

**TEFENNİ (BURDUR) LİNYİTLERİNİN MİNERALOGİK-
PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ VE OLUŞUM
ORTAMLARININ İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF MINERALOGICAL-
PETROGRAPHICAL PROPERTIES AND DEPOSITIONAL
ENVIRONMENT OF THE TEFENNİ (BURDUR)
LIGNITES**

EKİN KARAHAN

PROF. DR ALİ İHSAN KARAYİĞİT

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Canım Aileme...



ÖZET

TEFENNİ (BURDUR) LİNYİTLERİNİN MİNERALOGİK-PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ VE OLUŞUM ORTAMLARININ İNCELENMESİ

Ekin KARAHAN

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT

Haziran 2025, 205 sayfa

Tez çalışması, Burdur il sınırları içinde bulunan Tefenni Havzası içerisindeki kömürlerin mineralojik-petrografik özelliklerinin ve oluşum ortamlarının incelenmesini amaçlamaktadır. Çalışma amacı doğrultusunda tez kapsamında palinolojik, mineralojik, jeokimyasal ve Rock-Eval piroliz analizleri de gerçekleştirilmiştir. İncelenen kömür oluşumları, sondajlı aramalar sonucunda oldukça derin seviyelerde belirlenmiş olup, gölsel fasiyeste gelişmiş birimler içerisinde yer almaktadır. Tefenni Havzası, KD-GB uzanımlı yaklaşık 60 km uzunluğunda ve 10-20 km genişliğindedir. Havza dolgusunu oluşturan çoğunlukla gölsel sedimanter istif içinde tümüyle karotlu yapılmış sondajlardan seçilen dört adet sondajdan 42 (kömür, killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası) ve 4 (iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı) olmak üzere toplam 46 örnek alınmıştır. Ayrıca, dikey yönde litolojik birimlerde bir mineralojik değişimin olup olmadığını görmek amacıyla toplam derinliği yüzeyden itibaren yaklaşık 452 m olan AK-43 no'lu sondajdan da kayaç örneği alınmıştır. AK-44 nolu sondajdan seçilen örnekler üzerinde gerçekleştirilen palinolojik çalışmalarla kömür oluşumlarının, Erken Pliyosen yaşlı olduğu bu çalışma kapsamında ilk kez saptanmıştır. Her dört sondajdan alınan kömür örneklerinde orijinal bazda ağırlıklı ortalama %37,4 toplam nem, havada kuru

bazda (adb) %43,3 uçucu madde, %31,0 kül, %2,66 toplam S, %37,56 toplam C ve 3407 kcal/kg üst ısı değer bulunmuştur. XRD-TK çekimlerine göre incelenen kömür, killi kömür, kömürlü silttaş/kiltaş/şeyl ve karbonlu kiltaş örneklerinin çoğunda kil mineralleri, kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, pirit, feldispat ve çok az örnekte jips ve opal-CT tanımlanmıştır. Tanımlanan bu minerallerin çoğu, AK-43 nolu sondajdan alınan kayaç örneklerinde de belirlenmiştir. İncelenen örneklerin tamamında mineral maddesiz bazda (mmf) en önemli maseral grubunu hüminit oluşturmaktadır. Örneklerde, liptinit ve özellikle inertinit grubu maserallerin hacimsel yüzde oranları ise oldukça düşüktür. Rastgele yüzde ülminit yansıtımalarının ortalama değerleri (%Rr) ve standart sapmaları $0,29 \pm 0,03$ olarak saptanmıştır. Kömür örneklerinde ortalama üst ısı değer ve ortalama ülminit yansıtma değeri kömürleşme derecesinin “linyit” aşamasında olduğunu göstermektedir. Rock-Eval piroliz analiziyle elde edilen Tmax değerleri 421-437 °C arasında değişmektedir. Bu değerler, üst ısı değer ve %Rr sonuçlarıyla uyumluluk göstermekte olup düşük kömürleşme derecesini işaret etmektedir. AK-44 nol’lu sondajdan seçilen kömür ve killi kömür örneklerine ait element analiz sonuçları, Dünya düşük kömürleşme derecesine sahip değerlerle karşılaştırıldığında sadece Ni’de nispi zenginleşme, Ba, Co, Cr, Li, Pb, Se, V ve Zn’de Dünya kömür ortalamasına yakın değerler ve As, B, Cu, Ga, Mo, Rb, Sr, U ve Y de seyrelme gözlenmiştir. Çalışma kapsamında parlak kesitler üzerinde yapılan SEM-EDS çalışmalarıyla XRD-TK’da tanımlanan mineraller dışında mikron büyüklüğünde birçok aksesuar mineraller (örneğin biyotit, sfen, Ti-oksit, ilmenit, Fe-Cr-oksit, F-apatit ve florensit), CaCO₃ bileşimli fosil kavkı parçaları, silika (diatom ve sünger spikülleri?) ve Ca-fosfat bileşimli biyojenik kalıntılar da gözlenmiştir. Bu çalışmada karbonatların ve özellikle piritlerin iz oranda Mn içerdiği belirlenmiştir. Tefenni Havzasında kömür fasiyes, palinoloji ve diatom değerlendirmelerine göre Güneybatı Anadolu’daki Pliyosen yaşlı kömür oluşumlarına benzer şekilde ilksel turbalıkların ağırlıklı olarak nötr-zayıf alkalın koşulların hakim olduğu göl kenarı (limno-telmatik) ve zaman zaman ıslak orman (telmatik) turbalık fasiyes koşullarının geliştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Burdur, Element, Kömür Petrografisi, Linyit, Mineraloji, Palinoloji, Rock-Eval, Tefenni

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MINERALOGICAL-PETROGRAPHICAL PROPERTIES AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF THE TEFENNI (BURDUR) LIGNITES

Ekin KARAHAN

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT

June 2025, 205 pages

This thesis aims to investigate the mineralogical-petrographic properties and formation environments of coals in the Tefenni Basin (Burdur, SW Türkiye). Palynological, mineralogical, geochemical and Rock-Eval pyrolysis analyses were also carried out within the scope of the thesis. The investigated coal seams were cored at the deepest parts of the exploration wells and are located within the lacustrine units. The Tefenni Basin is NE-SW trending and is approximately 60 km long and 10-20 km wide. A total of 46 samples were obtained from four exploration wells, which were collected from the mostly lacustrine sedimentary sequences of the basinal infilling; 42 of them are coal, clayey coal, coaly siltstone/claystone/shale, carbonaceous claystone samples, and 4 of them are clayey limestone containing trace organic matter. In addition, rock samples were obtained from the AK-43 well, which has a total depth of approximately 452 m from beneath the surface, in order to determine the vertical mineralogical distributions. Furthermore, palynological studies were performed on selected samples from the AK-44 well, which firstly identify the Early Pliocene age for coal seams. The weighted means of total moisture on an as-received basis is 37.4%; on an air-dry basis (adb) volatile matter is 43.3%, ash is 31.0%, total S is 2.66%, total C is 37.56% and upper calorific value is 3407 kcal/kg. According

to XRD-whole data, clay minerals, quartz, calcite, aragonite, dolomite, pyrite, and feldspar are detected in most of the coal, clayey coal, coaly siltstone/claystone/shale, and carbonaceous claystone samples, and gypsum and opal-CT were identified in a few samples. The identified minerals were also determined in rock samples examined from the AK-43 well. In all of the examined samples, huminite constitutes the important maceral group on a mineral-free basis (mmf). Liptinite and inertinite display low proportions. The random mean reflectance (%Rr) and standard deviations of ulminite reflectances were measured as $0.29\% \pm 0.03$. The rank of samples are low-rank (lignite) based on average values of gross calorific values and %Rr values of samples. $T_{\max}$ values vary between 421 and 437°C, which are compatible with the rank of the samples and indicate a low degree of coalification. Comparing the elemental compositions of selected coal and clayey coal samples from the AK-44 well with world low-rank coal averages, Ni is the only slightly enriched element, while the averages of Ba, Co, Cr, Li, Pb, Se, V and Zn are close to the world low-rank coal averages. Beside, As, B, Cu, Ga, Mo, Rb, Sr, U and Y are depleted. Within the scope of the study, SEM-EDS studies were performed on selected polished blocks. A part of detected minerals in XRD, several accessory minerals in micron sizes (e.g. biotite, sphene, Ti-oxide, ilmenite, Fe-Cr-oxide, F-apatite and florencite), fossil shell fragments with CaCO_3 composition, silica (diatom and sponge spicules?) and biogenic residues with Ca-phosphate composition were observed. In addition, traceable amounts of Mn were also detected from carbonate minerals and especially pyrite grains. According to coal facies, palynology and diatom studies in the Tefenni Basin, precursor peats were developed under lake-shore (limno-telmatic) and occasionally wet forest (telmatic) mire conditions, where neutral-weak alkaline conditions prevailed, similar to the Pliocene coal formations in Southwestern Anatolia.

Keywords: Burdur, Element, Coal Petrography, Lignite, Mineralogy, Palynology, Rock-Eval, Tefenni

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde 2022-2025 yılları arasında yürütülmüştür.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca sınırsız bilimsel destek sağlayan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT'e,

Alınan kömür örneklerinin palinolojik yaşlandırmalarındaki desteği ve tez çalışmasının geliştirilmesindeki büyük katkısını gördüğüm Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'nden Prof.Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER'e, Rock-Eval analizlerinin yapılmasındaki katkıları nedeniyle Malezya-Malaya Üniversitesi'nden Doç.Dr. Khairul Azlan Bin MUSTAPHA'ya, kömür-kayaç örneklerinin XRD çekimlerindeki mineral tanımlamaları sırasında katkıları nedeniyle Prof.Dr. Abidin TEMEL'e, bilimsel katkıları nedeniyle Prof.Dr. Cem SARAÇ ve tez çalışmalarım sırasında eş danışman gibi destek veren Dr. Öğr. Üyesi Rıza Görkem OSKAY'a, diatom fosillerinin tanımlanmasında ve yaşlandırmasındaki katkıları nedeniyle Üniversitemiz Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof.Dr. Aydın AKBULUT'a

Tefenni Havzasında MTA Genel Müdürlüğü tarafından tümüyle karotlu yapılan beş sondajdan kömür/kayaç örneklemeleri yapılmıştır. Örneklem ve bazı analiz sonuçlarının kullanılmasına izin veren MTA Genel Müdürlüğü'ne, bu kapsamda MTA Genel Müdür Yardımcısı Jeoloji Yük. Müh. Haşim AĞRILI'ya, MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanı Jeoloji Yük. Müh. Ejder YAPICI'ya, Koordinatör Dr. Yılmaz BULUT'a ve Proje Başkanı Jeoloji Müh. Mahir SEZGİN'e,

Tez çalışmaları sırasında gerekli izni sağlayan ve önemli bilgi birikimi edinmemi sağlayan GEOLOG INTERNATIONAL firma yetkililerine,

Yaşamım boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen biricik annem Songül KARAHAN ve babam Niyazi KARAHAN, ikiz kardeşim ve aynı zamanda meslektaşım Yük.Müh. Başak KARAHAN'a

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	6
1.2. Çalışmanın Alanının Tanıtımı	7
2. GENEL BİLGİLER.....	12
2.1. Kömür Oluşumu ve Sınıflandırılması	12
2.2.Önceki Çalışmalar	14
3. JEOLJİ.....	20
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	27
4.1. Materyal	27
4.2. İnceleme Yöntemleri	40
4.2.1. Örneklerin Hazırlanması	40
4.2.2. Makroskobik Tanımlamalar ve Litotipler	41
4.2.3. Kaba Kimyasal (Nem, Kül, Uçucu Madde), Isıl Değer ve Elementer Analizler	
41	
4.2.4. Mineralojik Analizler	42
4.2.5. Jeokimyasal Çalışmalar (Majör Oksit ve İz Element Analizleri)	43
4.2.6. Kömür Petrografisi Çalışmaları	46
4.2.7. Rock-Eval Analizleri.....	49
4.2.8. Palinoloji Çalışmaları.....	50

4.2.9. Diatom Çalışmaları	52
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	54
5.1. Makroskobik Tanımlamalar ve Litotipler.....	54
5.2. Kaba Kimyasal, Isıl Değer ve Elementer Analiz Sonuçları.....	55
5.3. Mineraloji.....	72
5.3.1. Kömür ve Organik Madde İçeren Örneklerin Mineralojisi	74
5.3.2. AK-43 Sondajından Alınan Kayaç Örneklerinin Mineralojisi	78
5.3.3. Seçilen Parlak Kesitler Üzerinde SEM-EDS Analizleri	80
5.4. Jeokimyasal Çalışmalar	115
5.5. Kömür Petrografi Çalışmaları.....	119
5.5.1. Maserale Bileşimi ve Hüminite Yansıması Ölçümleri.....	119
5.5.2. Kömür Fasiyes Analizleri	132
5.5.2. Hüminite Yansımalarının Ölçümü	140
5.6. Rock-Eval Analiz Sonuçları ve Hidrokarbon Üretim Potansiyeli	141
5.7. Palinoloji Çalışmaları	154
5.7.1. AK-44 Sondajının Mikroflorası, Jeolojik Yaş Değerlendirmesi ve Paleortamı	
155	
5.8. Diatom Çalışmaları	163
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	171
6.1. Genel Sonuçlar.....	171
6.2. Öneriler	174
7. KAYNAKLAR	176
ÖZGEÇMİŞ	207

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Birincil enerji arzının kaynaklara göre 2022 yılındaki dağılımı (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022).....	1
Şekil 1.2. Kaynaklara göre birincil enerji tüketiminin 2001 ve 2021 yıllarındaki değişimi (Kömür Sektör Raporu, 2022).....	2
Şekil 1.3. Ülkemiz toplam enerji arzında kaynakların 2000-2020 yılları arasındaki payları (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022).	2
Şekil 1.4. a) Antrasit ve bitümlü kömür rezerv dağılımı, b) Dünya alt bitümlü ve linyit rezerv dağılımı (BP, 2022).	3
Şekil 1.5. a) Ülkelere göre 2020 yılı kömür üretim payları, b) Kömür tüketim payları (Tamzok, 2022).	4
Şekil 1.6. Kömür ihracatında ülke payları (Kömür Sektör Raporu, 2022).	4
Şekil 1.7. Ülkemiz linyit maden sahaları ve rezervleri (enerji.gov.tr).	5
Şekil 1.8. Çalışma alanının yer bulduru haritası (ölçeksiz).....	7
Şekil 1.9. Çalışma alanının Isparta açısı ve Fethiye-Burdur Fay zonu içerisindeki konumu (Tiphaine, 2004).	8
Şekil 1.10. Çalışma alanı ve gerçekleştirilen sondajların Google Earth üzerindeki konumları.	8
Şekil 1.11. Burdur ili madencilik haritası. (MTA).....	10
Şekil 1.12. Burdur ilinde tanımlanmış linyit zuhurlarının lokasyon haritası (MTA Linyit Envanteri, 2015).....	11
Şekil 2.1. ASTM ve ISO Kömür Sınıflaması (Kentucky Geological Survey, Coal Rank, Kentucky Geological Survey, University of Kentucky (uky.edu)).....	13
Şekil 3.1. Tefenni Havzası ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (1/100.000 ölçekli 1/100.000 ölçekli Denizli M23, N23 ve Isparta M24, N24 MTA jeoloji haritalarından basitleştirilerek hazırlanmıştır).	21
Şekil 3.2. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Aksoy ve Aksarı, 2016'dan Türkçeleştirilmiştir).....	22
Şekil 3.3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Aksoy ve Aksarı 2016'dan Türkçeleştirilmiştir).....	24

Şekil 4.1. AK-19A no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.	30
Şekil 4.2. AK-44 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.	31
Şekil 4.3. BK-4 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları..	32
Şekil 4.4. BK-5 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları..	33
Şekil 4.5 AK-43 no'lu sondajdan alınan kayaç örneklerinin sondaj logu üzerindeki konumları.	34
Şekil 4.6. Tez çalışması kapsamında AK-44 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).	35
Şekil 4.7. Tez çalışması kapsamında AK-44 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.	36
Şekil 4.8. Tez çalışması kapsamında BK-4 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).	36
Şekil 4.9. Tez çalışması kapsamında BK-4 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.	37
Şekil 4.10. Tez çalışması kapsamında BK-5 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).	37
Şekil 4.11. Tez çalışması kapsamında BK-5 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.	38
Şekil 4.12. İş akış şeması.	39
Şekil 4.13. Kömürde iz elementlerin bulunuş şekilleri (Clarke ve Sloss, 1992).	45
Şekil 4.14. Kömürlerdeki majör, minör ve iz elementler (HAPs: Hazardous air pollutants elements/ tehlikeli hava kirletici elementler) (https://www.uky.edu/KGS/ coal/coal-major-minor-trace-elements.php)	45
Şekil 5.1. Örneklerin orijinal bazda %toplam nem ve havada kuru bazda (adb) % nem, uçucu madde ve %kül analiz sonuçlarının derinliğe bağlı değişimi.	60
Şekil 5.2. Örneklerin havada kuru bazda (adb) bağlı karbon, üst ısı değer, toplam S ve karbon analiz sonuçlarının derinliğe bağlı değişimi.	63
Şekil 5.3. ASTM D388 (2019) standardına uygun olarak tez kapsamında analiz edilen kömür örneklerinin sınıflandırılması (Hower ve ark., 2022).	68
Şekil 5.4. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül içeriği ile üst ısı değerlerinin karşılaştırılması.	71

Şekil 5.5. Tez kapsamında incelenen örneklerin kuru bazda (db) %kül içeriği ile %toplam karbon değerlerinin karşılaştırılması.	71
Şekil 5.6. İncelenen sondajlardan seçilen temsili örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Arg: aragonit, Cly: kil minerali, Chl: klorit, Cal: kalsit, Dol: dolomit, Fsp: feldispat, Gp: jips, Py: pirit, Qz: kuvars)	77
Şekil 5.7. Tez kapsamında AK-44 no'lu sondajdan seçilen temsili örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Chl: klorit, Cal: kalsit, Py: pirit, Qz: kuvars)	78
Şekil 5.8. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan seçilen temsili kayaç örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Arg: aragonit, Ank: ankerit, Cly: kil minerali, Chl: klorit, Cal: kalsit, Dol: dolomit, Fsp: feldispat, Gp: jips, Ilt/mc: illit/mika, Py: pirit, Qz: kuvars).	79
Şekil 5.9. Tez kapsamında BK5-9 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, alkali feldispat, sünger spikülü (?) ve belirgin olarak C ve O dışında Ca ve S dışında iz oranda Si, Al, Mg ve Na içeren organik madde ve SEM-EDS bileşimi.	81
Şekil 5.10. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, K-feldispat, F-apatit, framboidal pirit ve belirgin olarak C ve O dışında Ca ve S dışında iz oranda Al, Si, Na, ve Mg içeren organik madde ve SEM-EDS bileşimleri.	82
Şekil 5.11. Tez kapsamında BK4-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan CaCO ₃ , silika, framboidal pirit, Na-feldispat, sünger spikülü ve organik madde.	83
Şekil 5.12. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan klorit, pirit, kalsit, alkali feldispat, iz oranda FE ve Ca içeren alkali feldispat ve Ti-içeren biyotit minerali.	84
Şekil 5.13. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan sünger spikülü (?), iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Fe ve Mg içeren kalsit ve simektit (?) minerali ve SEM-EDS bileşimleri.	85
Şekil 5.14. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan diatom, plajiyoklaz, iz oranda Mg içeren kalsit, organik madde ve SEM-EDS bileşimleri.	86

Şekil 5.15. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan pirit, CaCO_3 ve iz oranda Mg ve Fe içeren CaCO_3 ve SEM-EDS bileşimleri.....	87
Şekil 5.16. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Fe ve Mg içeren kalsit, dolomit iz oranda Fe içeren dolomit, illit/mika ve silika bileşimli fosil kavkıları.	88
Şekil 5.17. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, dolomit, silika ve illit/mika mineralleri.....	89
Şekil 5.18. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan organik madde, sünger spikülü (?), alkali feldispat, framboidal pirit, kalsit, dolomit, silika mineralleri.	90
Şekil 5.19. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Fe, Ca, Ba içeren alkali feldispat minerali ve SEM-EDS bileşimi.....	91
Şekil 5.20. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Ca içeren Na-feldispat, silika, kalsit, simektit(?) ve sefen mineralleri ve bunların SEM-EDS bileşimleri.	92
Şekil 5.21. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Fe, Ba, Ca içeren alkali feldispat ve iz oranda K ve Ca içeren Na-feldispat ile bunların SEM-EDS bileşimleri.....	93
Şekil 5.22. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan CaCO_3 , iz oranda Mg ve Sr içeren CaCO_3 ve fosil kavkısı ve bunların SEM-EDS bileşimleri.....	94
Şekil 5.23. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kavkısı, silika ve dolomit minerali ve SEM-EDS bileşimi.....	95
Şekil 5.24. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan mineraller ve SEM-EDS bileşimleri.....	96
Şekil 5.25. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan pirit, Ti-oksit ve iz oranda Fe, Na içeren K-feldispat minerelleri.....	97

Şekil 5.26. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Ca içeren Na-feldispat, illit/miika mineralleri ve diyatom kavkısı.	98
Şekil 5.27. Tez kapsamında BK4-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, kalsit, silika, Fe-içeren Ti-oksit ve Piritleşmiş sübger spikülü (?) oluşumları.	99
Şekil 5.28. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan plajiyoklaz, alkali feldispat, silika, klorit, ilmenit ve sfen mineralleri ve bunların SEM-EDS bileşimleri.	100
Şekil 5.29. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan illit/mika, kalsit, sfen ve iz oranda Mg ve Mn içeren Fe Ti-oksit (ilmenit?) minerali.	101
Şekil 5.30. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, illit/mika, plajiyoklaz ve FeCaAL-silikat minerali ve SEM-EDS bileşimleri.	102
Şekil 5.31. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, kil minerali (simektit?), dolomit ve iz oranda Fe içeren dolomit ve bunların SEM-EDS bileşimleri.	103
Şekil 5.32. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kemik parçası ve BK4-5 nolu örnekte tanımlanan F-apatit.	104
Şekil 5.33. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan Fe ve F içeren apatit minerali ve SEM-EDS bileşimi.	105
Şekil 5.34. Tez kapsamında BK5-9 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Mn içeren pirit ve illit/mika minerali ve bunların SEM-EDS bileşimleri.	106
Şekil 5.35. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesitleri üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kavkıları, pirit ve silika mineralleri.	107
Şekil 5.36. Tez kapsamında incelenen BK5-7 örneğinin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, iz oranda Mg içeren kalsit ve Nabit S oluşumları ve bunların SEM-EDS bileşimleri.	108
Şekil 5.37. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesitleri üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan jips/anhidrit oluşumları ve SEM-EDS bileşimleri.	109

Şekil 5.38. Tez kapsamında incelenen örneklerde tanımlanan maserallerin üstten aydınlatmalı normal ışıktaki ve mavi ışık, turuncu filtrede görünüşleri.	123
Şekil 5.39. Tez kapsamında incelenen BK5-1 no'lu örnekte tanımlanan füsinit, semifüsinit, korpohüminit, ülminit, tekstinit maseralleri ve framboidal pirit oluşumları.	124
Şekil 5.40. Tez kapsamında incelenen AK44-2 no'lu örnekte üstten aydınlatmalı normal ışıktaki ve mavi ışık, turuncu filtrede diatom kavrı görüntüleri.	125
Şekil 5.41. AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin mineral maddeli bazda maseral gruplarının yüzde değerlerinin üçgen diyagram üzerinde gösterimi.	131
Şekil 5.42. AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin mineral maddesiz bazda maseral gruplarının yüzde değerlerinin üçgen diyagram üzerinde gösterimi.	131
Şekil 5.43. Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin tek bir ABC üçgen diyagramı üzerindeki konumları (Mukhopadhyay 1989'dan Türkçeleştirilerek ve düzenlenerek alınmıştır).	132
Şekil 5.44. Tez çalışması kapsamında AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin TPI-GI diyagramları üzerindeki dağılımları (Kalaitzidis ve ark. 2004'den düzenlenerek alınmıştır). ..	136
Şekil 5.45. Tez çalışması kapsamında AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin VI-GWI diyagramları üzerindeki dağılımları (Kalaitzidis ve ark. 2004'den düzenlenerek alınmıştır). ..	136
Şekil 5.46. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerin TOC-S ₂ değerlerinin Dombayova sahasında yer alan örneklerle karşılaştırılması (İlgili şekil Langford ve Blanc-Valleron, 1990'dan değiştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	145
Şekil 5.47. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örnekler ile Dombayova sahasında yer alan örneklerin pseudo-van Krevelen diyagramı üzerindeki dağılımları (İlgili şekil Peters, 1986'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	147
Şekil 5.48. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin T _{max} değerlerinin HI değerleriyle	

karşılaştırılması (İlgili şekil Peters, 1986'dan Türkçeleştirilmiştir. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	148
Şekil 5.49. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin TOC-S ₂ değerlerinin karşılaştırılması (İlgili şekil Dembicki, 2009'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	150
Şekil 5.50. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin T _{max} değerlerinin HI değerleriyle karşılaştırılması (İlgili şekil Skyes ve Snowdon, 2002'den Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	153
Şekil 5.51. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan seçilen kömür örneklerinin HI-%Ro diyagramı üzerindeki dağılımları ve H _{imax} sınır değerleri (Petersen (2006)'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).	154
Şekil 5.52. AK 44 sondajından tanımlanmış palinomorfların yüzde bolluklarını gösteren diyagram.	157
Şekil 5.53. AK 44 sondajından tanımlanmış non polen palinomorfların yüzde bolluklarını gösteren diyagram.	158
Şekil 5.54. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1-5. Trilet sporlar; 6-9. <i>Riccia cf. soracarpa</i> ; 10. <i>Abies</i> ; 11,12. <i>Tsuga</i>).	159
Şekil 5.55. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1-4. <i>Cedrus</i> ; 5-10. Pinaceae- <i>Pinus haploxylon</i> tip; 11. Pinaceae- <i>Pinus silvestris</i> tip; 12. <i>Podocarpus</i> ; 13,14. Taxodoideae; 15-17 Cupressaceae).	160
Şekil 5.56. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1,2. Cupressaceae; 3-5. <i>Cycas</i> ; 6. Sparganiaceae; 7,8. Poaceae; 9-12. <i>Carya</i> ; 13. <i>Pterocarya</i> , 14-16. <i>Ulmus</i> ; 17. <i>Quercus</i> ; 18. <i>Castanea</i> ; 19. Oleaceae; 20-28. Asteraceae-Asteroidae- <i>Tubulifloreae</i> tip; 29-31. Asteraceae- <i>Ligulifloreae</i> tip; 32-33a, b. Asteraceae- <i>Centaurea</i> ; 34. Caryophyllaceae).	161
Şekil 5.57. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş non polen palinomorfların fotoğrafları (1. Odun parçası; 2. Kütikül; 3,4. Zgnemataceae; 5,6. <i>Botryococcus</i> ; 7. Fungal spor).	162

Şekil 5.58. BK4-3 (kömürlü kiltası), BK4-6 (killi kömür) ve BK5-7 (kömürlü silttaşı) örneklerinde tanımlanan diatomların SEM görüntüleri.	166
Şekil 5.59. AK44-2 no'lu kömürlü şeyl örneğinde tanımlanan diatomların (Odontium mesodon ve Diatoma vulgaris) SEM görüntüleri.	167
Şekil 5.60. AK44-2 no'lu kömürlü şeyl örneğinde tanımlanan diatomların (Odontium mesodon, Diatoma vulgaris ve Cyclotella sp.) SEM görüntüleri.	168



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerin yüzeyden derinlikleri ve makroskobik görünüşleri, XRD-tüm kayaç analiz sonuçları ve havada kuru bazda kül içerikleri baz alınarak yapılan tanımlamaları.....	28
Çizelge 4.2. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan alınan kayaç örneklerinin derinlik değerleri ve litolojik tanımlamaları.	29
Çizelge 4.3. Düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin (linyit ve alt bitümlü kömürler) litotip sınıflandırması (ICCP, 1993'den Türkçeleştirilmiştir).....	41
Çizelge 4.4. Linyit ve alt bitümlü kömürlerde kullanılan maseral sınıflaması (ICCP, 2001; Sýkorová ve ark., 2005; Pickel ve ark., 2017).	48
Çizelge 5.1. Tez kapsamında incelenen toplam 46 örneğin kuru bazda kül içeriğine göre litotip sınıflandırması.	56
Çizelge 5.2. Tez kapsamında incelenen sondajlardan alınan örneklerin orijinal (orj) ve havada kuru bazda (adb) analiz sonuçları.	57
Çizelge 5.3. AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örnekler için kuru (db) ve kuru-külsüz bazda (daf) hesaplanan analiz sonuçları.	58
Çizelge 5.4. Tez kapsamında sondajlardan alınan toplam 15 adet kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.	65
Çizelge 5.5. Tez kapsamında sondajlardan alınan 14 adet killi kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.	66
Çizelge 5.6. Tez kapsamında sondajlardan alınan toplam 29 adet kömür ve killi kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.....	67
Çizelge 5.7. Tez kapsamında incelenen örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan minerallerin bolluk dereceleri (çok yaygın, (+++), yaygın (++), az (+) ve eser oranda (±)).	73
Çizelge 5.8. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan seçilen örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan minerallerin bolluk dereceleri (çok yaygın, (+++), yaygın (++), az (+) ve eser oranda (±)).	74
Çizelge 5.9. Tez kapsamında SEM analizleri için seçilen örneklerin derinlik, kalınlık ve tanımlamaları.....	80

Çizelge 5.10. AK-44 no'lu sondajdan seçilen örneklerin kül bazında XRF yardımıyla saptanan majör oksit analiz sonuçları (Not: <işareti konsantrasyonun dedeksiyon limitinden daha düşük olduğunu ifade etmektedir.)	116
Çizelge 5.11. AK-44 no'lu sondajdan seçilen örneklerin kül bazında ICP-OES yardımıyla saptanan iz element analiz sonuçları (Not: <işareti konsantrasyonun dedeksiyon limitinden daha düşük olduğunu ifade etmektedir.)	117
İncelenen killi kömür örneği, kül bazında belirgin olarak kömür örneklerinden daha yüksek Co, Cr, Ni, Se, V, Y ve Zn daha yüksek ve daha düşük As, B, Ba, Sr içermektedir. Element konsantrasyonları yönünden kömür ve killi kömür örnekleri arasında ise Cd, Cu, Ga, Li, Mo, Pb, Rb, Sb, Th ve U açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 5.11). SEM-EDS çalışmaları sırasında bu elementlerden sadece BK4-1 no'lu örnekte alkali feldsiaptlarda iz oranda Ba ve CaCO ₃ 'larda iz oranda Sr tespit edilmiştir. Bu nedenle element konsantrasyonlarıyla ilgili olarak konunun daha ayrıntısına tez kapsamında girilmemiştir.	117
Çizelge 5.12. Tez çalışması kapsamında incelenen örneklerine ait iz element konsantrasyonlarının ağırlıklı ortalamaları ve bu değerlerin Dünya kömürleriyle karşılaştırılması.	118
Çizelge 5.13. Tez kapsamında AK-19A no'lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT)ve kömürlü kiltası (ZC) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.	120
Çizelge 5.14. Tez kapsamında AK-44 no'lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü kiltası (ZC) kömürlü şey (ZH) ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.	121
Çizelge 5.15. Tez kapsamında BK-4 ve BK-5 no'lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü kiltası (ZC) ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.	122
Çizelge 5.17. Tez kapsamında seçilen kömür örneklerinin rastgele yüzde ülminit yansıtmaları.	140

Çizelge 5.18. Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerin yüzeyden derinlikleri, kuru bazda %kül içerikleri, TOC (wt%) ve Rock-Eval analiz sonuçları.	142
--	-----



SİMGELER VE KISALTMALAR

%Rr: Rastgele yüzde ülminit (ülminit-B) yansıtması

°C: Derece (Celcius)

µm: Mikrometre

Å: Angstrom

adb: Havada kuru baz

as-rec: Örneğin laboratuvara geldiği durumda

ASTM: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu

bdl: Dedeksiyon limitinin altında

CHNSO: Karbon, Hidrojen, Azot, Kükürt, Oksijen

Cps: Saniyedeki sayım sayısı

daf: Kuru külsüz baz

DEÜ: Dokuz Eylül Üniversitesi

db: Kuru baz

dmmf: Kuru, mineral-maddesiz baz

EJ: Exajoules

HÜ: Hacettepe Üniversitesi

ICCP: Uluslararası Kömür ve Organik Petroloji Komitesi

ICP-OES: İndüktif eşleşmiş argon plazma-optik emisyon spektrometresi

ISO: Uluslararası Standartlar Organizasyonu

max: Maksimum değer

min: Minimum değer

Mmmf: Nemli, mineral maddesiz bazda

MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

MW: Megawatt

My: Milyon yıl

n: Örnek sayısı

nm: Nanometre

orj.: Orijinal baz

SEM: Taramalı elektron mikroskobu

SEM-EDS: Taramalı elektron mikroskobu-enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi

Stdev: Standart sapma

TKİ: Türkiye Kömür İşletmeleri

TOC: Toplam organik karbon

TPAO: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

UEA: Uluslararası Enerji Ajansı

UID: Üst ısı değer

UV: Ultraviyole

vol%: Hacimce yüzde

wt%: Ağırlıkça yüzde

XRD: X-Işını difraksiyonu

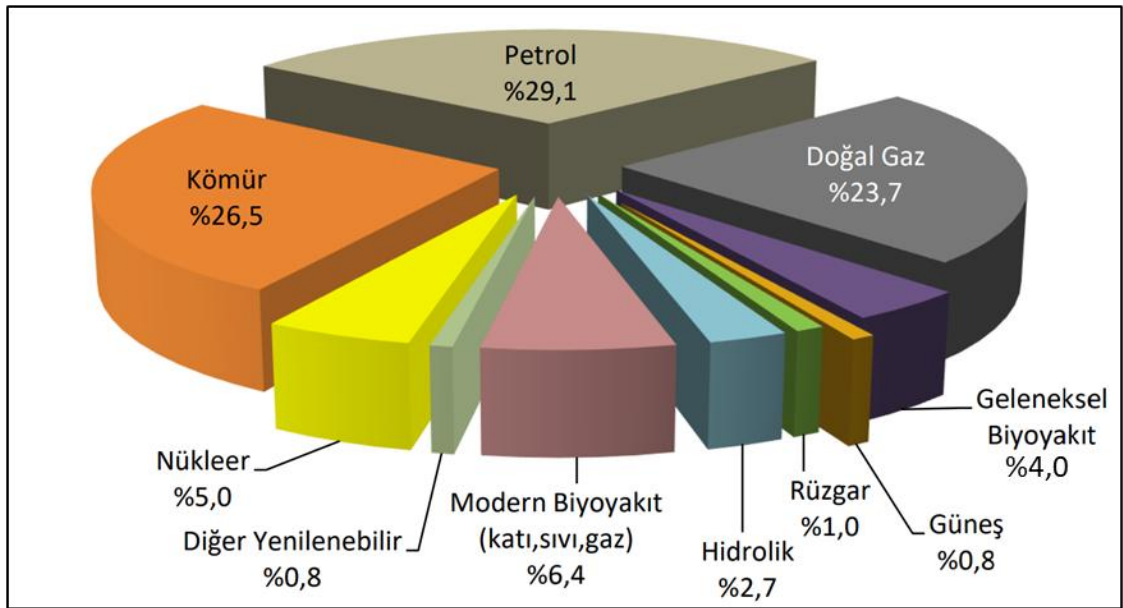
XRD-TK: X-Işınları tüm kayaç (Toz) difraktogramları

XRF: X-Işını floresans spektrometresi

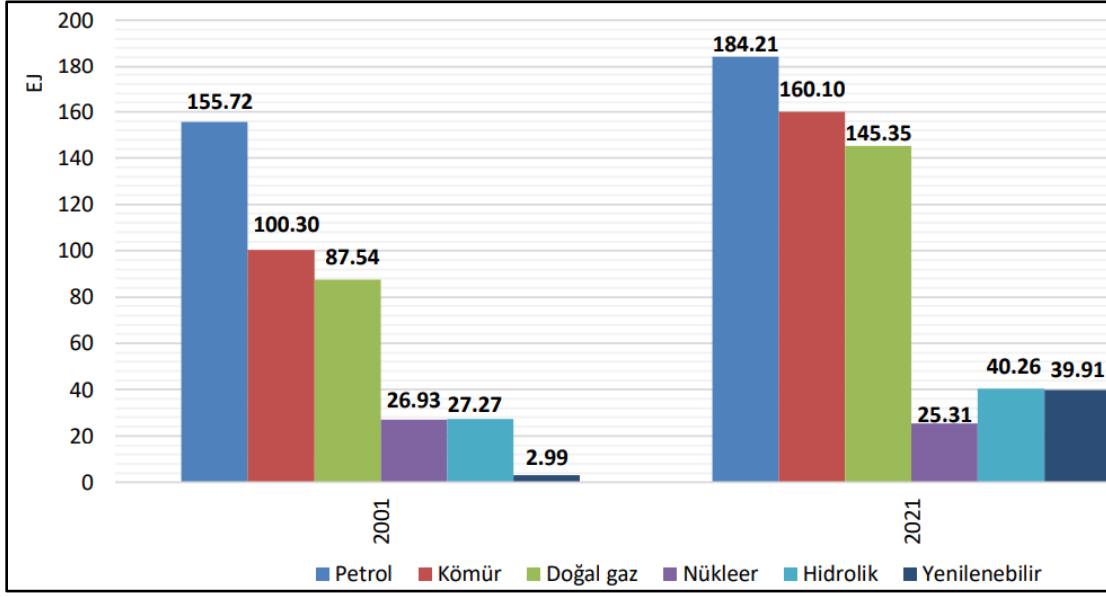
1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve nüfus artışına bağlı olarak günümüzde enerji kaynaklarına olan talep günden güne artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2020 ve 2021 yıllarına ait raporlarına göre birincil enerji kaynakları arasında en yüksek arzın 171,4 EJ ve %29,1'lik oranla petrol olduğu gözlenmiştir. Petrolü, yüzdelik dilimlere göre kömür ve doğal gaz izlemektedir (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022) (Şekil 1.1). Ayrıca, modern biyoyakıt, nükleer, geleneksel biyoyakıt, hidrolik, rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir kaynaklar oluşturmaktadır (Şekil 1.1).

Geçtiğimiz 2001 yılına göre 2021 yılında enerji tüketiminde petrolde yaklaşık %18, kömürde %60, doğal gazda %66 ve hidrolik enerjide %48'lik ve özellikle yenilenebilir enerjide %1235'lik artışlar gözlenmiştir. Diğer taraftan nükleer enerji oranında %6'luk bir azalma olmuştur (Şekil 1.2) (Kömür Sektör Raporu, 2022). Enerji tüketimine göre yenilenebilir enerjide çok önemli bir artışın gözlenmesi, gelecek yıllarda tüketimin yenilenebilir kaynaklara yönelinmekte olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, fosil yakıtlar içerisinde yer alan kömüre dayalı enerji tüketiminin azalması beklenirken 2001 yılına göre 2021 yılında %60 oranında bir artış söz konusudur. Bu ise kömüre olan talebin devam ettiğini işaret etmektedir.

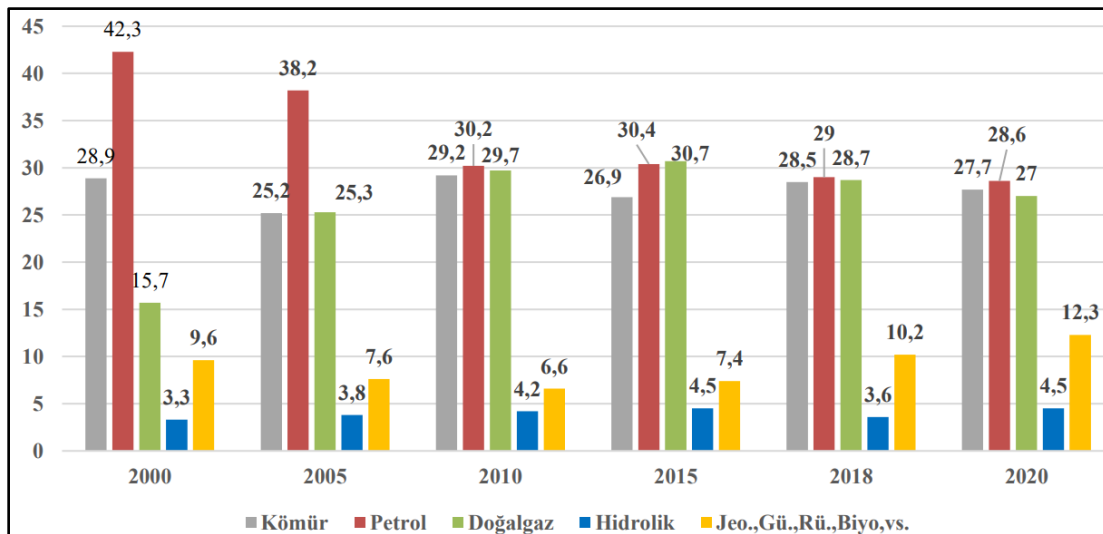


Şekil 1.1. Birincil enerji arzının kaynaklara göre 2022 yılındaki dağılımı (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022).



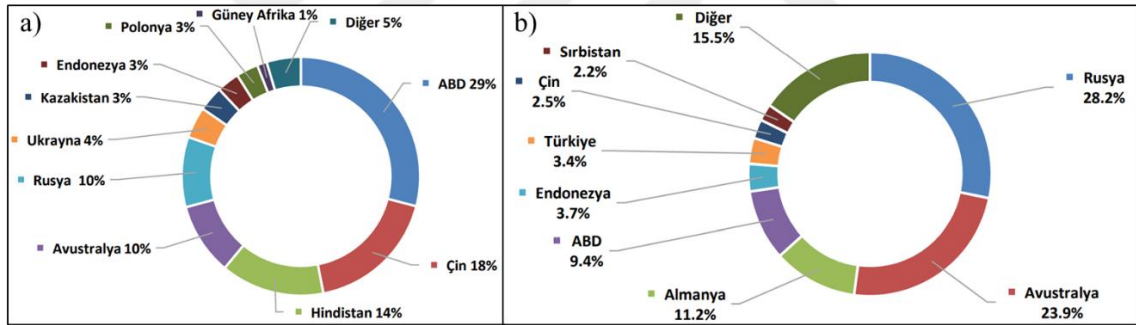
Şekil 1.2. Kaynaklara göre birincil enerji tüketiminin 2001 ve 2021 yıllarındaki değişimi (Kömür Sektör Raporu, 2022).

Ülkemiz toplam enerji arzının 2000 ve 2020 yılları arasındaki son 20 yıllık değişimi ise Şekil 1.3’de sunulmuştur. Ülkemizin 2020 yılı ETKB verileri değerlendirildiğinde toplam arzın %28,6’sı petrol, %27,7’si kömür, %27’si doğalgaz, %12,3’ü jeotermal, rüzgâr, güneş, biyoenerji ve %4,5’i hidrolik enerjiden oluşmaktadır (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022). Kömürün toplam enerji arzı içindeki payı son 20 yıldır önemli bir değişim göstermemekle birlikte %25-29 aralığında seyretmektedir (Şekil 1.3) (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022).



Şekil 1.3. Ülkemiz toplam enerji arzında kaynakların 2000-2020 yılları arasındaki payları (Yılmaz ve Türkyılmaz, 2022).

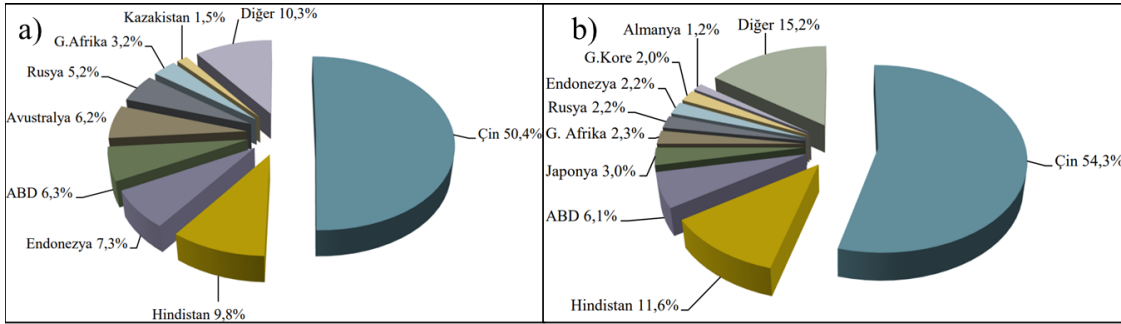
Dünya kanıtlanmış kömür rezervleri 2020 yılı itibariyle toplam 1.074 milyar ton büyüklüğündedir. Bu rezervlerin %70'i (753,64 milyar ton) antrasit ve bitümlü kömür, %30'u (320,47 milyar ton) ise alt bitümlü ve linyitten oluşmaktadır (TKİ Faaliyet Raporu, 2022). Yüksek kalorili antrasit ve bitümlü kömür rezervlerinin %29'u (218,94 milyar ton) ABD'de, %18'i (135,07 milyar ton) Çin'de, %14'ü (105,98 milyar ton) Hindistan'da bulunmaktadır. Kömür açısından zengin diğer ülkeler Avustralya (73,72 milyar ton), Rusya (71,72 milyar ton), Ukrayna (32,04 milyar ton), Kazakistan (25,61 milyar ton), Endonezya (23,14 milyar ton), Polonya (22,53 milyar ton) ve Güney Afrika' dır (9,89 milyar ton) (Kömür Sektör Raporu, 2022) (Şekil 1.4). Alt bitümlü ve linyit rezervlerinin en büyük bölümü ise Rusya'da (90,45 milyar ton) yer almaktadır. Rusya'yı sırasıyla Avustralya (76,51 milyar ton), Almanya (35,90 milyar ton) ve Amerika Birleşik Devletleri (30,00 milyar ton) takip etmektedir. Linyit rezervleri açısından zengin diğer ülkeler ise Endonezya (11,73 milyar ton), Türkiye (10,98 milyar ton) ve Çin' dir (8,13 milyar ton) (Kömür Sektör Raporu, 2022) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. a) Antrasit ve bitümlü kömür rezerv dağılımı, b) Dünya alt bitümlü ve linyit rezerv dağılımı (BP, 2022).

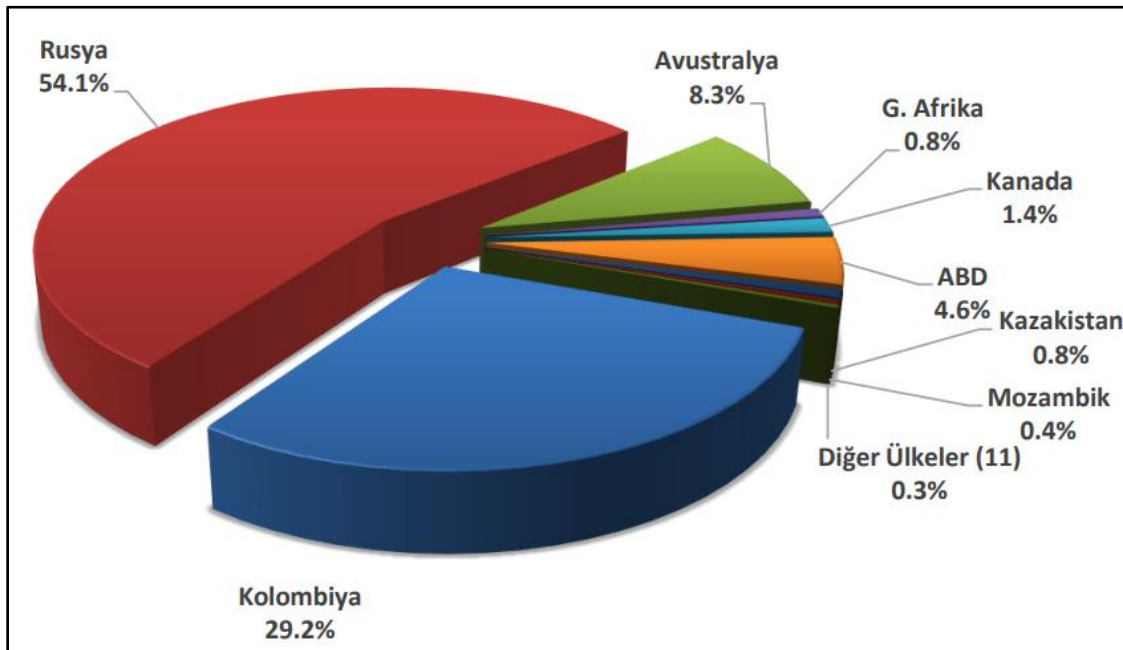
Dünya kömür üretiminin %50,4'ünü (3.902 milyon ton) Çin gerçekleştirmiştir (BP 2021). Çin'i %9,8 (757 milyon ton) ile Hindistan izlemektedir. Endonezya'nın Dünya kömür üretimi içerisindeki payı %7,3 (563 milyon ton), ABD'nin payı ise %6,3'dür (485 milyon ton). Bu ülkeleri; 477 milyon ton ile Avustralya (%6,2), 400 milyon ton ile Rusya Federasyonu (%5,2), 248 milyon ton Güney Afrika Cumhuriyeti (%3,2) ve 113 milyon ton ile Kazakistan (%1,5) izlemektedir (Şekil 1.5). Dünya toplam kömür tüketimi içerisinde %54'lük oranla Çin gene birinci sırada yer almaktadır. Hindistan (%11,6), ABD (%6,1), Japonya (%3,0), Güney Afrika Cumhuriyeti (%2,3), Rusya (%2,2),

Endonezya (%2,2), Güney Kore (%2,0) ve Almanya (%1,2) ise kömür tüketiminin fazla olduğu diğer ülkeler arasındadır (Şekil 1.5) (Tamzok, 2022).



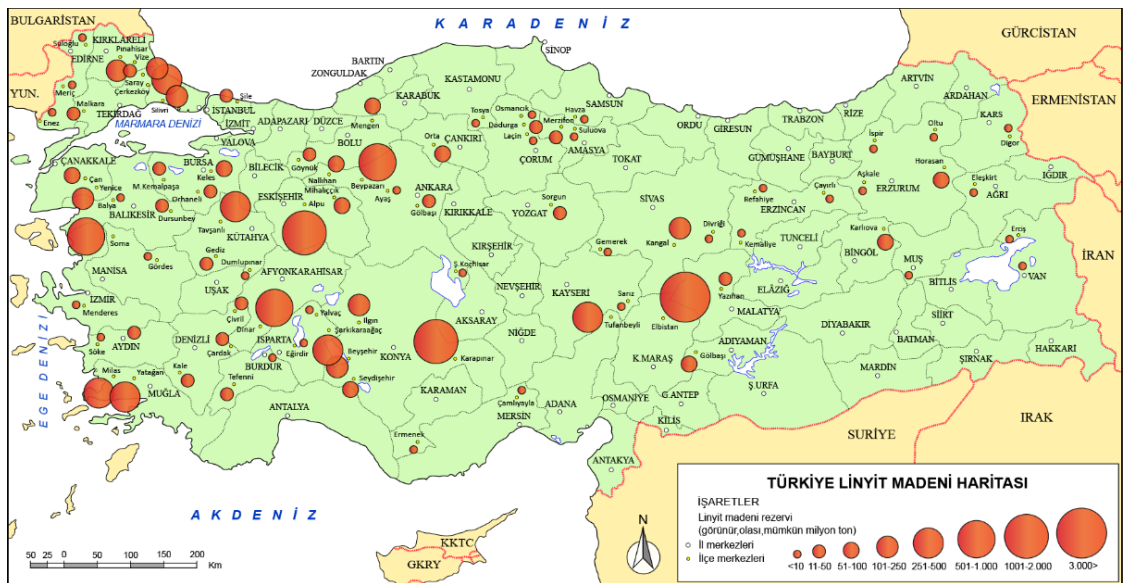
Şekil 1.5. a) Ükelere göre 2020 yılı kömür üretim payları, b) Kömür tüketim payları (Tamzok, 2022).

Ülkemiz 2021 yılı satılabilir kömür üretimi; 83,56 milyon ton linyit, 1,24 milyon ton taşkömürü ve 1,67 milyon ton asfaltit olmak üzere toplam 86,47 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Kömür Sektör Raporu, 2022). 2021 yılı kömür ithalatı miktarı ise 38,36 milyon tondur (Kömür Sektör Raporu, 2022). 2022 yılında en fazla kömür ithalatı yapılan ülke Rusya Federasyonu olup 20,35 milyon ton civarında kömür ithalatı yapılmıştır (Şekil 1.6). Kömür ithalatında ikinci sırada yer alan Kolombiya'dan yapılan ithalat ise 11 milyon ton civarındadır (MTA, 2022).



Şekil 1.6. Kömür ihracatında ülke payları (Kömür Sektör Raporu, 2022).

Son yıllarda kömür ithalatındaki artışın en önemli nedeni, elektrik üretimi amaçlı kullanılacak buhar kömürlerine olan talepteki ciddi yükselmedir. Ülkemizde 2022 yılı sonu itibarıyla 119,82 milyon ton kömür tüketmiştir (Kömür Sektör Raporu, 2022). Bu tüketimin 35,13 milyon tonu taşkömürü, 79,09 milyon tonu linyit ve asfaltit, 5,60 milyon tonu ise taşkömürü kokudan karşılanmıştır. Taşkömürü çoğunlukla kok tesislerinde, demir çelik sanayinde, termik santrallerde kullanılmaktadır. Linyit ise başlıca termik santrallerde elektrik üretimi amacıyla, çeşitli sanayi dallarında ve konutlarda ısınma amaçlı kullanılmaktadır (Kömür Sektör Raporu, 2022). Enerjide yerli kaynaklara olan yönelişin artması ve kullanılması politikası gereğince MTA tarafından 2005 yılında başlatılan yoğun sondajlı kömür arama çalışmalarıyla 1976–1990 yılları arasında bulunmuş yaklaşık 8,3 milyar ton olan linyit rezervlerimiz toplam 10,82 milyar ton artırılarak 2020 yılı sonu itibarıyla 19,32 milyar tona ulaşmıştır (TKİ 2022 Faaliyet Raporu) (Şekil 1.7). Diğer taraftan BP (2022) istatistiklerinde ülkemizin kanıtlanmış işletilebilir linyit rezerv miktarı 10,98 milyar tondur (Kömür Sektör Raporu, 2022). Ayrıca tamamı Zonguldak Havzasında yer alan yaklaşık 1,5 milyar ton taşkömürü rezervimiz bulunmaktadır. Koklaşabilir taşkömürü (Kozlu, Üzülmüş ve Karadon) rezervlerinin toplam rezervler içerisindeki payı yaklaşık %57’dir. Armutçuk bölgesinde yer alan rezervler; yarı-koklaşma özelliği, yüksek ısı değeri ve düşük bünye külü içeriği ile hem koklaşabilir kömürlerle harmanlanarak hem de pulverize enjeksiyon (PCI) kömürü olarak demir-çelik fabrikalarında kullanıma uygun niteliktedir. Amasra bölgesi kömürlerinin koklaşma özelliği bulunmamakla birlikte belirli oranlarda metalurjik kömürler ile harmanlandığında koklaşma özelliğini bozmamaktadır.



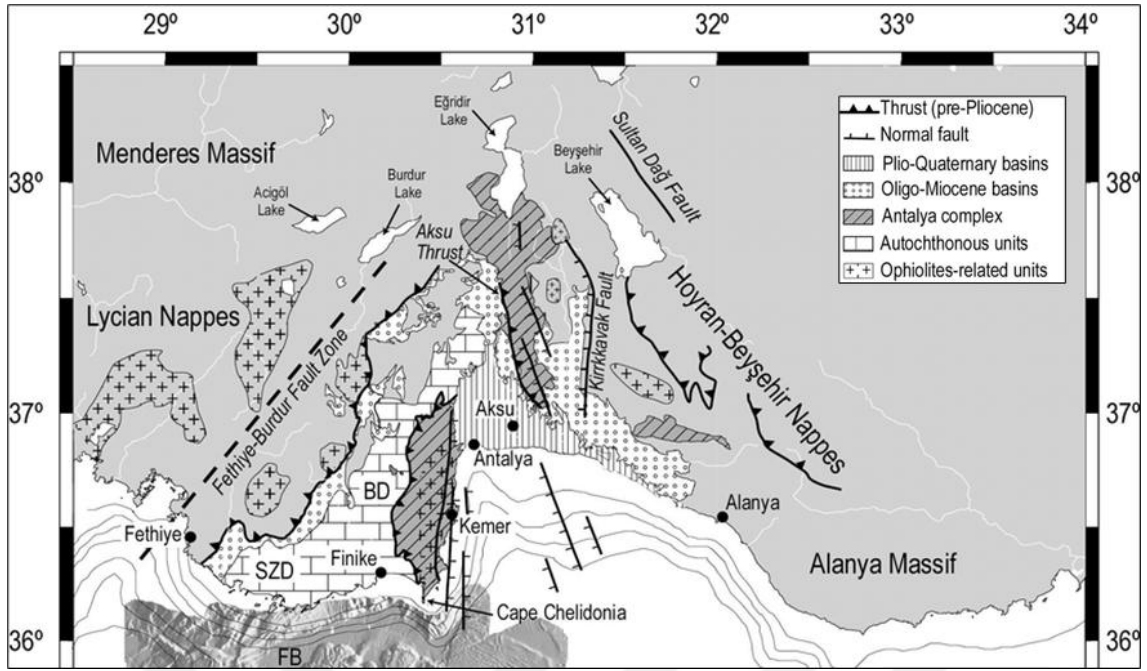
Şekil 1.7. Ülkemiz linyit maden sahaları ve rezervleri (enerji.gov.tr).

1.1. Çalışmanın Amacı

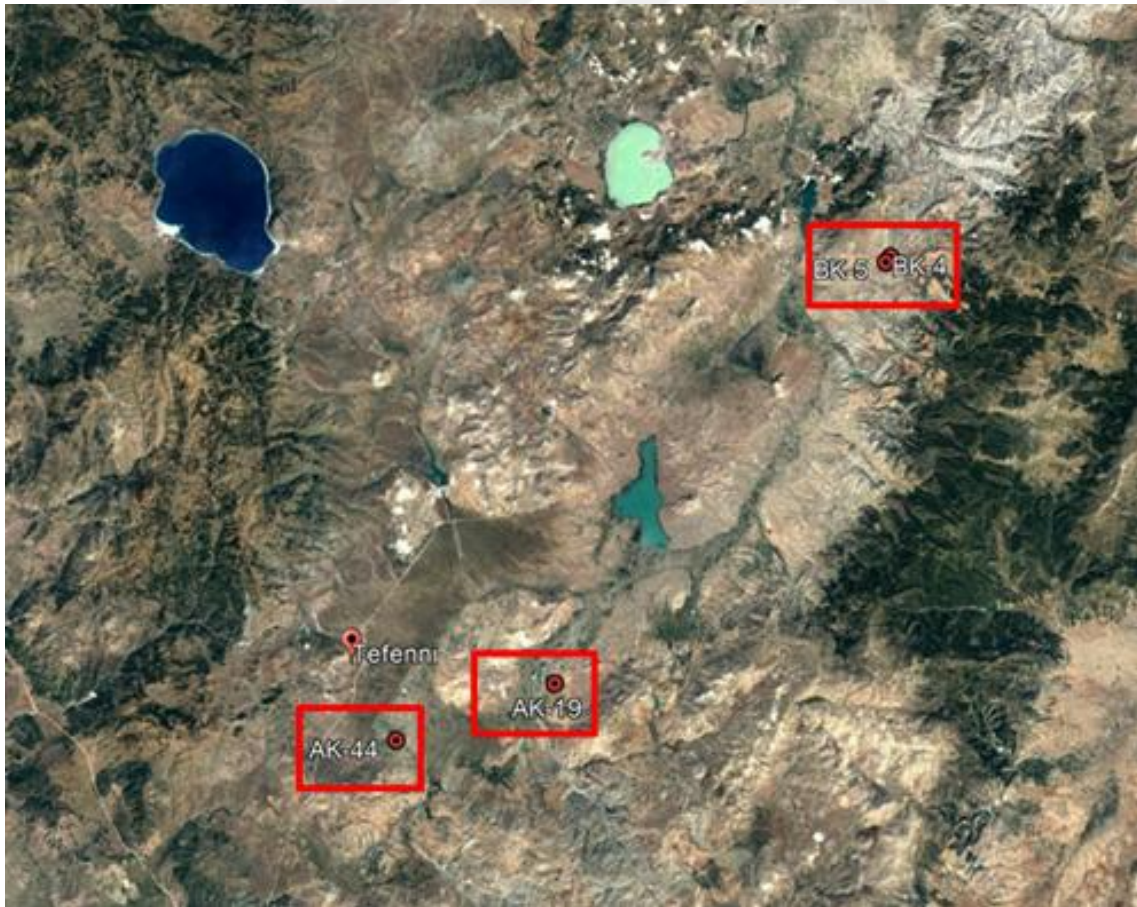
Tefenni (Burdur) sahası, ülkemizde Isparta Büklümünün batı-kuzey batısında ve Fethiye-Burdur Fay Zonunun (FBFZ) nispeten güney kısmında yer almaktadır. Tefenni sahasında ofiyolitik birimlerin geniş yüzlekler vermesi ve bunlarla ilişkili özellikle krom ve manganez cevherlerinin bulunması nedeniyle jeolojik-madencilik açısından çalışılmış bir alanı oluşturmaktadır (Balcı ve ark., 1974; Biçen, 1975; Başarı, 1980; Döğen, 1989; Akşit, 2007). Havzanın Neojen çökelleri ise sedimantolojik ve hidrojeolojik amaçlar doğrultusunda farklı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Karaman, 1987; Price, 1989; Granit, 2003; Varol, 2011; Varol ve Davraz, 2010, 2014; Alçiçek ve ark., 2013). Son yıllarda ise havzanın nispeten kuzey kısmında yer alan Fethiye-Burdur Fay Zonu üzerine yapılan yapısal ve tektonik çalışmalar yoğunluk göstermektedir (Kozan ve ark., 1993; Erdoğan ve Şahin, 2006; Bozcu ve ark., 2007; Elitez ve Yaltrak, 2014; Çoşkun, 2017; Aksoy ve Aksarı, 2016; Çoşkun ve ark., 2019).

MTA Genel Müdürlüğü tarafından son zamanlarda üzeri nispeten alüvyonlarla kaplı Neojen yaşlı alanlarda yoğun olarak sondajlı kömür aramaları yürütülmektedir. Bu kapsamda Batı Toroslar bölgesinde (Alp Himalaya Kuşağı), Isparta büklümünün batı kenarında yer alan Burdur il sınırları içerisindeki faylarla sınırlanmış ve aktif olarak çökmekte olan KD-GB doğrultulu Tefenni (Burdur) Havzası içerisinde karotlu sondajlarla kömür araştırılması başlatılmıştır. Tez çalışması, Tefenni Havzasında tümüyle karotlu, sondajlardan seçilen karotların tez amacı doğrultusunda incelenmesini kapsamaktadır. Henüz arama çalışmalarının yapıldığı bölgede tespit edilen kömür zuhurlarının dışında günümüzde bir kömür işletmesi bulunmamaktadır. Ayrıca, Tefenni Havzası içerisinde sondajlı kömür aramalarına ait bilgilerin dışında sondajlarda kesilen kömürlerin petrografisine, kimyasal ve mineralojik özelliklerine yönelik değerlendirmelere ait bilgilere de literatürde rastlanılmamıştır.

Tez çalışması, karotlu sondajlarda kesilen kömürlerin mineralojik-petrografik özelliklerinin ve kömür petrografisi verileri yardımıyla kömür oluşum ortamlarının yorumlanmasını amaçlanmaktadır. Bu amaçla dört sondajda (AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5) kesilen kömürler ile bir sondajda (AK-43) kesilen litolojilerin dikey yöndeki genelde bileşimsel değişimleri değerlendirilmiştir. Tez çalışmasının daha ayrıntılı



Şekil 1.9. Çalışma alanının Isparta açısı ve Fethiye-Burdur Fay zone içerisindeki konumu (Tiphaine, 2004).



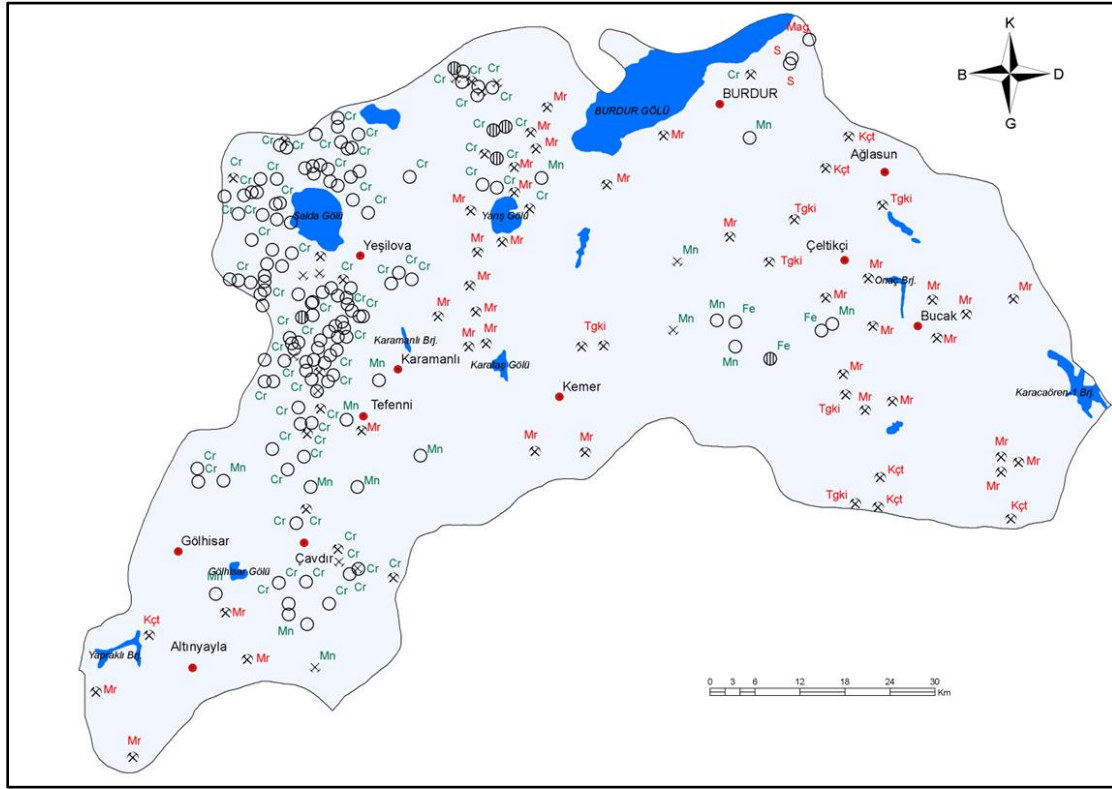
Şekil 1.10. Çalışma alanı ve gerçekleştirilen sondajların Google Earth üzerindeki konumları.

Tefenni ilçesi Burdur'a 70 km, Fethiye'ye 137 km, Isparta'ya 101 km, Denizli'ye 120 km ve Antalya'ya 115 km mesafededir. İlçenin konumu ve diğer il ve ilçelere yakınlığı nedeniyle önemli bir ulaşım etkinliği vardır. İklim bakımından Akdeniz, Ege ve İç Anadolu bölgeleri arasında geçiş bölgesi özelliklerine sahip olmakla birlikte Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş karakteri göstermektedir. Tefenni bölgesi ise sahip olduğu yüksek rakım değerlerinden ötürü daha çok karasal iklim karakteri göstermektedir.

Burdur ili maden ve enerji kaynakları incelendiğinde endüstriyel hammaddeler açısından mermer en önemli yer altı kaynaklarından biri konumundadır (Şekil 1.11). İlde önemli ölçüde “Burdur kahverengisi” ve “Burdur beji” olarak adlandırılan kahverengi ve bej renkli mermerlerin üretimi ön plandadır. Burdur mermeri öne çıkan rengi, sertliği ve dayanıklılığı gibi pek çok etmene bağlı olarak çevre illerde (Antalya ve Muğla) önemli bir pazar olmaktadır. İl sınırları içerisinde yer alan diğer bir önemli hammadde kaynağı ise manyezit oluşumlarıdır. En önemli manyezit sahası %47 MgO içerikli 84.000 ton görünür rezerv içeren Çerçin sahasındaki manyezit oluşumlarıdır. Metalik madenler açısından krom ve manganez cevherleşmeleri önemlidir. İlin sahip olduğu jeolojik yapı nedeniyle ofiyolitlere bağlı olarak gelişmiş çok sayıda krom yatak ve zuhurları bölge içerisinde (Yeşilova, Tefenni, Çavdır ve Karamanlı) bulunmaktadır. Bu oluşumlara ek olarak il sınırları içerisinde önemli manganez cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bucak, Tefenni, Çavdır, Gölhisar ve Merkez ilçelerde manganez yatak ve zuhurları yoğunlaşmıştır (İl Maden Potansiyelleri-MTA, 2010).

MTA Genel Müdürlüğünce Tefenni, Merkez ve Gölhisar ilçelerinde yoğun kömür arama çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, Tefenni-Başpınar linyit sahası ile Gölhisar-Kargalı ve Pınar linyit zuhurlarının keşfi yapılmıştır (Şekil 1.12). Başpınar (Tefenni) linyit sahası Burdur ilinin 62 km güneybatısında bulunmaktadır. Bölgedeki temel kayalar Mesozoyik yaşlı serpantin ve kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Pliyosen yaşlı birimler temel kayalar üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır ve kilaşı, linyit, marn ve kumtaşları ile temsil edilmektedir. Zayıf tutturulmuş çakıl, kum, kil gibi sedimanlardan oluşan Kuvaterner yaşlı birimler Pliyosen yaşlı birimlerin üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Merkez-Sultandere linyit sahasının çökelleri Neojen gölsel çökeller ile temsil edilmektedir. Sahada yaklaşık 1 m kalınlığında kömür zonu bulunmaktadır. Gölhisar-Kargalı zuhuru, Kargalı'nın yaklaşık 2,5 km güneybatısında yer almaktadır. Kömür

kalınlığı tespit edilemeyen sahada artık faaliyet göstermeyen galeriler mevcuttur. Gölhisar'ın güneybatısında yer alan Pınar zuhurunun çökelleri Pliyosen yaşlı akarsu ve göl çökelleri ile temsil edilmektedir. Zuhur içerisinde ölçülen maksimum kömür kalınlığı 70 cm'dir. Bu nedenle saha ekonomik açıdan herhangi bir değere sahip değildir (MTA, 2010).



AÇIKLAMALAR

ZUHUR / EXPOSURE

Cr

Krom
Chromite

Mr

Mermer
Marble

YATAK / ORE DEPOSIT

Kçt

Kireçtaşı
Limestone

S

Kükürt
Sulphur

İŞLETME / MINE

Mag

Magnezit
Magnesite

Tgki

Tuğla-Kiremit
Brick-Tile Building Stone

ESKİ İŞLETME / OLD MINE

Mn

Mangan
Manganese

Yerleşim merkezi

Urban center

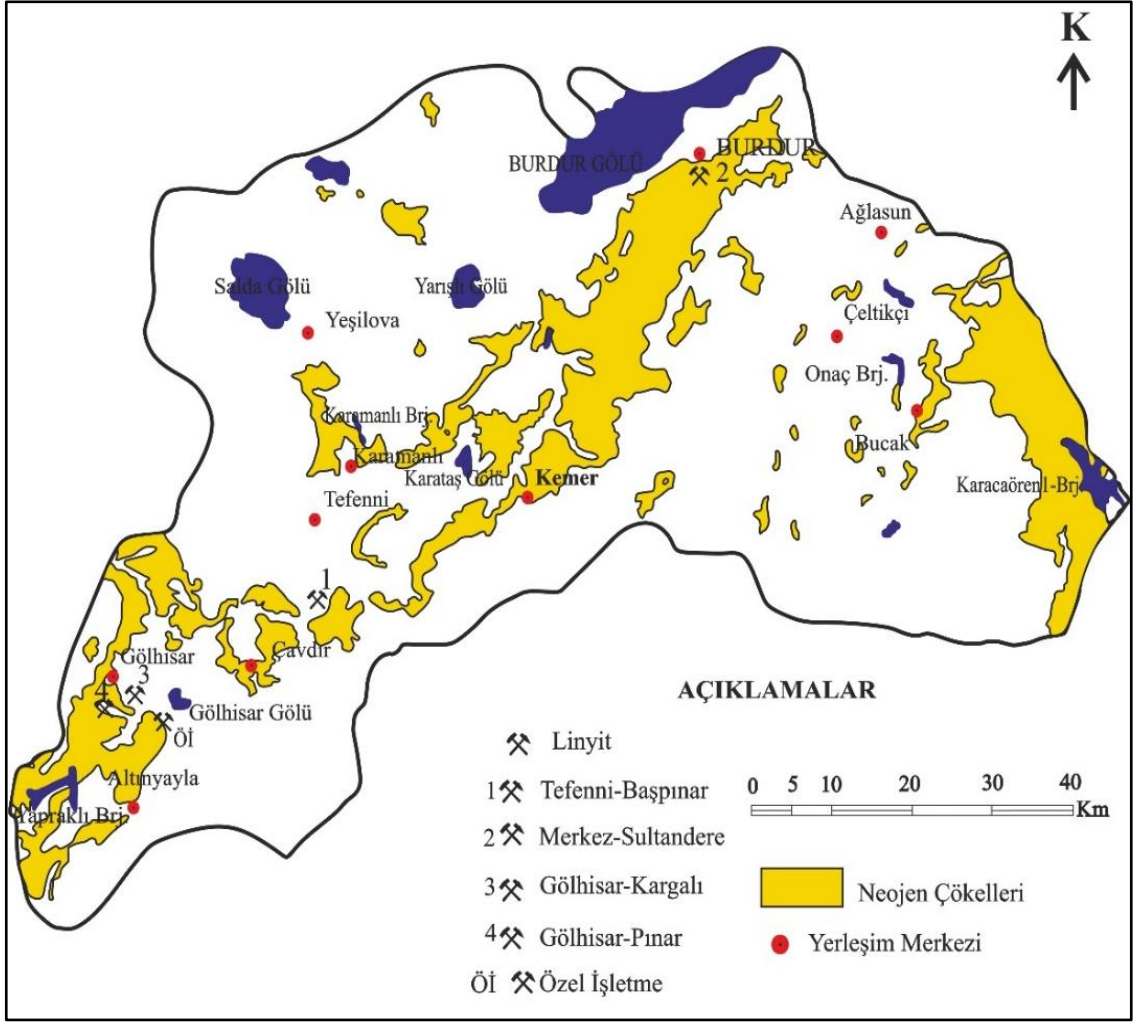
METALİK MADENLER

METALLIC MINERALS

ENDÜSTRİYEL HAMMADELER

INDUSTRIAL RAW MATERIALS

Şekil 1.11. Burdur ili madencilik haritası. (MTA)



Şekil 1.12. Burdur ilinde tanımlanmış linyit zuhurlarının lokasyon haritası (MTA Linyit Envanteri, 2015)

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kömür Oluşumu ve Sınıflandırılması

Kömür organik maddeler (bitki kalıntıları) ile inorganik maddelerin (mineraller) bir araya gelerek çeşitli fiziksel (örneğin çökelme ve basınç) ve kimyasal (örneğin bozulma, dönüşme ve ısı) süreçlere maruz kalması sonucu oluşan sedimanter (tortul) bir kayaç olarak tanımlanmaktadır. Kömürleşme derecesi ‘‘Rank’’ olarak tanımlanmakta olup artan ısı, basınç ve zamana bağlı olarak artmaktadır. Bitkisel kalıntıların gömülmesi ile ilk olarak gözenekli, tam katılaşmamış, açık kahve renklerde, yüksek su oranına sahip turbalar meydana gelmektedir. Turbalardan itibaren oluşan kömürler artan kömürleşme derecesine bağlı olarak sırasıyla linyit-alt bitümlü kömür-bitümlü kömür (taş kömürü)-antrasit olarak isimlendirilmektedir. Bunlardan linyit ve alt bitümlü kömürler düşük ranklı kömür olarak sınıflandırılırken bitümlü kömür ve antrasitler yüksek ranklı kömür olarak sınıflandırılmaktadır. Dünya üzerindeki ilk kömür oluşumları Devoniyen döneminde gelişmiştir (Walker, 2000). Bu durumun en temel sebebi yüksek kara bitkilerinin ilk olarak Devoniyen’de gelişmeye başlaması ve Devoniyen öncesi dönemde karalar üzerinde büyük boy bitkilerin gözlenmemesinden kaynaklanmaktadır (Ünalın, 2010). Ancak Devoniyen yaşlı kömürler oldukça nadirdir ve ekonomik açıdan değerleri oldukça düşüktür. Kömür oluşumu için optimum koşullar Karbonifer döneminde gerçekleşmiştir.

Kömür oluşum ortamına ve içerdiği organik maddenin tipine göre hümik kömürler ve sapropelik kömürler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Stach ve ark., 1982). Hümik kömürler çoğunlukla karasal otsu ve odunsu bitkilerden oluşan bitkisel materyalin bataklık ortamında çökmesi sonucu oluşan parlak ve bantlı kömürlerdir. Bataklık ortamında çökelen bitkisel materyal ilk olarak düşük sıcaklık ve basınç koşulları altında çeşitli bakteri faaliyetleri ve ardından artan sıcaklık ve basınç koşulları altında jeokimyasal değişimler geçirerek turba-linyit-taş kömürü ve antrasit aşamalarına ulaşarak kömürleşme sürecini tamamlar. Kömürleşme süreci gömülme derinliği, sıcaklık ve basınç gibi pek çok faktöre bağlı olarak herhangi bir aşamada durabilmektedir. Artan kömürleşme derecesine bağlı olarak kömürlerde karbon miktarı ve ısı değer artmakta iken uçucu madde, nem ve kül miktarı ise azalmaktadır. Sapropelik kömürler deniz, göl ve lagün gibi ortamlarda, anoksik (oksijensiz) koşullarda canlı organizmaların (algler ve

sporlar) çökmesi sonucu oluşan mat ve homojen yapıya (bantlı yapı göstermezler) sahip kömürlerdir ve boghead (alg) ve cannel (spor) kömürleri olmak üzere iki grupta incelenirler. Sapropelik kömürler, hümik kömürlere oranla daha nadir olarak ve hümik kömürlere göre daha ince kalınlıklardan oluşmaktadır. Bu nedenle daha az miktarda bulunurlar. Kömürler çökme ortamının denize olan konumlarına göre ise limnik ve paralik olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Limnik kömürlerin denizlerle bağlantısı yoktur ve göl kenarlarında ya da akarsu taşkın ovalarında yer alan bataklıklardaki kömür oluşumlarını tanımlarlar. Paralik kömürler ise deniz kenarında yer alan kıyı ovaları, lagün, delta düzlükleri gibi zaman zaman deniz suyu baskınına uğrayan bataklık ortamlarında oluşan kömürleri tanımlamaktadır.

Kömürlerin sınıflandırılması sırasında kullanılan en yaygın sınıflandırma sistemi kömürlerin ısı değer ve kimyasal analiz sonuçlarını esas alan ASTM ve ISO sınıflaması olup Şekil 2.1’de sunulmaktadır.

ASTM			Kalorifik değeri (Mmmf,Btu/lb)	Uçucu Madde (Mmmf) (%)	Sabit Karbon (Mmmf) (%)	Vitrinit Yansıması Yağda (%Ro)	Nem İçeriği (%)	ISO		
Yüksek rank	Antrasit	Meta-antrasit		2	98	~8,0 ~6,0 4,0		A	Yüksek rank	Antrasit
		Antrasit		8	92	3,0 2,5 2,0		B		
		Semi-antrasit		14	86	1,9 1,5 1,4		C		
Orta rank	Bitümlü	Düşük Uçuculu		22	78	1,1 1,0 0,8		A	Orta rank	Bitümlü
		Orta Uçuculu		31	69	~0,66 0,6 0,5		B		
		Yüksek Uçuculu A	14000			~0,49 ~0,42 0,4		C		
		Yüksek Uçuculu B	13000			~0,37 ~0,25		D		
		Yüksek Uçuculu C	11500							
Düşük rank	Alt-bitümlü	A	10500						Düşük rank	Alt-bitümlü
		B	9500					A		
		C	8300					B		
	Linyit	A	6300				35	C		Linyit
		B	5000							
Turba				>60	25	~0,25	75		Turba	

Şekil 2.1. ASTM ve ISO Kömür Sınıflaması (Kentucky Geological Survey, Coal Rank, Kentucky Geological Survey, University of Kentucky (uky.edu))

2.2.Önceki Çalışmalar

Tez çalışması kapsamında yararlanılan önceki çalışmalar bu bölüm kapsamında özetlenmiştir. Tefenni Havzanın evrimi, havzanın güneybatısındaki Çameli Havzası ile yakın ilişkili olduğundan önceki çalışmalar bölümüne bu havza üzerine yapılan çalışmalar da dahil edilmiştir.

Nebert (1956) tarafından Denizli-Acıgöl (Burdur) civarının jeolojisi çalışılmıştır. Çalışma kapsamında bölgedeki kaya birimleri Menderes masifine ait kristalen birimler, mermer-grafitli şist serisi, yarı metamorfik Paleozoyik kaya birimleri, Mezozoyik kaya birimleri, Jura-Kretase şist- hornstein gibi çeşitli serilere ayrılarak incelenmiştir. Araştırmacı Lütésiyeen yaşlı serinin kalker, Eosen-Oligosen yaşlı serinin fliš ve Miyosen yaşlı birimlerin ise karasal karakterde olduğunu belirtmiş ve ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Erakman ve ark. (1982) tarafından Fethiye-Köyceğiz-Tefenni-Elmalı-Kalkan arasında kalan alanın jeolojisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Muğla, Burdur ve Antalya bölgeleri arasında kalan bölgede otokton konumlu (Beydağları otoktonu), allakton konumlu (Kemer fliši, Ahat serisi, Darıyeri serisi, Haticeana serisi, Sandak serisi, Girdev melanji, Kertmeç melanji, Fethiye peridotitleri ve Mamatlar serisi) ve neootokton konumlu (Çameli formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler) birimler ayrıntılı olarak çalışılmıştır.

Kozan ve ark. (1993) tarafından Burdur-Tefenni Havzalarının jeomorfolojisi ve tektoniği çalışılmıştır. Havzalar oluşum ve evrimsel süreçler yönünden incelendiğinde Pliyosen ve Kuvaterner olmak üzere iki farklı havza oluşumu öngörülmüştür. Araştırmacılar Burdur Kuvaterner havzasının genç tektonik süreçlere bağlı olarak oluştuğunu ve havzanın güneydoğudan kuzeybatıya doğru gençleştğini belirtmişlerdir. Ayrıca bölgede etkin olan depremlerden yola çıkarak tektonizmanın günümüze kadar devam ettiğini ifade etmişlerdir.

Karaman (1994) tarafından Isparta-Burdur arasında kalan bölgenin jeolojisi ve tektonizması çalışılmıştır. Çalışma kapsamında bölgede yer alan birimler otokton ve allokton kökenli olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenmiştir. Araştırmacı yeni tektonik dönemin Orta miyosen sonunda başladığını ve bu dönemde oluşan fayların büyük bir

kısının KB-GD çekme gerilmesine bağlı olarak eğim atımlı normal faylar olduğunu belirtmiştir.

Alçıçek (2001) tarafından Çameli Havzası sedimantolojik açıdan çalışılmış ve günümüze kadar geçirdiği jeolojik evrimi açıklanmıştır. Çalışma kapsamında memeli fosil bulgularından yola çıkan araştırmacı Çameli Havzası'nın Geç Miyosen'de KD-GB doğrultulu faylar kontrolünde açılmış bir graben olduğu görüşü belirtilmiştir. Genişleme evresi memeli fosillerine göre Orta Pliyosen'e kadar sürmüş ve havza, havza kenarı faylarına paralel traverten çökelleri içeren büyük bir ikincil faylanma (Sarıkavak-Kumaşarı fayı) ikiye ayrılmıştır. İlerleyen süreçte genişleme tektoniğinin etkinliği görece azalmış ve havza büyük bir göl ortamına dönüşmüştür. Gölsel çökeller, memeli fosillerine göre Geç Pliyosen'e hem havza kenar faylarını hem de ikincil fayı örtmeye devam etmiştir. Gölsel ortam zaman içerisinde yelpaze deltaları ve deltaların ilerlemesi ile sedimanlarla doldurularak sığlaşmış ve havza merkez kesimlerinde sığ göl karbonatları depolanmıştır. Takip eden süreçte havza, kenar faylarına paralel olmak üzere ve bir traverten seviyesi ile belirgin olan iki ayrı fay sistemi ile yeniden kesilmiştir. Havzanın en son ürünleri bu faylanma evresinin neden olduğu alüvyon yelpazesi tortullarıdır.

Granit (2003) tarafından Burdur (Tefenni)-Isparta Neojen havzasının jeolojisi ve kömür olanakları çalışılmıştır. Araştırmacı kömür açısından önemli olduğu düşünülen ve aynı zamanda havza dolgusunu oluşturan Miyo-Pliyosen yaşlı çökellerini çoğunlukla Geç Kretase yaşlı kayalar ile temsil edilen temel birimler, temel birimler üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan kırmızı renkli kötü boyanmalı ve köşeli çakıltaşları ile temsil edilen Kuruçay Formasyonu, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ve süreksiz mercekli linyit içeren Değirmenyolu ve Boğaziçi üyelerinde oluşan Pınarbaşı Formasyonu , kum-deltayık çökeller ve kumtaşı-silttaşı-şeyl-kireçtaşı birimlerinden oluşan ve Hacıhasan, Acıdere ve Sultandere üyeleri ile temsil edilen Burdur Formasyonu, Burdur Formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan tuf ve tüfit çökelleri ile temsil edilen Günelan Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi-örgülü akarsu çökellerinden oluşan Kayaaltı Formasyonu olmak üzere çeşitli formasyonlara ayırarak incelemiştir. Çalışma kapsamında işletilen ve mostra veren tüm kömür oluşumlarının Pınarbaşı Formasyonu'nun tipik bataklık çökelleri içerisinde yer aldığı belirtilmiştir.

Alçiçek ve ark. (2004) tarafından Çameli Neojen havzasının sedimanter dolgusu ve jeolojik evrimi çalışılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular havzanın Geç Miyosen’de açılmaya başladığını yansıtmaktadır. Havza içerisinde tanımlanan fasiyes toplulukları ve bu toplulukların birbirleriyle olan yanal ve düşey ilişkileri havza evrimine ilişkin bazı kanıtlar sunmaktadır. Araştırmacılar bu kanıtlara dayanarak havzanın başlıca üç genişleme evresi (Geç Miyosen, Erken-Orta Pliyosen, en Geç Pliyosen) sonucu oluştuğunu ifade etmektedir. Bölge içerisinde yüzeyleyen birimler Geç Miyosen öncesi temel birimler (ofiyolit ve mermer), Geç Miyosen- Geç Pliyosen yaşlı graben dolgusu birimleri (alüvyon yelpazesi, akarsu ve gölsel ortam çökelleri ile temsil edilen karasal birimler) ve Kuvaterner yaşlı güncel birimler olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenmiştir.

Alçiçek (2007) tarafından Eşen havzasının Neojen stratigrafisi ve tektonik yapısı çalışılmıştır. Araştırmacı çalışmada havzada Geç Miyosen-Erken Pliyosen süresince önce alüvyal çökeller ve üstte doğru gölsel sedimanların biriktiğini ve ayrıca Eşen Neojen havzasının Çameli ve Burdur hazvalarına oldukça benzer olduğunu belirtmiş ve havzanın tektonik geçmişinin Çameli havzası ile benzer olduğunu ifade etmiştir.

Elitez (2010) tarafından Çameli ve Gölhisar havzalarının Miyosen-Kuvaterner jeodinamiği çalışılmıştır. Her iki havza da güneybatı Anadolu’da, tektonik olarak oldukça aktif bir bölge olan Burdur-Fethiye Fay Zonu’nun (BFFZ) orta kesiminde yer almaktadır. Bu tektonik hat yaklaşık 310 km uzunluğundadır. Miyosen-Kuvaterner yaşlı KD-GB doğrultulu fay ve havzalarla karakterize edilir. Çameli ve Gölhisar havzalarında Mesozoyik’ten günümüze kadarki yaş aralığında üç adet birim tanımlanmıştır. Bölgenin temel kayaçları Jura-Kretase yaşlı ofiyolit ve rekristalize kireçtaşları (Likya Napları) ile bunların üzerine uyumsuz olarak örtmüş Eosen yaşlı çakıltaşı, resifal kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı ve şeylden oluşan türbiditik istif çökelleri ile temsil edilmektedir. Temel kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı, örgülü ve menderesli akarsu ortam çökelleri olan iri taneli konglomera, kumtaşı, kıltaşı ve silttaşları ile temsil edilen Gölhisar Formasyonu bulunmaktadır. Gölhisar Formasyonu Üst Miyosen- Alt Pliyosen yaşlı kil, kumlu kireçtaşı, bol kırıklı marn, killi kireçtaşı ve kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşan İbecik Formasyonu ile yatay ve düşey geçiş göstermektedir. Bu formasyon üzerinde uyumsuz olarak Üst Pliyosen-Alt Kuvaterner yaşlı, konglomera, çamurtaşı, silt ve kilden oluşan alüvyal yelpaze çökelleri ile temsil edilen Dirmil Formasyonu yer almaktadır. Bu

birimin üzerine ise yine uyumsuzlukla güncel alüvyon çökelleri yerleşmiştir. Çalışma kapsamında Çameli ve Gölhisar havzalarının oluşumunun Erken Miyosen’de bölgede etkin olan sıkışma ile başlamış, Orta-Geç Miyosen’de sol yanal bir hareketin etkisiyle devam ettiği belirtilmiştir. Ayrıca havzaların günümüze kadar Pliyosen’de başlayan sol yanal gerilmeli bir sistem hakimiyetinde olduğu ifade edilmiştir.

Varol (2011) tarafından yarı kapalı havza özelliğindeki Tefenni (Burdur) Ovası jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal açıdan incelenerek bölgedeki farklı kimyasal özelliklerdeki su kaynakları tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmiştir. İnceleme alanı yaklaşık 1527 km²’dir. Alan içerisinde allohton konumlu Yeşilbarak napı (Gömbe ve Yavuz Birimi), Likya napları (Marmaris ofiyoliti, Gülbahar ve Domuzdağ napları) ile paraallohton (Mamatlar ve Varsakyayla formasyonları) ve Kuvaterner yaşlı birimleri de içeren neotokton kaya birimleri (Çameli formasyonu) yüzeylendiği belirtilmiştir. Tefenni Ovası’nda hidrojeokimyasal değerlendirmeler için yeraltı suyunun kalite, köken ve kirlilik analizleri de yapılmıştır.

Karayığit ve ark. (2015) tarafından Çardak kömür yatağının paleoortamsal rekonstrüksiyonu çalışılmıştır. Çalışma, GB Türkiye’de Alp orojenezinin geç bir aşamasında oluşan Neojen Acıgöl Havzası’nda bulunan Çardak kömür damarının (Denizli) oluşum öncesi, oluşum sırası ve sonrasındaki paleoortam koşulların, kömür petrografisi, mineralojik ve paleontolojik veriler ile değerlendirilmesini incelemektedir. Araştırmacılar havza dolgusunu alüvyon, akarsu ve göl çökelleri olmak üzere üç grupta incelenmiştir. Kömür damarı muhtemelen Geç Miyosen/Erken Pliyosen’de havzanın akarsu rejiminin etkisi altında akarsu ve terminal göllerinde (uç göller) oluşmuştur. Kömür damarı, sondaj karotlarında yüzeyden 599,00 ila 627,00 m derinlikler arasında kesilmiş ve ardalanmalı inorganik ve kömür katmanları ile temsil edilmektedir. Linyit ile alt bitümlü arasında değişen kömür, orta ila yüksek düzeyde kül verimine sahiptir (%21,31–46,11, kuru bazda) ve yüksek toplam kükürt içeriği (%13,30’a kadar, külsüz bazda) gösterir. Araştırma kapsamında elde edilen maseral bileşimi, kömürün esas olarak otsu turba yapıcı bitkiler (helofitler) ve bir miktar odunsu turba yapıcı bitkilerden oluştuğunu yansıtmıştır. Ayrıca çalışmada karotun üst kısımlarında, tuzluluğa dayanıklı ostrakod türleri ile birlikte jips (alçıtaşı) ve halit varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen paleontolojik ve mineralojik veriler, havzada iklim, su seviyesi ve göl kimyasında zaman içinde değişiklikler olduğunu göstermektedir.

Aksoy ve Aksarı (2016) tarafından Fethiye-Burdur fay zone (FBFZ) üzerinde yer alan Tefenni Havzasının Neojen-Kuvaterner evrimi çalışılmıştır. Çalışma kapsamında FBFZ, güney batı Anadolu'da büyük ve karmaşık bir kırılma kuşağı olarak tanımlanmış ve bölge içerisinde yer alan diğer sismik fay zonları içerisinde en aktif olduğu belirtilmiştir. Fay zone Eşen, Çameli, Göllhisar, Burdur ve Tefenni gibi fay zoneına paralel ya da yarı paralel uzanan KD-GB doğrultulu havzaları kapsamaktadır. 10-20 km genişlikte ve 60 km uzunlukta olan KD-GB doğrultulu Tefenni havzası FBFZ'nin orta kesimlerinde yer almaktadır. Araştırmacılar havza içerisinde Geç Kretase yaşlı Beydağları otoktonu, Triyas-Eosen yaşlı Likya Napları ve Neojen-Kuvaterner yaşlı akarsu-gölsel ve alüviyal yelpaze çökellerinden oluşan üç farklı kaya topluluğu tanımlanmıştır. Tanımlanan birimler içerisinde Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu içerisinde kömür oluşumları tespit edilmiştir.

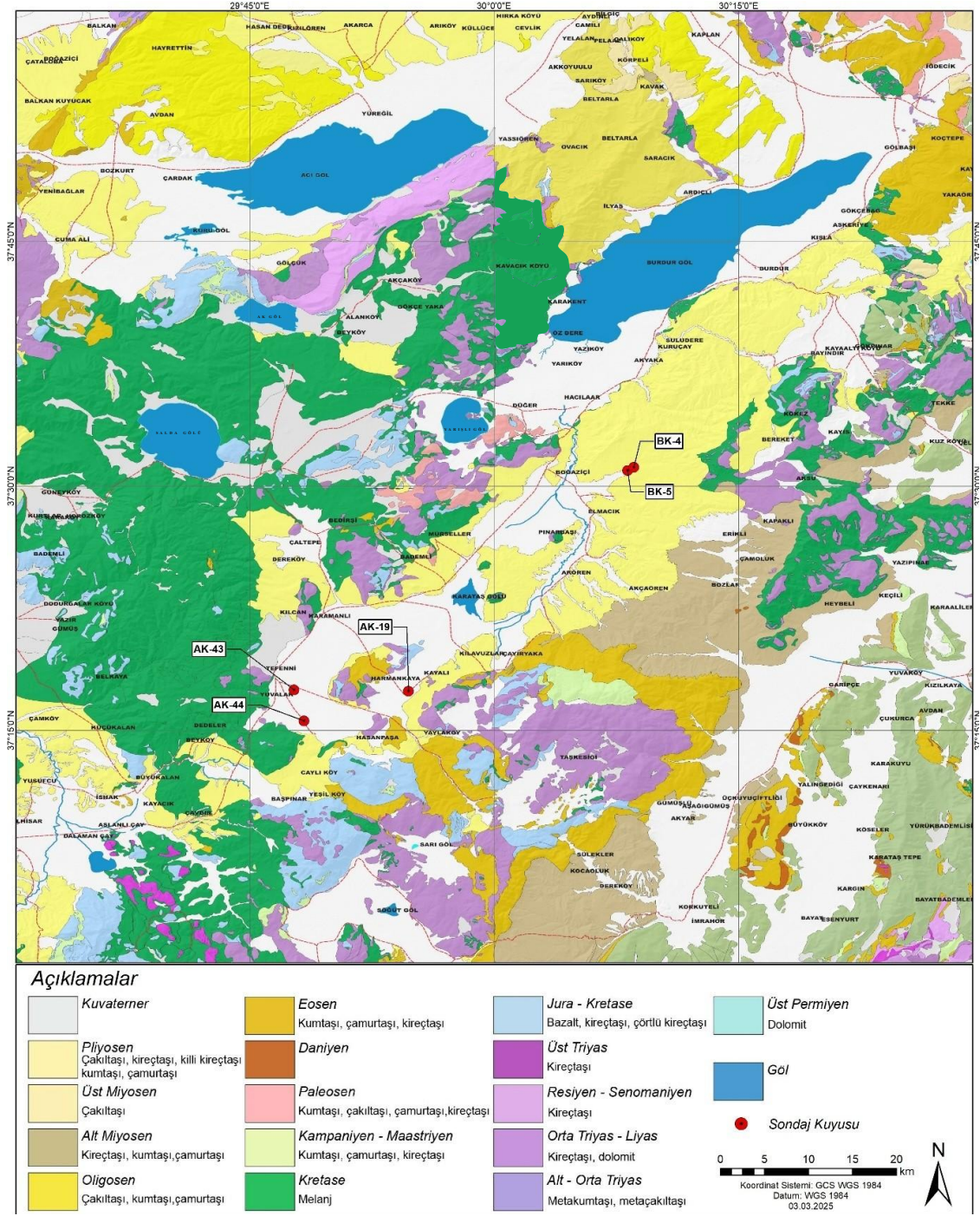
Tuncer ve ark. (2023) tarafından Isparta Açısının doğu kanadında yer alan Şarkikaraağaç kömür yatağının Pliyo-Pleyistosen turba birikimi sırasındaki paleoortam ve paleoiklimsel koşulları çalışılmıştır. Araştırmacılar iki kömür arama kuyusundan (SK-1 ve-2) alınan Pliyosen ve erken Pleyistosen yaşlı kömür içeren istifin kömür petrografisi, mineraloji, faunal ve bitki örtüsü verilerinden yararlanarak paleoortamsal ve paleoiklimsel açıdan yeniden modellemişlerdir. Çalışma kapsamında toplam kalınlığı 1-7 m arasında değişen dört kömür damarı (aşağıdan yukarıya: B, A, X-1 ve X-0) incelenmiştir. Araştırmacılar palinolojik verilerin Erken Pliyosen'de sıcak ve nemli iklim koşullarını yansıttığını bu nedenle A ve B damarlarının çoğunlukla limno-telmantik koşullar altında biriktiğini ifade etmişlerdir. Orta Torosların artan yükselme oranının gelişmesi ve Pliyosen'in geç aşamalarına ve özellikle erken Pleyistosen'e doğru iklim değişikliklerinin gelişmesiyle birlikte, bitki oluşumu ve çevredeki bitki örtüsünün değiştiğini ifade eden araştırmacılar X-1 damarının ıslak orman bataklığı koşulları altında birikmiş olduğunu ardından X-1 damarındaki turba birikiminin sona ermesiyle birlikte iklimin kuraklığında artış ve çok sık su koşullarının yaygınlaştığı ifade edilmiştir. Kısa bir süre içinde kaynak desteğinin gelişmesi ve nispeten yüksek yağış, erken Pleyistosen sırasında nihai turba birikimine (X-0) olanak tanımıştır. Araştırmacılar genel olarak, çalışma alanındaki göllerin turba birikimi ve su seviyesinin, Pliyosen'den erken Pleyistosen'e kadar olan dönemde Beyşehir Gölü Havzası kenarlarının yükselmesi ve iklimsel salınımlar tarafından kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir.

Bulut (2023) tarafından Dombayova linyitlerinin jeolojik konumu, kimyasal, mineralojik ve petrografik özellikleri çalışılmıştır. Dombayova Graben alanı Neojen öncesi temel birimler, Mesozoyik yaşlı karbonatlar, Eosen yaşlı nummulitli Sarıdere Formasyonu ve Oligosen yaşlı baskın olarak polijenik bileşenler içeren Akçaköy Formasyonu konglomeralardan oluşmaktadır. Geç Miyosen (?) - Erken Pliyosen yaşlı kömür içeren Güzelyayla Formasyonu temel birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu formasyon çalışma kapsamında Akgün ve Yenibelkavak üyelerine ayrılarak incelenmiştir. Örneklerin havada kuru bazda nem, kül, uçucu madde ve üst ısı değerlerinin ağırlıklı ortalamaları sırasıyla %7,5, 24,2, 49,3 ve 3485 kcal/kg olarak; havada kuru bazda N, C, H ve toplam S ağırlıklı ortalamaları ise sırasıyla %1,1, 40,2, 4,0 ve 1,5 olarak belirlemiştir. Rock-Eval analiz sonuçlarına göre kömür örneklerinde Tip III kerojeni ve kayaç örneklerinde ise karışık Tip III-IV kerojenin yaygın olduğu ifade edilmiştir. Tez çalışması kapsamında elde edilecek bulguların, bu çalışma sonuçlarıyla karşılaştırmaları da yapılacaktır.

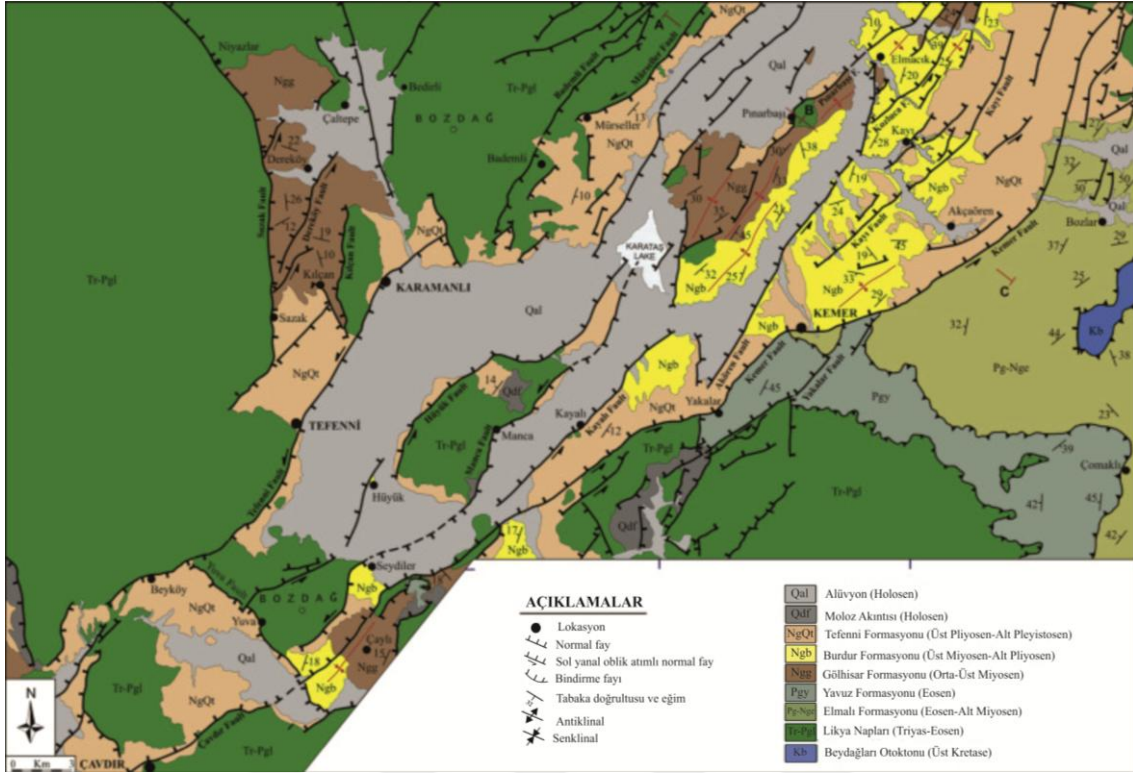
3. JEOLOJİ

Tez çalışması kapsamında Burdur İl sınırları içerisinde yer alan Tefenni Havzası'nın jeolojisi ve tektoniği literatürde yer alan mevcut bilgiler ışığında bu bölüm kapsamında özetlenmiştir. Çalışma alanı 1/100.000 ölçekli Denizli M23, N23 ve Isparta M24, N24 paftaları içerisinde yer almaktadır. Sahanın 1/100.000'lik basitleştirilmiş jeoloji haritaları basitleştirilerek Şekil 3.1'de sunulmuştur. İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası ve stratigrafik istifi ise Şekil 3.2 ve 3.3' de verilmiştir. Çalışma alanının jeolojisinin anlaşılmasında Granit (2003), Elitez (2010), Varol (2011), Aksarı (2016), Aksoy ve Aksarı (2016)'da yer alan bilgilerden büyük ölçüde yararlanılmış ve formasyon adlandırmaları sırasında Aksoy ve Aksarı (2016)' da belirlenen formasyon isimlendirmeleri esas alınmıştır. Bölgenin stratigrafi birimleri ve tektoniği aşağıda yer alan bölümde özetlenmiştir.

Çalışma alanı ve çevresinde en yaşlı birimler, Üst Kretase yaşlı Beydağları otoktonuna ait birimler ile temsil edilmektedir. Triyas-Eosen yaşlı allokon konumlu birimler Likya Napları olarak tanımlanmaktadır ve Beydağları otoktonunu tektonik olarak örtmektedir. Miyosen öncesi temel birimler üzerinde Neojen-Kuvater yaşlı aksarı, gölsel ve alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşan üç farklı kayaç topluluğu ile temsil edilmektedir (Aksoy ve Aksarı, 2016) (Şekil 3.2 ve 3.3). Temel birimler üzerinde uyumsuz olarak Gölhisar Formasyonu bulunmaktadır. Burdur Formasyonu tabanda Gölhisar Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir ve Tefenni Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Saha içerisinde yer alan Kuvaterner yaşlı birimler diğer tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 3.2 ve 3.3). Tez çalışması kapsamında incelenen AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajların çalışma alanı içerisindeki konumları Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 3.1. Tefenni Havzası ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (1/100.000 ölçekli 1/100.000 ölçekli Denizli M23, N23 ve Isparta M24, N24 MTA jeoloji haritalarından basitleştirilerek hazırlanmıştır).



Şekil 3.2. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Aksoy ve Aksarı, 2016'dan Türkçeleştirilmiştir).

Beydağları Otoktonu

Çalışma alanının temel kayaçlarını oluşturan ve ilk olarak Beydağları Zonu (Woodcock ve Robertson, 1982) ya da Beydağları Masifi (Yılmaz ve ark. 1981) olarak da adlandırılan Beydağları otoktonu, Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşları (Beydağları Formasyonu), Erken Paleosen yaşlı olistostrom (Çamlıdere Olistostromu), Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı karbonat ve kırıntılı kayaçlar (Söbütepe Formasyonu), Eosen yaşlı karbonat ve kırıntılı kayaçlar (Küçükköy Formasyonu), Erken Miyosen yaşlı algi kireçtaşları (Karabayı Formasyonu) ve Burdigaliyen yaşlı kırıntılı kayaçlardan oluşan Karakuştepe Formasyonu ile temsil edilmektedir. Üst Kretase yaşlı (Şenel vd., 1989) Beydağları otoktonu, tektonik olarak Likya napı kaya birimleri tarafından örtülmektedir (Aksoy ve Aksarı, 2016).

Yeşilbarak Napı (Ara Zon)

İlk olarak Önalın (1979) tarafından adlandırılan ve Beydağları otoktonu ile Likya napları arasında yanal yönde süreklilik gösteren Yeşilbarak napı literatürde ve “Ara zon” (Şenel ve ark., 1987) olarak da tanımlanmaktadır. Gömbe birimi (Elmalı Formasyonu) ve Yavuz Formasyonu olmak üzere iki yapısal birim ile temsil edilmektedir. Geç Lütisiyen-Erken Burdigaliyen yaşlı Elmalı Formasyonu ilk olarak Önalın (1979) tarafından tanımlanmış olup gri-yeşilimsi gri, açık kahve renkli kumtaşı, kıltaşı ve silttaşı aralanmasından oluşmaktadır. Formasyon Beydağları otoktonu örter ve Yavuz Formasyonu tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. İlk olarak Poisson (1977) tarafından Yavuz ünitesi olarak tanımlanan ve daha sonra Şenel ve ark. (1989) tarafından Yavuz Formasyonu olarak değiştirilen birim çört nodülleri, detirik kireç taşı ve killi kireç taşı içeren mikritik kireçtaşları ile başlar yukarı doğru yeşil-gri kumtaşı ve kil taşı birimleri ile temsil edilmektedir. Yavuz Formasyonu tektonik olarak Elmalı Formasyonu'nun hemen üzerinde yer alır ve gene tektonik olarak Likya Napları ofiyolitleri ve ofiyolitik melanlar tarafından örtölür (Aksoy ve Aksarı, 2016). Formasyonun yaşı üst Lütisiyen-Priaboniyen'dir (Poisson, 1977, Görmüş ve ark., 2003).

Likya Napları

Triyas-Eosen yaşlı Likya Napları ofiyolitler, ofiyolitik melanlar, platform karbonatları ve türbidit çökelleri ile temsil edilmektedir (Brinkman, 1967; Bernoulli ve ark., 1974; Poisson, 1984; Şenel ve ark., 1994). Bindirmeli yapıdadır ve birkaç tektonik birim içermektedir (Graciansky, 1968, 1972; Bernoulli ve ark., 1974; Gutnic ve ark., 1979). Bunlar Alt Nap, Ofiyolit Napı ve Üst Nap ile temsil edilir (Aksoy ve Aksarı, 2016; Aksarı, 2016).

Gölhisar Formasyonu

Miyosen öncesi temel birimleri uyumsuz olarak örten gri- kırmızı renkli konglomera ile başlayan ve yukarı doğru gri ve kahverengi, orta ila ince taneli kumtaşı, silt taşı ve kil taşı aralanmaları ile temsil edilen akarsu çökelleri ilk önceleri Neojen örtü, Çameli ve Yatağan Formasyonları (Altınlı, 1955; Becker-Platen, 1970; Kara, 1976; Erakman ve ark., 1982; Meşhur ve Yoldemir, 1983; Meşhur ve Akpınar, 1984; Göktaş, 1990) ve Elmalıyurt Formasyonu (Ersoy, 1990) olarak adlandırılmış olsa da güncel çalışmalarda

Elitez (2010) tarafından Gölhisar Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Fosil açısından formasyon oldukça fakirdir. Ancak Miyosen öncesi temel birimlerinin üzerinde uyumsuz olarak bulunması ve yanal ve düşey olarak üst Miyosen-alt Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonuna geçişli olması gibi stratigrafik ilişkileri göz önüne alınarak Orta-Geç Miyosen yaşlı verilmiştir (Elitez, 2010; Aksoy ve Aksarı, 2016).

YAŞ	FORMASYON	SEMBOL	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
HOLOSEN	Alüvyon Moloz akıntısı	Qal Qal		Zayıf derecelenmemiş çakıl, kum, silt ve kil Uyumsuzluk
PLEYİSTOSEN	ALT	Tefenni		Kırmızı renkli, kötü derecelenmiş, matris destekli, polijenik konglomera, çamurtaşı, az pekişmiş kiltası ve silttaşı Uyumsuzluk
PLİYOSEN	ÜST	Burdur		İnce kömür yataklarıyla ardalanmalı, açık gri-beyaz kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve silttaşı
MIYOSEN	ORTA	Gölhisar		Grimsi kahverengi kumtaşı ve silt taşı ile ardalanmalı. Temelden türeyen gri-yeşilimsi gri renkli polijenik konglomera Uyumsuzluk
TRİYAS-EOSEN		Likya Napları		Mezozoik rekristalize kireçtaşları, ofiyolitler, ofiyolitik melanj ve Paleosen-Eosen türbiditleri.
				Tektomatik dokanak
				İnce ila orta tabakalı mikritik kireçtaşı, kumtaşı ve kiltası Tektomatik dokanak
				Ardalanmalı kumtaşı, kiltası ve silttaşı Tektomatik dokanak
		Yavuz		
		Elmalı		
KRETASE	ÜST	Beydağları Otoktonu		Orta-kalın tabakalı, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, algli kireçtaşı ve detritik tortul kayalar

Şekil 3.3. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Aksoy ve Aksarı 2016'dan Türkçeleştirilmiştir)

Burdur Formasyonu

Gölsel çökeller ile temsil edilen formasyon ilk olarak Erakman ve ark. (1982) tarafından Çameli Formasyonu olarak adlandırılmış ve daha sonra Yalçinkaya ve ark. (1986) tarafından Burdur Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Gölhisar Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan ve Tefenni Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen Burdur Formasyonu tabanda beyazımsı gri kilitaşı, kumlu kireçtaşı, silttaşı, beyaz-giri renkli marn ve az miktarda killi kireçtaşları ve kireçtaları ile temsil edilir. Kömür, killi ve kumlu birimler içerisinde yer almaktadır. Tatlı su gastropod fosilleri de formasyonda gözlenmiştir (Aksoy ve Aksarı, 2016). Litolojisi ve kapsadığı fosiller ortamın başlangıçta sığ ve daha sonra tektonik etkilerle derin göl ortamına dönüştüğünü yansıtmaktadır. Göller Messiniyen tuzluluk krizi sonucu kuruyarak bataklık halini almış ve kömürlü seviyeler bu tür ortamlarda çökelmiştir. Memeli fosilleri yaşlandırılarak Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşı elde edilmiştir (Alçiçek, 2001; Aksarı, 2016). Tez kapsamında da açıklandığı gibi, AK-44 no'lu sondajda kömürlü seviyelerden alınan örneklerde yapılan palinolojik analizlere göre Burdur Formasyonunun kömür içeren seviyelerinin Erken Pliyosen yaşı olduğu ortaya konulmuştur.

Tefenni Formasyonu

Formasyon genel olarak çakıltası, kumtaşı, silt ve kil aralanmaları ile temsil edilen alüvyal yelpaze çökellerinden oluşmaktadır. İlk olarak Poisson (1977) tarafından Niyazlar Formasyonu olarak tanımlanmış ve ilerleyen yıllarda eski alüvyon çökelleri (Şenel ve ark., 1989; Ersoy, 1990), akarsu tortulları (Alçiçek, 2006), Dirmil Formasyonu (Elitez, 2010) olarak adlandırılmıştır. Tez kapsamında Aksarı (2016) tarafından tanımlanan Tefenni kuzeyinde yer alan Sazak köyü ve yakınlarındaki yüzlekleri tanımlayan Tefenni Formasyonu adlandırılması baz alınmıştır. Formasyon içerisinde yaşlandırma çalışması yapılabilecek fosil içeriği saptanamamış ve litolojik özellikleri ve sınır ilişkileri dikkate alınarak Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşı verilmiştir (Aksarı, 2016).

Güncel Birimler

Yamaç molozu Holosen yaşı, kahverengi, gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı, çakıl, kum, kil, silt karışımı ile temsil edilen birimdir. Altındaki birimleri uyumsuz olarak örter ve alüvyonlarla yanal ve düşey geçişli olarak bulunmaktadır. Diğer taraftan alüvyon çökelleri halihazırda var olan diğer birimlerin ayrışma, aşınma ve taşınması sonucu çakıl, kum, kil boyutlu malzemedan oluşan kil ve silt tane boyutlu malzemenin baskın olduğu genç ve güncel çökeller ile temsil edilmektedir.



4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Materyal

Tez kapsamında, daha önce açıklandığı gibi, kömür arama amaçlı açılan tümüyle karotlu AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlar kömür örnekleme için seçilmiştir. Karotları incelenen bu sondajlar toplam derinliği yüzeyden itibaren AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 için sırasıyla yaklaşık 474 m, 441 m, 819 m ve 804 metredir. Kömür kesen bu sondajlardan sırasıyla 13, 16, 8 ve 9 olmak üzere 42 (kömür, killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası) ve 4 (iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı) olmak üzere toplam 46 örnek alınmıştır (Çizelge 4.1). Ayrıca, dikey yönde litolojik birimlerde bir mineralojik değişimin olup olmadığını görmek amacıyla toplam derinliği yüzeyden itibaren yaklaşık 452 m olan AK-43 no'lu sondajdan toplam 48 adet kayaç örneği (çamurtaşı, kumtaşı, kiltası, silttaşı, kireçtaşı) de alınmıştır.

Sondaj karotlarından alınan kömür örneklerinin litolojik tanımlanmasında makroskobik görünüm, XRD-tüm kayaç analiz sonuçları ve havada kuru bazda kül içerikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Tanımlamada Larkin ve Green (2020) tarafından verilen bilgiler dikkate alınarak havada kuru bazda %50'den az kül içeriğine sahip örnekler kömür (CO), %50-75 arasında kül içeriğine sahip örnekler kömürlü kiltası (ZC), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü şeyl (ZH) ve killi kömür (CSCO) olarak tanımlanmıştır. Tez kapsamında bunlar çoğunlukla birleştirilerek kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl olarak değerlendirilmiştir. Hava kuru bazda kül içeriği %75'den fazla olan örnekler karbonlu kiltası (XC) ve iz oranda organik madde içeren ise killi kireçtaşı (CSLS) olarak tanımlanmıştır. Örneklerin tanımlamaları, derinlikleri (m) ve kalınlıkları (m) Çizelge 4.1'de taban ve taban kayaçlarına göre konumları ise Şekil 4.1-4'de sunulmuştur. Sondaj karotlarından kömürlü seviyelere ait seçilen karot fotoğrafları Şekil 4.6-11'de sunulmuştur. AK-43 no'lu sondajdan alınan 48 adet kayaç örneğinin derinlik ve litolojik tanımlamaları ise çizelge 4.2'de ve sondaj logundaki konumları ise Şekil 4.5'de verilmiştir.

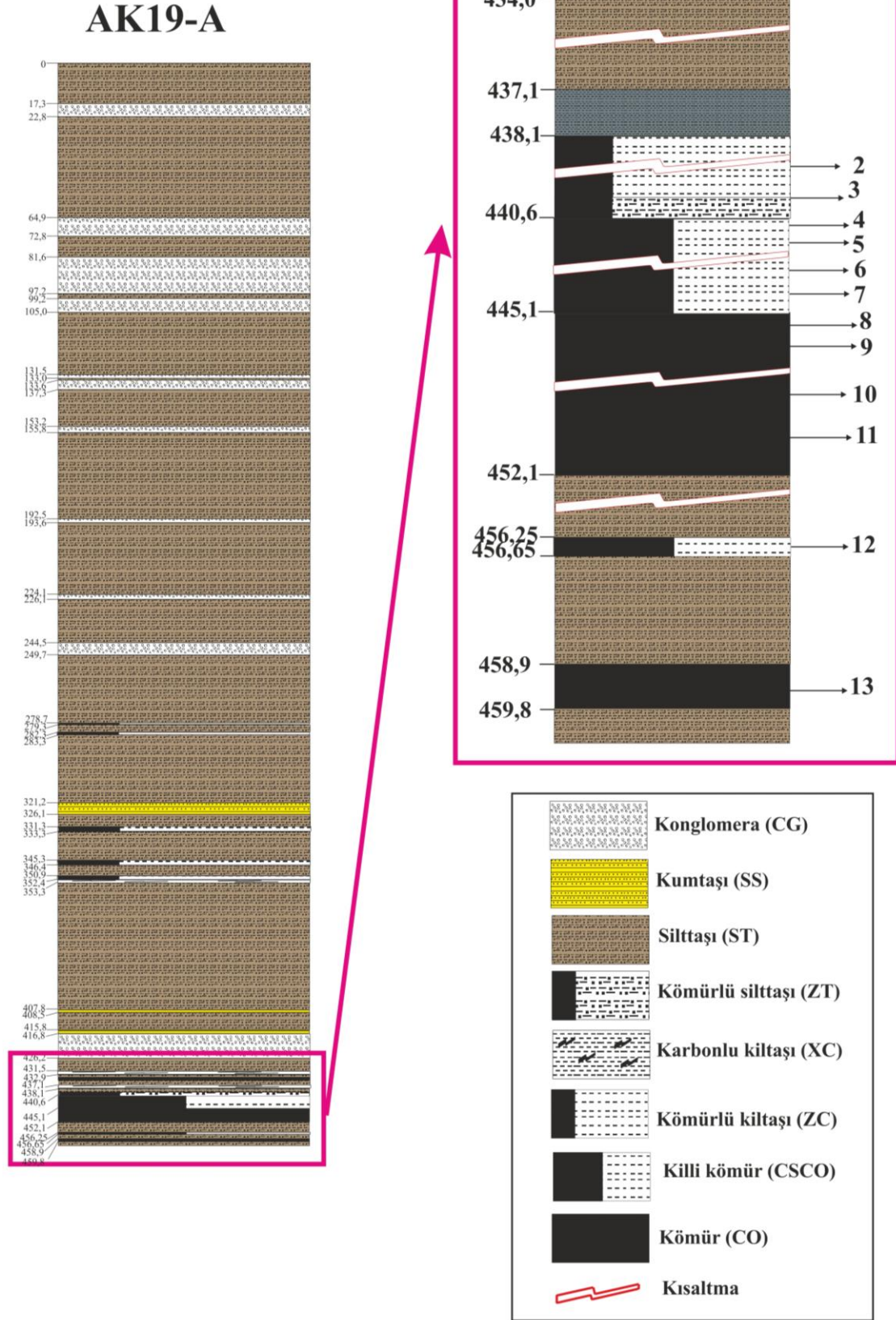
Tez kapsamında karotlardan yarılama/kanal yöntemi kullanılarak alınan kömür ve kayaç örnekleri, ağız kapalı, hava almaz plastik poşetler içerisinde muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiş ve Şekil 4.12'de sunulan iş akış şemasında yer alan adımlar izlenerek analiz edilmiştir.

Çizelge 4.1 Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no’lu sondajlardan alınan örneklerin yüzeyden derinlikleri ve makroskobik görünümleri, XRD-tüm kayaç analiz sonuçları ve havada kuru bazda kül içerikleri baz alınarak yapılan tanımlamaları.

Sondaj No	Örnek No	Yüzeyden derinlik (m)		Kalınlık (m)	Tanımlama
AK19A	1	433,70	434,00	0,30	Kömür (CO)
	2	439,40	439,75	0,35	Kömürlü kilaşı (ZC)
	3	440,20	440,60	0,40	Kömürlü silttaşı (ZT)
	4	442,00	442,40	0,40	Killi kömür (CSCO)
	5	442,40	443,60	1,20	Killi kömür (CSCO)
	6	443,80	444,60	0,80	Killi kömür (CSCO)
	7	444,60	445,10	0,50	Killi kömür (CSCO)
	8	445,10	446,10	1,00	Kömür (CO)
	9	446,10	448,10	2,00	Kömür (CO)
	10	448,10	450,10	2,00	Kömür (CO)
	11	450,10	452,10	2,00	Kömür (CO)
	12	456,25	456,65	0,40	Killi kömür (CSCO)
	13	458,90	459,80	0,90	Kömür (CO)
AK44	1	403,75	404,30	0,55	Kömürlü şeyl (ZH)
	2	404,30	404,70	0,40	Kömürlü şeyl (ZH)
	3	408,80	409,00	0,20	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	4	409,00	409,50	0,50	Kömür (CO)
	5	409,50	411,35	1,85	Kömür (CO)
	6	411,35	413,35	2,00	Kömür (CO)
	7	413,35	413,74	0,39	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	8	413,74	414,14	0,40	Kömür (CO)
	9	414,14	416,14	2,00	Kömür (CO)
	10	416,14	418,14	2,00	Kömür (CO)
	11	418,14	418,64	0,50	Killi kömür (CSCO)
	12	418,64	418,84	0,20	Kömürlü kilaşı (ZC)
	13	419,06	419,32	0,26	Kömürlü kilaşı (ZC)
	14	419,32	419,56	0,24	Karbonlu kilaşı (XC)
	15	419,56	421,53	1,97	Killi kömür (CSCO)
	16	421,53	421,73	0,20	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
BK4	1	87,72	88,08	0,36	Killi kömür (CSCO)
	2	113,75	114,05	0,30	Killi kömür (CSCO)
	3	114,05	114,53	0,48	Kömürlü kilaşı (ZC)
	4	122,30	122,53	0,23	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	5	122,53	123,22	0,69	Killi kömür (CSCO)
	6	123,70	124,08	0,38	Killi kömür (CSCO)
	7	140,52	140,72	0,20	Kömürlü kilaşı (ZC)
	8	140,72	141,50	0,78	Kömür (CO)
BK5	1	76,16	76,40	0,24	Killi kömür (CSCO)
	2	84,58	84,84	0,26	Kömür (CO)
	3	105,16	105,60	0,44	Kömürlü kilaşı (ZC)
	4	105,60	106,10	0,50	Kömürlü kilaşı (ZC)
	5	109,72	110,17	0,45	Killi kömür (CSCO)
	6	110,17	110,72	0,55	Killi kömür (CSCO)
	7	127,95	128,15	0,20	Kömürlü silttaşı (ZT)
	8	128,15	128,74	0,59	Kömür (CO)
	9	128,74	129,04	0,30	Kömürlü silttaşı (ZT)

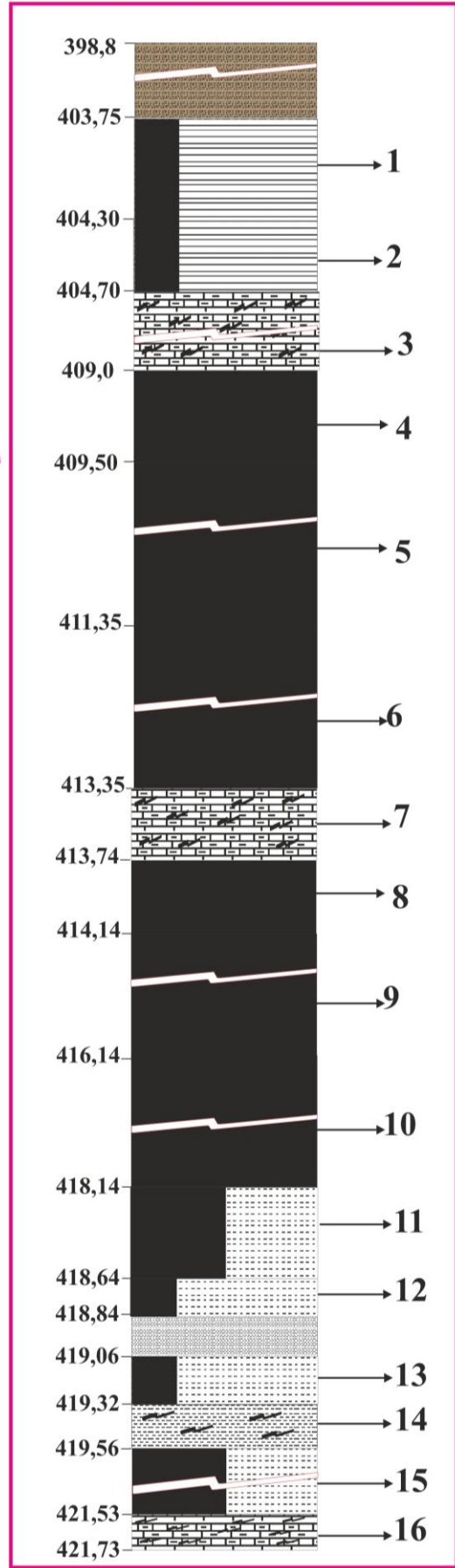
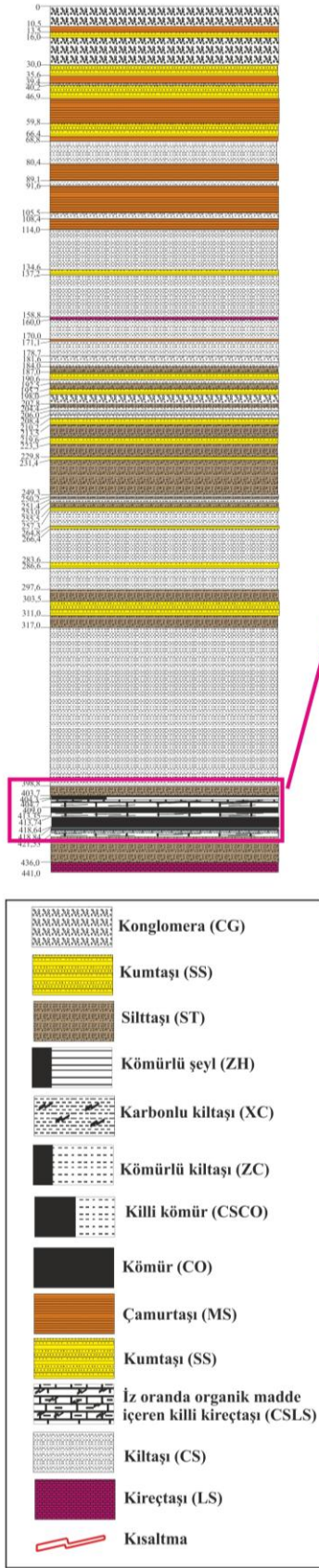
Çizelge 4.2. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan alınan kayaç örneklerinin derinlik değerleri ve litolojik tanımlamaları.

Örnek No	Derinlik (m)	Litoloji	Örnek No	Derinlik (m)	Litoloji
AK43-1	13.30-13.40	Kırmızı çamurtaşı	AK43-25	267.90-268.00	Kiltaş
AK43-2	20.80-20.90	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı çamurtaşı	AK43-26	281.00-281.10	Orta çakıllı kiltaş
AK43-3	28.20-28.30	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-27	295.35-295.45	Silttaş (Yer yer ince-orta çakıllı)
AK43-4	35.10-35.20	Çakıllı kumtaşı	AK43-28	307.90-308.00	Silttaş (Yer yer bitki parçaları ve ince-orta çakıllı)
AK43-5	43.20-43.30	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-29	321.30-321.40	Kiltaş (Yer yer ince-orta çakıllı)
AK43-6	54.00-54.10	Orta-ince çakıllar içeren kumtaşı	AK43-30	332.10-332.20	Kiltaş
AK43-7	61.80-62.00	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-31	342.10-342.20	Yeşil kiltaş
AK43-8	83.20-83.30	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-32	359.20-359.30	Kiltaş (Gastropod kavkılı)
AK43-9	97.10-97.20	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-33	362.50-362.60	Yer yer kömür parçaları içeren gastropod kavkılı kil
AK43-10	110.40-110.50	İnce çakıllar içeren kumtaşı	AK43-34	367.20-367.30	Kiltaş (Yer yer gastropod kavkılı)
AK43-11	123.90-124.00	İnce çakıllar içeren kumtaşı	AK43-35	372.00-372.10	Kiltaş
AK43-12	137.80-137.90	İnce çakıllar içeren kumtaşı	AK43-36	376.90-377.00	Kiltaş
AK43-13	152.80-152.90	İnce-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-37	381.35-381.45	Silttaş (Yer yer gastropod ve ostrakod parçalı)
AK43-14	168.90-169.00	İri-orta çakıllar içeren kırmızı renkli kumtaşı	AK43-38	385.20-385.30	Silttaş (Bol gastropod fosilli)
AK43-15	181.00-181.10	Kırmızımsı renkli kumlu konglomera	AK43-39	386.55-386.65	Kiltaş (Yer yer gastropod kavkılı)
AK43-16	188.90-189.00	Kırmızı çamur taşı	AK43-40	390.40-390.50	Yeşil kiltaş
AK43-17	198.90-199.00	Çamurtaşı	AK43-41	395.60-395.70	Kiltaş
AK43-18	209.40-209.50	Kiltaş	AK43-42	403.00-403.10	Kiltaş
AK43-19	217.90-218.00	Orta çakıllar içeren karbonatlı kiltaş	AK43-43	413.90-414.00	Silttaş (Yer yer gastropod parçaları, ince çakıllı)
AK43-20	224.20-224.30	Karbonatlı kiltaş	AK43-44	418.00-418.10	Silttaş
AK43-21	230.90-231.00	Kiltaş	AK43-45	430.00-430.10	Silttaş
AK43-22	241.00-241.10	Kiltaş	AK43-46	431.40-431.50	Kiltaş (Yer yer bitki parçaları ve gastropod kavkıları mevcut)
AK43-23	253.90-254.00	Silttaş	AK43-47	439.50-439.60	Silttaş
AK43-24	262.00-262.10	Bitki parçaları içeren kiltaş	AK43-48	449.40-449.50	Kireçtaş

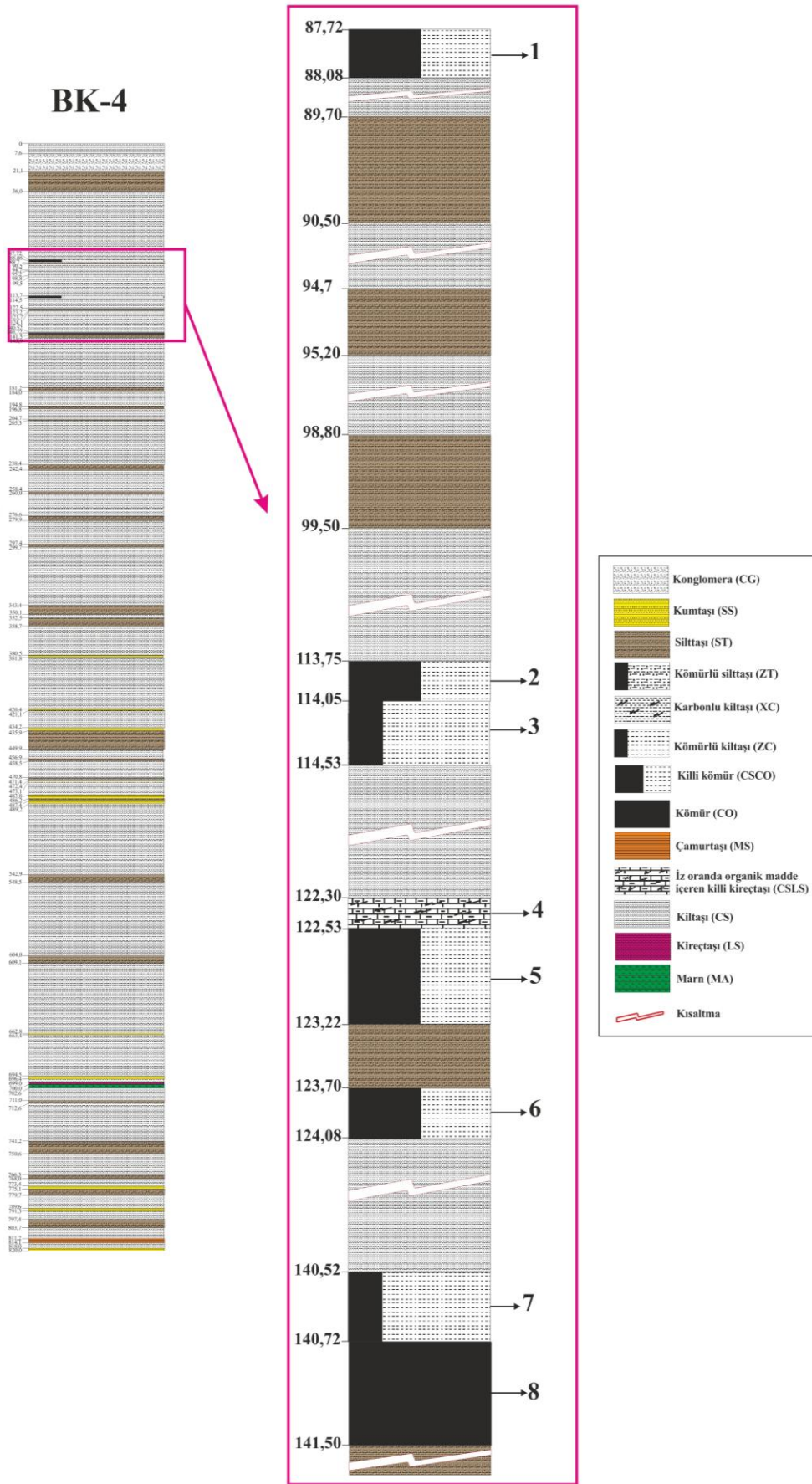


Şekil 4.1. AK-19A no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.

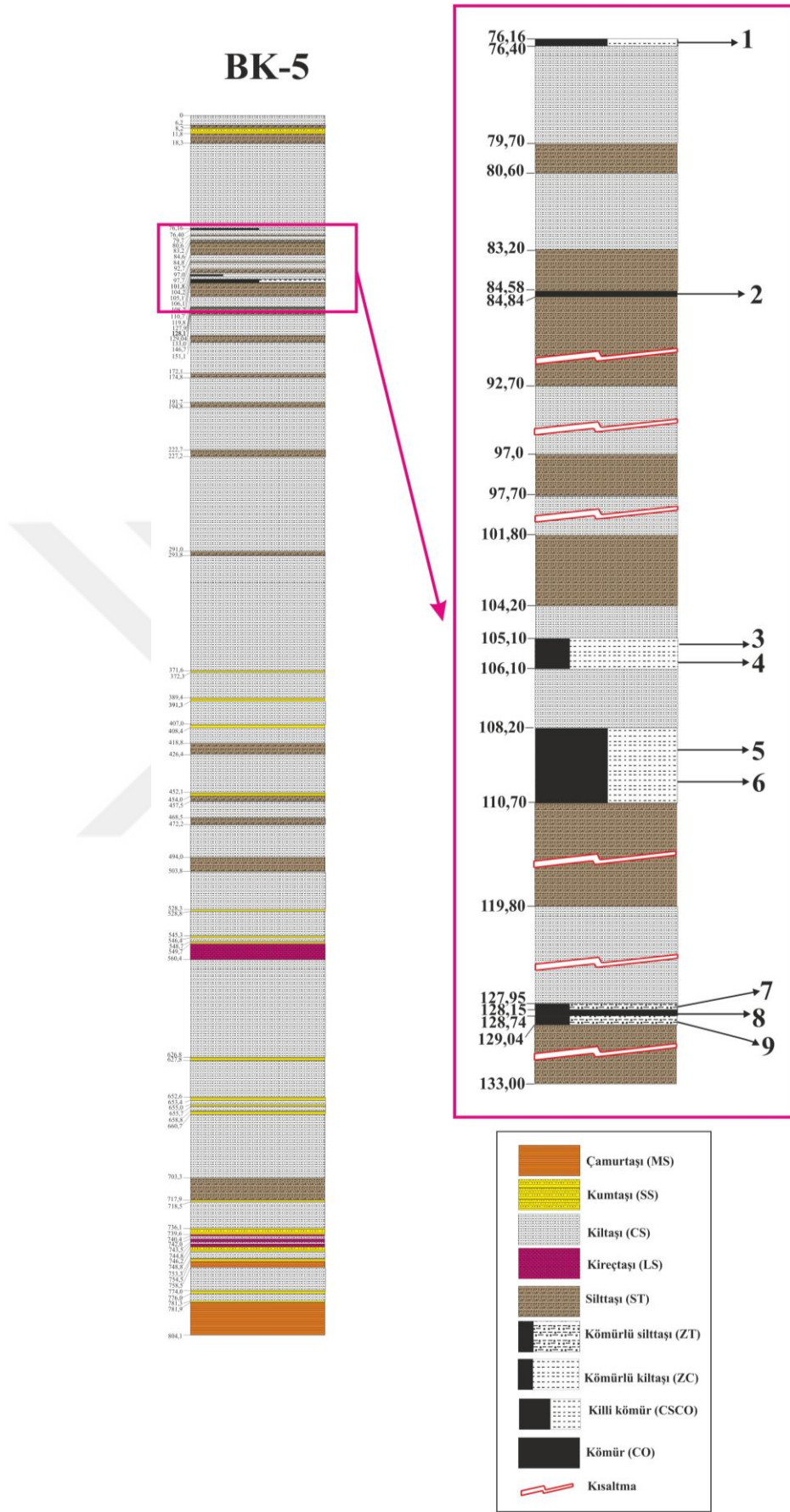
AK-44



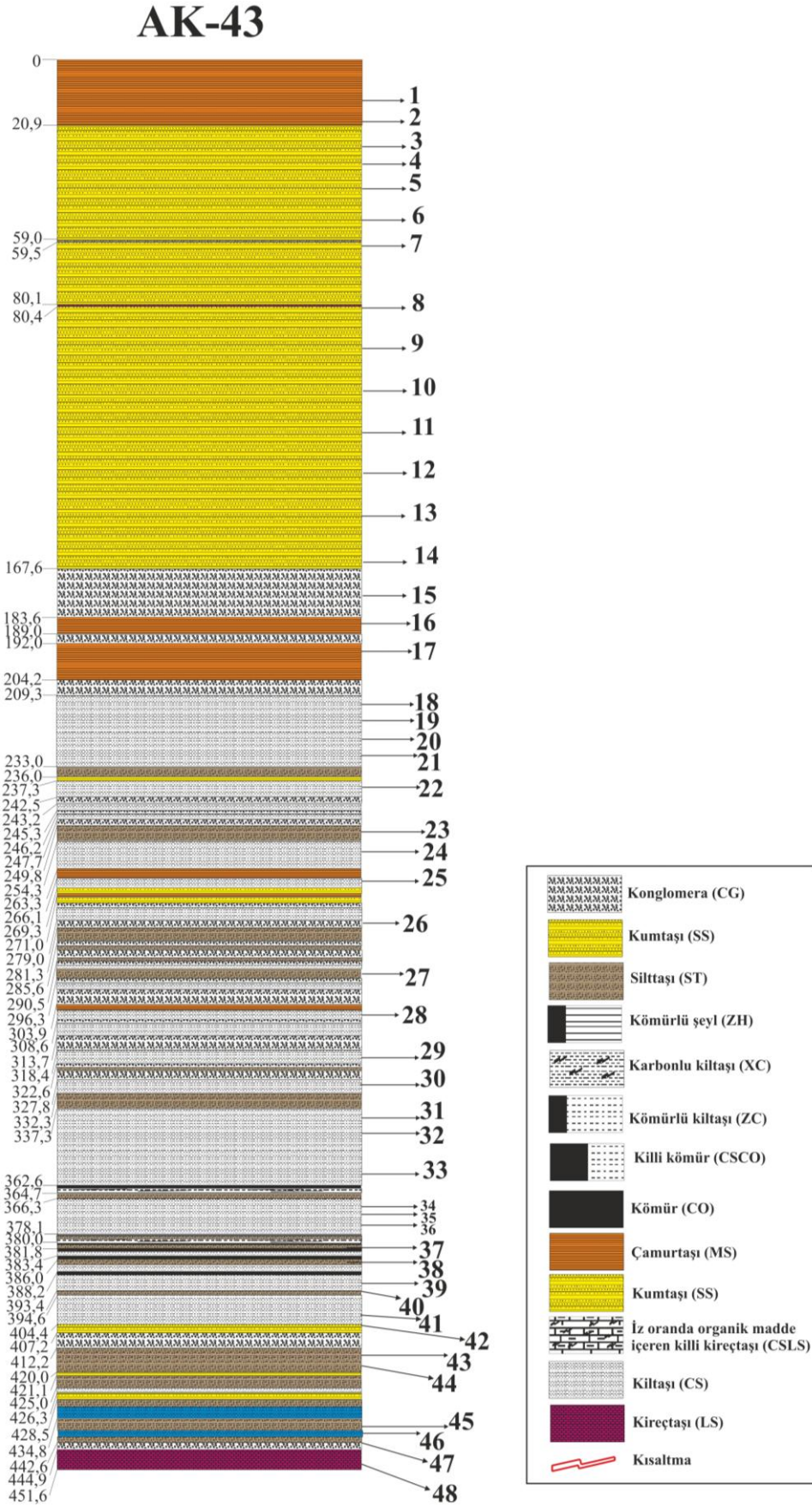
Şekil 4.2. AK-44 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.



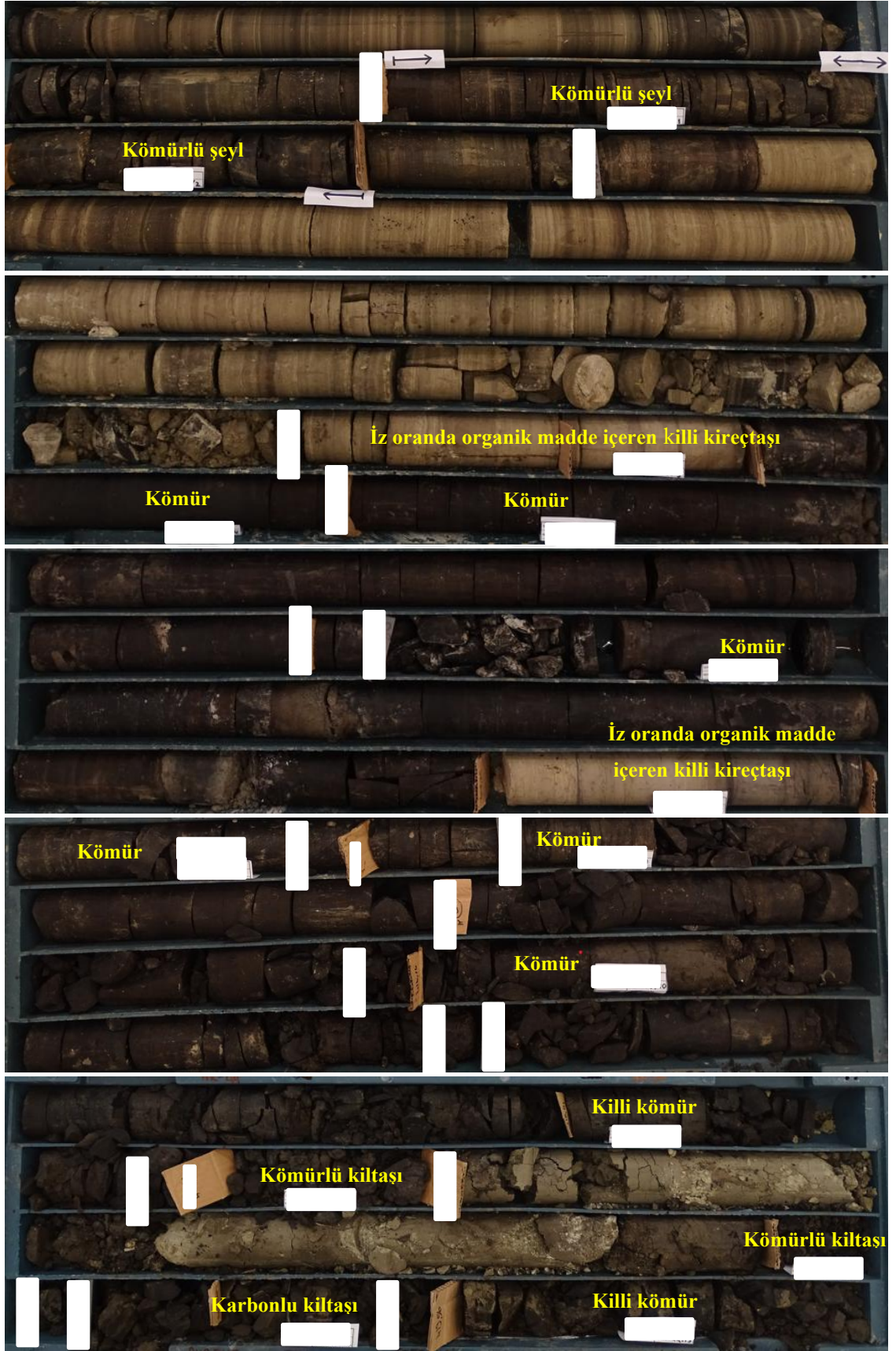
Şekil 4.3. BK-4 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.



Şekil 4.4. BK-5 no'lu sondajdan alınan örneklerin sondaj logu üzerindeki konumları.



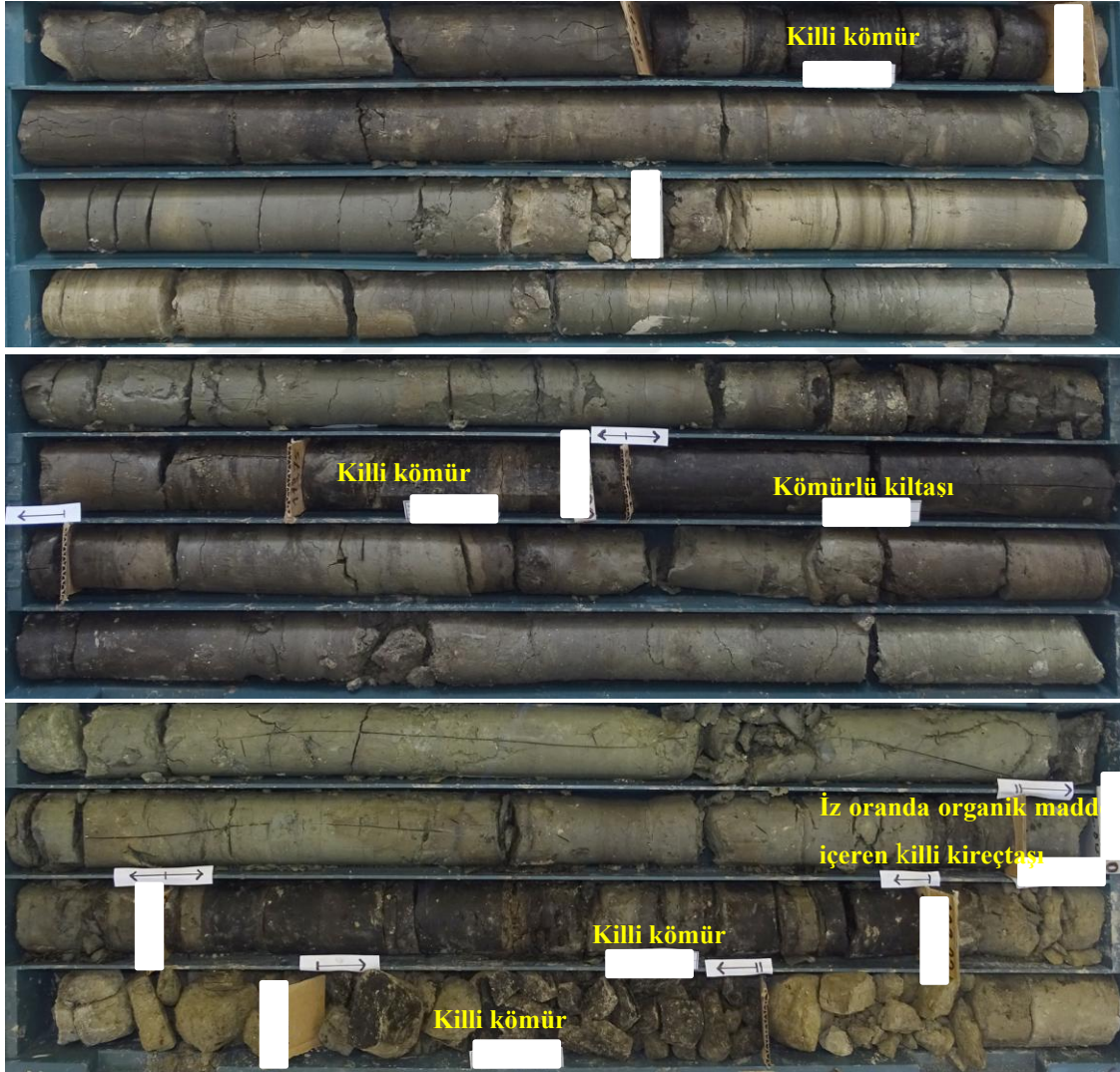
Şekil 4.5 AK-43 no'lu sondajdan alınan kayaç örneklerinin sondaj logu üzerindeki konumları.



Şekil 4.6. Tez çalışması kapsamında AK-44 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).



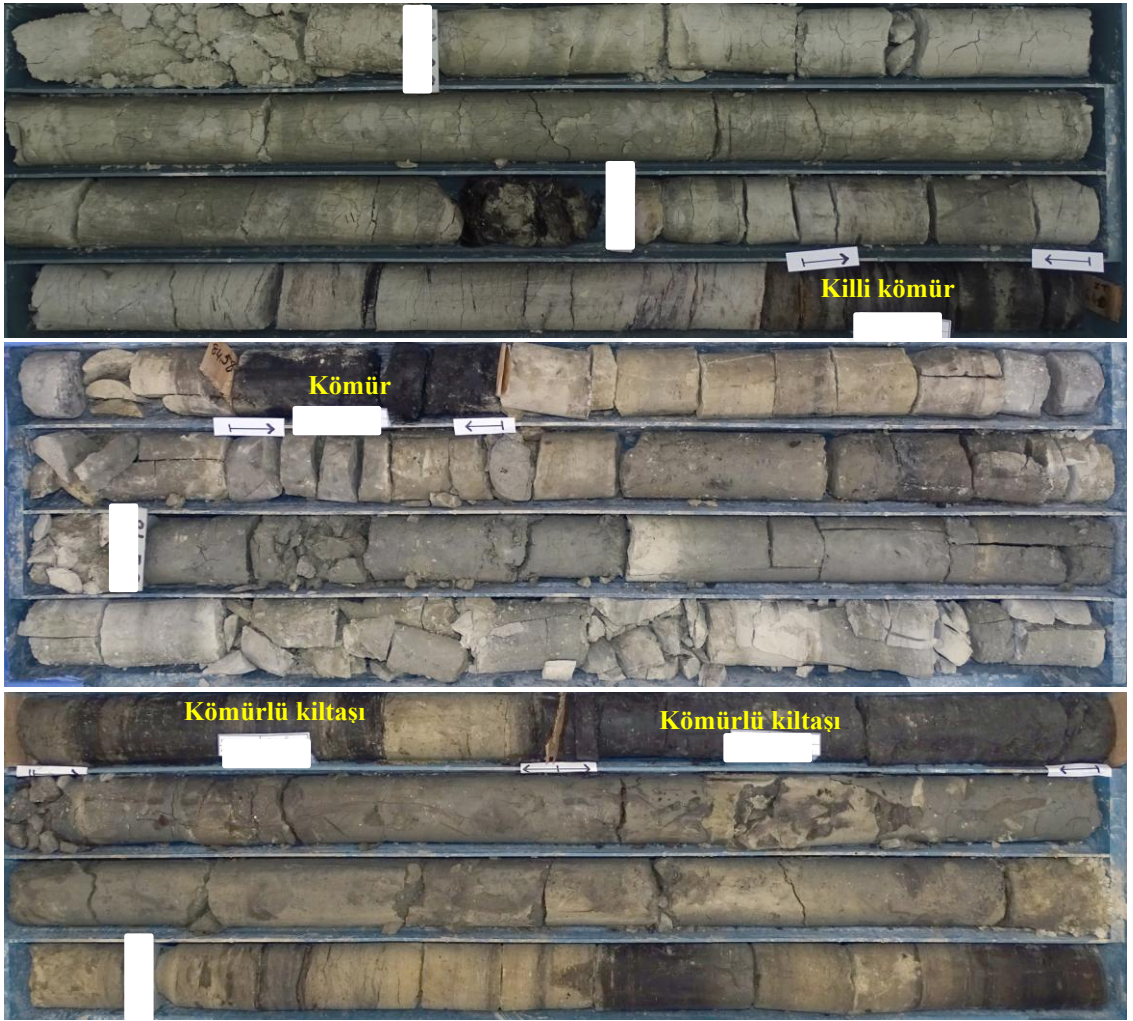
Şekil 4.7. Tez çalışması kapsamında AK-44 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.



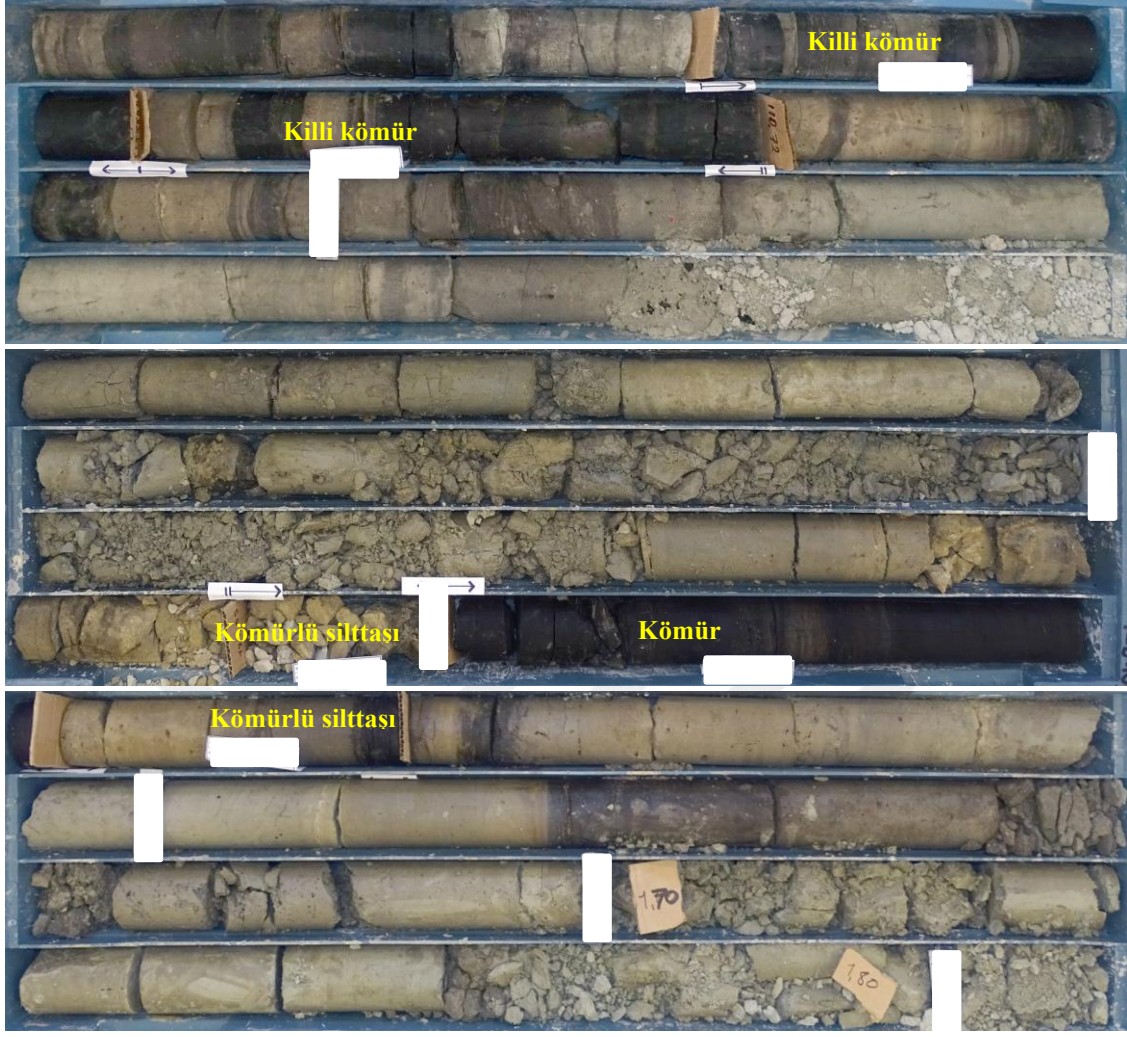
Şekil 4.8. Tez çalışması kapsamında BK-4 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).



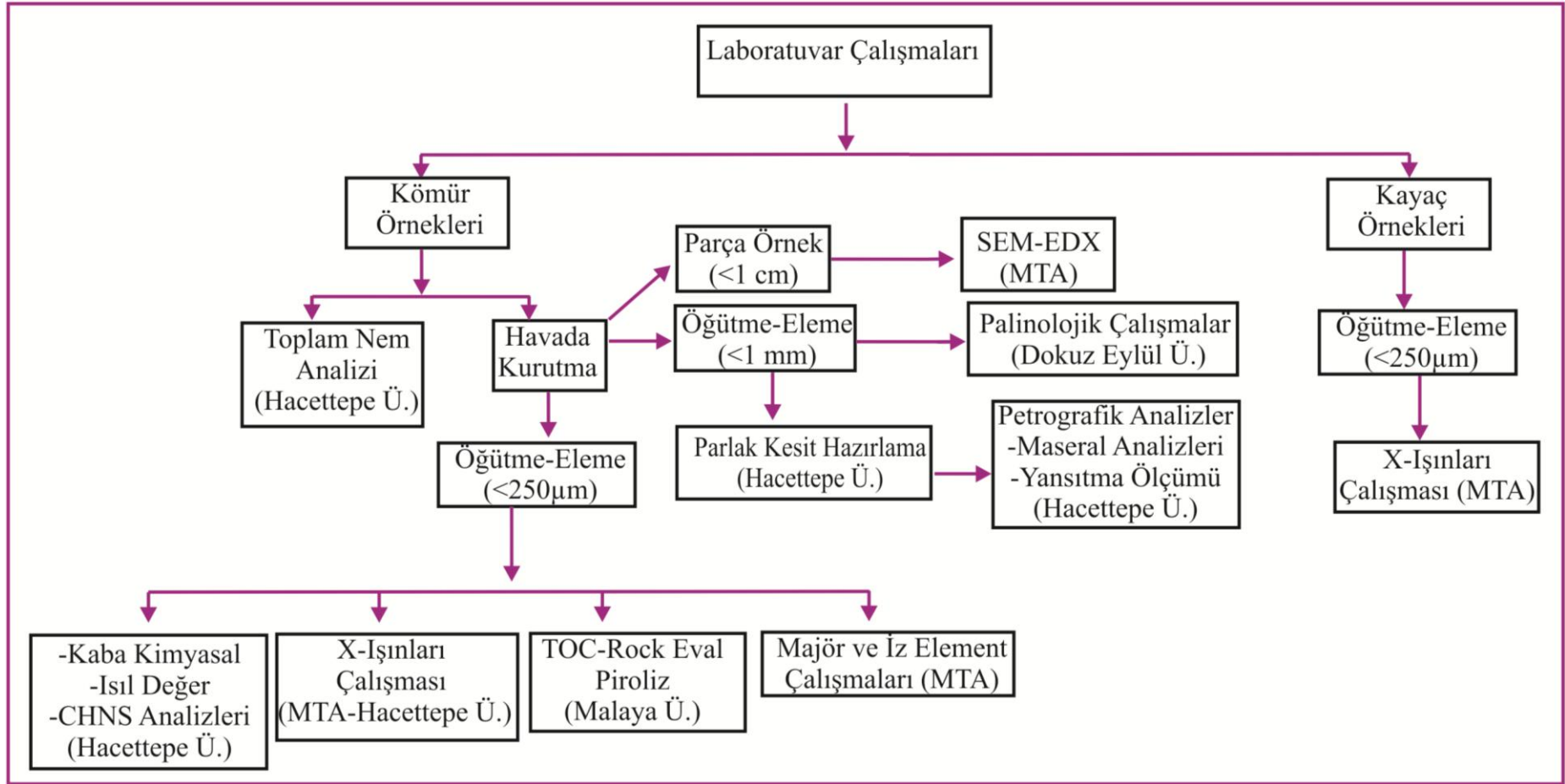
Şekil 4.9. Tez çalışması kapsamında BK-4 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.



Şekil 4.10. Tez çalışması kapsamında BK-5 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları (devam ediyor).



Şekil 4.11. Tez çalışması kapsamında BK-5 no'lu sondaja ait seçilen seviyelere ait karot fotoğrafları.



Şekil 4.12. İş akış şeması.

4.2. İnceleme Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında sondaj karotlarından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları (Şekil 4.12) bu bölüm kapsamında özetlenmiştir.

4.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Seçilen sondaj karotlarından yarılama yöntemi kullanılarak alınan örneklerin analizlere uygun hale getirilmesi sırasında ASTM D2013 (2007) standartı baz alınmıştır. Plastik poşetler içerisinde laboratuvara getirilen örneklerin boyutları ilk olarak çeneli kırıcı ve daha sonra mekanik agat kullanılarak küçültülmüştür. Boyutları küçültülen örneklerin ilk olarak ASTM D3302/D3302M (2012) standardına uygun olarak havada kuruma sonucu kaybedilecek nem analizleri yapılmıştır. Bu analiz sırasında örnekler yaklaşık 40°C sıcaklıktaki etüv içerisinde bir gün bekletilmiş ve havada kuruma sonucu kaybedilen nem değerleri hesaplanmıştır. Ardından örnekler HÜ. Jeoloji Mühendisliği Kömür Teknolojisi Laboratuvarında yarılama kabı kullanılarak homojen ve eşit miktarda olmak üzere iki plastik torbaya ayrılmış ve torbalardan biri şahit numuneler olarak saklanmak üzere derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında kimyasal, elementer, mineralojik ve petrografik analizler sırasında kullanılacak örneklerin tamamı 1mm'lik elekten geçebilecek şekilde mekanik agat yardımıyla küçültülmüştür. Tane boyu küçültülen örneklerin bir kısmından petrografik analizler (maseral analizleri ve yansıma ölçümleri) ve SEM-EDS çalışmaları sırasında kullanılmak üzere epoksi reçine kullanılarak parlatma blokları hazırlanmıştır. Örneklerin geri kalanın tane boyu 250 mikronun altına öğütülmüş ve nem, kül, uçucu madde gibi kaba kimyasal analizler, ısıl değer, mineralojik analizler (XRD-TK ve XRD-KF) ve Rock-Eval analizleri sırasında kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında örneklerin kaba kimyasal ve ısıl değer analizleri HÜ. Jeoloji Mühendisliği Kömür Teknolojisi Laboratuvarında yer alan teçhizatlar yardımıyla, mineralojik analizler ve SEM-EDS çalışmaları MTA MAT (Maden Analizleri ve Teknolojisi) Dairesinde, Rock-Eval piroliz analizleri Malaya Üniversitesi Jeoloji Bölümü'nde Doç.Dr. Khairul Azlan Bın Mustapha katkılarıyla ve palinoloji çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'nde Doç.Dr. Mine Sezgül Kayseri-Özer tarafından gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Makroskobik Tanımlamalar ve Litotipler

Tez çalışması kapsamında sondaj karotlarından alınan örneklerin litotip tanımlamaları ICCP (1993) tarafından tanımlanan düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin litotip sınıflandırılmasına uygun olarak yapılmıştır (Çizelge 4.3). Litotip tanımlamalarına ilişkin daha ayrıntılı bilgiler, Bulut (2023) ve Karahan (2024)'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin (linyit ve alt bitümlü kömürler) litotip sınıflandırması (ICCP, 1993'den Türkçeleştirilmiştir).

Litotip Grubu	Alt Litotip	Litotip Çeşidi
Matriks	Tabakalı	Kahverengi/zayıf Jelleşmiş
		Siyah/jelleşmiş
	Tabakasız	Sarı/jelleşmiş
		Kahverengi/zayıf Jelleşmiş
		Siyah/jelleşmiş
Ksilitçe zengin		
Charcoal (Odun kömürü)		
Mineralce zengin		

4.2.3. Kaba Kimyasal (Nem, Kül, Uçucu Madde), Isıl Değer ve Elementer Analizler

Tez çalışması kapsamında toplamda 46 örneğin tamamında alınmıştır. Nem, kül, uçucu madde, toplam S, C-H-N ve ısı değer analizleri Hacettepe Üniversitesi Kömür Teknolojileri Laboratuvarında bulunan cihazlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Havada kuru bazda kaba kimyasal analizler sırasında ASTM D7582/2012, ısı değer analizi sırasında ASTM D5865/2013 ve elementer analizler sırasında ASTM D4239/2014 ve ASTM 5373/2014 standardı baz alınmıştır.

Kaba kimyasal analizler sırasında LECO TGA-601 cihazı kullanılmıştır. Analiz sürecinde örnekler ilk olarak 105 °C'da ısıtılmış ve sabit bir okuma aralığına gelene kadar nem analizi yapılmıştır. Nem analizleri tamamlanan örneklerin kroze kapakları kapatılmış ardından sıcaklık 950 °C'a kadar çıkarılmış ve örnekler oksijensiz ortamda ısıtılarak uçucu madde değerleri hesaplanmıştır. Sıcaklığın 600 °C'a düşmesi sonucu kroze kapakları alınmış ve ardından örnekler 750 °C'da oksijenli ortamda sabit bir okuma aralığı elde edilene kadar yakılarak kül değerleri hesaplanmıştır. Bağlı karbon değerleri

termogravimetrik analiz süreci ile doğrudan elde edilebilen bir değer değildir. Bu değer analiz sonucu elde edilen nem, kül ve uçucu madde değerlerinin toplamının 100'den çıkarılması sonucu hesaplanmıştır.

Isıl değer analizi sırasında ısı değeri bilinen benzoik asit (6318 kcal/kg) kullanılarak kalibre edilen LECO AC-350 kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Analiz süresince bombanın çevresi su ile çevrilidir ve numune ateşlendiğinde su ve çevre arasında bir enerji aktarımı gerçekleşir. Bu enerji aktarımı ile birlikte suyun sıcaklığında meydana gelen değişim oldukça hassas bir şekilde kaydedilir. Yakılma sonucu açığa çıkan ısı kalorifik değer miktarı ile doğru orantılıdır. Gerçekleştirilen analiz sonucu elde edilen ısı değerlere, esas alınan ASTM standardına uygun olarak çeşitli düzeltmeler (tel uzunluğu, nem, kükürt ve azot düzeltmeleri) uygulanmış ve böylece üst ısı değerler elde edilmiştir.

Toplam S ve toplam C analizleri sırasında LECO SC-144DR cihazı ve C-H-N analizleri sırasında LECO TruSpec cihazı kullanılmıştır. LECO SC-144DR cihazı 1350 °C yakma sıcaklığında maksimum 25 mg'a kadar numune analiz etme kapasitesine, LECO TruSpec CHN cihazı ise 950 °C yakma sıcaklığında maksimum 10 mg'a kadar numune analiz edebilme kapasitesine sahiptir.

Havada kuru bazda elde edilen analiz sonuçları ASTM D388/2019 standardına uygun olarak diğer kömür bazlarında (örneğin kuru-db, kuru külsüz-daf, nemli mineral maddesiz-mmmf, mineral maddesiz-mmf) tekrardan hesaplanmıştır.

4.2.4. Mineralojik Analizler

Tez çalışması kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan tüm örnekler (toplamda 46 adet) ve AK-43 no'lu sondajdan alınan 48 adet kayaç örneği içerisinde seçilen 15 adet kayaç örneğinin mineralojik bileşimlerinin tespiti için XRD-TK (XRD-Tüm Kayaç) çekimleri gerçekleştirilmiştir. Çekimlerden bir kısmı 2θ açısı 2-60° olacak şekilde Hacettepe Üniv. Jeoloji Müh. Bölümünde diğer kısmı ise MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında yer alan XRD cihazında 2θ açısı 2-70° olacak şekilde çekilmiştir.

Kömürlerin büyük bir kısmı bünyelerinde organik maddenin yanı sıra değişen oranlarda inorganik madde de bulundurmaktadır. Bu inorganik maddeler kökenlerine göre orijinal bitkide bulunanlar, turba oluşumu sırasında katılanlar (sinjenetik) ve kömür oluşumu tamamlandıktan sonra yapıya katılanlar (epijenetik) olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Ayrıca fosil kabuk ve kavkaları, diyatom, sünger spikülleri, kemik kalıntıları gibi bazı oluşumlar da organik madde birikimine katılabilmektedir. Sinjenetik mineraller, kömür oluşurken turba bataklığına detritik olarak havza dışından çeşitli taşıyıcı ajanlar (su ve/veya rüzgâr vb.) yardımıyla taşınır ve/veya turbalaşma sırasında ortamda mevcut olan inorganik maddelerin doğrudan çökmesiyle (otojenik) ya da bitkilerden itibaren oluşmaktadır (McCabe, 1984; Karayiğit ve ark., 2020b; Oskay ve ark., 2016; Çelik ve ark. 2017; Bulut, 2023; Karahan, 2024). Kömür oluşum süreçleri tamamlandıktan sonra kömürün kırık ve çatlak sistemlerinde ikincil olarak çökelen epijenetik minerallerden en sık gözlenenleri kalsit, siderit, dolomit, pirit, apatit, ankerit, illit, klorit mineralleridir (Ward,2002; Ünalın, 2010; Ward,2016).

Tez çalışması kapsamında kömür ve kayaç içerisinde çeşitli şekillerde (örneğin; dağınık, küme ve/veya mikro bantlar) gözlenen minerallerin oluşumlarının kökenlerinin araştırılmasında XRD çalışmaları yetersiz kaldığından hazırlanan parlak kesitler üzerinde SEM-EDS çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. İnceleme yöntemi ile ilgili daha ayrıntılı bilgiler Karayiğit ve ark., 2020; Çelik ve ark., 2017, Bulut, 2023 ve Karahan, 2024’de verilmiştir.

4.2.5. Jeokimyasal Çalışmalar (Majör Oksit ve İz Element Analizleri)

Tez kapsamında AK-44 no’lu sondajdan alınan ve tarafımıza kullanım izni verilen 5 adet örneğin (AK44-5, AK44-6, AK44-9, AK44-10, AK44-15) majör oksit ve iz element analizleri MTA Genel Müdürlüğü Jeokimya Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Majör oksit analizleri sırasında kullanılmak üzere ilk olarak 815 °C’da külleştirilen ve preslenerek disk haline getirilen örnekler XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) cihazı yardımıyla analiz edilmiştir. İz element analizleri sırasında ise örnekler ilk olarak 550°C’de külleştirilmiş ve ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) cihazı yardımıyla analiz edilmiştir. İz element analizleri gerçekleştirilirken örnekler sırasıyla derişik perklorik asit (HClO₄), derişik hidroklorik

asit (HCl) ve derişik nitrik asit (HNO₃) kullanılarak çözeltiliye alınmış ve hazırlanan çözeltiler analiz edilmiştir.

Kömürün ağırlıkça yüzde 1'inden fazlasını oluşturan karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve kükürt (S) majör elementler olarak isimlendirilmektedir. Karbonun nispi yüzdesi kömürleşme derecesi arttıkça artarken, oksijen ve hidrojen yüzdeleri kömürleşme derecesinin artmasına bağı olarak azalmaktadır. Kömürün ağırlıkça yüzde 1,0 ila 0,01'ini oluşturan elementler minör elementler olarak tanımlanmaktadır. Kömürde bulunan en yaygın minör elementler Na, Mg, Al, P, K, Ca, Ti, Mn ve Fe'dir. Minör elementlerin birçoğı kömürdeki minerallerle ilişkilidir (Finkelman, 1981, 1995; Schweinfurth ve Finkelman, 2003). Periyodik tabloda yer alan ve majör elementler dışındaki tüm elementler kömür içerisinde iz element olarak bulunabilmektedir. Mineral maddeye benzer şekilde, iz elementler de turbalaşma sırasında (sinjenetik) veya kömürleşmenin herhangi bir aşamasında kömürün yapısına katılabilmektedir. İz elementler kömür matrisine organik olarak bağı olabilir veya mineral maddelerle ilişkilendirilebilir. Antimon, berilyum, bor, galyum ve germanyum genellikle organik olarak bağı bulunmaktadır. Diğer elementlerin yanı sıra arsenik, krom, nikel, selenyum, titanyum, uranyum ve vanadyum organik olarak bağı olabilir ya da mineral madde içerisinde oluşabilir (Gluskoter ve ark., 1977; Miller ve Given, 1986; Given ve Miller, 1987; Goodarzi, 1988; Finkelman, 1995). Kömür homojen değildir ve yanal ve stratigrafik olarak farklılıklar gösterir. Bu nedenle iz element içerikleri bir damar içerisinde bile oldukça farklılıklar göstermektedir (Speight, 2005).

Kömürdeki iz elementlerden 15 tanesi ABD Çevre Koruma Ajansı (U.S Environmental Protection Agency) tarafından tehlikeli hava kirleticiler olarak listelenmiştir. Tehlikeli hava kirletici elementlerin (HAPs) birçoğı (arsenik, kadmiyum, kobalt, cıva, kurşun, bazı selenyum ve antimon) genellikle pirit gibi sülfid mineralleriyle ilişkilidir. Bu nedenle yanmadan önce kömürden sülfid minerallerini uzaklaştırır ve yanma sonrasında kükürtlü baca gazlarının uzaklaştırılması veya dönüştürülmesi ile zararlı etkileri hafifletilebilmektedir (Swaine,1990).

4.2.6. Kömür Petrografisi Çalışmaları

Kömürler organik ve inorganik bileşenlerin değişik oranlarda bir araya gelmesiyle oluşurlar. Kömürlerin petrografik incelemeleri üstten aydınlatmalı mikroskop yardımıyla yapılmaktadır. Mikroskop altında kömürün biçim ve yapısı tanımlanabilen en küçük organik birimi maseral olarak adlandırılmıştır. Maseraller kayaçlardaki minerallere oldukça benzer olsa da ayırt edici birkaç özellikleri bulunmaktadır. Örneğin mineraller, inorganik kökenden gelen, kristal yapıya ve belirli bir kimyasal bileşime sahip bileşenlerdir. Diğer taraftan maseraller organik kökenli, amorf yapılı ve geniş bir aralıkta değişim gösteren kimyasal bileşimlere sahip bileşenlerdir (Nakoman,1971; Köksoy, 1985; Kural, 1988; Toprak, 2021).

Tez çalışması kapsamında sondaj karotlarından alınan ve boyutları yaklaşık 1 mm boyutunda öğütülmüş örnekler, parlatma briketleri hazırlanmak üzere yaklaşık 3 cm'lik özel plastik kaplara (polipropilen) dökülerek epoksi reçine ile kaplanmıştır. Hazırlanan parlatma briketleri Stuers marka Labo-Pol-5 parlatma makinasıyla ASTM D27797/D2797M (2011)'e uygun olarak aşındırılmış (kaba ve ince aşındırma) ve parlatılmıştır.

Soğuk kalıp yöntemiyle hazırlanan parlatma briketlerinden ilk olarak maseral analizi ve hüminit yansıtma ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında gerçekleştirilen tüm petrografik analizler sırasında HÜ. Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yer alan elektronik motorize Leica DM 4000M üstten aydınlatmalı mikroskop, Leica T 7000 model dijital kamera, Swift marka nokta sayıcısı, J&M marka cihaz ve MSP 200 yazılım kullanılmıştır. Petrografik analizleri tamamlanan parlatma briketleri, XRD çalışmalarıyla tanımlanan mineral oluşumlarının kökenlerinin daha detaylı değerlendirilebilmesi amacıyla tekrar parlatılmış ve SEM-EDS çalışmaları sırasında kullanılmıştır. Kömür petrografisi çalışmaları, maseral analizi ve hüminit yansıtma ölçümü sırasında Stach ve ark. (1982), ICCP (1993, 2001), Sýkorová ve ark. (2005), ISO Standartları (Uluslararası Standartlar Teşkilatı- ISO 7404-3, 2009; ISO 7404-5, 2009) ve Pickel ve ark. (2017)'den büyük oranda yararlanılmış ve ICCP tarafından geliştirilen maseral grupları, maseral alt grupları ve maseral sınıflamaları ve açıklamaları Çizelge 4.4'de sunulmuştur.

Maseraller farklı morfolojik yapıları, fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınarak vitrinit (hüminit), inertinit ve liptinit olmak üzere üç farklı maseral grubuna ayrılmaktadır. Kömürlerde en yaygın gözlenen vitrinit grubu düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerde hüminit grubu olarak adlandırılmaktadır ve telohüminit, detrohüminit ve gelohüminit olmak üzere üç maseral alt grubuna ayrılmaktadır. Bitkilerin gövde, kök ve yapraklarını oluşturan selüloz, tanin ve lignin bileşimli parankima, odun dokuları ve hücre içeriklerinden türeyen hüminit grubu maseraller diğer iki maseral grubuna göre daha yüksek oksijen içerikleri ile karakterize edilmektedir. Üstten aydınlatmalı mikroskop altında, aynı kömür içerisinde daha açık renkli inertinit maseral grubu ile daha koyu renkli liptinit maseral grubu arasında orta gri renkli maseralleri kapsamaktadır. Artan kömürleşme derecesine bağlı olarak düzenli fiziksel-kimyasal değişimler geçirmeleri sonucu yansıma özellikleri de sürekli ve düzenli bir şekilde artmaktadır. Bu durum kömürleşme derecesinin saptanması sırasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnertinit grubu maserallerin kökeni vitrinit grubu maserallere benzer şekilde hücre duvarlarındaki linyin ve selülozdur. Ancak oluşum süreçleri bakımından çökelmeden önce füsinitleşme olarak adlandırılan bir tür oksitlenme süreci geçirirler. Bu süreç sonucunda maseraller hidrojen açısından fakirleşip, karbonca zengin hale gelirler. Bu grup maseraller üstten aydınlatmalı mikroskop altında beyaz-sarımsı renkleri ile karakterize edilmektedir.

Liptinit grubu maseraller bitkilerin spor, polen, kütin ve algler gibi hidrojen açısından zengin kısımlarından oluşmaktadır. Diğer iki maseral grubuna oranla daha yüksek hidrojen ve uçucu madde içeriğine, daha düşük yoğunluğa, yansıtmaya ve karbon içeriği ile karakterize edilmektedirler. Üstten aydınlatmalı mikroskopta koyu gri-siyah renkte gözlenirken, mavi ışık veya ultraviyole ışık altında floresans renkleri diğer maseral gruplarından kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler.

Çizelge 4.4. Linyit ve alt bitümlü kömürlerde kullanılan maseral sınıflaması (ICCP, 2001; Sýkorová ve ark., 2005; Pickel ve ark., 2017).

Maseral Grubu	Maseral Altgrubu	Maseral	Açıklama
Hüminit	Telohüminit	Tekstinit	Jelleşmemiş tanımlanabilir hüminitik hücre duvarı malzemesi
		Ülminit	Az yada çok jelleşmemiş tanımlanabilir hüminitik hücre duvarı malzemesi
	Detrohüminit	Atrinit	İnce/küçük jelleşmemiş hümitik maddeler (<10 µm)
		Densinit	İnce/küçük jelleşmiş hümitik madde (<10 µm)
	Gelohüminit	Korpohüminit	Dokusal özellik göstermeyen homojen hümitik madde
		Gelinit	Homojen, yapısız ve kompakt hümitik maddeler
İnertinit		Füsinit	İyi korunmuş hücre yapısı
		Semifüsinit	Füsinit ile karşılaştırıldığında daha koyu renklerde gözlenen hücre yapıları
		Funginit	Mantar sporları, mantar, miselyum ve diğer mantar dokuları
		Sekretinit	Oksitlenmiş reçine
		Makrinit	Küçük tanelerin (<2 µm) kümelerinden oluşur ve bu kümelerin en küçük çapı >10 µm'nin üzerindedir
		Mikrinit	Tane boyu 2 µm'den küçük açık gri-beyaz renklerde gözlenen yuvarlaklaşmış taneler
		İnertodetrinit	İnertinit grubu maserallerin küçük (<10 µm) parçaları
Liptinit		Sporinit	Kömürleşmiş spor ve polen taneleri
		Kütinit	Yaprak ve köklerdeki fosil kütiküller
		Süberinit	Süberize olmuş hücre duvarları
		Klorofillinit	Kömürleşmiş klorofil pigmentleri
		Alginit	Lipid açısından zengin alglerden itibaren oluşmuş liptinit grubu maseralı
		Resinit	Kömürleşmiş reçine ve balmumları
		Eksudatinit	Isısal olgunlaşma ile birlikte hidrojen zengin kaynaklardan türeyen ikincil liptinit maseralı
		Bitüminit	Belirgin bir şekli olmayan liptinit maseralı
		Liptodetrinit	Liptinit grubu maseraller içinde tanımlanamayan son derece küçük liptinit taneleri

4.2.7. Rock-Eval Analizleri

Rock-Eval piroliz analizi organik maddenin türünü ve olgunluğunu belirlemek ve ayrıca sedimanlardaki petrol potansiyelini tespit etmek için kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında incelenen AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan sırasıyla 13, 16, 8 ve 9 olmak üzere toplam 46 örneğin tamamının Rock-Eval Piroliz analizleri_daha önceki bölümlerde de açıklandığı üzere Malaya Üniversitesi Jeoloji Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

Analiz yöntemi örnekte bulunan serbest hidrokarbonları ve ekstrakte edilemeyen organik maddenin (kerojen) parçalanması sırasında uçucu hale gelen hidrokarbon ve oksijen içeren bileşikler (CO_2) niceliksel ve seçici olarak belirlemek için küçük bir numunenin (~100 mg) inert atmosferde (He) programlanmış sıcaklıkta (piroliz fırınında) ısıtılmasına dayanmaktadır. Analiz sonucu elde temel olarak dört temel parametre elde edilmektedir. Tüm kayaç içerisinde bulunan ve yaklaşık 300°C'a kadar olan piroliz sıcaklığında serbest olarak açığa çıkan hidrokarbonlar S_1 (mg HC /g kayaç) pikine karşılık gelmektedir. S_1 pikinin elde edildiği sırada serbest hidrokarbonlar olarak buharlaşamayan kerojenin 300-600 °C'da ısısal parçalanmasıyla petrol ve gaz gibi hidrokarbonların yanı sıra rezin ve asfaltın gibi ağır ekstrakt edilebilen bileşikler S_2 piki olarak tanımlanmaktadır. S_2 pikinin ulaştığı maksimum sıcaklık $T_{\max}$ (°C) olarak değerlendirilmektedir ve bu değer organik maddenin olgunluğu hakkında bilgi vermektedir. Sıcaklık değerleri 300-390 °C arasında ise kerojen içerisindeki oksijen taşıyan fonksiyonel gruplardan piroliz süresince üretilen CO_2 miktarı S_3 piki olarak kaydedilmektedir S_2 pikinin elde edilmesinden sonra geriye kalan organik karbonun 600 °C'da hava veya oksijen atmosferi altında TOC değerinin oksidasyonundan elde edilen pik S_4 piki olarak tanımlanmaktadır (Espitalie ve ark., 1977; Clementz, 1979; Baskin, 1997; Katz, 1983; Jarvie ve Tobey, 1999). Piroliz sonucu elde edilen temel parametreler yardımıyla hesaplanan indeksler aşağıda özetlenmektedir (Baskin, 1997; Peters, 1986; Lafargue ve ark. 1998; Behar ve ark., 2001; Tissot ve Welte, 1984., Peters ve Moldowan 1993; Peters ve Cassa, 1994; Dembicki, 2016).

Kayaç içerisindeki organik karbonun yüzde ağırlık cinsinden değeri TOC (Toplam Organik Karbon) olarak tanımlanmaktadır. Bir kayaç örneğinin normalize edilmiş hidrojen içeriği HI (Hidrojen İndeksi)'dir. Kaynak kayaçların petrol üretme

kapasitelerinin tespitinde ve ayrıca organik maddenin tipinin belirlenmesi sırasında kullanılmaktadır. Kayaç örneğinin normalize edilmiş oksijen içeriği OI (Oksijen İndeksi) dir. S₃'ün organik karbon miktarına oranı oksijen indeksini vermektedir. Kerojen tiplerinin belirlenmesinde hidrojen indeksinden sonra kullanılan diğer bir parametre oksijen indeksidir. Hidrojen indeksinden farklı olarak organik karbon içeriğinin artmasıyla birlikte oksijen indeksi düşmektedir (Katz, 1983). PI (Üretim İndeksi) kerojenin serbest hidrokarbonlara dönüşümünün bir göstergesidir. Hâlihazırda üretilmiş olan hidrokarbonların potansiyel hidrokarbonlara olan oranı ifade etmektedir.

4.2.8. Palinoloji Çalışmaları

Palinoloji, botanik biliminin bir alt dalıdır ve temel olarak spor ve polenleri (stratigrafik palinoloji ve güncel palinoloji) inceler. Palinoloji de yalnızca spor ve polenler değil dinoflagellat kistleri, akritarklar, kitinozoan, skolekodontlar ve kerojen gibi bazı mikrofosilleri ve organik yapıları da çalışılmaktadır. İncelenen tüm bu organik yapılar “palinomorflar” adı altında toplanmaktadır. Tez çalışması kapsamında AK-44 no’lu sondajdan toplam 5 adet örnek, palinolojik çalışma için derlenmiştir. Aşağıda yer alan bölümde bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen tüm laboratuvar işlemlerine tez kapsamında kısaca değinilmiştir.

Tez kapsamında AK-44 no’lu sondajdan alınan ve laboratuvara getirilen örnekler ilk olarak temizlendikten sonra çeneli kırıcı ya da havan yardımıyla boyutları 1–2 cm olana kadar kırılmış ve ardından agat havan kullanılarak 2 mm boyutuna ulaşıncaya kadar öğütülmüştür. Daha sonra örnekler çeyreklemeye yöntemi kullanılarak 5’er gr’lık bölümlere ayrılmıştır ve yaklaşık 30 gram kadar numune erlenmayere konulmuştur. Örneklerden ilk olarak karbonatların suda çözülebilir bir tuz haline dönüştürülerek ve örnekten uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda %36’lık 20 ml HCl erlenmayer içindeki örnek üstüne oldukça yavaş bir şekilde köpürme olmamasına dikkat ederek ilave edilmiş ve köpürmenin fazla olduğu durumlarda, erlenmayere bir miktar aseton püskürtmek reaksiyonun kontrol altında tutulmasına yardımcı olunmuştur. Bu işlemler sırasında, reaksiyonun tamamlanması için ortam ısıtılmıyorsa minimum bir gün, ısıtılma işlemi gerçekleştirildiyse en az iki saat beklenmiştir. Bekleme süresinin ardından arı su kullanılarak dört kez santrifüjleme işlemi gerçekleştirmiştir. Bir sonraki adım

örnekteki silikatların silisyum tetraflorür bileşiği halinde uzaklaştırılmasıdır. Bu aşamada karbonatlardan arınan örnek bir miktar su ile beraber behere alınmış ve %40'lık 30ml HF asit yavaş yavaş behere eklenmiştir. Son aşamada oda sıcaklığında iki gün beklemeye bırakılan örnek süre sonunda arı su ile üç kez yıkanmıştır. Sıradaki adım kömüre kömürleşme sırasında kaybettiği oksijeni geri vermeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla 5 gr örnek içine 5gr $KClO_3$ karıştırılmış ve %65'lik 30 ml HNO_3 oldukça yavaş bir şekilde eklenmiştir (Schulze eriği). Oksidasyonun tamamladığı, kalıntı renginin siyah kahverengiden, koyu kırmızı kahverengiye olan dönüşümü ile anlaşılmaktadır. Oksidasyon sürecinin tamamlanması 1–15 gün arasında değişim göstermektedir. Sürecin kontrolü için mikroskopta zaman zaman denetimler yapılmalı ve son olarak çözeltiyi asitten arındırmak için arı su ile santrifüjleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adım olan alkali uygulaması aşamasında amaç palinomorfı çevreleyen hümmik maddeleri suda eriyebilir bir duruma getirmektir. Schulze eriğinden yıkanarak temizlenmiş örnek, cam erlenmayer içine aktarılmış ve örnek üzerine 98 cm³ su ilave edilerek 70 C°'ye kadar ısıtılmış ve ardından 2 gr KOH ısıtılmış örnek üzerine eklenmiştir KOH' in organik maddelere ve özellikle palinomorfın dış çevresine olası zarar verme durumundan kaynaklanan hasarı minimuma indirmek için bu adımlar oldukça seri bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Örnek arı su ile santrifüjlendikten sonra geriye kalan tortul yeterince arı su ile şişeye aktarılmış ve şişe içerisine 1–2 damla gliserin ve ayrıca 4–5 damla alkol eklenmiştir. Maserasyon işlemleri tamamlanan örnek şişesi bir süre çalkalanarak homojenliği sağlanmış ve ardından pipet kullanılarak örnekten bir damla alınmış ve üzerinde jelatinli gliserin bulunan, 22x40 mm boyutunda lamel üzerine damlatılmıştır. Jelatinli gliserin ısıtılarak eritilmiş ve lamel kapatılarak mikroskop çalışmaları için hazır hale getirilmiştir.

Palinolojik çalışmalar sırasında, palinomorf bolluklarını gerçeğe en yakın bir şekilde tayin etmek için, örnek içerisinde tanımlanması gereken birey sayısı, örneğin yaşına bağlı olarak değişim göstermekle birlikte 250 bireyin sayımıyla neredeyse tüm taksonların yüzdelerinin saptanabildiği kabul görmektedir. Pollinik spektra, incelenmesi tamamlanmış örneğe ait palinomorf kompozisyonundaki taksonların listesi ve bunların yüzde değerlerine verilen addır. Bolluk değeri veya frekansı ise, örnekteki bir taksona ait birey sayısının yüzde olarak ifade edilmesidir. Bir pollinik spektra incelendiğinde 1–5 adet taksonun %10'nun üzerinde bolluk değerine sahip olduğu bunların temel takson olduğunu ifade etmektedir. Diğer taraftan %10 değerinin altında bolluğa sahip olan

taksonlar yan tipler olarak isimlendirilir. Temel tipler denetirme çalışmalarında, temel ve yan tipler birlikte yaşlandırma çalışmaları sırasında kullanılırlar. Bir pollinik spektra, o örneğın alınmış olduğu düzeyin palinomorf kompozisyonunu ifade eder. Bir formasyonun veya belirli bir çökel aralığının düşey yönde sıkça örneklenmesiyle oluşacak pollinik spektraların üst üste yer almasıyla o formasyonun pollinik diyagramı elde edilir (Grimm, 1987, 2004).

4.2.9. Diatom alışmaları

Diatomlar, tatlı su ve deniz suyu olmak üzere tüm sucul ekosistemlerde ayrıca toprak gibi ortamlar dahil olmak üzere nemli olan her yerde bulunabilen ve ekolojik önem taşıyan fotosentez yapan mikroskobik algler olarak tanımlanmaktadır. Tez kapsamında gerçekleştirilen kömür petrografisi incelemeleri sırasında BK4-3 (kömürlü kıltaşı), BK4-6 (killi kömür), BK5-7 (kömürlü silttaşı) ve AK44-2 no'lu (kömürlü şeyl) örneğının parlak kesitinde mikron boyutlu diatom kavkı kalıntıları gözlenmiş ve daha detaylı görüntü elde edebilmek amacıyla SEM alışması gerçekleştirilmiştir.

Diğer alg türlerinden ayrılmalarını sağlayan en temel özellikleri “früstül” olarak tanımlanan özel silisli iskelete sahip olmalarıdır. Diatomların hücre duvarlarını oluşturan früstüller, karmaşık ve değişik geometrik desen yapıları ile kaplıdır bu durum diatomların mikroskobik düzeyde birbirinden ayırt edilmesine olanak sağlamaktadır (Round ve ark. 1990). Diatomlar “raphe” adı verilen yarık benzeri bir kanal boyunca salgıladıkları müsilağ benzeri bir madde yardımıyla sınırlı hareket kabiliyetine sahiptirler. Ototrof olduklarından dolayı, ışığın ulaştığı fotik zonla (su derinliğine ve berraklığına bağlı olarak yaklaşık 200 metreye kadar olan derinlik) sınırlıdırlar. Hem bentik hem de planktonik formları bulunmaktadır. Bentik diatomlar, suyun dibine yerleşir ve kayalar, kumlar gibi yüzeylere tutunarak yaşamalarını sürdürürler. Planktonik diatomlar ise su kolonunda serbestçe hareket eder ve büyük su kütlelerinde yaygın olarak bulunurlar. Diatomların boyutları genellikle 20-200 mikron arasında değişir, ancak bazı türler 2 milimetreye kadar uzun olabilirler (Round ve ark. 1990).

Bazı diyatom türlerinin ekolojik özgülüğü su kalitesinin çevresel göstergeleri (indikatör) olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Yaygın olarak pH, iletkenlik, tuzluluk ve trofik yapı göstergesi olarak indikatör diyatomlar kullanılır (Cox, 1996). Bentik diyatomlar akarsu kirlilik indikatörü olarak Avrupa'nın birçok ülkesinde kullanılmaktadır (Whitton ve ark. 1991; Whitton ve ark. 1995) ve bu amaçla geliştirilmiş birçok indeks bulunmaktadır. Ülkeler biyolojik zenginliklerine göre, özellikle diyatome taksonları göz önüne alınarak, akarsularının kirlilik durumlarını belirlemek ve kontrol altında tutmak için çeşitli diyatome indeksleri geliştirmişler ve bu tip indeksleri su kalitesinin belirlenmesinde kullanmaktadırlar (Solak ve Ács, 2011).

Diatomların türleri, morfolojik özelliklerine göre başlıca iki ana grupta sınıflandırılır (Round ve ark. 1990).

1. Centrik Diatomlar (Centric diatoms): Bu türler genellikle radikal simetrik bir yapıya sahiptir. Merkezi bir eksenle simetrik düzenlenmiş frustullar içerirler. Çoğunlukla okyanuslarda ve denizlerde bulunan centrik diatomlar, planktonik formdadır ve büyük gruplar halinde yaşarlar.
2. Pennat Diatomlar (Pennate diatoms): Pennat diatomlar, dikey simetrik bir yapıya sahiptir. Bu türler, genellikle tatlı su ekosistemlerinde ve bentik (dipte yaşayan) ortamlarında bulunurlar. Pennat diatomlar, bazen koloniler oluşturarak uzun zincirler şeklinde bir araya gelirler.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Makroskobik Tanımlamalar ve Litotipler

Tez çalışması kapsamında incelenen tümüyle karotlu yapılmış AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlarda kömürlü zonu temsil etmek üzere alınan örneklerin toplam kalınlığı sırasıyla 11,50 m, 11,22 m, 2,51 m ve 2,09 metredir. Seçilen sondaj karotlarına ait fotoğraflar daha önceki bölümlerde yer alan Şekil 4.6,-7,-8,-9,-10 ve -11'de sunulmaktadır. Tez kapsamında incelenen kömürlü seviyenin özellikle tavan seviyesinde olmak üzere yer yer arakesme şeklinde kahverengimsi iz oranda organik madde içeren gölsel killi kireçtaşı bulunmaktadır. Bölgede yapılan sondaj çalışmaları sırasında bu killi kireçtaşı seviyesi kılavuz olarak alınmış ve bu seviyeden sonra kömür tabakaları kesilmiştir. Tez kapsamında denştirilmesi yapılan ve benzer jeolojik özellikler sunan Geç Miyosen (?) - Pliyosen yaşlı Dombayova kömür sahası ile ilgili Bulut (2023) tarafından verilen bilgilerle karşılaştırıldığında bu killi kireçtaşı seviyesine göre tez kapsamında çalışılan örnekler "Alt Kömür Damarı"na karşılık gelmektedir. Diğer taraftan, kömürlü tabakalar arasında ve özellikle tavan seviyede gölsel killi kireçtaşlarının bulunması, çökelme ortamında su seviyesinin nispeten yüksek ve karbonatça zengin olduğunu işaret etmektedir.

Tez çalışması sırasında alınan örnek seviyelerinde ikincil kırık/çatlak dolgusu mineral oluşumları gözlenmemiştir. Çalışma kapsamında sondaj karotlarından alınan kömür örneklerinin litotip sınıflandırılması ICCP (1993) tarafından tanımlanan düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin (linyit ve alt bitümlü kömür) litotip sınıflandırılmasına uygun olarak yapılmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken siyah renkli ve jelleşme sunan kömür örnekleri matriks litotipi olarak tanımlanırken yine 1 cm'den daha kalın mineral madde bantları (kil bantı ve fosil kavkıları) içeren kömür örnekleri ise mineralce zengin litotip olarak tanımlanmıştır. Buna ek olarak kül içerikleri %50-80 arasında olanlar örnekler ise tane boyu ve görünimleri dikkate alınarak karbonlu kilaşı, kömürlü silttaşı/kilaşı/şeyl, iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır (Çizelge 5.1).

5.2. Kaba Kimyasal, Isıl Değer ve Elementer Analiz Sonuçları

Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan toplamda 46 adet örneğin kaba kimyasal, ısı değer ve elementer analiz sonuçları, orijinal bazda, havada kuru bazda, hesaplama bulunan kuru ve kuru-külsüz bazda olmak üzere analiz sonuçları Çizelge 5.2 ve 5.3.'de sunulmuştur. Ayrıca, tez kapsamında sadece kömür örneklerinin kalitesi hakkında bilgi sahibi olmak için kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireç taşı örnekleri hariç olmak üzere on beş kömür örneğine ve on dört killi kömür örneğine ait analiz sonuçlarının sınır değerleri, ağırlıklı ortalamaları ve her dört sondaja ait aritmetik ortalamalar sırasıyla Çizelge 5.4 ve 5.5' de verilmiştir. Ayrıca gelecekte işletme sırasında kömür ve killi kömür örnekleri ayrılmadan işletileceği göz önünde bulundurularak kömür ve killi kömür birleştirilerek analiz sonuçlarının sınır değerleri, ağırlıklı ortalamaları ve her dört sondaja ait aritmetik ortalamalar hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 5.6'de sunulmuştur.

Çalışma kapsamında Çizelge 5.4'de verilen analiz sonuçlarından AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan toplamda on beş kömür örneğinin laboratuvara geldiği durumda (orijinal baz) toplam nem değerleri sırasıyla ağırlıklı ortalama %29,5, %34,55, %41,9 ve %43,9 (dört sondaj ortalaması %37,4) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan on dört killi kömür örneğinde ise sırasıyla %28,6, %29,6, %36,8 ve %36,4 (dört sondaj ortalaması %32,8) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.5). Kömür ve killi kömür örneklerinde toplam nem içeriklerinin ağırlıklı ortalamaları dikkate alındığında hem kömür hem de killi kömür örneklerinde BK-4 ve BK-5 sondajlarından alınan örneklerde daha yüksek, buna karşın daha derinden alınan AK-19A ve AK-44 sondajlarında daha düşük toplam nem içeriği tespit edilmiştir. Bu farklılık, Schürmann (1927) kuralına uygun şekilde daha derinden alınan örneklerin düşük nem içerikleri sunması ile ilişkilidir.

Toplam nem içeriğinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri de araştırılmıştır (Şekil 5.1 ve 5.2). Toplam nem içeriği, zikzaklı bir değişim göstermekle birlikte kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örnekleri hariç tutulduğunda genelde nem içeriğinde dikey yönde önemli bir değişim görülmemektedir.

Çizelge 5.1. Tez kapsamında incelenen toplam 46 örneğin kuru bazda kül içeriğine göre litotip sınıflandırması.

Sondaj No	Örnek No	Kül (% db)	Litotip
AK19A	1	39,6	Mineralce zengin
	2	71,0	Kömürlü kıltaşı
	3	71,3	Kömürlü silttaşı
	4	60,3	Mineralce zengin
	5	70,1	Mineralce zengin
	6	57,0	Mineralce zengin
	7	57,3	Mineralce zengin
	8	50,1	Mineralce zengin
	9	35,0	Mineralce zengin
	10	25,3	Matrisk
	11	27,5	Matrisk
	12	57,6	Mineralce zengin
	13	20,3	Matrisk
AK44	1	63,3	Kömürlü şeyl
	2	65,3	Kömürlü şeyl
	3	55,2	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	4	37,2	Mineralce zengin
	5	21,6	Matrisk
	6	19,5	Matrisk
	7	54,2	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	8	19,8	Matrisk
	9	28,3	Matrisk
	10	44,6	Mineralce zengin
	11	62,5	Mineralce zengin
	12	79,7	Kömürlü kıltaşı
	13	73,1	Kömürlü kıltaşı
	14	88,1	Karbonlu kıltaşı
	15	57,5	Mineralce zengin
	16	71,4	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
BK4	1	58,2	Mineralce zengin
	2	58,4	Mineralce zengin
	3	72,7	Kömürlü kıltaşı
	4	78,5	İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS)
	5	60,9	Mineralce zengin
	6	55,9	Mineralce zengin
	7	57,6	Kömürlü kıltaşı
	8	37,6	Mineralce zengin
BK5	1	56,4	Mineralce zengin
	2	46,8	Mineralce zengin
	3	56,7	Kömürlü kıltaşı
	4	68,9	Kömürlü kıltaşı
	5	60,9	Mineralce zengin
	6	57,1	Mineralce zengin
	7	54,3	Kömürlü silttaşı
	8	33,8	Mineralce zengin
	9	58,7	Kömürlü silttaşı

Çizelge 5.2. Tez kapsamında incelenen sondajlardan alınan örneklerin orijinal (orj) ve havada kuru bazda (adb) analiz sonuçları.

ÖRNEK NO	Tanımlama	%Toplam nem (orj)	Havada Kuru Bazda (adb)									
			%Nem	%Uçucu Madde	% Kül	%Bağlı Karbon	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	%TS	%N	%C	%H	%O
AK19A-1	CO	33,04	10,58	35,34	35,41	18,67	3340	2,86	0,67	34,65	4,90	21,51
AK19A-2	ZC	25,84	8,32	22,17	65,09	4,42	1071	2,37	0,33	11,13	4,06	17,01
AK19A-3	ZT	26,54	8,62	21,07	65,15	5,16	959	1,20	0,33	11,32	3,81	18,20
AK19A-4	CSCO	28,69	9,48	25,97	54,61	9,94	1834	2,17	0,60	19,19	4,30	19,12
AK19A-5	CSCO	27,82	8,89	20,74	63,83	6,55	1081	1,98	0,34	12,11	3,97	17,78
AK19A-6	CSCO	30,07	9,83	27,10	51,42	11,65	2083	2,47	0,54	21,09	4,44	20,05
AK19A-7	CSCO	29,08	9,98	27,90	51,59	10,53	2087	2,59	0,65	20,96	4,52	19,69
AK19A-8	CO	27,13	10,17	31,39	45,01	13,44	2555	3,15	0,61	26,00	4,63	20,60
AK19A-9	CO	29,31	10,65	39,07	31,28	19,00	3545	4,36	0,80	36,83	5,06	21,67
AK19A-10	CO	30,33	10,86	43,62	22,58	22,94	4234	4,84	0,91	43,90	5,36	22,41
AK19A-11	CO	29,73	10,74	42,78	24,53	21,95	4096	4,99	0,94	42,74	5,34	21,45
AK19A-12	CSCO	26,95	9,50	28,21	52,11	10,18	2123	4,56	0,52	21,12	4,46	17,23
AK19A-13	CO	28,88	11,11	46,07	18,06	24,77	4541	5,37	0,95	47,77	5,47	22,38
AK44-1	ZH	25,65	4,86	30,56	60,21	4,37	1445	1,71	0,50	15,78	3,85	17,94
AK44-2	ZH	27,21	4,77	32,18	62,18	0,87	1639	2,02	0,55	15,79	4,05	15,40
AK44-3	CSLS	23,14	0,54	41,77	54,94	2,75	0	0	0	0	0	45,06
AK44-4	CO	33,59	8,26	45,27	34,14	12,33	2852	2,35	0,79	33,00	4,41	25,31
AK44-5	CO	35,79	9,46	47,71	19,58	23,25	4314	2,49	1,09	45,65	5,31	25,88
AK44-6	CO	36,57	10,61	46,05	17,44	25,90	4436	1,61	1,08	47,53	5,46	26,88
AK44-7	CSLS	25,27	1,07	45,33	53,60	0	0	0,01	0	0	0	46,39
AK44-8	CO	36,97	8,61	49,11	18,11	24,17	4493	1,78	1,04	47,35	5,47	26,25
AK44-9	CO	34,15	9,24	44,20	25,73	20,83	3952	2,19	1,13	41,75	5,19	24,02
AK44-10	CO	31,55	7,72	37,74	41,15	13,39	3008	1,94	0,92	30,43	4,90	20,66
AK44-11	CSCO	28,22	9,27	25,85	56,73	8,15	1654	0,86	0,57	17,50	4,41	19,94
AK44-12	ZC	25,34	6,96	16,40	74,19	2,45	556	0,70	0,30	6,25	3,65	14,91
AK44-13	ZC	24,70	8,00	19,91	67,25	4,84	899	0,61	0,40	10,47	3,96	17,30
AK44-14	XC	22,33	6,12	11,17	82,71	0	0	0,34	0,10	0,14	3,47	13,24
AK44-15	CSCO	29,96	7,79	27,98	53,06	11,17	2104	0,83	0,62	20,83	4,48	20,17
AK44-16	CSLS	20,83	4,24	27,43	68,33	0	0	0,39	0,09	6,15	3,12	21,93
BK4-1	CSCO	36,59	5,58	35,36	54,94	4,13	1679	2,33	0,73	22,40	2,59	17,02
BK4-2	CSCO	37,55	3,78	40,01	56,21	0	1054	0,32	0,36	17,46	1,23	24,43
BK4-3	ZC	32,48	4,96	25,93	69,11	0	599	1,31	0,19	12,15	1,69	15,54
BK4-4	CSLS	24,13	3,68	20,72	75,60	0	0	0,97	0,10	5,08	0,04	18,20
BK4-5	CSCO	35,31	5,89	32,61	57,28	4,22	1613	2,60	0,76	20,89	2,52	15,94
BK4-6	CSCO	38,94	5,04	38,52	53,08	3,36	1326	0,51	0,57	19,56	1,66	24,62
BK4-7	ZC	31,97	1,95	41,56	56,49	0	419	0,06	0,13	14,01	0	29,31
BK4-8	CO	41,85	7,42	44,75	34,85	12,98	2925	1,02	0,99	33,44	3,51	26,19
BK5-1	CSCO	34,99	5,17	34,85	53,53	6,45	2006	2,69	0,87	24,71	2,83	15,37
BK5-2	CO	44,04	6,31	41,58	43,84	8,27	2670	3,34	1,35	30,44	3,53	17,50
BK5-3	ZC	35,22	3,19	41,94	54,87	0	781	0,16	0,11	16,33	0,55	27,98
BK5-4	ZC	37,44	5,15	29,52	65,33	0	853	1,77	0,33	14,66	1,86	16,05
BK5-5	CSCO	33,04	4,86	32,89	57,97	4,28	1488	2,23	0,67	19,52	1,93	17,69
BK5-6	CSCO	39,69	4,85	38,35	54,33	2,47	1512	2,42	0,72	20,80	1,99	19,74
BK5-7	ZT	35,19	3,06	44,33	52,61	0	985	0,13	0,07	18,07	1,28	27,85
BK5-8	CO	43,77	7,65	44,45	31,22	16,68	3132	2,90	1,37	38,35	3,50	22,66
BK5-9	ZT	29,44	1,81	40,58	57,61	0	284	0,04	0	13,14	0	29,21

Çizelge 5.3. AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no’lu sondajlardan alınan örnekler için kuru (db) ve kuru-külsüz bazda (daf) hesaplanan analiz sonuçları.

ÖRNEK NO	Tanımlama	Kuru Bazda (db)								Kuru-Külsüz Bazda (daf)						
		%Uçucu Madde	% Kül	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	%TS	%N	%C	%H	%O	%Uçucu Madde	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	%TS	%N	%C	%H	%O
AK19A-1	CO	39,52	39,60	3735,39	3,20	0,75	38,75	4,16	13,54	65,43	6184	5,30	0	64,15	6,89	22,42
AK19A-2	ZC	24,18	71,00	1167,99	2,59	0,36	12,14	3,42	10,50	83,38	4027	8,91	0	41,86	11,78	36,20
AK19A-3	ZT	23,06	71,30	1049,63	1,31	0,36	12,39	3,11	11,54	80,33	3657	4,56	0	43,16	10,84	40,19
AK19A-4	CSCO	28,69	60,33	2025,78	2,40	0,67	21,20	3,58	11,82	72,32	5106	6,05	0	53,45	9,03	29,80
AK19A-5	CSCO	22,76	70,05	1186,27	2,17	0,37	13,29	3,26	10,86	76,01	3961	7,24	0	44,37	10,90	36,26
AK19A-6	CSCO	30,05	57,03	2310,56	2,73	0,60	23,39	3,71	12,55	69,94	5377	6,36	0	54,43	8,62	29,20
AK19A-7	CSCO	30,99	57,31	2317,90	2,87	0,73	23,28	3,78	12,03	72,60	5430	6,73	0	54,53	8,86	28,17
AK19A-8	CO	34,94	50,10	2843,99	3,50	0,68	28,94	3,89	12,88	70,03	5700	7,02	0	58,01	7,79	25,82
AK19A-9	CO	43,73	35,01	3967,32	4,88	0,90	41,22	4,33	13,66	67,28	6104	7,51	0	63,43	6,66	21,02
AK19A-10	CO	48,93	25,33	4750,02	5,42	1,03	49,25	4,65	14,32	65,53	6361	7,26	0	65,96	6,22	19,18
AK19A-11	CO	47,93	27,48	4588,68	5,59	1,06	47,89	4,64	13,35	66,09	6328	7,71	0	66,03	6,40	18,40
AK19A-12	CSCO	31,17	57,58	2345,71	5,04	0,57	23,33	3,76	9,72	73,48	5530	11,88	0	55,00	8,85	22,92
AK19A-13	CO	51,83	20,32	5108,71	6,04	1,07	53,74	4,76	14,08	65,04	6411	7,58	0	67,44	5,97	17,67
AK44-1	ZH	32,12	63,29	1518,71	1,80	0,53	16,58	3,48	14,32	87,49	4137	4,90	0	45,17	9,48	39,01
AK44-2	ZH	33,79	65,29	1720,89	2,12	0,58	16,58	3,69	11,73	97,37	4959	6,12	0	47,78	10,64	33,79
AK44-3	CSLS	42,00	55,24	0	0	0	0	0	44,82	93,82	0	0,01	0	0	0	100,13
AK44-4	CO	49,35	37,21	3108,25	2,56	0,86	35,97	3,80	19,59	78,59	4951	4,08	0	57,29	6,06	31,20
AK44-5	CO	52,69	21,63	4765,15	2,75	1,20	50,42	4,70	19,31	67,24	6080	3,51	0	64,33	5,99	24,64
AK44-6	CO	51,52	19,51	4962,14	1,80	1,20	53,17	4,78	19,53	64,00	6165	2,24	0	66,06	5,93	24,27
AK44-7	CSLS	45,82	54,18	0	0,01	0	0	0	45,93	100,00	0	0,02	0	0	0	100,24
AK44-8	CO	53,74	19,82	4916,24	1,95	1,14	51,81	4,93	20,36	67,02	6131	2,43	0	64,61	6,15	25,39
AK44-9	CO	48,70	28,35	4354,17	2,41	1,24	46,00	4,57	17,43	67,97	6077	3,37	0	64,19	6,38	24,32
AK44-10	CO	40,90	44,59	3259,43	2,10	1,00	32,98	4,37	14,96	73,81	5883	3,79	0	59,51	7,88	27,01
AK44-11	CSCO	28,49	62,53	1823,18	0,95	0,63	19,29	3,72	12,90	76,03	4865	2,52	0	51,47	9,92	34,42
AK44-12	ZC	17,63	79,74	597,57	0,75	0,32	6,71	3,09	9,38	87,00	2949	3,72	0	33,13	15,25	46,30
AK44-13	ZC	21,64	73,10	977,42	0,67	0,44	11,38	3,33	11,08	80,44	3633	2,47	0	42,32	12,39	41,20
AK44-14	XC	11,90	88,10	0	0,36	0,10	0,14	2,97	8,32	100,00	0	3,05	0	1,22	24,95	69,91
AK44-15	CSCO	30,34	57,54	2282,03	0,90	0,68	22,59	3,92	14,38	71,47	5375	2,12	0	53,21	9,22	33,86
AK44-16	CSLS	28,64	71,36	0	0,41	0,09	6,42	2,76	18,97	100,00	0	1,42	0	22,41	9,63	66,21
BK4-1	CSCO	37,45	58,18	1777,73	2,46	0,77	23,73	2,08	12,77	89,55	4251	5,89	0	56,74	4,98	30,54
BK4-2	CSCO	41,58	58,42	1095,47	0,34	0,37	18,14	0,83	21,90	100,00	2634	0,81	0	43,63	2,01	52,66
BK4-3	ZC	27,28	72,72	629,91	1,38	0,20	12,79	1,20	11,72	100,00	2309	5,06	0	46,86	4,39	42,94
BK4-4	CSLS	21,51	78,49	0	1,01	0,10	5,28	0	15,51	100,00	0	4,70	0	24,54	0,00	72,08
BK4-5	CSCO	34,65	60,86	1714,10	2,77	0,81	22,20	1,98	11,38	88,54	4380	7,07	0	56,73	5,06	29,08
BK4-6	CSCO	40,56	55,90	1396,89	0,54	0,60	20,60	1,15	21,21	91,98	3167	1,23	0	46,71	2,61	48,10
BK4-7	ZC	42,39	57,61	427,28	0,06	0,13	14,29	0,00	28,13	100,00	1008	0,14	0	33,72	0	66,36
BK4-8	CO	48,34	37,64	3158,90	1,11	1,07	36,12	2,89	21,17	77,52	5066	1,77	0	57,92	4,64	33,95
BK5-1	CSCO	36,75	56,45	2115,35	2,84	0,92	26,05	2,38	11,36	84,38	4857	6,52	0	59,82	5,46	26,09
BK5-2	CO	44,38	46,79	2850,25	3,57	1,44	32,49	3,01	12,70	83,41	5357	6,71	0	61,06	5,66	23,86
BK5-3	ZC	43,32	56,68	806,35	0,17	0,11	16,87	0,20	25,97	100,00	1861	0,39	0	38,93	0,47	59,95
BK5-4	ZC	31,12	68,88	899,18	1,86	0,35	15,45	1,36	12,10	100,00	2889	5,99	0	49,65	4,36	38,88
BK5-5	CSCO	34,57	60,93	1563,55	2,35	0,70	20,52	1,45	14,05	88,49	4002	6,01	0	52,51	3,72	35,97
BK5-6	CSCO	40,30	57,10	1589,51	2,54	0,75	21,86	1,52	16,22	93,95	3705	5,93	0	50,96	3,55	37,81
BK5-7	ZT	45,73	54,27	1015,63	0,13	0,07	18,64	0,96	25,92	100,00	2221	0,29	0	40,75	2,11	56,69
BK5-8	CO	48,13	33,81	3391,15	3,14	1,48	41,53	2,86	17,18	72,71	5123	4,75	0	62,74	4,32	25,95
BK5-9	ZT	41,33	58,67	289,53	0,04	0	13,39	0	28,11	100,00	701	0,10	0	32,39	0	68,01

Her dört sondajdan alınan on beş adet kömür örneğinde havada kuru bazda ortalama %43,3 uçucu madde ve %31,0 kül hesaplanmıştır (Çizelge 5.4). Bu sonuçlar beklenildiği üzere kömürlerin yüksek uçucu madde ve nispeten yüksek kül içeriğini yansıtmaktadır. Diğer taraftan, kömür örnekleri içerisinde en yüksek kül içeriği AK19A-8 no’lu mineralce zengin litotipin tanımlandığı örnekte %45,0 en düşük kül içeriği AK44-6 no’lu matriks litotipin tanımlandığı kömür örneğinde %17,4 kül içeriği tanımlanmıştır. Nitekim ülkemizdeki karbonat bileşimli fosil kavkı bantları ve parçaları içeren Neojen

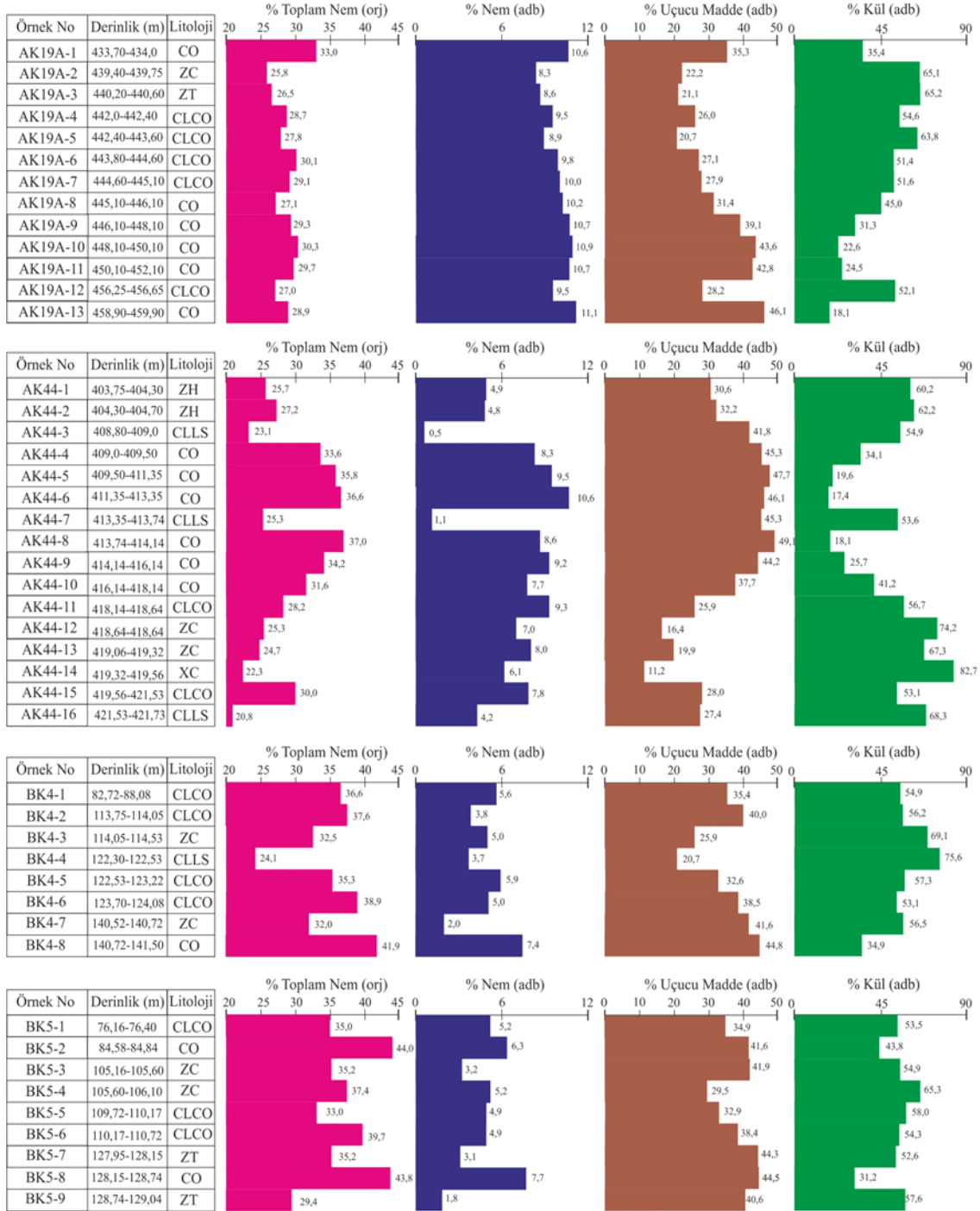
kömürleride genellikle yüksek kül ve uçucu madde içeriği sunmaktadır. Bu durum karbonat bileşimli kavrıkların uçucu madde analizi sırasında kırılarak ortama CO_x gazı salınımları ile ilişkilidir (Karayığıt ve ark., 2000). Killi kömür örneklerinde ise uçucu madde sırasıyla havada kuru bazda ağırlıklı ortalama değerler %24,9, %27,5, %35,8 ve %35,7 olarak bulunulmuştur (Çizelge 5.5). Bu uçucu madde değerleri, yüksek kül içeriğinden dolayı kömür örneklerinden daha düşüktür.

İncelenen örneklerdeki havada kuru bazda uçucu madde ve kül içeriklerinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri incelendiğinde, toplam nem içeriğine benzer şekilde zikzaklı bir değişim görülmektedir (Şekil 5.1). İncelenen kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl ve karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örnekleri hariç tutulduğunda genelde uçucu madde ve kül içeriğinde dikey yönde önemli bir değişim görülmemektedir.

Tez kapsamında Çizelge 5.4’de verilen analiz sonuçlarından AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no’lu sondajlardan alınan toplamda on beş kömür örneğinin kuru bazda kül içeriği sırasıyla ağırlıklı ortalama %31,2, %28,7, %37,6 ve %37,8 olarak hesaplanmıştır. Bu sondajlarda killi kömürler için kuru bazda kül içeriği %62,3, %58,6, %58,8 ve %58,4 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.5). Bu veri, beklenildiği gibi, killi kömür örnekleri için kömür örneklerine göre kuru bazda kül içeriklerinin yüksek olduğunu göstermektedir. İncelenen örneklerdeki havada kuru bazda uçucu madde ve kül içeriklerinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri de incelendiğinde, toplam nem içeriğine benzer şekilde zikzaklı bir değişim görülmektedir (Şekil 5.1). İncelenen kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl ve karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örnekleri hariç tutulduğunda genelde uçucu madde ve kül içeriğinde dikey yönde önemli bir değişim görülmemektedir.

Diğer taraftan toplam 15 adet kömür örneğinde kuru bazda kül içeriği incelenen alanın nispeten güney-güneybatısından alınan AK-19A ve AK-44 sondajlarında daha düşük ve BK-4 ve BK-5 sondajlarında daha yüksek olarak bulunulmuştur. Bu veri, kömür kalitesi açısından AK-19A ve AK-44 no’lu sondajlarda daha iyi olduğunu işaret etmektedir. Yani, turba oluşum koşullarında AK-19A ve AK-44 no’lu sondajların yapıldığı sahada detritik

malzeme girdisinin ve/veya otojenik mineral oluşumunun daha az olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 5.1. Örneklerin orijinal bazda %toplam nem ve havada kuru bazda (adb) % nem, uçucu madde ve %kül analiz sonuçlarının derinliğe bağlı değişimi.

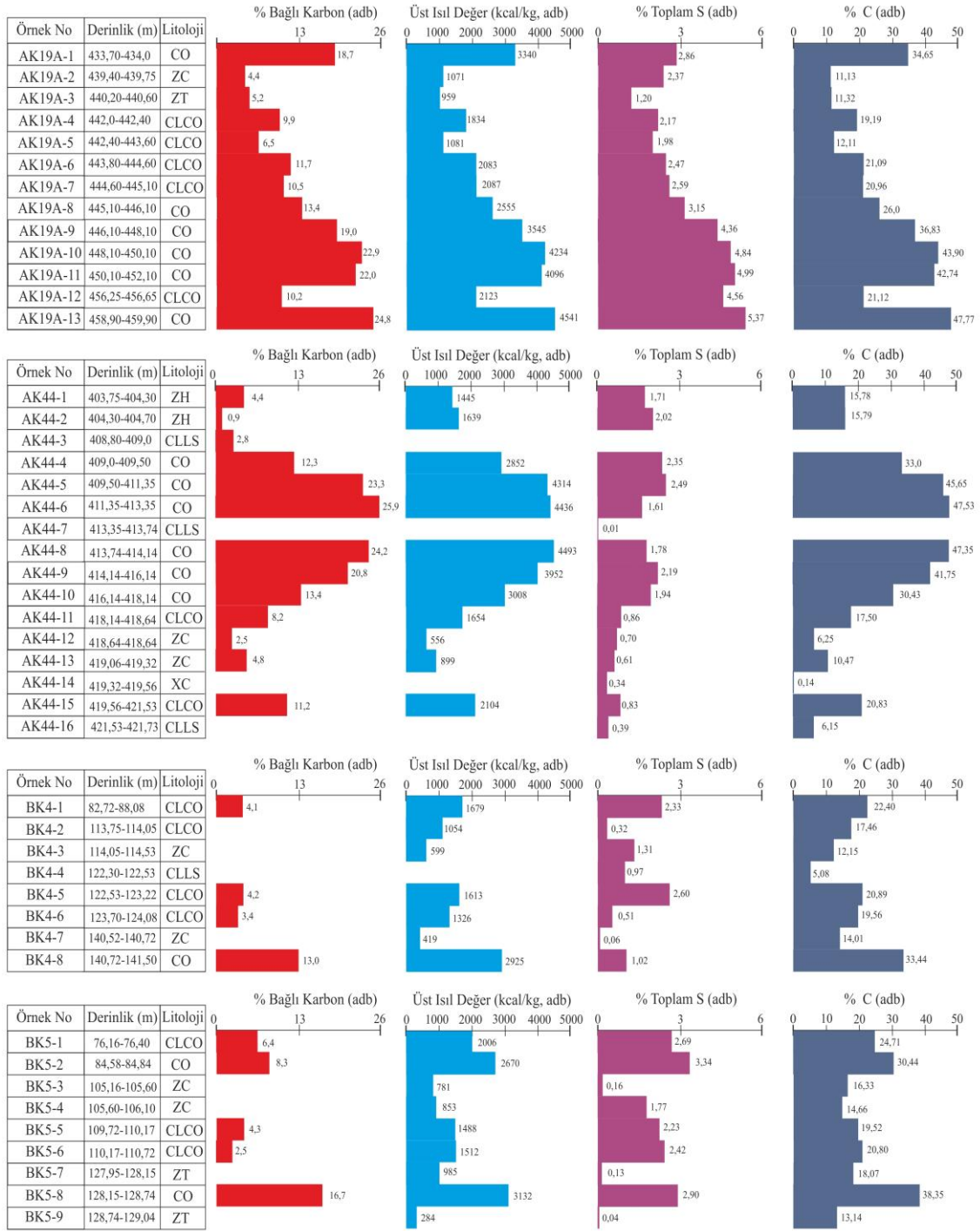
Tez kapsamında AK-19A sondajından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda (adb) üst ısı değerlerinin sınır değerleri 2555-4541 kcal/kg'dir. Bu sınır değerler AK-44 no'lu sondajda 2852-4493 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. BK-4 no'lu sondajda tanımlanan 1 adet kömürün havada kuru bazda üst ısı değeri 2925 kcal/kg'dir. BK-5 no'lu sondajda tanımlanan 2 adet kömür örneğinin havada kuru bazda (adb) üst ısı değerleri 2670 kcal/kg ve 3132 kcal/kg'dir. Havada kuru bazda kömür örneklerinde üst ısı değerler AK-19A no'lu sondajda ağırlıklı ortalama 3829 kcal/kg, AK-44 no'lu sondajda ise 3885 kcal/kg ve BK-5 no'lu sondajda 2991 kcal/kg'dir. Her dört sondaja ait kömür örneklerinde ortalama havada kuru bazda üst ısı değeri 3407 kcal /kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.4). Diğer taraftan, incelenen 4 sondajda ağırlık ortalamalarına göre AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlarda daha düşük kül içeriğinin olması nedeniyle diğer iki sondaja göre nispeten daha yüksek üst ısı değeri saptanmıştır (Çizelge 5.4). Diğer taraftan tez kapsamında incelenen killi kömür örneklerinde AK-19A sondajdan alınanlarda havada kuru bazda (adb) üst ısı değerlerinin sınır değerleri 1081-2123 kcal/kg'dir. Bu sınır değerler AK-44 no'lu sondajda 1654-2104 kcal/kg, BK-4 no'lu sondajda 1054-1679 kcal/kg ve BK-5 no'lu sondajda 1488-2006 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Havada kuru bazda killi kömür örneklerinde üst ısı değerler AK-19A no'lu sondajda ağırlıklı ortalama 1694 kcal/kg, AK-44 no'lu sondajda 2013 kcal/kg, BK-4 no'lu sondajda 1467 ve BK-5 no'lu sondajda 1599 kcal/kg'dir (Çizelge 5.5). Her dört sondaja ait ortalama havada kuru bazda üst ısı değeri 1693 kcal /kg olarak hesaplanmıştır. Buna göre hesaplanan ağırlıklı ortalama değeri (1693 kcal/kg), kömür örneklerinde saptanan değere (3407 kcal/kg) göre yüksek kül içeriğinden dolayı daha düşük olarak belirlenmiştir.

İncelenen örneklerdeki havada kuru bazda üst ısı değerlerinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri incelendiğinde, toplam nem, kül ve uçucu madde içeriklerine benzer şekilde zikzaklı bir değişim görülmektedir (Şekil 5.2). İncelenen kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl ve karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örnekleri hariç tutulduğunda genelde üst ısı değerlerinde dikey yönde önemli bir değişim görülmemektedir.

Tez kapsamında değerlendirilen 15 adet kömür örneklerinde havada kuru bazda toplam kükürt içerikleri AK19-A no'lu sondajda %2,86-5,37 (ağırlıklı ort. %4,54) ve AK-44 no'lu sondajda %1,61-2,49 (ağırlıklı ort. %2,05) olarak bulunmuştur. Bu değer BK-4 no'lu sondajdan alınan bir adet kömür örneğinde %1,02 ve BK-5 no'lu sondajdan alınan iki adet kömür örneğinde %2,90-3,34 (ağırlıklı ort. %3,04) olarak bulunulmuştur. Her dört sondajdan alınan kömür örnekleri birlikte değerlendirildiğinde havada kuru bazda nispeten yüksek olarak ortalama %2,66 toplam S içeriği saptanmıştır. Killi kömür örneklerinin havada kuru bazda toplam kükürt içerikleri ise AK19-A no'lu sondajda %1,98-4,56 (ağırlıklı ort. %2,56), AK-44 no'lu sondajda %0,83-0,86 (ağırlıklı ort. %0,83), BK-4 no'lu sondajda %0,32-2,60 (ağırlıklı ort. %1,69) ve BK-5 no'lu sondajda %2,23-2,69 (ağırlıklı ort. %2,41) olarak bulunulmuştur. İncelenen örneklerdeki havada kuru bazda toplam S değerlerinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri incelendiğinde, zikzaklı bir değişim görülmekle birlikte AK-19A no'lu sondajda kömür zonunda tabana doğru bir artış görülmektedir (Şekil 5.2).

Tez kapsamında incelenen dört sondajdan alınan toplam 29 adet kömür ve killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde havada kuru bazda (adb) ortalama %2,47 toplam S hesaplanmıştır (Çizelge 5.6). Bu değer, turba oluşumu sırasında bölgede bir denizel etkinin olmadığı göz önüne alındığında nispeten yüksektir. Ayrıca tez kapsamında daha sonra tartışılacağı üzere bu durum turbalığı besleyen suların kimyası ile ilişkili olabilir. Benzer durumlar ülkemizde Neojen kömür sahalarında rapor edilmiştir. (Karayigit ve ark., 2000, 2015; Büçkün ve ark., 2015; Oskay ve ark., 20016, 2019).

Kömür örneklerinde havada kuru bazda ağırlıklı ortalama %N, C, H ve hesaplanan %O değerleri AK-19A no'lu sondajda %0,85 N, %39,80 C, %5,19 H ve %13,69 O olarak hesaplanmıştır. Bu değerler AK-44 no'lu sondajdan alınan kömür örneklerinde sırasıyla %1,04 N, %41,06 C, %5,18 H ve %24,48 O olarak bulunulmuştur. Daha düşük kömürleşme derecesine sahip BK-4 no'lu sondajdan alınan 1 adet kömür örneğinde bu değerler sırasıyla %0,99, %33,44, %3,51 ve %26,19 olarak hesaplanmıştır. BK-5 no'lu sondajdan alınan kömür örneklerinde ise havada kuru bazda ağırlıklı ortalama %1,37 N, %35,93 C, %3,50 H ve %21,08 O hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).



Şekil 5.2. Örneklerin havada kuru bazda (adb) bağlı karbon, üst ısıl değer, toplam S ve karbon analiz sonuçlarının derinliğe bağlı değişimi.

Killi kömür örneklerinde havada kuru bazda ağırlıklı ortalama N, C, H ve hesaplanan O değerleri ise AK-19A no'lu sondajda %0,49 N, %17,58 C, %4,27 H ve %18,72 O olarak hesaplanmıştır. AK-44 no'lu sondajdan alınan killi kömür örneklerinde ise sırasıyla %0,61 N, %20,16 C, %4,47 H ve %20,13 O olarak bulunulmuştur. Bu değerler BK-4 no'lu sondajdan alınan killi kömür örneklerinde sırasıyla %0,64 %20,32 %2,12 ve %19,54 olarak hesaplanmıştır. BK-5 no'lu sondajdan alınan killi kömür örneklerinde ise havada kuru bazda ağırlıklı ortalama %0,73 N, %21,09 C, %2,13 H ve %18,15 O hesaplanmıştır. Her dört sondajdan alınan kömür ve killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde havada kuru bazda (adb) ağırlıklı ortalama %0,75 N, %33,42 C, %4,92 H ve %20,87 O hesaplanmıştır. Bu veriler, incelenen örneklerin nispeten çok düşük N, C ve O ile nispeten yüksek H içerdiklerini göstermektedir (Çizelge 5.5).

İncelenen örneklerdeki havada kuru bazda karbon içeriklerinin sondajlardaki dikey yöndeki değişimleri incelendiğinde, üst ısıl değere benzer bir durum göstermektedir (Şekil 5.2). Bu durum, daha sonra da açıklandığı gibi, incelenen örneklerde karbon içeriği üst ısıl değer ile pozitif ve kül içeriğiyle doğrusal negatif bir ilişkinin var olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.4. Tez kapsamında sondajlardan alınan toplam 15 adet kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.

Analizler	AK19A-sondajı (n=6)			AK-44 sondajı (n=6)			BK-4 sondajı (n=1)	BK-5 sondajı (n=2)			Genel Ortalama
	Sınır değerler		Ağırlıklı ortalama	Sınır değerler		Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler		Ağırlıklı ortalama	
Havada kuru bazda (adb)											
%Nem	10,2	11,2	10,7	7,7	10,6	9,2	7,4	6,3	7,7	7,2	8,6
%Uçucu madde	31,4	46,1	40,8	37,7	49,1	44,2	44,8	41,6	44,5	43,6	43,3
%Kül	18,1	45,0	27,9	17,4	41,2	26,2	34,9	31,2	43,8	35,1	31,0
%Bağlı karbon	13,4	24,8	20,6	12,3	25,9	20,5	13,0	8,3	16,7	14,1	17,0
Üst ısı değeri (kcal/kg)	2555	4541	3829	2852	4493	3885	2925	2670	3132	2991	3407
%Toplam S	2,86	5,37	4,54	1,61	2,29	2,05	1,02	2,90	3,34	3,04	2,66
%N	0,61	0,95	0,85	0,79	1,13	1,04	0,99	1,35	1,37	1,37	1,06
%C	26,00	47,77	39,80	30,43	47,53	41,06	33,44	30,44	38,35	35,93	37,56
%H	4,63	5,47	5,19	4,41	5,47	5,18	3,51	3,50	3,53	3,50	5,18
%O	20,60	22,41	21,74	20,66	26,88	24,48	26,19	17,50	22,66	21,08	23,37
Kuru baz (db)											
%Uçucu madde	34,9	51,8	45,7	40,9	53,7	48,7	48,3	44,4	48,1	47,0	47,4
%Kül	20,3	50,1	31,2	19,5	44,6	28,7	37,6	33,8	46,8	37,8	33,8
%Bağlı karbon	15,0	27,9	23,1	13,4	29,0	22,6	14,0	8,8	18,1	15,2	18,7
Üst ısı değeri (kcal/kg)	2844	5109	4290	3108	4962	4284	3159	2850	3391	3226	3740
%Toplam S	3,20	6,04	5,08	1,80	2,75	2,26	1,11	3,14	3,57	3,27	2,93
%N	0,68	1,07	0,96	0,86	1,24	1,14	1,07	1,44	1,48	1,47	1,16
%C	28,94	53,74	44,59	32,98	53,17	45,29	36,12	32,49	41,53	38,76	41,19
%H	3,89	4,76	4,47	3,80	4,93	4,57	2,89	2,86	3,01	2,90	3,71
%O	12,88	14,32	13,69	14,96	20,36	18,00	21,17	12,70	17,18	15,81	17,17
Kuru külsüz baz (daf)											
%Uçucu madde	65,0	70,0	66,6	64,0	78,6	68,8	77,5	72,7	83,4	76,0	72,2
Üst ısı değeri (kcal/kg)	5700	6411	6209	4951	6165	5991	5066	5123	5357	5195	5615
%Toplam S	5,30	7,71	7,36	2,24	4,08	3,23	1,77	4,75	6,71	5,35	4,43
%C	58,01	67,44	64,49	57,29	66,06	63,21	57,92	61,06	62,74	62,22	61,96
%H	5,97	7,79	6,56	5,93	7,88	6,51	4,64	4,32	5,66	4,73	5,61
%O	17,67	25,82	20,20	24,27	31,20	25,43	33,95	23,86	25,95	25,31	23,22
Nemli mineral maddesiz baz (Mmmf)											
Üst ısı değeri (Btu/lb)	6089	7710	7044	5016	6521	6266	4308	3924	4260	4157	5444

Çizelge 5.5. Tez kapsamında sondajlardan alınan 14 adet killi kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.

Analizler	AK19A-sondajı (n=5)			AK-44 sondajı (n=2)			BK-4 sondajı (n=4)			BK-5 sondajı (n=3)			Genel Ortalama
	Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		
Havada kuru bazda (adb)													
%Nem	8,9	10,0	9,4	7,8	9,3	8,1	3,8	5,9	5,3	4,9	5,2	4,9	6,9
%Uçucu madde	20,7	28,2	24,9	25,9	28,0	27,5	32,6	40,0	35,8	32,9	38,4	35,7	31,0
%Kül	51,4	63,8	56,4	53,1	56,7	53,8	53,1	57,3	55,7	53,5	58,0	55,5	55,4
%Bağlı karbon	6,5	11,7	9,2	8,2	11,2	10,6	0	4,2	3,3	2,5	6,4	3,9	6,7
Üst ısı değeri (kcal/kg)	1081	2123	1694	1654	2104	2013	1054	1679	1467	1488	2006	1599	1693
%Toplam S	1,98	4,56	2,52	0,83	0,86	0,83	0,32	2,60	1,69	2,33	2,69	2,41	1,86
%N	0,34	0,65	0,49	0,57	0,62	0,61	0,36	0,76	0,64	0,67	0,87	0,73	0,62
%C	12,11	21,12	17,58	17,50	20,83	20,16	17,46	22,40	20,32	19,52	24,71	21,09	19,79
%H	3,97	4,52	4,27	4,41	4,48	4,47	1,23	2,59	2,12	1,93	2,83	2,13	3,25
%O	17,23	20,05	18,72	19,94	20,17	20,13	15,94	24,62	19,54	15,37	19,74	18,15	19,13
Kuru baz (db)													
%Uçucu madde	22,8	31,2	27,5	28,5	30,3	30,0	34,7	41,6	37,7	34,6	40,3	37,5	33,2
%Kül	57,0	70,1	62,3	57,5	62,5	58,6	55,9	60,9	58,8	56,4	60,9	58,4	59,5
%Bağlı karbon	7,2	12,9	10,2	9,0	12,1	11,5	0,0	4,5	3,5	2,6	6,8	4,1	7,3
Üst ısı değeri (kcal/kg)	1186	2346	1873	1823	2282	2189	1095	1178	1550	1564	2115	1682	1823
%Toplam S	2,17	5,04	2,79	0,90	0,95	0,91	0,34	2,77	1,79	2,35	2,84	2,53	2,00
%N	0,37	0,73	0,54	0,63	0,68	0,67	0,37	0,81	0,68	0,70	0,92	0,77	0,66
%C	13,29	23,39	19,43	19,29	22,59	21,92	18,14	23,73	21,46	20,52	26,05	22,18	21,25
%H	3,26	3,78	3,55	3,72	3,92	3,88	0,83	2,08	1,62	1,45	2,38	1,66	2,68
%O	9,72	12,55	11,42	12,90	14,38	14,08	11,38	21,90	15,65	11,36	16,22	14,49	13,91
Kuru külsüz baz (daf)													
%Uçucu madde	69,9	76,0	73,3	71,5	76,0	72,4	88,5	100,0	91,5	84,4	93,9	90,1	81,8
Üst ısı değeri (kcal/kg)	3961	5530	4856	4865	5375	5272	2634	4380	3784	3705	4857	4036	4487
%Toplam S	6,05	11,88	7,37	2,12	2,52	2,20	0,81	7,07	4,46	5,93	6,52	6,07	5,02
%C	44,37	55,00	50,73	51,47	53,21	52,86	43,63	56,74	52,26	50,96	59,82	53,24	52,27
%H	8,62	10,90	9,56	9,22	9,92	9,36	2,01	5,06	3,98	3,55	5,46	3,98	6,72
%O	22,92	36,26	30,92	33,86	34,42	33,97	29,08	52,66	37,65	26,06	37,81	34,87	34,35
Nemli mineral maddesiz baz (Mmmf)													
Üst ısı değeri (Btu/lb)	3285	5519	4451	4539	5070	4962	2019	3375	2911	2661	4015	3147	3868

Çizelge 5.6. Tez kapsamında sondajlardan alınan toplam 29 adet kömür ve killi kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının sınır ve ağırlıklı ortalama değerleri.

Analizler	AK19A-sondajı (n=11)			AK-44 sondajı (n=8)			BK-4 sondajı (n=5)			BK-5 sondajı (n=5)			Genel Ortalama
	Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		Sınır değerler	Ağırlıklı ortalama		
Orijinal baz (orj)													
%Nem	27,0	33,0	29,2	28,2	37,0	33,5	35,3	41,9	38,3	33,0	44,0	39,4	35,1
Havada kuru bazda (adb)													
%Nem	8,9	11,1	10,3	7,7	10,6	8,9	3,8	7,4	5,9	4,9	7,7	5,9	7,8
%Uçucu madde	20,7	46,1	36,2	25,9	49,1	40,5	32,6	44,8	38,6	32,9	44,5	38,9	38,6
%Kül	18,1	63,8	36,1	17,4	56,7	32,3	34,9	57,3	49,2	31,2	58,0	47,2	41,2
%Bağlı karbon	6,5	24,8	17,4	8,2	25,9	18,3	0,0	13,0	6,3	2,5	16,7	8,0	12,5
Üst ısıl değer (kcal/kg)	1081	4541	3216	1654	4493	3473	1054	2925	1920	1488	3132	2165	2694
%Toplam S	2,0	5,4	4,0	0,8	2,5	1,8	0,3	2,6	1,5	2,2	3,3	2,7	2,5
%N	0,3	1,0	0,8	0,6	1,1	0,9	0,4	1,0	0,8	0,7	1,4	1,0	0,9
%C	12,1	47,8	33,4	17,5	47,5	36,5	17,5	33,4	24,4	19,5	38,4	27,1	30,4
%H	4,0	5,5	4,9	4,4	5,5	5,0	1,2	3,5	2,6	1,9	3,5	2,7	3,8
%O	17,2	22,4	20,9	19,9	26,9	23,5	15,9	26,2	21,6	15,4	22,7	19,3	21,3
Kuru baz (db)													
%Uçucu madde	22,8	51,8	40,5	28,5	53,7	41,4	34,7	48,3	41,0	34,6	48,1	41,4	41,1
%Kül	20,3	70,3	40,1	19,5	62,5	35,3	37,6	60,9	52,2	33,8	60,9	50,0	44,4
%Bağlı karbon	7,2	27,9	19,4	9,0	29,0	20,1	0,0	14,0	6,8	2,6	18,1	8,6	13,7
Üst ısıl değer (kcal/kg)	1186	5109	3596	1823	4962	3823	1095	3159	2050	1564	3391	2310	2945
%Toplam S	2,2	6,0	4,4	0,9	2,8	2,0	0,3	2,8	1,6	2,4	3,6	2,8	2,7
%N	0,4	1,1	0,8	0,6	1,2	1,0	0,4	1,1	0,8	0,7	1,5	1,1	0,9
%C	13,3	53,7	37,4	19,3	53,2	40,1	18,1	36,1	26,0	20,5	41,5	28,9	33,1
%H	3,3	4,8	4,2	3,7	4,9	4,4	0,8	2,9	2,0	1,5	3,0	2,2	3,2
%O	9,7	14,3	13,0	12,9	20,4	17,1	11,4	21,9	17,4	11,4	17,2	15,0	15,6
Kuru külsüz baz (daf)													
%Uçucu madde	65,0	76,0	68,5	64,0	78,6	69,6	77,5	100,0	87,2	72,7	93,9	84,4	77,4
Üst ısıl değer (kcal/kg)	3961	6411	5821	4865	6165	5833	2634	5066	4182	3705	5357	4507	5086
%Toplam S	5,3	11,9	7,4	2,1	4,1	3,0	0,8	7,1	3,6	4,8	6,7	5,8	4,9
%C	44,4	67,4	60,5	51,5	66,1	60,9	43,6	57,9	54,0	51,0	62,7	56,9	58,1
%H	6,0	10,9	7,4	5,9	9,9	7,1	2,0	5,1	4,2	3,6	5,7	4,3	5,8
%O	17,7	36,3	23,3	24,3	34,4	27,3	29,1	52,7	36,5	23,9	37,8	31,0	29,5
Nemli mineral maddesiz baz (Mmmf)													
Üst ısıl değer (Btu/lb)	3285	7710	6300	4539	6521	5979	2019	4308	3345	2661	4260	3558	4796

Tez çalışması kapsamında kömürleşme derecesinin tanımlanabilmesi için ASTM D388 (2019) sınıflamasına uygun olarak üst ısıl değerler, nemli mineral maddesiz bazda (Mmmf) hesaplanmıştır (Çizelge 5.4 ve 5.5). Bu kapsamda AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan 15 adet kömür örneklerin nemli, mineral maddesiz bazda hesaplanan üst ısıl değerleri sırasıyla ağırlıklı ortalamaları 7044 Btu/lb, 6266 Btu/lb, 4308 Btu/lb ve 4157 Btu/lb'dir. Her dört sondaja ait on beş adet kömür örneğinin nemli mineral maddesiz bazda 5444 Btu/lb olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.4). Tez kapsamında AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlardan alınan örneklerle ait Mmmf bazında ağırlıklı ortalama değerleri (7044 Btu/lb ve 6266 Btu/lb), belirgin olarak BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlara ait değerlerden (4308 Btu/lb ve 4157 Btu/lb) belirgin olarak çok yüksek çıkması, kömürleşme derecesindeki farklılıktan ziyade BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardaki örneklerin çok yüksek oranda orijinal bazda toplam nem içermesiyle ilgili olabilir. Nemli, mineral maddesiz bazda ortalama değere (5444 Btu/lb) göre Tefenni Havzasında (Burdur) alanında yer alan kömürlerin kömürleşme derecesinin “linyit” aşamasında olduğu ilk kez bu tez kapsamında ortaya konulmuştur (Şekil 5.3).

Class/Group	FC _{d,MMf} Limits, %		VM _{d,MMf} Limits, %		GCV _{mm,MMf} Limits ^B				Agglomerating Character
					Btu/lb		MJ/kg ^C		
	Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
Anthracitic:									
Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	...	...	} non-agglomerating
Anthracite	92	98	2	8	...	...	...	...	
Semianthracite ^D	86	92	8	14	...	...	...	...	
Bituminous:									
Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	...	...	...	...	} commonly agglomerating ^E
Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	...	...	...	...	
High volatile A bituminous coal	...	69	31	...	14 000	...	32.557	...	
High volatile B bituminous coal	...	...	...	...	13 000	14 000	30.232	32.557	
High volatile C bituminous coal	...	...	...	...	{ 11 500	13 000	26.743	30.232	} agglomerating
						10 500	11 500	24.418	
Subbituminous:									
Subbituminous A coal	...	...	...	...	10 500	11 500	24.418	26.743	} non-agglomerating
Subbituminous B coal	...	...	...	...	9 500	10 500	22.09	24.418	
Subbituminous C coal	...	...	...	...	8 300	9 500	19.30	22.09	
Lignite:									
Lignite A	...	...	...	...	6 300	8 300	14.65	19.30	} non-agglomerating
Lignite B	...	...	...	...	...	6 300	...	14.65	

Şekil 5.3. ASTM D388 (2019) standardına uygun olarak tez kapsamında analiz edilen kömür örneklerinin sınıflandırılması (Hower ve ark., 2022).

AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan killi kömür örneklerin nemli, mineral maddesiz bazda hesaplanan üst ısı değerleri sırasıyla ağırlıklı ortalama 4451 Btu/lb, 4962 Btu/lb, 2911 Btu/lb ve 3147 Btu/lb'dir. Her dört sondaja ait on dört adet killi kömür örneğinin nemli mineral maddesiz bazda 3868 Btu/lb olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.5). Killi kömür örnekleri, kömür örneklerine ait analiz sonuçlarının ışığında değerlendirildiğinde nemli, mineral maddesiz bazda üst ısı değeri AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlarda BK-4 ve BK-5'e göre daha yüksektir. Bu yüksek değerler, öncelikle AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlarda killi kömür örneklerinin toplam nem içeriğinin daha düşük olmasıyla ilgili görünmektedir.

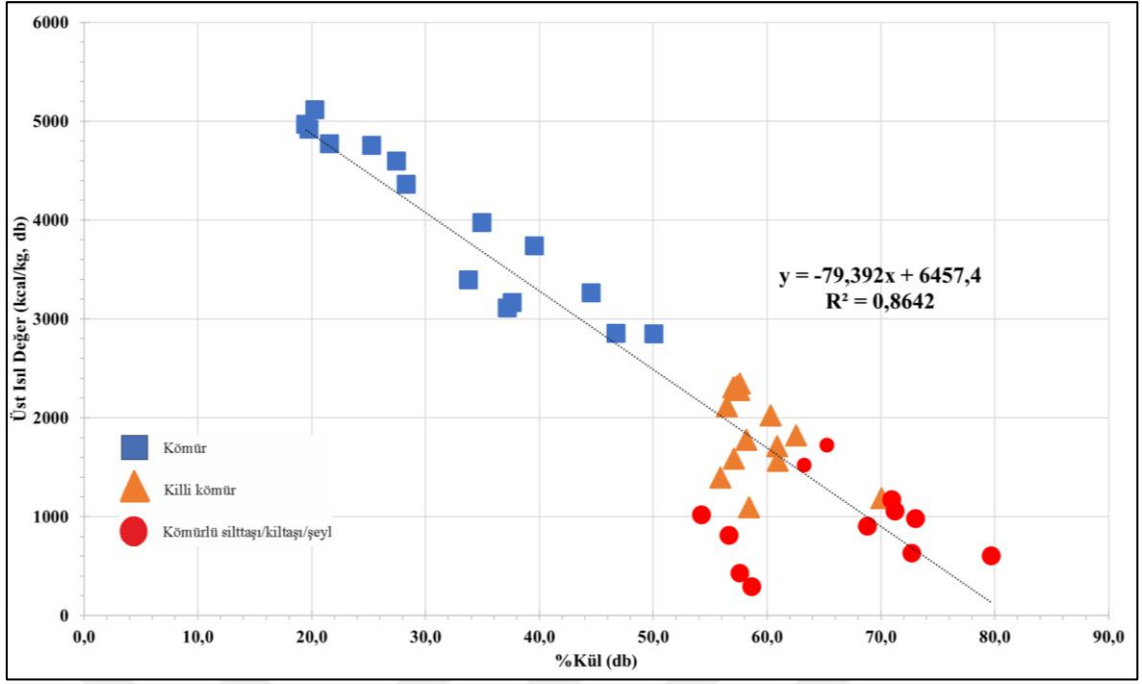
Tez kapsamında kömür ve killi kömür dışında kalan ve makroskobik olarak kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı olarak tanımlanan örneklerin de kaba kimyasal, ısı değeri ve elementer analizleri bilgi sahibi olmak amacıyla gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.2 ve 5.3). Bu analizler kapsamında kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde havada kuru bazda ağırlıklı ortalama %30,2 uçucu madde ve %62,7 kül analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen örneklerden sadece bir örnek karbonlu kiltası (AK44-14) olarak tanımlanmıştır ve bu örnekte havada kuru bazda %11,2 uçucu madde ve %82,7 kül içeriği tespit edilmiştir. BK-4 no'lu sondajda bir örnekte (BK4-4) tanımlanan iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneği havada kuru bazda %20,7 uçucu madde ve çok yüksek oranda %75,6 kül içeriği belirlenmiştir. Buna karşın AK-44 no'lu sondajdan alınan üç adet iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneğinde (AK44-3, AK44-7 ve AK44-16) ağırlıklı ortalama olarak %39,9 uçucu madde ve %57,7 kül içeriği saptanmıştır. Makroskobik olarak tanımlanan iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinde farklı uçucu madde ve kül içeriklerinin tanımlanması örneklerdeki karbonat minerallerinden, fosil kavklarından ve mineral katkılarında kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim benzer bir durumun bazı kömür örneklerinde gözlemlendiği dikkate alındığında karbonat minerallerinin uçucu madde ölçümlerine olan etkisi açıktır.

Kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinin havada kuru bazda ağırlıklı ortalama ısı değerleri 929 kcal/kg olarak bulunulmuştur. Tez kapsamında analiz edilen karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinde ise beklenildiği gibi

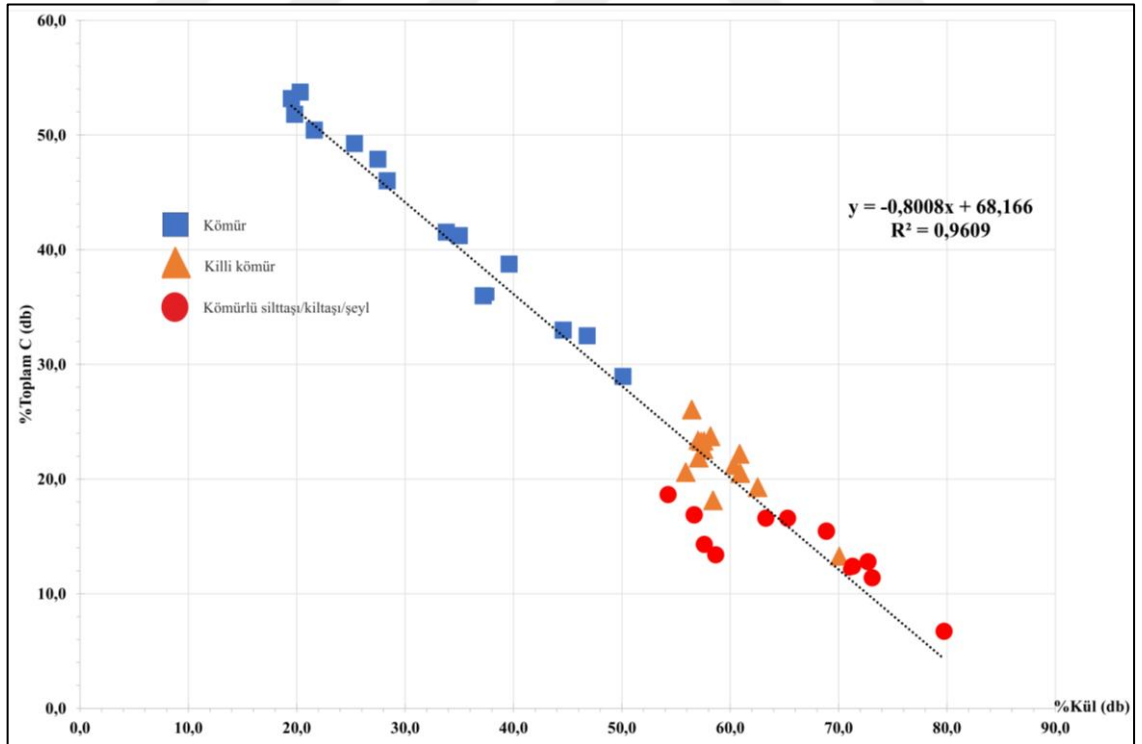
üst ısıl değer saptanmamıştır. Kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde havada kuru bazda ağırlıklı ortalama %0,29 N, %13,57 C, %2,50 H ve %19,80 O hesaplanmıştır. Bir adet karbonlu kiltası örneğinde (AK44-14) %0,10 N, %0,14 C, %3,47 H ve %13,24 O hesaplanmıştır. Bu değerler iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşlarında sırasıyla %0,06, %3,32, %0,42 ve %29,03 olarak bulunulmuştur. Tez kapsamında makroskobik tanımlamalara paralel olarak kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinde beklenildiği gibi düşük-çok düşük ve eser oranlarda N, C, H ve O tanımlanabilmektedir.

Tez kapsamında analiz edilen ve analiz değerleri saptanabilen toplam 41 adet örneğe ait kuru bazda kül içeriği-üst ısıl değerleri ve kül içeriği-karbon içerikleri karşılaştırılmıştır (Şekil 5.4 ve 5.5). Kül içeriği-üst ısıl değer ve kül içeri-karbon içeriği arasında sırasıyla korelasyon katsayısı $r=-0,93$ ve $r=-0,98$ olan negatif doğrusal ilişkiler saptanmıştır (Şekil 5.4 ve 5.5). Ancak her iki karşılaştırmada da özellikle dört adet (BK4-7, BK5-3,-7 ve -9) kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneği bu doğrusallıktan ayrılmaktadır (Şekil 5.4 ve 5.5). Bu doğrusallıktan ayrışın sebebi bu örneklerde heterojen olarak dağılmış karbonat mineralleri, fosil kavrıkları ve/veya diğer minerallerin dağılımı olabilir. Benzer durumlar ülkemizdeki Kangal (Sivas), Karapınar (Konya) ve Afşin-Elbistan (Kahramanmaraş) sahalarındaki Pliyosen-Pleyistosen kömürler içinde rapor edilmektedir (Karayığit ve ark., 2000; Oskay ve ark., 2016; Karayığit ve ark., 2019).

Tez kapsamında çalışma alanının kuzey-kuzeydoğusunda yer alan Dombayova Grabeni kömürlerine (Bulut, 2023) ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Dombayova Graben sahasında Geç Miyosen-Erken Pliyosen (?) yaşlı Güzelyayla Formasyonu (Akgün üyesi) içerisinde yer alan kömürlerde orijinal bazda ortalama %39,6 toplam nem saptanmıştır (Bulut, 2023). Bu veri, tez çalışması kapsamında incelenen kömürlerin (%37,4) ve killi kömürlerin (%32,8) toplam nem içeriğinin (ortalama %35,1) Dombayova Grabeni kömürlerine oldukça benzer olduğunu göstermektedir. Dombayova sahasında analiz edilen kömür örneklerinde kuru bazda ortalama %26,1 kül, kuru-külsüz bazda %72,8 uçucu madde ve %58,6 toplam C belirlenmiştir (Bulut, 2023).



Şekil 5.4. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül içeriği ile üst ısıl değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.5. Tez kapsamında incelenen örneklerin kuru bazda (db) %kül içeriği ile %toplam karbon değerlerinin karşılaştırılması.

Tez kapsamında analiz edilen kömür örneklerinde kuru bazda ortalama %33,8 kül ve kuru-külsüz bazda %72,2 uçucu madde ile %61,7 toplam C içeriği ve killi kömür örneklerinde %59,5 kül ve kuru-külsüz bazda %81,8 uçucu madde ile %52,3 toplam C içeriği bulunulmuştur. Kömür ve killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde bu değerler sırasıyla %44,5, %77,4 ve %58,1'dir. Bu değerler Tefenni havzası kömür ve killi kömür örneklerinin çok daha yüksek kül, nispeten daha yüksek uçucu madde içeriğine ve neredeyse aynı sayılabilecek toplam C içeriğine sahip olduğunu yansıtmaktadır. Dombayova Grabeni kömürlerinde ortalama 3783 kcal/kg ısı değeri saptanmıştır (Bulut, 2023). Diğer taraftan tez kapsamında incelenen kömür ve killi kömür örneklerinde kuru bazda sırasıyla ortalama 3740 kcal/kg ve 1823 kcal/kg (ortalama 2945 kcal/kg) ısı değeri analiz edilmiştir. Bu değer, Tefenni havzasında yer alan kömür ve killi kömürlerin daha yüksek kül içeriklerinden dolayı daha düşük olarak belirlenmiştir. Tez kapsamında örneklenen dört sondajdan alınan kömür ve killi kömür örneklerinde sırasıyla kuru bazda ortalama %2,9 ve %2,0 (ortalama 2,7) toplam S içeriği saptanmıştır. Bu değer Dombayova Grabeninden alınan örneklerde ortalama %1,7 olarak rapor edilmiştir (Bulut, 2023). İki sahanın örnekleri birbiri ile karşılaştırıldığında Tefenni havzası örneklerinin nispeten daha yüksek kükürt değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.

5.3. Mineraloji

Tez çalışması kapsamında, inceleme yöntemlerinde de açıklandığı gibi, sondaj karotlarından alınan örneklerinin mineralojik bileşimlerinin saptanması amacıyla gerçekleştirilen XRD-TK ve SEM-EDS analiz sonuçları bu bölüm kapsamında değerlendirilmiştir. Anlam kargaşasına neden olmamak amacıyla AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 sondajlarından alınan kömür ve organik madde içerenler örnekler ile AK-43 no'lu sondajdan alınan kayaç örneklerine ait analiz sonuçları ve sonuçlara ilişkin tartışma aşağıda özetlenmiştir. Tez kapsamında XRD-TK diyagramlarında organik madde dışında tanımlanamayan minerallerin yarı-kantitatif yüzdeleri, inceleme yöntemlerinde de açıklandığı gibi, iki farklı birimde (Hacettepe Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü ve MTA Genel Müdürlüğü) farklı koşullarda XRD-TK çekimleri yapıldığından hesaplanamamıştır. Buna karşın XRD-TK diyagramlarında tanımlanan minerallerin, pik yükseklikleri dikkate alınarak çok yaygın, (+++), yaygın (++), az (+) ve eser oranda (±) olmak üzere bollukları belirlenmiştir (Çizelge 5.7 ve 5.8).

Çizelge 5.7. Tez kapsamında incelenen örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan minerallerin bolluk dereceleri (çok yaygın, (+++), yaygın (++) , az (+) ve eser oranda (±)).

Örnek No	Tanımlama	Kil Mineralleri (Cly)	Kuvars (Qz)	Opal-CT	Kalsit (Cal)	Aragonit (Arg)	Dolomit (Dol)	Jips (Gp)	Pirit (Py)	Feldispat (Fsp)
AK19A-1	CO	+	+++						+	
AK19A-2	ZC	++	+++		+			+	+	
AK19A-3	ZT	++	+++		+					
AK19A-4	CSCO	++	+++					+	+	
AK19A-5	CSCO	++	+++					±	±	
AK19A-6	CSCO	++	+++					±	+	
AK19A-7	CSCO	++	+++					±	+	
AK19A-8	CO	++	+++					±	+	
AK19A-9	CO	++	+++		+				+	
AK19A-10	CO	++	+++						+	
AK19A-11	CO	++	+++						+	±
AK19A-12	CSCO	++	+++					+	+	±
AK19A-13	CO	+	+++		+				+	
AK44-1	ZH	++	++		+++				+	
AK44-2	ZH	++	++		+++				+	
AK44-3	CSLS	±			+++	±			±	
AK44-4	CO	++	+		+++	+			+	
AK44-5	CO	+	+		+++				+	±
AK44-6	CO	++		±	++					
AK44-7	CSLS				+++				±	
AK44-8	CO	+	+		+++				+	+
AK44-9	CO	++	++	±	++				+	
AK44-10	CO	++	+++		++				+	±
AK44-11	CSCO	++	+++		±					
AK44-12	ZC	++	+++		±				±	
AK44-13	ZC	++	+++						±	
AK44-14	XC	+	+++		±					
AK44-15	CSCO	++	+++		±					
AK44-16	CSLS	++	++		+++				+	
BK4-1	CSCO	++	+++		+++		+	+	+	+
BK4-2	CSCO	+	+		+++	+			+	+
BK4-3	ZC	++	+++		+++	+	+		±	±
BK4-4	CSLS	++	+++		+++		+	+	±	±
BK4-5	CSCO	++	+++		+++		+		+	±
BK4-6	CSCO	±	+		+++	+			±	
BK4-7	ZC	±	+		+++	+	±		+	
BK4-8	CO		++		+++	+			±	
BK5-1	CSCO	++	+++		+++	+	+		+	
BK5-2	CO	++	++		+++	+	+			
BK5-3	ZC		±		+++	+			+	+
BK5-4	ZC	++	++		+++	+			+	
BK5-5	CSCO	++	+++		+++		+		+	±
BK5-6	CSCO	+	++		+++	+			±	
BK5-7	ZT	±	+		+++	+			+	
BK5-8	CO	+	+		+++	+				
BK5-9	ZT	±			+++	+	±		+	

Çizelge 5.8. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan seçilen örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan minerallerin bolluk dereceleri (çok yaygın, (+++), yaygın (++), az (+) ve eser oranda (±)).

Örnek No	Derinlik (m)	Tanımlama	Kil Mineralleri (Cly)	Kuvars (Qz)	Kalsit (Cal)	Aragonit (Arg)	Dolomit (Dol)	Dolomit/Ankerit (Dol/Ank)	Pirit (Py)	Feldispat (Fsp)
AK43-1	13.30-13.40	Kırmızı çamurtaşı	+++	+++	++					+
AK43-16	188.90-189.00	Kırmızı çamur taşı	+++	+++					±	+
AK43-23	253.90-254.00	Silttaşı	++	++	+++			+++		±
AK43-25	267.90-268.00	Kiltaşı	++	+	+++			++	±	±
AK43-30	332.10-332.20	Kiltaşı	+++	+	±					
AK43-33	362.50-362.60	Yer yer kömür parçaları içeren gastropod kavkılı kil taşı	++	+++	+++		±		±	
AK43-34	367.20-367.30	Kiltaşı (Yer yer gastropod kavkılı)	++	+++	+++		±		±	
AK43-35	372.00-372.10	Kiltaşı	++	+++	+++				±	
AK43-36	376.90-377.00	Kiltaşı	+++	+++	+++		+			±
AK43-37	381.35-381.45	Silttaşı (Yer yer gastropod ve ostrakod parçalı)	+	±	+++	±			±	+
AK43-38	385.20-385.30	Silttaşı (Bol gastropod fosilli)	+	+	+++	±	±		±	+
AK43-39	386.55-386.65	Kiltaşı (Yer yer gastropod kavkılı)	+++	++	+++				±	±
AK43-40	390.40-390.50	Yeşil kiltası	+++	+++	+++				±	+
AK43-44	418.00-418.10	Silttaşı		±	+++					±
AK43-46	431.40-431.50	Kiltaşı (Yer yer bitki parçaları ve gastropod kavkılı mevcut)	++	++	+++	+		±	±	+

5.3.1. Kömür ve Organik Madde İçeren Örneklerin Mineralojisi

Tez kapsamında XRD-TK örneklerine temsili olmak üzere seçilen diyagramlar Şekil 5.6 Şekil 5.7'de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen örneklerin çoğunda kil mineralleri, kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, pirit, feldispat ve çok az örnekte jips ve opal-CT tanımlanmıştır (Çizelge 5.7). Kil mineralleri, tez kapsamında XRD-kil fraksiyonu ayrımı yapılmadığından birlikte değerlendirilmiştir. Ancak, SEM-EDS çalışmaları dikkate alınarak genel bir yaklaşım olarak incelenen örneklerde kil mineralleri içinde kaolinit, illit/mika, klorit ve simektit var olduğu görülmektedir. İncelenen 4 adet sondaja göre kil mineralleri genelde yaygın oranda görülmektedir (Çizelge 5.7).

İncelenen örneklerde kuvars, çoğunlukla çok yaygın olarak görülmektedir (Çizelge 5.7). İncelenen AK-19A olu örneklerde çok ilginç olarak kuvars çok yaygın oranda bulunmakla birlikte bu örneklerde diğer 3 sondajdan farklı olarak sadece 4 örnekte az

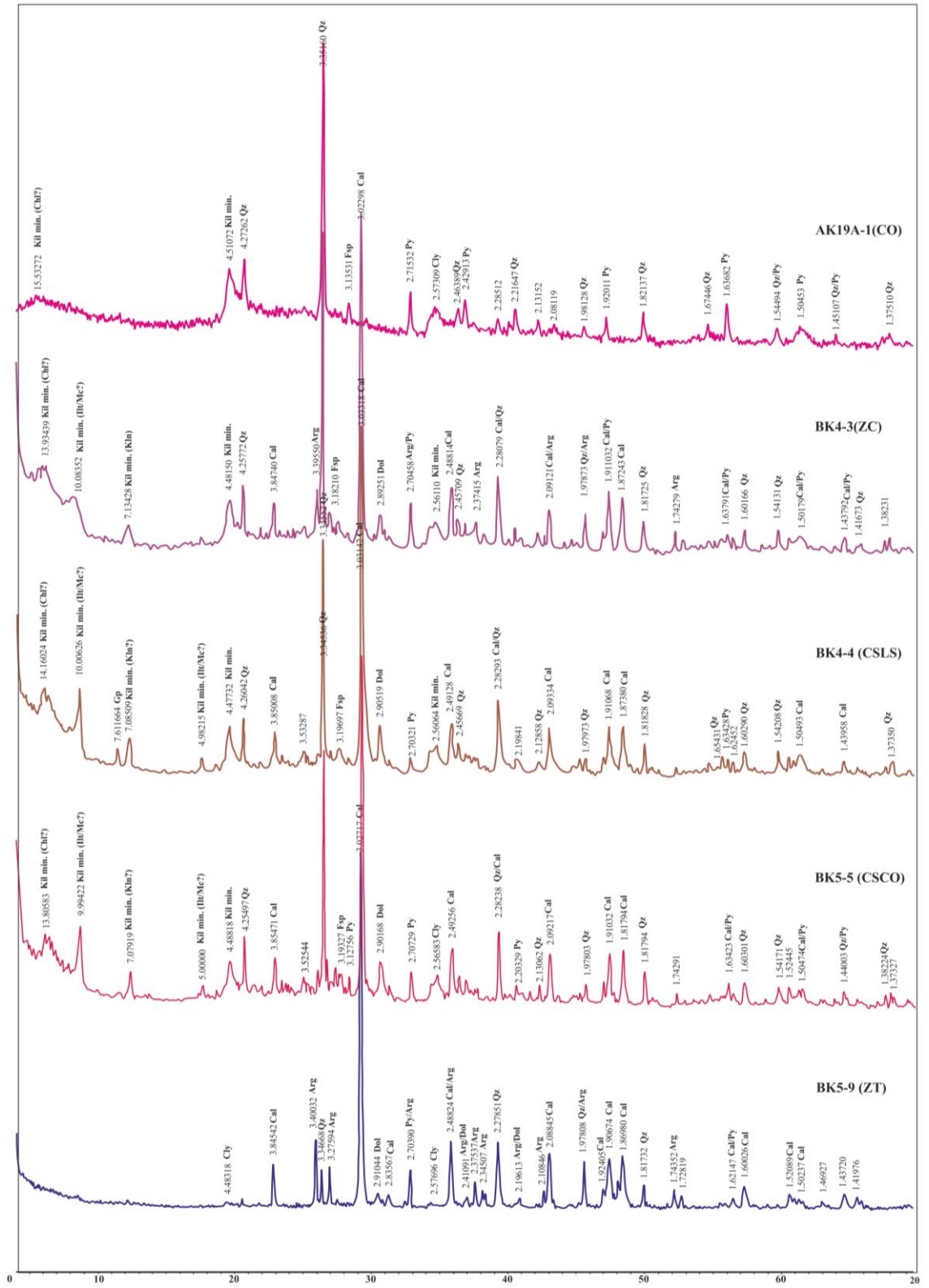
oranda karbonat mineralleri tanımlanmıştır. Çalışılan diğer 3 sondajda (AK-44, BK-4 ve BK-5) no'lu sondajlardan alınan örneklerin çoğunda çok yaygın kuvarsın yanısıra özellikle karbonat minerallerinden kalsitte çok yaygındır (Çizelge 5.7). Diğer sondajlardan farklı olarak incelenen AK-44 no'lu sondajda alınan örneklerde üst seviyelerde kuvars yaygın ve az oranda, kalsit ise çok yaygın iken alt seviyelerde kuvars çok yaygın ve kalsit, bir örnek dışında eser oranda bulunmaktadır. Jeolojik olarak normal fasiyes koşullarında otojenik kuvars miktarının artışına bağlı olarak kalsit miktarının azalması beklenmektedir. Ancak da sonra açıklanacağı üzere SEM-EDS çalışmalarında da görüldüğü gibi incelenen örneklerde CaCO_3 , kömür içinde otojenik CaCO_3 oluşumlarının yanısıra fosil kavrıklarında ve detritik kireçtaşı tanelerinde tanımlanmıştır. Bu veri, turba oluşumu sırasında fasiyes koşullarının değiştiğini ifade etmektedir. Diğer taraftan incelenen örneklerde karbonat minerallerinden kalsitin yaygın olması, turba bataklık ortamının mikron boyutunda kireçtaşı taneleri içeren bikarbonatça zengin sular tarafından beslenildiğini göstermektedir. Tefenni sahasının kaynak alanında karbonat kayaçlarının yaygın olması ve bölgede karsitik akiferlerin varlığı bu savı desteklemektedir.

İncelenen bazı örneklerde, AK-19A no'lu sondaj hariç olmak üzere incelenen 3 sondajda az veya eser oranda aragonit tanımlanmıştır. Bu mineralin, fosil kavrıklarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Bulut, 2023). Dolomit, sadece incelenen BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan çoğu örnekte az oranda tanımlanmıştır (Çizelge 5.7). İncelenen BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlarda, diğer iki sondajdan farklı olarak, çoğu örnekte az oranda dolomitin tanımlanmış olması ilginç gözükmetedir. Bu veri de incelenen sahada turba oluşumu sırasında Mg getirimine ve/veya detritik minerallerin alterasyonuna bağlı olarak Mg'un dolomit oluşumuna katıldığını ifade etmektedir.

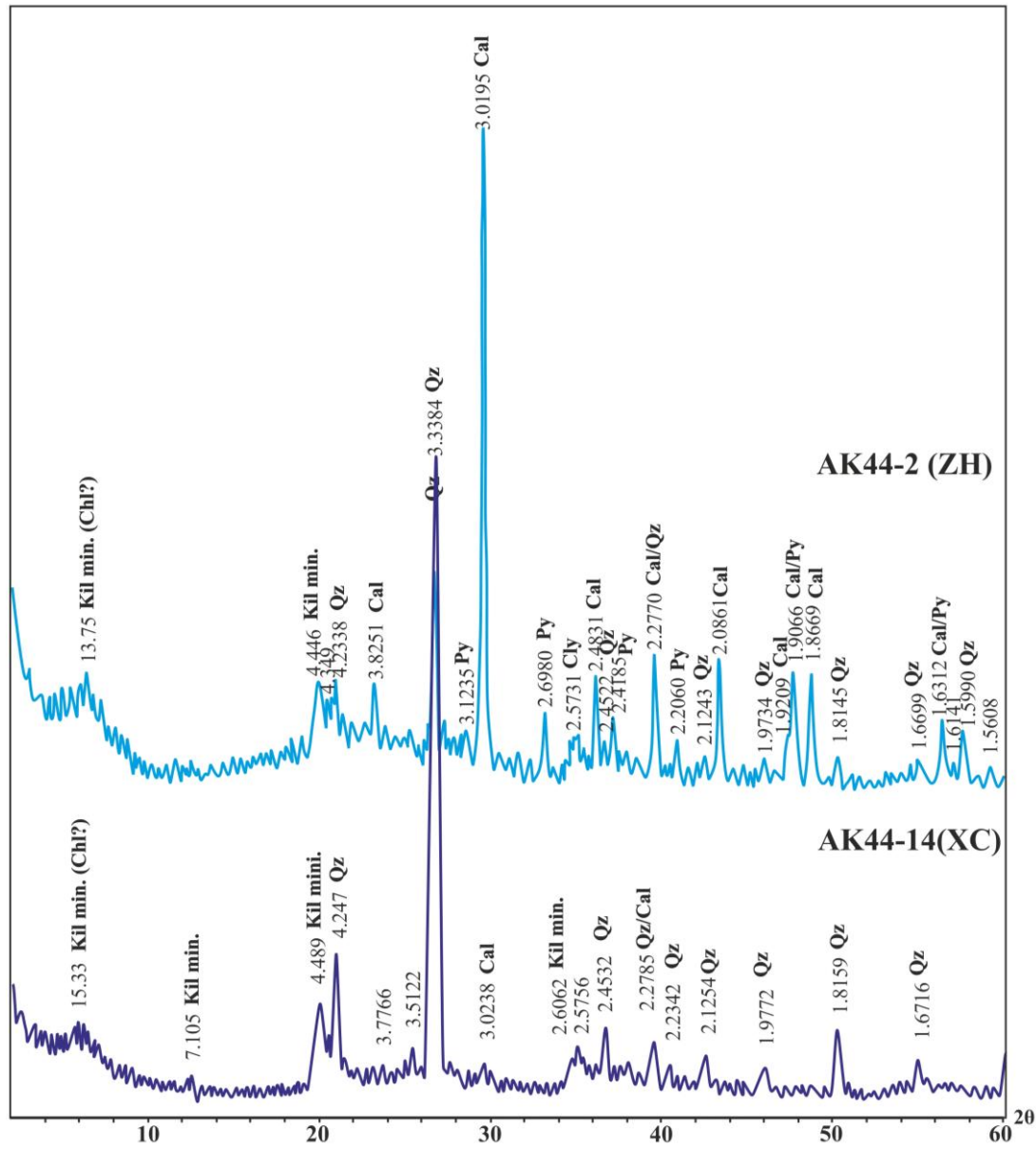
İncelenen örneklerde XRD-TK diyagramlarında az veya eser miktarda pirit genelde tüm örneklerde tespit edilmiştir (Çizelge 5.7). SEM-EDS çalışmaları sırasında piritler, tekli mineraller ve framboidal piritler olarak tanımlanmaktadır. İncelenen örneklerde fasiyes koşullarına bağlı olarak piritlerin oluşması beklenen bir durumdur. Diğer taraftan, kaba kimyasal analiz sonuçlarında özellikle AK-19A no'lu sondajdan alınan AK-19A/9-13 no'lu örneklerde havada kuru bazda çok yüksek oranda toplam kükürt not edilmiştir

(Çizelge 5.2). Tez çalışması kapsamında bu örneklerdeki yüksek toplam kükürt içeriği, XRD-TK diayagramlarına göre birincil olarak piritlerle ilişkili görülmektedir. Ayrıca, tüm örnekler birlikte değerlendirildiğinde örneklerdeki toplam kükürt içeriğinin örneklerdeki piritler dışında jips ve SEM-EDS çalışmalarıyla tanımlanan organik maddenin yüksek oranda kükürt içermesiyle de ilişki görülmektedir.

İncelenen sondajlardan alınan bazı örneklerde az ve eser oranda feldispat mineralleri tespit edilmiştir. Daha sonra açıklandığı gibi, SEM-EDS çalışmalarıyla bu feldispatların kimyasal bileşimlerine yönelik çalışmalarda yapılmıştır. Tez kapsamında ilginç olarak AK-19A ve BK-4 no'lu sondajdan alınan bazı örneklerde jips, az ve eser oranda tanımlanmıştır (Çizelge 5.7). Makroskopik gözlemler sırasında incelenen örneklerde epijenetik oluşmuş jips/anhidrit oluşumları tanımlanmamıştır. Diğer taraftan parlatma örneklerinde, örnek boyutunun <1 mm'den küçük ve örnek hazırlaması sırasında jips/anhidritlerin çoğunlukla çözünmesinden dolayı jipslerin kökenine yönelik bir çalışma yürütülememiştir. Ancak bu jips/anhidrit oluşumlarının genelde alterasyon sonucu veya örneklerin analiz edilmesine kadar geçen sürede nem kaybına bağlı olarak epijenetik oluştuğu göz önüne alınırsa incelenen örneklerde bunların epijenetik oluşumlar olma olasılığı yüksektir. Benzer durumlar ülkemizdeki Neojen yaşlı kömürlerde sıklıkla rapor edilmektedir (Karayığit ve ark., 2000; Ward, 2002).



Şekil 5.6. İncelenen sondajlardan seçilen temsili örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Arg: aragonit, Cly: kil minerali, Chl: klorit, Cal: kalsit, Dol: dolomit, Fsp: feldispat, Gp: jips, Py: pirit, Qz: kuvars)

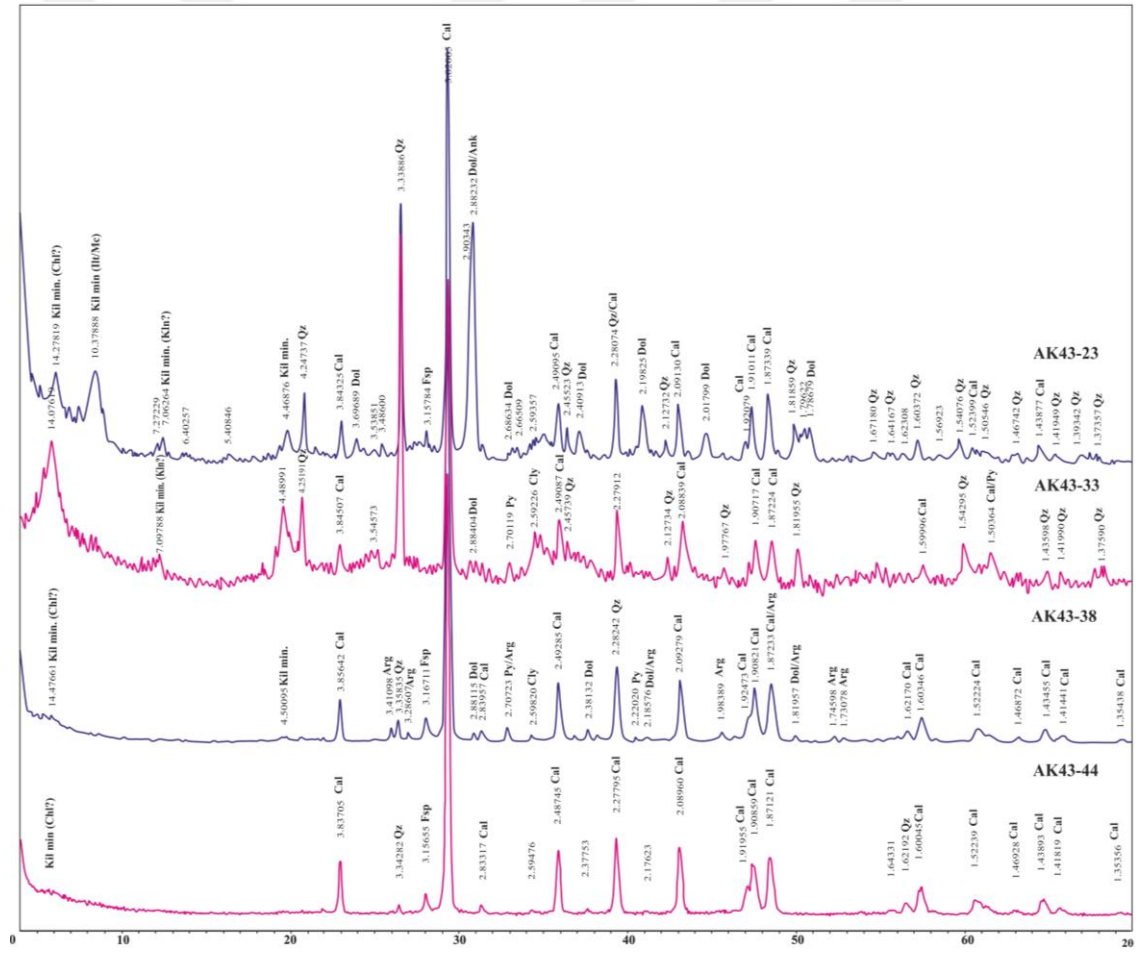


Şekil 5.7. Tez kapsamında AK-44 no’lu sondajdan seçilen temsili örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Chl: klorit, Cal: kalsit, Py: pirit, Qz: kuvars)

5.3.2. AK-43 Sondajından Alınan Kayaç Örneklerinin Mineralojisi

Tez kapsamında AK-43 no’lu sondajdan seçilen 15 örneğin XRD-TK diyagramlarında, kömür örneklerine benzer şekilde kil mineralleri, kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, dolomit/ankerit, pirit ve feldispat tanımlanmıştır (Çizelge 5.8). Temsili olmak üzere seçilen XRD-TK diyagramları Şekil 5.8’de sunulmuştur. Kil mineralleri ve kuvars, derinlik boyunca zikzaklı bir bolluk oranı göstermesine karşın varlığı tespit edilemeyen

bir örnek dışında genelde çok yaygın oranda bulunmaktadır. Bu nedenle AK-43 no'lu sondajın yapıldığı alanda istifin genelde kil, kuvars ve özellikle kalsitin egemen olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan bazı örneklerde dolomit ve dolomit/ankerit bulunması, kömürlü örneklerde de açıklandığı gibi oluşum sırasındaki ortamdaki Mg ve Fe iyonlarının katkısıyla ilgili olabilir. Bu sondajda bazı örneklerde aragonitin bulunması, bu örneklerdeki fosil kavrıklarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kayaç örneklerinde az ve eser oranda feldisipatların görülmesi, bu minerallerin turba oluşumu sırasında klastik taneler olarak taşınmasıyla ilişkilendirilebilir. Kayaç örneklerinde fasiyes koşullarına bağlı olarak eser oranda pirit oluşumları da XRD-TK diyagramlarında tanımlanabilmektedir.



Şekil 5.8. Tez kapsamında AK-43 no'lu sondajdan seçilen temsili kayaç örneklerin XRD-TK diyagramlarında tanımlanan mineraller (Arg: aragonit, Ank: ankerit, Cly: kil minerali, Chl: klorit, Cal: kalsit, Dol: dolomit, Fsp: feldispat, Gp: jips, Illt/mc: illit/mika, Py: pirit, Qz: kuvars).

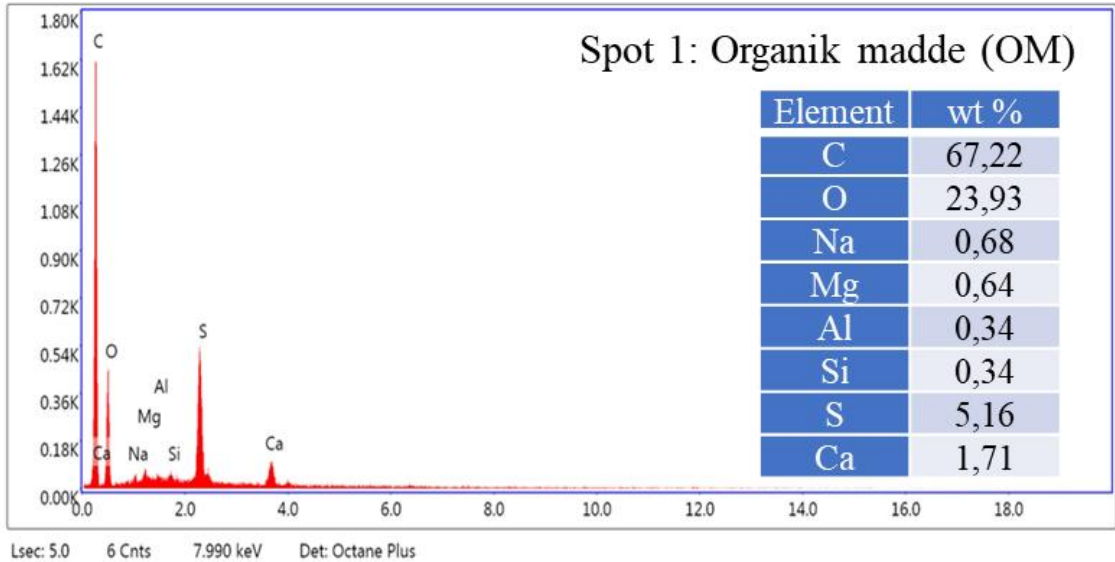
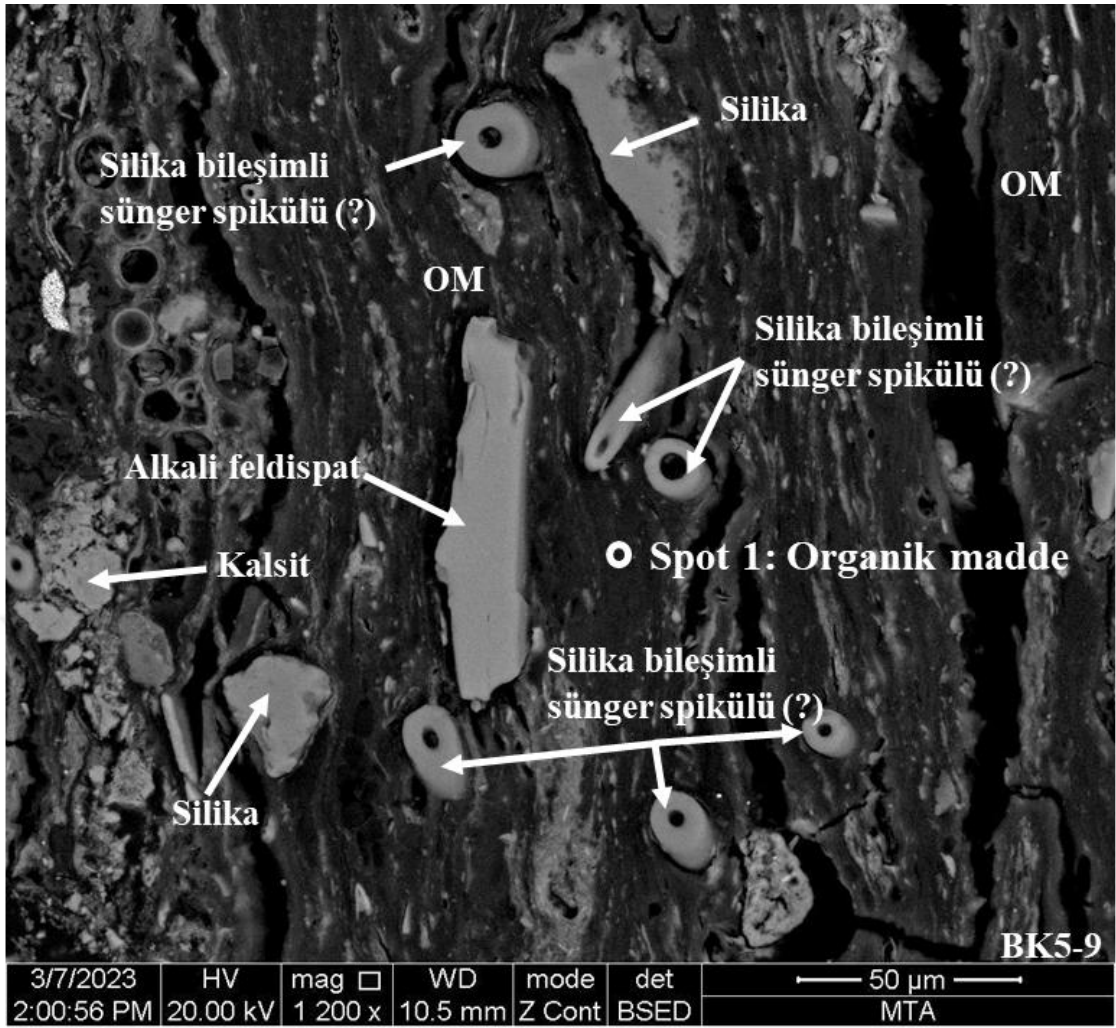
5.3.3.Seçilen Parlak Kesitler Üzerinde SEM-EDS Analizleri

Tez çalışması kapsamında, inceleme yöntemlerinde de açıklandığı gibi, XRD-TK çalışmaları ve daha sonraki bölümlerde açıklanan element ve maseral-mineral madde analiz sonuçları dikkate alınarak toplam 11 adet örneğe (Çizelge 5.9) ait parlak kesitler üzerinde SEM-EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar kapsamında kömür dışında, killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl den seçilen örneklerle ait parlak kesitler de incelenmiştir (Çizelge5.9). Yapılan SEM-EDS çalışmalarından seçilen görüntüler, Şekil5.9,-37’de sunulmuştur. Gerçekleştirilen SEM-EDS çalışmaları sırasında XRD-TK analizleriyle saptanan minerallerin bileşimlerinin tespiti ve ayrıca kömürlerde var olabilecek mikron boyutlu mineral oluşumlarının tanımlanması ve bileşimlerinin incelenmesi ve oluşum modlarının saptanmasına yönelik incelemelere önem verilmiştir. Ayrıca, SEM-EDS çalışmalarıyla incelenen örneklerde tanımlanan diatomların cins ve türleriyle ilgili tanımlamalar ve yorumlamalar tez kapsamında daha sonra açıklanmıştır.

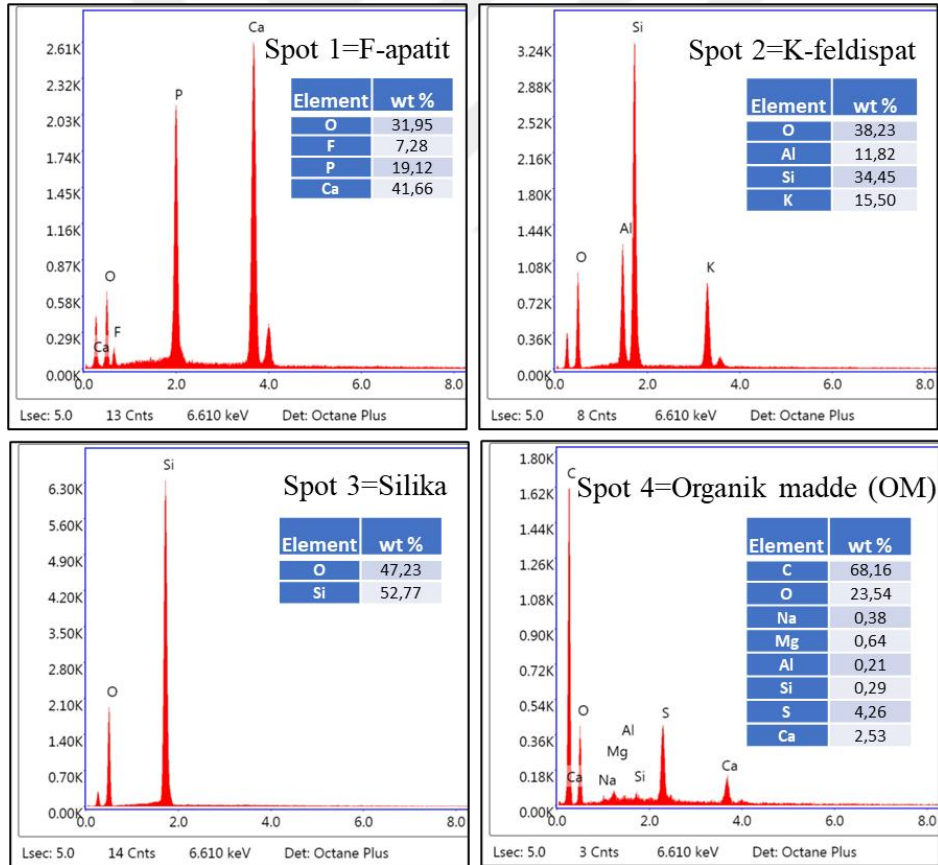
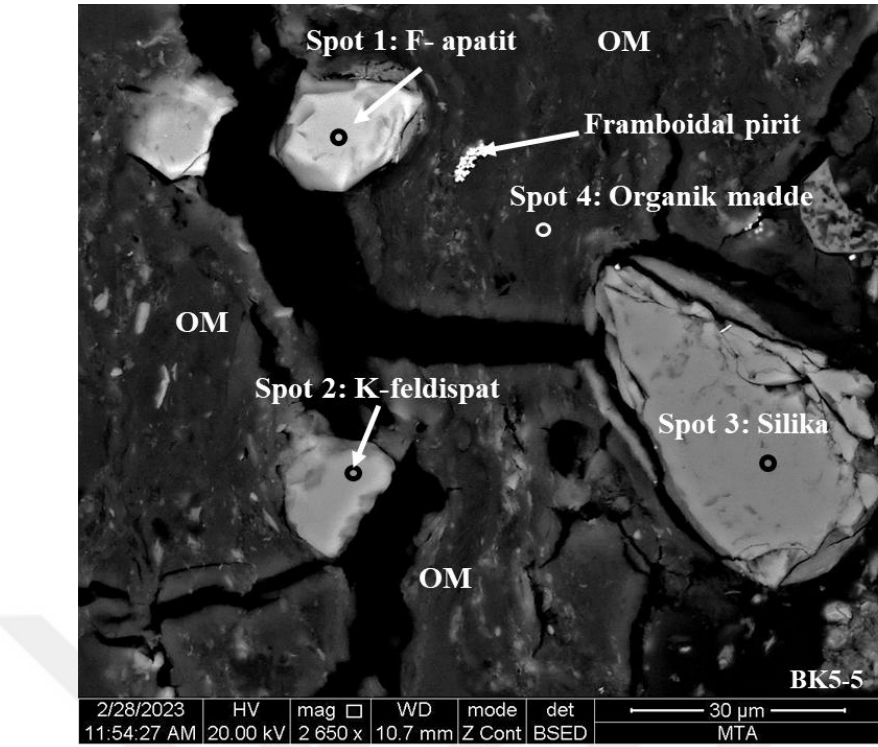
Çizelge 5.9. Tez kapsamında SEM analizleri için seçilen örneklerin derinlik, kalınlık ve tanımlamaları.

Örnek No	Tanımlama	Derinlik (m)		Kalınlık (m)
AK44-2	Kömürlü şeyl (ZH)	404,30	404,70	0,40
BK4-1	Killi kömür (CSCO)	87,72	88,08	0,36
BK4-2	Killi kömür (CSCO)	113,75	114,05	0,30
BK4-3	Kömürlü kiltası (ZC)	114,05	114,53	0,48
BK4-5	Killi kömür (CSCO)	122,53	123,22	0,69
BK4-6	Killi kömür (CSCO)	123,70	124,08	0,38
BK4-8	Kömür (CO)	140,72	141,50	0,78
BK5-5	Killi kömür (CSCO)	109,72	110,17	0,45
BK5-7	Kömürlü silttaşı (ZT)	127,95	128,15	0,20
BK5-8	Kömür (CO)	128,15	128,74	0,59
BK5-9	Kömürlü silttaşı (ZT)	128,74	129,04	0,30

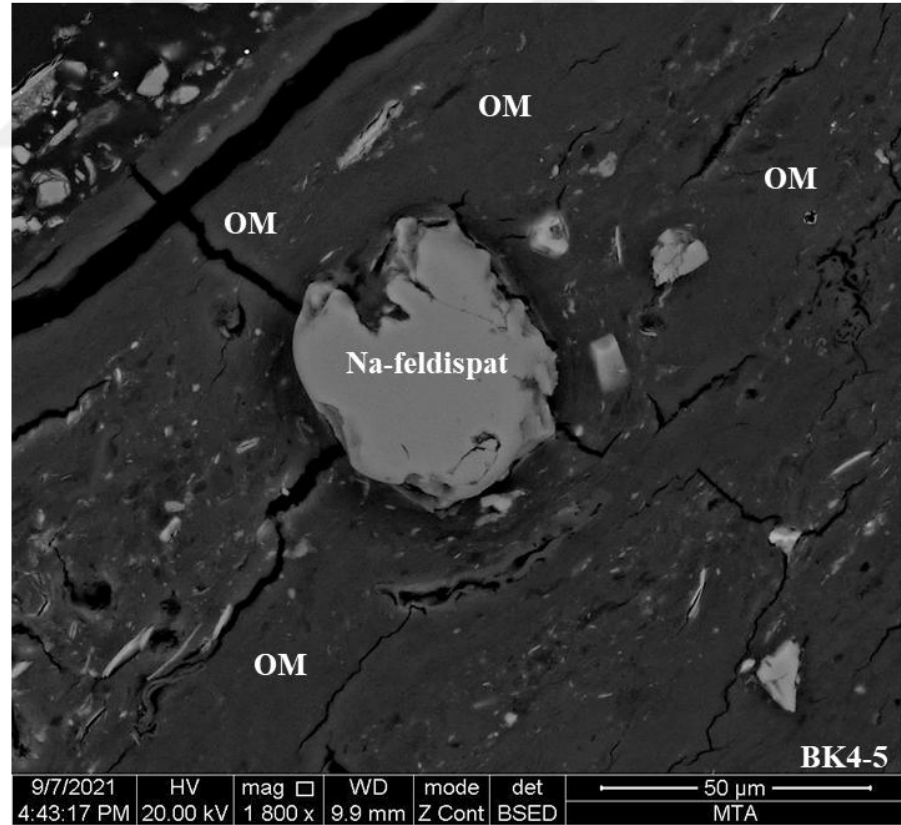
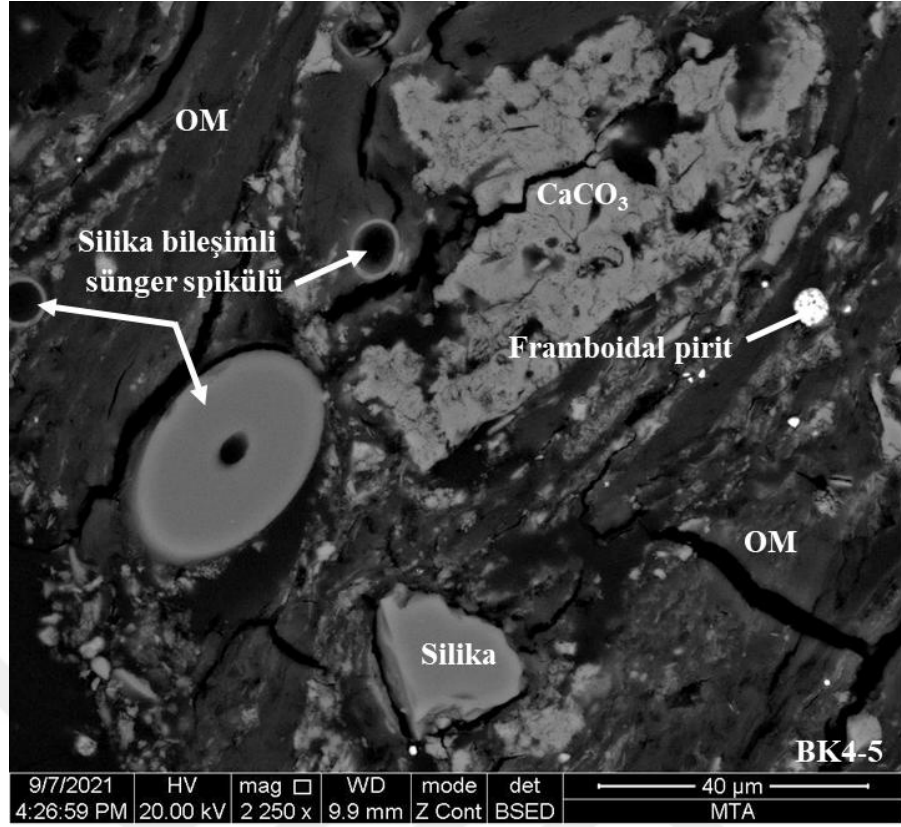
Çalışma kapsamında incelenen örneklerde XRD-TK yardımıyla tanımlanan mineraller (kil mineralleri, kuvars, karbonatlar, jips, pirit ve feldispatlar, SEM-EDS çalışmalarıyla da tanımlanmıştır.



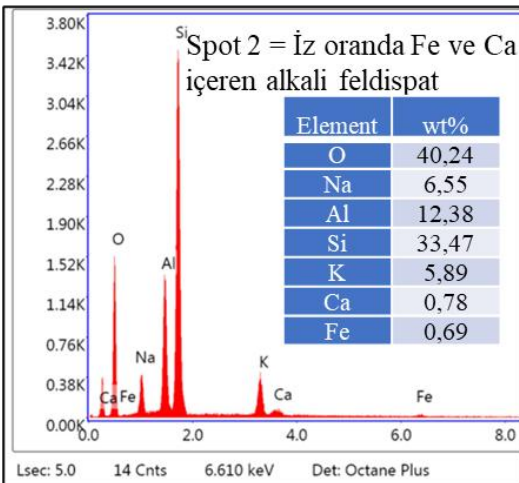
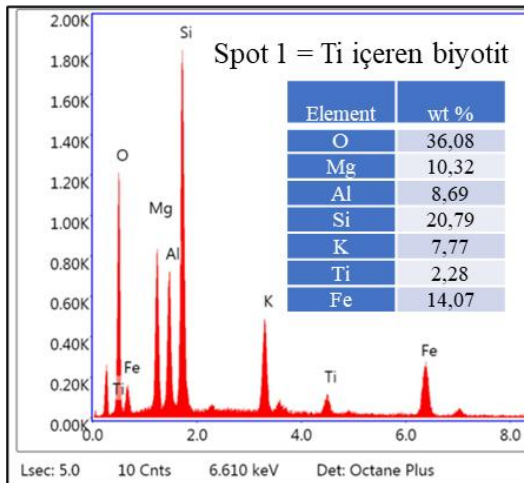
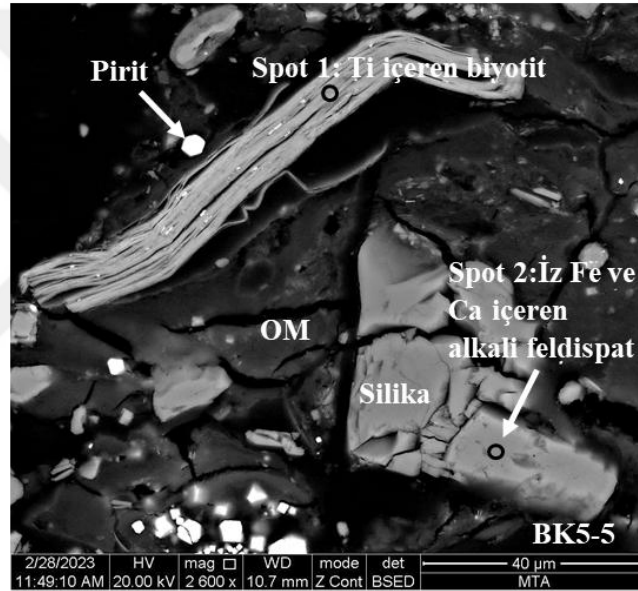
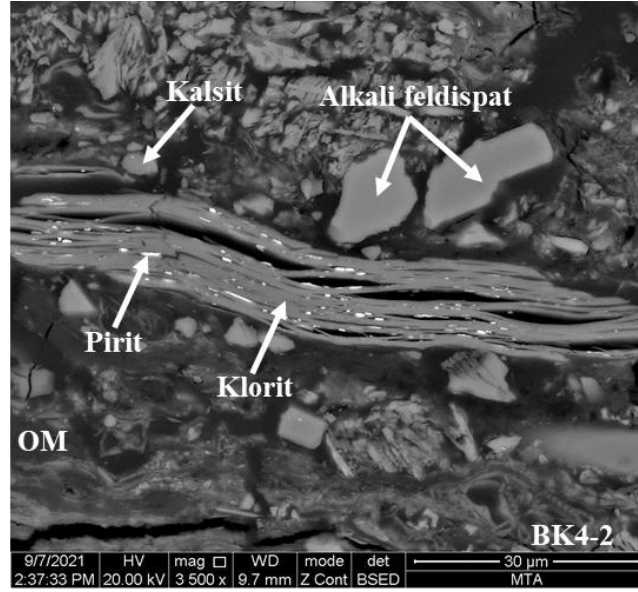
Şekil 5.9. Tez kapsamında BK5-9 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, alkali feldispat, sünger spikülü (?) ve belirgin olarak C ve O dışında Ca ve S dışında iz oranda Si, Al, Mg ve Na içeren organik madde ve SEM-EDS bileşimi.



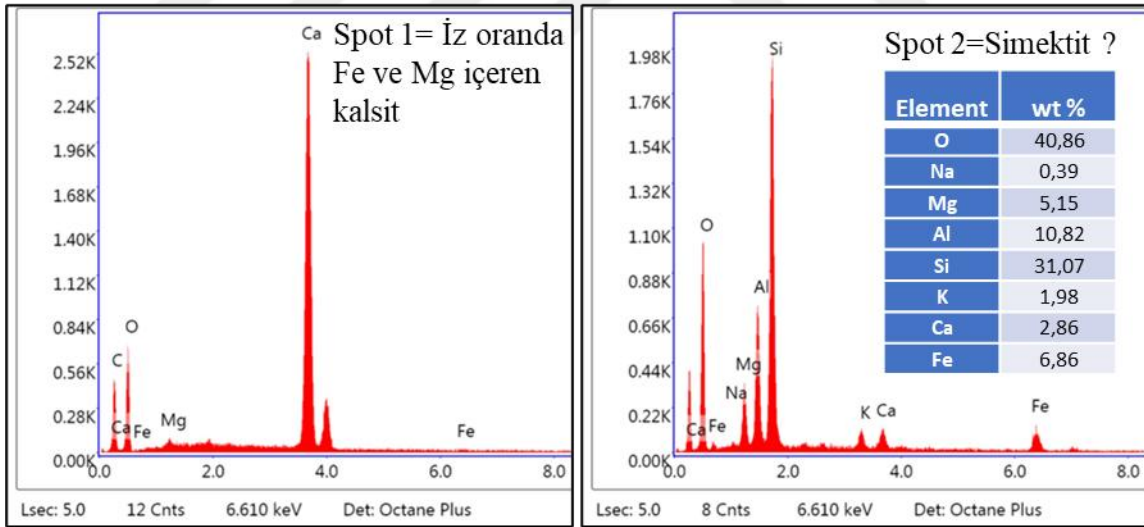
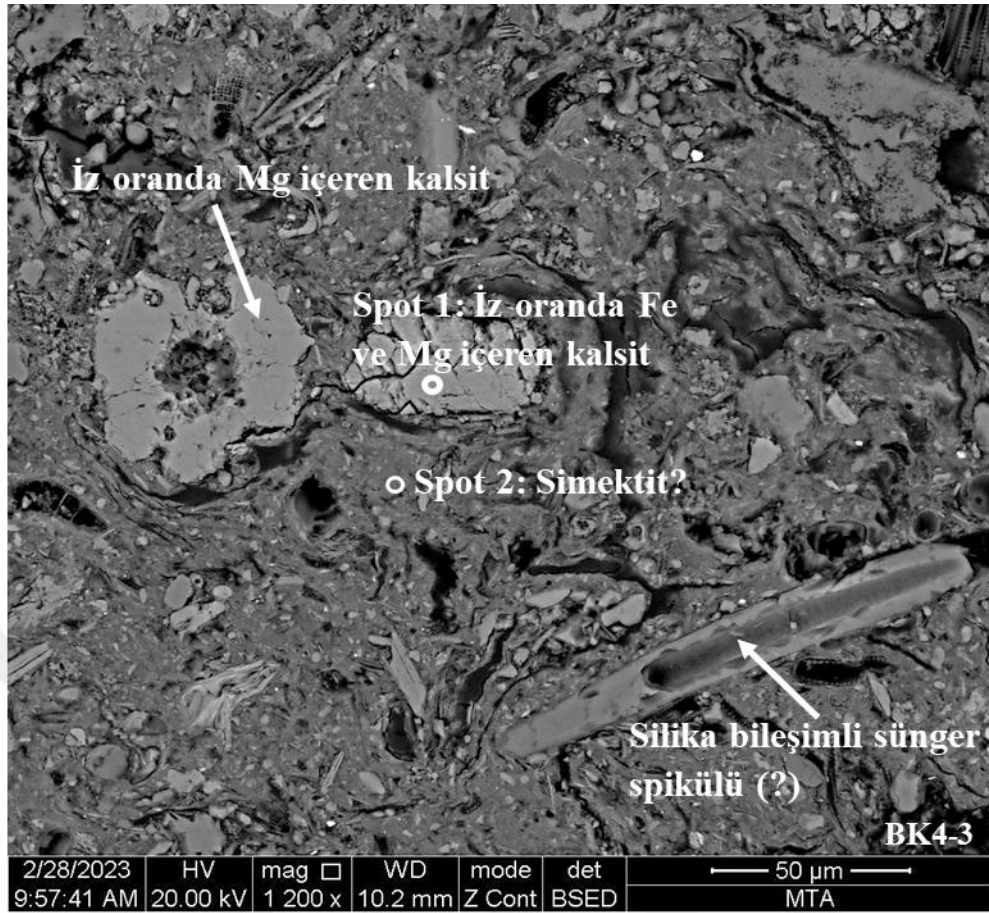
Şekil 5.10. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, K-feldispat, F-apatit, framboidal pirit ve belirgin olarak C ve O dışında Ca ve S dışında iz oranda Al, Si, Na, ve Mg içeren organik madde ve SEM-EDS bileşimleri.



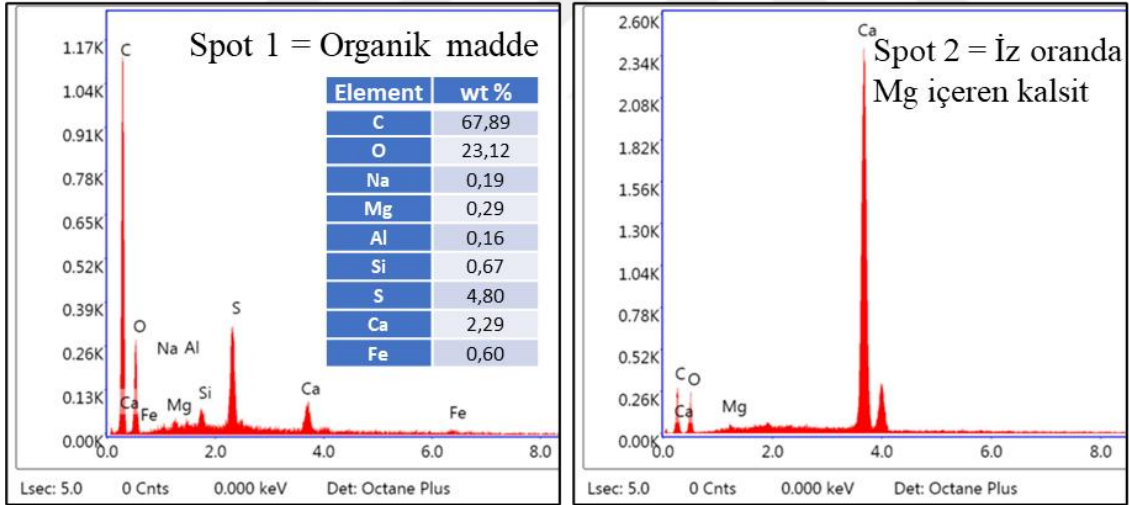
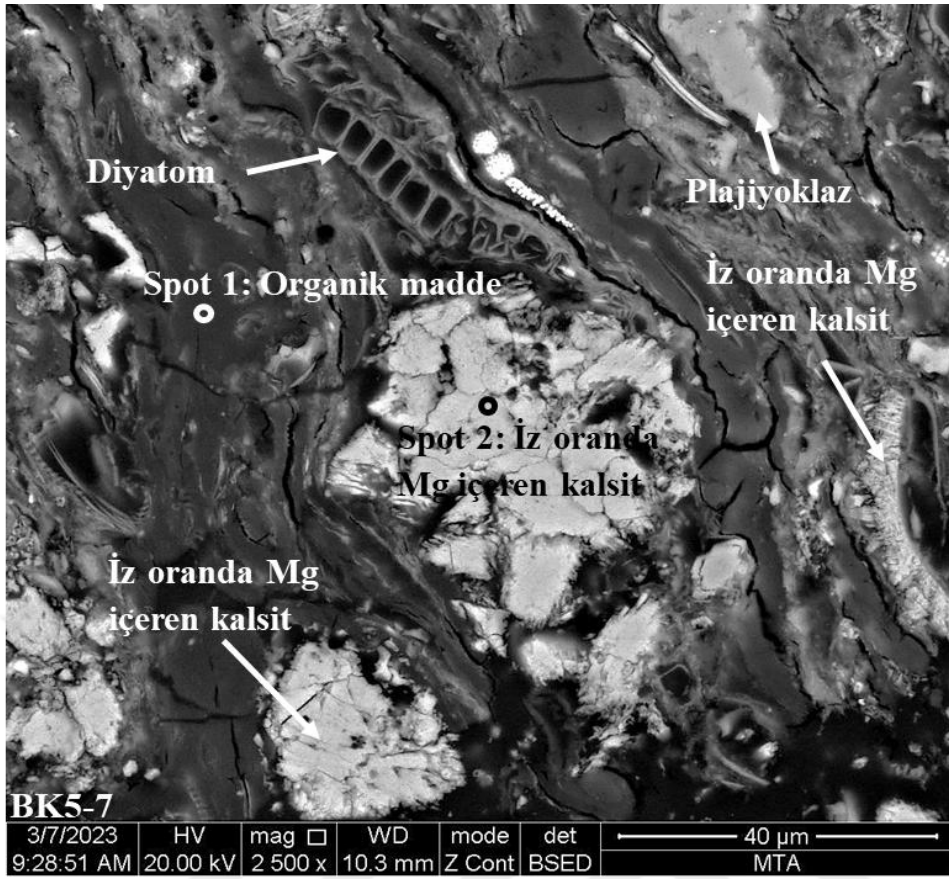
Şekil 5.11.Tez kapsamında BK4-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan CaCO₃, silika, framboidal pirit, Na-feldispat, sünger spikülü ve organik madde.



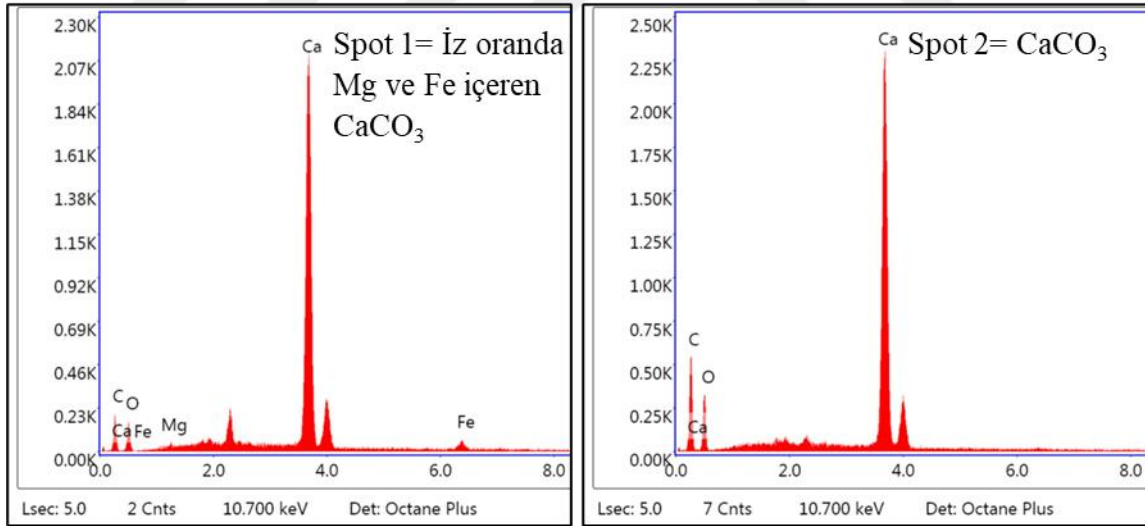
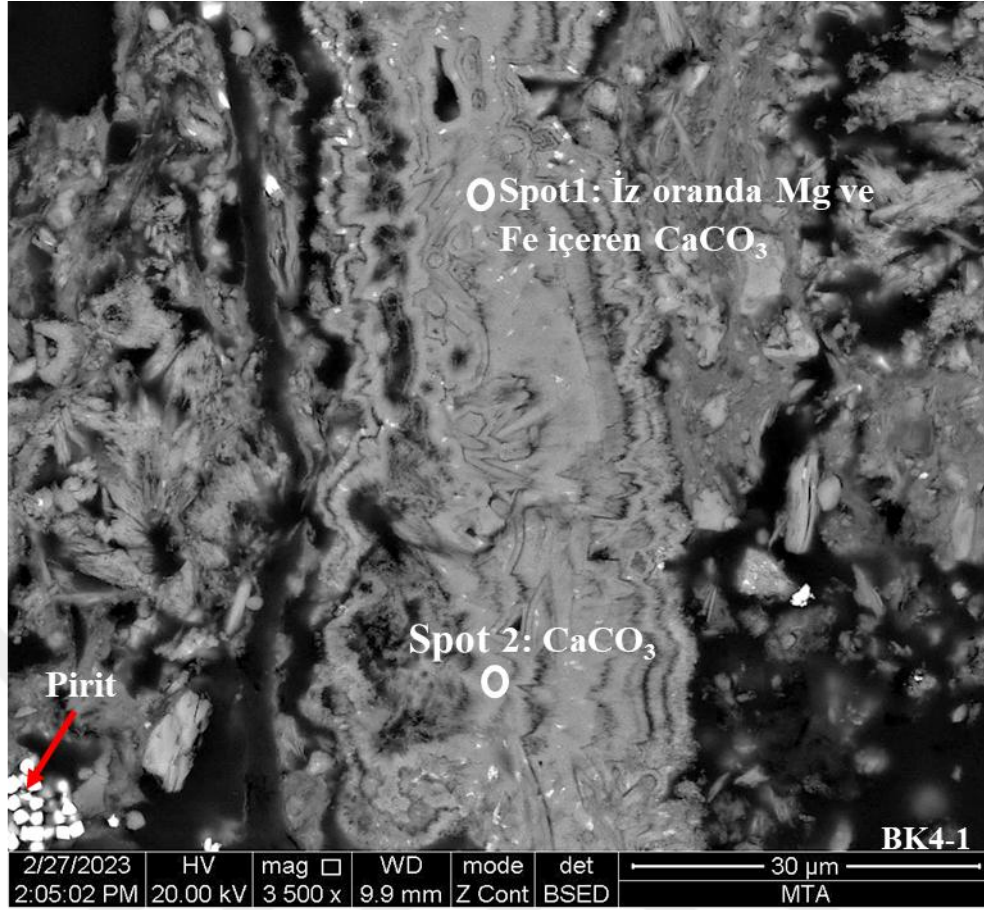
Şekil 5.12. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan klorit, pirit, kalsit, alkali feldispat, iz oranda FE ve Ca içeren alkali feldispat ve Ti-içeren biyotit minerali.



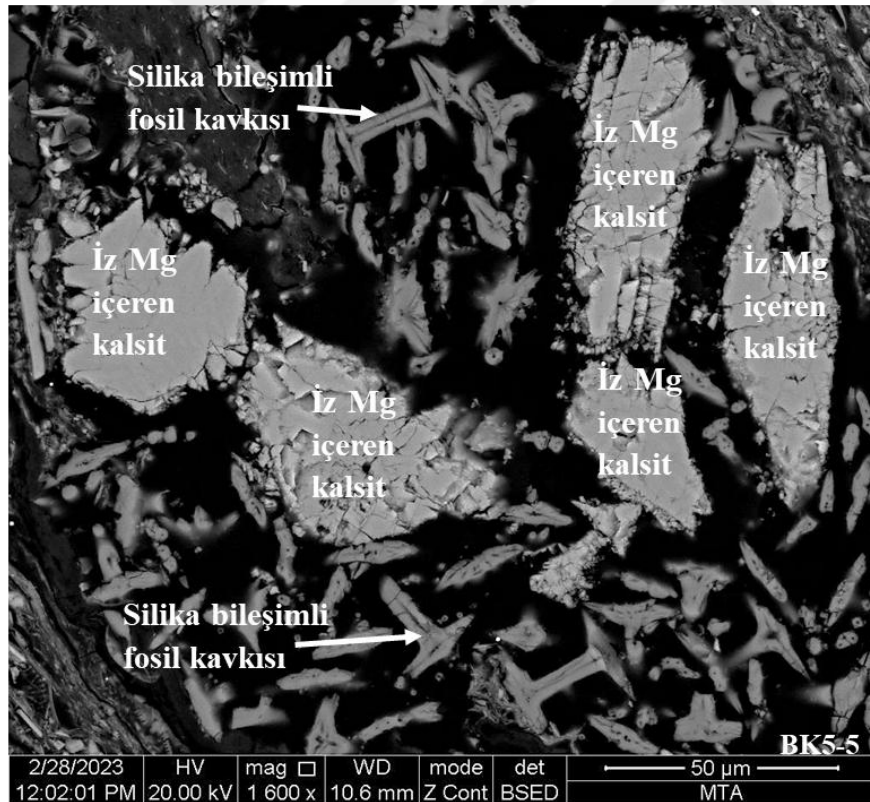
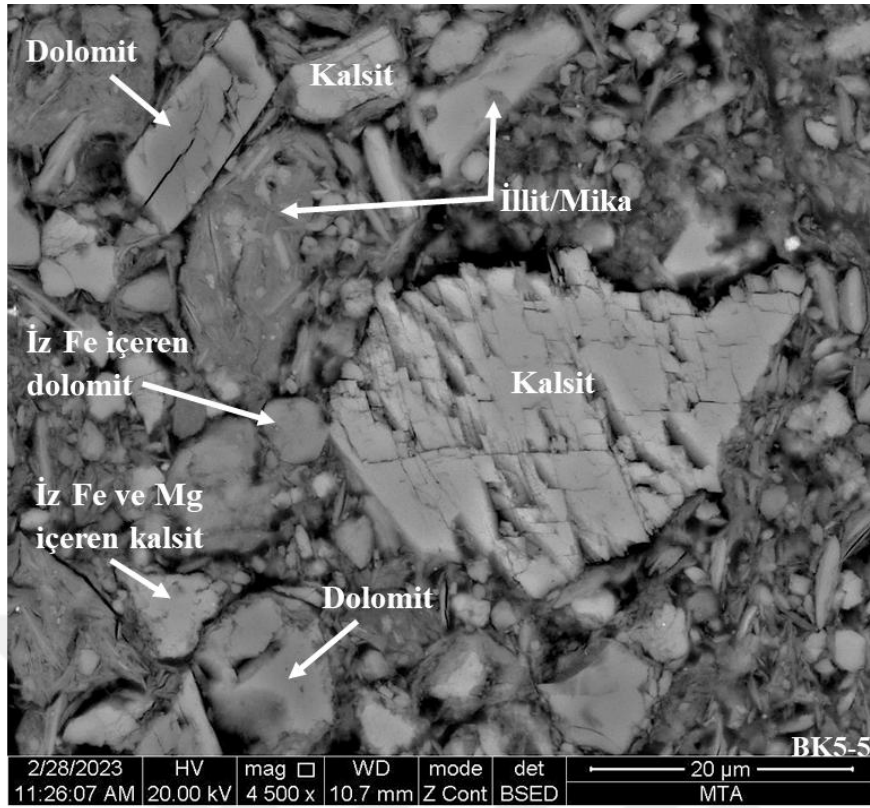
Şekil 5.13. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan sünger spikülü (?), iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Fe ve Mg içeren kalsit ve simektit (?) minerali ve SEM-EDS bileşimleri.



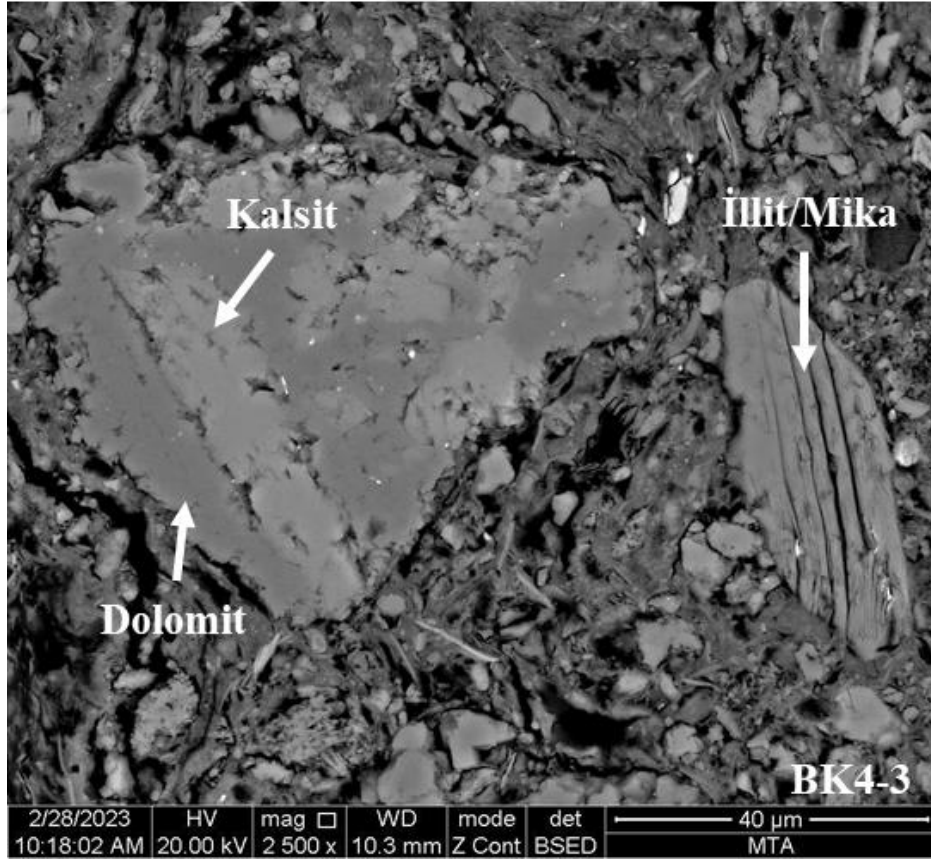
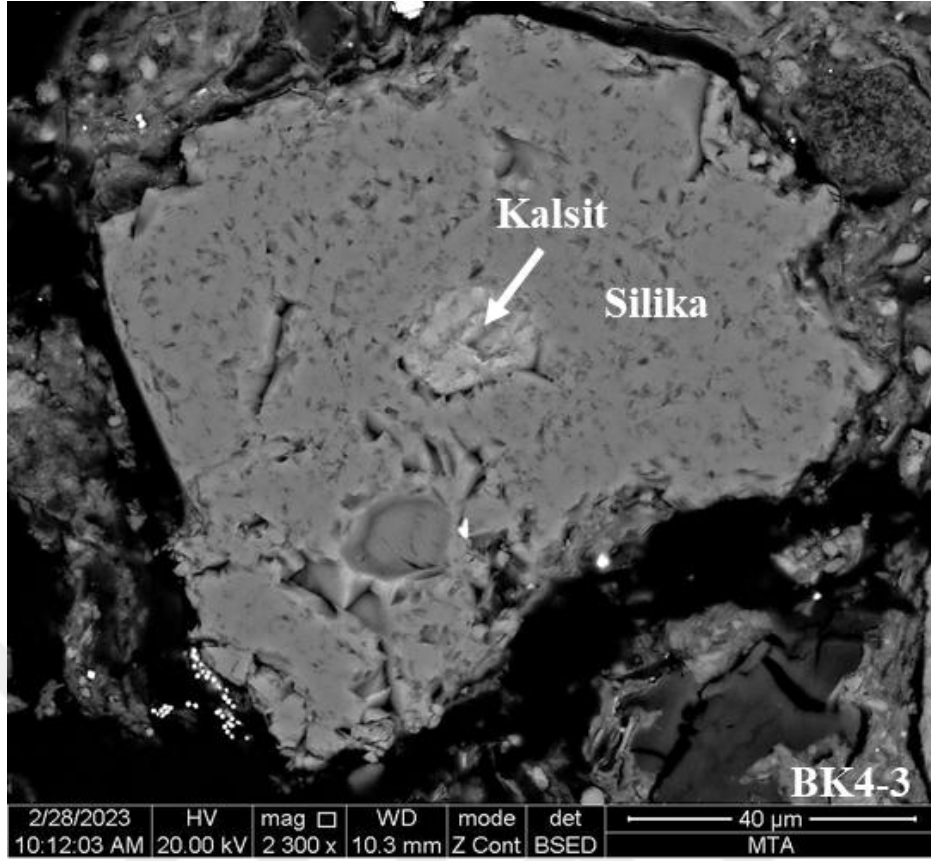
Şekil 5.14. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan diyatom, plajiyoklaz, iz oranda Mg içeren kalsit, organik madde ve SEM-EDS bileşimleri.



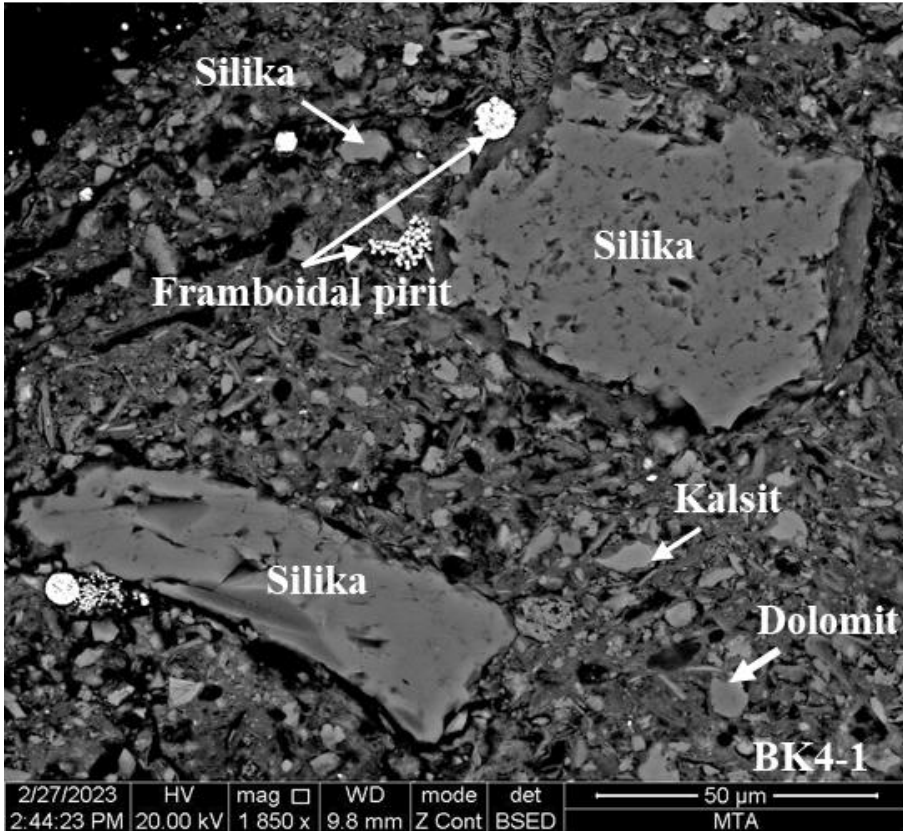
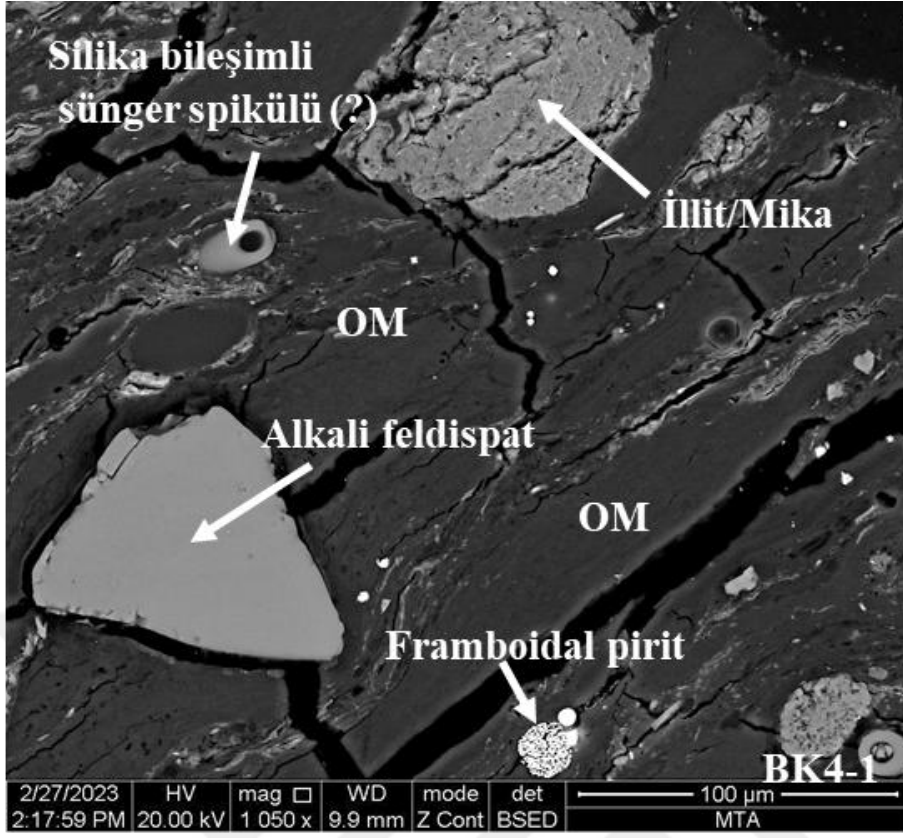
Şekil 5.15. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan pirit, CaCO_3 ve iz oranda Mg ve Fe içeren CaCO_3 ve SEM-EDS bileşimleri.



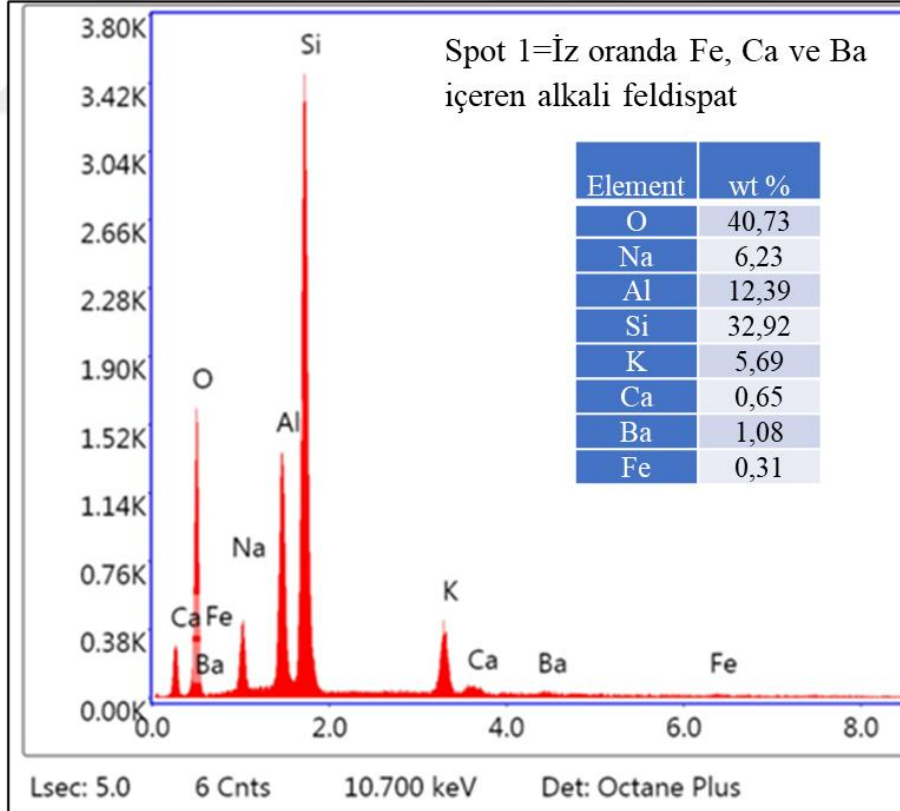
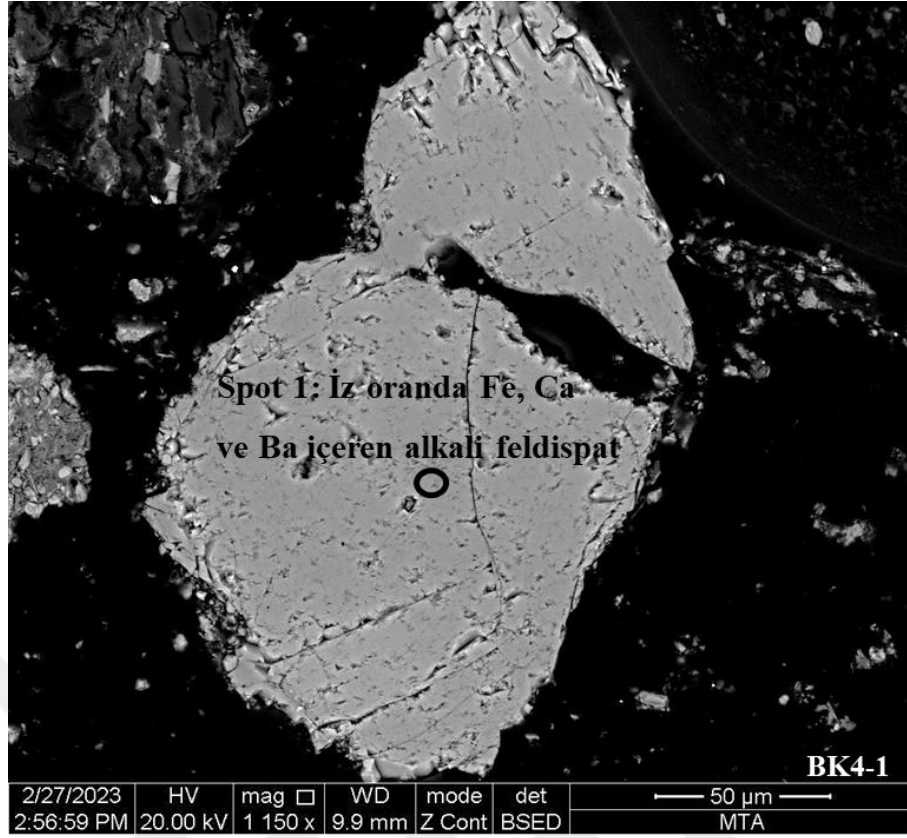
Şekil 5.16. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Fe ve Mg içeren kalsit, dolomit iz oranda Fe içeren dolomit, illit/mika ve silika bileşimli fosil kavkıları.



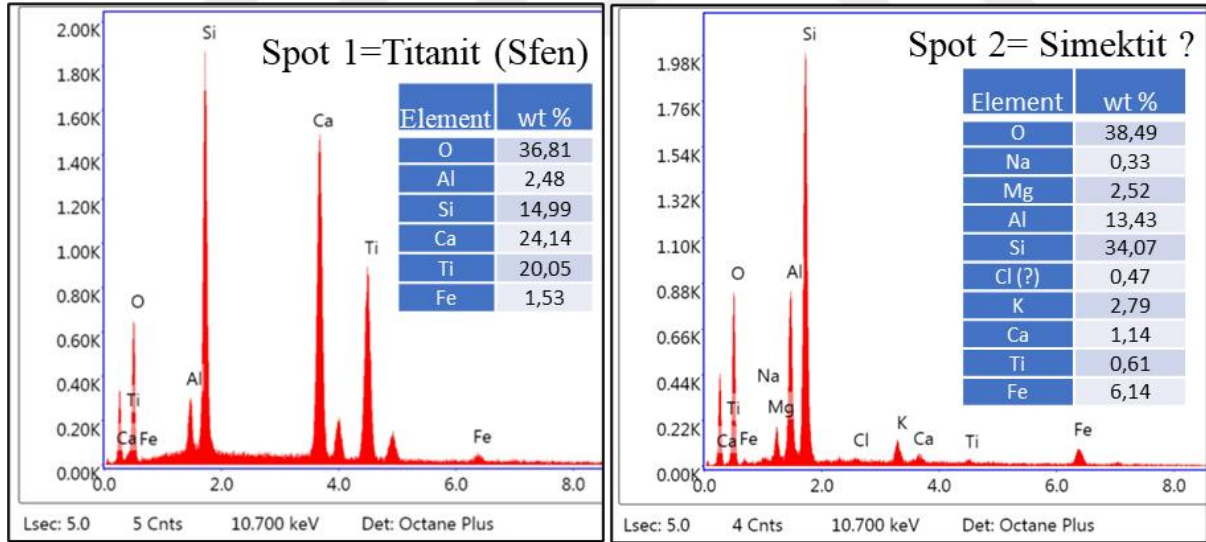
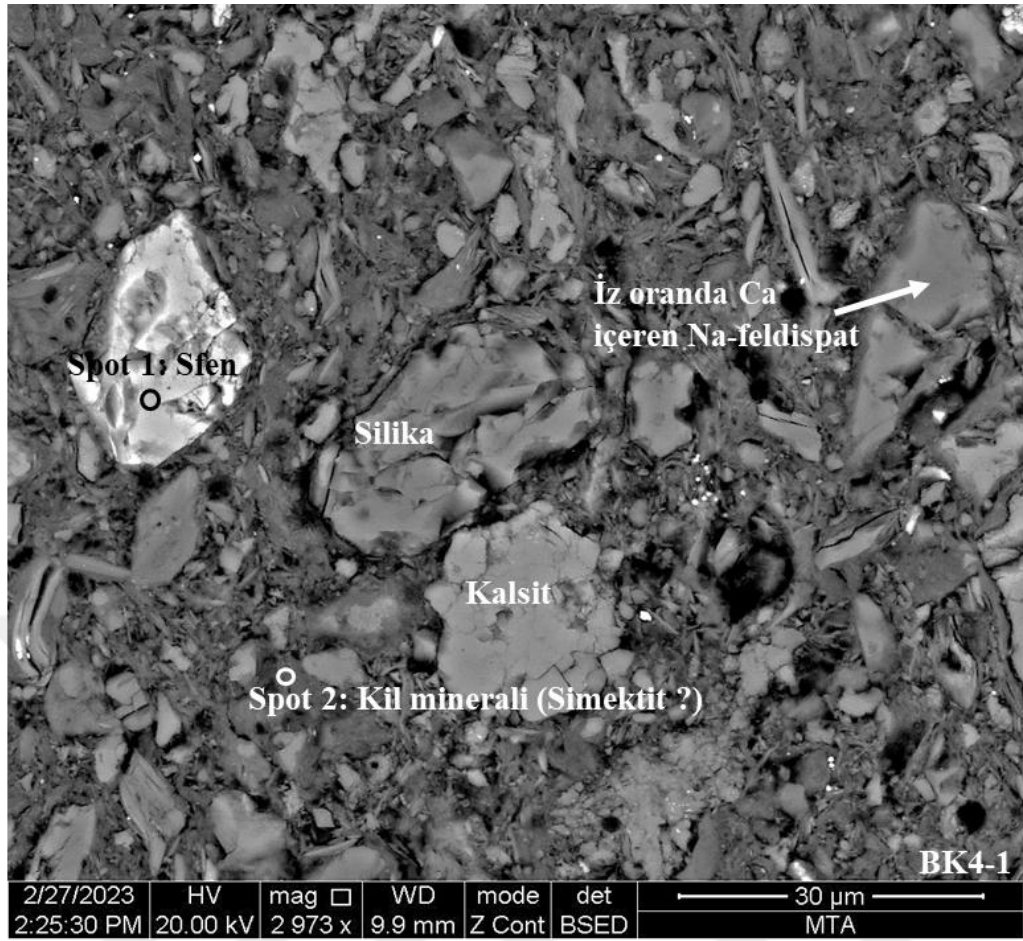
Şekil 5.17. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, dolomit, silika ve illit/mika mineralleri.



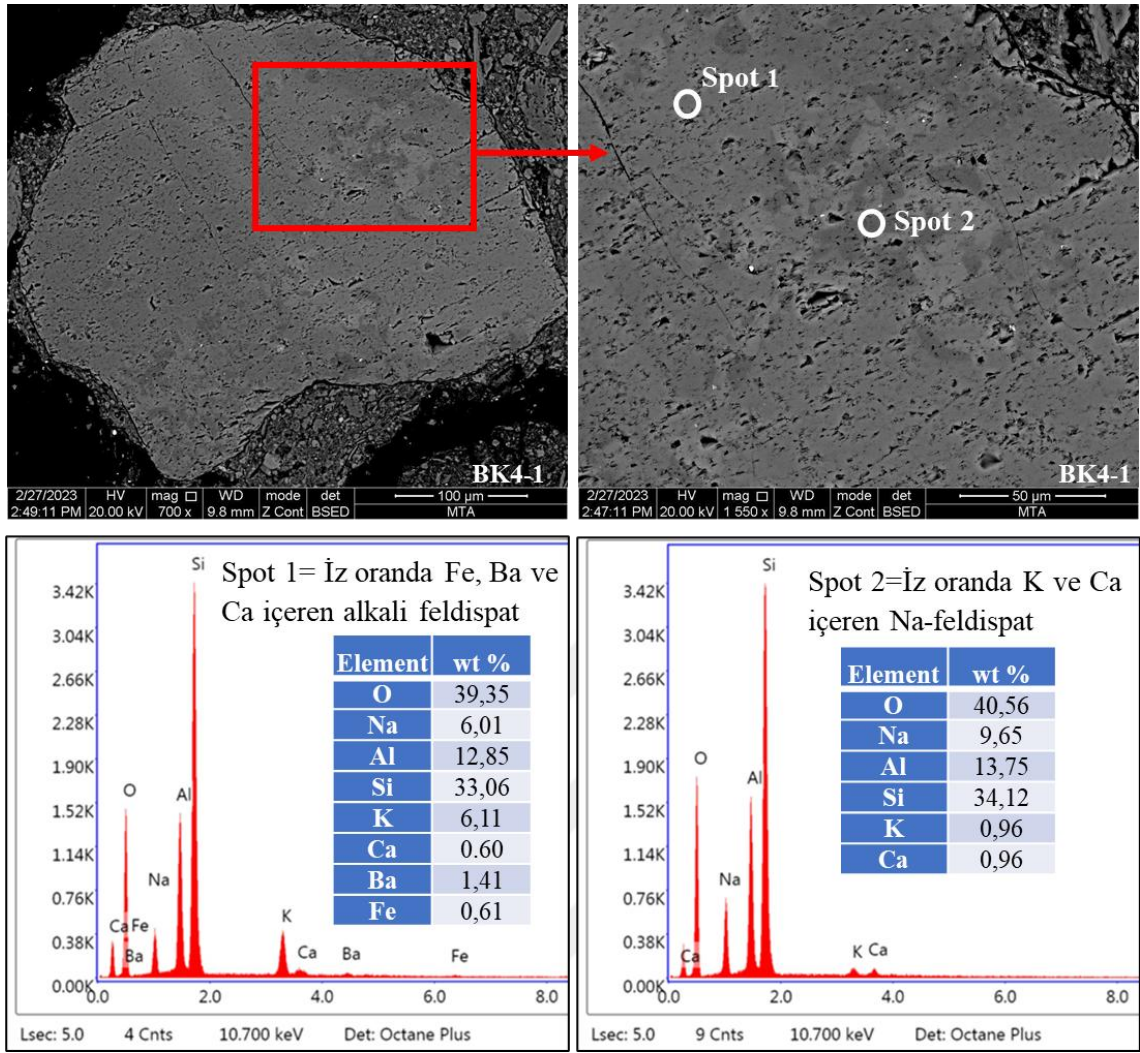
Şekil 5.18. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan organik madde, sünger spikülü (?), alkali feldispat, framboidal pirit, kalsit, dolomit, silika mineralleri.



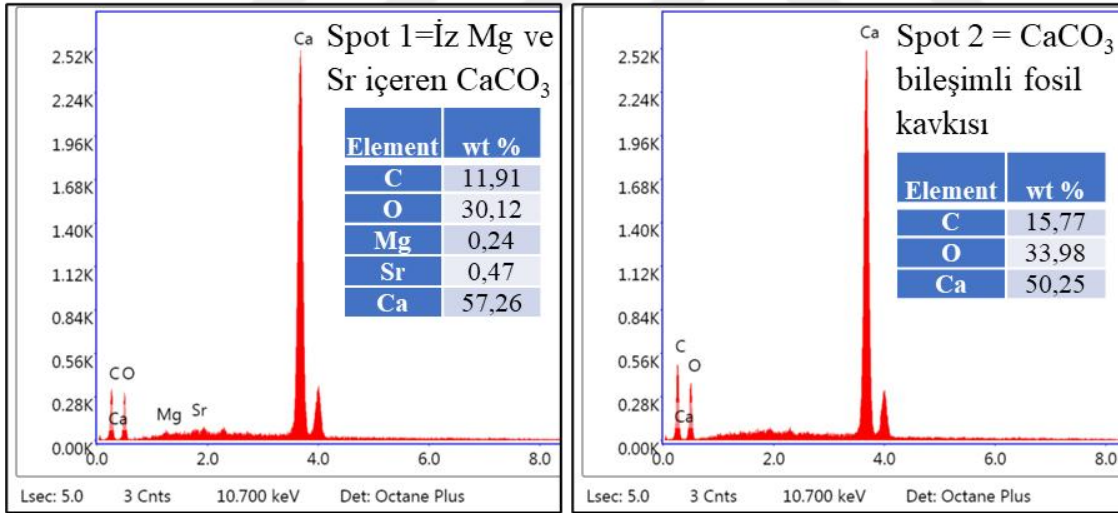
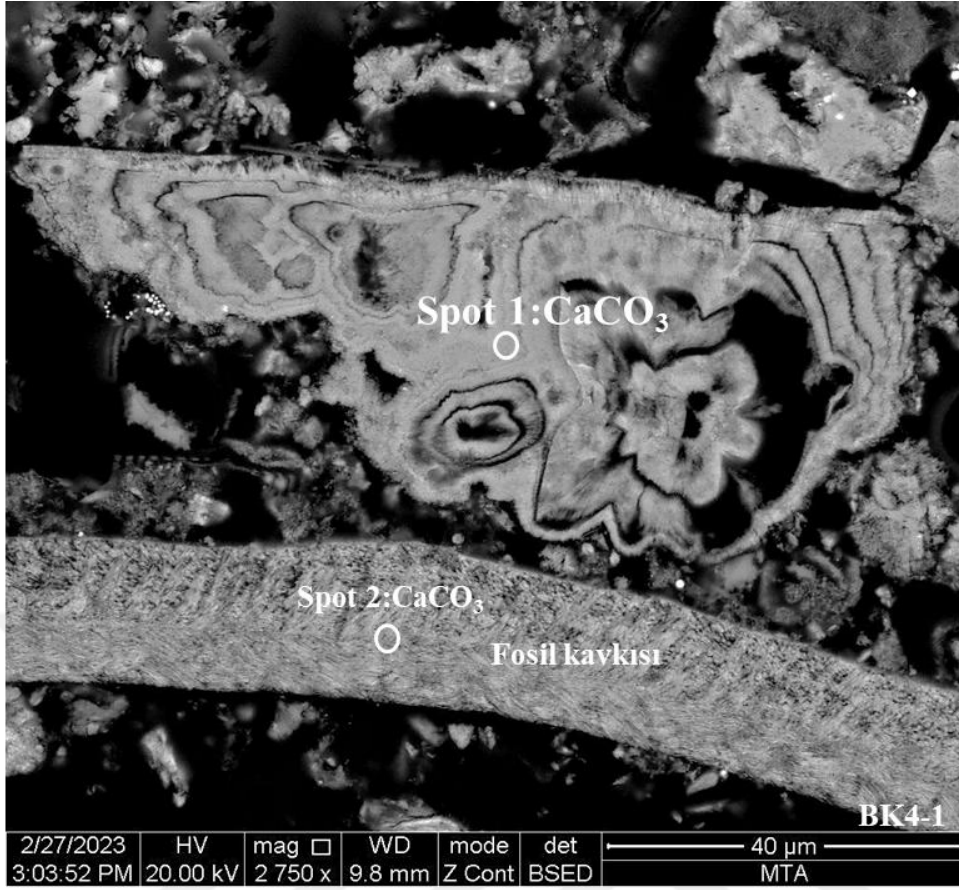
Şekil 5.19. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Fe, Ca, Ba içeren alkali feldispat minerali ve SEM-EDS bileşimi



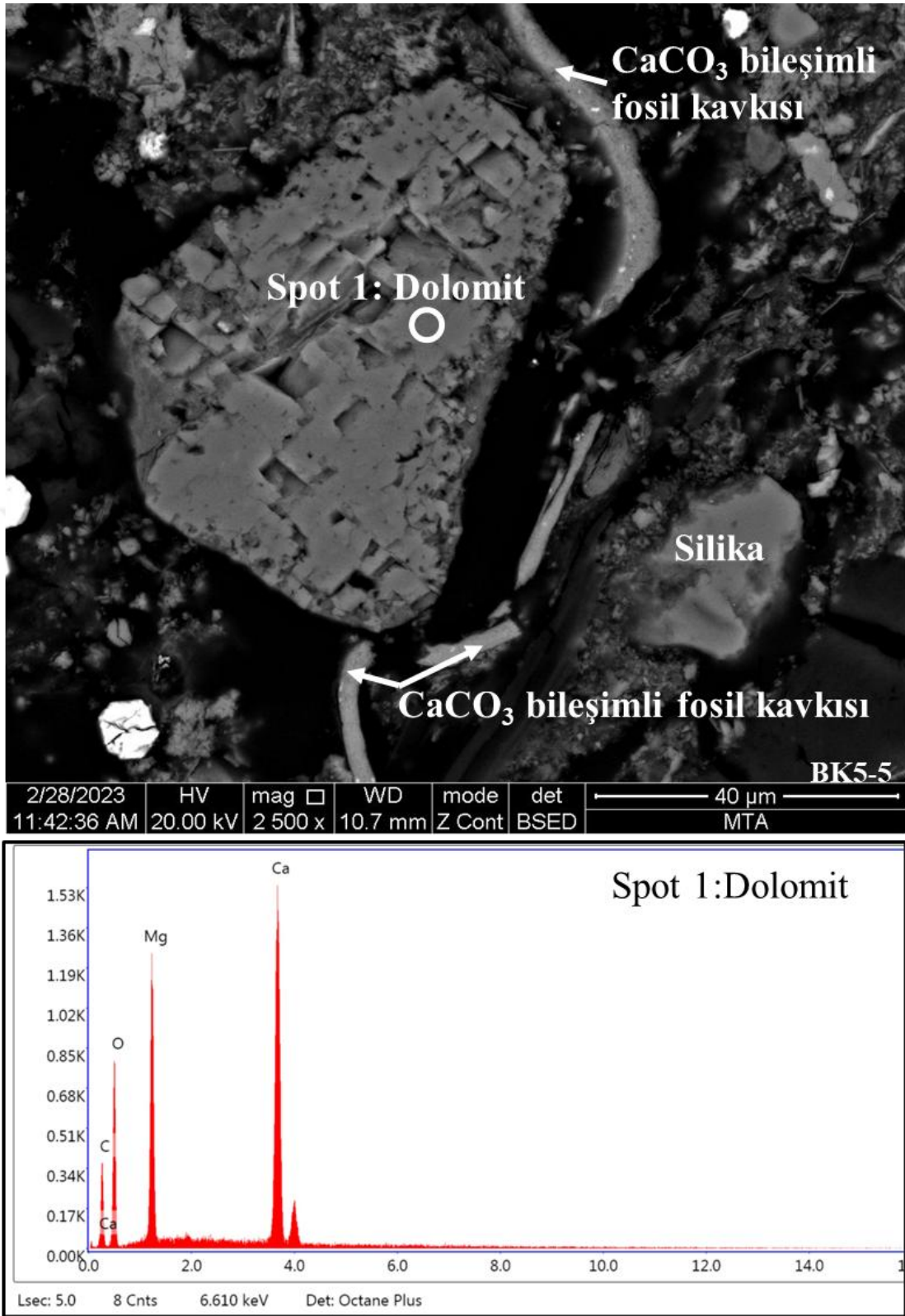
Şekil 5.20. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Ca içeren Na-feldispat, silika, kalsit, simektit(?) ve sefen mineralleri ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



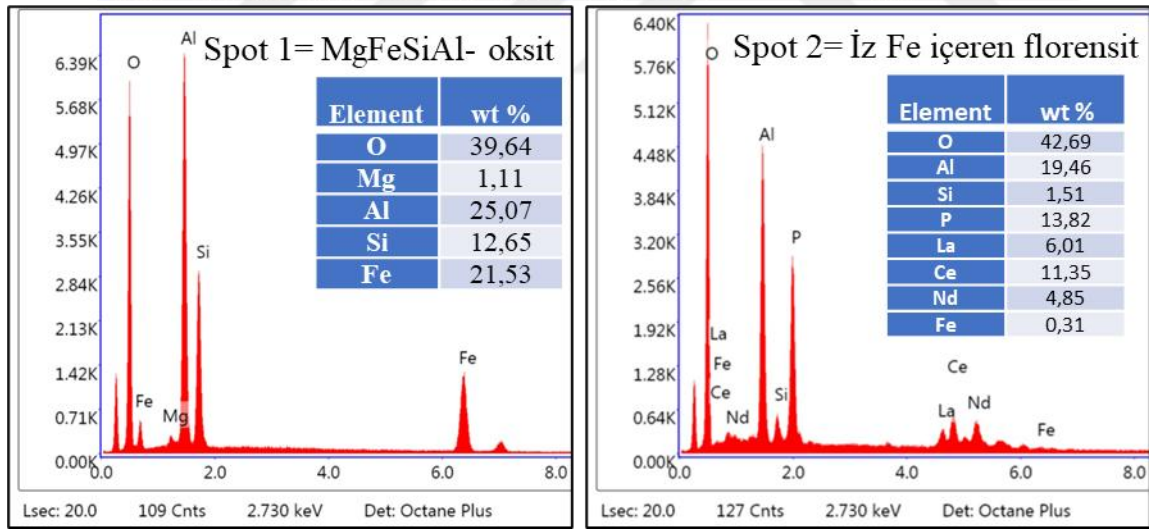
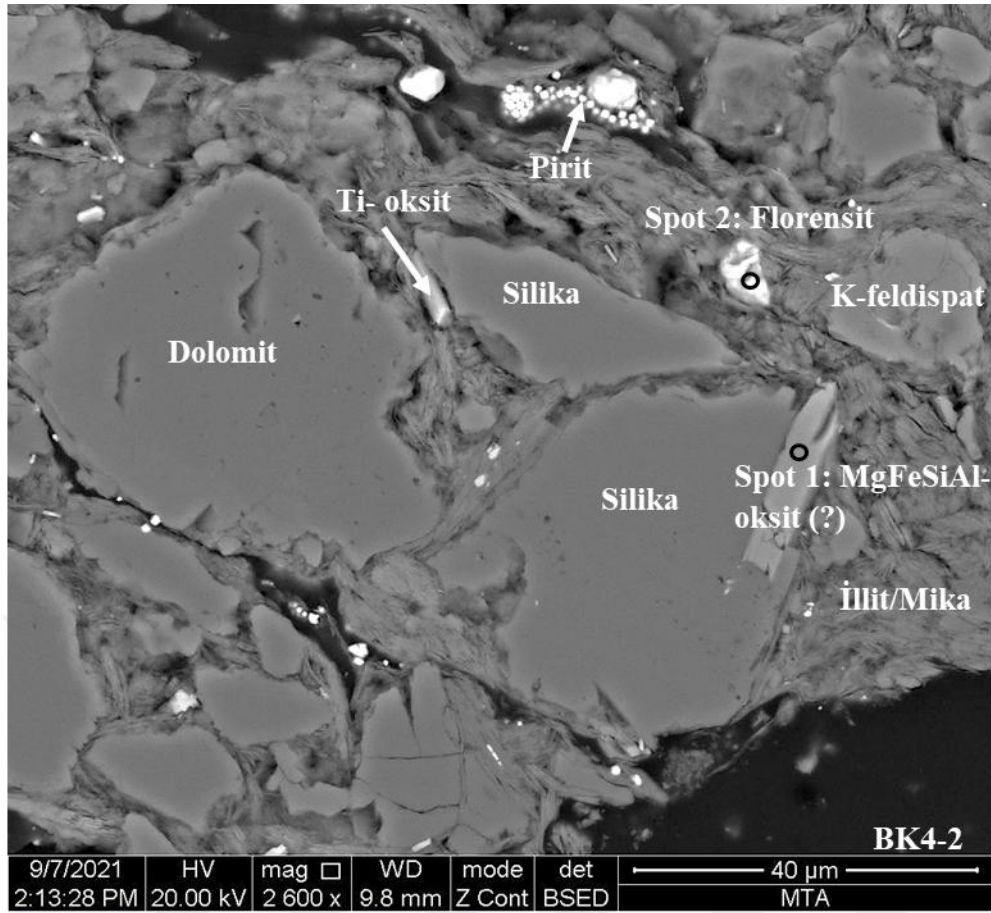
Şekil 5.21. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda FE, Ba, Ca içeren alkali feldispat ve iz oranda K ve Ca içeren Na-feldispat ile bunların SEM-EDS bileşimleri.



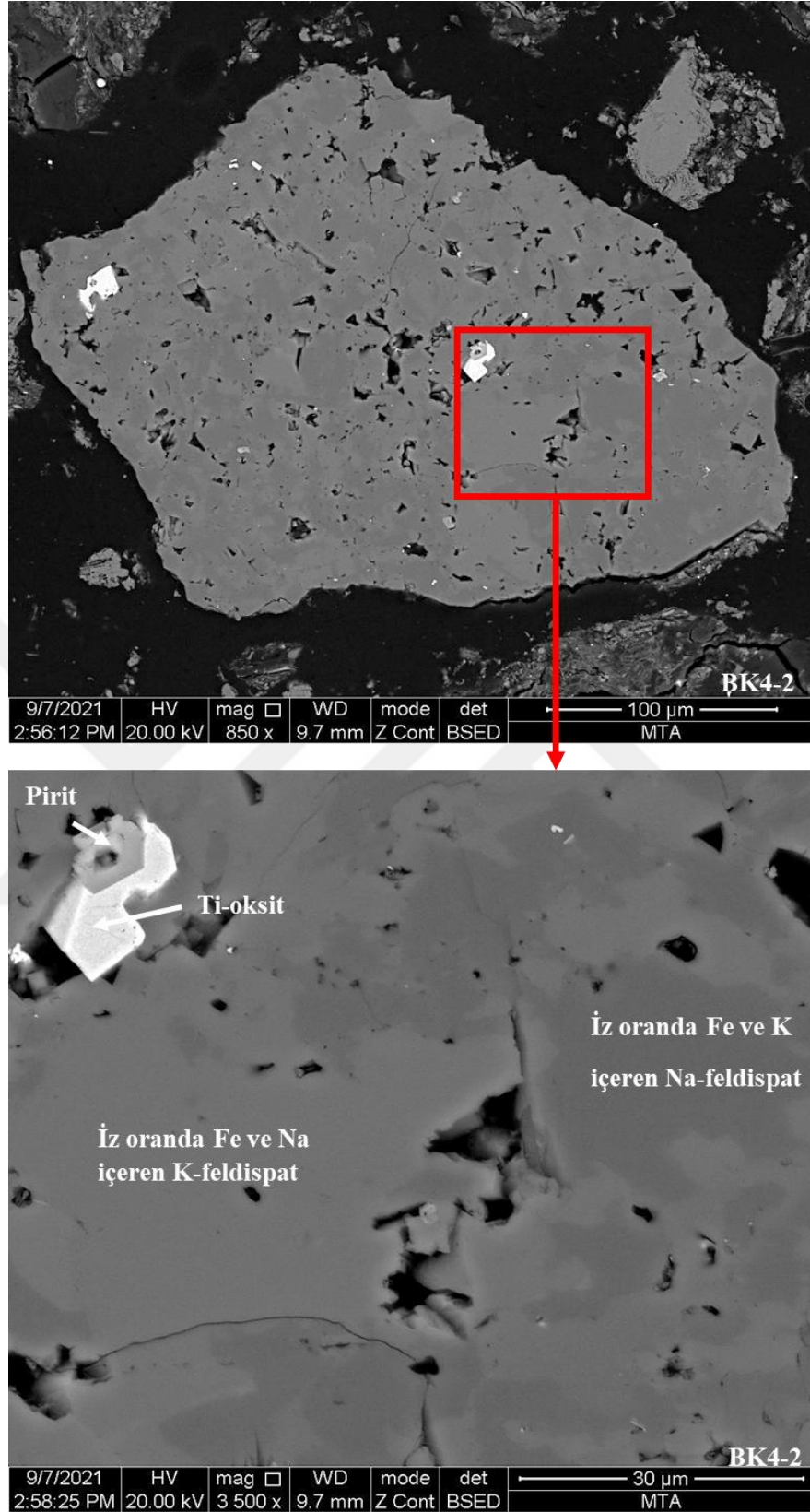
Şekil 5.22. Tez kapsamında BK4-1 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan CaCO_3 , iz oranda Mg ve Sr içeren CaCO_3 ve fosil kavkısı ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



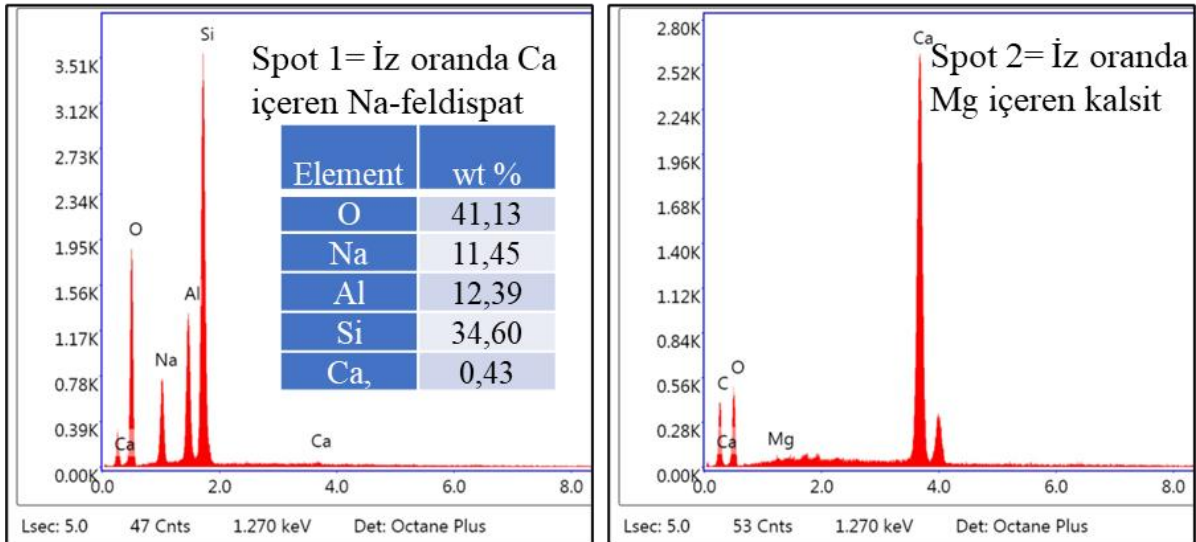
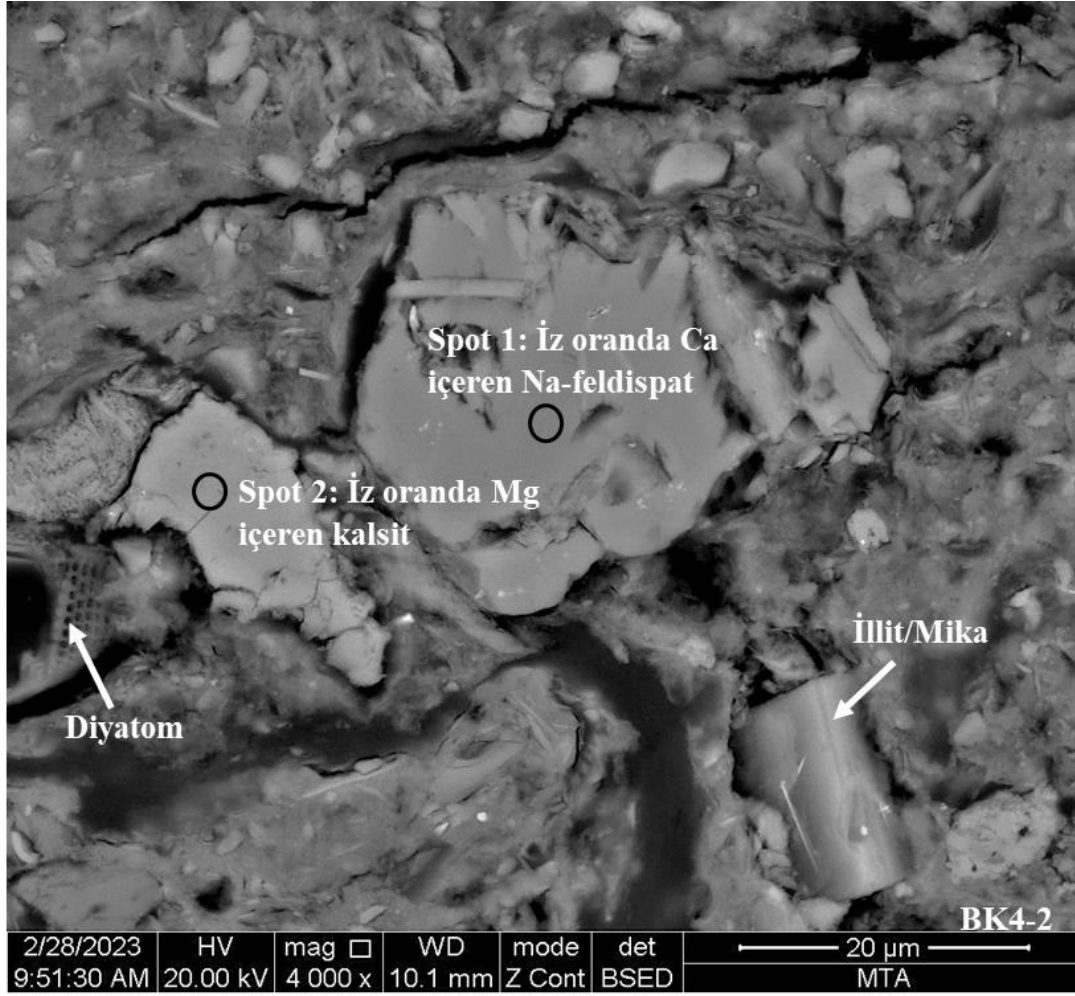
Şekil 5.23. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kavrısı, silika ve dolomit minerali ve SEM-EDS bileşimi.



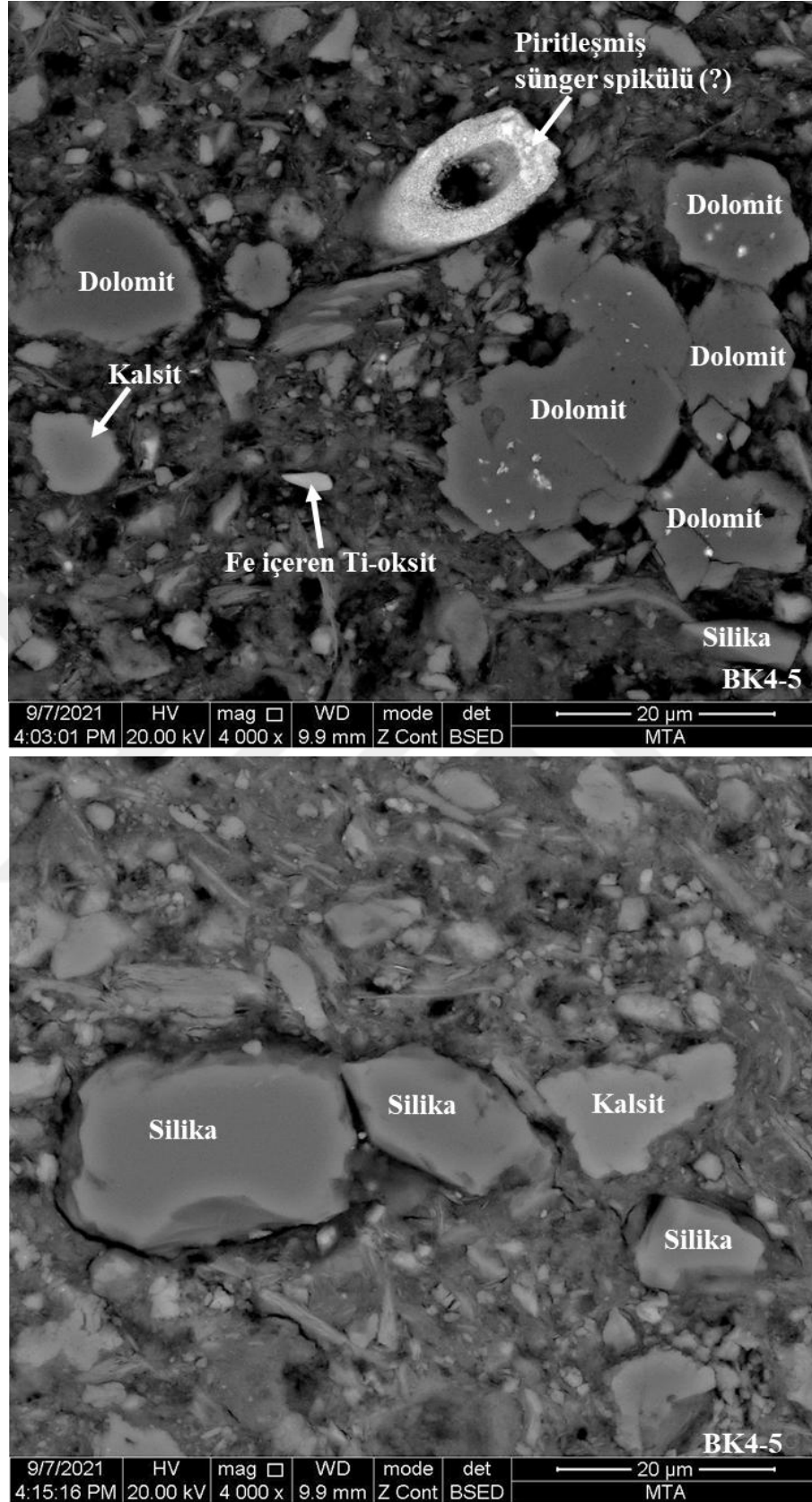
Şekil 5.24. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan mineraller ve SEM-EDS bileşimleri.



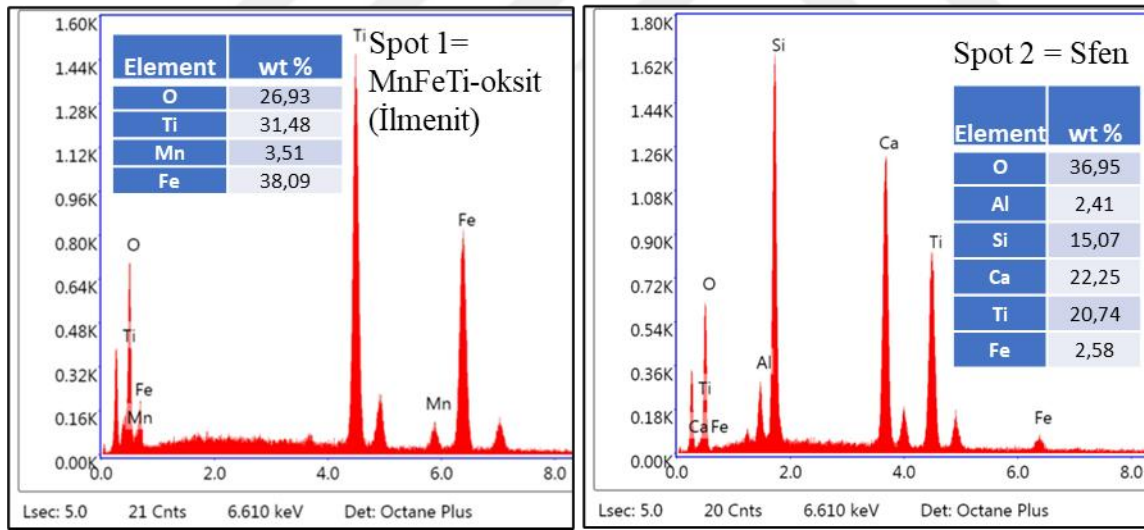
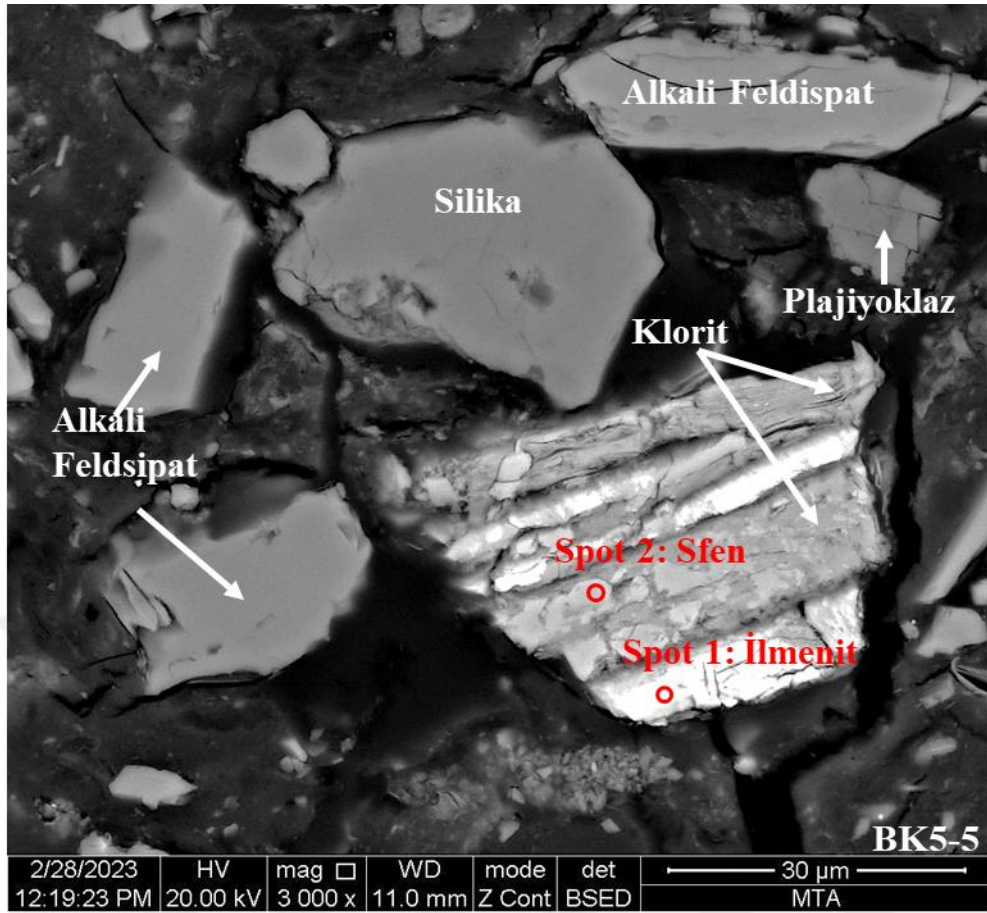
Şekil 5.25. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan pirit, Ti-oksit ve iz oranda Fe, Na içeren K-feldispat minerelleri.



Şekil 5.26. Tez kapsamında BK4-2 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Ca içeren Na-feldispat, illit/miika mineralleri ve diyatom kavkısı.



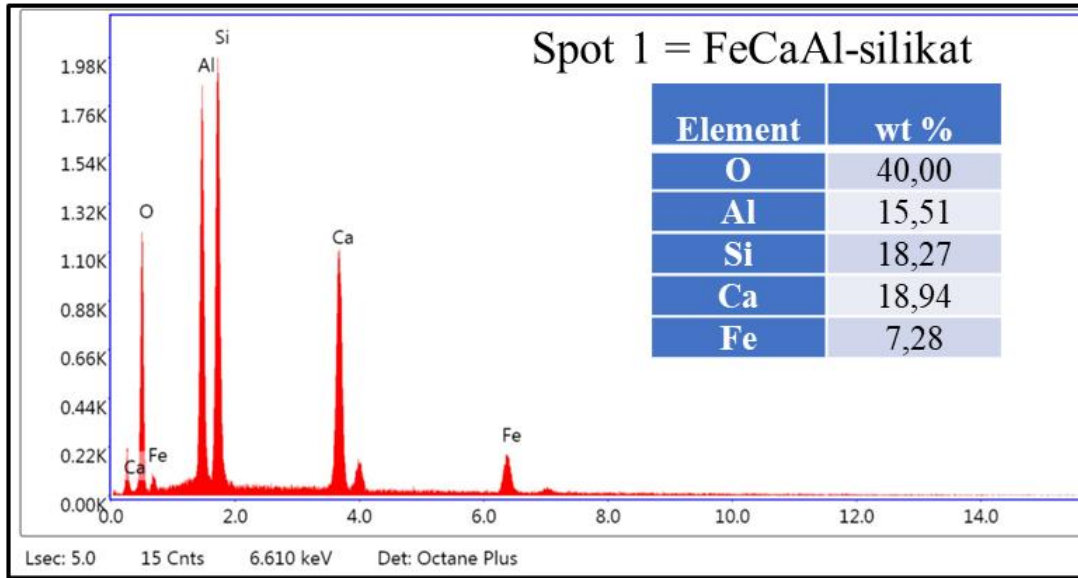
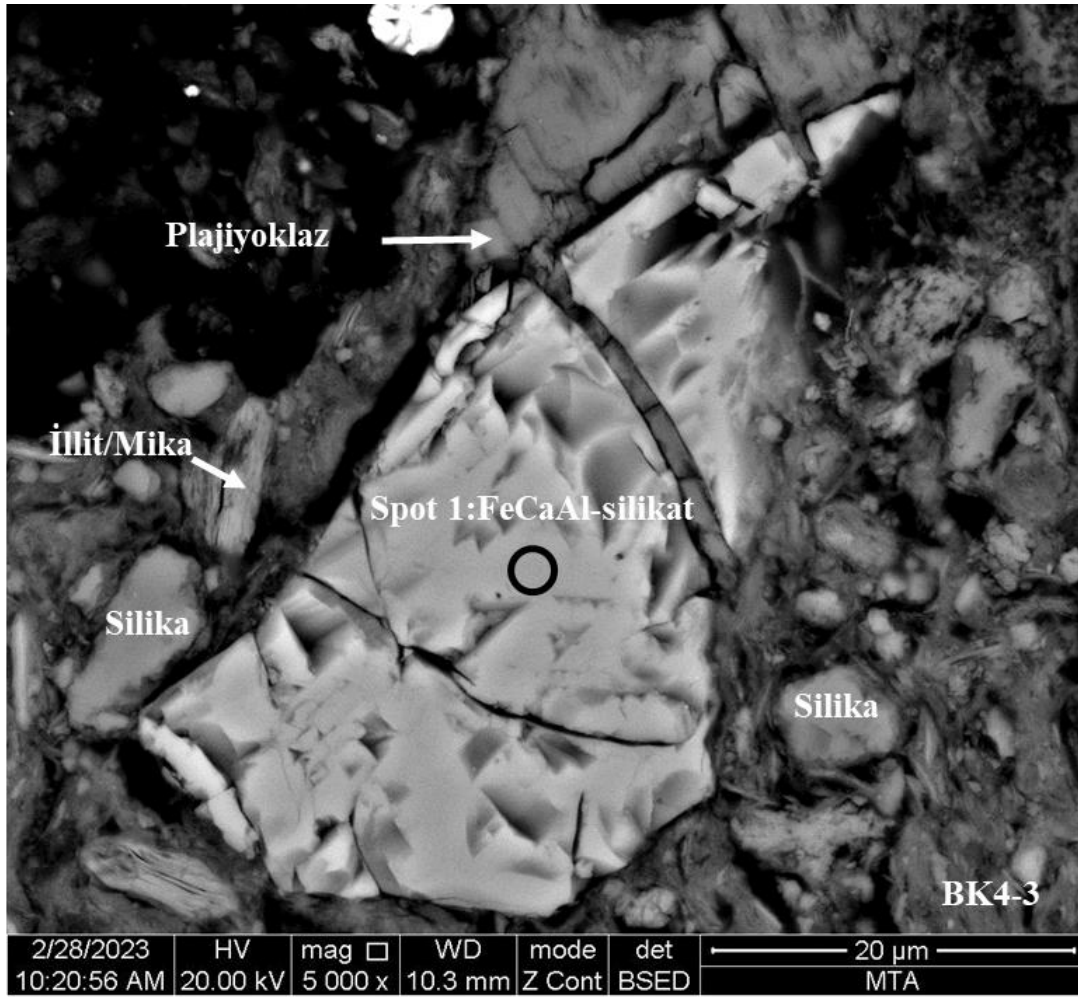
Şekil 5.27. Tez kapsamında BK4-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, kalsit, silika, Fe-içeren Ti-oksit ve Piritleşmiş sünger spikülü (?) oluşumları.



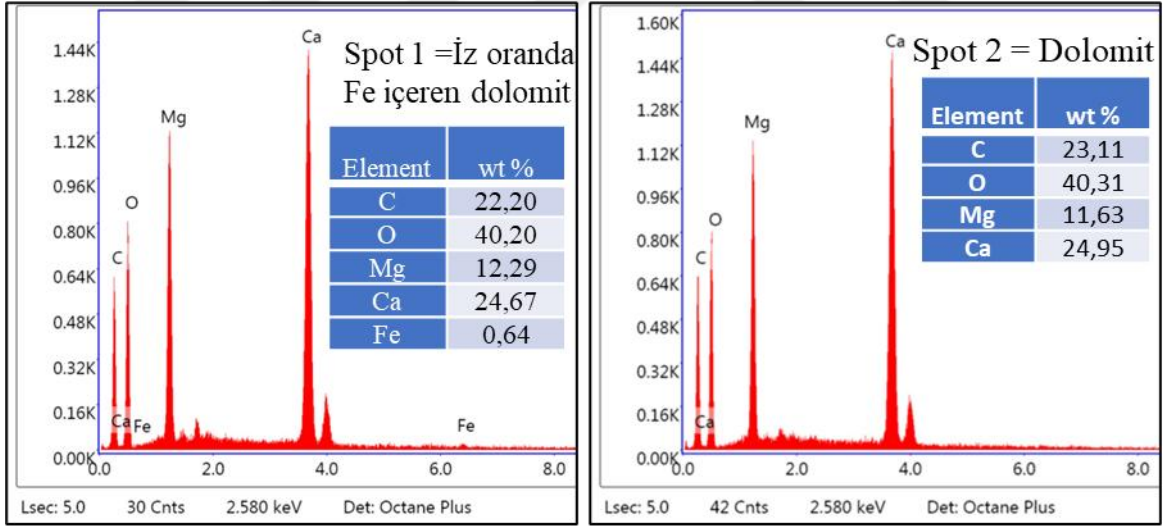
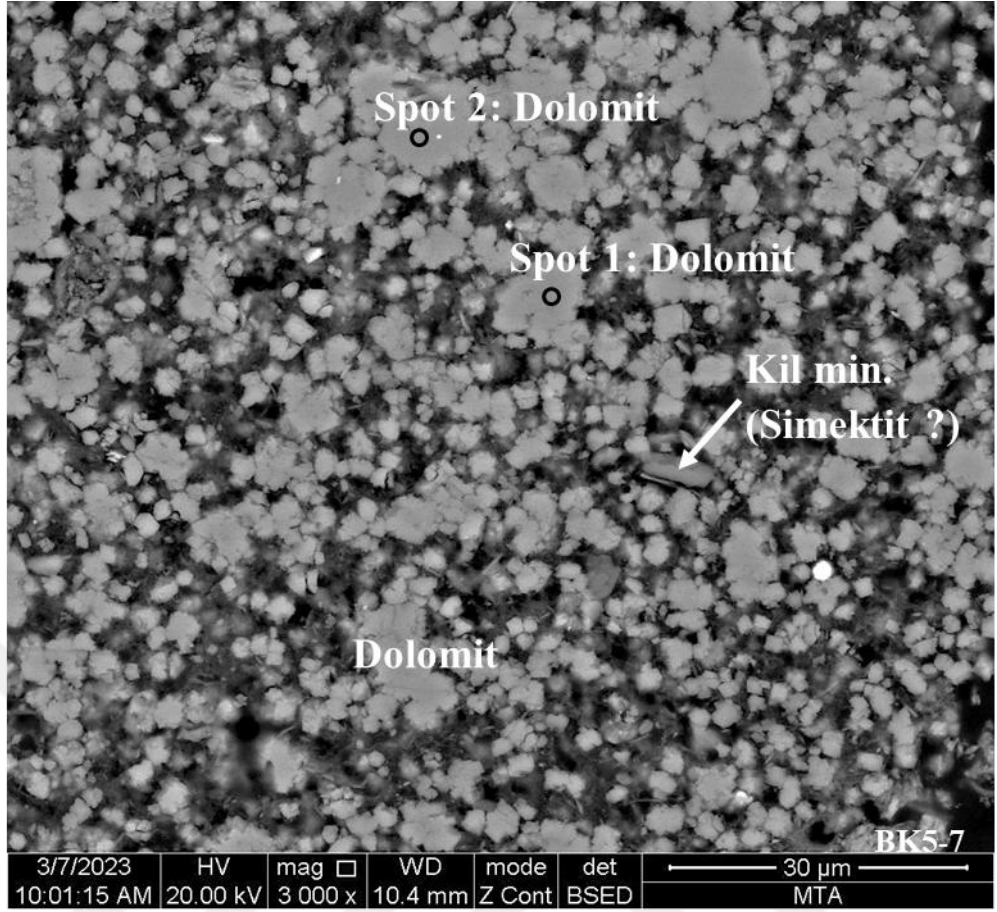
Şekil 5.28. Tez kapsamında BK5-5 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan plajiyoklaz, alkali feldspat, silika, klorit, ilmenit ve sfen mineralleri ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



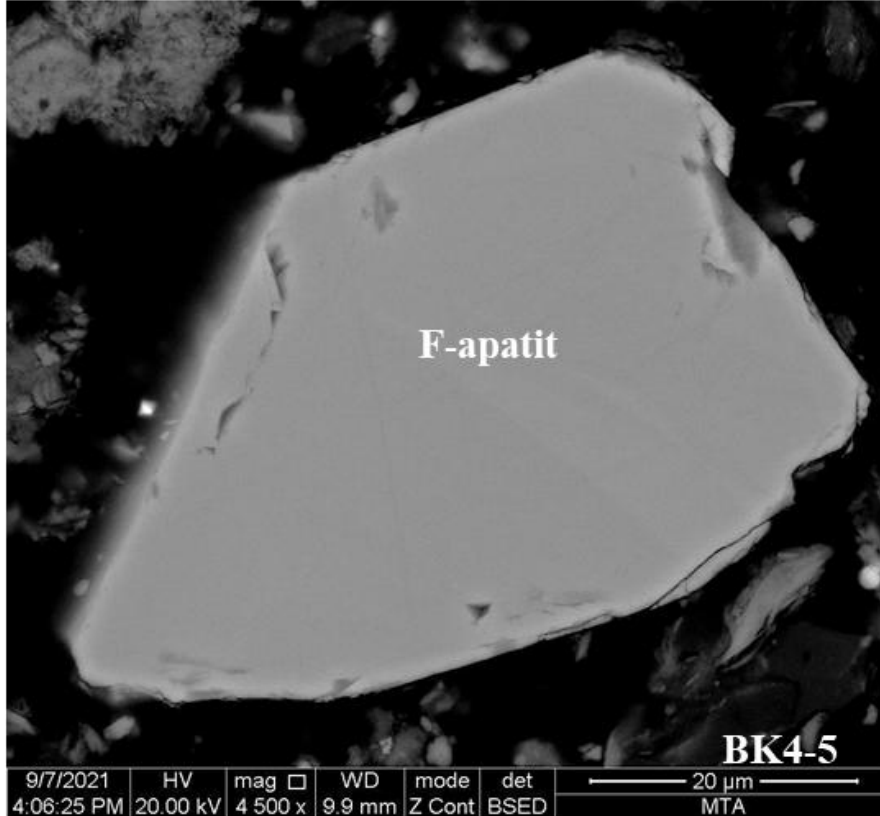
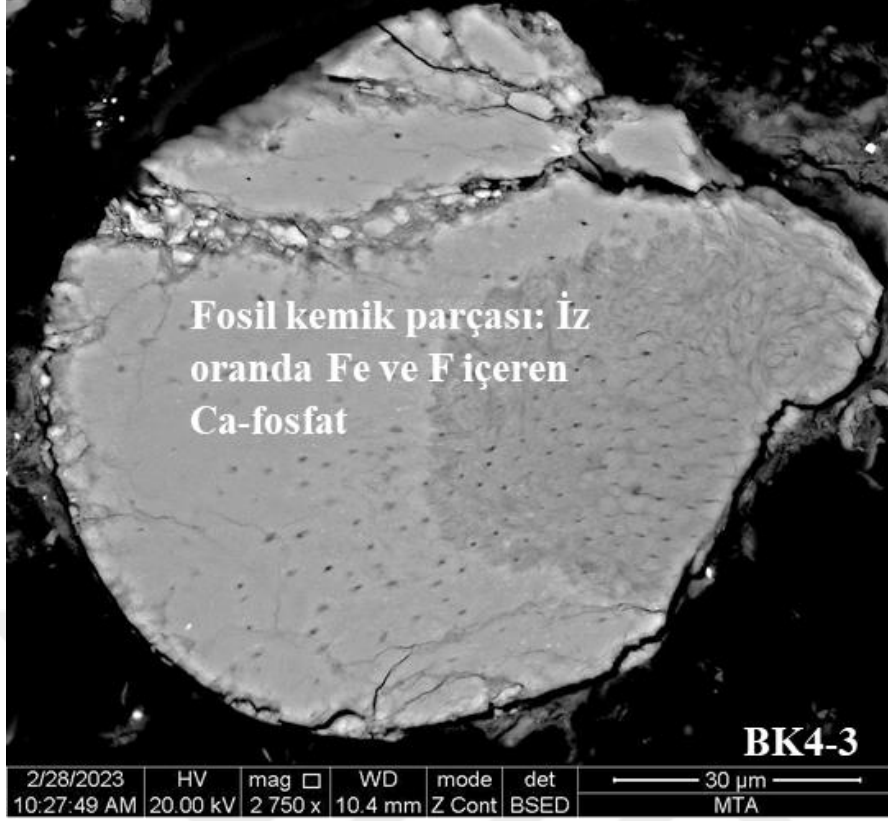
Şekil 5.29. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan illit/mika, kalsit, sfen ve iz oranda Mg ve Mn içeren Fe Ti-oksit (ilmenit?) minerali.



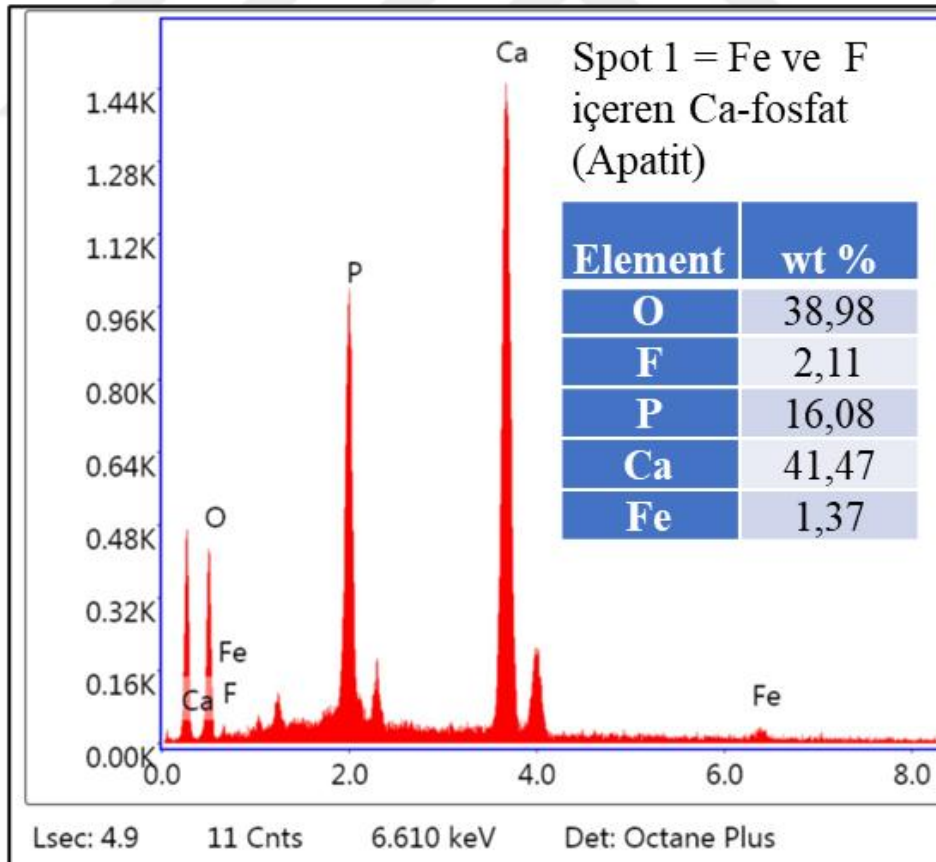
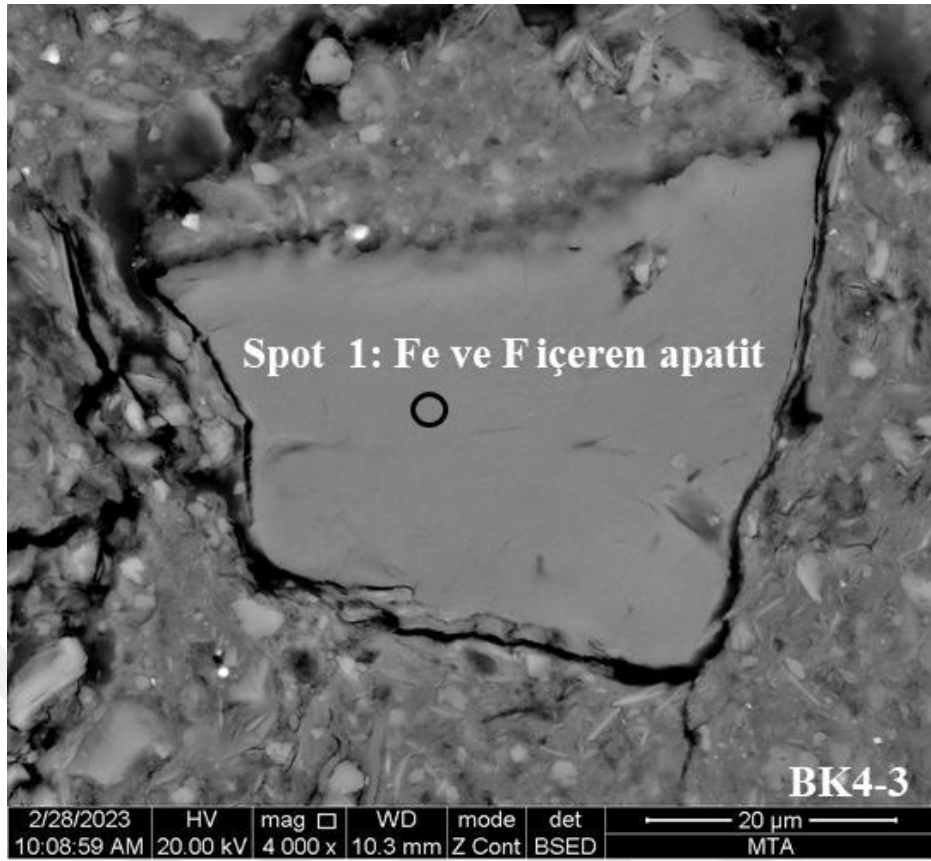
Şekil 5.30. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan silika, illit/mika, plajiyoklaz ve FeCaAL-silikat minerali ve SEM-EDS bileşimleri.



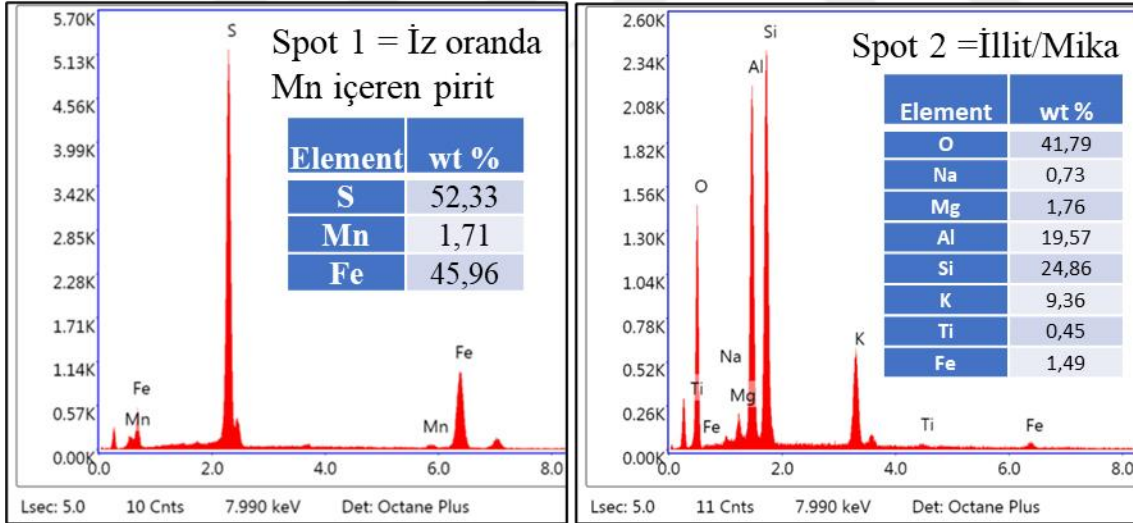
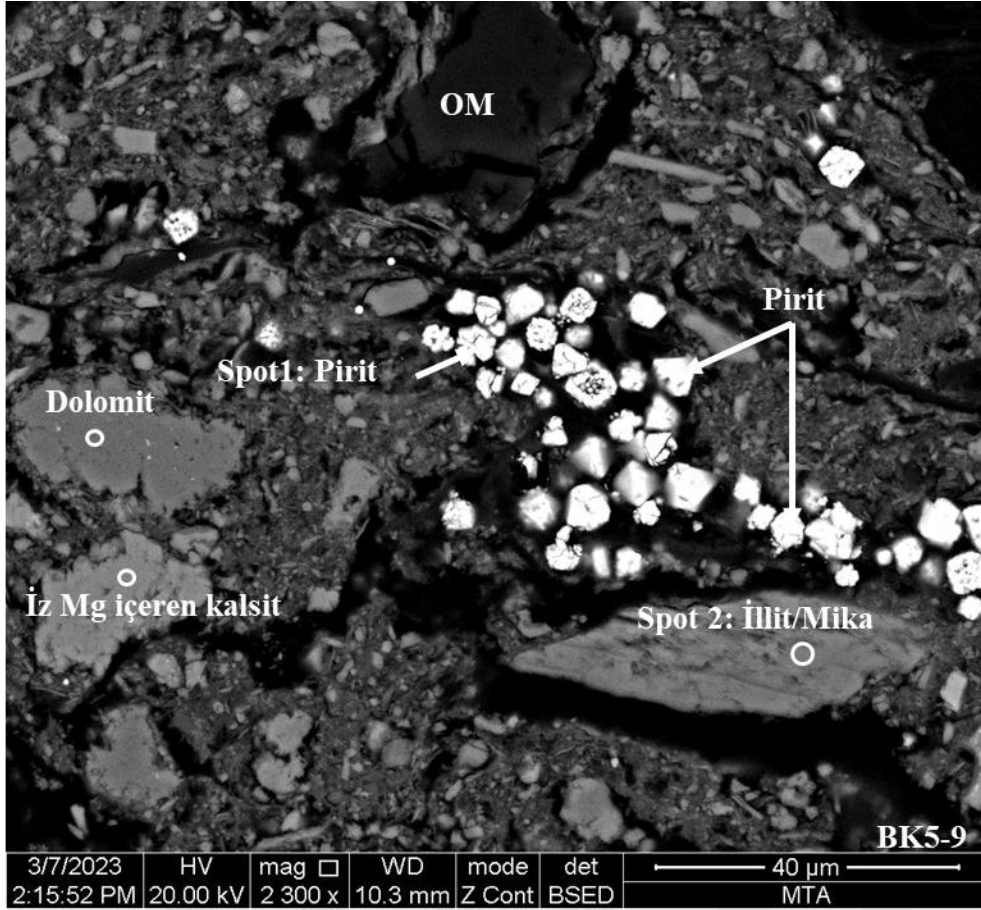
Şekil 5.31. Tez kapsamında BK5-7 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, kil minerali (simektit?), dolomit ve iz oranda Fe içeren dolomit ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



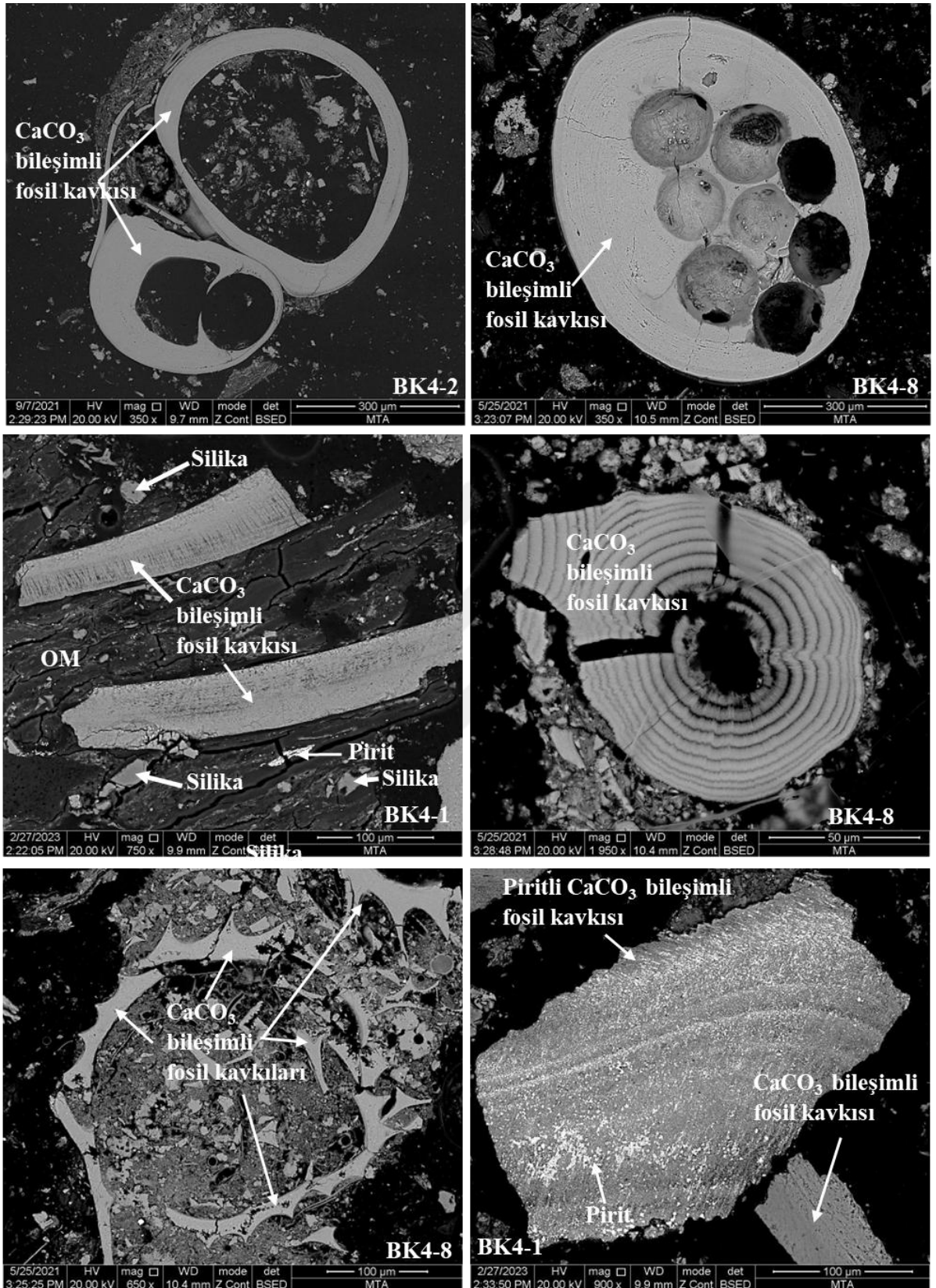
Şekil 5.32. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kemik parçası ve BK4-5 nolu örnekte tanımlanan F-apatit.



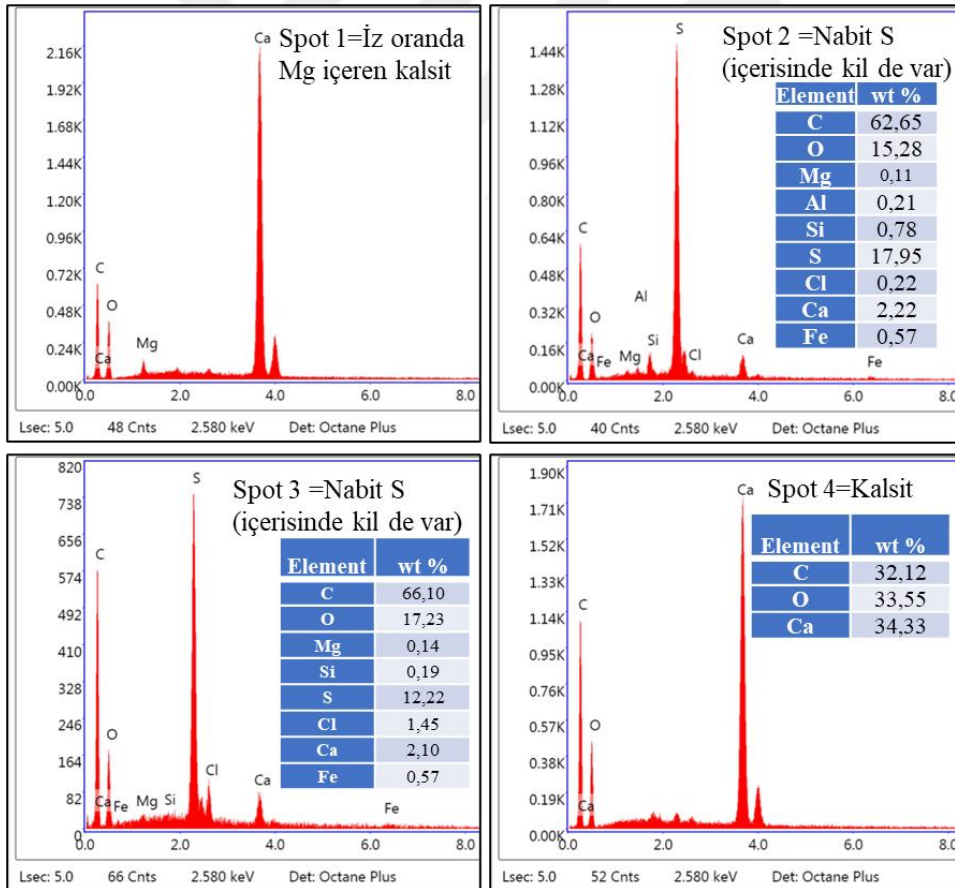
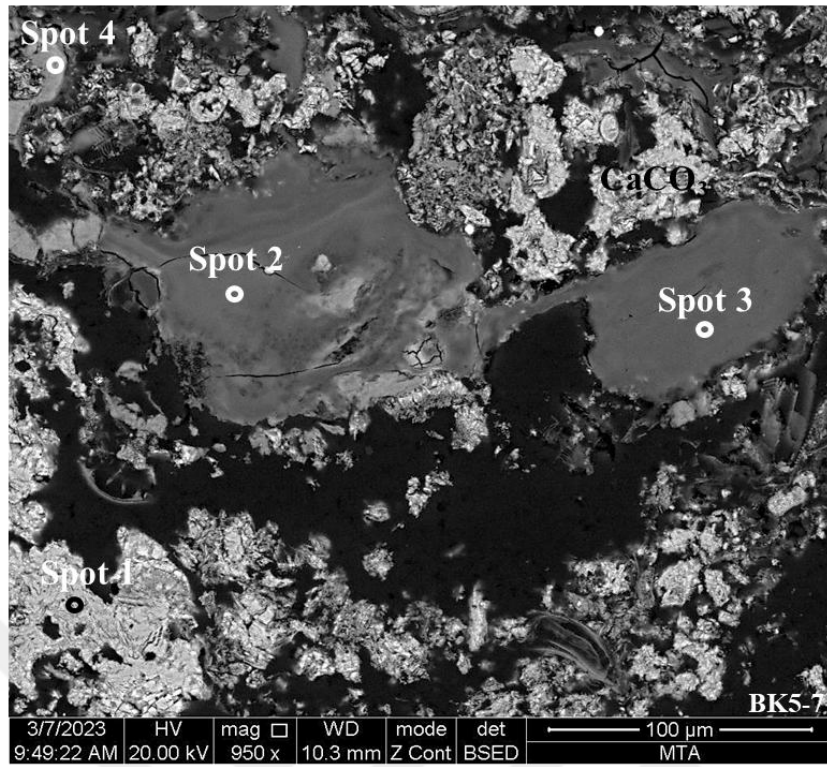
Şekil 5.33. Tez kapsamında BK4-3 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan Fe ve F içeren apatit minerali ve SEM-EDS bileşimi.



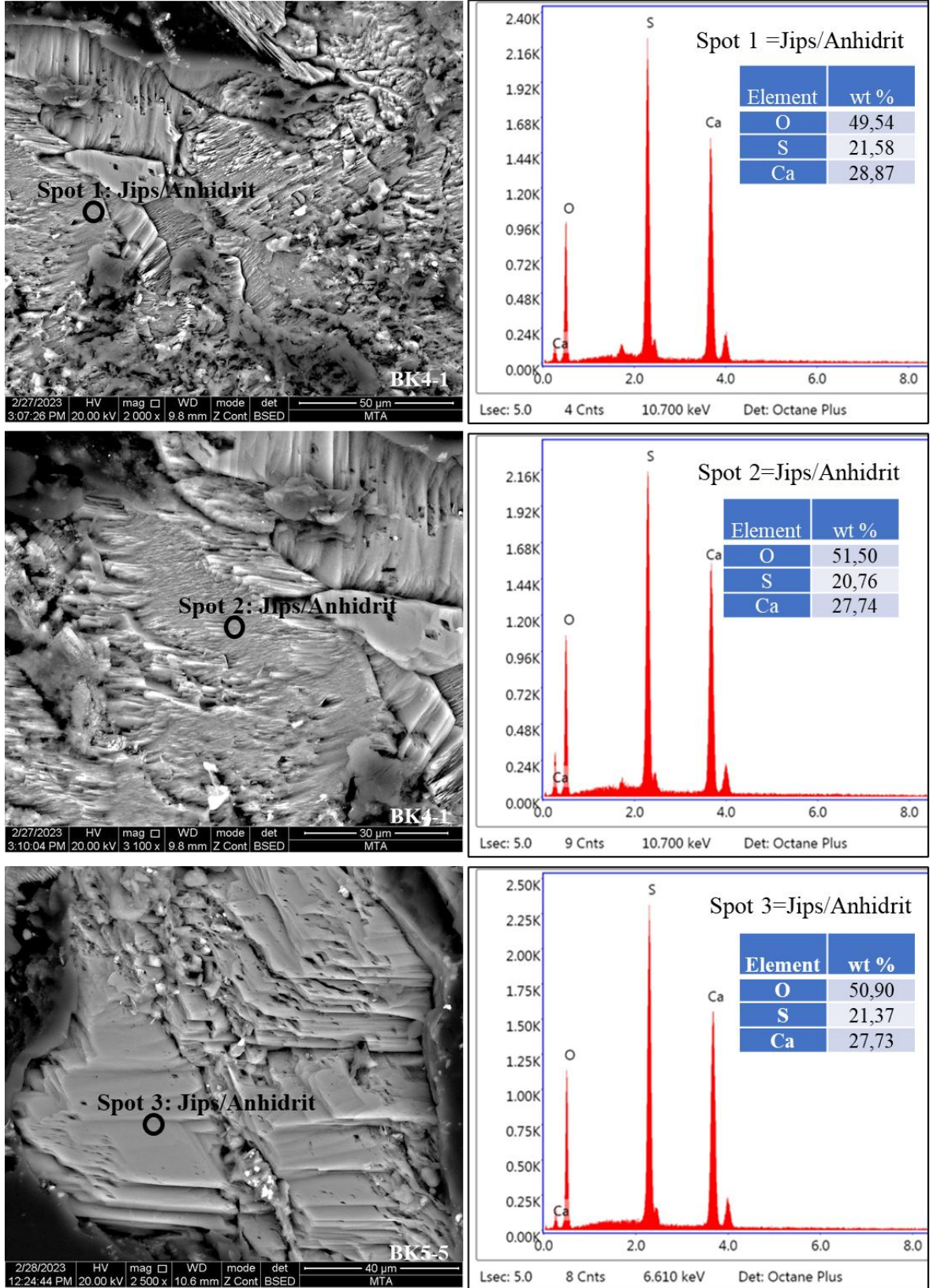
Şekil 5.34. Tez kapsamında BK5-9 nolu örneğin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan dolomit, iz oranda Mg içeren kalsit, iz oranda Mn içeren pirit ve illit/mika minerali ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



Şekil 5.35. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesitleri üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan fosil kavkuları, pirit ve silika mineralleri.



Şekil 5.36. Tez kapsamında incelenen BK5-7 örneğinin parlak kesiti üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan kalsit, iz oranda Mg içeren kalsit ve Nabit S oluşumları ve bunların SEM-EDS bileşimleri.



Şekil 5.37. Tez kapsamında incelenen örneklerin parlak kesitleri üzerinde SEM-EDS yardımıyla tanımlanan jips/anhidrit oluşumları ve SEM-EDS bileşimleri.

Tez kapsamında SEM-EDS yardımıyla incelenen kömür örneklerinin organik maddesi belirgin olarak C ve O dışında Ca ve S (Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.14) iz oranda Na, Mg, Al, Si ve Fe içermektedir. Çalışma kapsamında SEM’de nispeten temiz görünen dört örnekte (BK4-1, BK5-5, -7 ve -8) 5 noktada SEM-EDS analizi yapılmış ve C ve O dışında ortalama olarak ağırlıkça %4,6 S, %2,1 Ca, %0,3 Na, %0,5 Mg, %0,2 Al, %0,3 Si ve %0,2 Fe bulunulmuştur. İncelenen örneklerde, Dai ve ark. (2020) tarafından da açıklandığı gibi S ve Ca, organik maddeye kimyasal olarak bağlanmış olarak bulunabilir. İncelenen kömürlerin organik maddesinde Na, Mg, Al, Si ve Fe organik maddeye kimyasal olarak bağlanmasının dışında Wang ve ark. (2021) tarafından da belirtildiği gibi nanometre ölçekte minerallerle (örneğin kil mineralleri) de ilgili olabilir. Tez kapsamında seçilen örneklerde gerçekleştirilen SEM-EDS çalışmaları, incelenen kömürlerin yüksek oranda Ca ve özellikle organik S içerdiğini de göstermektedir. Organik maddeye bağlı Ca ve S’ün görünmesi ilksel turbalıklarda karbonatça ve sülfatça zengin turba bataklık koşullarının varlığını işaret etmektedir. Nitekim benzer gözlemler bölgede Geç Miyosen (?) - Pliyosen yaşlı Dombayova, Çardak ve Şarkikarağaç kömür sahalarında da rapor edilmiştir (Karayığit ve ark., 2015; Tuncer ve ark., 2023; Bulut, 2023).

Tez kapsamında SEM-EDS çalışmaları sırasında XRD-TK çalışmaları esas alınarak kil minerallerinden illit/mika, klorit, simektit ve kaolinit türü kil mineralleri (örneğin Şekil 5.12,-13,-17,20,-24,-26,30,-31 ve -34) belirlenmiştir. SEM-EDS çalışmaları, tanımlanan kil minerallerinden özellikle simektit ve daha az oranda kaolinit olmak üzere diğer mineralleri bağlayıcı durumda ve organik madde içinde bantlar ve merccekler şeklinde görülmektedir. İncelenen örneklerde illit/mika ve özellikle kloritler, tabakalar arasında içerdikleri mineraller (örneğin pirit, Ti-oksit, sfen ve ilmenit) nedeniyle oldukça ilginçtir (örneğin Şekil 5.12 ve 5.28). Çalışılan örneklerden üç örnekte (BK4-2, -3 ve BK5-8) de dört noktada illit/mikalarda yapılan SEM-EDS analizinde ağırlıkça yüzde olarak ortalama %43,2 O, %0,9 Na, %1,8 Mg, %18,3 Al, %25,5 Si, %6,9 K, %1,2 Ca, %0,2 Ti ve %2,1 Fe belirlenmiştir. Tipik KAl-silikat bileşiminde olan illit/mikalarda eser oranda Na, Mg, Ca, Ti ve Fe’in bulunması bunların saf olmadığını göstermektedir. Çalışılan örneklerden ikisinde (BK4-3 ve BK5-5) üç noktada yapılan klorit ölçümlerinde ağırlıkça yüzde olarak ortalama %36,6 O, %8,6 Mg, %13,6 Al, %15,1 Si ve %26,1 Fe hesaplanmıştır. Beklenildiği gibi, kloritler Fe-ce zengin olup, daha çok şamozitlere benzerlik göstermektedir. Çalışılan üç örnekte (BK4-1, BK4-3 ve BK5-7) 5 nokta simektit analizi

yapılmış olup ağırlıkça yüzde olarak ortalama %42,2 O, %1,8 Na, %2,5 Mg, %12,1 Al, %32,0 Si, %0,1 Cl, %1,9 K, %2,7 Ca, %0,6 Ti ve %4,2 Fe hesaplanmıştır. Bu bileşim tipik simektit grubu minerallere benzerlik göstermektedir. Bu örneklerde iz oranda Cl saptanması, bünye suyu ve/veya parlatma sırasında kullanılan sudan kaynaklanmış olabilir. Tez kapsamında kaolinitlerin kimyasal bileşimi ise örneklerde daha çok karbonat minerallerine yöneliğinden ölçülmemiştir.

İncelenen örneklerde XRD-TK'de kuvars olarak tanımlanan mineraller, parlak kesitlerde daha çok detritik mineraller olarak görülmektedir. SEM-EDS çalışmaları sırasında seçilen 6 örnekte (BK4-1, -2, -3, -5, BK5-5 ve -8) on altı noktada SEM-EDS analizi yapılmış olup ağırlıkça yüzde olarak ortalama olarak %47,4 O ve %52,6 Si saptanmıştır. Belirlenen ortalama %Si bileşimi, saf kuvarsdaki bileşime son derece yakındır. Diğer taraftan çalışma kapsamında sünger spikülü (?) veya diatom olarak tanımlanan örneklerden üç örnekte (BK4-1, -3 ve BK5-8) de beş noktada yapılan SEM-EDS analizinde ağırlıkça yüzde ortalama olarak %54,7 O ve %45,3 Si saptanmıştır. Bunlardaki kimyasal bileşim, detritik kuvars minerallerinden farklı olup daha yüksek oranda oksijen içermektedirler. Bu durum, bunlardaki bünye su molekülleriyle ilgili olabilir. Ayrıca, tez kapsamında diatom olarak tanımlanan örneklerden üçünde (BK4-3, BK5-7 ve AK44-2) üç noktada SEM-EDS analizi yapılmış olup ağırlıkça yüzde ortalama olarak %51,9 O ve %48,2 Si bulunulmuştur. Benzer şekilde, diatomlarda detritik kuvars minerallerine göre daha yüksek O ve daha düşük Si belirlenmiştir. Ancak diatomlar, sünger spiküllerine (?) göre daha düşük O ve daha yüksek Si içermelerinden dolayı büyük olasılıkla daha düşük oranda bünyelerinde su molekülleri içermektedirler.

İncelenen örneklerde XRD-TK'de feldispatlar tanımlanmıştır (örneğin Şekil 5.11, -12, -18, -19, -21, -25, -26, -28). SEM-EDS çalışmaları, feldispatların detritik olduğunu göstermektedir. SEM-EDS çalışmaları sırasında kimyasal bileşimlerine göre Na-feldispat, K-feldispat, alkali feldispat ve plajiyoklaz tanımlanmış olup bunlarla ilgili bazı görseller Şekil 5.10, -12, -15, -18, -20, -21, -24, -25, -28 ve -30'da sunulmuştur. İncelenen beş örnekte (BK4-1, -2, -3, -5 ve BK5-8) SEM-EDS yardımıyla yedi analizde ağırlıkça yüzde ortalama olarak %40,3 O, %11,2 Na, %12,8 Al, %35,1 Si, %0,2 K, %0,5 Ca ve çok eser durumda Fe bulunmuştur. Görüldüğü gibi Na-feldispat NaAl-silikat bileşiminde

olup iz oranda K, Ca ve Fe içermektedir. İncelenen dört örnekte (BK4-1, -2, -3 ve BK5-5) SEM-EDS yardımıyla beş analizde K-feldispatlarda ağırlıkça yüzde ortalama olarak %40,6 O, %0,9 Na, %11,6 Al, %32,7 Si, %13,6 K, %0,4 Ba ve %0,1 Fe saptanmıştır. Bu veri, K-feldispatların KAl-silikat bileşiminde olduğunu ve iz oranda Na, Ba ve Fe içerdiğini göstermektedir. İncelenen üç örnekte (BK4-1, BK5-5 ve BK5-8) on analizde alkali feldispatlarda ağırlıkça yüzde ortalama olarak %41,2 O, %5,4 Na, %12,0 Al, %32,9 Si, %7,2 K, %0,6 Ca, %0,2 Ba ve %0,5 Fe belirlenmiştir. Beklenildiği gibi alkali feldispatlar NaKAl-silikat bileşiminde olup iz oranda Ca, Ba ve Fe içermektedir. Çalışma kapsamında üç örnekte (BK4-3, BK5-5 ve BK5-7) dört analizde plajiyoklazlarda ağırlıkça yüzde ortalama olarak %44,0 O, %5,8 Na, %13,6 Al, %31,4 Si, %0,3 K, %4,5 Ca ve %0,3 Fe belirlenmiştir. Bu veri de plajiyoklazların CaNaAl-silikat bileşiminde olduğunu ve iz oranda K ve Fe içerdiğini ifade etmektedir. Tez çalışması kapsamında ilginç olarak K-feldispatlar ve alkali feldispatlar iz oranda Ba içermeleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu durum, kömürlerde sinjenetik oluşmuş baritlerde Ba'un kaynağının K-feldispatlar ve alkali feldispatlar olabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan, SEM-EDS çalışmaları sırasında feldispat tanelerinde yaygın alterasyonlar ve yuvarlaklaşma/küreselleşme gözlenmemiştir ve bu durum turba bataklık ortamındaki hızlı sedimantasyondan ve bu minerallerin yakın bir kaynaktan türemeleriyle ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Örneklerde karbonat mineralleri çok yaygın ve ilginç olarak görülmektedir. İncelenen örneklerde yaygın CaCO_3 , detritik tanelerde, otojenik bantlı (oniks görünümlü) yapıda minerallerde ve fosil kavkılarında tanımlanmaktadır. Bunların bir kısmı, iz oranda Mg ve Sr içermektedir. Bu karbonat içeren minerallerde C olduğundan ve SEM-EDS çalışmaları sırasında parlak kesitler C ile kaplandığından SEM-EDS analizlerinde karbonat minerallerinde tutarlı olmayan ve %ağırlıkça yüzde Ca değerleri saptanmıştır. Şöyleki CaCO_3 bileşimli minerallerde, fosil kavkılarında ve bantlı yapıdaki minerallerde sırasıyla maksimum %Ca değeri sırasıyla %60,2, %53,12 ve %64,5 olarak ölçülmüştür. Benzer durum dolomitlerde de görülmüştür. Bu durum, SEM-EDS cihazının kalibrasyonu, karbonat minerallerindeki olasılıkla kristal fazdaki Ca'la, karbon kaplama nedeniyle daha yüksek C ölçülmesiyle ve bünye suyuyla ilgili olabilir. SEM-EDS çalışmalarında Ca, Mg, C ve O değerlerinin doğru olup olmadığı bakılmaksızın eser yönünden yapılan SEM-EDS çalışmaları değerlendirilmiştir. İncelenen BK4-1 nolu örnekte beş farklı noktada

yapılan analizde ağırlıkça yüzde ortalama olarak %15,7 C, %30,8 O, %0,1 Mg, %0,1 Sr, %53,1 Ca ve %0,2 Fe belirlenmiştir. Piritleşmenin görülmediği fosil kavkıları üzerinde BK4-1, BK4-3, BK5-8 ve AK44-2 nolu örneklerde yapılan SEM-EDS çalışmalarıyla on iki noktada yapılan ölçümlerde yüzde ortalama olarak %21,0 C, %37,5 O, %0,4 Mg, %41,1 Ca hesaplanmıştır. İncelenen örneklerde (BK4-1, -3, -5 ve BK5-5, -7, -8) CaCO_3 bileşimli taneler üzerinde kırkdört noktada SEM-EDS analizleri yapılmış olup ağırlıkça yüzde ortalama olarak %17,5 C, %37,9 O, %0,5 Mg, %44,0 Ca ve %0,1 Fe ve iz oranda Mn belirlenmiştir. Tez kapsamında analiz edilen ve CaCO_3 bileşimli bantlı yapıdaki oluşumlar, fosil kavkıları ve taneli olan mineral oluşumlarına ait ortalama bileşimler dikkate alındığında en düşük C ve O ile en yüksek Ca değerleri bantlı yapıda olanlarda saptanmıştır. Buna karşın fosil kavkıları ile taneli yapıdaki CaCO_3 bileşimli olanlarda nispeten benzer seviyede C, O, Mg ve Ca belirlenmiştir. İlginç olan karbonat oluşumlarında iz oranda Mg, Sr, Fe ve Mn saptanabilmiştir.

Tez kapsamında genellikle detritik olarak taşınmış dolomit taneleri üzerinde SEM-EDS analizleri yapılmış olup bu çalışmalar beş örnek (BK4-2, -5 ve BK5-5, -7 -8) üzerinde onbir farklı tane üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ağırlıkça yüzde ortalama olarak %20,3 C, %41,5 O, %12,6 Mg, %25,3 Ca ve %0,4 Fe belirlenmiştir. Daha önce açıklanan nedenlere benzer şekilde saf dolomitlere göre incelenen örneklerde daha yüksek C ve Ca, daha düşük O ve benzer seviyede Mg belirlenmiştir.

Tez kapsamında incelenen örneklerde tanımlanan CaCO_3 ve dolomitlerle bazı ilave bilgiler göz önüne alındığında literatürdeki pek çok çalışmaya göre, kalsiyum (Ca^{2+}) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonlarının oldukça doymuş olduğu sulu çözeltilerden itibaren, kalsiyum karbonatın amorf ve en kararsız hali olan amorf kalsiyum karbonat (ACC, Amorphous Calcium Carbonate) oldukça hızlı bir şekilde (genellikle dakikalar içinde) çökelmektedir. Amorf kalsiyum karbonat, kristal yapıya sahip olmadığından metastabil bir faz olup, oluşum koşullarına (özellikle sıcaklık ve pH) bağlı olarak kısa süre içerisinde daha kararlı vaterit, aragonit ve kalsit gibi kristalin polimorflara dönüşmektedir. Düşük sıcaklıklarda (14–30 °C), ACC genellikle vaterit ve kalsit fazlarına dönüşürken orta sıcaklık aralığında (40-50°C), amorf kalsiyum karbonat vaterit, aragonit ve kalsit olmak üzere üç polimorfa da dönüşebilmektedir. Özellikle 50 °C'de, vaterit öncelikle aragonite dönüşmekte ve

ardından aragonit kalsite dönüşmektedir (Abdel-Mohsen ve ark., 2023). Daha yüksek sıcaklıklarda (60–80 °C) ise dönüşüm aragonit ve kalsit polimorfları yönünde gerçekleşmektedir (Ogino ve ark., 1987). Amorf kalsiyum karbonatın kristalin polimorflara dönüşüm süreci, sıcaklık dışında pH, iyonik güç, katkı maddeleri ve çözeltideki diğer iyonların varlığı gibi diğer pekçok faktörlerden de etkilenmektedir. Örneğin, magnezyum iyonları (Mg^{2+}), aragonit oluşumunu teşvik edebilirken, organik katkı maddeleri belirli polimorfların stabilitesini artırabilir (Ogino ve ark., 1987).

Tez çalışması kapsamında kömür ve organik madde içeren örneklerin XRD-TK difraktogramlarında vaterit tanımlanmamıştır. Diğer taraftan kömür ve organik madde içerenler örneklerde yaygın olarak kalsit ve daha az oranda aragonit minerali tanımlanmıştır. Bu durum tez kapsamında kömürlü zonun oluşumu sırasında sığ göl sel bataklık koşullarında oluşan amorf kalsiyum karbonatta vateritin tamamen dönüştüğünü ifade etmektedir. İncelenen örneklerde hem XRD-TK hem de SEM-EDS çalışmaları ile tanımlanan aragonitin ise olasılıkla ya mineraller ya da fosil kavkıları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Örneklerde karbonat mineralleri çok ilginç olarak görülmektedir. İncelenen örneklerde, daha önce açıklandığı gibi, yaygın $CaCO_3$ bileşimli olarak detritik taneler, otojenik bantlı (oniks görünümlü) yapıda mineraller ve fosil kavkılarında tanımlanmaktadır. Bunların bir kısmı, iz oranda Mg ve Sr içermektedir. Dolomitler, taneli görünüme sahip olup kimyasal olarak nispeten saftırlar.

Tez kapsamında incelenen kömür ve organik madde içeren örneklerde çok yaygın oranda kalsit oluşumunun gözlenmesinin turba bataklık ortamını besleyen suların Ca^{+2} ve CO_3^{2-} iyonlarınca çok doymuş olmaları ve bunlardan itibaren otojenik olarak kalsit oluşumu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Oskay ve ark., 2016; Karayığit ve ark., 2017b, Bulut, 2023). Ayrıca örneklerdeki kalsit miktarının artışına katkı sağlamış olan bir diğer faktör de sığ bataklık koşullarında yaşam süren organizmaların (örneğin gastropodlar) fosillerin kavkıları ve havzanın temelinde yer alan kireçtaşlarından detritik $CaCO_3$ bileşimli kireçtaşlarının taşınmış olmasıdır. Sonuç olarak, incelenen örneklerde detritik $CaCO_3$ bileşimli taneler ile otojenik kalsit ve fosil kavkılarının korunması bataklık ortamının alkalin sinjenetik koşulların varlığını işaret etmektedir (Kortenski, 1992; Querol, 1996; Karayığit, Kayseri-Özer ve Oskay, 2020; Karayığit ve ark., 2021, Bulut, 2023).

İncelenen örneklerde taneli olarak görülen piritler ve framboidal piritler, kimyasal olarak çoğunluk Fe ve S'den oluşmakla birlikte bazı pirit taneleri ilginç olarak iz oranda Mn içermektedirler. Tez kapsamında BK4-2 ve BK5-8 nolu örneklerde 6 noktada yapılan SEM-EDS çalışmalarıyla ağırlıkça yüzde ortalama olarak %52,5 S, %1,1 Mn ve %46,4 Fe saptanmış olup bu veriler, Mn hariç, saf piritte oldukça yakındır. Piritlerde iz oranda Mn saptanması, oldukça ilginçtir.

Tez kapsamında incelenen örneklerde XRD-TK da tanımlanamayan mikron büyüklüğünde biyotit, sfen, Ti-oksit, Fe-içeren Ti-oksit, ilmenit, Fe-Cr-oksit, F-apatit, iz oranda Fe-içeren F-apatit ve nadir yer elementleri (REE) içeren Al-fosfat (florensit) tanımlanmıştır (örneğin Şekil 5.24,-25,-28,-29,-32,-33.). Bu mikron büyüklüğündeki minerallerin bir kısmı kil minerallerinin (illit/mika ve özellikle klorit) tabakalar arası boşluklarında yer almaktadır. Diğer taraftan bu mikron büyüklüğündeki mineraller, turba oluşumu sırasında kaynak alandan taşınmışlardır. Bunlar içerisinde çalışma alanına yakın yerde kromit işletmesinin varlığı düşünülürse incelenen örneklerde yüksek oranda detritik kromit tanelerinin olması beklenmiştir. Ancak bu durum gözlenememiştir. Bu ise turba bataklık ortamına malzeme taşınmasının yönüyle ilgili olabilir.

İncelenen örneklerde XRD-TK çalışmalarıyla jips tanımlanmıştır (şekil 5.37). SEM-EDS çalışmaları sırasında bu oluşumlarda nispeten düşük seviyede O saptandığından bu oluşumlar jips/anhidrit olarak tanımlanmıştır. SEM-EDS çalışmalarıyla 2 örnekte (BK4-1 ve BK5-5) yapılan 3 ölçümde susuz fazda ağırlıkça yüzde ortalama olarak %50,6 O, %21,2 S ve %28,1 Ca saptanmıştır. Bu veri, olasılıkla ikincil jips/anhidrit oluşumlarının kimyasal yönden oldukça saf olduğunu göstermektedir.

5.4. Jeokimyasal Çalışmalar

Tez çalışması kapsamında, daha önce açıklandığı gibi, kömürlerin bileşimleri hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla MTA tarafından AK-44 no'lu sondajdan seçilen dört adet kömür (AK44-5, -6, -9, -10) ve bir adet killi kömür (AK44-15) örneğinin jeokimyasal (majör oksit ve iz element) analiz sonuçları bu bölüm kapsamında değerlendirilmiş ve sonuçlar özet olarak sunulmuştur. Örneklerin 815 °C'de külleştirilmiş

küllerinde XRF yardımıyla saptanan majör oksit analiz sonuçları Çizelge x’de sunulmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, MnO tüm örneklerde kullanılan cihazın dedeksiyon limitinin altında kalmıştır. Bu duruma bağlı olarak MnO değerleri değerlendirme dışı tutulmuştur.

Çizelge 5.10. AK-44 no’lu sondajdan seçilen örneklerin kül bazında XRF yardımıyla saptanan majör oksit analiz sonuçları (Not: <işareti konsantrasyonunun dedeksiyon limitinden daha düşük olduğunu ifade etmektedir.)

Örnek No	Derinlik (m)		Litoloji	XRF-Majör Oksit Sonuçları (%)										Toplam	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅		SO ₃
AK44-5	409,50	411,35	CO	26,8	8,3	0,5	0,8	6,5	35,4	0,3	<0,1	5,6	0,4	14,8	99,4
AK44-6	411,35	413,35	CO	46,9	13,6	1,3	2,3	5,1	17,0	0,4	<0,1	4,9	0,3	6,8	98,6
AK44-9	414,14	416,14	CO	33,0	13,2	0,4	0,6	5,3	28,9	0,5	<0,1	7,0	0,4	10,3	99,6
AK44-10	416,14	418,14	CO	47,3	17,3	0,4	0,9	4,3	12,0	0,8	<0,1	9,3	0,2	7,3	99,8
AK44-15	419,56	421,53	CSCO	58,9	19,5	0,3	1,0	3,7	5,5	1,0	<0,1	7,6	0,2	1,8	99,5
Ağırlıklı Ortalama				42,8	14,5	0,6	1,1	5,0	19,6	0,6	0	6,9	0,3	8,1	

İncelenen örneklerde XRF cihazı yardımıyla tespit edilen kül bazında majör oksitlerin (SO₃ dışında) değerleri dikkate alındığında özellikle killi kömür örneği, belirgin olarak kömür örneklerinden daha yüksek SiO₂ ve Al₂O₃, daha düşük MgO ve CaO içermektedir. Diğer taraftan incelenen bu 5 örnekte SiO₂ diğer oksitlerden Al₂O₃ (r=0,92) ve TiO₂ (r=0,83) ile belirgin pozitif, MgO (r=-0,94), CaO (r=-0,99), P₂O₅ (r=-0,91) ve SO₃ (r=-0,98) ile belirgin negatif doğrusal bir ilişkiye sahiptir. Bu çalışmada SiO₂ içeriği ile diğer oksitlerden Na₂O, K₂O ve Fe₂O₃ ile doğrusal bir ilişki görülmemiştir. Örneklerin küllerinde SiO₂’nin diğer oksit bileşimleriyle olan bu ilişkiler, incelenen örneklerin kül bileşiminin özellikle silikatlar ve karbonatlar tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Bu veriyi XRD-TK ve özellikle SEM-EDS çalışmaları da desteklemektedir. Daha önce de açıklandığı gibi örneklerde kil mineralleri ve silikat minerallerinin (örneğin silika, feldispatlar) yaygın olduğu örneklerde karbonat minerallerinin az olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, SiO₂ ile SO₃ arasındaki belirgin negatif ilişki ise SO₃ içeriğinin piritlerle ve özellikle de organik maddeden kaynaklandığını göstermektedir.

Tez kapsamında daha önce açıklandığı gibi AK44 no’lu sondajdan seçilen ve 550 °C’da külleştirilen örneklerin iz element konsantrasyonları Çizelge 5.11’de sunulmuştur. Analiz sonuçları incelendiğinde Cd, Sb ve Th konsantrasyonları tüm örneklerde dedeksiyon

limitinin altında olduğundan değerlendirme dışında tutulmuştur (Çizelge 5.11). İncelenen örneklerin tamamında As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V, Y ve Zn ölçülmüş, diğer taraftan bir örnekte Ga ve Li, iki örnekte Mo, Rb ve Se ve üç örnekte U konsantrasyonları dedeksiyon limitinin altında kalmaktadır (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. AK-44 no’lu sondajdan seçilen örneklerin kül bazında ICP-OES yardımıyla saptanan iz element analiz sonuçları (Not: <işareti konsantrasyonun dedeksiyon limitinden daha düşük olduğunu ifade etmektedir.)

Örnek No	Giriş (m)	Çıkış (m)	Litoloji	ICP-OES İz Element Sonuçları (ppm)																				
				As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sr	Th	U	V	Y	Zn
AK44-5	409,50	411,35	CO	17	173	501	<5	10	75	22	<5	10	10	91	20	<10	<10	6	418	<10	<10	60	9	61
AK44-6	411,35	413,35	CO	26	129	530	<5	12	79	20	6	<10	11	77	17	17	<10	<5	276	<10	<10	77	10	61
AK44-9	414,14	416,14	CO	32	99	554	<5	18	120	36	10	30	9	170	37	<10	<10	6	389	<10	13	108	14	75
AK44-10	416,14	418,14	CO	19	60	435	<5	17	211	24	13	38	<5	182	29	25	<10	<5	243	<10	14	182	28	82
AK44-15	419,56	421,53	CSCO	11	36	285	<5	21	234	23	11	38	<5	190	28	18	<10	9	126	<10	<10	196	33	101
Ağırlıklı ortalama				21	98	461	0	16	145	25	8	23	6	143	26	12	0	4	289	0	5	125	19	76

İncelenen killi kömür örneği, kül bazında belirgin olarak kömür örneklerinden daha yüksek Co, Cr, Ni, Se, V, Y ve Zn daha yüksek ve daha düşük As, B, Ba, Sr içermektedir. Element konsantrasyonları yönünden kömür ve killi kömür örnekleri arasında ise Cd, Cu, Ga, Li, Mo, Pb, Rb, Sb, Th ve U açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 5.11). SEM-EDS çalışmaları sırasında bu elementlerden sadece BK4-1 no’lu örnekte alkali feldsiaptlarda iz oranda Ba ve CaCO₃’larda iz oranda Sr tespit edilmiştir. Bu nedenle element konsantrasyonlarıyla ilgili olarak konunun daha ayrıntısına tez kapsamında girilmemiştir.

Bir elementin cevherleşmeden etkilenmemiş yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu "Klark (Clarke)" değeri veya “normal değer” olarak tanımlanmaktadır. Kömürlerde gözlenen elementlerin zenginleşme dereceleri ilk kez Swaine (1990) tarafından ele alınmış ve element konsantrasyonları ile yer kabuğundaki Klark değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar esnasında gözlenen çeşitli sorunlar sonucu ilerleyen yıllarda Klark değerleri, Ketris ve Yudovich (2009) tarafından revize edilmiştir. Dai ve ark. (2015) tarafında ise analizle bulunan element konsantrasyonu normal (Klark) değerlerine bölünerek konsantrasyon katsayısı (CC) kavramı geliştirilmiştir. Konsantrasyon katsayısı 100’den büyük ise olağan dışı zenginleşme, 100-10 arasında ise önemli zenginleşme, 10-5 arasında ise zenginleşme, 5-2 arasında ise nispi zenginleşme,

2-0,5 arasında ise Dünya kömür ortalamasına yakın ve 0,5'den küçük seyrelmiş olarak tanımlanmıştır (Dai ve ark., 2015; Bulut, 2023, Karahan, 2024).

Tez kapsamında incelenen kömür ve killi kömür örneklerine ait kül bazında iz element konsantrasyonlarının ağırlıklı ortalamaları ve bu değerlerin Dünya kömürleriyle (Ketris ve Yudovic, 2009) karşılaştırılmaları Çizelge 5.12'de sunulmuştur. Tefenni Havzası içerisinde yapılmış AK-44 no'lu sondajdan alınan kömür ve killi kömür örnekleri birlikte değerlendirildiğinde yalnızca Ni'de nispi zenginleşme gözleniş olup Ba, Co, Cr, Li, Pb, Se, V ve Zn'de Dünya kömür ortalamasına yakın değerler ve As, B, Cu, Ga, Mo, Rb, Sr, U ve Y de seyrelme gözlenmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere Cd, Sb ve Th konsantrasyonları tüm örneklerde dedeksiyon limitinin altında kaldığından değerlendirme dışında tutulmuştur.

Çizelge 5.12. Tez çalışması kapsamında incelenen örneklerine ait iz element konsantrasyonlarının ağırlıklı ortalamaları ve bu değerlerin Dünya kömürleriyle karşılaştırılması.

Element	Düşük Kömürleşme Derecesine Sahip Kömür Küllerinin Normal Değerleri-ppm (Ketris ve Yudovich, 2009)	AK-44 (Ağırlıklı ortalama-ppm)	Konsantrasyon Klarkı (CC)
As	48	21	0,4
B	410	98	0,2
Ba	900	461	0,5
Cd	1,1	0	0,0
Co	26	16	0,6
Cr	82	145	1,8
Cu	74	25	0,3
Ga	29	8	0,3
Li	49	23	0,5
Mo	15	6	0,4
Ni	52	143	2,8
Pb	38	26	0,7
Rb	48	12	0,3
Sb	5	0	0,0
Se	7,6	4	0,5
Sr	740	289	0,4
Th	19	0	0,0
U	16	5	0,3
V	140	125	0,9
Y	44	19	0,4
Zn	110	76	0,7

5.5. Kömür Petrografi Çalışmaları

Tezin bu altbölümünde AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu olmak üzere dört adet karotlu sondajdan derlenen toplam kırk altı adet örnekten (on beş adet kömür, on dört adet killi kömür, yedi adet kömürlü kiltası, dört adet iz oranda organik madde içeren killi kireç, üç adet kömürlü silttaşı, iki adet kömürlü şeyl, bir adet karbonlu şeyl) hazırlanan parlak kesitlerde üstten aydınlatmalı mikroskop kullanılarak normal ve floresans ışık altında turuncu filtre kullanılarak gerçekleştirilen maseral-mineral madde analizlerine ait sonuçlar ve hüminit yansıtması ölçümleri ve bu analiz sonuçlarına dayanan fasiyes değerlendirmeleri sunulmuştur.

5.5.1. Maseral Bileşimi ve Hüminit Yansıtması Ölçümleri

Tez çalışması kapsamında kırk altı örneğin parlak kesitleri üzerinde üstten aydınlatmalı mikroskop yardımıyla maseral bileşimleri ve seçilen örneklerde hüminit yansıtması ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Maseral-mineral madde analizleri sırasında Swift nokta sayıcısı kullanılarak her örnekte en az 500 nokta sayılmış ve bu sayım sonuçları kullanılarak hacimce yüzde değerler hem mineral maddeli bazda hem de mineral maddesiz bazda hesaplanarak Çizelge 5.13, -14 ve -15'de sunulmuştur. Kömür parlak kesitleri üzerinde üstten aydınlatmalı mikroskopta normal-mavi ışık ve turuncu filtre kullanılarak çekilen görüntülerden birkaçı Şekil 5.38, -39 ve -40'da sunulmuştur. Kömür petrografisi analizlerine göre tez kapsamında incelenen bütün sondajlarda her üç maseral grubu da tespit edilmiştir (Çizelge 5.13,-14,-15). Tez çalışması kapsamında incelenen bütün örneklerde hüminit grubu maseralleri hâkim maseral grubu iken liptinit ve inertinit grubu maseraller geniş aralıklarda yüzdeler sunmaktadır (Çizelge 5.13, -14, -15)

Tez kapsamında kömür örneklerinde mineral-maddesiz bazda ağırlıklı ortalama hüminit içeriği %75,5, killi kömür örneklerinde %78,5 olarak bulunulmuştur. Tez kapsamında kömür ve killi kömür örnekleri dışında kalan kömürlü silttaşı/kiltası/kömürlü şeyl, karbonlu kiltası ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinde de kömür petrografisi analizleri gerçekleştirilmiştir. Kömürlü silttaşı/kiltası/kömürlü şeyl örneklerinde mineral-maddesiz bazda ağırlıklı ortalama hüminit içeriği %75,3, iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinde %63,3 ve karbonlu kiltası örneğinde %60,4'dür.

Çizelge 5.13. Tez kapsamında AK-19A no’lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT)ve kömürlü kiltası (ZC) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.

MASERAL (vol%)	AK19A												
	AK19A-1 CO	AK19A-2 ZC	AK19A-3 ZT	AK19A-4 CSCO	AK19A-5 CSCO	AK19A-6 CSCO	AK19A-7 CSCO	AK19A-8 CO	AK19A-9 CO	AK19A-10 CO	AK19A-11 CO	AK19A-12 CSCO	AK19A-13 CO
Tekstinit	8,1	2,3	6,1	3,0	3,8	3,7	4,1	3,6	3,6	8,2	9,7	3,7	11,4
Ülminit	23,1	9,9	10,4	14,5	13,8	17,3	14,6	19,6	22,3	22,9	23,1	13,3	28,2
Telohüminit	31,2	12,2	16,5	17,4	17,6	21,0	18,7	23,1	25,9	31,1	32,8	18,5	18,5
Atrinit	8,6	20,4	20,7	14,8	18,0	17,1	16,2	9,5	11,3	4,9	7,3	18,5	2,4
Densinit	15,5	1,2	1,3	7,8	2,7	9,0	11,9	14,8	25,0	31,3	27,3	7,3	21,9
Detrohüminit	24,1	21,6	21,9	22,6	20,7	26,1	28,1	24,3	36,3	36,2	34,7	25,8	24,3
Levigelinit	5,8	3,4	2,2	2,2	2,2	1,6	1,3	2,0	6,3	7,6	5,1	6,6	6,0
Porigelinit				0,4		0,2			0,9	0,7	0,2		1,2
Korpohtüminit	5,6	3,9	4,3	4,1	2,7	4,4	3,2	5,6	2,3	7,5	5,7	2,4	10,4
Gelohüminit	11,4	7,3	6,5	6,7	4,9	6,2	4,5	7,7	9,5	15,8	11,0	9,0	17,5
HÜMİNİT	66,7	41,1	45,0	46,8	43,2	53,2	51,4	55,1	71,6	83,1	78,5	51,8	81,5
Füsinit	0,5	0,4	0,2			0,2	0,5	0,3	0,4	0,2	0,6	0,2	0,5
Semifüsinit	0,2		0,2										
Makrinit													
İnertodetrinit	0,5	0,5	0,4		0,4		1,6	0,7	0,4	0,2	1,5	0,9	2,4
Funginit		0,2	0,4	0,7	0,4	1,1	0,4	1,5	2,1	1,6	1,3	0,5	0,5
İNERTİNİT	1,3	1,1	1,1	0,7	0,7	1,2	2,5	2,6	2,9	2,0	3,3	1,6	3,4
Sporinit	3,2	5,0	3,6	4,1	3,3	3,5	2,9	4,8	1,8	2,2	2,6	3,3	2,7
Kütinit	0,2	0,9	0,4	0,2	0,5	0,9	0,4	0,3	1,3	0,5	0,6	0,9	0,9
Resinit				0,6	0,4		0,4	0,5	0,7	0,9	1,3		0,9
Süberinit										0,4			
Alginit	1,1		0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	1,4
Liptodetrinit	2,3	1,2	1,1	1,5	1,1	1,1	0,9	2,0	1,4	0,7	1,1	1,8	0,3
LİPTİNİT	6,8	7,1	5,4	6,5	5,6	6,0	4,7	8,0	5,5	5,1	5,9	6,4	6,2
Pirit	5,4	4,6	2,7	6,7	4,1	3,9	3,2	3,9	5,0	4,2	3,7	4,9	2,7
Fosil Kavkısı													0,2
Diğer min.	19,8	46,1	45,9	39,3	46,4	35,8	38,2	30,5	15,0	5,7	8,7	35,3	6,1
MİNERAL MADDE	25,2	50,7	48,6	46,0	50,5	39,6	41,4	34,4	20,0	9,8	12,3	40,2	9,0

MASERAL (vol%)	AK19A												
	AK19A-1 CO	AK19A-2 ZC	AK19A-3 ZT	AK19A-4 CSCO	AK19A-5 CSCO	AK19A-6 CSCO	AK19A-7 CSCO	AK19A-8 CO	AK19A-9 CO	AK19A-10 CO	AK19A-11 CO	AK19A-12 CSCO	AK19A-13 CO
Tekstinit	10,8	4,7	11,9	5,5	7,7	6,1	7,1	5,4	4,5	9,1	11,1	6,1	12,5
Ülminit	30,8	20,1	20,3	26,8	27,8	28,6	24,9	29,8	27,9	25,4	26,4	22,3	31,0
Telohüminit	41,7	24,8	32,2	32,3	35,5	34,7	32,0	35,2	32,4	34,5	37,4	28,4	43,6
Atrinit	11,6	41,4	40,2	27,5	36,3	28,3	27,7	14,5	14,1	5,4	8,4	30,9	2,6
Densinit	20,7	2,5	2,4	14,4	5,5	14,9	20,3	22,5	31,3	34,7	31,2	12,2	24,1
Detrohüminit	32,3	43,9	42,7	41,9	41,8	43,1	48,0	37,0	45,3	40,1	39,5	43,1	26,7
Levigelinit	7,7	6,8	4,2	4,1	4,4	2,6	2,2	3,1	7,8	8,5	5,9	11,0	6,5
Porigelinit				0,7		0,3			1,1	0,8	0,2		1,3
Korpohtüminit	7,5	7,9	8,4	7,6	5,5	7,3	5,5	8,5	2,9	8,3	6,5	4,0	11,4
Gelohüminit	15,2	14,7	12,6	12,4	9,9	10,2	7,7	11,7	11,8	17,5	12,6	15,0	19,3
HÜMİNİT	89,2	83,5	87,4	86,6	87,2	88,0	87,7	83,9	89,5	92,1	89,5	86,5	89,5
Füsinit	0,7	0,7	0,3			0,3	0,9	0,5	0,4	0,2	0,6	0,3	0,6
Semifüsinit	0,2		0,3										
Makrinit													
İnertodetrinit	0,7	1,1	0,7		0,7		2,8	1,0	0,4	0,2	1,7	1,5	2,6
Funginit		0,4	0,7	1,4	0,7	1,7	0,6	2,3	2,7	1,8	1,5	0,9	0,6
İNERTİNİT	1,7	2,2	2,1	1,4	1,5	2,0	4,3	3,9	3,6	2,2	3,8	2,7	3,8
Sporinit	4,3	10,1	7,0	7,6	6,6	5,8	4,9	7,3	2,2	2,4	2,9	5,5	3
Kütinit	0,2	1,8	0,7	0,3	1,1	1,5	0,6	0,5	1,6	0,6	0,6	1,5	0,9
Resinit				1,0	0,7		0,6	0,8	0,9	1,0	1,5		0,9
Süberinit										0,4			
Alginit	1,4		0,7	0,3	0,7	0,9	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	1,5
Liptodetrinit	3,1	2,5	2,1	2,7	2,2	1,7	1,5	3,1	1,8	0,8	1,3	3,1	0,4
LİPTİNİT	9,2	14,4	10,5	12,0	11,4	9,9	8,0	12,2	6,9	5,6	6,7	10,7	6,7

Çizelge 5.14. Tez kapsamında AK-44 no’lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü kıltaşı (ZC) kömürlü şey (ZH) ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.

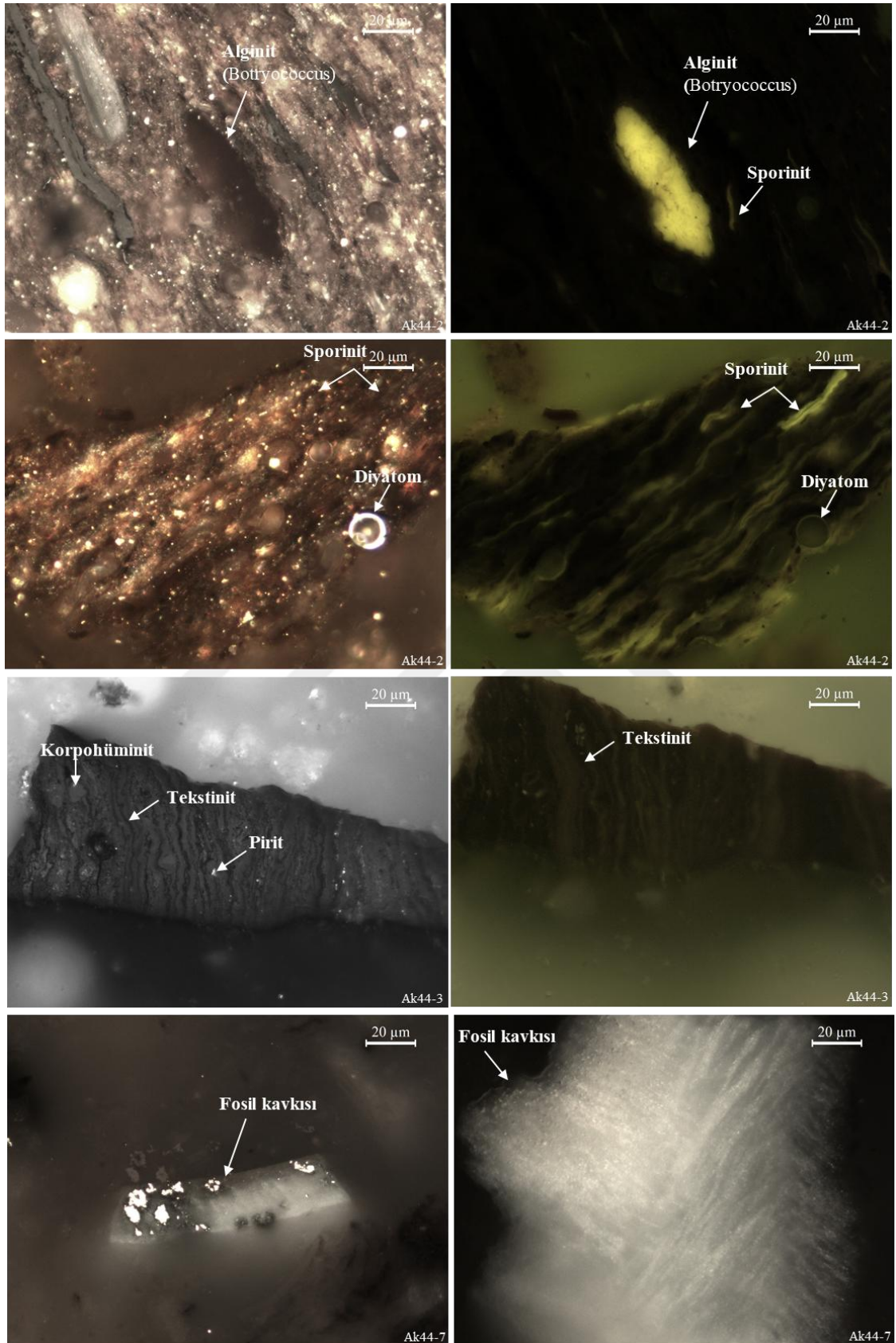
MASERAL (vol%)	AK44															
	AK44-1 ZH	AK44-2 ZH	AK44-3 CSLS	AK44-4 CO	AK44-5 CO	AK44-6 CO	AK44-7 CSLS	AK44-8 CO	AK44-9 CO	AK44-10 CO	AK44-11 CSCO	AK44-12 ZC	AK44-13 ZC	AK44-14 XC	AK44-15 CSCO	AK44-16 CSLS
Tekstinit			0,2	2,7	8,8	7,0		7,3	4,6	9,1	1,8	0,5	0,5	0,3	4,0	0,3
Ülminit	3,2	2,5	4,1	21,8	31,5	37,2	9,3	33,6	23,9	11,6	6,9	6,6	5,6	7,5	12,8	4,3
Telohüminit	3,2	2,5	4,3	24,6	40,3	44,1	9,3	40,9	28,5	20,8	8,7	7,1	6,1	7,9	16,9	4,6
Atrinit	16,9	16,3	7,9	8,8	4,8	3,6	5,3	2,7	5,2	5,4	14,7	22,3	13,9	11,2	12,7	12,1
Densinit		0,2	0,2	11,5	18,1	14,1		13,7	19,8	14,2	9,9	4,7	12,7			11,6
Detrohüminit	16,9	16,5	8,0	20,3	22,9	17,7	5,3	16,4	25,0	19,5	24,7	27,0	26,6	11,2	24,3	12,1
Levigelinit	2,9	3,2	5,0	9,6	6,6	4,4	3,5	3,7	3,7	4,3	2,5	3,8	2,4	1,8	4,6	3,0
Porigelinit					0,3	0,3										
Korpohüminit	0,5	0,6	0,5	2,4	6,1	9,2	0,4	8,8	8,9	7,5	5,0	3,7	3,1		3,5	
Gelohüminit	3,4	3,8	5,5	12,0	13,1	13,9	3,9	12,5	12,7	11,8	7,5	7,5	5,4	1,8	8,1	3,0
HÜMİNİT	23,5	22,8	17,8	56,9	76,3	75,7	18,5	69,8	66,1	52,2	40,9	41,6	38,2	20,9	49,2	19,8
Füsinit				0,3	0,5			0,5	0,2	0,5		0,2	0,2	0,7		
Semifüsinit				0,2	0,7	0,5										
Makrinit																
İnertodetrinit	0,2	0,5	0,2	0,2	0,8	1,7	0,2	1,0	1,2	0,2		0,5			1,1	0,3
Funginit	0,5	0,2	0,3		0,7	0,8	0,2	0,3	0,7			0,2			0,2	
İNERTİNİT	0,6	0,6	0,5	0,3	2,5	3,6	0,4	1,8	2,1	0,7		0,9	0,2	0,7	1,2	0,3
Sporinit	6,0	5,5	6,0	3,8	4,0	5,1	6,0	5,2	7,1	7,2	5,5	5,9	6,0	7,7	6,0	8,0
Kütinit				0,2					0,2	0,5	0,0			0,2		0,2
Resinit				0,3	0,8	1,7		2,2	0,9	1,1	0,4	0,2			0,5	0,2
Süberinit																
Alginit	1,3	3,5	1,7	1,2	2,0	2,9	2,6	3,7	2,7	0,9	0,2	0,2	0,2	1,3	0,5	
Liptodetrinit	1,3	1,1	1,7	1,2	1,3	1,7	1,1	1,3	2,3	1,8	2,5	2,1	2,5	4,0	2,3	2,4
LİPTİNİT	8,6	10,1	9,4	6,7	8,1	11,4	9,7	12,4	13,2	11,5	8,5	8,3	8,9	13,0	9,5	11,0
Karbonat min.	9,6	6,5		12,0	2,8	1,4	0,5	3,3	2,7	2,5	0,4	0,2				
Pirit	4,7	5,1	1,9	4,1	2,2	0,8	4,7	2,5	3,6	3,0	2,1	2,3	0,9	2,0	0,5	2,4
Fosil Kavkısı	10,6	13,1	4,6	4,3	1,5	1,5	3,3	4,2	0,2	1,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	10,1
Diğer min.	42,3	41,7	65,8	15,6	6,7	5,6	62,9	6,0	12,1	28,9	48,0	46,6	51,8	63,2	39,2	56,4
MİNERAL MADDE	67,2	66,5	72,3	36,1	13,1	9,3	71,5	16,0	18,5	35,7	50,6	49,2	52,8	65,4	40,1	68,8

MASERAL (vol%)	AK44															
	AK44-1 ZH	AK44-2 ZH	AK44-3 CSLS	AK44-4 CO	AK44-5 CO	AK44-6 CO	AK44-7 CSLS	AK44-8 CO	AK44-9 CO	AK44-10 CO	AK44-11 CSCO	AK44-12 ZC	AK44-13 ZC	AK44-14 XC	AK44-15 CSCO	AK44-16 CSLS
Tekstinit			0,6	4,3	10,1	7,7		8,7	5,7	14,2	3,6	1,0	1,1	1,0	6,7	1,0
Ülminit	9,9	7,5	14,8	34,1	36,3	41,0	32,7	40,0	29,3	18,1	14,0	13,0	11,9	21,7	21,4	13,8
Telohüminit	9,9	7,5	15,4	38,4	46,4	48,7	32,7	48,7	35,0	32,3	17,6	14,0	13,0	22,7	28,2	14,9
Atrinit	51,5	48,6	28,4	13,7	5,5	3,9	18,5	3,2	6,3	8,4	29,9	43,8	29,5	32,4	21,1	39,0
Densinit		0,5	0,6	18,0	20,8	15,5		16,3	24,3	22,0	20,1	9,2	26,8			19,4
Detrohüminit	51,5	49,1	29,0	31,7	26,3	19,5	18,5	19,5	30,6	30,4	50,0	53,1	56,3	32,4	40,5	39,0
Levigelinit	8,9	9,4	17,9	15,1	7,6	4,9	12,3	4,4	4,6	6,7	5,0	7,5	5,0	5,3	7,6	9,7
Porigelinit				0,4	0,4											
Korpohüminit	1,5	1,9	1,9	3,8	7,1	10,1	1,2	10,5	10,9	11,7	10,1	7,2	6,5		5,9	
Gelohüminit	10,4	11,3	19,8	18,8	15,1	15,4	13,6	14,9	15,5	18,4	15,1	14,7	11,5	5,3	13,5	9,7
HÜMİNİT	71,8	67,9	64,2	89,0	87,8	83,5	64,8	83,1	81,2	81,1	82,7	81,8	80,8	60,4	82,1	63,6
Füsinit				0,4	0,6			0,6	0,2	0,8		0,3	0,4	1,9		
Semifüsinit			0,3	0,8	0,6											
Makrinit																
İnertodetrinit	0,5	1,4	0,6	0,3	1,0	1,9	0,6	1,2	1,5	0,3		1,0			1,8	1,0
Funginit	1,5	0,5	1,2		0,8	0,9	0,6	0,4	0,9			0,3			0,3	
İNERTİNİT	2,0	1,9	1,9	0,5	2,9	3,9	1,2	2,2	2,6	1,1		1,7	0,4	1,9	2,1	1,0
Sporinit	18,3	16,5	21,6	5,9	4,6	5,6	21,0	6,2	8,8	11,1	11,2	11,6	12,6	22,2	10,0	25,6
Kütinit				0,3					0,2	0,8			0,4		0,3	1,5
Resinit				0,5	1,0	1,9		2,6	1,1	1,7	0,7	0,3			0,9	0,5
Süberinit																
Alginit	4,0	10,4	6,2	1,9	2,3	3,2	9,3	4,4	3,3	1,4	0,4	0,3	0,4	3,9	0,9	
Liptodetrinit	4,0	3,3	6,2	1,9	1,5	1,9	3,7	1,6	2,8	2,8	5,0	4,1	5,4	11,6	3,8	7,7
LİPTİNİT	26,2	30,2	34,0	10,5	9,4	12,5	34,0	14,7	16,2	17,8	17,3	16,4	18,8	37,7	15,8	35,4

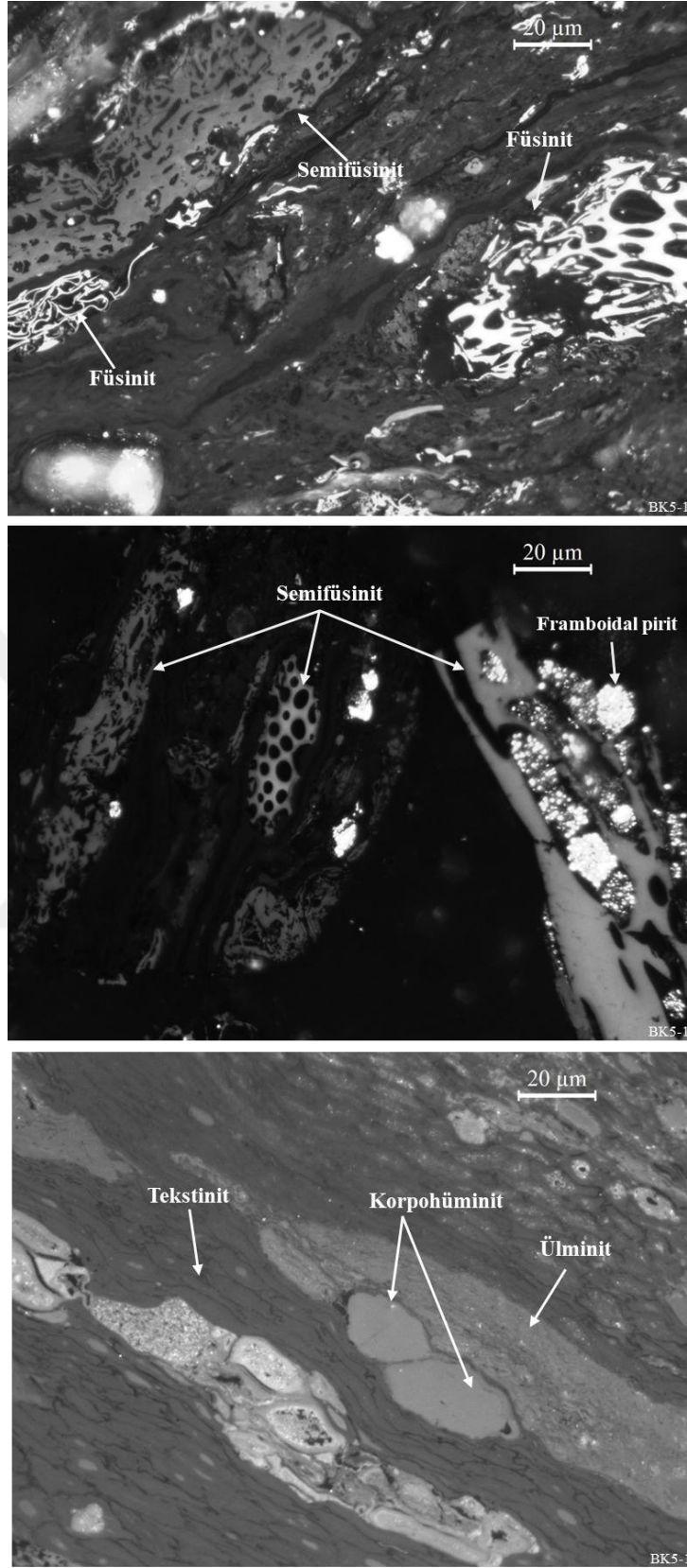
Çizelge 5.15. Tez kapsamında BK-4 ve BK-5 no'lu sondajdan alınan kömür (CO), killi kömür (CSCO), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü kıltaşı (ZC) ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS) örneklerinin maseral gruplarının sırasıyla mineral maddeli ve mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde değerleri.

MASERAL (vol%)	BK4								BK5								
	BK4-1	BK4-2	BK4-3	BK4-4	BK4-5	BK4-6	BK4-7	BK4-8	BK5-1	BK5-2	BK5-3	BK5-4	BK5-5	BK5-6	BK5-7	BK5-8	BK5-9
	CSCO	CSCO	ZC	CSLS	CSCO	CSCO	ZC	CO	CSCO	CO	ZC	ZC	CSCO	CSCO	ZT	CO	ZT
Tekstinit	3,8	0,6	0,8	0,7	3,3	1,2	0,4	0,3	2,8	5,1	0,6	0,6	4,0	1,7	1,3	1,7	0,3
Ülminit	17,0	14,6	11,7	8,7	18,9	12,5	7,9	19,3	15,0	12,8	5,9	8,2	13,8	10,2	7,0	13,8	4,9
Telohüminit	20,8	15,2	12,5	9,4	22,2	13,7	8,2	19,6	17,8	17,9	6,4	8,8	17,7	11,9	8,3	15,5	5,2
Atrinit	3,4	18,4	20,3	8,8	3,5	15,7	9,8	4,8	8,3	16,6	21,5	22,6	4,6	13,1	13,2	6,2	4,9
Densinit	9,8	0,9		0,2	15,5	6,7		15,2	5,0	9,0	1,1	0,8	8,5	7,8	0,6	17,0	1,3
Detrohüminit	13,3	19,3	20,3	9,0	18,9	22,4	9,8	20,0	13,3	25,6	22,6	23,4	13,1	20,9	13,8	23,1	6,2
Levigelinit	0,8	1,8	1,9	0,5	1,7		0,7	0,6	1,5	3,4	2,4	3,9	2,2	2,3	0,4	1,7	0,9
Porigelinit													0,3				
Korpohtüminit		0,5	0,5	0,4		0,5	0,4	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3		0,5	
Gelohüminit	0,8	2,3	2,4	0,9	1,7	0,5	1,1	0,8	1,8	3,9	2,8	4,1	2,8	2,7	0,4	2,1	0,9
HÜMINİT	34,9	36,7	35,2	19,3	42,9	36,6	19,1	40,4	32,8	47,4	31,8	36,3	33,7	35,5	22,5	40,7	12,3
Füsinit	2,9	1,2	0,5	1,2	2,8	1,2	2,3	4,2	4,4	2,5	1,4	0,5	2,0	2,3	3,1	8,1	3,6
Semifüsinit	3,1	0,6	0,3	1,4	1,2	0,5	0,5	0,8	1,1	1,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,4	3,3	1,9
Makrinit	0,3				0,2	0,2			0,2	0,2							
İnertodetrinit	6,4	2,4	2,1	4,9	9,4	2,7	6,8	10,9	6,5	7,7	1,8	0,6	5,0	5,5	5,0	14,4	4,2
Funginit	0,5	0,3			0,2				0,3	0,5	0,3	0,2	0,7		0,1		0,1
İNERTİNİT	13,3	4,6	2,9	7,6	13,7	4,5	9,7	15,8	12,5	12,3	3,8	1,7	8,3	8,1	8,7	25,8	9,9
Sporinit	1,8	1,2	2,8	2,8	1,9	2,5	3,9	2,5	1,8	1,5	3,9	2,0	2,0	1,9	3,3	1,5	2,2
Kütinit			0,2										0,2			0,2	0,1
Resinit	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2		0,6	0,3	0,5		0,2	0,2	0,5		0,2	
Süberinit																	
Alginit				0,4			0,9				0,1	0,2			0,1	0,2	0,4
Liptodetrinit	3,6	1,4	1,8	1,9	2,6	2,7	1,8	2,3	2,6	1,3	1,3	1,9	2,8	2,0	1,0	1,5	0,9
LİPTİNİT	5,7	2,7	4,9	5,5	4,9	5,3	6,6	5,4	4,7	3,3	5,3	4,4	5,0	4,4	4,4	3,5	3,6
Karbonat min.	1,3	22,9	9,3			20,9	0,9	16,1	1,9	4,0	31,8	10,2	3,2	11,1	41,0	8,7	37,2
Pirit	4,7	2,4	3,7	4,4	4,4	2,7	4,5	1,6	3,2	5,6	3,1	4,4	4,0	5,5	1,1	1,5	1,5
Fosil Kavkasi	6,5	17,9	12,8	1,8	3,8	15,2	2,9	15,8	7,9	9,5	22,5	18,3	5,4	11,4	21,1	6,9	19,4
Diğer mineraller	33,6	12,7	31,2	61,5	30,2	14,9	56,4	4,8	36,9	17,9	1,8	24,6	40,6	24,0	1,1	12,9	16,1
MİNERAL MADDE	46,2	56,0	57,0	67,7	38,5	53,6	64,6	38,4	50,0	37,0	59,1	57,5	53,1	52,0	64,4	30,0	74,2

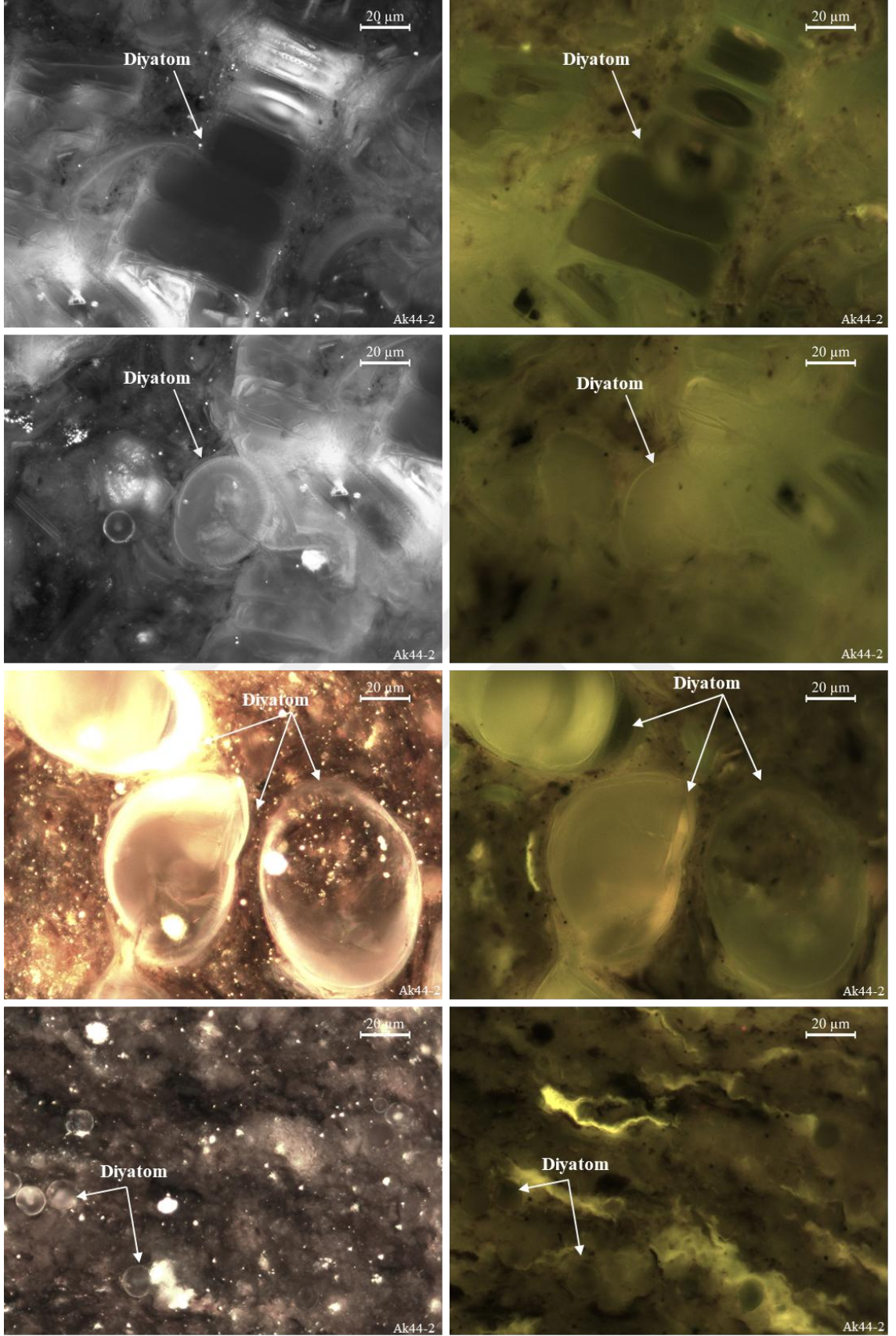
MASERAL (vol%)	BK4								BK5								
	BK4-1	BK4-2	BK4-3	BK4-4	BK4-5	BK4-6	BK4-7	BK4-8	BK5-1	BK5-2	BK5-3	BK5-4	BK5-5	BK5-6	BK5-7	BK5-8	BK5-9
	CSCO	CSCO	ZC	CSLS	CSCO	CSCO	ZC	CO	CSCO	CO	ZC	ZC	CSCO	CSCO	ZT	CO	ZT
Tekstinit	7,0	1,4	1,9	2,2	5,4	2,5	1,0	0,5	5,5	8,1	1,4	1,5	8,5	3,6	3,6	2,4	1,1
Ülminit	31,6	33,1	27,2	26,8	30,8	27,0	22,2	31,2	30,1	20,3	14,3	19,3	29,3	21,2	19,6	19,7	19,1
Telohüminit	38,6	34,5	29,1	29,0	36,2	29,5	23,2	31,7	35,6	28,4	15,7	20,7	37,8	24,8	23,2	22,1	20,2
Atrinit	6,4	41,7	47,2	27,3	5,6	33,8	27,8	7,8	16,5	26,3	52,6	53,3	9,9	27,4	37,2	8,8	19,1
Densinit	18,2	2,1		0,5	25,1	14,4		24,7	10,0	14,3	2,7	1,9	18,0	16,3	1,6	24,2	5,1
Detrohüminit	24,6	43,8	47,2	27,9	30,8	48,2	27,8	32,5	26,5	40,6	55,3	55,2	27,9	43,6	38,8	33,0	24,2
Levigelinit	1,5	4,1	4,5	1,6	2,8		2,0	1,0	2,9	5,5	5,8	9,3	4,6	4,9	1,2	2,4	3,4
Porigelinit													0,7				
Korpohtüminit		1,0	1,1	1,1		1,1	1,0	0,3	0,6	0,8	1,0	0,4	0,7	0,7		0,6	
Gelohüminit	1,5	5,2	5,7	2,7	2,8	1,1	3,0	1,3	3,6	6,3	6,8	9,6	6,0	5,5	1,2	3,0	3,4
HÜMINİT	64,7	83,4	81,9	59,6	69,8	78,8	54,0	65,5	65,7	75,3	77,8	85,6	71,7	73,9	63,2	58,2	47,8
Füsinit	5,5	2,8	1,1	3,8	4,5	2,5	6,6	6,8	8,7	3,9	3,4	1,1	4,2	4,9	8,8	11,6	14,0
Semifüsinit	5,8	1,4	0,8	4,4	2,0	1,1	1,5	1,3	2,3	2,3	0,7	1,1	1,4	0,7	1,2	4,7	7,3
Makrinit	0,6				0,3	0,4			0,3	0,3							
İnertodetrinit	11,9	5,5	4,9	15,3	15,3	5,8	19,2	17,6	12,9	12,2	4,4	1,5	10,6	11,4	14,0	20,6	16,3
Funginit	0,9	0,7			0,3				0,6	0,8	0,7	0,4	1,4		0,4		0,6
İNERTİNİT	24,6	10,3	6,8	23,5	22,3	9,7	27,3	25,7	24,9	19,5	9,2	4,1	17,7	16,9	24,4	36,9	38,2
Sporinit	3,3	2,8	6,4	8,7	3,1	5,4	11,1	4,0	3,6	2,3	9,6	4,8	4,2	3,9	9,2	2,1	8,4
Kütinit			0,4									0,4				0,2	0,6
Resinit	0,6	0,3	0,4	1,1	0,6	0,4		1,0	0,6	0,8		0,4	0,4	1,0		0,2	
Süberinit																	
Alginit				1,1			2,5				0,3	0,4			0,4	0,2	1,7
Liptodetrinit	6,7	3,1	4,2	6,0	4,2	5,8	5,1	3,8	5,2	2,1	3,1	4,4	6,0	4,2	2,8	2,1	3,4
LİPTİNİT	10,6	6,2	11,3	16,9	7,9	11,5	18,7	8,8	9,4	5,2	13,0	10,4	10,6	9,1	12,4	4,9	14,0



Şekil 5.38. Tez kapsamında incelenen örneklerde tanımlanan maserallerin üstten aydınlatmalı normal ışıktaki ve mavi ışık, turuncu filtrede görünüşleri.



Şekil 5.39.Tez kapsamında incelenen BK5-1 no'lu örnekte tanımlanan füsinit, semifüsinit, korpohüminif, ülminif, tekstinit maseralleri ve framboidal pirit oluşumları.



Şekil 5.40. Tez kapsamında incelenen AK44-2 no'lu örnekte üstten aydınlatmalı normal ışıktaki ve mavi ışık, turuncu filtrede diatom kavkı görüntüleri.

Tez çalışması kapsamında incelenen kömür örneklerinde hücrel dokunun tamamen ve/veya korunduğu telohüminit alt maseral grubu en yaygın hüminit maseralidir (Çizelge 5.13,-14,-15). Kömür petrografisi analizlerine göre telohüminit altmaseral grubunun mineral maddesiz bazda ağırlıklı ortalamaları kömür örneklerinde %33,1, killi kömür örneklerinde %31,5, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde %19,3, iz oranda organik madde içeren killi kireç taşlarında %25 ve karbonlu kiltası örneğinde %22,7'dir. Telohüminit alt maseral grubuna ait maseraller ICCP tarafından A ve B varyetesi olarak ikiye ayrılmaktadır (Sykova ve ark., 2005). Bu ayrıma göre A varyetesi üstten aydınlatmalı mikroskopta genellikle koyu gri renk sunarken B varyetesi ise gri renk sunmaktadır. Bu farklılık ilksel turba yapıcı bitkilerin hidrojenle yüksek reçine ve/veya tanin gibi organik bileşenlerce zengin olmasıyla ilişkilidir. İlksel turbalıklarda kozalaklı turba yapıcı odunsu bitkiler daha yaygın ise telohüminit A varyetesi daha yaygın olabilir. Tez kapsamında havzanın güney kısmında yer alan AK-19A ve AK-44 sondajlarında incelenen örneklerde telohüminit A varyetesi örneklerde genellikle daha yaygın olarak gözlenmiştir. Nitekim bu durum palinoloji kısmında açıklandığı gibi kozalaklı turba yapıcı odunsu bitkilerle ilişkili olabilecek Taxodiaceae ve Cupressaceae ailelerine ait palinomorfların varlığıyla desteklenmektedir. Ayrıca hücrel dokunun tamamen korunduğu tekstinit maserali ilgili sondajlarda havzasının kuzeyinde yer alan BK-4 ve BK-5 sondajlarına göre nispetten daha yüksek yüzdeler sunmasını da açıklayabilir. İlksel dokunun kısmen korunduğu veya jelleştiği ülminit maserali ise düşük küllü kömür örneklerinde daha yüksek yüzdeler sunarken kül içeriğinin yüksek olduğu killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl, iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı ve karbonlu kiltası örneklerinde ise daha düşük yüzdeler sunmaktadır. Tez kapsamında incelenen kömür örneklerinde tanımlanan ülminit A varyetesine ait örnekler UV-mavi ışıpta zayıf sarımsı yeşil floresans rengi sunmaktadırlar. Bu durum ilksel turbalıklardaki bitkilerin hidrojenle zengin bileşenlerinin düşük kömürleşme derecesine bağlı olarak hala korunmuş olabileceğini düşündürmektedir (Suárez-Ruiz ve ark., 1994; Iglesias ve ark., 2000; Oskay ve ark., 2016). Benzer durumlar komşu Dinar, Acıgöl ve Beyşehir havzalarında yer alan Geç Miyosen (?) - Pliyosen yaşlı Dombayova, Çardak ve Şarkıkaraağaç kömürlerinde de rapor edilmektedir (Karayigit ve ark., 2015; Tuncer ve ark., 2022; Bulut, 2023).

Tez kapsamında incelenen özellikle killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde yaygın olarak tespit edilen diğer hümin alt maseral grubu ise detrohüminittir (Çizelge 5.13,-14,-15). Detrohüminit alt grubunda mineral maddesiz bazda hesaplanan hacimce yüzde ağırlıklı ortalamalar kömür örneklerinde %33,4 ve killi kömür örneklerinde %39,0'dır. Diğer taraftan kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde mineral maddesiz bazda detrohüminit alt maseral grubu %46,9'dur. Bu gruba ait densinit maseralleri incelenen kömür örneklerinde genellikle amorf hümik malzemenin çimentolaşması şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca amorf hümik jel içerisinde inertinit (füsinit, semifüsinit ve inertodetrinit) ve liptinit (sporinit ve liptodetrinit) maseralleri de gözlenmiştir. Buna karşın özellikle killi kömür, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde ince hümik malzeme parçaları olan ($\leq 10 \mu\text{m}$) atrinit maseralleri ise genellikle kil minerali yığılımları içerisinde gözlenmiştir.

Gelohümit altmaseral grubuna ait maseraller havzanın güneyinde yer alan AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlardan alınan örneklerde havzanın kuzeyinde yer alan BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle kıyasla çok daha yüksek yüzdeler sunmaktadırlar (Çizelge 5.13,-14,-15). Korpohüminit havzanın güneyinden incelenen örneklerdeki en yaygın gelohüminit maseralıdır. Buna karşın korpohüminit yüzdesi havzanın kuzeyinden incelenen örneklerde ise genellikle %1,0 civarında tespit edilmiştir. Bu farklılığa korpohüminit maserallerinin incelenen örneklerde tekstinitlere ait hücre boşluklarında ve/veya korpohüminit yığılımları şeklinde AK-19A ve AK-44 sondajlarında yaygın olarak gözlenmesi neden olmuş olabilir. Nitekim korpohüminit yığılımları genellikle ilksel turbalıklardaki odunsu turba yapıcı bitkilerin yaygın olmasıyla ilişkili olabilmektedir (Sykorova ve ark., 2005; Çelik ve ark., 2017). Bu veri ışığında havzanın kuzey ve güney kesimlerinde ilksel turbalıklardaki odunsu turba yapıcı bitki örtüsünün farklılıklar sunabileceği düşünülebilir. Tez kapsamında incelenen örneklerde yaygın olarak gözlenen diğer gelohüminit maseralı ise levigelinittir (Çizelge 5.13,-14,-15). Havzanın güneyinden incelenen AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlarda levigelinit maseralı nispetten daha yüksek yüzdeler sunmaktadır. Hümik kömürlerde gelinit maseralleri derine gömülmeye bağlı olarak organik maddenin arttan jelleşmesi ve/veya ilksel turbalıklardaki arttan alkaliniteye bağlı biyojeokimyasal jelleşme ile ilişkili olabilir. İlgili sondajlardan incelenen kömür damarlarının havzanın kuzeyindeki sondajlardan kesilen kömür damarlarına göre daha derin olmaları ve örneklerde karbonat minerallerin varlığı

düşünüldüğünde levigelininit maserallerinin her iki faktöre bağlı olarak daha yüksek yüzdelere sunmasına neden olmuş olabilir. Gelohümininit grubuna ait maserallere göre nispetten çok düşük yüzdelere (mineral maddesiz bazda $\leq 1,3$) sunan porigelininit maserali ise AK-19A, AK-44 ve BK-5 sondajlarına ait kısıtlı sayıda örnekte tekstinit maserallerinin hücre boşluklarında ve korpohümininitlerin içerisindeki boşluklarda tespit edilmiştir. Tez kapsamında incelenen örneklerin hümininit altmaserali grupları arasındaki belirgin farklılıklar büyük olasılıkla ilgili örneklerin ilksel turbalıklarının yerleşimi sırasında hâkim turba yapıcı bitki örtüsündeki ve turbalıklarda organik maddenin korunumlarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Tez kapsamında incelenen örneklerde yaygın olarak tanımlanan liptinit maseralleri sporinit, liptodetrinit, resinit ve kütinit'tir (Çizelge 5.13,-14,-15). Bunlara ek olarak kömür örneklerinde ender olarak süberinit korpohüminitlerle beraber tanımlanırken, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde ise algininit daha yaygın olarak tanımlanmıştır. Liptinit maseralleri kömür örneklerinde genellikle densinit maseralleri ile beraber tanımlanırken, kömürlü silttaşı/kiltaşı/şeyl örneklerinde ise kil mineralli yığışımalarında gözlenmektedir. Liptinit grubu maseralleri incelenen örneklerde mineral maddesiz bazda %4,9-37,7 gibi çok geniş bir aralık sunmaktadır (Çizelge 5.13,-14,-15). Bununla beraber düşük kül içerikli kömür örneklerinin daha yaygın olarak tanımlandığı AK-19A no'lu sondajda liptinit grubu maseraller diğer sondajlara göre nispetten daha düşük yüzdelere sunmaktadır. Buna karşın AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan incelenen kömürlü kilttaşı/silttaşı/şeyl örneklerinde ise mineral maddesiz bazda liptinitler genellikle %5'den yüksek değerler sunmaktadır. Bu duruma ilgili örneklerde sporinit (olasılıkla bisakkat polenleri), liptodetrinit ve algininitlerin kil mineralleri yığışımları içerisinde yaygın olarak gözlenmesi neden olmuş olabilir. Algininit maserallerinin kömürlü kilttaşı/silttaşı/şeyl örneklerinde yaygın olması bu örneklerin çökelimi sırasında anaerobik koşulların yaygın olması ve/veya su seviyesindeki artışlarla ilişkili olabilir (Petersen, 2006; Pickel ve ark., 2017; Çelik ve ark., 2021). Nitekim ilerleyen bölümde palinoloji kısmında da görülebileceği üzere AK-44 no'lu sondajdan yapılan incelemelerde Zgnemataceae ve *Botroyococcus* gibi algler tespit edilmiştir. Bu durum ayrıca tez kapsamında kömürlü kilttaşı/silttaşı/şeyl örneklerinin göreceli olarak yüksek %H içeriği sunmalarını da açıklamaktadır. İncelenen örneklerde resinit maserali ağırlıklı olarak kömür ve killi kömür örneklerinde tespit edilmiş olup, genellikle tekstinit maserallerinin hücre

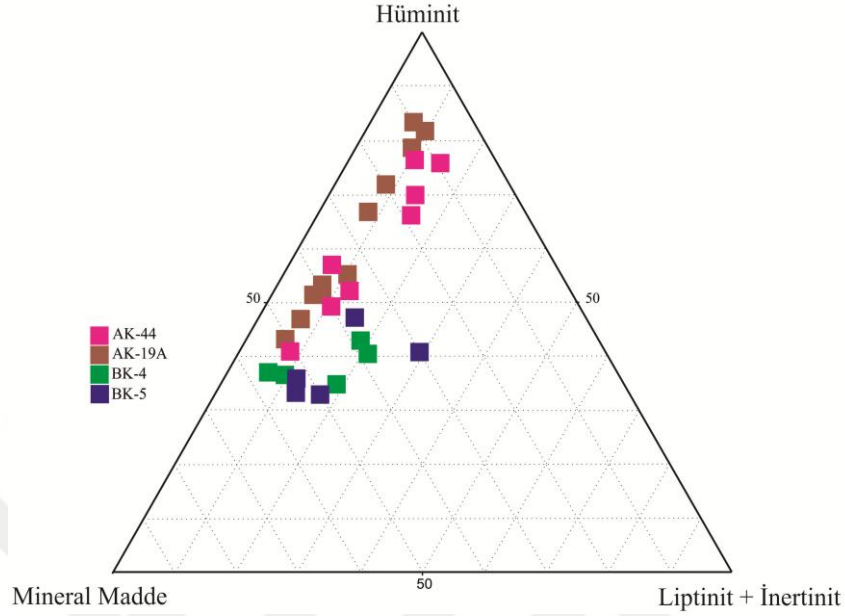
boşluklarında dolgu ve/veya kil mineralleri yığılımları içerisinde tekil parçalar halinde gözlenmiştir. Kil mineralleri yığılımları içerisindeki resinitlerin bir kısmının turbalık içerisinde ve çevresindeki kozalaklı odunsu bitkisel malzemenin turbalık içerisinde kısa süreli taşınması ile ilişkili olabilir (Fabińska ve ark., 2013; Oskay ve ark., 2019). Sonuç olarak tez kapsamında incelenen örneklerdeki liptinit maseralleri genellikle karasal kökenli bitkilerle ilişkili iken su seviyesindeki artış ve anaerobik koşulların gelişmesine bağlı olarak tatlı su algleri ile ilişkili alginit maserali yüzdesinde artışlar gerçekleşmiştir. Rock-Eval kısmında da görülebileceği üzere bu değişimler örnekleri S₂ ve HI değerlerindeki değişimleri de açıklayabilmektedir. Diğer taraftan tez kapsamında incelenen örneklerde kömürleşme sırasında ortaya çıkan kırık/çatlak dolgusu eksudatinit gibi ikincil liptinit maseralleri tespit edilmemiştir.

Örneklerde yaygın olarak tanımlanan inertinit maseralleri füsinit ve inertodetrinittir. Bununla beraber havzanın kuzey kesimlerden BK-4 ve -5 no'lu sondajlardan incelenen örneklerde semifüsinit havzanın güneyden incelenen örneklere göre mineral maddesiz bazda nispetten yüksek yüzdeler sunmaktadır (Çizelge 5.13,-14,-15). Ayrıca BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan incelenen örnekler mineral maddesiz bazda toplam inertinit içeriği %4,1 ve %38,2 çok geniş bir aralıkta sunarken AK-19A ve AK-44 no'lu sondajlarda ise toplam inertinit içerikleri ise mineral maddesiz bazda genellikle %1,0 civarındadır (Çizelge 5.13,-14,-15). Kömür fasiyes analizleri bölümünde detaylı olarak verileceği üzere havzanın kuzeyi ve güneyinde inertinit içerikleri arasındaki bu fark ise örneklerin ilksel turbalıklarındaki oksidasyon koşullarından ziyade tez kapsamında incelenen örneklerde inertinit maserallerinin allohton kökenli olmaları ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Çünkü inertinit maseralleri tez kapsamında incelenen örneklerde genellikle densinit maserallerinin hümkik jelinin ve/veya kil minerali yığılımları içerisinde gözlenmişlerdir. BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan incelenen bazı örneklerde mineral maddesiz bazda çok düşük yüzdeler funginit maserali tanımlanmıştır (Çizelge 5.13,-14,-15). Örneklerde incelenen funginit maseralleri olasılıkla fungal sporla ilişkili olabilecek şekilde genellikle ülminit maseralleri ile beraber tespit edilmekle beraber tespit edilmiştir. İlgili funginit maserallerinin boşluklarında resinit maseral dolgusunun gözlenmemesi ise turba yapıcı bitkilerin yaşam döngüsü içerisinde fungal saldırıya uğramadığının işaretidir (Hower ve ark., 2010).

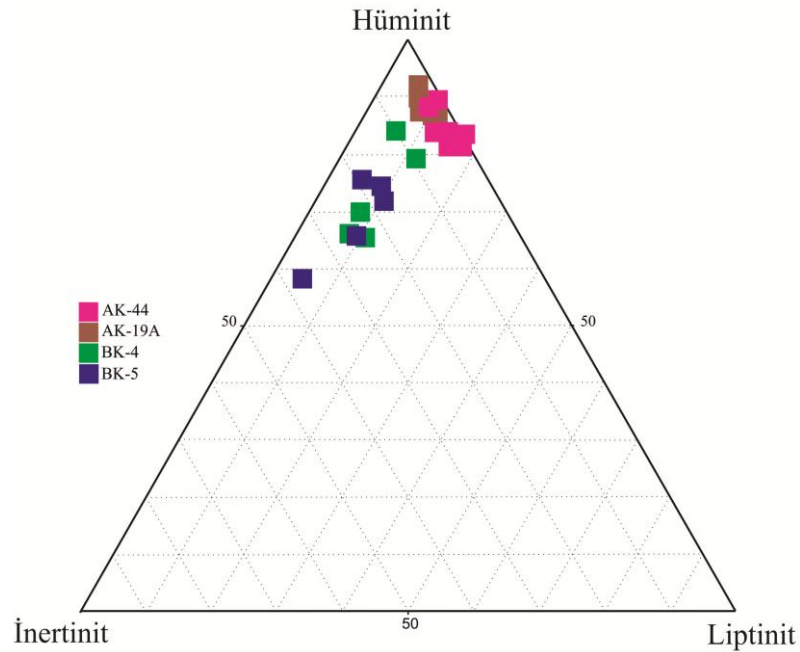
Örneklerde üstten aydınlatmalı mikroskop yardımıyla beyaz ışıktaki tanımlanan mineral maddeler kil mineralleri, karbonat mineralleri ve pirit'tir. Örneklerde gözlenen kil mineralleri genellikle detritik kökenli yığılımlar şeklinde tanımlanırken, karbonat mineralleri ise sinjenetik otojenik bantlar şeklinde gözlenmiştir. Maseral analizleri sırasında SEM-EDS analizleri ile uyumlu olarak piritler genellikle sinjenetik otojenik kökenli framboidal pirit yığılımları şeklinde gözlenmiştir. Bunlara ek olarak örneklerde SEM-EDS sonuçlarında detaylı olarak belirtildiği üzere ilksel turbalıklardaki biyojenik aktivitelerle ilişkili olan karbonat bileşimli fosil kavkaları ile silika bileşimli diatom ve olası sünger spikülü parçaları da maseral analizleri sırasında gözlenmiştir (Şekil 5.40). Bu tarz biyojenik kökenli mineral maddeler genellikle killi kömürlerde daha yaygın olarak tespit edilmiştir. Tez kapsamında incelenen örneklerde mineral maddenin tüm kömür bazında yüzdeleri %9,0-74,2 gibi oldukça geniş bir aralıkta tespit edilmiştir. Beklenildiği üzere mineral madde içeriği killi kömür, kömürlü kilitaşı/silttaşı/şeyl örneklerinde nispetten yüksek oranlarda iken düşük küllü kömür örneklerinde ise daha düşük yüzdelere sahiptir. Ayrıca havzanın kuzeyinden incelenen örneklerin yüksek kül içeriklerinden dolayı ilgili örneklerin mineral madde yüzdesi güney kesimlerine göre yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu duruma örneklerin ilksel turbalıklarına zaman zaman sedimanca zengin yüzey su girdisi ve/veya artan alkalinite sonucunda sinjenetik otojenik karbonat minerali çökelişi ile biyojenik faaliyetler sonucunda gastropod gibi karbonatlı kavkıya sahip canlıların turbalıklarda sayısının artması ile ilişkili olabilir (Querol ve ark., 1999; Ward, 2002; Karayığit ve ark., 2017). Nitekim benzer durumlar Tefenni Havzasına komşu Dombayova, Acıgöl ve Beyşehir havzalarındaki Geç Miyosen (?) -Pliyosen yaşlı kömür damarları ile Güneybatı Anadolu'da yer alan Bozdoğan ve Milas havzalarındaki Orta Miyosen yaşlı kömürleri içinde rapor edilmiştir (Querol ve ark., 1999; Büçkün ve ark., 2015; Karayığit ve ark., 2015; Tuncer ve ark., 2022; Bulut, 2023; Karahan, 2024).

Tez çalışması kapsamında incelenen dört sondaja ait kömür ve killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde ortalama %49,2 hüminit, %7,9 inertinit, %6,3 liptinit ve %36,5 mineral madde tespit edilmiştir. Bu ağırlıklı ortalamalar incelenen dört sondajın tamamında hüminit grubunun en yaygın maseral grubu olduğunu ve diğer iki maseral grubunun birbirlerine yakın oranda olmakla birlikte hüminit maseral grubu ile karşılaştırıldığında çok daha az oranda gözlemlendiğini net bir biçimde yansıtmaktadır. Mineral madde miktarı hüminit maseral grubu ile karşılaştırıldığında daha az ancak diğer

iki maseral grubuna kıyasla çok daha fazla gözlenmiştir. Hesaplanan bu değerler mineral maddeli bazda (Şekil 5.41) ve mineral maddesiz bazda (Şekil 5.42) çizilen üçgen diyagramda da açık bir şekilde görülmektedir.



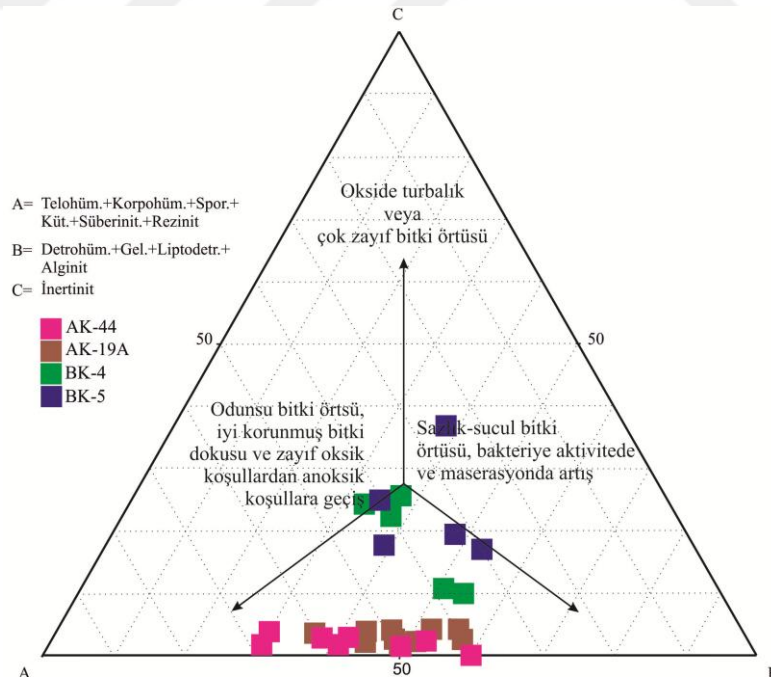
Şekil 5.41. AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin mineral maddeli bazda maseral gruplarının yüzde değerlerinin üçgen diyagram üzerinde gösterimi.



Şekil 5.42. AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin mineral maddesiz bazda maseral gruplarının yüzde değerlerinin üçgen diyagram üzerinde gösterimi.

5.5.2. Kömür Fasiyes Analizleri

Kömür fasiyes analizleri başlıca kömürün oluşmaya başladığı andaki turbalaşma sürecinden itibaren gerçekleşen tüm sedimantolojik süreçleri anlamak, kömürleşme ortamını belirlemek ve kömürün ekonomik potansiyelini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bu analizler kapsamında modelleme yapılırken turbalık yerleşim ortamının topografyası, fiziko-kimyasal özellikleri ve biriken organik madde tipi belirlenmesi amacıyla petrografik, jeokimyasal ve jeofiziksel parametreler kullanılmaktadır (Calder ve ark., 1991; Diessel, 1986, 1992; Kalkreuth ve ark., 1991; Kalaitzidis ve ark., 2004; Stach ve ark., 1982; Taylor ve ark., 1998; Teichmüller ve ark., 1989). Mukhopadhyay (1989) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Teksas'taki Wilcox, Claiborne ve Jackson Formasyonları içerisinde yer alan Tersiyer yaşlı kömürlerin petrografik, sedimantolojik ve palinolojik özelliklerinden yola çıkarak, bu kömürlerin çökelme ortamlarına dair çıkarımlar ve hidrokarbon potansiyelini değerlendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kömürlerin fasiyes özelliklerini belirlemek için çeşitli petrografik indeksler ve üçgen diyagramlar geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında her dört sondajdan alınan kömür ve killi kömür örnekleri ilk olarak Mukhopadhyay (1989) tarafından geliştirilen bu üçgen diyagramda analiz edilmiştir (Şekil 5.43).



Şekil 5.43. Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin tek bir ABC üçgen diyagramı üzerindeki konumları (Mukhopadhyay 1989'dan Türkçeleştirilerek ve düzenlenerek alınmıştır).

Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin tek bir üçgen diyagramı üzerindeki konumları incelendiğinde AK-44 ve AK-19A no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin hemen hemen hepsinin üçgenin alt kısmında yer aldığı saptanmıştır. Bu veri AK-44 ve AK-19A no'lu sondajlardan incelenen kömür ve killi kömür örneklerinin ilksel turbalıklarında anoksik koşulların yaygın olduğunu ve dolayısıyla organik maddenin korunumunun kısmen yüksek olduğunu düşündürmektedir. İncelenen ilgili örneklerde ilksel turbalıklarda anoksik varlığı destekleyen bir diğer durum ise sinjenetik framboidal pirit yığılımlarının yaygın olarak gözlenmesidir (Querol ve ark., 1989).

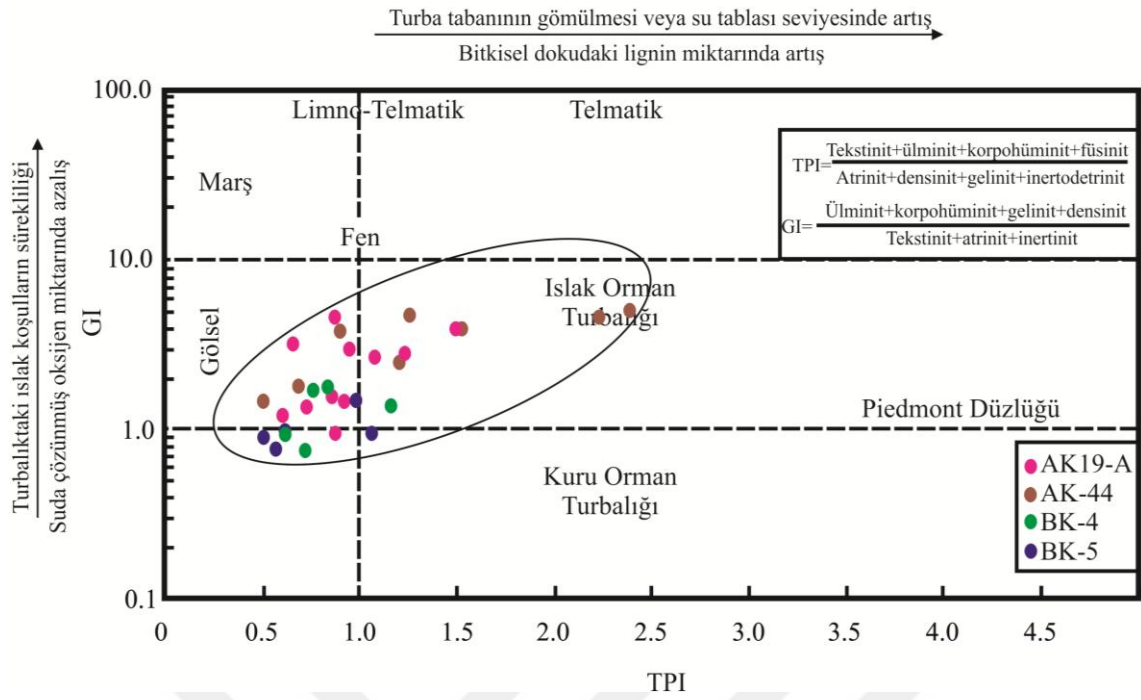
Diğer taraftan BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin yüksek inertinit içerikleri ilksel turbalıklarında oksidasyona neden olabilecek (yangın ve/veya turbalıktaki su seviyesinin düşmesi) olayların varlığına işaret eden char-rich litotip ya da charcoal (odun kömürü/yanmış bitkisel artıkların oluşturduğu bantlar/tabakalanma) rastlanmamıştır. Petrografik analizler incelendiğinde ilgili örneklerde her ne kadar semifüsinit/ füsinit maseralleri gözlenmiş olsa da baskın inertinit maserali inertodetrinit olduğu gözlenmiştir. Ayrıca inertinit maserallerinin genellikle densinitlerin hümkik jeli içinde ve/veya kil mineralleri yığılımları içinde bulunması yüksek inertinit içeriklerinin ilksel turbalıktaki oksidasyon ile ilişkili olmadığını yansıtmaktadır. İnertinit maserallerinin densinite ait hümkik jel içinde ve/veya kil minerali yığılımları içerisinde bulunması bunların allokton olarak yüzey suları ve/veya rüzgar gibi çeşitli taşıyıcı ajanlarla ilksel turbalığa taşınmış olabileceğini göstermektedir. Bu durum BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardaki örneklerde saptanan yüksek inertinit içeriğinin ilksel turbalığın etrafındaki yüksek alanlarda gelişen yangınlar sonucu ortaya çıkan odun kömürü/karbonlaşmış bitki kalıntılarının çeşitli taşıyıcı ajanlarla ilksel turbalığa taşınması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Kalaitzidis ve ark. 2009; Oskay ve ark., 2019). Tüm bu veriler bir arada değerlendirildiğinde ilksel turbalıklardaki bitki örtüsünün yaygın olarak otsul-sucul ve odunsu turba yapıcı bitkilerin bir arada bulunduğu zaman zaman odunsu bitkilerin zaman zamansa otsul-sucul bitkilerin varlığındaki artışları gösterdiği düşünülmektedir.

Kömür fasiyes analizlerinde yaygın olarak kullanılan parametrelerden biri olan Jelleşme İndeksi (GI) ve Doku Koruma İndeksi (TPI), Avustralya'daki Permiyen yaşlı kömürler için ilk olarak Diessel (1986) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu diyagram, jelleşmiş ve korunmuş bitkisel materyalin oranını, malzeme türünü, basenin gömülme tarihçesini, hümfikasyon derecesini ve bitkisel dokuların korunma düzeyini gösterir. Diğer taraftan zaman içerisinde bazı araştırmacılar (Crosdale, 1993; Kalkreuth ve ark., 1994; Wüst ve ark., 2001; Scott, 2002; Moore ve Shearer, 2003; Kalaitzidis ve ark., 2004; Amijaya ve Littke, 2005) Permiyen kömürlerinin, Tersiyer yaşlı kömürlere kıyasla daha farklı çökelme ortamlarına ve turba bitki örtüsüne sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle Diessel (1986, 1992) tarafından önerilen bu formüller, Tersiyer yaşlı kömürlerin paleo-çökelme ortamlarını yorumlamak için genellikle yetersiz ve uygun bulunmamaktadır (Kalkreuth ve ark., 1994; Kalaitzidis ve ark., 2004; Sen ve ark., 2016). Bu durumu dikkate alarak, Tersiyer yaşlı kömürler için birçok araştırmacı farklı formüller ve değerlendirme yöntemleri kullanmıştır (Bechtel ve ark., 2005; Flores, 2002; Kalaitzidis ve ark., 2004; Kalkreuth ve ark., 1991; Lamberson ve ark., 1991; Sen ve ark., 2016; Sing ve ark., 2017; Stock ve ark., 2016). Tez çalışması kapsamında hesaplanan jelleşme indeksi (GI), dokuma koruma indeksi (TPI), vejetasyon indeksi (VI) ve yer altı suyu indeksi (GWI) Çizelge 5.16'da Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından yeniden düzenlenen hesaplamalara ve grafiklere dayanan TPI-GI ve GWI-VI diyagramları ise Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'de sunulmuştur.

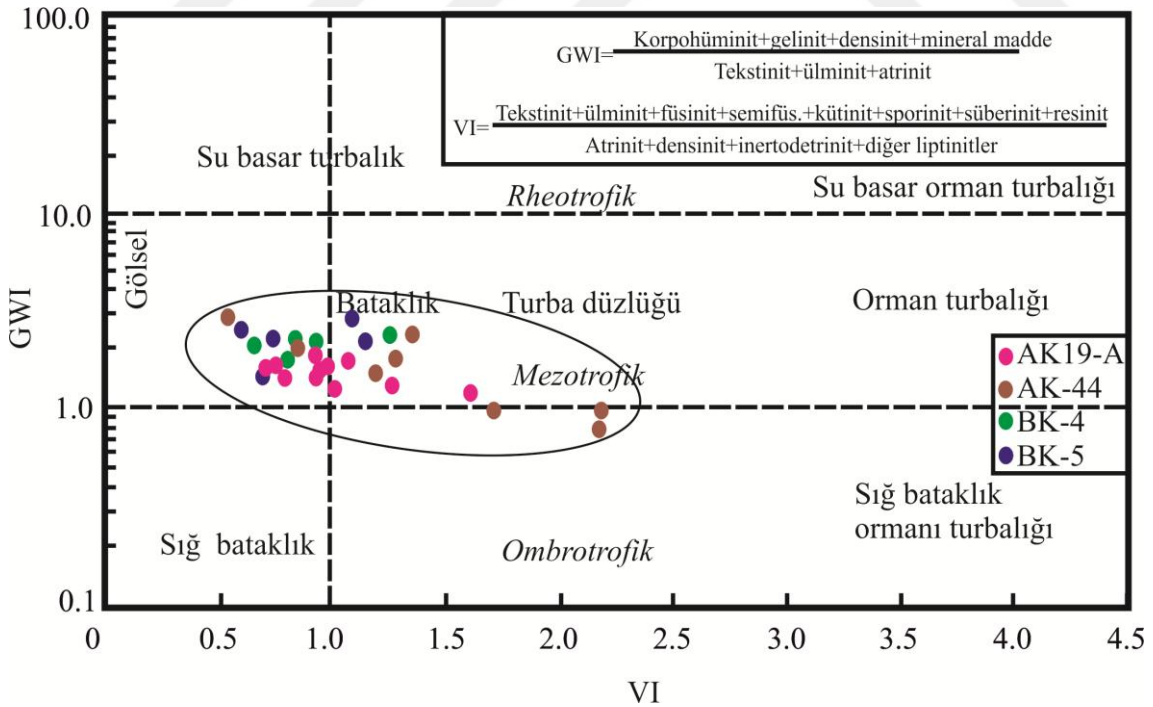
Doku koruma indeksi (Tissue Preservation Index-TPI) kömür içerisindeki bitkisel dokuların korunma derecesini ifade etmektedir. Daha düşük TPI değerleri kömürün yüksek ayrışma koşullarında oluştuğunu (bakteriyel aktivitede artış, yüksek pH, çökme-sübsidans oranının düşük olması), bitkisel malzemenin odunsu bitkilerden ziyade otsu malzemelerden oluştuğunu (gymnospermlere oranla daha bol angiosperm oranı) yansıtmaktadır (Diessel, 1986; Kolcon ve Sachsenhofer, 1999; Iordanidis ve Georgakopoulos, 2003; Singh ve ark., 2017). Tez kapsamında incelen kömür ve killi kömür örneklerin TPI değerleri geniş bir aralıkta dağılım sunmaktadır (0,5-2,4). Bu dağılım ilksel turbalıklardaki bitkisel dokuların korunumundaki farklılıklar olduğunu göstermektedir. Ancak incelenen örneklerin TPI değerlerinin genel olarak 0,5-1,0 arasında dağılım göstermesi ilksel turbalıklarda odunsu ve otsul-sucul turba yapıcı

Çizelge 5.16. Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerin hesaplanan GI, TPI, VI ve GWI değerleri.

Örnek No	Tanımlama	GI	TPI	GWI	VI
AK19A-1	Kömür (CO)	2,8	1,2	1,3	1,3
AK19A-4	Killi kömür (CSCO)	1,6	0,9	1,9	0,9
AK19A-5	Killi kömür (CSCO)	1,0	0,9	1,6	1,0
AK19A-6	Killi kömür (CSCO)	1,5	0,9	1,4	0,9
AK19A-7	Killi kömür (CSCO)	1,4	0,7	1,7	0,7
AK19A-8	Kömür (CO)	2,7	1,1	1,7	1,1
AK19A-9	Kömür (CO)	3,2	0,7	1,5	0,8
AK19A-10	Kömür (CO)	4,6	0,9	1,6	0,9
AK19A-11	Kömür (CO)	3,0	0,9	1,3	1,0
AK19A-12	Killi kömür (CSCO)	1,2	0,6	1,6	0,7
AK19A-13	Kömür (CO)	3,9	1,5	1,2	1,6
AK44-4	Kömür (CO)	3,8	0,9	1,8	1,3
AK44-5	Kömür (CO)	3,9	1,5	1,0	1,7
AK44-6	Kömür (CO)	4,6	2,2	0,8	2,2
AK44-8	Kömür (CO)	5,0	2,4	1,0	2,2
AK44-9	Kömür (CO)	4,7	1,3	1,5	1,2
AK44-10	Kömür (CO)	2,5	1,2	2,4	1,3
AK44-11	Killi kömür (CSCO)	1,5	0,5	2,9	0,5
AK44-15	Killi kömür (CSCO)	1,8	0,7	2,0	0,8
BK4-1	Killi kömür (CSCO)	1,4	1,2	2,3	1,2
BK4-2	Killi kömür (CSCO)	0,8	0,7	1,8	0,8
BK4-5	Killi kömür (CSCO)	1,8	0,8	2,2	0,9
BK4-6	Killi kömür (CSCO)	0,9	0,6	2,1	0,7
BK4-8	Kömür (CO)	1,7	0,8	2,2	0,8
BK5-1	Killi kömür (CSCO)	0,9	1,1	2,2	1,1
BK5-2	Kömür (CO)	0,8	0,6	1,5	0,7
BK5-5	Killi kömür (CSCO)	1,5	1,0	2,9	1,1
BK5-6	Killi kömür (CSCO)	0,9	0,5	2,5	0,6
BK5-8	Kömür (CO)	1,0	0,6	2,3	0,7



Şekil 5.44. Tez çalışması kapsamında AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin TPI-GI diyagramları üzerindeki dağılımları (Kalaitzidis ve ark. 2004'den düzenlenerek alınmıştır).



Şekil 5.45. Tez çalışması kapsamında AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan kömür ve killi kömür örneklerinin VI-GWI diyagramları üzerindeki dağılımları (Kalaitzidis ve ark. 2004'den düzenlenerek alınmıştır).

bitkilerin bir arada bulunduğunu işaret edebilir. Bu öngörüğü destekler biçimde ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanan AK-44 no'lu sondajdandan seçili örneklerde gerçekleştirilen palinoloji analizleri de desteklemektedir. Yapılan palinolojik analizler TPI değerlerine benzer şekilde odunsu, otsul-sucul turba yapıcı bitkilerin polenlerinin varlığını da karşımıza çıkarmaktadır. Bununla beraber AK-44 ve AK-19A no'lu sondajdan alınan bazı örneklerin TPI değerlerinin 1,5-2,5 arasında değişim göstermesi ise odunsu turba yapıcı bitkilerin zaman zaman ilksel turbalıktaki baskın bitki örtüsü haline geldiğini yansıtmaktadır. Nitekim AK44-8 no'lu kömür örneğinin palinolojik içeriğinde kozalaklı turba yapıcı bitkiler olan Taxodioideae ve Cupressaceae polenlerinin diğer örneklerle nazaran daha baskın olduğu gözlenmektedir.

Jelleşme indeksi (Gelification Index-GI) organik malzemenin turbalık ortamındaki jelleşme derecesini ifade eden parametredir. Görece yüksek GI değerleri ilksel turbalıkların yüzeyinin sürekli su altında kaldığını ve anaerobik koşulların baskın olduğunu ifade eder. Diğer taraftan düşük GI değerleri turbalıklardaki nispetten düşük su seviyesi ve/veya aerobik ayrışmanın etkin olduğu koşulları ifade etmektedir (Diessel, 1992; Singh ve ark., 2017). İncelenen kömür ve killi kömür örneklerine ait GI değerlerinin geniş bir aralık sunması (0,8-5,0) ilksel turbalıklardaki su seviyelerindeki dalgalanmalarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ancak örneklerde petrografik analizler sonucu saptanan yüksek inertinit grubu maserallerin allakton olduğu dikkate alındığında su seviyesinin daima ilksel turbalığın üstünü örtecek seviyede olduğunu göstermektedir. Ayrıca örneklerde yaygın olarak tespit edilen sinjenetik karbonat bantları ve kalkerli fosil kavkıları ise su seviyesinin 1,5 metreden aşağı düşmediğini yansıtmaktadır. Buna ek olarak örneklerde gözlenen framboidal piritler ile sinjenetik karbonatların bir arada gözlenmesi ilksel turbalığın nötr ve/veya zayıf alkalın koşullara sahip olduğunu işaret etmektedir. Bu öngörüğü destekler şekilde BK-4 ve AK-44 no'lu sondajlardan seçilen örneklerde gerçekleştirilen diatom çalışmalarında tespit edilen diatomların pH'ın zayıf asidik/zayıf alkali olduğunu yansıtmaktadır. Bu veriler artan biyojeokimyasal jelleşme sonucunda ilksel turbalıklarda organik maddenin jelleşme derecesinin artmış olduğunu işaret etmektedir. AK-44 sondajından tanımlanan örneklerin akarsu kenarı ile ilişkili olan palinomorfların varlığı ilksel turbalığın zaman zaman yüzey suyu desteğindeki artışa bağlı olarak su seviyesindeki ve su kimyasındaki değişiklikler sonucunda allakton organik madde girişi ve çevredeki Mezozoyik yaşlı karbonatlar ve

bölgedeki su kaynaklarının Pliyosen boyunca ilksel turbalıkları besleyen su kaynaklarının da kalsiyum ve magnezyumca zengin karstik akiferlerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu tarz su girdisine bağlı olarak ilksel turbalıklardaki artan kalsiyum ve sülfat ilksel turbalıktaki alkalinitedeki artışa neden olabilir. Bu durum organik maddenin kısmen jelleşmesine neden olabilecek biyojeokimyasal reaksiyonların gelişmesine sebep olmuş olabilir.

Vejetasyon indeksi (Vegetation Index-VI) kömürleşme sürecine katkıda bulunan odunsu ve otsu bitki oranını ifade etmektedir (Mukhopadhyay ve Hatcher, 1993). Tez çalışması kapsamında incelenen örneklerin VI değerleri (0,5-2,2) TPI değerlerine (0,5-2,5) benzer şekilde geniş bir aralıkta değişim sunmaktadır. Bu dağılım palinolojik verilerle de desteklendiği gibi ilksel turbalıklarda genellikle otsul-sucul ve odunsu turba yapıcı bitkilerin bir arada olduğunu göstermektedir. Ancak örneklerde TPI değerlerine benzer şekilde 1,5'un üstündeki VI değerleri odunsu turba yapıcı bitkilerin ilksel turbalıklarda zaman zaman hâkim olduğunu işaret etmektedir. Örneklerin çoğunluğunda tespit edilen 1'in altındaki VI ise ilksel turbalıklarda otsul-sucul bitkilerin özellikle helofitlerin (örneğin sazlık) yaygın olduğunu gösterebilir. Bu olasılık palinolojik analizlerle tespit edilen Nymphaeaceae (Nilüfergiller) ve Asteraceae (Papatyagiller) gibi otsul-sucul bitkilerin varlıklarındaki gözlenen artışlarla desteklenmektedir. Palinolojik verilere ek olarak seçili örneklerde gerçekleştirilen diatom çalışmaları ile tatlı su ortamında yaşayan sucul bitkilerin köklerine dolanarak yaşayan *Nitzchia sp.* ve *Cymbella sp.* gibi diatom türlerinin varlığı da ilksel turbalıklarda otsul-sucul bitkilerin varlıklarını destekleyen bir diğer kanıtlardır.

Yeraltı suyu etki indeksi (Ground Water Influence Index-GWI) bataklığın su beslenme kaynağını türünün ve ilksel turbalıklardaki su seviyesi hakkında yaklaşımlarda bulunmak amacıyla kullanılır (Calder ve ark., 1991). Genel olarak düşük GWI değerleri turbalıkların yağmur suyuyla beslendiğini ifade ederken, yüksek GWI değerleri ise turbalıkların ağırlıklı olarak yer altı suları ile beslendiğini göstermektedir (Diessel, 1986). Tez kapsamında incelenen örneklerin geniş bir aralıkta dağılım sunan GWI değerleri (0,8-2,9) ilksel turbalıklardaki su seviyelerinin ya da yer altı suyu etkisinin zaman zaman değiştiğini, 1,0'in altındaki GWI değerleri ise ilksel turbalığın zaman zaman kurumuş

olabileceğini işaret edebilir. Buna karşın AK-44 sondajından tanımlanan palinoflora ve diyatom florası ile Tefenni Havzası'nda daha önce tanımlanan gastropod faunası verileri ışığında ilksel turbalıkların su seviyesinin daima turbalığı örtecek şekilde olduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizde Trakya Havzası ve Güneydoğu Avrupa'daki Senozoyik yaşlı kömürlerin bazılarında ilksel turbalıklarda odunsu turba yapıcı bitkilerin yaygın olduğu kömürlerde GWI değerlerinin genellikle düşük olduğu gözlenmiştir (Kalaitzidis ve ark., 2004; Koukouzas ve ark., 2010; Životić ve ark., 2014; Oikonomopoulos ve ark., 2015; Mitrović ve ark., 2016; Çelik ve ark., 2017; Karayığit ve ark., 2017). Bu durum ilksel turbalıklarda yaşanmış olası kuraklıktan ziyade telohüminit maserallerinin bazı örneklerde yüksek yüzdeler sunması sonucunda gelişen maskeleyme etkisine (masking effect) bağlı olarak GWI değerlerinin düşük hesaplanmasına neden olmuş olabilmektedir. Diğer yandan bazı örneklerin yüksek GWI değerleri ise ($>1,0$) ilksel turbalıklara zaman zaman detritik malzemece zengin yüzey suyu girdisi sonucunda arttan mineral madde içeriği ile ilişkili olabilir (Siavalas ve ark., 2009; Oskay ve ark., 2016). Nitekim örneklerde SEM-EDS çalışmaları sırasında sıklıkla tanımlanan detritik kökenli kil minerali yığılımları ve aksesuar olarak tespit edilen kromit, titanit (sfen) ve Ti-oksitler bu tarz detritik malzemece zengin yüzey suyu girdileri diğer kanıtıdır.

Tez kapsamında incelenen örneklerin kömür fasiyes, mineraloji ve palinofloral veriler ışığında Pliyosen boyunca Tefenni Havzası'nda limno-telmatik (göl kenarı) koşullarında gelişen ilksel turbalıkların yaygın olmakla beraber zaman zaman ıslak orman turbalık koşullarıyla (telmatik) ilişkili olabilecek koşulların geliştiğini göstermektedir. Pliyosen boyunca göl seviyesindeki değişimlere bağlı olarak turbalık yerleşimin kesilmiş ve kömür damarlarında ara kesmeler şeklinde iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşları çökelmiştir. İncelenen kömür ve killi kömür örneklerinde genellikle karbonat minerallerinin hâkim olması ise ilksel turbalıkların karbonatça zengin yeraltı suyu ile desteklenmiş olması ile ilişkilidir. Bunun sonucunda örneklerde yaygın olarak karbonat bileşimli fosil kavrıkları ile alkalın koşullarla ilişkili diyatom türleri sıklıkla tanımlanmıştır. Bu durum örneklerin yüksek GI değerleri sunmalarına neden olmuştur. Nitekim, Güneybatı Anadolu'da Tefenni Havzasına komşu Acıgöl, Dinar ve Beyşehir havzalarındaki Geç Miyosen (?) -Pliyosen yaşlı Çardak, Dombayova ve Şarkıkaraağaç kömür sahalarında da benzer koşullar rapor edilmiştir. Sonuç olarak Tefenni Havzasında

incelenen kömür damarları Pliyosen boyunca komşu havzalara benzer iklimsel koşullar ve bitki örtüsü sunduğu gözlenmektedir.

5.5.2. Hüminit Yansıtmasının Ölçümü

Tez çalışması kapsamında incelenen dört adet tümüyle sondajlı karot örneklerinden seçilen yedi adet kömür örneğinde kömürleşme derecesinin tespit edilebilmesi amacıyla hüminit yansıtması (ülminit) ölçümleri (%Rr) gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.17). Çalışma kapsamında seçilen kömür örneklerinde en az 50 adet noktadan yansıtma ölçümü alınmış olup, değerlendirme yapılırken ölçümlerin aritmetik ortalaması dikkate alınmıştır. Alınan bu ortalama değerlere ait standart sapmalar da belirlenmiştir. Yansıtma ölçümü için seçilen kömür örneklerinde rastgele yüzde ülminit yansıtmasının ortalama değerleri ve standart sapmaları $0,29 \pm 0,03$ olarak ölçülmüştür (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17. Tez kapsamında seçilen kömür örneklerinin rastgele yüzde ülminit yansıtmaları.

Örnek No	Tanımlama	Ortalama	Stdev
AK19A-1	Kömür	0,30	0,01
AK19A-13	Kömür	0,28	0,03
AK44-8	Kömür	0,31	0,02
AK44-9	Kömür	0,28	0,03
BK4-8	Kömür	0,29	0,03
BK5-2	Kömür	0,30	0,03
BK5-8	Kömür	0,28	0,03

Tez kapsamında, daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere, dört sondajdan incelenen kömür örneklerinin nemli, mineral-maddesiz bazda (Mmmf) üst ısı değeri (5444 Btu/lb) ASTM D388 (2019) sınıflamasında Tefenni Havzasında (Burdur) alanında yer alan kömürlerin kömürleşme derecesinin “linyit” aşamasında kömürleşme derecesine sahip olduğunu göstermektedir. ASTM sınıflandırmasına benzer şekilde Stach ve ark. (1982)’ye göre değerlendirilen rastgele yüzde ülminit yansıtmaları da ($0,29 \pm 0,03$) incelenen kömür örneklerinin ‘linyit’ aşamasında kömürleşme derecesine sahip olduğunu göstermiştir.

5.6. Rock-Eval Analiz Sonuçları ve Hidrokarbon Üretme Potansiyeli

Çalışma kapsamında örnekler üzerinde gerçekleştirilen Rock-Eval analiz sonuçları Çizelge 5.18’de sunulmuştur.

Tez kapsamında incelenen AK-19A no’lu sondajdan alınan kömür örneklerinin sırasıyla S₁, S₂ ve S₃ pik sınır değerleri 3,29-5,84 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 4,81 mg HC/g kayaç), 47,35-74,38 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 65,42 mg HC/g kayaç) ve 13,1-23,36 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 20,05 mg CO₂/g kayaç) olarak ölçülmüştür (Çizelge 5.18). Bu değerler AK-44 no’lu sondajdan alınan kömür örneklerinde sırasıyla 0,96-2,55 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 1,80 mg HC/g kayaç), 48,13-83,24 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 65,63 mg HC/g kayaç) ve 8,38-11,63 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 10,29 mg CO₂/g kayaç) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.18). BK-4 no’lu sondajda tanımlanan bir adet kömür örneğinde bu değerler sırasıyla 3,41 mg HC/g kayaç, 45,62 mg HC/g kayaç ve 17,96 mg CO₂/g kayaç olarak ölçülmüştür. BK-5 no’lu sondajdan alınan iki adet kömür örneğinde ise bu sınır değerler 1,90-5,54 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 4,43 mg HC/g kayaç), 24,36-47,62 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 40,11 mg HC/g kayaç) ve 8,44-16,24 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 13,85 mg CO₂/g kayaç) olarak tespit edilmiştir. Tüm kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde ağırlıklı ortalama 3,61 mg HC/g kayaç, S₁, 54,29 mg HC/g kayaç S₂ ve 15,54 CO₂/g kayaç S₃ pik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.18).

Tez kapsamında incelenen killi kömür örneklerinin S₁, S₂ ve S₃ pik sınır değerleri sırasıyla AK-19A no’lu sondajda 1,91-5,66 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 3,88 mg HC/g kayaç), 17,71- 42,65 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 30,20 mg HC/g kayaç) ve 8,97-12,39 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 10,78 mg CO₂/g kayaç) olarak bulunulmuştur. Bu değerler AK-44 no’lu sondajdan alınan killi kömür örneklerinde 2,24-3,02 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 2,40 mg HC/g kayaç), 37,17-45,74 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 38,90 mg HC/g kayaç) ve 5,18-6,74 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 6,42 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18. Tez kapsamında AK-19A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerin yüzeyden derinlikleri, kuru bazda %kül içerikleri, TOC (wt%) ve Rock-Eval analiz sonuçları.

ÖRNEK NO		YÜZEYDEN DERİNLİK(m)		% Kül (db)	TOC (wt%)	S ₁ (mg HC/g kayaç)	S ₂ (mg HC/g kayaç)	S ₃ (mg CO ₂ /g kayaç)	Tmax (°C)	HI (100*S ₂ /TOC)	OI (100*S ₃ /TOC)	PI (S ₁ /(S ₁ +S ₂))
AK19A-1	CO	433,70	434,00	39,6	36,36	3,29	51,14	16,55	428	140	45	0,09
AK19A-2	ZC	439,40	439,75	71,0	17,41	2,48	28,53	9,06	428	163	52	0,09
AK19A-3	ZT	440,20	440,60	71,3	15,44	2,76	17,24	7,94	424	111	51	0,21
AK19A-4	CSCO	442,00	442,40	60,3	22,96	1,91	26,84	10,98	432	116	47	0,10
AK19A-5	CSCO	442,40	443,60	70,1	18,11	2,43	17,71	8,97	421	97	49	0,15
AK19A-6	CSCO	443,80	444,60	57,0	26,21	5,56	36,76	12,39	424	140	47	0,23
AK19A-7	CSCO	444,60	445,10	57,3	25,12	5,66	42,65	11,30	429	169	45	0,20
AK19A-8	CO	445,10	446,10	50,1	31,17	5,84	47,35	13,10	427	151	42	0,18
AK19A-9	CO	446,10	448,10	35,0	39,47	5,28	61,97	21,69	428	156	54	0,14
AK19A-10	CO	448,10	450,10	25,3	47,42	4,67	72,96	21,79	429	153	45	0,09
AK19A-11	CO	450,10	452,10	27,5	43,9	3,93	68,42	19,16	432	155	43	0,09
AK19A-12	CSCO	456,25	456,65	57,6	29,15	4,64	42,37	12,18	430	145	41	0,16
AK19A-13	CO	458,90	459,80	20,3	50,71	5,43	74,38	23,36	430	146	46	0,12
AK44-1	ZH	403,75	404,3	63,3	15,10	2,07	56,16	4,22	437	372	27	0,04
AK44-2	ZH	404,3	404,7	65,3	15,36	2,68	73,71	3,84	436	479	25	0,04
AK44-3	CSLS	408,8	409,0	55,2	1,17	0,25	8,60	0,63	434	737	54	0,03
AK44-4	CO	409	409,5	37,2	31,64	1,82	48,13	8,38	431	152	26	0,05
AK44-5	CO	409,5	411,35	21,6	44,41	2,03	68,22	10,43	431	153	23	0,03
AK44-6	CO	411,35	413,35	19,5	44,86	0,96	64,29	11,63	426	143	25	0,02
AK44-7	CSLS	413,35	413,74	54,2	1,97	0,39	11,51	1,38	436	583	70	0,03
AK44-8	CO	413,74	414,14	19,8	48,37	2,55	83,24	10,90	432	172	22	0,03
AK44-9	CO	414,14	416,14	28,3	41,36	1,88	72,41	10,45	434	175	25	0,03
AK44-10	CO	416,14	418,14	44,6	30,69	2,20	58,64	9,01	437	191	29	0,04
AK44-11	CSCO	418,14	418,64	62,5	22,42	3,02	45,74	5,18	437	204	23	0,07
AK44-12	ZC	418,64	418,84	79,7	11,72	1,96	19,11	3,61	434	163	30	0,12
AK44-13	ZC	419,06	419,32	73,1	15,15	1,97	21,98	4,75	435	145	31	0,10
AK44-14	XC	419,32	419,56	88,1	11,11	0,98	4,35	2,89	432	39	26	0,28
AK44-15	CSCO	419,56	421,53	57,5	24,20	2,24	37,17	6,74	433	153	27	0,07
AK44-16	CSLS	421,53	421,73	71,4	6,28	0,88	8,68	2,56	434	138	40	0,13
BK4-1	CSCO	87,72	88,08	58,2	20,4	4,93	32,21	10,10	422	157	49	0,23
BK4-2	CSCO	113,75	114,05	58,4	12,18	2,99	20,96	7,18	431	172	58	0,21
BK4-3	ZC	114,05	114,53	72,7	8,91	1,41	11,40	5,57	429	128	62	0,19
BK4-4	CSLS	122,30	122,53	78,5	2,2	0,43	1,58	2,56	423	71	116	0,39
BK4-5	CSCO	122,53	123,22	60,9	19,71	3,19	28,17	9,74	427	142	49	0,18
BK4-6	CSCO	123,70	124,08	55,9	15,97	2,78	24,17	8,83	430	151	55	0,17
BK4-7	ZC	140,52	140,72	57,6	3,26	2,34	13,66	4,19	437	418	128	0,24
BK4-8	CO	140,72	141,50	37,6	36,52	3,41	45,62	17,96	429	124	49	0,08
BK5-1	CSCO	76,16	76,40	56,4	18,09	3,96	25,86	9,75	421	142	53	0,23
BK5-2	CO	84,58	84,84	46,8	12,15	1,90	24,36	8,44	425	200	69	0,09
BK5-3	ZC	105,16	105,60	56,7	6,86	4,05	21,20	6,30	430	308	91	0,28
BK5-4	ZC	105,60	106,10	68,9	12,86	5,12	23,66	7,37	423	184	57	0,33
BK5-5	CSCO	109,72	110,17	60,9	20,37	7,18	35,33	9,94	422	173	48	0,33
BK5-6	CSCO	110,17	110,72	57,1	18,85	4,81	31,90	10,74	427	169	56	0,25
BK5-7	ZT	127,95	128,15	54,3	12,2	3,95	23,21	7,44	435	190	60	0,26
BK5-8	CO	128,15	128,74	33,8	33,65	5,54	47,62	16,24	424	141	48	0,15
BK5-9	ZT	128,74	129,04	58,7	5,36	2,55	10,80	3,50	433	201	65	0,35

Tez çalışması kapsamında incelenen BK-4 no'lu sondajda ise bu değerler 2,78- 4,93 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 3,43 mg HC/g kayaç), 20,96-32,21 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 26,88 mg HC/g kayaç) ve 7,18-10,1 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 9,17 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan BK-5 no'lu sondajda 3,96-7,18 mg HC/g kayaç S₁ (ağırlıklı ort. 5,51 mg HC/g kayaç), 25,86-35,33 mg HC/g kayaç S₂ (ağırlıklı ort. 31,98 mg HC/g kayaç) ve 9,75-10,74 mg CO₂/g kayaç S₃ (ağırlıklı ort. 10,26 mg CO₂/g kayaç) pik sınır değerleri hesaplanmıştır. Tüm killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde ağırlıklı ortalama 3,80 mg HC/g kayaç, S₁, 31,99 mg HC/g kayaç S₂ ve 9,16 mg CO₂/g kayaç S₃ pik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.18).

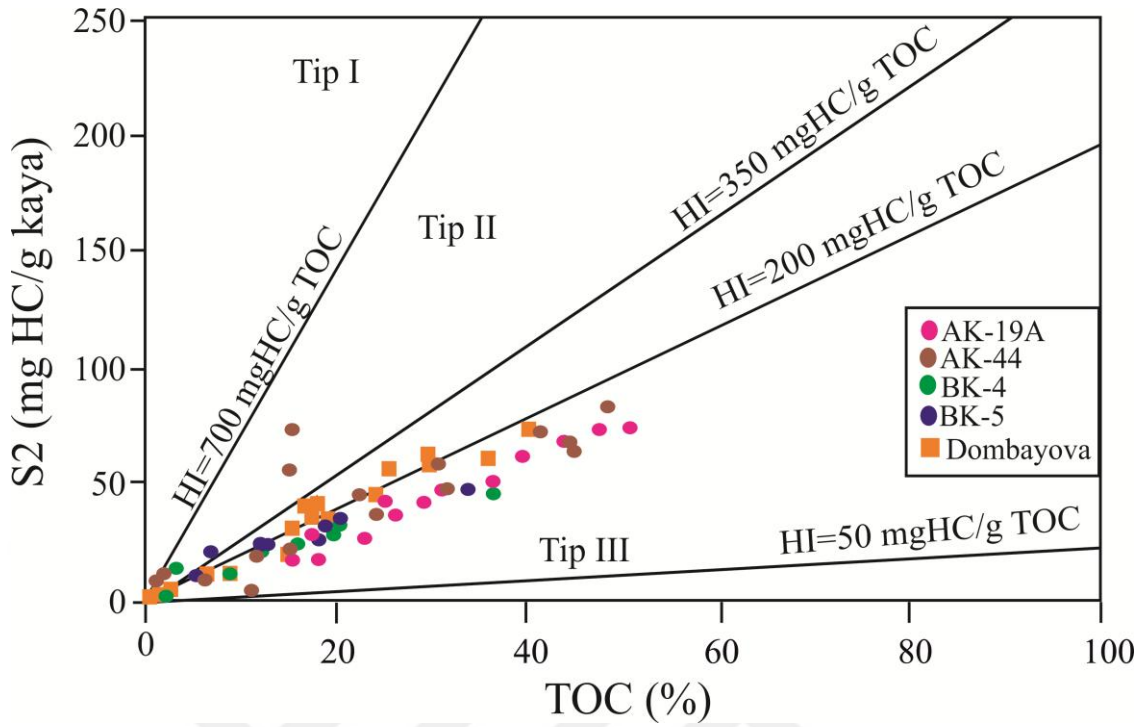
Kömürlü silttaşlarında S₁, S₂ ve S₃ pik sınır değerleri AK19-A no'lu sondajdan alınan bir örnekte 2,76 mg HC/g kayaç, 17,24 mg HC/g kayaç ve 7,94 mg CO₂/g kayaç olarak ve BK-5 no'lu sondajdan alınan iki örnekte sırasıyla 2,55-3,95 mg HC/g kayaç, 10,80-23,21 mg HC/g kayaç ve 3,50-7,44 mg CO₂/g kayaç olarak bulunulmuştur. Tüm kömürlü silttaşı örnekleri bir arada değerlendirildiğinde 2,93 mg HC/g kayaç S₁, 16,50 mg HC/g kayaç S₂ ve 6,51 mg CO₂/g kayaç S₃ pik değerleri hesaplanmıştır.

Kömürlü kilttaşlarında S₁, S₂ ve S₃ pik sınır değerleri AK1-9A no'lu sondajdan alınan bir örnekte sırasıyla 2,48 mg HC/g kayaç, 28,53 mg HC/g kayaç ve 9,06 mg CO₂/g kayaç ve AK-44 no'lu sondajdan alınan iki örnekte ise 1,96-1,97 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 1,97 mg HC/g kayaç), 19,11-21,98 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 20,73 mg HC/g kayaç) ve 3,61-4,75 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 4,25 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan BK-4 no'lu sondajdan alınan iki örnekte 1,41-2,34 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 1,68 mg HC/g kayaç), 11,40-13,66 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 5,16 mg HC/g kayaç) ve 4,19- 5,57 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 5,16 mg CO₂/g kayaç) olarak bulunulmuştur. BK-5 no'lu sondajdan alınan iki adet kömürlü kilttaşı örneğinde ise S₁ pik değerleri 4,05-5,12 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 4,62 mg HC/g kayaç), S₂ pik değerleri 21,20-23,66 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 22,52 mg HC/g kayaç) ve S₃ pik değerleri 6,30-7,37 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 6,87 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır. Tüm kömürlü kilttaşı örnekleri bir arada değerlendirildiğinde 2,69 mg HC/g kayaç S₁, 20,96 mg HC/g kayaç S₂ ve 6,34 mg CO₂/g kayaç S₃ pik değerleri hesaplanmıştır.

Yalnızca AK-44 no'lu sondajda tanımlanan iki adet kömürlü şeyl örneğinin S₁ pik değerleri 2,07-2,68 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 2,33 mg HC/g kayaç), S₂ pik değerleri 56,16 -73,71 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 63,55 mg HC/g kayaç) ve S₃ pik değerleri 3,84-4,22 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 4,06 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan gene yalnızca AK-44 no'lu sondajda bir adet örnekte tanımlanan karbonlu kilitaşı örneğinde bu değerler 0,98 mg HC/g kayaç, 4,35 mg HC/g kayaç ve 2,89 mg CO₂/g kayaç olarak bulunulmuştur (Çizelge 5.18).

İz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örnekleri AK-44 no'lu sondajda üç örnekte ve BK-4 no'lu sondajda 1 örnekte tanımlanmıştır. AK-44 no'lu sondajda iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı örneklerinin S₁, S₂ ve S₃ pik sınır değerleri sırasıyla 0,25-0,88 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 0,48 mg HC/g kayaç), 8,60-11,51 mg HC/g kayaç (ağırlıklı ort. 10,06 mg HC/g kayaç) ve 0,63-2,56 mg CO₂/g kayaç (ağırlıklı ort. 1,49 mg CO₂/g kayaç) olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan BK-4 no'lu sondajdan alınan bir örnekte (BK4-4) bu değerler sırasıyla 0,43 mg HC/g kayaç, 1,58 mg HC/g kayaç ve 2,56 mg CO₂/g kayaç olarak hesaplanmıştır. Tüm killikireçtaşı örnekleri bir arada değerlendirildiğinde 0,45 mg HC/g kayaç S₁, 5,82 mg HC/g kayaç S₂ ve 2,02 mg CO₂/g kayaç S₃ pik değerleri hesaplanmıştır.

Tez kapsamında incelenen örnekler ilk olarak Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından geliştirilen TOC (%)-S₂ (mg HC/ g kayaç) – diyagramı üzerinde incelenmiştir. İncelenen diyagramda hümik kömürlerden beklenildiği üzere Tip III kerojenin baskın olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Şekil 5.46). Nitekim tez kapsamında incelenen örneklerin petrografik analiz sonuçlarında Tip III kerojenin karşılığı olan hüminit maserallerinin baskın maseral grubu olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 5.46). Bununla beraber AK-44 no'lu sondajdan incelenen iki örneğin (AK44-1 ve -2) diğer örneklerden farklı olarak Tip II kerojen bölgesinde konumlandığı gözlenmiştir. AK-44 no'lu sondajdan incelenen bu iki örneğin petrografik analizlerine bakıldığında liptinit maserali yani Tip II kerojeninin diğer örneklere oranla nispeten daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Ancak Langford ve Blancvalleron (1990) tarafından geliştirilen TOC (%)-S₂ (mg HC/ g kayaç) diyagramının kömürlerden ziyade düşük karbon içerikli şeyl ve bitümlü şeyller için geliştirildiği göz önüne alındığında bu diyagramın yorumlamalarda kısıtlı olabileceği düşünülmektedir.



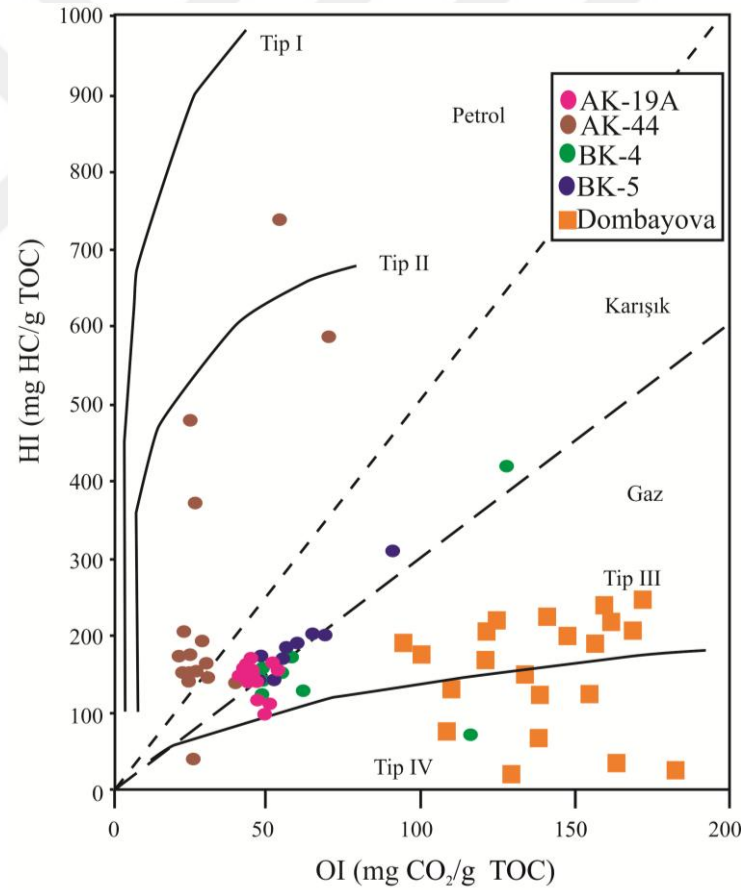
Şekil 5.46. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerin TOC-S₂ değerlerinin Dombayova sahasında yer alan örneklerle karşılaştırılması (İlgili şekil Langford ve Blanc-Valleron, 1990'dan değiştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).

Rock-Eval piroliz analizlerinde geleneksel anlamda en yaygın kullanılan Pseudo-van Krevelen diyagramı incelendiğinde örneklerin ağırlıklı olarak Tip III ve karışık Tip III-Tip II bölgesinde dağılım sundukları gözlenmektedir. Psudo-van Krevelen diyagramında ise AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örnekler gaz ve karışık hidrokarbon türetme alanında dağılım göstermektedir. Diğer taraftan AK-44 no'lu sondajdan alınan örneklerin ise petrol alanında dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu durum örneklerde gözlenen detrohüminit maseralleri ile beraber bulunan liptinit maserallerinin varlığı ile ilişkili olabilir. Buna karşın yine AK-44 no'lu sondajdan incelenen dört örneğin (AK44-1, -2, -3 ve -7) HI değerlerinin yine aynı sondajdan incelenen kömür örneklerine göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu örneklerin maseral analizlerinde Tip II kerojene denk gelen karasal liptinit maseralleri (sporinit ve liptodetrinit) ve palinoloji bölümünde bahsedileceği üzere tatlı su algleri ile ilişkili

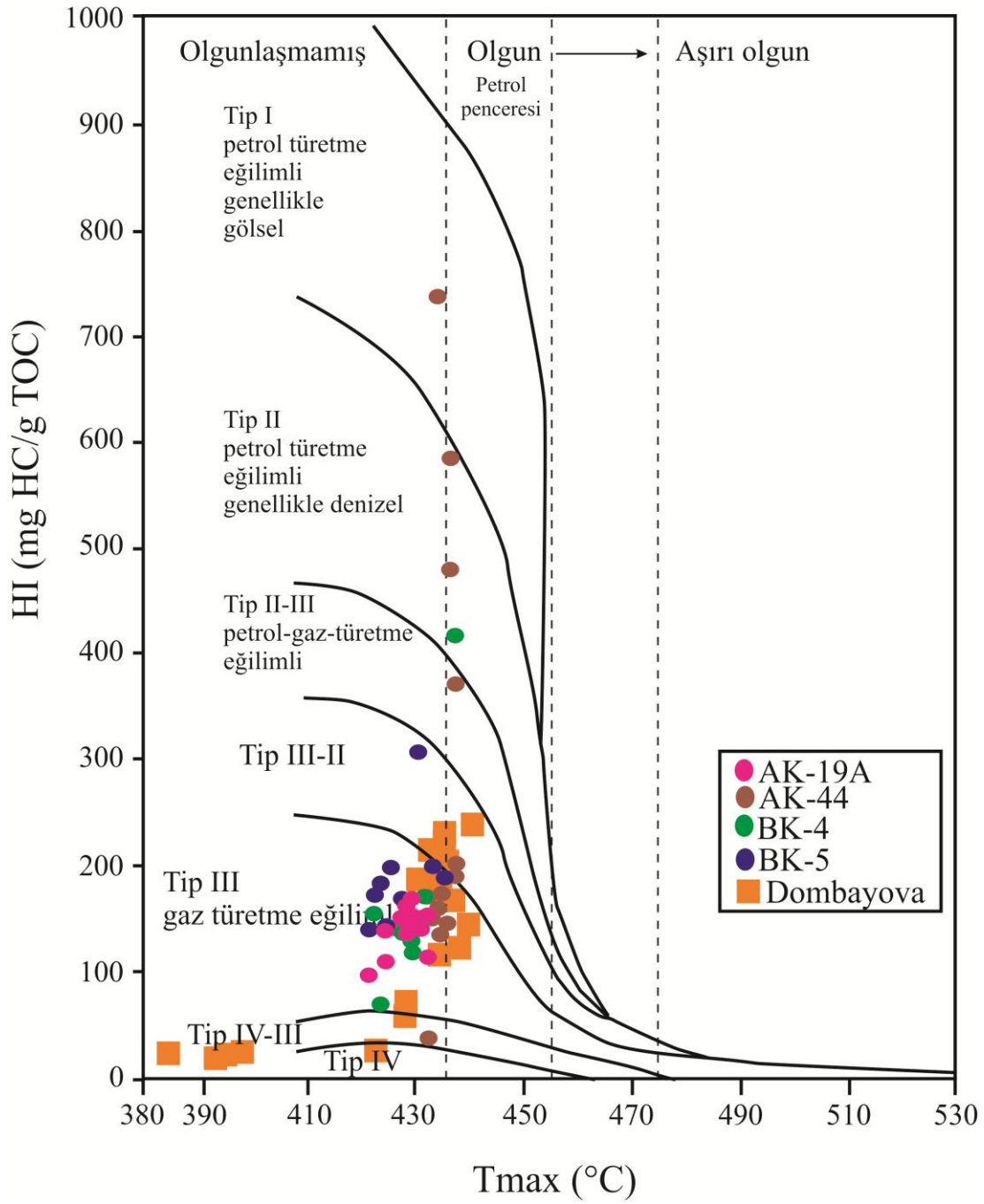
olabilecek alginit maseralleri tespit edilmiştir. Bundan dolayı incelenen bu örneklerin HI değerleri diğer örneklere oranla çok daha yüksek çıkmıştır. Havzanın güneyinde yer alan Tez kapsamında incelenen örneklerin OI değerleri nispetten yüksek olarak tespit edilmiştir. Hümik kömürlerin yüksek OI değeri sunmaları genellikle karbonat minerallerin piroliz sırasında kırılmasıyla ortaya çıkabilecek CO ve CO₂ gazlarının S₃ piki değerlerini yükseltmesi ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Nitekim benzer durumlar Geç Miyosen (?) - Pliyosen yaşlı Dombayova kömürlerinde (Bulut, 2023) de rapor edilmektedir (Şekil 5.47). Bununla beraber AK-44 no'lu sondajdan incelenen örneklerin OI değerlerinin diğer sondajlara oranla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 5.18). Bütün örneklerde karbonat minerallerinin baskın ve yaygın faz olduğu dikkate alındığında gözlemlenen bu farka örneklerin maseral içeriğindeki farklılıkların sebep olmuş olabileceği düşünülmektedir (Escobar ve ark., 2016; Kalaitzidis ve ark., 2010; Karayığit ve ark., 2018a). Çünkü hümik kömürlerde OI değerlerinin yüksek olmasının mineralojik içerikten başka iki ana sebebi bulunmaktadır. Birinci sebep özellikle mostralardan alınan örneklerde gelişen yüzey alterasyonu ile ilişkili olabilir. Ancak tez kapsamında incelenen örneklerin tamamının sondaj karotlarından derlenmesi ve zaman kaybetmeden muhafaza edildiği dikkate alındığında bu olasılık incelenen örnekler için geçerli olmadığı görülmektedir. Diğer bir olasılık ise incelenen örneklerde maseral analizleri sırasında tespit edilen inertinit grubu maserallerinin bolluk yüzdeleri arasındaki farklılıklar olabilir (Hunt, 1991; Petersen ve Rosenberg, 2000; Kalaitzidis 2004; Petersen et al., 2009; Gross et al., 2015; Çelik ve ark., 2017; Oskay ve ark., 2019). Bu varsayımı destekler şekilde AK-44 no'lu sondajdan incelenen örneklerin maseral analiz sonuçları incelendiğinde inertinit grubu maserallerinin genellikle %1'in altında olduğu ve yaygın olarak inertodetrinit maserali olarak karşımıza çıktığı gözlenmiştir. İnertinit maserallerinin diğer sondajlara oranla daha yüksek olduğu BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerde ise OI değerlerinin diğer sondajlara oranla yüksek olduğu gözlenmiştir (Çizelge 5.18). Bu veriler ışığında S₃ piki ve dolayısıyla OI değerlerinin tez kapsamında incelenen örneklerde inertinit maserallerinin dağılımı ile kontrol edildiği ortaya çıkmaktadır.

Benzer şekilde Rock-Eval piroliz sonuçlarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan T_{max}-HI diyagramında ise incelenen örnekler S2-Tmax ve pseudo van Kreveln grafiklerine benzer şekilde Tip III ve karışık Tip II- III bölgesinde yaygın bir dağılım

sundukları gözlenmiştir (Şekil 5.47). Buna ek olarak T_{max} -HI diyagramında AK-44 no'lu sondajdan alınan AK44-1 ve -2 ve BK-4 no'lu sondajdan alınan BK4-7 no'lu örnekler ise denizel kökenli olabilecek Tip II kerojenin yaygın olduğu alanlarda dağılım göstermektedir. Bununla beraber en yüksek HI değerine sahip AK44-3 (737 mg HC/ g TOC) örneği ise gölsel kökenli olabilecek Tip I kerojen bölgesinde gözlemlenmiştir (Şekil 5.48). AK-44 no'lu sondajında gerçekleştirilen palinolojik analizler incelendiğinde tatlı su alglerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu durum dikkate alındığında Tip II bölgesinde olası denizel koşulları ifade eden örneklerin denizel girdiden ziyade kil yığılımları içerisindeki liptodetrinit ve sporinit gibi karasal kökenli liptinit maseralleri ve tatlı su algleri ile ilişkili olabilecek alginit maserallerinin varlığından dolayı ilgili AK44-1, -2, -3 ve BK4-7 no'lu örneklerin denizel kökenli kerojenlerin hâkim olduğu alanda dağılım göstermesine neden olmuştur.



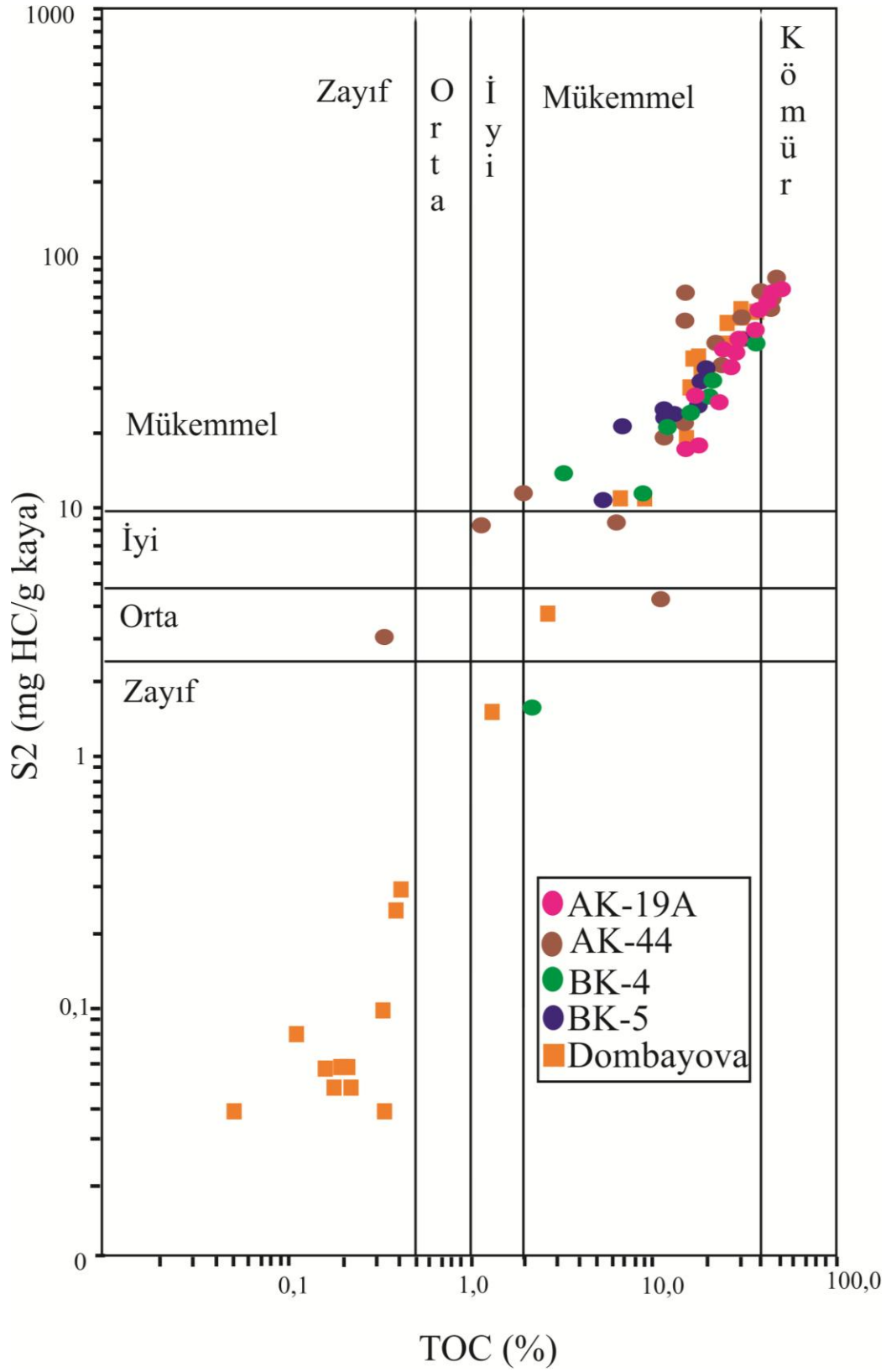
Şekil 5.47. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örnekler ile Dombayova sahasında yer alan örneklerin pseudo-van Krevelen diyagramı üzerindeki dağılımları (İlgili şekil Peters, 1986'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).



Şekil 5.48. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin T_{max} değerlerinin HI değerleriyle karşılaştırılması (İlgili şekil Peters, 1986'dan Türkçeleştirilmiştir. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).

Hümik kömürler son yıllarda geleneksel olmayan hidrokarbon kaynak kayaç olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Bu durumun başlıca sebebi Endenozya'daki Neojen, Kuzey Denizin'deki Jura ve Yeni Zellanda'daki olgun ve aşırı olgun Senozoyik yaşlı kömürlerden elde edilen verilerin hümik kömürlerin kaynak kaya potansiyeline sahip olabilecek şekilde karışık Tip III-II ve tip II kerojenlerini içermesiyle ilişkilidir (Crosdale, 1993). Bununla beraber bu çalışmalar hümik kömürlerin hidrokarbon türetme potansiyeline sahip olabilmesi için damar kalınlığının yaklaşık 0,50 m'den fazla ve toplam hüminit ve liptinit (karışık Tip III-II kerojen) içeriğinin ise mineral maddesiz bazda %80'den fazla olması gerektiğini rapor etmektedir (Hunt, 1991; Bojesen-Koefoed ve ark., 1996; Wilkins ve George, 2002; Petersen, 2002, 2009). Tez kapsamında incelenen Tefenni Havza'sındaki sondajlarında kesilen kömür damarlarının ortalama kalınlıkları, maseral içerikleri ve yüzeyden derinlikleri dikkate alındığında ilgili kömürlerin hidrokarbon türetme ve/veya CBM (coal bed methan) potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir (Şekil 5.48).

Tez kapsamında incelenen örneklerin hidrokarbon türetme potansiyelini belirlemek amacıyla ilk olarak Dembicki (2009) tarafından modifiye edilmiş TOC-S₂ diyagramındaki dağılımları incelenmiştir (Şekil 5.49). Düşük kül içeriğine sahip örnekler beklenildiği üzere bu diyagramda kömür bölgesinde dağılım gösterirken, örneklerin ağırlıklı bir kısmı ise mükemmel kaynak kaya alanında dağılım sunmaktadır. Ancak incelenen bütün örneklerde sıvı hidrokarbon üretimini işaret edecek ikincil liptinit maserali (örn. eksudatanit) tespit edilmediği dikkate alındığında ilgili örneklerin petrol türetme potansiyeli düşük olabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber ilgili örneklerde yaygın olarak sinjenetik karbonat bantlarının varlığından dolayı kül içerikleri diğer örneklerle göre nispetten yüksektir. Bunun sonucunda TOC içeriklerindeki düşüş sonucunda ilgili örnekler mükemmel kaynak kaya alanında dağılım göstermesine neden olmuştur. Bu veriyi destekler şekilde komşu Dinar Havzas'ında karbonat minerallerinin yaygın olduğu Geç Miyosen (?)-Pliyosen yaşlı Dombayova kömürlerinde de kül içeriği yüksek olan kömür örneklerinin bir kısmı mükemmel kaynak kaya alanında dağılım sunduğu rapor edilmiştir (Bulut, 2023). Dolayısıyla Tefenni Havzasından incelenen örneklerin ilgili diyagramdaki dağılımları gaz türetme potansiyelini işaret edebilir.



Şekil 5.49. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin TOC-S₂ değerlerinin karşılaştırılması (İlgili şekil Dembicki, 2009'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).

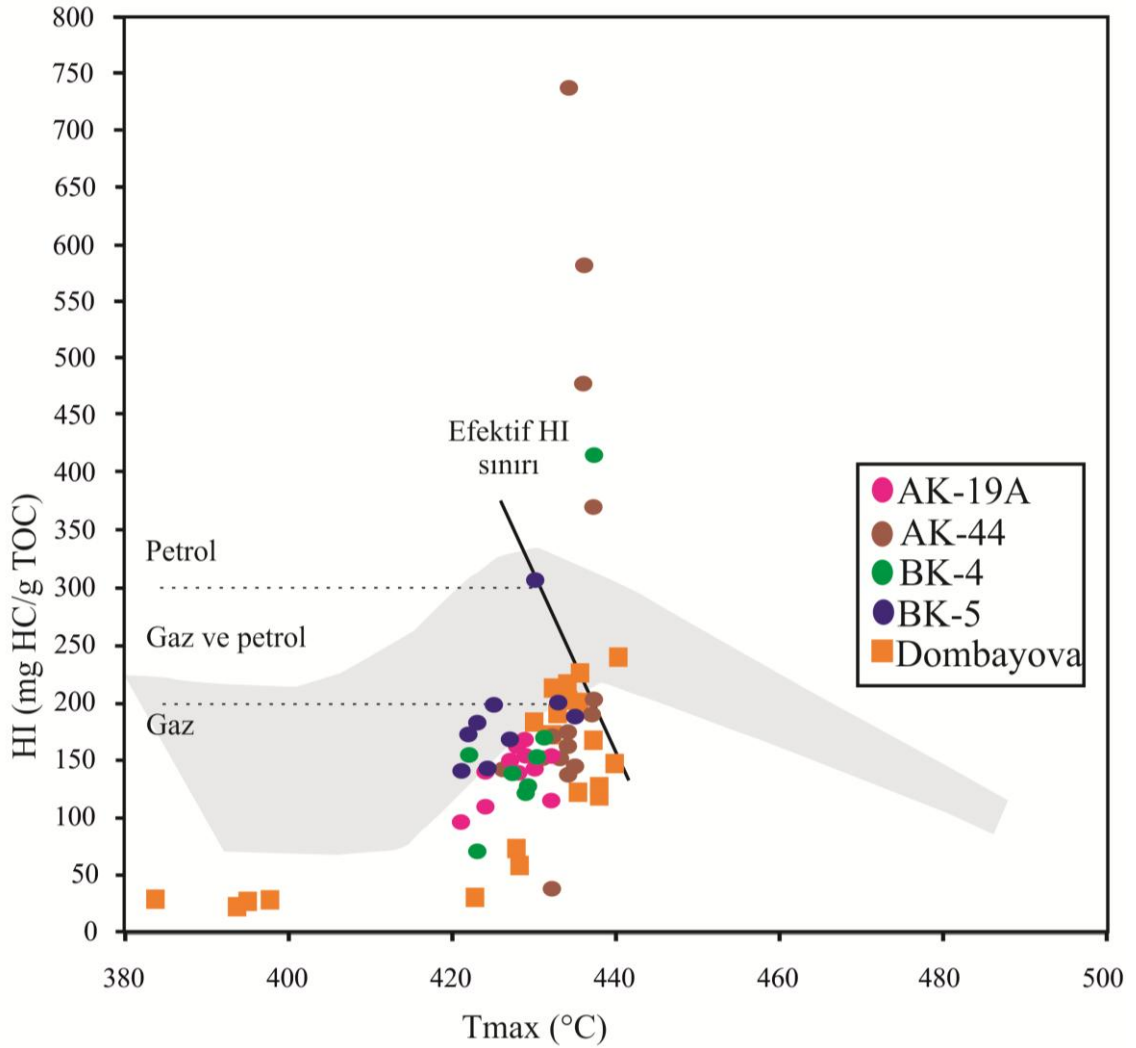
Geleneksel anlamda bir hümik kömürün gaz türetebilmesi için HI değerinin 150/200 mg HC/g TOC arasında olması gerektiği rapor edilmiştir (Hunt,1990). Bununla beraber sıvı hidrokarbon türetebilmesi için ise bu değerin ağırlıklı olarak 250-300 mg HC/g TOC eşiğini aşması gerektiği ortaya konulmuştur. Bu veri ışığında tez kapsamında incelenen bazı örneklerin (örn. AK44-1 ve -2 ile BK4-7) sıvı hidrokarbon türetme potansiyeline sahip olabileceği düşünülebilir (Şekil 5.48). Ancak son yıllarda Rock-Eval piroliz sonuçlarına hümik kömürlerin ve maseral içeriklerinin etkisi bariz bir şekilde ortaya konulması sonucunda özellikle 2000'li yılların başında hümik kömürlerde geleneksel Rock-Eval parametrelerinin tutarlılığı hakkında birçok tartışma ortaya çıkmıştır (Skyes ve Snowdon, 2002; Petersen, 2002, 2006). Bu tartışmalar sonucunda geleneksel Rock-Eval analiz parametrelerinden biri olan HI'nin hümik kömürler için tutarlı olmayan sonuçlar vermesi dikkate alınara alternatif HI parametresi geliştirilmiştir. Bu geliştirilen parametrelerden yaygın olarak kullanılan efektif HI parametresi Sykes ve Snowdon (2002) tarafından Yeni Zellanda'daki farklı olgunlaşma dereceleri sunan farklı yaşlardaki hümik kömürlere ait veriler kullanılarak geliştirilmiştir. Efektif HI değeri modifiye edilmiş HI- T_{max} diyagramı yardımıyla hesaplanmaktadır. Buna göre T_{max} değeri 440'ı ve efektif HI değerleri 300 mg HC/g TOC'ı geçen hümik kömürler efektif olarak sıvı hidrokarbon türetme potansiyeline ulaşmış olabileceği kabul edilmektedir. Benzer şekilde Petersen (2002) tarafından Kuzey Denizi'nde özellikle liptinitçe (algit) zengin Jura yaşlı hümik kömürlerinden yapılan gözlemler ışığında dünyanın birçok yerindeki farklı olgunlaşma derecesindeki ve yaşlardaki hümik kömürlere ait verileri inceleyen araştırmacı bir hümik kömürün türetebileceği maksimum hidrojen indeksi değeri olarak kabul edilen HI_{max} parametresinin kullanılmasının daha tutarlı olabileceği belirtilmiştir. İlgili araştırmacı Dünya'daki çeşitli yaşlardaki hümik kömürlerden yapılan gözlemler sonucunda hümik kömürlerin mineralojik ve maseral içerikleri ile olgunlaşma derecelerinin S_2 pikinin ölçümün etkilebileceğini ortaya koymuştur. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek ve daha tutarlı yorumlamalar yapabilmek amacıyla rastgele vitrinit/hüminit yansıması (%Rr) ile HI değerlerinin karşılaştırıldığı grafik yardımıyla HI_{max} hesaplanabileceğini ortaya çıkarmıştır (Şekil 5.50). Petersen (2006)'ya göre bir hümik kömürsıvı hidrokarbon türetebilmek için %Rr değerlerinin %0,60'yi ve T_{max} değerlerinin 430°C geçmesi gereklidir. Tez kapsamında incelenen örneklerin mineralojik ve petrografik içerikleri dikkate alındığında Rock-Eval analiz sonuçlarının direkt kullanılmasıyla elde edilen HI daha tutarlı hidrokarbon türetme potansiyelinin

belirlenmesi amacıyla alternatif HI değeri parametreleri tekrardan hesaplanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

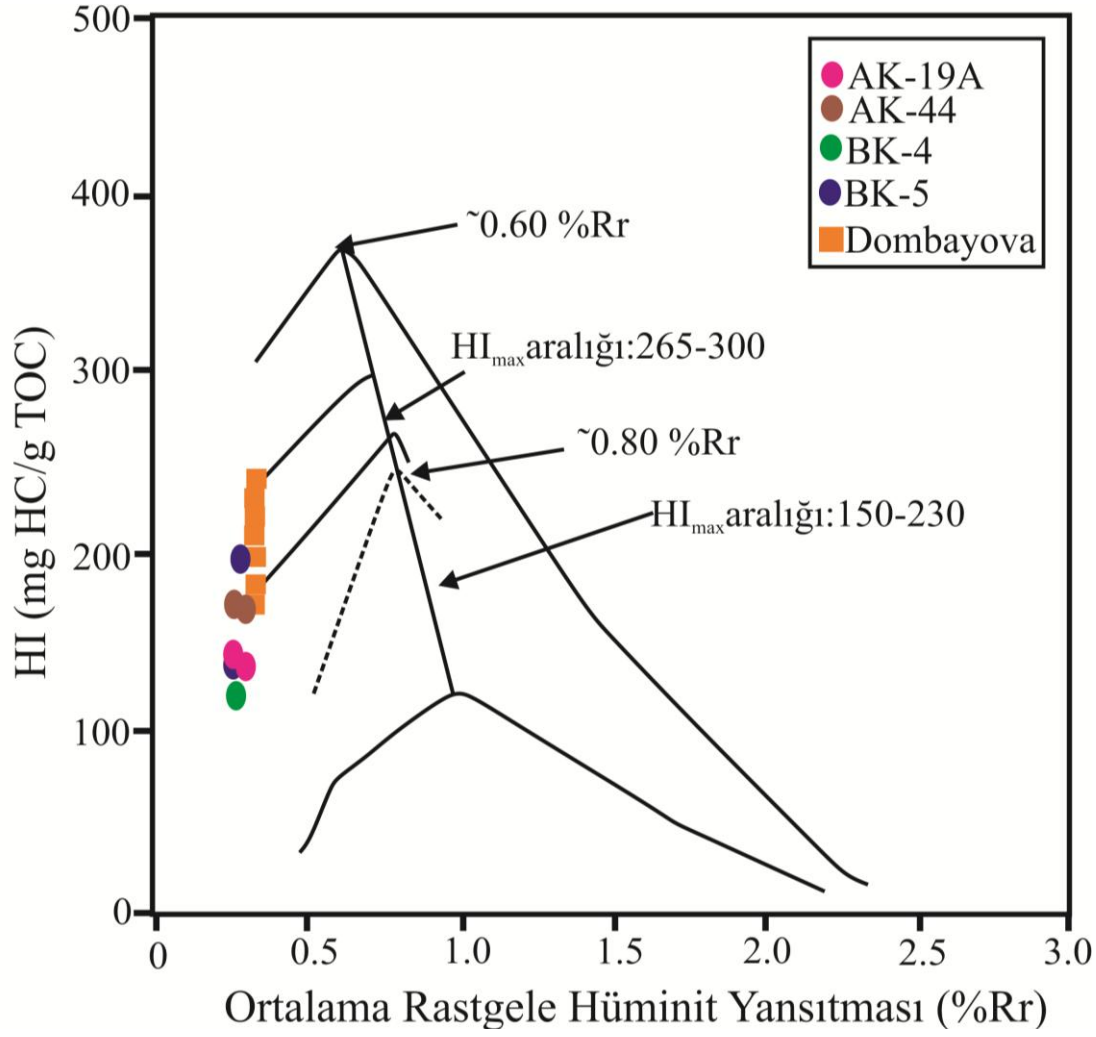
Tez kapsamında incelenen örneklerin büyük bir kısmının efektif HI değeri indeksi 200-310 mg HC/g TOC aralığında hesaplanmıştır (Şekil 5.50). Bu değerler göz önüne alındığında örneklerin ağırlıklı olarak gaz ve karışık gaz ve sıvı türetme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Ancak AK-44 ve BK-4 no'lu sondajlardan alınan AK44-1, -2, ve -3 ile BK4-7 no'lu örneklerinin efektif HI ve T_{max} değerlerinin çok yüksek olduğu dikkate alındığında bu örneklerin efektif olarak sıvı hidrokarbon türetme potansiyellerinin diğer örneklerle nazaran daha yüksek olabilir. Daha öncede belirtildiği üzere ilgili örneklerde sıvı hidrokarbon ile ilişkili olabilecek ikincil liptinit maseralleri gözlenmemiştir ve Senozoyik yaşlı bir kömürün sıvı hidrokarbon türetebilmesi için kabul edilen %R_r 0,60% değerine ulaşmadıkları için sıvı hidrokarbon türetme potansiyelleri çok düşüktür. Buna karşın bu örneklerin nispetten daha yüksek %H içeriği ile karasal liptinit maseralleri (sporinit ve özellikle liptodetrinit) ve alginin maserali yüzdeleri sunmaları ilgili örneklerin yüksek HI değerlerine sahip olmasına neden olmuştur. Dolayısıyla ilgili örnekler için yine gaz türetme potansiyeline sahip olabileceği söz edilebilir.

Benzer şekilde rastgele hüminin yansıma ölçümü yapılabilen seçili örneklerin HI-%R_r diyagramı üzerindeki dağılımları incelendiğinde örneklerin HI_{max} değerleri 200-285 mg HC/g TOC aralığında hesaplanmıştır (Şekil 5.51). Bu veriler ışığında modifiye edilmiş HI- T_{max} diyagramından elde edilen veriler de olduğu ilgili örneklerin sıvı hidrokarbon türetme potansiyeline olabileceğini işaret edebilir. Ancak incelenen örneklerin hiçbiri sıvı hidrokarbon türetebilmek için gerekli olan %R_r 0,6 değerini geçmediği gözlenmektedir. Bu durumda incelenen örnekler yine gaz türetme potansiyeline sahiptirler. Nitekim incelenen örneklerinin Rock-Eval piroliz analiz sonuçları yardımıyla hesaplanan bitümen indeksi (BI), kalite indeksi (QI) ve üretim indeksi (PI) değerleri de örneklerin sadece gaz türetme potansiyeline sahip olabileceğini işaret etmektedir. Bu durumda Tefenni Havzası'ndan incelenen kömür damarlarından CBM üretilme potansiyeli olabileceği düşünülebilir. Ayrıca tez kapsamında incelenen örneklerin efektif HI ve HI_{max} değerleri genellikle komşu Dinar Havzası'ndaki Geç Miyosen (?) - Pliyosen yaşlı kömürlere göre kısmen yüksek olması Tefenni Havzası'nda yerinde gaz/türetme potansiyelinin nispetten

yüksek olabileceğini düşündürebilir. Buna karşın incelenen bütün örneklerin kömürleşme derecelerinin çok düşük olması ve karbonat minerallerinin yaygın olmasıyla nedeniyle oluşabilecek/üretilebilecek potansiyel gaz büyük olasılıkla CO_x yüzdesi yüksek olacaktır. Ancak yine de ilerleyen yıllarda Tefenni Havzası'ndaki kömür damarlarının yerinde gazlaştırmaya ve/veya yerinde hidrokarbon üretiminin tespit edilmesine yönelik çalışmaların yapılmasında yarar vardır.



Şekil 5.50. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan alınan örneklerle Dombayova sahası örneklerinin T_{max} değerlerinin HI değerleriyle karşılaştırılması (İlgili şekil Skyes ve Snowdon, 2002'den Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.).



Şekil 5.51. Tez kapsamında AK-44, AK-19A, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlardan seçilen kömür örneklerinin HI-%Ro diyagramı üzerindeki dağılımları ve HI_{max} sınır değerleri (Petersen (2006)'dan Türkçeleştirilerek alınmıştır. Dombayova sahasına ait veriler Bulut, 2023'den alınmıştır.)

5.7. Palinoloji Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında daha önceki bölümlerde de açıklandığı üzere AK-44 no'lu sondajdan 5 adet örnek (AK44-4, AK44-5, AK44-6, AK44-9, AK44-14) palinolojik çalışmalar için derlenmiştir. Derlenen örnekler ait palinolojik çalışmalar Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'nde Prof.Dr. Mine Sezgül Kayseri-Özer tarafından gerçekleştirilmiş ve bu bölüm kapsamında derlenen örneklerin mikroflorası, jeolojik yaş değerlendirmesi ve paleortamları değerlendirilmiştir.

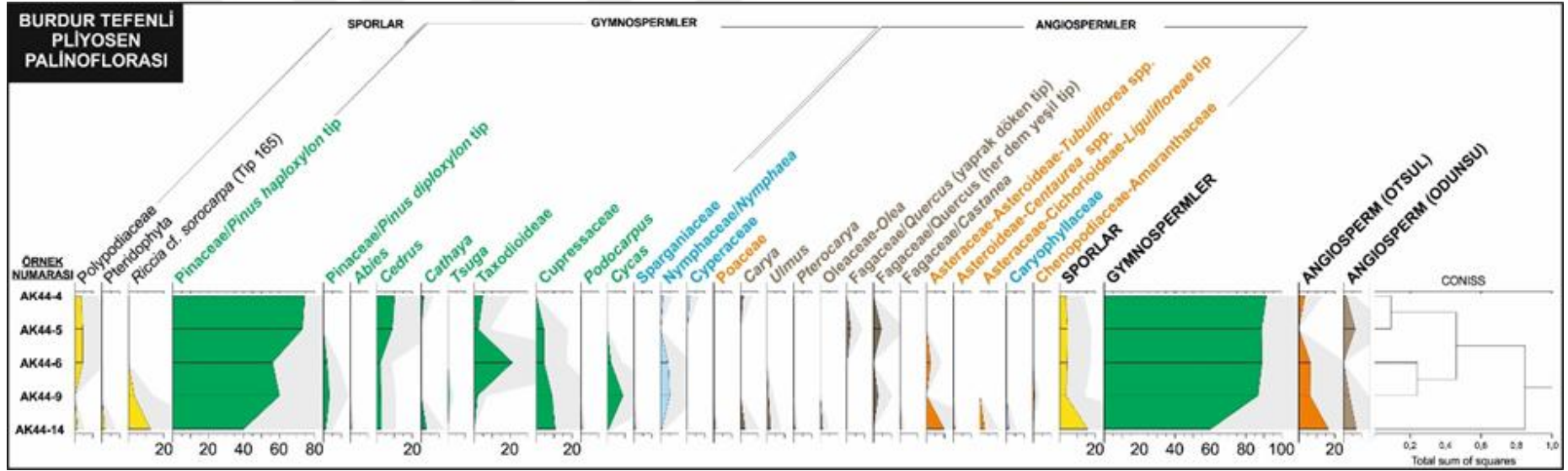
5.7.1. AK-44 Sondajının Mikroflorası, Jeolojik Yaş Değerlendirmesi ve Paleortamı

Tez çalışması kapsamında AK 44 no'lu sondajdan beş adet örnek derlenmiş ve palinolojik olarak çalışılmıştır (Şekil 5.52 ve Şekil 5.53). Örneklere ait palinomorf topluluğu içerisinde 3 cins ve 3 tür sporlara, 5 cins ve 9 tür gymnospermlere ve 12 cins ve 16 tür angiospermlere ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.54, -55, -56 ve -57 (Levha I-IV)). Bu örnekler içerisinde polen ve spor çeşitliliği az olsa da yüksek bollukları gözlenmiştir.

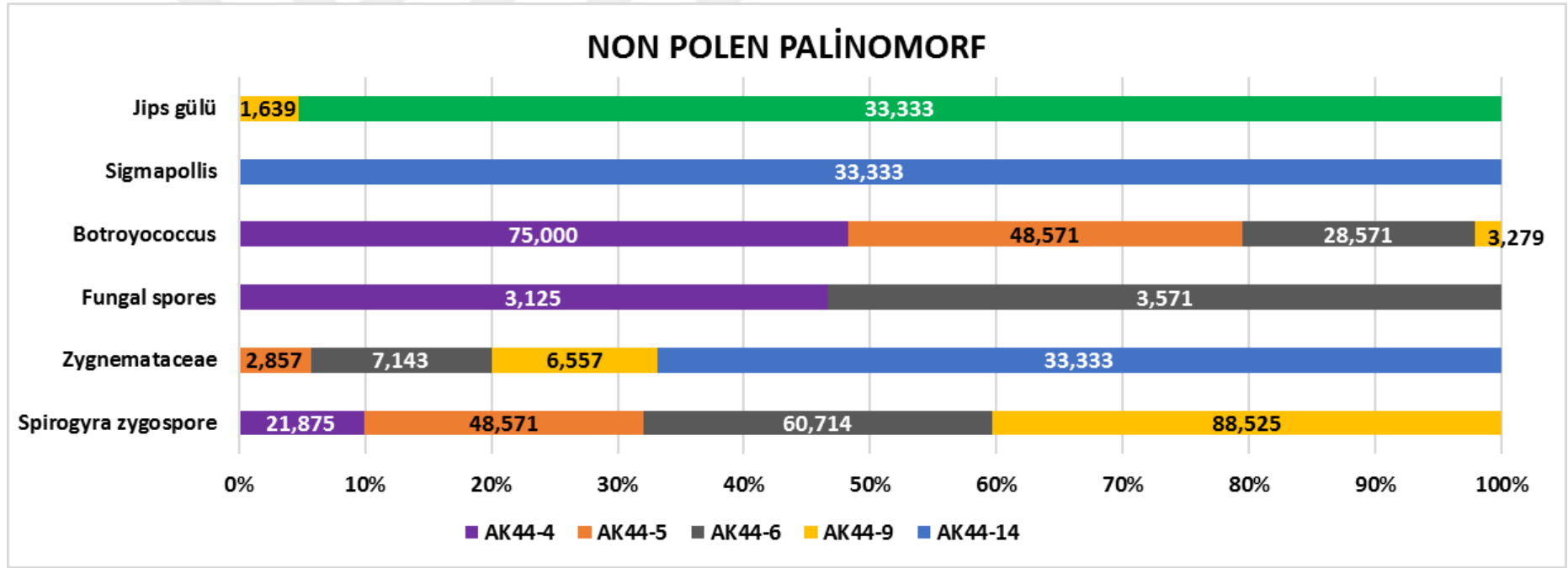
Tefenni palinoflorasında sporlar sadece Polypodiaceae, *Pteridophyta* ve *Riccia cf. soracarpa* ile temsil edilmektedir. Gymnospermler, Tefenni örneklerinde en yaygın olarak gözlenen polenlerdir. Pinaceae-*Pinus haploxylon* tip tüm örneklerde yüksek yüzdeye sahip olarak tanımlanmıştır. *Pinus diploxylon* tip, *Abies*, *Tsuga*, *Cathaya* ve *Podocarpus* örnekler içerisinde düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Göreceli olarak *Cedrus* ve Taxodioideae'nin yüzde bolluğu kesitin üst seviyelerinden derlenen örneklerde doğru artış göstermiştir. Bu artışın tersine Cupressaceae ve *Cycas*'ın yüzdesi azalmıştır. Angiospermler otsu ve odunsu olarak iki bitki grubu olarak örnekler içerisinde yer almaktadır. Odunsu bitkiler akarsu kenarında yaşamayı tercih eden *Carya*, *Ulmus* ve az orta yükselteli alanlarda alanlarda gelişen *Pterocarya*, *Olea*, *Quercus* (yaprak döken ve her dem yeşil tipleri) ve *Castanea* ile temsil edilmektedir. Otsul bitkiler sucul ve kurakçıl olmak üzere iki grup altında yer almaktadır. Bataklık ortamında gelişen sucul otsul bitkiler Sparganiaceae, Nymphaeaceae, Cyperaceae ve Caryophyllaceae ile karakterizedir. Kurakçıl olan otsul bitkiler ise Asteraceae-Tubulifloreae, -Ligulifloreae tipleri, -*Centaurea* ve Chenopodiaceae-Amaranthaceae'den meydana gelmektedir. Bununla birlikte, tüm örneklerde bataklık ortamının varlığın destekleyen non polen palinomorflar içerisinde yer alan fungal sporlar, *Spirogyra*, *Sigmopollis*, Zgnemataceae ve *Botroyococcus* zengin olarak tanımlanmıştır. Acı su koşullarını tolere edebilen *Botroyococcus*'un hemen her örnekte varlığı ve acı su koşullarının varlığına işaret eden jips güllerini bazı örneklerde gözlenmesi, örneklerin çökeltide göl bataklığının su kimyasının acı su koşullarına yaklaştığı şeklinde yorumlanabilir.

Yukarıda özetlenen palinomorf içeriğine göre, Burdur-Tefenni palinoflorası içerisinde Erken ve erken Orta Miyosen'de bol olarak tanımlanan *Momipites puctatus*, *M. quietus*, *Subtriporopollenites annulatus*, *Plicatopollis plicatus*, *Plicapollis miocaenicus*,

Tetracolporopollenites spp. (Sapotaceae) gibi termofil (sıcak iklim koşullarını tercih eden) polenlerin yokluğu gözlenmiştir (Akgün ve Akyol, 1999; Karayığit ve ark., 1999; Akgün ve Sözbilir, 2001; Ivanov ve ark., 2002; Akgün ve ark., 2007; Jiménez-Moreno ve Suc, 2007; Kayseri ve Akgün, 2008; Kayseri-Özer ve ark., 2014a, b; Kayseri-Özer, 2014, 2017; Kayseri-Özer ve ark., 2017a, b, 2019; Bouchal ve ark., 2017; Çelik ve ark., 2021; Kayseri-Özer ve Emre, 2022; Tuncer ve ark., 2023). Ayrıca geç Orta Miyosen'den itibaren çeşitlenen ve artan otsul polenlerin yüzde bolluğu, Tefenni palinoflorasında %15-5 oranında belirlenmiştir. Geç Miyosen-Pliyosen süreci boyunca gözlenen ılıman iklim koşullarında gelişen bitkilerin varlığı Tefenni örneklerinde kayıt edilmiştir. Özellikle serin iklim koşulları ve/veya yüksek topoğrafyalı alanları temsil eden *Pinus silvestris* tip ve *Abies*'in polen florası içerisinde tanımlanması, ılıman iklim koşullarının varlığını desteklemektedir. Kurakçıl otsul bitkilerin yanı sıra, sucul otsul bitkilerin ve gymnosperm polenlerin varlığı nemli iklim koşullarının varlığına işaret etmektedir. Tüm bu polen birlikteliği ve paleoiklimsel değerlendirmeler göz önünde bulundurulduğunda, Burdur-Tefenni alanında çökelmiş kömür içerikli tortul istiftten derlenen örneklerin nemli-ılıman iklim koşullarında ve Pliyosen sürecinde depolandığı söylenebilir. Ayrıca, nemli iklimsel koşulların tespit edilmesi erken Pliyosen sürecine işaret ettiği şeklinde yorumlanabilir.

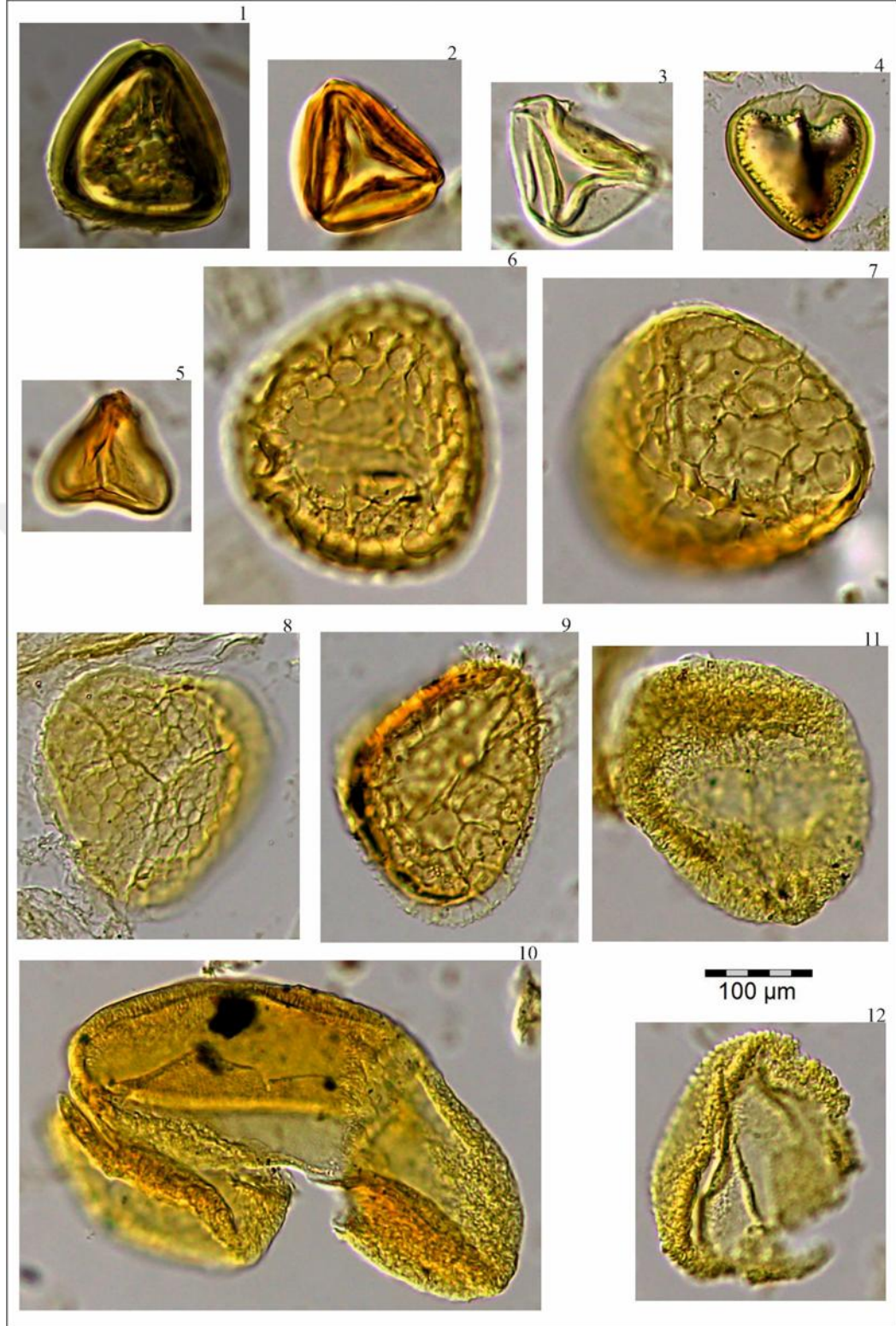


Şekil 5.52. AK 44 sondajından tanımlanmış palinomorfaların yüzde bolluklarını gösteren diyagram



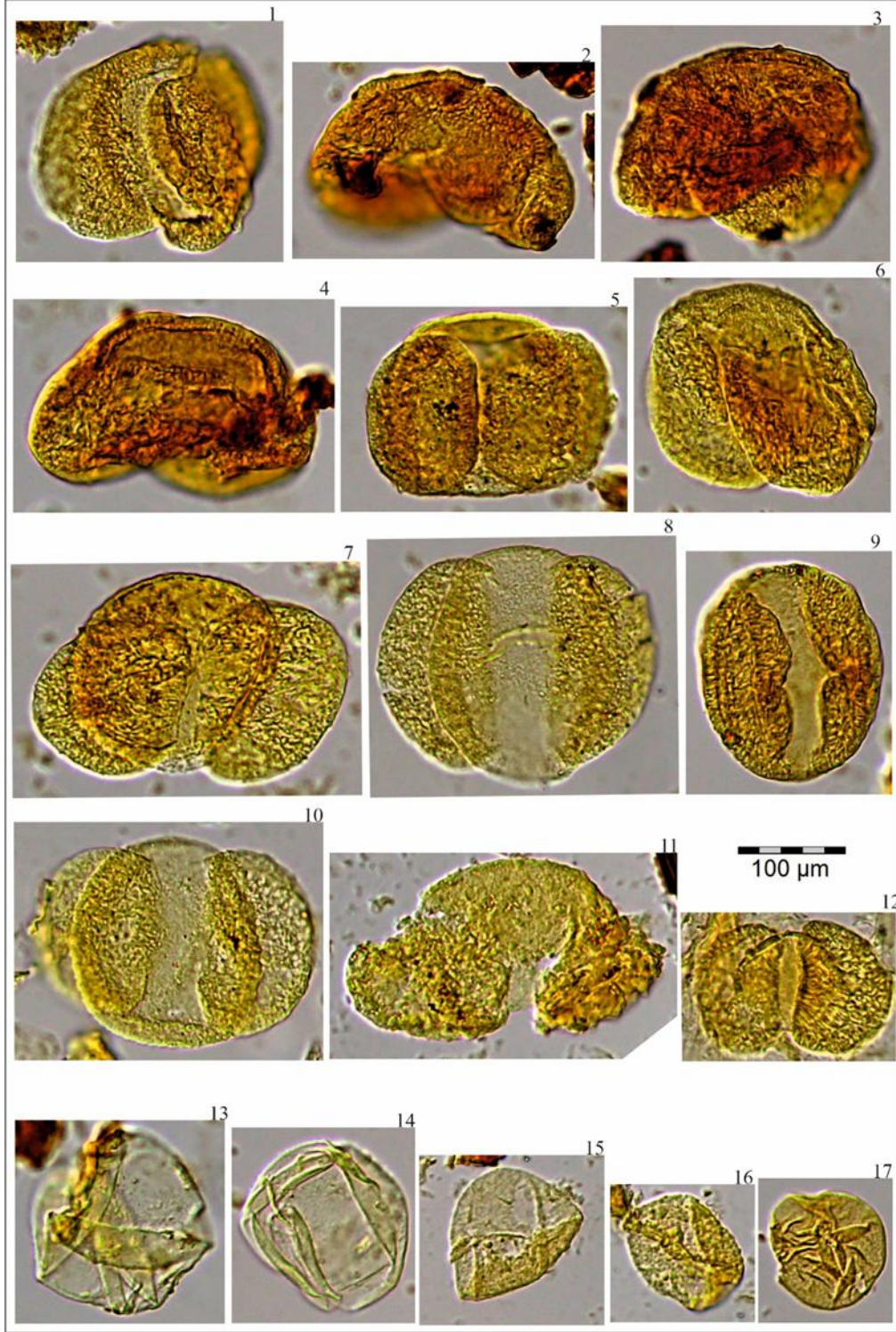
Şekil 5.53. AK 44 sondajından tanımlanmış non polen palinomorfların yüzde bolluklarını gösteren diyagram.

LEVHA I



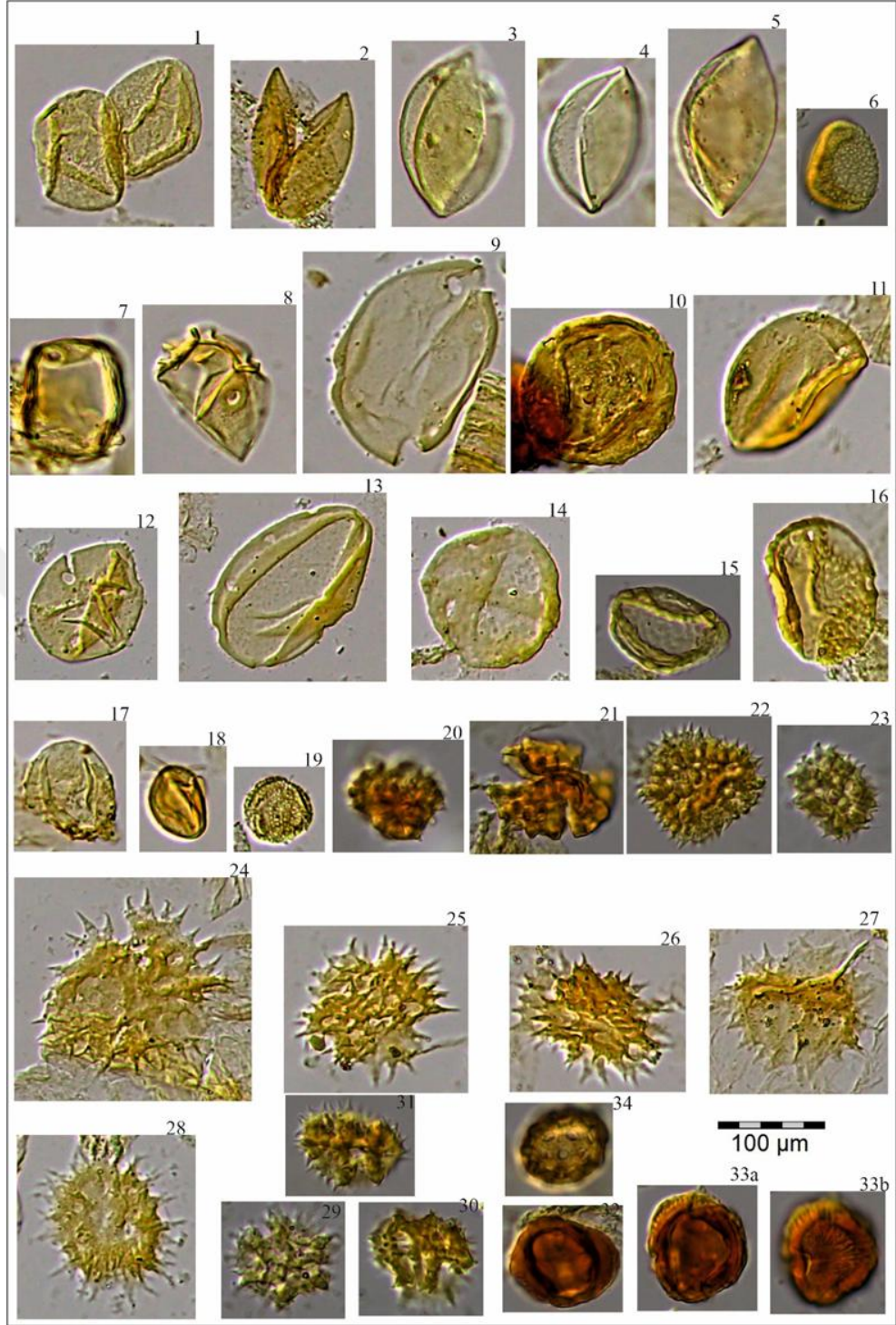
Şekil 5.54. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1-5. Trilet sporlar; 6-9. *Riccia* cf. *soracarpa*; 10. *Abies*; 11,12. *Tsuga*).

LEVHA II

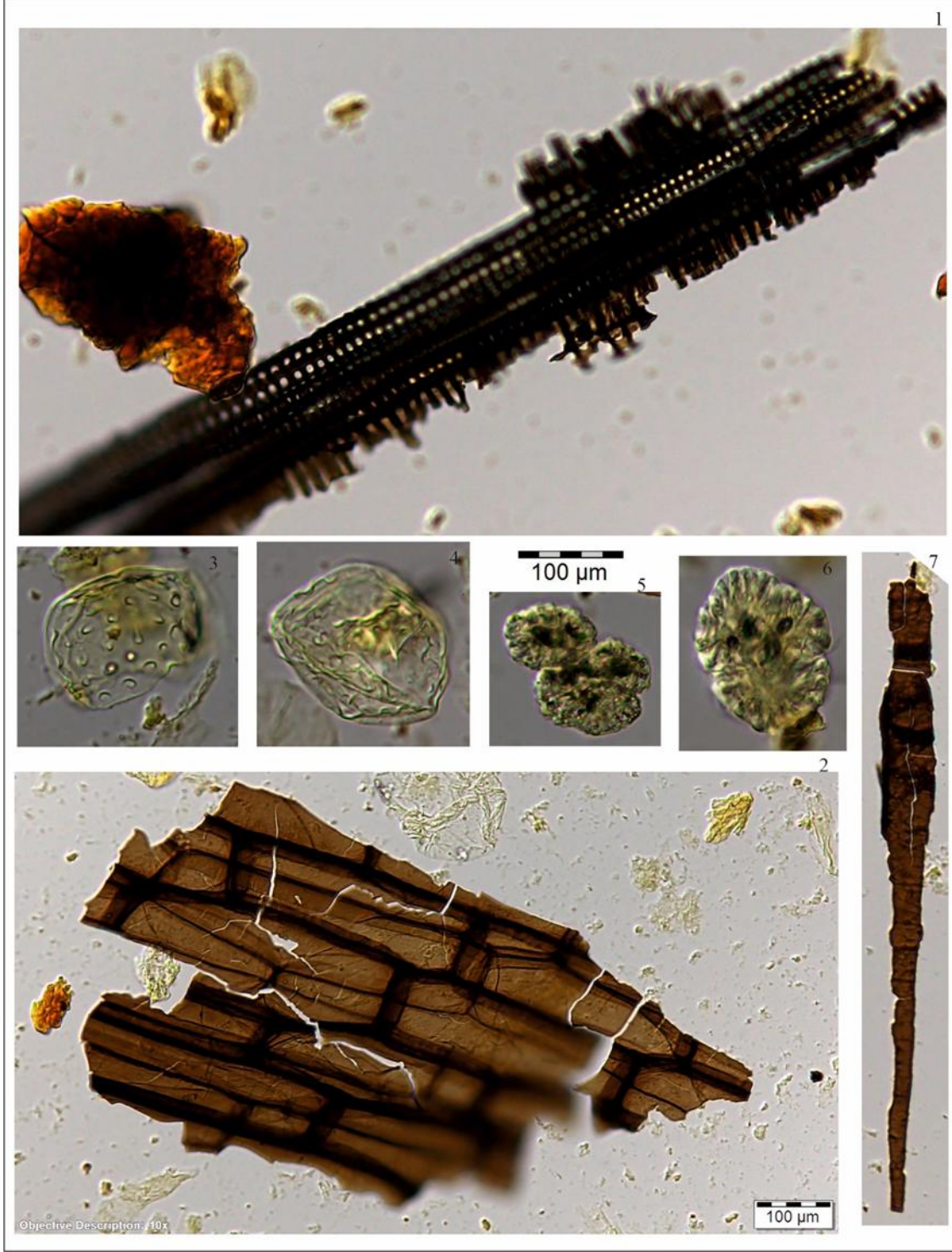


Şekil 5.55. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1-4. *Cedrus*; 5-10. Pinaceae-*Pinus haploxylon* tip; 11. Pinaceae-*Pinus silvestris* tip; 12. *Podocarpus*; 13,14. Taxodoideae; 15-17 Cupressaceae).

LEVHA III



Şekil 5.56. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş polen ve sporların fotoğrafları (1,2. Cupressaceae; 3-5. *Cycas*; 6. Sparganiaceae; 7,8. Poaceae; 9-12. *Carya*; 13. *Pterocarya*, 14-16. *Ulmus*; 17. *Quercus*; 18. *Castanea*; 19. Oleaceae; 20-28. Asteraceae-Asteroideae- *Tubulifloreae* tip; 29-31. Asteraceae-*Ligulifloreae* tip; 32-33a, b. Asteraceae-*Centaurea*; 34. Caryophyllaceae).



Şekil 5.57. Burdur-Tefenni örneklerinde tanımlanan bazı seçilmiş non polen palinomorfaların fotoğrafları (1. Odun parçası; 2. Kütikül; 3,4. Zgnemataceae; 5,6. *Botryococcus*; 7. Fungal spor).

5.8. Diatom Çalışmaları

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere diatom türlerinin kendilerine has ekolojik özgülüğü su kalitesinin çevresel göstergeleri, kirlilik pH, iletkenlik ve tuzluluk gibi pek çok farklı alanda indikatör olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Cox, 1996). Tez kapsamında gerçekleştirilen SEM çalışmaları ile elde edilen görüntüler üzerinde tanımlanan diatomlara ait bazı özellikler aşağıda listelenmiştir.

Nitzschia sp. (Lowe, 1974; Patrick ve Reimer, 1975; Whitton ve ark., 1991; Whitton ve Rott, 1996)

- Nitzschia, yüzlerce farklı türden oluşan tatlı su, deniz ve brakiyış (hafif tuzlu) sularda yaygın olarak bulunan nispeten büyük bir cinstir. Epilitik (kaya yüzeylerinde), epifitik (su bitkileri üzerinde) ve planktonik olarak yaşam sürebilirler.
- Genellikle uzun, ince ve çubuk (iğne) şeklindedir. Çoğu tür 20-200 µm uzunluğunda ve 2-10 µm genişliğindedir. Rafe sistemi sayesinde hareket edebilir ve yüzeylere tutunabilir.

Epithemia sp. (Van Dam ve ark., 1994; Cox, 1996; Spaulding ve Edlund, 2008; Vanormelingen ve ark., 2008)

- Genellikle hafif asidik ila alkali (pH 6.0- 9.0) tatlı su ekosistemlerinde yaşasalarda, hafif tuzlu su ve bataklık gibi ekosistemlerde de tolerans gösterebilmektedirler. Bunun sebebi simbiyotik olarak azot bağlayan siyanobakterilerle (örneğin, *Richelia intracellularis*) yaşadıkları için besin açısından fakir (oligotrofik) ortamlara adapte olabilmeleridir.
- Boyutları türe göre değişiklik gösterebilir genellikle 30-150 µm arasındadır.
- Früstulları (silisli hücre duvarı) çoğunlukla kalın ve süslü desenler ile karakterize edilir.

Epithemia argus (Patrick ve Reimer, 1975; Krammer ve Lange-Bertalot, 1988; Van Dam ve ark., 1994; Spaulding ve Edlund, 2008)

- *Epithemia argus*, *Epithemia* cinsi içinde tanımlı bir türdür. Genellikle 6.5- 8.5 pH aralığında tatlı sularda yaşarlar ve boyutları 40-120 µm uzunluk, 15-30 µm genişliğe sahip olabilmektedir.
- Organik madde ve azot içeriği düşük sularda bulunur. Su kalitesi izleme çalışmalarında kullanılır.

Fragilaria sp. (Round ve ark., 1990; Stevenson ve ark.1990; Krammer ve Lange-Bertalot, 1991; Van Dam ve ark., 1994; Kelly ve Whitton, 1995; Blanco ve ark.2014)

- *Fragilaria*, tatlı su ekosistemlerinde yaygın bir diyatom cinsidir. Genellikle hafif alkali suları tercih ederler (pH 6,5-9.0). Soğuk ve ılıman sularda yaygındırlar (5 - 25°C).
- Hücreleri uzun ve ince yapılıdır, genellikle şerit veya zincir şeklinde koloniler oluşturur. Frustul yapısı simetrik ve dikdörtgensel olup, bazen hafifçe kıvrımlı olabilir. Mikroskop altında bakıldığında frustuller üzerindeki çizgili desenler (strialar) belirgin şekilde görülür.

Cymbella sp. (Krammer ve Lange-Bertalot, 1986; Round ve ark., 1990; Kelly ve Whitton, 1995; Stevenson ve ark.2001; Rimet ve Bouchez 2012; Blanco ve ark.2014)

- *Cymbella*, tatlı su diyatomları arasında yaygın bir cinstir ve bentik (taşlar, yosunlar, su bitkileri yapışarak yaşar) türlerdendir. Genellikle hafif eğimli früstül yapısı ve temiz su göstergesi olmasıyla karakteristiktir. Tatlı su ekosistemlerinde (nehirler, göller, akarsular) yaygın bulunur. Hafif asidik ve nötr sular (pH 6.0- 8.5) da yaygın olarak gözlenirler.
- Temiz, hafif akıntılı ve oksijen açısından zengin suları tercih eder.

Diatoma Vulgaris (Bory de Saint-Vincent,1824; Williams,1985; Harbich, 2023)

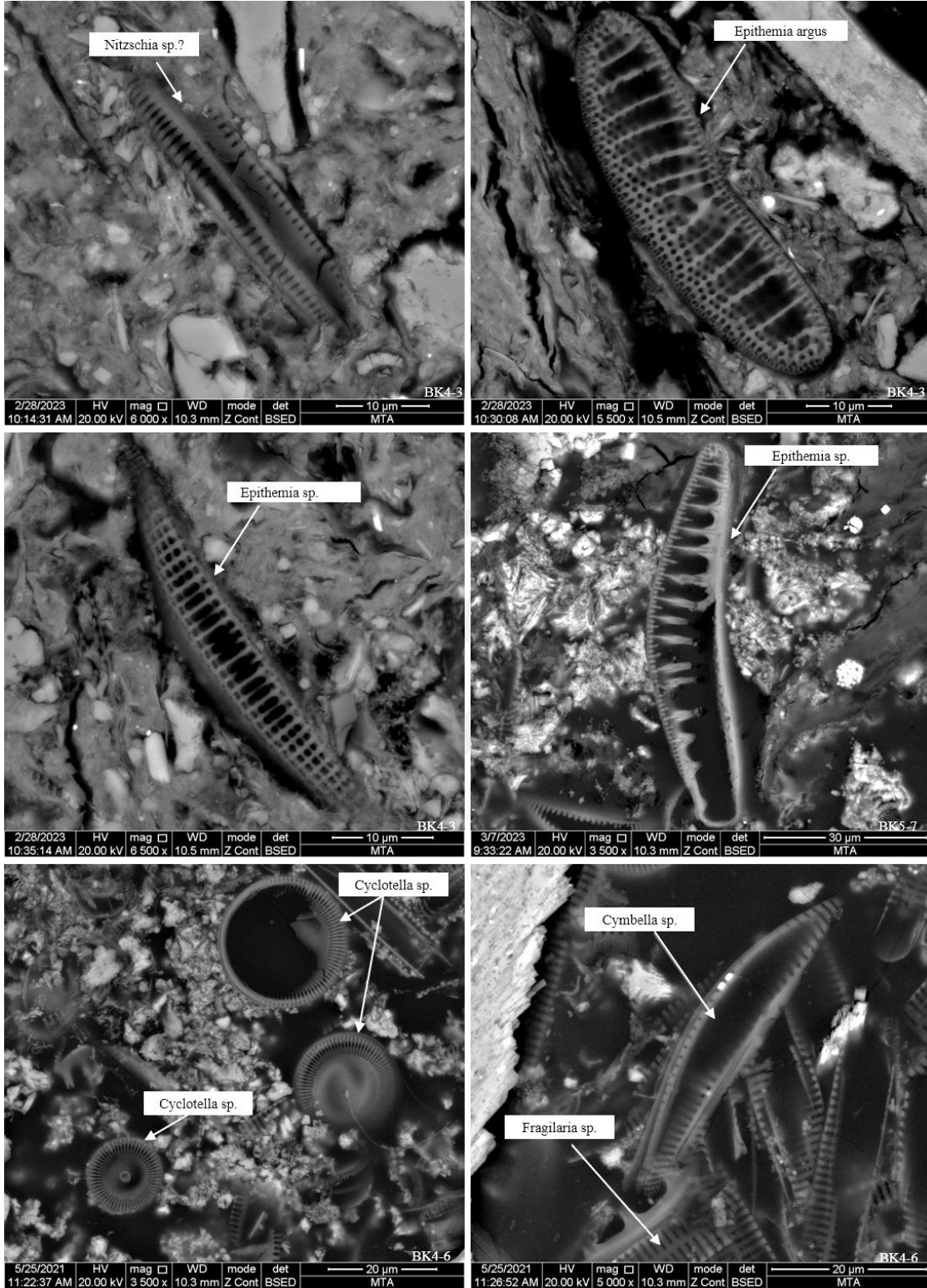
- Nehirler, göller ve akarsular gibi orta ila yüksek besin seviyesine ait tatlı su ekosistemlerinde yaygın olarak bulunur. Genellikle nötr ile hafif alkalın (pH 6-8) sulara toleranslıdır. Orta ila yüksek iletkenlik değerlerine sahip sularda yaygın bulunur. Zincir şeklinde koloniler oluşturarak zikzak veya doğrusal dizilimler gösterebilir.
- Fotosentez yaparak birincil üretime katkıda bulunur ve küçük sucul canlılar için besin kaynağıdır. Fosfat ve nitrat seviyeleri arttığında popülasyonu değişebilmektedir.

Odontium Mesodan (Krammer ve Lange-Bertalot,1986; Kützing, 1844; Williams,1985; Potapova,2009; Bishop ve Spaulding, 2015)

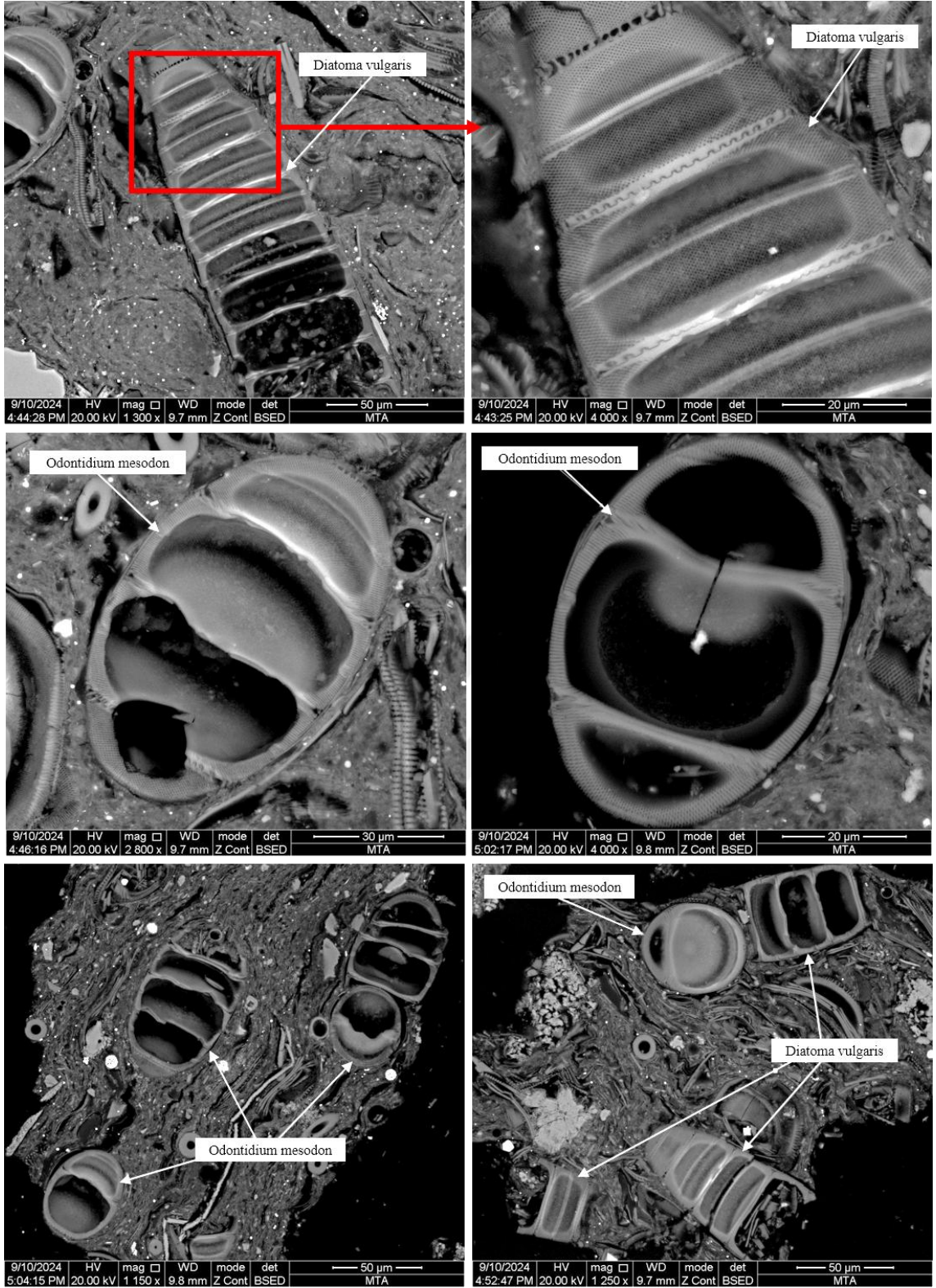
- Hafif asidik ila nötr ve hafif alkali (pH 6.5- 8.5) tatlı su ekosistemlerinde bulunan ve boyutları genellikle 10–40 µm uzunluğunda ve 6–12 µm genişliğinde değişen bu tür, soğuk su türü olarak kabul edilmektedir. Özellikle dağlık bölgelerdeki akarsular ve göletlerde yosunlarla ilişkili olarak bulunurlar. En yüksek bolluğa düşük besinli, düşük iletkenlikli sularda ulaşır.

Cyclotella sp. (Bailey, 1922; Hasle ve Syvertsen,1997; Round ve ark. 2007; Saros ve Anderson, 2015).

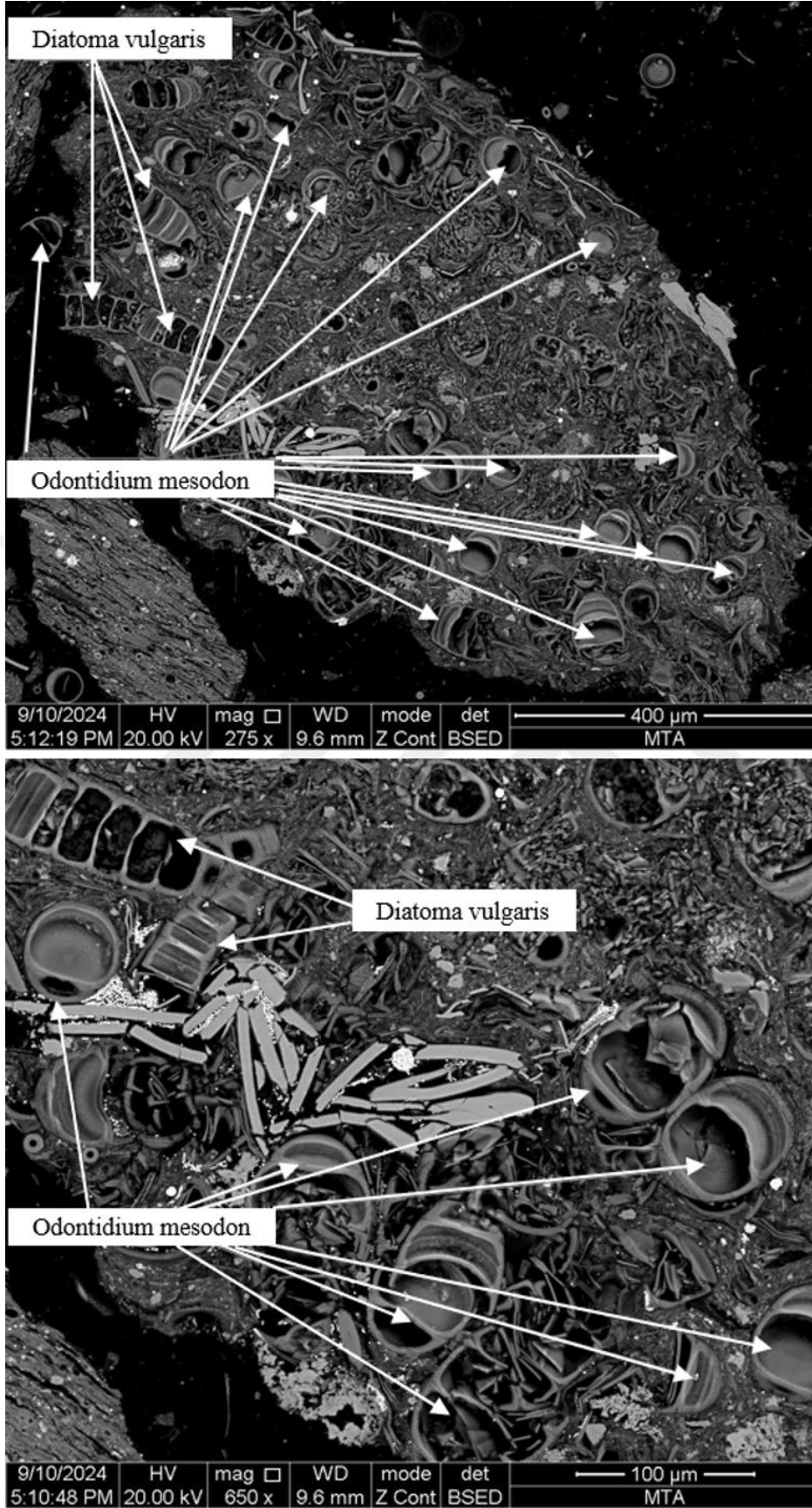
- Cyclotella hem tatlı su hem de deniz ortamlarında bulunan bir diyatom cinsidir. İlk olarak 1800'lerin ortalarında tanımlanan bu cins, günümüzde 100'den fazla türü içermektedir.
- Cyclotella cinsi, genellikle oligotrofik (besin açısından fakir) ortamlarda bulunur, ancak bazı türler mezotrofik ve eutrofik sularda da yaygındır. Tatlı su, acı su ve deniz ortamlarında yaşayabilirler. Özellikle durgun veya yavaş akan sularda yaygındırlar. Optimum olarak nötr ila hafif alkali (pH: 7.0- 8.5) sularda yaşarlar.



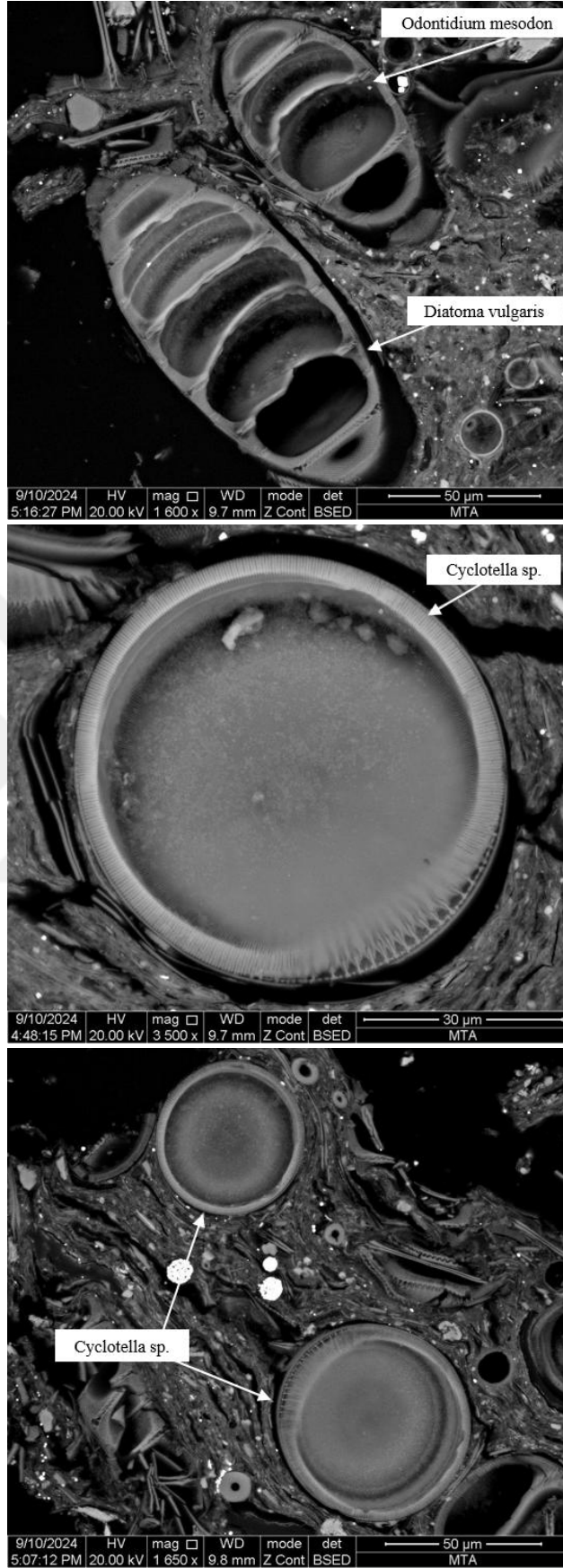
Şekil 5.58. BK4-3 (kömürlü kıltaşı), BK4-6 (killi kömür) ve BK5-7 (kömürlü silttaşı) örneklerinde tanımlanan diatomların SEM görüntüleri.



Şekil 5.59. AK44-2 no'lu kömürlü şeyl örneğinde tanımlanan diatomların (Odontium mesodon ve Diatoma vulgaris) SEM görüntüleri.



Şekil 5.60. AK44-2 no'lu kömürlü şeyl örneğinde tanımlanan diatomların (Odontium mesodon, Diatoma vulgaris ve Cyclotella sp.) SEM görüntüleri.



Şekil 5.61. AK44-2 no'lu kömürlü şeyl örneğinde tanımlanan diatomların (*Diatoma vulgaris* ve *Cyclotella sp.*) SEM görüntüleri.

İncelenen BK4-3 (kömürlü kilt  şı), BK4-6 (killi kömür) ve BK5-7 (kömürlü silttaşı)   rneklerinde *Fragilaria* sp., *Epithemia* sp., *Epithemia argus*, *Cymbella* sp., *Cyclotella* sp., ve *Nitzschia* sp. taksonlarını gözlenmiş olması, bu taksonların yaşadığı habitat ile ilgili olarak ortamın sığ göl veya bataklık olma ihtimalini, pH'ın hafif asidik ile hafif alkali (pH 6.5-8.5) arasında değiştiğini ve ortamın genellikle durgun veya hafif akıntılı bir su ekosistemi olduğunu göstermektedir. AK44-2 (kömürlü şeyl) no'lu örnekte ise *Diatoma vulgaris*, *Odontidium mesodon* ve *Cyclotella* sp. taksonlarının bir arada gözlenmesi ortamın hafif akıntılı, hafif asidik-hafif alkali (pH 6.5-8.5) ve düşük ila orta besin seviyeli, sığ bir ortamı destekler niteliktedir. *Odontidium mesodon* ve *Diatoma vulgaris*, düşük askıda katı madde içeren berrak sularda daha yaygınken, *Cyclotella* sp. hafif bulanık veya sediment açısından zengin ortamlarda da yaşayabilmektedir (Krammer ve Lange-Bertalot, 1986; Round ve ark., 1990; Patrick ve Reimer, 1996). Bu veriler kömür fasiyes ve mineralojik veriler ile de uyumludur.

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Genel Sonuçlar

1. Tefenni (Burdur) sahasında tez kapsamında incelenen kömür oluşumları, sondajlı aramalar sırasında oldukça derin seviyelerde ilk kez saptanmıştır. Çalışma kapsamında örneklenen AK19-A, AK-44, BK-4 ve BK-5 no'lu sondajlarda kömür tabakaları yüzeyden sırasıyla yaklaşık 474m, 441m, 819m ve 804 m'de yer almaktadır.
2. Çalışma kapsamında AK19-A no'lu sondajdan alınan 6 adet kömür, 5 adet killi kömür, 1 adet kömürlü kilitaşı ve 1 adet silttaşı; AK-44 no'lu sondajdan alınan 6 adet kömür, 2 adet killi kömür, 2 adet kömürlü şeyl, 2 adet kömürlü kilitaşı, 3 adet iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı ve 1 adet karbonlu kilitaşı; BK-4 no'lu sondajdan alınan 1 adet kömür, 4 adet killi kömür, 2 adet kömürlü kilitaşı ve 1 adet killi kiretaşı; BK-5 no'lu sondajdan alınan 2 adet kömür, 3 adet killi kömür, 2 adet kömürlü kilitaşı ve 2 adet kömürlü silttaşı örneği çalışma amacı doğrultusunda incelenmiştir. Ayrıca dikey yönde litolojik birimlerdeki mineralojik bir değişimin olup olmadığını görmek amacıyla toplam derinliği yüzeyden itibaren yaklaşık 452 m olan AK-43 no'lu sondajdan toplam 48 adet kayaç örneği (çamurtaşı, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kireçtaşı) içerisinden seçilen 15 adet kayaç örneği mineralojik açıdan incelenmiştir. Bu çalışmalara ek olarak tüm kömür örneklerinin Rock-Eval piroliz analizleri ve seçilen örneklerin palinolojik analizleri ile örneklerde SEM çalışmaları ile tespit edilen diatomların tanımlamaları da gerçekleştirilmiştir.
3. Çalışma kapsamında kömür örneklerini litolojik tanımlanmasında makroskobik görünüm, XRD-tüm kayaç analiz sonuçları ve havada kuru bazda kül içerikleri dikkate alınmıştır. Havada kuru bazda %50'den az kül içeriğine sahip örnekler kömür (CO), %50-75 arasında kül içeriğine sahip örnekler kömürlü kilitaşı (ZC), kömürlü silttaşı (ZT), kömürlü şeyl (ZH) ve killi kömür (CSCO) olarak tanımlanmıştır. Hava kuru bazda kül içeriği %75'den fazla olan örnekler karbonlu kilitaşı (XC) ve iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı (CSLS) olarak tanımlanmıştır.

4. Tefenni Havzası, yaklaşık 60 km uzunluğunda ve 10-20 km genişliğinde olup temelini Üst Kretase yaşlı Beydağları otoktonuna ait birimler oluşturmaktadır. Bu birimleri Triyas-Eosen yaşlı allokon konumlu birimler Likya Napları olarak tektonik olarak örtmektedir. Temel birimler üzerinde uyumsuz olarak Gölhisar Formasyonu bulunmaktadır. Burdur Formasyonu tabanda Gölhisar Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir ve Tefenni Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Saha içerisinde yer alan Kuvaterner yaşlı birimler diğer tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.
5. Tez çalışması kapsamında incelenen kömürlü seviyenin özellikle tavan seviyesinde olmak üzere yer yer arakesme şeklinde kahverengimsi iz oranda organik madde içeren gölsel killi kireçtaşı bulunmaktadır. Bölgede yapılan sondaj çalışmaları sırasında bu killi kireçtaşı seviyesi kılavuz olarak alınmış ve bu seviyeden sonra kömür tabakaları kesilmiştir. Alınan örnek seviyelerinde ikincil kırık/çatlak dolgusu mineral oluşumları gözlenmemiştir. Sondajlardan alınan kömür örneklerinde yaygın olarak mineralce zengin litotip ve daha az oranda matriks litotip tespit edilmiştir. Ayrıca kül içerikleri %50-80 arasında olanlar örnekler ise tane boyu ve görünümleri dikkate alınarak karbonlu kilitaşı, kömürlü silttaşı/kilitaşı/şeyl, iz oranda organik madde içeren killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır.
6. Tez kapsamında incelenen toplamda on beş kömür örneğinin laboratuvara geldiği durumda (orijinal baz) toplam nem değeri ortalama %37,4, on dört killi kömür örneğinde ise ortalama %32,8 olarak bulunulmuştur. Her dört sondajdan alınan on beş adet kömür örneğinde havada kuru bazda ortalama %43,3 uçucu madde ve %31,0 kül hesaplanmıştır. Bu değerler incelenen killi kömür örneklerinde ise sırasıyla %31,0 ve %55,4 olarak saptanmıştır. İncelenen kömür ve killi kömür örneklerinin nemli mineral maddesiz bazda hesaplanan üst ısı değerleri sırasıyla 5444 Btu/lb ve 3868 Btu/lb'dir. Nemli, mineral maddesiz bazda ortalama değerler Tefenni Havzasında (Burdur) alanında yer alan kömürlerin kömürleşme derecesinin "linyit" aşamasında olduğu göstermektedir. Tez kapsamında incelenen dört sondajdan alınan toplam 29 adet kömür ve killi kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde) havada kuru

bazda (adb) ağırlıklı ortalama %0,75 N, %33,42 C, %4,92 H, %20,87 O ve %2,47 toplam S ve hesaplanmıştır.

7. Çalışma kapsamında incelenen örneklerin XRD-TK diyagramlarının çoğunda kil mineralleri (XRD-kil fraksiyonu ayrımı yapılmadığından birlikte değerlendirilmiştir), kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, pirit, feldispat ve çok az örnekte jips ve opal-CT tanımlanmıştır. AK-43 no'lu sondajdan seçilen 15 kayaç örneğinin XRD-TK diyagramlarında ise kömür örneklerine benzer şekilde kil mineralleri, kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, dolomit/ankerit, pirit, feldispat tanımlanmıştır.
8. Çalışma kapsamında incelenen örneklerde XRD-TK yardımıyla tanımlanan mineraller (kil mineralleri, kuvars, karbonatlar, jips, pirit ve feldispatlar, SEM-EDS çalışmalarıyla da tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında parlak kesitler üzerinde yapılan SEM-EDS çalışmalarıyla XRD-TK'da tanımlanan mineraller dışında mikron büyüklüğünde birçok aksesuar mineraller (örneğin biyotit, sfen, Ti-oksit, ilmenit, Fe-Cr-oksit, F-apatit ve florensit), CaCO_3 bileşimli fosil kavkı parçaları, silika (diatom ve olası sünger spikülleri) ve Ca-fosfat bileşimli biyojenik kalıntılar da gözlenmiştir. Bu çalışmada karbonatların ve özellikle piritlerin iz oranda Mn içerdiği belirlenmiştir.
9. Çalışma kapsamında AK-44 no'lu sondajdan seçilen dört adet kömür (AK44-5, -6, -9, -10) ve bir adet killi kömür (AK44-15) örneklerine ait ortalama majör oksit değerleri %42,8 SiO_2 , %14,5 Al_2O_3 , %0,6 Na_2O , %1,1 K_2O , %5,0 MgO , %19,6 CaO , %0,6 TiO_2 , %6,9 Fe_2O_3 ve %0,3 P_2O_5 olarak tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin tamamında As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V, Y ve Zn ölçülmüş, diğer taraftan bir örnekte Ga ve Li, iki örnekte Mo, Rb ve Se ve üç örnekte U konsantrasyonları dedeksiyon limitinin altında kalmaktadır. Örneklerle ait iz element analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde örneklerinin küllerinde yalnızca Ni'de nispi zenginleşme gözlenmiş olup Ba, Co, Cr, Li, Pb, Se, V ve Zn'de Dünya kömür ortalamasına yakın değerler ve As, B, Cu, Ga, Mo, Rb, Sr, U ve Y de seyrelme gözlenmiştir.

10. Maseral-mineral madde analizi sonuçları yardımıyla hesaplanan hacimce yüzde değerler örneklerde en yaygın (baskın) maseral grubunun hüminit olduğunu yansıtmaktadır. Örneklerde gözlenen inertinit ve liptinit grubuna ait maserallerin hacimce yüzde değerleri ise oldukça düşüktür ve hacimce yüzde değere göre liptinit grubu inertinit grubuna göre daha baskındır. Seçilen örneklerde gerçekleştirilen rastgele yüzde ülminit yansımaları ($0,29 \pm 0,03$) örneklerin “linyit” aşamasında olduğunu göstermektedir.
11. Tez kapsamında Roc-Eval analizleri gerçekleştirilen kömür örnekleri bir arada değerlendirildiğinde ağırlıklı ortalama 3,61 mg HC/g kayaç, S_1 , 54,29 mg HC/g kayaç S_2 ve 15,54 CO₂/g kayaç S_3 pik değerleri hesaplanmıştır. Diğer taraftan bu değerler killi kömür örneklerinde 3,80 mg HC/g kayaç, S_1 , 31,99 mg HC/g kayaç S_2 ve 9,16 mg CO₂/g kayaç S_3 pik değerleri hesaplanmıştır. Örneklerde TOC değerleri %1,17-50,71 gibi oldukça geniş bir aralıkta ölçülmüştür. Her dört sondajdan alınan tüm örnekler bir arada değerlendirildiğinde T_{max} değeri ortalama 430 C° olarak hesaplanmıştır.

6.2. Öneriler

MTA Genel Müdürlüğü tarafından son zamanlarda üzeri nispeten alüvyonlarla kaplı Neojen yaşlı alanlarda yoğun sondajlı kömür aramaları yürütülmektedir. Bu aramalar kapsamında Tefenni (Burdur) havzası kömür arama çalışmaları kapsamında havzada pek çok etüt ve sondajlı aramalar sonucu kömür oluşumları ilk kez tespit edilmiştir. Tez çalışması kapsamında AK-19A, AK44, BK-4 ve BK-5 no’lu sondajlarda kesilen kömürler kimyasal, mineralojik, jeokimyasal ve petrografik açıdan detaylı olarak çalışılmıştır. Gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında seçilen örneklerde gerçekleştirilen palinolojik çalışmalarla kömür oluşumlarının, Burdur Formasyonu (Geç Miyosen-Erken Pliyosen) içinde yer aldığı ilk kez saptanmıştır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen Rock Eval analiz sonuçları değerlendirildiğinde Tefenni Havza’sındaki sondajlarında kesilen kömür damarlarının ortalama kalınlıkları, maseral içerikleri ve yüzeyden derinlikleri dikkate alındığında ilgili kömürlerin hidrokarbon türetme ve/veya CBM (coal bed methan) potansiyeline sahip olabileceği

düşünülmektedir. Diğer taraftan tez kapsamında incelenen örneklerde T_{max} değerlerinin sıvı hidrokarbon türeyebilmesi için gerekli olan 435°C altında (ort. 430 °C) kalması, petrografik analizler sırasında ikincil liptinit maserali olan eksudatinitin gözlenmemesi ve Senozoyik yaşlı kömürlerin sıvı hidrokarbon türetebilmesi için kabul edilen %Rr 0,60% değerine ulaşmadıkları için örneklerin sıvı hidrokarbon türetme potansiyellerinin çok düşük olduğu ve örneklerin daha çok gaz türetme potansiyellerine sahip olduğunu yansıtmaktadır. Gelecekte tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen analizlere ek olarak yerinde gazlaştırma potansiyelinin araştırılması önerilmektedir.



7. KAYNAKLAR

- 2022 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu, Türkiye Taşkömürü Kurumu, Mayıs **2023**.
- Akgün, F., Akyol, E., Palynostratigraphy of the coal-bearing Neogene deposits Graben in Büyük Menderes Western Anatolia, *Geobios*, 32 (**1999**) 367–383.
- Akgün, F., Kayseri, M.S., Akkiraz, M.S., Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey), *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 253 (**2007**) 56–90.
- Akgün, F., Sözbilir, H., A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse, *Geodinamica Acta*, 14 (**2001**) 71-93.
- Aksarı, S., Burdur-Fethiye Fay Zonunun Kemer (Burdur)-Çameli (Denizli) Arasındaki Bölümünün Yapısal Evrimi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2016**.
- Aksoy, R., Aksarı, S., Neogene-Quaternary evolution of the Tefenni basin on the Fethiye-Burdur fault zone, SW Anatolia-Turkey, *Journal of African Earth Sciences* 118 (**2016**) 137-148.
- Akşit, C., Burdur-Yeşilova-Tefenni Kromitlerinin Ağır Metal Ve Platin Grubu Elementlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2007**.
- Alçiçek, M.C., Çameli Havzasının Sedimentolojik İncelenmesi (Geç Miyosen-Geç Pliosen, Denizli, GB Anadolu), Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2001**.
- Alçiçek, M.C., Kazancı, N., Özkul, M., Şen, S., Çameli (Denizli) Neojen havzasının tortul dolgusu ve jeolojik evrimi, *MTA Dergisi*. 128 (**2004**) 99-123.
- Alçiçek, M.C., Mayda, S., Titov, V.V., Lower Pleistocene stratigraphy of the Burdur basin of SW Anatolia, *Comptes Rendus Palevol*, 12 (**2013**) 1-11.

- Alçıçek, M.C., Tectonic development of an orogen-top rift recorded by its terrestrial sedimentation pattern: The Neogene Eşen Basin of southwestern Anatolia, Turkey, *Sedimentary Geology* Volume 200 (1–2) **(2007)** 117-140.
- Alçıçek, M.C., ten Veen, J.H.T., Özkul, M., Neotectonic development of the Çameli Basin, southwestern Anatolia, Turkey. In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*, Geol Soc London, Spec Pub 260, pp. 591-611, **2006**.
- Altınlı, İ.E., Denizli güneyinin jeolojik incelemesi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 20 **(1955)** 1-47.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D121, Standard terminology of coal and coke. *Annual Book of ASTM Standards* 2015. Gaseous Fuels: Coal and Coke. ASTM, Philadelphia, PA, USA, 14p., **2015**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D2013 Standard practice for preparing coal samples for analysis. *Annual Book of ASTM Standards* 2007. Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, 11p., **2007**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D2797/ D2797M Standard practice for preparing coal samples for microscopical analysis by reflected light. *Annual Book of ASTM Standards* 2011. Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, 5p., **2011**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D3175 Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke, **2017**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D3177 Standard test method for total sulfur in the analysis sample of coal and coke, *Annual Book of ASTM Standards* 2002, Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, 4p., **2002**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D3180, Standard practice for calculating coal and coke analyses from as-determined to different bases. *Annual Book of ASTM Standards* 2015, Gaseous Fuels: Coal and Coke. ASTM, Philadelphia, PA, USA, 1-3, **2015**.

- American Society for Testing and Materials (ASTM) D3302/D3302M, Standard test method for total moisture in coal. Annual Book of ASTM Standards 2012. Gaseous Fuels: Coal and Coke. ASTM, Philadelphia, PA, USA, 8p., **2012**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D388, Standard classification of coals by rank. Annual Book of ASTM Standards 2019, Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, USA, 7p., **2019**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D5373, Standard test methods for determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in analysis samples of coal and carbon in analysis samples of coal and coke. Annual Book of ASTM Standards 2014. Gaseous Fuels: Coal and Coke. ASTM, Philadelphia, PA, USA, 11p., **2014**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D5865, Standard test method for gross calorific value of coal and coke. Annual Book of ASTM Standards 2013. Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, USA, 19p., **2013**.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D7582 Standard test methods for proximate analysis of coal and coke by macro thermogravimetric analysis. Annual Book of ASTM Standards 2012. Gaseous Fuels: Coal and Coke, ASTM, Philadelphia, PA, USA, 9p., **2012**.
- Amijaya, D.H., Litke, R., Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia, International Journal of Coal Geology, 61(3) (**2005**) 197-221.
- ASTM, Annual Book of ASTM Standarts, Gaseous Fuels; Coal and Coke, 1916 Race Street, Philadelphia, PA19103, 5.5, 520p, **1991**.
- ASTM, Annual Book of ASTM Standarts, Gaseous Fuels; Coal and Coke, American Society for Testing Materials, West Conchohacken, PA, vol 05.06. **2005**.
- ASTM, İnorganic Index to the Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standarts, Pennsylvania,1432 p, **1972**.
- Balcı, M., Sarıkaya, A., Yıldız, M., Burdur (Yeşilova-Tefenni) ve Denizli (Acıpayam) Peridotit Masiflerinde Krom Nikel Prospeksiyonu, MTA. Derleme, 6336, **1974**.

- Baskin, D. K. Atomic H/C ratio of kerogen as an estimate of thermal maturity and organic matter conversion, American Association of Petroleum Geologists, 81-9 **(1997)** 1437-1450.
- Başarı, N., Burdur Yöresinin Manganez Oluşumları ve Bucak (Akpınarkale Tepe) Manganez Zuhuru Jeoloji Raporu, MTA Enstitüsü Rapor No:6088, Ankara, **1980**.
- Bathurst, R.R., Davide Zori, D., Byock, J., Diatoms as bioindicators of site use: locating turf structures from the Viking Age, Journal of Archaeological Science, Volume 37, Issue 11: **(2010)** 2920-2928.
- Bechtel, A., Karayığit, A.I., Bulut, Y., Mastalerz, M., Sachsenhofer, R.F., Coal characteristics and biomarker investigations of Dombayova coals of Late Miocene-Pliocene age (Afyonkarahisar- Turkey), Organic Geochemistry, 94 **(2016)** 52-67.
- Bechtel, A., Karayığit, A.I., Sachsenhofer, R.F., Inaner, H., Christanis, K., Gratzer, R., Spatial and temporal variability in vegetation and coal facies as reflected by organic petrological and geochemical data in the Middle Miocene Çayırhan coal field (Turkey), International Journal of Coal Geology, 134-135 **(2014)** 46-60.
- Bechtel, A., Sachsenhofer, R.F., Zdravkov, A., Kostova, I., Gratzer R., Influence of floral assemblage, facies and diagenesis on petrography and organic geochemistry of the Eocene Bourgas coal and the Miocene Maritza-East lignite (Bulgaria), Organic Geochemistry, 36 **(2005)** 1498-1522.
- Becker-Platen, J. D, Benda, L., Steffens, P., Litho- und biostratigraphische deutung radiometrischtr altersbestimmungen aus dem Jungtertiär der Türkei (Kanozoikum und Braunkohlen der Türkei, 18): Geol.Jahr., B25 **(1977)** 139- 67.
- Becker-Platen, J. D., Stratigraphic division of The Neogene and Oldest Pleistocene in Southwest Anatolia, Newsletters on Stratigraphy, 1-3 **(1971)** 19-22.
- Becker-Platen, J.D, Lithostratigraphische Untersuchungen im Känozoikum SüdwestAnatoliens (Türkei), Beihefte zum geologischen Jahrbuch, 97 **(1970)** 1–244.
- Behar, F., Beaumont, V., De, H.L., Penteado, B., Rock-Eval 6 technology: performances and developments, Oil & Gas Science and Technology, 56 **(2001)** 111-13.

- Benton, M. J., *Vertebrate Paleontology*, Wiley-Blackwell, **2015**.
- Bernoulli, D., Graciansky, P.C., Monod, O., The extension of the Lycian nappes (SW Turkey) into the southwestern Aegean Islands, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **67 (1974)** 4-90.
- Biçen, C., Burdur Yöresi Fe-Mn Oluşukları ile İlgili Prospeksiyon Raporu, MTA Genel Müdürlüğü, **1975**.
- Binns G.J., Harrow G., On the occurrence of certain minerals at Netherseal colliery, Leicestershire, *Trans Inst Min Eng*, **13 (1897)** 252–255.
- Biswas, S., Varma, A.K., Kumar, M., Mani, D., Saxena, V.K., Mishra, V., Influence of geochemical, organo-petrographical and palynofacies assemblages on hydrocarbon generation: A study from upper Oligocene coal and shale of the Makum Coal Basin, Assam, India, *Marine and Petroleum Geology*, **114 (2020)** 104206.
- Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Álvarez-Blanco, I., Bécares, E., Diatom-based indicators in lakes: comparison of different assemblage metrics, *Ecological Indicators*, **46 (2014)** 491-502.
- Bojesen-Koefoed, J.A., Christiansen, F.G., Petersen, H.I., Piasecki, S., Stemmerik, L., Nytoft, H.P., Resinite-rich coals of Northeast Greenland- a hitherto unrecognized, highly oil-prone Jurassic source rock, *Bulletin of Canadian petroleum geology*, **44 (1996)** 458–473.
- Bory de Saint-Vincent, J. B. G. M. *Dictionnaire classique d’histoire naturelle*, Tome 3. Paris: Rey et Gravier., Chapter 10, **(1824)**.
- Bouchal, J.M., Mayda, S., Grímsson, F., Akgün, F., Zetter, R., Denk, T., Miocene palynofloras of the Tınaz lignite mine, Muğla, southwest Anatolia: Taxonomy, palaeoecology and local vegetation change, *Review of Palaeobotany and Palynology*, **243 (2017)** 1–36.
- Bozcu, M., Yağmurlu, F., Şentürk, M., Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, *GB Türkiye, Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **37(1) (2007)** 25-48.
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey-a synthesis, *Geodinamica Acta*, **14 (2001)** 3-30.

- Bojesen-Koefoed, J.A., Christiansen, F.G., Petersen, H.I., Piasecki, S., Stemmerik, L., Nytoft, H.P., Resinite-rich coals of northeast Greenland- a hitherto unrecognized, highly oil-prone Jurassic source rock, *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 44 (3) **(1996)** 458–473.
- BP (British Petroleum), 2021 Statistical Review of World Energy, **2021**.
- BP. Statistical Review of World Energy 2022, 71th edition, **2022**.
- BP., Statistical Review of World Energy Outlook 2020, 69 th Edition, **2021**.
- Brinkman, R., Die Südflanke des Menderes Massivs bei Milas, Bodrum und Oren, *Scientific Reports of the Faculty of Sciencevol.*, Ege University, 43 **(1967)** p. 12.
- Bulut, Y., Dombayova (Dinar, Afyonkarahisar) Linyitlerinin Jeolojik Konumu, Kimyasal, Mineralojik ve Petrografik Özellikleri, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2023**.
- Calder, J.H., Gibling, M.R., Mukhopadhyay, K., Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires, *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 162 **(1991)** 283-298.
- Carpenter A. M., Coal Classification, London: IEA Coal Research (IEACR 12), **1988**.
- Carvajal-Ortiz, H., Gentzis, T., Geochemical screening of source rocks and reservoirs: the importance of using the proper analytical program, *International Journal of Coal Geology*, 190 **(2017)** 56–69.
- Chou, C.-L, Sulfur in coals: A review of geochemistry and origins, *International Journal of Coal Geology*, 100 **(2012)** 1–13.
- Chou, C.-L., Geologic factors affecting the abundance, distribution, and speciation of sulfur in coals. In: Yang, Q. (Ed.), *Geology of Fossil Fuels, Proceedings of the 30th International Geological Congress: Part B*, VSP, Utrecht, The Netherlands, 18, **(1997)** 47–57.
- Christanis, K., Georgakopoulos, K., Fernández-Turiel, J.L., Bouzinos, A., Geological factors influencing the concentration of trace elements in the Philippi peatland, eastern Macedonia, Greece, *International Journal of Coal Geology*, 36 **(1998)** 295-313.

Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Burdur_Madenler.pdf, Burdur İl Maden Potansiyelleri (Erişim tarihi: **13 Ocak 2024**).

Clementz, D. M., Effect of Oil and Bitumen Saturation on Source-Rock Pyrolysis: Geologic Notes, American Association of Petroleum Geologists, 63-12 (**1979**) 2227-2232.

Coal Exploration, Mine Planning and Development 1st Edition by Roy Merritt (Author), **1987**.

Coleman, L., Bragg, L.J., Finkelman, R.B., Distribution and mode of occurrence of selenium in US coals, Environmental Geochemistry and Health, 15 (**1993**) 215-227.

Copard, Y., Disnar, J.R., Becq-Giraudon, J.F., Erroneous maturity assessment given by T_{max} and HI Rock-Eval parameters on highly mature weathered coals, International Journal of Coal Geology, 49 (**2002**) 57–65.

Cox, E.J., Identification of Freshwater Diatoms from Live Material, Chapman & Hall, London, **1996**.

Crosdale, P.J., Coal maceral ratios as indicators of environment of deposition: do they work for ombrogenous mires? An example from the Miocene of New Zealand, Organic Geochemistry, 20-6 (**1993**) 797-809.

Çelik, Y., Karayigit, A.I., Querol, X., Oskay, R.G., Mastalerz, Kayseri-Ozer, M.S., Coal characteristics, palynology, and palaeoenvironmental interpretation of the Yenikoy " coal of late Oligocene age in the Thrace Basin (NW Turkey), International Journal of Coal Geology, 181 (**2017**)103–123.

Çelik, Y., Karayigit, A.I., Oskay, R.G., Kayseri-Ozer, M.S., Christanis, K., Hower, J.C., Querol, X., A multidisciplinary study and palaeoenvironmental interpretation of middle Miocene Keles lignite (Harmancık Basin, NW Turkey), with emphasis on syngenetic zeolite formation. International Journal of Coal Geology., 237 (**2021**) 103691.

- Çoşkuner, B., Fethiye – Burdur Fay Zonunun Kozluca – Burdur Arasındaki Bölümünün Neotektonik Özellikleri, Gb Anadolu, Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2017**.
- Çoşkuner, B., Eren, Y., Demircioğlu, R., Aksoy, R., Investigation of Relative Tectonic Activity of the Northeastern Part of the Fethiye Burdur Fault Zone (Burdur-Southwestern Anatolia) by Geomorphic Indices, Geological Bulletin of Turkey, **2019**.
- Dai S., Finkelman R.B., French, D., Hower, J.C., Graham, I.T., Zhao, F., Modes of occurrence of elements in coal: A critical evaluation, Earth-Science Reviews, 222 (**2021**) 103815.
- Dai, S., Hower, J. C., Ward, C. R., Guo, W., Song, H., Amp, Apos, Keefe, J. M. K., Xie, P., Hood, M. M., Yan, X., Elements and phosphorus minerals in the middle Jurassic inertinite-rich coals of the Muli Coalfield on the Tibetan Plateau, International Journal of Coal Geology, 144-145 (**2015**) 23-47.
- Dai, S., Hower, J.C., Finkelman, R.B. Graham, I.T., French, D., Ward, C.R., Eskenazy, G., Wei, Q., Zhao, L., Organic associations of non-mineral elements in coal: A review., International Journal of Coal Geology, 232 (**2020**) 103347.
- Dai, S., Ren, D., Chou, C.-L., Li, S., Jiang, Y., Mineralogy and geochemistry of the No. 6 coal (Pennsylvanian) in the Junger Coalfield, Ordos Basin, China, International Journal of Coal Geology, 66 (**2006**) 253–270.
- Dai, S., Ren, D., Tang, Y., Shao, L., Li, S., Distribution, isotopic variation and origin of sulfur in coals in the Wuda coalfield, Inner Mongolia, China, International Journal of Coal Geology, 51 (**2002**) 237 – 250.
- Dai, S., Seredin, V.V., Ward, C.R., Hower, J.C., Xing, Y., Zhang, W., Song, W., Wang, P., Enrichment of U–Se–Mo–Re–V in coals preserved within marine carbonate successions: geochemical and mineralogical data from the Late Permian Guiding Coalfield, Guizhou, China, Mineralium Deposita, 50 (**2015**)159–186.

- Dai, S., Zhang, W., Seredin, V.V., Ward, C.R., Hower, J.C., Song, W., Wang, X., Li, X., Zhao, L., Kang, H., Zheng, L., Wang, Zhou, P., Factors controlling geochemical and mineralogical compositions of coals preserved within marine carbonate successions: a case study from the Heshan Coalfield, southern China, *International Journal of Coal Geology*, 109-110 **(2013)**, 77-100.
- Dai, S., Bechtel, A., Eble, C.F., Flores, R.M., French, D., Graham, I.T., Hood, M.M., Hower, J.C., Korasidis, V.A., Moore, T.A., Püttmann, W., Wei, Q., Zhao, L., O'Keefe, J.M.K., Recognition of peat depositional environments in coal: a review, *International Journal of Coal Geology*, 219 **(2020)** 103383.
- Dai, S., Hower J.C., Finkelman R.B., Graham, I.T., French, D., Ward, C.R., Eskenazy, G., Wei, Q., Zhao, L., Organic associations of non-mineral elements in coal: a review, *International Journal of Coal Geology*, 218 **(2020)** 103347.
- Dai, S., Finkelman, R.B., Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects, *International Journal of Coal Geology*, 186 **(2018)** 155-164.
- Dai, S., Ren, D., Chou, C.-L., Finkelman, R.B., Seredin, V.V., Zhou, Y., Geochemistry of trace elements in Chinese coals: a review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization, *International Journal of Coal Geology*, 94 **(2012)** 3-21.
- Dai, S., Ren, D., Chou, C.-L., Li, S., Jiang, Y., Mineralogy and geochemistry of the No. 6 coal (Pennsylvanian) in the Junger Coalfield, Ordos Basin, China, *International Journal of Coal Geology*, 66 **(2006)** 253-270.
- Dai, S., Seredin, V.V., Ward, C.R., Xing, Y., Zhang, W., Song, W., Wang, P., Enrichment of U-Se-Mo-Re-V in coals preserved within marine carbonate successions: geochemical and mineralogical data from the Late Permian Guiding Coalfield, Guizhou, China, *Mineralium Deposita*, 50 **(2015)** 159-186.
- Davis, R.C., Noon, S.W., Harrington, J., The petroleum potential of Tertiary coals from Western Indonesia: Relationship to mire type and sequence stratigraphic setting, *International Journal of Coal Geology*, 70 **(2007)** 35-52.
- Dembicki, H., *Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production* Elsevier, Amsterdamp, 2-4, **2016**.

- Dembicki, H., Three common source Rock-Evaluation errors made by geologists during prospect or play appraisals, AAPG Bulletin, 93 (2009) 341-356.
- Demir İ., Kömür Hazırlama Teknikleri Kullanılarak Türkiye’deki Kömürlerin İz Element İçerikleri Açısından Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- Diessel, C.F K., The correlation between coal facies and depositional environments. Advances in the Study of the Sydney Basin, Proceedings of 20th Symposium, The University of Newcastle, pp: 19–22, (1986).
- Diessel, C.F.K., Coal-Bearing Depositional Systems, Springer Verlag, Berlin, 1992.
- Döğen, A., Tefenni (Burdur) Civarının Jeolojisi ve Kromit Yatakları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Konya, 1992.
- Ediger, V., TKİ ve kömürün Tarihçesi ile Türkiye Kömür Stratejileri, TKİ., 2014.
- EİGM., Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Enerji Denge Tabloları (2022), 2023.
- Elitez, İ., Çameli ve Gölhisar havzalarının miyosen-kuvaterner jeodinamiği, Burdur-Fethiye fay zone, Güneybatı Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
- Elitez, İ., Yaltırak, C., Çameli Havzası’nın Miyosen-Kuvaterner Jeodinamiği, Burdur-Fethiye Makaslama Zonu (GB Türkiye), Türkiye Jeoloji Bülteni 57 (3) (2014) 41-67.
- Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y. ve Akpınar, M., Toros projesine bağlı Kalkan Köyceğiz-Çameli-Tefenni arasında kalan alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları raporu. Türkiye Doğalgaz ve Petrol Anonim Ortaklığı (TPAO), Ankara, Teknik Rapor, Rapor No:1732, yayınlanmamış, 1982.
- Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y., Akpınar, M., Fethiye-Köyceğiz Elmalı-Kalkan arasında kalan alanın jeolojisi, Sixth Petroleum Congress of Turkey, Proceeding, April, Ankara, 1982.
- Erdoğan, S., Şahin, M., Burdur-Fethiye Fay Zonu Tektonik Hareketlerinin Gps ile Belirlenmesi, İTÜ Dergisi, 5 (3) (2006) 135-141.
- Ershov, V.M., Rare earth elements in the Kiselovsk basin coals, Geochimia, 3 (1961) 274.

- Ersoy, Ş., Dirmil (Burdur) ve güneyindeki tektonik ve neotokton birimlerin stratigrafisi ve ortamsal yorumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, 32-2 (1990) 9-24.
- Espitalié J.J., Laporte L., Madec M., Marquis F., Leplat P., Paulet J., Boutefeu A. Méthode rapide de caractérisation des roche mères, de leur potential pétrolier et de leur degré d'evolution, Revue Institut Français du Pétrole 32 (1977) 23-45.
- Finkelman R.B, Trace Elements In Coal Environmental and Healt Significance, U.S. Geological Survey, **1998**.
- Finkelman R.B., Belkin, H.E., Zheng, B., Health impacts of domestic coal use in China, Proceedings of the National Academy of Sciences, 96 (1999) 3427-3431.
- Finkelman R.B., Dai, S., French, D., The importance of minerals in coal as the hosts of chemical elements: a review, International Journal of Coal Geology, 212 (2019) 103251.
- Finkelman R.B., Orem, W.H., Coal Formation and Geochemistry, US Geological Survey, **2003**.
- Finkelman R.B., Palmer, A., Krasnow M.R., Aruscavage P.J., Sellers G.A., Dulong F.T., Combustion and leaching behavior of elements in the argonne premium coal samples, Energy and Fuels, 4 (1990) 755-766.
- Finkelman R.B., Palmer, C.A., Wang, P., Quantification of the modes of occurrence of 42 elements in coal, International Journal of Coal Geology, 185 (2018) 138-160.
- Finkelman, R. B., Gross, P.M.K., The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal, International Journal of Coal Geology, 40 (1999) 91-101.
- Finkelman, R.B., Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: Level of confidence, Fuel Proc. Technol, 39 (1994) 21-34.
- Finkelman, R.B., Modes of occurrence of trace elements in coal: USGS Open-File Report No. OFR-81-99, 301 **1981**.
- Finkelman, R.B; Modes of Occurrence of Environmentally-Sensitive Trace Elements in Coal, Environmental Aspects of Trace Elements in Coal (pp.24-50), **1995**.

- Flores, D., Organic facies and depositional palaeoenvironment of lignites from Rio Maior Basin (Portugal), *International Journal of Coal Geology*, 48/3–4 (2002) 181-195.
- Given, P.H., Miller, R.N., Cahill, R.A., Dreher, G.B., Kuhn, J.K., The association of major, minor and trace elements with lignites. III. Trace elements in four lignites and general discussion of all data from this study, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(7) (1987) 1843–1853.
- Gluskoter H.J., Ruch R.R., Trace Elements In Coal Occurrence and Distribution, Illinois State Geological Survey, 1977.
- Gluskoter, H. J., Proceedings of the International Conference on Ash Deposits and Corrosion from Impurities in Combustion Gases. 3-19, June, New Hampshire, 1977.
- Goldschmidt, V.M., *Geochemistry*, Clarendon Press, Oxford, 1954.
- Goodarzi, F., Elemental distribution in coal seams at the Fording coal mine, British Columbia, Canada, *Chemical Geology*, 68/1–2, 30 (1988) 129-154.
- Göktaş, F., Denizli M22-b1, b2, b3 paftalarının jeolojisi, MTA Rap. No. 9114, Ankara (yayımlanmamış), 1990.
- Görmüş, M., Meriç, E., Bozcu, E., Poisson, A., Başpınar (Yeleme) (Korkuteli, KB Antalya) yöresi Kretase-Tersiyer havzasının tektonostratigrafik özellikleri, Orbitoides ve Loftusia sayısal verileri ve Üst Kretase bentik foraminiferleri, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 15-2 (2003) 109-127.
- Graciansky, P.C., Recherches geologiques dans le Taurus Lycien. Univ Paris Sud (Orday), p. 731, 1972.
- Graciansky, P.C., Teke Yarımadası (Likya) Toroslar'ının üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro-Toroslar'daki yeri, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*. 71 (1968) 73-92.
- Granit, S., Burdur (Tefenni)-Isparta Neojen Havzasının Jeolojisi ve Kömür Olanakları, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Rapor No:369, Ankara, 2003.

- Grimm, E., CONISS carries out Constrained Incremental Sums of Squares cluster analysis. The technique was described and a FORTRAN program, Computers and Geosciences, 13 (1987) 13-35.
- Grimm, E., TG View 2.0.2 (software). Illinois State Museum, Springfield, Illinois, USA, **2004**.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., Dumont, J.F., Geologie des Taurides occidentales (Turquie), Mem. Soc. Geol. Fr. Paris 137 (1979) 1-112.
- Harbich T. Pattern Formation in *Diatoma vulgaris* Colonies. Pattern Formation in *Diatoma vulgaris* Colonies- Observations and Description by a Lindenmayer-System. **2023**.
- Hasle, G.R., and E.E. Syvertsen., Marine Diatoms. In: Tomas, C.R. (Ed.) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, **1997**.
- <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari>. Ankara, MTA, **2022.TK**
- Hunt, J.M., Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter, Organic Geochemistry, 17 (1991) 673-680.
- Hunt, J.M., Petroleum Geochemistry and Geology, Second Edition, W. H. Freeman and Company, New York, **1996**.
- Hutton, A.C., Hower, J.C., Cannel coals: Implications for classification and terminology, International Journal of Coal Geology, 41 (1999) 157-188.
- I.C.C.P., Internationales Lexikon Für Kohlenpetrologie, Centre National de la Recherche Scientifique 15, Quai-Anatole-France, Paris, **1971**.
- I.C.C.P., Internationales Lexikon Für Kohlenpetrologie, Centre National de la Recherche Scientifique 15, Quai-Anatole-France, Paris, **1963**.
- I.C.C.P., The New Inertinite Classification (ICCP System 1994), The Science and Technology of Fuel and Energy, 80 (2001) 459-471.
- I.C.C.P., Vitrinite Classification, International Commite for Coal and Organic Petrology, Aachen, 24 p, **1995**.
- IEA (International Energy Agency), Key World Energy Statistics 2021, Paris, **2021b**.

- IEA (International Energy Agency), World Energy Outlook 2021, Paris, **2021a**.
- International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP), International Handbook of Coal Petrography, 3rd suppl. to 2nd ed. Paris, France: Centre National de la Recherche Scientifique, **1993**.
- International Committee for Coal Petrology (ICCP), The new inertinite classification (ICCP System 1994), Fuel, 80 (**2001**) 459-471.
- International Organization for Standardization (ISO) 7404-3, Methods for the petrographic analysis of coal-Part 3: Methods of determining maceral group composition. Geneva, Switzerland, **2009**.
- International Organization for Standardization (ISO) 7404-5, Methods for the petrographic analysis of coals-Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite, Geneva, Switzerland, 14p., **2009**.
- Iordanidis, A., Georgakopoulos, A., Pliocene lignites from Apofysis mine, Amynteo basin, Northwestern Greece: petrographical characteristics and depositional environment., International Journal of Coal Geology., 54 (**2003**) 57- 68.
- Ivanov, D., Ashraf, A.R., Mosbrugger, V., Palamarev, E., Palynological evidence for Miocene climate change in the Forecarpathian Basin (central Paratethys, NW Bulgaria), Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 178 (**2002**) 19–37.
- Jarvie, D. M., Tobey, M.H. TOC, Rock-Eval and SR Analyzer Interpretive Guidelines Application Note 99-4. Humble Instruments and Services, Inc. Geochemical Services Division, Texas, 11, **1999**.
- Jiménez-Moreno, G., Suc, J.P., Middle Miocene latitudinal climatic gradient in Western Europe: Evidence from pollen records. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 253 (**2007**) 208–225.
- Kalaitzidis, S., Bouzinos, A., Papazisimou, S., Christanis, K., A short-term establishment of forest fen habitat during Pliocene lignite formation in the Ptolemais Basin, NW Macedonia, Greece, International Journal of Coal Geology, 57 (**2004**) 243–263.

- Kalkreuth, T., Kotis, T., Papanicolaou, C., Kokkinakis, P., The geology and coal petrology of a Miocene lignite profile at Meliadi Mine, Katerini, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 17 (1) **(1991)** 51–67.
- Kalkreuth, W.D., Marchioni, D.L., Calder, J.H., Lamberson, M.N., Naylor, R.D., Paul, J., The relationship between coal petrography and depositional environments from selected coal basins in Canada, *International Journal of Coal Geology*, 19 **(1991)** 21-76.
- Kara, H., Acıpayam (Denizli) ovasının ve civarındaki Neojen havzalarının jeolojik etüdü, MTA Enst., Derleme Rap. No: 6153, Ankara, **1976**.
- Karahan, B., Bozdoğan (Aydın, Türkiye) Kömürlerinin Kimyasal ve Petrografik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2024**.
- Karakaş, M., Burdur İlinin Yeraltı Kaynakları, 1. Burdur Sempozyumu (16-19 Kasım 2005) Bildiriler Kitabı, Sayfa: 902-909, Burdur, **2005**.
- Karaman, E., Isparta-Burdur arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37(2) **(1994)** 119-134.
- Karaman, T., Yeşilova-Tefenni (Burdur) Batısında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrografisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1987.
- Karayiğit A.I., Littke, R., Querol, X., Jones, T., Oskay, R.G., Christanis, K., The Miocene coal seams in the Soma Basin (W. Turkey): Insights from coal petrography, mineralogy and geochemistry, *International Journal of Coal Geology*, 173 **(2017a)** 110-128.
- Karayiğit, A.I., Atalay, M., Oskay, R.G., Córdoba, P., Querol, X., Bulut, Y., Variations in elemental and mineralogical compositions of Late Oligocene, Early and Middle Miocene coal seams in the Kale-Tavas Molasse sub-basin, SW Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 218 **(2020a)** 103366.
- Karayiğit, A.I., Kayseri-Özer, M.S., Kale-Kurbalık (Denizli) Paralık Kömür Havzasında Kömür Oluşumunun ve Paleoiklim Koşullarının Disiplinlerarası Çalışmalarla İncelenmesi, Program Kodu: 1001, Proje No: 117Y377, Ankara, **2020**, Yayınlanmamış.

- Karayığit, A.I., Mastalerz, M., Oskay, R.G., Buzkan, İ., Bituminous coal seams from underground mines in the Zonguldak Basin (NW Turkey): Insights from mineralogy, coal petrography, Rock-Eval pyrolysis, and meso-and microporosity, *International Journal of Coal Geology*, 199 **(2018)** 91–112.
- Karayığit, A.I., Oskay, R.G., Christanis, K., Tunoğlu, C., Tuncer, A., Bulut, Y., Palaeoenvironmental reconstruction of the Çardak coal seam, SW Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 139 **(2015)** 3-16.
- Karayığit, A.I., Oskay, R.G., Çelik, Y., Mineralogy, petrography, and Rock-Eval pyrolysis of late Oligocene coal seams in the Malkara coal field from the Thrace Basin (NW Turkey), *International Journal of Coal Geology*, 244 **(2021)** 103814.
- Karayığit, A.İ., Bircan, C., Mastalerz, M., Oskay, R.G., Querol, X., Lieberman, N., Türkmen, İ., Coal characteristics, elemental composition and modes of occurrence of some elements in the İsaalan coal (Balıkesir, NW Turkey), *International Journal of Coal Geology*, 172 **(2017b)** 43-59.
- Karayığit, A.İ., Akgün, F., Gayer, R. A., Temel, A., Quality, Palynology, and palaeoenvironmental interpretation of the Ilgin lignite, Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 38 **(1999)** 219-236.
- Karayığit, A.İ., Bircan, C., Oskay, R.G., Türkmen, İ., Querol, X., The geology, mineralogy, petrography, and geochemistry of the Miocene Dursunbey coal within fluvio-lacustrine deposits, Balıkesir (Western Turkey), *International Journal of Coal Geology*, 228 **(2020b.)** Article Number: 103548.
- Katz, B.J., Limitations of ‘Rock-Eval’ pyrolysis for typing organic matter, *Organic Geochemistry*, 4 **(1983)** 195-199.
- Kayseri, M.S., Akgün, F., Palynostratigraphic, palaeovegetational and palaeoclimatic investigations on the Miocene deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17 **(2008)** 361–403.
- Kayseri-Özer, M. S., Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia, *Geodinamica Acta*, 26 **(2014)** 122-157.

- Kayseri-Özer, M.S, Cenozoic vegetation and climate change in Anatolia-A study based on the IPR-vegetation analysis, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 467 **(2017)** 37-68.
- Kayseri-Özer, M.S., Akgün, F., Mayda, S., Kaya, T., Palynofloras and vertebrates from Mugla-Oren region (SW Turkey) and palaeoclimate of the Middle Burdigalian-Langhian period in Turkey, *Bulletin of Geosciences*, 89 **(2014a)**137–162.
- Kayseri-Özer, M.S., Atalar, M., Kováčová, M., Palaeovegetational evolution of the Çankırı-Çorum Basin during the Mio-Pliocene (Central Anatolia) based on the IPR analysis method, *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 99 **(2019)** 571–590.
- Kayseri-Özer, M.S., Emre, T., Palaeovegetation and paleoclimate in the SW Turkey – a study based on the early-middle Miocene coal-bearing sediments from the Büyük Menderes Graben, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 297 **(2022)** 104560.
- Kayseri-Özer, M.S., Karadenizli, L., Akgün, F., Oyal, N., Saraç, G., Şen, Ş., Tunoğlu, C., Tuncer, A., Palaeoclimatic and Palaeoenvironmental Interpretations of the Late Oligocene, Late Miocene-Early Pliocene in the Çankırı-Çorum Basin, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 467 **(2017)** 16–36.
- Kayseri-Özer, M.S., Sancay, R.H., Şen, Ş., Sözeri, K., Métais, G., Ayyıldız, T., Varol, B., Palaeoenvironment of the Late Oligocene from the Kağızman-Tuzluca Basin in the Northeastern Anatolia Based on the Micro-Macrofloras, *Turkish journal of Earth Science*, 26 **(2017b)** 227-248.
- Kayseri-Özer, M.S., Sözbilir, H., Akgün, F., Miocene palynoflora of the Kocaçay and Cumaovası Basins: a contribution to the synthesis of Miocene palynology, palaeoclimate, and palaeovegetation in Western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23 **(2014b)** 233–259.
- Ketris, M.P., Yudovich Ya.E., Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals, *International Journal of Coal Geology*, 78-2, **(2009)** 135-148.
- Killops, S., Killops, V., *Introduction to Organic Geochemistry* Second edition, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 382 p., **2005**.

- Kolcon, I, Sachsenhofer, R.F., Petrography, palynology and depositional environments of the Early Miocene Oberdorf lignite seam (Styrian Basin, Austria), *International Journal of Coal Geology*, 41 (1999) 275–308.
- Koukoulas, N., Kalaitzidis, S.P., Ward, C.R., Organic petrographical, mineralogical and geochemical features of the Achlada and Mavropigi lignite deposits, NW Macedonia, Greece., *International Journal of Coal Geology*, 83 (2010) 387-395.
- Kozan, A.T., Bircan, A., Bozbay, E., Ögdüm, F., Tüfekçi, K., Burdur Tefenni Havzalarının Jeomorfolojisi ve Genç Tektoniği, MTA Enstitüsü Raporları, Rapor No:9622, Ankara (Yayınlanmamış), 1993.
- Köksoy M., Yakıtlar Jeolojisi Kitabı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 159-163, 1985.
- Kömür (Linyit) Sektör Raporu 2022, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2022 Ankara, 2023.
- Kömür Özellikleri ve Çevre İlişkileri, Editör Orhan Kural, Bölüm 4: Kömür oluşumu ve Sınıflandırılması, Yazarlar: Ali İhsan Karayığit, Mümin Köksoy, Sayfa:59-71, 1998.
- Kömür, Kömür Petrografisi ve Kok Üretiminde Kullanımı, Selami Toprak, Eğitim Serisi:54, MTA, Ankara, 2021.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig ve D. Mollenhauer (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, (1988).
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig ve D. Mollenhauer (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Cilt 2/3. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. (1991).
- Kützing, F.T., Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. pp. [i-vii], [1]-152, pls 1-30. Nordhausen., (1844).
- L.B. Clarke, L.L. Sloss, IEA Coal Research, Trace elements – emissions from coal combustion and gasification, IEA Coal Research, London (1992).

- Lafargue, E., Marquis, F. and Pillot, D., Rock-Eval 6 Applications in Hydrocarbon, Production and in Soil Contamination Studies. Institut Français du Pétrole, France, 1-23. **1998**.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., Kalkreuth, W., Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleowetland environments, Gates Formations, Northeastern British Columbia, Canada, International Journal of Coal Geology, 18 (**1991**) 87–124.
- Landais, P., Gerard, L., Coalification stages from confined pyrolysis of an immature humic coal, International Journal of Coal Geology, 30 (**1996**) 285–301.
- Larkin, B.J., Green, D.R. Coal Log Manual, Borehole Data Standard for the Australian Coal Industry, Vol.3, 162, **2020**.
- Lowe, R. L., Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, (**1974**).
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Türkiye Linyit Envanteri, Envanter Serisi: 202, Ankara, **2010**.
- McCabe, P.J., Depositional environments of coal and coal-bearing strata. In R.A. Rahmani and R.M. Flores (Eds), Sedimentology of Coal and Coal-bearing Sequences, Blackwell Scientific Publication, USA, 412 p., **1984**.
- Meşhur, M., Akpınar, M., Yatağan-Milas-Bodrum-KaracasuKale-Acıpayam Tavas civarının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rap. No: 1963 (yayımlanmamış), Ankara, **1984**.
- Meşhur, M., Yoldemir, O., Köyceğiz (Muğla)-Datça (Muğla)-Yatağan (Muğla)-Kale (Denizli) arasında kalan alanın jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO Rap. No. 1847 (yayımlanmamış), Ankara, **1983**.
- Meyers, R.A., Coal Structure, Academic Press, Inc. New York, **1982**.
- Miller, R.N., Given, P.H., The association of major, minor and trace inorganic elements with lignites: part 1, experimental approach and study of a North Dakota lignite, Geochimica et Cosmochimica Acta, 50 (**1986**), 2033-2043.

- Mitrović, D., Đoković, N., Životić, D., Bechtel, A., Šajnović, A., Stojanović, K., Petrographical and organic geochemical study of the Kovin lignite deposit, Serbia, *International Journal of Coal Geology*, 168 **(2016)** 80-107.
- Moore, T.A., Shearer, J.C., Peat/coal type and depositional environment- Are they related?, *International Journal of Coal Geology*, 56 **(2003)** 233-252.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü), Kömür Arama Araştırmaları, **2021**.
- Mukhopadhyay, P. K., Hatcher, P. G., Composition of coal and coal macerals, *Organic Geochemistry* (pp. 93-112), Springer, **1993**.
- Mukhopadhyay, P., Organic petrography and organic geochemistry of tertiary coals from texas in relation to depositional environment and hydrocarbon generation, Report of Investigations, Bureau of Economic Geology, Texas, 118 pp, **1989**.
- Mukhopadhyay, P.K., Hatcher, P.G., Composition of Coal, *American Association of Petroleum Geologists*, 38 **(1993)**.
- Nakoman, E., Kömür, Eğitim Serisi, No:8, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara, **1971**.
- Nebert, K., Denizli-Acıgöl Mevkinin Jeolojisi, MTA Rapor No:2509, Ankara, MTA, **1956**.
- Newman, J., Price, L.C., Johnston, J.H., Hydrocarbon source potential and maturation in eocene New Zealand vitrinite-rich coals: Insights from traditional coal analyses, and Rock-Eval and biomarker studies, *Journal of Petroleum Geology*, 20 **(1997)** 37–163.
- Oikonomopoulos, I.K., Kaouras, G., Tougiannidis, N., Ricken, W., Gurk, M., Antoniadis, P., The depositional conditions and the palaeoenvironment of the Achlada xylitedominatedlignite in western Makedonia, Greece, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 440 **(2015)** 777-792.
- O'Keefe, J.M., Bechtel, A., Christanis, K., Dai, S., DiMichele, W.A., Eble, C.F., Esterle, J.S., Mastalerz, M., Raymond, A.L., Valentim, B.V., Wagner, N.J., Ward, C.R., and Hower, J.C., On the fundamental difference between coal rank and coal type, *International Journal of Coal Geology*, **(2013)**.

- Oskay, R.G., Bechtel, A., Karayigit, A.I., Mineralogy, petrography and organic geochemistry of Miocene coal seams in the Kınık coalfield (Soma Basin-Western Turkey): Insights into depositional environment and palaeovegetation, *International Journal of Coal Geology*, 210 **(2019)** 103205.
- Oskay, R.G., Christanis, K., Inaner, H., Salman, M., Taka, M., Palaeoenvironmental reconstruction of the eastern part of the Karapınar-Ayrancı coal deposit (Central Turkey), *International Journal of Coal Geology*, 163 **(2016)** 100-111.
- Oskay, R.G., Karayığit, A.İ., Coal quality, mineralogy, petrography, and geochemistry of the high-strontium Bozburun lignite (Malatya, eastern Türkiye), *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, **(2023)**.
- Önalan, M., Elmalı-Kaş (Antalya) Arasındaki Alanın Jeolojisi, Doktora, Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, İstanbul, **1979**.
- Papanicolaou, C., Dehmer, J., Fowler, M., Petrological and organic geochemical characteristics of coal samples from Florina, lava, Moschopotamos and Kalavryta coal fields, Greece, *International Journal of Coal Geology*, 44 **(2000)** 267–292.
- Patrick, L., Monthioux, M., Meunier, J.-D., Importance of the oxidation/ maturation pair in the evolution of humic coals, *Organic Geochemistry*, 7 **(1984)** 249–260.
- Patrick, R., Reimer, C.W., The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii, Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Vol. 2, Part 1, **1975**.
- Pepper, A., Corvi, P.J., Simple kinetic models of petroleum formation. Part I: Oil and gas generation from kerogen, *Marine and Petroleum Geology*, 12 **(1995)** 291-319.
- Peters, K. E., Cassa, M. R. Applied source rock geochemistry, in L.B. Magoon and W.G. Dow, eds., *The petroleum system from source to trap: AAPG Memoir 60* **(1994)** 93-120.
- Peters, K. E., Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis, *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, V.70, No: 3 **(1986)** 318-329.

- Peters, K. E., Moldowan, J. M., The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments, Englewood Cliffs, N.J.: PrenticeHall, **1993**.
- Petersen, H.I., “The petroleum generation potential and effective oil window of humic coals related to coal composition and age”, International Journal of Coal Geology, 67 (**2006**) 221-248.
- Petersen, H.I., A re-consideration of the "oil window" for humic coal and kerogen type III source rock”, Journal of Petroleum Geology, 25 (**2002**) 407-432.
- Petersen, H.I., Holme, A.C., Thomsen, E., Whitaker, M.F., Brekke, T., Bojesen-Koefoed, J.A., Hansen, K.H., Larsen, B.T. “Hydrocarbon potential of middle Jurassic coaly and lacustrine and upper Jurassic- lowermost Cretaceous marine source rocks in the Søgne basin, North Sea”, Journal of Petroleum Geology, 34 (**2011**) 277-304.
- Petersen, H.I., Lindström, S., Nytoft, H.P., Rosenberg, P., Composition, peat-forming vegetation and kerogen paraffinicity of Cenozoic coals: Relationship to variations in the petroleum generation potential (Hydrogen Index), International Journal of Coal Geology, 78 (**2009**) 119-134.
- Petersen, H.I., Øverland, J.A., Solbakk, T., Bojesen-Koefoed, J.A., Bjerager, M., Unusual resinite-rich coals found in northeastern Greenland and along the Norwegian coast: Petrographic and geochemical composition, International Journal of Coal Geology, 109- 110 (**2013**) 58–76.
- Petersen, H.I., Rosenberg, P., Nytoft, H.P., Oxygen groups in coals and alginite-rich kerogen revisited, International Journal of Coal Geology, 74 (**2008**) 93–113.
- Pickel, W., Kus, J., Flores, D., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Cardott, B.J., Misz-Kennan, M., Rodrigues, S., Hentschel, A., Hamor-Vido, M., Crosdale, P., Wagner, N. Classification of liptinite- ICCP System 1994, International Journal of Coal Geology, 169 (**2017**) 40-61.
- Pickel, W., Kus, J., Flores, D., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Cardott, B.J., Misz-Kennan, M., Rodrigues, S., Hentschel, A., Hamor-Vido, M., Crosdale, P., Wagner, N. Classification of liptinite- ICCP System 1994, International Journal of Coal Geology, 169 (**2017**) 40-61.

- Poisson, A., Recherches géologiques dans les massifs occidentaux (Turquie), thèse univ., Paris-sud, orsay 795p, **1977**.
- Poisson, A., The extension of the Ionian trough into SW Turkey. In: Dixon, J.F., Anderson, A.H. (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol Soc London, Spec Pub 13, pp. 245-253, **1984**.
- Potapova, M. A., review of freshwater diatom biodiversity and its use in ecological studies, Journal of Phycology, 45(4) (**2009**) 711–725.
- Price, S.P., Sedimentation and Neotectonics of the Burdur Region, SW Turkey, PhD., PhD. University of Leicester, U.K., **1989**.
- Prothero, D.R., Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology, Columbia University Press, **2013**.
- Rimet F., Bouchez A., Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 406 (**2012**) 1-14.
- Rollinson H.R., Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Scientific & Technical, **1993**.
- Round, F.E., Crawford, R. M., Mann, D.G., The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera, Cambridge University Press, **1990**.
- Saros, J. E., Anderson, N. J., Diatom-based reconstruction of paleoclimate and limnology in the Arctic: The use of diatoms in climate change studies., Global and Planetary Change, 128 (**2015**) 16–30.
- Schopf, J.M., A definition of coal, Economic Geology, 51 (**1956**) 21-527.
- Schopf, J.M., Definitions of peat and coal and of graphite that terminates the coal series (graphocite), Journal of Geology, **74-5**, (**1966**).
- Schweinfurth S.P., Finkelman, R.B., Coal-A complex natural resource: An overview of factors affecting coal quality and use in the United States With a contribution on coal quality and public health, USGS Numbered Series, Report No: 1143, **2003**.
- Schürmann, H.M.E., Ueber jungtertiäre Braunkohlen in Ost-Borneo. Braunkohle 26(609–612) (**1927**) 634–641.

- Scott, A.C., Coal petrology and the origin of coal macerals: A way ahead?, *International Journal of Coal Geology*, 50 (2002) 119-134.
- Sen, S., Naskar, S., Das, S., Discussion on the concepts in paleoenvironmental reconstruction from coal macerals and petrographic indices, *Marine and Petroleum Geology*, 73 (2016) 371-391.
- Siavalas, G., Linou, M., Chatziapostolou, A., Kalaitzidis, S., Papaefthymiou, H., Christanis, K., Palaeoenvironment of Seam I in the Marathousa Lignite Mine, Megalopolis Basin (Southern Greece), *International Journal of Coal Geology*, 78 (2009) 233-248.
- Singh, V.P, Singh, B.D, Singh, A., Singh, M.P., Mathews, R.P., Dutta, S., Mahesh, V.A., Mishra, S.S., Depositional palaeoenvironment and economic potential of Khadsaliya lignite deposits (Saurashtra Basin), western India: Based on petrographic, palynofacies and geochemical characteristics, *International Journal of Coal Geology*, (2017) 171-184.
- Smol, J.P., Stoermer, E.F., *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, 2010.
- Snowdon, L.R., Powell, T.G., Immature oil and condensate - modification of hydrocarbon generation model for terrestrial organic matter, *AAPG Bulletin*, 66 (1982) 755-788.
- Snowdon, L.R., Rock-Eval Tmax suppression: Documentation and amelioration, *AAPG Bulletin*, 79 (1995) 1337-1348.
- Solak, C.N., Ács, É., Water Quality Monitoring in European and Turkish Rivers Using Diatoms, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, (2011) 329-337.
- Spaulding, S. A., Edlund, M. B. Diatoms as indicators of water quality in freshwater ecosystems, *Phycological Ecology of Inland Waters*, (2008) 205-226.
- Spaulding, S., Edlund, M. *Cyclotella*. In *Diatoms of North America*, (2008).
- Speight, J.G., *Hand Book of Coal Analysis. Chemical Analysis: Series of Monographs on Analytical Chemistry and Applications*. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, 222, 2005.

- Speight, J.G., The Chemistry and Technology of Coal, Aiche Journal, Vol:31, **(1983)**.
- Spiro, B., Effects of minerals on Rock Eval pyrolysis of kerogen, Journal of thermal Analysis, 37 **(1991)** 1513-1522.
- Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmüller, R., Stach's textbook of coal petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 535p, **1982**.
- Stevenson, R. J., Bothwell, M. L., Lowe, R. L., Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. San Diego: Academic Press., **(1990)**.
- Stock, A.T., Littke, R., Lücke, A., Zieger, L., Thielemann, T., Miocene depositional environment and climate in western Europe: The lignite deposits of the Lower Rhine Basin, Germany, International Journal of Coal Geology., 157 **(2016)** 2–18.
- Stock, J. R., Coal facies and paleoenvironmental reconstruction of Tertiary coals from the Upper Silesian Basin, Poland, Coal Geology, 48(4) **(2016)** 565-580.
- Stopes, M., On the Four Visible Ingredients in Banded Bituminous Coal Studies in the Composition of Coal No. 1, Proceedings of the Royal Society of London, **1919**.
- Stopes, M., On the petrology of banded bituminous Coals, Fuel, 14 **(1935)**.
- Suárez-Ruiz, I. and Crelling, J.C., Applied Coal Petrology. The Role of Petrology in Coal Utilization. Elsevier, Amsterdam, 388 p. **(2008)**.
- Suggate, R.P., Boudou, J.P., 1993. Coal rank and type variation in Rock-Eval assessment of New Zealand coals. Journal of Petroleum Geology, 16, 73-88.
- Swaine D.J., Goodarzi F., Environmental Aspects Of Trace Elements In Coal, **1995**.
- Swaine D.J., Trace Elements In Coal, Butterworth and Co. (Publishers) Ltd, London, **1990**.
- Swaine, D.J. Trace Elements in Coal in Trace Substances in Environmental Health - XI, Hemphill, D.D., Editor, University of Missouri, Columbia, pages 107-116, **(1977)**

- Swaine, D.J., Geological aspects of trace elements in coal, In Augustithis, pp. 521-532, **1983**.
- Swaine, D.J., The fate of trace elements during combustion. Proc. Aust. Coal Sei. Conf, Gippsland Inst. Advanced Educ, Churchill, Vic, pp. 1-10, **1984**.
- Swaine, D.J., Why trace elements are important?, Fuel Processing Technology, 65–66 (2000) 21–33.
- Sykes, R., Depositional and rank controls on the petroleum potential of coaly source rocks. In: Hill, K.C., Bernecker, T. (Eds.), Eastern Australasian Basins Symposium, a Refocused Energy Perspective for the Future. Expl. Soc. Australia Sp. Publ, Petrol, pp. 591–601, **2001**.
- Sykes, R., Peat biomass and early diagenetic controls on the paraffinic oil potential of humic coals, Canterbury Basin, New Zealand, Petroleum Geoscience, 10 (2004) 283–303.
- Sykes, R., Snowdon, L.R., Guidelines for assessing the petroleum potential of coaly source rocks using Rock-Eval pyrolysis. Organic Geochemistry, 33 (2002) 1441-1455.
- Sýkorová, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G.H., Flores, F., Classification of huminite—ICCP System 1994, International Journal of Coal Geology, 62 (2005) 85-106.
- Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., Özdemir, T., Kadıncız, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroğlu, M., Örçen, S., Fethiye (Muğla)-Kalkan (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi, MTA Enstitüsü Raporları no: 9761, Ankara, **1994**.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, A.M., Karaman, T., Erkan, M., Kaymakçı, H., Örçen, S., Bilgi, C., Likya Napları ön cephe özellikleri, 8. TJK Bildiri Özleri, Ankara, **1987**.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, M.A., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örçen, S., Bilgi, C., Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve Dolayının Jeolojisi, MTA rapor No: 9429, 345s, Ankara (yayınlanmamış), **1989**.

- Tamzok, N., Dünyada ve Türkiyede Kömür, Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022, TMMOB, **2022**.
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., Organic Petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin. 704 pp. **(1998)**.
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi) 2022 Kurulu Güç Raporu, Şubat **2022**.
- Teichmüller, M., Taylor, G.H., Littke, R., The nature of organic matter macerals and associated minerals, Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. (Eds.), Organic petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 704 p., **1998**
- Teichmüller, M., The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology, International Journal of Coal Geology, 12 **(1989)** 1–87.
- Tissot, B.P., Welte, D.H., Petroleum Formation and Occurrence. 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin, 699 p, **1984**.
- TKİ 2022 Faaliyet Raporu, Ankara, **2023**.
- TKİ., TKİ 2023 Faaliyet Raporu, **2024**.
- TKİ., TKİ 2024-2028 Taslak Stratejik Planı, **2024**.
- Torres-Ordóñez RJ, Calkins WH, Klein M.T., Geochemistry of Sulfur in Fossil Fuels, Symposium Series 429. USA: American Chemical Society, pp.287–295, **1990**.
- Trudinger, P.A., Swaine, D.J., Skyring, G.W., Biogeochemical cycling of elements-general considerations. In: Biogeochemical Cycling of Mineral-forming Elements. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-27, **1979**.
- TTK 2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu, Mayıs **2021**.
- TTK 2021 Yılı Sektör Raporu, Ankara, **2022**.
- TTK., Faaliyet Raporu 2023, **2024**.
- TTK., Sektör Raporu 2023, **2024**.
- Tuncer, A., Karayığit, A.I., Oskay, R.G., Tunoğlu, C., Kayseri-Özer, M.S., Gümüş B.A., Bulut, Y., Akbulut, A., A multi-proxy record of palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions during Plio-Pleistocene peat accumulation in the eastern flank of the Isparta Angle: A case study from the Şarkikaraağaç coalfield

- (Isparta, SW Central Anatolia), International Journal of Coal Geology, 265 (2023).
- TÜİK. 2022 Katı Yakıt İstatistikleri, Aralık 2023.
- TÜİK. İthal Kömür İstatistikleri 2022, ANKARA, 2023.
- Türkiye Linyit Envanteri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Envanter Serisi, Ankara, 2010.
- Ünalın G., Kömür Jeolojisi, MTA Eğitim Serisi 41, Ankara, 105-114, 2010.
- Valkovic, V., Trace Elements In Coal, Volume I, CCRC Press, Florida, 57-177, 1983.
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J.A, A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands, Netherlands, Journal of Aquatic Ecology, 28 (1994) 117–133.
- Van Krevelen, D.W. Coal: Typology-Chemistry-Physics-Constitution, Elsevier, Amsterdam, 1961.
- Vanormelingen, P., Verleyen, E., Vyverman, W., The diversity and distribution of diatoms: from cosmopolitanism to narrow endemism, Biodiversity and Conservation, 17 (2008) 393–405.
- Varol, S., Davraz, A., Assessment of geochemistry and hydrogeochemical processes in groundwater of the Tefenni plain (Burdur/Turkey), Environmental Earth Sciences, 71, 2014.
- Varol, S., Davraz, A., Hydrogeochemical investigations of Barutlusu ve Pınarbaşı spring water (Tefenni/Burdur). Süleyman Demirel University, Journal of Applied and Natural Science ,14(2) (2010) 156–167.
- Varol, S., Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2011.
- Vassilev S.V., Vassileva C.G., Geochemistry Of Coal, Coal Ashes and Combustion Wastes From Coal-Fired Power Stations, Bulgaria, Fuel Processing Technology, 51(1996) 19-45.
- Walker, S., Major Coalfields of the World, International Energy Agency, Coal Research, 2000.

- Wang, X., Bian, J., Zeng, F., Pan, Z., Chai, P., Aluminum-bearing nano-sized minerals in vitrain band and its implications for modes of occurrence of Al in Carboniferous-Permian coals from the Hedong Coalfield, northern China, *International journal of Coal Geology*, 248 **(2021)** 103861.
- Wang, X., Feng Q., Distribution and Modes of Occurrence of Uranium in Coals of Eastern Yunnan, *International Journal of Coal Science & Technology China*, **2021**.
- Ward C., *Coal Geology And Coal Technology*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, **1983**.
- Ward, C. R., Analysis, origin and significance of mineral matter in coal: An updated review, *International Journal of Coal Geology*, 165 **(2016)** 1-27.
- Ward, C.R. Analysis and significance of mineral matter in coal seams, *International Journal of Coal Geology*, 50 **(2002)** 135-168.
- Ward, C.R., Analysis, origin and significance of mineral matter in coal: An updated review, *International Journal of Coal Geology*, 165 **(2016)** 1-27.
- Ward., C. R., *Coal Geology and Coal Technology* Blackwell Scientific Publications, Melbourne, Oxford, **1984**.
- Whitton, B. A., E. Rott (eds), *Use of Algae for Monitoring Rivers II*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck: 196 pp., **1996**.
- Whitton, B. A., E. Rott, G. Friedrich (eds), *Use of Algae for Monitoring Rivers*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck: 193 pp., **1991**.
- Whitton, B.A., Kelly, M.G., Use of algae and other plants for monitoring rivers, *Australian Journal of Ecology*, **(1995)** 20:45-56.
- Whitton, B.A., Rott, E., Friedrich, G., Use of Algae for Monitoring Rivers, *Proc. Internat. Symp.*, Dusseldorf, **(1991)**.
- Wilkins, R.W.T., George, S.C., Coal as a source rock for oil: a review, *International Journal of Coal Geology*, 50 **(2002)** 317–361.
- Williams, D.M., Morphology, taxonomy and inter-relationships of the ribbed araphid diatoms from the genera *Diatoma* and *Meridion* (Diatomaceae: Bacillariophyta), *Bibliotheca Diatomologica*, 8 **(1985)** 1-228.

- Williamson, K., Geothermal prospection of the Western Anatolia Report: Union Oil Company of California, Santa Rosa-California-USA, **1982**.
- Woodcock, N.H., Robertson, A.H.F., Wrench and thrust tectonics along a Mesozoic-Cenozoic continental margin: Antalya Complex, S.W. Turkey, *Journal of the Geological Society*, 139 (**1982**) 147–163.
- Wüst, R.A.J, Hawke, M.I, Bustin, R.M., Comparing maceral ratios from tropical peatlands with assumption from coal studies: Do classic coal petrographic interpretation methods have to be discarded?, *International Journal of Coal Geology*, 48 (**2001**) 115-132.
- Yalçinkaya, S., Engin, A., Taner, K., Afşar, Ö.P, Dalkılıç, H., Özgönül, E., Batı Torosların Jeolojisi, MTA Rapor No:7898, Ankara, yayımlanmamış, **1986**.
- Yılmaz, P. O., Maxwell, J. C., Muehlberger, W. R., Antalya Kopleksinin Yapısal Evrimi ve Dogu Akdeniz’deki Yeri, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 7 (**1981**) 119-127.
- Yılmaz, Ş., Türkyılmaz, O., Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Arzı, Türkiye’nin Enerji Görünümü 2022, TMMOB, **2022**.
- Yudovich, Ya. E., Ketris, M.P., Arsenic in coal: a review, *International Journal of Coal Geology*, 61 (**2005a**) 141-196.
- Yudovich, Ya. E., Ketris, M.P., Mercury in coal: a review Part 1. Geochemistry, *International Journal of Coal Geology*, 62 (**2005b**) 107-134.
- Zhao Q., Niu Y., Xie Z., Zhang, K., Zhou, J., Arbuzov, S.I., Geochemical characteristics of elements in coal seams 41 and 42 of Heshan coalfield, South China, *Energy Exploration & Exploitation*, 38-1 (**2020**) 137–157.
- Životić, D., Bechtel, A., Sachsenhofer, R., Gratzner, R., Radić, D., Obradović, M., Stojanović, K., Petrological and organic geochemical properties of lignite from the Kolubara and Kostolac basins, Serbia: Implication on Grindability index, *International Journal of Coal Geology*, 131 (**2014**) 344-362.