

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ALPU (ESKİŞEHİR) YÖRESİ MİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLERİN
ELEMENT JEOKİMYASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ejder YAPICI

**HAZİRAN-2013
GÜMÜŞHANE**

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ALPU (ESKİŞEHİR) YÖRESİ MİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLERİN
ELEMENT JEOKİMYASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ejder YAPICI

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:2013
Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 06/06/2013**

HAZİRAN-2013



KABUL VE ONAY



Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER danışmanlığında Ejder YAPICI tarafından hazırlanan “ALPU (ESKİŞEHİR) YÖRESİ MİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLERİN ELEMENT JEOKİMYASI” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan :
Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ

Üye (Danışman) :
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

Üye :
Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ

Üye :
Yrd. Doç. Dr. Tufan ÇAKIR

ONAY

Bu tez/...../2013 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Temel BAYRAK
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALPU (ESKİŞEHİR) YÖRESİ MİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLERİN
ELEMENT JEOKİMYASI

Ejder YAPICI

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2013, 68 Sayfa

Çalışma alanı, Alpu (Eskişehir)'nin kuzeybatısında Kızılcaören ve Çavlum köyleri arasında yer almaktadır. Neojen yaşlı çökeller ile kaplı olan bölgede stratigrafik istif, MTA Genel Müdürlüğü'ne ait ruhsatlarda yapılan araştırma ve rezerv sondajları ile belirlenmiştir.

Sahada temel kayaçlarını Triyas yaşlı metamorfitle ve Jura-Kretase yaşlı ofiyolitler oluşturur. Temel kayaçları üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı çökeller gelir. Miyosen yaşlı çökellerin tabanında çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşından oluşan m1 serisi yer alır. Üzerine gelen m2 serisi tabandan tavana doğru yer yer çakıllı, yeşil renkli kiltası, kömür, gri renkli kumtaşı, koyu gri yeşil renkli silttaşı kiltası, kömür ve yeşil renkli kiltası, kumtaşı, ince taneli çakıltaşı ardışımından oluşan bir istif sunar. Daha üstte ise yer yer

gözlenen kireçtaşı ve çakıltaşından oluşan m³ serisi ile gevşek çimentolu çakıltası, kiltası düzeylerinden oluşan Pliyosen çökelleri yer alır.

Sahada yapılan 5 adet sondajda alt ve üst damar halinde kesilen kömürlerden alınan örneklerin yaklaşık (proximate) ve element (ana ve iz element) analizleri tez kapsamında değerlendirilmiştir. R-37 (Danışment), R-70, R-145 (Çavlum), R-160 ve R-194 (Sevinç) sondajlarına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama kül içeriği sırasıyla % 59.97, % 39,8, % 29.5, % 43.1 ve %60.7, ortalama sabit karbon içeriği sırasıyla % 14.54, % 22.8, % 26.9, % 18.97 ve % 10.1, ortalama alt ısıl değeri sırasıyla 2104 kcal/kg, 3105 kcal/kg, 3783 kcal/kg, 2615 kcal/kg ve 1794 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Ortalama en düşük kül, ortalama en yüksek sabit karbon ve buna bağlı olarak da ortalama en yüksek alt ısıl değer Çavlum yöresi kömürlerine aittir. En yüksek ortalama toplam nem içeriği, % 9.57 ile R-160 sondajına, en düşük ortalama toplam nem içeriği ise % 3.8 ile R-37 sondajına aittir. En yüksek ortalama uçucu madde miktarı % 30.6 ile R-70 sondajında, en düşük ortalama uçucu madde miktarı % 23.69 ile R-37 sondajında hesaplanmıştır. En yüksek ortalama toplam kükürt içeriği % 4 ile R-160 sondajına, en düşük ortalama toplam kükürt içeriği % 0.79 ile R-37 sondajına aittir.

Alpu sahası, Miyosen yaşlı kömürlerde tespit edilen ana elementler Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe ve S olarak sıralanabilir. Üç yöreye ait kömürlerin ana element içerikleri Dünya kömürleri ana element ortalamasına göre oldukça zenginleşmiştir. Çalışma konusunu oluşturan kömürlerin ana element zenginleşme faktör değerleri Mn, P, K ve Ca'da <1 dir ve üst kıtasal kabuğa göre tükenmişlerdir. Diğer ana elementlerde ise üst kıtasal kabuğa göre zenginleşme söz konusudur. İncelenen kömür örneklerinin kül içeriği, Danışment yöresinde Si, Al, Ti ve Fe, Çavlum yöresinde K, Si, Al ve Ti, Sevinç yöresinde ise sadece P ve Si ile pozitif korelasyon göstermektedir.

İncelenen kömür örneklerindeki bazı iz elementler ise V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb ve Zr olarak tespit edilmiştir. Üç yöreye ait kömür örneklerinin iz element zenginleşme faktör değerleri <0.01 dir. Dolayısıyla üst kıtasal kabuğa göre de aşırı derecede tükenmiştir. İncelenen kömür örneklerinin kül içeriği Danışment yöresinde V, Cr, Ni ile, Çavlum yöresinde Cr, Ni, Sr ve Zr ile, Sevinç yöresinde ise Zr ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bütün bu veriler, Alpu havzası Miyosen yaşlı kömürlerin düşük ranklı olduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kömür, Element jeokimyası, Yaklaşık analiz, Miyosen, Alpu, Eskişehir

ABSTRACT
MS THESIS

**ELEMENT GEOCHEMISTRY OF THE MIOCENE AGED COALS IN THE ALPU
(ESKİŞEHİR) AREA**

Ejder YAPICI

Gümüşhane University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2013, 68 Pages

The study area is located between Kızılcaören and Çavlum villages in the Northwestern Alpu (Eskişehir). Neogene Sedimentary units are widely exposed in this region. The stratigraphic sequence is determined by exploratory wells belong to MTA General Manager.

The basement rocks of the study area consist of Triassic aged metamorphic rocks and Jurassic-Cretaceous aged ophiolitic rocks. Miocene aged deposits unconformably overlies the basement rocks. The basement of Miocene, which is characterized by gravelstone, sandstone and claystone, is named m1 series. This series is conformably covered m2 series. The m2 series is composed of with gravel, green colored claystone, grey colored sandstone, dark grey, green colored siltstone and thin grained gravelstone.

The m3 series, which is characterized by limestone and gravelstone, conformably overlies the m2 series and is conformably covered by Pliocene clastic units.

All of the coal samples were collected from lower and upper seams. Proximate and element analyses of the samples were performed and have been evaluated. In an air-dried basis, the coal samples of R-37 (Danışment), R-70, R-145 (Çavlum), R-160 and R-194 (Sevinç) wells are 59.97, 39.8, 29.5, 43.1 and 60,7 %, respectively. Average fixed carbon contents of the samples (air dry) of R-37, R-70, R-145, R-160 and R-194 wells are in a seriatim of 14.54, 22.8, 26.9, 18.97 and 10.1 %. Average gross calorific values of air dried of the coal samples of R-37, R-70, R-145, R-160 and R-194 wells are in order of 2104, 3105, 3783, 2615 and 1794 kcal/kg. The Coals of Çavlum region have the lowest mean value of ash, the highest mean value of fixed carbon and the highest mean value of gross calorific. The R-160 well has the highest mean value of total moisture content (19.57 %) and yet the R-37 well has the lowest mean value of total moisture content (13.8 %). The R-70 well has the highest mean value of volatile matter content (30.6 %) and the R-37 well has the lowest mean value of volatile matter content (23.69 %). In the other hand, R-160 well has the highest mean value of total sulphur content (4 %) and R-37 well has the lowest mean value of total sulphur content (0.79 %).

Major element concentrations of Miocene aged coals in the Alpu area were established as Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe and S. Compared to average values of the world coals, major element contents of these three fields are in highly enriched levels. The enrichment values for Mn, P, K and Ca are less than one indicate depletion of these elements in the studied coals with respect to the upper crustal values. Whereas other major elements have high enrichment values. The ash contents of the studied coal samples showed a positive correlation with Si, Al, Fe, Ti in the Danışment field, K, Al, Si, Ti in the Çavlum field and Si, P in the Sevinç field.

Some trace elements contents of studied coal samples are defined as V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb and Zr. The enrichment values for the trace elements of the three fields are less than 0.01, therefore, this also indicate highly depletion with respect to upper crustal values. The ash contents of the studied coal samples showed a positive correlation with V, Cr, Ni in the Danışment field, with Cr, Ni, Sr and Zr in the Çavlum field and, with Zr in the Sevinç field.

These results indicate that Miocene aged coals in the Alpu basin are low rank coals.

Keywords: Coal, Element geochemistry, Proximate analyses, Miocene, Alpu, Eskişehir

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütüldüğü süre boyunca bu çalışmayı bana öneren, yönlendirmeleri ve bilgilendirmeleriyle beni destekleyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER'e,

Çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen M.T.A. Genel Müdürlüğü'ne,

Gümüşhane Üniversitesi'nde görev yapan hocalarım Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI, Doç. Dr. Ferkan Sipahi, Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ ve Öğr. Gör. İbrahim AKPINAR'a, okulun mezunlarından Jeo. Müh. Fatih ŞAL'a,

M.T.A. Genel Müdürlüğü'nde çalışan mesai arkadaşlarım; Dr. İlker ŞENGÜLER'e, Fosil Yakıtlar Koordinatörü Jeo. Yük. Müh. Yılmaz BULUT'a, Jeo. Yük. Müh. İbrahim YILMAZ'a, Jeo. Yük. Müh. Lütfi TAŞKIRAN'a, Jeo. Müh. Korhan USTA'ya,

Örneklerimin kimyasal analizini gerçekleştiren M.T.A. Genel Müdürlüğü Kömür Analizleri Laboratuvarı çalışanlarına,

Tez yazımında desteğini esirgemeyen kardeşim Aslı YAPICI'ya,

Çalışmalarım süresince yokluğuma katlanan, sürekli olarak zamanlarından çaldığım aileme ve geldiği günden itibaren hayatıma şans getiren çok sevdiğim biricik kızım DEREN'ime çok teşekkür ediyorum.

Ejder YAPICI
Gümüşhane,2013

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No:</u> |
|--|-------------------------|
| KABUL VE ONAY | II |
| ÖZET | III |
| İÇİNDEKİLER..... | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | X |
| TABLolar DİZİNİ..... | XIII |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ | XIV |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş | 1 |
| 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı | 2 |
| 1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri..... | 2 |
| 1.4. Önceki Çalışmalar | 4 |
| 1.5. Bölgesel Jeoloji..... | 6 |
| 1.5.1. Yapısal Jeoloji ve Tektonik | 6 |
| 1.5.2. Metamorfizma | 7 |
| 1.5.3. Volkanizma..... | 7 |
| 1.5.4. Paleocoğrafik Evrim | 8 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR..... | 10 |
| 2.1. Giriş | 10 |
| 2.2. Saha Çalışmaları | 10 |
| 2.3. Laboratuvar Çalışmaları | 10 |
| 2.3.1. Yaklaşık (Proximate) Analiz | 10 |
| 2.3.2. Örneklerin Kimyasal Analize Hazırlanması..... | 16 |
| 2.3.3. Kimyasal Analizler | 18 |
| 3. STRATİGRAFİ | 21 |
| 3.1. Giriş | 21 |
| 3.2. Metamorfitler (t) | 21 |
| 3.3. Ofiyolitler-Ultramafikler (Mz-t)..... | 25 |
| 3.4. Miyosen Çökelleri | 26 |
| 3.4.1. Konglomera-Kumtaşı (m1) | 26 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 3.4.2. | Marn ve Killer (m2)..... | 27 |
| 3.4.3. | Kireçtaşı (m3)..... | 28 |
| 3.5. | Kuvaterner | 28 |
| 3.5.1. | Alüvyon (Qal)..... | 28 |
| 4. | BULGULAR | 29 |
| 4.1. | Giriş | 29 |
| 4.1.1. | Yaklaşık (Proximate) Analiz | 29 |
| 4.1.2. | Danişment Yöresi | 31 |
| 4.1.3. | Çavlum Yöresi..... | 31 |
| 4.1.4. | Sevinç Yöresi..... | 34 |
| 4.2. | Jeokimya..... | 35 |
| 4.2.1. | Giriş | 35 |
| 4.2.2. | Ana Element | 37 |
| 4.2.3. | İz Element..... | 47 |
| 5. | İRDELEME | 56 |
| 5.1. | Giriş | 56 |
| 5.2. | Danişment Yöresi | 56 |
| 5.3. | Çavlum Yöresi..... | 58 |
| 5.4. | Sevinç Yöresi..... | 59 |
| 6. | SONUÇLAR..... | 61 |
| | KAYNAKLAR..... | 63 |
| | EKLER | 68 |
| | ÖZGEÇMİŞ | |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|-------------|--|
| Şekil 1.1. | Çalışma alanının yer bulduru haritası..... 3 |
| Şekil 2.1. | Numunelerin analize hazır hale getirilmesinde kullanılan Diskli Kırıcı... 11 |
| Şekil 2.2. | Numunelerin analize hazır hale getirilmesinde kullanılan Çeneli Kırıcı . 11 |
| Şekil 2.3. | Numunelerin kurutulduğu Etüv Cihazı 12 |
| Şekil 2.4. | Kömür numunesinin ısı değeri analizini yapan Kalorimetre Analiz Cihazı- Leco AC 500..... 13 |
| Şekil 2.5. | Kömür numunesinde nem, uçucu madde ve kül analizlerini yapan Termogravimetrik Analiz Cihazı-TGA 701 14 |
| Şekil 2.6. | Kömür numunesinde toplam kükürt ve külde kükürt analizini yapan Kükürt Analiz Cihazı - Leco SC 144 DR..... 15 |
| Şekil 2.7. | Külleştirmek için kullanılan Fırın 16 |
| Şekil 2.8. | Tartım için kullanılan hassas terazi 16 |
| Şekil 2.9. | Değirmen..... 17 |
| Şekil 2.10. | Pres makinası (Manuel)..... 17 |
| Şekil 2.11. | Pres makinası (Otomatik)..... 17 |
| Şekil 2.12. | Thermo ARL XRF Cihazı 17 |
| Şekil 2.13. | Panalytical Axios XRF Cihazı 18 |
| Şekil 2.14. | Thermo ARL XRF Cihazından yakından görünüm 18 |
| Şekil 3.1. | Çalışma alanının stratigrafik kesiti (Şengüler vd. 2011'den değiştirilerek) 22 |
| Şekil 3.2. | Sahanın Jeolojik harita ve kesiti..... 24 |
| Şekil 3.3. | Metamorfik kayaçların arazideki görünümü (Yokuşbaşı Tepe)..... 25 |
| Şekil 3.4. | Miyosen tabanı (m1) çakılların arazideki görüntüsü (Gökdere Köyü Bakış KB'ya)..... 27 |
| Şekil 3.5. | Çalışma alanındaki birimlerin dokanak ilişkileri (Çavlum Köyü kuzeyi bakış KB'ya)..... 28 |
| Şekil 4.1. | Danişment yöresine ait kömürlerin havada kuru bazda A. kül içeriği ile üst ısı değer, B. sabit karbon ile üst ısı değerlerinin karşılaştırılması. ... 32 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Şekil 4.2. | Çavlum yöresi R-70 ve R-145 sondajlarına ait kömür örneklerinin hava da kubazda A. kül içeriği ile üst ısıl değer, B. sabit karbon ile üst ısıl değerlerinin karşılaştırılması. | 33 |
| Şekil 4.3. | Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajlarına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda A. kül içeriği ile üst ısıl değer, B. sabit karbon ile üst ısıl değerlerinin karşılaştırılması. | 35 |
| Şekil 4.4. | Danişment yöresine ait kömür örneklerinin ana element içeriklerinin Dünya kömürleri ana element ortalaması ile karşılaştırılması..... | 39 |
| Şekil 4.5. | Danişment yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı | 39 |
| Şekil 4.6. | Danişment Yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu | 40 |
| Şekil 4.7. | Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin ana element içeriklerinin Dünya kömürleri ana element ortalaması ile karşılaştırılması..... | 42 |
| Şekil 4.8. | Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı | 42 |
| Şekil 4.9. | Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu. | 43 |
| Şekil 4.10. | Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin ana element içeriklerinin Dünya kömürleri ana element ortalaması ile karşılaştırılması. | 45 |
| Şekil 4.11. | Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı. | 45 |
| Şekil 4.12. | Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu. | 46 |
| Şekil 4.13. | Danişment yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması..... | 48 |
| Şekil 4.14. | Danişment yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı. | 48 |
| Şekil 4.15. | Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kül içeriğinin korelasyonu. | 49 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Şekil 4.16. | Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması..... | 50 |
| Şekil 4.17. | Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı. | 51 |
| Şekil 4.18. | Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kül içeriğinin korelasyonu. | 52 |
| Şekil 4.19. | Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması..... | 53 |
| Şekil 4.20. | Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı. | 54 |
| Şekil 4.21. | Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kül içeriğinin korelasyonu. | 55 |

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tablo 3.1. | Çevreye duyarlı 25 iz elementin kömür içinde bulunuş şekilleri (Finkelman ve Gross, 1999; Goodarzi ve Swaine,1993; Hower vd., 2002;KızıIstein ve Kholodkov, 1999 ; Ren vd., 1999)..... | 20 |
| Tablo 4.1. | Danişment yöresi kömür havzasından alınan kömür örneklerin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları. | 31 |
| Tablo 4.2. | Çavlum yöresi R-70 sondajından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları | 32 |
| Tablo 4.3. | Çavlum yöresi R-145 sondajından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları | 33 |
| Tablo 4.4. | Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajlarından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları | 34 |
| Tablo 4.5. | Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri | 38 |
| Tablo 4.6. | Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri | 41 |
| Tablo 4.7. | Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri | 44 |
| Tablo 4.8. | Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element içeriği (ppm), ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri | 47 |
| Tablo 4.9. | Çavlum yöresi R-70 ve R-145 sondajından alınan kömür örneklerinin iz element içeriği, ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri | 50 |
| Tablo 4.10. | Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajından alınan kömür örneklerinin iz element içeriği, ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri..... | 53 |

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------|--|
| B | : Bor |
| CaCO ₃ | : Kalsiyum Karbonat |
| DS | : Düşük Sıcaklık |
| EÜAŞ | : Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü |
| kcal | : Kilo kalori |
| kg | : Kilogram |
| MTA | : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü |
| ppm | : Tonda gram |
| SRM | : Sertifikalı Referans Malzeme |
| ST | : Toplam kükürt |
| TKİ | : Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu |
| TTK | : Türkiye Taşkömürü Kurumu |
| ÜKK | : Üst Kıtasal Kabuk |
| XRF | : X-Ray Flouresans Spektrometri |
| YB | : Yüksek Basınç |
| ZF | : Zenginleşme Faktörü |

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İçerisinde bulunduğumuz yüzyılda hızla gelişen teknolojik ilerleme ile birlikte Türkiye'nin enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu nedenle, ülkemizin sahip olduğu mevcut kaynakların detaylı incelenmesi, bu kaynakların daha verimli kullanılması ve yeni kaynakların araştırılması önem kazanmaktadır.

Ülkemizde en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında bulunmaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında, -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam Jeolojik rezerv 1,31 Milyar ton olup, bunun % 39'u (yaklaşık 514 Milyon ton) görünür rezerv olarak kabul edilmektedir. Havza kömürlerinin kalorifik değeri 5450-7050 kcal/kg arasında değişmektedir. Ülkemizde taşkömürü madenciliği Zonguldak Taşkömürü Havzasında TTK tarafından gerçekleştirilmektedir. Derin yer altı kömür madenciliği yapılan Zonguldak Taşkömürü Havzasının karmaşık jeolojik yapısı tam mekanizasyona gidilmesini engellemekte, taşkömürü üretimi büyük ölçüde insan gücüne dayalı emek yoğun bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Taşkömürü Sektör Raporu, 2012).

Ülkemizde, çok sınırlı doğalgaz ve petrol rezervlerine karşın, 9.8 milyar tonu görünür rezerv niteliğinde toplam 11.5 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Bu miktar Dünya linyit rezervlerinin %5,9'unu oluşturmaktadır. Türkiye'de kömür genel olarak linyit ve taşkömürü başlıkları altında değerlendirilmekte olup taşkömürü rezervleri TTK tarafından, linyit rezervlerimiz ise Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve özel sektör tarafından işletilmektedir. Özellikle 2005-2008 yılları arasında EÜAŞ tarafından finanse edilen ve Maden Tetkik ve Arama (MTA) tarafından uygulanan Afşin-Elbistan Linyit Havzası detaylı linyit aramaları ve diğer havzalarda TKİ tarafından desteklenen ve MTA tarafından yapılan arama çalışmaları ile Türkiye linyit rezervi önemli ölçüde arttırılmış ve ülke geneline yayılmıştır. Hemen hemen bütün coğrafi bölgelerde ve kırktan fazla ilde linyit rezervlerine rastlanılmaktadır. Linyit rezervlerinin %42'si EÜAŞ, %23'ü MTA, %21,5'i TKİ ve geri kalan %13,5'i ise özel sektör elindedir (Linyit Sektör Raporu, 2010).

Tez kapsamında incelenen Eskişehir-Alpu kömür havzası, Linyit Sektör Raporu 2010 verilerine göre, 75.000.000 ton görünür, 100.000.000 ton muhtemel, 100.000.000 ton mümkün olmak üzere toplam 275.000.000 ton rezerve sahiptir. Aynı rapora göre, sözkonusu kömürlerin alt ısıl değeri 2100 kcal/kg dir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

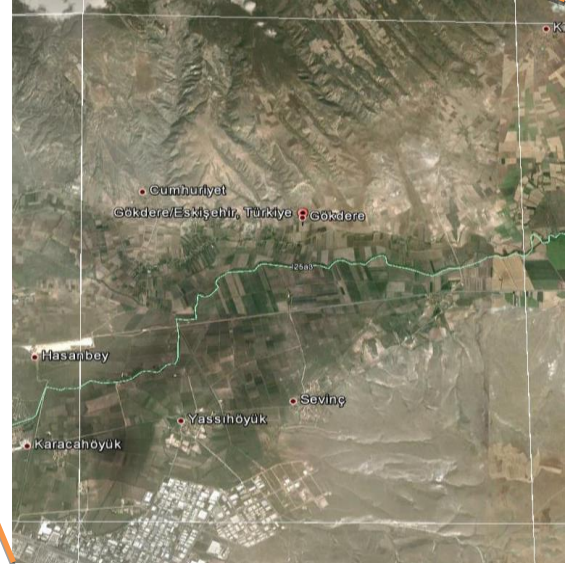
Çalışma alanı, Eskişehir İli Alpu İlçesi ve çevresi sınırları içerisinde 1/25 000 ölçekli Eskişehir İ25 a3 paftası içerisinde 130 km² lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanında toplam derinliği 2009,60 m olan 5 adet sondaj yapılmıştır. Yapılan etüt ve sondaj çalışmalarının sonucunda sahada alt damar ve üst damar olarak adlandırılan iki ayrı kömür damarı tespit edilmiştir. Çalışma sahası Kuvaterner yaşlı Alüvyon ile kaplı olup hemen altında; beyaz-krem renkli kireçtaşından oluşan ve Miyosen çökellerinin en üst düzeylerini oluşturan m3 serisi yer alır. Sondajlarda m3 serisi altında kömürlü m2 serisi kesilmektedir (Şekil 3.2).

Ülkemizde Eosen-Oligosen yaşlı linyitler sınırlı alanlarda görülürken, Miyosen - Pliyosen yaşlı linyitler 37 ilimizde dağılmış bulunmaktadır (örneğin Ankara-Bey pazarı, Kütahya-Seyitömer ve Tunçbilek, Bursa-Orhaneli, Çanakkale-Çan, Manisa-Soma, Muğla-Yatağan, Çorum-Dodurga, Sivas-Kangal, Afşin-Elbistan) (Yerin, 2006).

Ülkemizde üretilmekte olan taşkömürleri ile ilgili detaylı incelemeler bulunmasına rağmen, bilinen linyit damarlarında halen işletilmekte olan kömürlerle ilgili mevcut çalışmalar genellikle kömürlerin ekonomik değeri ve kullanım özellikleriyle sınırlı kalmıştır. Bu tez çalışması ile analiz olanakları kullanılarak Alpu sahasındaki linyitlerin element içeriklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri

Çalışma alanındaki en önemli yerleşim yerleri; Sevinç, Çavlum, Gökdere, Yassıhöyük ve Seküören köyleridir. Topoğrafya olarak yer yer yükseltiler olmasına rağmen genelde yumuşak bir topoğrafya sergilemektedir. İnceleme alanı içerisindeki ana yükseltiler; Bakacak Tepe (1127 m), Yokuşbaşı Tepe (1072 m) ve Otlukkaya Tepe (1107 m) dir. Bölgede Ege ve İç Anadolu'ya özgü iklim özellikleri görülse de, sert bir kara iklimi hakimdir. Kışlar sert ve sürekli. Yaz ayları ise gündüzleri sıcak, geceleri serindir. Gece ve gündüz sıcaklıkları arasında büyük farklılıklar gözlenir. Yağışlar, kışın kar ve yağmur halinde görülür. Aralık ayından itibaren yağışlar daha çok kar şeklindedir. Nisan ayı sonundan itibaren havalar ısınmaya başlar. Ayrıca çalışma alanı, Mihaliççık-Beylikova-Eskişehir Karayollarının ve Ankara-Eskişehir demiryollarının üzerinde kurulmasından dolayı seri bir ulaşım ağı üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.4. Önceki Çalışmalar

Eskişehir Havzasında değişik amaçlarla yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kömür etütlerine yönelik bölgede yapılan ilk çalışmalar Siyako vd (1991) tarafından yapılmıştır. Gözler vd (1997) tarafından bölgesel ölçekte en önemli jeoloji araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi tarafından havza etütleri kapsamında Neojen Kompilasyonu gerçekleştirilmiş ve bu çerçevede değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda yapılan son çalışma Şengüler (2011)'e aittir. Bölgede yapılan önemli çalışmalardan birkaçı aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Siyako vd (1991) tarafından yapılan “Bozüyük-İnönü-Eskişehir-Alpu-Beylikova-Sakarya çevresinin Tersiyer Jeolojisi ve Kömür Olanakları” konulu çalışmada İ 23, 24, 25, 26, 27 nolu 1:100.000 ölçekli haritalarda jeolojik etütler gerçekleştirilmiş, yaklaşık 5000 km² lik alanda harita alımı yapılmıştır. Çalışmada, Tersiyer çökelleri kömürleşme açısından stratigrafik ve yapısal konumlarıyla değerlendirilmiş ve sondajlı çalışmalar ile havzanın belirli kesimlerinde kömür çökelinin bulunabileceği belirtilmiştir.

Gözler vd (1997) tarafından yapılan “Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi” isimli çalışma, havzada yapılan en kapsamlı araştırmadır. Bu çalışmada Eskişehir Havzası tümüyle ele alınmıştır. Gözler vd (1997) e göre Sömdiken, Sivrihisar, Eskişehir, İnönü ve Mihalıçık metamorfileri ile Karkın formasyonu Erken Triyas yaşlı kıtasal kabuk malzemesini karakterize etmektedir. Bu birimler yer yer bazen de dilimlenmiş ofiyolit ve melanj ile temsil edilirler. Bu tanımlanan birimler üstüne gelen Jura yaşlı birimlere çakıl veren Yalnızçam ve Bozüyük Granodiyoriti tarafından kesilmektedir. Bu birimler üzerine taban konglomerası ile uyumsuz olarak Jura yaşlı çökeller gelmektedir. Üst Jura - Kretase yaşlı çökellerle devam eden birim, yine uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı konglomera, kumtaşı ve bol fosilli mikritik kireçtaşları ile örtülür. Üst Kretase birimleri ise Topkaya, Yörükkaracaören granodiyoriti ve Kaymaz graniti tarafından kesilir. Bu birimlerin üzerine konglomera ve kumtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı birim uyumsuz olarak gelir. Konglomera, kumtaşı, kil, marn ve bol fosilli kireçtaşlarından oluşan Eosen yaşlı birim ise tüm eski birimleri uyumsuz olarak örter. Çalışma alanı en son olarak Miyosen, Pliyosen yaşlı volkano sedimanter birim ve Pleyistosen yaşlı genç çökellerle örtülmüştür.

Şengüler, İ. (2009) tarafından hazırlanan “Eskişehir Havzasındaki Kömürlerin Kökenine İlişkin Bir Değerlendirme” isimli çalışmada, havzanın batısında İnönü-Oklubalı

bölgesinde yapılan sondajda elde edilen veriler değerlendirilerek kömürleşmeye ilişkin yorumlar yapılmıştır. Araştırmacı, İnönü Oklubalı sahasında ETİ Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü ruhsat sahasında yapılan sondajda kesilen kömürün, ana grabenleri oluşturan faylardan daha genç düşey atımlı fay ve/veya faylar ile derine gömülmüş ve saklanmış bir alanda yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca Batı Anadolu Bölgesinde yaptığı diğer çalışmalara da değinerek, Seyitömer havzası benzeri kömürlerin kesildiği İnönü Oklubalı sondajındaki çökellerin, dar bir alanda korunmuş linyitli Erken-Orta Miyosen yaşlı istif karşılık geldiğini vurgulamıştır. Sondajda kesilen çökellerin fasiyes özellikleri yanında stratigrafik özelliklerinin de Seyitömer havzasına benzediğinin, kömürlerin proximate ve ultimate analizlerinin, Eskişehir havzasının batı-güneybatısında yer alan kömürler ile uyumlu olması nedeniyle bu kömürlerin Seyitömer havzası kömürlerinin muadili olduğunun altını çizmiştir.

Şengüler vd (2011) “Eskişehir-Alpu Sahasının Stratigrafik Özellikleri ve Kömür Potansiyeli” isimli çalışmada ruhsat alanlarını içine alan bölgenin stratigrafik özellikleri ve kömür potansiyeline ilişkin değerlendirmeler yapmışlardır. Elde edilen sondaj verilerine dayanarak Eskişehir-Alpu sahasında kömürleşmenin (alt damar ve üst damar) 250-450 m. derinlikler arasında olduğunu ve üst damar kalınlığının 0,55-30,30 m arasında, alt damar kalınlığının ise 5,85-31,60 m arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, üst damarın ortalama ısıl değerinin 2000 kcal/kg, alt damarın ortalama ısıl değerinin ise 2500 kcal/kg civarında olduğunu ve iki damar arasındaki gri yeşil kıltaşı düzeyleri içinde 20-30 m arasında değişen kalınlıklarda bitümlü marn seviyelerinin yer aldığını vurgulamışlardır. Alt damar üzerinde yer alan ve 2-5 m arasında değişen kalınlıklar sunan gri renkli, ince orta taneli kumtaşı düzeyinin ayırtman özellikte olduğunun da altını çizmişlerdir.

Şengüler (2011) “Eskişehir Sivrihisar Havzası Neojen Kompilasyonu ve Kömür Potansiyeli” başlıklı çalışmada; sahada temel kayalar Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Mesozoyik yaşlı ofiyolitlerin oluşturduğunu ve temel kayaları üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı çökellerin geldiğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre Miyosen yaşlı çökellerin tabanında çakıltaşı, kumtaşı ve kıltaşıdan oluşan m1 serisi yer alır. Üzerine gelen m² serisi tabandan tavana doğru yer yer çakıllı, yeşil renkli kıltaşı, kömür, gri renkli kumtaşı, koyu gri yeşil renkli silttaşı, kıltaşı, bitümlü marn, kömür ve yeşil renkli kıltaşı, kumtaşı, ince taneli çakıltaşı ardışımından oluşan bir istif sunar. Daha üstte ise yer yer gözlenen kireçtaşı ve çakıltaşıdan oluşan m3 serisi ile gevşek çakıltaşı, kıltaşı düzeylerinden oluşan Pliyosen yaşlı çökeller yer alır.

1.5. Bölgesel Jeoloji

1.5.1. Yapısal Jeoloji ve Tektonik

Çalışma alanı ve civarında Triyas sonunda kapanan bir okyanusta gelişen olayların tektonik sonuçları sahada ekaylı yapılar ve bindirmeler şeklinde kendini göstermektedir. Ancak Triyas sonunda oluşumunu tamamlamış bu ekaylı sistem, daha sonraki yapısal hareketlerden de etkilenmiştir (Gözler vd., 1997).

Bu dönemde hâkim olan K-G yönlü sıkışmalar sonucunda D-B doğrultulu ters fay sistemleri gelişmiştir.

Diğer taraftan Neojen'de gelişen tektonik olaylar (K-G yönlü gerilmeler) sonucunda da İnönü-Eskişehir-Sivrihisar yönünde gelişen düşey faylar oluşmuştur. Bu faylar Eskişehir'in kuzey ve güneyinden geçmekte olup bir sistem oluşturmaktadır. Ayrıca bu düşey fay sistemi üzerinde sintetik ve antitetik fayların da gelişmiş oldukları gözlenmektedir.

Gözler vd., 1997'ye göre, çalışma alanında ve yakın civarında gelişen fay sistemleri üç türdür. Bunlar;

Bindirme Fayları: Triyas sonunda kıtasal kabuk üzerine ilerleyen jeosenklinal malzeme ve okyanus kabuğu malzemesinin birkaç kez tekrarlanması sonucu oluşan bu faylar, D-B, KD-GB ve KB-GD istikametinde uzanmakta olup eğimleri de K-KB ve KD ya doğrudur. Buralarda ofiyolitik kayalar metamorfitle ve kendi aralarında tektonik hatlar oluştururlar. Bu hatlar kalınlığı 10-100 m. arasında değişen limonitize, silisifiye, karbonatlaşmış hidrotermal alterasyon izleri taşıyan lisvenit zonları ile temsil edilirler. Bu eski tektonik hatlar, özellikle Paleosen'de görülen ve güneye devrik kıvrımlı yapıların oluşmasına yol açan Paleosen sonrası sıkışmalardan ve Miyosen sonrası düşey faylardan etkilenmişlerdir. Ofiyolitik kayaların yerleşimi sırasında oluşan kırık hatları da magmatik kayaların yüzeylenmesi için elverişli birer ortam oluşturmuşlardır.

Düşey (Normal) Faylar: İnceleme sahasında halen aktivitesini koruyan Eosen ve Pleyistosen sonrası düşey faylardır. Bu faylar genelde D-B doğrultulu olup eğimleri de K ve G'ye doğrudur. D-B yönünde gelişen açılmanın K-G yönlü ekstansiyonel gerilmelere yol açması sonucu bu düşey fay sistemleri gelişmiştir.

Doğrultu Atımlı Faylar: Sahada, ofiyolitik kayalarda ve metamorfik şistlerde doğrultu atımlı faylar çok etkili olmuşlardır.

1.5.2. Metamorfizma

Tetis Kuşacağı içinde yer alan çalışma alanı, Tetis'in kuzey kolunun kapanması (Şengör ve Yılmaz, 1981) ile ilişkili bir dizi tektonik olaylara sahne olmuştur. Bütünüyle bir çarpışma kuşacağı olarak tanımlanan çalışma alanı, gelişen deformasyonlara uygun olarak, gerek pasif kıta kenarının ve gerekse ofiyolitli melanjların metamorfizma geçirmiş parçalarının dilimlerini içerir. Bu nedenle çalışma alanı içinde yüksek basınç (YB) ve düşük sıcaklık (DS) metamorfizması içeren ofiyolitik melanj kökenli olabilecek metamorfitlelerin, bütünüyle kıyı çökelleri ya da resifal karbonatların metamorfizmasıyla oluşabilecek topluluklarla yan yana veya üst üste dilimler halinde görülebilmektedir. Bunların yanısıra çarpışma sonrası ekstansiyona bağlı kabuk incelmelerinin oluşturduğu magmatik aktiviteler, ayrıca bölgede oldukça geniş yayımlı ısı metamorfizmaları üretmiştir.

Genel olarak bölgesel metamorfizmanın genel etkeni, erken çarpışma döneminden itibaren pasif kıta kenarı üzerine itilmiş ve imbrike bindirmelerle yükselmiş ve daha sonra çarpışma döneminin rotasyonel süreçlerine bağlı olarak gelişen ön çukurlara kaymış ofiyolitlerdir. Sütur boyunca 30-50 km kalınlığında bir kuşak boyunca YB/DS özellikli ve Kretase-Tersiyer yaşlı bir metamorfizma izlenmektedir. Şengör (1983)'e göre bu metamorfizma kuzeye doğru azalma göstermekte ve ritmik ekaylanma zonları halinde tekrarlanmaktadır. Bu olay daha eski deformasyonlarla Kretase deformasyonlarının yan yana görülebilmelerini sağlamaktadır. Bu nedenle Şengör (1983), Karakaya formasyonun (Bingöl, 1968) artan deformasyon nedeni ile güneye doğru tanımlanmasının daha zor olduğunu belirtmektedir. Aynı yazara göre süturun bitişik alanında izlenen Pre-Liyasik deformasyon güneye doğru artan Kretase deformasyonundan etkilenmiştir. Bu nedenle halihazırda bölgede izlenen deformasyon (metamorfizma) Kretase yaşlı olup genelde pasif kıtanın üzerine gelen ofiyolit obdüksiyonu ile eş yaşlıdır. Bu yaş büyük bir olasılıkla kuzeye doğru dahi erken dönemlere kayabilir. Çünkü ilk çarpışmadan itibaren kıta kabuğu okyanusal parçalarla birlikte sürekli dilimlenip güneye doğru itilmektedir.

1.5.3. Volkanizma

Tersiyer ve Kuvaterner volkanizması çalışma alanında oldukça geniş yer tutar. Bu volkanitlerin büyük bir kısmı Avrasya ve Afro-Arap kıtalarının geliştirdiği genç plaka

tektoniği ile ilişkilidir. Volkanitlerin büyük bölümü kalk-alkalen özelliktedir. Bunun nedeni çoğunluğunun aktif kıta kenarı üzerinde yer almasından kaynaklanmaktadır. Bölgede geniş çalışma yapan Fytikas vd (1989) genel olarak Ege ve yakın çevresinde 3 tip farklı volkanizma ayırtlamıştır. Bunlar sırasıyla;

Oligosen-Miyosen volkanik faz: Genel olarak kuzey Ege volkanizması olarak da adlandırılır ve kalk-alkalen ve şoşonitik orojenik volkanizmayla karakterize edilir.

Üst Miyosen-Kuvaterner arası volkanik faz: Lokal ve çok çeşitli olup bütün iç Ege'de tanımlanmıştır.

Pliyosen-Kuvaterner volkanik faz: Bu faz başlıca güney Ege'de yer alır ve bazalttan-riyolite kadar kalk-alkalen serilerle karakterizedir.

Sivrihisar kuzeyinde volkanitler çoğunlukla tektonik hatlara yayılmış olarak görülür. Aynı hatlarda sıcak su kaynakları da yaygın olarak izlenmektedir. Çalışma alanında bulunan volkanik kayaçların en önemlisi fonolitlerdir. Çünkü, fonolitler beraberlerinde içerdikleri karbonatit dayklarına bağlı olarak bazı nadir toprak elementlerine yataklık etmektedirler (Gözler vd. 1997).

1.5.4. Paleocoğrafik Evrim

Demiroğlu, 2009'a göre; çalışma alanının jeolojik evrimi dört ayrı dönemin ürünüdür. Sahada bulunan Sivrihisar metamorfileri, bölge kayalarının derin denizel ortamda Permo-Karbonifer'de bir okyanus kabuğu (Ofiyolitik birimler) üzerinde geliştiğini ve okyanus tabanında gelişen volkanizmanın olduğunu göstermektedir. Kalın tabakalı karbonat kayalarının varlığı daha sonra ortamın sığlaştığını göstermektedir (Eryiğit birimi). Permo-Karbonifer döneminde bir okyanus ve onun kenar zonunu temsil eden bölgenin, muhtemelen Erken Triyas'ta derine gömüldüğü ve yeşil şist amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirirken şiddetli bir kıvrımlanmaya maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu kıvrımlanmayı yaratan sıkışma, günümüz koordinatlarına göre KD-GB doğrultuludur. Monod vd., (1991) bölgedeki yeşilşist ve mavişist metamorfizması geçirmiş birimleri, Neotetis'in bölgede Geç Kretase'de kapanması ile ilişkilendirmiştir. Eğer böyle ise Sivrihisar metamorfileri çok daha genç bir seri olarak değerlendirilebilir. Fakat Monod vd., (1991) aynı zamanda sahanın hemen kuzeyinde düşük dereceli metamorfik kayalarının içinde bulunan bloklardan, Karbonifer-Orta Triyas arasında yaş almışlardır. Bu durumda yeşil şist-amfibolit fasiyesinde metamorfize olmuş Sivrihisar metamorfileri ile benzer

yaşlı düşük dereceli metamorfizmaya maruz kalmış grovaklar arasındaki ilişki bir fay ile açıklanabilir. Sahada, Üst Triyas-Paleosen arasındaki döneme ait bir veri bulunmamaktadır.

Eosen döneminde bölgede çarpışma ile kabuk kalınlaşmış, kalınlaşan kabuk kısmi ergimeye uğrayarak Topkaya granodiyoritinin kaynak magmasını oluşturmuş ve magmatizma Topkaya granodiyoritinin yerleşmesi ile sonuçlanmıştır. Oligosen-Erken Miyosen'de bölgede metamorfik masif yüzeylemeye başlamış ve bölgede daha çukur alanlara bu mostralardan kaynaklanan çökeller toplanmıştır. Erken Miyosen sonu Orta Miyosen başından itibaren bölgede meydana gelen faylanma ile Sivrihisar yükselimi iyice şekillenmiş, hem kuzeydoğusu hem güneybatısında yer alan faylar ile Orta Anadolu baseni içinde yükselmiştir. Söz konusu KB-GD doğrultulu faylar sağ yanal bir zonu işaret eder. Geç Miyosen'de faylarla denetlenen havzada gelişen rejim ile Orta Anadolu gölü olarak adlandırılabilir büyük bir göl, Sivrihisar yükselimini bir yarımada haline getirir. Erken Pliosen'de Akdeniz'deki "Lago Mare" kuraklık döneminin sona ermesi (Hsü vd., 1973) ve Trakya-Eskişehir fay zonunun Marmara denizinde Kuzey Anadolu fayı tarafından kesilerek hareketinin engellenmesiyle bölgedeki evaporitik gölsel dönem ve tektonik rejimi sona erdirmiştir (Yaltırak, 2002). Kuvaterner döneminde bölgede bulunan Miyosen serisi ve temel kayalar, aşınma dönemine girmiş, Miyosen birimleri üzerindeki drenaj gelişmeye başlamıştır. Bu vadilerde alüvyonal havzaların oluşması, bölgenin jeolojik evriminin son halini yansıtmaktadır.

Güney Marmara Bölgesi'nde yer alan Neojen havzalarında Erken-Geç Miyosen'de kömürleşme süreçleri tamamlanmıştır. Kömür havzaları aynı yaşlarda olmalarına rağmen havzalarda kömür çökeli mi birbirlerinden bağımsız gelişmiştir. Pliosen'de göller kırıntılıların egemen olduğu çökeller ile dolduğundan ve kömür çökeli mi için uygun koşullar kaybolduğundan ekonomik kömür oluşumu gerçekleşmemiştir.

Güney Marmara Bölgesinde yüzeyleyen kayaçlar benzer yaş konaklarında yersel fasiyes değişimleri ile Eskişehir-Sivrihisar bölgesinde de devam etmektedir. Bölgede geniş alanlarda yayılım gösteren Miyosen çökelleri oldukça kalındır. Havzanın kuzeybatısında olduğundan daha büyük kalınlık sunan bu serinin tabanındaki kömürlü çökeller çoğunlukla bu alanlarda yüzeylememektedir. Eskişehir Havzasında yapılan derleme ve bütünleştirme çalışmalarında Gözler vd. (1997) tarafından benimsenen stratigrafik istif esas alınmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu çalışma ile analiz olanaklarının kullanılarak Alpu sahasındaki linyitlerin element içeriklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2.2. Saha Çalışmaları

Çalışma alanında toplam derinliği 2009.60 m olan 5 adet sondaj yapılmıştır. Yapılan etüt ve sondaj çalışmalarının sonucunda sahada alt damar ve üst damar olarak adlandırılan iki ayrı kömür damarı tespit edilmiştir.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Sahada yapılan 5 adet sondajda iki damar (Alt ve üst damar) halinde kesilen kömürlerden alınan örneklerin yaklaşık (Proximate) ve element (ana ve iz element) analizleri tez kapsamında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kömür analizleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Kömür Analiz Laboratuvarlarında yapılmıştır.

2.3.1. Yaklaşık (Proximate) Analiz

Katı yakıt analiz numunelerinin hazırlanmasında çeneli ve diskli kırıcılar kullanılmaktadır (Şekil 2.1, 2.2).



Şekil 2.1.Numunelerin analize hazır hale getirilmesinde kullanılan diskli kırıcı



Şekil 2.2. Numunelerin analize hazır hale getirilmesinde kullanılan çeneli kırıcı

Numunenin getirildiği kabın iç yüzeyinde yoğuşma varsa veya parçacıklar üzerinde gözle görülür yüzey nemi varsa parçacıklar kırılmayacak derecede nemli kabul edilir. Numune kırılıp ayrılamayacak kadar ıslak ise ön kurutma işlemine tabi tutulur. Eğer numune kırılıp elenebilecek nitelikte ise tartılarak miktarına bağlı olarak kırma ve azaltma işlemi yapılır.

Numune, sıcaklığı 40°C yi aşmayacak bir etüvde veya etüve koyulamayacak kadar çoksa ortam sıcaklığında, temiz bir yaygı üzerinde havada kuru hale getirilir (Şekil 2.3). Havada kurutma işlemi Kaba Nem Analiz Talimatı'na göre yapılır.



Şekil 2.3. Numunelerin kurutulduğu etüv cihazı

Numune alma işlemi belirlenmiş olan elek boyları ve kömür miktarları dikkate alınarak kömür numunesi hazırlama iş akışında belirtilen işlem adımları takip edilerek yapılır. Numune hazırlama sürecinde gerçekleştirilen her bir hava da kurutma işlemi için nem değişimi ayrı ayrı yüzde olarak hesaplanır ve kaba nem defterine kayıt edilir. Numunenin toplam kaba nemi, Kaba Nem Analiz Talimatı'na uygun olarak, her bir yüzdelik nem değişiminin aynı baza getirilmiş cebirsel toplamı alınarak bulunur.

2.3.1.1. Isıl değer Analizi

Leco AC 500 marka izotermal kalorimetre cihazı ile ASTM 5865 standardına göre yapılır (Şekil 2.4). Kalorimetre de ısıl kapasite, belirli bir ağırlıkta benzoik asitin / numunenin oksijen ortamında yakılmasıyla elde edilir. Kroze içine alınan katı yakıt numunesi, üzerine ateşleyici tel takılarak kalorimetre bombasına yerleştirilir ve bomba 30

atm basınçla, %99,5'lük oksijen gazıyla doldurulur. Bomba, cihaz içindeki sabit hacimdeki su dolu kovaya yerleştirilir ve numune sabit basınç altında yakılır. Cihaz, yanma sonucu açığa çıkan ısının bomba kovanında bulunan suda oluşturduğu sıcaklık artışından numunenin ısı değerini hesaplar.



Şekil 2.4. Kömür numunesinin ısı değeri analizini yapan kalorimetre analiz cihazı - Leco AC 500

2.3.1.2. Kül, Nem, Uçucu Madde Analizleri

Kömür numunesinde nem, uçucu madde ve kül analizleri Leco TGA-701 marka termografimetric analiz cihazı ile yapılmaktadır (Şekil 2.5). Numune cinsine göre seçilen standart yöntemlere göre kül, nem ve uçucu madde analizlerinin yapıldığı sıcaklık aralıkları farklılık göstermektedir. Bu sıcaklık aralıkları cihazın yazılımında kayıt olarak bulunmaktadır. Cihaz, programlanmış ve hafızasına yüklenmiş olan metod yardımıyla otomatik olarak numunenin kül, nem, uçucu madde değerini (%) olarak hesaplar. Nem ile uçucu maddesini kaybeden ve kapağı çıkarılan krozedeki kömür numunesi, içerdiği yanıcı maddeler yanarak uzaklaşana ve sabit tartıma gelene kadar, içinden oksijen gazı geçen cihazda kalır. Numunenin yanması sonucu arta kalan kalıntının (külün) ağırlığının numune

ağırlığına oranından kül yüzdesi belirlenir. Kroze içine konulan kömür numunesi, içerdiği nem uzaklaşana ve sabit tartıma gelene kadar, içinden azot gazı geçen cihazda kalır. Numune de oluşan ağırlık kaybının numune ağırlığına oranından nem yüzdesi belirlenir. Nemi kaybeden ve kapağı kapatılan kroze içindeki kömür numunesi, içerdiği uçucu madde uzaklaşana ve sabit tartıma gelene kadar azot gazı ortamında ve belirlenen sıcaklık aralıklarında cihazda kalır. Numune de oluşan ağırlık kaybının numune ağırlığına oranından numunedeki uçucu madde yüzdesi belirlenir.



Şekil 2.5. Kömür numunesinde nem, uçucu madde ve kül analizlerini yapan termogravimetrik analiz cihazı - TGA 701

2.3.1.3. Külde Kükürt, Toplam Kükürt Analizleri

Kömür numunesinde toplam kükürt ve külde kükürt analizleri Leco-SC 144 DR marka kükürt analiz cihazı ile yapılmaktadır (Şekil 2.6). Kükürt analizinde ölçüm aralığı % 0,0005 ile % 26 arasındadır. Her çalışma öncesinde düşük kükürt ve yüksek kükürt içeren SRM (Sertifikalı Referans Malzeme)'lerden kullanarak doğrulama yapılır. Eğer sonuçlarda SRM'lerin standart aralığından bir sapma gözlenirse, düşük ve yüksek kükürt hücreleri performans kontrolü işlemleri yapılır. Bu kontrollerde en yakın üç sonuç bulunana kadar

işlem tekrar edilir. Performans kontrolü sonrası düşük ve yüksek kükürt içeren SRM'leri kullanarak doğrulama yapılır. Standart aralığından bir sapma gözlenmez ise numune analizine geçilir. Darası alınmış krozeyle spatül yardımıyla (0,10 ile 0,35 gr arası) numune koyulur. Net numune ağırlığı tespit edilip yanma tüpüne yerleştirildikten sonra analiz başlatılır. Cihaz, programlanmış ve hafızasına yüklenmiş olan metot yardımıyla otomatik olarak numunenin külde kükürt ve toplam kükürt madde değerini (%) olarak hesaplar.



Şekil 2.6. Kömür numunesinde toplam kükürt ve külde kükürt analizini yapan kükürt analiz cihazı - Leco SC 144 DR.

2.3.2. Örneklerin Kimyasal Analize Hazırlanması

- 1- Kömür numuneleri 815 °C'de külleştirilir (Şekil 2.7).
- 2- Analiz edilecek örnek ve içerisine katılacak bağlayıcı maddenin tartım işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.8).
- 3- Tartım işleminden sonra, numune+bağlayıcı uygun bir değirmende ikinci kez öğütülür (Şekil 2.9).
- 4- Değirmende yeterli derece homojen hale gelen örnek 15-40 ton basınç altında preslenerek tablet haline getirilir (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11).
- 5- Son olarak hazırlanan peletler, Panalytical Axios cihazındaki IQ+ programı ve Thermo ARL cihazlarındaki UQ yarı-kantitatif programlardan birinde analiz edilir (Şekil 2.12,13,14).
- 6- Analizin ardından numunenin yapısına uygun SRM (Sertifikalı Referans Malzeme) ile analiz sonuçlarının doğruluğu test edilir.



Şekil 2.7. Külleştirmek için kullanılan fırın



Şekil 2.8. Tartım için kullanılan hassas terazi



Şekil 2.9. Değirmen



Şekil 2.10. Pres makinası (Manuel)



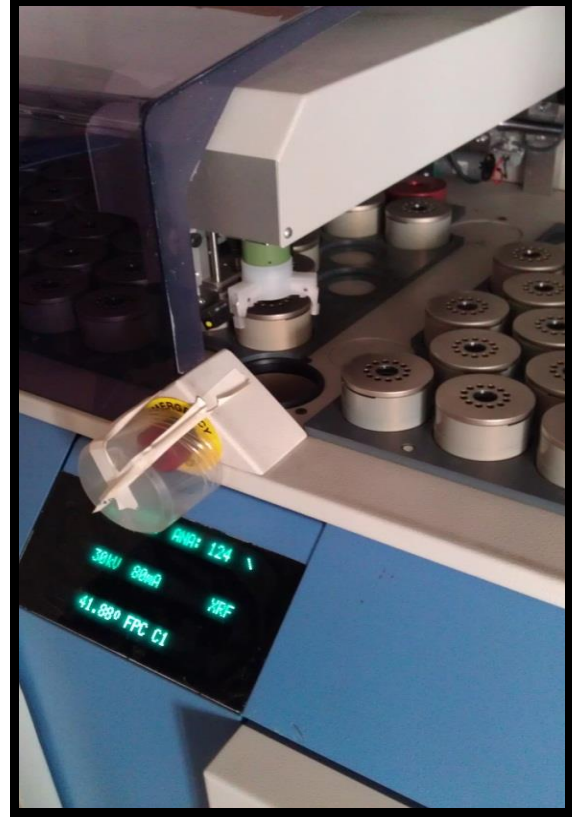
Şekil 2.11. Pres makinası (Otomatik)



Şekil 2.12. Thermo ARL XRF Cihazı



Şekil 2.13. Panalytical Axios XRF Cihazı



Şekil 2.14. Thermo ARL XRF Cihazından yakından görünüm

2.3.3. Kimyasal Analizler

Bir atomun iç yörüngelerindeki elektron, X ışınlarının bombardımanları ile daha aktif hale getirilebilir. Eğer bombardıman yeterli şiddette ise, yörüngelerdeki elektronlardan birinin komşu dış yörüngeye sıçramasına neden olur. Elektronlar bu kararsız durumda fazla kalmayıp kararlı alt yörüngelere inmek isterler. Bu inişler esnasında her atom elektronu kendisine özgü karakteristik ikincil X ışınları (flouresans ışını) yayar. Her elemente ait atomların saçtıkları flouresans ışınlar, analizör ve kolimatörler yardımı ile diğer ışınlardan ayrılabilmekte ve ayrılan ışın şiddeti bir sintilasyon veya gazlı sayaç yardımı ile ölçülebilmektedir. Ölçülen bu ışınların şiddeti örnekte mevcut olan o elementin miktarı ile orantılı olduğundan kantitatif bir analiz yapılabilmektedir (Köksoy, 1991).

Kömür içinde hem organik, hem de inorganik bileşenlerin bünyesinde, miktarları ppm olarak ifade edilen iz elementler (trace elements) bulunmaktadır. Bazı sahalarda bu elementlerden yararlanarak, kömür seviyeleri arasında deneştirme yapmak olanaklıdır. Ayrıca bazı iz elementlerden, turbanın çökeltme ortamı hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Örneğin bor (B) deniz suyu girişinin olduğu ortamlara ait kömürlerde ya da çökelim sırasında volkanik etkinliğin yoğun olduğu sedimanter havzalara (örneğin Ankara-Beypazarı) ait kömürlerde daha bol bulunur.

İz elementler çevre açısından da büyük önem taşımaktadır. Kurşun, arsenik, kadmiyum, civa, selenyum, flor vb. iz elementler, belli bir konsantrasyondan sonra, çevre ve insan sağlığı yönüyle son derece tehlikeli olabilen elementlerdir. Öte yandan yine belli bir orandan sonra, kömür içindeki bazı iz elementleri yan ürün olarak değerlendirmek olanaklıdır.

İz element analizleri son derece hassas analizlerdir. Analiz için alınan örneklerin kirlenmemiş olması büyük önem taşır. Örneğin sondaj çamuru, karotun gözeneklerine sızarak iz element bileşimini bozabilmektedir. Bu bakımdan karot örnekleri üzerinde yapılacak iz element analizlerinde, sondaj çamurunun özelliklerinin laboratuvara bildirilmesi gerekir.

İz elementlerin çok büyük bir bölümü atomik absorpsiyon spektrometresi, X-Işını Floresans Spektrometresi veya Nötron Aktivasyon cihazlarıyla belirlenmektedir. Örneğin kül içindeki iz elementlerin belirlenmesine yönelik analizlerde, önce kömür örneği yakılarak kül elde edilir. Yanma sırasında uçucu iz elementlerin (Hg, Br, F, Cl gibi) uçarak kaybolmasını engellemek için önlem alınması gerekmektedir. Külün, adı geçen cihazlardan geçirilmesi ile elde edilen değerler, külde ppm şeklinde ifade edilir.

Kömürde 60'tan fazla iz element bulunabilmektedir. Bu elementlerin genellikle ppm (tonda gram) olarak ifade edilen konsantrasyonları bir ülkeden diğerine, bir sahadan ötekine, hatta bir damar içinde alttan üste değişebilmektedir.

Kömür içinde bulunan ve belli bir tenörden sonra çevreye ve dolayısıyla insan sağlığına olumsuz etkileri olan 25 iz element ve bunların bulunuş şekilleri Tablo 3.1'de görülmektedir. Bunlar arasında koyu renkli olarak gösterilenler EPA (US Environmental Protection Agency) tarafından tehlikeli hava kirletici elementler olarak nitelendirilenlerdir (Ünalın, 2010).

Tablo 3.1. Çevreye duyarlı 25 iz elementin kömür içinde bulunuş şekilleri (Finkelman ve Gross, 1999; Goodarzi ve Swaine, 1993; Hower vd., 2002; Kızılcstein ve Kholodkov, 1999; Ren vd., 1999).

| ELEMENT | İÇİNDE BULUNDUĞU MADDE / MİNERAL |
|-----------------|--|
| Antimuan | Organik madde, pirit ve diğer sülfidler |
| Arsenik | Arsenopirit, sfalerit, galen, kalkopirit, pirotit |
| Baryum | Barit ve diğer baryumlu mineraller |
| Berilyum | Organik madde |
| Bor | Organik madde, illit |
| Kadmiyum | Sfalerit |
| Klor | Gözenek suyu ve organik madde |
| Krom | Organik madde, illit, kromit |
| Kobalt | Organik madde, pirit |
| Bakır | Kalkopirit, organik madde |
| Flor | Çeşitli mineraller ve organik madde |
| Kurşun | Galen (PbS), Clausthalite (PbSe) |
| Civa | Pirit |
| Manganez | Karbonatlar: Siderit ve ankerit |
| Molibden | Sülfidler ve organik madde |
| Nikel | Sülfidler ve organik madde |
| Fosfor | Fosfat |
| Selenyum | Organik madde, pirit, clausthalite, ferroselit (FeSe ₂), galen |
| Gümüş | Sülfidler |
| Talyum | Pirit |
| Toryum | Monazit, zenotim, zirkon, kil |
| Kalay | Oksitler ve sülfidler |
| Vanadyum | Kil ve organik madde |
| Uranyum | Organik madde, zirkon |
| Çinko | Sfalerit (ZnS) |

3. STRATİGRAFİ

3.1. Giriş

Sahada temel kayaçları Triyas yaşlı metamorfitle ve Jura-Kretase yaşlı ofiyolitler oluşturur. Temel kayaçların üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı çökeller gelir. Miyosen yaşlı çökellerin tabanında çakıltaşı, kumtaşı ve kilitaşından oluşan m1 serisi yer alır. Üzerine gelen m2 serisi tabandan tavana doğru yer yer çakıllı, yeşil renkli kilitaş, kömür, gri renkli kumtaşı, koyu gri yeşil renkli silttaş kilitaş, kömür ve yeşil renkli kilitaş, kumtaşı, ince taneli çakıltaşı ardışımından oluşan bir istif sunar. Daha üstte ise yer yer gözlenen kireçtaşı ve çakıltaşından oluşan m3 serisi ile gevşek tutturulmuş çakıl ve kum tanelerinden oluşan alüvyal çökeller yer alır (Şekil 3.1; Şekil 3.2).

Çalışma alanında yer alan tüm birimlerin yaşlandırmaları gözler vd.1997'den alınmıştır.

3.2. Metamorfitle (t)

Mesozoyik yaşlı birimler olarak belirlenen, genelde mavi şistler ile koyu gri, siyah renkli dolomitik mermerlerden meydana gelen metamorfik birimler pelitik, bazik ve karbonatlı kayaçların başkalaşıma uğramasıyla oluşmuşlardır (Şekil 3.3).

Bu metamorfitlelerin üzerine tektonik olarak ofiyolitik birime ait ultramafik kayaçlar gelmektedir.

ESKİŞEHİR-ALPU KÖMÜR HAVZASI GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİK KESİTİ

| ÜST SİSTEM | SİSTEM | SERİ | KALINLIK (m) | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR |
|------------|--------------|------------|---|----------|--|
| SENOZOYİK | KUVATERNER | HOLOSEN | 5-30 | | Alüvyon |
| | TERSİYER | MİYOSEN m3 | 30-40 | | Uyumsuzluk |
| | | MİYOSEN m2 | 350-600 | | Kireçtaşı - Kumtaşı - Çakıltaşı ar dalanması, yy yan al geçişli |
| | | | | | Kiltaş - Kumtaş - Çakıltaş Yeşil renkli |
| | | | | | Linyit Üst Damar (0.55 - 30.00 m, Ort. Isıl Değer 2000 kcal/kg) |
| MİYOSEN m1 | 20-40 | | Silttaş-Kiltaş Koyu yeşil - gri renkli (Laminall, yy killi) | | |
| MESOZOYİK | JURA-KRETASE | | | | Kumtaş gri renkli, İnce - Orta taneli |
| | TRİYAS | | | | Linyit Alt Damar (5.85 - 31.60 m, Ort. Isıl Değer: 2500 kcal/kg) |
| | | | | | Kiltaş Yeşil renkli (yy çakıllı) |
| | | | | | Çakıltaş yeşil renkli, Gevşek tutturulmuş (yy killi) |
| | | | | | Temel kayalar Yeşil renkli ofiyolit |
| | | | | | Metamorfitle |

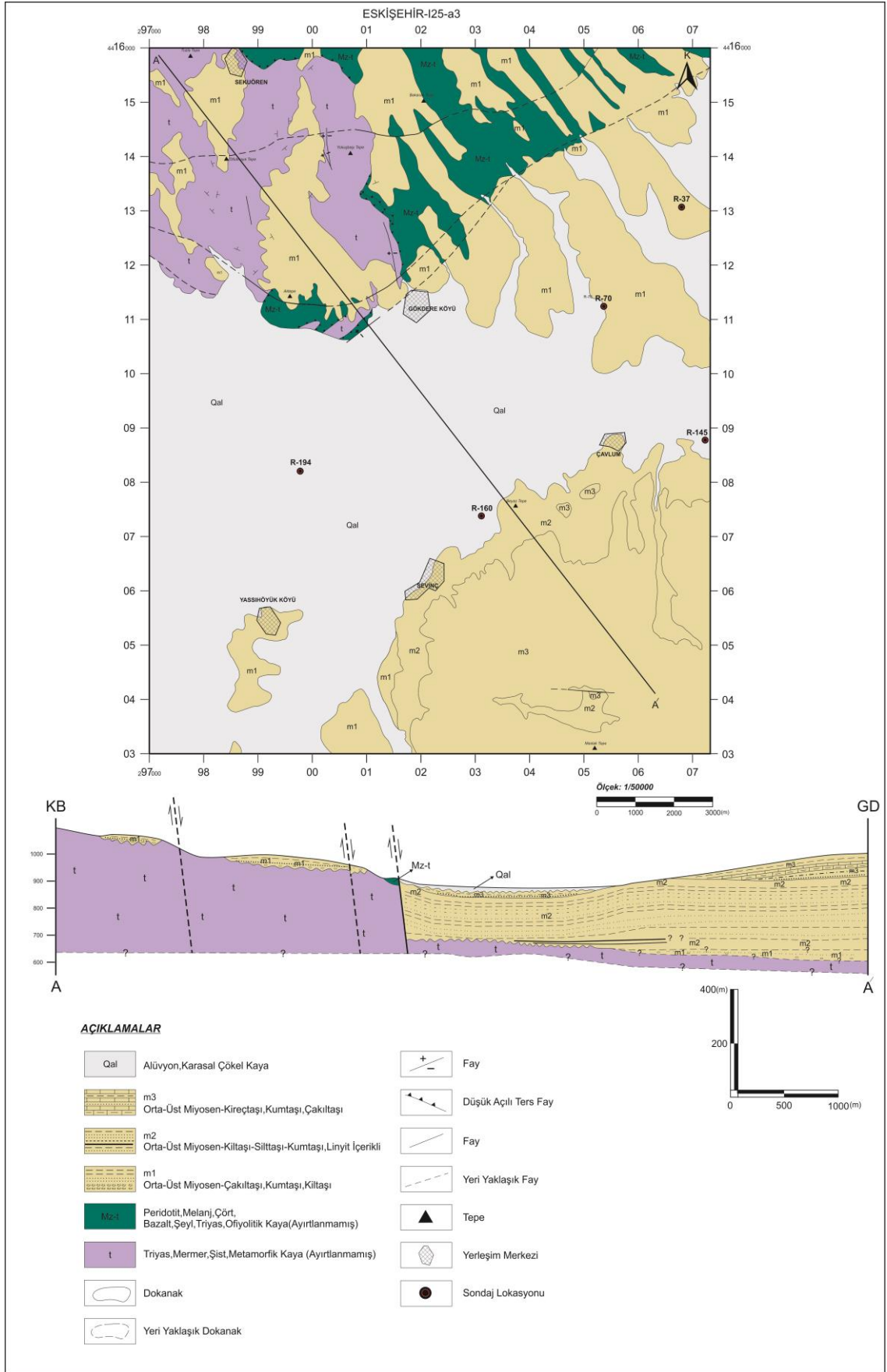
ÖLÇEKSİZ

Şekil 3.1. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Şengüler vd. 2011'den değiştirilerek)

Sivrihisar'dan itibaren KB yönünde 80 km. uzunluğunda, 3-8 km. genişliğinde bir kuşak şeklinde uzanan, tabanı görünmeyen, ofiyolit napı altında tektonik pencere konumunda yüzeyleyen, güneye devrik antiklinalin kuzey kanadında yüksek basınç mineral parajenezlerinin geliştiği, güneye doğru glokofanitik yeşilıştirlere geçen, aralarında kalkışit ve mermer bantları içeren, üste doğru mermerlere geçiş gösteren bu metamorfitlet, pelitik, bazik ve karbonatlı kayaların metamorfizmaya uğraması sonucu oluşmuşlardır. Gözler vd., (1997) tarafından adlandırılan birim çok çatlaklı ve kırıklı yapıda olup, yer yer güneye devrik izoklinal kıvrımlara rastlamak mümkündür. Birimin çökel yaşı Gözler vd., 1997 'ye göre Orta-Geç Triyas, metamorfizma yaşı ise Geç Triyas sonrası, Erken Jura öncesi olarak değerlendirilmiştir.

Tabanı görülmeyen, çok kıvrımlı bir yapı sunan bu metamorfitletlerin kalınlığı hakkında bir rakam vermek güç olup tahminen kalınlığı 1500 m. civarındadır.

Çalışma alanındaki metamorfitletlerin peridotitler ile olan kuzeydeki tektonik hat boyunca geniş bir mavişist kuşağı oluşmuştur. Mavişist kuşağı içinde yer alan kayaçların ortak özelliği granat, lavsonit glokofan, sodik piroksen, fenjitik mika ve piyemontit minerallerinin birinin veya birkaçının birlikte görülmesidir (Gözler vd., 1997). Yine aynı araştırmacılara göre birimin yaşı Erken Tiyas olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma sahasının Jeolojik harita ve kesiti



Şekil 3.3. Metamorfik kayaçların arazideki görünümü (Yokuşbaşı Tepe mevki)

3.3. Ofiyolitler-Ultramafikler (Mz-t)

Yeşil, koyu yeşil renkli kromit bantları ve kromit taneleri ihtiva eden dünit, sütlü kahverengi dış görünüşleriyle ve güneş ışığında parlak piroksen mineralleriyle belirgin harzburjit, piroksenit bantlı görünüşte gabrolar ile izotropik gabrolardan oluşmuş, yer yer serpantinleşmiş kısımların görüldüğü okyanus kabuğu malzemesini teşkil eden ultramafik toplulukların bir kaçını bir arada görmek mümkündür.

Ultramafikler içinde yer alan serpantinitler çoğunlukla yeşil renkte ve tektonik olayların etkin olduğu yerlerde görülürler.

Peridotitler, yeşil, açık yeşil renkli, kromit taneleri ve bantlar ihtiva eden dünitler ile dış görünüşleri sütlü kahverengi, parlak piroksenler içeren harzburjit ve verlitlerden oluşmaktadır. Verlit oranı çok az olup peridotitlerin % 90'a yakını dünit ve harzburjitler oluştururlar.

Lisvenitler, silisleşmiş, karbonatlaşmış ve ultrabazik kayaçlar özellikle büyük tektonik hatlara tekabül eden yerlerde oluşmuşlardır. Sarımsı kahverengi, kirli sarı renklidir (Gözler vd., 1997).

Ofiyolitler için iki yaş söz konusudur. Bunlardan biri oluşum yaşı, diğeri de yerleşim yaşıdır. Ofiyolitit napı altındaki metmorfik birimlerden yaş bulgusu Orta-Geç Triyas'tır. Bu verilere göre ofiyolitit yerleşim yaşı Triyas sonu-Erken Jura öncesi denilebilir. Oluşum yaşı yorumsal olarak Karakaya denizinin açılmaya başladığı zamanla eşyaşı olmalıdır. Dolayısıyla Triyas denilebilir.

3.4. Miyosen Çökelleri

Çalışma alanında konglomera, kumtaşı, tuf, tüfit, marn, kil ve kireçtaşlarından oluşan yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan Porsuk Çayı boyunca görülmektedir. Kendisinden yaşlı metamorfik ve ultramafik birimleri üzerine uyumsuzlukla gelir. Formasyon içerisinde yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanılmamıştır. Yapılan stratigrafik değerlendirmelere göre birime Orta-Geç Miyosen yaşı verilmiştir (Gözler vd., 1997). Üst Miyosen çökellerinin ortalama kalınlığı 100-300 m. dir (Ölmez, 1985).

3.4.1. Konglomera-Kumtaşı (m1)

Kırmızı, kahverengi, boz, sarımsı boz, gri, yeşilimsi gri renklere dikkat çekerler. Çoğunlukla üzerine geldikleri kayaçların cinsi ve rengi ile ilgili olarak değişen renklere görülürler. Bu birimler, genellikle boz ve sarımsı boz renktedir. Ultramafik ve mavişistlere yakın yerlerde de gri ve yeşilimsi gri renklere görülürler. Genellikle irili ufaklı taneler hep bir arada görülürler. Tanelerde yuvarlaklaşma genellikle zayıftır. Yer yer iyi yuvarlanmış çakılları da görmek mümkündür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Miyosen tabanı (m1) çakılların arazideki görüntüsü (Gökdere Köyü Bakış KB'ya)

Konglomeraların, çimentosu ultramafiklere yakın yerlerde genellikle dolomittir. Lisvenitleşmenin yoğun olduğu yerlerin yakınındaki konglomeralarda çimento kalsedon ve limonit, metamorfik ve karbonatlara yakın yerlerdeki konglomeralarda ise çimento CaCO_3 olarak görülür (Gözler vd., 1997). Kumtaşları tane açısından konglomeralardan farklılık göstermemesine rağmen çimento açısından farklılık gösterir. Kumtaşlarında çimento genellikle limonit, kil ve CaCO_3 tan ibarettir.

3.4.2. Marn ve Killer (m2)

Genellikle yeşil, sarı, boz, yer yer alacalı renklerde, hiç jips içermeyen bu kayalar havzanın en derin kesiminde çökelmiş tortulları temsil ederler. Aynı zamanda teze konu olan kömür damarları bu seviye içerisinde yer almaktadır. Marn ve killer arasında yer yer çok ince bantlar halinde kireçtaşlarını görmek de mümkündür (Gözler vd., 1997). Kalınlığı 150 m.'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çalışma alanındaki birimlerin dokanak ilişkileri (Çavlum Köyü kuzeyi bakış KB'ya)

3.4.3. Kireçtaşı (m3)

Beyaz, gri sarımsı bej renklerde, batıda silisifiye olmuş ve yer yer silis arabantlı, doğuda poroziteli killi ve tüflü kireçtaşları şeklinde görülürler. Neojen havzası çökellerinin en son üyesini teşkil ederler. Bölgesel olarak yapılan korelasyona göre birimler Geç Miyosen yaşlıdır (Ölmez, 1985).

3.5. Kuvaterner

3.5.1. Alüvyon (Qal)

Başlıca, dere yataklarında özellikle Porsuk Çayı ve bu çaya bağlanan diğer küçük dere yataklarında, gevşek tutturulmuş çakıl ve kum tanelerinden oluşmuştur. Kalınlığı 10-50 m. arasında değişmektedir (Şekil 3.5).

4. BULGULAR

4.1. Giriş

Alpu sahasında kömürleşme 250-450 m arasında değişen derinliklerde, GB-KD doğrultulu iki damar halindedir. Üst damar 0.55-30.30 m arasında değişen kalınlıklarda, alt damar ise 5.85-31.60 m arasında değişen kalınlıklardadır. Üst damarın ortalama ısıl değeri 2000 kcal/kg, alt damarın ortalama ısıl değeri 2400 kcal/kg dır. İki damar arasındaki gri yeşil kıltaşı düzeyleri içinde 20-30 m arasında değişen kalınlıklarda bitümlü marn yer alır. Alt damar üzerinde yer alan ve 2-5 m arasında değişen kalınlıklar sunan gri renkli, ince orta taneli kumtaşı ayırtman özelliğindedir.

4.1.1. Yaklaşık (Proximate) Analiz

Yaklaşık analiz (proximate analysis) ile kömürün nem (su), uçucu madde, kül ve sabit karbon içerikleri yüzde olarak belirlenir. Yüzdeleri ağırlık yüzdesi şeklinde ifade edilir (Speight, 2005) ve bu dört bileşenin (nem, uçucu madde, kül ve sabit karbon) yüzdelerinin toplamı % 100'e eşittir (Ünalın, 2010). Bunun dışında bu analiz adı altında kömürlerin ısıl değerleri ve kükürt içeriği de değerlendirilmektedir

Su veya Nem Yüzdesi: Yüzey suyu (serbest su veya kaba nem); kömür parçaları üzerinde bir film gibi duran veya kömürün klit olarak adlandırılan ve gözle görülebilen çatlaklarında bulunan sudur. Yağmur suyu, kar suyu, sulama suyu, kömür ocağında zeminde biriken ve kömüre bulaşan su veya yeraltı suyu olabilir. Kuru bir yerde dinlendirilen kömürün yüzey suyu, hava ile temasta kurur ve kısa bir sürede yok olur. Hava ile temasta yüzey suyunu kaybetmiş olan kömür örneğine havada kuru kömür denir. Gözenek suyu (bünye suyu); Çoğunlukla turba oluşumu sırasındaki bataklığa ait su veya kömürleşme sırasında organik maddeden türeyen sudur. Kömürün mikrogözenek yüzeylerine yapışık su molekülleri şeklinde bulunur (Rogers, 1994; Rodrigues ve Lemos de Sousa, 2002). Bunun yanında, kömür içinde yer alabilen bazı minerallere (örneğin montmorillonit) ait olan su da kömürün bünye suyuna dahil edilmektedir. Ancak bünye suyu yanında mineral suyunun miktarı olarak önemi yoktur. Mikrogözenekler içindeki su (gözenek suyu), kömürün yaklaşık 105-110 °C'ye kadar ısıtılmasıyla yok olur. Bu şekilde elde edilen örneğe, yani hem yüzey suyu, hem de gözenek suyu olmayan örneğe kuru örnek denir (Ünalın, 2010).

Uçucu Madde Yüzdesi: Kömürün havasız ortamda ısıtılması sırasında kömür tarafından üretilen, su buharı dışındaki, CH₄, CO₂, CO, N₂ gibi gazlara uçucu madde denir. Bu gazlardan bazıları, örneğin CO₂ yalnızca kömürden değil, karbonat gibi bazı mineral maddelerden de türeyebilmektedir (Ünalın, 2010). Kömürleşme derecesine bağlı olarak uçucu madde içeriği azalmaktadır.

Kül Yüzdesi: Kömürün tamamen yanmasından sonra geriye kalan inorganik atığa kül (ash) denir. Kül yüzdesi, kömürün kalitesini belirleyen önemli bir parametredir. Bir kömürün kül oranı arttıkça kalitesi düşmektedir. Kuru örneklerdeki kül yüzdelere göre yapılan sınıflama şöyledir: < % 5 çok düşük, % 5-10 düşük, % 10-20 orta, % 20-30 oldukça yüksek, % 30-50 yüksek (Ünalın, 2010).

Sabit Karbon Yüzdesi: Isıtma yoluyla nemi ve uçucu maddeleri alınmış bir kömürden geri kalan artığın içinde bulunan, katı haldeki yanıcı karbona sabit karbon denir (Ünalın, 2010).

Kükürt (S): Kömürün kalitesini belirleyen bileşenlerdendir. Kömürdeki kükürt oranı arttıkça kömürün kalitesi düşer. Kömür içinde üç çeşit kükürt bulunabilmektedir:

- Organik kükürt: organik madde içinde bulunan kükürt,
- Sülfidler içindeki kükürt: örneğin pirite (FeS₂) veya markasite (FeS₂) ait kükürt,
- Sülfatlara ait kükürt: örneğin CaSO₄, FeSO₄ içindeki kükürttür.

Üç çeşit kükürdün toplamı kömürün toplam kükürdünü (ST) verir (Ünalın, 2010).

Isıl Güç (Kalorifik Güç): Bir yakıtın ısı gücü, birim ağırlıktaki yakıttan, tam yanma koşulu ile elde edilen ısı miktarı olup, kcal/kg (kilo kalori/kilogram) olarak ifade edilir. Yoğunlaşma ısısına bağlı olarak alt ısı değer ve üst ısı değer olmak üzere iki çeşit ısı güç ölçülür. Kalorimetre içindeki yanma sırasında kömüre ait hidrojen, oksijen ile birleşerek su buharı oluşturmaktadır. Ayrıca eğer varsa, kömürün içindeki su da buharlaşmaktadır. Oluşan buharın yoğunlaşması ile çevreye ek bir ısı yayılır ki buna kondansasyon ısısı denir. Kondansasyon ısısını ekleyerek elde edilen kalorifik güce Üst Isıl Değer, kondansasyon ısısını dikkate almaksızın elde edilen kalorifik güce Alt Isıl Değer denir (Ünalın, 2010).

Eskişehir'de yer alan Miyosen yaşlı kömürlerden Danişment yöresi R-37 sondajından 3, Çavlum yöresi R-70 ve R-145 sondajlarından 14, Sevinç yöresi R-160 ve 194 sondajlarından 5 olmak üzere toplam 22 adet kömür örneğinin yaklaşık (Proximate) analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

4.1.2. Danişment Yöresi

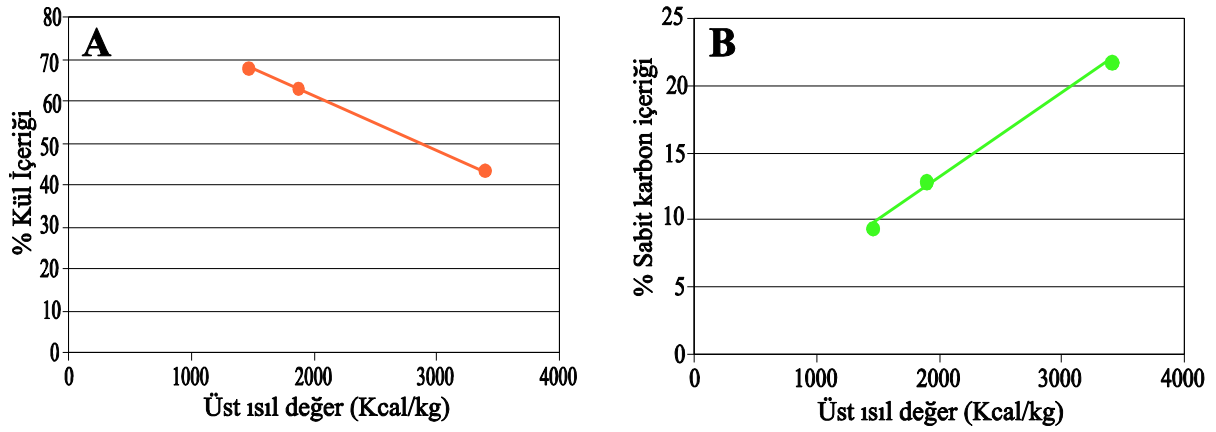
Danişment yöresine ait 3 kömür örneğinin (R-37-1 örneği üst damardan, R-37-2, 3 örnekleri alt damardan alınmıştır Ek 1) yaklaşık analiz sonuçları, toplam kükürt ve ısı değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Yöreye ait kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama toplam nem içeriği % 3.8 kül içeriği % 59.97, uçucu madde miktarı % 23.69 ve sabit karbon içeriği % 14.54 olarak hesaplanmıştır. Ortalama toplam kükürt içeriği düşük olup % 0.79 olarak bulunmuştur. Ortalama üst ısıl değeri 2237 kcal/kg, alt ısıl değeri ise 2104 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. R-37-1 örneği en düşük kül, en yüksek sabit karbon ve buna bağlı olarak en yüksek üst ısıl değerine sahiptir. Yöreye ait kömürlerin ısıl değerleri ile kül içerikleri arasında, beklenildiği gibi negatif doğrusal (Şekil 4.1 A), ısıl değerleri ile sabit karbon değerleri arasında pozitif doğrusal (Şekil 4.1 B) bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Danişment yöresi kömür havzasından alınan kömür örneklerin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları.

| Örnek No | R37-1 | R37-2 | R37-3 | Ortalama |
|--------------------------|-------|-------|-------|----------|
| Toplam nem (%) | 4.24 | 3.12 | 4.02 | 3.8 |
| Kül (%) | 43.26 | 63.01 | 67.65 | 59.97 |
| Uçucu madde (%) | 31.18 | 20.90 | 19.00 | 23.69 |
| Sabit karbon (%) | 21.33 | 12.97 | 9.33 | 14.54 |
| Toplam kükürt (%) | 1.26 | 0.68 | 0.42 | 0.79 |
| Üst ısıl değer (kcal/kg) | 3384 | 1867 | 1459 | 2237 |
| Alt ısıl değer (kcal/kg) | 3201 | 1755 | 1356 | 2104 |

4.1.3. Çavlum Yöresi

Çavlum yöresine ait R-70 sondajından 7 (R-70-1 örneği üst damardan, R-70-2, 3, 4, 5, 6, 7 örnekleri alt damardan alınmıştır Ek 2) ve R-145 sondajlarından 7 (R-145-1, 2, 3, 4 örnekleri üst damardan, R-145-5, 6, 7 örnekleri alt damardan alınmıştır Ek 3) olmak üzere toplam 14 kömür örneğinin yaklaşık analiz sonuçları, toplam kükürt ve ısı değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Çavlum yöresinde R-70 sondajına ait kömürlerin havada kuru bazda ortalama toplam nem, toplam kül, uçucu madde ve sabit karbon içeriği sırasıyla % 6.8, % 39.8, % 30.6 ve % 22.8 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.2).



Şekil 4.1. Danişment yöresine ait kömürlerin havada kuru bazda A. kül içeriği ile üst ısııl değer, B. sabit karbon ile üst ısııl değerlerinin karşılaştırılması.

Tablo 4.2. Çavlum yöresi R-70 sondajından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları

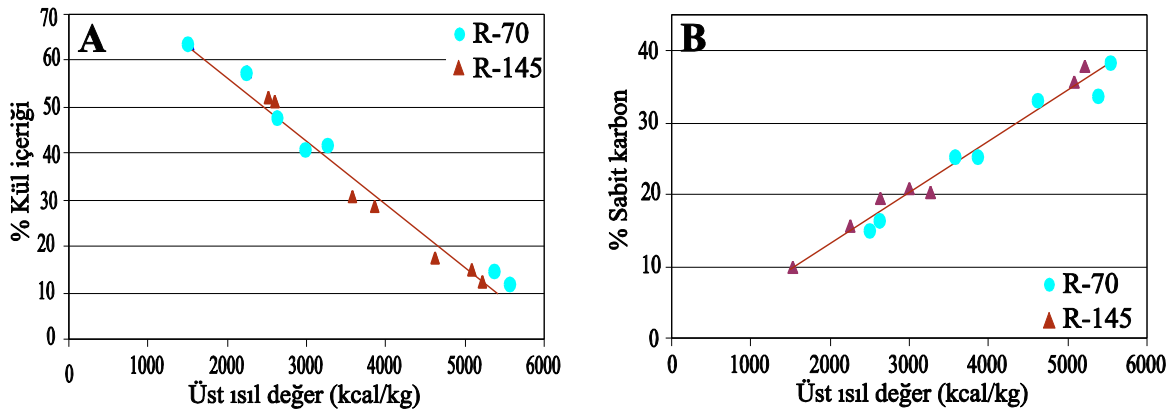
| Örnek No | R70-1 | R70-2 | R70-3 | R70-4 | R70-5 | R70-6 | R70-7 | Ortalama |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Toplam nem (%) | 6.00 | 5.93 | 9.50 | 3.90 | 9.17 | 9.31 | 3.85 | 6.8 |
| Kül (%) | 41.78 | 47.66 | 40.55 | 63.62 | 15.06 | 12.44 | 57.54 | 39.8 |
| Uçucu madde(%) | 31.84 | 26.89 | 29.07 | 22.67 | 40.05 | 40.31 | 23.10 | 30.6 |
| Sabit karbon (%) | 20.37 | 19.52 | 20.88 | 9.81 | 35.72 | 37.95 | 15.51 | 22.8 |
| Toplam kükürt (%) | 4.03 | 2.47 | 1.72 | 1.32 | 1.22 | 1.71 | 1.32 | 1.97 |
| Üst ısııl değer kcal/kg) | 3269 | 2638 | 3008 | 1528 | 5084 | 5226 | 2262 | 3288 |
| Alt ısııl değer (kcal/kg) | 3077 | 2528 | 2813 | 1417 | 4814 | 4952 | 2132 | 3105 |

R-145 sondajına ait kömürlerin havada kuru bazda ortalama toplam nem, toplam kül, uçucu madde ve sabit karbon içeriği sırasıyla % 9.1, % 29.5, % 34.5 ve % 26.9 olarak bulunmuştur (Tablo 4.3). R-70 kömür örneklerinin ortalama toplam kükürt içeriği %1.97 ve R-145 sondajının kömür örneklerinin ortalama toplam kükürt içeriği % 2.75 olarak tespit edilmiştir. R-70 ve R-145 sondajlarına ait kömür örneklerinin ortalama üst ısııl değerleri ve alt ısııl değerleri sırasıyla 3288 kcal/kg, 4015 kcal/kg ve 3105 kcal/kg, 3783 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. R-70 sondajında en düşük kül, en yüksek sabit karbon ve dolayısıyla en yüksek üst ısııl değer R-70-6 örneğine aittir.

Tablo 4.3. Çavlum yöresi R-145 sondajından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları

| Örnek No | R-145-1 | R-145-2 | R-145-3 | R-145-4 | R-145-5 | R-145-6 | R-145-7 | Ortalama |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Toplam nem (%) | 11.61 | 12.38 | 12.03 | 5.38 | 8.13 | 7.07 | 6.89 | 9.1 |
| Kül (%) | 30.83 | 17.40 | 28.43 | 52.23 | 14.47 | 12.14 | 51.27 | 29.5 |
| Uçucu madde (%) | 32.25 | 37.14 | 34.17 | 27.33 | 43.12 | 42.18 | 25.51 | 34.5 |
| Sabit karbon (%) | 25.31 | 33.09 | 25.38 | 15.07 | 34.28 | 38.62 | 16.34 | 26.9 |
| Toplam kükürt (%) | 3.28 | 2.81 | 2.86 | 2.20 | 2.98 | 2.88 | 2.24 | 2.75 |
| Üst ısıl değer (kcal/kg) | 3586 | 4617 | 3868 | 2520 | 5378 | 5531 | 2608 | 4015 |
| Alt ısıl değer (kcal/kg) | 3357 | 4348 | 3618 | 2361 | 5094 | 5256 | 2448 | 3783 |

R-145 sondajında en düşük kül, en yüksek sabit karbon ve en yüksek üst ısıl değer R-145-6 örneğine aittir. Çavlum yöresine ait kömürlerin ısıl değerleri ile kül içerikleri arasında negatif doğrusal (Şekil 4.2A), ısıl değerleri ile sabit karbon değerleri arasında pozitif doğrusal (Şekil 4.2B) ilişki gözlenmiştir.



Şekil 4.2. Çavlum yöresi R-70 ve R-145 sondajlarına ait kömür örneklerinin hava da kuru bazda A. kül içeriği ile üst ısıl değer, B. sabit karbon ile üst ısıl değerlerinin karşılaştırılması.

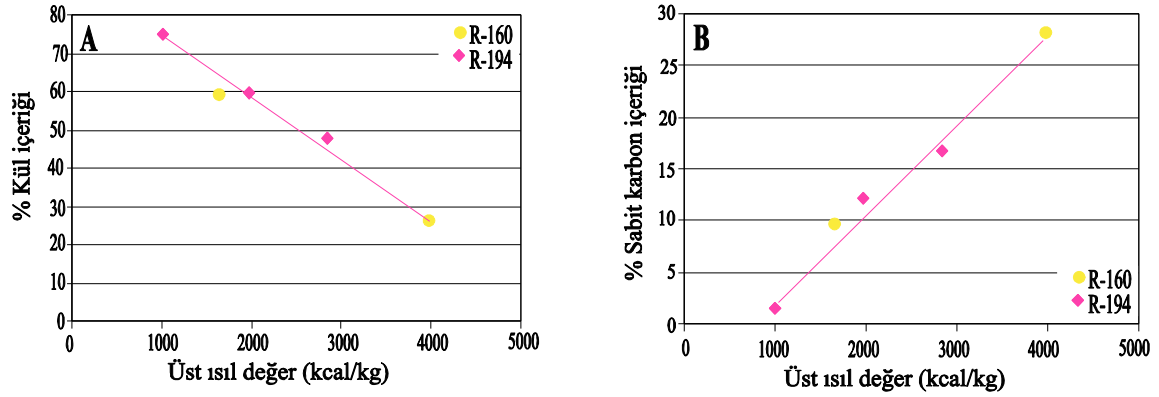
4.1.4. Sevinç Yöresi

Sevinç yöresi R-160 sondajından 2 (R-160-1 örneği üst damardan, R-160-2 örneği alt damardan alınmıştır Ek 4) ve R-194 sondajların 3 (R-194-1 örneği üst damardan, R-194-2, 3 örnekleri alt damardan alınmıştır Ek 5) olmak üzere seçilen toplam 5 kömür örneğinin yaklaşık analiz sonuçları, toplam kükürt ve ısı değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajlarından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda yaklaşık kimyasal analiz sonuçları

| Örnek No | R-160-1 | R-160-2 | Ortalama | R-194-1 | R-194-2 | R-194-3 | Ortalama |
|--------------------------------|---------|---------|--------------|---------|---------|---------|--------------|
| Toplam nem (%) | 8.14 | 11.00 | 9.57 | 5.26 | 5.78 | 3.32 | 4.78 |
| Kül (%) | 60.17 | 26.02 | 43.1 | 47.80 | 58.83 | 75.36 | 60.66 |
| Uçucu madde(%) | 22.04 | 34.71 | 28.4 | 30.30 | 23.38 | 19.85 | 24.51 |
| Sabit karbon (%) | 9.66 | 28.28 | 18.97 | 16.66 | 12.02 | 1.47 | 10.05 |
| Toplam kükürt (%) | 5.04 | 3.05 | 4 | 7.44 | 1.14 | 1.30 | 3.29 |
| Üst ısı değer (kcal/kg) | 1640 | 3969 | 2805 | 2834 | 1971 | 983 | 1923 |
| Alt ısı değer (kcal/kg) | 1500 | 3729 | 2615 | 2660 | 1835 | 887 | 1794 |

R-160 sondajına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama toplam nem içeriği % 9.57, kül içeriği % 43.1, uçucu madde miktarı % 28.4 ve sabit karbon içeriği % 18.97 olarak bulunmuştur. Yöreyle ait kömür örneklerinin ortalama toplam kükürt içeriği % 4, üst ısı değeri 2805 kcal/kg ve alt ısı değeri % 2615 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Sevinç yöresi R-160 sondajına ait kömür örneklerinden R-160-2 nolu örnek en düşük kül, en yüksek sabit karbon ve buna bağlı olarak en yüksek üst ısı değerlerine sahiptir. R-194 sondajına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama toplam nem içeriği % 4.8, kül içeriği % 60.7, uçucu madde miktarı % 24.5 ve sabit karbon içeriği % 10.1 olarak hesaplanmıştır. Ortalama toplam kükürt içeriği % 3.3, üst ısı değeri 1929 kcal/kg ve alt ısı değeri 1794 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Yöreyle ait kömür örneklerindeki en düşük kül, en yüksek sabit karbon ve en yüksek üst ısı değeri R-194-1 örneğine aittir. Söz konusu kömürlerin ısı değerleri ile kül içerikleri arasında negatif doğrusal (Şekil 4.3 A), ısı değerleri ile sabit karbon değerleri arasında pozitif doğrusal (Şekil 4.3 B) ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajlarına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda A. kül içeriği ile üst ısı değeri, B. sabit karbon ile üst ısı değerlerinin karşılaştırılması.

4.2. Jeokimya

4.2.1. Giriş

Tez kapsamında 17 kömür örneğinin ana element (Si, Al, Mg, Ca, K, Na, Fe, S, P, Ti ve Mn), 16 kömür örneğinin ise bazı iz element (V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Ba, Pb ve Zr) içerikleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Kömürler içerisinde bulunan bazı ana ve iz elementlerin özellikleri Varol (1999)'dan şu şekilde özetlenmiştir (Yerin, 2006).

Arsenik (As): Kömürlerde yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu sağlık açısından zararlı olabilmektedir. 1 ppm'den az miktarlardan yüzlerce ppm'e kadar bulunabilmektedir. Bazı kömürlerde organik yapıda, kil mineralleriyle veya fosfat mineralleri ile bulunabilir. Buna rağmen As genelde mineral madde ile birliktelik gösterir. Organik maddede nadir olarak gözlenir. 80 ppm ve üzeri kömür için tercih edilmez.

Baryum (Ba): Ba kömürlerde ilk olarak barit şeklinde saptanmıştır ve Ba'un ankeritle birlikteliği belirlenmiştir. Düşük ranklı kömürlerde Ba organik kömür maddesiyle de birliktelik gösterebilir. Şimdiye kadar Ba'un kömür kullanımı açısından etkisi belirlenmemiştir.

Krom (Cr): Killerde ve organik madde de bulunur.

Bakır (Cu): Bakırın fazla miktarlarda oluşu biyolojik açıdan istenmemektedir. Cu, kalkopirit olarak veya sülfid minerallerinde bulunmaktadır. Organik yapıda da bulunabilmektedir.

Germanyum (Ge): Kömürlerde genelde organik madde ile beraber bulunmaktadır. Sfaleritle birlikteliği de belirlenmiştir. Sağlık açısından herhangi bir zararı tespit edilmemiştir.

Kurşun (Pb): Çevre ve sağlık açısından etkileri önemlidir. Baryum mineralleri ve galen ile bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca pirit ve organik madde ile beraberlikleri bilinmektedir.

Mangan (Mn): Çevresel açıdan bazı problemlere yol açtığı bilinmektedir. Genelde organik madde yapısında yer almaktadır. Karbonat, pirit ve kil mineralleriyle de birlikteliği söz konusudur. Kömür kullanımı ve işletimi açısından Mn ile ilgili olarak herhangi bir bilgi yoktur.

Fosfor (P): Kömürlerde P genelde 1000 ppm'in altında bulunduğu için iz element olarak değerlendirilmektedir. Fosfat mineralleri ile birlikte bulunmaktadır.

Stronsiyum (Sr): Organik madde yapısında bulunabilmektedir. Bunun dışında fosfat mineralleri ve kalsitle birlikte bulunmaktadır. Şimdiye dek sağlık açısından herhangi bir zararlı etkisi belirtilmemiştir.

Talyum (Tl): Kömürlerdeki Tl önemlidir. Çünkü Tl bileşiklerinin toksik özelliği vardır. Az miktarlarda olursa kömür işletimi ve kullanımı için zararlı değildir. Tl'nin özellikle piritte zenginleştiği bilinmektedir. Tl kesinlikle organik maddeyle bulunmaz.

Toryum (Th): Radyoaktif element olduğundan biyolojik olarak ve çevre açısından önemlidir. Toryumun mineral madde ile özellikle de monzonit, zirkon ve xenotime ile birlikte bulunmaktadır. Az miktarlarda da olsa Th, Fe oksitlerle ve killerle beraber bulunabilmektedir. Ancak organik birliktelik söz konusu değildir.

Titanyum (Ti): Kömürlerde fazla bulunmamasından dolayı iz element olarak kabul edilmektedir. Kömürlerde bulunuşu ile ilgili pek çok görüş vardır. Bir kısım yazarlar organik birlikteliğe değinmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise Ti'un rutil, anatas ve kil gibi bazı minerallerde bulunduğu belirtilmiştir. Ti'un kuvarsla birlikteliği de söz konusudur. Ancak Ti genelde organik yapıda bulunmaktadır. Ti'un çevresel ve sağlık açısından herhangi bir etkisi bildirilmemiştir.

Tungsten (W): W'nin organik bağlarda yer aldığı belirlenmiştir. Ancak az miktarlarda da olsa W mineralleri ile de bulunmaktadır (şelit,wolframit). Kömür kullanımı ve işletimi sırasında W'den kaynaklanan herhangi bir etki bildirilmemiştir.

Uranium (U): Radyoaktif olduğundan hem biyolojik ve çevresel açıdan ve hem de ekonomik açıdan önemlidir. Kömürlerde U genelde organik bağlarda bulunur. Az

miktarlarda da olsa U adsorblama yoluyla kil mineralleri ile bulunabilir. U'un uranitit, coffinit, outinit, torbenit ve karnotit gibi minerallerde de yer aldığı bilinmektedir. Karbonat, sülfid ve sülfat minerallerinde de bulunabilir. Finkelman (1981) REE fosfatlarla, urinitit apatit, rutil ve kalsitle birlikteliklerini belirtmiştir.

Vanadyum (V): Kömür kullanımı sırasında korezyon etkisinden dolayı önemlidir. Ayrıca yüksek miktarlarda bulunursa sağlık açısından zararlı olabilmektedir. Organik ve inorganik birliktelikleri söz konusudur.

Çinko (Zn): Biyolojik ve çevresel açıdan önemli bir elementtir. Organik bileşiklerde ve sfaleritle bulunur.

Zirkonyum (Zr): Organik yapıda veya zirkon olarak bulunmaktadır. Zararlı bir etkisi bildirilmemiştir.

Molibden (Mo): Kömürlerde inorganik ve organik yapıda yer alabilmektedir. Piritlerde ve sülfid minerallerinde bulunabilmektedir (Finkelman, 1981). Mo'ce zengin kömürlerin yakılması ve işletilmesi sonucunda gerek uçucu küller dolayısıyla, gerek atıklardan ötürü çevreye zararı tespit edilmiştir.

Skandinyum (Sc): Özel metal alaşımların yapımında kullanılmasından dolayı önemli bir elementtir. Ancak çevresel açıdan önemli zararları yoktur. Kömürlerde organik ve inorganik maddede bulunabilmektedir.

Rubidyum (Rb): Kömür kullanımı ve işletimi sırasında herhangi bir zararlı etkisi belirlenmemiştir.

4.2.2. Ana Element

4.2.2.1. Danişment Yöresi

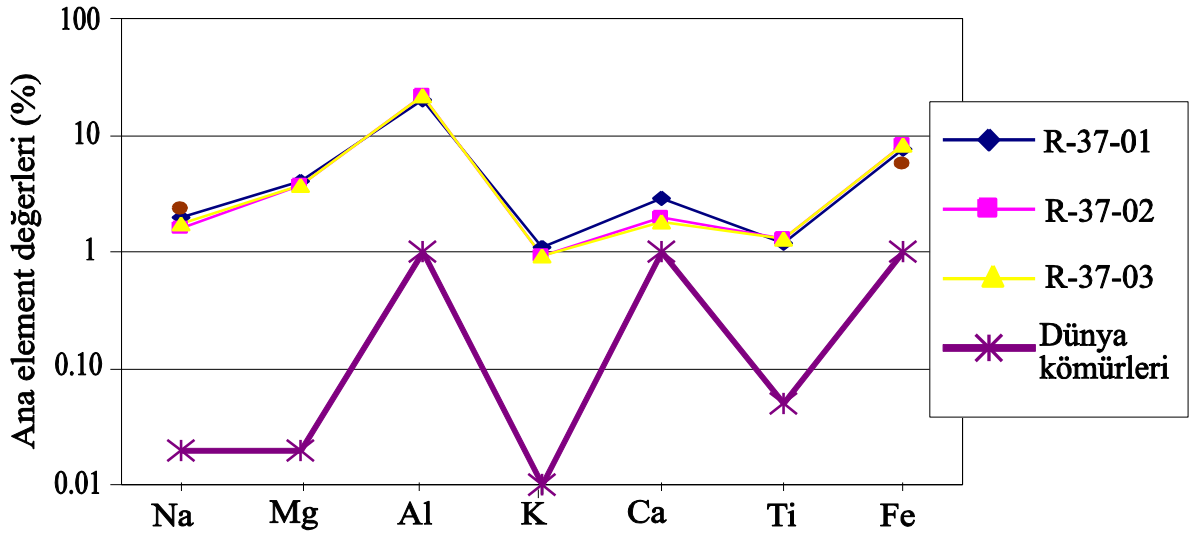
Tez kapsamında Danişment yöresine ait 3 adet kömür örneğinin ana element analiz sonuçları, hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış zenginleşme faktörü (ZF) Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

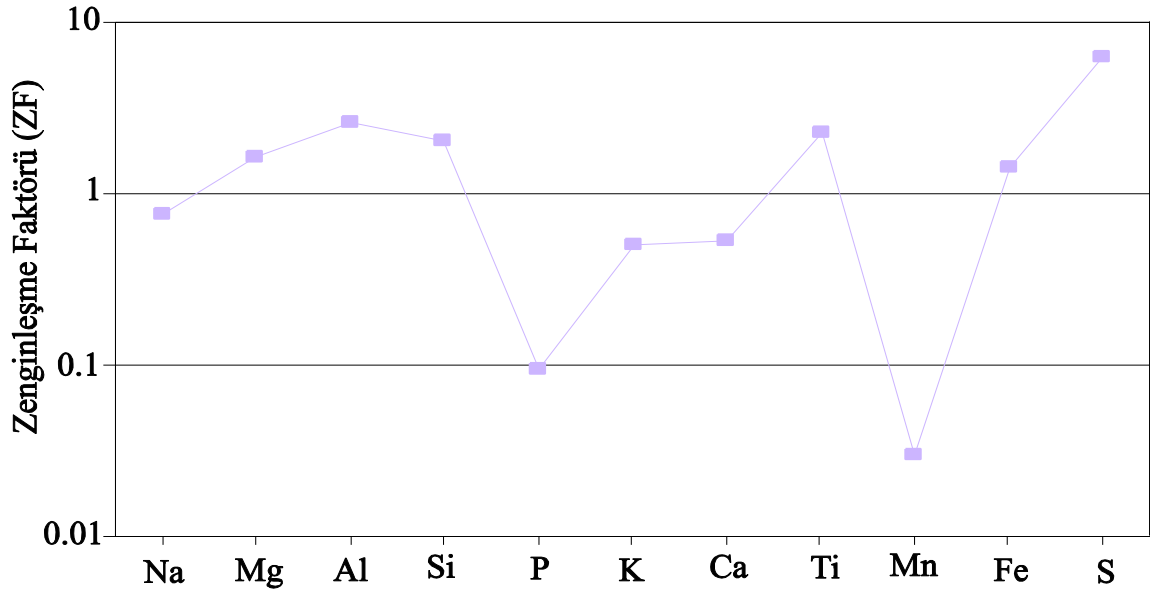
| Örnek No | % Na | %Mg | %Al | %Si | %P | %K | %Ca | %Ti | %Mn | %Fe | %S |
|------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| R-37-01 | 2.04 | 4.08 | 20.7 | 57.6 | 0.10 | 1.12 | 2.96 | 1.22 | 0.10 | 7.86 | 2.23 |
| R-37-02 | 1.63 | 3.78 | 22.14 | 58.2 | 0.10 | 0.92 | 2.04 | 1.33 | <0.1 | 8.27 | 1.63 |
| R-37-03 | 1.72 | 3.75 | 21.99 | 58.99 | 0.10 | 0.91 | 1.82 | 1.32 | <0.1 | 8.31 | 1.07 |
| Ortalama | 1.79 | 3.87 | 21.61 | 58.26 | 0.1 | 0.98 | 2.27 | 1.39 | 0.03 | 8.14 | 1.64 |
| ÜKK | 2.36 | 2.33 | 8.23 | 28.15 | 1.05 | 2.09 | 4.15 | 0.57 | 0.95 | 5.63 | 0.26 |
| Dünya kömürleri | 0.02 | 0.02 | 1 | - | - | 0.01 | 1 | 0.05 | 0.05 | 1 | - |
| ZF | 0.75 | 1.63 | 2.58 | 2.03 | 0.09 | 0.5 | 0.53 | 2.3 | 0.03 | 1.42 | 6.23 |

Çalışılan kömür örneklerinin önemli ana element içeriklerini % olarak, Sodyum (Na), Magnezyum (Mg), Alimünyum (Al), Silisyum (Si), Fosfat (P), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Titanyum (Ti), Demir (Fe) ve Kükürt (S) oluşturmaktadır. Danişment yöresine ait kömürlerin ortalama % Na, % Mg, % Al, % Si, % K, % Ca, % Ti, % Fe ve % S değerleri sırasıyla 1.79, 3.87, 21.61, 58.26, 0.1, 0.98, 2.27, 1.29, 8.14 ve 1.64 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Dünya kömürleri ortalamasına göre oldukça yüksektir. Şekil 4.4’de Danişment kömürlerinin Na, Mg, Al, K, Ca, Ti ve Fe içerikleri ile Dünya kömürleri ana element içeriği mukayese edilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere Danişment kömürleri Dünya kömürlerine benzer fakat onlara göre oldukça zenginleşmiş bir dağılım sergilemektedirler.

Danişment yöresine ait kömürlerin ana elementlerinin üst kıtasal kabuğa göre zenginleşme faktörleri, Aritmetik ortalama / ÜKK formülü (Dai vd., 2005) kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 4.5). Zenginleşme değerleri Na, P, K, Ca ve Mn’da 1 den küçük olup (Tablo 4.5; Şekil 4.5), bu elementlerde kıtasal kabuğa göre tükenme olduğunu göstermektedir. En fazla S’de olmak üzere, Mg, Fe, Al, Si, Ti’da da zenginleşme gözlenmektedir (Tablo 4.5; Şekil 4.5).



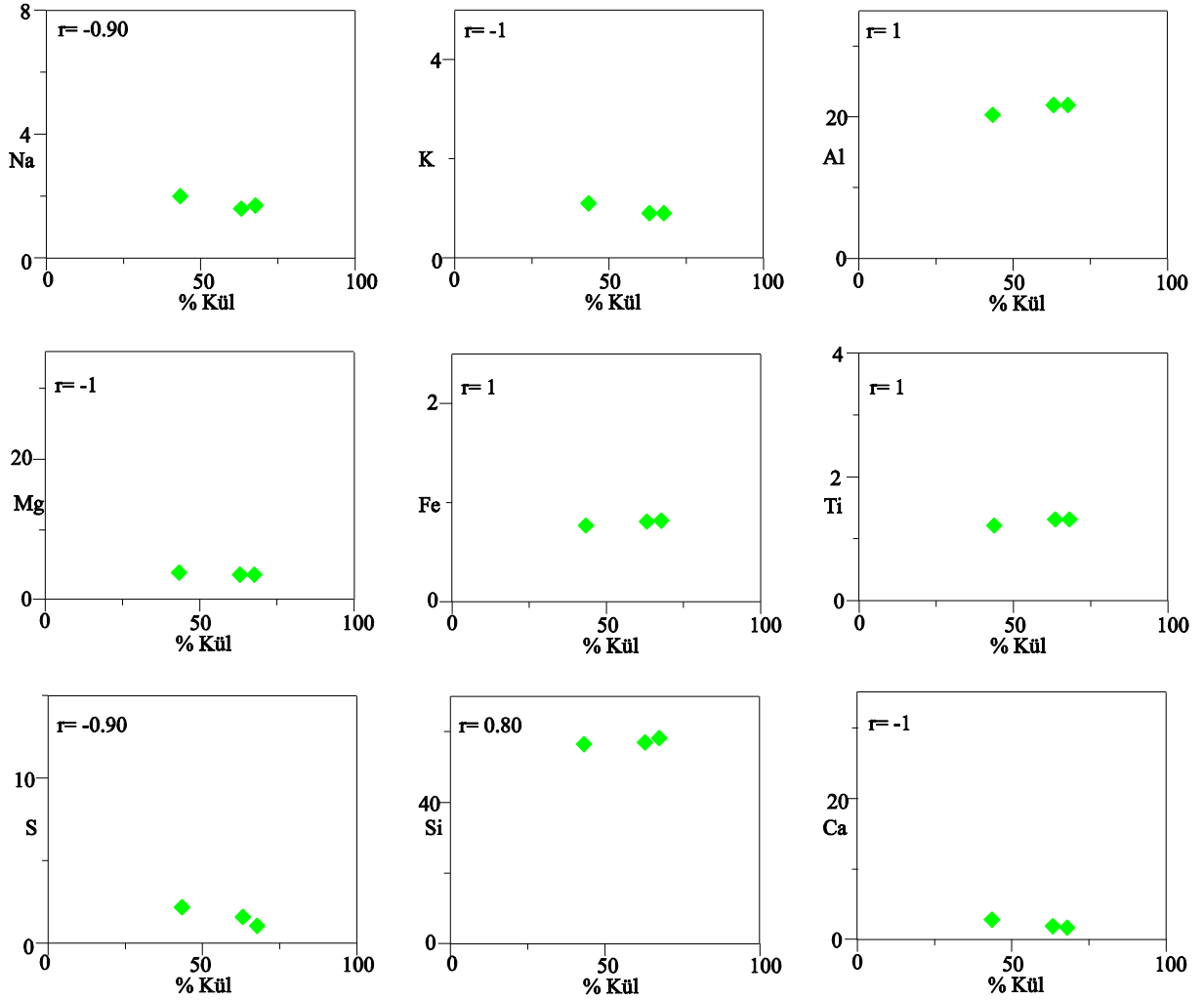
Şekil 4.4. Danişment yöresine ait kömür örneklerinin ana element içeriklerinin Dünya kömürleri ana element ortalaması ile karşılaştırılması



Şekil 4.5. Danişment yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı

Kömürlerde kül içeriği, ana ve çok az oranda da iz element içeriği ile ilgilidir. Genelde kül içeriği ile önemli pozitif korelasyon gösteren elementler inorganik, negatif korelasyon gösterenler ise organik birlikteliği ifade etmektedir. Danişment yöresi kömürlerinin ana elementleri ile kül içeriklerinin korelasyonu Şekil 4.6'da gösterilmiştir. K ($r=-1$, $p<0.05$), Ca ($r=-1$, $p<0.05$), Mg ($r=-1$, $p<0.05$), Na ($r=-0.90$, $p<0.05$) ve S ($r=-0.90$, $p<0.05$) ile kül içeriği arasında çok kuvvetli negatif korelasyon, Al ($r=1$, $p<0.05$), Fe ($r=1$,

$p < 0.05$) ve Ti ($r=1$, $p < 0.05$) ile kül içeriği arasında çok kuvvetli, Si ($r=0.80$, $p < 0.05$) ile kuvvetli pozitif korelasyon gözlenmektedir. P ile kül içeriği arasında herhangi bir ilişki yoktur.



Şekil 4.6. Danışment Yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu

4.2.2.2. Çavlum Yöresi

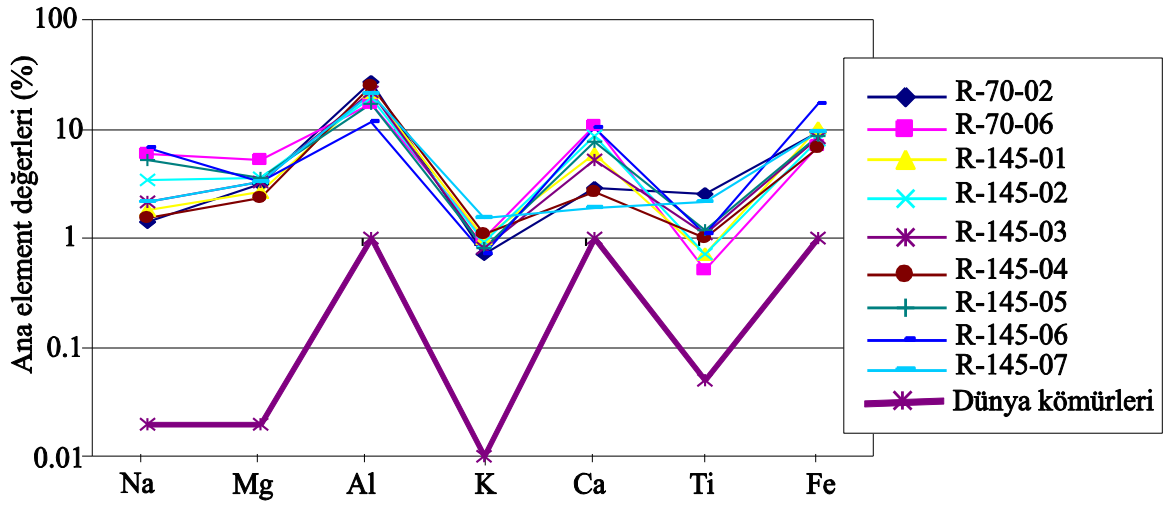
Çavlum yöresi R-70 sondajından seçilen 2, R-145 sondajından seçilen 7 adet kömür örneğinin ana element analiz sonuçları, hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış zenginleşme faktörü (ZF) Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

| Örnek No | %Na | %Mg | %Al | %Si | %P | %K | %Ca | %Ti | %Mn | %Fe | %S |
|------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|-------------|-------------|
| R-70-02 | 1.43 | 3.17 | 27.43 | 49.65 | 0.10 | 0.72 | 2.97 | 2.50 | <0.1 | 9.73 | 2.24 |
| R-70-06 | 6.53 | 5.75 | 18.58 | 36.06 | 0.11 | 1.1 | 11.7 | 0.5 | <0.1 | 7.85 | 11.7 |
| R-145-01 | 1.94 | 2.81 | 23.43 | 43.96 | 0.11 | 1.1 | 6.48 | 0.7 | <0.1 | 10.9 | 8.51 |
| R-145-02 | 3.79 | 4.01 | 21.08 | 41.04 | 0.22 | 1.0 | 9.59 | 0.70 | <0.1 | 8.92 | 9.56 |
| R-145-03 | 2.23 | 3.39 | 22.9 | 49.08 | 0.11 | 0.85 | 5.51 | 1.1 | <0.1 | 8.7 | 6.08 |
| R-145-04 | 1.53 | 2.34 | 25.79 | 56.87 | 0.1 | 1.12 | 2.65 | 1 | <0.1 | 6.93 | 1.64 |
| R-145-05 | 5.56 | 3.93 | 18.43 | 42.31 | 0.11 | 0.87 | 8.4 | 1.2 | <0.1 | 9.5 | 9.6 |
| R-145-06 | 7.35 | 3.62 | 13.73 | 26.44 | 0.11 | 0.77 | 11.1 | 1.1 | <0.1 | 18.76 | 17.9 |
| R-145-07 | 2.14 | 3.37 | 21.14 | 56.47 | 0.1 | 1.53 | 1.94 | 2.1 | <0.1 | 9.5 | 1.66 |
| Ortalama | 3.61 | 3.59 | 21.39 | 44.65 | 0.12 | 1.01 | 6.7 | 1.2 | <0.1 | 10.1 | 7.65 |
| ÜKK | 2.36 | 2.33 | 8.23 | 28.15 | 1.05 | 2.09 | 4.15 | 0.57 | 0.95 | 5.63 | 0.26 |
| Dünya Kömürleri | 0.02 | 0.02 | 1 | - | - | 0.01 | 1 | 0.05 | 0.05 | 1 | - |
| ZF | 1.4 | 1.44 | 2.43 | 1.5 | 0.1 | 0.45 | 1.49 | 2.12 | - | 1.67 | 27.1 |

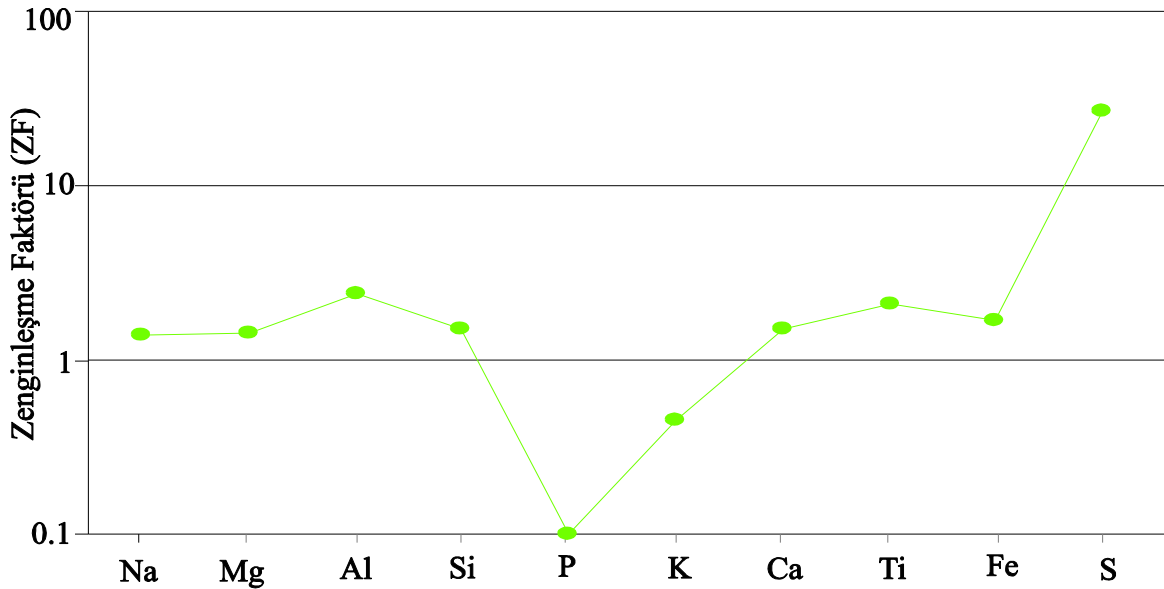
Yöre ait kömür örneklerinin önemli ana element içerikleri % olarak, Na, Mg, Si, P, K, Ca, Ti, Fe ve S olarak tespit edilmiştir. Kömürlerin ortalama % Na, % Mg, % Al, % Si, % K, % Ca, % Ti, % Fe ve % S değerleri sırasıyla, % 3.61, % 3.59, % 21.39, % 44.65, % 0.12, % 1.01, % 6.7, % 1.21, % 10.09 ve % 7.65 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, Dünya kömürleri ortalaması ile karşılaştırıldığında Na, Mg, Al, K, Ca, Ti ve Fe içeriklerinin Dünya kömürleri ortalamasını aştığı görülmüştür. Şekil 4.7’de, söz konusu elementlerin dağılım olarak Dünya kömürlerine paralellik gösterdikleri, ancak çok fazla zenginleştikleri gözlenmektedir.

Yöre ait kömür örneklerinin zenginleşme faktörleri, P ve K’da 1’den küçüktür ve bu elementlerde ÜKK değerlerine göre tükenme söz konusudur (Tablo 4.6; Şekil 4.8). Diğer elementlerin zenginleşme faktörü 1’den büyüktür ve üst kıtasal kabuğa göre zenginleşme göstermektedir (Tablo 4.6; Şekil 4.8). En yüksek zenginleşme faktörü 27.1 ile S’e aittir.

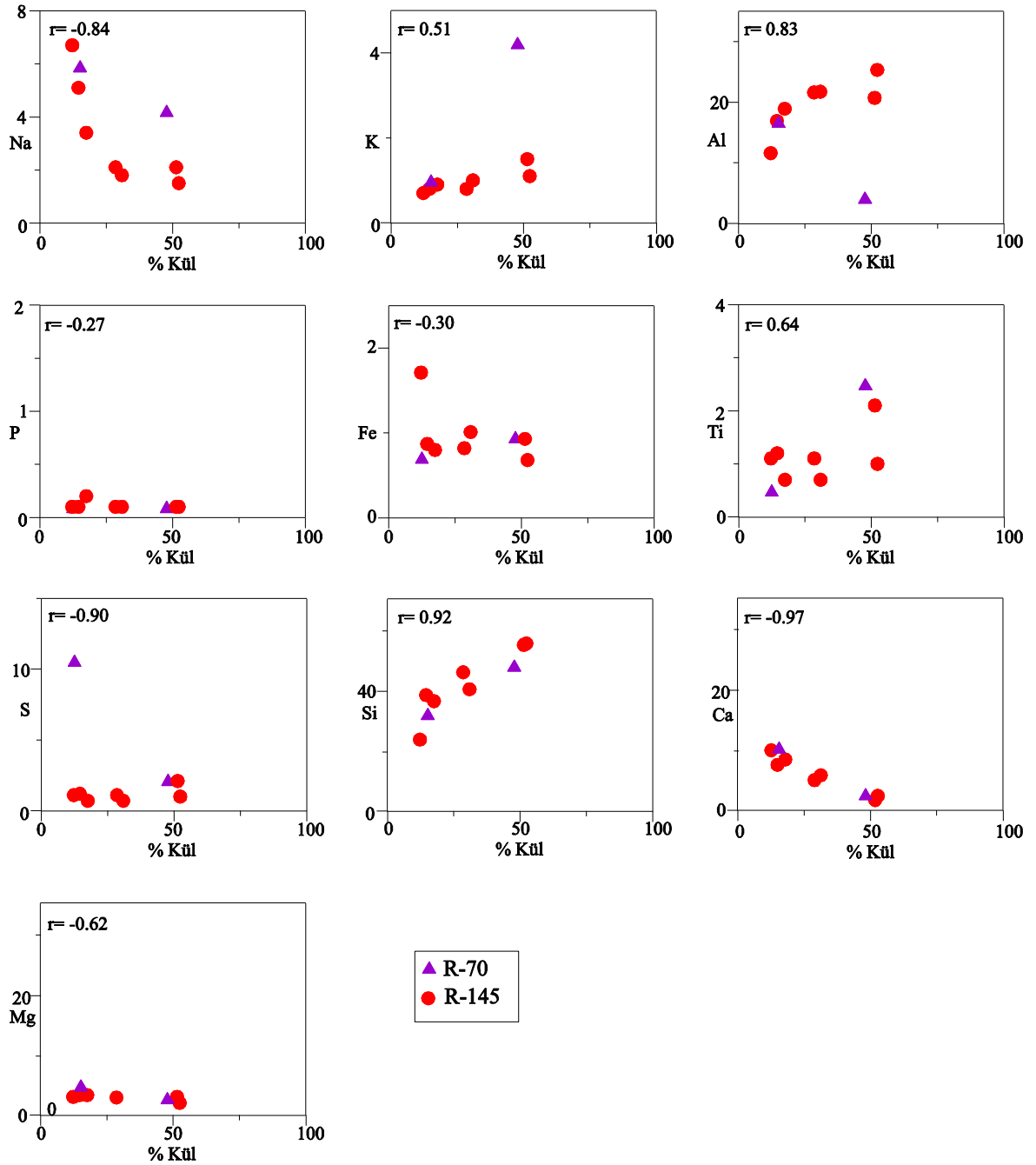


Şekil 4.7. Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin ana element içeriklerinin Dünya kömürleri ana element ortalaması ile karşılaştırılması.

Çavlum yöresi kömür örneklerinin ana element ve kül içerikleri korele edilmiştir (Şekil 4.9). Örneklerin kül içeriği Ca ($r=-0.97$, $p<0.05$) ve S ($r=-0.90$, $p<0.05$) ile çok kuvvetli, Na ($r=-0.84$, $p<0.05$) ve Mg ($r=-0.62$, $p<0.05$) ile kuvvetli, Fe ($r=-0.30$, $p<0.05$) ve P ($r=-0.27$, $p<0.05$) ile zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Kömür örneklerinin kül içeriği ile Si ($r=0.92$, $p<0.05$) arasında çok kuvvetli pozitif, Al ($r=0.83$, $p<0.05$) ve Ti ($r=0.64$, $p<0.05$) arasında kuvvetli pozitif, K ($r=0.51$, $p<0.05$) arasında ise zayıf pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri zenginleşme faktör diyagramı



Şekil 4.9. Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu.

4.2.2.3. Sevinç Yöresi

Tez kapsamında Sevinç yöresi R-160 sondajına ait kömürlerden 2, R-194 sondajına ait kömürlerden 3 olmak üzere toplam 5 kömür örneğinin ana element analiz sonuçları,

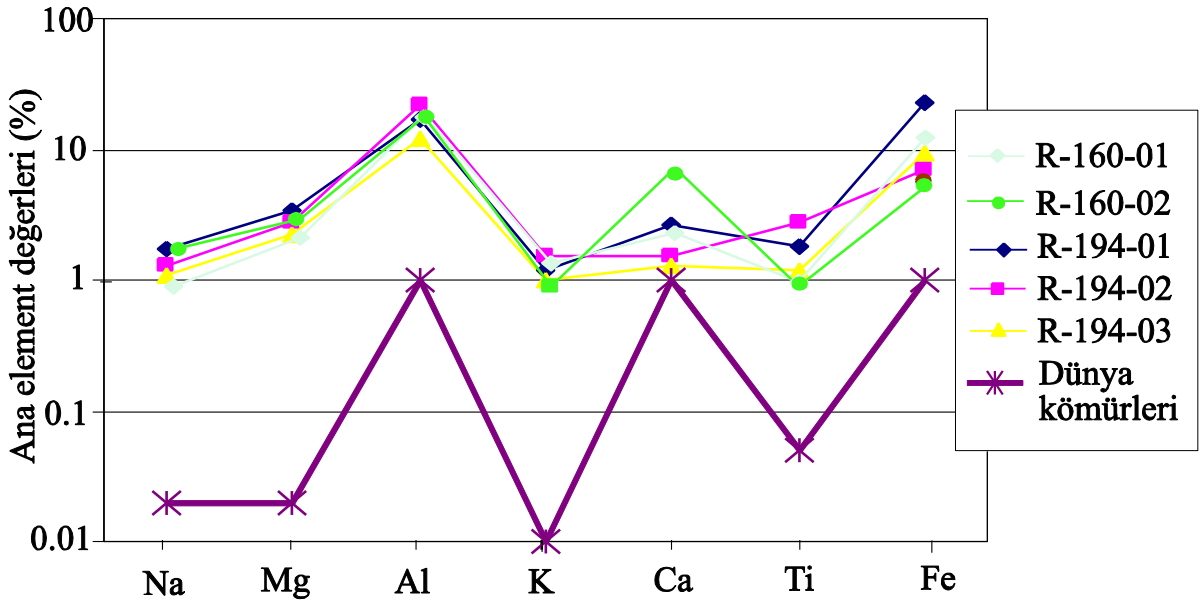
hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış zenginleşme faktörü Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.7. Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element içeriği, ÜKK ana element içeriği, Dünya kömürleri ana element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

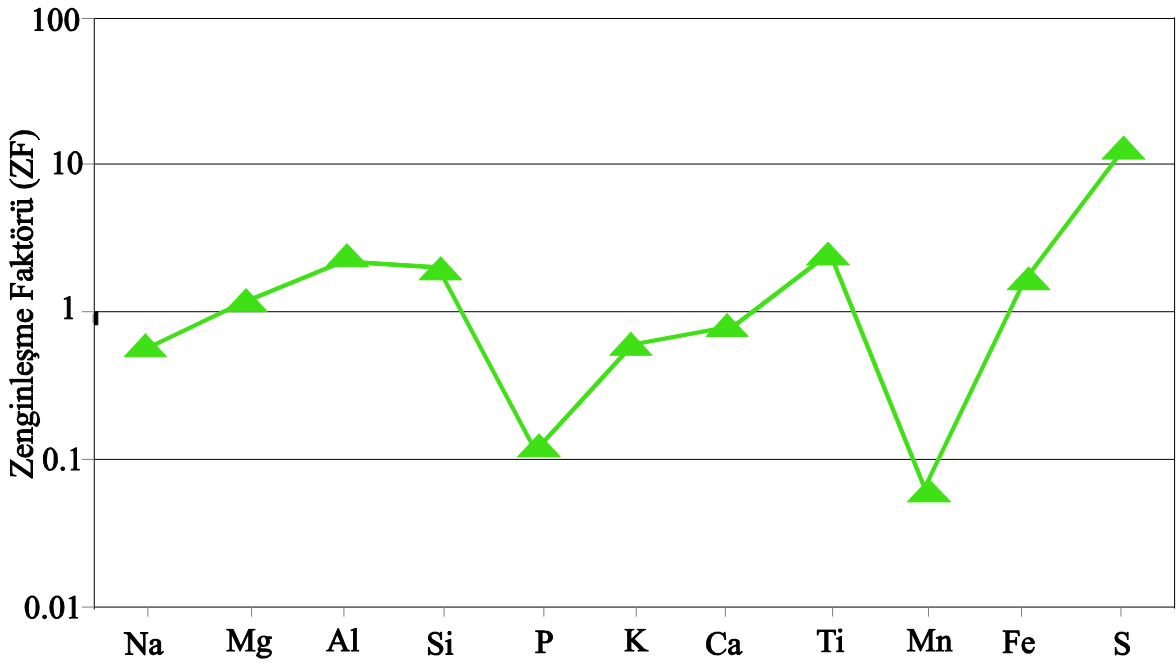
| Örnek No | %Na | %Mg | %Al | %Si | %P | %K | %Ca | %Ti | %Mn | %Fe | %S |
|------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| R-160-01 | 0.92 | 2.25 | 21.48 | 53.69 | 0.1 | 1.43 | 2.45 | 1.02 | <0.1 | 14.32 | 2.33 |
| R-160-02 | 1.97 | 3.39 | 22.28 | 45.76 | 0.11 | 0.98 | 8.74 | 0.98 | <0.1 | 6.12 | 9.69 |
| R-194-01 | 1.76 | 3.52 | 17.29 | 44.92 | 0.12 | 1.2 | 2.69 | 1.86 | 0.10 | 23.3 | 3.22 |
| R-194-02 | 1.32 | 2.85 | 22.57 | 59.16 | 0.15 | 1.5 | 1.52 | 2.74 | <0.1 | 7.01 | 1.19 |
| R-194-03 | 1.13 | 2.26 | 12.22 | 69.23 | 0.2 | 1 | 1.34 | 1.23 | 0.2 | 9.76 | 1.4 |
| Ortalama | 1.42 | 2.85 | 19.17 | 54.55 | 0.14 | 1.22 | 3.35 | 1.57 | 0.15 | 12.1 | 2.97 |
| ÜKK | 2.36 | 2.33 | 8.23 | 28.15 | 1.05 | 2.09 | 4.15 | 0.57 | 0.95 | 5.63 | 0.26 |
| Dünya kömürleri | 0.02 | 0.02 | 1 | - | - | 0.01 | 1 | 0.05 | 0.05 | 1 | - |
| ZF | 0.62 | 1.24 | 2.36 | 1.63 | 0.1 | 0.56 | 1.04 | 2.16 | - | 2.49 | 18.3 |

Sevinç yöresinin kömür örneklerinin ana element içerikleri ortalaması % 1.42 Na, % 2.85 Mg, % 19.17 Al, % 54.55 Si, % 0.14 P, % 1.22 K, % 3.59 Ca, % 1.57 Ti, % 12.1 Fe ve % 2.97 S olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, Dünya kömür ortalamasına kıyasla oldukça yüksektir. Söz konusu kömürlerin içermiş olduğu Na, Mg, Al, K, Ca, Ti ve Fe elementlerin dağılımı Dünya kömürlerindeki aynı elementlerin dağılımına benzerlik gösterirken, Na, Mg, Al, K, Ca, Ti ve Fe içerikleri > 1 dir. Yani Dünya kömürlerindeki değerlere göre zenginleşme göstermektedirler (Şekil 4.10).

Söz konusu yöreye ait kömürlerin zenginleşme faktör değerlerine bakıldığında; Mg ÜKK ile benzer, P ve Mn’de fazla, Na, K ve Ca’da orta derecede tükenme gözlenmiştir. Al, Si, Ti, Fe ve S ise ÜKK’ya göre zenginleşmiştir (Tablo 4.7; Şekil 4.11).



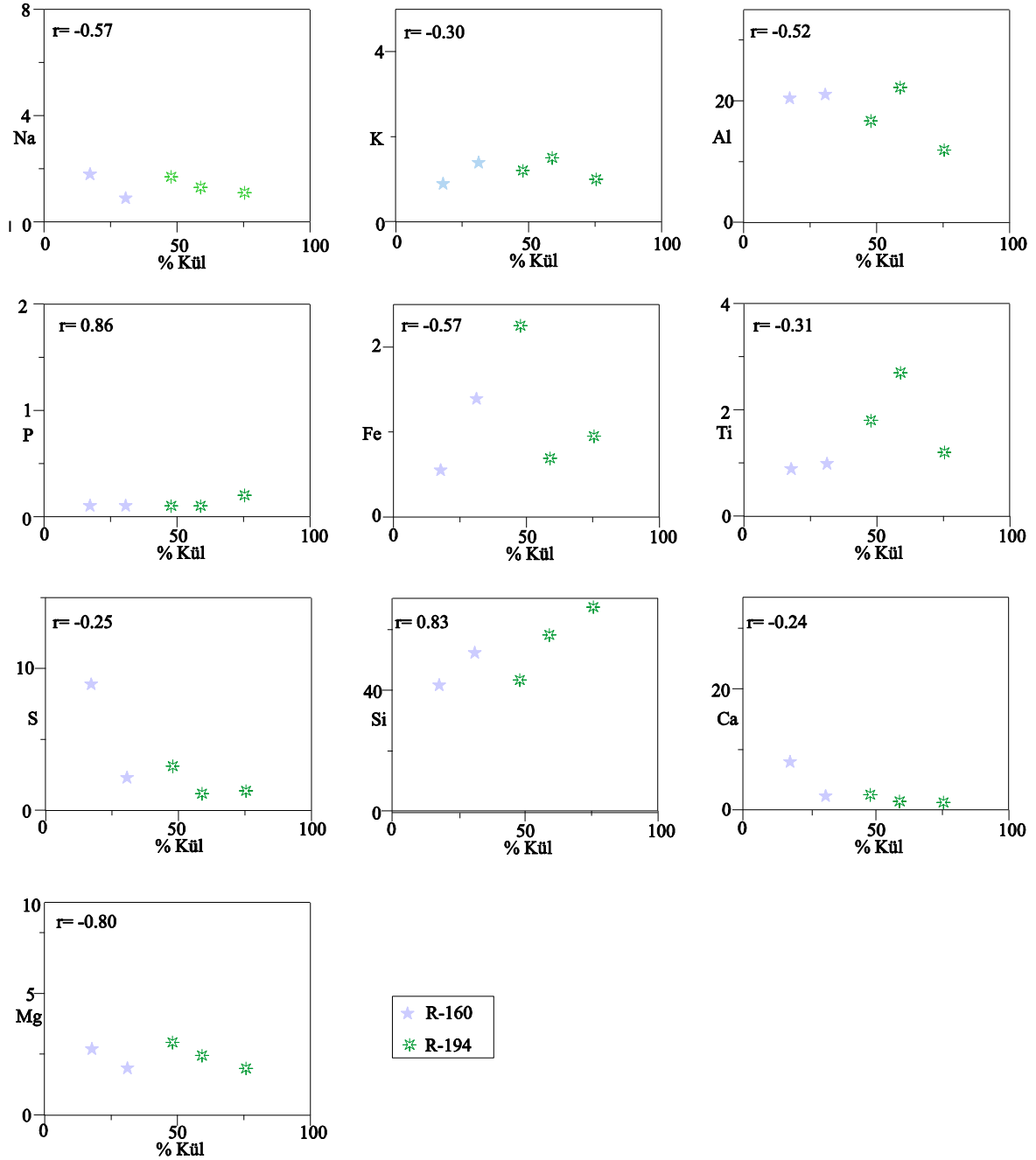
Şekil 4.10. Sevinç yöresi kömür örneklerine ait element içerikleri ile Dünya kömürleri ana element ortalamalarının karşılaştırılması.



Şekil 4.11. Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin ana element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı.

Sevinç yöresi kömür örneklerinin ana element ve kül içerikleri korele edildiğinde (Şekil 4.12), örneklerin kül içeriği Mg ($r=-0.80$, $p<0.05$) ile kuvvetli Na, Fe ($r=-0.57$, $p<0.05$) ve Al ($r=-0.52$, $p<0.05$) ile zayıf ve Ti ($r=-0.31$, $p<0.05$), K ($r=-0.30$, $p<0.05$), S

($r=-0.25$, $p<0.05$) ve Ca ($r=-0.24$, $p<0.05$) ile çok zayıf negatif korelasyon sunduğu görülmektedir. Ayrıca kül ile P ($r=0.86$, $p<0.05$) arasında çok kuvvetli, Si ($r=0.83$, $p<0.05$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon gözlenmektedir.



Şekil 4.12. Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin ana element ve kül içeriğinin korelasyonu.

4.2.3. İz Element

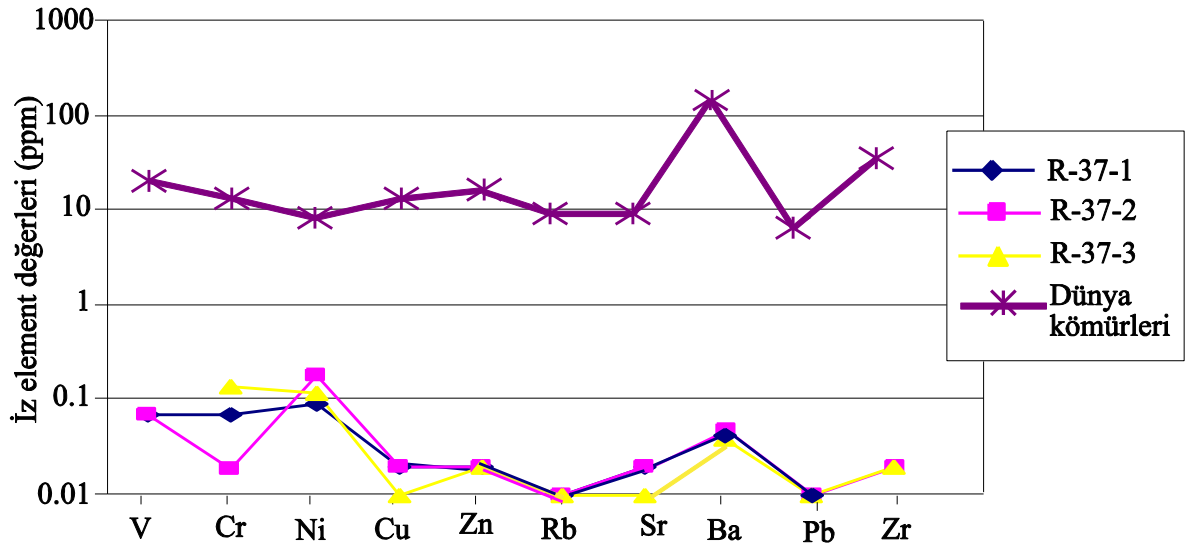
4.2.3.1. Danişment Yöresi

Danişment yöresinden seçilen 3 adet kömür örneğinin iz element analiz sonuçları, hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK iz element değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri iz element ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış iz element zenginleşme faktörü (ZF) Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element içeriği (ppm), ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

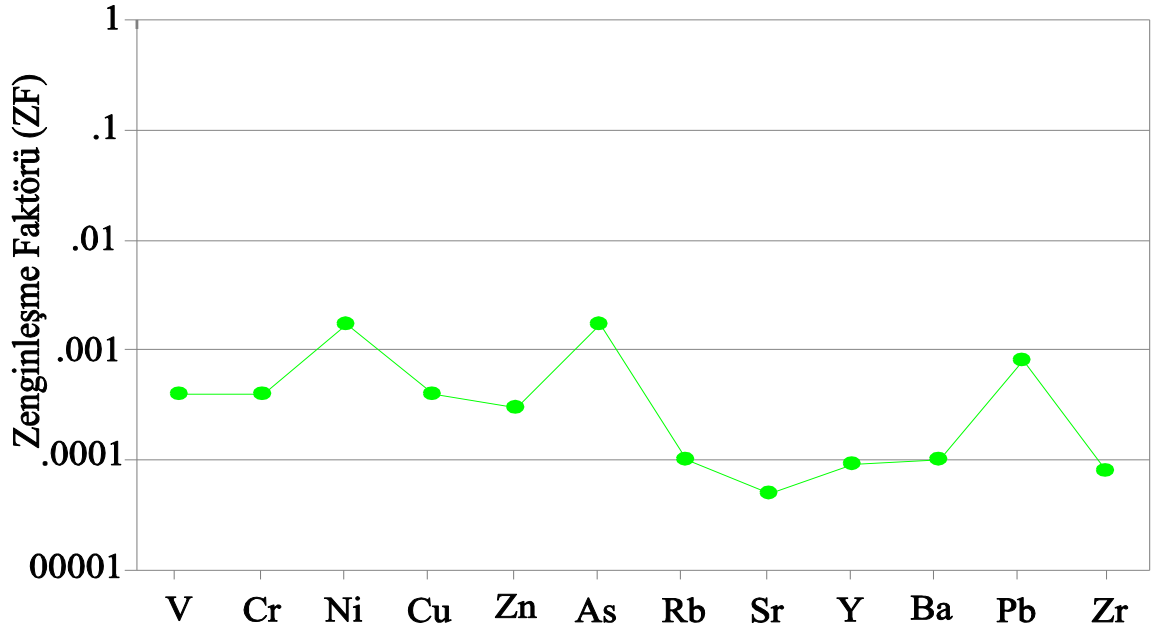
| Örnek no | V (ppm) | Cr (ppm) | Ni (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | Rb (ppm) | Sr (ppm) | Ba (ppm) | Pb (ppm) | Zr (ppm) |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-37-01 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | <0.01 |
| R-37-02 | 0.07 | 0.02 | 0.18 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 |
| R-37-03 | <0.01 | 0.14 | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.02 |
| Ortalama | 0.07 | 0.08 | 0.13 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 |
| ÜKK | 135 | 200 | 75 | 55 | 70 | 90 | 375 | 425 | 12.5 | 165 |
| Dünya kömürleri | 22 | 15 | 9 | 15 | 18 | 10 | 10 | 150 | 6.6 | 345 |
| ZF | .2 | .0004 | .002 | .0004 | .0003 | .0001 | .00005 | .0001 | .0008 | .0001 |

Danişment yöresi kömür örneklerinin iz element içerikleri V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb ve Zr olarak tespit edilmiştir. Kömürlerin ortalama V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb ve Zr değerleri sırasıyla 0.07 ppm, 0.08 ppm, 0.13 ppm, 0.02 ppm, 0.02 ppm, 0.01 ppm, 0.02 ppm, 0.05 ppm, 0.01 ppm ve 0.02 ppm olarak hesaplanmıştır. Yöreye ait iz element dağılımı yaklaşık olarak Dünya kömürleri ortalaması dağılımına benzerdir (Ni hariç), ancak Dünya kömürlerine göre kat kat tükenmiştir (Şekil 4.13; Tablo 4.8).



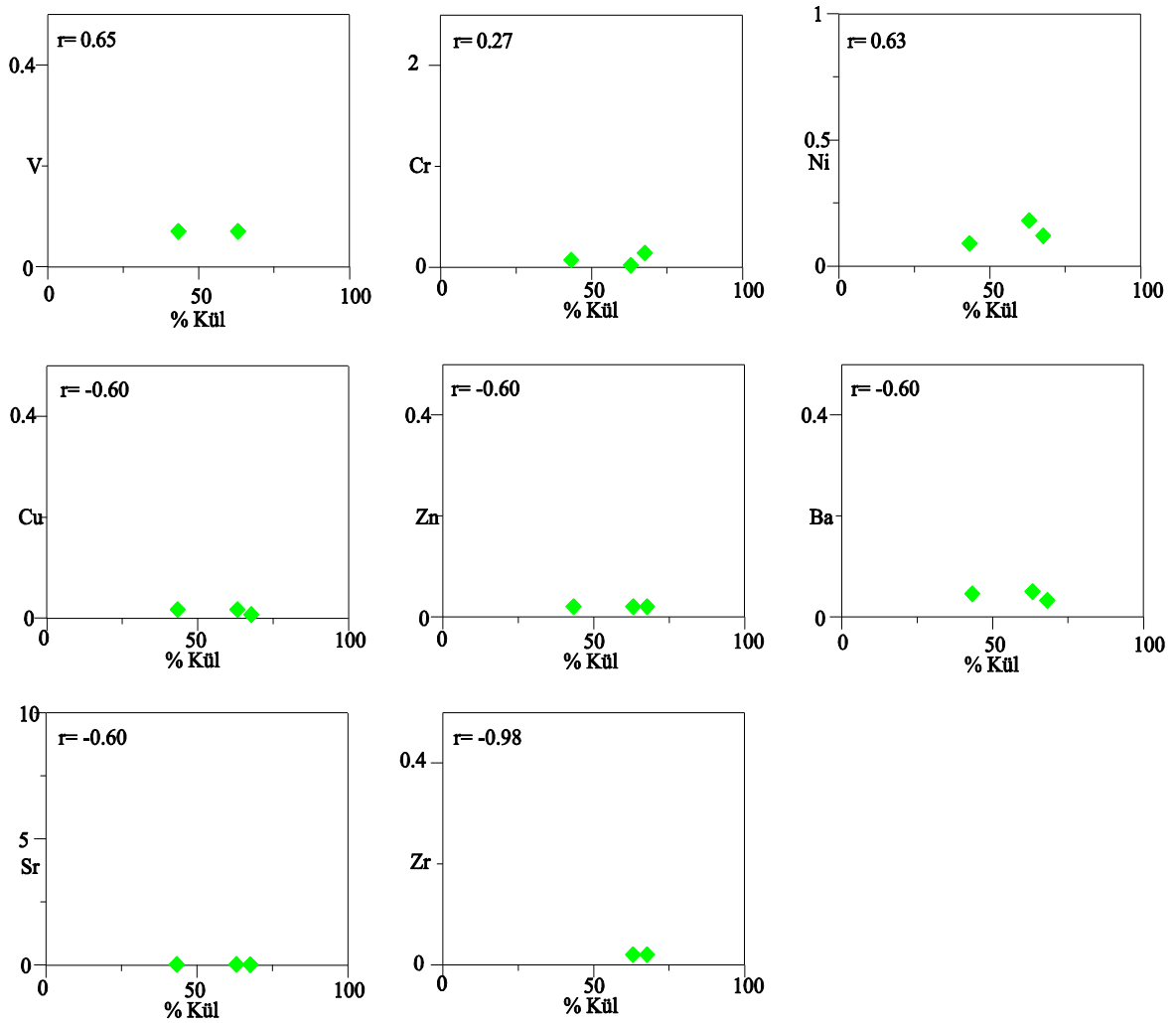
Şekil 4.13. Danişment yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması.

Yöre ait kömürlerin zenginleşme faktörü değerlerine göre en fazla Sr olmak üzere bütün iz elementlerde kıtasal kabuğa göre aşırı tükenme söz konusudur (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Danişment yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı.

Danişment kömür örneklerinin iz element ve kül içerikleri arasındaki ilişki Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Kül ile Zr arasında çok kuvvetli negatif korelasyon ($r = -0.98$, $p < 0.05$), Cu, Zn, Sr ve Ba arasında kuvvetli negatif korelasyon ($r = -0.60$, $p < 0.05$) söz konusudur. Kül, V ve Ni ile kuvvetli pozitif korelasyon (Sırasıyla $r = 0.65$ ve $r = 0.63$, $p < 0.05$) gösterirken, Cr ile çok zayıf pozitif korelasyon ($r = 0.27$, $p < 0.05$) (Şekil 4.15) göstermektedir.



Şekil 4.15. Danişment yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kül içeriğinin korelasyonu.

4.2.3.2. Çavlum Yöresi

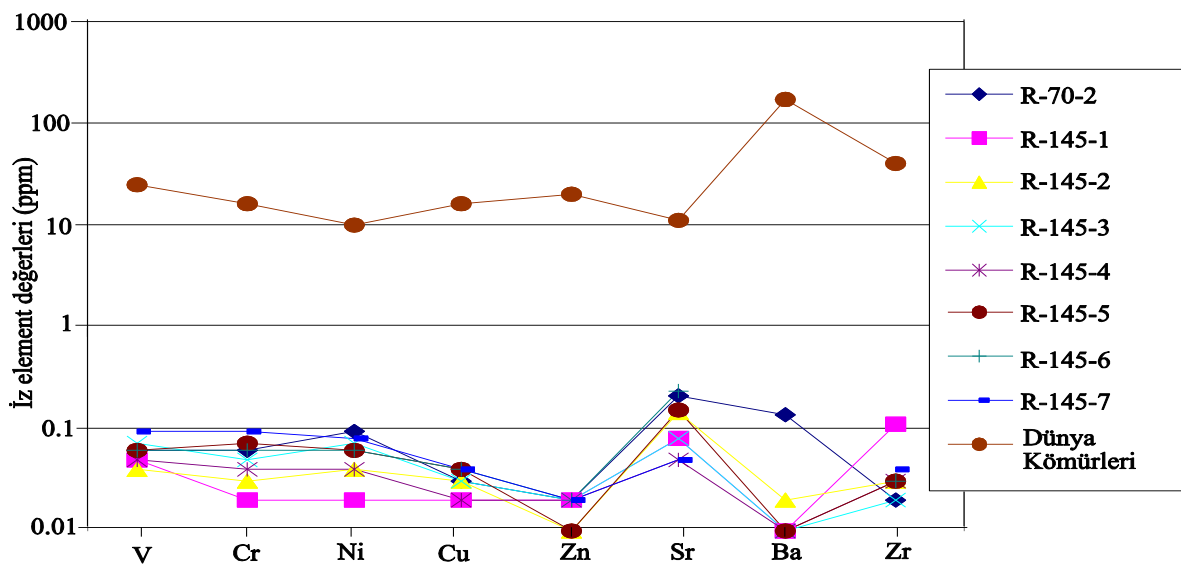
Tez kapsamında Çavlum yöresi R-70 sondajına ait 1 ve R-145 sondajına ait 7 adet kömür örneğinin iz element içerikleri, hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK iz element

değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri iz element ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış iz element zenginleşme faktörü (ZF) Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. Çavlum yöresi R-70 ve R-145 sondajından alınan kömür örneklerinin iz element içeriği, ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

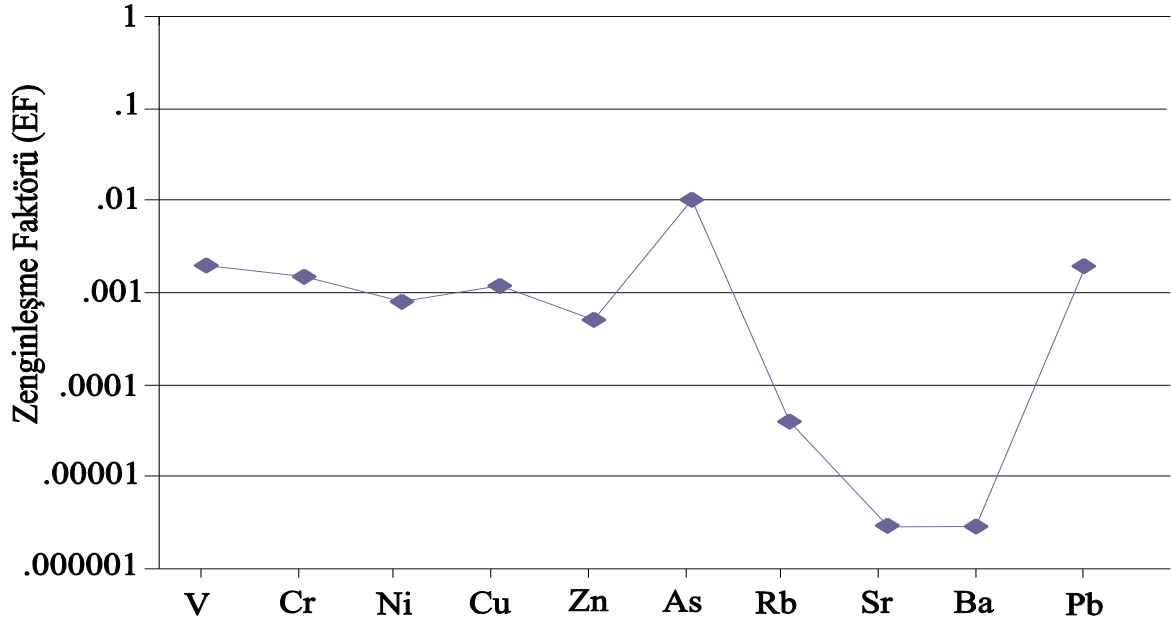
| Örnek No | V (ppm) | Cr (ppm) | Ni (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | Sr (ppm) | Ba (ppm) | Zr (ppm) |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-70-02 | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.03 | 0.02 | 0.20 | 0.13 | 0.02 |
| R-145-01 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.01 | 0.11 |
| R-145-02 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.14 | 0.02 | 0.03 |
| R-145-03 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.08 | 0.01 | 0.02 |
| R-145-04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.03 |
| R-145-05 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.01 | 0.15 | 0.01 | 0.03 |
| R-145-06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.23 | <0.01 | 0.03 |
| R-145-07 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | <0.01 | 0.04 |
| Ortalama | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.14 | 0.03 | 0.04 |
| ÜKK | 135 | 200 | 75 | 55 | 70 | 375 | 425 | 165 |
| Dünya kömürleri | 22 | 15 | 9 | 15 | 18 | 10 | 150 | 35 |
| ZF | 0.0005 | 0.0003 | 0.0009 | 0.0007 | 0.00002 | 0.00004 | 0.00007 | 0.0002 |

Yöreyle ait kömürlerin V, Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba ve Zr element içeriklerinin ortalama değerleri sırasıyla 0.07 ppm, 0.06 ppm, 0.07 ppm, 0.04 ppm, 0.02 ppm, 0.14 ppm, 0.03 ppm ve 0.04 ppm olarak hesaplanmıştır. Söz konusu kömürlerin iz element içerikleri Dünya kömürleri iz element ortalamasına göre çok fazla tükenmiş, bununla beraber dağılım olarak da herhangi bir benzerlik göstermemektedir (Şekil 4.16).



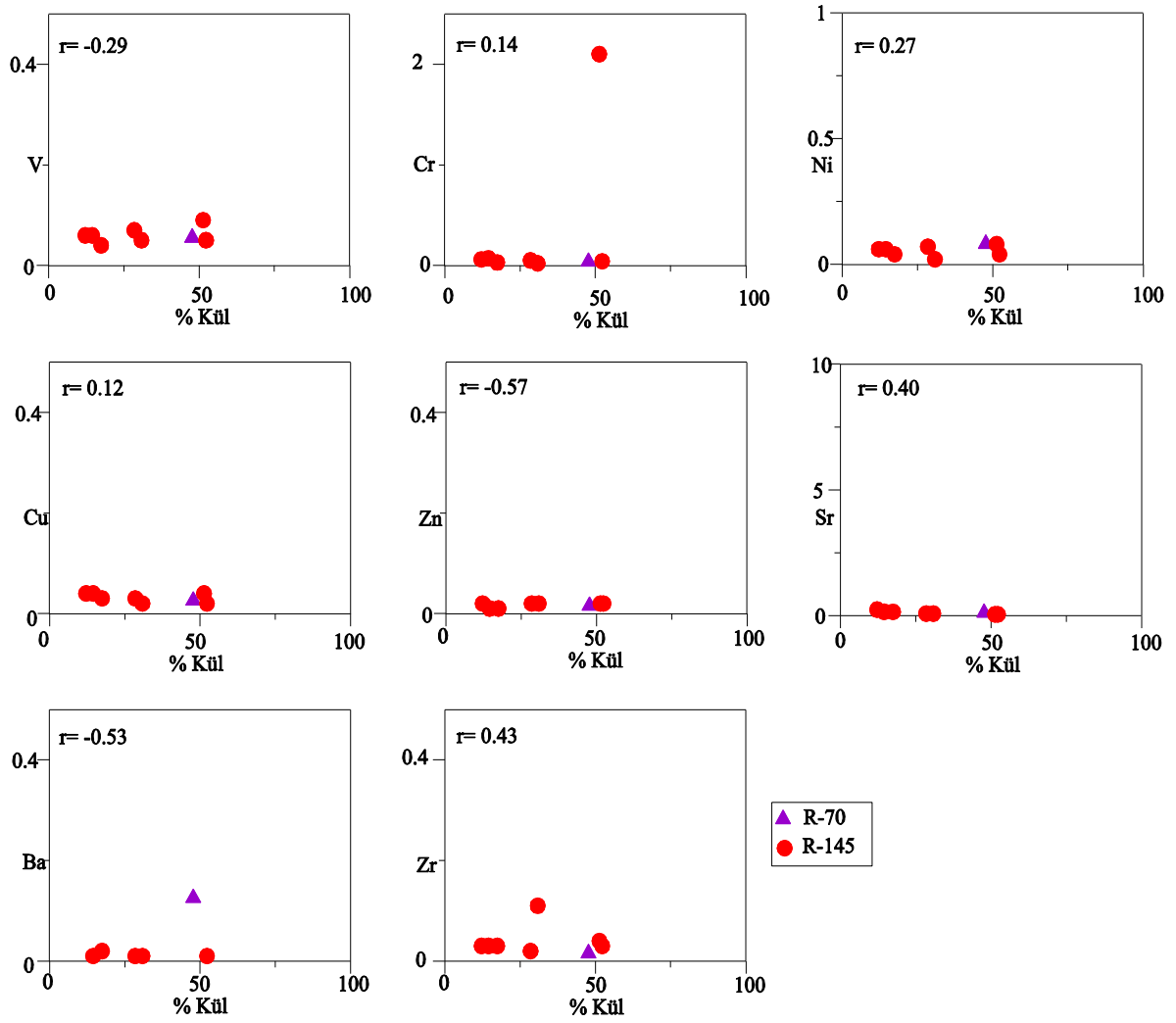
Şekil 4.16. Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması

Çavlum yöresine ait kömür örneklerin zenginleşme faktörüne bakıldığında; en fazla tükenme Sr ve Ba'da olmak üzere analiz edilen bütün iz elementler de oldukça tükenme olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı.

Çavlum yöresi kömürlerinin iz element ve kül içeriklerinin korelasyonu Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Kül ile Zn, Ba ve Zr arasında zayıf negatif korelasyon (sırasıyla $r = -0.57$, $r = -0.53$ ve $r = -0.43$, $p < 0.05$), V ile çok zayıf negatif korelasyon ($r = -0.29$, $P < 0.05$) görülmektedir. Kül, Sr ile zayıf pozitif korelasyon ($r = 0.40$, $p < 0.05$), Ni ile çok zayıf pozitif korelasyon ($r = 0.27$, $p < 0.05$) gösterirken, kül ile Cr ve Cu arasında herhangi bir ilişki gözlenmemektedir.



Şekil 4.18. Çavlum yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kül içeriğinin korelasyonu.

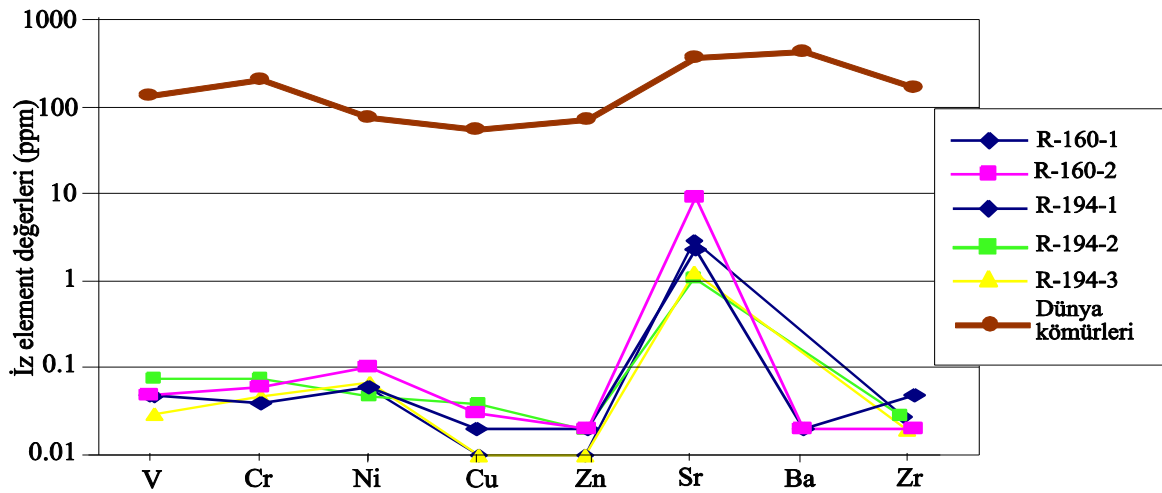
4.2.3.3. Sevinç Yöresi

Sevinç yöresine ait R-160 sondajından 2, R-194 sondajından 3 olmak üzere toplam 5 kömür örneğinin iz element analiz sonuçları, hesaplanmış ortalama değerleri, ÜKK değerleri (Taylor, 1964), Dünya kömürleri ortalama değerleri (Finkelman, 1993) ve hesaplanmış iz element zenginleşme faktörü (ZF) Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajından alınan kömür örneklerinin iz element içeriği, ÜKK iz element içeriği, Dünya kömürleri iz element ortalaması ve hesaplanmış ZF değerleri

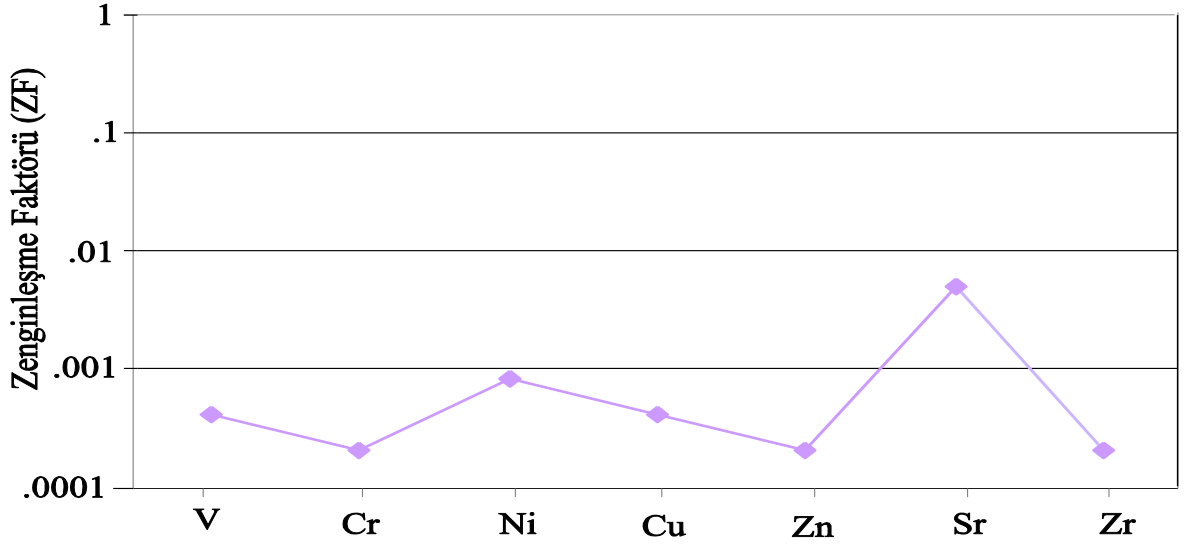
| Örnek no | V (ppm) | Cr (ppm) | Ni (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | Sr (ppm) | Ba (ppm) | Zr (ppm) |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-160-01 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 2.28 | 0.02 | 0.05 |
| R-160-02 | 0.05 | 0.06 | 0.10 | 0.03 | 0.02 | 8.87 | 0.02 | 0.02 |
| R-194-01 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 3.11 | - | 0.03 |
| R-194-02 | 0.08 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 1.17 | - | 0.04 |
| R-194-03 | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 1.36 | - | 0.02 |
| Ortalama | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.02 | 0.02 | 3.36 | 0.02 | 0.03 |
| ÜKK | 135 | 200 | 75 | 55 | 70 | 375 | 425 | 165 |
| Dünya kömürleri | 22 | 15 | 9 | 15 | 18 | 10 | 150 | 35 |
| ZF | 0.0004 | 0.0003 | 0.0012 | 0.0006 | 0.0003 | 0.015 | 0.00003 | 0.0002 |

Söz konusu yöreye ait kömür örneklerinin önemli iz element içerikleri V, Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba ve Zr olarak tespit edilmiştir. Bu elementlerin ortalama değerleri sırasıyla 0.05 ppm, 0.06 ppm, 0.07 ppm, 0.02 ppm, 0.02 ppm, 3.36 ppm, 0.02 ppm ve 0.03 ppm olarak hesaplanmıştır. Analiz edilen kömür örneklerinin iz element içerikleri, Dünya kömürleri iz element ortalaması ile kıyaslandığında; Sr'nin daha az, diğerlerinin ise oldukça tükendiği gözlenmektedir (Şekil 4.19).



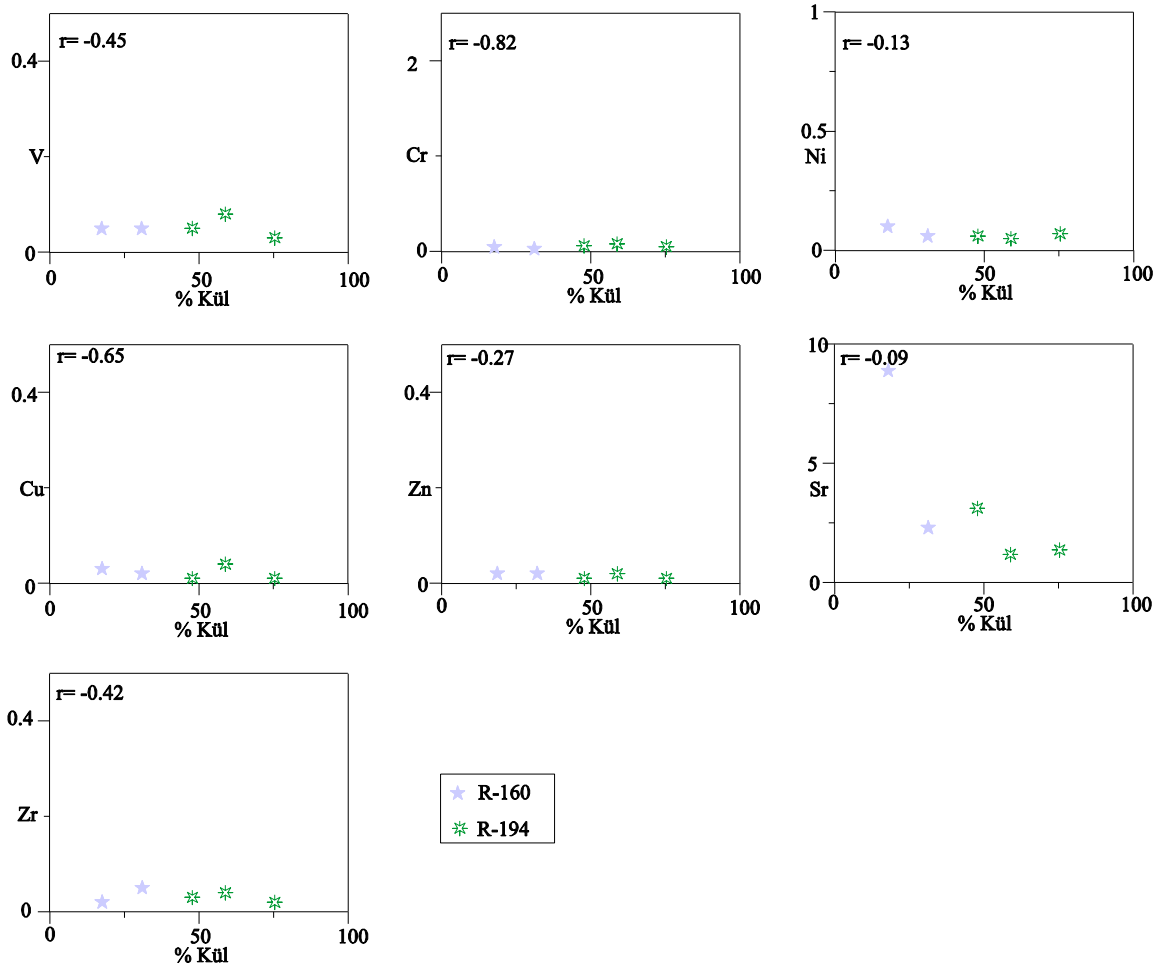
Şekil 4.19. Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element ortalaması ile karşılaştırılması.

Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin zenginleşme faktörüne bakıldığında; analiz edilen bütün iz element de tükenme söz konusudur, fakat Sr'deki tükenme nispeten daha azdır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Sevinç yöresine ait kömür örneklerinin iz element içerikleri için zenginleşme faktör diyagramı.

Yöre ait kömür örneklerinin iz element ve kül içeriklerinin korelasyonu Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Kül ile Cr ($r = -0.82$, $p < 0.05$) ve Cu ($r = -0.65$, $p < 0.05$) arasında kuvvetli negatif korelasyon, V ($r = -0.45$, $p < 0.05$) arasında zayıf negatif korelasyon ve Zn ($r = -0.27$, $p < 0.05$) arasında çok zayıf negatif korelasyon gözlenmektedir. Kömür örneklerinin kül içeriği Zr ($r = 0.42$, $p < 0.05$) ile zayıf pozitif korelasyon gösterirken, Sr ve Ni ile herhangi bir ilişki göstermemektedir.



Şekil 4.21. Sevinç yöresinden alınan kömür örneklerinin iz element ve kl içeriğinin korelasyonu.

5. İRDELEME

5.1. Giriş

Kömürlerdeki elementler organik madde ve/veya mineral maddeden türemektedir. Organik madde ve mineral madde içeriği bir kömürden diğerine farklılık göstermektedir. Kül içeriği düşük olan kömürlerin element içeriği çoğunlukla organik kökenlidir (Swaine, 1995). Başka bir deyişle, organik madde ile ilişkili elementlerce zengin olan kömürlerin kül içeriği düşüktür (yaklaşık % 5) (Finkelman, 1982). Kül içeriği yüksek olan kömürlerde organik kökenli elementlerin miktarı azalırken, inorganik kökenli elementlerin miktarı artmaktadır (Nicholls, 1968; Song vd., 2007).

5.2. Danışiment Yöresi

Yöreeye ait kömür örneklerinin kül içeriği % 43.26 - % 67.65 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). En düşük kül içeriği R-37-1 örneğine, en yüksek kül içeriği R-37-3 örneğine aittir. R-37-1 örneğinin Na, Mg, K, Ca, ve S içeriği R-37-3 örneğine göre daha yüksek, Al, Si, Fe ve Ti içeriği ise daha düşüktür. P, analiz edilen örneklerde aynı değere sahiptir (Tablo 4.5). Yöreeye ait kömür örneklerinin kül içeriği ile Na, K, Ca, Mg ve S içeriği arasında ki negatif korelasyon (Şekil 4.6), bu elementlerin organik kökenli olduklarını göstermektedir. Örneklerin kül içeriği ile Al, Fe, Si ve Ti arasında ki pozitif korelasyon (Şekil 4.6) ise bu elementlerin mineral madde ile ilişkili olduklarını gösterir. Al ve Ti, yaygınca kil minerallerinde ve feldispatda, Si hem kil minerallerinde hem de silikat minerallerinde ve Fe'de genellikle piritde bulunur. Dolayısıyla bu elementlerin, kül içeriği ile pozitif korelasyon göstermesi beklenen bir durumdur. Na ve K daha çok kil minerallerinde ve feldispatta, Ca ve Mg de karbonatlarda bulunmaktadır. Fakat Finkelman (1994) tarafından Ca'nın, Kortenski ve Stirov (2002) tarafından da Mg'nin mineral maddelerde bulunmakla beraber daha az oranda organik maddede bulunduğu ifade edilmiştir. Yossifova vd., (2011), Na'un organik maddede bol olduğunu belirtmiştir. K'un hayvan hücrelerinde var olduğu ve S'de hem organik hem de inorganik madde de bulunduğu bilinmektedir.

Dünya kömürleri ana elementlerine kıyasla, Danışiment yöresine ait kömürlerin ana element içeriklerinde zenginleşme söz konusudur. Ayrıca, Mg, Si, Al, Ti, Fe ve S

elementlerinin zenginleşme değerleri (üst kıtasal kabuğa göre) yüksektir. Bu durum, Danişment yöresi kömürlerinin düşük ranklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Danişment yöresi kömürlerine ait üç örneğin iz element (V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb, Zr) değerleri birbirine oldukça yakın ve hatta bazıları (V, Rb, Pb, Zr) eşittir (Tablo 4.8). Söz konusu örneklerin kül içeriği ile Zr, Cu, Zn, Sr ve Ba arasında önemli negatif korelasyon (Şekil 4.15), bu elementlerin organik birlikteliğini gösterir. İncelenen örneklerin kül içeriğinin V, Ni ve Cr ile pozitif korelasyonu (Şekil 4.15), bu elementlerin inorganik kökenden geldiğinin göstergesidir.

Zn, mineral maddede bulunmakla birlikte (Finkelman, 1981; Finkelman, 1995; Orem ve Finkelman, 2003), düşük ranklı kömürlerde organik madde ile birlikteliği de tanımlanmıştır (Zubovic vd., 1960; Finkelman, 1995; Kara-Gulbay ve Korkmaz; 2009). Zr ve Cu'nun organik madde de yaygınca bulunduğu bilinmektedir (Swaine, 1990; Finkelman, 1995; Karayiğit vd., 2000). Sr'un genellikle fosfat ve karbonat minerallerinde bulunduğu ancak, düşük ranklı kömürlerde organik maddeden türediği (Swaine, 1990; Finkelman, 1995; Ward vd., 1999), aynı şekilde Ba'un da düşük ranklı kömürlerde organik kökenli olduğu ifade edilmiştir (Finkelman, 1995). Dolayısıyla Danişment kömürlerinin kül içeriğinin Zr, Cu, Zn, Sr ve Ba elementleri ile negatif ilişki göstermesi bu kömürlerin düşük ranklı olduğunu doğrulamaktadır.

Ni (Swaine, 1990; Orem ve Finkelman, 2003), Cr (Swaine, 1990; Finkelman, 1995; Karayiğit vd., 2000) ve V'un (Finkelman, 1995) kömürlerde, organik madde ile birlikteliği yaygınca gözlenmiştir. Fakat Danişment yöresi kömürlerindeki bu elementler mineral maddeden türemiştir.

Danişment yöresi kömürlerinin iz element içerikleri, Dünya kömürleri iz element içeriklerine göre oldukça tükenmiştir (Şekil 4.13). Özellikle organik kökenli iz elementlerin çok düşük olması, düşük ranklı kömür olmasından kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra aynı kömürlerin iz element zenginleşme değerleri üst kıtasal kabuğa göre oldukça azalmıştır (Şekil 4.14). Bunun nedeni, kömür havzasına volkanik bir kaynaktan malzeme taşınmaması ve buna bağlı olarak da inorganik kökenli iz element içeriğinin düşük olması olabilir (Gayer vd., 1998; Karayiğit vd., 2000).

5.3. Çavlum Yöresi

Çavlum yöresi R-70 sondajına ait örneklerin kül içeriği % 12.44 - % 63.62 arasında değişmektedir (Tablo 4.2). En düşük kül içeriği R-70-6 örneğine, en yüksek kül içeriği ise R-70-4 örneğine aittir. R-145 sondajına ait örneklerin kül içeriği ise % 12.14 - % 51.27 arasında değişmektedir (Tablo 4.3). En düşük kül içeriği R-145-6 örneğine, en yüksek kül içeriği ise R-145-7 örneğine aittir. R-70 sondajından R-70-2 ve R-70-6 örneklerinin ana element içeriği ölçülmüştür. R-70-2 örneğinin kül içeriği R-70-6 örneğine göre daha yüksektir ve aynı örneğin Al, Si, Ti ve Fe içeriği de R-70-6 örneğine kıyasla daha yüksek, Na, Mg, K, Ca ve S değerleri ise daha düşüktür. R-145 sondajına ait örneklerde en yüksek Na, Ca, Fe ve S değerleri ve en düşük Al ve Si değerleri R-145-6 örneğine aittir. En yüksek Si, K ve Ti değerleri ile en düşük S değeri R-145-7 örneğine aittir (Tablo 4.6). Çavlum yöresi kömür örneklerinin kül içeriği ile S, Ca, Mg, Na, Fe ve P arasında negatif korelasyon olması (Şekil 4.9), bu elementlerin organik madde ile birlikteliğini göstermektedir. Söz konusu kömürlerin kül içeriğinin Si, Al, Ti ve K ile pozitif ilişki göstermesi bu elementlerin mineral maddeden türediğinin göstergesidir.

Yukarıda açıklandığı gibi, S, Ca, Mg ve Na organik birlikteliği olabilen elementlerdir. Ancak Fe ve P genellikle inorganik kökenlidir. Fakat, daha önceki çalışmalarda bu elementlerin zaman zaman orta derecede organik birliktelik gösterdiği ortaya konulmuştur (Gluskoter vd., 1977; Kuhn vd., 1980; Querol vd., 1992; Kortenski ve Sotirov, 2002; Dai vd., 2005). Dolayısıyla incelenen kömür örneklerinin kül içeriğinin Si, Al, Ti, ve K elementleri ile pozitif ve S, Ca, Mg ve Na, Fe ve P ile negatif korelasyon göstermesi beklenen bir durumdur.

Çavlum yöresi kömürlerinin ana element içeriğinin hem Dünya kömürleri ana element ortalamasına göre zenginleşmiştir (Şekil 4.7), hem de zenginleşme faktörü değerleri (üst kıtasal kabuğa göre) (P ve K hariç) yüksektir (Şekil 4.8). Genellikle düşük ranklı kömürlerde bu durum söz konusu olabilir.

Çavlum yöresi R-70 sondajından R-70-2 örneğinin ve R-145 sondajından 7 örneğin iz element içeriği ölçülmüştür (Tablo 4.9). Örneklerin iz element değerleri birbirine oldukça yakındır. Bu örneklerin kül içeriği ile Zn, Ba, Zr ve V arasında negatif korelasyon gözlenirken, Sr ve Ni arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.18). Kömür örneklerinin kül içeriği ile Cu ve Cr arasında herhangi bir ilişki yoktur. Dolayısıyla Çavlum yöresindeki kömürlerin Zn, Ba, Zr, V, Cr ve Cu elementleri organik bağlı, Sr ve

Ni ise mineral madde bağı elementlerdir. Zn ve Ba, daha çok düşük ranklı kömürlerde organik birliktelik gösterir. Zr, V, C ve Cu hem organik hem de inorganik kökenden gelebilir. Dolayısıyla kömürlerin kül içeriğinin bu elementlerle negatif ilişki göstermesi olağandır. Sr ve Ni elementleri mineral maddede bulunan minerallerdir. Kömür örneklerinin kül içeriğinin bu elementlerle pozitif korelasyon göstermesi doğaldır.

Çavlum yöresine ait kömür örneklerinin iz element içeriklerinin Dünya kömürleri iz element içeriklerine göre çok tükenmiş olması (Şekil 4.16), bu kömürlerin düşük ranklı olmasının bir sonucu olabilir. Aynı kömürlerin iz element zenginleşme değerlerinin (Üst kıtasal kabuğa göre) çok tükenmiş olması (Şekil 4.17), bu kömürlerin volkanik kaynaktan malzeme almamış (Gayer vd., 1998; Karayığit vd., 2000) olma ihtimalini akla getirmektedir.

5.4. Sevinç Yöresi

Sevinç yöresi R-160 sondajına ait kömür örneklerinin kül içeriği % 26.02 - % 60.17 arasında değişmektedir (Tablo 4.4). Kül içeriği daha düşük olan R-160-2 nolu örneğin Na, Mg, Ca, ve S değerleri R-160-1 nolu örneğe göre daha yüksek, Al, Si, K, Fe ve Ti değerleri daha düşüktür. Her iki örnek de eşit oranda P değerine sahiptir (Tablo 4.7). R-194 sondajına ait kömür örneklerinin kül içeriği % 47.80 - % 75.03 arasında değişmektedir (Tablo 4.4). En düşük kül içeriği R-194-1 örneğine, en yüksek kül içeriği R-194-3 örneğine aittir. R-194-1 örneğinin Na, Mg, Ca, K, Ti, Fe ve S içeriği, R-194-3 örneğine göre daha yüksek, Al, Si, Mn ve P içeriği ise daha düşüktür. Kül içeriği bu iki örnek arasında kalan R-194-2 örneği en yüksek Al ve Ti değerine sahiptir. İncelenen kömür örneklerinin kül içeriği ile Na, Mg, Fe, Al, Ti ve K arasında negatif korelasyon, Si ve P arasında ise önemli pozitif korelasyon gözlenmektedir (Şekil 4.12). Dolayısıyla, Na, Mg, Fe, Al, Ti ve K organik madde, Si ve P'de mineral maddeden türemiştir. Sevinç yöresi kömürlerinin kül içeriği ile ana element arasındaki ilişki de diğer yörelerin (Danişment ve Çavlum) kömürlerine göre farklılık görülmektedir. Danişment ve Çavlum kömürlerinin kül içeriği ile Al ve Ti arasında pozitif korelasyon gözlenirken, Sevinç yöresi kömürlerinde adı geçen elementlerle kül içeriği arasında negatif ilişki mevcuttur. Dolayısıyla buraya kadar, Al ve Ti'nin mineral maddeden kömürlere katıldığı anlatılmıştı. Yossifova vd., (2011) organik maddenin, bataklıklarda Ti oranını arttırdığını ifade etmişlerdir. Buna bağlı olarak, Sevinç yöresi kömürlerin kül içeriğinin Ti ile negatif ilişki göstermesi beklenen bir durumdur.

Fakat, mineral maddelerde (genellikle kil mineralleri ve feldispatlar) yaygın olarak bulunan Al ile söz konusu kömürlerin kül içeriği arasında negatif korelasyon gözlenmesi şaşırtıcıdır ve gelecekte araştırılması gereken bir durumdur.

Sevinç yöresi kömürlerin ana element içeriği Dünya kömürleri ortalamasına göre zenginleşme göstermektedir (Şekil 4.10). Çalışılan kömür örneklerinin Al, Si, Ti, Fe ve S elementlerinin zenginleşme değerleri (üst kıtasal kabuğa göre) yüksek, Na, P, K, Ca ve Mn'nin zenginleşme değerleri düşük, Mg ise üst kıtasal kabukla aynı değeri göstermiştir (Şekil 4.11). Söz konusu kömürlerin düşük ranklı olması, ana element içeriğini bu denli yükseltmiş olabilir.

Sevinç yöresi R-160 ve R-194 sondajlarına ait kömür örneklerinin V, Cr, Ni, Cu, Zn ve Zr gibi iz element içerikleri benzerlik göstermektedir, Buna rağmen Sr içeriği bütün örneklerde yüksek değer kaydetmiştir (En yüksek değer R-160-2 nolu örnekte ölçülmüştür) (Tablo 4.10). Bu kömürlerin kül içeriği ile Cu, Cr, V ve Zn arasında negatif korelasyon, Zr ile pozitif korelasyon gözlenmektedir (Şekil 4.21). Buna bağlı olarak söz konusu kömürlerin içermiş olduğu Cu, Cr, V ve Zn elementlerinin organik kaynaklı, Zr'nin ise mineral madde kaynaklı olduğu söylenebilir. Cu, Cr, V, Zn ve Zr kömürlerde hem inorganik hem de organik kaynaklı olduğu yukarıda belirtilmişti. Dolayısıyla Sevinç yöresi kömürlerinin kül içeriğinin Cu, Cr, V ve Zn ile negatif ilişki ve Zr ile de pozitif ilişki göstermesi olağan bir durumdur.

Sevinç yöresi kömürlerinin iz element içerikleri, Dünya kömürleri iz element içeriklerine göre oldukça tükenmiştir (Sr, nispeten daha az tükenmiş) (Şekil 4.19). Özellikle organik kökenli iz elementlerin çok düşük olması yada kömür içinde ölçülmemiş olması, düşük ranklı kömür olmasından kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra aynı kömürlerin iz element zenginleşme değerleri (üst kıtasal kabuğa göre) kat kat tükenmiştir (Şekil 4.20). Bunun nedeni, kömür havzasına volkanik bir kaynaktan malzeme taşınmaması ve buna bağlı olarak da inorganik kökenli iz element içeriğinin düşük olmuş olması olabilir (Gayer vd., 1998; Karayığıt vd., 2000).

6. SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1- Çalışmanın amacına uygun olarak Alpu kömür sahasında toplam derinliği 2009.60 m olan 5 (R-37, R-70, R-145, R-160, R-194) adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajlarla kömürlü zon alt damar ve üst damar olmak üzere iki damar halinde tespit edilmiştir. Bu kömür damarlarından toplanan toplam 22 adet kömür örneğinin yaklaşık analizi yapılmıştır. Tez kapsamında yapılan element analizi sonucunda, 17 adet kömür örneğinin ana element içeriği, 16 adet kömür örneğinin ise bazı iz element içerikleri tespit edilmiştir.

2- R-37, R-70, R-145, R-160 ve R-194 sondajlarına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda, ortalama toplam nem içerikleri, sırasıyla % 3.8, % 6.8, % 9.1, % 9.57 ve % 4.78, ortalama kül içerikleri, sırasıyla %59.97, % 39.8, % 29.5, % 43.1 ve % 60.66 olarak saptanmıştır. Havada kuru bazda, ortalama uçucu madde miktarı R-37 sondajı için % 23.69, R-70 sondajı için % 30.6, R-145 sondajı için % 34.5, R-160 sondajı için % 28.4, R-194 sondajı için % 24.51 olarak tesbit edilmiştir. Havada kuru bazda, ortalama sabit karbon ve toplam kükürt miktarı R-37 sondajı için % 14.54 ve % 0.79, R-70 sondajı için % 22.8 ve % 1.97, R-145 sondajı için % 26.9 ve % 2.75, R-160 sondajı için % 18.94 ve % 4, R-194 sondajı için % 10.05 ve % 3.29 olarak hesaplanmıştır. R-37, R-70, R-145, R-160 ve R-194 sondajlarına ait kömür örneklerinin havada kuru bazda, alt ısıl değerleri sırasıyla 2014 kcal/kg, 3105 kcal/kg, 3783 kcal/kg, 2615 kcal/kg ve 1794 kcal/kg olarak belirlenmiştir. İncelenen kömür örneklerinin ısıl değerleri ile kül içerikleri arasında negatif doğrusal, ısıl değerleri ile sabit karbon değerleri arasında pozitif doğrusal ilişki olduğu tespit edilmiştir.

3- Alpu yöresi Miyosen yaşlı kömürlere ait 17 adet örneğin ana element (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, S) içerikleri belirlenmiştir. Bu kömür örneklerinin ana element içeriklerinin, Dünya kömürleri ana element ortalamasına göre oldukça zenginleşme olduğu saptanmıştır. Çalışma konusunu oluşturan kömürlerin zenginleşme faktör değerleri Mn, P, K ve Ca için <1 olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak üst kıtasal kabuğa göre tükenmiş olduğu, diğer ana elementlerde ise zenginleşme olduğu belirlenmiştir. İncelenen kömür örneklerinin kül içeriğinin Danişment yöresinde Si, Al, Ti ve Fe ile pozitif, Na, K, P, Mg, S ve Ca ile negatif, Çavlum yöresinde K, Al, Ti ve Si ile pozitif, Na, P, Fe, S, Ca, Mg ile

negatif, Sevinç yöresinde ise P, Si ile pozitif, Na, K, Al, Fe, Ti, S, Si, Ca ve Mg ile negatif korelasyon gösterdikleri tespit edilmiştir.

4- İncelenen kömür örneklerinden 16 adedinin bazı iz element V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb ve Zr) içerikleri belirlenmiştir. Söz konusu kömür örneklerinin iz element içeriklerinin, Dünya kömürleri iz element ortalamasına göre çok düşük değerler kaydettiği saptanmıştır. İnceleme alanına ait kömür örneklerinin iz element zenginleşme faktör değerleri <0.01 olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak adı geçen kömür örneklerin iz element içeriklerinin, üst kıtasal kabuğa göre aşırı derecede tükendiği ortaya konulmuştur. Danişment yöresine ait kömür örneklerinin kül içeriğinin Zr, Cu, Zn, Sr ve Ba ile negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiş ve bu bağlamda, bu elementlerin organik kökenden geldiği, diğer elementlerin (V, Ni, Cr) ise inorganik kökenli olduğu saptanmıştır. Çavlum yöresine ait incelenen kömür örneklerinin kül içeriği ile Zn, Ba, Zr ve V arasında negatif korelasyon olduğu ortaya konulmuş, dolayısıyla bu elementlerin organik birliktelik, Si ve Ni elementlerinin ise inorganik birliktelik gösterdikleri belirlenmiştir. Sevinç yöresi kömür örneklerinin kül içeriği, Zr ile pozitif korelasyon, Cu, Cr, V ve Zn ile negatif korelasyon gösterdiği tesbit edilmiş ve adı geçen elementlerden sadece Zr'nin inorganik kökenden geldiği belirlenmiştir.

5- Alpu yöresi Miyosen yaşlı kömürlerin kül ve ana element içeriklerinin yüksek olması ve organik kökenli iz element içeriklerinin düşük olmasından yola çıkarak söz konusu kömürlerin düşük ranklı oldukları tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Bingöl, E., 1968, Contribution a letude geologique de la partie centrale et Sud - Est du massif de Kazdağ (Turquie): Doktora Tezi, Nancy Univ., Fransa, 189 s. (yayımlanmamış).
- Dai, S., Ren, D., Tang, Y., Yue, M., Hao, L., 2005, Concentration and distribution of elements in Late Permian coals from western Guizhou Province, China. *Intl. J. Coal Geol.* 61: 119-137.
- Demiroğlu, M., 2009, Eskişehir-Sivrihisar-Günyüzü Havzası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 197 sayfa (yayımlanmamış).
- Finkelman, R.B., 1981, Modes of occurrence of trace elements in coals, *US Geol. Surv. Open-File Report No OFR-81-99*, 301 p.
- Finkelman, R.B., 1982, The origin, occurrence, and the distribution of the inorganic constituents in low-rank coals. In: *Low-rank Coal Basic Coal Science Workshop*. Schobert, H.H. (ed.), Washington, D.C.: US Dept. Of Energy, pp. 70-89.
- Finkelman, R.B., 1993, Trace and minor elements in coal. In: *Organic Geochemistry*, Engel, M.H., Macko, S. A. (eds), New York, Plenum, pp. 593-607.
- Finkelman, R.B., 1994, Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: Level of confidence, *Fuel Proc. Technol.* 39: 21-34.
- Finkelman, R.B., 1995, Modes of occurrences of environmentally-sensitive trace elements in coal. In: *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Swaine, D. J., Goodarzi, F. (eds), The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 24-44.
- Finkelman, R. B. ve Gross, P. M. K. 1999. The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. *Int. Journal of Coal Geology*, 40, 91-101.
- Fytikas, M., Karydakis, G., Kavouridis, Th., Kolios, N., Vougioukalakis, G., 1989. Geothermal Research on Santorini. In: 'Thera and the Aegean World III', Volume Two: 'Earth Sciences', Proceedings of the Third International Congress. Santorini, Greece, 3-9 September 1989. Publisher: Thera Foundation (1990) ISBN: 0950613371", 241-249.
- Gayer, R. A., Karayiğit, A. I., Goldsmith, S., Onacak, T., Rose, M., 1998, Trace element geochemistry of feed coals, fly and bottom ashes of Turkish power plants: implications for ash utilization. In: *Proceedings of the 8th Australian Coal Science Conference*, December, pp. 339-344.
- Gluskoter, H., Ruch, R., Miller, W., Cahill, R., Dreher, G., Kuhn, J., 1977, Trace elements in coal: occurrence and distribution. *Circular-Illinois State Geological Survey*, 499, 155p.

- Goodarzi, F. ve Swaine, D.J. 1993 Chalcophile elements in western Canadian coals. *Int. Journal of Coal Geology*, 24, 281-292.
- Gözler, Z. Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, J. H., 1997, Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi.
- Hsü K.J., Ryan, W.B.F., and Cita M.B., 1973, Late Miocene desiccation of the mediteranean Nature.242, p.240-244.
- Hower, J. C., Ruppert, L. F. ve Williams, D. A. 2002. Control on born and germanium distribution in the low-sulfur Amos coal bed, Western Kentucky coal field, USA. *Int. Journal of Coal Geology*, 53, 27-42.
- Kara-Gulbay, R., Korkmaz, S., 2009, Trace Elements Geochemistry of the Jurassic Coals in the Feke and Kozan (Adana) Areas, Eastern Taurides, Turkey. *Energy Sources, Part A*, 31: 1315-1328.
- Karayiğit, I. H., Gayer, R. A., Querol, X., and Onacak, T., 2000, Contents of major and trace elements in feed coals from Turkish coal-fired power plants. *Intl. J. Coal Geol.* 44, 169-184.
- Kizilstein, L. Y. ve Kholodkov, Y. I. 1999. Ecologically hazardous elements in coals of the Donets Basin. *Int. Journal of Coal Geology*, 40, 189-197.
- Kortenski, J., Sotirov, A., 2002, Trace and major elements content and distribution in Neogene lignite from the Sofia Basin, Bulgaria. *International Journal of Coal Geology*, 52, 63-82.
- Köksoy, M., 1991, Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi yayını, Ankara
- Kuhn, J. K., Fiene, F.L., Cahill, R. A., Gluskoter, H. J., Shimp, N. F., 1980, Abundance of trace and minor elements in organic and mineral fractions of coal. *Illinois State Geological Survey*, 88, 67p.
- Linyit Sektör Raporu, 2010, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu yayını, Ankara
- Monod, O., Andrieux J., Gautier Y., Kienast, j.R., 1991, Pontides-Torides Relationships in the region of Eskişehir, *Bull. Tech. Univ. İstanbul* vol. 44. pp. 257-278.
- Nicholls, G. D., 1968, The geochemsitry of coal-bearing strata. In: *Coal and Coal Bearing Strata*. Murchison, H. D., Turekian, K. K. (eds.), Edinburg: Oliver and Boyd, pp. 269-307.
- Orem, W. H., Finkelman, R. B., 2003, Coal and geochemistry. In: *Treatise on Geochemistry*, Holland, H. D., Turekian, K. K. (eds.), Amsterdam, Elsevier, pp. 191-222.

- Ölmez, E., 1985, Eskişehir ve Yöresi Jeotermal Enerji Olanakları, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 7798.
- Ren, D., Zhao, F., Wang, Y. ve Yang, S. 1999. Distribution of minor trace elements in Chinese coal. *Int. Journal of Coal Geology*, 40, 109-118.
- Rogers, R. E. 1994. *Coalbed methane; principle and practice*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 345p.
- Rodrigues, C. F. ve Lemos De Sousa, M. J. 2002. The measurement of coal porosity with different gases. *Int. Journal of Coal Geology*, 48, 245-251.
- Querol, X., Fernandez Turtle, J. L., Lopez-Soler, A., Duran, M. E., 1992, Trace elements in high-sulfur sub-bituminous coals of the their bearing during coal combustion. 2nd Report, European Coal and Steel Community Project 7220/ED/014.33p.
- Song, D., Qin, Y., Zhang, J., Wang, W., Zheng, C., 2007, Concentration and distribution of trace elements in some coals from Northern China. *Intl. J. Coal Geol.* 69: 179-191.
- Siyako, F., Coşar, N., Çokyaman, S. ve Coşar, Z., 1991, Bozüyük-İnönü-Eskişehir-Alpu-Beylikova-Sakarya çevresinin Tersiyer Jeolojisi ve Kömür Olanakları. MTA Rapor No. 9281 (yayımlanmamış), Ankara.
- Speight, J. G., 2005, *Handbook of Coal Analysis*. John Wiley and Sons, Inc. publications, 222p.
- Swaine, D. J., 1995, The contents and some related aspects of trace elements in coals. In: *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Swaine, D. J., Goodarzi, F. (eds), London, Kluwer Academic Publishers, pp. 5-19.
- Şengör, A. M. C., and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983, Türkiye'deki Tetisin evrimi ve levha tektoniği açısından bir yaklaşım: Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi, Ankara.
- Şengüler, İ., 2009, Eskişehir Havzasındaki Kömürlerin Kökenine İlişkin Bir Değerlendirme. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 342-343, Ankara.
- Şengüler, İ., 2011, Eskişehir Sivrihisar Havzası Neojen Kompilasyonu ve Kömür Potansiyeli. MTA Rapor No. 993, Ankara.
- Şengüler, İ., Bulut, Y., Usta, K., Sezgin, M., Kırman, E., Tosun, M , Yapıcı, E., Polat, S., Coşar, A., 2011, Eskişehir Alpu Sahasının Stratigrafik Özellikleri ve Kömür Potansiyeli. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 94-95, Ankara.
- Taşkömürü Sektör Raporu, 2012, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü yayını, Ankara

- Taylor, S. R., 1964, Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1273-1285.
- Ünalın, G., 2010. Kömür Jeolojisi, M.T.A. Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- Varol, N.Ö., 1999, Analsim içeren Koyunağılı linyitinin (Miyosen) kimyasal, jeokimyasal ve petrografik özellikleri, Mihalıççık-Eskişehir, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Ens. Ankara, 132 s.
- Ward, C. R., Spears, D. A., Booth, C. A., Staton, I., Gurba, L. W. 1999, Mineral matter and the elements in coal of the Gunnedah Basin, New South Wales, Australia. *Int. J. Coal. Geol.* 40: 231-308.
- Yaltrık, C., 2002, Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, vol. 190, p. 493-530.
- Yerin, Ü. O., 2006, Orhaneli Kömürlerinin Mineralojisi, Petrografisi ve Element İçeriğı, Bursa-Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 71s.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: İ. Ü. Yerbilimleri Dergisi, 1, 1-2, İstanbul.
- Yossifova, M. G., Eskenazy, G. M., Valceva, S. P., 2011, Petrology, mineralogy, and geochemistry of submarine coals and petrified forest in the Sozopol Bay, Bulgaria. *International Journal of Coal Geology*, 87, 212-225.

ÖZGEÇMİŞ

Ejder YAPICI, 12.12.1980'de Batman'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini, Diyarbakır Şehit Polis Mehmet Erçin ilkokulu ve Alıpınar Orta Okulu'nda tamamladı. Diyarbakır Yunus Emre Lisesi'nden 1997 yılında mezun olduktan sonra 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne kayıt yaptırdı. Aynı okuldan 2003 yılında mezun oldu. KPSS ile girdiği MTA Genel Müdürlüğü'nde Jeoloji Mühendisi olarak göreve başladı. Halen MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı'nda AR-GE Planlama İzleme ve Değerlendirme Koordinatörü olarak görev yapmaktadır.

EKLER

Ek-1 R-37 no'lu sondaj logu

Ek-2 R-70 no'lu sondaj logu

Ek-3 R-145 no'lu sondaj logu

Ek-4 R-160 no'lu sondaj logu

Ek-5 R-194 no'lu sondaj logu