemin önceden tespit etmesiyle bağlantılı olarak problemlerin yok edilmesidir. Bu durum karar vericilere mevcut programları düzeltmeye, hataların olabirliğini azaltmak için önerilen faaliyetleri gerçekleştirmeye ve tehlikeli kazalardan sakınmaya yardım etmektedir. Günümüzde, HTEA havacılık, otomotiv, nükleer, elektronik, kimya ve tıp teknolojilerini kapsayan endüstrinin birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu et al. 2012).

Hata türleri ve etkileri analizi; bir sistemin mevcut veya olası hata türlerini irdelemek için hataları ihtimallerine ve benzerliklerine göre ayıran ürün geliştirme ve operasyon sürecinin yönetim işleyişidir. Etkin bir hata türü analizi çalışması, benzer ürünlerin veya süreçlerin geçmiş deneyimlerinden yola çıkarak hata türlerinin tanımlanmasına olanak sağlar. Bununla birlikte, bu hataların sistemden

minimum kaynak kullanımını ve çabayla bertaraf edilmesini sağlar. Bu bölümde, RÖS hesaplamasının parçaları olup ölçek tiplerine göre belirlenen olasılık, şiddet ve saptana bilirlilik anlatılmıştır.

### 2.1. Geleneksel HTEA

Geleneksel HTEA bir hatanın meydana gelme olasılığının (O), şiddetinin (S) ve saptanabilirliğinin (D) çarpımı olan RÖS ile hata türlerinin risk önceliklerini belirler.

$$RÖS = O \times S \times D \quad (1)$$

Bir potansiyel hata türünün RÖS’ünü elde etmek için üç risk faktörü Tablo 1-3’te (Ford Motor Company, 1988) görülen 10 puanlı ölçek kullanılarak değerlendirilir. Genellikle, daha yüksek RÖS’lü hata türlerinin daha önemli olduğu ve düzeltme için daha yüksek öncelik verileceği varsayılmaktadır.

### 2.2. HTEA’nın Eksiklikleri

HTEA sistem, tasarım, süreç veya hizmetteki gerçekleşebilecek hataları önceden önleyebilen en önemli erken önleyici faaliyetlerden biridir. Ancak, kesin RÖS’ler çeşitli sebeplerden dolayı eleştirilmektedir. Eleştirilerden bazıları aşağıda gösterilmektedir (Liu vd., 2012):

- O, S, D arasındaki önem dereceleri dikkate alınmaz. Üç faktörün eşit önem derecesine sahip olduğu kabul edilir. Bu gerçek hayat problemlerine HTEA’nın uygulamasında hatalı sonuçlar verebilir.
- O, S, D’nin farklı değerleri RÖS’ün aynı değerini tam olarak verebilir fakat onların gizli riskleri toplam olarak farklı olabilir. Örneğin 2 farklı durum için O, S, D sırasıyla 2, 3, 2 ve 4, 1, 3 ise RÖS değeri aynı ve 12’dir. Bu durum kaynak ve zaman israfına veya daha yüksek riskli hata türünün belirlenememesine sebep olabilir.
- Üç faktörü kesin olarak değerlendirmek çok zordur. HTEA’da birçok bilgi genellikle belirsiz ve dilsel olarak önemli, çok yüksek vb. ifadelerle açıklanır.



Tablo 1. Gerçekleşme olasılığının geleneksel HTEA ölçeği

Sıra	Hatanın gerçekleşme olasılığı (O)	Muhtemel hata oranı
10	Aşırı yüksek, hatanın olması kaçınılmaz	2'de $\geq 1$
9	Çok yüksek	3'de 1
8	Tekrarlı hatalar	8'de 1
7	Yüksek	20'de 1
6	Biraz yüksek	80'de 1
5	Orta	400'de 1
4	Biraz düşük	2000'de 1
3	Düşük	15000'de 1
2	Nadir	150000'de 1
1	Hemen hemen imkânsız	1500000'de $\leq 1$

Tablo 2. Şiddetin geleneksel HTEA ölçeği

Sıra	Etkinin şiddeti(S)	Etki
10	Tehlikeli	Hata tehlikelidir ve uyarı olmadan gerçekleşir. Sistemdeki işleri erteler.
9	Ciddi	Uyarı yaparak sistem işlerini etkiler.
8	Aşırı	Güvenliği tehlikeye atmadan tahrip edici hatayla işletilemeyen sistem
7	Büyük	Ekipman zararıyla işletilemeyen sistem
6	Önemli	Küçük zararlar işletilemeyen sistem
5	Orta	Hata olmadan işletilemeyen sistem
4	Düşük	Önemli derecede performans azalışıyla işletilebilir sistem
3	Az	Biraz performans azalışıyla işletilebilir sistem
2	Çok az	Küçük bir müdahaleyle işletilebilir sistem
1	Hiç	Etkisiz

Tablo 3. Saptanabilirliğin geleneksel HTEA ölçeği

Sıra	Saptanabilirlik (D)	Tasarım kontrolüyle saptanabilirliğin olabilirliği
10	Mutlak belirsiz	Tasarım kontrolü potansiyel hata sebebini belirleyemez.
9	Çok uzak	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi çok uzak ihtimal
8	Uzak	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi uzak ihtimal
7	Çok düşük	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi çok düşük ihtimal
6	Düşük	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi düşük ihtimal
5	Orta	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi orta ihtimal
4	Biraz yüksek	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi biraz yüksek ihtimal
3	Yüksek	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi yüksek ihtimal
2	Çok yüksek	Tasarım kontrolünün potansiyel hata sebebini belirlemesi çok yüksek ihtimal
1	Neredeyse kesin	Tasarım kontrolü potansiyel hata sebebini neredeyse kesin olarak belirleyecek.

Yukarıda açıklanan dezavantajların üstesinden gelmek için bulanık mantık HTEA’da yaygın olarak kullanılmaktadır (Sharma vd., 2005; Xu vd., 2002; Liu vd., 2012; Wang vd., 2009). B-PROMETHEE yönteminin uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar gelecek bölümde incelenecektir.

### 3. Bulanık Promethee Yöntemi

PROMETHEE yöntemi, Brans tarafından 1986 yılında geliştirilmiş fayda fonksiyonları ile kıyaslanamazlık problemini aşabilen çok kriterli karar verme tekniğidir. Dilsel değişkenler ve PROMETHEE yönteminin bir kombinasyonu olan Bulanık PROMETHEE yöntemi ise ilk kez Lé Teno ve Mareschal (1998) tarafından öne sürülmüştür. Goumas ve Lygerou (2000) çalışmasında bir alçak ısıda jeotermal alana ait enerji soğurma planları alternatiflerinin sıralanması ve değerlendirilmesi için B-PROMETHEE kullanmıştır. Bilsel vd. (2006) hastane web sitelerinin performanslarını değerlendiren kalite modeli geliştirmişler ve bu performansları B-PROMETHEE yöntemi ile analiz etmişlerdir. Liu ve Guan (2009) çalışmalarında demiryolları yolcu hizmetleri kalitesini belirlemek amacıyla, yamuksal bulanık sayılar kullanarak dilsel verileri bulanık sayılara dönüştürmüş, alternatifler arasındaki bulanık ilişkileri ve bulanık akışları yine bu sayılar yardımı ile hesaplayarak, PROMETHEE II sürecini bulanıklaştırmışlardır. Ho (2006) çalışmasında ERP (Enterprise Resource Planning-Kurumsal Kaynak Planlama) sistemlerinin geliştirilme yöntemleri ve kurulum stratejilerini değerlendirmek için bulanık mantık ve ÇKKV’yi birleştirerek bulanık VIKOR (uzlaşık sıralama yöntemi) ve bulanık PROMETHEE yöntemlerini uygulamıştır. Liu ve Guan (2009) çalışmalarında demiryolları yolcu hizmetleri kalitesini belirlemek amacıyla, yamuksal bulanık sayılar kullanarak dilsel verileri bulanık sayılara dönüştürmüş, alternatifler arasındaki bulanık ilişkileri ve bulanık akışları yine bu sayılar yardımı ile hesaplayarak, PROMETHEE II sürecini bulanıklaştırmışlardır. Liao (2009)’nun otomatik yazılım geliştirmede karşılaşılan seçim problemleri konusunda, karar verme

sürecindeki çatışmaları gidermek ve karar vermeyi sistematik olarak matematikselleştirmek amacıyla PROMETHEE yöntemi bulanık küme teorisi ile uygulanmıştır. Dadzie vd. (2015), çalışmalarında kamu girişimcilik sermayesi alanında B-Promethee yöntemini kullanarak en iyi işletmeyi seçmişlerdir.

PROMETHEE metodunun çok yaygın olarak başarılı bir şekilde kullanılmasının temelinde matematiksel özellikleri ve kolay kullanımı gelmektedir. Ancak, yöntemde kullanılan girdi değerleri karar vericilerin düşünce ve tecrübelerine dayandığı ve dolayısıyla dilsel terimlerle ifade edildiği zaman oluşan belirsizlik ve bulanıklıktan ötürü yanlış değerlendirmeler yaparak yanlış sonuçlara varma olasılığı çok yüksektir. Bu belirsizliğin yol açabileceği sorunların önüne geçmek amacıyla, bulanık sayılar ve PROMETHEE yönteminin bir kombinasyonu olan Bulanık PROMETHEE (B-PROMETHEE) yöntemi geliştirilmiştir.

Bu çalışmada B-PROMETHEE metodu Goumas ve Lygerou (2000), Le Teno ve Mareschal (1998) ve Bilsel vd. (2006) tarafından önerilen şekilde uygulanmıştır. Dolayısıyla PROMETHEE yöntemindeki tüm işlemler ve hesaplamalar bulanık sayılarla gerçekleştirilecek olup, tercih eşik değerleri ( $q$  ve  $p$ ) ve ağırlıklar kesin sayı olarak kalacaktır.  $q$  ve  $p$ , bir bulanık sayının esnetilmiş biçiminden dolayı yapılacak değerlendirmelerin belirsiz olmasının engellenmesi için bulanık sayı değildir. Aynı şekilde ağırlıklar, PROMETHEE metodunda ağırlıklar toplamının 1 olması gerektiğinden dolayı işlem çözümünde bulanık sayı olarak kullanılamaz (Yılmaz ve Dağdeviren, 2010).

Uygulamada tercih fonksiyonlarının belirlenmesi aşamasında B-PROMETHEE uygulamalarında en sık kullanılan ve problemin karakteristiğine en uygun olan doğrusal tercih fonksiyonu (5. Tip) seçilmiş ve Eş. (2)’de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılacak olan bulanık değerler Tablo 4’te verilmiştir.

$$P(a,b) = 0, \quad x \leq q$$

$$P(a,b) = (x-q)/(p-q), \quad q < x < p \quad (2)$$

$$P(a,b) = 1, \quad x > p$$

B-PROMETHEE kullanıldığında Eş. (2)'de bulunan  $\alpha$  ve  $\beta$  eylemlerinin performansları arasındaki fark  $d$ ,  $(n,c,d)$  bulanık sayısı olarak ifade edilecek ve Eş. (3)'teki gibi olacaktır.

$$P(a,b) = 0, \quad n-c \leq q$$

$$P(a,b) = \frac{(n,c,d)-q}{p-q}, \quad q \leq n-c \text{ ve } n+d \leq p \quad (3)$$

$$P(a,b) = 1, \quad n+d \geq p$$

#### 4. Uygulama

Geleneksel HTEA risk faktörlerinin, önem derecelerini dikkate almadığı ve O,S ve D risk faktörlerini tam olarak değerlendirmenin kolay olmadığı kapsamlı olarak öne sürülmektedir (Liu vd., 2012; Zhou ve Thai, 2016). Çünkü geleneksel HTEA herhangi bir nicel ifade ile değerlendirmeye tabi tutulamayacağı için ancak nitel olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, karar matrisine girdi teşkil eden değerler karar vericilerin subjektif değerlendirmelerin dayalı olduğu için belirsizlik ve bulanıklıktan ötürü problemin çözümünde yanlış sonuçlara

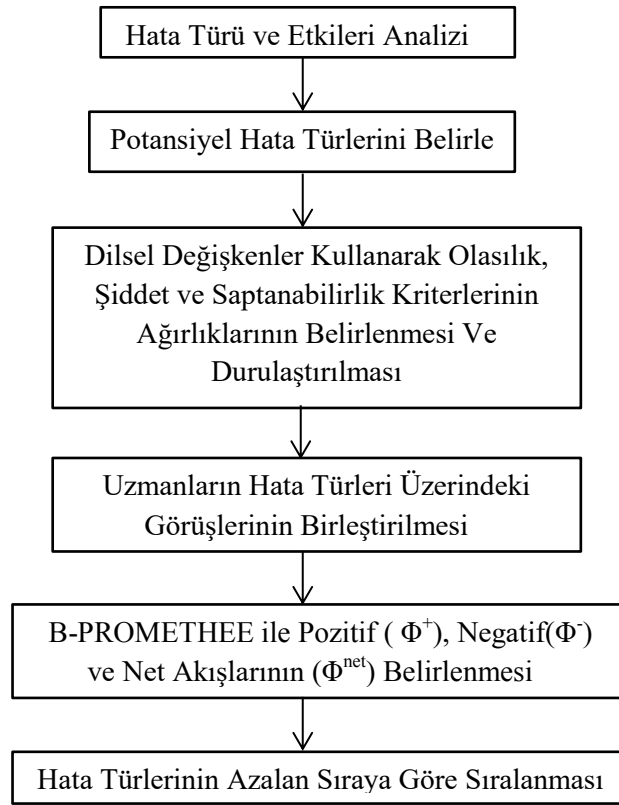
varılabilir. Dolayısıyla; bu uygulamada, risk faktörleriyle geleneksel HTEA'nın sözel ifadelerle değerlendirilmesine olanak sağlayan bulanık PROMETHEE yöntemi ile hata türlerinin risk öncelikleri belirlenmiştir.

Bir inşaat firmasında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip bir inşaat mühendisi, bir iş güvenliği uzmanı ve bir akademisyenden oluşan 3 kişilik bir uzman ekip oluşturulmuştur. İnşaat firmasındaki riskleri değerlendirmek için her bir uzmana anket uygulanarak veriler elde edilmiştir. Hata türlerinin risk önceliklerinin belirlenmesinde aşağıdaki adımlar izlenecektir:

1. Uygulamada ilk olarak karar verme takımının oluşturulması ve daha sonra değerlendirmede yer alacak alternatif hata türlerinin belirlenmesi,
2. Hata türlerinin risk önceliklerinin belirlenmesinde kullanılacak olan dilsel değişken aralıklarının belirlenmesi,
3. Dilsel değişken kullanılarak risk faktörlerine ait ağırlıkların belirlenmesi ve her bir risk faktörü açısından hata türlerinin değerlendirilmesi,
4. Bulanık PROMETHEE yöntemi ile hata türlerinin risk önceliklerinin belirlenmesi.

Tablo 4. Problemin değerlendirilmesinde yararlanılan sözel ifadeler ve bulanık üçgen sayı olarak karşılıkları

Sözel İfadeler	Üçgen Bulanık Sayı Karşılığı
Çok Yüksek (ÇY)	(0,8; 1; 1)
Yüksek (Y)	(0,65; 0,8; 1)
Orta Yüksek (OY)	(0,5; 0,65; 0,8)
Orta (O)	(0,3; 0,5; 0,65)
Orta Düşük (OD)	(0,15; 0,3; 0,5)
Düşük (D)	(0; 0,15; 0,3)
Çok Düşük (ÇD)	(0; 0; 0,15)



Şekil 1. Önerilen yaklaşımın akış şeması

Tablo 4'te problemin çözümünde kullanılacak dilsel değişkenler ve sayısal karşılıkları verilmiştir. Tablo 5'te ise uygulama alanı olarak seçilen inşaattaki hata türleri gösterilmiştir. Tablo 4 'te verilen dilsel değişkenlerin kullanılmasıyla oluşturulan 3 takım üyesine ait risk faktörlerinin ağırlık değerlendirmesi Tablo 6'da ve hata türlerinin risk faktörü değerlendirmesi Tablo 7'de görülmektedir. Kriter ağırlıkları ve alternatif

hata türlerinin toplu olarak risk faktörleri değerlendirme matrisi ise Tablo 8'de verilmiştir. Ayrıca, kriter ağırlıkları PROMETHEE yönteminin uygulama prensipleri kriter ağırlıklarının toplamının 1 olmasını gerektirdiğinden bulanık değişkenlerin durulaştırılması işleminden sonra elde edilen değerler toplam ağırlık değerleri 1 olacak şekilde yeniden oranlanmıştır.

Tablo 5. İnşaat Sektörü Hata Türleri

Kod	Hata Türleri
HT1	Yüksekten Düşme
HT2	Elektrikle Temas
HT3	Parça Düşmesi
HT4	Ağır Ekipman Kazaları
HT5	Site Trafik Yoğunluğu
HT6	İnşaat Yapısının Yıkımı
HT7	Çöküntü
HT8	Diğer Kazalar
HT9	Yangın veya Patlama
HT10	Yüze veya vücudun bir bölgesine tehlikeli parça sıçraması

Tablo 6. Üç Takım üyesine ait risk faktörlerinin ağırlıkları

Takım Üyeleri		KV1	KV2	KV3
Risk Faktörü	O	Y	Y	ÇY
	S	OY	ÇY	OY
	D	ÇY	O	Y

Tablo 7. HTEA takım üyelerine ait risk faktörü değerlendirilmesi

Risk Faktörü		O			S			D		
Takım Üyeleri		KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3
Hata Türleri	HT1	OD	OD	D	O	Y	OY	Y	ÇY	Y
	HT2	ÇD	D	OY	ÇY	Y	Y	O	D	Y
	HT3	ÇD	OD	O	Y	OY	O	ÇD	OY	ÇD
	HT4	O	OY	D	O	O	OD	ÇD	OD	ÇD
	HT5	D	D	D	O	OY	ÇD	Y	ÇY	Y
	HT6	D	ÇD	ÇD	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇY	O
	HT7	ÇD	O	O	Y	O	ÇY	D	ÇD	ÇD
	HT8	O	OD	D	D	D	OD	O	O	Y
	HT9	O	Y	OD	ÇY	ÇY	Y	ÇD	O	D
	HT10	O	Y	OD	Y	OY	OY	D	D	D

Tablo 8. Alternatif hata türlerinin toplu olarak risk faktörleri değerlendirme matrisi

Risk Faktörü		O	S	D
Ağırlıklar		(0.65,0.93,1)	(0.5,0.77,1)	(0.3,0.77,1)
Hata Türleri	HT1	(0,0.25,0.5)	(0.3,0.65,1)	(0.65,0.87,1)
	HT2	(0,0.27,0.8)	(0.65,0.87,1)	(0,0.48,1)
	HT3	(0,0.27,0.65)	(0.3,0.65,1)	(0,0.22,0.8)
	HT4	(0,0.43,0.8)	(0.15,0.43,0.65)	(0,0.1,0.5)
	HT5	(0,0.15,0.3)	(0,0.38,0.8)	(0.65,0.87,1)
	HT6	(0,0.05,0.3)	(0.65,0.93,1)	(0.3,0.77,1)
	HT7	(0,0.33,0.65)	(0.3,0.77,1)	(0,0.05,0.3)
	HT8	(0,0.32,0.65)	(0,0.2,0.5)	(0.3,0.6,1)
	HT9	(0.15,0.53,1)	(0.65,0.93,1)	(0,0.22,0.65)
	HT10	(0.15,0.53,1)	(0.5,0.7,1)	(0,0.15,0.3)

Bu bölümde karar vericilerin düşünce ve tecrübelerine dayanılarak oluşturulan girdi verilerinde bulunan dilsel terimlerin yol açtığı belirsizlik ve bulanıklıktan doğabilecek olan yanlış değerlendirme olasılığının önüne geçmek amacıyla, Bulanık PROMETHEE (B-PROMETHEE) metodu ile hata türlerinin risk önceliklerinin belirlenmesi problemi için farklı bir çözüm yapılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılarak (Goumas ve

Lygerou, Le Teno ve Mareschal, Bilsel vd.) uygulamada kullanılacak olan doğrusal tercih fonksiyonu için farksızlık eşiği  $q$  tüm kriterler için sıfır, tercih eşiği  $p$  ise 0.60 alınmıştır. Değerlendirme sonucunda elde edilen pozitif ( $\Phi^+$ ) ve negatif ( $\Phi^-$ ) üstünlükler ile tam sıralama değerleri ( $\Phi^{net}$ ) Tablo 10'da, B-PROMETHEE II ile elde edilen tam sıralama ise Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 9. B-PROMETHEE metodu için elde edilen akışlar

Alternatifler	$\Phi^+$	$\Phi^-$	$\Phi_{net}$
HT1	3.422	4.249	-0.827
HT2	4.585	3.056	1.529
HT3	3.00	5.00	-2.00
HT4	3.262	4.768	-1.506
HT5	2.721	5.279	-2.558
HT6	4.067	3.202	0.865
HT7	3.877	4.196	-0.319
HT8	3.654	5.346	-1.692
HT9	5.475	1.495	3.98
HT10	4.621	2.093	2.528

HT9 → HT10 → HT2 → HT6 → HT7 → HT1 → HT4 → HT8 → HT3 → HT5

Şekil 2. Bulanık PROMETHEE ile elde edilen tam sıralama

Bulanık PROMETHEE ile elde edilen sonuçlara göre, net akış değeri yüksek olan hata türlerinin önlenabilirliği yüksek ihtimal olduğu için daha az risk oluşturmaktadırlar. Dolayısıyla, net akış değeri en düşük olan “Site Trafik kazaları (HT5)” risk faktörü en düşük hata türü ve net akış değeri en yüksek olan “Yangın veya patlama (HT9)” ise risk faktörü en yüksek hata türü olarak görülmektedir.

## 5. Sonuç

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği konusuna olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada bir inşaattaki risk değerlendirmesi için HTEA metodundan faydalanılmıştır. HTEA’nın temel felsefesi olan riskleri sıralama yaklaşımı için bir sıralama metodu olan PROMETHEE yaklaşımı uygun bir metod olduğundan bu çalışmada incelenmiştir. PROMETHEE metodu matematiksel özellikleri ve kolay kullanımı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel HTEA’da O,S ve D risk faktörleri değerlendirilirken kesin sayıların kullanıldığı 1-10 ölçeği yerine uzmanların görüşlerini daha kolay ifade edebileceği dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bu çalışmada değerlendirmeyi yapan uzmanlar görüşlerini

dilsel terimleri kullanarak yaptığından dolayı bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmıştır. Böylece bulanık mantık ve PROMETHEE yaklaşımlarının birleştirilmesi sonucunda hata türlerinin sıralanması için bulanık PROMETHEE yöntemi önerilmiştir.

En düşük ve en yüksek RÖS’e sahip riskler sırasıyla “Site Trafik kazaları” ve “Yangın veya patlama” olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu “yangın veya patlama” riskinin saptanabilirlik kriter değeri oldukça

düşük olmakla birlikte olasılık ve şiddet kriter değerleri de yüksek olduğu için ilk ele alınması gereken risk olarak ve “site Trafik kazaları” riskinin saptanabilirlik kriter değeri oldukça yüksek olmakla birlikte olasılık ve şiddet kriter değerleri de düşük olduğu için en son ele alınması gereken risk olarak belirlenmiştir. PROMETHEE yönteminin sonuçlarından biri olan pozitif akışa göre “Yangın veya patlama” riski en yüksek değere sahipken “Site Trafik kazaları” ise en düşük değere sahiptir. Elde edilen sonuçlara göre negatif akış için tam tersi bir durum söz konusudur. Bu sonuçlar “Yangın veya patlama” riskinin mutlak önceliğini net bir biçimde ortaya koymaktadır.

Çalışmanın iki eksikliği söz konusu olabilir. Birincisi, bu çalışmada inşaat firmasındaki riskleri değerlendirebilecek yeterli bilgi ve tecrübeye sahip uzman sayısının azlığından dolayı 3 uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Daha fazla uzmandan görüş alınması sonuçlarda değişikliğe sebep olabilir. İkincisi, B-PROMETHEE yönteminde kullanılan p ve q tercih eşik değerleri farklı alındığı zaman inşaat firmasındaki risklerin sıralaması farklı olabilir.

Gelecekteki çalışmalarda HTEA'nın değerlendirilmesi için farklı çok ölçütlü karar verme tekniklerinin hibrid yaklaşımlarından yararlanılabilir. Ayrıca bu çalışmada önerilen yaklaşım personel seçimi, tedarikçi seçimi, yazılım seçimi, tesis yer seçimi gibi farklı uygulama alanlarında kullanılabilir.

## 6. Kaynaklar

Bilsel, R. U., Büyüközkan, G., Ruan, D., "A fuzzy preference-ranking model for a quality evaluation of hospital web sites", *International Journal of Intelligent Systems*, 21: 1181-1197 (2006).

Bowles, J. B., Pelaez, C. E., 1995. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis, *Reliability Engineering & System Safety*, 50(2), 203-213.

Brans J.P. and Vincke P. A. (1985). Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM. *Management Science*, 31, 647-656.

Chang, D.S., Sun, K.L.P., 2009. Applying DEA to enhance assessment capability of FMEA. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26, 629-643.

Chang, K.H., Chang, Y.C, ve Tsai, I.T., 2013a. Enhancing FMEA assessment by integrating grey relational analysis and the decision making trial and evaluation

laboratory approach, *Eng. Fail. Anal.*, 31, 211-224.

Chang, K. H., Liaw, C.-S., Chang, T.-Y., Chang, Y.-C., 2013b. FMEA-based DEMATEL apportionment approach. *Chung Cheng Ling Hsueh Pao/Journal of Chung Cheng Institute of Technology*, 42(1), 41-58.

Dadzie E., Oplatková Z., Nabareseh S., "Selecting Start-Up Businesses in a Public Venture Capital Financing using Fuzzy PROMETHEE", *Procedia Computer Science*, Volume 60, Pages 63-72 (2015).

Ford Motor Company, 1988. Potential failure mode and effects analysis (FMEA) reference manual.

Goumas, M., Lygerou, V., 2000. An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects, *European Journal of Operational Research*, 123, 606-613.

Ho, C., "Applying fuzzy multicriteria decision-making for evaluating ERP system development methods and implementation strategies", *Yüksek Lisans Tezi, I-Shou Üniversitesi Bilgi Yönetimi Bölümü*, 1-3 (2006).

Kutlu, A. C., & Ekmekcioğlu, M., 2012. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 61-67.

Le Teno, J., F., ve Mareschal, B., "An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality", *Eur Journal of Operational Research*, 109, 522-529, 1998.

Liao, T. H., "Automatic program design framework in PC-BASE equipment research", *Yüksek Lisans Tezi, I-Shou*

- Üniversitesi Bilgi Yönetimi Bölümü, 1-3, (2009).
- Liu H.C., Liu L., Liu N., Mao L. X., 2012. Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 39, 12926-12934.
- Liu H. C., Liu L., Li P., Failure mode and effects analysis using intuitionistic fuzzy hybrid weighted Euclidean distance operator, *International Journal of Systems Science* 45(10) (2014) 2012-2030.
- Liu, H. C., You, J. X., Shan, M. M., & Shao, L.N., 2015. Failure mode and effects analysis using intuitionistic fuzzy hybrid TOPSIS approach, *Soft Computing*, 19(4), 1085-1098.
- Liu P., Guan Z., "Evaluation research on the quality of the railway passenger service based on the linguistic variables and the improved PROMETHEE-II method", *Journal of Computers*, 4 (3): 265-270 (2009).
- Özfirat, P.M., 2014. Bulanık önceliklendirme metodu ve hata türü ve etkileri analizini birleştiren yeni bir risk analizi yöntemi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(4), 755-768.
- Sachdeva, A., Kumar, D., Kumar, P.A., 2008. Methodology to Determine Maintenance Criticality using AHP. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 3(4), 396-412.
- Sankar, N. R., Prabhu, B.S., 2001. Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(3), 324-336.
- Seyed-Hosseini, S.M., Safaei, N., Asgharpour, M.J. (2006). Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. *Reliability Engineering and System Safety*, 91(8), 872-881.
- Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, P., 2005. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9), 986-1004.
- Song, W., Ming, X., Wu, Z., Zhu, B., 2013. Failure modes and effects analysis using integrated weight-based fuzzy TOPSIS, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(12), 1172-1186.
- Song, W., Ming, X., Wu, Z., & Zhu, B., 2014. A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(4), 473-486.
- Tan, Z. D., & Du, Z.F., 2013. Failure mode and effects analysis of equipment based on grey theory. *Applied Mechanics and Materials*, 313, 763-766.
- Wang, Y. M., Chin, K. S., Poon, G. K. K., & Yang, J. B., 2009. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1195-1207.
- Vahdani, B., Salimi, M., & Charkhchian, M., 2015. A new FMEA method by integrating fuzzy belief structure and TOPSIS to improve risk evaluation process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1-4), 357-368.



Xu, K., Tang, L.C., Xie, M., Ho, S.L., & Zhu, M.L., 2002. Fuzzy assessment of FMEA for engine systems, *Reliability Engineering & System Safety*, 75(1), 17-29.

Zhou, Q., Thai, V.V., Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction, *Safety Science*, (2016), 83, 74-79.

Yılmaz, B., Dağdeviren, M., 2010. Ekipman Seçimi Probleminde PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 811-826.

## Ünlüpnar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epitermal Pb-Zn±Au Cevherleşmesinin Gamma Ray Spektrometre Ölçümleri ile İncelenmesi

Nafiz MADEN\*, Nezaket KAHVECİ,  
Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 10.06.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 27.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 28.07.2016

### Öz

*Bu çalışmada Kelkit-Ünlüpnar Eylence Yayla yöresinde 320 noktada Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve toplam doz oranı değerleri gamma ray spektrometresi ile ölçülmüştür. Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve toplam Doz oranı haritaları ile bunlara ait hesaplanan oran haritaları çizilmiştir. Bu oran haritaları değerlendirildiğinde yüksek genlikli anomalilerin alterasyona bağlı potasyum (K) zenginleşmesi gösteren kırık zon boyunca yerleştiği görülmüştür. K/eTh, K/eU ve F- parametre haritalarında görülen yüksek genlikli anomaliler hidrotermal çözeltilerin yüzeye cevher taşıdığı alterasyon zonlarına karşılık geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda hızlı ve ekonomik bir yöntem olan gamma ray spektrometresi ölçümleri ile alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesi gösteren cevher yataklarının çok kolay bir şekilde belirlenebildiği görülmüştür. Ayrıca Efimov F-parametre haritasındaki yüksek genlikli alanlar potansiyel cevher sahalarını göstermekte olup sondaj noktaları olarak kullanılması mümkündür.*

**Anahtar kelimeler:** Altın Mineralizasyonu, Doğu Pontidler, Gamma Ray Spektrometre, Potasyum Zenginleşmesi

## Investigation of the Ünlüpnar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epithermal Pb-Zn±Au Mineralization with Gamma Ray Spectrometer Measurements

### Abstract

*In this study, the values of Potassium (K40), Uranium (eU), Thorium (eTh) and total dose rates in 320 stations were acquired through a high-sensitivity gamma-ray spectrometer. The maps of the Potassium (K40), Uranium (eU), Thorium (eTh) and total dose rates with theirs computed ratio maps are plotted. It is seen that the high magnitude of the anomalies are located through the fault lines related to the enrichment of K by evaluating these ratio maps. High K/eTh, K/eU and Efimov F-Parameter (KeU/eTh) anomalies point out the alteration zones with transmitting hydrothermal ore solutions. It is seen that the ore zones associated with the alteration could be determined with the gamma ray spectrometry, which is fast and economics method. Also, the high amplitude areas in the Efimov F-Parameter map demonstrate the potential ore zones and might be the mine drilling points.*

**Keywords:** Gold Mineralization, Eastern Pontides, Gamma Ray Spectrometry, Potassium Enrichment

\* Nafiz MADEN, nmaden@gumushane.edu.tr, Tel.:(0456) 233 74 25

## 1. Giriş

Gamma ray spektrometre yöntemi jeolojik haritalamada (Anderson ve Nash, 1997; Graham ve Bonham-carter, 1993; Jaques vd, 1997; Charbonneau vd, 1997), maden araştırmalarında (Grasty ve Shives, 1997; Lo ve Pitcher, 1996; Aydın, 2005; El-Sadek, 2009; Abd El Nabi, 2013) ve çevresel radyasyon seviyesinin izlenmesi çalışmalarında (Lahti vd., 2001; Ford vd., 2000; Sanderson vd., 1995) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, belirli enerji aralığındaki (0-3 MeV) yeryüzü kaynaklı gamma radyasyonunu ölçülmesi esasına dayanır. Gamma radyasyonunun kaynağı yer kabuğunda doğal olarak bulunan uranyum, toryum, potasyum ve rubidyum gibi elementlerdir. Bu elementleri içeren mineraller ve kayalar da radyoaktivite özelliğine sahiptirler. Radyometrik yöntemin en büyük dezavantajı gamma ışınlarının 1 metre kalınlığında toprak tabakasından geçmemesi ve 1 metrenin altının araştırılmamasıdır (Wallin, 1984).

Türkiye’de ilk radyometrik etütler, uranyum aramalarına dönük olarak Geiger-Müller cihazları ile 1956-1957 yıllarında MTA tarafından başlatılmıştır. 1960-1961 yıllarında Canadian Aero Service isimli bir Kanada şirketi Türkiye’de havadan yaptığı etütlerde uçakta manyetometrelerin yanı sıra bir de sintilometre kullanmıştır. Daha sonra MTA 1973-1975 yıllarında Afyonkarahisar, Salihli ve Yalova; 1983 yılında Yozgat ve Bayburt yörelerinde havadan radyometrik etütler yapmıştır (Wallin, 1984). Türkiye’de gamma ışın spektrometresi ile Yozgat-Şefaati ve Nevşehir-Bekdik sahaları bulunmuştur (Aydın, 1990). Türkiye’de Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören yöresindeki toryum yatağı 380.000 ton rezervle dünyanın en büyük toryum yatağı 1959 yılında havadan radyometrik etütler sonucu tespit edilmiştir (Kaplan, 1977).

Shives vd. (2000) polimetallik volkanik massif sülfidlerle (VMS), magmatik hidrotermal depozitlerle (Au-Co-Cu-Bi-W-As), ve porfiri Cu-Au-(Mo) depozitleri ile ilişkili potasyum

alterasyonlarını belirlemek ve haritalamak amacıyla gama ray spektrometre yöntemini kullanmıştır. Bu araştırmacılar potasyum zenginleşmesi görülen bu sahaların düşük eTh/K oranı sergilediklerini ortaya koymuşlardır.

Bakır, kurşun ve çinko gibi metalik mineral aramalarında gamma ışın spektrometre etütlerinden dolayı olarak yararlanılmaktadır. Bu mineralleri bulduran ve bilinen jeolojik birimlerin içerdiği potasyum, uranyum ve toryum oranları bir anahtar veya bir ipucu gibi kullanılabilir. Moxham vd. (1965) bakır, kurşun ve çinko mineralizasyonu bulunan alterasyon zonlarındaki potasyum içeriğinin, normal alterasyon zonlarına göre iki kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Nevşehir-Genezin civarındaki uranyumca zengin zonlarda bakır mineralizasyonuna rastlanmaktadır (Aydın, 1994).

Gross (1952) Kanada’da yaptığı araştırmalarda, radyoaktivitesi yüksek intrüziflere ve bunların civarındaki yine radyoaktivitesi yüksek zonlarda altın içeriğinin arttığına işaret etmiştir. Mısır’ın Doğu Çölündeki Um Salim Altın madeni üzerinde havadan manyetik ve radyometrik araştırma yapan El-Sadek (2009) altın mineralizasyonunun düşük eU/eTh, eU/K ve eTh/K değerleri gösterdiğini tespit etmiştir. Gana’nın güneydoğusundaki Ashanti Altın kuşağında gerçekleştirilen gama ray spektrometre ölçümleri sonucunda potasyum zenginleşmesinin Efimov F-parametere ( $K \times U/Th$ ), K, K/eTh, and K/eU oranı haritalarında yüksek genlikli anomalilerle ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Abd El Nabi, 2013).

Maden ve Akaryalı (2015) Arzular (Gümüşhane) yöresinde yaptıkları çalışmada dairesel şekilli yüksek eU, eTh and K (%) anomalilerinin hidrotermal alterasyon zonlarına karşılık geldiğini ortaya koymuşlardır. KD yönlü K/eU anomalilerinin hidrotermal alterasyona işaret ettiği tespit edilmiştir. Potasyum zenginleşmesi görülen alanlarda yüksek K/eTh oranları epitermal altın mineralizasyonu ile ilişkilidir. Yapılan

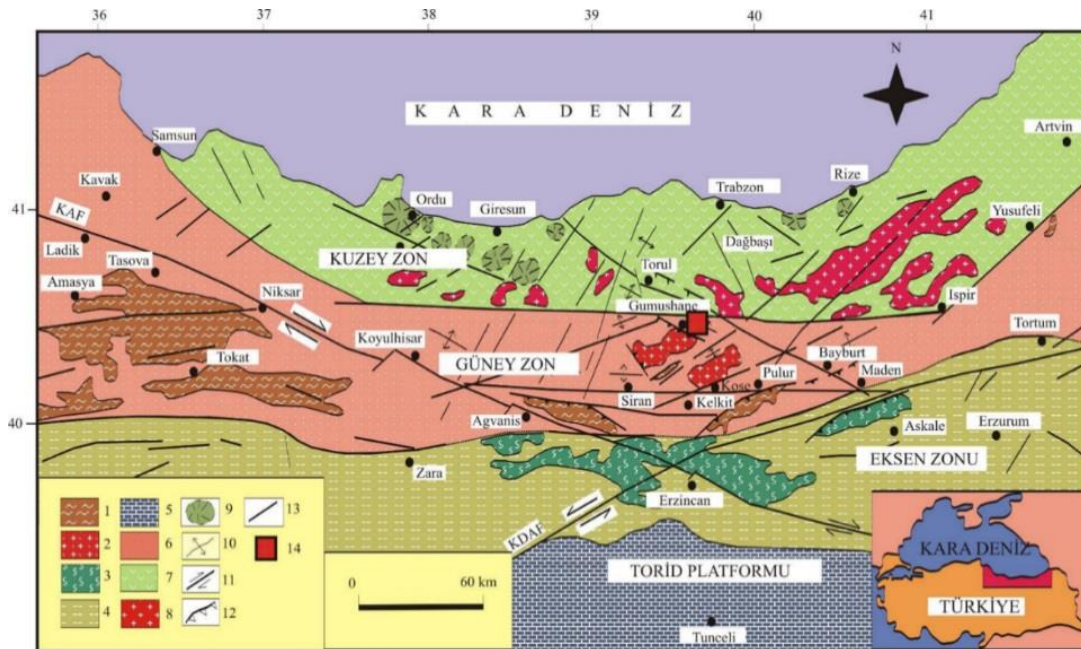
değerlendirmeler sonucunda altın mineralizasyon potassik alterasyonun en yoğun olduğu yerlerde olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde sonuçlara yine Gümüşhane civarındaki Kaletaş, Çitdüzü-Zarfu (Yiğit, 2014; Yiğit ve Maden, 2016) gibi değişik altın sahalarında da ulaşılmıştır.

Gümüşhane kurşun, çinko ve bakır ve bunların yanı sıra altın ve gümüş gibi değerli metaller açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu bölgenin jeolojisi, tektoniği ile ekonomik maden yataklarını (masif sülfür, porfiri bakır, skarn ve epitermal damar tipi Cu, Pb, Zn, Au ve Ag) içeren çok sayıda çalışma yapılmıştır (Adamia, vd., 1977; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Eyüboğlu 2010, Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz 2013; Yiğit, 2014; Maden ve Akaryalı, 2015; Yiğit ve Maden, 2016). Gümüşhane ili Kelkit ilçesi sınırları içerisinde Ünlüpınar Beldesi Eylenceyayla yöresinde bulunan Pb-Zn±Au cevherleşmesi, Liyas yaşlı volkanotortul seri içinde bazaltik andezitlerle

ilişkilidir. Kırık zonlarında alterasyona bağlı cevherleşmelerin yoğunlaştığı bölgelerin tespit edilmesi için Radyometrik çalışma yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Bölgenin Genel Jeolojisi

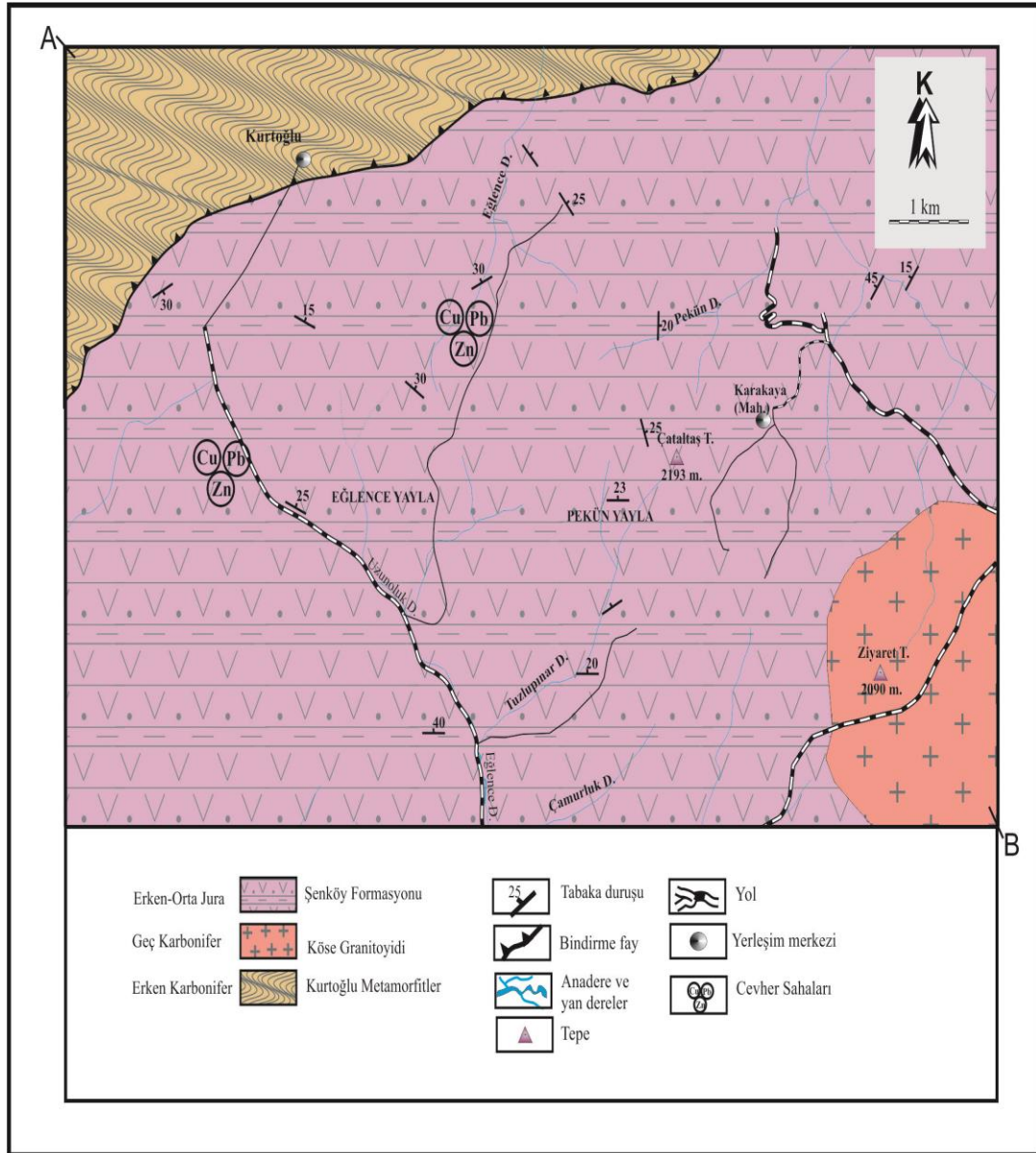
Çalışma konusunu oluşturan cevherleşme sahası Doğu Pontidlerin güney zonunda yer alan Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi, Ünlüpınar Beldesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının jeoloji haritası Şekil 2’de verilmiştir. İnceleme alanında en yaşlı birim Erken Karbonifer yaşlı Kurtoğlu Metamorfikleri (Yılmaz, 1972) Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane ve Köse Granitoidleri (Erguvanlı, 1952) tarafından kesilmektedir. Kurtoğlu Metamorfiklerine ait başlıca kayaç türleri; fillatlar, grafit şistler, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, kuvar fillat ve gnayslardır. Güney zonda bu birimler Kelkit, Şiran-Zimon (Çevrepmar), Kurtoğlu, Kale, Köse, Demirözü, Yeniköy ve kuzeyinde yaygın olarak gözlenirler (Baykal, 1952; Çoğulu, 1970; Yılmaz, 1972; Açar, 1977; Eren, 1983; Topuz, 2000).



Şekil 1. Doğu Pontidler’in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayaçları, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayaçları, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldera veya dom, (10) Kıvrım eksenini, (11) Doğru atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006).

Kurtoğlu Metamorfikleri cevherleşmenin de içinde yer aldığı Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter istif (Şenköy Formasyonu) ile uyumsuz olarak örtülür (Kandemir, 2004). Şenköy Formasyonu inceleme alanında andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır. Genel olarak siyah, gri ve grimsi siyah renklerde ve yuvarlak iri bloklar halinde yer yer ise akmalar şeklinde görülen Şenköy

Formasyonu arazide kolayca tanınmaktadır. Bu formasyon içerisindeki volkanik kayalar (andezit, bazalt vb) ile bunların piroklastları yer yer kırıklı ve çatlaklı yapıda olup çatlaklar limonit ve kalsit dolguludur. İnce kesitlerde yapılan incelemede, Eylence Dere'nin kuzeybatısındaki Şenköy Formasyonu'na ait andezitlerin içerisinde Mikrolitik porfirik ve glomeraporfirik doku gözlenmektedir (Akbulut, 2014; Akbulut vd, 2015).



Şekil 2. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası (Akbulut, 2014).

### 3. Yöntem ve Veri Toplama

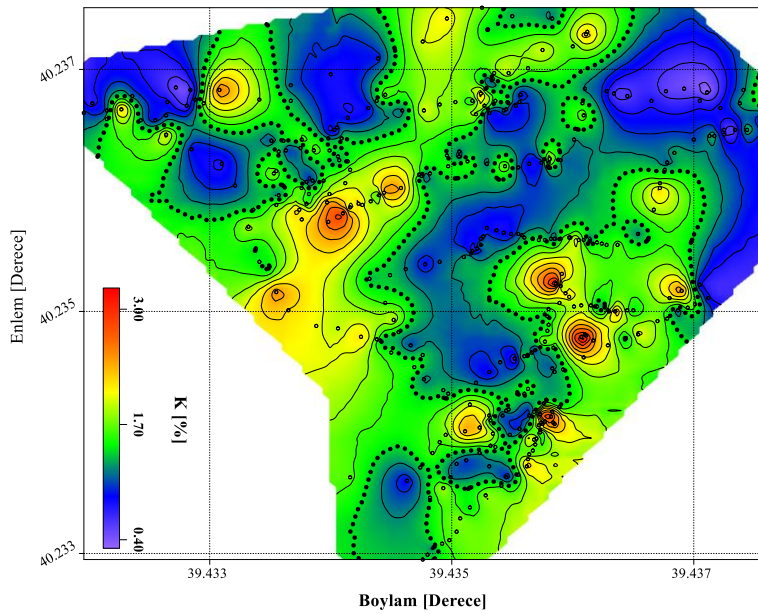
Gamma Ray spektrometre yöntemi doğal olarak yer kabuğunda bulunan radyoelementlerin (K, eU, and eTh) yüzeysel dağılımının doğrudan belirlenmesinde oldukça hızlı ve ekonomiktir. Bu çalışmada, Kelkit-Ünlüpınar, Eylence Yayla yöresindeki gözlenen alterasyona bağlı cevherleşmeleri belirlemek ve bunlara bağlı radyometrik sinyalleri anlamak amacıyla 320 noktada yüksek duyarlıklı 512 kanallı, 4 pencereci gamma ray spektrometre cihazı (NaI "TI" kristalli) ile ölçümler yapılmıştır. Ölçüm noktaları jeolojik ve tektonik yapıya göre tespit edilmiştir. Ölçüm alınırken arazide  $2\pi$  geometri sağlanması amacıyla detektör doğrudan kayalık üzerine düz bir şekilde yerleştirilmiştir. (IAEA, 2003).

Ölçümlerin yapılması amacıyla gama ışını sayımları K, U, ve Th radyoizotoplarına karşılık gelen 1.46, 1.76 ve 2.62 MeV olmak üzere üç farklı kanaldan yapılmıştır. Ölçümlerde  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktiviteleri sırasıyla  $^{214}\text{Bi}$  ve  $^{208}\text{Tl}$  izotoplarından,  $^{40}\text{K}$  aktivitesi ise doğrudan 1.460 MeV emisyon değerinden belirlenmiştir. Ölçüm süresi ortamdaki radyasyon yoğunluğu ve ölçümlerin doğruluğuna göre en az 60 sn olarak ayarlanmalıdır. Daha kısa ölçüm süreleri ulaşılan sonuçların kararlılığının

azalmasına sebep olacaktır (IAEA, 2003). Bu ölçümler sonucunda K, eU, eTh konsantrasyon haritaları ile K/eU, K/eTh, eU/eTh, eTh/eU oran haritaları ve Efimov F-parametre haritası hesaplanmıştır. Oluşturulan haritalar üzerindeki anomalilerin değerlendirilerek çalışma alanındaki cevherleşmeye yönelik yorumlar yapılmıştır.

### 4. Bulgular ve Tartışma

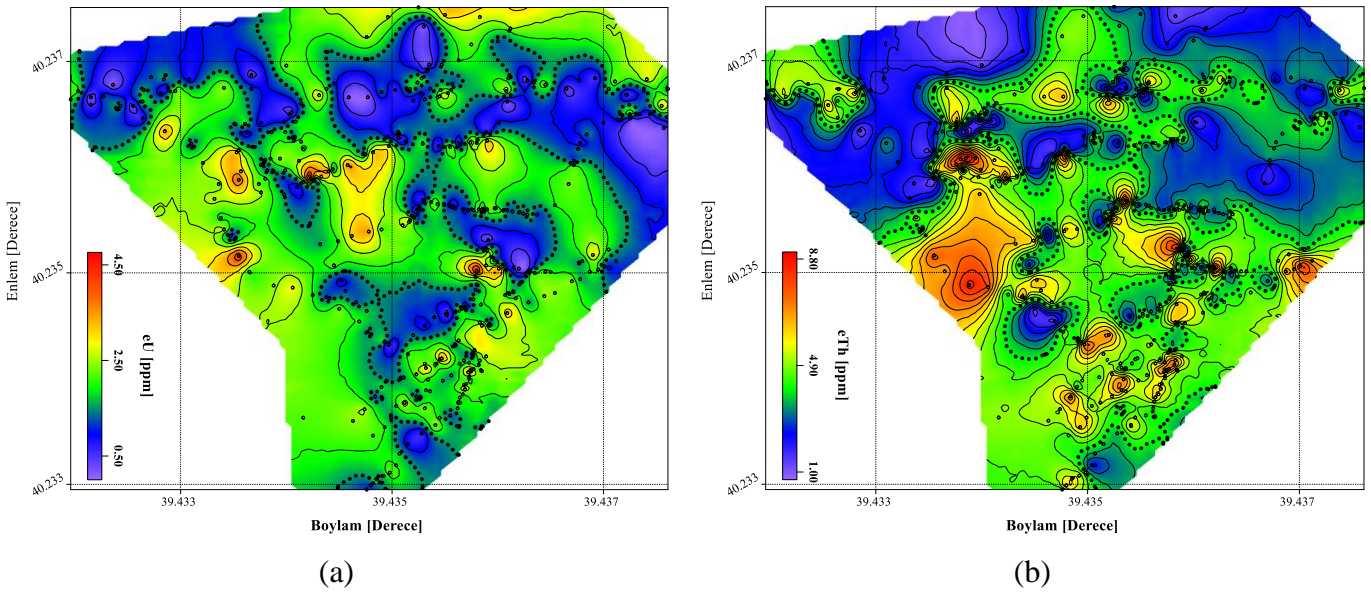
Araziden elde edilen radyospektrometrik verilerden (K, eU, eTh ve Doğal Doz Oranı) hazırlanan haritalar bölgenin jeolojik ve tektonik yapısı göz önünde bulundurularak cevherleşmeye yönelik olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken radyospektrometrik verilere ait oran (K/eTh, K/eU, eTh/eU, eU,eTh) haritaları da kullanılmıştır. Eylence Yayla yöresine ait potasyum (K) konsantrasyon haritasında (Şekil 3) K değerlerinin 0.3-3.24 % arasında değiştiği görülmektedir. Bu konsantrasyon haritasında anomaliler KD-GB doğrultulu olarak 3 farklı kapanım şeklinde izlenmektedir. Anomali kapanımlarının olduğu alanlarda alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesinin gözlemlendiğini söylemek mümkündür. Bu durum cevherleşme ve K alterasyonu arasında pozitif bir ilişki olduğunun açık göstergesidir.



Şekil 3. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence yayla yöresine ait K40 (%) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı %0.2'dir.

Çalışma alanına ait eU (ppm) konsantrasyon haritası Şekil 4a'da verilmiştir. eU (ppm) konsantrasyon haritasında eşdeğer U değerlerinin 0-4.8 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence Yaylasına ait eşdeğer toryum konsantrasyon haritası ise Şekil 4b'de verilmiştir. Şekil 4b'de verilen eTh konsantrasyon haritasında eTh değerlerinin 0.7-9.1 ppm arasında değiştiği ve bir çok anomali kapanımından oluştuğu net bir şekilde izlenmektedir. Kelkit-Ünlüpınar,

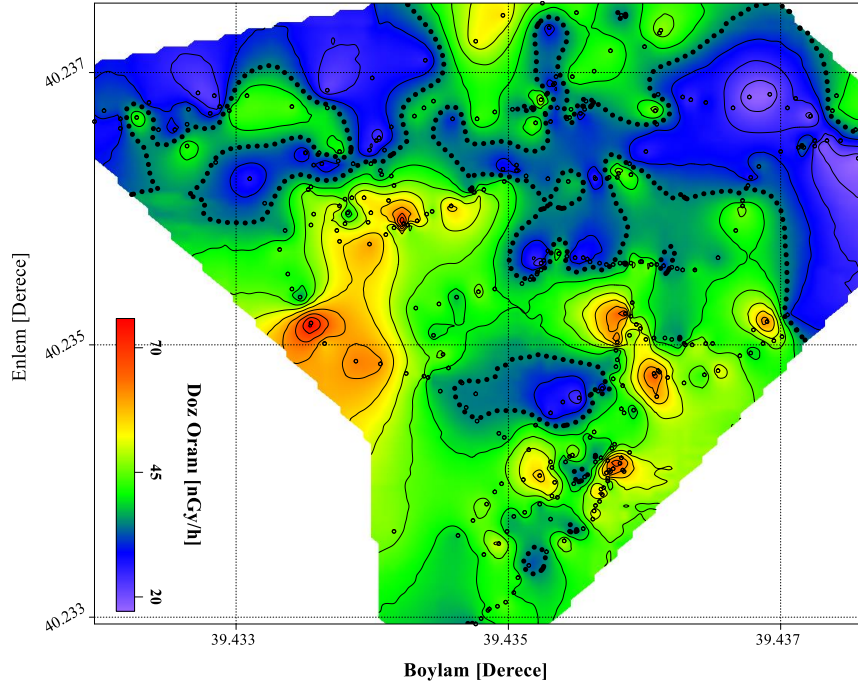
Eylence Yaylasına ait çevresel radyasyon değerlerini gösteren doz oranı haritası Şekil 5'de verilmiştir. Doz oranı haritasındaki değerlerin KD-GB yönlü olarak 17.1 nGy/h ile 75.9 nGy/h arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek değerlere sahip doz oranı anomalileri daha çok uzun dalga boyludurlar. En yüksek eU, eTh ve doz oranı değerlerinin alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesi görülen kırık zonuna paralel olarak yerleştiği ve KB-GD yönlü olarak uzanım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence yayla yöresine ait eU (ppm) (a) ve eTh (ppm) (b) konsantrasyon değerleri anomali haritası. Kontur aralığı eU ve eTh için 0.5 ppm'dir.

Radyospektrometrik verilere ait oran haritalarına oluşturularak yapılan değerlendirmeler sonucunda genel jeoloji haritasında (Şekil 2) görülen cevherleşme zonu ile anomaliler arasındaki uyum açıkça izlenmektedir. Çalışma alanına ait K/eTh (%/ppm) oran haritası (Şekil 6a) incelendiğinde 9 adet kısa dalga boylu, daire şekilli anomali izlenmektedir. En yüksek K/eTh değeri 7.6 %/ppm olarak hesaplanmıştır. Yüksek genlikli bu anomalilerin haritanın kuzeyinde D-B yönlü olarak uzandığı gözlenmektedir. İnceleme alanına ait uranyuma göre potasyum zenginleşmesini ifade eden K/eU (%/ppm)

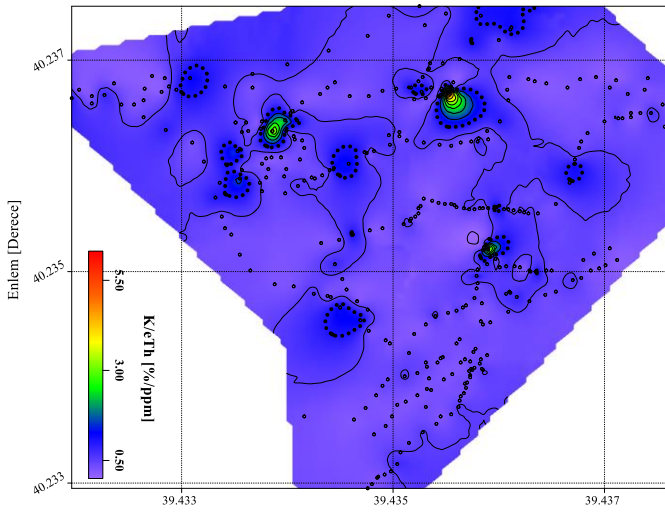
oran haritası (Şekil 6b) verilmektedir. K/eU oran haritasında anomalilerin genel jeoloji haritasında (Şekil 2) görülen kırık zonuna paralel olarak uzandığı görülmektedir. Yüksek genlikli anomaliler haritanın kuzeyinde yerleşmişlerdir. En yüksek anomali değeri 204 %/ppm olarak hesap edilmiştir. Cevherleşme sahasında potasyum zenginleşmesini ifade eden K/eTh ve K/eU oran haritalarında belirlenen yüksek genlikli KB-GD yönlü anomalilerin hidrotermal çözeltilerle yüzeye cevher taşıyan ve alterasyona sebep olan aynı zamanda genel jeoloji haritasında görülen kırık zonuna paralel olarak yerleştiği görülmektedir.



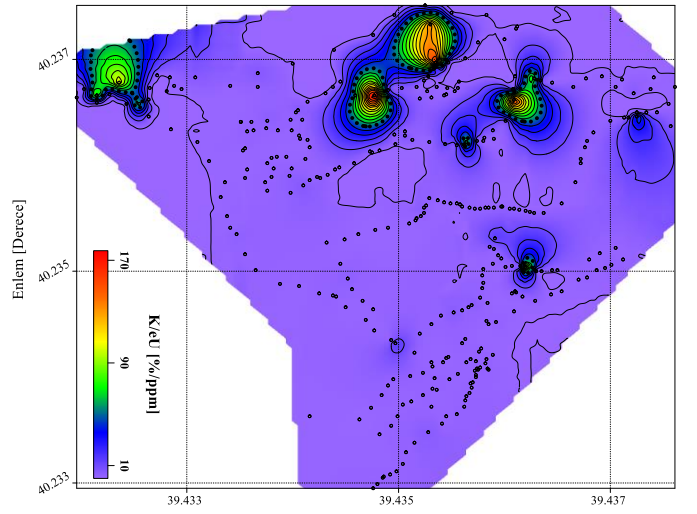
Şekil 5. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla yöresine ait Doserate (nGy/h) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı 5 nGy/h'dir.

Kelkit-Ünlüpinar, Eylence Yaylasına ait  $eTh/eU$  oranı haritasında KD-GB yönlü yedi farklı anomali kapanımları görülmektedir (Şekil 7a). En kuzeyde yerleşen anomaliler daha uzun dalga boyuna sahip iken haritanın güney doğusunda yerleşen anomaliler nispeten daha kısa dalga boyludur.  $eTh/eU$  değerlerinin 0-895 arasında değiştiği görülmektedir.

Çalışma alanına ait  $eU/eTh$  oran haritasında ise 6 adet kısa dalga boylu anomali bölgesi izlenmektedir (Şekil 7b). En yüksek anomali kapanımı haritanın yaklaşık sağ üst köşesine yerleşmiştir. Gözlenen bu anomalilerin tektonik yapıya uygun olarak KD-GB doğrultusunda uzanmakta olup en yüksek  $eU/eTh$  değeri 26 olarak hesaplanmıştır.



(a)



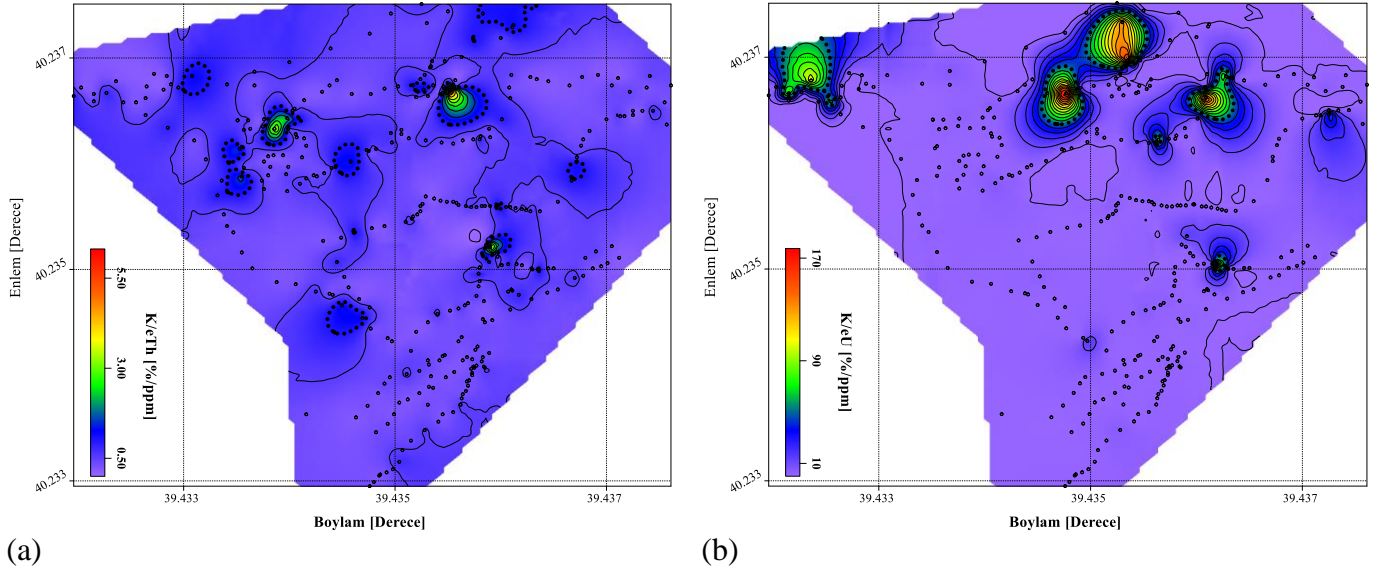
(b)

Şekil 6. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla yöresine ait  $K/eTh$  (%/ppm) (a) ve  $K/eU$  (%/ppm) (b) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı  $K/eTh$  için 0.5 %/ppm ve  $K/eU$  için 10 %/ppm'dir.

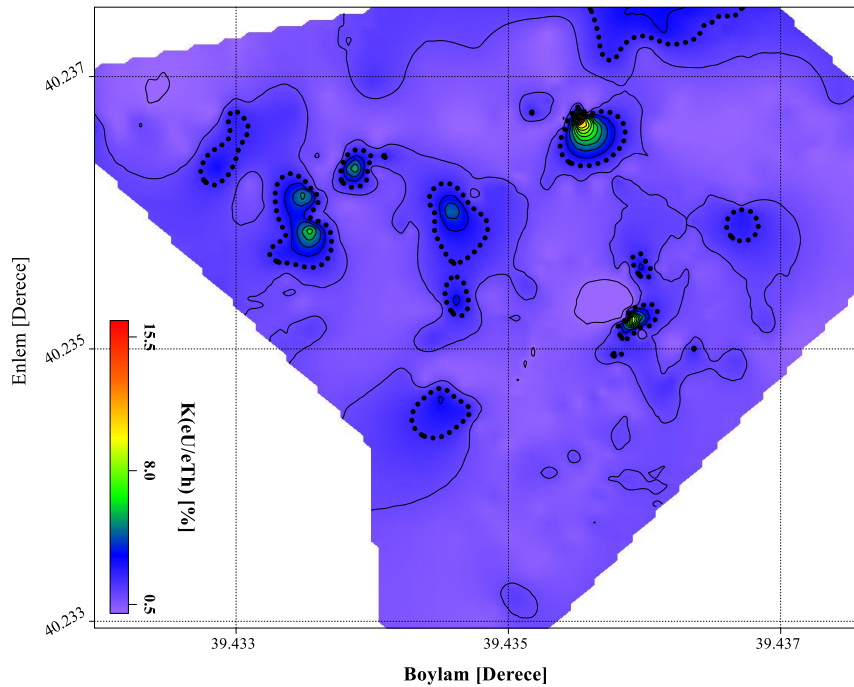


Kelkit-Ünlüpnar, Eylence Yaylasına ait Efimov tarafından önerilen F-parametre ( $K \times U/Th$ ) haritası Şekil 8’de verilmiştir. Efimov F parametre haritasında anomalilerinin KB-GD doğrultulu olarak uzandığı ve kısa dalga boylu yüksek genlikli 10 farklı anomali kapanımından oluştuğu görülmektedir. Bu 10 farklı kapanımdan oluşan anomaliler en zengin potasyum zenginleşmesi ve hidrotermal çözeltilerle

gelen cevherleşmelerin yerlerini göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda hidrotermal çözeltiler ile gelen cevherleşme zonlarının bölgenin tektonik yapısını kontrol eden kırık zonu boyunca yerleştiği görülmektedir. Cevher içeren zonların alterasyona uğraması nedeniyle K yönünden zenginleştiği açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 7. Kelkit-Ünlüpnar, Eylence yayla yöresine ait  $eTh/eU$  (a) ve  $eU/eTh$  (b) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı  $eTh/eU$  ve  $eU/eTh$  için sırasıyla 50 ve 2’dir.



Şekil 8. Kelkit-Ünlüpnar, Eylence yöresine ait Efimov F-parametre  $K(eU/eTh)$  (%) anomali haritası. Kontur aralığı %1’dir.

## 5. Sonuçlar

Kelkit-Ünlüpinar, Eylence Yayla cevherleşme sahasında yapılan Gamma ray Spektrometre ölçümleri sonucunda elde edilen K, eU, eTh ve Doğal Doz Oranı ile bunlara ait oran haritaları birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Gamma ray spektrometre yöntemi alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesini belirlemek için hızlı ve kolay uygulanabilen bir yöntemdir.
2. En yüksek Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve Potasyum (K) anomalileri hidrotermal alterasyon zonlarını göstermektedir.
3. Yüksek genlikli K/eTh ve K/eU anomalileri epitermal altın cevherleşmesi ile ilişkili Potasyum zenginleşmesini göstermektedir.
4. Efimov F-parametre haritası hidrotermal çözeltilerle yüzeye ulaşan Potasyum zenginleşmesi ile doğrudan ilişkilidir.
5. Tüm konsantrasyon ve oran haritalarında elde edilen anomalilerin yönü Doğu Pontidler'in oluşumunda etkili olan kırık sistemlerine paralellik göstermektedir.
6. Bu kırık sistemleri bölgemizdeki altın yataklarının oluşumunda etkili olmuştur.

## Teşekkür

Bu çalışma ikinci yazarın lisans tezinden oluşturulmuştur. Yazarlar, söz konusu çalışmanın Jeolojik verilerinin temininde yardımlarını esirgemeyen Dr. Enver AKARYALI'ya, Jeoloji Yüksek Mühendisi Kübra AKBULUT'a; arazi çalışmaları sırasında verilerin toplanmasında yardımları nedeniyle Jeofizik Mühendisleri Kadriye KÜLCÜ, Ceylan ÖZDEMİR, Ayhan BULŞU, Halil Tolga TAŞCI, Burak YILDIZ, Yılmaz YİĞİT, Seher GÖZSÜZ, Ozan ÇİMEN ve Burak KANTAR'a; çalışmanın bilimsel yönden kalitesinin artırılmasında katkıları

olan Anonim hakemlere ve derginin Editörü Dr. Serhat DAĞ'a teşekkür ederler.

## 6. Kaynaklar

- Abd El Nabi, S.H., 2013. Role of  $\gamma$ -ray spectrometry in detecting potassic alteration associated with Um Ba'anib granitic gneiss and metasediments, G. Meatiq area, Central Eastern Desert, Egypt, Arab J Geosci 6, 1249-1261.
- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evaluation of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt ve Köse) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KDTürkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4, 409-421.
- Akbulut, K., 2014. Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) Eylence yayla Pb-Zn-Cu±Au Cevherleşmesinin Jeolojik, Mineralojik ve Kökensele İncelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane, 73s.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ., ve Aydınçakır, E., 2015. Ünlüpinar (Kelkit- Gümüşhane) Pb-Zn±Au

Cevherleşmesinin Jeolojik, Jeokimyasal ve Kökensel Olarak İncelenmesi, GÜFBED 5, 34-49.

Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralization Types: A Geologic and Geochemical Approach, Geosound, 33, 1-18.

Anderson, H., Nash, C., 1997. Integrated lithostructural mapping of the Rossing area, Namibia using high resolution aeromagnetic, radiometric, Landsat data and aerial photographs. Exploration Geophysics, 28, 185-191.

Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-kurşun-çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No: 12, Trabzon.

Aydın, İ., 1990. Orta Anadolu Uranyum Aramaları Havadan Gamma Ray Spektrometre Etüdü Raporu. MTA Derleme no.9146, Ankara.

Aydın, İ., 1994. Çorlu Yöresinde Manyetik Yöntem ve Gamma Işın Spektrometresi ile Petrol ve Doğal Gaz Aramaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Aydın, İ., 2005. Jeofizikte Radyometrik Yöntem ve Gamma Işın Spektrometrisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:49, Isparta.

Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu No: 2205, Ankara.

Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE 48 Turkey), Geology of

the Black Sea Region, 189-196. Ankara.

Charbonneau, B.W., Holman, P.B., Hetu, R.J., 1997. Airborne gamma spectrometer magnetic-VLF survey of northeastern Alberta. In Exploring for minerals in Alberta: Geological Survey of Canada Geoscience contributions, edited by MacQueen, Canada-Alberta agreement on mineral development. Geological Survey of Canada Bulletin 500, 107-132.

Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.

Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü Maden Mühendisliği, 186s. İstanbul.

El-Sadek, M.A., 2009. Radiospectrometric and magnetic signatures of a gold mine in Egypt, Journal of Applied Geophysics 67, 34-43

Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Erguvanlı, K., 1952. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisi, MTA, Ankara.

Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Şeren, A., Maden, N., Jacoby, W.R., Özer, R., 2006. Threedirectional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geol. Carpath. 57, 337-346.

- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, *International Geology Review*, 52, 142-186.
- Ford, K.L., Savard, M., Dessau, J.-C., Pellerin, E., Charbonneau, B.W., Shives, R.B.K., 2000. The role of gamma ray spectrometry in radon risk evaluation: A case history from Oka, Quebec. *GeoCanada 2000 Abstracts CD-ROM*.
- Graham, D.F., Bonham-Carter, G.F., 1993. Airborne radiometric data: a tool for reconnaissance geological mapping using a GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58 (8), 1243-1249.
- Grasty, R.L., Shives, R.B.K., 1997. Applications of gamma ray spectrometry to mineral exploration and geological mapping, Workshop presented at Exploration 97: Fourth Decennial Conference on Mineral Exploration.
- Gross, W.H., 1952. Radioactivity as a guide to ore. *Economic Geology*, 47.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma-ray spectrometry data. IAEA-TECDOC-1363.
- Jaques, A.L., Wellman, P., Whitaker, A., Wyborn, D., 1997. High resolution geophysics in modern geological mapping. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17(2), 159-174.
- Kahveci, N., 2014. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla cevherleşme sahasının gamma ray spektrometre ölçümleri ile incelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaplan, H., 1976. Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi "Nadir Toprak Elementleri-Toryum Kompleks Yatağı" üzerine 1975 Yılında Yapılmış Çalışmalar Hakkında Ara Rapor. MTA Rad. Min. Serv. Rapor no. 464, Ankara, (yayınlanmamış).
- Lahti, M., Jones, D.G., Multala, J., Rainey, M.P., 2001. Environmental applications of airborne radiometric surveys. Expanded Abstracts, 63rd Annual Conference, European Association of Geoscientists and Engineers.
- Leitch, C.H.B., 1981. Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılcaören Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores, *Min. Deposita*, 16, 241-257.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa / Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lo, B.H., Pitcher, D.H., 1996. A case history on the use of regional aeromagnetic

- and radiometric data sets for lode gold exploration in Ghana. Annual Meeting Expanded Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, 592-595.
- Maden, N., Akaryalı, E., 2015. Gamma ray spectrometry for recognition of hydrothermal alteration zones related to a low sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Türkiye), *Journal of Applied Geophysics* 122, 74-85.
- Moxham, R.M., Foote, R.S., and Bunker, C.M., 1965. Gamma-ray spectrometer studies of hydrothermally altered rocks, *Economic Geology* 60, 653-671.
- Pejatoviç, S., 1979. Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi, MTA Yayın No: 177. Ankara.
- Sanderson, D.C.W., Allyson, J.D., Tyler, A.N., Scott, E.M., 1995. Environmental applications of airborne gamma ray spectrometry," *Application of Uranium Exploration Data and Techniques in Environmental Studies*, IAEA-TECDOC-827, IAEA, Vienna, 71-79.
- Shives, R.B.K., Charbonneau, B.W., ve Ford, K.L., 2000. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry—Recognition of alteration related to mineralization, *Geophysics*, 65(6), 2001-2011.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, *Chem. Erde*, 60, 231-250.
- Topuz, G., 2000. Tur petrologie dermetamorphen Gesteinedes Pulur-Massivs, N. E-Turkey, Unpublizierte Dissertation, Universitat Heidelberg, 276 s.
- Wallin, B., 1984. A Pilot Airborne Gamma Ray Survey in Yozgat and Bayburt Areas, Anatolia, Turkey. Riso National Laboratory, DK-4000, Roskilde, Denmark.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, Y., 1972. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Bildiriler Kitabı, 485-490.
- Yiğit, Y., 2014. Canca ve Kaletaş cevherleşme sahalarının gamma Ray Spektrometresi ile incelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, (Yayınlanmamış).
- Yiğit, Y., ve Maden, N., 2016. Gamma Ray Spektrometre Ölçümlerinin Au+Ag Cevherleşme Sahalarına Uygulanması: Çitdüzü-Zarfu Yöresi (Gümüşhane) Örneği, *Jeofizik Bülteni*, Vol. 76-77, 44-50.

## ***Gladiolus italicus* Miller Bitkisinin Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri**

Osman ÜÇÜNCÜ\*, Cemalettin BALTACI, Şeyda Merve İLTER

Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 16.06.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 15.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 18.07.2016

### **Öz**

*Gladiolus italicus* Miller (Iridaceae) bitkisinin uçucu yağı GC-FID/MS teknikleriyle analiz edilmiştir. *G. italicus* uçucu yağında %88.75'lik kısmı oluşturan toplam 34 bileşiğin yapısı aydınlatılmıştır. Palmitik asit (%35.84) ve etil linoleat (%11.62) *G. italicus*'un uçucu yağının ana bileşenleridir. Bitkiden elde edilen uçucu yağın antimikrobiyal aktivitesi on iki adet gram negatif ve gram pozitif patojen bakteri ve beş mantara karşı araştırılmıştır. Uçucu yağın orta derecede antibakteriyal aktivite gösterdiği belirlenirken, antifungal aktiviteye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca *G. italicus*'un toplam fenolik miktarı 437.3 GGA/L olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyoaktivite, GC-MS/FID, *Gladiolus italicus* Miller, Uçucu Yağ

## **Chemical Composition and Bioactive Properties of the Volatile Oil of *Gladiolus italicus* Miller**

### **Abstract**

The essential oil of *Gladiolus italicus* Miller (Iridaceae) was investigated by means of GC-FID/MS techniques. A total of 34 compounds were identified, constituting over 88.75 % of the oil composition of *G. italicus*. Palmitic acid (35.84 %) and ethyl linoleate (11.62 %) were the major compounds in the volatile of *G. italicus*. The antimicrobial activity of the isolated essential oil of the plant was also investigated against to twelve G+ and G- bacterian and five fungus. It was determined that essential oil showed moderate antibacterial activity and no antifungal activity. And also, the amount of total phenolic quantified in *G. italicus* essential oil was found 437.3 GGA/L.

**Keywords:** Bioactivity, GC-FID/MS, *Gladiolus italicus* Miller, Essential oil

### **1. Giriş**

Çok yıllık soğanlı bir bitki olan ve Iridaceae ailesinin en geniş sınıflarından olan *Gladiolus* L. (Iridaceae)'nin 260'tan fazla türü bulunmaktadır (Goldblatt, 1996). *Gladiolus* türleri daha çok Sahraaltı Afrika bölgesinde bulunur ve burada 160 endemik türün bulunduğu bildirilmiştir (Manning ve

Goldblatt, 2008). Türkiye'de 11 türü bulunan *Gladiolus*'un 9 türü Tan ve Edmonson (1984) tarafından tanımlanmıştır ve bunlardan 4 tanesi endemik olarak bulunmaktadır. *Gladiolus italicus* daha çok yol kenarlarında ve taşlık alanlarda 1900 metre yüksekliğe kadar yetişmektedir. *Gladiolus* soğanları Afrika'nın bazı ülkelerinde halk arasında dizanteri ve belsoğukluğu tedavisinde

\* Osman ÜÇÜNCÜ, osmanucuncu@yahoo.com, Tel: (456) 233 10 00-1861

kullanılmaktadır (Nguedia vd., 2004). Türkiye’de ise geleneksel olarak afrodizyak ve kusturucu özelliğinden dolayı halk arasında kullanılmaktadır (T. Baytop, 1999). Ayrıca *Gladiolus italicus* ve *G. atroviolaceus* soğanları ise dondurma ve diğer sütü gıdalarda kullanılmaktadır (Öztürk ve Özçelik, 1991).

Yapılan literatür araştırmaları bazı *Gladiolus* L. türlerinde (*G. atroviolaceus*, *G. gandavensis* ve *G. segetum*) flavonol, antosiyanidin, antrakinon ve saponinler gibi doğal bileşiklerin olduğunu ve bu türlerin çeşitli biyolojik aktivitelerinin olduğunu göstermiştir (Hajiboland ve Manafi, 2007, Wang vd., 2003, Bazzaz vd., 1997). Ayrıca *G. atroviolaceus* bitkisinin uçucu yağının kimyasal bileşimi ve antimikrobiyal aktivitesi çalışılmıştır (Kahriman vd., 2012). Ancak *Gladiolus italicus* Miller bitkisinin uçucu yağının hem kimyasal kompozisyon hem de biyolojik aktiviteleri hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada Türkiye’de bulunan *G. italicus* bitkisinin uçucu yağının kimyasal kompozisyonu ile uçucu yağ ekstraktının antibakteriyel, antifungal ve antioksidan özellikleri araştırılmıştır.

## 2. Metaryal ve Yöntem

### 2.1. Yapılan Çalışmalar

*Gladiolus italicus* Miller bitkisi Gümüşhane ili Torul ilçesi Limni Gölü kenarlarından (yaklaşık 1700 m) 2013 yılı ağustos ayında toplanmıştır. Bitki materyali Dr. Mutlu GÜLTEPE tarafından teşhis edilmiş ve KTUB-509 numarası verilerek depolanmıştır.

#### 2.1.1. Clevenger Tipi Hidrodestilasyon İşlemi:

Toplanan bitki materyalleri gölgede kurutulmuş ve 130 g tartılmıştır. Blender yardımıyla küçük parçalara ayrılan kurutulmuş bitki, 2 litrelik cam balona alınarak üzerine 800 mL saf su ilave edilmiş ve clevenger tipi su buharı destilasyon cihazında 4 saat ısıtılmıştır. Oluşan buharlar -15 C°’de soğutulmuş ve 14.9 mg (w/w

%0.012) uçucu yağ elde edilmiştir. Oluşan uçucu yağ HPLC kalitesinde 1 mL hegzan ile kahverengi vialer alınmış ve susuz Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile kurutulmuş analizler için -5 C°’de saklanmıştır (Tunalier vd., 2002).

#### 2.1.2. GC ve GC-MS Analizleri:

Bu çalışmada yapılan GC-MS ve GC-FID analizleri literatüre göre yapılmıştır (Üçüncü vd., 2010).

#### 2.1.3. Bileşenlerin Tanımlanması:

Uçucu yağın kimyasal içeriğinin belirlenmesi için her bir bileşik, öncelikle kütle spektrumları analizini yapıldığı bilgisayarın WILEY ve NIST kütüphaneleri ile, daha sonra ise alıkonma süreleri otantik örnekler (limonen, nonadekan, heneikosan ve trikosan) ve literatür verileri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir (Adams 2004, Kahriman vd., 2010, Üçüncü vd., 2009, Skaltsa vd., 2003).

#### 2.1.4. Antimikrobiyal Aktivite Analizi:

Bütün test mikroorganizmaları Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarlarından temin edilmiştir. Uçucu yağ ekstraktının antimikrobiyal aktiviteleri *Aeromonas hydrophila* ATCC 7965, *Bacillus cereus* ATCC 33019, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Escherichia coli* ATCC 11230, *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 33150, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Proteus vulgaris* ATCC 13319, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 17853, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Saccharomyces cerevisiae* BC 5461, *Candida albicans* ATCC 1223’a karşı agar difüzyon metodu kullanılarak belirlenmiştir. Ekstraktlar 1000 ppm olacak şekilde hegzanda çözülerek stok çözeltilerden hazırlanmıştır (Maksimovic vd., 2005, Sağdıç ve Özcan 2003).

#### Agar Difüzyon metodu:

Bütün mikroorganizmalar 18 saat 37°C’ de nutrient broth ile *C. albicans*, *S. cerevisiae*,

*A.niger*, *A.flavus*, *Penicillium* ise 42 saat 27°C'de malt ekstrakt besiyerinde geliştirilmiştir. Steril nutrient agar ve malt ekstrakt agar 45°C'ye soğutulmuş olarak geliştirilen mikroorganizmalar %1 olacak şekilde inoküle edilmiş ve petrilere dökülmüştür. Agarlar katılaştıkça, agarların üzerine 5 mm çapında kuyucuklar açılmıştır. Ön ekstraksiyonu yapılan örnekler kuyucuklara 50 µL olacak şekilde ilave edilmiştir. Kontrol amacıyla hekzan kullanılmıştır. Daha sonra petriler bakteriler için 37°C 24 saat, küfler için ise 27°C 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Antimikrobiyal aktivite, test mikroorganizmalarının inhibisyon zonları ölçülerek belirlenmiştir. Zonlar milimetre olacak şekilde ölçülmüştür (Perez vd., 1990).

### 2.1.5. Antioksidan Aktivite Testleri:

#### Serbest Radikal Süpürücü Aktivitenin Belirlenmesi:

Serbest radikal süpürücü aktivite değeri DPPH metodu ile belirlenmiştir. 4 mL 0.1 mM olacak şekilde metanol ile hazırlanan DPPH çözeltisi *G. italicus* bitkisinin uçucu yağ ekstraktına ilave edilmiştir. Karışım 30 dakika oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletilerek 517 nm'de metanole karşı okunmuştur. Ölçümler 5 paralel şeklinde tekrarlanmış ve ortalaması hesaplanmıştır (Sanchez-Moreno, C. vd., 1998). % inhibisyon sonuçları aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır;

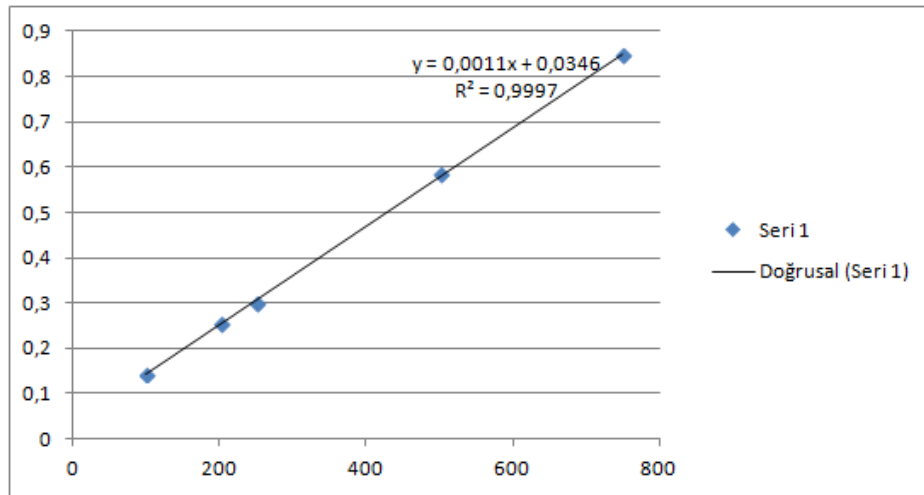
$$\% \text{ inhibisyon} = \left( \frac{\text{Kontrol Absorbansı} - \text{Örnek Absorbansı}}{\text{Kontrol Absorbansı}} \right) \times 10$$

#### Toplam Fenolik Miktarı:

Toplam fenolik madde miktarının analizi için Sagdıç ve arkadaşlarının kullandığı Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. Özetle, ön ekstraksiyon yapılan ekstraktlar 40 µL test tüplerine ilave edilip üzerine 2.4 mL saf su ilave edilir. Karışıma 200 µL Folin-Ciocalteu fenolik ayırıcı, 600 µL sodyum karbonat çözeltisi ve 760 µL saf su ilave edilir. Karışım 15 sn boyunca karıştırılır. Folin Ciocalteu ayırıcının indirgenmesi alkali ortamda mavi rengin ortaya çıkması ile sonuçlanır. 2 saat inkübasyondan sonra 765 nm de absorbansı ölçülür. Tüm ölçümler beş paralel olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan grafik Şekil 1'de görülmektedir. Sonuçlar GAE/L olarak verilmiştir (Gámez-Meza, N. vd., 1999).

### 3. Bulgular, Sonuç ve Tartışma

130 g kurutulmuş *G. italicus* bitkisine uygulanan hidrodestilasyon işlemi sonucunda %0.012 verimle 14.9 mg uçucu yağ elde edilmiştir. Uçucu yağın kimyasal yapısında GC-MS analizi sonucunda literatür verileri ile karşılaştırılarak %88.75 oranında 34 bileşik tanımlandı.



Şekil 1. Toplam fenolik madde miktarı için kullanılan gallik asit kütlesi



Yapısı aydınlatılan bileşikler Tablo 1’de görüldüğü gibi terpen veya terpen benzeri, aldehidler, alkoller, esterler, asitler ve diğer bileşikler olmak üzere 6 gruba ayrıldı. Asitler %40.15 ile ana bileşen sınıfını

oluşturmaktadır. Uçucu yağın ana bileşenleri ise %35.84 palmitik asit, %11.62 etil linoleat ve %8.58 oranında hegzahidrofarnesil asetondur.

Tablo 1. *G. italicus* bitkisi uçucu yağının tanımlanan kimyasal içeriği

No	Alıkonma Zamanı	Bileşiğin Adı	% Alan	DeneySEL RI
<i>Terpen veya terpen benzeri</i>				
1	13.095	Limonen	0.66	1031
2	25.091	Thimol	0.94	1299
3	27.930	2-Propiladamantan	0.52	1366
4	28.981	Damaskenon	0.52	1389
5	30.219	2-Izobutil adamantan	0.57	1418
6	31.784	Geranilaseton	0.81	1456
7	33.198	( <i>E</i> )- $\beta$ -Ionon	0.62	1490
8	36.094	1- <i>sek</i> -Butiladamantan	0.44	1564
9	37.199	Hegzahidrofarnesol	0.62	1592
10	46.416	Hegzahidrofarnesil aseton	8.58	1847
11	46.919	Galaksolid	0.89	1861
12	47.951	Sklareoloksit	0.50	1892
<i>Aldehidler</i>				
13	4.503	3-Metil pentanal	1.56	728
14	25.927	( <i>E,E</i> )-2,4-Dekadienal	0.54	1320
<i>Alkoller</i>				
15	5.146	3-Penten-2-ol	1.73	770
16	9.695	5-metil-3-heptanol	1.26	943
17	10.021	6-metil-2-heptanol	0.62	952
<i>Esterler</i>				
18	29.208	<i>p</i> -Metoksibenzoikasit metil ester	1.81	1394
19	47.266	Isobutil fitalat	1.39	1872
20	51.330	Palmitik asit etil ester	1.20	1996
21	52.256	13-Tetradeken-1-ol asetat	0.95	2025
22	55.933	Etil linoleat	11.62	2148
23	56.473	Etil oleat	0.52	2164
<i>Asitler</i>				
24	43.477	Tetradekanoik asit	0.89	1762
25	50.569	Palmitik asit	35.84	1973
26	54.874	9-Oktadekenoik asit	2.13	2106
27	56.222	Linoleik asit	0.76	2155
28	56.684	Oleik asit	0.53	2171
<i>Diğer bileşikler</i>				
29	4.29	<i>cis</i> -2,5-Dimetil tetrahidro furan	6.31	714
30	4.775	2,4-Dimetilhegzan	0.41	746
31	40.355	Siklotetradekan	0.46	1676
32	48.237	Nonadekan	0.34	1900
33	54.558	Heneikosan	1.35	2101
34	60.376	Trikosan	0.86	2302
		Toplam	88.75	

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda *G. atroviolaceus* bitkisinin uçucu yağ kompozisyonu ile *G. italicus* bitkisinin uçucu yağ kompozisyonu karşılaştırıldığında palmitik asit, hegzahidrofarneasil aseton, etil linoleat, limonen, (*E*)- $\beta$ -Ionon gibi bileşiklerin ortak oldukları görülmektedir (Kahriman vd., 2012). Ancak kimyasal yapının çoğunlukla farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıklar coğrafi konum, tür ve iklim şartlarına göre değişiklik gösterebilir.

*G. italicus* Miller bitkisinin uçucu yağ ekstraktlarının seçilen test bakteri ve küflerine karşı inhibisyon seviyeleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Antimikrobiyal çalışmada, ekstraktların konsantrasyonu arttıkça inhibisyon zonları da artmıştır. 1000 ppm ve 500 ppm’ lik konsantrasyonlarda uçucu yağ ekstraktları güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Uçucu yağ ekstraktı *B.subtilis*’e karşı *E.coli*’ye daha hassas bir etki göstermiştir. Ayrıca, uçucu yağ ekstraktlarının antifungal aktivite göstermedikleri görülmüştür.

Uçucu yağ ekstraktının yüksek antioksidan aktivitesi olduğu tespit edilmiştir. *G. italicus* Miller’in uçucu yağ ekstraktı sarı renkli difenilpikrilhidrazin’e DPPH radikal süpürücü aktivitesi %35.25 bulunmuştur.

*Gladiolus italicus* Miller’in uçucu yağ ekstraktının toplam fenolik aktivitesi 437.3 GGA/L bulunmuştur. Bitkinin yüksek fenolik madde içeriği, günlük diyetle yada fonksiyonel gıdalarda kullanılabilceğini göstermektedir. Tıbbi bitkilerde bulunan antioksidanların güvenli ve etkili olmasının yanı sıra çeşitli biyolojik etkilere sahip olduğu da belirtilmiştir.

Türkiye florasında bulunan *G. italicus* bitkisinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği bu çalışma literatürdeki ilk çalışmadır. Bu çalışma bitkinin biyoaktif özellikleriyle ilgili daha sonraki çalışmalara katkıda bulunabilir.

Tablo 2. *Gladiolus italicus* Bitkisinin Uçucu Yağ Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları

<b>Bakteriler</b>	<b>1000 ppm</b>	<b>500 ppm</b>	<b>200 ppm</b>	<b>100 ppm</b>
<i>A. hydrophila</i>	-	-	-	-
<i>B. cereus</i> *	6.02±0.10	-	-	-
<i>B. subtilis</i> *	8.10±0.10	-	-	-
<i>Ent. cloacae</i>	-	-	-	-
<i>E. coli</i>	9.90±0.10	5.18±0.10	-	-
<i>E.coli</i> O157:H7	-	-	-	-
<i>K. pneumoniae</i>	-	-	-	-
<i>L.monocytogenes</i> *	10.10±0.10	-	-	-
<i>P. vulgaris</i>	-	-	-	-
<i>Pseu. aeruginosa</i>	-	-	-	-
<i>Sal. typhimurium</i>	-	-	-	-
<i>S. aureus</i> *	-	-	-	-
<b>Maya-Küf</b>				
<i>Sac. cerevisiae</i>	-	-	-	-
<i>C. albicans</i>	-	-	-	-
<i>A.niger</i>	-	-	-	-
<i>A.flavus</i>	-	-	-	-
<i>Penicillium</i>	-	-	-	-

\* Çalışmada kullanılan gram pozitif bakterileri belirtmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) birimi tarafından 13.F5115.02.2 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bitki teşhisini yapan Dr. Mutlu GÜLTEPE'ye teşekkürlerimizi sunarız.

## 4. Kaynaklar

- Fazly Bazzaz, B. S., Haririzadeh, G., Imami, S.A. ve Rashed, M.H., 1997. Survey of Iranian Plants for Alkaloids, Flavonoids, Saponins, and Tannins [Khorasan Province], International Journal of Pharmacognosy, 35, 17-30.
- Gámez-Meza, N., Noriega-Rodríguez, J. A., Medina-Juárez, L.A., Ortega-García J., Cázarez-Casanova R. ve Angulo-Guerrero O., 1999. Antioxidant activity in soybean oil of extracts from thompson grape bagasse, Journal of the American Oil Chemists' Society, 76, 1445-1447.
- Goldblatt, P., 1996, *Gladiolus in Tropical Africa, Systematics Biology & Evolution*. Portland, OR, USA: Timber Press, 7-9p.
- Hajiboland, R. ve Manafi, M. H. 2007. Flora of heavy metal-rich soils in NW Iran and some potential hyperaccumulator and accumulation species, Acta Botanica. Croatica, 66, 177-195.
- Kahriman, N., Yücel, M., Yaylı, B., Aslan, T., Karaoğlu, S. A. ve Yaylı, N., 2012. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Volatile of *Gladiolus atrovioleaceus* Boiss., Asian J. Chem., 24, 1461-1464.
- Kahriman, N., Albay, C. G., Dogan, N., A. Usta, Karaoğlu, S. A. ve Yaylı, N., 2010. Volatile Constituents and Antimicrobial Activities from Flower and Fruit of *Arbutus unedo* L., Asian J. Chem., 22, 6437-6442.
- Maksimovic, Z.A., Dordevic, S. Ve Mraovic, M., 2005. Antimicrobial Activity of *Chenopodium botrys* Essential Oil, Fitoterapia, 76: 112-114.
- Manning, J., ve Goldblatt. P., 2008, *The Iris Family: Natural History and Classification*. Portland, Oregon: Timber Press, 138-142p.
- Nguedia, J. C. A., Etoa, F. X., Benga, V. P., Lontsi, D., Kuete, Y. ve Moyou R. S., 2004. Anti-candidal property and acute toxicity of *Gladiolus gregasius* Baker (Iridaceae), Pharm. Méd. Trad. Afr., 13, 149-159.
- Öztürk, M. ve Özçelik, H., 1991. Useful plants of East Anatolia. SİSKAV (Siirt İlim, Spor, Kültür ve Araştırma Vakfı), 196 p.
- Perez, C., Pauli, M. ve Bazerque, P., 1990. An Antimicrobial Assay by the Agar Well Diffusion Method, Acta Biologica et Medicine Experimentalis, 15, 113-115.
- Sağdıç, O. ve Özcan, M., 2003. Antibacterial Activity of Turkish Spice Hydrosols, Food Control, vol.14, 141-143.
- Sağıroğlu, M., ve Akgül, G., 2014. *Gladiolus osmaniensis* (Iridaceae), a new species from South Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Botany, 38: 31-36.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J. A. ve Saura-Calixto, F., 1998. A Procedure to Measure the Antiradical Efficiency of Polyphenols, Journal of the Science of Food and Agriculture, 76, 270-276.
- Skaltsa, H. D., Demetzos, C. Lazari, D. ve Sokovic, M. 2003. Essential oil analysis and antimicrobial activity of eight *Stachys* species from Greece, Phytochemistry, 64, 743.
- Tan, K., ve Edmondson, J. R., 1984. *Gladiolus* L. In: Davis, PH, editor. *Flora of Turkey and the East Aegean*

- Islands, Vol. 8. Edinburgh: Edinburgh University Press, 441–450p.
- Tan, K., Mathew, B., ve Baytop, A., 2006. *Gladiolus attilae* (Iridaceae), A new species from East Anatolia, Turkey. *Phytol Balcan* 12: 71–73p.
- Tunalıer, Z., Kırimer, N. ve Başer, K.H.C., 2002. The composition of essential oils from various parts of *Juniperus foetidissima*, Chem. Nat. Comp., 38, 43-47.
- Üçüncü, O., Yaylı, N., Volga, C., Yaylı, N. ve Terzioğlu, S. 2009. Chemical Composition of the Essential Oils from the Flower, Leaf and Stem of *Aquilegia olympica* Grown in Turkey, Asian J. Chem., 21, 6569.
- Wang, D. Y., Ye, Q., Li, B. G. ve Zhang, G. L. 2003. A New Anthraquinone from *Gladiolus gandavensis*, Natural Product Research, 17, 365-368.

## Toprak Dolgulu Barajlarda Gövde Duraylılığının Limit Denge ve Sayısal Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye'den Bir Atık Barajı Örneği

Selçuk ALEMDAĞ\*

Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 27.06.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 12.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 19.07.2016

### Öz

*Bu çalışmada sıkıştırılmış kil dolgu olarak inşa edilmiş ve ömrünü tamamlamış atık barajı gövdesinin 3m yükseltilmesi sonrasında oluşacak yeni baraj gövdesinin duraylılığı, limit denge ve sayısal analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Limit denge analizlerinde öncelikle işletme ömrünü tamamlamış atık barajının siltasyon ve sismik yük etkisi altındaki duraylılığı Bishop yöntemi ile değerlendirilmiş ve güvenlik sayısı 2.167 bulunmuştur. Daha sonra, yüksekliği 3 m artırılmış olan baraj gövdesinin duraylılığı limit denge analizleri ile 4 aşamada değerlendirilmiştir. İlk aşamada siltasyon ve sismik yükler dikkate alınmaksızın inşaat sonrası durum için duraylılık analizi gerçekleştirilmiş ve güvenlik sayısı 2.171 olarak bulunmuştur. Diğer aşamalarda ise duraylılık analizleri siltasyon yükü ve hem siltasyon hem de sismik yük dikkate alınarak yapılmıştır. Güvenlik sayıları sırasıyla 1.946 ve 1.443 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, yeni baraj gövdesinin duraylılığı siltasyon ve sismik yük dikkate alınmaksızın kayma dayanımı azaltma yöntemi (FE-SSR) ile analiz edilmiş ve güvenlik sayısı 2.16 bulunmuştur. Siltasyon yükü ve hem siltasyon hem de sismik yükler dikkate alınarak yapılan duraylılık analizlerinde, güvenlik sayıları sırasıyla 1.97 ve 1.23 olarak belirlenmiştir. Duraylılık analizlerinden elde edilen sonuçlar, güvenlik sayılarının dolgu barajlar için alt limit olan 1.2 den büyük olduğunu ve baraj yüksekliğinin artırılmasından sonra herhangi bir duraysızlık sorunun oluşmayacağını göstermektedir.*

**Anahtar kelimeler:** Atık Barajı, Bishop yöntemi, Duraylılık, Maden atığı, Sonlu elemanlar yöntemi

## Evaluation of Stability of Embankment Dam by Limit Equilibrium and Numerical Analyses Methods: Example of a Waste Dam in Turkey

### Abstract

*In this study, stability of a lifetime ended old waste clay fill dam body was evaluated after increasing the dam height of 3 meters using limit equilibrium and numerical analyses. In the limit equilibrium analyses, stability of the old waste dam was evaluated by Bishop Method considering the effect of silting and the seismic loads and the factor of safety determined as 2.167. Afterwards, stability of the dam which increased body height of 3m was evaluated in four stages using the limit equilibrium*

\* Selçuk ALEMDAĞ, selcukalemdag@gmail.com, Tel: (0456) 233 10 00

*analyses. In the first stage, stability analysis for condition after construction was realized without siltation and seismic loads using and the factor of safety was found as 2.171. In other stages, stability analyses were conducted considering effect of the silting load and both seismic and silting loads. The factors of safety were determined as 1.946 and 1.443, respectively. Similarly, stability of new dam body was analyzed without siltation and seismic loads using shear strength reduction method (FE-SSR) and the factor of safety was found 2.16. In the stability analyses by considering siltation load and both siltation and seismic load, the factors of safety were determined as 1.97 and 1.23, respectively. The results obtained from stability analyses show that the factor of safety values is higher than 1.2 which is the lower limit for earth dams and no stability problem is expected after increasing the dam height.*

**Keywords:** Bishop Method, Finite element method, Mine waste, Stability, Waste dam

## 1. Giriş

Genellikle içme suyu, enerji, sulama, taşkın koruma gibi çeşitli amaçlar için tasarlanan barajlar, özellikle son 20 yıldır atık (katı atık ve maden atıkları) biriktirme amaçları için de yapılmaktadır. Farklı amaçlar için tasarlanan baraj gövdelerinin tasarımında gövdede kullanılacak malzemenin jeoteknik özellikleri, gövdenin oturacağı temel kayasının taşıma gücü, geçirimsizliği, deformasyon özellikleri ve gövdenin duraylılığı gibi birçok mühendislik parametresi dikkate alınmaktadır. Gövde tasarımının gerçekçi olmaması durumunda (menba ve mansap şev açılarının tasarımı, sıkıştırma ve kullanılan malzeme kalitesi) gerek yapım aşamasında, gerekse inşaat sonrası işletme durumunda ciddi duraysızlık problemleri gelişebilmektedir. Bu durum ekonomik zararlara, can kayıplarına ve çevre kirliliği açısından tüm canlıların yaşamını tehdit edecek problemlerin oluşmasına yol açmaktadır. Bu sebeple baraj gövdelerinin tasarımında gövdenin duraylılık özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

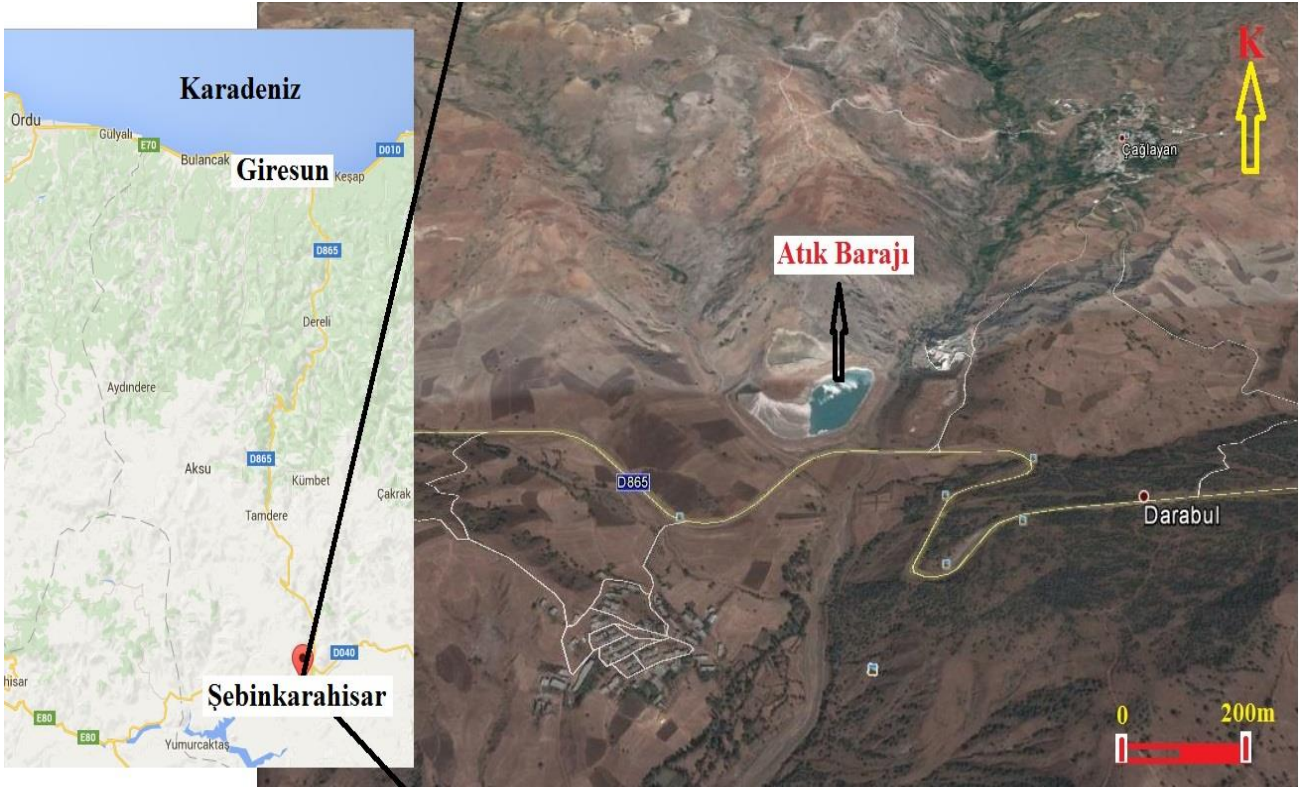
Giresun ili Şebinkarahisar ilçesi, Çağlayan Köyü civarındaki (Şekil 1), kurşun-çinko-bakır maden işletmesi için kullanılan atık barajının ömrünü tamamlaması nedeniyle (Şekil 2) gövde yüksekliğinin 3 m artırılması planlanmaktadır. Mevcut atık barajının memba ve mansap şev açıları 30°, yüksekliği ise 27 metredir. Yeniden tasarlanan barajın gövde yüksekliği ise 30 metre, mansap şev açısı ise 35° şeklinde olacaktır. Bu çalışmada, yeniden tasarlanan atık

barajı gövdesinin hem dinamik (sismik etki) hem de statik yükler (siltasyon yükü) altındaki uzun süreli duraylılığı limit denge ve sayısal analiz yöntemleri ile araştırılmıştır.

Bu duraylılık analiz yöntemleri, günümüze değin birçok araştırmacı tarafından (Bishop, 1955; Bishop ve Morgenstern, 1960; Morgenstern ve Price, 1965; Strang ve Fix, 1973; Sarma, 1973; Hughes, 1987; Duncan, 1996; Yu vd., 1998; Kim vd., 1999; Griffiths ve Lane, 1999; Abramson vd., 2001; Kim vd., 2002; Duncan ve Wright, 2005; Hammah vd., 2006; Li, 2007; Gürocak vd., 2008; Akgun, 2011; Alemdağ vd. 2013, 2014, 2015a, 2015b; Alemdağ, 2015; Kaya vd., 2015; Alemdağ vd., 2016; Kaya vd., 2016; Kaya, 2016) büyük mühendislik yapılarının tasarımında yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

## 2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Depremselliği

Çalışma alanı Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin güney zonunda bulunmakta olup, bu zonda, Permo-Karbonifer'den Pliyo-Kuvaterner'e kadar değişen zaman aralığında oluşmuş metamorfik, plutonik, volkanik ve sedimanter kayalar yüzeylemektedir. İnceleme alanı ve yakın civarında gözlenen birimler yaşlıdan gence doğru; Eosen yaşlı Yeşilce Formasyonu, Miyosen yaşlı Karşıkent Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 3). Yeşilce Formasyonu, bölgede andezit, bazalt ve bunların proklastitlerinden oluşmaktadır (Terlemez ve Yılmaz, 1980).



Şekil 1. İnceleme alanının yer belirleme haritası



Şekil 2. İşletme ömrünü tamamlamış atık barajı

Karşıkent Formasyonu, litolojik olarak kumtaşı, kiltası, silttaşı ve konglomeralardan oluşmakta olup, Şebinkarahisar İlçesi'nin güneyinde D-B doğrultusu boyunca genişçe bir alanda yayılım göstermektedir. Formasyona ait kiltalarının ayrışması ile yaklaşık 10 m kalınlığına sahip killer oluşmuştur (Şekil 4). Bu killer inceleme konusu atık barajının temel zeminini oluşturmaktadır.

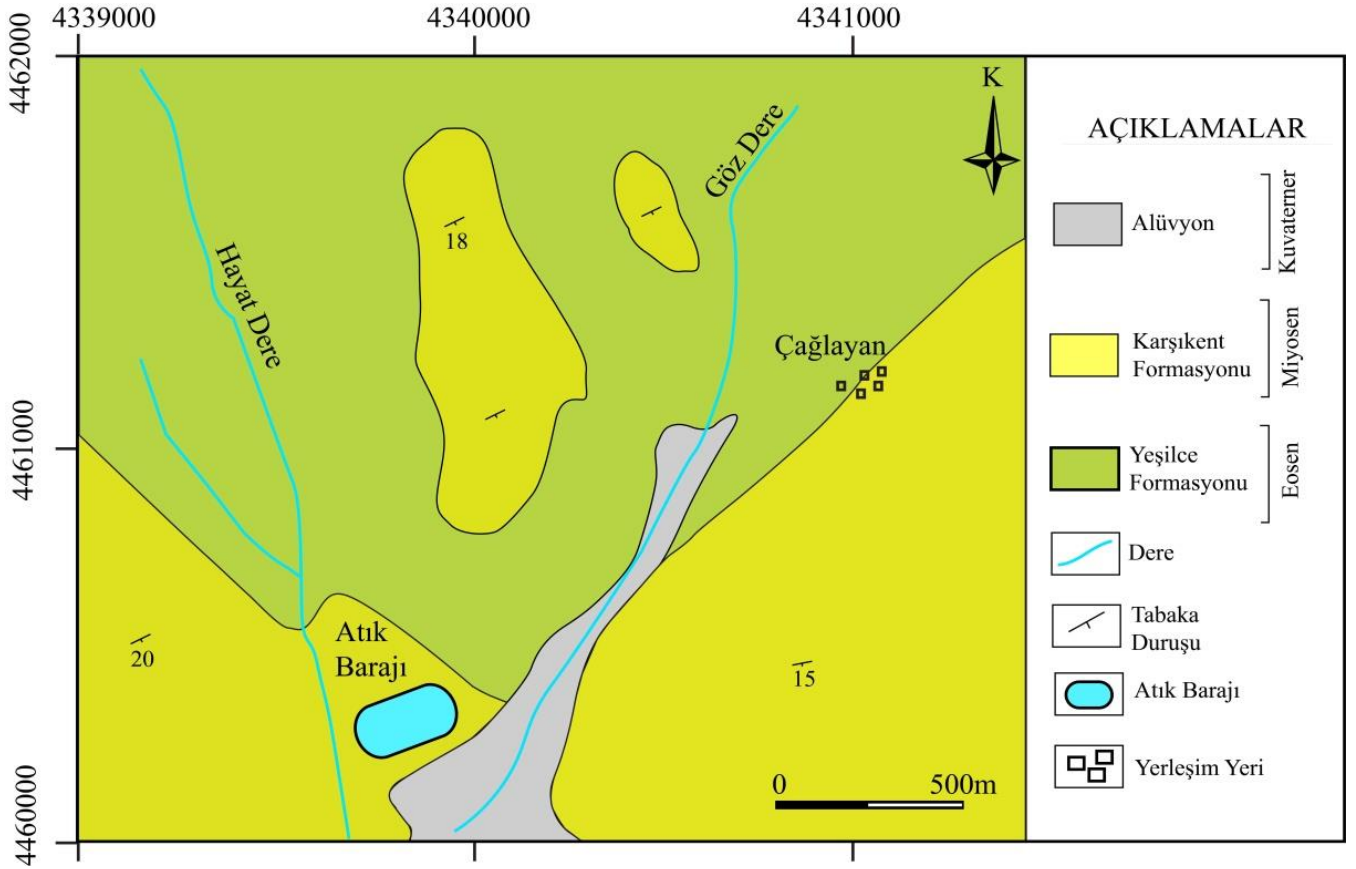
Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın yaklaşık olarak 20 km kuzeyinde yer almakta olup, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Gövde duraylılığı modellerinde kullanılacak etkin yer ivmesi afet yönetmeliğinde 0.4 g olarak belirtilmiştir.

Ancak, çalışmada deprem durumu sabit ivme olarak girileceği için Towhata (2008) tarafından önerilen yatay eşdeğer deprem katsayısı (k) değeri kullanılmıştır. Buna göre Towhata 0.2 g'den küçük değerler için pik zemin ivmesini, 0.2 g'den büyük ivme değerleri için aşağıdaki eşitlikten hesaplanan ivme değerinin kullanılabileceğini önermiştir.

$$k = (PGA^{0.333})/3 \quad (1)$$

Burada; PGA: Pik zemin ivmesidir (1. Derece deprem bölgesi için 0.4 g kullanılmıştır)

1 nolu eşitliğe göre inceleme alanında yapılan atık barajının modellenmesinde kullanılacak etkin yer ivmesi 0.25 g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası





Şekil 4. Karşıkent Formasyonu'na ait kiltaşlarının ayrışmasıyla oluşmuş killerin arazideki görünümü

### 3. Jeoteknik Çalışmalar

Atık barajının yerinde ve gövdesinde yapılan jeoteknik çalışmalar laboratuvar ve arazi deneyleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler gövde duraylılığının tasarımında girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

#### 3.1. Laboratuvar Deneyleri

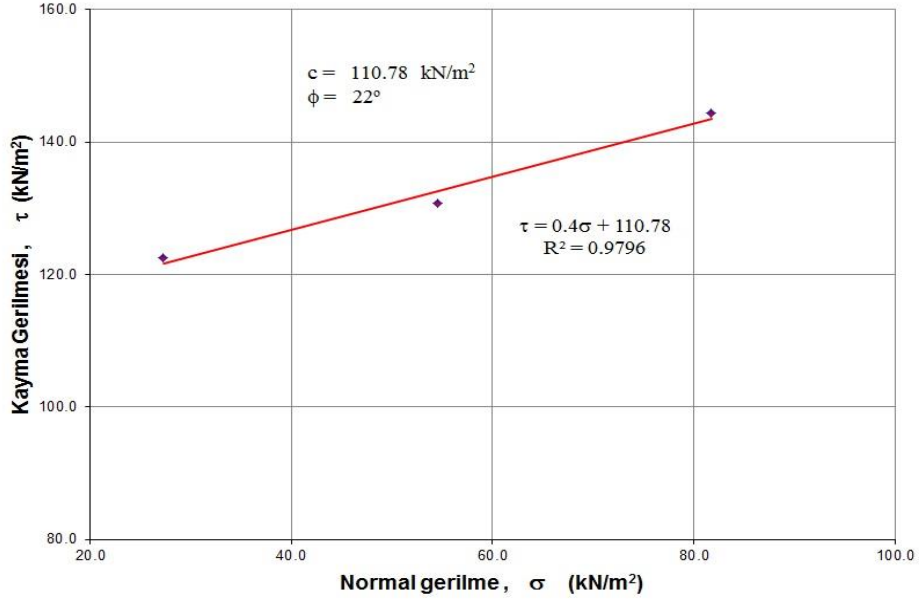
Baraj gövdesinde kullanılan kil malzemesinin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla baraj gövdesi üzerinden çelik tüpler ile iki adet örselenmemiş örnek alınmıştır. Alınan zemin örnekleri üzerinde Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

Zemin örneklerinin kayma dayanımı parametreleri ( $c$  ve  $\phi$ ) ASTM (2012) standardına göre kesme kutusu deneyleri ile belirlenmiştir. Zeminin birim hacim ağırlığı belirlenirken TS1900-1 (2006) standardı esas alınmıştır. Kesme kutusu deneyleri, zeminin

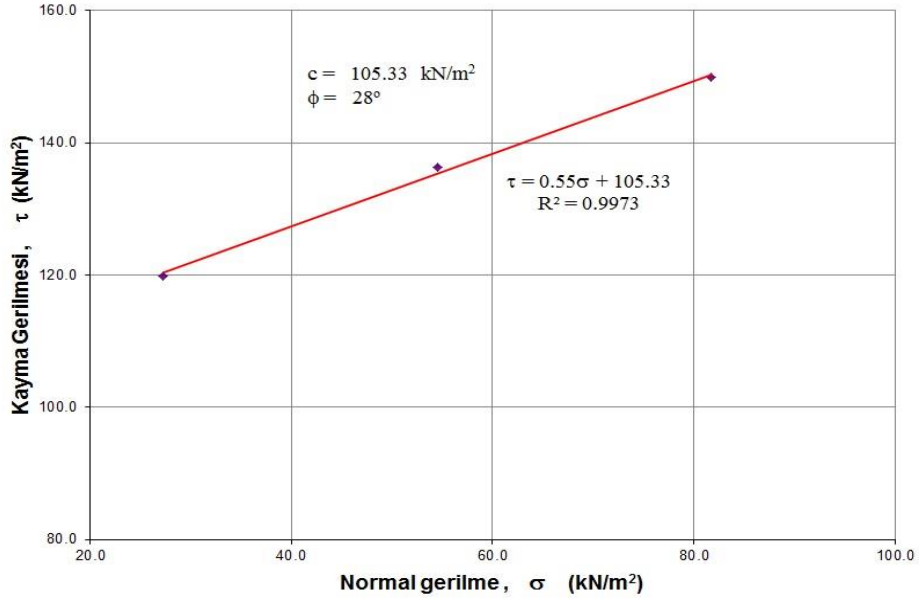
doygun olduğu varsayılarak en kötü koşullara göre yapılmıştır. Bu nedenle deneyler konsolidasyonlu-drenajsız (CU; Consolidated-Undrained) olarak gerçekleştirilmiştir. CU deneyinde örnek 24 saat su içerisinde bekletilerek konsolide olması sağlanmış ve suyun drenajına izin verilmeyerek örnekler kesilmiştir. Elde edilen verilerden normal gerilme ( $\sigma$ ) - kayma gerilmesi ( $\tau$ ) grafikleri çizilerek (Şekil 5-6) zeminin doruk kohezyon ( $c$ ) ve doruk içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri tespit edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, gövdedeki sıkıştırılmış zemine ait doruk içsel sürtünme açısı değerlerinin  $22^\circ$  ve  $28^\circ$ , doruk kohezyon değerlerinin ise  $110 \text{ kN/m}^2$  ve  $105 \text{ kN/m}^2$  olduğu saptanmıştır.

Ayrıca, atık barajı rezervuar alanından alınan örselenmemiş örneklerde gerçekleştirilen birim hacim ağırlık (TS-1900-1, 2006) deneylerinde siltasyon malzemesine ait ortalama birim hacim ağırlık değeri  $16 \text{ kN/m}^3$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 1 nolu örneğe ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafikleri



Şekil 6. 2 nolu örneğe ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafikleri

Ayrıca, baraj gövdesinin oturacağı temel zeminin özelliklerini belirlemek için alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda temel zeminin yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfında olduğu, içsel sürtünme açısı ile kohezyon değerlerinin sırasıyla  $5^\circ$  ve  $98.07 \text{ kN/m}^2$  olduğu ve birim hacim ağırlığının  $19.50 \text{ kN/m}^2$  olduğu saptanmıştır.

### 3.2. Arazi Deneyleri

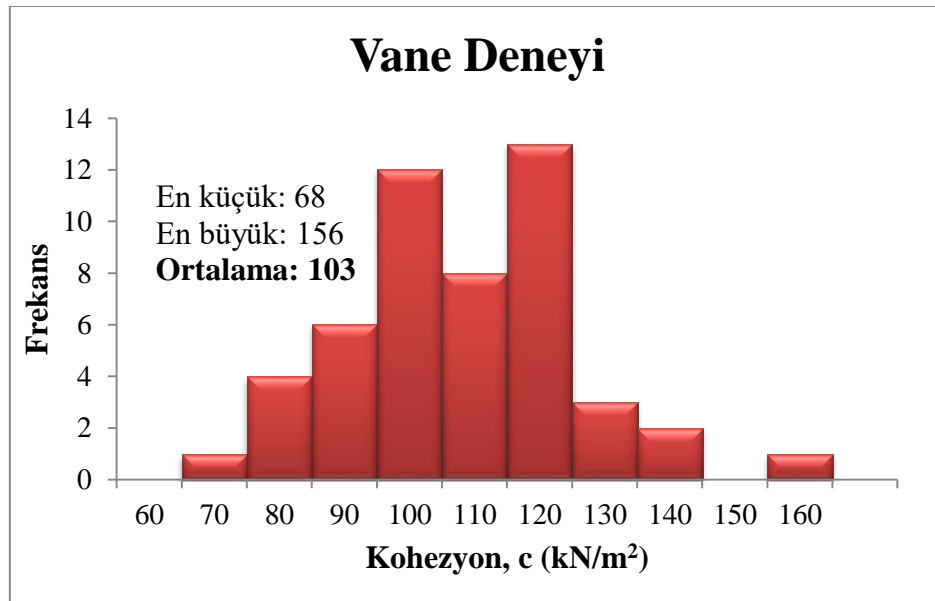
Bu çalışmada gerçekleştirilen arazi deneyleri; Vane (ASTM D 2573-01, 2007), cep penetrometresi (ASTM C403, 2008) ve kum konisi ASTM D 1556-00 (2003) deneyleri ile jeofizik çalışmalarını kapsamaktadır. Atık barajının gövdesini oluşturan sıkıştırılmış killerin kayma dayanımı parametreleri baraj

gövdesi üzerinde gerçekleştirilen Vane ve cep penetrometresi deneyleri ile de belirlenmiştir. (Şekil 7). Gövde üzerinde Vane ve cep penetrometresi aletlerini kullanarak gerçekleştirilen 50 adet deneye ait sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Vane deneyinden elde edilen kohezyon değeri ortalama  $103 \text{ kN/m}^2$ , cep penetrometresinden

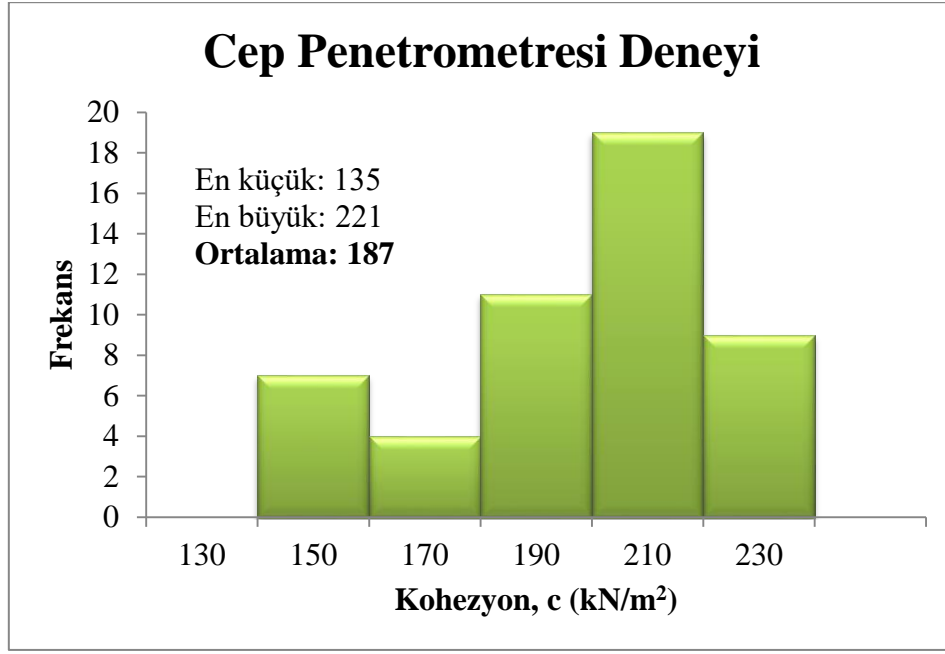
elde edilen kohezyon değeri ise  $187 \text{ kN/m}^2$  olarak belirlenmiştir (Şekil 8-9). ASTM D 1556-00 (2003) standardına göre baraj gövdesi üzerinde gerçekleştirilen kum konisi deneyleri sonucunda da gövdedeki sıkıştırılmış zeminin birim hacim ağırlığı  $19.70 \text{ kN/m}^3$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Atık barajı gövdesindeki killerde Vane ve cep penetrometresi deneylerinin uygulanması



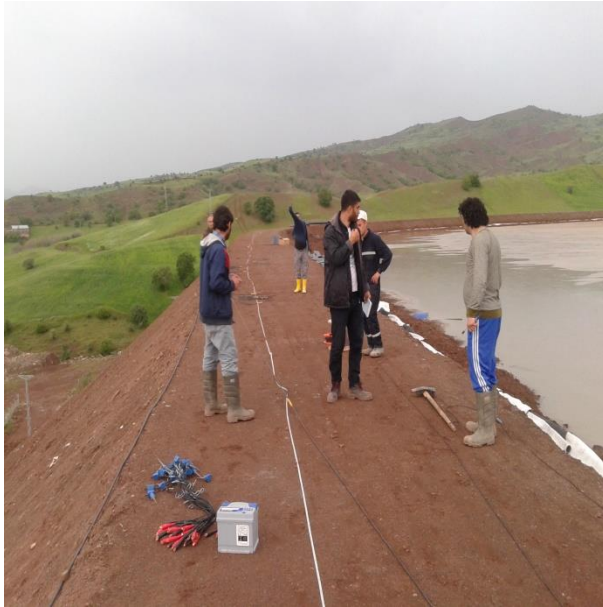
Şekil 8. Baraj gövdesindeki killerde yapılan Vane deneyi sonuçlarına ait histogram



Şekil 9. Baraj gövdesindeki killerde yapılan cep penetrometresi deneyi sonuçlarına ait histogram

Ayrıca, sıkıştırılmış kil dolgunun dinamik- elastik parametrelerini belirlemek için 3 profilde sismik kırılma ve MASW (yüzey

dalgalarının çok kanallı analizi) yöntemleri kullanılarak jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Atık barajı kretinde yapılan sismik kırılma ve MASW çalışmaları

Baraj kreti üzerinde belirlenen 3 profil boyunca gerçekleştirilen jeofizik çalışmalarda  $V_p$  dalga hızı sismik kırılma yönteminden,  $V_s$  dalga hızı ise MASW yönteminden belirlenmiştir. Her bir profildeki tabakalara ait  $V_p$  ve  $V_s$  hızları kullanılarak Bowles (1988) tarafından önerilen 2, 3 ve 4 nolu eşitlikler yardımıyla dinamik elastisite modülü ( $E_{dyn}$ ) ve dinamik poisson oranı ( $\nu_{dyn}$ ) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 1).

Yoğunluk değeri ise Keçeli (2012) tarafından önerilmiş 5 nolu ampirik eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$\nu_{dyn} = (V_p^2 - 2V_s^2) / 2(V_p^2 - V_s^2) \quad (2)$$

$$E_{dyn} = \mu (3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2) \quad (3)$$

$$\mu = \rho V_s^2 / 100 \quad (4)$$

$$\rho = 0.44V_s^{0.25} \quad (5)$$

Burada,  $V_p$ : boyuna dalga hızı (m/sn),  $V_s$ : enine dalga hızı (m/sn),  $\rho$ : yoğunluk ( $\text{gr/cm}^3$ ),  $\nu$ : poisson oranı,  $\mu$ : kesme modülü ( $\text{kg/cm}^2$ ) ve  $E_m$  ise elastisite modülüdür ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Tablo 1. Baraj gövdesindeki sıkıştırılmış killere ait  $V_p$  ve  $V_s$  dalga hızları ile dinamik elastik parametreler

Jeofizik Profiller	Tabaka No	Derinlik (m)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	E ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Oranı ( $\nu$ )
PROFİL-1	1	3.6	422.2	347	2100	0.55
	2	26.4	718.6	450.8	9687	0.18
PROFİL-2	1	4.3	369	200	1710	0.29
	2	25.7	652.7	339	5708	0.32
PROFİL-3	1	5.2	333	170	1216	0.32
	2	24.8	891	325	5617	0.42

#### 4. Duraylılık Analizleri

Atık baraj gövdesinin yükseltilmesinden sonra baraj gövdesinin duraylılığını belirlemek amacıyla limit denge ve sayısal analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Duraylılık analizleri, mevcut atık baraj gövdesi ve yeniden tasarlanan baraj gövdesi için gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1. Gövde Duraylılığının Limit Denge Analizi ile Değerlendirilmesi

Atık barajı gövdesinin duraylılığını belirlemede kullanılan Limit Denge (LE) yönteminde, Mohr-Coulomb yenilme kriteri esas alınmakta olup, yenilme olasılığı olan bir yüzey seçilerek bu yüzey boyunca yenilmeye yol açacak gerilme durumu araştırılmakta ve kayma bölgesindeki kütle için dengede kalması için gerekli olan kayma gerilmesi hesaplanmaktadır.

Belirlenen bu gerilme değerleri karşılaştırılarak güvenlik sayısı ( $G_s$ ) elde edilmektedir.

Bu çalışmada, ilk önce işletme ömrünü tamamlamış olan mevcut atık barajının sismik ve siltasyon yükleri altındaki duraylılık durumu Bishop (1955) yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Daha sonra atık barajı gövdesinin 3 m yükseltilmesi durumu için limit denge duraylılık analizleri yapılmıştır. Bu analizler; inşaat sonrası, siltasyon yükü etkisinde, hem sismik hem de siltasyon yükleri altındaki durumları için Slide v5.0 (Rocscience, 2003) bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Analizlerde kullanılan parametreler Tablo 2’de verilmiştir. Duraylılık analizlerinde kullanılan zeminin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri belirlenirken laboratuvar ve yerinde deneylerden elde edilen sonuçlar

karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda kohezyon değerlerinin birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu nedenle duraylılık analizlerinde kesme kutusu deney sonuçları tercih edilmiştir. Ayrıca, ek dolgu için kullanılacak malzeme ile mevcut barajda kullanılan malzemenin aynı olacağı ve benzer kompaksiyon koşullarında sıkıştırılacağı dikkate alınarak duraylılık analizlerinde mevcut gövde için kullanılan parametreler ek dolgu için

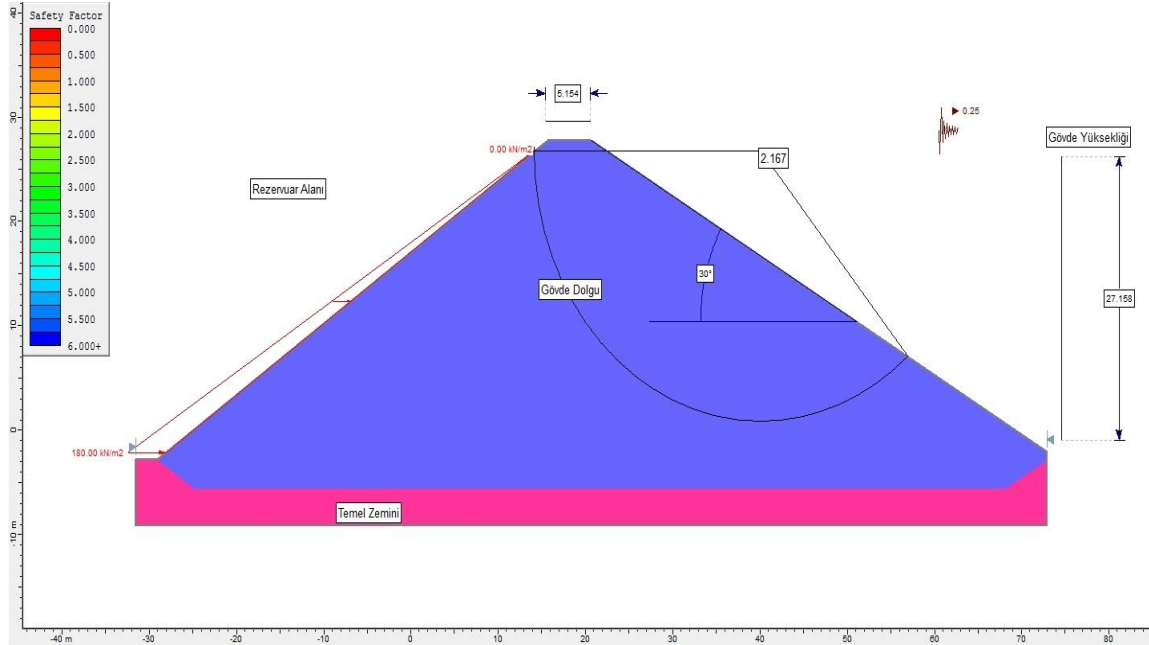
de kullanılmıştır.

Yükseltilmemiş ve yükseltilmiş gövdeye etkiyecek siltasyon yükleri sırasıyla  $180 \text{ kN/m}^2$  ve  $201 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Duraylılık analizlerinde ilk önce ömrünü tamamlamış olan atık barajının siltasyon ve sismik yük etkileri altındaki durumu değerlendirilmiştir (Şekil 11).

Tablo 2. Limit Denge (LE) analizlerinde kullanılan parametreler

Uygulama yeri	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	c, kohezyon ( $\text{kN/m}^2$ )	İçsel Sürtünme açısı ( $\phi^\circ$ )	Yatay yer ivmesi (g)	Memba şevindeki siltasyon basıncı ( $\text{kN/m}^2$ )
Eski Baraj Gövdesi	19.70	105	22	0.25	180 (h=26m)
Planlanan Baraj Gövdesi	19.70	105	22	0.25	201 (h=29m)
Temel Zemin	19.50	98.07	5	0.25	-
Rezervuar	16.00	-	-	-	h: Siltasyon yüksekliği



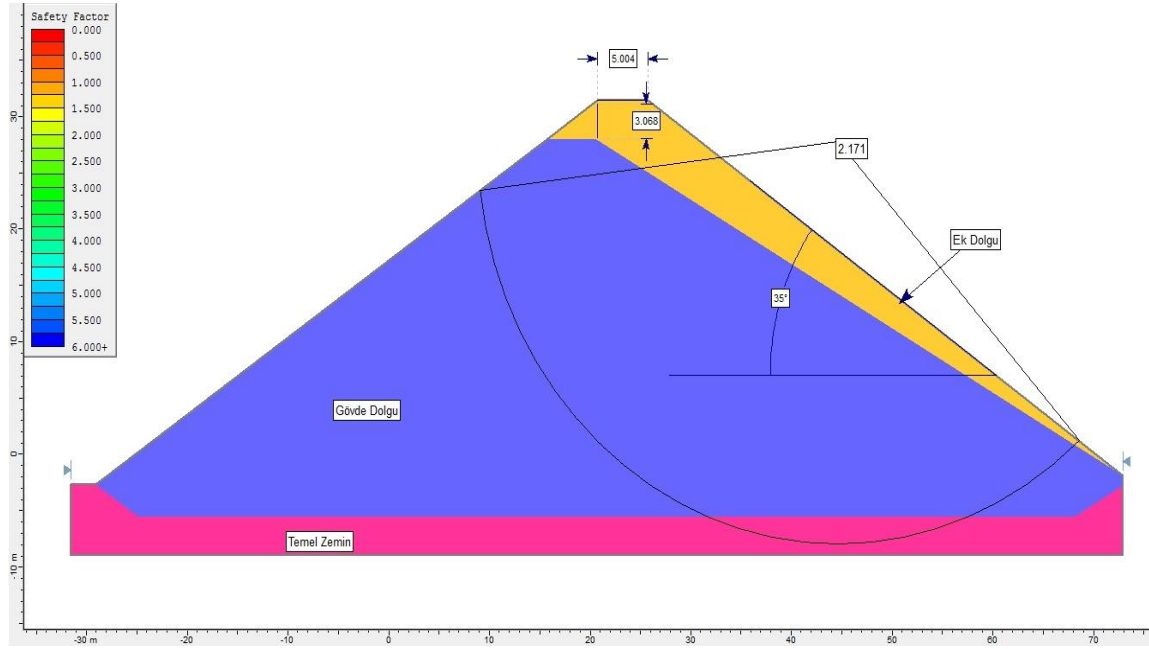
Şekil 11. Ömrünü tamamlamış baraj gövdesinin siltasyon ve sismik yükler etkisindeki duraylılığının Bishop Yöntemi ile değerlendirilmesi

Yapılan limit denge analizi sonucunda güvenlik sayısı 2.167 olarak belirlenmiştir. Bu değer işletme durumundaki dolgu tipi barajların sismik yük altındaki duraylılığı için kabul

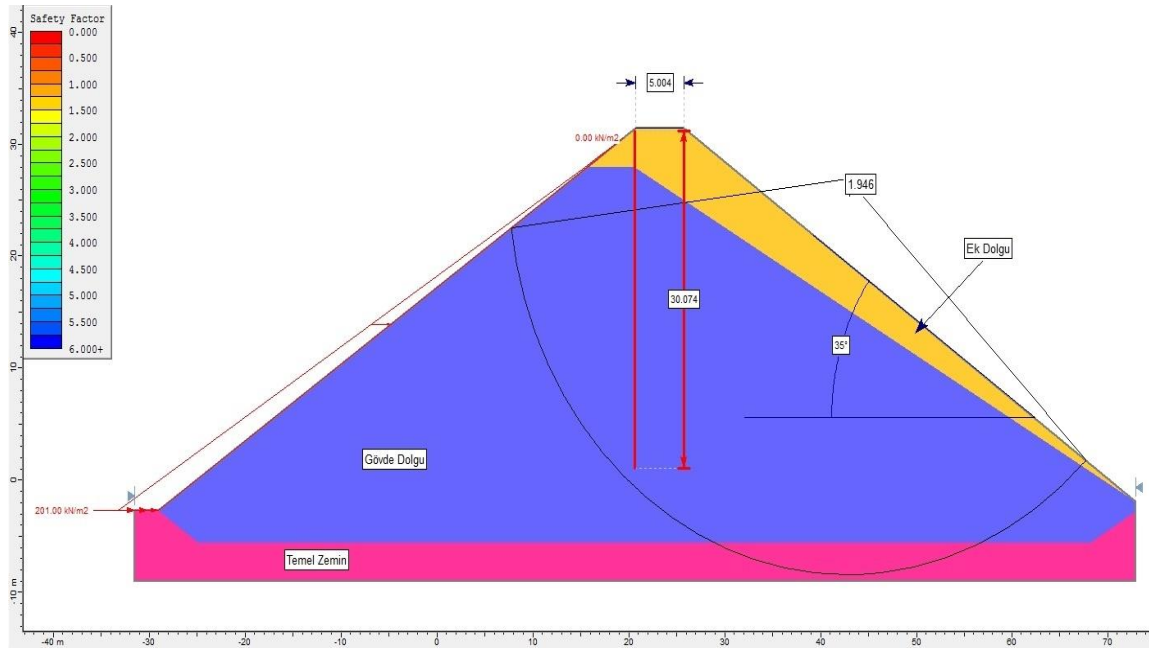
edilen 1.2 güvenlik sayısından büyüktür (DSİ, 2012). Mevcut baraj gövdesinin 3 m yükseltilmesi sonucunda oluşacak yeni gövde için limit denge analizleri; inşaat sonu (Şekil

12), işletme sonu siltasyon yükü etkisinde (Şekil 13) ve işletme sonu sismik yük ve

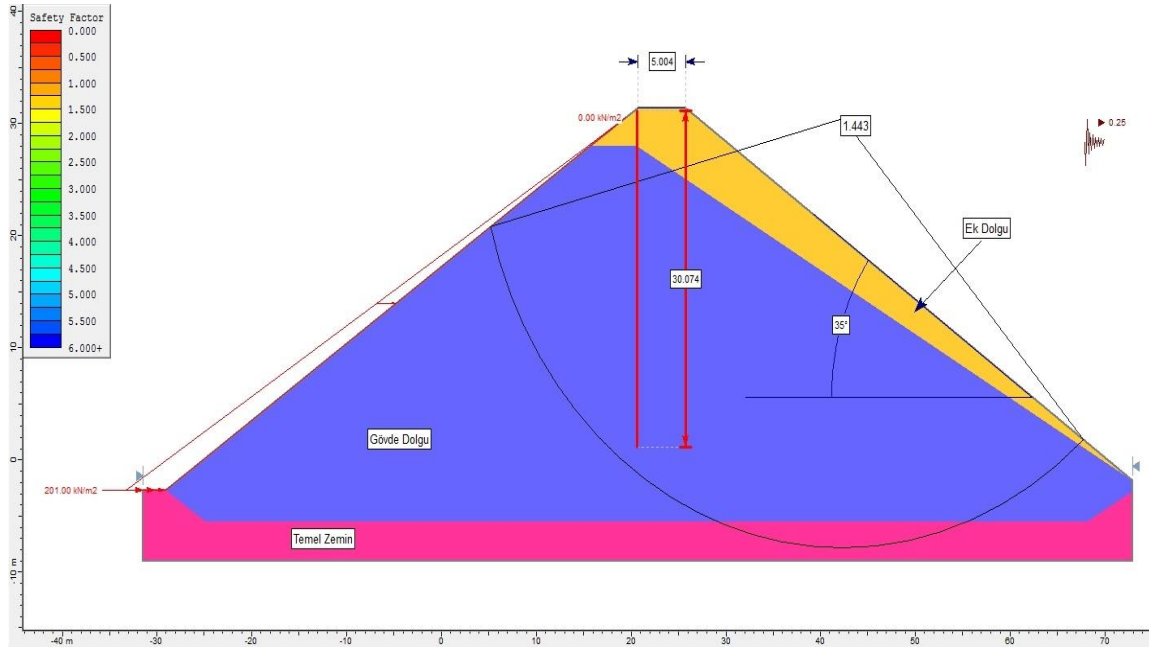
siltasyon yükü etkisi altındaki durumları (Şekil 14) için ayrı ayrı yapılmıştır.



Şekil 12. Planlanan baraj gövdesinin inşaat sonu duraylılığının Bishop yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 13. Planlanan baraj gövdesinin duraylılığının siltasyon yükü dikkate alınarak Bishop yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 14. Planlanan baraj gövdesinin duraylılığının siltasyon ve sismik yükler dikkate alınarak Bishop Yöntemi ile değerlendirilmesi

Baraj gövdesi 3 m yükseltildikten sonra yapılan limit denge analizlerinden elde edilen güvenlik sayıları inşaat sonu durum için 2.171, işletme sonu siltasyon yükü etkisinde 1.946 ve işletme sonu sismik yük ve siltasyon yükü etkisinde ise 1.443 olarak hesaplanmıştır. Yapılan limit denge analizlerine göre gövde yükseltilmesi sonucunda modellemede kullanılan her koşul altında herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.

#### 4.2. Gövde Duraylılığının Sayısal Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Bu yöntemde sonlu elemanlar tabanlı (FEM) Phase<sup>2</sup> 6.0 (Rocscience, 2006) bilgisayar programı kullanılarak, baraj gövdesinin 3m

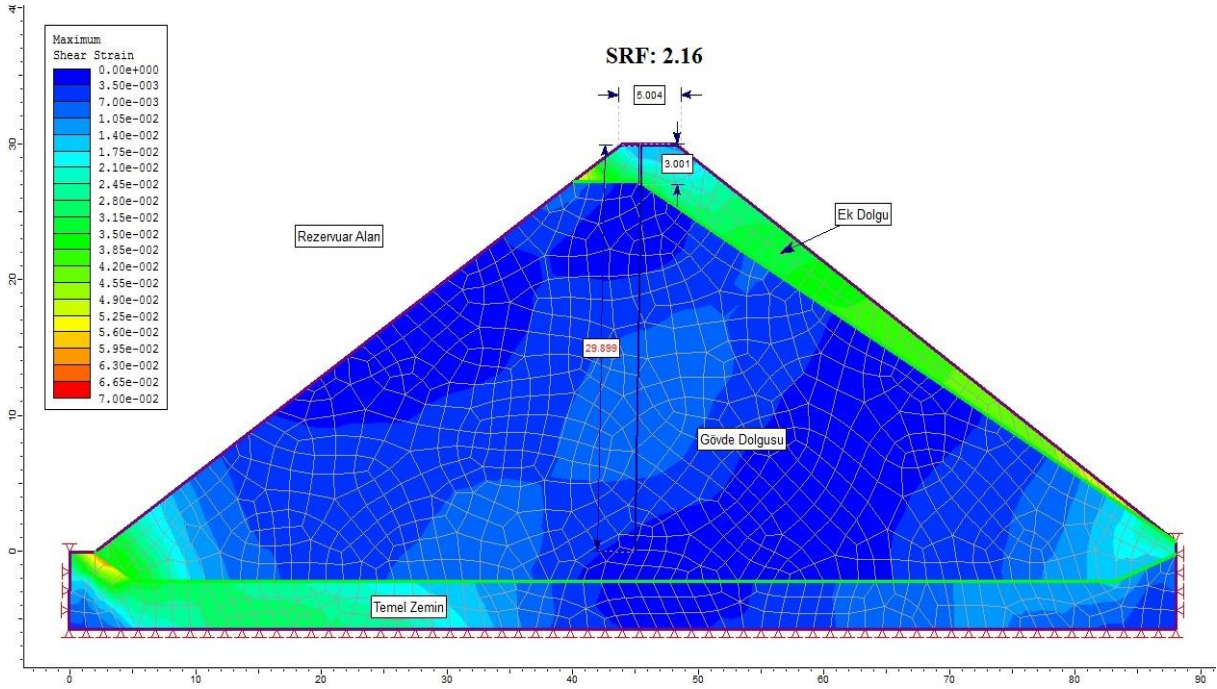
yükseltildikten sonraki analiz kesitinde inşaat sonu (Şekil 15), işletme sonu siltasyon yükü etkisinde (Şekil 16) ve işletme sonu sismik yük ve siltasyon yükü etkisi altındaki duraylılık durumları araştırılmıştır (Şekil 17). Sonlu elemanlar olarak dört düğüm noktalı dörtgen ağ sistemi seçilmiş ve ağ türü uniform ve eleman sayısı 1000 olarak girilmiştir.

Analizlerde kullanılan parametreler Tablo 3’de özet olarak verilmiş olup, dinamik deformasyon modülü ( $E_m$ ) ve Poisson oranı ( $\nu$ ) değerleri jeofizik yöntemlerden elde edilen  $V_p$  ve  $V_s$  hız değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Yükseltilmiş gövdeye etkiyecek siltasyon yükü 0.201 MPa olarak analiz modeline eklenmiştir.

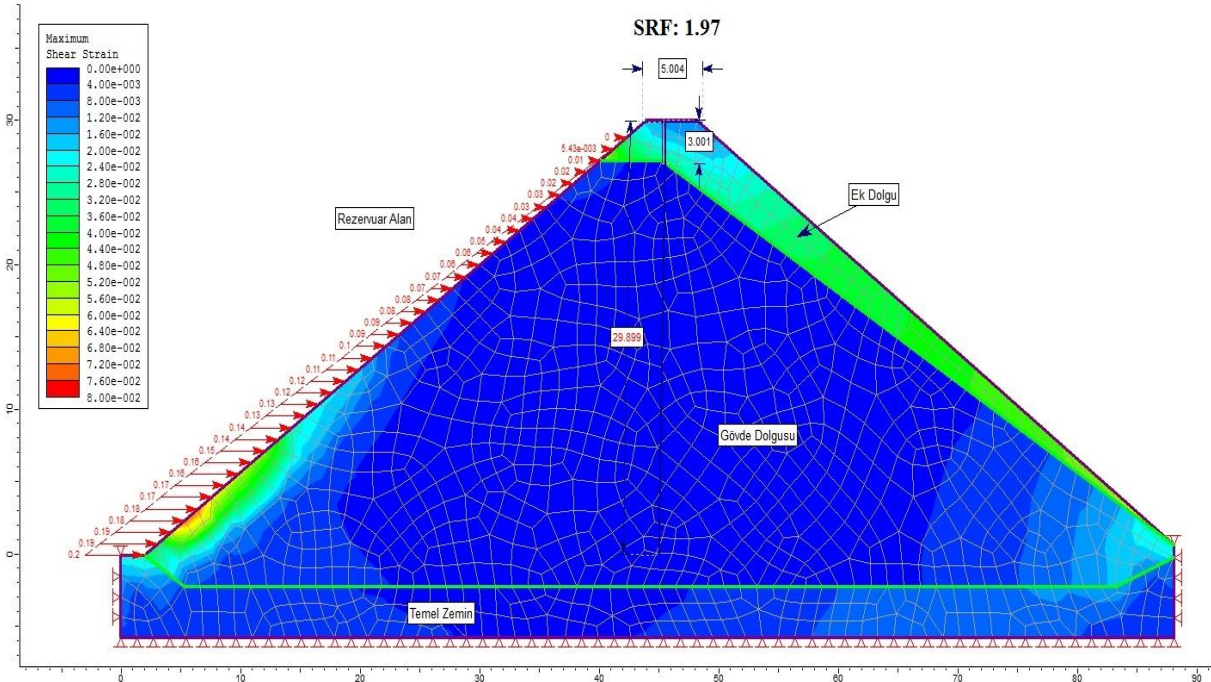
Tablo 3. FEM-SSR duraylılık analizlerinde kullanılan parametreler

Parametreler	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\nu$	$E_m$ (MPa)	$c$ (MPa)	$\phi^\circ$	Yatay yer ivmesi (g)	Siltasyon Yükü (MPa)
Eski Baraj Gövdesi	19.7	0.42	551	0.105	22		
Planlanan Baraj Gövdesi	19.7	0.32	119	0.105	22	0.25	0.201
Temel Zemin	19.5	0.42	574	0.098	5		

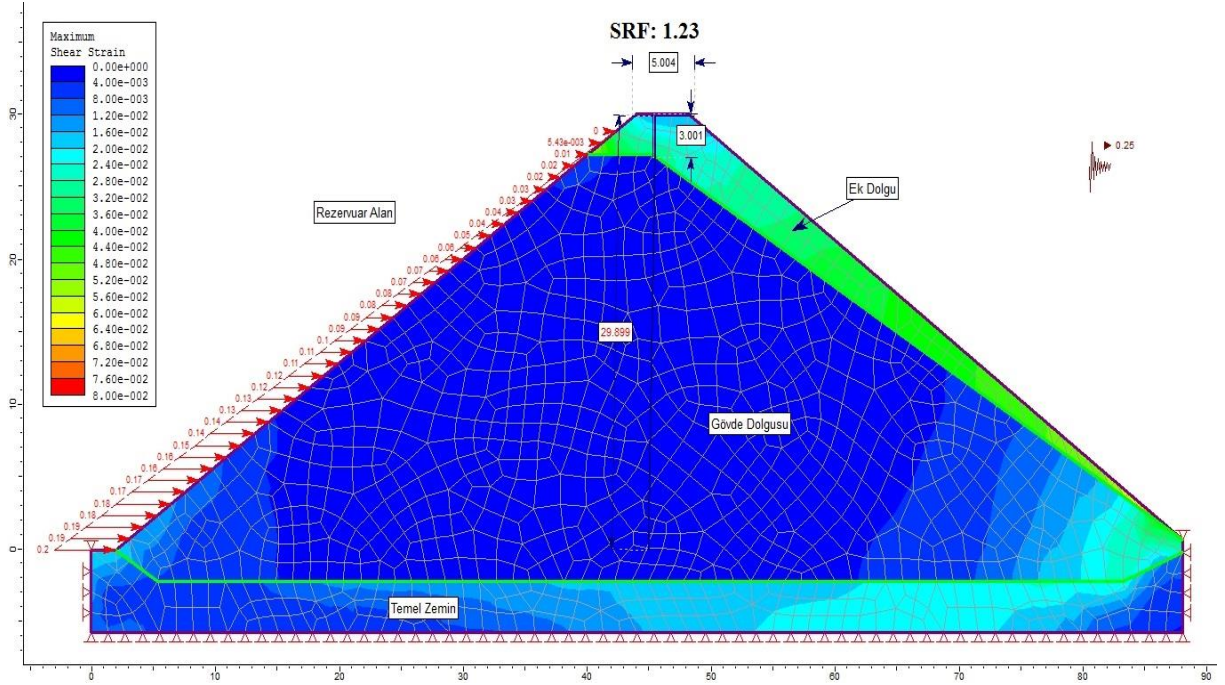




Şekil 15. Planlanan Baraj Gövdesi duraylılığının FEM-SSR yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 16. Planlanan Baraj Gövdesi duraylılığının siltasyon yükü dikkate alınarak FEM-SSR yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 17. Planlanan Baraj Gövdesi duraylılığının siltasyon ve sismik yükler dikkate alınarak FEM-SSR yöntemi ile değerlendirilmesi

#### 4.3. Duraylılık Analizlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Atık baraj gövdesinin 3 m yükseltildikten sonraki durumu için hem limit denge hem de sayısal analiz yöntemleri ile yapılan duraylılık değerlendirmeleri sonucunda elde edilen güvenlik sayıları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4’deki analiz sonuçları incelendiğinde, uzun süreli duraylılık durumu için elde edilen güvenlik sayısı değerleri dolgu barajların duraylılığı için kabul edilen 1.2 güvenlik sayısından büyük olduğu ve herhangi bir duraysızlık sorununun beklenmediği anlaşılmaktadır.

Tablo 4. Limit denge ve sayısal analiz yöntemleri ile belirlenen güvenlik sayısı değerleri

LİMİT DENGE ANALİZİ				
	İnşaat sonunda	İşletme sonunda (siltasyon yükü)	İşletme sonunda (sismik + siltasyon yükü)	Sonuç
Eski Baraj Gövdesi	-	-	2.167	Duraylı
Planlanan Baraj Gövdesi	2.171	1.946	1.443	Duraylı
SAYISAL ANALİZ				
Planlanan Baraj Gövdesi	2.16	1.97	1.23	Duraylı

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, Giresun ili, Şebinkarahisar İlçesi’ndeki kurşun-çinko-bakır maden tesisi için yapılmış atık barajı gövdesinin 3 m

yükseltilmesi halinde uzun süreli duraylılık durumundaki değişimler jeoteknik açıdan araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1) Duraylılık analizleri için kullanılan zemin tasarım parametreleri laboratuvar ve yerinde deneyler yapılarak belirlenmiştir. Baraj gövdesinde kullanılan killerin yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfında olduğu, kohezyon (c) değerinin  $105 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısının ( $\phi$ )  $22^\circ$ , birim hacim ağırlığının ( $\gamma$ )  $19.7 \text{ kN/m}^3$ , dinamik poisson oranının ( $\nu$ ) 0.32 ve deformasyon modülünün ( $E_m$ )  $119 \text{ MPa}$  olduğu belirlenmiştir.
- 2) 3 m kadar yükseltilecek baraj gövdesinin duraylılığı Limit denge (Bishop yöntemi) ve sayısal analiz (FEM-SSR) yöntemleri ile araştırılmıştır. Limit denge yöntemine göre baraj gövdesinin statik ve dinamik yükler altındaki güvenlik sayısı 1.44, sayısal analizlere göre 1.23 olarak belirlenmiştir.
- 3) Her iki analiz yönteminden bulunan güvenlik sayısı değerleri, dolgu barajlar için kabul edilebilir güvenlik sayısı olan 1.2'nin üstündedir. Dolayısıyla işletme ömrünü tamamlamış atık barajının gövdesinde yapılacak 3 m yükseltme işlemi sonrasında herhangi bir duraysızlık sorununun oluşmayacağı tespit edilmiştir.

## 6. Katkı Belirtme

Yazar, bu çalışmayı destekleyen NESKO Madencilik A.Ş.'ye ve mühendislerine teşekkür eder. Ayrıca makalenin geliştirilmesinde eleştirileri ile önemli katkılar koyan hakemlere teşekkürlerini sunar.

## Kaynaklar

- Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., Boyce, G.M., 2001. Slope Stability and Stabilization Methods, 2nd edn: Wiley, New York, 736p.
- Akgün, A., 2011. Assessment of Possible Damaged Areas Due to Landslide-Induced Waves at a Constructed Reservoir Using Empirical

Approaches, Kurtun (North Turkey) Dam Reservoir Area, Nat Hazards Earth Syst Sci, 11(5), 1341-1350.

- Alemdağ, S., Kaya, A., Karadağ, M., Gürocak, Z., Bulut F., 2013. Yamaç Molozlarının Duraylılık Analizlerinde Limit Denge Yönteminin Kullanılması, Kalebaşı Mahallesi (Gümüşhane) örneği, Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi, 30 (2) 49-62.
- Alemdağ, S., Akgün, A., Kaya, A., Gökçeoğlu, C., 2014. A Large and Rapid Planar Failure, Causes, Mechanism and Consequences (Mordut, Gumushane, Turkey), Arabian Journal of Geosciences, 7 (3), 1205-1221.
- Alemdağ, S., Kaya, A., Karadağ, M., Gürocak, Z., Bulut, F., 2015a. Utilization of the Limit Equilibrium and Finite Element Methods for the Stability Analysis of the Slope Debris, An Example of the Kalebasi District (NE Turkey), Journal of African Earth Sciences, 106, 134–146.
- Alemdağ, S., 2015. Assessment of Bearing Capacity and Permeability of Foundation Rocks at the Gumustas Waste Dam Site, (NE Turkey) Using Empirical and Numerical Analysis, Arabian Journal of Geosciences, 8, 1099–1110.
- Alemdağ, S., Gürocak, Z., Özkirişçi Oktay, C., 2015b. Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Karayolundaki Kaya Şevlerinin Kinematik ve Limit Denge Yöntemleri İle Değerlendirilmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1, (1-2), 1-10.
- Alemdağ, S., Bostancı, H.T., Gürocak, Z., Gökçeoğlu, C., 2016. Yamaç Duraysızlığı Haritalarının Oluşturulmasında Coğrafi Bilgi

- Sistemleri Ve Bulanık Anlamlandırma Sistemlerinin Kullanımı: Ulusal Heyelan Sempozyumu 27-29 Nisan Ankara, Bildiriler Kitabı, 279-297.
- ASTM D 1556-00, 2003. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method. Annual Book of ASTM Standards. American Society For Testing and Materials, 04.08, West Conshohocken, pp. 126-132.
- ASTM D 2573-01, 2007. Standard test method for field vane shear test in cohesive soil, ASTM Standards, ASTM International, Philadelphia, PA 283-289.
- ASTM C403, 2008. Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance, Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D3080/D3080M-11, 2012. Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions, West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM, 2011a. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). ASTM D2487-11, West Conshohocken, PA.
- Bishop, A.W., 1955. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Geotechnique, 5, 7-17.
- Bishop, A.W., Morgenstern, N., 1960. Stability Coefficients for Earth Slopes, Geotechnique, 10(4), 129-150.
- Bowles, J.E., 1988. Foundation analysis and design. McGraw-Hill Book Company, New York
- DSİ, 2012. Dolgu Barajlar Tasarım Rehberi, Rehber No:003, 1.Barajlar Kongresi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ekim, Ankara.
- Duncan, J., 1996. State of the art, Limit Equilibrium and Finite Element Analysis of Slopes, J. Geotech Geoenviron Eng ASCE, 122(7), 578-584.
- Duncan, J.M., Wright, S.G., 2005. Soil Strength and Slope Stability: Wiley, New York, 297p.
- Griffiths, D.V., Lane, P.A., 1999. Slope Stability Analysis by Finite Elements, Geotechnique, 49(3), 387-403.
- Gurocak, Z., Alemdag, S., Zaman, M., 2008. Rock Slope Stability and Excavatability Assessment of Rocks at the Kapıkaya Dam Site, Eastern Turkey, Engineering Geology, 96, 1-2, 17-27.
- Hughes, R., 1987. The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Hammah, R.E., Yacoub, T.E., Curran, J.H., 2006. Investigating the Performance of the Shear Strength Reduction (SSR) Method on the Analysis of Reinforced Slopes. In: Proceedings of the 59th Canadian Geotechnical Conference, Vancouver.
- Kaya, A., Akgün, A., Karaman, K., Bulut, F., 2015. Understanding the Mechanism of a Slope Failure on Nearby a Highway Tunnel Route by Different Slope Stability Analysis Methods, a Case From NE Turkey, Bull Eng Geol Environ, Doi, 10.1007/s10064-015-0770-5.

- Kaya, A., Alemdag, S., Dag, S., and Gurocak, Z., 2016. Stability Assessment of High-Steep Cut Slope Debris on a Landslide (Gumushane, NE Turkey), Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 75 (1), 89-99.
- Kaya, A., 2016. Geotechnical Assessment of a Slope Stability Problem in the Citlakkale Residential Area (Giresun, NE Turkey), Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Doi, 10.1007/s10064-016-0896-0.
- Keçeli, A., 2012. Soil parameters which can be determined with seismic velocities, Jeofizik, 16 (1), 17-29.
- Kim, J., Salgado, R., Yu, H., 1999. Limit Analysis of Soil Slopes Subjected to Pore-Water Pressures, J. Geotech Geoenviron Eng ASCE, 125(1), 49–58.
- Kim, J., Salgado, R., Lee, J., 2002. Stability Analysis of Complex Soil Slopes Using Limit Analysis, J. Geotech Geoenviron Eng ASCE, 128(7), 546–557.
- Li, X., 2007. Finite Element Analysis of Slope Stability Using a Nonlinear Failure Criterion, Comput Geotech, 34, 127–136.
- Morgenstern, R., Price, V., 1965. The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces, Geotechnique, 15(1), 79–93
- Rocscience, 2003. Slide v5.0, 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience, 2006. Phase<sup>2</sup> v6.0, 2D Finite Element Program for Calculating Stresses and Estimating Support Around the Underground Excavations, Geomechanics Software and Research, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Strang, G., Fix, J., 1973. An Analysis of the Finite Element Method. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Sarma, S.K., 1973. Stability Analysis of Embankments and Slopes, Geotechnique, 23(3), 423–433
- Terlemez, İ., Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye Arasında Kalan Yörenin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 23,179-191.
- Towhata, I., 2008. Geotechnical Earthquake Engineering, Springer-verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-35782-7.
- TS–1900–1, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvarı Deneyleri Bölüm 1. Fiziksel Özelliklerin Tayini, 5.2.1.
- Yu, H., Salgado, R., Sloan, W., Kim, J., 1998. Limit Analysis Versus Equilibrium for Slope Stability, J. Geotech Geoenviron Eng ASCE, 124(1), 1–11.

## YAZARA BİLGİLER

### 1. Kapsam ve Genel Bilgi

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yayın organıdır. Dergi kapsamında bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik, Tarım ve Mimarlık Alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün, araştırma makaleleri, derlemeler ve editöre mektuplar yayınlanır. Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, Ocak ve Temmuz aylarında olmak üzere yılda iki kez online yayınlanır.

Derginin esas amacı "Gelişen ve Geliştiren Üniversite" sloganı ile yola çıkan Gümüşhane Üniversitesinin hedeflerinin bir parçası olarak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

### 2. Yayın Dili

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili Türkçe' dir. Sadece başlık, özet ve anahtar kelimeler hem Türkçe hem de İngilizce olarak hazırlanmalıdır. Makalelerde patentli gereçler, özel isimler, simgeler ve uluslararası kısaltmalar dışında tüm sözcükler Türkçe okunuşa ve yazım kurallarına uygun olarak yazılır. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

### 3. Elektronik Ortamda Başvuru

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** [gufbed@gumushane.edu.tr](mailto:gufbed@gumushane.edu.tr) adresi kullanılmalıdır. Dergi **yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış** makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Ulakbim Dergipark üzerinden <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gumusfenbil> adresi kullanılarak gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte aşağıda belirtilen Gönderi Kontrol Listesindeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne gönderilen makaleler ile birlikte mutlaka "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" Dergi yazışma adresine "[gufbed@gumushane.edu.tr](mailto:gufbed@gumushane.edu.tr)" gönderilmelidir. Makale gönderimi ve telif hakkı devir formu doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir.

Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda "Etik Kurul İzin Belgesi"nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

#### 4. Değerlendirme Süreci

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi editörünün konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak yönlendireceği yayın kurulu üyesi tarafından biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön inceleme aşamasıyla, incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" olmayan veya eksik olan yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir.

Formata uygun olarak hazırlanan yazılar ilgili yayın kurulu tarafından bilimsel açıdan değerlendirilir. **Ayrıca bu aşamada ilgili yayın kurulu üyesi yazının alıntı olup olmadığını inceler.** Bilimsel açıdan incelemeye değer bulunan yazılar editöre gönderilir.

Editör bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere yazıyı, konusuna uygun olarak en az iki ya da üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzelterek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler.

Düzeltilme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir.

Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için son karar editöre aittir. Editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır.

Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte e-posta olarak yazışmadan sorumlu yazara iletilir.

Değerlendirme sonucu kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür.

Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir.

Makale basım için kabul edilmezse "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu Form'un imzalanması ile yazarlar, makalenin "GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ" dergisi ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

## 5. Makale Türleri

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

**Araştırma Makaleleri:** Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. **Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40'ı aşmamalıdır.**

**Derlemeler:** Dergi kapsamındaki güncel konularda çalışmaları bulunan kişiler tarafından hazırlanan derleme başvuruları incelemeye alınır. Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. **Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur.**

**Editöre Mektup:** Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. Editöre mektup Türkçe olarak yazılır. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.**

## 6. Makalenin Hazırlanması

• **Sayfa boyutu, sayısı ve kenar boşlukları:** A4 formatında, en fazla 15 sayfa olmalıdır. Tüm kenarlardan 2 cm boşluk bırakılmalıdır.

• **Sayfa numaraları:** Sayfa numaraları sayfa altında ve ortada verilmelidir.

• **Satır boşlukları:** Bütün satır boşlukları Times New Roman karakterinde ve 12punto olmalıdır.

• **Metin:** Times New Roman karakterinde 12 punto ile sağa ve sola dayalı olarak tek aralıklı yazılmalıdır. Noktadan ve virgülden sonra 1 boşluk bırakılmalıdır.

• **Paragraf:** Her paragraf arasında bir satır boşluk bırakılmalı, paragraf başlarında içerden başlanmamalıdır (Tab tuşu kullanılmamalıdır).

• **Makale başlığı:** Sayfa başından 3 satır boşluk bırakıldıktan sonra, başlık Times New Roman, 16 punto ve koyu olarak yazılmalıdır. Başlıkta yer alan her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır.

• **Yazar adı veya adları:** Başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılarak, unvan belirtilmeden, Adın ilk harfi büyük olacak şekilde tüm harfleri ve soyadın tamamı büyük harfle yazılmalıdır. Birden fazla yazarlarda aralarına virgül konularak, Times New Roman, 12 punto, normal ve sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. Sorumlu yazar isminde üst simge yıldız sembolü olmalıdır.



• **Yazarın/ların adresi/leri:** Yazar adının hemen altına boşluk bırakılmadan, Times New Roman, 10 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Adresleri aynı olan yazarlar için tek adres, farklı yazar adresleri alt alta boşluk bırakılmadan yazılmalıdır.

• **İletişim yazarının bilgileri:** Unvansız Ad soyad, e-mail adresi, telefon numarası (Tel: (xxx) xxx xx xx.) aralarına virgül konularak 1. sayfanın altına dipnot olarak, (\*) sembolü ile belirtilmelidir, Times New Roman, 10 punto ile yazılmalıdır.

• **Türkçe özet:** Adres/ler den 5 satır boşluk bırakıldıktan sonra, **Özet** kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özet metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Özet metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Özet kelimesi ile özet metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **İngilizce başlık ve özet (Abstract):** Türkçe anahtar kelimelerin altına 2 satır boşluk bırakılarak, başlık Times New Roman, 16 punto koyu, her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. **Abstract**, kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Abstract metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Abstract kelimesi ile abstract metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **Anahtar kelimeler / Keywords:** Anahtar kelimeler ve Keywords kelimeleri Türkçe özetin ve İngilizce özetin altına bir satır boşluk bırakılarak, Times New Roman, 12 punto, **koyu** ve *italik* olarak yazılmalıdır. En az 3 en fazla 6 adet anahtar kelime verilmeli, anahtar kelimelerin her kelimenin ilk harfi büyük ve aralarına virgül konularak verilmelidir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilmelidir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılmalıdır.

• **Ana başlıklar:** Ana Başlıklar sırasıyla numaralandırılmalıdır (1. Giriş 2. Amaç, Gereç ve Yöntem gibi). **Tüm başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 12 punto **koyu** ve her kelimenin ilk harfi büyük yazılmalıdır. Ana başlıklardan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. **Alt başlıklar**, ana başlık numarasına uygun olarak numaralandırılmalıdır. **Tüm alt başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 12 punto, **koyu** ve *italik* olarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır (2.1. Malzeme 2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması, gibi). Alt başlıklardan önce ve sonra tek satır boşluk bırakılmalıdır.

• **Şekiller, Resimler ve Fotoğraflar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak, net ve okunaklı olmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Şekil no ve adları şeklin altında şeklin sol alt kenarına yaslanarak ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak verilmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra birer satır boşluk bırakılmalıdır. **Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır.**

• **Tablolar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Tablo no ve adları, tablonun sol üstünde tek satır boşluk ile sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer

satır, tablodan sonra yine bir satır boşluk bırakılmalıdır. **Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.** Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 12 punto ile yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalınan durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir.

- **Denklemler:** Metin içerisine yazılacak denklemler, Word yazım programındaki denklem editörü ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı olarak parantez içerisinde sıra ile numara verilmelidir.

- **Semboller:** Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 12 punto ile *italik* yazılmalıdır. Makalede ondalık gösterimde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgöl kullanılmalıdır.

- **Kaynaklar:** Kaynaklar tez içerisinde “**soyadı ve tarih sistemine**” göre yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynaklar yazılırken sıralama aşağıdaki şekilde olmalıdır:

**“Yazar soyadı-virgöl - ilk ad(lar)ının baş harfi- nokta-virgöl- yayın yılı- nokta - belgenin başlığı - virgöl-yayınlandığı yer (yayın organı ya da yayın evi)- virgöl- cilt no- virgöl- sayı no- virgöl-sayfa no-virgöl-yayınlandığı şehir veya ülke- nokta”.**

Yazarlar arası virgöl ile ayrılır, ancak iki ve daha fazla yazarlarda son yazar "ve" ile ayrılır. Aynı yazar(lar)ın farklı yıllarda yayınlanmış eserleri veriliyorsa önce yaptığı yayından başlayarak (eskiden yeniye doğru) sıralama yapılmalıdır. Aynı yazar(lar)ın aynı yıla ait yayınları yayın yılını takip eden a, b, c harfleri ile sıralanmalıdır (Örg: 1998a,b).

Kaynak eserin yazımının bir satırdan daha uzun olması halinde ikinci satır ve diğer satırlar, ***değinen ilk eserin yazar ilk adının baş harfi hizasından başlayarak yazılmalıdır. İkinci ve diğer satırları birinci eserin ikinci satırı hizasından başlanmalıdır.*** Dergi adları ise kısaltma yapılmadan ve altı çizili olarak yazılır.

Metin içerisinde yazarı belli olan internet kaynaklarına atıf yapılırken, yazar soyadı sistemine benzer şekilde yazılmalıdır. Örneğin: (James ve Richard, 2003) David ve Clifford' a (2003) göre ...

Metin içerisinde yazarı belli olmayan internet kaynaklarına atıf yapılırken, büyük harflerle URL-sıra numarası (,), yıl şeklinde yazılmalıdır.

Örneğin:

(URL-4, 2003), (URL 1 ve 2, 2003)

Kaynakların yazılması sırasında literatürde yaygın olarak bilinen ***periyodik dergilerin adları açık olarak yazılmalıdır.*** Örneğin: (Journal of Hydrology).

Kitap, makale, bildiri, tez, standartlar ve yönetmelikler aşağıda gösterilmiştir.

### **Ulusal-Uluslararası Makaleler:**

Ayalew, L., Yamagishi, H. ve Ugawa, N., 2004. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan, Landslides, 1, 73-81.

Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, Yerbilimleri, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 23, 201-219.

### **Kitaplar:**

Hem, J.D., 1989, Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters: USGS Professional Paper 2254, US Gov. Print. Office, 263p.

Postel, S., 2000, Son Vaha, Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya, (çev: F. Şebnem Sözer), TUBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

### **Tezler:**

Dağ, S., 2007, Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 241s.

Tezcan, L., 1993, Karst Akifer Sistemlerinin Tritiyum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 125s.

### **Raporlar:**

Aslaner, M., 1972. Çayeli-Madenköy Cu-Pb-Zn Aramaları Hakkında Kısa Not, MTA Maden Etüd Rap. No. 118,

Baran, I. and Kasperek, M., 1989, Marine Turtles Of Turkey; Status Survey 1988 And Recommendations For Conservation And Management: WWF Report, Heidelberg, 123p.

IAEA, 1992. Statistical Treatment of Data on Environmental Isotopes, Technical Reports Series No.331, IAEA Vienna, 781p.

### **Editörlü Kitaplar:**

Zuber, A. 1986, Mathematical models for the interpretation of environmental radioisotopes in groundwater systems. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Fritz, P. and Fontes, J.Ch. (eds.), Elsevier, Amsterdam. pp. 1-59.

### **Bildiriler Kitabı:**

Sualtı Günleri-1999, Türkiye’de Sualtı Görüntüleme, Belgeleme ve Arşivleme Çalışmalarının Günümüzdeki Durumu, 26-27 Şubat 1999, Bildiriler Kitabı (editörler: B. Akınoğlu, M. Draman), Sualtı Araştırmaları Derneği, Ankara, 84s.

### **Bildiri Özeti:**

Tezcan, L., Gunay, G., Hotzl, H., Reichert, B., Solomon, K., 1997, Hydrogeology of the Kirkgozler Springs, Antalya, Turkey, International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Near East Technical University, Nicosia, North Cyprus. p.76.

Bayarı, C. S., Kurttaş, T., Tezcan, L., 1998b, Köyceğiz Gölü Karışım Dinamiği: Çevresel İzotoplar Ve Üç Boyutlu Yerinde Yoğunluk Ölçümleri, MTA Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildirileri, 2-6 Kasım 1998, Ankara, s.104-106.

### **Tam Metni Basılı Bildiriler:**

Hamarat,S., Ülkenli,H., Türe,G., 1998, Türkiye kıyıları Aydıncık-Taşucu Deniz Mağaraları Sualtı Araştırmaları, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Aralık 1998, İstanbul, Türkiye, s.105-111.

### **Aktüel Dergi ve Gazete Haberi:**

Corliss, Richard, 1993, Sept. 13, Pacific Overtures. Time 142(11), 68-70.

Feder, Barnaby J, 1993, December 18, For Job Seekers, a Toll-Free Gift of Expert Advice. New York Times 30 (late ed.).

### **İnternet kaynakları:**

Başaran, A., Yıldırım, N. ve Gülal, Z. (2000, 14 Ekim). Depreme karşı nasıl bir bina yapmalı? Cumhuriyet Bilim Teknik, <http://bilimteknik.cumhuriyet.com.tr-/w/b08.-html>.

OCMIP, 2000., Ocean Carbon-Cycle Model Intercomparison Project, IGBP, Global, Analysis, Interpretation And Modeling Task Force, <Http://www.lpsl.jussieu.-fr/OCMIP>.

URL-1, <www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.05Ağustos2011>.



KARATAŞ F., ÇÖTELİ E.; Kırmızı ve Koyu Kırmızı Bazı Meyvelerdeki A, E Vitamini, Beta Karoten ve Likopen Miktarlarının Araştırılması.....	61-66
ARSLAN M.; Kas Gevşetici İlaç Cabral® (Feniramidol)'ın Mutajenik Etkisinin Ames Salmonella/Mikrozom Test Yöntemi ile Araştırılması.....	67-73
TEKCE E., GÜL M.; Esansiyel Yağların Broiler Beslemedeki Kullanım Alanları.....	74-88
ŞAHİN K., KAYGUSUZ A.; Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri.....	89-116
GÜRBÜZ Y., KULAKSIZ A A.; Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması.....	117-125
EFE B., YERLİKAYA M A., EFE Ö F.; İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama.....	126-137
MADEN N., KAHVECİ N.; Ünlüınar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epitermal Pb-Zn±Au Cevherleşmesinin Gamma Ray Spektrometre Ölçümleri ile İncelenmesi.....	138-149
ÜÇÜNCÜ O., BALTACI C., İLTER Ş M.; <i>Gladiolus italicus</i> Miller Bitkisinin Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri.....	150-156
ALEMDAĞ S.; Toprak Dolgulu Barajlarda Gövde Duraylılığının Limit Denge ve Sayısal Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye'den Bir Atık Barajı Örneği.....	157-173