T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSAALAN (KEPSUT) VE ODAKÖY (DURSUNBEY) YÖRELERİNDEKİ NEOJEN ÇÖKELLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ, KÖMÜR PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

DOKTORA TEZİ

CÜNEYT BİRCAN

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSAALAN (KEPSUT) VE ODAKÖY (DURSUNBEY) YÖRELERİNDEKİ NEOJEN ÇÖKELLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ, KÖMÜR PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

DOKTORA TEZİ

CÜNEYT BİRCAN

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN (Tez Danışmanı)**
Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK
Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL
Doç. Dr. Ali Murat KILIÇ
Doç. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ - ÖZER

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Cüneyt BİRCAN tarafından hazırlanan "**İSAALAN (KEPSUT) VE ODAKÖY (DURSUNBEY) YÖRELERİNDEKİ NEOJEN ÇÖKELLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ, KÖMÜR PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **26.06.2019** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Danışman Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN	.....
Üye Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK	.....
Üye Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL	.....
Üye Doç. Dr. Ali Murat KILIÇ	.....
Üye Doç. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ - ÖZER	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR .....

Bu tez çalışmasının bir bölümü TÜBİTAK tarafından 113Y587 nolu proje ile desteklenmiştir.

“sevgili eşim ve canım kızıma…”

ÖZET

İSAALAN (KEPSUT) VE ODAKÖY (DURSUNBEY) YÖRELERİNDEKİ NEOJEN ÇÖKELLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ, KÖMÜR PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI
DOKTORA TEZİ
CÜNEYT BİRCAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. İBRAHİM TÜRKMEN)

BALIKESİR, HAZİRAN – 2019

Bu çalışmanın amacı, İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yörelerindeki kömür seviyeleri içeren Soma Formasyonu'nun stratigrafik ve sedimantolojik özelliklerini ortaya koymaktır.

Çalışmanın ana konusunu oluşturan Soma Formasyonu'nun çökel ilişkilerini ortaya koymak amacıyla İsaalan yöresinde 10 adet, Odaköy yöresinde ise 1 sondaj kuyusu loglanmış İsaalan yöresinde 1, Odaköy yöresinde 6 adet olmak üzere toplamda 7 adet stratigrafik kesit ölçülmüştür. Bu çalışmalar sonucu Soma Formasyonu'na ait 17 fasiyes 5 fasiyes topluluğu ayırtlanmıştır.

Soma Formasyonu'na ait kumtaşlarının çoğunun litarenit ve az bir kısmının ise feldspatik litarenit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Bileşenlerin çoğunluğunu ultrabazik kökenli kayaç parçaları, serpantinit ve harzburjit oluşturmakta olup yüksek oranlarda çört içermektedir. Bu bileşenlerin bölgede geniş yüzeylemeler sunan Kretase yaşlı Yayla Melanjı'na ait farklı türdeki bloklardan türemiş olmalıdır. Monokristalin kuvarslar, feldspat ve ferromagnezyen minerallerin kökenini Çataldağ Plütonu, yüksek oranlarda gözlenen muskovitler ve dalgalı sönme gösteren şistik metamorfik tip kuvarsların ise havza tabanında yer alan Fazlıkonağı Formasyonu'na ait metamorfik kayalardan türemiş olabileceği düşünülmektedir. Soma Formasyonu'nun stratigrafik özelliklerini belirlemek amacıyla birçok örnek alınmış, gerçekleştirilen palinolojik ve paleobotanik sayımlar sonucu formasyonun inceleme alanındaki yüzleklerinin yaşı Erken Miyosen (Akitaniyen (?) sonu Burdigaliyen başı) olarak belirlenmiştir.

Her iki havzada Soma Formasyonu içerisindeki kömürlerden derlenen örneklerin kaba kimyasal analizleri sonucu kalori değerlerinin İsaalan yöresi örneklerinde 2370-6256 kcal/kg, Odaköy yöresi örneklerinde ise 1088-5668 kcal/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Gerçekleştirilen petrografik analizler sonucu maseral grubu olarak hüminitlerin baskın olduğu ve GI ile TPI değerleri baz alınarak hazırlanan diyagramlara göre kömürlerin limnik zonun açık su alanları ile kısmen sulu orman bataklığında yoğunlaştığı görülmüştür. Yansıtma ölçümleri sonucu kömürleşme derecesinin alt bitümlü kömür aşamasında olduğu görülmektedir. Bölgedeki kömür örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tüm kaya analizleri, bazı element (B, V, Ni, As, Rb, Ba) içeriklerinin dünya genelindeki kömürlerin element içeriklerinden oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Her iki havzada da Miyosen sonunda gerek yoğun volkanik faaliyetler gerekse havzanın yükselimi nedeniyle göller yerini karasal alanlara bırakmıştır. Muhtemelen Pliyosen'de başlayan aşınma, Kuvaterner süresince kalınlığını arttırmış ve günümüz morfolojisini şekillendirmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Sedimantoloji, kömür, Soma Fm., İsaalan, Odaköy, Balıkesir, Paleontoloji.

ABSTRACT

SEDIMENTOLOGY, COAL PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF NEOGENE SEDIMENTS IN İSAALAN (KEPSUT) AND ODAKÖY (DURSUNBEY) REGIONS

Ph.D THESIS

CÜNEYT BİRCAN

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. İBRAHİM TÜRKMEN)

BALIKESİR, JUNE – 2019

The aim of this study is to determine the stratigraphical and sedimentological properties of the Soma Formation which contains coal-bearing levels within two different basins; İsaalan (Kepsut) and Odaköy (Dursunbey) in Balıkesir district.

11 boreholes from İsaalan (10) and Odaköy (1) areas were drilled and logged in order to reveal the sediment relationships of the Soma Formationwhich is the main subject of the present study. In addition, 7 stratigraphic sections from İsaalan (1) and Odaköy (6) areas were measured. As a result of these investigations, 17 facies belonging to the Soma Formation was identified. Of these, 4 facies assemblages were created as well.

Most of the sandstone lithologies of Soma Formation are determined as litharenite and, to a lesser extent, feldspatic litharenite. The majority of components are ultrabasic rock fragments, and also high amounts of cherts. Therefore, these constituents are tought to be derived from different type rocks of the melange assemblages in region. It is suggested that the source of monocrystalline quartz, feldspar and ferromagnesite minerals is the Çataldağ Pluton. On the other hand,abundant muscovites and the metamorphic-type of quartz minerals, showing undulatory extinction, suggest that these minerals originated from the Fazlıkonağı Formation. In order to determine the stratigraphic features of the Soma Formation, a number of samples were taken, and based on palynological and paleobotanic data the age of the Soma formation in the study area is determined as Early Miocene (end of Akitanian (?) / beginning of Burdigalian).

Calorific values of the coals range between 2370-6256 kcal/kg in the Isaalan samples and 1088-5668 kcal/kg in the Odaköy samples. Petrographic analyses suggest that, the main maceral group is huminites. In addition, GI- and TPI-based diagrams indicate that coals were formed in open water and freshwater swamp forest. Based on reflectance measurements, it is suggested that the degree of coalification is in the lower bituminous stage. The whole rock analyses of coal samples show that concentrations of some trace elements (B, V, Ni, As, Rb, Ba) exceed the average values of those of the world coals.

In İsaalan and Odaköy basins, lakes were replaced by terrestrial domains due to extreme volcanic activities and uplift of the basins at the end of Miocene. Erosional event, presumably starting at Pliocene, continued during the Quaternary and finally shaped the current geomorphology.

KEYWORDS: Sedimentology, coal, Soma Fm., İsaalan, Odaköy, Balıkesir, Paleontology.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	**i**
ABSTRACT	**ii**
İÇİNDEKİLER	**iii**
ŞEKİL LİSTESİ	**vi**
TABLO LİSTESİ	**xii**
SEMBOL LİSTESİ	**xiv**
ÖNSÖZ	**xvi**
1. GİRİŞ	**1**
1.1. Konu	1
1.2. Amaç ve Kapsam	2
1.3. İnceleme Alanının Tanıtılması	3
1.4. Önceki Çalışmalar	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	**16**
2.1. Saha Çalışmaları	16
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	19
2.2.1. Kumtaşlarında Petrografik Çalışmalar	19
2.2.1.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	19
2.2.1.2. Mikroskop Çalışması	19
2.2.1.3. Modal Analizler	20
2.2.2. Kömür Petrografisi Çalışmaları	20
2.2.2.1. Maseral Analizleri	22
2.2.2.2. Vitrinit / Hüminit Yansıma Ölçümleri	22
2.2.2.3. SEM (Scanning Electron Microscope) Çalışmaları	23
2.2.3. Organik Jeokimyasal Çalışmalar	23
2.2.3.1. Kısa (Proximate) Analizler	23
2.2.3.2. Elemental (Ultimate) Analizler	24
2.2.4. Paleontolojik Çalışmalar	25
2.2.4.1. Palinolojik Çalışmalar	25
2.2.4.1.1. Palinolojik Örnek Alımı	25
2.2.4.1.2. Örneklerin Mikroskop İncelemesine Hazırlanması	26
2.2.4.2.Paleobotanik Çalışmalar	26
2.3. Büro Çalışmaları	27
3. STRATİGRAFİ	**28**
3.1. Fazlıkonağı Formasyonu (Pzf)	28
3.1.1. Mermer Üyesi (Pzmr)	31
3.2. Karakaya Kompleksi (TRkk)	31
3.2.1. Kireçtaşı Blokları (Pç)	35
3.3. Yayla Melanjı (Ky)	35
3.4. Çataldağ Plütonu (Tçg)	38
3.5. Soma Formasyonu (Tms)	41
3.6. Yuntdağ Volkanitleri (Tyu)	45
3.7. Rahmanlar Aglomerası (Tra)	48
3.8. Dededağ Bazaltı (Qd)	48
3.9. Alüvyon (Qal)	50

Sayfa

4. TEKTONİK KONUM…….. **53**
4.1. Batı Anadolu'nun Neotektoniği…….. 55
4.2. İnceleme Alanının Tektonik Unsurları……... 62
5. BİYOSTRATİGRAFİ…….. **69**
5.1. Palinolojik Veriler……... 69
5.1.1. İsaalan (Kepsut) Yöresi Örneklerinin Palinolojik Sonuçları…… 69
5.1.2. Odaköy (Dursunbey) Yöresi Örneklerinin Palinolojik Sonuçları……. 77
5.2. Paleobotanik Veriler……... 81
6. SEDİMANTOLOJİ…….. **101**
6.1. Fasiyesler…… 101
6.1.1. Fasiyes 1: Matriks Destekli Konglomeralar……. 102
6.1.2. Fasiyes 2: Tane Destekli Konglomeralar…….. 104
6.1.3. Fasiyes 3: Çakıllı Kumtaşları…… 106
6.1.4. Fasiyes 4: Masif Kumtaşları……. 107
6.1.5. Fasiyes 5: Dereceli Kumtaşları……. 109
6.1.6. Fasiyes 6: Laminalı Kumtaşları…… 110
6.1.7. Fasiyes 7: Kaba Kumtaşı Arakatkılı Silttaşları……. 111
6.1.1. Fasiyes 8: İnce Taneli Kumtaşı – Silttaşı Ardalanması…… 112
6.1.9. Fasiyes 9: Masif Çamurtaşları…….. 113
6.1.10. Fasiyes 10: Organik Malzemeli Kiltaşları…….. 115
6.1.11. Fasiyes 11: Gri – Yeşil Kiltaşları…… 117
6.1.12. Fasiyes 12: Sarı – Bej Laminalı Kiltaşları…….. 119
6.1.13. Fasiyes 13: Masif Marnlar…….. 121
6.1.14. Fasiyes 14: Kireçtaşları……... 123
6.1.15. Fasiyes 15: Pizolitli Killi Kireçtaşı Fasiyesi……... 125
6.1.16. Fasiyes 16: Kömür Fasiyesi…… 126
6.1.17. Fasiyes 17: Tüf – Tüfit Fasiyesi…….. 128
6.2. Fasiyes Toplulukları…… 130
6.2.1. Delta Fasiyes Topluluğu…….. 131
6.2.1.1. Delta Düzlüğü Alt Fasiyes Topluluğu……..…… 131
6.2.1.2. Delta Önü Alt Fasiyes Topluluğu ……..…….. 133
6.2.2. Bataklık Fasiyesi Topluluğu…….…… 135
6.2.3. Sığ Göl (Kıyı Yakını) Fasiyes Topluluğu…….…… 137
6.2.4. Açık Göl Fasiyes Topluluğu…….…… 138
6.3. Soma Formasyonuna Ait Kumtaşlarının Petrografik Özellikleri…… 141
6.3.1. Ana Bileşenler……... 143
6.3.1.1. Kuvarslar……... 143
6.3.1.2. Feldspatlar……. 144
6.3.1.3. Kayaç Parçaları……. 145
6.3.2. Tali Bileşenler……... 149
6.3.3. Matriks ve Çimento……... 151
6.3.4. Kumtaşlarının Bileşimi ve Kaynak Alanı……. 151
7. KÖMÜRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ…… **154**
7.1. Giriş……. 154
7.2. Kömürlerin Sınıflandırılması…….. 155
7.3. Çalışma Alanı Kömürlerinin Kaba Kimyasal (Proximate) Analizleri…… 157
7.4. Çalışma Alanı Kömürlerinin Ana ve İz Element Analizleri……... 166
7.5. Kömürlerin Petrografisi ve Mineralojisi……. 186
7.5.1. Çalışma Alanı Kömürlerinin Maseral Analizi Sonuçları…….. 188

Sayfa

7.5.1.1. Maserallerin Ortam Yorumunda Kullanılması…….. 193
7.5.2. Kömürlerdeki Mineral Madde İçeriği……... 199
7.6. Kömürlerin Yansıtma Ölçümleri ve Kömürleşme Dereceleri…… 206
8. PALEOCOĞRAFİK EVRİM…….. **207**
9. EKONOMİK JEOLOJİ……... **212**
9.1. Dünyada Linyit……... 212
9.2. Türkiye'de Linyit…… 213
9.3. Çalışma Alanı Linyitlerinin Ekonomik Önemi……... 215
10. SONUÇLAR……... **216**
11. KAYNAKLAR..... **221**
12. EKLER……... **256**
EK A: İsaalan (Kepsut) – Odaköy (Dursunbey) Yörelerinin Jeoloji Haritası ve Enine kesitleri……...……...……... **257**
EK B: Sondaj Logları ve Kesitlerle İlgili Açıklamalar……. **258**
EK C: Sondaj Logları…… **259**
EK D: Ölçülü Stratigrafik Kesitler…… **270**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yerbulduru haritası…..……..……..… 5
Şekil 2.1: Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların iş akış şeması……... 17
Şekil 2.2: Saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar. a) Ölçülü stratigrafik kesit alım çalışmaları, b) Sondaj loglama çalışmaları, c) Biyotratigrafi çalışmaları için örnek alımlar, d) Kömür petrografisi çalışmaları için örnek alımları…….……...… 18
Şekil 2.3: Soma Formasyonuna ait kumtaşlarının petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda kullanılan cihazlar. a) Bölümümüz ince kesit atölyesinde bulunan Vommak marka ince kesit cihazı, b) Bölümümüz araştırma mikroskopları odasında bulunan Meiji MT-9930 marka alttan aydınlatmalı, polarizan mikroskop……..... 20
Şekil 2.4: Laboratuvar çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen örnek hazırlama aşamaları. a) Araziden biyostratigrafi, kumtaşı petrografisi, kömür petrografisi ve jeokimyası için derlenen örneklerin tasnifi, b) Kömür petrografisi ve jeokimyası için ayrılan örneklerin nem tayini için tartım işlemleri, c) Kömür petrografisi ve jeokimyası için örneklerin öğütme işlemi, d) Kömür petrografisi ve jeokimya çalışmaları sırasında öğütme, çeyrekleme ve eleme aşamaları e) Kömür vitrini yansıma ölçümleri için örnekleri seçimi, f) Kömür petrografisi SEM-EDX çalışmaları için hazırlanmış briketler……...……..……..…...… 21
Şekil 3.1: İsaalan (Kepsut, Balıkesir) ve Odaköy (Dursunbey, Balıkesir) bölgesinin tektonostratigrafik kolon kesiti (Ergül vd., 1986, Şekil 1'den değiştirilerek)……...…….……..... 29
Şekil 3.2: Fazlıkonağı Formasyonu'nu oluşturan şistler…….…..……..... 30
Şekil 3.3: Fazlıkonağı Formasyonu'nu oluşturan şistler ile ardalanmalı olarak gözlenen mermer……..... 31
Şekil 3.4: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen metabazitler……..……. 33
Şekil 3.5: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen spilitik bazalt ve radyolarit-çört bloğu…….…. 34
Şekil 3.6: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen kireçtaşı blokları……..... 35
Şekil 3.7: Yayla Melanjı'nı oluşturan serpantinitler……..……..….. 36
Şekil 3.8: Yayla Melanjı içerisinde gözlenen tabakalı radyolarit blokları..... 37
Şekil 3.9: Yayla Melanjı'nı oluşturan masif harzburjitler……...…..…. 38
Şekil 3.10: Çataldağ Plütonu'nu oluşturan granodiyoritlerde gözlenen küresel alterasyon yapıları……. 39
Şekil 3.11: Çataldağ Plütonu'nu oluşturan granodiyoritlerin yakından görünümü……... 40
Şekil 3.12: Çataldağ Plütonu ile Karakaya Kompleksi'ni oluşturan metabazitlerin kontak görünümü……..…..…… 41
Şekil 3.13: Gökköy yakın kuzeyinde gözlenen Soma Formasyonuna ait kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması…….…….... 42
Şekil 3.14: İsaalan kuzeyinde, Enerji Madenciliğe ait açık ocak işletmesinden Soma Formasyonunu oluşturan sedimanter birimlerin görünümü……..……..……... 43

Sayfa

Şekil 3.15: Kumtaşı-Siltaşı-Kiltaşı-Tüf-Kömür ardalanması. Şentaş Madenciliğe ait işletme görünümü……..……..... 45
Şekil 3.16: İsaalan köyü güneyindeki Yuntdağ Volkanitler'ine ait aglomeraların görünümü……..……..…….. 46
Şekil 3.17: Odaköy (Dursunbey) civarındaki işletme içerisindeki Soma Formasyonu sedimanter birimleri ile ara katkılı tüflerin görünümü……..……..….. 47
Şekil 3.18: Nohutçu köyü civarındaki işletme içerisindeki Soma Formasyonunu oluşturan sedimenter birimler ile yanal-düşey ilişkili gözlenen Yuntdağ Volkanitlerine ait tüfler……..…….. 47
Şekil 3.19: Eyüpbükü köyü batısındaki Rahmanlar Aglomerası ve üzerine gelen Dededağ Bazaltı'nın kontak görünümü…..……..... 49
Şekil 3.20: İsaalan (Balıkesir) yöresinin jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti…….…… 51
Şekil 3.21: Odaköy (Balıkesir) yöresinin jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti……..…..……..... 52
Şekil 4.1: Ana kenet zonları ve kıtasal blokları gösteren kuzeydoğu Akdeniz bölgesinin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; Okav vd., 2006)……..……..... 53
Şekil 4.2: Türkiye'deki ana Paleo ve Neotektonik unsurlar, kenet zonlarının dağılımını gösteren basitleştirilmiş tektonik haritası (Bozkurt, 2001)……..... 56
Şekil 4.3: Batı Anadolu'nun Paleotektonik ana birliklerini ve Neotektonik unsurlarını gösteren basitleştirilmiş tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; Jolivet ve Patriat, 1999; Ring vd., 1999; Okay vd.2001; Bozkurt ve Sözbilir, 2006; Ersoy vd., 2011'den derlenerek hazırlanmıştır)……..... 59
Şekil 4.4: İsaalan yöresi yapısal unsurları……...…… 64
Şekil 4.5: Odaköy yöresi yapısal unsurları…….…... 65
Şekil 4.6: Grup İdeal Madenciliğe ait açık ocak işletmesinde gözlenen senklinal……..……... 66
Şekil 4.7: Odaköy yöresi Şabanlar Köyü yakınlarında gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapıları…….……..... 67
Şekil 4.8: Odaköy yöresi Şentaş Madencilğie ait Çakırca kömür işletmesi içinde yakınlarında gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapıları ve sinsedimanter faylar……..……..... 68
Şekil 5.1: İsaalan (Kepsut) yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK8 numaralı sondajdan elde edilen örneklerin polen diyagramı. …….. 73
Şekil 5.2: İsaalan (Kepsut) yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK10 numaralı sondajdan elde edilen örneklerin polen diyagramı……. 76
Şekil 5.3: Odaköy (Dursunbey) yöresindeki Şentaş Madenciliğe ait Nohutçu açık işletmesi içerisinden ölçülen kesitten elde edilen örneklerin polen diyagramı……. 78
Şekil 5.4: Odaköy (Dursunbey) yöresindeki Şentaş Madenciliğe ait Piriştine açık işletmesi içerisinden ölçülen kesitten elde edilen örneklerin polen diyagramı……. 79
Şekil 5.5: Seçilmiş bazı polen fotoğrafları……. 80

Sayfa

Şekil 5.6: Şentaş Madencilik A.Ş.'ye ait Odaköy yöresindeki açık kömür işletmesi içinde açılan pilot yarmada yaprak fosillerinin derlendiği kömür içerikli istif ve ÖSK lokasyonu……. 82
Şekil 5.7: Yaprak fosillerinin boyutuna göre adlandırması (Wing vd., 1999)... 83
Şekil 5.8: Yaprak fosillerinin şekillerine göre sınıflandırılması (Dilcher, 1974 ve Wing vd., 1999)…….……. 84
Şekil 5.9: Yaprak fosillerinin birincil damarın konumuna göre sınıflandırılması (Wing vd., 1999)…….…..…… 84
Şekil 5.10: Yaprak fosillerinin taban şekline göre sınıflaması (Wing vd., 1999) 85
Şekil 5.11: Yaprak fosillerinin uç şekline göre sınıflaması (Wing vd., 1999)… 85
Şekil 5.12: Yaprak kenarındaki dişlerin genel özellikleri ve sınıflaması (Wing vd., 1999)…….……..…… 86
Şekil 5.13: Seçilmiş bazı yaprak ve tohum fotoğrafları. (a-d: *Glyptostrobus europaeus*, e) *Conifer cones*, f) *Sequoia* sp., g-j: *Acer samaras*, k: *Camptonia* sp., l: *Daphnogene polymorpha*)..…….. 89
Şekil 5.14: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları. (a: Alnus sp., b-e: *Zelkova zelkovifolia*, f: *Ulmus* sp., g: *Acer samaras* ve *Ulmus* sp.)……... 90
Şekil 5.15: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları. (a,b: Quercus kubinyi., c: *Quercus* spp., d-ı: *Quercus mediterranean*)…..……..... 91
Şekil 5.16: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları. (a,b: *Quercus* spp., c: *Fagus* sp., d-k: *Myrica*)…….. 92
Şekil 5.17: Seçilmiş bazı fosil fotoğrafları. (a: Dal parçası, b: Koniferlere ait dal parçası., c-d: *Glyptostrobus europaeus*)……...……. 93
Şekil 5.18: Seçilmiş bazı fosil fotoğrafları. (a-d: *Typha*)……. 94
Şekil 5.19: Çalışma alanından derlenen bazı balık fosilleri……..……... 95
Şekil 5.20: Odaköy Makro Florası'nın vejetasyon tiplerinin bolluk yüzdeleri... 97
Şekil 6.1: Matriks destekli konglomera, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 49-54 metreleri arası …….…….. 103
Şekil 6.2: Fasiyes 1, Matriks destekli konglomera. Veliler köyü kesiti……... 103
Şekil 6.3: Tane destekli konglomera fasiyesi, Enerji Madenciliğe ait SK 6 (EK C6) numaralı sondajın 167-168 metreleri arası…..... 105
Şekil 6.4: Fasiyes 2, Tane destekli konglomera. Veliler kesiti……..…… 105
Şekil 6.5: Fasiyes 3, Çakıllı kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 10 (EK C10) numaralı sondajın 192- 193 metreleri arası……..…..…….. 106
Şekil 6.6: Fasiyes 4, Masif kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK C9) numaralı sondajın 125-132 metreleri arası……..…….. 107
Şekil 6.7: Fasiyes 4, Masif kumtaşları. Enerji madenciliğe ait İsaalan açık işletmesi ocak içi yol yarması…….……... 108
Şekil 6.8: Fasiyes 5, Dereceli kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 245-250 metreleri arası……..…….. 109
Şekil 6.9: Fasiyes 6, Laminalı kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 10 (EK C10) numaralı sondajın 164-165 metreleri arası……...… 111
Şekil 6.10: Fasiyes 7, Kaba kumtaşı arakatkılı silttaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK C9) numaralı sondajın 361-365 metreleri arası……... 112
Şekil 6.11: Fasiyes 8, İnce taneli kumtaşı-silttaşı ardalanması, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 263-269 metreleri arası……... 113

Sayfa

Şekil 6.12: Fasiyes 9, Masif çamurtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 177-184 metreleri arası……. 114
Şekil 6.13: Fasiyes 9, Masif çamurtaşları. Veliler kesiti……. 115
Şekil 6.14: Fasiyes 10, Organik malzemeli kiltaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 381-384 metreleri arası……... 116
Şekil 6.15: Fasiyes 10, Organik malzemeli kiltaşları. Nohutçu kesiti……..... 117
Şekil 6.16: Fasiyes 11, Gri-yeşil kiltaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 105-126 metreleri arası……... 118
Şekil 6.17: Fasiyes 11, Gri-yeşil kiltaşı. Piriştine kesiti……. 119
Şekil 6.18: Fasiyes 12, Sarı-bej laminalı kiltaşları. Nohutçu kesiti……..... 120
Şekil 6.19: Fasiyes 12, Sarı-bej laminalı kiltaşları. Nohutçu kesiti……. 121
Şekil 6.20: Fasiyes 13, Masif marnlar, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 21-33 metreleri arası…….. 122
Şekil 6.21: Fasiyes 13, Masif marnlar. Çakırca kesiti……. 123
Şekil 6.22: Fasiyes 14, Kireçtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK C9) numaralı sondajın 85-87. metreleri arası……. 124
Şekil 6.23: Fasiyes 14, Kireçtaşları. Şabanlar kesiti……... 124
Şekil 6.24: Fasiyes 15, Pizolitli killi kireçtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 1 (EK C1) numaralı sondajın 59-61 metreleri arası…….. 125
Şekil 6.25: Fasiyes 15, Pizolitli killi kireçtaşları……. 126
Şekil 6.26: Fasiyes 16, Kömürler. Nohutçu kesiti…….. 127
Şekil 6.27: Fasiyes 16, Kömürler, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 378-381 metreleri arası…….. 128
Şekil 6.28: Fasiyes 17, Tüfler, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 296-299. metreleri arası……. 129
Şekil 6.29: Fasiyes 17, Tüfler. Nohutçu kesiti……... 130
Şekil 6.30: Yukarıya doğru tane boyu kabalaşan ve kalınlaşan delta istifi. Odaköy yöresi Şentaş Madencilik A.Ş.'ye ait Nohutçu işletmesi.… 132
Şekil 6.31: Odaköy yöresi Veliler köyü civarında gözlenen delta fasiyes topluluğu kayaçları……... 134
Şekil 6.32: Bol organik malzemeli kiltaşı ve kömürlerin oluşturduğu bataklık – sığ göl fasiyeslerine ait ardalanmalı istif. İsaalan yöresi Enerji Madencilik A.Ş.'ye ait açık işletmesi……. 135
Şekil 6.33: Bol organik malzemeli kiltaşı ve kömürlerin oluşturduğu bataklık ve genellikle killi kireçtaşı ile temsil edilen sığ göl çökelleri arasındaki düşey geçişli ilişki. Odaköy yöresi Nohutçu açık işletmesi pilot yarma…….. 136
Şekil 6.34: İyi olgunlaşmış konglomera, kumtaşı ve kiltaşlarından kurulu Sığ göl (kıyı yakını) fasiyes topluluğu. İsaalan SK6 (EK C6) nolu sondaj karotu……. 138
Şekil 6.35: Marn ve gri kiltaşlarından kurulu açık göl çökelleri ile killi kireçtaşlarından kurulu sığ göl çökelleri……. 139
Şekil 6.36: Marn ve laminalı kiltaşlarının baskın olduğu açık göl fasiyes topluluğu. Odaköy yöresi, Çakırca açık işletmesi……. 140
Şekil 6.37: Soma Formasyonu'na ait (İsaalan (Kepsut) Yöresi) kumtaşlarının Folk (1980) sınıflamasındaki konumları. (Q: Toplam kuvars, F: Feldspat, R: Toplam kayaç parçaları)……... 142

Sayfa

Şekil 6.38: Soma Formasyonu'na ait (Odaköy (Dursunbey) Yöresi) kumtaşlarının Folk (1980) sınıflamasındaki konumları. (Q: Toplam kuvars, F: Feldspat, R: Toplam kayaç parçaları)……..…… 142
Şekil 6.39: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde monokristalin kuvarslar (Qm), a) ÇN b) TN…….……... 143
Şekil 6.40: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen monokristalin kuvarslar (Qm), a) ÇN b) TN…… 143
Şekil 6.41: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen polikristalin kuvars (Qp), a) ÇN b) TN……..…… 144
Şekil 6.42: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde plajiyoklaz (Pl) ve feldispat (F), a) ÇN b) TN…….……... 145
Şekil 6.43: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde plajiyoklaz (Pl) ve amfibol (Amf), a) ÇN b) TN…….……... 145
Şekil 6.44: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen plajiyoklazlar (Pl), a) ÇN b) TN……... 145
Şekil 6.45: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde ultramafik kayaç parçası (UKP), a) ÇN b): TN…… 146
Şekil 6.46: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde ultramafik kayaç parçaları (UKP), a) ÇN b) TN…….…….. 146
Şekil 6.47: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen volkanik kayaç parçaları (VKP), a) ÇN b) TN…….……..…. 147
Şekil 6.48: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen sedimanter kayaç parçaları (SKP), a) ÇN b) TN……..... 147
Şekil 6.49: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen metamorfik kayaç parçası (MKP), a) ÇN b) TN…….. 148
Şekil 6.50: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen metamorfik kayaç parçası (MKP) ve çört parçası (Çt), a) ÇN b) TN…… 148
Şekil 6.51: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen çört parçası (Çt), ultramafik kayaç parçası (UKP), plajiyoklaz (Pl) ve monokristalin kuvars (Qm), a) ÇN, b) TN..... 148
Şekil 6.52: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen biyotitler (Bi), a) ÇN b) TN…….……. 149
Şekil 6.53: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen muskovitler (Mu), a) ÇN b) TN……..……... 149
Şekil 6.54: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen amfiboller (Amf), a) ÇN b) TN…….……..… 150
Şekil 6.55: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen opak mineraller (Op), a) ÇN b) TN…….……... 150
Şekil 7.1: İsaalan (Kepsut-Balıkesir) yöresi kömür işletmesinden derlenen örnekleme profili…….……..... 160
Şekil 7.2: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçlarının derinliğe göre ve üst ısıl değerlerinin bazı parametrelere göre değişimleri……....…… 162
Şekil 7.3: Odaköy (Dursunbey-Balıkesir) yöresi kömür işletmesinden derlenen örnekleme profili……..……... 163
Şekil 7.4: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçlarının derinliğe göre ve üst ısıl değerlerinin bazı parametrelere göre değişimleri……....…… 165

Sayfa

Şekil 7.5: Odaköy yöresi kömürlerine ait bazı iz element değerleri arasındaki ilişki…… 175
Şekil 7.6: İsaalan yöresi kömürlerine ait bazı iz element değerleri arasındaki ilişki…… 176
Şekil 7.7: Odaköy yöresi kömürlerine ait toplam nadir toprak elementleri ve bazı iz elementler ile ana oksit değerleri arasındaki ilişkiler……. 177
Şekil 7.8: İsaalan ve Odaköy yöreleri kömürlerinin bazı iz element oranlarına göre paleoortamsal çökelme koşulları grafikleri…… 178
Şekil 7.9: Odaköy yöresi örneklerinin Ce anomali değerlerine göre çökelme ortamı koşulları……. 179
Şekil 7.10: İsaalan ve Odaköy yöresi örneklerinin Nd iz elementine göre belirlenen çökelme hızı grafikleri…… 180
Şekil 7.11: Odaköy yöresi örneklerinin Ce/Ce* anomalisinin tabandan tavana doğru gösterdiği değişim…….. 181
Şekil 7.12: İsaalan ve Odaköy yöresi örneklerinin Σ REE değerlerinin derinliğe göre değişim grafikleri…….. 182
Şekil 7.13: İsaalan ve Odaköy yöresi kömürlerinin Sr/Cu oranlarına göre paleoiklimsel ortam yorumlamaları……. 183
Şekil 7.14: İsaalan yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen maserallerin optik mikroskop görüntüleri…… 190
Şekil 7.15: İsaalan yöresi kömürlerine ait maseral ve mineral madde oranlarının derinliğe göre değişimi…….. 191
Şekil 7.16: Odaköy yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen maserallerin optik mikroskop görüntüleri……. 192
Şekil 7.17: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen doku koruma ve jelleşme indeklerine göre hazırlanmış kömür fasiyes diyagramı (Diessel, 1992; Gee Sia vd. 2014)..... 195
Şekil 7.18: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen yeraltısuyu etkisi ve bitkisel indekslere göre hazırlanmış kömür fasiyes diyagramı (Calder vd. 1991; Kalaitzidis vd. 2004)..... 196
Şekil 7.19: İsaalan yöresi örnekleme profilinde kül, toplam kükürt, maseral bileşimi ve kömür fasiyesi endeksleri düşey varyasyonlarının grafikleri…... 197
Şekil 7.20: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerdeki petrografi çalışmalarıyla elde edilen üçgen diyagram (Mukhopadhyay, 1989). 199
Şekil 7.21: İsaalan yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen minerallerin optik mikroskop görüntüleri…… 202
Şekil 7.22: İsaalan yöresi kömür örnekleme profilinde kül ve mineral içeriklerinin düşey varyasyonlarının grafikleri…… 203
Şekil 7.23: Odaköy yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen minerallerin optik mikroskop görüntüleri……. 205
Şekil 8.1: İsaalan (Kepsut) yöresi Neojen çökellerin şematik çökelme modeli (Bohacs vd. 2000'den uyarlanmıştır)…….. 208
Şekil 8.2: Odaköy (Dursunbey) yöresi Neojen çökellerin şematik çökelme modeli (Bohacs vd. 2000'den uyarlanmıştır)……... 210
Şekil 9.1: Ülkemizde yıllara göre linyit üretim miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015)……... 214
Şekil 9.2: Ülkemizde yıllara göre linyit tüketim miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015)……... 214

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1: IPR analiz yöntemine göre vejetasyon tipleri…….. 88
Tablo 5.2: Çalışma alanından derlenen yaprak ve balık fosillerinin listesi ve bollukları……..... 88
Tablo 5.3: Çalışmada tanımlanan bitkilerin vejetasyon tipleri…..…….. 97
Tablo 5.4: Çalışmada tanımlanan bitkilerin IPR analizi yöntemine göre vejetasyon grupları……..... 98
Tablo 5.5: Odaköy yöresi makro florasının sayısal iklimsel değerleri……..... 99
Tablo 6.1: Soma Formasyonundan alınan kumtaşlarından nokta sayım yöntemine göre elde edilen modal analiz değerleri ……..…….. 141
Tablo 7.1: Amerikan standartı kömür sınıflaması (ASTM, 1981)……...… 156
Tablo 7.2: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları……... 161
Tablo 7.3: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri……..... 161
Tablo 7.4: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları…….. 164
Tablo 7.5: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri…….…..... 164
Tablo 7.6: İsaalan kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri konsantrasyonları (bdl: saptama limiti altında, nd: tespit edilememiş, değerler aksi belirtilmediği sürece ppm)……..... 170
Tablo 7.7: Odaköy kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri konsantrasyonları (bdl: saptama limiti altında, nd: tespit edilememiş, değerler aksi belirtilmediği sürece ppm)..……... 172
Tablo 7.8: İsaalan kömürlerindeki elementlerin ağırlıklı ortalamaları ve bunların dünya kömürleri ile karşılaştırılması (a: Swaine, 1990; b: Ketris ve Yudovich, 2009; * aritmetik ortalama)……..….. 174
Tablo 7.9: Odaköy kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri arasındaki korelasyon katsayıları…….……...….. 184
Tablo 7.10: İsaalan kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri arasındaki korelasyon katsayıları…….…..... 185
Tablo 7.11: Linyitlerin maseral grupları, maseral alt grupları, maseralleri ve maseral tipleri (Stach vd. 1982, Ward 1984, ICCP 2001, Thomas 2002, Sykorova vd. 2005)……..... 187
Tablo 7.12: İsaalan (Balıkesir) yöresi kömür örnekleri petrografik analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri…….……...… 188
Tablo 7.13: İsaalan havzası kömür örneklerinin maseral gruplarının %'de toplam değerleri……..... 189
Tablo 7.14: Odaköy yöresi kömür örneklerinin maseral gruplarının %'de toplam değerleri……..... 191
Tablo 7.15: İsaalan havzası kömürlerinin hesaplanmış GI ve TPI değerleri...…... 194
Tablo 7.16: XRD analizi ile tayin edilen İsaalan yöresi kömür örneklerinin yarı kantitatif mineralojik bileşimleri (Kömür bazda, % değer)……. 200
Tablo 7.17: XRD analizi ile tayin edilen Odaköy yöresi kömür örneklerinin yarı kantitatif mineralojik bileşimleri (Kömür bazda, % değer)……. 204
Tablo 7.18: Hüminit yansıma değerleri (Rmax.) ve kömürleşme dereceleri…….. 206

Sayfa

Tablo 9.1: Ülkelerin linyit tüketim miktarları (milyon ton) (International Energy Agency, 2016)……..……... 212
Tablo 9.2: Önemli linyit üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (milyon ton) (International Energy Agency, 2016)…….. 213
Tablo 9.3: Çalışma alanı linyitlerinin rezerv miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015)……...……... 215

SEMBOL ve KISALTMALAR LİSTESİ

AID : Alt Isıl Değer
Amf : Amfibol
As-Py : Arseno-Pirit
ASTM **:** The American Society for Testing and Materials
Bi **:** Biyotit
Brt **:** Barit
C **:** Kömür
Cal **:** Kalsit
CH **:** Korpohüminit
Cl-F-Ap **:** Klor-Flor Apatit
Çt **:** Çört
D **:** Densinit
Epi-Si **:** Epijenetik Silika
F **:** Alkali Feldspat
FG **:** Funginit
FPy **:** Fromboidal Pirit
GI **:** Gelification Index (Jelleşme İndeksi)
Gp **:** Jips
GPS **:** Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GWI **:** Ground Water Index (Yeraltı Suyu İndeksi)
HREE **:** Ağır Nadir Toprak Elementler
ICCP **:** International Committee for Coal and Organic Petrology
ill **:** İllit
Ky **:** Kretase - Yayla Melanjı
LREE **:** Hafif Nadir Toprak Elementler
MKP **:** Metamorfik Kayaç Parçası
MREE **:** Orta Nadir Toprak Elementler
MTA **:** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
Mu **:** Muskovit
Op **:** Opak mineral
Pç **:** Permiyen - Karakaya Kompleksi (Kireçtaşı Blokları)
Pg **:** Porigelinit
Pl **:** Plajiyoklaz
Pzf **:** Paleozoyik - Fazlıkonağı Formasyonu
Pzmr **:** Paleozoyik - Fazlıkonağı Formasyonu (Mermer Üyesi)
Qal **:** Kuvaterner - Alüvyon
Qd **:** Kuvaterner - Dededağ Bazaltı
Qm **:** Monokristalin Kuvars
Qp **:** Polikristalin Kuvars
R **:** Rezinit
RCH **:** Rezino-Korpohüminit
REE **:** Nadir Toprak Elementler
Rmax **:** Maksimum Vitrinit Yansıma Değeri
Ro **:** Rastgele Vitrinit Yansıma Değeri
Sd **:** Siderit
SEM-EDX **:** Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive Using X-Ray

Si : Silika
SKP : Sedimanter Kayaç Parçası
Tçg : Tersiyer - Çataldağ Plütonu
TGA : Thermo Gravimetric Analyser
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.
Tms : Tersiyer - Miyosen - Soma Formasyonu
TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TPI : Tissue Preservation Index (Doku Koruma İndeksi)
Tra : Tersiyer - Rahmanlar Aglomerası
TRkk : Triyas - Karakaya Kompleksi
TU : Teksto-ülminit
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
Tyu : Tersiyer - Yuntdağ Volkanitleri
U : Ülminit
UKP : Ultramafik Kayaç Parçası
ÜID : Üst Isıl Değer
VI : Vegetation Index (Vejetasyon İndeksi)
VKP : Volkanik Kayaç Parçası
XRD : X Ray Difraction (X Işınları Kırınımı)

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, değerli bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen; danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN'e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca;

Tez izleme toplantılarında çalışmalarımı başından sonuna kadar takip ederek doktora tezimin gelişmesine ve olgunlaşmasına katkı sağlayan ve yorumları ile beni yönlendiren, teşvik edici konuşmaları ile bana güç veren tez izleme komitesi üyeleri saygıdeğer hocalarım; Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK ve Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL'a,

Kömürle ilgili petrografi ve kaba kimyasal analizlerin yapılmasında, vitrinit yansıması ölçümlerinde, kömür jeokimyası ve elementel analizlerin değerlendirilmesindeki önemli katkılarından dolayı sayın hocalarım; Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT, Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÇELİK ve Dr. Rıza Görkem OSKAY'a,

Paleobotanik çalışmalarda kiltaşı örneklerindeki yaprak fosillerini tanımlayarak, iklimsel ve ortamsal yorumlamalara önemli katkılar sağlayan değerli hocam; Doç Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER'e,

Palinolojik analizleri ile yaş ve ortam yorumlamalarına önemli katkılar sağlayan değerli hocam; Doç. Dr. M. Serkan AKKİRAZ'a,

Öğrenciliğimden bu yana akademik hayatımın her aşamasında değerli bilgilerinden yararlandığım, doktora çalışmamın özellikle bölgesel tektonik ve jeokimya aşamalarında desteğini gördüğüm, saygıdeğer hocam; Dr. Öğr. Üyesi Selman AYDOĞAN'a,

Jeokimyasal analizlerin gerçekleştirilmesindeki katkıları ile değerli hocalarım; Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU ve Doç. Dr. Mustafa KUMRAL'a

Ruhsat alanları içerisindeki arazi çalışmalarım sırasında göstermiş oldukları yakın ilgi, misafirperverlik ve lojistik desteklerinden dolayı; Enerji Madencilik A.Ş. sahibi Ahmet KALAN, TKİ emekli Jeoloji Mühendisi Yaşar ASLAN, Şentaş Madencilik A.Ş. sahibi Erhan ORTAKÖYLÜ, İşletme Müdürü Mustafa AYDIN ile bu şirketlerin tüm mühendisleri ve diğer çalışanlarına,

Bu uzun ve yorucu serüvende ilk durağım olan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümün'de lisansüstü öğrenimimin başından itibaren beni destekleyip azim, istek ve kararlılığımı sürekli taze tutan saygıdeğer hocalarım; Prof. Dr. Mustafa BOZCU ve Doç. Dr. Ayşe BOZCU, Dr. Öğr. Üyesi Öznur KARACA, Prof. Dr. Özcan YİĞİT ve Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ'a

Değerli zamanını ayırarak, çalışma alanından derlenen kiltaşlarına ait ostracod tanımlamalarını yaparak ortamsal yorumlamalara önemli katkılarından dolayı saygıdeğer hocam; Prof. Dr. Atike NAZİK'e

Arazi çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayıp motivasyonumu sürekli yüksek tutmaya çalışan sevgili meslektaşım, Jeoloji Yüksek Mühendisi Atahan ATLI'ya

Son dört yıldır hayatımda olup bu süre zarfında her zaman yanımda olan ve desteklerini yürekten hissettiğim ÇAĞLAR AİLESİ'ne,

Beni hayatla buluşturan ve beni yetiştirip bugünlere getiren, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen sevgili annem Fatma BİRCAN'a, hayatımın her anında sevgisini ve hatırasını yüreğimde hissettiğim rahmetli babam Mustafa BİRCAN'a,

Son olarak, çalışmalarım sırasında gösterdiği sonsuz sabrı, teşvik edici desteği ve tüm varlığıyla yanımda olan sevgili eşim, yaşama sevincim, Nagihan ÇAĞLAR BİRCAN'a ve doktora çalışmalarımın son yılında ailemize katılıp hayatımıza yeni tatlar, neşe ve huzur getiren, içimin gülen yüzü, küçük meleğim BEREN'ime,

Teşekkür ederim…

Balıkesir, 2019 Cüneyt BİRCAN

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, İsaalan (Kepsut), ve Odaköy (Dursunbey) civarında gözlenen farklı türdeki kayaların litolojik ve stratigrafik özelliklerini, Neojen çökel kayaçlarının sedimantolojisi ve bu kayaçlar içerisinde gözlenen kömürlerin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanındaki temel kayaçlar ile ilgili ayrıntılı petrografik ve mineralojik çalışmalar yapılmıştır. Ancak, Soma Formasyonunun sedimantolojisi ve içerisindeki kömürlerin petrografik–jeokimyasal özelliklerine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada bölgedeki Soma Formasyonunun İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yörelerindeki yüzleklerin sedimantolojisi, petrografisi ve jeokimyasının araştırılması ve karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla hazırlanan tez **12** bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan **"Giriş"** kısmında, çalışma alanı tanıtılacak ve çalışmanın amacına değinilecek ve İsaalan (Kepsut), Odaköy (Dursunbey) yöresi ve yakın çevresinde yapılmış jeolojik çalışmaların özeti verilecektir. İkinci bölüm olan **"Materyal ve Metod"** kısmında çalışma alanındaki Soma Formasyonuna ait kumtaşlarının ve kömürlerin petrografisi ve jeokimyasına yönelik gerçekleştirilen analiz yöntemleri ve paleontolojik çalışmalara değinilecektir. **"Stratigrafi"** kısmı üçüncü bölümü oluşturmakta olup, inceleme alanı ve yakın çevresinde gözlenen stratigrafi birimlerinin özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri anlatılacaktır. İnceleme alanının **"Tektonik Konumu"**nun ortaya konulmaya çalışıldığı dördüncü bölümde, bölgenin tektonik gelişimi ve inceleme alanının bölgesel tektonik içerisindeki yeri tartışılacaktır. Beşinci bölümde palinolojik ve paleobotanik veriler **"Biyostratigrafi"** başlığı altında sunulacaktır. Altıncı bölüm olan **"Sedimantoloji"** kısmında çalışma alanı içerisinde yer alan Soma Formasyonunun fasiyes özellikleri ve bunların oluşturduğu fasiyes toplulukları çökelme modelleriyle açıklanacaktır. "**Kömürlerin Genel Özellikleri"**nin verildiği yedinci bölümde İsaalan (Kepsut) ve

Odaköy (Dursunbey) yöresindeki kömürlerin, petrografik ve jeokimyasal özellikleri karşılaştırılarak oluşum koşulları ortaya konulmaya çalışılacaktır. Sekizinci bölüm olan, **"Paleocoğrafik Evrim"** kısmında Neojen istifinin (Soma Formasyonunun) gelişimi çökelme modelleriyle açıklanacaktır. **"Ekonomik Jeoloji"** başlığı altındaki dokuzuncu bölümde bölgedeki kömür işletmelerinin maden potansiyeli, üretim kapasiteleri, mümkün ve muhtemel rezervleri verilecektir. **"Sonuçlar"** kısmında elde edilen sonuçlar verilecek ve tez sonucunda ortaya çıkan önerilere değinilecektir. **"Kaynaklar"** kısmı tezde yararlanılan önceki çalışmaları içermekte olup **"Ekler"** kısmında çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, jeolojik enine kesiti ve çalışma alanından derlenen sondaj logları ve ölçülü kesitler verilecektir.

1.2 Amaç ve Kapsam

Çalışma alanı önemli linyit yataklarını barındırması nedeniyle, bölgedeki kömürlerin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin, oluşum ortam ve şartlarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yöresinde yüzeyleyen kömür içeren Soma Formasyonunun sedimantolojik özellikleri ile kömürlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri yanında, paleoiklimsel ve paleocoğrafik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, havzanın gelişiminin ortaya konulması kömür aramalarında yeni açılımlar sağlayacağı gibi Batı Anadolu'daki K-KD gidişli diğer havzaların gelişim evrelerinin açıklanmasına dolayısıyla bölgesel jeolojiye katkılar sunabilecektir.

Bu amaç doğrultusunda, şirketlerin yapmakta olduğu sondajlardan loglar hazırlanmış ve uygun yüzeylemelerden sedimantolojik amaçlı kesitler ölçülmüş, bu kesitlerden yararlanılarak fasiyes dağılımı, fasiyes ilişkileri ve kayaçların petrografik özellikleri araştırılmıştır. Ekonomik önem taşıyan kömürlerin stratigrafik konumu ve yayılımı araştırılmıştır. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanarak, kömürlü seviyelerden sistematik örnekler alınmış ve alınan örnekler üzerinde petrografik, palinolojik ve jeokimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bütün bu veriler birlikte değerlendirilerek İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yörelerinde yüzeyleyen Soma Formasyonu'nun sedimantolojik özellikleri çökelme

modelleriyle açıklanmış ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca kömürlerin özellikleri ve oluşum şartları ortaya çıkarılmıştır.

1.3 İnceleme Alanının Tanıtılması

Balıkesir, KB Anadolu'da yer alan, Bursa, Kütahya, Manisa, İzmir ve Çanakkale illeri tarafından sınırlandırılmış kuzeyinde Marmara Denizi ve batısında Ege Deniziyle iki denize de kıyısı olan bir ildir.

İnceleme alanları Balıkesir il merkezinin doğusunda yer alan Kepsut ve Dursunbey ilçeleri arasında yer almaktadır. Bölgede kömür içeren Soma Formasyonu ile temsil edilen çalışma alanları birbirlerine kuş uçuşu 18 km. mesafededir (Şekil 1.1). İki farklı lokasyonda bulunan çalışma alanının tanıtımı aşağıda sırasıyla verilmiştir.

İsaalan (Kepsut) Yöresi: Balıkesir İ20c1 paftasında yer alan çalışma alanı, Balıkesir ilinin kuş uçuşu 37 km. kuzeydoğusunda bulunan İsaalan köyü (Kepsut) ve civarını kapsamaktadır (Şekil 1.1).

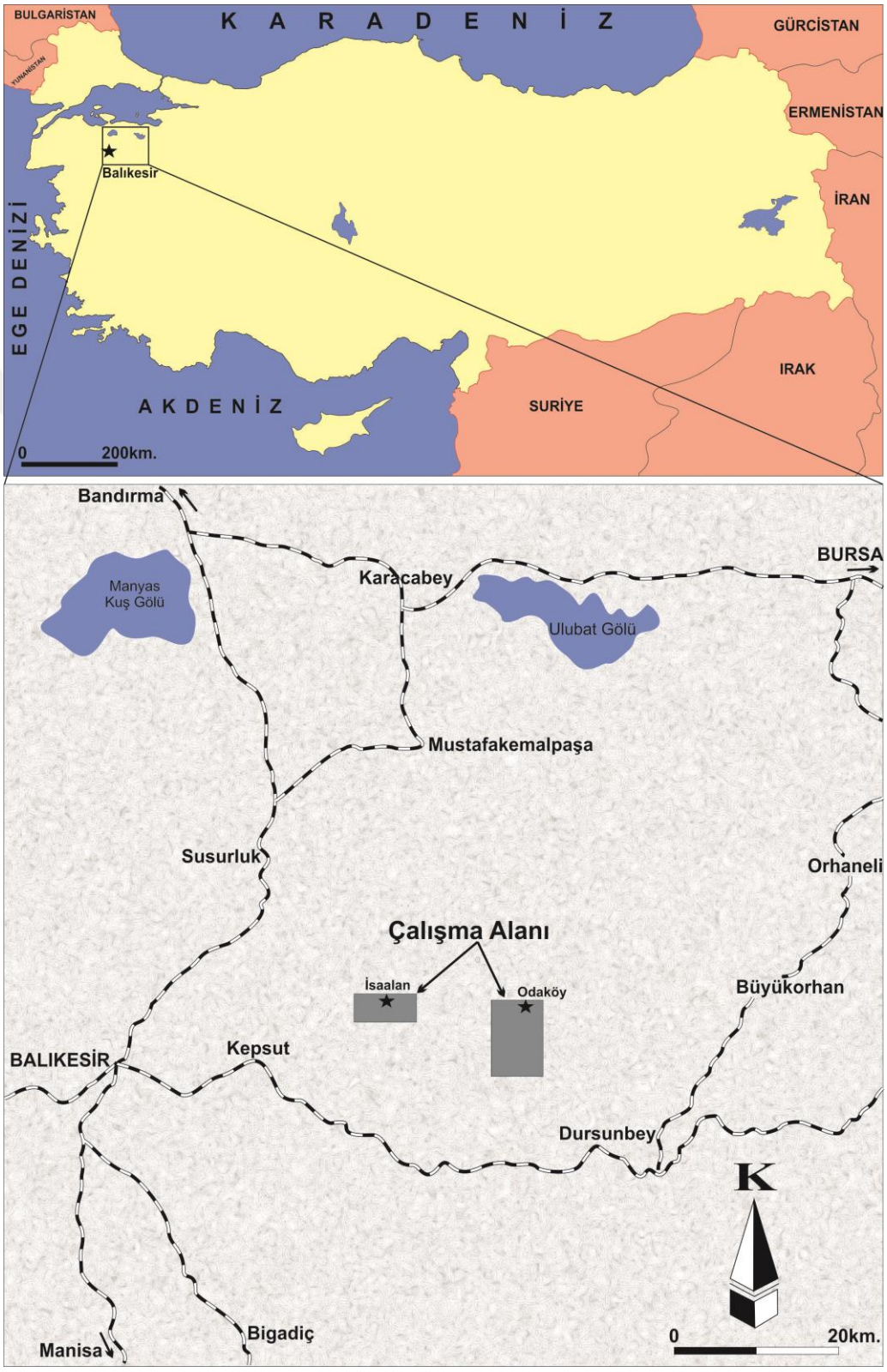
Ulaşım Balıkesir ilinin doğusunda yer alan Kepsut ilçesi üzerinden asfalt yolla sağlanmaktadır. Kepsut ilçesinin doğusunda bulunan İsaalan Köyü'ne yaklaşık 25 km'lik asfalt ve stabilize yollarla ulaşılır. Köylerden arazinin değişik yüzleklerine orman ve tarla yolları ile ulaşmak mümkündür. Çalışma alanı içerisindeki en önemli yerleşim merkezi Durak Beldesi'dir. Tuzak, Piyade, Sayacık, Örenharman, Mestanlar ve Mehmetler çalışma alanı içerisindeki diğer mahallelerdir. Mahallelerin geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. İsaalan mahallesinin en önemli geçim kaynağı ise mahallenin yakınında bulunan iki kömür sahasındaki madencilik faaliyetleridir. Yöredeki önemli yükseltileri çalışma alanı kuzeyinde Çataldağ (1336 m.), Turfaldağ. (1325 m.), Çobandede T. (1314 m.) ile çalışma alanı yakın çevresinde Börçikkarası T. (1177 m.), Seç T. (1081 m.), Dedekırı T. (857 m.), Kedikaya T. (824 m.), Sarpınlar T. (801 m.), Kobartkaşı T. (757 m.), Boz T. (618 m.), Yılanlı T. (605 m.) ve Muharebe T. (523 m.) oluşturur. Balıkesir-Kepsut ilçesinin, nüfusu 2017 yılı TUİK verileri baz alındığında 23.342'dir. Kepsut, ekonomik anlamda fabrika ve

üretim tesisleri olmadığından dolayı göç veren bir ilçedir. Kepsut'da düşük rakım (75 m) nedeniyle, nem oranları yüksek olduğundan dolayı, genel bitki topluluğu ormandır. Uzun yıllar boyunca beşeri sebeplerden de etkilenerek yer yer kayın, meşe, kızılçam ormanları ile makilerden meydana gelen bir orman şekline dönüşmüştür. Çalışma alanı Ege - Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer almakla birlikte karasal iklimin de etkisi gözlenir. Isı farklılıkları, mevsimsel anlamda kıyı kesimlerle karşılaştırıldığında daha fazladır. İklim, ilçenin yayılım sunduğu alanda kışlar yağmurlu olup, dağlık bölgelerde yağmur ve kar şeklinde görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 15°C, yağış 540-740 mm. arasındadır.

Odaköy (Dursunbey) Yöresi: Balıkesir İ20c2, İ20c3, İ21d1, İ21d4 paftalarına yayılan çalışma alanı, Balıkesir ilinin kuş uçuşu 60 km. kuzeydoğusunda bulunan Odaköy (Dursunbey) mahallesi ve civarını kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Ulaşım, Balıkesir ilinin doğusunda yer alan Dursunbey ilçesi üzerinden (105 km.) ya da Kireç bucağından kuzeydoğu yönünde (87 km.) Odaköy mahallesine çoğunlukla asfalt kısmen de stabilize yollarla sağlanmaktadır. Köylerden çalışma alanının değişik bölümlerine orman ve tarla yolları ile ulaşmak mümkündür. Çalışma alanı içerisindeki en önemli yerleşim merkezi Kavacık bucağıdır. Mıcırlar, Çakırca, Mahmudiye, Hamzacık, Süleler, Umurlar, Şabanlar ve Veliler çalışma alanı içerisindeki diğer mahallelerdir. Köylerin geçim kaynağı tarım ve hayvancılığın yanı sıra Odaköy ve çevresinde bulunan kömür sahalarındaki madencilik faaliyetleridir. İnceleme alanının önemli yükseltileri Uzunmezar T. (1271 m.), Tuzla T. (1157 m.), Sıpa T. (1052 m.), Koca T. (1028 m.), Ören T. (866 m.), Büyükasar T. (861 m.), Bağkıran T. (859 m.), Yılanbayır T. (856 m.) ve Hıdırellez T. (756 m.) oluşturmaktadır. Dursunbey 640 m rakımda olup, 1952 km^2 yüzölçümü ile Balıkesir'de en geniş araziye sahip (il yüzölçümünün %13.33'ünü kaplamaktadır) ilçedir. Dursunbey ilçesi nüfusu 90'lı yıllarda 10 bin civarında olmasına rağmen, 2017 yılı TUİK verilerine göre nüfusu 36.324 olarak sayılmıştır. Bölgenin bitki örtüsünü, engebeli ve yüksek kesimlerde, çoğunluğunu çam ağaçlarının oluşturduğu ormanlık sahalardır. Dursunbey, 126 bin hektar orman alanı ile Balıkesir'de önemli bir yere sahiptir. İlçede meyvecilik açısından şeftali, elma ve vişne yetiştirilmekte olup, bol miktarda tahıl üreticiliği yapılmaktadır. Ayrıca yüksek kesimlerdeki yaylaların geniş düzlüklerinde de hayvancılık büyük yer tutmaktadır. Dursunbey

rakımın yüksek olmasından dolayı yazları serin, kışların sert görüldüğü karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Yıllık ortalama sıcaklığın 12.1 ^{0}C ölçüldüğü ilçede, ortalama yağış miktarı yıllık 591 mm'dir.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yerbulduru haritası.

1.4 Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve yakın çevresi ekonomik düzeyde bor ve kömür yatakları içermesi nedeniyle günümüze kadar farklı birçok çalışmaya konu olmuştur. Aşağıda çalışma alanı ve yakın çevresini konu alan bölgenin jeolojisi ve bölgedeki kömürler ile ilgili bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Philipson (1910), bölgede ilk çalışmaları yaparak Soma dağ silsilelerinin kumtaşı, kireçtaşı ve Tersiyer tabakaları olmak üzere üç ana litolojiden oluştuğunu ve bu litolojilerin ileri derecede faylanmaya uğradığını belirtmiştir.

Philipson (1918), Ege bölgesinde genel olarak kuzeydoğu gidişli eğim atımlı normal fay ile horst-graben tektoniğine bağlı olarak volkanik faaliyetlerin geliştiğini ve Neojen tortulların çökeldiğini belirtmiştir.

Romberg (1940), hazırlamış olduğu MTA raporu Soma çevresindeki linyit konusunda yapılan prospeksiyon ve yarma çalışmalarını içermektedir.

Kleinsorge (1939, 1940, 1941), Kömür içeren Soma Neojen bölgesi hakkındaki ilk detay çalışmalarında genç Paleozoyik grovaklar ve Mesozoyik kalkerlerini ayırt etmiş ve Neojen birimlerini birçok kademelere ayırarak sınıflandırmıştır. Yataklanma durumlarını ise çok aşamalı bir kıvrılma ve ekaylanma neticesi olarak göstermiş ve Soma ilçesinin güney kesiminde linyit içeren bölgenin, birçok ufak sedimanter havzadan meydana geldiğini ileri sürmüştür.

Arni (1942), Soma linyit yatağı hakkında jeolojik çalışmalar yapmıştır. Soma civarındaki Miyo-Pliyosen yaşlı tabakalı birimlerin genel özellikleri konusunda çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Wedding (1957), Oligosen'in sonunda Anadolu'da başlayan dağ oluşumlarının kömür damarları için gerekli olan geniş alçalma bölgelerini meydana getirdiğini ifade etmiş ve Anadolu'daki linyit yataklarının Miyosen'de çökeldiklerini belirtmiştir.

Nebert (1960), Tavşanlı (Kütahya) ve civarında gözlenen linyit içeren Miyo-Pliyosen (Neojen) yaşlı havzaların korelasyonlu stratigrafik ve tektonik özelliklerini incelemiştir. Yazar çalışmada, havzanın çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ile volkano-sedimanter kayaçlardan meydana geldiğini ileri sürmüştür.

Kalafatçıoğlu (1964), "Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgede gözlenen birimlerin stratigrafik özelliklerini incelemiştir. Yazar, bölgedeki en yaşlı birimlerin Paleozoyik yaşlı farklı karakterdeki şist ve mermerlerden meydana gelen bir temel seri olduğu görüşünü belirtmiştir. Yazar, bu bölge güneyinde mostra veren intrüziflerin Laramiyen orojenezi ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, magmatik aktivitelerin Miyosen-Pliyosen periyodunda yoğunlaştığını belirtmiştir.

Bürküt (1966), Çataldağ ve yakın çevresinde yapılan ilk çalışmalarında plütonun çekirdeğinin aslında migmatitik kompleks nitelikteki anateksi geçirmiş kuvars içeren monzonitlerden oluştuğunu, fakat çevre bölgelerde gözlenen metamorfik kayaçların yer yer yanal yönde geçişler gösterdiğini ve bu birimlerin granodiyorit, mikrodiyorit ve diyorit porfir karakterindeki plütonik kayaçlar tarafından apofiz şeklinde kesildiğini belirtmiştir.

Brinkmann vd. (1970), Soma bölgesinin jeolojisi, stratigrafisi ve tektonik özelliklerini araştırmışlardır. Formasyonların yaşlarını fosil bulgularıyla belirlemişlerdir. Saha çalışmalarından elde ettikleri veriler yardımıyla bölgenin jeolojik tarihçesini açıklamaya çalışmışlardır. Ana linyit damarının oluşumunu birçok uygun şartların bir arada oluşmasına bağlamış olup bu damarın Neojen öncesi bir vadide çökeldiğini belirtmiştir. Bu vadinin Miyosen'de tektonik bir çöküntü bölgesine dönüştüğünü vurgulamıştır.

Özocak (1971), Kepsut kuzeyinde bulunan Serçeören ve Örenli köyleri çevresindeki Cu-Pb-Zn ve vollastonit cevherleşmelerini incelemiştir. Paleozoyik yaşlı mermer ve şistlerin Çataldağ Graniti ile olan dokanaklarında, genellikle aktinolitfels ve granatfelsler içerisinde bulunan cevherleşmelerin kontak-pnömatolitik oluşumlar olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz (1971), Bigadiç çevresinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamış ve Neojen birimlerini ayrıntılı çalışmıştır. Yazara göre, Alt Neojen'de sedimanter kayaçlarla geçişli bazalt ile başlayan volkanizma daha sonra riyolitten trakite değişen bir seri izlemiş, Neojen sonu veya Kuvaterner' de andezitik volkan bacaları ve ürünleri ile sona ermiştir.

Ataman (1972, 1973), Çataldağ ve Ilıca-Şamlı plütonlarında, ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarının genellikle düşük olduğunu ve bu değerlerin 0.706 ile 0.711 değerleri arasında dağılım gösterdiğini belirterek, bu değere sahip olabilecek kayaçların, jeosenklinallerdeki grovaklar olabileceğini vurgulamıştır. Elde ettiği bilgileri kullanarak Paleozoyik sonrası jeosenklinal malzemesinin yitim zonunda tüketilmesi ile bölgedeki granodiyoritlerin türemiş olabileceklerini öne sürmüştür.

Dericioğlu (1972), Kepsut kuzeyinde bulunan Örenli Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin detay etüdünü yapmıştır. Yazar şistler arasında ve şistoziteye uyumlu bulunan cevherleşmenin kontakt-pnömatolitik tipte olduğunu vurgulamıştır.

Bingöl vd. (1973), Biga Yarımadasının jeoloji kompilasyonunu yapmış ve Karakaya Formasyonu' nu tanımlamışlardır. Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'nun Permo-Karbonifer yaşlı kayaç blokları da içeren, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş spilit ve grovaklardan oluştuğunu vurgulamıştır. Bu birim Balıkesir' den doğuya Bilecik, Sivrihisar üzerinden Ankara'ya kadar uzandığını belirtmiştir.

Krushensky (1975), çalışma bölgesine yakın volkanitlerde ayrıntılı çalışmalarda bulunmuş ve yaptığı radyometrik yaş tayinlerinde 19,5-20 My. (Alt – Orta Miyosen) değerlerine ulaşmıştır.

Yılmaz (1977), Bigadiç yöresine ait volkanitlerinde yaptığı radyometrik yaş tayinine göre alkali bazaltik volkanizmanın 13 My. önce (Orta Miyosen) başladığını, Üst Miyosen'de ise kalkalkalin volkanizmanın etkin olduğunu ileri sürmüştür.

Akat vd. (1978), Balıkesir doğusunda Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki geniş bir bölgenin 1/25000 ölçekli temel jeolojisini incelemiş ve çeşitli birimleri tanımlamışlardır. Yazarlar Paleozoyik şistler içinde görülen metabazik ve metaultrabazik kayaçların eski bir ofiyolitik melanjın varlığını gösterdiğini, bu durumun bölgesel ölçekte araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yazarlar, Çataldağ plütonik kompleksinde gözlenen intrüzif kayçaların bölgedeki en genç birim olduğunu ve kireçtaşları ile olan kontak kesimlerinde kalsik-skarn özelliğinde pişme zonlarının gözlendiğini ifade etmişlerdir.

Nebert (1978), Soma bölgesinde gözlenen Miyo-Pliyosen yaşlı tortul kayaçların oluşturduğu havzanın, geniş uzanımlı ve birleşik bir havza niteliğinde olduğunu, havza tabanının ve çevresinin, yükselme ve alçalmalar ile hareketli bir havza niteliği ile parçalanmaların fazla olduğunu ve bunun sonucu olarak ufak çaptaki bağımsız blokların meydana geldiğini belirtmiştir.

Özpeker ve İnan (1978), Türkiye borat yataklarının Senozoyik sonu Batı Anadolu'da gelişen göl ortamlarında kimyasal süreçlerle oluştuklarını savunmuşlardır.

Ercan (1979), Biga-Çanakkale-Bigadiç arasında gözlenen volkanizmanın yaygın olarak kalkalkalen karakterli, andezitik lav, tüf ve anglomeratik birimlerin olduğunu ve ilk kez Orta Eosen'de ortaya çıktığını belirtmiştir.

Erdinç (1979), Kepsut kuzeyinde bulunan Serçeören vollastonit zuhurlarını inceleyerek kontak metamorfizma ürünü olan bu zuhurların Cu-Mo-W minerallerini de içerdiğini belirtir.

Ergül vd. (1980), Balıkesir ili ile Marmara Denizi arasında kalan bölgede çalışan araştırmacılar, 1/25000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmasının yanı sıra paleontolojik ve petrografik çalışmaları da beraberinde yürütmüşlerdir. Paleozoyik yaşlı Fazlıkonağı Grubu, Triyas yaşlı Karakaya formasyonu, Jura yaşlı karbonatlar, Geç Kretase yaşlı Yayla Melanjı ve Neojen yaşlı volkanik-tortul birimleri ayırtlamışlardır. Yazarlar Sahada biri Permiyen (?) yaşlı Kıranlar Graniti, diğeri Paleosen yaşlı Çataldağ graniti olmak üzere iki farklı granit tanımlamışlardır. Buna

ek olarak, radyometrik yaş (K-Ar metodu) verileriyle Çataldağ granitoyidinin yaşının Paleosen olduğunu belirlemişlerdir.

Akyürek ve Soysal (1981), Soma (Manisa) ve yakın çevresinde daha önce yapılmış jeoloji haritalarını yeniden revize ederek geniş bir alanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarını yapmışlardır. Bölgede geniş yayılım gösteren Yuntdağı Volkanitleri'nin Miyosen-Üst Miyosen-Pliyosen zaman aralığında farklı evrelerde gelişmiş volkanik ürünlerin olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlara göre göl ve akarsu çökellerinden oluşan Soma Formasyonu, Yuntdağ Volkanitleri ile yanal ve düşey ilişkilidir. Ayrıca, "Dededağ Bazaltı" olarak adlandırılan bazaltik lavların bölgede Pliyo-Kuvaterner döneminde aktif olan son volkanik ürün olduğunu ve bu bazaltik ürünlerin bölgede hakim olan D-B gidişli gerilmeli tektonik yapılar ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Okay (1981), Tavşanlı kuzeydoğusunda yaptığı çalışmasında, İzmir-Ankara zonuna ait ofiyolitli melanj birimlerinin yüksek basınç/düşük sıcaklık koşullarında mavi şist metamorfizması geçirmiş olduklarını belirtir.

Ercan (1982), Batı Anadolu'daki tüm Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçları petrografik açıdan incelemiş, bölgedeki volkanitlerin subalkalen nitelikli olduğunu, Taylor sıralamasına göre andezitik ve dasitik türde olduklarını belirlemiştir.

Kaya (1982), Batı Anadolu'yu Miyosen öncesi güncel geometrilerini kazanmış, KD-GB gidişli, altı belirgin stratigrafik-yapısal topluluğa ayırmıştır. Yazar bölgedeki D-B gidişli grabenlerin, yarım graben olduğunu vurgulamıştır.

Koçyiğit (1984), Güneybatı Türkiye ve yakın çevresindeki tektonik gelişimi incelemiş ve bölgedeki horst-graben sistemlerini ortaya koymuştur.

Ercan vd. (1985), Batı Anadolu'da Eosen döneminden itibaren yaygın bir volkanizmanın geliştiğini ifade etmiş ve 16 farklı volkanik birimden aldıkları 22 adet örnek üzerinde majör-iz element ile nadir toprak elementleri içerikleri ve Sr-izotop bileşimlerini araştırmışlar ve bu örneklere ait K-Ar yaşlarını da sunmuşlardır.

Yazarlar, jeokimyasal özellikleri saptanan volkanik kayaların daha çok andezitik karakterli olduklarını ve Dededağ Bazaltı'nın ise latit ve trakiandezitik bileşimlere sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Akgün vd. (1986), Soma yöresinde ekonomik değere sahip alt ve orta linyit damarlarını palinolojik yönden incelemiştir. 16 cins ve bunlara bağlı 42 sporomorf türünün palinolojik ayrımı sonucu bu linyitlerin Orta Miyosen yaşlı bir mikro flora içerdiğini belirtmişlerdir.

Ergül vd. (1986), değişik araştırmacılar tarafından 1/25000 ölçekli temel jeolojisi yapılmış olan İ20 (F6) paftasının, 1/100000 ölçekli kompilasyon haritasını da hazırlamışlardır.

Şengör (1987), çapraz graben modeli ile düşük açılı sıyrılma faylarının tavan bloğunda D-B doğrultulu grabenlerin oluşabileceğini göstermiştir. Buna göre Tortoniyen öncesi K-G yönlü bir sıkışma ile oluşmuş K-G doğrultulu grabenlerinin içini yeni tektonik dönemde Erken Miyosen sedimanlarının doldurmuş olabileceğini belirtmektedir.

Çakır (1989), Kepsut kuzeyinde bulunan Çataldağ yöresinde Fazlıkonağı Formasyonu içerisindeki talk oluşumları, aplit, pegmatit ve kuvars damarlarını endüstriyel hammadde açısından incelemiştir.

Ercan vd. (1990), yaptıkları çalışmalarda bölgedeki intrüziflerin Çataldağ granitoyidi ve Ilıca-Şamlı graniti ile temsil edildiğini belirtmişleridir. Ayrıca, bölgede granitler ile eş yaşlı olan ekstrüzif kayaçların andezit, dasit, riyo-dasit ve riyolit türünde, kalkalkalen özellikte ve kabuktan türemiş olduklarını vurgulamışlardır.

Okay vd. (1990), araştırmalarında Karakaya Kompleksi'nin Permo-Triyas yaşta aktif bir kıta kenarının tortullarını temsil eden farklı birimlerden oluştuğunu ve bu kompleksin batı sınırının Paleotetis kenedine karşılık geldiğini belirtmişler, ayrıca kalkalkalen bir mağmatizmanın Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığında meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Gemici vd. (1991) Soma kömür havzasının makro ve mikroflorasını incelemişlerdir. Çalışmada havza florasının yaşının Orta Miyosen olduğu, o dönemde sıcak ve nemli subtropik bir iklimin varlığı ve gölün kenarında belirli bir türün baskın olduğu bataklık ormanı ile arka planda karışık *Quercus-Pinus* ormanı olduğu belirtilmiştir.

Takahashi ve Jux (1991), bölgede yaptıkları palinolojik çalışmada Soma linyit yatağı sedimanter dizisinin Miyosen yaşlı olduğunu söylemişlerdir. Alt kömür damarı için Alt Miyosen, Orta kömür damarı için Orta Miyosen ve Üst kömür damarı için de Üst Miyosen yaşını vermişlerdir.

Çetin vd. (1992), MTA bünyesinde hazırladıkları bu raporda, Bigadiç-Kepsut-Dursunbey dolayının jeolojisi ve kömür oluşumlarını ortaya koymuşlardır.

Gökmen vd. (1993), tarafından hazırlanan Türkiye Linyit Envanteri adlı yayında Türkiye linyit yatakları ayrı ayrı incelenmiştir. Kalorifik değer, su, kül, kükürt ve rezerv özellikleri belirtilmiştir.

İnaner ve Nakoman (1993), Batı Anadolu'da bulunan bazı önemli kömür yataklarının jeolojisi, ısı değeri, su, kül, kükürt ve rezerv özelliklerini incelemişlerdir.

Akyüz (1995, 1997), Manyas-Susurluk-Kepsut civarında yapmış olduğu çalışmasında farklı dönemlerde okyanusların kapanmalarını temsil eden birimleri ve tektonizma sonrası gelişmiş magmatik ve çökel kayaları incelemiştir. Her iki çalışmada, bölgedeki kenet zonu içindeki jeolojik birimlerin ayrıntılı jeoloji haritasını sunmuştur.

Ercan vd. (1996), Batı Anadolu'da geniş yüzeylemeler veren Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerden 17 numune üzerinde radyometrik yaş ölçümleri (K-Ar ve Rb-Sr) yapmışlardır. Bu radyometrik yaş tayinlerine göre, bölgesel volkanizmanın evrimini açıklayarak, bölgenin jenetik modeli üzerine yorumlamalar gerçekleştirmişlerdir.

Karayiğit ve Whateley (1997); Soma Formasyonu'nda yer alan alt linyit kömür damarının elemental, mineralojik, jeokimyasal ve petrografik analizini yapmışlardır. Floresans Spektroskopisi ve vitrinit yansıması ölçümleriyle alt kömür damarının kömürleşme derecesini belirlemişlerdir. Alt linyit kömür damarı üzerinde yaptıkları analiz sonuçlarına göre damarın kendi içinde normal kömür, geçiş zonu ve doğal kok gibi değişik metamorfizma derecelerinde geliştiğini belirlemişlerdir.

İnci (1998 a), farklı fasiyeslerden meydana gelen Soma kömürlerinin 3 seriden oluştuklarını ve bunların temel kayaçlar üzerine uyumsuzlukla geldiklerini, serilerin toplam kalınlıklarının da 900 m. civarında olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Erken Tersiyer'de Avrupa ve Anadolu plakaların çarpışması sonucu bölgede kömürleşmeye uygun bir topoğrafyanın geliştiğini ve bu havzanın fay kontrollü olarak oluştuğunu vurgulamıştır.

İnci (1998 b), Soma açık ocak işletmesinde yaptığı çalışmada daha önce iki fasiyes olarak tanımlanan Soma Formasyonu'nu sekiz fasiyese ayırmıştır. Stratigrafik, sedimantolojik ve paleobotanik verilerle birimin dağ arası havzasına ait alüvyon, bataklık, taşkın ovası, karbonatlı derin göllerde çökeldiğini belirtmiştir. Orta linyit serisinin iyi derecelenmiş silisiklastik kayaçları, linyiti ve tatlı su karbonatlı kayaçları içerdiğini belirtmiştir. Linyitlerin, orta linyit serisinin çökeldiği alüvyon düzlüklerinde ve derin karbonat göl kıyılarında oluştuğunu ortaya koymuştur.

Delaloye ve Bingöl (2000), Batı Anadolu'daki plütonları genç ve yaşlı olmak üzere iki değişik gruba ayırarak incelemişlerdir. Çataldağ plütonunu da genç granitoyid grubunda değerlendiren araştırmacılar yaptıkları K-Ar yaş tayinleri neticesinde 20.8±0.4 My. yaşını elde etmişlerdir.

Bulut (2001), MTA tarafından hazırlanan bu raporda Batı Anadolu'daki linyit içeren Neojen yaşlı kayaçların uyumlu bir kompilasyonu yapılmıştır.

İnci (2002), Batı Anadolu'da kömür içeren Soma Havzası'ndaki Geç Miyosen sedimantasyonunu ve havza oluşumunu kalkalkalen karakterli volkanizmanın ve volkanoklastik birikimin kontrol ettiğini vurgulamış ve Soma Havzası'nda Miyosen volkanizmasıyla eş zamanlı bir çökelme olduğunu belirtmiştir.

İnci vd. (2003), Soma, Kırkağaç ve Dereköy graben sistemlerinin yeni tektonik havza dolguları ve bu grabenlerin oluşumunda rol alan kenar faylarının özelliklerini açıklamışlardır. Daha önce D-B gidişli çöküntü alanlarını Bakırçay, Soma ve Kırkağaç Grabenleri olmak üzere üçe ayırarak stratigrafik ve tektonik özelliklerini araştırmışlardır. Ayrıca Dereköy Grabeni'nin varlığını ortaya koymuşlardır. Bölgedeki aktif fayları ve bunların sismik aktivitelerini yorumlamışlardır.

Arpalıyiğit (2004), yaptığı doktora tez çalışmasında ilk kez Soma Grabeni ve çevresinin Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çökelleri ayrıntılı bir şekilde çalışmış ayrıca Soma Grabeni'nin yapısal özelliklerini incelemiştir.

İlter (2004), Batı Anadolu linyit yataklarının genel karakteristik özelliklerini derleme şeklinde ortaya koymuştur.

Boztuğ vd. (2009), Ilıca, Çataldağ ve Kozak granitoyidleri üzerinde çalışmışlardır. Çataldağ, Ilıca ve Kozak granitoyidleri için K-Ar soğuma yaşı olarak 21-29 My. önermişlerdir.

Tan vd. (2008), MTA'nın Soma kömür havzasında önceden kömür yayılımını rezervini belirlemek için yapmış olduğu sondajlara ek olarak yapılan 8 adet sondaj verisini değerlendirmişlerdir. Raporlarında bölgenin jeolojisini yapılan sondaj verileri doğrultusunda anlatarak, sondajlarda geçilen kömür horizonlarından alınan örneklerin kimyasal, jeokimyasal ve petrografik analiz sonuçlarını sunmuşlardır. Her üç kömür horizonu içinde, yapılan sondajlardan elde edilen verilerin ışığında, ayrı ayrı rezerv ve kalite hesabı yapmışlardır.

Dirik vd. (2009), Soma güneyinde yer alan kömür sahalarının Geç Pliyosen-Kuvaterner döneminde gelişmiş olduğunu ve blok faylanmalarla parçalanmış olan Çamlıca Yükselimi'nin üzerinde kaldığını belirtirler. Yazarlar, Kısrakdere Grabeni içinde yer alan kömür sahasının Geç Pliyosen-Kuvaterner döneminde etkin olan ve Çamlıca Yükselimi'nin batısında yer alan Kırkağaç Grabeni'nin oluşumunu da sağlayan DKD-BGB doğrultulu genişleme rejimine bağlı olarak gelişen yaklaşık K-G doğrultulu faylarla parçalandığını ortaya koymuşlardır.

Toprak (2009), Türkiye'deki başlıca linyit kömürü oluşumlarının petrografik özelliklerini ve damarların oluşum özelliklerini, yer aldıkları bölgenin kısa jeolojisiyle birlikte değerlendirmiştir. Türkiye'deki linyit kömürlerinin genellikle düşük kömürleşme derecesine sahip olduğunu ve çoğunun Eosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı olduğunu belirtmektedir. Farklı lokasyonlardan aldığı 190 adet kömür örneğinin kimyasal ve fiziksel özelliklerini değerlendirerek çökelme ortamları ve içeriklerini yorumlamıştır. Bütün kömür örneklerinin benzer petrografik özelliklere sahip olduğunu ve çoğunun göl ortamında depolandığını vurgulamıştır. Kömürlerde bulunan en bol maseral grubunun Hüminit, maseralin ise Gelinit olduğunu ve örneklerdeki maseral bileşimlerinin büyük benzerlikler gösterdiğini belirtmiştir.

Alpagut vd. (2015), Türk ve Alman jeologlar tarafından yürütülen "Türkiye Linyit Kömürü Araştırmaları Projesi" sırasında Paşalar fosil lokalitesinde 80 adet vertebra/memeli fosil lokalitesi ve 12 fauna grubu saptamışlar ve bu lokalitesinin yaşıt tek bir hayvan topluluğundan türemiş olduğunu tespit etmişlerdir. Günümüz faunaları ile kıyaslandığında ise Paşalar faunasının daha çok subtropikal ağaçlık/ormanlık bir biyomu yansıtan Orta Miyosen yaşlı bir faunaya sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, inceleme alanı ve çevre bölgelerin jeolojik içerikleriyle ilişkili basılmış ya da dijital haldeki jeolojik verilerin toplanması ile başlamıştır. Alanın 1/25000 ölçekli topoğrafik, jeolojik ve sayısal haritaları temin edildikten sonra arazi çalışmalarına hazır hale gelinmiştir. Çalışmada, Soma Formasyonu içerisindeki kömürlerin organik petrografik, organik jeokimyasal özellikleri belirlenmiş ve kumtaşları üzerinde gerçekleştirilen petrografik çalışmalarla havzanın beslenme alanıyla ilgili veriler elde edilmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda tez, saha, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarla ilgili işlerin akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir.

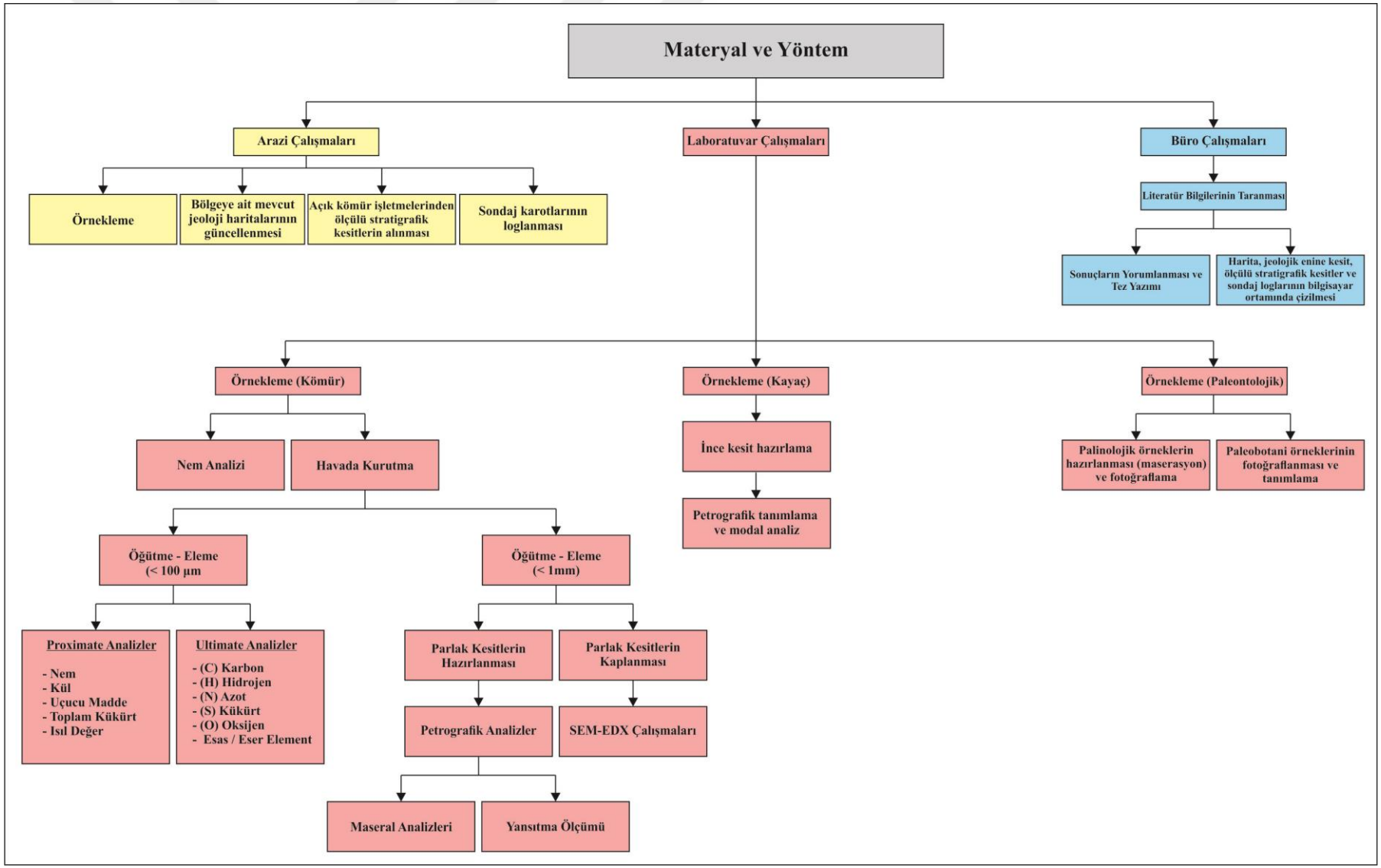
2.1 Saha Çalışmaları

Arazi çalışmaları 2013 yılının Nisan ayı ile 2017 yılı Ekim ayı arasında farklı zaman dilimlerinde gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmalarına başlamadan önce inceleme alanında daha önceden yapılmış yayın, rapor ve haritalar litolojilerin en iyi gözlendikleri alanları tespit etmek amacıyla taranmıştır. Saha çalışmalarında gerçekleştirilen işlemler aşağıda sırasıyla verilmiştir:

1. İnceleme alanında yer alan litostratigrafik birimlerin tanımlanması, birbirleriyle olan sınır ilişkilerinin ortaya konulması, yanal devamlılıklarının saptanması ve yapısal unsurların belirlenmesi,

2. Jeolojik veriler ışığında İsaalan (Kepsut), Odaköy (Dursunbey) yöresi ve yakın çevrelerinin daha önceden yapılmış 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarının revize edilmesi,

3. Çalışılan Soma Formasyonu'na ait arazi yüzeylemelerinden ölçülü stratigrafik kesitlerin alınması (Şekil 2.2:a),



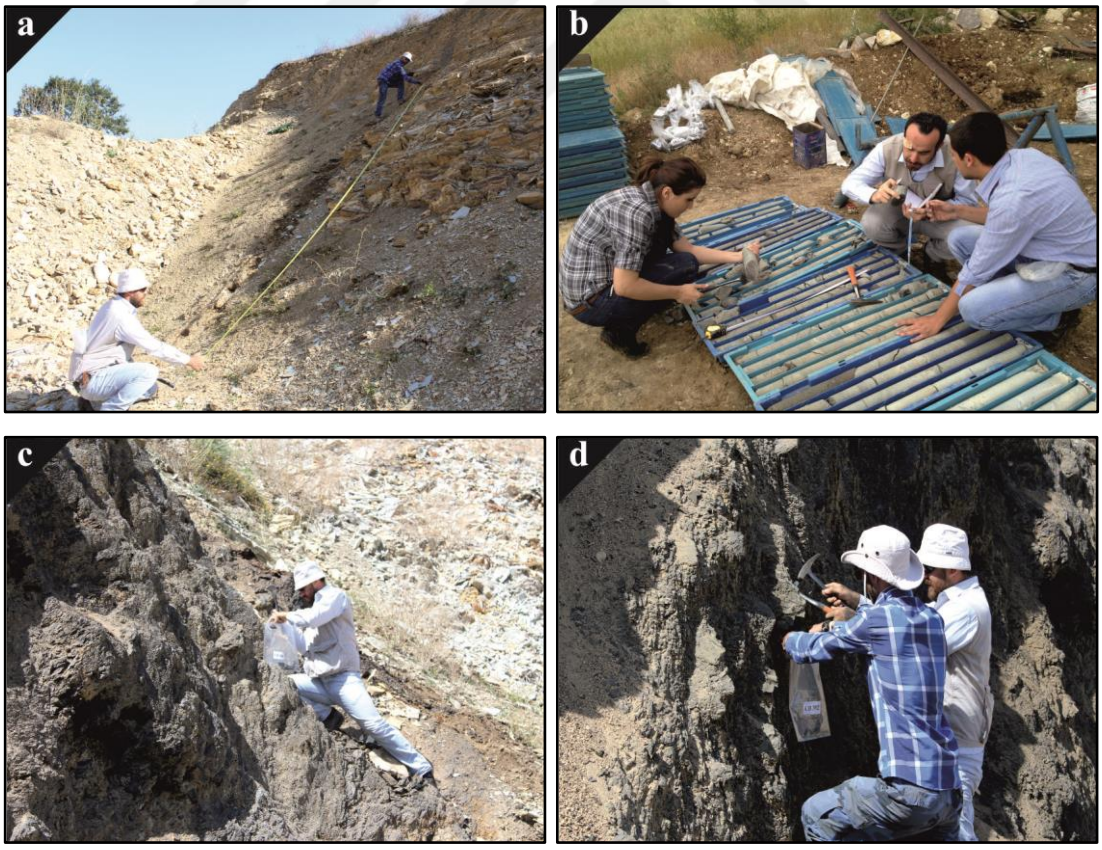
Şekil 2.1: Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların iş akış şeması.

4. Havza geometrisinin daha iyi anlaşılması amacıyla arazi gözlemlerine ek olarak Soma Formasyonu'na ait kömürlerin işletildiği ocaklarda daha önce yapılmış olan sondajlara ait verilerin yeniden değerlendirilmesi ile arazi çalışması sırasında yapılmakta olan sondajların karotlarının incelenmesi ve loglarının hazırlanması (Şekil 2.2:b),

5. Soma Formasyonu'na ait kumtaşlarından, petrografik amaçlı sistematik örneklemelerin yapılması (Şekil 2.2:c),

6. Soma Formasyonu'na ait kömürlerin jeokimyasal ve petrografik özelliklerinin saptanması amacıyla sistematik örnek alımları (Şekil 2.2:d),

7. Soma Formasyonu'na ait organik malzemece zengin kiltaşlarından paleoortamsal ve paleoiklimsel yorumlamalarda bulunmak amacıyla palinolojik örnek alımı işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2: Saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar. a) Ölçülü stratigrafik kesit alım çalışmaları, b) Sondaj loglama çalışmaları, c) Biyotratigrafi çalışmaları için örnek alımlar, d) Kömür petrografisi çalışmaları için örnek alımları.

Saha çalışmalarında arazi ekipmanı olarak Estwing marka E3-22P model jeolog çekici, 10X büyütmeli lup, Garmin marka GPS ve Brunton tipi jeolog pusulası kullanılmış, ayrıca MTA ve TPAO tarafından hazırlanmış olan 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır.

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları başlıca üç grup altında toplanmıştır. Bunlardan birincisi kömür örneklerinin incelenmesini kimyasal ve petrografik özelliklerinin saptanmasını kapsayan çalışmalar; ikincisi bölgeden derlenen kumtaşlarının petrografik tanımlamaları ve modal analizleri ve paleontolojik çalışmalardır.

2.2.1 Kumtaşlarında Petrografik Çalışmalar

2.2.1.1 İnce Kesitlerin Hazırlanması

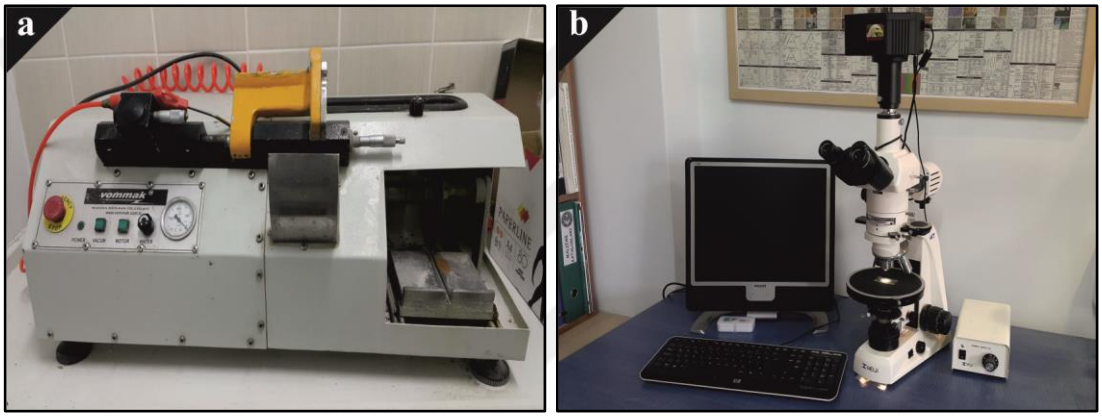
Laboratuvar çalışmaları, saha çalışmalarına paralel yürütülmüştür. Saha çalışmaları sırasında kumtaşlarından İsaalan (Kepsut) yöresinden 22, Odaköy (Dursunbey) yöresinden 18 adet örnek alınmıştır. Çalışma alanından derlenen el örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitleri hazırlanmıştır. Kayaçlardan alınan el örneklerine ait ince kesitler Balıkesir Üniversitesi ince kesit atölyesinde hazırlanmıştır (Şekil 2.3:a).

2.2.1.2 Mikroskop Çalışması

İnce kesitleri hazırlanan örnekler üzerinde gerçekleştirilen incelemeler, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Meiji MT-9930 marka alttan aydınlatmalı, polarizan mikroskop ile yapılmıştır. İlksel petrografik çalışmalar sonunda kumtaşlarından modal analiz için uygun olan örnekler belirlenmiştir (Şekil 2.3:b).

2.2.1.3 Modal Analizler

Soma Formasyonuna ait kumtaşlarından her iki çalışma alanından derlenen 20 adet örnek üzerinde petrografik çalışmalar yapılmıştır. İncelenen örnekler seçilirken, kesitte taneleri tanınabilecek kadar orta-iri taneli kumtaşları seçilmiştir (Şekil 2.4: a). Petrografik incelemeler yapılırken her ince kesit örneğinde 1000 adet nokta sayımı yapılmış elde edilen değerler yüzde olarak hesaplanmıştır. Kumtaşı adlamalarında Folk (1980)'un kumtaşı adlama diyagramları kullanılmıştır. Nokta sayımı işlemlerinde sayım aralığı tane boyuna göre ayarlanmış ve 0.4-0.6 mm. olarak yapılmıştır.



Şekil 2.3: Soma Formasyonuna ait kumtaşlarının petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda kullanılan cihazlar. a) Bölümümüz ince kesit atölyesinde bulunan Vommak marka ince kesit cihazı, b) Bölümümüz araştırma mikroskopları odasında bulunan Meiji MT-9930 marka alttan aydınlatmalı, polarizan mikroskop.

2.2.2 Kömür Petrografisi Çalışmaları

Çalışma kapsamında yapılan kömür petrografisi incelemeleri, İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerinden 19 adet ve Odaköy (Dursunbey) yöresi kömürlerinden 16 adet olmak üzere toplamda 35 adet sistematik olarak derlenen örnekler üzerinde yapılmıştır. Bu analizler için örneklerden uygun parçalar seçilerek parlatma briketleri hazırlanmıştır. Seçilen parçalar ilk olarak Retsch RM 100 model agat havanda öğütülmüş, 1 mm.'lik elekten geçirilmiştir. Elekten geçen kısım mekanik bölücülerle çeyrekleme işlemine tabi tutulmuş epofix ve sertleştiriciler kullanılarak kalıplara dökülmüştür.

Epoksi sertleştikten sonra kalıplardan çıkarılan briketler Struers Labo Pol-5 parlatma cihazında, uygulanan aşındırma ve parlatma aşamalarından geçerek petrografik analizlere hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.4: c,d,f,).

Şekil 2.4: Laboratuvar çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen örnek hazırlama aşamaları. a) Araziden biyostratigrafi, kumtaşı petrografisi, kömür petrografisi ve jeokimyası için derlenen örneklerin tasnifi, b) Kömür petrografisi ve jeokimyası için ayrılan örneklerin nem tayini için tartım işlemleri, c) Kömür petrografisi ve jeokimyası için örneklerin öğütme işlemi, d) Kömür petrografisi ve jeokimya çalışmaları sırasında öğütme, çeyrekleme ve eleme aşamaları e) Kömür vitrini yansıma ölçümleri için örnekleri seçimi, f) Kömür petrografisi SEM-EDX çalışmaları için hazırlanmış briketler.

Örneklerin petrografik incelemelerinde ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına ve ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology) adlamalarına uyulmuştur.

2.2.2.1 Maseral Analizleri

Çalışma kapsamında petrografik analiz için İsaalan (Kepsut) yöresinden seçilen 19 adet kömür örneğinin organik madde türlerinin ve maseral gruplarının hacimce yüzde miktarlarının belirlenmesi için maseral analizleri yapılmıştır. Maseral analizleri için Leica DM2500P üstten aydınlatmalı mikroskop, 32X yağlı objektif, fluoresans görüntüler için mavi ışık K510 numaralı sarı filtre kullanılmıştır. Mikroskoba bağlı bulunan Leica DC 350 F model dijital kamera yardımıyla örneklerin fotoğrafları çekilmiştir. Maseral analizinde nokta sayım metodu ile her örnek için en az 500 nokta incelenmiştir. Analize başlarken ilk olarak parlatma briketinin incelenecek yüzeyine bir damla immersiyon yağı damlatılır ve objektifin hava ile teması kesilerek yağ içine batması sağlanır daha sonra nokta sayıcısından faydalanılarak örnek baştan sona taranır. Noktalar arası mesafe örneğin büyüklüğüne göre değişim göstermekte ve örnekte en az 500 nokta sayılabilecek şekilde ayarlanmaktadır. Maseral analizi ve hüminit yansıtmalarının ölçümünde ICCP (1963, 1971, 2001), Stach vd. (1982) ve Sýkorová vd. (2005)'da verilen bilgiler kullanılarak yapılmış, nokta sayımı sırasında ise Swift nokta sayıcısı kullanılmıştır.

2.2.2.2 Vitrinit/Hüminit Yansıma Ölçümleri

Çalışma kapsamında İsaalan (Kepsut) yöresinden petrografik analiz için seçilen 19 adet kömür örneğinin 9'unda organik maddenin olgunluğunun belirlenmesi için vitrinit yansıması (%Ro) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 2.4: e,f). Vitrinit yansıması ölçümleri, belirli bir dalga boyuna (542 nμ) sahip ışıkta yansıması bilinen bir standart ile ölçümü yapılacak örneğin doğrudan karşılaştırılması prensibine dayanır (Teichmüller,1974; Stach vd.,1982). Yansıma analizleri için Leitz Orthoplan/MPV-SP Photometer tip mikroskop, 32X objektif, ışığı kırma indisi 1.518 olan immersiyon yağı, kalibrasyon için safir (%0.592 Ro) standartı kullanılmıştır.

2.2.2.3 SEM (Scanning Electron Microscope) Çalışmaları

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan Carl Zeiss EVO-50 EP model taramalı elektron mikroskobuyla gerçekleştirilmiştir. Elektron mikroskobu altında incelenecek 1 mm.'lik elekten geçirilen kömür örneklerinden hazırlanmış parlatma briketlerinin yüzeyi EMS 5000 SC (Sputter Coater) cihazı yardımıyla iletken bir malzeme olan karbonla kaplanmıştır. Briketler üzerindeki SEM-EDX çalışmaları sırasında minerallerin birbirleriyle ilişkileri, kimyasal bileşimleri ve morfolojileri incelenmiş gerekli durumlarda fotoğraf alım işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 Organik Jeokimya Çalışmaları

Çalışma kapsamında İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerinden 19 adet ve Odaköy (Dursunbey) yöresi kömürlerinden 16 adet olmak üzere toplamda 35 adet kömür örneği sistematik olarak alınmış, tartılmış ve jeokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.4: b). Kömürlerin kimyasal analizleri kapsamında her örneğe ait nem, kül, uçucu madde ve toplam kükürt miktarlarının tayini ile kalori değerlerinin hesaplanması çalışmaları bulunmaktadır.

2.2.3.1 Kısa (Proximate) Analizler

Kısa analizler Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kömür Teknolojisi Laboratuvarında ASTM (American Society for Testing and Materials) standartları baz alınarak LECO TGA-601 (Thermo-Gravimetric Analyzer) cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz kapalı bir sistem içinde ağırlığı bilinen örneğin yanma sonucunda açığa çıkan ısının bazı sensörler vasıtasıyla tespit edilmesi prensibiyle çalışmaktadır. Cihaz sırasıyla krozelerde bulunan örneklerin nem, uçucu madde ve kül değerlerini hesaplamaktadır. İlk aşamada kroze kapakları açık şekilde yerleştirilen numuneler 105 ^{0}C de ısıtılarak nem analizi yapılır. İkinci aşamada kroze kapakları kapatılarak örnekler 950 ^{0}C'ye kadar ısıtılır ve uçucu madde değerleri hesaplanır. Üçüncü aşamada sıcaklığı 600 ^{0}C'ye düşen krozelerin kapakları alınır ve örnekler 750 ^{0}C de yakılarak kül değerleri hesaplanır.

2.2.3.2 Element (Ultimate) Analizleri

Çalışma kapsamında alınan kömür örneklerinin karbon (C), hidrojen (H), azot (N), sülfür (S) ve oksijen (O) değerlerinin belirlenmesi için elemental analiz yapılmıştır. Elemental analizler Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kömür Teknolojisi Laboratuvarında ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına uygun olarak LECO TruSpec CHN(S) cihazında gerçekleştirilmiştir.

Cihaz örneklerin yüksek sıcaklıkta çok hızlı bir şekilde yakılması sonucu açığa çıkan gazların taşıyıcı yardımıyla detektöre taşınması ve miktarlarının hesaplanması prensibiyle çalışmaktadır.

CHN analizinde üç aşama yer almaktadır. Bunlar: temizleme, yakma ve analiz aşamalarıdır. İlk aşamada kapsüle konan örneklerin cihaza yerleştirilmesi sırasında atmosferik gazların uzaklaştırılması, denge ağırlığı değeri ve gazın geçeceği yolların temizlenmesi gerçekleştirilmektedir. İkinci aşamada fırına alınan örnek 950 ^{0}C'de saf oksijenle çok hızlı bir şekilde yakılmaktadır. Üçüncü ve son aşamada ise toplanan gazlar pasif karıştırma ile homojenleştirilmektedir. Homojenleştirilmiş gazlardan karbon ve hidrojen değerleri ölçülmektedir.

S analizinde ise yine aynı cihaza eklenebilen bölme vasıtasıyla yüksek sıcaklıkta yakma işlemi yapılmaktadır. İlk aşamada örnek, sülfürü oksitlemek için 1350 ^{0}C'de oksijenle yakılmaktadır. Açığa çıkan gaz akıntısı sülfür dioksitin ölçüldüğü infrared absorbsiyon detektörünün bulunduğu hücreden geçmekte ve geçerken infrared enerjisinin iletilmeye başlamasıyla birlikte absorblanmaktadır. Böylece, absorblanan infrared enerjisi sadece, konsantrasyonu dedektördeki enerji değişimiyle orantılı olan, sülfür dioksitle alakalı olarak elde edilmekte ve sülfür dioksitten toplam sülfür değeri tespit edilmektedir.

2.2.4 Paleontolojik Çalışmalar

Bu bölümde paleontolojik olarak derlenen örneklerin hazırlama ve tanımlama yöntemleri sunulmaktadır.

2.2.4.1 Palinolojik Çalışmalar

2.2.4.1.1 Palinolojik Örnek Alımı

Palinomorflar çoğunlukla 200 mikronu geçmeyen çiçekli ve çiçeksiz bitkilerin tozlaşma ürünleridir. Bu nedenle, örnek seçiminde, kayacın fosil bulundurup bulundurmadığını önceden makroskobik olarak anlama olanağı yoktur. Ancak, bir kayacın fosil palinomorf içerip içermediği konusunda, önceden kabaca da olsa fikir yürütülebilir. Spor ve polen üreten bitkiler karalarda yaşarlar. Bu nedenle bu tür fosiller, okside olmamış karasal tortullar, özellikle kömürlerde bol olarak bulunurlar. Ancak spor ve polenlerin, özellikle su ve rüzgârlar yardımıyla, çok uzak mesafelere taşınabilme özellikleri vardır. Bu özelliklerinden dolayı palinomorfları kıyı tortulları içinde de bol olarak bulmak mümkündür (Akyol, 1974 ve 1978) ve sayıları kıyıdan uzaklaştıkça azalır. Akritark, tasmanites, kitinozoa, dinoflagellat ve kitin kavkılı mikroforaminiferler gibi palinomorflar ise denizel olmaları nedeniyle karasal çökellerde bulunmazlar. Buna karşın, sığ denizel bir tortulda spor, polen ve sayılan diğer palinomorf gruplarını birlikte bulmak mümkündür.

Palinomorflar mikroskobik organizmalar olduklarından, tortullaşma sırasında, kil ve silt büyüklüğündeki tanelerin çökelme özelliklerini gösterirler. Bu nedenle organik maddenin bol bulunduğunun işareti sayılabilen koyuca renkli, kil ve silt litolojisinden oluşan, karasal ve litoral tortullarda palinomorf bulma olanağı yüksektir. Kısaca palinomorflar petrografik açıdan bakıldığında, mekanik olarak onları ezmeyecek kadar ince taneli tortullardan oluşan kiltaşı, silttaşı, şist, bitüm, bol killi kireçtaşı ve jips gibi kayalarda bulunurlar.

Bu çalışma kapsamında palinolojik çalışma amaçlı örnekler, saha çalışmalarında nokta örnek alımı yöntemiyle derlenmiştir. Nokta örnek alımında örnek alınacak yüzeyin ayrışmış (altere olmuş) kısmı temizlenmelidir. Böylece, aynı zamanda, kayacın atmosferdeki güncel polenlerin düşmesiyle kirlenmiş kısmı da temizlenmiş olacaktır. Bundan sonra, kayacın taze yerinden, 100–200 gr. dolayında bir parça koparılarak, nokta örneği alınır.

2.2.4.1.2 Örneklerin Mikroskop İncelemesine Hazırlanması

Bir örneğin içerdiği sporomorfları mikroskopta inceleyebilmek için, örneğin minerallerinden ayrıştırılması gerekir. Örneklerden geriye yalnızca organik madde, spor ve polenlerin kalmasını sağlayan laboratuvar işlemlerinin tümüne maserasyon denir. Maserasyon işleminin aşamaları; temizleme, kırma, öğütme, karbonatları ayırma, silikatları ayırma, oksidasyon, alkali uygulaması, lamel hazırlama ve mikroskop çalışması şeklinde sıralanır.

Paleo-iklimsel sonuçlar, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından geliştirilen "Coexistence Approach" yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Yöntem, Tersiyer bitki fosillerini kullanarak, bilgisayar programı yardımıyla sayısal iklimsel değerleri bulma temeline dayanmaktadır. "Coexistence Approach" yönteminin uygulaması, "ClimStat" adlı bilgisayar programı ve 3000'den fazla Tersiyer 'de yaşamış olan bitkilerin yaşayan en yakın akrabaları ve bunların meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş iklimsel değerleri sayesinde gerçekleştirilmektedir.

2.2.4.2 Paleobotanik Çalışmalar

Türkiye'de paleobotanik amaçlı çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır (Madler ve Steffen, 1979; Gemici vd., 1991, 1992). Yaprakların hangi taksaya ait olduklarının kesin olarak belirlenebilmesi için yaprak fosillerinin günümüz bitkilerine olan benzerlikleri kullanılarak tanımlama yapılmaktadır. Ancak sadece morfolojiye dayalı yaprak tanımlamaları da tanımlama açısından sağlıklı değildir. Bunun için yaprakların kenarlarından elde edilen kütiküller tanımlamada daha doğru sonuçlar vermektedir. Paleobotanik sayesinde, yaprak fosillerinin depolanma alanı ve

çevresine ait bitki topluluğu hakkında fosilleştiği dönemle ilgili veriler elde edilmektedir. Tanımlanan yapraklar ve palinolojik sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, o dönemdeki paleocoğrafyayı yorumlamak daha sağlıklı olmaktadır.

2.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, araştırma, yorumlama ve yazım aşamalarının tümünü kapsamaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla çalışmanın son safhasında, aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

1. Yapılan çalışmalar ile revize edilmiş 1/25000 ölçekli temel jeoloji haritası, ölçülü stratigrafik kesitler ve sondaj logları "Corel Draw X8" programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

2. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli "ArcGIS 10.5" programı kullanılarak hazırlanmıştır.

3. Kömür jeokimyası ile ilgili veriler "Grapher 8" programında hazırlanmıştır.

4. Tüm analizler ve hazırlanan çizimler sonucunda elde edilen veriler daha önceki çalışmalar dikkate alınarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

Sonuç olarak, saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun biçimde derlenerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

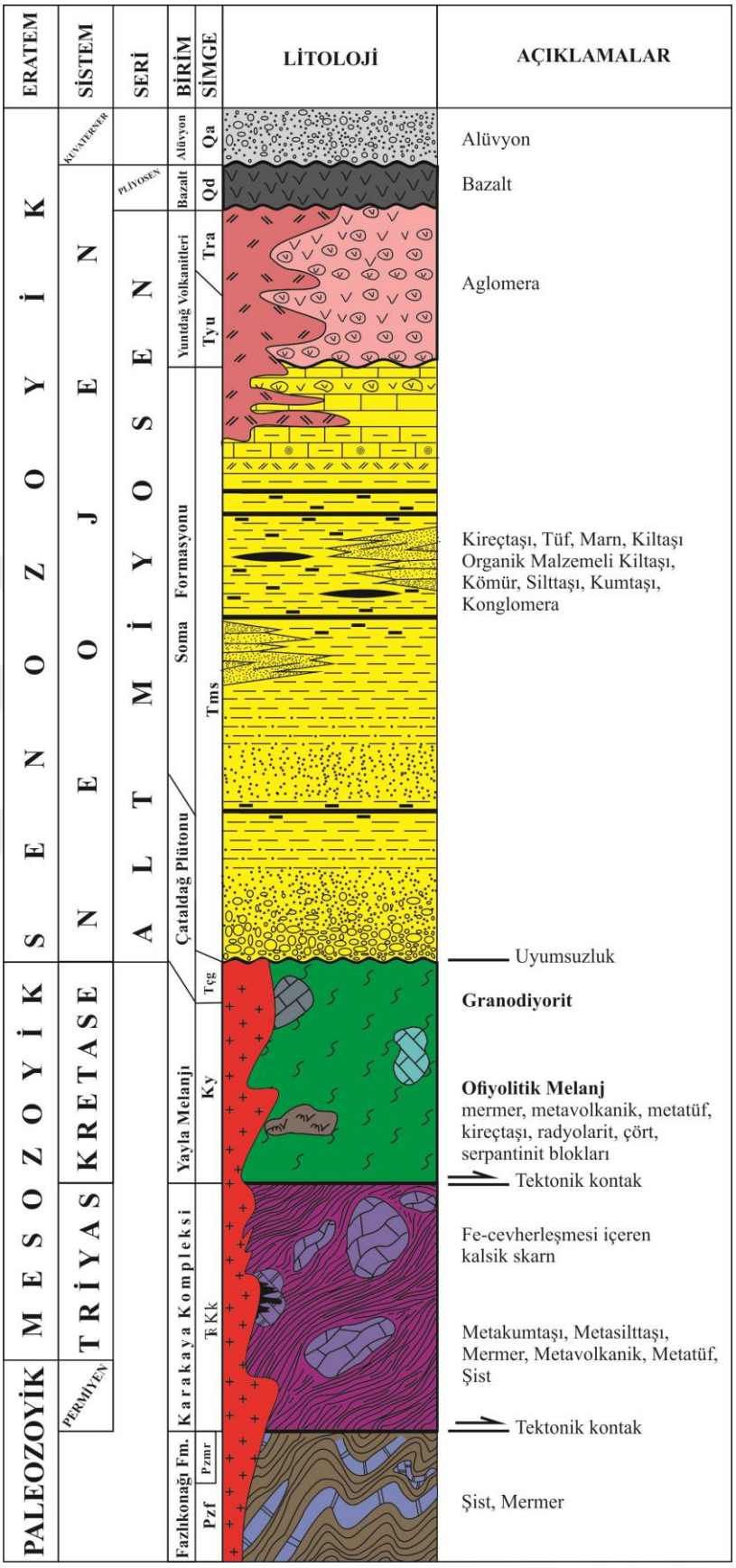
3. STRATİGRAFİ

İnceleme alanının stratigrafi birimlerini Fazlıkonağı Formasyonu (Üst Paleozoyik), Karakaya kompleksi (Permo-Triyas), Yayla Melanjı (Kretase) ve bunları kesen Çataldağ Plütonu (Oligo-Miyosen) ile bu çalışmanın esas konusunu oluşturan Soma Formasyonu (Alt Miyosen) oluşturur. Soma Formasyonu ile yanal düşey ilişkili Yuntdağ Volkanitleri (Alt Miyosen) ve Rahmanlar aglomerasını (Üst Miyosen-Pliyosen) uyumsuzlukla örten Dededağ bazaltı (Pliyo-Kuvaterner) ve alüvyonlar (Kuvaterner) ise havzanın en genç birimlerini oluşturmaktadır.

3.1 Fazlıkonağı Formasyonu (Pzf)

Tanım: Birim, ilk kez Kaaden (1959) tarafından Fazlıkonağı Formasyonu olarak adlandırılmış ve adını Fazlıkonağı Köyü (Karacabey, Bursa) civarından almıştır. Akat vd. (1978) tarafından Kocadere Metamorfitleri, Ergül vd. (1980) tarafından Fazlıkonağı Grubu, ismi kullanılmıştır. Bu çalışmada ise Fazlıkonağı Formasyonu ismi benimsenmiştir.

Konumu ve Dağılımı: Kepsut (Balıkesir) yöresi ve yakın çevresinde, Durak köyü güneyinde; Beklemeyeri Tepe güney yamaçlarında, Kuyuburnu Tepe güney ve batısında, Kobartkaşı Tepe ve Ardıçdede Tepe arasında yüzeylemeleri görülmektedir. Fazlıkonağı Formasyonu içerisindeki mermerler ise Durak köyü güney kesiminde Akçaköydede Tepe, Kobartkaşı Tepe, Ardıçdede Tepe, İmampınarı Sırtı'nda; Piyade, Sayacık, Dalköy ve Yoğunoluk köyleri batısında Çörcük Tepe, Börçikkası Tepe, Balaban Tepe, Sülün Tepe, Termen Tepe, Ahmetoluk Tepe, Zımbah Tepe, Fiyle Tepe'de geniş yayılım sunmaktadır. Dursunbey (Balıkesir) ve yakın çevresinde Kızlıöz köyü kuzeyi, Sapçalı Tepe, Tuzla Tepe, Umurlar Dere ve çevresi, Ören Tepe, Pürce Tepe Güney yamaçları ile Hacıahmetpınarı köyü doğu ve batısında, Veliler köyü güneyi ile Karacapınar Tepe civarında yüzleklerine rastlanmıştır. Arazide tabanı gözlenemeyen birim Yayla Melanjı ve Çataldağ Plütonu ile tektonik olarak üzerlenir (EK A ve Şekil 3.1).



Şekil 3.1: İsaalan (Kepsut, Balıkesir) ve Odaköy (Dursunbey, Balıkesir) bölgesinin tektonostratigrafik kolon kesiti (Ergül vd., 1986, Şekil 1'den değiştirilerek).

Litoloji: Birimin hâkim litolojisini alacalı renkli şistler oluşturur (Şekil 3.2). Farklı boyutlarda mermer mercekleri ve şistozite düzlemlerine paralel mermer bantları yer almaktadır (Şekil 3.3). Ayrıca bazı lokasyonlarda nadir olarak koyu yeşil renkleri ile ayırtman talka dönüşmüş ofiyolitik serpantinit dilimleri de içermektedir.

Fazlıkonağı Formasyonu yaygın olarak mafik karakterli magmatik, farklı türden şist litolojilerinden (glokofan-klorit-aktinolit-epidot şist), oldukça ince taneli kil partikülü baskın kayaç kökenli şist ünitelerinden (kuvars-albit-klorit-muskovit-serisit şist), düşük derecede metamorfizmaya uğramış kumtaşı ve karbonatlı kayaçlardan meydana gelmektedir (Akat vd., 1978; Ergül vd., 1986). Üst seviyelere doğru amfibol şist, kuvars şist, biyotit şist ve kalk şistlere geçmektedir (Ergül vd., 1980). Arazide tabanı gözlenemeyen Fazlıkonağı Formasyonu'nun kalınlığı tespit edilememiştir. Birim devrik izoklinal kıvrımlanmaya uğramış ve genellikle örtülüdür.

Şekil 3.2: Fazlıkonağı Formasyonu'nu oluşturan şistler (UTM: 07068 / 95580, Bakış Yönü: KB).

Yaş: Birimin yaşı, gerek stratigrafik konumu ve gerekse Batı Anadolu'daki eşlenikleri (Kaaden, 1959; Akat vd., 1978; Ergül vd., 1980) dikkate alınarak Üst Paleozoyik olarak kabul edilmiştir.

3.1.1 Mermer Üyesi (Pzmr)

Birim içerisinde gözlenen mermerler ince-orta tabakalı, beyaz-kirli beyaz renkli ve şeker dokuludur. Şistler içinde bantlar halinde devam eden birimin ince kesitlerinde iri kristalli basınç ikizlenmesi gözlenir. Mermerler, çalışma alanının doğu-güneydoğu kesimlerinde şistlerle yanal ve düşey geçişli olarak gözlenmektedir (Şekil 3.3).

Şekil 3.3: Fazlıkonağı Formasyonu'nu oluşturan şistler ile ardalanmalı olarak gözlenen mermer (UTM: 06277 / 95363, Bakış Yönü: KD).

3.2 Karakaya Kompleksi (TRkk)

Tanım: Karakaya Kompleksi, geniş ölçekte İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'nun kuzey kesiminde Sakarya Kıtası'nda gözlenmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Bu birim, ilk kez Bingöl vd. (1973) tarafından "Karakaya Formasyonu" olarak isimlendirilmiştir. Karakaya Kompleksi, Akyürek ve Soysal (1981) tarafından Çavdartepe ve Kınık Formasyonu olmak üzere 2 birim altında incelemiştir. Birimin taban seviyeleri Alt Karakaya Çavdartepe Formasyonu (Akyürek ve Soysal, 1981); KB Anadolu'da Nilüfer Ünitesi (Okay vd., 1991); Armutlu Yarımadasında İznik

metamorfikleri (Göncüoğlu vd., 1987); Eskişehir kuzeyinde Bozüyük metamorfikleri (Ayaroğlu, 1979) veya Tepeköy metamorfikleri (Göncüoğlu vd., 2000); Yenişehir-İnegöl bölgesinde Yenişehir metamorfik grup (Genç ve Yılmaz, 1995) şeklinde farklı lokasyonlarda farklı isim altında adlandırılmıştır. Okay vd. (1990) birimin taban seviyelerini Permo-Triyas yaşlı Nilüfer birimi olarak adlandırmış ve yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazitler ile mermer ve fillatlardan oluştuğunu belirtmiştir. Nilüfer birimi, hakim olarak kırıntılı litolojilerden oluşan Triyas yaşlı Hodul birimi ve Orhanlar grovakı ile farklı kökenli kayaçlardan (mafik metavolkanik, grovak türü kumtaşı) oluşan Permo-Triyas yaşlı Çal birimi tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Okay vd., 1990). Buna ek olarak, Okay ve Göncüoğlu (2004) tarafından, Alt Karakaya ve Üst Karakaya Kompleksi olmak üzere 2 ana grup altında incelemiştir.

Konum ve Dağılımı: Kepsut yöresi ve çevresinde, Örenharman köyü ve Mestanlar köyü kuzeyinde geniş bir yayılım sunan Karakaya Kompleksi, Dedekırı Tepe, Tuzak köyü kuzeyinde Gölyeri Tepe, Kedikaya Tepe, Kireçalan sırtı ve çevresinde de mermer ve rekristalize kireçtaşı bloklarıyla karakteristiktir (EK A). Dursunbey yöresinde ise birimin yüzlekleri havzaya en yakın Çakallar köyü kuzeyinde Eriklibaşı Tepe ile Tercüman Tepe ve çevresinde yayılım sunmaktadır. Karakaya Kompleksi'nin tüm birimleri çalışma alanı yakın çevresinde gözlenememektedir. Permo-Triyas yaşlı metabazitlerden meydana gelen Karakaya kompleksi bölgenin temelini oluşturan metamorfize olmuş Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden meydana gelen Fazlıkonağı Formasyonu üzerinde tektonik olarak bulunmaktadır. Karakaya kompleksi üzerine ise Kretase yaşlı Yayla Melanjı bindirmeli kontakla gelmektedir (EK A).

Litoloji: İnceleme alanında Karakaya Kompleksi'ni oluşturan litolojiler genel olarak düşük dereceli metasilttaşı, metakumtaşı ve bunların içerisinde volkanik kökenli metabazitler (Şekil 3.4) ve Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarından (Şekil 3.6) meydana gelmektedir. Tipik özellikleri çalışma alanı dışındaki Çal Köyü (Yenice-Çanakkale) yolu boyunca izlenen birim içerisindeki kireçtaşı ve spilitik kaya blokları birimin en üst seviyelerinde gözlenmektedir.

Metavolkanik, volkanik ve daha az oranda sedimanter kökenli kayaç parçaları istifin tavan kesimlerine doğru artış göstermektedir. Kireçtaşı bloklarının boylarının ve miktarının arttığı istifin en üst kesimleri olistostromal bir karakter kazanır. Birimi oluşturan arkozik karakterli kumtaşı, kuvars, feldispat, mika, çört ve litik taneler farklı oranda kil matriksi içerisinde yer almaktadır. Boyutları birkaç cm.'den 600 m.'ye değişen blokların üst kesimlere doğru sayıları ve boyutları artmaktadır.

Şekil 3.4: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen metabazitler (UTM: 07180 / 95554, Bakış Yönü: KB).

Gri-açık mavi renkli olan bu kireçtaşı blokları sparitik dokulu, orta-kalın tabakalı ve yer yer masif özelliktedir (Akyürek ve Soysal, 1981; Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Birim içerisinde yer yer izlenen pelajik kireçtaşı ve bordo renkli radyolarit-çamurtaşı ara seviyeleri ile yaygın olarak Permiyen kireçtaşı olistolitleri yer alır (Şekil 3.5). İstif altta Karakaya kompleksinin kumtaşları ve bunlarla yanal ve düşey ilişkili volkaniklerle başlar, orta-üst düzeylerinde tüf-tüfit, volkanojenik kumtaşı, aglomera, kalsitürbidit, olistostromal kanal dolguları ve yer yer spilitik bazalt ardalanması ile devam eder (Duru vd., 2012).

Şekil 3.5: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen spilitik bazalt ve radyolarit-çört bloğu (UTM: 17255 / 97397, Bakış Yönü: KD).

Yaş: Akyüz ve Okay (1998) kireçtaşı bloklarından elde ettikleri Geç Permiyen (Murgabiyen-Midiyen) yaşı birime verilen en genç yaştır. Balıkesir'in kuzeybatı kesiminde Balya ve güneybatı kesiminde İvrindi civarında istifin tavan kesimine denk gelen şeyl ve silttaşlarında tespit edilen makrofosiller Noriyen yaşı vermektedir (Leven ve Okay, 1996). Liyas çökelleri Hodul birimini uyumsuzlukla örttüğünden dolayı (Genç, 1986; Okay vd.1990) birimin yaşı Geç Triyas'tır (Akyüz ve Okay, 1998).

Öncel araştırmalarda birime yaş verebilecek fosil bulguları elde edilemediği için birimin yaşı stratigrafik konumuna göre Bingöl vd. (1973) tarafından Erken Triyas, Okay vd. (1990, 1996) tarafından Permiyen-Orta Triyas olarak kabul edilmiştir. Genç (1986), Bursa civarında spilitler arasındaki mikritik kireçtaşı merceklerinde Anisiyen yaşlı fosilleri saptamıştır. Sonuç olarak bu çalışmada Triyas yaşı kabul edilmiştir.

3.2.1 Kireçtaşı Blokları (Pç)

Karakaya kompleksine ait formasyonlar içerisinde yaygın olarak değişik boyutlarda olistolit şeklinde kireçtaşı blokları yer almaktadır. Permiyen yaşlı bu kireçtaşı blokları Permo-Triyas yaşlı düşük dereceli metasilttaşı, metakumtaşı ve volkanik kökenli metabazitler içerisinde düzensiz dağılmış tekil bloklar şeklinde bulunmaktadır.

Şekil 3.6: Karakaya Kompleksi içerisinde gözlenen Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları (UTM: 16988 / 97453, Bakış Yönü: K).

3.3 Yayla Melanjı (Ky)

Tanım: Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı içerisinde pek çok araştırıcı tarafından değişik adlarla incelenen birim, Ergül vd. (1980) tarafından "Yayla Melanjı" olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada da aynı isim kullanılmıştır.

Konum ve Dağılımı: Kepsut yöresinde, Durak köyü batısı, Mehmetler ve Keçidere köyü arası yol yarmalarında, Piyade, Tuzak ve Sayacık köyleri civarında geniş yüzeylemeler sunmaktadır. Dursunbey yöresinde ise Mahmudiye köyü ve kuzeyi Mıcırlar köyü ve Çakırca köyleri arasında Dedekıran Tepe, Kıranyurt Tepe ve Tekerlek Tepe civarında, Süleler, Şabanlar köyleri ve Kavacık beldesi batı kesimlerinde geniş yayılım sunmaktadır.

Birim tabanında Paleozoyik Yaşlı Fazlıkonağı Formasyonu ve Permo-Triyas yaşlı Karakaya kompleksini tektonik olarak üzerlerken, tavanında Soma Formasyonu, Yuntdağ volkanitleri ve Rahmanlar aglomerası tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (EK A).

Şekil 3.7: Yayla Melanjı'nı oluşturan serpantinitler (UTM: 07180 / 95554, Bakış Yönü: KD).

Litoloji: Genellikle serpantinitik mostralarda haki yeşil renkli, radyolaritik kesimlerde bordo renkleriyle tipik olan birim, değişik litolojilerin birbiriyle tektonik dokanaklı ve irili-ufaklı bloklar halinde yer aldığı ofiyolitli melanjdan oluşmaktadır. Radyolarit-çamurtaşı, kiltaşı-kumtaşı, rekristalize kireçtaşı, şist, litolojileri sunar. Yayla melanjının litolojilerini, mavimsi yeşil renkli, yoğun kırıklı ve makaslamalı serpantinitler (Şekil 3.7), kırmızı-kahverenkli, yer yer tabakalı, yer yer breşik

görünümlü radyolaritler (Şekil 3.8), kahve-siyah renkli, yer yer yastık yapılı, bol kırık ve eklemli, amigdoidal boşluklu spilitik bazaltlar, yeşil-kahve renkli, ezik görünümlü kumtaşı-kiltaşı, grimsi yeşil çamurtaşları ile sarımsı ve pekleşmiş altere tüfler oluşturur.

Bazı lokasyonlarda hafif altere harzburjitleri görmek mümkündür (Şekil 3.9). Melanjı oluşturan bu litolojiler genellikle alt dokanağı ile belirli bir kalınlıkta olan, birbiriyle tektonik dokanaklı, özellikle serpantinitlerin tektonik dokanaklarında lisfenit oluşumları yaygın olarak gözlenmektedir (Ergül vd., 1980).

Şekil 3.8: Yayla Melanjı içerisinde gözlenen tabakalı radyolarit blokları (UTM: 32264 / 00434, Bakış Yönü: GD).

Yaş: Birimin yaşı önceki çalışmalarda Geç Kretase (Konak vd., 1980; Akyüz ve Okay, 1998), Senoniyen-Maastrihtiyen (Ergül vd.,1980), Maastrihtiyen-Eosen öncesi (Akdeniz ve Konak, 1979) ve Maastrihtiyen-Paleosen (Okay ve Siyako, 1993) olarak verilmiştir. Bu çalışmada birimin yerleşim yaşı Geç Kretase olarak kabul edilmiştir.

Şekil 3.9: Yayla Melanjı'nı oluşturan masif harzburjitler (UTM: 33680 / 94950, Bakış Yönü: KB).

3.4 Çataldağ Plütonu (Tçg)

Tanım ve adlama: Çataldağ plütonu ilk kez Bürküt (1966) tarafından KB Anadolu'daki diğer plütonlarla birlikte incelenmiş, Çataldağ Graniti olarak isimlendirilmiş ve bu adlama farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Ergül vd., 1986; Ercan vd., 1990; Akyüz, 1995). Buna ek olarak Boztuğ vd. (2009) Çataldağ granitoyid masifinin 3 litolojik üniteden meydana geldiğini belirtmiş ve birimi Çataldağ Granitoyid masifi olarak isimlendirmiştir.

Kamacı ve Altunkaynak (2011) tarafından Çataldağ Plütonik Kompleksi olarak isimlendirilmiştir. Birçok çalışmada Çataldağ Granitoyidi veya Çataldağ Graniti olarak isimlendirilen intrüzif kütle farklı bileşimde derinlik kayalarından meydana geldiği için bu çalışmada "Çataldağ Plütonu" isminin kullanılması uygun görülmüştür.

Konum ve Dağılımı: Çalışma alanında Şablaköy ve Bozenköy civarında geniş yüzlekler sunan granitik intrüzyonlar çoğunlukla küresel alterasyona uğramıştır (Şekil 3.10). Yaylaçayırköy ve doğusundaki Çobandede T. ve çevresinde masif mostralarını görmek mümkündür. Çalışma alanında plütonun güney sınırı yer almaktadır.

İnceleme alanında bölgenin temelini oluşturan metamorfize olmuş Paleozoyik yaşlı Fazlıkonağı Formasyonu, Permo-Triyas yaşlı Karakaya kompleksi ve Kretase yaşlı Yayla Melanjını intrüzif olarak kesen Çataldağ Plütonu inceleme alanının kuzeyinde Soma Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür (EK A).

Şekil 3.10: Çataldağ Plütonu'nu oluşturan granodiyoritlerde gözlenen küresel alterasyon yapıları (UTM: 03626 / 06029, Bakış Yönü: KB).

Litoloji: Çataldağ Plütonu'nun, masif, sert ve altere olmamış mostraları oldukça az olup çoğunlukla ayrışmıştır. El örneğinde çıplak gözle kuvars, feldispat, amfibol ve mikaları görmek mümkündür. Bazı kesimlerde 3-4 cm boyunda ortoklas kristallerinin gözlendiği porfirik granitler de gözlenebilmektedir. Altere olmamış mostralarında krem rengi ve grimsi tonlarda ortoklaz bakımından zengin kısımları ise hafif pembemsi renkleri ile tipiktir (Şekil 3.11).

Şekil 3.11: Çataldağ Plütonu'nu oluşturan granodiyoritlerin yakından görünümü (UTM: 03626 / 06029, Bakış Yönü: KB).

Çalışma alanındaki güney sınırında hemen hemen tüm dokanakları boyunca Karakaya kompleksinin şist ve mermerlerini kesmektedir (Şekil 3.12). Mermerleri kestiği dokanaklarda yoğun skarnlaşma ve Fe cevherleşmeleri gözlenmiştir. Ayrıca dokanaklarda belirgin bir foliasyon ve lineasyon da gözlenir. Pek çok yerde foliasyon, dokanağındaki metamorfiklerin foliasyonu ile uyumludur. Dokanaktan merkeze doğru foliasyon tedrici olarak azalır. Dokanağa yakın kesimlerde granodiyorit içinde daha yoğun olmak üzere pek çok şist ve mermer ksenolitleri yer alır. Ayrıca çevre kayalar içinde de irili ufaklı granodiyorit apofizleri görülmektedir.

Yaş: Bingöl vd. (1982) ilk kez radyometrik yaş çalışması yaparak biyotit mineralinden K-Ar yöntemiyle Çataldağ Granodiyoriti'nden 20.8 ± 0.4 My. (Erken Miyosen) yaş verisi elde etmiştir. Bununla birlikte, Boztuğ vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, Bozenköy, Çataltepe ve Turfaldağ Plütonlarından alınan biyotit mineralleri üzerine K-Ar soğuma yaşlarına göre, plütonun yaşının 21-22 My. çıktığını belirtmişlerdir.

Şekil 3.12: Çataldağ Plütonu ile Karakaya Kompleksi'ni oluşturan metabazitlerin kontak görünümü (UTM: 05035 / 04718, Bakış Yönü: KB).

3.5 Soma Formasyonu (Tms)

Tanım: B ve KB Anadolu'da geniş alanlar kaplayan Soma Formasyonu, zengin bor, kömür, kil gibi endüstriyel hammaddeler içermesi nedeniyle araştırmacıların ilgisini çekmiştir (Akat vd., 1978; Ergül vd., 1980). Balıkesir güneyinde de yüzeyleyen ve başlıca kumtaşı, silttaşı, marn ve kireçtaşından oluşan Orta Miyosen yaşlı kayaç topluluğu İnci (1984) tarafından, Soma Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada da "Soma Formasyonu" adı benimsenmiştir.

Konum ve Dağılımı: Birim Durak beldesi İsaalan ve Gökköy köyleri ve yakın çevresinde yaygın mostralar sunar (Şekil 3.13). Dursunbey yöresinde ise Odaköy ve çevresi başta olmak üzere Kavacık beldesi, Şabanlar ve Veliler köylerinin doğusu, Çakırca, Mıcırlar, Kızılöz köyleri batısı ve Umurlar, Hamzacık ve Hacıahmetpınarı köylerinin yakın çevrelerinde geniş yayılım sunmaktadır.

Şekil 3.13: Gökköy yakın kuzeyinde gözlenen Soma Formasyonuna ait kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması (UTM: 14819 / 00967, Bakış Yönü: KD).

Birim Kepsut–İsaalan yöresinde Yayla Melanjı'nı uyumsuz olarak örterken tavanında Yuntdağ Volkanitleri ile yanal-düşey ilişkilidir. Dursunbey-Odaköy yöresinde ise Fazlıkonağı Formasyonu ve Yayla Melanjı'nı uyumsuzlukla örtmektedir (EK A).

Litoloji: Kepsut-İsaalan yöresinde birimin taban kesimi bloklu moloz akması çökelleriyle temsil edilir. Bu çökeller yer yer matriks ve yer yer tane destekli konglomera ve breşlerden oluşur. Yukarıya doğru tane boyu azalmaktadır.

Havzanın kenar kısımlarında daha çok konglomera, kumtaşları ile temsil edilen birim merkezi kısımlarda konglomera, kumtaşı, kiltaşı, marn, tüfit ve kömür ardalanmasından oluşur. İstif içerisinde kırıntılı çökellerle ardalanmalı yoğun açık renkli tüfler yer almaktadır. Dursunbey-Odaköy yöresinde ise daha düşük oranda konglomera ve kumtaşı içeren istif yoğun olarak kiltaşı, marn ve kireçtaşı ardalanmasından oluşur.

Birim üst kesimlerine doğru kalın kömür damarları ile ardalanmalı organik malzemeli kiltaşları ve ara seviyeler halinde tüfler içermektedir (Şekil 3.14). Arazide linyit, sağlam, sert, koyu siyah ve parlak olarak gözlenmektedir. Birimin ayrıntılı fasiyes özellikleri sedimantoloji bölümünde verilmiştir.

Yaş ve Ortamsal Yorum: Ercan vd. (1990), Balıkesir yöresinde Soma Formasyonunun değişik düzeylerinde yer alan kömür seviyelerinden saptadığı palinolojik verilerle Orta Miyosen yaşını, formasyonun üst kesimlerindeki gölsel kireçtaşlarından derlediği fosillerle de Pliyosen yaşını elde etmiştir. Akyüz (1995) birimden elde ettiği fosiller ve birimin Alt-Orta Miyosen yaşlı Ezine Volkanitleri'nin üzerinde yer alması nedeniyle Soma Formasyonunun yaşını Orta Miyosen-Pliyosen olarak vermiştir.

Şekil 3.14: İsaalan kuzeyinde, Enerji Madenciliğe ait açık ocak işletmesinden Soma Formasyonunu oluşturan sedimenter birimlerin görünümü (UTM: 12204 / 97054, Bakış Yönü: KB).

Bu çalışma sırasında derlenen kömür numunelerinin palinolojik analizi sonucu; *Pityosporites microalatus*, *Pityosporites labdacus*, *Pityosporites* sp., *Inaperturopollenites hiatus* (*Taxodium*), *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae), *Polyporopollenites verus* (*Alnus*), *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus* (Cyrillaceae),

Plicapollis pseudoexcelsus (*Myrica*), *Tricolpopollenites microhenrici* (*Quercus*), *Leiotriletes maxoides* ssp. *maxoides, Baculatisporites primarius, Verrucatosporiteres favus, Plicapollis pseudoexcelsus, Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus* (Cyrillaceae), *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *brühlensis* (Cyrillaceae), *Tetracolporopollenites obscrus* (Sapotaceae), *Inaperturopollenites hiatus* (Taxodiaceae), *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae), *Polyvestibulopollenites verus* (*Alnus*), *Plicapollis pseudoexcelsus* (*Myrica*), *Subtriporopollenites simplex* (*Carya*), *Tricolporopollenites cingulum* (*Castanea*; *Castanopsis*), *Tricopopollenites densus* (Quercus), *Tricolpopollenites microhenrici* (*Quercus*), *Tricolpopollenites retiformis* (*Salix*), *Polyporopollenites undulosus, Zelkovaepolenites* sp. (*Zelkova*), *Pityosporites microalatus* (*Pinus haploxylon* tip) ve *Pityosporites labdacus* (*Pinus diploxylon* tip) polen ve sporları elde edilmiş olup buna göre birime Erken Miyosen (Akitaniyen); ayrıca kiltaşları içerisindeki yaprak fosilleriyle gerçekleştirilen paleobotanik analizler sonucu; Acereceae-*Acer* (Samaras), Betulaceae-*Alnus* sp., *Comptonia* sp., *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae), *Dicotylophyllum* spp., Fagaceae-*Fagus* sp., Fagaceae-*Quercus kubinyii*, Fagaceae-*Quercus mediterranean*, Fagaceae-*Quercus* spp., *Glyptostrobus europaus (Glyptostrobus), Juglandaceae-Engelhardia*, Myricaceae-*Myrica* sp., Pinaceae-*Sequoia* sp., Ulmaceae-*Ulmus* sp. ve *Zelkova zelkovifolia* (Ulmaceae) formları tanımlanmış olup birime Akitaniyen (?) sonları Burdigaliyen başı yaşı önerilmiştir.

Odaköy makro florasına ait bitkiler palaeoiklimsel özelliklerine göre incelendiğinde, subtropikal iklim koşullarında gelişim gösteren bitkilerin bolluğu (her dem yeşil *Quercus* (Fagaceae-*Quercus mediterranean;* Juglandaceae-*Engelhardia* ve *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae)) göstermektedir. Sucul ve bataklık bitkilerinin yüksek oranlardaki varlığı, göl su seviyesinin yüksek olduğunu, akarsu kenarı bitki örtüsünün varlığı ise gölün iklimsel koşullara bağlı olarak zaman zaman yağışlardan beslendiği ve iklimin nemli olduğuna işaret etmektedir.

Odaköy makro florasına ait sayısal iklimsel değerler 15 taxa kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre yıllık ortalama sıcaklık değeri (MAT) 14,7 ^{0}C, ortalama en soğuk ay sıcaklık değeri (CMT) 3,75 ^{0}C, ortalama en sıcak ay sıcaklık değeri (WMT) 24,1^{0} C ve yıllık ortalama yağış miktarı 1092,5mm olarak hesaplanmıştır.

Nebert (1978) bölgeden elde ettiği flora ve faunanın karasal limnik bir fasiyes için karakteristik olduğunu belirtir. Bölgede Tropik ve Subtropik iklim temsilcilerinin çoğunlukta oluşu sıcak ve nemli bir iklimin varlığını göstermektedir (Bulut, 2001).

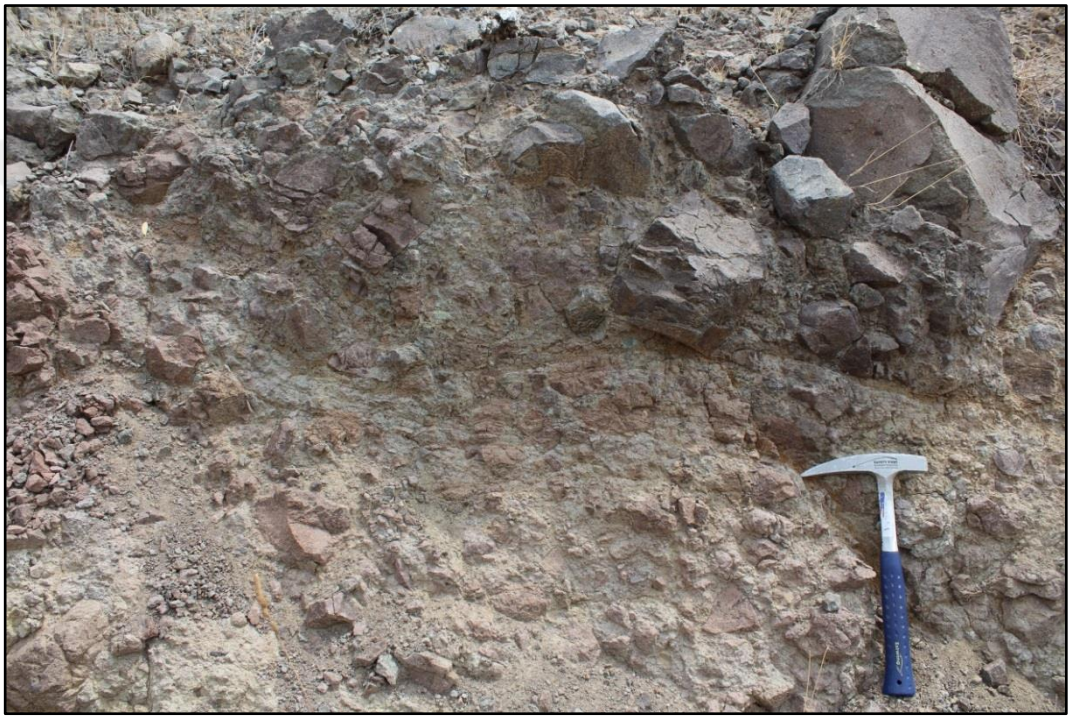
Bu çalışma sırasında elde edilen verilere göre İsaalan (Kepsut) yöresinde birimin faylarla kontrol edilmiş, kırıntılı desteğin yoğun olduğu gölsel havzada çökeldiğini göstermiştir. Odaköy (Dursunbey) yöresinde ise daha durağan tektonik etkiden yoksun yer yer bataklığa dönüşen nisbeten sığ, gölsel bir havzada çökeldiği anlaşılmaktadır (Şekil 3.15).

Şekil 3.15: Kumtaşı-Siltaşı-Kiltaşı-Tüf-Kömür ardalanması. Dursunbey'deki Şentaş Madenciliğe ait işletme görünümü (UTM: 30458 / 98021, Bakış Yönü: GB).

3.6 Yuntdağ Volkanitleri (Tyu)

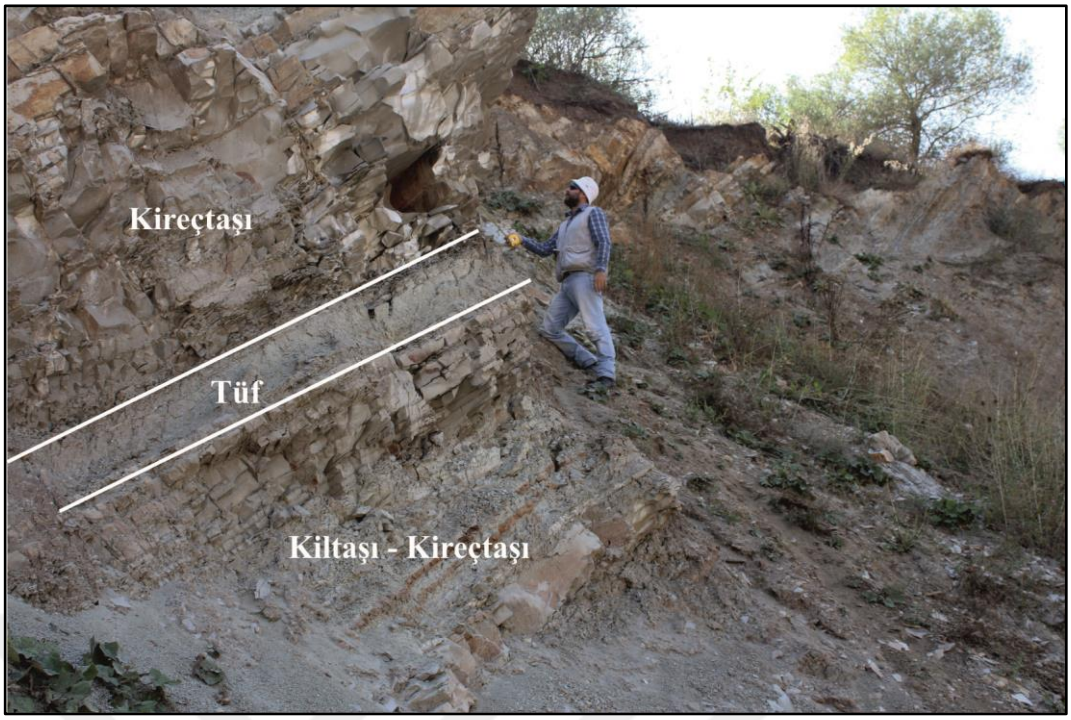
Tanım: Birim ilk kez Akyürek ve Soysal (1978) tarafından İzmir Yuntdağı bölgesi ve çevresinde adlandırılmıştır ve bu çalışmada da aynı isim benimsenmiştir.

Konum ve Dağılımı: Birim İsaalan (Kepsut) yöresinin güneybatı kesiminde yüzeyler. Çoğunlukla tüf aglomeratik tüf ve üst seviyelerine doğru lavlara geçen (Şekil 3.16) birim Ovacık köyü kuzeyi Dedekıran Tepe, Sakalınevi Tepe ve çevresinde geniş yayılım sunmaktadır. Ayrıca, Dursunbey yöresinde Durabeyler, Yumruklu, Hacıömerler, Tepeköy, Çamköy, Selimağa, Kireç, Gürleyen, Gazialan, Kumluk, Gazallidere, Göbül, Karamanlar köyleri civarında geniş yüzeylemeler sunan birim bu bölgede çoğunlukla tüflerle (Şekil 3.17) temsil edilir. Tabanından Soma Formasyonu ile yanal-düşey ilişkilidir (EK A).



Şekil 3.16: İsaalan köyü güneyindeki Yuntdağ Volkanitler'ine ait aglomeraların görünümü (UTM: 10295 / 96834, Bakış Yönü: KD).

Litoloji: İnceleme alanının güneyinde geniş alanlar kaplayan birim bazaltik andezit ve andezit lavları ile tüf, tüfit ve aglomeralardan oluşur. Aglomera ve tüf seviyeleri yer yer kireçtaşı ara katkılıdır (Şekil 3.17). Genellikle tüfit-aglomeratik tüfitler ile başlayan volkanitler üste doğru birbirleriyle yanal ve dikey geçişli olan lav, aglomera ve tüf ile devam etmektedir. Çalışma alanında gözlenen volkanitler, tabanda gölsel çökellerle yanal-düşey ilişkili olarak başlar ve yukarıya doğru bu çökelleri üzerler (Şekil 3.18). İnceleme alanında gözlenen aglomeralar, koyu kahve-siyah renkli kalın tabakalı nitelikte olup, ortalama 7-10 cm. boyutlarında bazaltik çakıllar içermektedir.



Şekil 3.17: Odaköy (Dursunbey) civarındaki işletme içerisindeki Soma Formasyonu sedimanter birimleri ile ara katkılı tüflerin görünümü (UTM: 28620 / 96885, Bakış Yönü: KB).

Şekil 3.18: Nohutçu köyü civarındaki işletme içerisindeki Soma Formasyonunu oluşturan sedimenter birimler ile yanal-düşey ilişkili gözlenen Yuntdağ Volkanitlerine ait tüfler (UTM: 30434 / 97991, Bakış Yönü: KB).

Yaş: Ercan vd. (1985), tarafından yapılan çalışmaya göre Kepsut yakınlarından örnekledikleri andezitik türde bir lavda K/Ar yöntemi ile 21.71±0.29 My. yaşını, 1996 yılındaki çalışmalarında ise yine andezitlerden Rb/Sr yöntemi ile 17.00±0.30 My. yaşını elde etmişlerdir. Ersoy vd., 2014 yılındaki çalışmasında Ar/Ar yöntemi ile dasitlerden 18.76±0.05 My. ve andezitlerden 20.42±0.12 My. yaşını elde etmişlerdir. Buna göre birimin yaşı Erken Miyosen olarak verilmiştir.

3.7 Rahmanlar Aglomerası (Tra)

Tanım: İlk kez Akyürek ve Soysal (1978) tarafından Soma (Manisa) yakınlarında adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı isim kullanılmıştır.

Konum ve Dağılımı: İnceleme alanında İsaalan köyü güneyi, Yazlık Tepe, Boz Tepe ve Yılanlı Tepe civarında geniş yayılım sunmaktadır. Rahmanlar aglomerası bazı kesimlerde Yuntdağ Volkanitleri ve Soma Formasyonu ile yanal – düşey ilişkilidir. Birimin üzerine uyumsuz olarak Dededağ bazaltı gelmektedir.

Litoloji: Rahmanlar Aglomerası genellikle yuvarlak ve yarı köşeli çoğunlukla andezit kısmen dasit riyodasit bileşimli çakıl ve bloklarının tüf bağlayıcı ile tutturulması sonucu oluşmuştur. Aglomeralar arasında yer yer kalın tüf ve ince silttaşı tabakaları da gözlenmektedir. Bu durum sedimantasyon ile eşzamanlı bir volkanizmanın gerçekleştiğini göstermektedir.

Yaş: Çalışma alanında Yuntdağ Volkanitleri ve Soma Formasyonu ile yanal-düşey ilişki sunduğundan birimin yaşı Üst Miyosen- Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

3.8 Dededağ Bazaltı (Qd)

Tanım: İlk kez Akyürek ve Soysal (1978) tarafından Soma (Manisa) yakınlarındaki Dededağı yöresinde adlandırılmış olan birim Ercan vd. (1985) tarafından da aynı isim altında incelenmiştir.

Konum ve Dağılımı: İnceleme alanında Eyüpbükü köyü, Çam Tepe, Alacakaş Tepe civarında yayılım sunmaktadır. Havzanın en genç birimini oluşturan bazaltlar tabanında Rahmanlar Aglomerasını uyumsuz olarak örter (Şekil 3.19).

Şekil 3.19: Eyüpbükü köyü batısındaki Rahmanlar aglomerası ve üzerine gelen Dededağ bazaltının kontak görünümü (UTM: 04890 / 89337, Bakış Yönü: KD).

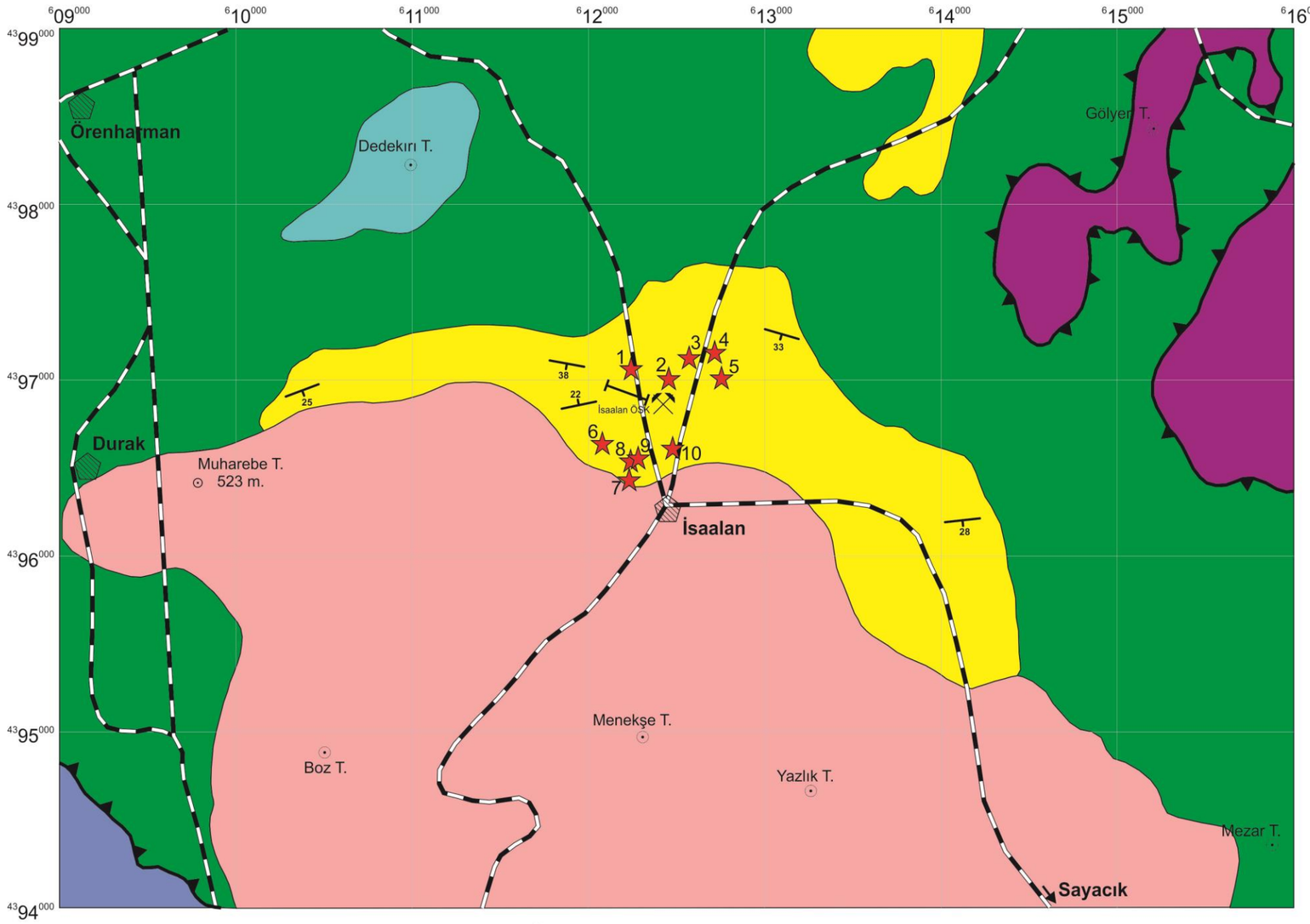
Litoloji: Aglomeraların üzerinde yer alan bazaltların bazı düzeyleri amigdaloidal nitelikte olup birim çoğunlukla masiftir. Üst düzeylere doğru camsı görünüşlü olan birim sık dokulu, köşeli kırılmalı ve gevrektir. Birimde kırılan yüzeyler genellikle grimsi, koyu yeşil renkli olup, altere olan kesimleri yaygın olarak kahverengimsi ve kırmızı renk tonlarında gözlenmektedir. İnceleme alanındaki son volkanizma ürünü olan bazaltlar bölgenin en genç birimi olup İsaalan civarından başlayarak güneye doğru yayılım sunar (Şekil 3.20 ve 3.21).

Yaş: Dededağ Bazaltı'nda gerçekleştirilen ilk K-Ar radyometrik yaş tayinine göre, birimin yaşı 13 My. olarak verilmiştir (Yılmaz, 1977). Ercan vd. (1984), Bergama-Dikili (İzmir) bölgesinde birimin yayılım sunduğu bölgede yapmış olduğu yaş tayininde, birimin yaşını Alt Pliyosen olarak saptamıştır. Ejima vd. (1987) Bergama yakınından aldıkları örnekte 14.6±1.6 My. radyometrik yaş saptamışlardır.

3.9 Alüvyon (Qal)

Bölgede gevşek tutturulmuş kum ve çakıldan oluşan, akarsular boyunca dar alanlarda yayılım gösteren birim daha çok Simav Çayı ve yakın yöresinde gözlenmekte ve Kepsut ovasını oluşturmaktadır (EK A).

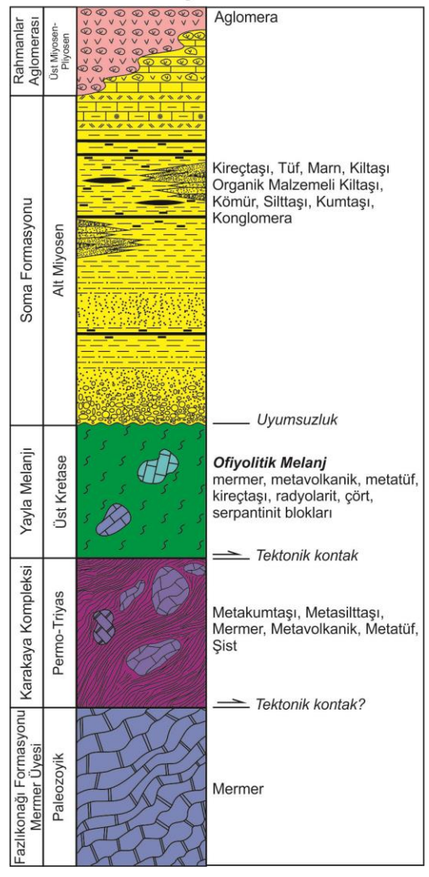
İSAALAN (BALIKESİR) YÖRESİNİN JEOLOJİ HARİTASI VE STRATİGRAFİK KOLON KESİTİ



Açıklamalar

- Tra — Rahmanlar Aglomerası (Üst Miyosen-Pliyosen)
- Tms — Soma Formasyonu (Alt Miyosen)
- *Uyumsuzluk*
- Ky — Yayla Melanjı (Üst Kretase)
- *Tektonik Dokanak*
- TrKk — Karakaya Formasyonu (Permo-Triyas)
- *Tektonik Dokanak*
- Pzmr — Fazlıkonağı Formasyonu (Paleozoyik)

İsaalan (Kepsut) Yöresi Tektonostratigrafik Kolon Kesiti



İşaretler

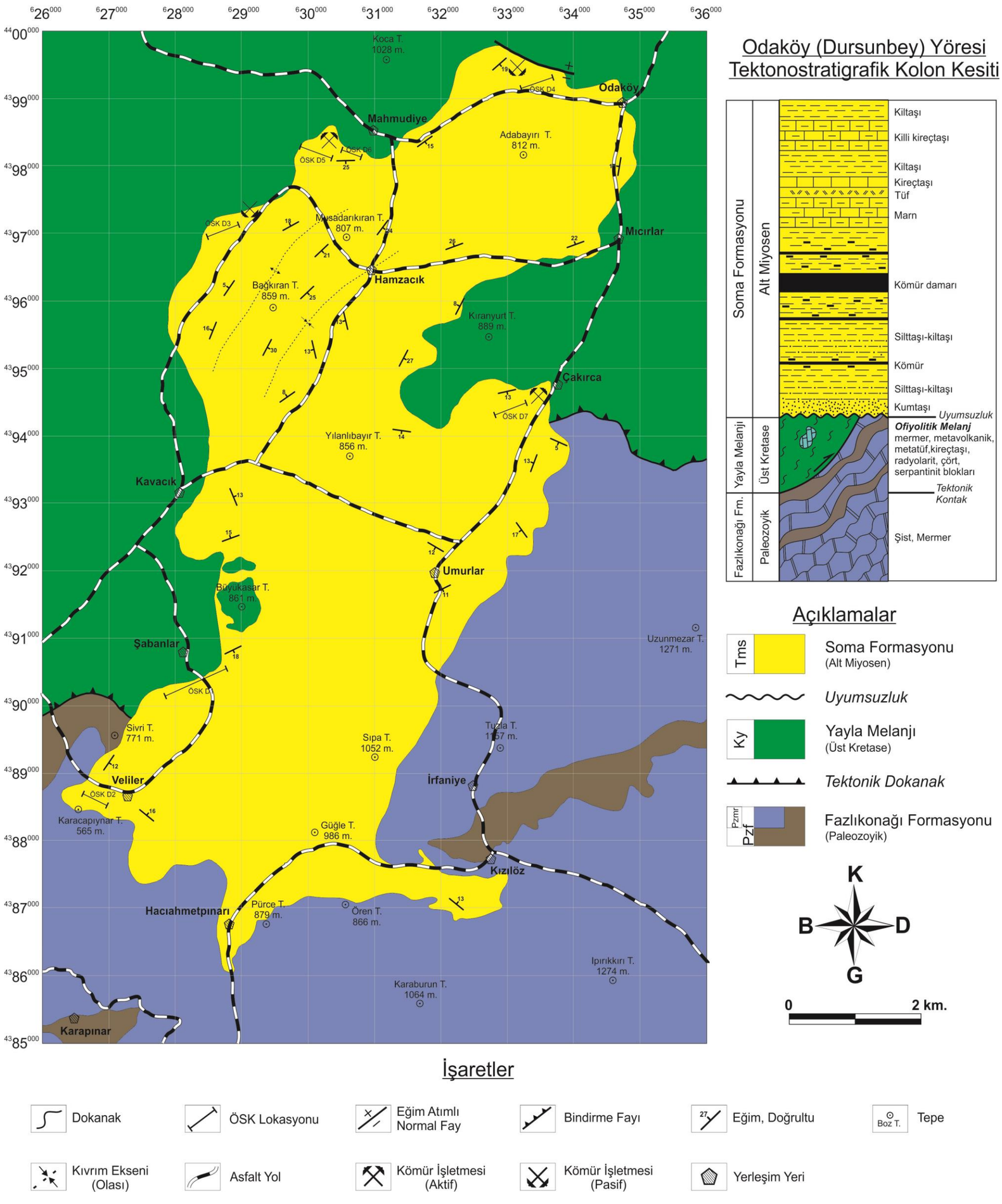
- Dokanak
- Eğim Atımlı Normal Fay
- Bindirme Fayı
- Eğim, Doğrultu (28)
- Boz T. — Tepe
- Asfalt Yol
- Yerleşim Yeri
- Sondaj Kuyusu
- Kömür İşletmesi
- ÖSK Lokasyonu

K
B D
G

0 2 km.

Şekil 3.20: İsaalan (Balıkesir) yöresinin jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti.

ODAKÖY (BALIKESİR) YÖRESİNİN JEOLOJİ HARİTASI VE STRATİGRAFİK KOLON KESİTİ



Odaköy (Dursunbey) Yöresi Tektonostratigrafik Kolon Kesiti

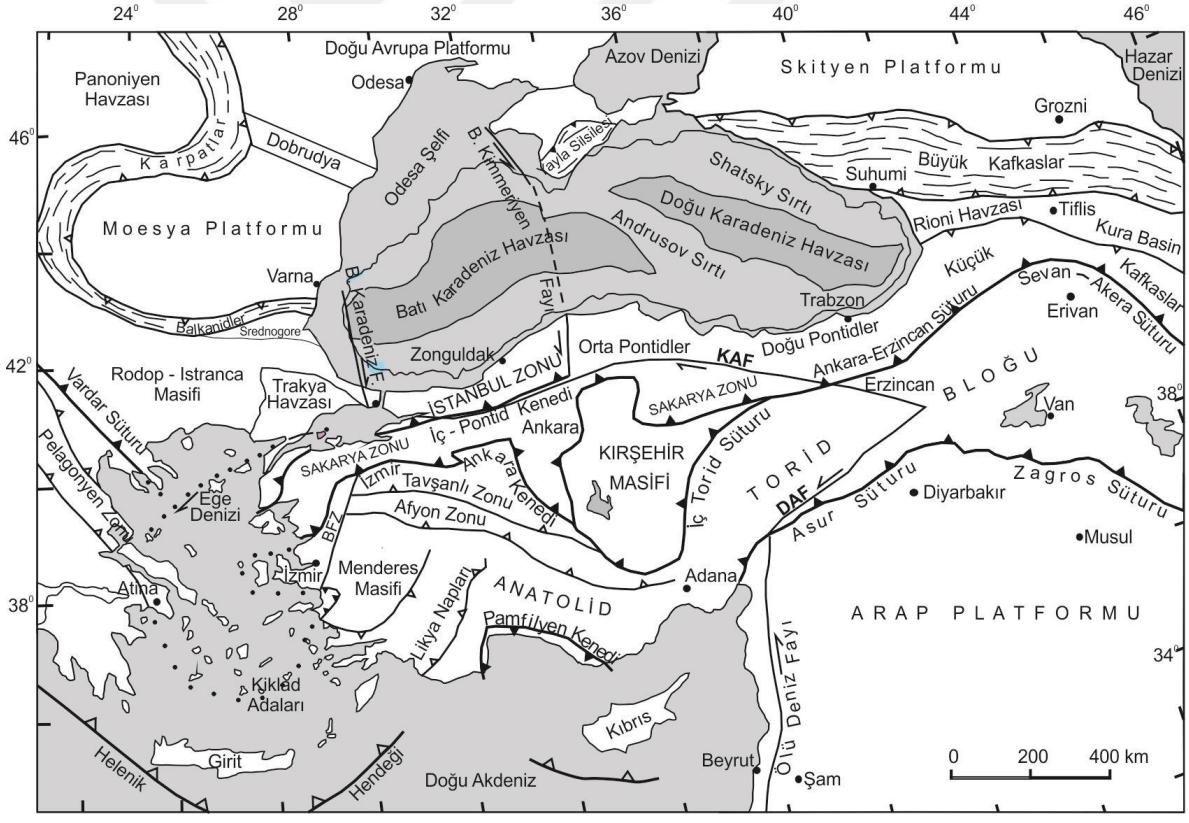
Açıklamalar

İşaretler

Şekil 3.21: Odaköy (Balıkesir) yöresinin jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti.

4. TEKTONİK KONUM

Türkiye, İzmir Ankara Kenet Zonu'nun kuzey kesiminde yüzeyleyen Istranca Masifi, İstanbul-Zonguldak Zonu, Sakarya Zonundan meydana gelen Pontidler; bu kenet zonunun güneyinde kalan Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Bornova Fliş Zonunu da içine alan Anatolid Kuşağı; Menderes Masifi ve Toros kuşağını da içine alan Torid Kuşağı ve Bitlis-Zagros Kenet Zonu'nun sınırladığı Kenar Kıvrım Kuşağı (Ketin, 1966) olmak üzere dört ana tektonik birlikten meydana gelen bir mozayik yapıya sahiptir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 4.1). İnceleme alanı bu birliklerden Anatolidler içerisindeki Tavşanlı Zonu'nda yer almaktadır.



Şekil 4.1: Ana kenet zonları ve kıtasal blokları gösteren kuzeydoğu Akdeniz bölgesinin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay vd., 2006).

Sakarya Zonu DB gidişli kıtasal bir parçayı temsil eden bu zon KD'sunda Karadeniz tarafından, İç Pontid Kenet Zonu ve KAF boyunca, KB'sında ise Rodop-Istranca, İstanbul ve Zonguldak Zonları tarafından sınırlandırılmıştır. Güneyinde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonunun melanjları ve ofiyolitleri boyunca Anatolid-Torid Bloğu ile sınırlıdır. Zonun temelini Karakaya Kompleksi olarak isimlendirilen geniş yayılımlı Triyas yaşlı dalma-batma-yığışım serileri oluşturmaktadır (Bingöl vd. 1973; Okay ve Göncüoğlu, 2004). Bu kompleks Avrasya'nın güney kesimi boyunca Paleotetis'in kuzeye doğru dalma-batmasıyla ilişkili bir yayönü/önhavza şeklinde yorumlanmaktadır (Stampfli ve Kozur, 2006). Orta Kretase süresince, bölgede pasif kıta kenarında çökelmiş kireçtaşları ile melanj ve ofiyolitler zon içerisinde gözlenmektedir (Moix vd., 2008)

İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu DB gidişli 2000 km. uzunluğu olan Sakarya Zonu'nu Anatolid-Torid Bloğu'ndan ayıran kuşaktır. Zon, yığışım melanjı üniteleri ile ilişkili ofiyolitik istifin tümünün gözlenemediği peridotitik kayaçlardan meydana gelmektedir. Yarı metamorfik ve amfibolitik kayaçlardan alınan radyokronolojik veriler okyanus içi dalma-batmanın Albiyen-Senomaniyen zaman aralığında gerçekleştiğini göstermektedir (Önen ve Hall, 1993; Harris vd. 1994). İzmir-Ankara Okyanusu, Sakarya Zonu'nda gözlenen riftle eşyaşlı istifler ile Liyas döneminde açılmaya başlamıştır. Melanj karakterli kayaçlardaki radyolarit çörtler bu okyanusun açılma zamanının Geç Karniyen'de gerçekleştiğini göstermektedir (Tekin vd. 2002; Göncüoğlu vd. 2003). İzmir-Ankara Erzincan Sütur Zonu boyunca gözlenen en yaşlı ofiyolitik kayaçlar (Geç Triyas-Erken Jura) kuzey Neotetis içerisinde kuzeye dalan bir dalma-batma üstünde şekillenmiştir. Dilek ve Thy (2006), Eldivan ofiyolitinin KB kesiminde gözlenen bir plajiyogranit daykından U-Pb zirkon metoduyla 179 My. yaş saptamışlardır.

Anatolidler Menderes Masifi, Bornova Filiş Zonu, Tavşanlı ve Afyon Zonlarını da içeren ve Okay (1986) tarafından ortaya konan tektonik bir birliktir. Anatolidlerde gözlenen Tavşanlı Zonu, Geç Kretase mavişist metamorfizmasını karakterize eden kayaçlar ile temsil edilmektedir (Okay vd. 1998). Bu zon Anatolid platformunun kuzeye doğru dalan kıtasal kenarını temsil etmektedir. Tavşanlı Zonu boyunca tüm bu birimler Miyosen-Pliyosen yaşlı kırıntılı birimlerle örtülmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

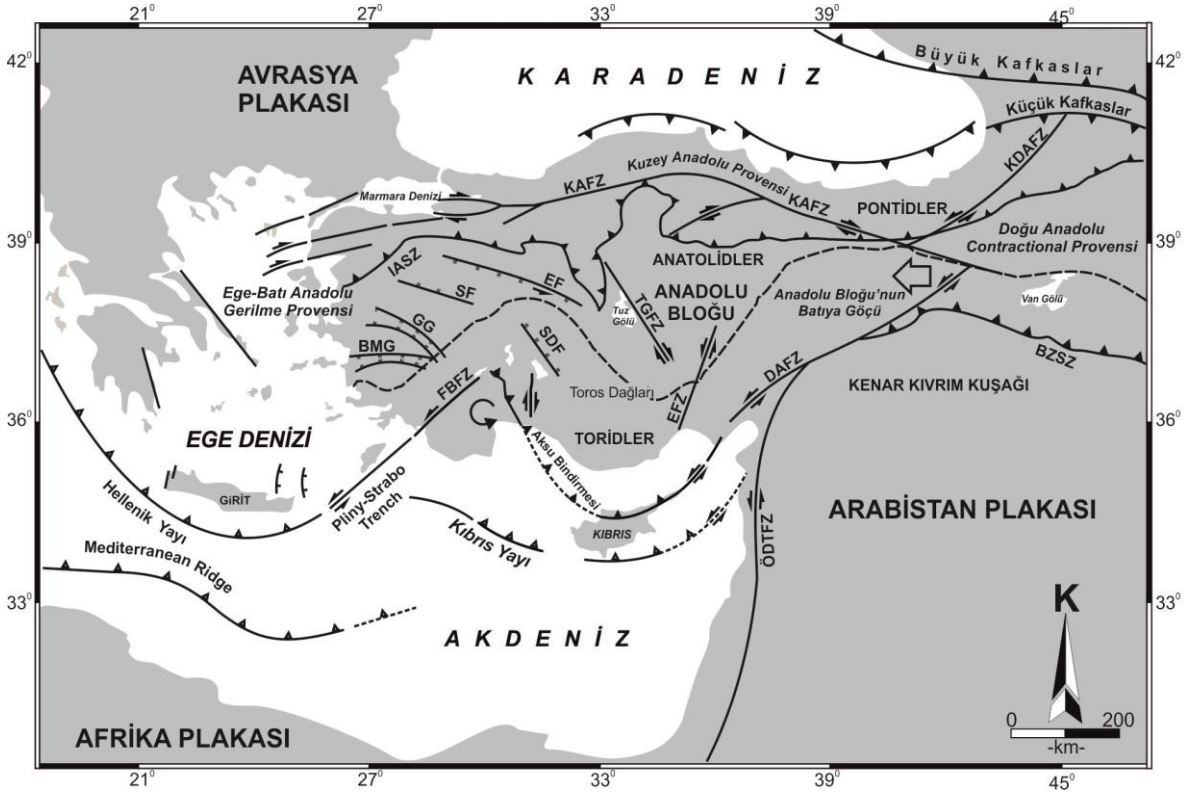
Afyon Zonu, Mesozoyik öncesi bir temelden meydana gelen ve Triyas'tan Erken Tersiyer'e kadar temel kayaçları örten basit bir stratigrafiye sahiptir (Akal vd., 2012). Bununla birlikte Afyon zonunda domlar, lav akıntıları ve volkano-klastiklerden meydana gelen metavolkanikler yaygın mostra vermektedir. Konya-Sızma, Hacıömerderesi (Bigadiç-Balıkesir) civarında gözlenen bu metavolkaniklerin jeokimyasal verileri bu kayaçların rift, kıta içi, kıta yayı ve MORB türünde olduğunu göstermiştir (Göncüoğlu vd., 2007; Robertson ve Ustaömer, 2009). Devoniyen-Paleosen yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış sedimanter kayaçlardan meydana gelen Afyon Zonu, Tavşanlı Zonu tarafından üzerlenmekte olup Tavşanlı Zonu'nun daha sığ derinliklere gömülen uzantısıdır.

Bornova Filiş zonu ise, Anatolidler içerisinde kuzeyinde İAE Kenet Zonu, doğusunda Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonları ile GGD'sunda Menderes Masifi'yle çevrelenen melanj türü kayaçlar içeren bir zondur. Bornova Filiş Zonu ilk olarak Okay ve Siyako (1993) tarafından isimlendirilmiş olup yazarlar bu zonu İzmir-Ankara Okyanusu içerisindeki transform bir levha sınırı boyunca şekillenen bir filiş havzası olarak tanımlamışlardır. Türkiye'nin batı kesiminde Karaburun Yarımada'sının kuzey kesiminde yer alan Geç Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Melanjı içerisindeki radyolarit çörtlerden yapılan çalışmalarda elde edilen yaşlara göre Jura (Geç Batoniyen-Erken Oxfordiyen) ve Kretase (Orta-Geç Albiyen) yaşlarında olduğu tespit edilmiştir. Moix ve Gorican (2013) tarafından yapılan çalışmaya göre bu yeni yaş verileri İzmir-Ankara Melanjı ve Bornova Filiş Zonu ile Bornova Melanjı'nın korelasyonunu ortaya koymaktadır.

4.1 Batı Anadolu'nun Neotektoniği

Türkiye kuzeyde Lavrasya güneyde Gondwana arasındaki sınırı oluşturan Alp-Himalaya orojenik sisteminin D-B gidişli önemli bir bileşenidir. Anadolu'nun Neotektonik geçmişi başlıca Bitlis-Zagros Kenet Zonu boyunca Avrasya ve Afrika (Arabistan mikro kıtası) arasındaki kıtasal çarpışmayla ilişkilidir. Bu çarpışma olayı Orta-Geç Miyosen boyunca Doğu Anadolu'da kısalma ve aynı zamanda kıtasal bir kalınlaşmaya neden olmuştur (McKenzie, 1978; Dewey vd., 1986; Şengör ve Yılmaz, 1981) (Şekil 4.2).

Anadolu'nun doğu kesimindeki çarpışma olayları aynı zamanda Batı Anadolu'yu da etkilemiştir. İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu Anadolu'da Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolu olarak tanımlanmaktadır. Bu okyanusun kapanması, Paleosen zamanında gerçekleşmiştir. Bu okyanusun Paleosen süresince 2000 km. uzunluğu olan DB gidişli İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu (İAESZ) boyunca Sakarya Kıtası, Torid-Anatolid platformu ile çarpışmıştır. Çarpışma olayı aynı zamanda KG yönlü bir kıtasal kısalma ve kıta içi deformasyonlara neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981).



Şekil 4.2: Türkiye'deki ana Paleo ve Neotektonik unsurlar, kenet zonlarının dağılımını gösteren basitleştirilmiş tektonik haritası (Bozkurt, 2001). İASZ: İzmir-Ankara Sütur Zonu, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, KDAFZ: Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, BZSZ: Bitlis-Zagros Sütur Zonu, ÖDTFZ: Ölü Deniz Transform Fay Zonu, SDF: Sultan Dağı Fayı: TGFZ: Tuz Gölü Fay Zonu, EF: Eskişehir Fayı, SF: Simav Fayı, GG: Gediz Grabeni, BMG: Büyük Menderes Grabeni, FBFZ: Fethiye-Burdur Fay Zonu.

Oligosen'den Miyosen'e kadar geçen sürede Ege Helenik yayının güneye doğru çekilmesi ve kendi ağırlığıyla çökmesinin etkisinden dolayı kıtasal gerilme, tüm Ege bölgesinde ortalama 25-50 km. arasında kıtasal bir kabuk oluşumuna neden olmuştur (Tirel vd., 2004). Bu gerilme olayı sadece Batı Anadolu'da değil aynı zamanda, Orta Ege bölgesinde ve Yunanistan'ın kuzey kesiminde de gözlenmektedir.

KB Anadolu'daki Paleosen-Oligo-Miyosen periyodu çarpışmadan gerilmeye doğru bir tektonik değişim şeklinde gerçekleşmiştir.

Geç Oligosen-Erken Miyosen zaman aralığında meydana gelen çarpışmayla ilişkili orojenik olaylar sonrasında başlayan gerilme tektoniği üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Bozkurt, 2001 a,b, Işık vd., 2004; Emre ve Sözbilir, 2007). Eosen-Erken Oligosen periyodu muhtemelen çarpışmanın geç safhasının rahatlama fazına tekabül etmektedir (Pe-Piper ve Piper, 2001; Altunkaynak, 2007; Ersoy ve Helvacı, 2007). Genellikle yoğun mağmatik aktiviteler Neotetis okyanusunun kuzey kolunun (İAESZ) kuzeye doğru dalma-batmasını takiben oluşmuştur.

KB Anadolu'da Miyosen yaşlı volkanizma ve ilişkili plütonik faaliyetlerin kökeni için sıkışmayla ilişkili (Karacık ve Yılmaz 1998; Yılmaz vd. 2001) veya çarpışma sonrası gerilme olayları (Thomson ve Ring, 2006; Bozkurt, 2007) ile ilişkili fikirler öne sürülmüştür. Çalışma alanında gözlenen Çataldağ Plütonu'nun da içerisinde olduğu plütonların bölgeye yerleşme ve/veya soğuma yaşlandırılması birçok araştırmacı tarafından yapılmış ve plütonların yaşının Oligo-Miyosen (21-22 My., K/Ar biyotit; Boztuğ vd. 2009) olduğu tespit edilmiştir.

Ege Denizi'nin de içinde bulunduğu bölgedeki Geç Senozoyik volkanik ve plütonik kayaçlarının kökeni dalma-batmanın güneye doğru göçü ile açıklanmaktadır (Fytikas vd., 1984). Birçok yazar bölgesel gerilme ile oluşmuş mafik ve felsik eriyiklerin karışması ile oluşan hibrit mağmanın varlığını ve mafik mağmanın kökeninin genellikle kıtanın hemen altındaki litosferik manto ile ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir (Seyitoğlu ve Scott 1992; Aldanmaz vd. 2000; Okay ve Satır 2000; Pe-Piper ve Piper 2001, Altunkaynak, 2007, Aydoğan vd. 2008).

Türkiye'nin batı kesimi sismik olarak oldukça aktif ve hızlı bir şekilde deforme olan bölgelerden biridir (Taymaz vd., 1991; Le Pichon vd., 1995; Ambraseys ve Jackson, 1998; Bozkurt, 2001a). Bu bölge yaklaşık olarak KG yönlü kıtasal bir gerilme tektoniğinin gözlendiği bir bölge olmakla birlikte güneyde Ege Yayı kuzeyde Bulgaristan'dan başlayarak Helen yitim zonuna uzanan gerilmeli bir dağılım sunan geniş bir zon olarak tanımlanan "Ege Gerilme Provensi"nin bir

bölümüdür (Burchfiel vd., 2000). Türkiye'nin batı kesimi hem D-B hem de K-G yönlü gerilmeler ile ön plana çıkmaktadır (Westaway, 1994). Ege bölgesindeki kıtasal gerilmenin kökeni ve nedeni bugüne kadar çok tartışılmıştır ve literatürde 4 farklı model öne sürülmüştür.

1- Tektonik kaçış modeli: Bitlis-Zagros Sütur Zonu boyunca Avrasya ve Arabistan plakaları arasındaki çarpışmadan dolayı Geç Serravaliyen'den (12 My.) bu yana sol yönlü DAF ve sağ yönlü KAF gibi iki büyük tektonik fay zonu boyunca Anadolu Bloğu'nun batıya doğru hareketi. (Çemen vd., 1999; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1985)

2- Yay gerisi açılma modeli: Dalan plakanın geriye doğru kürek şeklinde çekilmesiyle Ege Yayı'nın G-GB'ya doğru göçüne neden olan yay gerisi gerilme hareketi (Spakman vd., 1988; Jolivet ve Brun, 2010; Jolivet vd., 2013).

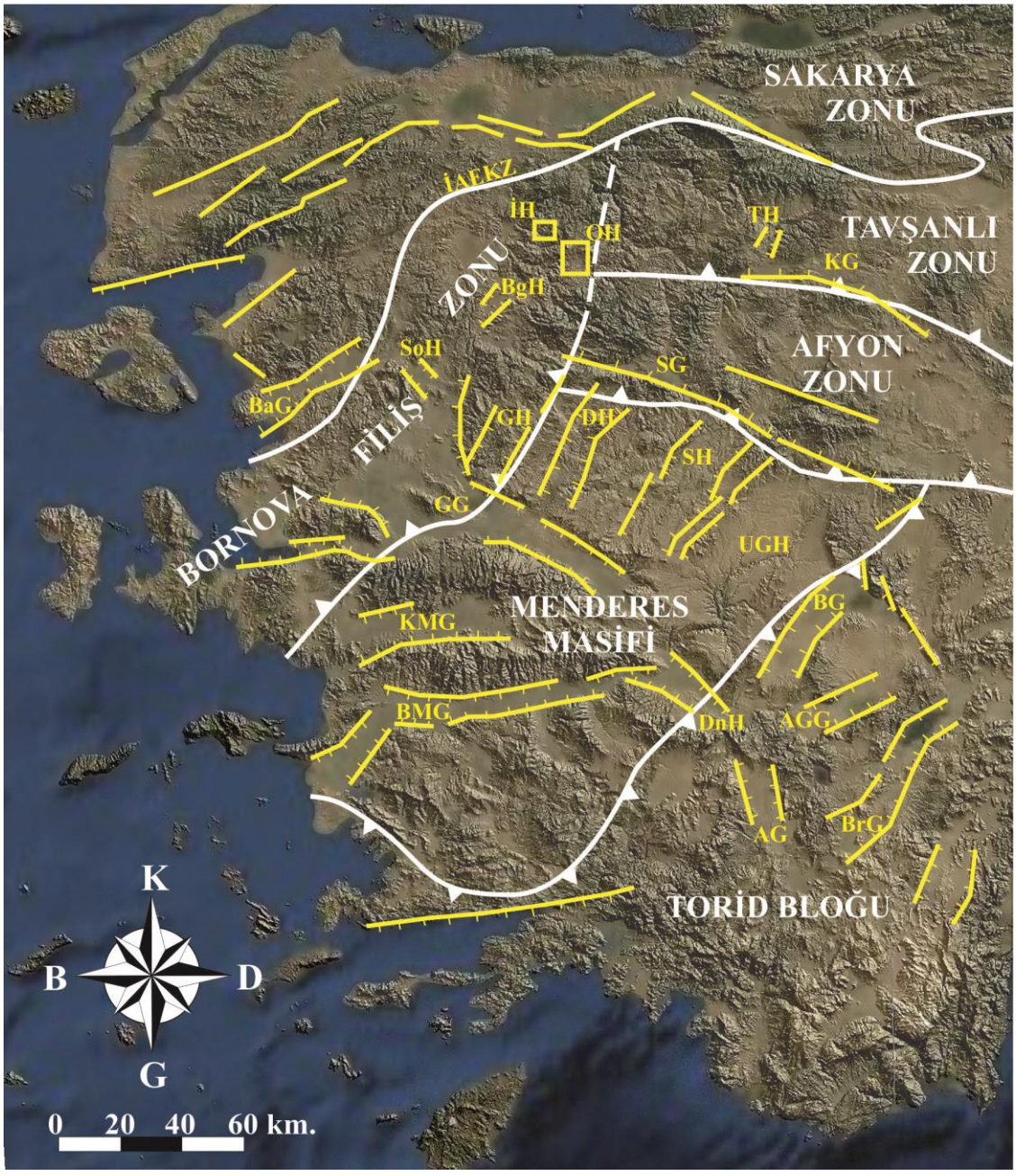
3- Orojenik çöküş modeli: Oligosen-Erken Miyosen süresince Neotetis ile Geç Paleosen çarpışmasını takiben oldukça kalınlaşmış bir kabuğun incelmesi ve açılması ile ilişkili lokal bir gerilme hareketi (Dewey, 1988, Bozkurt, 2000, 2001b; Seyitoğlu vd., 2002)

4- Yukarıdaki mekanizmaların ikisi veya birçoğunun kombinasyonu şeklinde üç evreli devam eden basit makaslamalı gerilme modeli: Bu son senaryoda ilk evresinde Erken Pliyosen-Miyosen süresince Anadolu Bloğu'nun batıya doğru kaçışıyla ilişkili K-G yönlü gerilmenin hakim olduğu iki evreli bir graben modeli öngörülmektedir (Çemen vd., 2006; Gessner vd., 2013).

Ege Bölgesi'nden elde edilen yeni jeolojik veriler, orojenik çöküş hipotezini diğerlerine göre daha az desteklemektedir.

Batı Anadolu'da aktif, normal faylarla ilişkili horst sistemlerinde gözlenen D-B gidişli grabenler ve KD-GB gidişli havzalar oldukça önemli Neotektonik unsurlardır (Bozkurt, 2003). Bu grabenlerin merkezinde alüvyal çökeller ve onların kenarları boyunca lokal aktif alüvyal fan gelişimleri tipiktir (Cohen vd. 1995). En iyi gelişmiş olanları Edremit, Bakırçay, Kütahya-Simav, Gediz, Küçük Menderes,

Büyük Menderes ve Gökova grabenleridir. Grabenleri sınırlayan yüksek açılı normal faylar B Türkiye'nin sismik olarak en aktif bileşenleridir ve bu aktiviteler birçok tarihsel depremlere de ev sahipliği yapmıştır (Bozkurt, 2001) (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Batı Anadolu'nun Paleotektonik ana birliklerini ve Neotektonik unsurlarını gösteren basitleştirilmiş tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; Jolivet ve Patriat, 1999; Ring vd., 1999; Bozkurt ve Sözbilir, 2006; Ersoy vd., 2011'den derlenerek hazırlanmıştır).

AG: Acıpayam Grabeni, AGG: Acıgöl Grabeni, BG: Baklan Grabeni, BaG: Bakırçay Grabeni, BMG: Büyük Menderes Grabeni, BrG: Burdur Grabeni, GG: Gediz Grabeni, KG: Kütahya Grabeni, KMG: Küçük Menderes Grabeni, BgH: Bigadiç Havzası, DH: Demirci Havzası, DnH: Denizli Havzası: GH: Gördes Havzası, İH: İsaalan Havzası, OH: Odaköy Havzası, SH: Selendi Havzası, SoH: Soma Havzası, TH: Tunçbilek Havzası, UGH: Uşak-Güre Havzası.

Yaşı yıllardır tartışma konusu olan D-B gidişli bu grabenler Tortoniyen süresince şekillenmeye başlamıştır (Şengör ve Yılmaz 1981; Şengör vd., 1985; Şengör, 1987). Gediz ve Büyük Menderes grabenlerindeki tortullardan elde edilen palinolojik veriler diğer havzaların Erken Miyosen süresince şekillenmeye başladığını ifade etmiştir (Seyitoğlu ve Scott 1991, 1992, 1996; Seyitoğlu vd., 2002) (Şekil 4.3).

Bununla birlikte Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinden yapılan son çalışmalar Miyosen sedimanlarının bugünkü grabenlerle ilişkili olmadığını göstermiş ve B Türkiye'de Neotektonik K-G gerilmeleri ve D-B gidişli grabenlerin 5 My.'dan daha geç veya 5 My. (Pliyo-Kuvaterner) civarında gelişmeye başladığını göstermiştir (Dewey, 1988; Collins ve Robertson, 1998; Ring vd. 1999; Bozkurt 2000, 2001a; Yılmaz vd., 2000; Genç vd., 2001; Sözbilir, 2001, 2002) (Şekil 4.3).

Batı Anadolu'da daha az oranda rastlanan bir diğer önemli yapısal unsur KD-GB gidişli faylar ve bunlarla ilişkili havzalardır. En iyi gelişmiş olanları kuzeyde Simav Grabeni ve güneyde Gediz Grabeni arasındaki alanda gözlenmekte olup bu havzaların en önemli özelliği Miyosen yaşlı volkano-sedimanter istifleri barındırmasıdır (Bozkurt, 2003) (Şekil 4.3).

KD gidişli havzaların kökeni yıllardır tartışma konusu olmasına rağmen genellikle üç farklı model öngörülmüştür;

1- İlk modelde havzalar, Neotetis ile K-G Paleosen sıkışması ve incelmesi altında gelişmiş "Paleotektonik Tibet Tip Çapraz Grabenleri" ile Tortoniyen'de başlayan sonrasında bunun yerini alan, KG yönlü gerilme rejiminin etkisiyle oluşan "Neotektonik Ege Tipi Çapraz Grabenler" dir. Sıkışmadan gerilmeli tektoniğe kadar değişim Geç Miyosen (?Tortoniyen) süresince meydana gelmiştir (Şengör vd. 1985; Şengör, 1987).

2- İkinci model, Geç Oligosen-Erken Miyosen'den bu yana Neotektonik bir K-G gerilme rejimi sırasında eşyaşlı olarak oluştuğu düşüncesini öngörür. Buna göre gerilme kuvvetleri, Neotetis okyanusunun kapanmasıyla İzmir Ankara Kenet Zonu boyunca güneyde Anatolid-Torid Platformu ve kuzeyde Sakarya Kıtası

arasındaki Paleosen çarpışmasının sona ermesinden hemen sonra gerçekleşen geç orojenik çöküş ile ortaya çıkmış olmalıdır (Seyitoğlu ve Scott 1991, 1992; Collins ve Robertson, 1998).

3- Diğer bir üçüncü görüş; KD gidişli havzaların gerilme ile ilişkisi olmadığını ifade etmekte olup bu havzaların Anadolu ve Avrasya levhalarının Erken Tersiyer çarpışması sonucu oluşan dağarası paleomorfoloji alanlarının yavaş bir şekilde çökmesi oluştuğunu öngörmektedir. Buna göre havzalar çarpışmayla ilişkili Mesozoyik öncesi temel kayaçlar üzerinde gelişmekte ve dağlık alanlardan erozyona uğramış olan flüviyal sedimanlar ile doldurulmaktadır (İnci, 2002).

Bununla birlikte D-B gidişli grabenler ve KD gidişli havzalardaki son çalışmalardan elde edilen sonuçlara ait modeller tam olarak bu havzaların kökenini ve gelişimini açıklayamamaktadır. Farklı gidişli havzaların stratigrafik ve sedimantolojik çalışmaları yıllardır detaylı bir şekilde çalışılmasına rağmen özellikle KD gidişli havzaların dolgularının deformasyonal yapıları ve havzayı sınırlayan fayların yapısı, doğası veya şekli bugüne kadar çalışılmamıştır. Sadece stratigrafik ve sedimantolojik çalışmalar değil aynı zamanda havzanın deformasyon özelliklerine yönelik detaylı çalışmalar yapılmış olmalıdır. Çünkü bu KD gidişli havzalar jeolojik tarihçe hakkında önemli bilgiler verebilir (Bozkurt 2000).

KD gidişli havzalardaki havzayı sınırlandıran fayların oblik atımlı olması bu havzaların tipik bir gerilmeli tektonikten ziyade doğrultu atımlı havzalara benzer bir özellik gösterdiğini işaret etmektedir. Bu havzalar metamorfik bir taban üzerinde sınırı oluşturan bir ayrılma fayının tavan bloğu üzerinde uzanır. Böylece ayrılma fayının üst bloğu baskın doğrultu atımlı bileşen ile uzanan fay boyunca birçok bölümlere ayrılmaktadır. Bu doğrultu atımlı çapraz faylar ayrılma fayını kesmez, düzenli faylar şeklinde sınıflandırılmak ve bu faylar çapraz grabenleri ile sınırlandırılmaktadır. Tavan bloğunun uzanımı süresince içsel gerilmenin düzenli olduğu düşünülmektedir (Bozkurt, 2003).

Bu modele uygun olarak İsaalan (Kepsut) havzası temelde Paleozoyik yaşlı bir temel ve buna Eosen döneminde bindirmiş bir ofiyolitik melanj dilimi ile birlikte bir ayrılma fayının tavan bloğu üzerinde bulunmaktadır. Havza bölgede önemli bir yükselime sahip olan Çataldağ Plütonu ile ilişkili düşük açılı bir sıyrılma fayı ile

sınırlandırılmaktadır. Bu havzanın dolguları muhtemelen oblik atımlı faylar ile sınırlandırılmış KD gidişli hızlı çökelime sahip bir havzada gelişmiş olmalıdır.

4.2 İnceleme Alanının Tektonik Unsurları

İnceleme alanının stratigrafi birimlerini tabanda Üst Paleozoyik yaşlı hâkim litolojisini alacalı renkli şistler ve mermer mercekleri ile şistozite düzlemlerine paralel mermer bantlarından oluşan Fazlıkonağı Formasyonu, bu birimleri tektonik olarak üzerleyen Permo-Triyas yaşlı, yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazitler ile mermer ve fillatlardan meydana gelen Karakaya Kompleksi ile bunların üzerine tektonik kontakla gelen Üst Kretase yaşlı serpantinit ve radyolaritlerin yanında değişik litolojilerin birbiriyle tektonik dokanaklı ve irili-ufaklı bloklar halinde yer aldığı ofiyolitik bir melanjdan ibaret olan Yayla Melanjı oluşturmaktadır.

Temel kayaları keserek yerleşen ve İsaalan yöresi kuzeyinde geniş yayılım sunan ve bu çalışmada tek bir plüton olarak kabul edilen Çataldağ granitoyidi kendi içerisinde Bozenköy, Çataltepe ve Turfaldağ graniti olmak üzere 3 kısma ayrılmıştır Bölgede Çataldağ plütonu BKB-DGD ve KD-GB gidişli Miyosen sonrası normal faylar tarafından yoğun bir şekilde deformasyona uğramıştır (Boztuğ vd. 2009).

Çalışma alanında İsaalan ve Odaköy yörelerinde yüzeyleyen Neojen yaşlı çökeller (Soma Formasyonu), geniş alanlar kaplayan temel kayaçları ile KD gidişli eğim atımlı normal faylar tarafından sınırlandırılmış havzalarda çökelmiştir. Bu fayların bazıları arazide gözlenebilirken bir kısmı da örtülü olduğu için tespit edilememiştir. Ancak kömür üretimi için yapılan sondaj karotlarında bazı litolojilerde eğim atımlı bir fayın etkisi net bir şekilde gözlenmektedir.

Buna ek olarak İsaalan yöresi kuzeyinde Çataldağ granitini uyumsuz olarak örten Soma Formasyonu'na ait gölsel sedimanter kayaçların konglomeratik ve kumtaşı içeren seviyelerinde düşük sülfidasyonlu epitermal Au zenginleşmelerinin gözlenmesi muhtemelen Çataldağ granitinin kuzey kesiminde faylı bir kontağın olabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın ana konusunu oluşturan Neojen yaşlı Soma Formasyonu'na ait gölsel sedimanlar içerisindeki linyit oluşumlarında epijenetik As, Hg içeren çok ince kuvars enjeksiyonlarının olması da bu görüşü desteklemektedir. Çalışma alanında her iki havzada da KD-GB gidişli kıvrım yapılarının olması, bölgenin Neotektonik olaylardan etkilendiğini gösteren verilerden biridir. Özellikle KD gidişli kıvrımlar, KAF sisteminin gidişine de paraleldir.

Çalışma alanının ana tektonik unsurları kıvrımlar ve faylardır (Şekil 4.4, 4.5). Bölgedeki stratigrafik istifi oluşturan birimlerden tabakalı yapıya sahip olanlar, yerel değişimler dışında tabaka eğimleri 30^0-50^0 arasında değişmektedir (Şekil 4.4).

Kıvrımlı Yapılar

Çalışma alanını etkilemiş olan yanal ve düşey hareketler sonucunda oluşan kıvrım ve kırık tektoniğinin izleri görülür. Sahanın temelini oluşturan Fazlıkonağı Formasyonuna ait metamorfiklerde birden fazla tektoniğin izine rastlanır, ancak bunların ayırtlanmaları mümkün değildir.

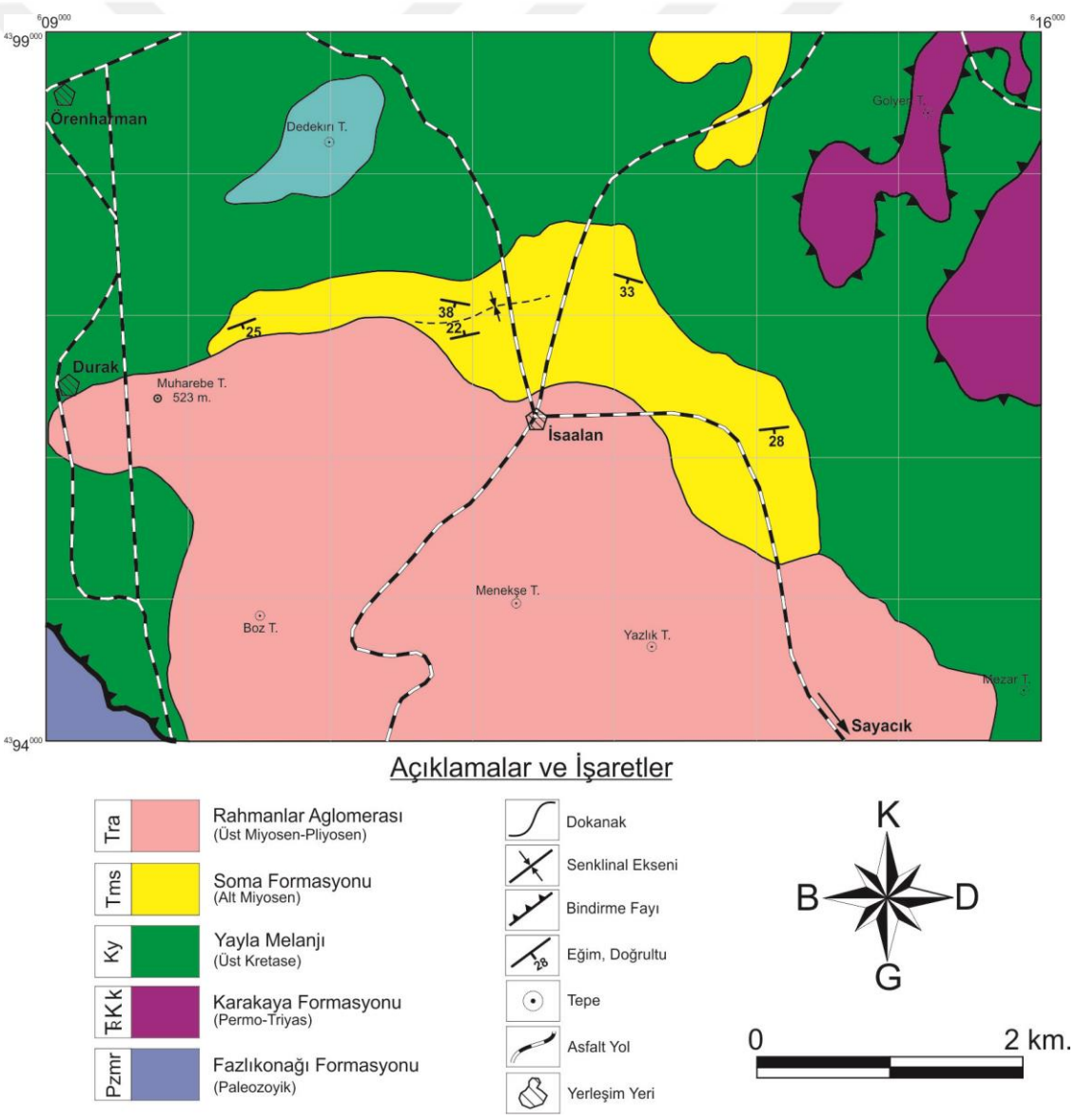
İdeal Madenciliğe ait açık ocak işletmesinde gözlenen senklinalin (İsaalan Senklinali) ekseni KD-GB doğrultuludur. Kanatlarını oluşturan tabakaların eğim açıları 35^0-60^0 arasında değişen asimetrik senklinal özelliği göstermektedir (Şekil 4.6). Odaköy yöresi, Şentaş Madenciliğe ait ruhsat sahasında ise Hamzacık köyünün hemen batısında tabaka konum ölçümleriyle senklinal ve antiklinalden oluşan KD-GB gidişli iki olası kıvrım ekseni tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Kanatları oluşturan tabakaların eğim açıları 15^0-35^0 arasında değişmektedir.

Kırıklı Yapılar

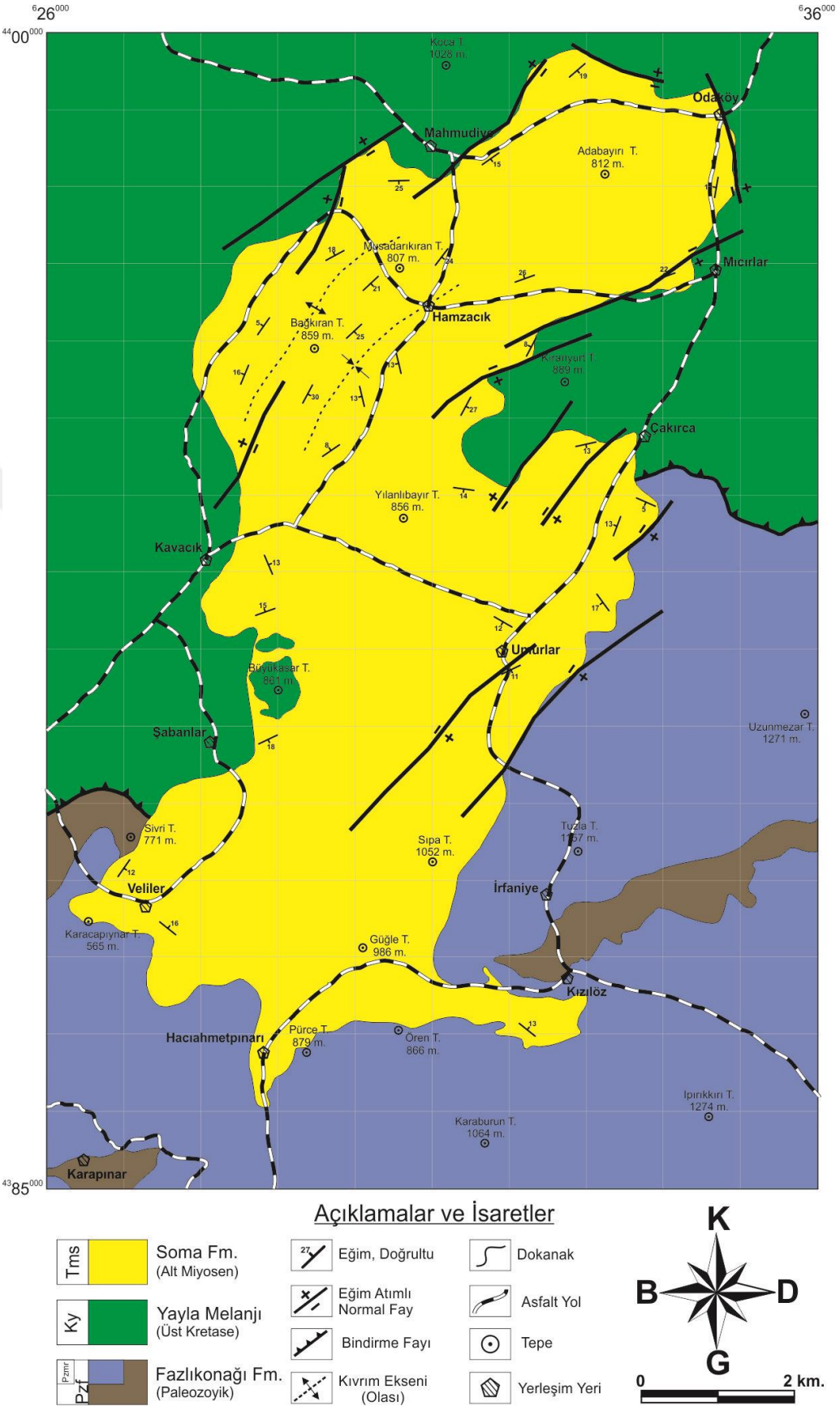
Yayla Melanjı ile alttaki metamorfikler arasında, Örenharman Köyü kuzeyinde (Örenharman Bindirmesi) DKD-BGB uzanımlı bindirme gelişmiştir. Bu bindirme boyunca Yayla Melanjı'na ait litolojik birimler Fazlıkonağı Formasyonu'nu oluşturan birimler üzerine itilmiştir. Çalışma alanında yaklaşık 4 km. izlenmektedir

EK A). Benzer bindirmeler İsaalan köyü KD'sunda Gölyeri T. yakın çevresinde ve Durak köyü güneyinde de gözlenmektedir (Şekil 4.4). İsaalan köyü GD'sunda Piyade köyünün hemen doğusundan geçen yaklaşık 15 km uzunluğundaki Piyade Fayı çoğu yerde örtülüdür (Okay ve Tüysüz, 1999) (EK A).

Odaköy yöresinde Mıcırlar ve Mahmudiye köyleri ve yakın çevresinde KD-GB gidişli birçok eğim atımlı normal fay gözlenmektedir. Çakırca köyünün hemen batısında iki eğim atımlı normal fay arasında bir graben gelişimi gözlenmekte olup köyün doğusunda ise Yayla Melanjı birimleri Fazlıkonağı Formasyonu'na ait mermerler üzerine bindirmişlerdir.



Şekil 4.4: İsaalan yöresi yapısal unsurları.



Şekil 4.5: Odaköy yöresi yapısal unsurları.

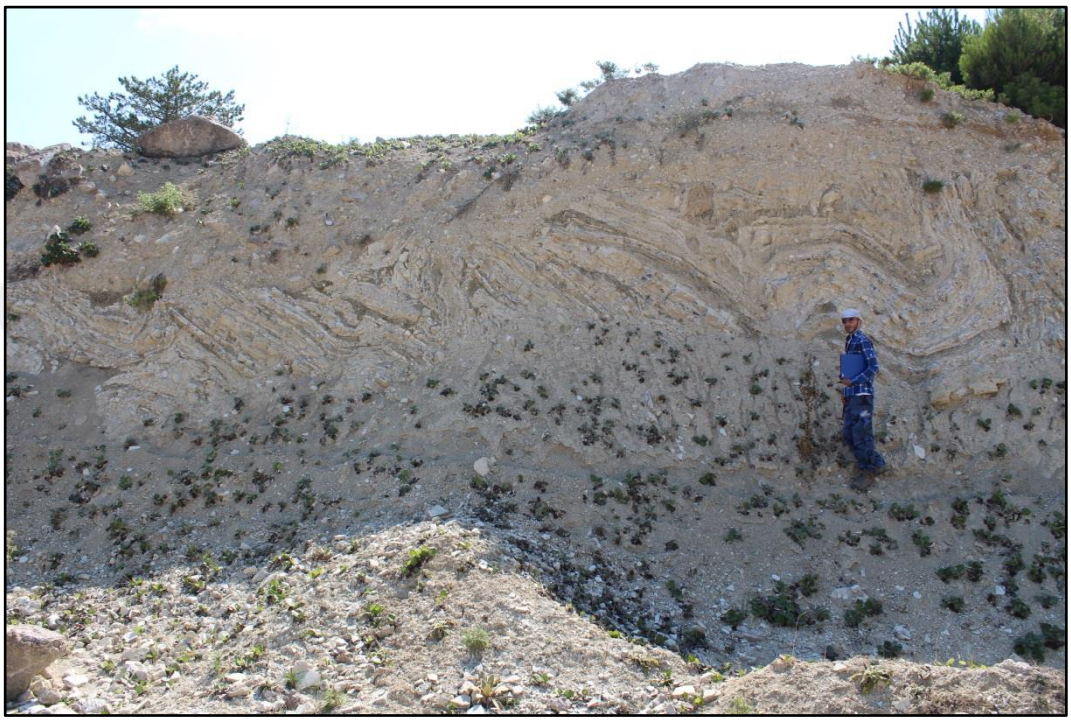
Şekil 4.6: Grup İdeal Madenciliğe ait açık ocak işletmesinde gözlenen senklinal (UTM: 12329 / 97204, Bakış Yönü: GB).

Yumuşak Çökel Deformasyon Yapıları

Çalışma alanında özellikle Odaköy yöresinde Şabanlar ve Çakırca köyleri yakınlarındaki kesitlerde ölçülen bu deformasyon yapıları çoğunlukla laminalı kiltaşı-kiltaşı-kireçtaşı ardalanmalı seviyelerde gözlenmektedir. Deforme olmuş tabakaların maksimum kalınlığı 4 m. kadardır. Slamplar tarafından deformasyona uğremış tabakalar yanal yönde devamlı olup kıvrımlar genellikle asimetrik özellikler sunmaktadır. Slamp kıvrımlarının eksen düzlemleri genellikle düşey, yer yer de yatık olarak gözlenmektedir. Deformasyona uğrayan bu tabakalar tabanda ve tavanda deforme olmamış tabakalarla sınırlandırılmıştır (Şekil 4.7).

Yumuşak çökel deformasyon yapıları (slamp) depremler, su tablasının yükselmesi, havza yamaçlarının dikleşmesi, depolanma ve hızlı sedimantasyonla ilişkili olarak aşırı gravite yüklenmesi ve yamaç aşağı kayması sonucu oluşmaktadır (Allen, 1982; Keefer, 1984; Van Loon ve Brodzikowski, 1987; Moretti, 1997). Hızlı sediman getirimi ve sürekli artan yük ile slamp (yumuşak çökel deformasyonları) oluşumu başlayabilir. Suya doygun ve kohezyonu düşük çökellerde slampların gelişimi için en önemli faktör sıvılaşmadır. Suya doymuş ve gevşek kumlar ve kaba

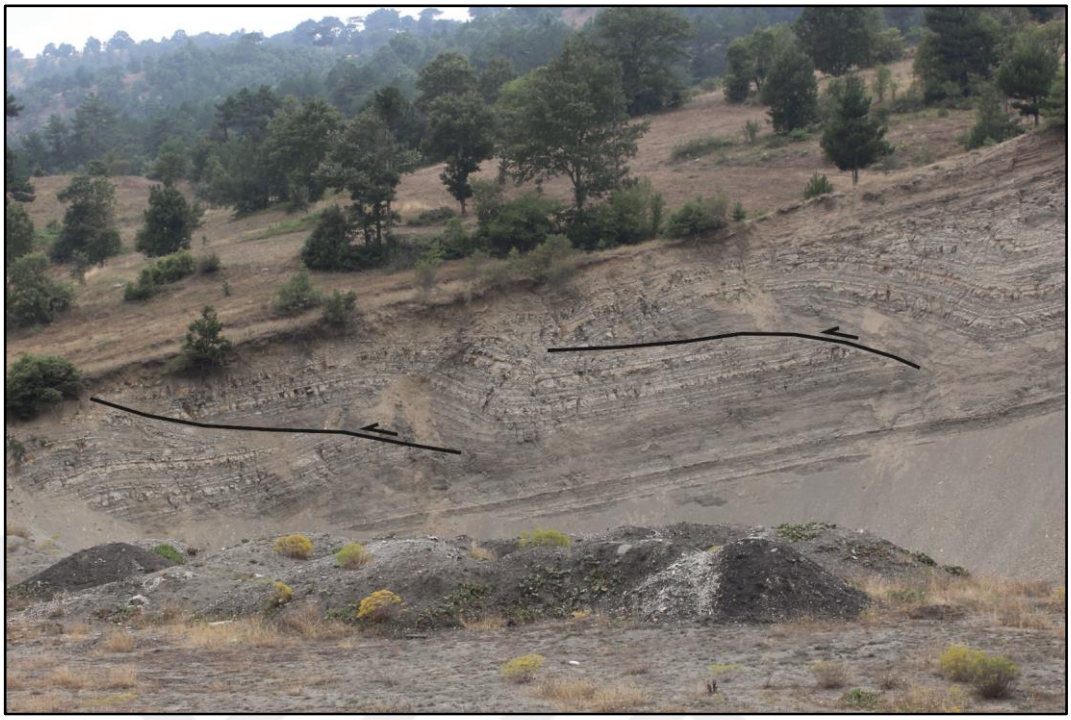
siltlerdeki sıvılaşma olayı sismik sarsıntılar, aşırı yük artışı, yeraltı suyu hareketleri ve fırtına dalgalarının etkileri gibi birkaç süreç tarafından kontrol edilmektedir (Allen, 1982; Owen, 1996; Molina vd., 1998; Koç Taşgın, 2009). Bu sıvılaşma sonrası içsel tane-tane ilişkisi tekrar düzenlendiğinde sedimanlar daha gevrek bir davranış sergilerler (Owen, 1996).



Şekil 4.7: Odaköy yöresi Şabanlar Köyü yakınlarında gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapıları (UTM: 27679 / 88799, Bakış Yönü: B).

Odaköy yöresindeki Soma Formasyonu'na ait çökeller içerisinde Çakırca köyü yakınında ölçülen kesitte yumuşak çökel deformasyon yapıları ile ilişkili kıvrımların uç kısımlarında sinsedimanter faylar da gözlenmiştir (Şekil 4.8). Fayların atım miktarları 1-3 m. arasında değişmektedir. Yukarıya doğru gözlenmeyen faylar aşağıya doğru kıvrımlı tabakalara geçiş gösterir.

Yumuşak çökel deformasyon yapıları ile birlikte gözlenen bu faylar sıvılaşmanın son evresinde kalıntı stres ile gelişir. Sedimanlardaki gözenek suyu basıncı arttığı zaman, basınç sedimanı sıvılaştıracak kadar kuvvetli olmazsa gevrek deformasyon oluşur ve sinsedimanter faylar meydana gelmektedir (Şekil 4.8,) (Vanneste vd. 1999, Diniz Akarca, 2014). Rosetti ve Goes (2000), bu yapıların pekişmemiş veya zayıf pekişmiş sedimentlerle ilişkili olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.8: Odaköy yöresi Şentaş Madenciliğe ait Çakırca kömür işletmesi içinde yakınlarında gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapıları ve sin-sedimanter faylar (UTM: 32712 / 94196, Bakış Yönü: GB).

5. BİYOSTRATİGRAFİ

Soma Formasyonunun stratigrafik özelliklerini belirlemek için araziden çamurtaşı, silttaşı, kiltaşı, kömür, kireçtaşı örnekleri ile yaprak ve balık fosilleri derlenmiştir. Bazı örneklerde (organik malzemeli kiltaşı, silttaşı, çamurtaşı vb.) çeşitli kimyasallar yardımıyla yıkama yapılmış ancak yaş verebilecek formlara rastlanmamıştır.

Candona (Neglecandona) decimai, Heterocypris salina, Candona (Pseudocandona) sp., Candona parallela pannonica, Chara oogon gibi sınırlı sayıda ostracod fosillerine rastlanmış olup bu türlerin yaygın bir yaş aralığı sunmasından dolayı yaş verilememiş ancak paleoortamın limnik (tatlısu-brahik) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu bölümde kömür ve organik malzemece zengin kiltaşlarına ait örneklerden palinolojik veriler ve yaprak fosillerinin özellikleri sunulmuştur.

5.1 Palinolojik Veriler

Soma Formasyonu içerisindeki organik malzemece zengin kiltaşları ile kömürlerde yer alan bitki polen ve sporlarının incelendiği bu bölümde, çeşitli kimyasallar kullanılarak ayrıştırılan örnekler mikroskop altında tanımlanmış, birbirleriyle ilişkilendirilerek geliştikleri paleoortam ve yaklaşık yaşları ortaya konulmuştur.

5.1.1 İsaalan (Kepsut) Yöresi Örneklerinin Palinolojik Sonuçları

SK8 Numaralı Sondaj Örnekleri

İsaalan yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK8 numaralı sondajdan toplam 58 adet örnek palinolojik amaçlı derlenmiştir. Kesitleri hazırlanan bu örneklerden sadece 12 tanesinde sayım yapılabilmiştir (Şekil 5.1).

Sayılan örnek sayısının bu kadar az olmasının sebebi, muhtemelen fosilleşme koşulları ile ilgili olmalıdır. Çünkü örneklerdeki formların tanımlanmasında kötü korunma nedeniyle, deformasyon, kırılma ya da sporomorf tanelerinin bir bölümünün aşınmış oldukları görülmüştür. Ancak yine de kısıtlı olsa da bir topluluk ortaya çıkarılmıştır.

Her bir örneğe ait sporomorf sayımı yapıldıktan sonra yarı kantitatif (nicel) olarak polen diyagramı ortaya çıkarılmıştır. Toplulukta, sporların çeşitliliği fazla ve yüzdeleri düşüktür. Gymnosperm polenler (Açık tohumlu polenler) yüzdeleri yüksek olup çeşitlilikleri azdır. Özellikle gymnoperm sakkat polenler *Pityosporites microalatus, Pityosporites labdacus* ve *Pityosporites* sp. fosillerinden oluşmaktadır. Gymnosperm non-sakkat polenler de yüksek yüzde ve düşük çeşitliliğe sahiptir. Bunların içinde çok yüksek yüzdeli *Inaperturopollenites hiatus* (*Taxodium*) ve *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae) bulunmaktadır. Angioperm (kapalı tohumlular) polenlerde çeşitlilik fazla ancak sayıları daha düşük orandadır. Bunların içerisinde en yüksek yüzdeyi *Alnipollenites verus* (*Alnus*) türü oluşturmaktadır ve CB-234 numaralı örnek dışındaki diğer örneklerde çok yüksek yüzdelerde gözlenmektedir. Daha düşük yüzdelerde ise *Momipites punctatus* (*Engelhardia*) ve *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus* (Cyrillaceae-Clethraceae) formları bulunmaktadır. *Plicapollis pseudoexcelsus* (*Myrica*) CB-232 numaralı örnek dışında gözlenmemektedir. Bu örnekte ise yüksek yüzdelidir (~%33). Ayrıca *Tricolpopollenites microhenrici* (*Quercus*) formu CB-194 ve CB-227 numaralı örneklerde yüksek yüzdelerdedir. Diğer örneklerde ise ya %2'nin altında ya da hiç bulunmamaktadır. Ayrıca toplulukta otsullar gözlenmemektedir.

Elde edilen sporomorf topluluğu biyostratigrafik açıdan bazı önemli ipuçları sunmaktadır. Genel olarak Oligosen süresince spor çeşitliliğinin Miyosen'e göre fazla olduğu bilinmektedir (Akgün & Akyol, 1999; Akkiraz & Akgün, 2005; Akkiraz vd. 2011). Bu çalışmada tanımlanan sporların çeşitliliği, bu kadar kısıtlı bir toplulukta fazladır. Özellikle Oligosen'den kalıtsal *Leiotriletes maxoides* ssp. *maxoides, Baculatisporites primarius* ve *Verrucatosporiteres favus* formları düşük yüzdelerde gözlenmektedir.

Ayrıca yine Oligosen'den kalıtsal *Plicapollis pseudoexcelsus* formu da bir örnekte yüksek oranda kaydedilmiştir. Tanımlanan diğer formlar ise Türkiye Miyosen tortullarında çok yüksek oranlarda gözlenmektedir. Diğer önemli bir husus, otsul formların bu toplulukta hiç bulunmamış olmasıdır. Chenopodiaceae, *Ephedra* ve Poaceae, Brassiaceae, Caryophyllaceae gibi otsul formların Geç Miyosen (Tortoniyen)'den itibaren arttığı ve bunların bolluğunun iklimdeki soğumaya işaret ettiği bilinmektedir (Akgün vd. 2000; Akkiraz vd. 2011). Bu formların hiç gözlenmemesi ve çökelim süresince sporlar dışında, odunsu bitkilerin hakim olması iklimin de sıcak ve yağışlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus* (Cyrillaceae-Clethraceae), *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *brühlensis* (Cyrillaceae), *Tetracolporopollenites obscrus* (Sapotaceae) formlarının varlığı da sıcak iklim şartlarını belirtmektedir. Türkiye'de şimdiye kadar yapılmış çalışmalarda, Geç Oligosen-Erken Miyosen süresince iklimde değişimin olduğu ve sıcaklığın arttığı bilinmektedir (Akgün vd. 2007; Akkiraz vd. 2011; Kayseri, 2014). Tüm bu biyostratigrafik ve paleoiklim sonuçları İsaalan yöresindeki kömürlerin ?Geç Oligosen-Erken Miyosen (Akitaniyen) süresince çökeldiğini göstermektedir.

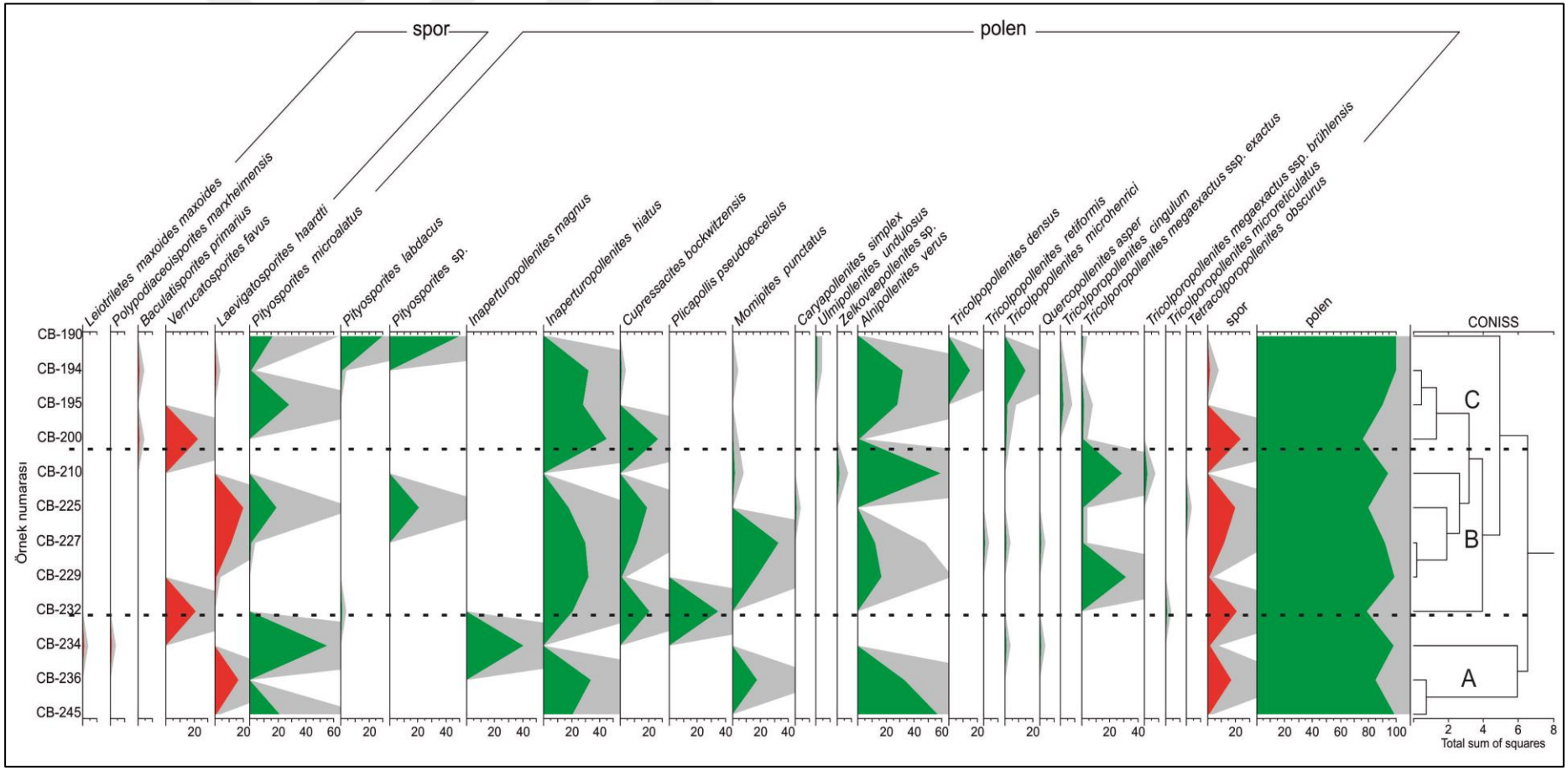
Ayrıca çökelim süresince, bir turba bataklığının sürekli varlığını koruduğu görülmektedir. Bu turba bataklığında, *Inaperturopollenites hiatus* (Taxodiaceae) ve *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae) formları çok yüksek oranda bulunmaktadır. Turba bataklığının varlığını sürekli koruması yağışın fazla olduğunu göstermektedir. Turba bataklığı çevresinde ve/veya ırmak kenarındaki alanlarda *Alnipollenites verus* (*Alnus*) formunun çok yüksek oranda hemen hemen her örnekte bulunması yağışın sürekli olduğu ve suyla kaplanmış bir paleocoğrafyanın varlığını tanımlamaktadır. Ayrıca bu bataklığın içersinde, *Plicapollis pseudoexcelsus* (*Myrica*), *Caryapollenites simplex* (*Carya*) formları da bulunmaktadır. Bataklığın gerisindeki yamaçlar ve daha yüksek kesimler ise, *Tricolporopollenites cingulum* (*Castanea*; *Castanopsis*), *Tricopopollenites densus* (*Quercus*), *Tricolpopollenites microhenrici* (*Quercus*) ve *Tricolpopollenites retiformis* (*Salix*), *Polyporopollenites undulosus*, *Zelkovaepolenites* sp. (*Zelkova*), *Pityosporites microalatus* (*Pinus haploxylon* tip), *Pityosporites labdacus* (*Pinus diploxylon* tip) formları bulunmaktadır.

Polen konsantrasyonundaki değişime göre, 3 farklı yersel polen zonu tanımlanabilir.

Zon A (örnek: CB/234, 236 ve 245): Bu zon yüksek oranda *Laevigatosporites haardti* (~%16, *Pityosporites microalatus* (~%55'e ulaşan bolluk), *Inaperturopollenites magnus* (~%50), *Momipites punctatus* (~%18) ve *Alnipollenites verus* (~%55) formlarını içermektedir. Ayrıca çok düşük miktarlarda *Tricolpopollenites microhenrici* ve *Quercopollenites asper* formları da bulunmaktadır.

Zon B (örnek: CB/210-232): Bu zon, bir önceki zonda kaydedilmeyen, *Verrucatosporites favus* (~%20'ye ulaşan bolluk) ve *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus formunun* çok yüksek oranda (~%32'ye ulaşan bolluk) kaydedilmesi ile ayırt edilmektedir (Şekil 5.1). Bir önceki zonda olduğu gibi sporlardan *Laevigatosporites haardti* (~%20) yine yüksek oranlardadır. Hemen hemen her örnekte Inaperturopolenites hiatus türü kaydedilmiştir ve yüksek miktarlardadır (ortalama %23 civarı). *Momipites punctatus* CB/227 numaralı örnekte en yüksek miktarına ulaşır (~%32) ve üste doğru azalmaktadır.

Zon C (örnek: CB/210-232): Bu zon diğer zonlarda çok düşük oranlarda gözlenen, *Tricolpopollenites densus*(~%15) ve *Tricolpopollenites microhenrici* (~%15) formlarının yüksek yüzdeleri ile karakteristiktir. *Tricolpopollenites microhenrici* zonun alt bölümlerinde çok düşük orandadır ve üste doğru artar. Zon B'de çok yüksek miktarlarda kaydedilen *Tricolporopollenites megaexactus* ssp. *exactus* formu burada çok düşük orandandır (~%1 civarı). Sporlardan Verrucatosporites favus CB/200 numaralı örnekte yaklaşık ~%23 bolluk oranına ulaşır ancak zonun üst bölümlerine doğru azalma eğilimindedir.



Şekil 5.1: İsaalan (Kepsut) yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK8 numaralı sondajdan elde edilen örneklerin polen diyagramı (Bazı örneklerde formların miktarı az olduğu için diyagram 5 kez abartılarak çizilmiştir. Gri renkler abartılı olanları ifade etmektedir. Kırmızı ve yeşiller gerçek değerlerdir ve sırasıyla spor ve polenleri belirtmektedir).

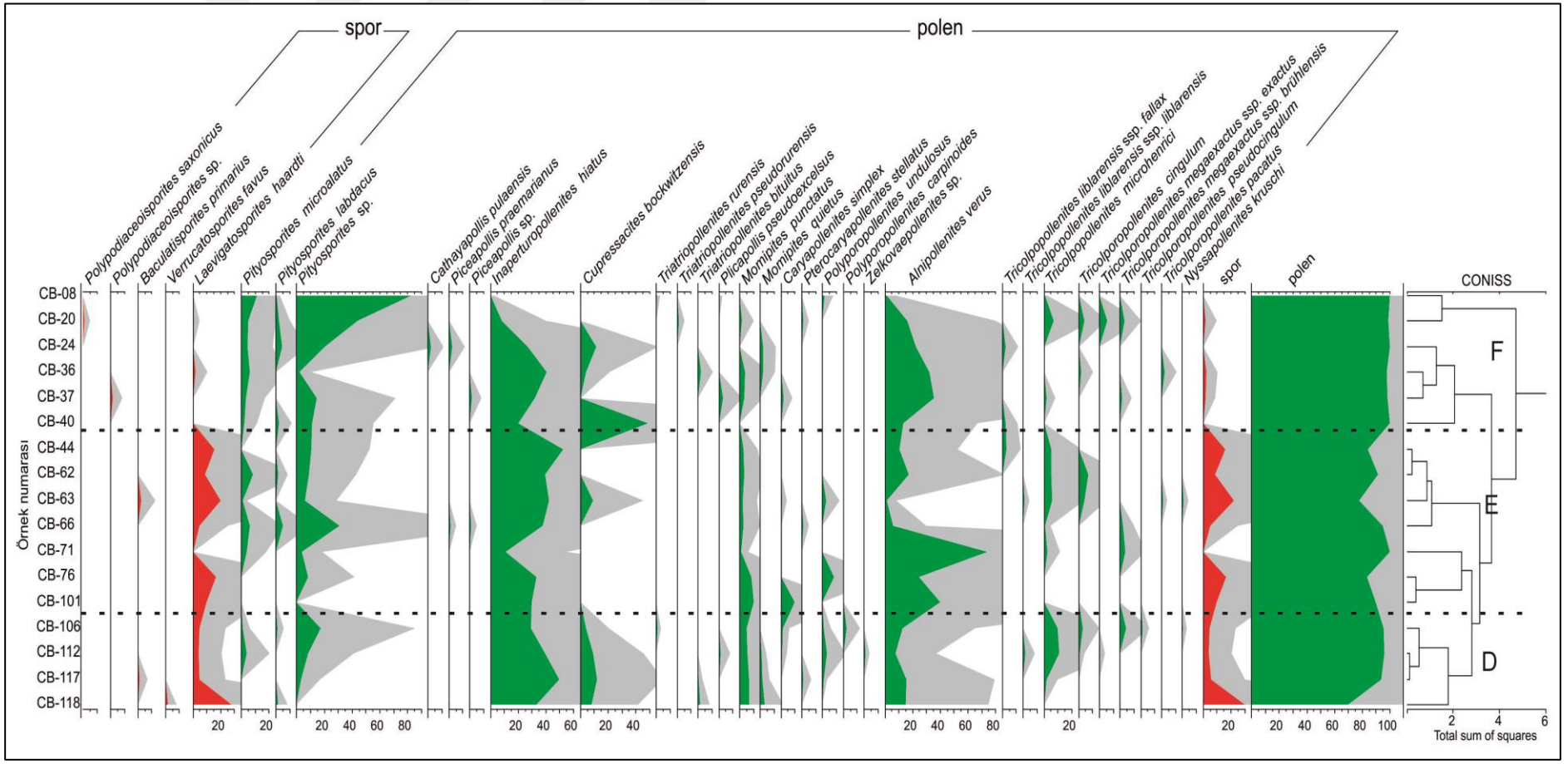
SK10 Numaralı Sondaj Örnekleri:

İsaalan yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK10 numaralı sondajdan toplam 98 adet örneğin 17 tanesi sayıma uygun bulunmuştur (Şekil 5.2). Tanımlanan polen topluluğu bir önceki sondajdan elde edilen verilerle uyumluluk göstermektedir. Yine Oligosen'den kalıtsal *Baculatiporites primarius* sporu ile *Plicapollis pseudoexcelsus* poleni bazı örneklerde az miktarda da olsa kaydedilmiştir (Şekil 5.2). Otsul formlar kaydedilmemiştir. SK8 sondaj karotu boyunca yüksek oranlarda kaydedilen formlardan *Inaperturopollenites hiatus* ve *Alnipollenites verus* formları da burada yine yüksek oranlarda saptanmıştır. Polen yüzdelerindeki değişim de SK8 numaralı sondaj karotunda tanımlanan yersel polen zonları ile korele edilebilecek niteliktedir. Benzer şekilde 3 farklı yersel polen zonu ayırt edilebilir. Burada karışıklılık oluşturmaması adına zonlar farklı ifade edilmektedir (Zon D, E ve F). SK8 sondajından elde edilen polen zonları ile karşılaştırılmaktadır.

Zon D (Örnek: CB/106-118): Bu zon, yüksek oranlı *Laevigatosporites haardti* (~%28'e ulaşan bolluk), *Inaperturopollenites hiatus* (ortalama %30) formlarının varlığı ile ayırt edilir. *Laevigatosporites haardti* oranı üste doğru azalmaktadır (~%5). Daha düşük miktarlarda ise *Pityosporites* sp. (~%15), *Cupressacites bockwitzensis* (ortalama %7), *Momipites puntatus* (ortalama %5), *Alnipollenites verus* (ortalama %10) formları kaydedilmiştir. Bu zon *Alnipollenites verus* ve *Inaperturopollenites hiatus* formlarının bol olması nedeniyle SK3 sondajındaki Zon A ile karşılaştırılabilecek niteliktedir.

Zon E (Örnek: CB/44-101): Bu zonda *Lavigatosporites haardti, Inaperturopollenites hiatus* ve *Alnipollenites verus* formlarının miktarı daha da artmaktadır. *Cupressacites bockwitzensis* miktarı da artar ve hemen hemen her örnekte kaydedilmiştir. Benzer eğilim 18 numaralı sondajdaki Zon B'de de izlenebilmektedir. Ayrıca *Alnipollenites verus* CB/71 numaralı örnekte %72 bolluk oranına ulaşmaktadır. Aynı şekilde Zon B'de bu formun zirve (CB/210 nolu örnek) yaptığı izlenebilmektedir (Şekil 5.2). *Momipites punctatus* bu zonun alt bölümleri ortalama %5 civarında kaydedilmiştir üste doğru azalmaktadır (~%2) ve bu özelliği ile de Zon B ile kaşılaştırılabilir niteliktedir.

Zon F (Örnek: CB/08-40): Bu zonda *Laevigatosporites haardti* azalmaktadır(~%2) ve bu azalma Zon C ile karşılaştırılabilir. Buna karşın *Pityosporites* sp.alttan üste artmaktadır ve CB/08 numaralı örnekte %80'i aşan bolluk oranına ulaşmaktadır (Şekil 5.2). *Inaperturopollenites hiatus* ve *Alnipollenites verus* çok yüksek oranlardadır. *Cupressacites bockwitzensis* zonun alt bölümlerinde yüksek oranda üste doğru ise azalmaktadır ve aynı eğilim Zon C'de de görülmektedir. Sonuç olarak ayırtlanan bu zon 18 numaralı sondajdaki Zon C ile karşılaştırılabilir.



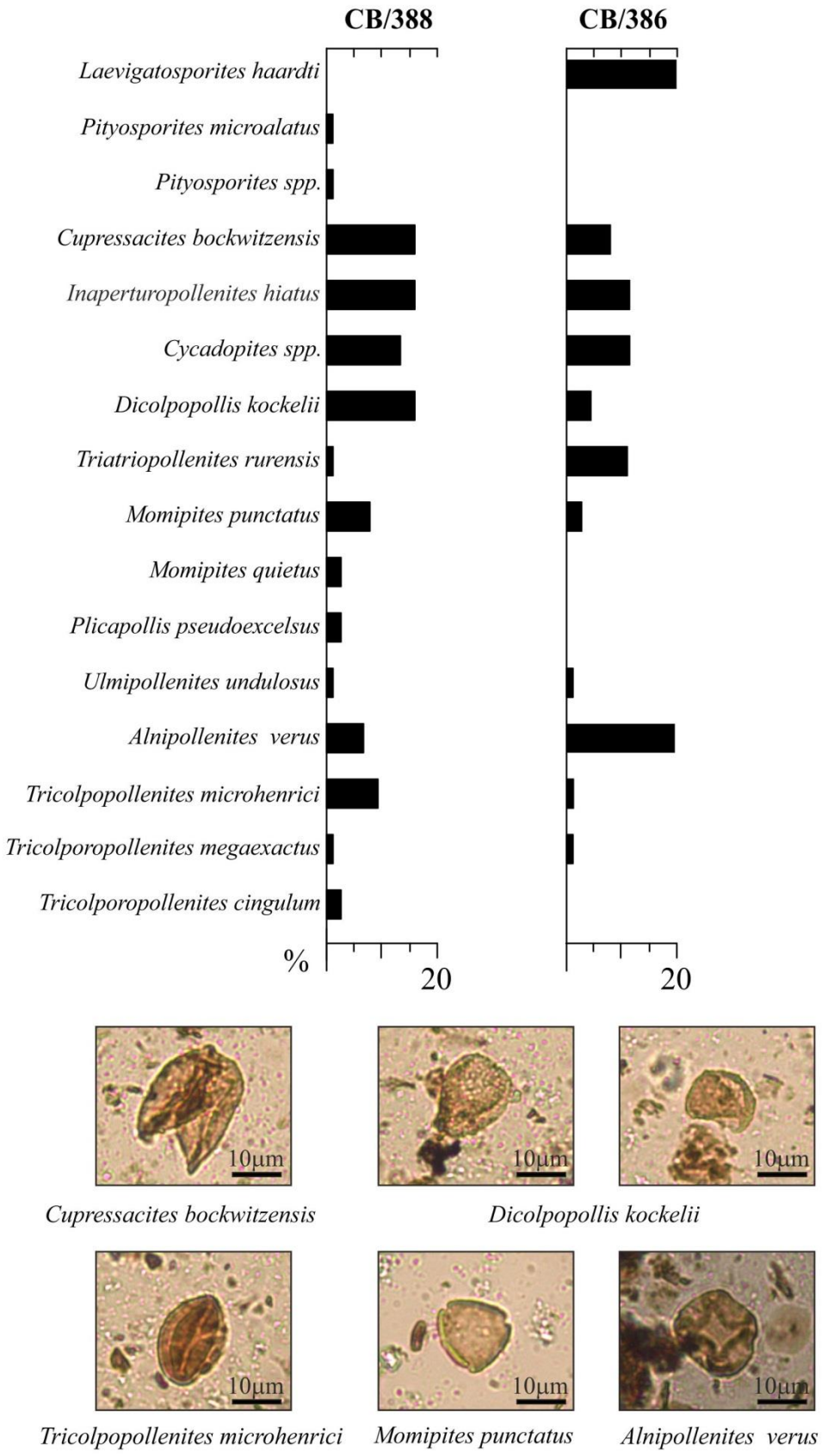
Şekil 5.2: İsaalan (Kepsut) yöresindeki Enerji Madenciliğe ait SK10 numaralı sondajdan elde edilen örneklerin polen diyagramı (Bazı örneklerde formların miktarı az olduğu için diyagram 5 kez abartılarak çizilmiştir. Gri renkler abartılı olanları ifade etmektedir. Kırmızı ve yeşiller gerçek değerlerdir ve sırasıyla spor ve polenleri belirtmektedir)**.**

5.1.2 Odaköy (Dursunbey) Yöresi Örneklerinin Palinolojik Sonuçları

Nohutçu Ölçülü Stratigrafik Kesiti Örnekleri:

Odaköy (Dursunbey) yöresi Şentaş Madenciliğe ait Nohutçu açık işletmesi içerisinde ölçülen stratigrafik kesitten derlenen 27 örneğin 2 tanesi (CB/386 ve 388 numaralı) sonuç vermiştir (Şekil 5.3). Tanımlanan floranın içeriği oldukça kısıtlıdır. Genellikle bataklık ortamını gösteren *Cupressacites bockwitzensis* (Cupressaceae) ve *Inaperturopollenites hiatus* (*Taxoidum*) gibi bitkilerin baskın olduğu gözlenmektedir. Bunun dışında, beslenme alanındaki ırmak girdisini gösteren *Alnipollenites verus* (*Alnus*) her iki örnekte de bol miktarda kaydedilmiştir. Irmak kenarı çevresindeki yükseltilerde ise *Tricolpopollenites microhenrici* (*Quercus*), *Tricolporopollenites megaexactus* (Cyrillaceae-Clethraceae) ve *Tricolporopollenites cingulum* (*Castanea*) gibi odunsu bitkiler bulunmaktadır. Bu ormanın altındaki eğrelti alanlarını ise *Laevigatosporites haardti* (Polypodiaceae/Thellipteridaceae) bitkileri oluşturmaktadır. Tanımlanan flora bazı biyostratigrafik formları da barındırmaktadır. Elde edilen polen topluluğu genellikle Batı Anadolu'daki Miyosen havzalarının polen içerikleri ile benzerlik göstermektedir.

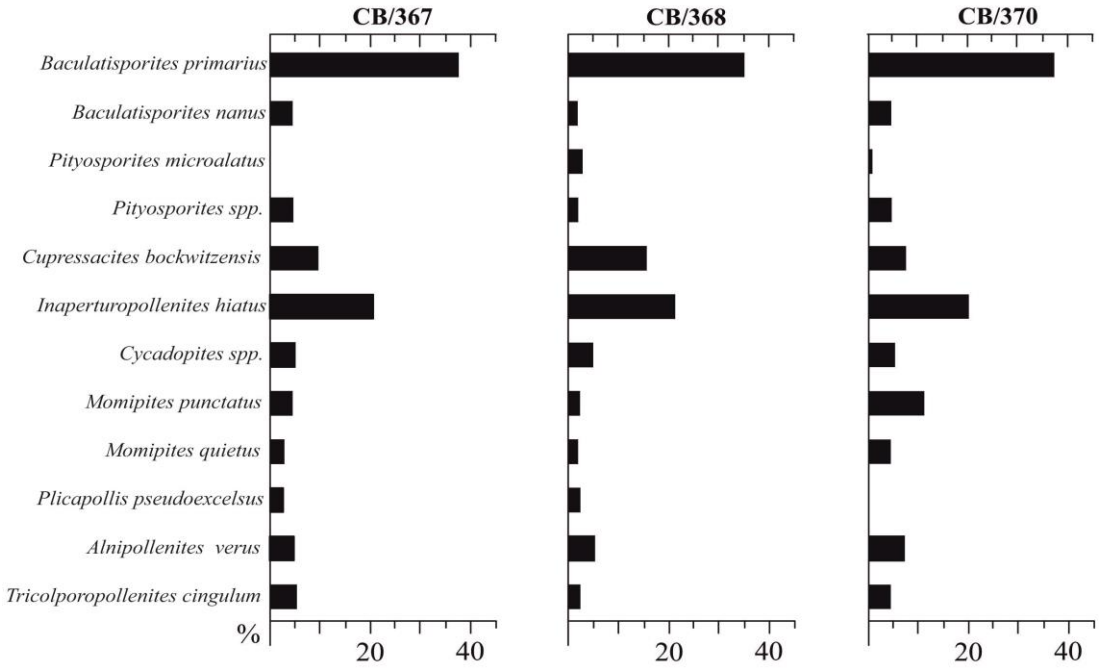
Diğer yandan özellikle Trakya Oligoseni'nde bolluk zonu oluşturan (Ediger vd. 1990) *Dicolpopollis kockelii* formu, Trakya havzası Geç Oligosen'indeki kadar yoğun olmasa da kaydedilmiştir (Şekil 5.3). Ayrıca erken Senozoyik'ten kalıtsal olan *Momipites quietus* ve *Plicapollis pseudoexcelsus* formları da az miktarda bulunmaktadır. Eldeki veriler Nohutçu kesiti tortullarının çökeliminin erken Miyosen'de (?Akitaniyen) gerçekleştiğini göstermektedir. Toplulukta otsullar kaydedilmemiştir. Ayrıca ısı belirten *Tricolporopollenites megaexactus* (Cyrillaceae-Clethraceae), *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *Momipites quietus* (*Engelhardia*) ve *Cyacadopites* spp. (Cycadaceae) gibi bitkiler bulunmaktadır. Bu özellik çökelimin, sıcak ve yağışlı koşullar altında, odunsu bitki örtüsü altında karasal/göl ortamındaki bir turba ortamında olduğunu belirtmektedir.



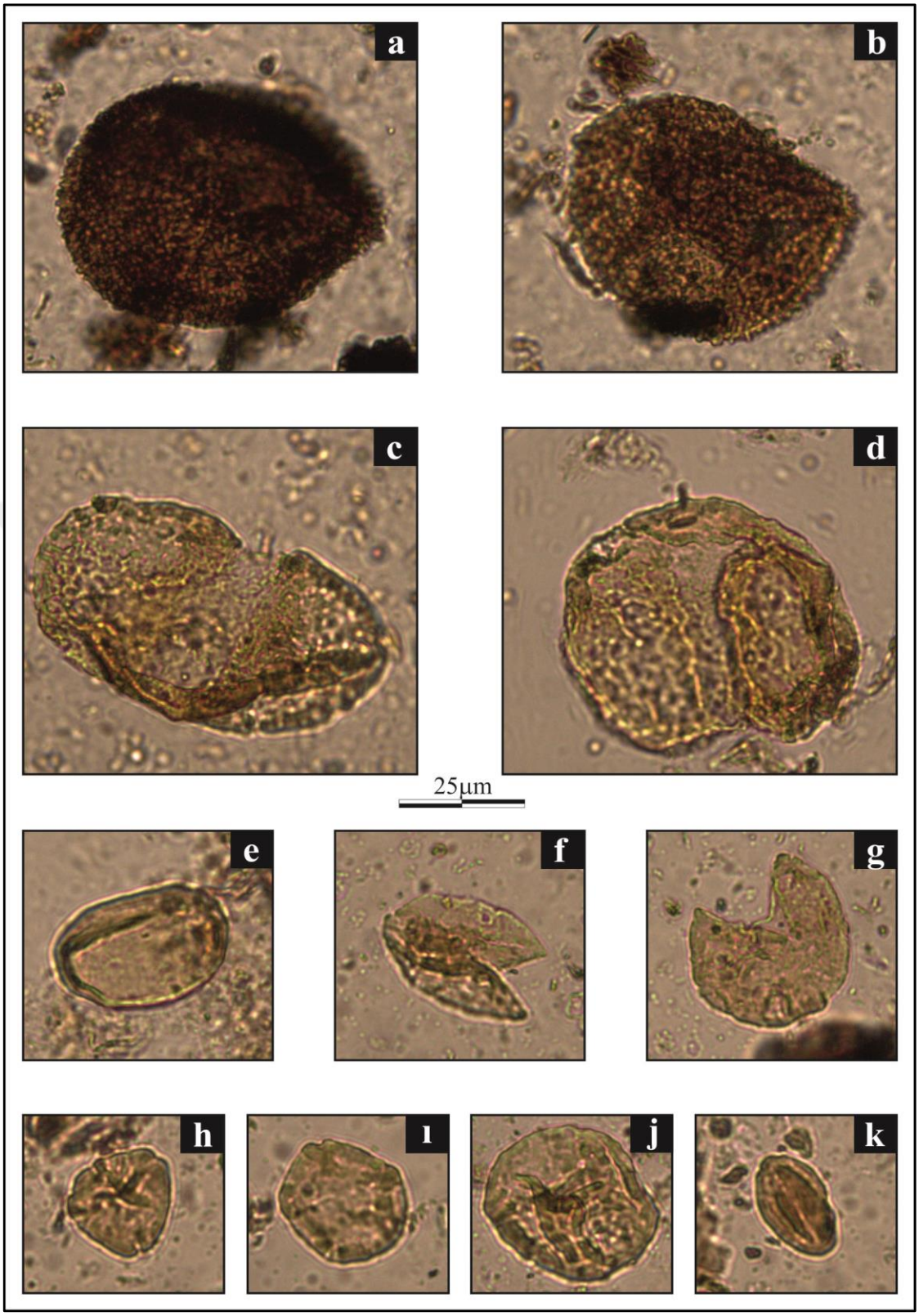
Şekil 5.3: Odaköy (Dursunbey) yöresindeki Şentaş Madenciliğe ait Nohutçu açık işletmesi içerisinden ölçülen kesitten elde edilen örneklerin polen diyagramı.

Piriştine Ölçülü Stratigrafik Kesiti Örnekleri:

Odaköy (Dursunbey) yöresi Şentaş Madenciliğe ait Piriştine açık işletmesi içerisinde ölçülen kesitten toplam 16 örnek derlenmiştir. Bu örneklerin ancak 3 tanesinin sayımı yapılabilmiştir (Şekil 5.4). Örneklerde tanımlanan formların bollukları birbirlerine yakın değerlerdedir. Sporlar, yoğun *Baculatisporites primarius* (*Osmunda*) ve az orandaki *Baculatisporites nanus* (*Osmunda*) türleri ile karakterize edilmektedir. Daha düşük miktarlarda ise polenlerden *Cupressacites bosckwitzensis* (Cupressaceae) ve *Inaperturopollenites hiatus* (*Taxodium*) türleri bulunmaktadır. *Alnipollenites verus* (*Alnus*) ve *Tricolporopollenites cingulum* (*Castanea*) gibi Miyosen'de bol miktarda gözlenen formlar burada düşük oranlarda kaydedilmiştir. Burada da biyostratigrafik açıdan önemli formlar kaydedilmiştir (Şekil 5.5). *Baculatisporites primarus* özellikle Oligosen yaşlı tortullara bol miktarda kaydedilmiştir (Akkiraz ve Akgün,2005). Bu formun bol miktara gözlenmesi Miyosen'in tabanına yakın (?Akitaniyen) bir noktada olduğumuzu göstermektedir. Ayrıca yine erken Senezoyik'ten kalıtsal *Plicapollis pseuoexcelsus* ve *Momipites quietus* gibi türlerin az orandaki varlığı bu veriyi desteklemektedir. Toplulukta otsulların bulunmaması ve odunsu bitkilerin fazlalığı çökelimin, sıcak ve yağışlı koşullar altında gerçekleştiğini gösterir.



Şekil 5.4: Odaköy (Dursunbey) yöresindeki Şentaş Madenciliğe ait Piriştine açık işletmesi içerisinden ölçülen kesitten elde edilen örneklerin polen diyagramı.



Şekil 5.5: Seçilmiş bazı polen fotoğrafları. (a, b) *Baculatisporites primarius* örnek CB/368; c) *Laevigatosporites haardti*, örnek CB/72; d) *Pityosporites microalatus*, örnek CB/20; e) *Piytosporites* sp., örnek CB/08; f) Cupressacites bockwitzensis, örnek CB/388; g) *Inaperturopollenites hiatus,* örnek CB/66; h) *Plicapollis pseudoexcelsus*, örnek CB/232; ı) *Alnipollenites verus*, örnek CB/194; j) *Ulmipollenites undulosus*, örnek CB/194; k) *Tricolpopollenites microhenrici,* örnek CB/112)

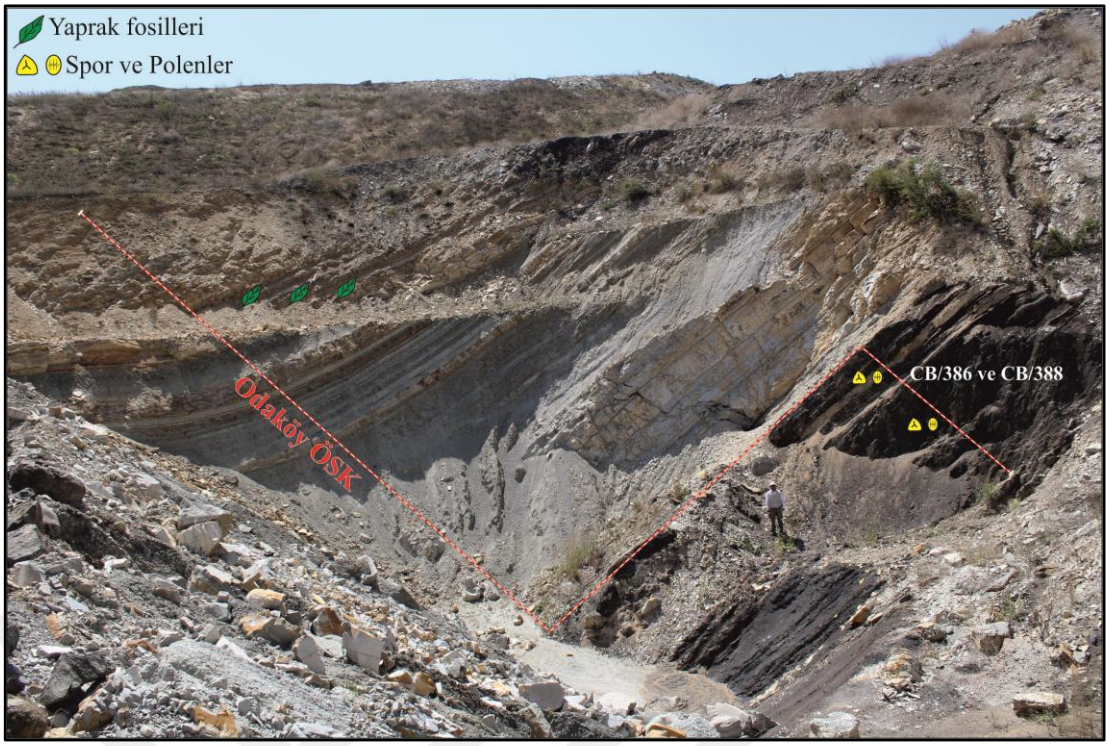
5.2 Paleobotanik Veriler

Yaprak fosillerini tanımlanması paleobotanik çalışmaları altında gerçekleştirilmektedir. Genellikle Türkiye'de yaprak fosilleri özellikle kömür içerikli göl, akarsu ve delta ortamlarına ait tortul istif içerisinde gözlenmektedir. Anadolu'da tanımlanmış yaprak fosilleri B ve KB Anadolu'da yaygın olarak gözlenen Oligosen-Miyosen yaşlı kömür havzalarından tanımlanmıştır (Örn. Manisa-Soma, Çanakkale-Çan, Aydın-Şahinali, Milas-Hüsamlar, Yatağan-Tınaz) (Madler ve Steffen, 1979; Gemici vd., 1992).

Paleobotanik çalışmalar sayesinde, yaprak fosillerinin fosilleştiği dönemde, depolanma alanının yakın çevresine ait bitki topluluğu hakkında ayrıntılı veri elde edilmesi mümkün olmaktadır. Tanımlanan yapraklar ve palinolojik sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, o dönemdeki paleocoğrafya da yorumlanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Odaköy yöresindeki Şentaş Madencilik A.Ş.'ye ait açık kömür işletmesi sahasından alınan ölçülü stratigrafik kesit boyunca (Odaköy ÖSK) paleobotaniksel çalışmalar için yaprak fosiller derlenmiştir (Şekil 5.6).

Derlenen yaprak fosillerinin hangi bitkiye ait olduğunu belirlemek amacıyla çalışılmış ve tanımlanan yaprak fosilleri temel alınarak, Odaköy ÖSK boyunca çökelmiş tortul istifin depolanması sırasındaki paleoiklimsel ve paleortamsal koşuları hakkında yorumlama yapılmıştır. Elde edilen palebotanik bulgular, aynı kesit boyunca yaprak fosillerinin derlendiği stratigrafik düzeyin altında yer alan organik maddece zengin turbamsı kömürlü seviyelerden derlenmiş örneklere ait palinolojik bulgular ile birlikte yorumlanarak ayrıntılı paleoekolojik yorumlama yapılması amaçlanmıştır (Şekil 5.6).

Yaprak fosillerinin günümüzde yayılım sunan bitkilerin yapraklarına benzerlikleri kullanılarak tanımlama yapılmaktadır ve o yaprağın hangi taksaya ait olduğu kesin olarak belirlenmektedir. Ancak sadece morfolojiye dayalı yaprak tanımlamaları da tanımlama açısından sağlıklı değildir. Bunun için yaprakların dokusundan elde edilen kütiküller tanımlamada daha doğru sonuçlar vermektedir.

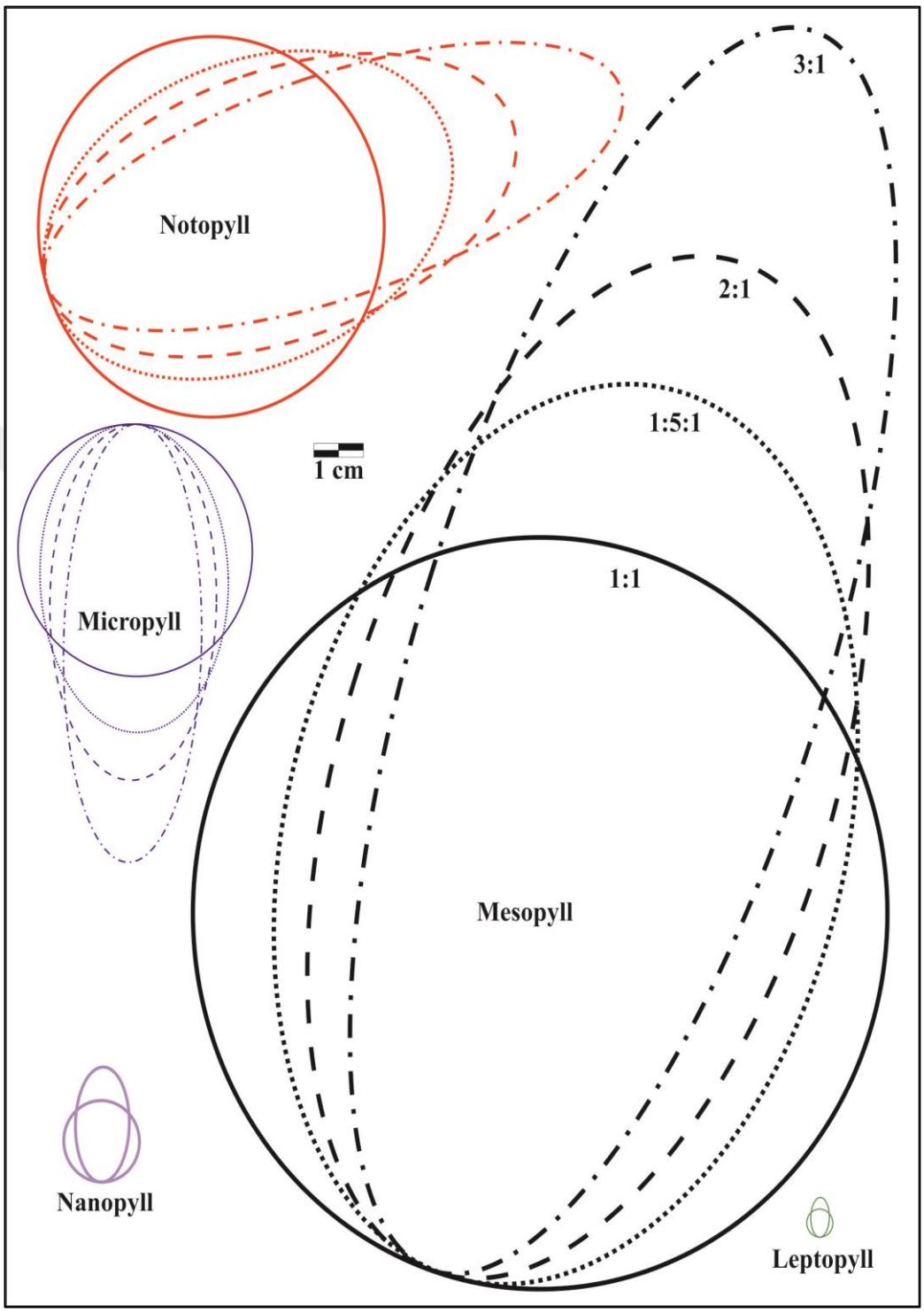


Şekil 5.6: Şentaş Madencilik A.Ş.'ye ait Odaköy yöresindeki açık kömür işletmesi içinde açılan pilot yarmada yaprak fosillerinin derlendiği kömür içerikli istif ve ÖSK lokasyonu.

Bu çalışma kapsamında Odaköy yöresinde, zaman zaman akarsu ile beslenmiş göl ortamında çökelen bu tortul istif içerisinden toplam 86 adet yaprak fosili ve 11 adet balık fosili derlenmiştir. Derlenen bu örnekler tanımlanmış ve bazıları yaprak fosilleri kullanılarak 7 adet levha oluşturulmuştur.

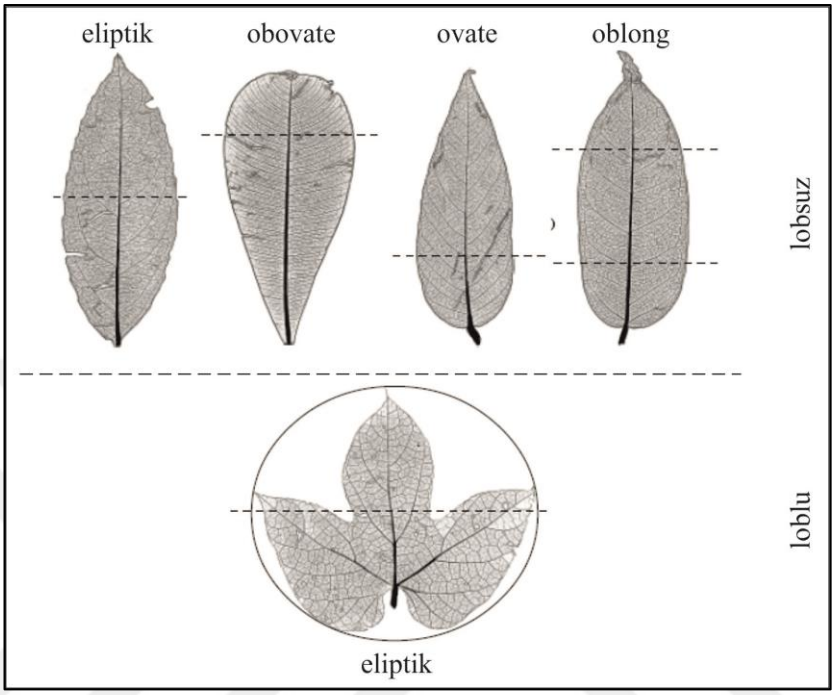
Araziden alınan fosil yaprağın öncelikle tümünün görünmesi tercih edilmektedir. Çünkü yaprağın tümünde gerekli ayrıntıların hepsi görülebilmektedir. Kırık ve iyi korunmamış yaprak fosilleri için tanımlama oldukça güçtür.

Yaprak fosilinin tanımlanabilmesi için genel şekli, boyu, taban şekli, uç şekli, damar yapısı, damarlar arasındaki açı, yaprak kenarı özelikleri, dişlerin özellikleri vb. özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Benzer morfolojik yapıya sahip yaprak fosillerinin boyutları aşağıdaki diyagram kullanılarak boyutlandırılır (Şekil 5.7).



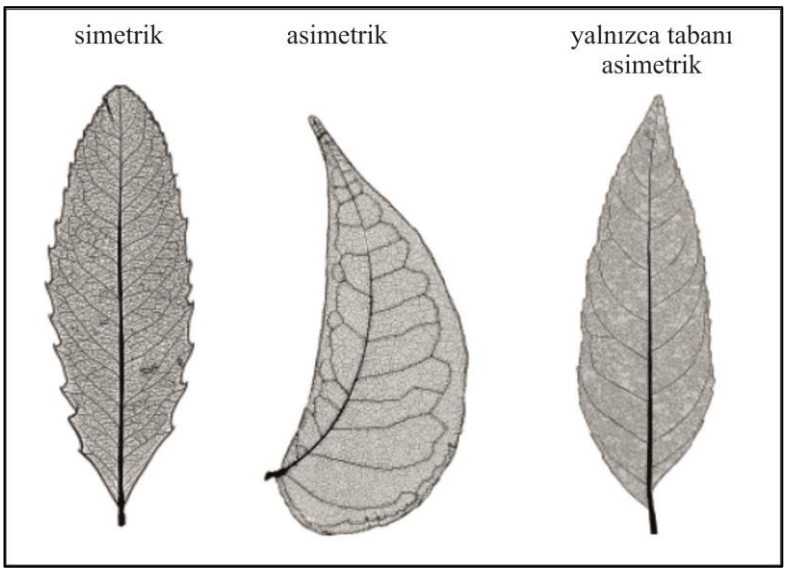
Şekil 5.7: Yaprak fosillerinin boyutuna göre adlandırması (Wing vd., 1999).

Boyu tanımlanan fosilin genel şekilleri aşağıdaki şekilde verildiği gibi eliptik, obovate, ovate ve oblong olmak üzere dörde ve loblu veya lobsuz olmak üzere de ikiye ayrılır (Şekil 5.8).



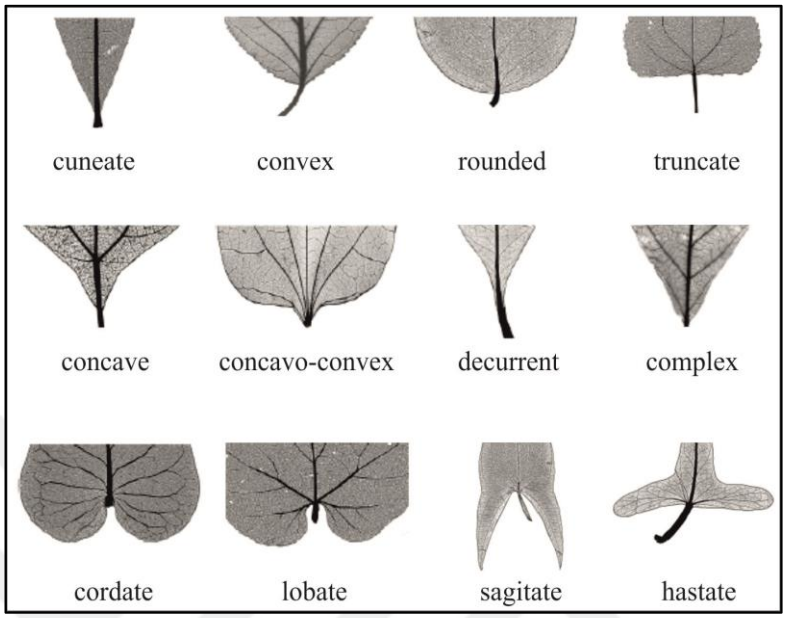
Şekil 5.8: Yaprak fosillerinin şekillerine göre sınıflandırılması (Dilcher, 1974 ve Wing vd., 1999).

Ayrıca yaprak fosilini ikiye bölen düşey çizgiye göre de, simetrik, asimetrik ve yalnızca tabanı asimetrik olmak üzere üçe ayrılır (Şekil 5.9).



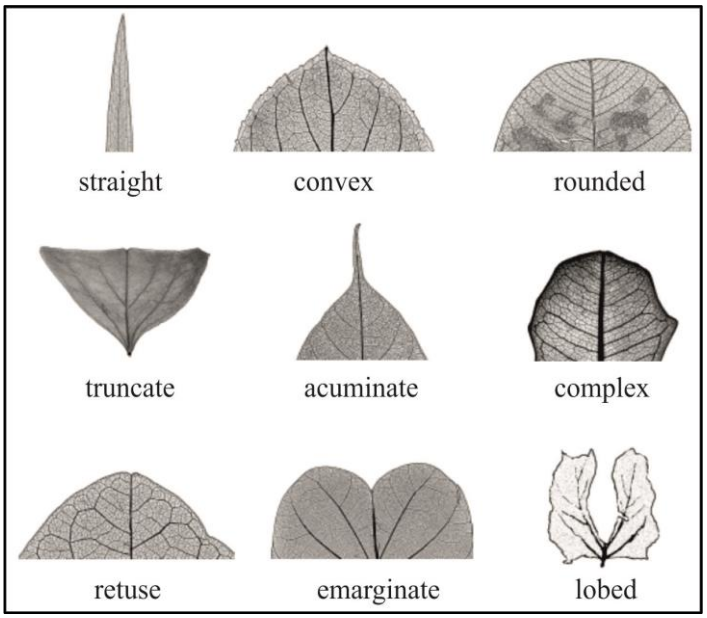
Şekil 5.9: Yaprak fosillerinin birincil damarın konumuna göre sınıflandırılması (Wing vd., 1999).

Yaprakların taban şekilllerine göre ise cunate, convex, rounded, truncate, concave, concavo-convex, decurrent, complex, cordate, lobate, sagitate ve hastate olmak üzere 12'ye ayrılır. (Şekil 5.10)



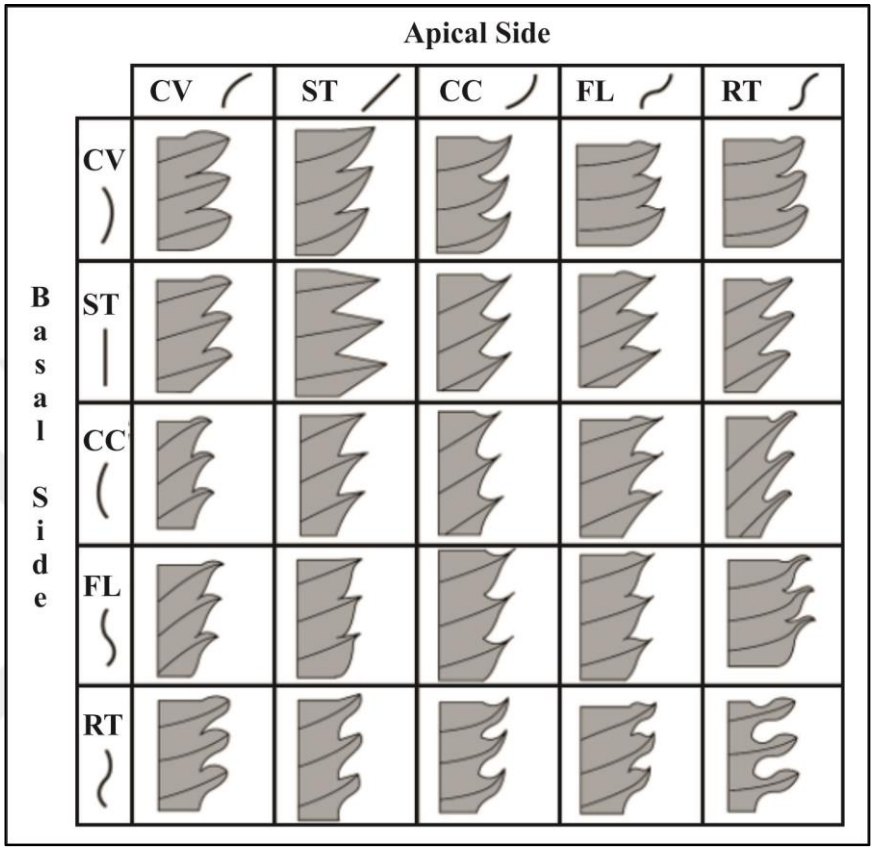
Şekil 5.10: Yaprak fosillerinin taban şekline göre sınıflaması (Wing vd., 1999).

Taban şekli belirlenen yaprak fosili uç kısmının şekline göre adlandırılır. Uç (apex), straight, convex, rounded, truncate, acuminate, complex, retuse, emarginate ve lobed olmak üzere 9'a ayrılmaktadır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Yaprak fosillerinin uç şekline göre sınıflaması (Wing vd., 1999).

Uç kısmı tanımlanan yaprağın kenar özellikleri incelenir. Yaprağın kenar kısmının dişli olması veya olmaması not edilir. Eğer diş içeriyor ise bu dişlerin yapısı ayrıntılı şeklide incelenir ve bu inceleme sırasında aşağıdaki ölçek kullanılır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Yaprak kenarındaki dişlerin genel özellikleri ve sınıflaması (Wing vd., 1999).

Bu çalışmadaki palinolojik topluluklara dayalı sayısal iklimsel değerlendirmeler, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından geliştirilen "Coexistence approach" yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tekniğin özelliği "Yaşayan en yakın akraba" yaklaşımı ile tanımlanır ve Senozoyik'te yaşamış olan bitkilerin iklimsel gereksinimleri, onların günümüzde yaşayan en yakın akarabalarının iklimsel gereksinimlerine benzerdir fikrine dayanmaktadır. Bunun için bilgisayar destekli "Climstat" programı kullanılmıştır. "Coexistence Approach" yönteminin amacı, verilen bir fosil floranın çeşitli iklimsel parametreleri aralığını bulmaktır. Bunun sonunda coexistence aralığı elde edilir ve bu da her bir iklimsel parametre için, hangi bitki türlerinin hangi sıcaklıkta yaşadığını anlatan en iyi tanımlama olarak düşünülmektedir.

"Coexistence Approach" yöntemini kullanmak için, Senozoyik'te yaşamış olan bitkilere ait 2000'e yakın "Paleoflora veritabanı" ve bunların günümüzde hangi sıcaklık aralıklarında yaşadığını bilmemiz gerekmektedir. Bu çalışmada elde edilen palinofloralar kullanılarak, Yıllık Ortalama Sıcaklık (^{0}C) (MAT), En Soğuk Ayın Ortalama Sıcaklığı (^{0}C) (CMT), En Sıcak Ayın Ortalama Sıcaklığı (^{0}C) (WMT) ve Yıllık Yağış Miktarı (mm.) (MAP) sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

IPR-vejetasyon analizi, Kovar-Eder ve Kvaček (2003) tarafından fosil bitki kayıtlarına (yaprak, meyve ve polen toplulukları) dayalı zonal bitki örtüsünü değerlendirmek için geliştirilen yarı kantitatif bir yöntemdir. Bu analiz, fosil bitki örtüsünün nesnel bir değerlendirmesi olarak, Senozoyik bitkilerinin taksonomisi, fizyognomisi ve otekolojik özelliklerini değerlendirmektedir (Kovar-Eder ve Kvaček 2007; Kovar-Eder vd. 2008).

Zonal ve azonal bitki elementleri, bir topluluğun temel ekolojik özelliklerini yansıtacak şekilde tanımlanan temel taksonomik-fizyognomik gruplara ayrılmıştır (Kovar-Eder ve Kvaček 2003, 2007, Jechorek ve Kovar-Eder 2004, Kovar-Eder vd. 2008). Bu gruplar kozalaklı bitkiler (CONIF), geniş yapraklı yaprak döken bitkiler (BLD), geniş yapraklı yaprak dökmeyen bitkiler (BLE), sklerofil bitkiler (SCL), baklagil benzeri bitkiler (LEG), zonal palmiye bitkileri (ZONPALM), otsul bitkiler (ARBFERN), kuru otsu bitkiler (D-HERB), mezofitik otsu bitkiler (M-HERB), azonal bitkiler (AZONAL WOODY), azonal odunsu olmayan bitkiler (AZNW), sucul bitkiler (AQUATIC) ve problemli bitkilerden oluşmaktadır.

Bu program yardımıyla, vejetasyon türünün yanı sıra genel vejetasyon tipini de belirlemek mümkün olmaktadır. Orman tipleri (Kovar-Eder ve Kvaček 2007; Kovar-Eder vd. 2008): geniş yapraklı yaprak döken ormanlar (BLDF), subtropikal karışık mezofitik ormanlar (MMF), ılıman subtropik geniş yapraklı yaprak dökmeyen ormanlar (BLEF), zonal subtropik, subhumid sclerophyllous veya microphyllous ormanlar (ShSF), zonal xeric açık ormanlık alanlar ve zonal xeric meralar veya bozkırlar olarak tanımlanmıştır. Teodoridis vd. (2011) ek olarak BLEF ve MMF ile BLDF ve MMF arasındaki ekotonların vejetasyonu da tanımlanmıştır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: IPR analiz yöntemine göre vejetasyon tipleri.

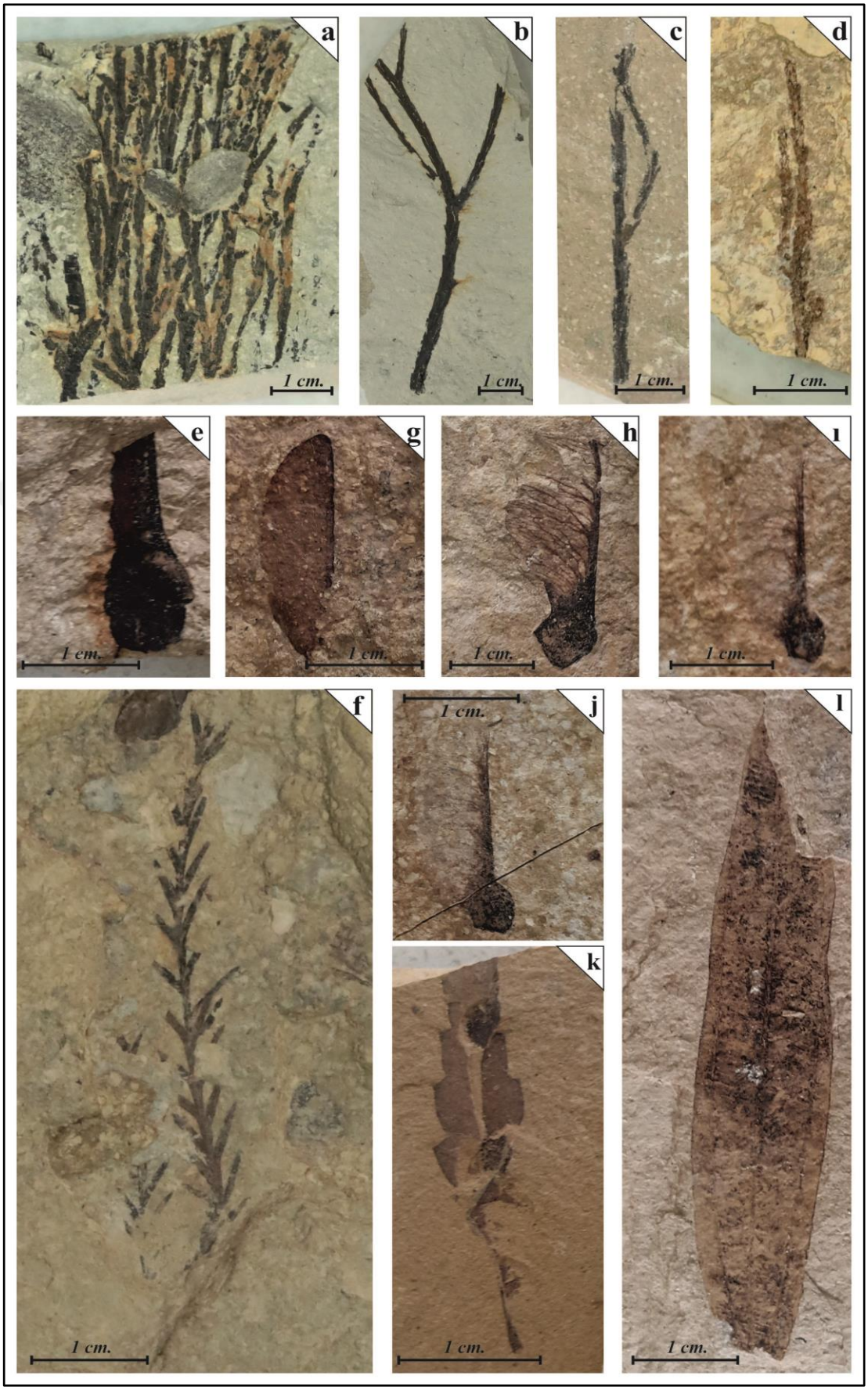
<table>
<tr><th rowspan="2">Vejetasyon Tipi</th><th colspan="3">Zonal Odunsu Elementler</th><th>Zonal Otsu Elementler</th></tr>
<tr><th>BLD</th><th>BLE</th><th>SCL+LEG</th><th>Meso+Dry Herb</th></tr>
<tr><td>Geniş yapraklı,
yaprak döken ormanlar "BLDF"</td><td>> 80 %</td><td></td><td></td><td>≤ 30 %</td></tr>
<tr><td>Ecotone "BLDF" / "MMF"</td><td>75-80 %</td><td rowspan="2">< 30 %</td><td rowspan="3">< 20 %</td><td rowspan="3">< 30 %</td></tr>
<tr><td>Subtropikal karışık
mezofitik ormanlar "MMF"</td><td rowspan="2">< 75 %</td></tr>
<tr><td>Ecotone "MMF" / "BLEF"</td><td>30-40 %</td></tr>
<tr><td>Ilıman subtropik geniş yapraklı
yaprak dökmeyen ormanlar "BLEF"</td><td></td><td>> 40 %</td><td>(SCL+LEG)<BLE</td><td>< 25 %</td></tr>
<tr><td>Zonal subtropik, subhumid sclerophyllous
veya microphyllous ormanlar "ShSf"</td><td></td><td></td><td>≥ 20 %</td><td>< 30 %</td></tr>
<tr><td>Zonal xeric açık ormanlık alanlar</td><td></td><td>< 30 %</td><td>≥ 20 %</td><td>30-40 % Meso Herb > Dry Herb
up to 10 % of all zonal herbs</td></tr>
<tr><td>Zonal xeric meralar veya bozkırlar</td><td></td><td>< 30 %</td><td></td><td>≥ 40 %</td></tr>
</table>

Odaköy Yöresinin Makro Florası:

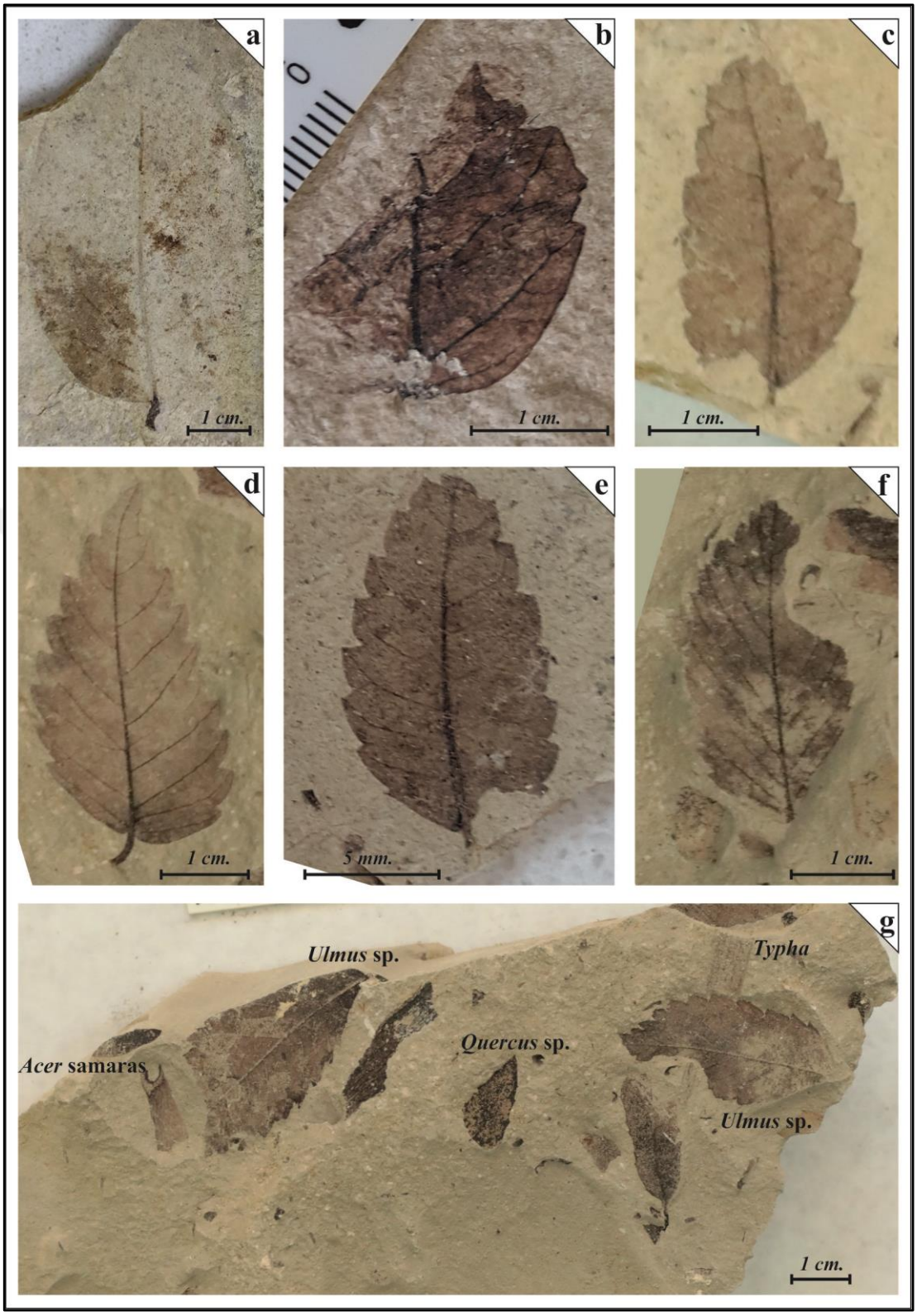
Bu çalışma kapsamında araziden derlenen yaprak fosillerinin tayini standart yaprak fosili tanımlama yöntemi ile yapılmıştır. Bu tanımlamaya göre, yaprak fosillerine ait 12 taxa ve 15 tür tanımlanmıştır. Odaköy makro florası içerisinde, Gymnospermlere ait fosillerin ve Angiospermlere ait Fagaceae-*Quercus*, *Typha*, Ulmaceae-*Zelkova* ve Myricaceae-*Myrica* sp.'nin bolluğu belirlenmiştir. Bu formlara *Camptonia* sp., Betulaceae-*Alnus* sp., Aceraceae-*Acer* (Samaras), *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae), Juglandaceae-*Engelhardia* az bol olarak diğer fosillere eşlik etmektedir. Bu fosil lokasyonundan ayrıca bol miktarda balık fosili ve balık fosillerine ait parçalar gözlenmiştir (Tablo 5.2, Şekil 5.13 – Şekil 5.19 arası).

Tablo 5.2: Çalışma alanından derlenen yaprak ve balık fosillerinin listesi ve bollukları.

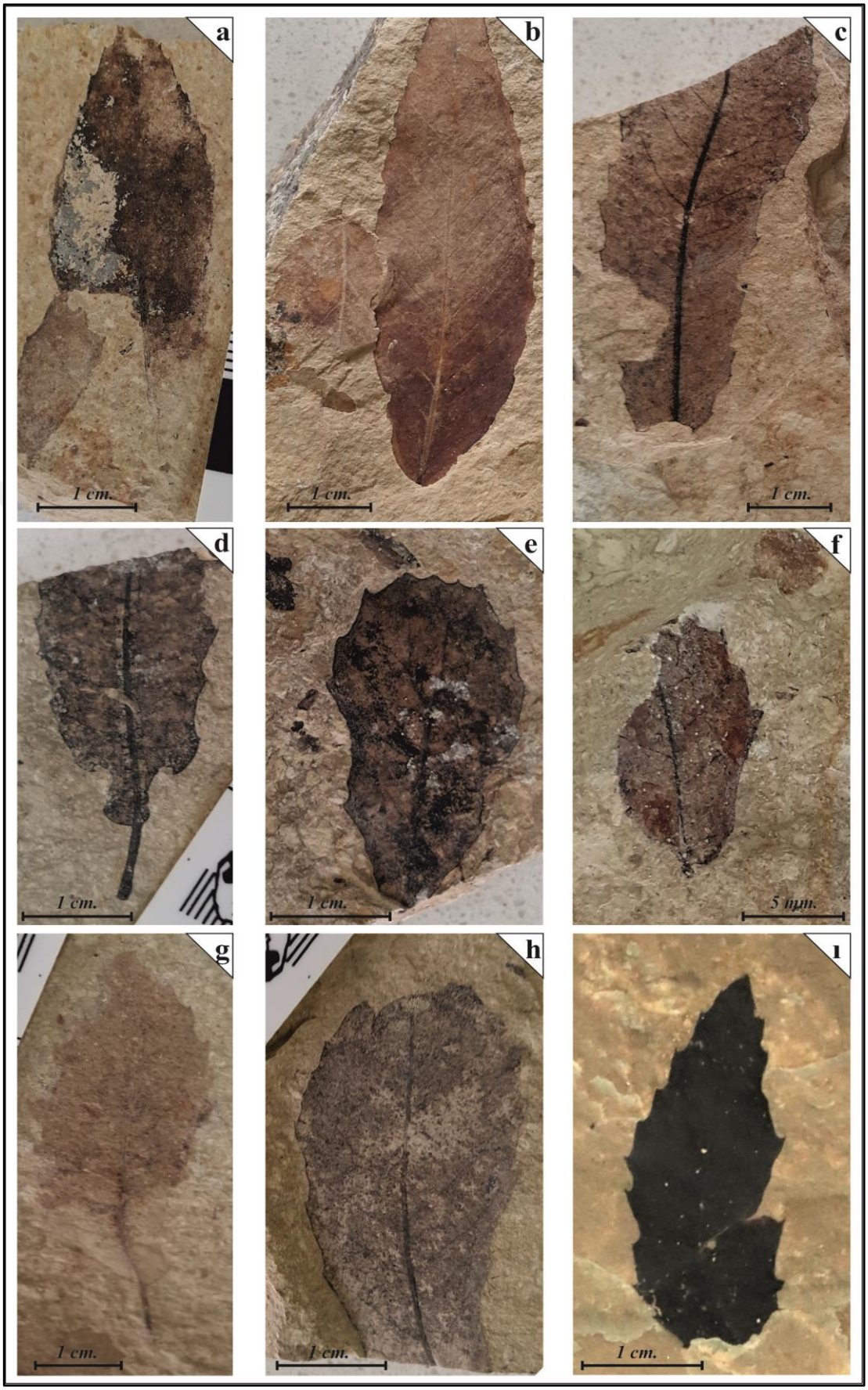
Botanik Bağlılığı	Bolluk miktarı	Botanik Bağlılığı	Bolluk miktarı
Aceraceae-*Acer* (Samaras)	3	*Glyptostrobus europaeus* (*Glyptostrobus*)	5
Balık fosilleri ve Balık fosili parçaları	11	Juglandaceae-*Engelhardia*	1
Betulaceae-*Alnus* sp.	1	Konifer cones	2
Comptonia sp.	1	Konifer dal parçası	1
Daphnogene polymorpha (Lauraceae)	1	Myricaceae-*Myrica* sp.	8
Dicotylophyllum spp.	10	Pinaceae-*Sequoia* sp.	1
Fagaceae-*Fagus* sp.	2	*Typha*	15
Fagaceae-*Quercus kubinyii*	1	Ulmaceae-*Ulmus* sp.	1
Fagaceae-*Quercus mediterranean*	6	*Zelkova zelkovifolia* (Ulmaceae)	7
Fagaceae-*Quercus* spp.	8		



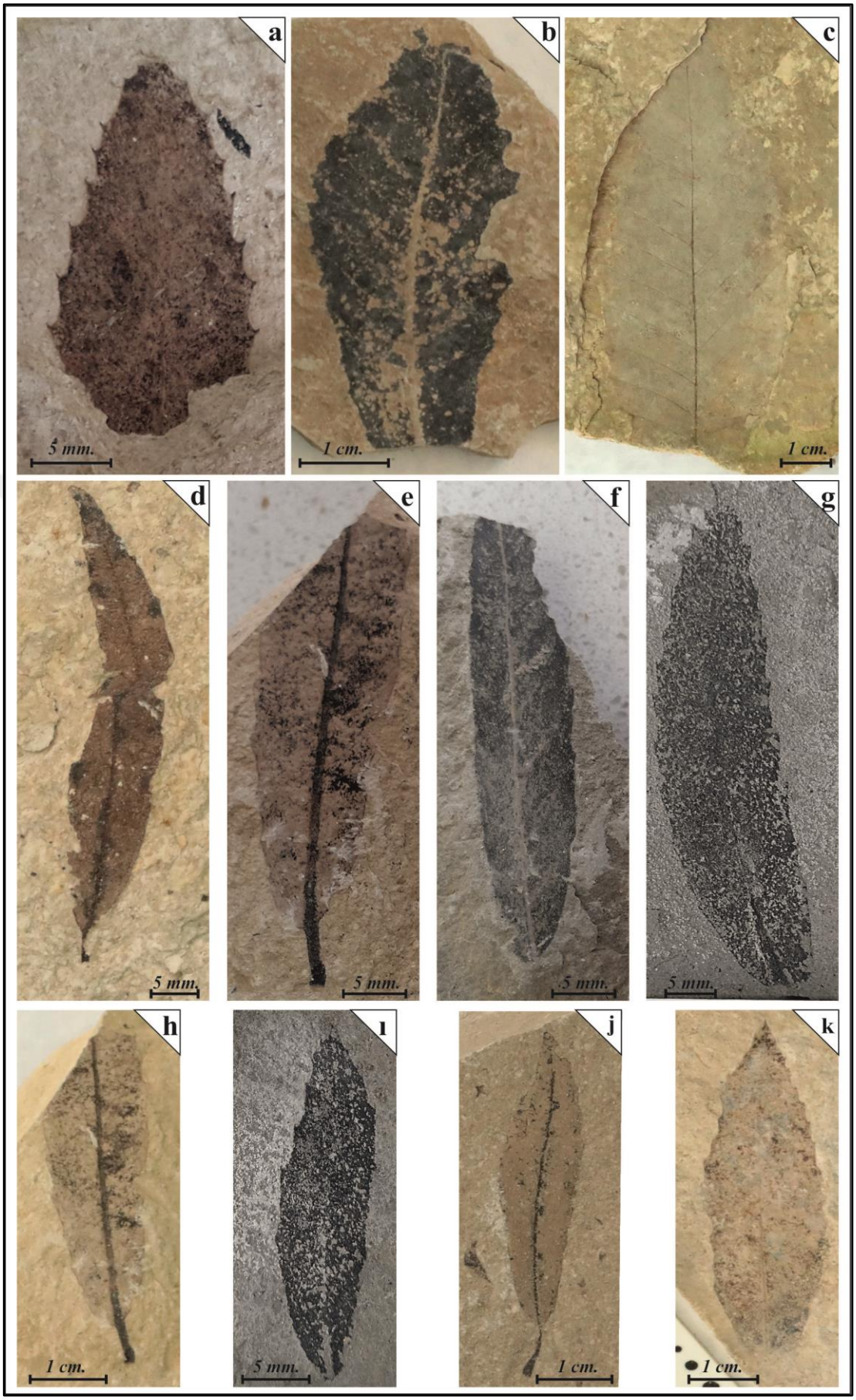
Şekil 5.13: Seçilmiş bazı yaprak ve tohum fotoğrafları {a-d) *Glyptostrobus europaeus,* e) *Conifer cones,* f) *Sequoia* sp., g-j) *Acer* samaras, k) *Camptonia* sp., l) *Daphnogene polymorpha*}.



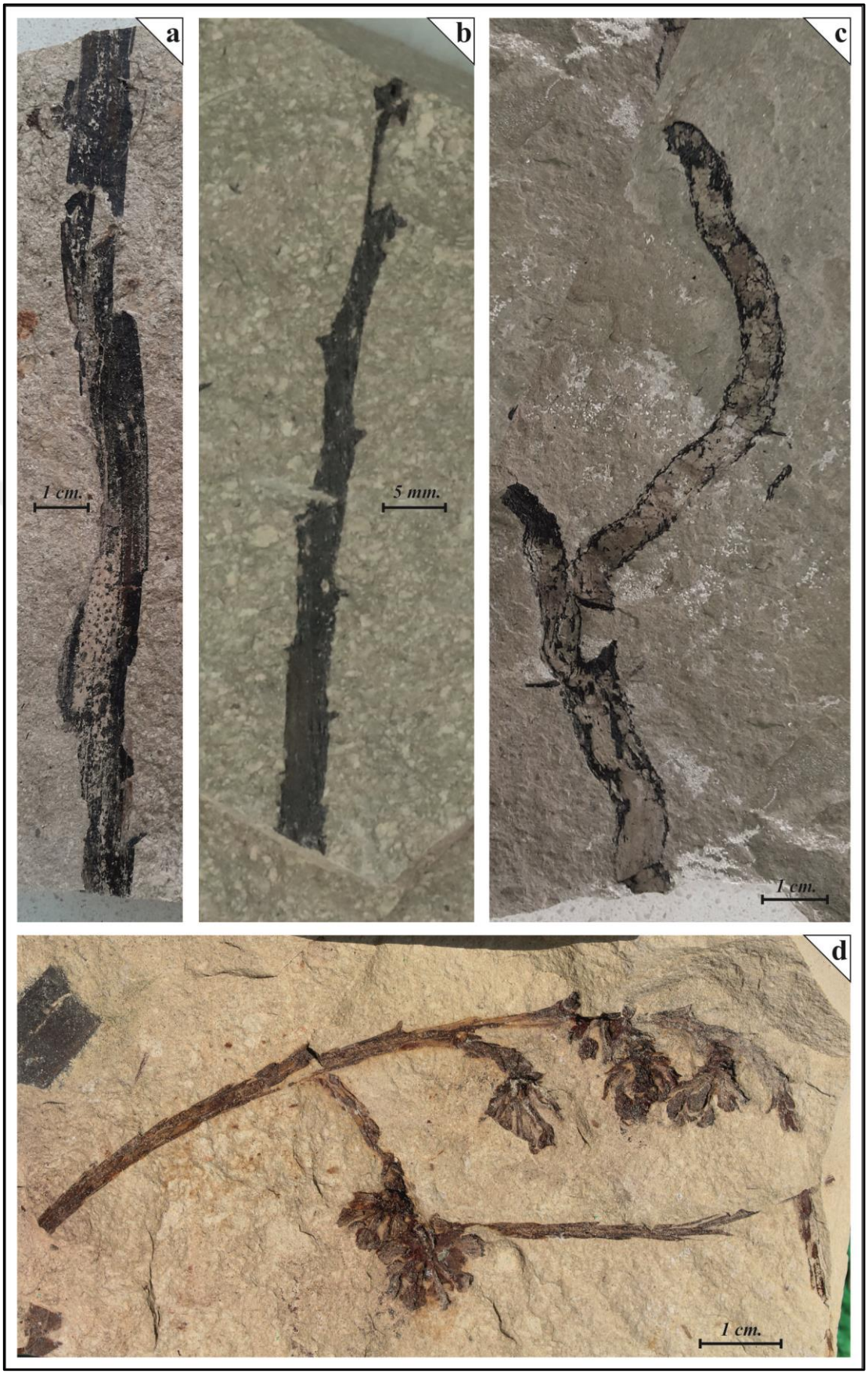
Şekil 5.14: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları {a) *Alnus* sp., b-e) *Zelkova zelkovifolia,* f) *Ulmus* sp., g) *Acer* samaras ve *Ulmus* sp.}.



Şekil 5.15: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları {a,b) *Quercus kubinyi*., c) *Quercus* spp., d-ı) *Quercus mediterranean*}

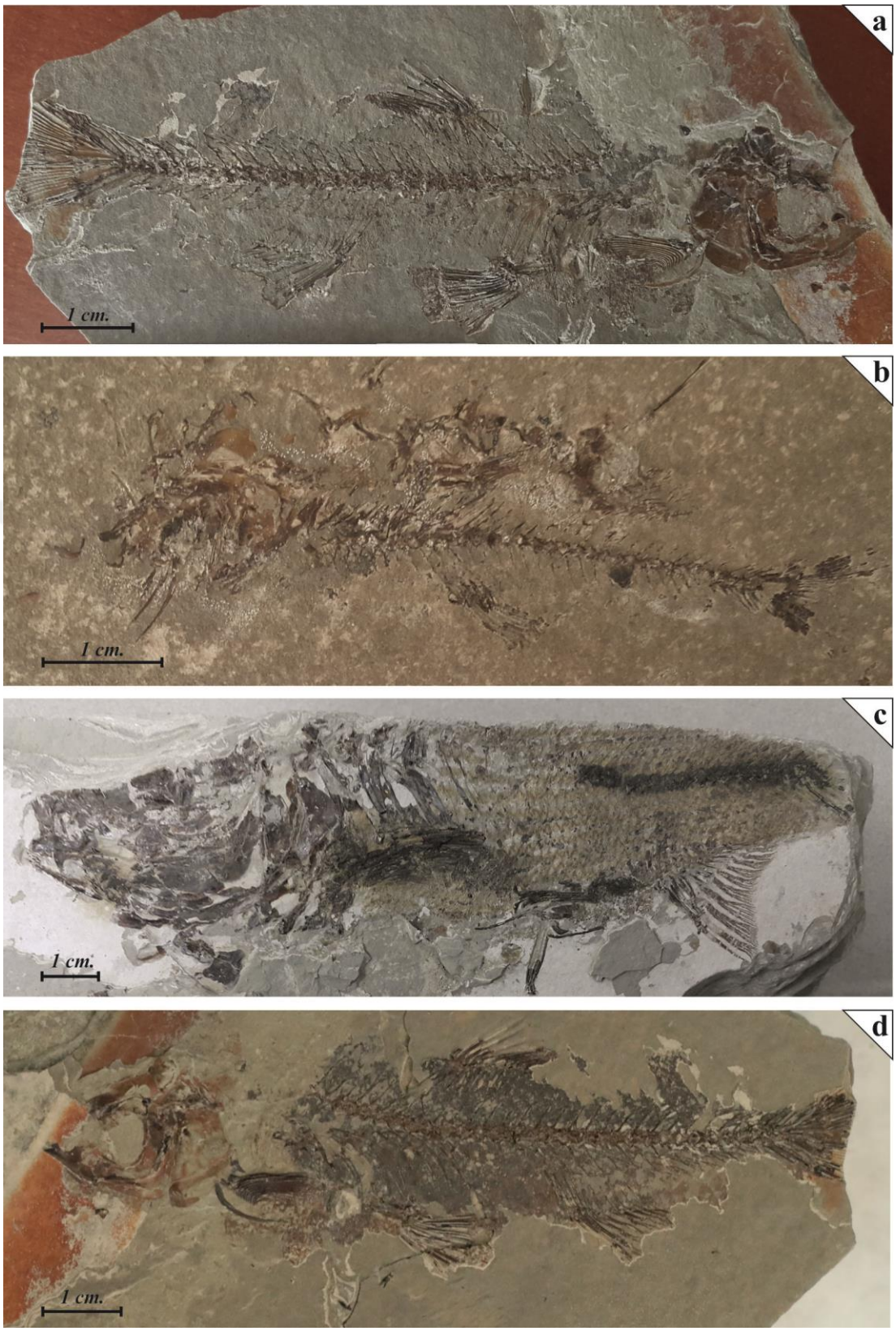


Şekil 5.16: Seçilmiş bazı yaprak fotoğrafları {a,b) *Quercus* spp., c) *Fagus* sp., d-k) *Myrica*}



Şekil 5.17: Seçilmiş bazı fosil fotoğrafları {a) Dal parçası, b) Koniferlere ait dal parçası., c-d) *Glyptostrobus europaeus*}.

Şekil 5.18: Seçilmiş bazı fosil fotoğrafları {a-d) *Typha*}.



Şekil 5.19: Çalışma alanından derlenen bazı balık fosilleri.

Odaköy Yöresinin Paleovejetasyon ve Paleoiklimi:

Yaprak fosillerinin ait oldukları bitkilerin günümüzde hangi vejetasyon tipi içerisi içeresinde yer aldığı göz önünde bulundurularak, tanımlanan makro veya mikro floranın genel vejetasyonu, depolanma ortamının paleotopoğrafyası ve karasal alandaki paleoiklimsel koşullar hakkında yaklaşımda bulunulması mümkün olmaktadır.

Yaprak fosillerine göre tanımlanan paleovejetasyon, fosillerin taphonomisi göz önünde bulundurulduğunda depolanma alanının yakın çevresi hakkında bilgi verirken, mikro floraya bağlı olarak yapılan paleovejetasyon modellemesinde, spor ve polenlerin rüzgar, akarsu ve diğer yollar ile uzak yerlere taşınma imkanı bulabildiği için yakın ve uzak alanın tamamına ait kuşbakışı sonuç alınmaktadır. Ayrıca, makro flora ile otsul formlara ait fosilleşmiş bir kalıntı bulmak otsul bitkilerin morfolojik yapısında dolayı oldukça zordur. Bu formların bulunmaması, otsul formların yokluğu anlamına gelmemektedir.

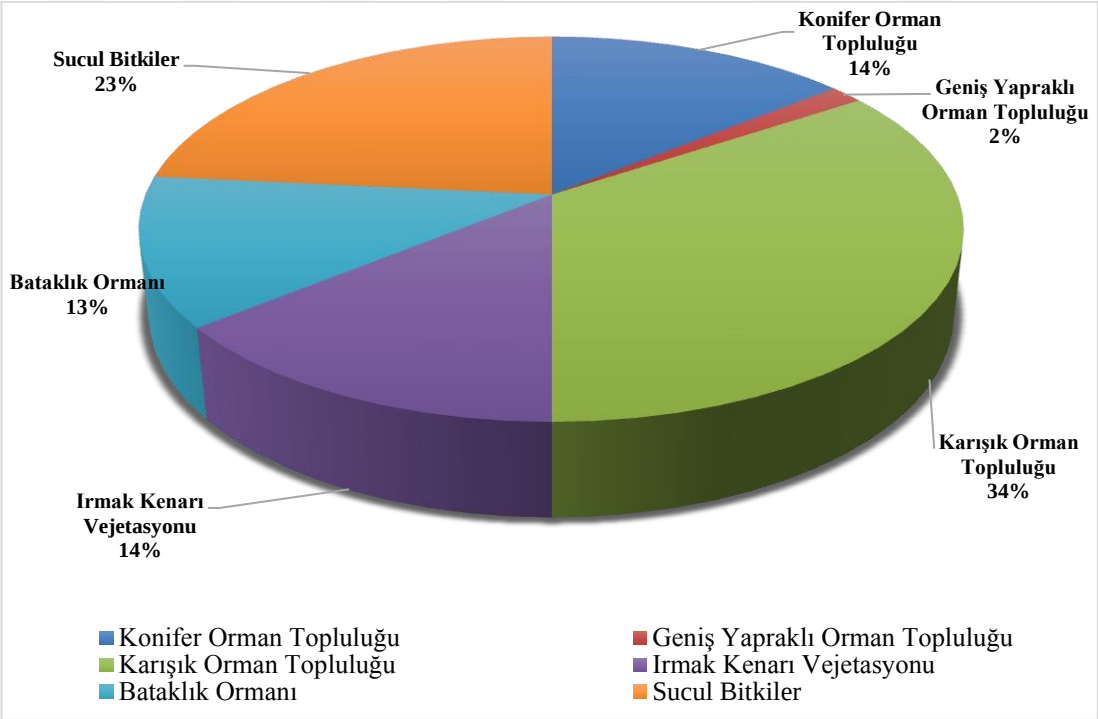
Odaköy makroflorasında tanımlanan formların vejetasyon tiplerine göre grupladığımızda "Karışık Orman Topluluğu"na ait bitkilerin yüzdesinin %34, "Akarsu Kenarı Bitki Topluluğu"nu oluşturan bitkilerin yüzdesinin %14, "Bataklık Ormanı"na ait bitkilerin yüzdesinin %13, bataklık ve/veya akarsu kenarında yer alabilen sucul bitkilerin yüzdesinin %23 ve yakın çevrede yer alan ova ve orta yükseltide alanlarda yayılım gösteren konifer ormanına ait bitkilerin yüzdesi %14 ve "Geniş Yapraklı Orman Topluluğu"na ait bitkilerin yüzdeleri %2 olarak hesaplanmıştır.

Vejetasyon tiplerine ait yüzde bolluklar ve sedimantolojik bulgular göz önünde bulundurulduğunda, gölsel bir depolanma alanından söz edilebilir. Bu göl ortamının faunasının da zengin olduğu ortamda bol miktarda bulunan balık fosillerinin varlığıyla da söylenebilir (Şekil 5.19).

Odaköy makro florası, derlendiği tortul istifin depolanması sırasında, gölün su seviyesinin yüksek olduğu sucul ve bataklık bitkilerin bolluğu ile açıklanabilir (Tablo 5.3 ve Şekil 5.20). Akarsu kenarı bitki örtüsünün bolluk yüzdesinin yüksek oluşu, bu gölün zaman zaman akarsu ile beslendiğine işaret etmektedir. Göl çevresinde az ve orta yükselti alanlarda karışık orman topluluğuna ait bitkiler ile kaplıdır.

Tablo 5.3: Çalışmada tanımlanan bitkilerin vejetasyon tipleri.

Konifer Orman Topluluğu	***Geniş Yapraklı Orman Topluluğu***	***Karışık Orman Topluluğu***	***Irmak Kenarı Vejetasyonu***
Pinaceae-*Sequoia* sp.	Juglandaceae-*Engelhardia*	her dem yeşil *Quercus* (Fagaceae-*Quercus mediterranean)*	Betulaceae-*Alnus* sp.
Glyptostrobus europaeus (*Glyptostrobus*)	***Bataklık Ormanı***	yaprak döken *Quercus* (Fagaceae-*Quercus kubinyii)*	Ulmaceae-*Ulmus* sp.
Konifer cones	Myricaceae-*Myrica* sp.	Fagaceae-*Quercus* spp.	*Zelkova zelkovifolia* (Ulmaceae)
Konifer dal parçası	***Sucul Bitkiler***	Fagaceae-*Fagus* sp.	
	Typha	Aceraceae-*Acer* (Samaras)	
		Comptonia sp.	
		Daphnogene polymorpha (Lauraceae)	



Şekil 5.20: Odaköy Makro Florası'nın vejetasyon tiplerinin bolluk yüzdeleri.

Ayrıca, çalışma kapsamında tanımlanan makro floranın temel vejetasyon tipinin belirlenmesi için, IPR vejetasyon analiz yöntemi kullanılmış ve BLD %58, BLE %25 ve SCL+LEG %16,95 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.4). Tablo 5.1'de yer alan gruplamaya göre, Odaköy makro florasının temel vejetasyon tipi karışık orman topluluğu olarak belirlenmiştir. Bu sayısal yöntem ile elde edilen model floraya bağlı olarak elde edilen modelleme ile uyum içindedir (Tablo 5.4).

Tablo 5.4: Çalışmada tanımlanan bitkilerin IPR analizi yöntemine göre vejetasyon grupları.

Odaköy Makro Florası	**Zonal**							**Azonal**			**PROBLEMATIC TAXA**	
Taxa	**CONIF**	**BLD**	**BLE**	**SCL**	**LEG**	**DRY HERB**	**MESO HERB**	**AZONAL WOODY**	**AZNW**	**AQUATIC**		
Acereceae-*Acer* (Samaras)		1,00										1,00
Betulaceae-*Alnus* sp.		1,00						0,50				1,50
Comptonia sp.											1,00	1,00
Daphnogene polymorpha (Lauraceae)			0,75					0,25				1,00
Dicotylophyllum spp.											1,00	1,00
Fagaceae-*Fagus* sp.		1,00										1,00
Fagaceae-*Quercus kubinyii*		0,50		0,50								1,00
Fagaceae-*Quercus mediterranean*			0,50	0,50								1,00
Fagaceae-*Quercus* spp.		0,25	0,25	0,25				0,25				1,00
Glyptostrobus europaus (Glyptostrobus)								1,00				1,00
Juglandaceae-*Engelhardia*		0,50	0,50									1,00
Konifer cones	1,00											1,00
Konifer dal parçası	1,00											1,00
Myricaceae-*Myrica* sp.		0,33	0,33					0,34				1,00
Pinaceae-*Sequoia* sp.	1,00											1,00
Typha									1,00			1,00
Ulmaceae-*Ulmus* sp.		0,33		0,33				0,34				1,00
Zelkova zelkovifolia (Ulmaceae)		0,50						0,50				1,00
Sum of taxa	3,00	5,41	2,33	1,58	0,00	0,00	0,00	3,18	1,00	0,00	2,00	18,50
Sum zonal taxa												12,32
Percentage of zonal taxa	24,35	43,91	18,91	12,82	0,00	0,00	0,00					100,00
Sum zonal woody angiosperms												9,32
Percentage zonal woody angiosperms		58,05	25,00	16,95	0,00							100,00
Sum of % SCL+LEG	16,95											
Sum of % DRY HERB + MESO HERB	0,00											

Odaköy makro florasına ait bitkiler palaeoiklimsel özelliklerine göre incelendiğinde, subtropikal iklim koşullarında gelişim gösteren bitkilerin bolluğu (her dem yeşil *Quercus* (Fagaceae-*Quercus mediterranean;* Juglandaceae-*Engelhardia* ve *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae)) göstermektedir. Sucul ve bataklık bitkilerinin yüksek oranlardaki varlığı, göl su seviyesinin yüksek olduğunu, akarsu kenarı bitki örtüsünün varlığı ise gölün iklimsel koşullara bağlı olarak zaman zaman yağışlardan beslendiği ve iklimin nemli olduğuna işaret etmektedir.

Odaköy makro florasına ait sayısal iklimsel değerler 15 taxa kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre yıllık ortalama sıcaklık değeri (MAT) 14,7 ^{0}C, ortalama en soğuk ay sıcaklık değeri (CMT) 3,75 ^{0}C, ortalama en sıcak ay sıcaklık değeri (WMT) 24,1^{0} C ve yıllık ortalama yağış miktarı 1092,5mm olarak hesaplanmıştır. Sayısal iklimsel değerler, makro ve mikro floraya göre belirlenen iklimsel koşullar ile uyum içerisindedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5: Odaköy yöresi makro florasının sayısal iklimsel değerleri.

Mean Annual Temperture [°C]: 15 [13.8 - 15.6]
Left border set by: *Engelhardtia* sp.
Right border set by: *Comptonia peregrina.*

Temperature of the coldes month [°C]: 15 [3.1 - 4.4]
Left border set by: *Engelhardtia* sp.
Right border set by: *Comptonia peregrina.*

Temperature of the warmest month [°C]: 15 [22.1 - 26.1]
Left border set by: *Engelhardtia* sp.
Right border set by: *Quercus ilex, coccif*

Mean Annual Precipitaiton [mm]: 15 [823.0 - 1362.0]
Left border set by: *Engelhardtia* sp.
Right border set by: *Comptonia peregrina.*

Yaprak fosillerine göre yaş tayini yapılması oldukça zordur. Ancak, bitki örtüsü ve paleoiklim bir arada değerlendirildiğinde, zorda olsa yaş için yaklaşımda bulunulması mümkün olabilmektedir.

Odaköy makro (*Daphnogene polymorpha)* ve mikro (*Engelhardia*, Cyrillaceae-Clethraceae, *Castanea)* floralarında tanımlanan sıcağı seven bitkilerin varlığı ve soğuğu seven bitkilerin eşlik etmesi, bu bitki örtüsünün Erken Miyosen (?Akitaniyen sonu Burdigaliyen başı) zamanında çökeldiğine işaret etmektedir.

Küresel olarak gözlenen Akitaniyen serinlemesinden sonra gözlenen Orta Miyosen İklimsel Optimum dönemi (Burdigaliyen-Langiyen) nemli ve subtropikal iklim koşullarının gözlenmesine neden olmuştur (Kayseri Özer, 2013). Odaköy ölçülü stratigrafik kesiti boyunca tanımlanmış makro ve mikro fosiller, Orta Miyosen İklimsel Optimum döneminde gözlenen iklimsel koşullar kadar sıcak ve nemli olmasa da göreceli olarak bu dönemin başlangıcına ait iklimsel koşulların varlığını yansıtmaktadır.

Odaköy ölçülü stratigrafik kesitinden tanımlanan makro floranın daha alt seviyelerinden alınan CB/386 ve 388 numaralı örneklere ait mikrofloranın içeriğinin bol, ancak çeşitliliğini fakir olduğu gözlenmiştir. Mikro floraya göre tanımlanan palaeovejetasyon zaman zaman akarsu ile beslenen (*Alnipollenites verus* (*Alnus*) ve *Triatriopollenites rurensis* (*Myrica*)) göl bataklığına ait yaygın bataklık ortamı (*Cupressacites bockwitzensis* (Cupressaceae)) ile temsil edilmektedir. Ayrıca, subtropikal iklim koşullarında gölün yakın ve uzak çevresinde alçak ve orta yükseltili alanların *Quercus, Engelhardia*, Cyrillaceae-Clethraceae, *Castanea* ve bu bitkilere sarılarak yaşayan *Calamus* palmiyesi gibi bitkiler ile kaplı olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca, bataklık alanında eğrelti bitkilerinin (Polypodiaceae / Thellipteridaceae) yaygın olduğu gözlenmiştir. Mikro floraya göre belirlenen bu gölsel tortullarının depolanması sırasındaki paleovejetasyonel, paletopografik ve paleoiklimsel koşullar, makro floraya göre tanımlanan koşullar ile benzerdir. Bu benzerlik Odaköy ölçülü stratigrafik kesiti boyunca organik maddece zengin seviyeler ve hemen üzerinde yer alan yaprak fosili içeren tortulların sedimantasyonu sırasında benzer ortamsal koşulların varlığıyla söylenebilir.

6. SEDİMANTOLOJİ

6.1 Fasiyesler

Bu bölümde inceleme alanındaki Neojen çökellerini oluşturan Soma Formasyonu'nun sedimantolojik özellikleri incelenecektir. Fasiyes tanımı tek bir tabakadan ziyade bir grup tabakayı ifade eden, litoloji, geometri, sedimanter yapı, fosil içeriği, bileşim ve dokusal özelliklerine bağlı olarak ayırtlanmış, belirli hidrodinamik şartlar altında oluşmuş kayaç topluluklarıdır. Fasiyeslerin ayırtlanmasındaki amaç depolanma esnasındaki şartları ortaya koymaktır.

Bu tanımlamaya göre inceleme alanında onyedi (17) fasiyes ayırtlanmıştır. Bu fasiyesler;

1: Matriks destekli konglomeralar

2: Tane destekli konglomeralar

3: Çakıllı kumtaşları

4: Masif kumtaşları

5: Dereceli kumtaşları

6: Laminalı kumtaşları

7: Kaba kumtaşı arakatkılı silttaşları

8: İnce taneli kumtaşı-silttaşı ardalanması

9: Masif çamurtaşları

10: Organik malzemeli kiltaşları

11: Gri-yeşil kiltaşları

12: Sarı-bej laminalı kiltaşları

13: Masif marnlar

14: Kireçtaşları

15: Oolitli killi kireçtaşı

16: Kömür

17: Tüf-tüfit fasiyesi'dir.

6.1.1 Fasiyes 1: Matriks Destekli Konglomeralar

Her iki alanda da gözlenen fasiyes çalışma alanında grimsi yeşil renklerde, çoğunlukla kum ve çamur matriksli, matriks destekli masif konglomeralarla temsil edilir (Şekil 6.1).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen SK10 numaralı sondajın 213. 215, 411 ve 413. metrelerinde (EK C10), SK6 numaralı sondajın 181, 263 ve 307. metrelerinde (EK C6), SK8 numaralı sondajın 76, 91, 161, 180,199, 342, 406. metrelerinde (EK C8), SK9 numaralı sondajın 295, 355, 376, 396. metrelerinde (EK C9), SK7 numaralı sondajın 49–54 metreleri arasında (EK C7), SK5 numaralı sondajın 13. metresinde (EK C5) ve SK2 numaralı sondajın 62. ve 67. metrelerinde (EK C2) gözlenen bu konglomeraların kalınlığı en fazla 5 metre, ortalama kalınlığı 2 metredir. Çakılların maksimum çakıl boyu 15 cm ortalama tane boyları 3-5 cm'dir. Çakılların büyük kısmını serpantin oluşturur. Ayrıca havzanın temeline ait metamorfitlerden şist, mermer, kuvars, volkanik kökenli çakıllar ve çört bulunmaktadır. Serpantin çakılları bu bileşenlerin %30-35'ini oluşturmaktadır. Diğer bileşenlerini ise %20 oranında şist, %20 oranında mermer, %5 kuvars, %15-20 volkanik kökenli ve %10 civarında radyolarit çört çakılları oluşturur. İyi derecede çimentolanmış ve sıkı tutturulmuştur. Genelde çakıllı kumtaşları (Fasiyes 3) ile düşey geçişli olan konglomeralar yer yer silttaşları (Fasiyes 8) ve organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile keskin geçişlidir. Kötü-orta dereceli boylanmalı olup çakıllar yarı yuvarlaklaşmıştır. Fasiyes yer yer normal ve yer yer de ters derecelenmeler içerir.

Odaköy (Dursunbey) yöresinde ölçülen (Şekil 6.2) Veliler kesitinin 2. ve 14-15. metrelerinde gözlenmektedir (EK D3). Çakılların maksimum tane boyu 12 cm olup ortalama tane boyları 2-3 cm'dir. Çakılların büyük kısmı radyolarit ve çörtlerden türemiştir. Bileşenlerin %30-35'ini çört çakılları, %20-25'ini serpantin çakılları, %20-25 oranında şist ve %10-15 oranında mermer çakılları oluşturmaktadır. Orta derecede çimentolanmış olup çoğunlukla masif ve yer yer normal-ters derecelenmeler sunar. Orta-kötü derecede boylanmalı olup çakıllar yarı yuvarlaklaşmıştır. Fasiyes, çamurtaşları (Fasiyes 9) ile ardalanmalı yer alır.

Bu fasiyes Miall'in (1977) tanımladığı fasiyeslerden "Fasiyes-Gms" ile deneştirilebilir. Kötü-orta derecede boylanmalı, matriks destekli ve normal-ters dereceli benzer fasiyesler moloz akması ürünü olarak yorumlanır. (Hooke, 1967; Lowe, 1982; Gloppen ve Steel, 1981; Nemec ve Muszynski, 1982; Miall, 1996; Udo ve Mode, 2013).

Şekil 6.1: Matriks destekli konglomera, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 49-54 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Şekil 6.2: Fasiyes 1, Matriks destekli konglomera. Veliler köyü kesiti.

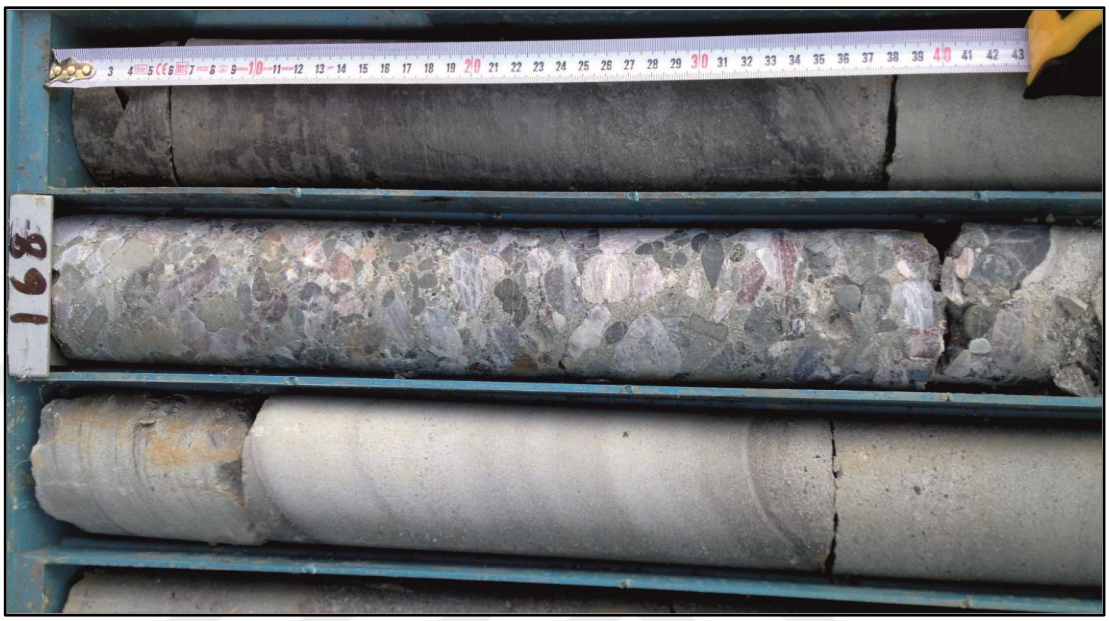
6.1.2 Fasiyes 2: Tane Destekli Konglomeralar

Her iki havzada da gözlenen fasiyes, kahverengimsi boz renklerde olup, tane destekli yer yer dereceli yer yer de masif özellik sunar (Şekil 6.3).

İsaalan (Kepsut) yöresinde gerçekleştirilen sondajlarda konglomeraların ortalama çakıl boyu 4-6 cm ve maksimum 15 cm'dir. Fasiyes ortalama %75-90 çakıl %10-25 kum silt ve kilden meydana gelen matriks oluşturur. Taneler iyi yuvarlaklaşmış ve orta derecede boylanmıştır. Çakılların %50 ye yakını ofiyolit ve serpantinden türemiştir. Fasiyesin kalan bileşenlerini temel metamorfiklerine ait şistler, mermerler, kuvars ve volkanik kayaç parçaları oluşturur. Bu konglomeralar SK10 numaralı sondajda 89-91, 199-201, 290-292, 375-377 ve 444-447. metreler arasında (EK C6); SK6 numaralı sondajda 108-110. metreler arasında (EK C6); SK8 numaralı sondajda 267, 270, 271, 272, 273 metrelerde silttaşlarıyla ardalanmalı (EK C8), 312, 314,315, 316 ve 317. metrelerde kumtaşları ile ardalanmalı olarak, SK9 numaralı sondajda 94-105 metreleri arası kaba kumtaşı ara seviyeli (EK C9) ve SK7 numaralı sondajda ise 173, 177, 184, 186, 190. metrelerde masif çamurtaşları (Fasiyes 9) ile ardalanmalı olarak (EK C7); SK3 numaralı sondajın 22. metresi ve 52-58 metreler arası 4 seviye halinde (EK5); SK2 numaralı sondajın 34, 64, 68, 76,78. metrelerinde (EK4); SK4 numaralı sondajın 45-47 metreler arası ve53. metrelerinde (EK6) ve SK5 numaralı sondajın 28., 53. ve 62. metrelerinde (EK7) gözlenir. Bağlayıcısı kum ve siltten oluşan iyi tutturulmuş bu konglomeraların tabanları genellikle düzgün yer yer de aşınmalıdır. Fasiyes tavanına doğru bazen dereceli olarak iri taneli çakıllı kumtaşlarına geçmektedirler.

Odaköy (Dursunbey) yöresinde ölçülen konglomeralar Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinin 1-2. metrelerinde (EK D6), Veliler ölçülü stratigrafik kesitinin (Şekil 6.4) 8. ve 13-15. metrelerinde (EK D3) gözlenmektedir. Ortalama çakıl boyu 3-4 cm ve maksimum 10 cm'dir. Fasiyes ortalama %75-85 çakıl %15-25 kum silt ve kilden oluşan matriksle tutturulmuştur. Taneler iyi-orta yuvarlaklaşmış ve orta-kötü boylanmıştır. Çakılların büyük bölümü radyolarit çört ve serpantinlerden türemiştir. Bir kısmını da metamorfiklere ait şistler ve mermerler oluşturur. Kum ve silt matriksle orta derecede tutturulmuştur. Fasiyes tavanına doğru dereceli olarak matriks destekli konglomeralara (Fasiyes 1) geçmektedirler.

Bu konglomeralar Miall'in (1977) fasiyeslerinden "Fasiyes-Gm" ile deneştirilebilir. Masif veya kaba tabakalı benzer çakıllar; ya aşırı konsantrasyonlu taşkın akıntıları ya da yüksek sediman konsantrasyonu ve akıntı yoğunluğuna sahip derelerde çökelebilirler (Morrison ve Hein, 1987).

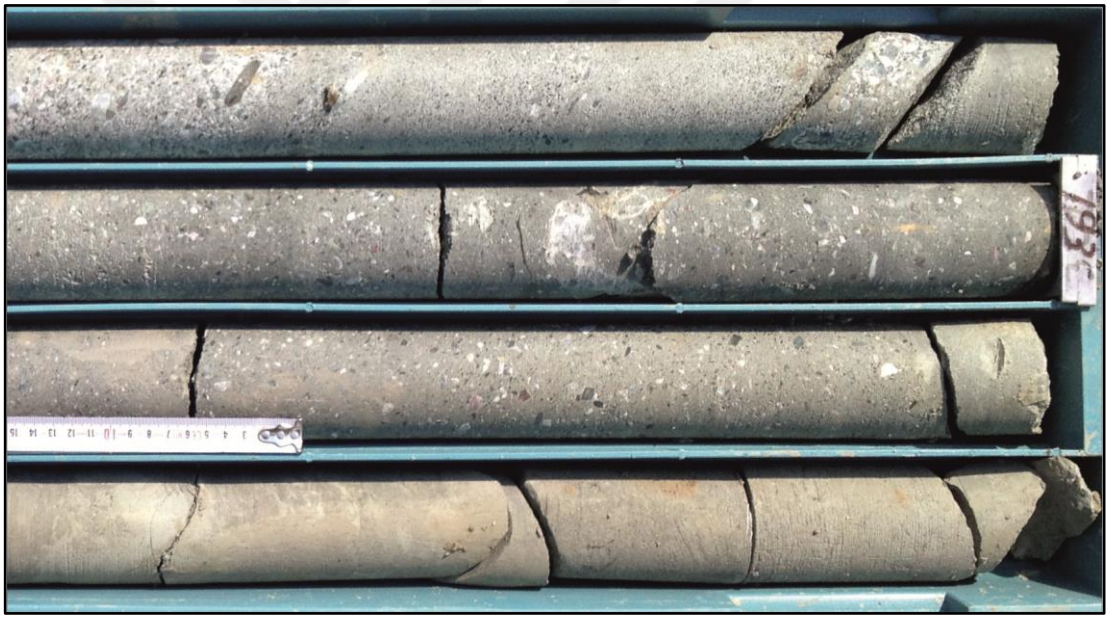


Şekil 6.3: Tane destekli konglomera fasiyesi, Enerji Madenciliğe ait SK 6 (EK C6) numaralı sondajın 167-168 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Şekil 6.4: Fasiyes 2, Tane destekli konglomera. Veliler kesiti.

6.1.3 Fasiyes 3: Çakıllı Kumtaşları

Yalnızca İsaalan (Kepsut) yöresinde yayılımı gözlenen bu fasiyes düşük oranda çakıl serpintileri içeren kalın tabakalı iri-orta kumtaşları ile temsil edilir (Şekil 6.5). İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda; SK10 numaralı sondajda 146-148, 160, 193, 237, 420 ve 440. metrelerde (EK C10); SK6 numaralı sondajda 94, 119, 142, 165, 201, 218, 300-305. metrelerde (EK C6); SK8 numaralı sondajda 80, 192, 222, 265, 285, 367, 412, 495-498. metrelerde (EK C8); SK9 numaralı sondajda 152, 159, 171, 186-189, 211-214, 382-386. metrelerde (EK C9); SK7 numaralı sondajda 252, 280, 284, 309-311, 316-318 metrelerde (EK C7); SK5 numaralı sondajın 18. metresinde (EK C5); SK4 numaralı sondajın 24., 38. ve 42. metrelerinde (EK C4) gözlenmiştir. Maksimum tabaka kalınlığı 4m olup ortalama kalınlığı 70-80 cm civarındadır. Tabaka tabanları genellikle aşınmasızdır.



Şekil 6.5: Fasiyes 3, Çakıllı kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 10 (EK C10) numaralı sondajın 192- 193 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Bu kumtaşları genellikle karbonat ve kil çimentolu olup, saçılı halde ofiyolit (serpantin, radyolarit çört), şist ve mermer çakılları içerir. Çakıllar yuvarlaklaşmış-yarı yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı ve tane boyları 0,5-2 cm arasında değişmektedir. Gri, açık gri ve yeşilimsi gri renklere sahiptir. Bu renk çeşitliliği alterasyondan çok bileşime bağlıdır. Kumtaşları içerisinde genellikle çakıllar homojen bir dağılım sergilemektedir.

Kötü boylanmalı, masif ve saçılı çakıllar içeren bu kumtaşları yüksek enerjili akıntı şartlarında gelişmiş olmalıdır. Bu fasiyes Miall (1977)'in Sm (g) fasiyesine benzerlik gösterir. Homojen tane boyu dağılımı ve saçılı çakıllar akarsu yataklarında sellenme sonu döneme ait yatak yükünün kum yaygısı şeklinde birikmesi sonucu oluşur (Rust, 1978; Todd, 1989; Maizels, 1993; Karadenizli, 1999, Farrell vd. 2012).

6.1.4 Fasiyes 4: Masif Kumtaşları

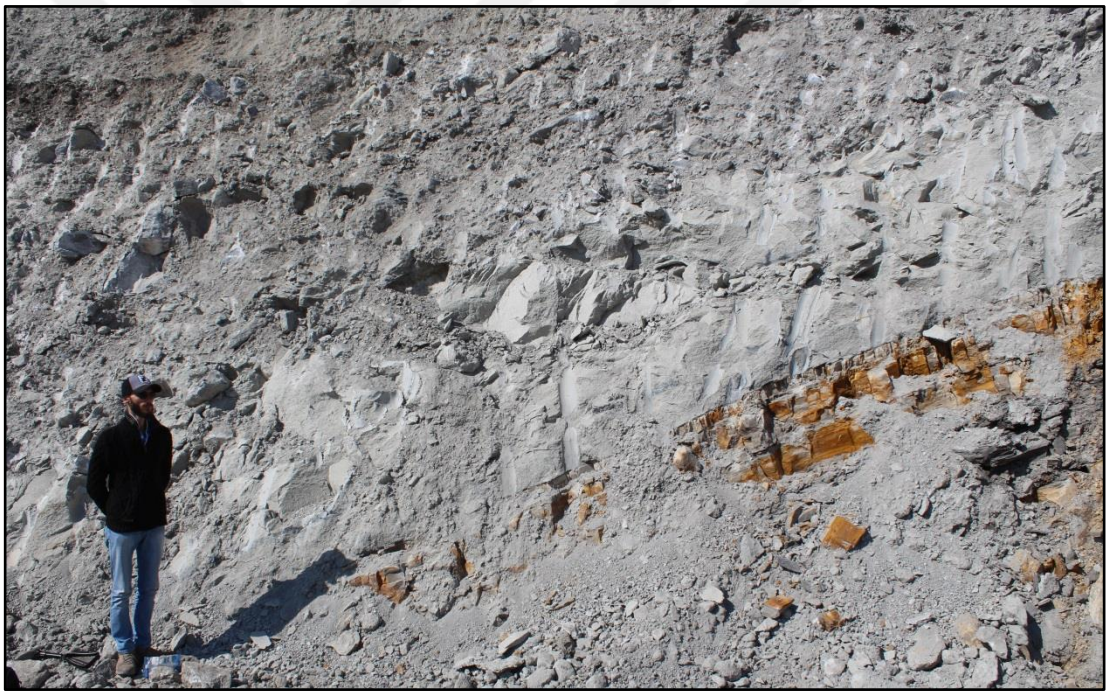
Çalışma alanında orta-iri taneli masif kumtaşları ile temsil edilen bu fasiyes her iki havzada da gözlenmektedir (Şekil 6.6).

İsaalan (Kepsut) havzasında yer yer alt kesimlerinde erozyonlu bir yüzey ile tane destekli konglomeralar üzerine, yer yer de keskin yüzeylerle organik malzemeli kiltaşları üzerine gelmektedir. Fasiyes bazı karotların üst seviyelerinde dereceli kumtaşlarına geçiş yapar. Fasiyes gri-boz renkli, zayıf çimentolu, orta derecede boylanmış ve yuvarlaklaşmıştır. Kalınlık sondaj loglarında değişkenlik göstermekte olup ortalama 2-3 m.'lik tabakalar halinde gözlenmektedir.

Şekil 6.6: Fasiyes 4, Masif kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK11) numaralı sondajın 125-132 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Bileşenlerini ofiyolit kökenli kırıntılılar, volkanik kum taneleri ve bölgedeki şist ve mermerlerden gelen kırıntılılar oluşturmaktadır. Birimin maksimum kalınlığı SK9 numaralı sondajda (EK C9) 7m olarak ölçülmüştür. Fasiyes genellikle matriks destekli konglomeralar (Fasiyes 1), tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2) ve çakıllı kumtaşları (Fasiyes 3) ile ardalanmalıdır.

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen stratigrafik kesitlerde yer yer çamurtaşları (Fasiyes 9) ile yer yer de matriks destekli konglomeralarla (Fasiyes 1) geçişli olarak gözlenmiştir. Gri-boz renklerde zayıf tutturulmuş, orta-kötü boylanmış ve yuvarlaklaşmış olup maksimum kalınlığı Nohutçu ve Veliler kesitlerinde 120 cm olarak ölçülmüştür. Odaköy yöresi kesitlerindeki masif kumtaşlarında yer yer tabaka altı yapılar (oturma yapıları) gözlenmektedir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7: Fasiyes 4, Masif kumtaşları. Enerji madenciliğe ait İsaalan açık işletmesi ocak içi yol yarması.

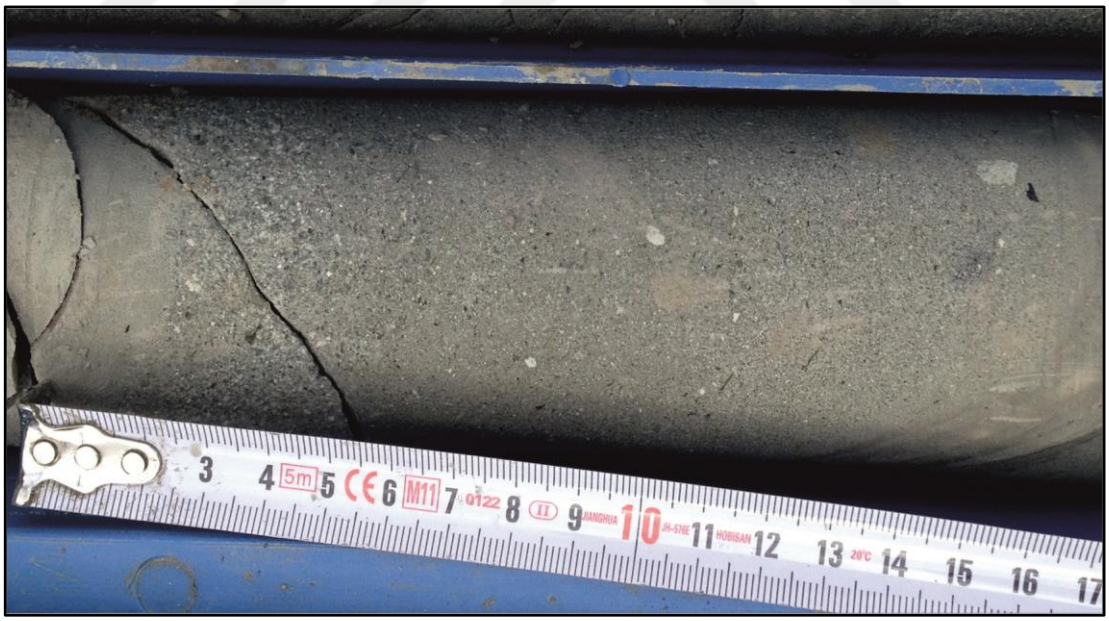
Middleton ve Hampton (1976), benzer kumtaşlarını; akıntı içerisinde tane tane etkileşiminin ortaya çıkardığı dispers basınçların meydana getirdiği tane akıntılarına bağlı olarak geliştiğini belirtirler (Özkul, 1988). Bu fasiyes Miall'in (1978) tanımlamış olduğu "Fasiyes Sm" ile deneştirilebilir (DeCelles vd., 2011, DeCelles vd., 2016). Benzer kumtaşlarının türbülanslı ve yüksek yoğunluklu türbidit

akıntılarıyla oluştuğu belirtilmektedir (Lowe, 1982; Chough vd, 1990; Higgs, 1990; Horton ve Schmitt, 1996'dan).

6.1.5 Fasiyes 5: Dereceli Kumtaşları

İsaalan (Kepsut) havzasında gözlenen fasiyes iri-ince taneli dereceli kumtaşları ile temsil edilir (Şekil 6.8). Çoğunlukla gri ve boz renkli olup tabanları aşınmalıdır. Yer yer masif görünümlü, yer yerde çok değişik kalınlıkta katmanlar sunar. Kumtaşları genellikle tabanda iri taneli olarak başlar yukarıya doğru dereceli olarak orta-ince tanelilere geçiş gösterir (Şekil 6.8). Fasiyes tabanına yakın kesimlerde kömürleşmiş odun parçaları ve yer yer çakıllar içerir. Üste doğru laminalı kumtaşlarına yer yerde gri-boz renkli kiltaşlarına geçiş göstermektedir.

Bileşenlerin büyük çoğunluğunu havzanın temelini oluşturan ofiyolit ve metamorfitlere ait şist ve mermerden kaynaklanmış taneler oluşturur. Bunlar iyi yuvarlaklaşmış ve boylanmışlardır.



Şekil 6.8: Fasiyes 5, Dereceli kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 245-250 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

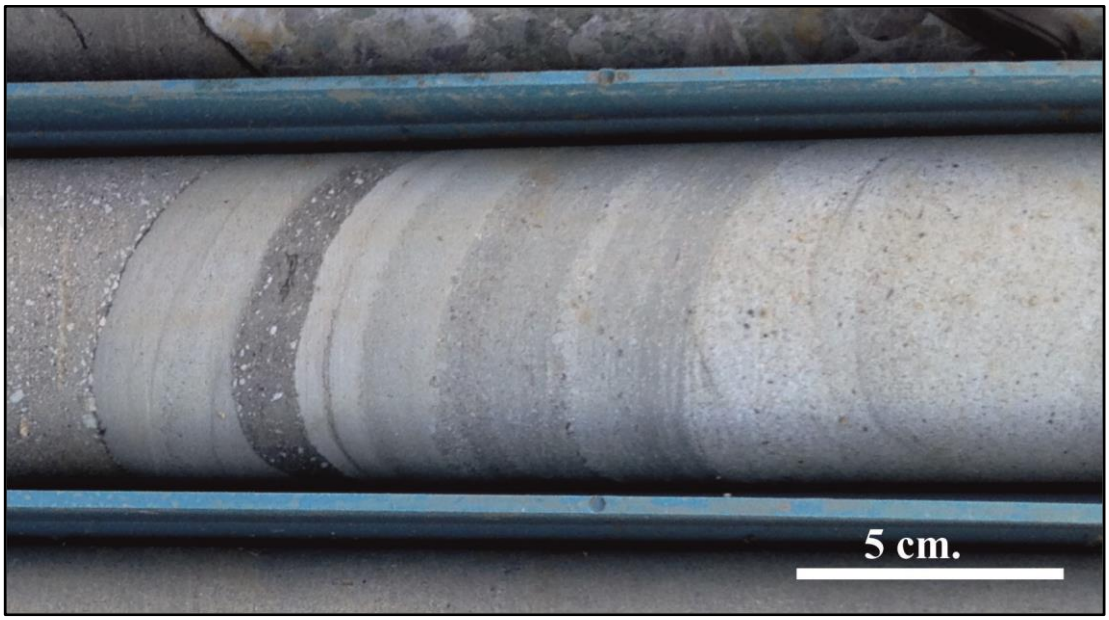
Çalışma alanında yapılan tüm derin sondajlarda (SK6 (EK C6), SK7 (EK C7), SK8 (EK C8), SK9 (EK C9) ve SK10 (EK C10) numaralı sondajlar) görülen bu fasiyesin maksimum kalınlığı SK8 numaralı sondajda 6m olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte sığ sondajlarda ise (SK1, SK2, SK3, SK4 ve SK5 numaralı sondajlar) SK1 numaralı sondajın 66. metresinde ve 70-74. metreleri arasında (EK C1); SK2 numaralı sondajın 43-46. metreleri arası (EK C2); SK3 numaralı sondajın 16. metresinde (EK C3); ve SK4 numaralı sondajın 66-69. metreleri arasında (EK C4) gözlenmiştir. Fasiyes tabanında tane destekli konglomera fasiyesini üzerlerken üst seviyelerinde silttaşı – ince taneli kumtaşı ardalanmalı fasiyese geçer.

Yer yer tane destekli konglomeralar üzerinde yer alan benzer kumtaşları, normal derecelenme sunmaları üst seviyelerine doğru laminalı yada laminasız silttaşlarına geçmesi, türbidit akıntısı ile ilişkili olduğunu gösterir (Mulder ve Alexander 2001; Jiang ve Sha, 2007)

6.1.6 Fasiyes 6: Laminalı Kumtaşları

Fasiyes ince-orta taneli laminalı kumtaşları ile temsil edilir (Şekil 6.9). İsaalan (Kepsut) havzasında çoğunlukla laminalı yer yer tabakalı olan fasiyes koyu yeşilden griye kadar değişen renk tonlarında gözlenmektedir. Genellikle ince taneli yer yer orta taneli olup lamina düzlemlerine paralel dizilmiş ince çakıl seviyeleri içermektedir. Orta derecede boylanmış ve yuvarlaklaşmış bu kumtaşları zayıf çimentolanmıştır. Yer yer tane destekli konglomeralarla (Fasiyes 2) keskin geçişli dokanak ilişkisine sahiptir. Üst seviyelerinde ise bazen silttaşları ile yer yer gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ile dereceli geçişlidir. Bu kumtaşları SK10 numaralı sondajda 168. metrede (EK C10), SK6 numaralı sondajda 184-185. metrelerde (EK C6), SK8 numaralı sondajda 240. metrede (EK C8) gözlenmekte olup fasiyesin maksimum kalınlığı 1,5 metredir. Odaköy (Dursunbey) yöresinde ölçülen stratigrafik kesitlerde yer yer çamurtaşları (Fasiyes 9) ile yer yer de matriks destekli konglomeralarla (Fasiyes 1) yanal-düşey ilişkili olarak gözlenmiştir. Gri-boz renkli zayıf tutturulmuş, orta derecede boylanmış ve yuvarlaklaşmış olup Nohutçu ve Veliler ölçülü stratigrafik kesitinde fasiyesin kalınlığı 120 cm olarak ölçülmüştür. Bazı düzeylerde yük kalıpları da içermektedir.

Bu fasiyes Miall'in (1978) tanımlamış olduğu "Fasiyes Sh" ile deneştirilebilir. Bunlar üst akıntı rejiminin üst kısımlarında tek yönlü akıntılara bağlı olarak gelişir (Simons vd. 1965; Bridge ve Best,1988). Benzer fasiyesler üst akıntı rejimi ürünü olup sığ yaygı akıntılarına ait yatak çökelleri ya da düşük yoğunluklu türbidit akıntıları olarak yorumlanmıştır. (Simons vd. 1965; Collinson, 1978; Rust, 1978; Lowe, 1982; Chough vd., 1990; Higgs, 1990; Pivnik, 1990; Ghibaudo, 1992; Koç Taşgın, 2009)



Şekil 6.9: Fasiyes 6, Laminalı kumtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 10 (EK C10) numaralı sondajın 164-165 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

6.1.7 Fasiyes 7: Kaba Kumtaşı Arakatkılı Silttaşları

İsaalan (Kepsut) havzasında gözlenen kaba kumtaşı ara seviyeleri içeren ince tabakalı silttaşları (Şekil 6.10) ile temsil edilen bu fasiyes SK10 numaralı sondajda 401-411 metreler arası (EK C10), SK6 numaralı sondajda 189-192 metreler arası (EK C6), SK9 numaralı sondajda 359-367 metreler arasında (EK C9) gözlenmekte olup fasiyesin ölçülen maksimum kalınlığı 10 metre kadardır. Tanıtman rengi, gri-toprağımsı gridir. Fasiyesi oluşturan silttaşı tabakaları ortalama 40-45 cm kalınlıkta, kaba kumtaşı düzeyleri ise maksimum 1-2 cm. olarak ölçülmüştür. Fasiyes çoğunlukla dereceli kumtaşlarını (Fasiyes 5) üzerlemektedir. Silttaşları masif özellikte olup bitki kırıntılar içerir.

Bu fasiyes düşük enerjili ortamda süspansiyon seklinde çökelen bar üstü ve set üstü tortullarını temsil eder. (McKee, Crosby ve Berryhill, 1967; Bull, 1977, Karadenizli, 1991, Mangano vd., 2000) Kaba kumtaşı düzeyleri sellenme dönemindeki yoğun malzeme desteği ile çökelmiş olmalıdır.

Şekil 6.10: Fasiyes 7, Kaba kumtaşı arakatkılı silttaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK C9) numaralı sondajın 361-365 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

6.1.8 Fasiyes 8: İnce Taneli Kumtaşı – Silttaşı Ardalanması

Fasiyes silttaşı-ince taneli kumtaşı ardalanması yer yer de ince taneli kumtaşı araseviyeleri içeren silttaşları ile karakterize edilir (Şekil 11). Fasiyes İsaalan (Kepsut) havzasında gözlenmektedir. Bazen laminalı kiltaşı düzeyleri de içerir. Gri, yeşilimsi gri ve kirli yeşil renklerde gözlenmektedir. Bu fasiyes çoğu sondajlarda laminalı kumtaşlarını (Fasiyes 6) üzerlemekte olup gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ve organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile üzerlenmektedirler. Fasiyesin ortalama kalınlığı 1-1,5 m. civarındadır.

Fasiyesi oluşturan kumtaşları periyodik olarak göle giren düşük hızlı akıntılar tarafından çökeltilmiş olmalıdır (Surdam ve Stanley, 1979). Kumtaşları ile ardalanmalı silttaşlarının zaman zaman laminalı kiltaşı ara seviyesi içermesi fasiyesin süspansiyondan çökeldiğini işaret eder (Atalay, 2001). Fasiyesin bütün özellikleri bunların sığ göller içerisine giren yaygı şeklindeki akıntılar ile ilişkili olarak geliştiğini gösterir (Mangano vd., 2000).

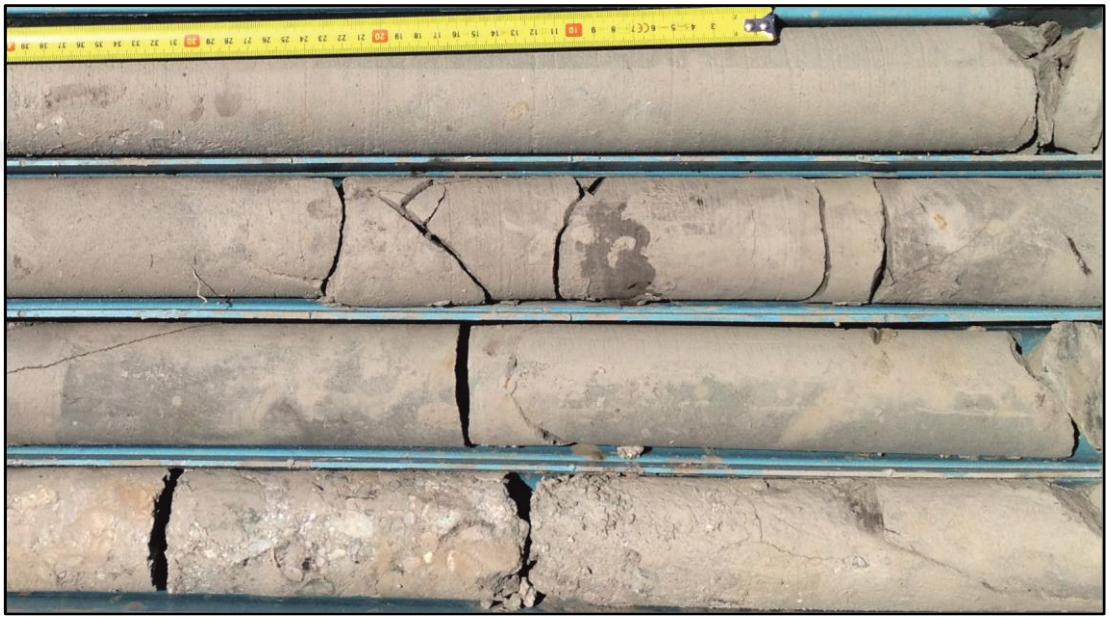
Şekil 6.11: Fasiyes 8, İnce taneli kumtaşı-silttaşı ardalanması, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 263-269 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

6.1.9 Fasiyes 9: Masif Çamurtaşları

Her iki havzada da gözlenen bu fasiyes yer yer çakıl serpintileri içeren yeşilimsi gri çamurtaşları ile karakterize edilir (Şekil 6.12).

İsaalan (Kepsut) havzasında yapılan sondajlardaki gözlemlerde yer yer laminalı düzeyler içermekle beraber çoğunlukla masiftir. Genellikle organik madde, kömürleşmiş bitki parçaları ve kök parçaları içerir. Bu çamurtaşları bazı seviyelerinde 0,5-1 cm. boyutunda saçılı çakıllar bulundurur. Bu çakıllar havza kenarında mostra veren ofiyolit, şist, mermer ve volkanik kayaçlardan türemiştir. Çakıllı çamurtaşları İsaalan havzasında, SK10 numaralı sondajda 101 ve 181. metrelerde (EK C10), SK7 numaralı sondajda 43-49, 54-59, 81-87, 256-263, 285-

288. metreler arasında (EK C7) gözlenmekte olup fasiyesin maksimum kalınlığı 7 metredir. Gri renkli masif çamurtaşları ise İsaalan havzası SK10 numaralı sondajda, 66, 69, 72, 74, 84, 86, 100, 106, 109, 138, 208,210, 319-322, 342, 344, metrelerde (EK C10); SK6 numaralı sondajda 119. metrede (EK C6); SK9 numaralı sondajda, 155-159, 164-166, 176, 181, 232, 286, 289. metrelerde (EK C9) ve SK7 numaralı sondajda 169-173, 174-176, 177-184, 186, 235, 274, 304, 336-341, 309-404. metreler arası (EK C7) gözlenmektedir. Havzanın orta kesimlerine doğru yapılmış olan SK8 numaralı sondajda (EK C8) bu çamurtaşı fasiyesine rastlanmamıştır.



Şekil 6.12: Fasiyes 9, Masif çamurtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 177-184 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen stratigrafik kesitlerde çoğunlukla masif özellik gösteren çamurtaşları kısmen organik madde, kömürleşmiş bitki parçaları ve kök parçaları içerir. Bazı seviyelerinde 0,4-1,2 cm. boyutunda saçılı çakıllar içerir. Bu çakıllar havza kenarında mostra veren ofiyolit, şist, mermer ve radyolarit çörtlerden türemiştir. Veliler ölçülü stratigrafik kesitinde (Şekil 6.13) 4-7. ve 9-12. metreler arasında (EK D3), Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinin 2-4. ve 5-8. metreleri arasında gözlenmektedir (EK D6).

Şekil 6.13: Fasiyes 9, Masif çamurtaşları. Veliler kesiti.

Masif çamurtaşları sellenmenin azaldığı, süspansiyon şeklinde çökelmenin fazla olduğu, akarsu-bataklık ya da sığ göl alanlarında oluşurlar (Miall, 1977; De Feyter ve Molenaar, 1984; Flores, 1983; Karadenizli vd. 2003). Çeşitli yazarlar buna benzer masif çamurtaşlarının yüksek yoğunluklu türbidit akıntılarıyla oluştuğunu belirtmiştir (Nelson, 1967; Anderson vd., 1985; Smith, 1986; Chun ve Chough, 1995; Larsen ve Crossey, 1996; Larsen ve Smith, 1999; Jiang vd. 2012'den).

6.1.10 Fasiyes 10: Organik Malzemeli Kiltaşları

Her iki havzada da geniş yayılım sunan fasiyes siyahımsı boz renkli organik malzemeli kiltaşları ile karakterize edilir (Şekil 6.14).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda çoğunlukla kömür damarları ile ardalanmalı olarak gözlenir. Genellikle ince tabakalı yer yer orta-kalın tabakalanma gösterir. Organik kökenli tanelerin oluşturduğu laminalı düzeyleri kömürleşmiş bitki kırıntısı yığınları oluşturur. Çoğu kesitte gri-yeşil renkli kiltaşlarını (Fasiyes 11) üzerler. Yer yer bu gri renkli kiltaşları ile ardalanma sunar. Fasiyes hemen hemen her sondaj logunda gözlenir. Fasiyes SK1 numaralı sondajda 16 ile 70. metreler arası 11 seviyede (EK C1); SK2 numaralı sondajda 24 ile 75.

metreler arası 12 seviyede (EK C2); SK3 numaralı sondajda ilk metreden 56. metreye kadar 16 seviyede (EK C3); SK4 numaralı sondajda 11 ile 65. metreler arası 14 seviyede (EK C4); SK5 numaralı sondajda 18 ile 77. metreler arası 12 seviyede (EK C5); SK10 numaralı sondajda 40 ile 392. metreler arasında (EK C10) 28 seviyede, SK6 numaralı sondajda; 91 ile 262. metreler arasında (EK C6) 10 seviyede, SK8 numaralı sondajda 131 ve 492. metreler arasında (EK C8) 39 seviyede, SK9 numaralı sondajda 87 ile 370. metreler arasında (EK C9) 28 seviyede ve SK7 numaralı sondajda ise 37 ile 416. metreler arasında (EK C7) 21 seviyede gözlenmektedir. Fasiyesin maksimum kalınlığı 18 m. olarak ölçülmüş olup ortalama kalınlığı 4-5 metredir.

Şekil 6.14: Fasiyes 10, Organik malzemeli kiltaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 381-384 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen stratigrafik kesitlerde kömür damarları ile ardalanmalı gözlenen bu fasiyes orta-kalın tabakalanma sunar. Fasiyes içerisinde kömürleşmiş bitki kalıntıları laminalı ince düzeyler halinde gözlenmektedir. Fasiyes çoğunlukla gri-yeşil (Fasiyes 11), yer yer de sarı-bej renkli kiltaşları (Fasiyes 12) ile ardalanmalı olarak gözlenir. Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinin 13. metresinde ve 50-57. metreleri arasında (EK D6) gözlenen fasiyesin ortalama kalınlığı 1,5 m. olup Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinde maksimum kalınlığı 3 m. olarak ölçülmüştür (Şekil 6.15).

Şekil 6.15: Fasiyes 10, Organik malzemeli kiltaşları. Nohutçu kesiti.

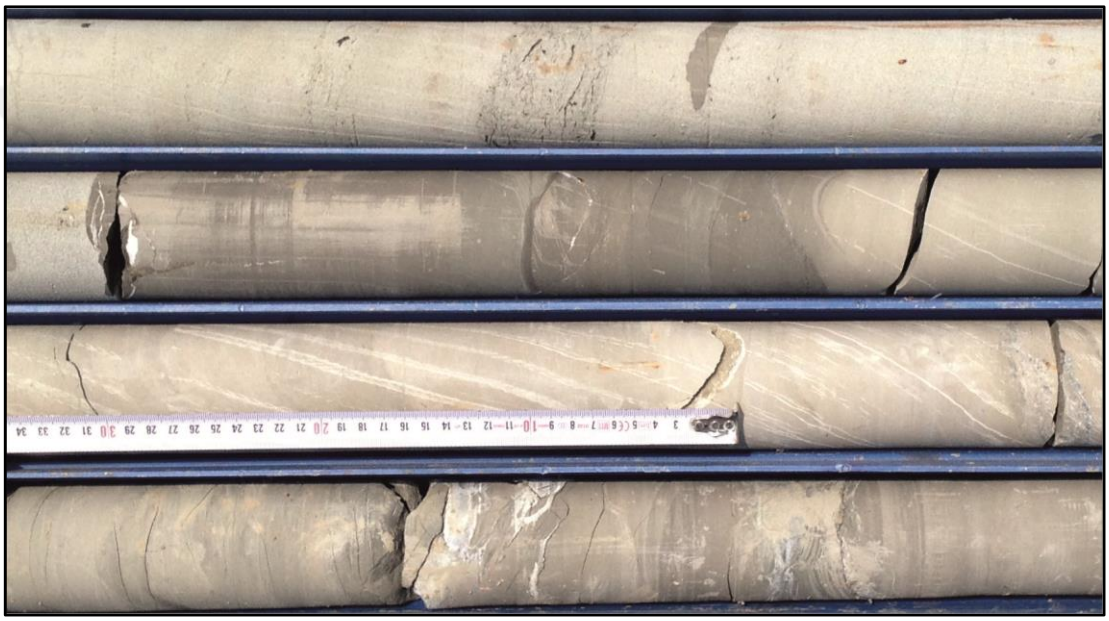
Kömürler ile düşey ilişkili ritmik özellikteki kiltaşlarının oluşturduğu benzer organik malzemeli fasiyesler göl çökelleri olarak yorumlanmaktadır (Johnson, 1984). Bol organik malzemeli siyah renkli kiltaşları oksijensiz su tabanını ve oksijensiz su tabanına yakın kesimleri karakterize eder (Mangano vd., 2000, Kelts, 1988) Organik malzeme bakımından zengin benzer tortullar, kırıntılı malzeme geliminin az olduğu bataklık veya kıyı ovaları ile ilişkili sığ su çökelleri olabilir (Besly ve Collinson, 1991; Türkmen vd. 2011)

6.1.11 Fasiyes 11: Gri – Yeşil Kiltaşları

Çalışma alanında her iki havzada da gözlenen fasiyes, masif, gri-yeşil az oranda bej renkli kiltaşları ile temsil edilir (Şekil 6.16). Bazı seviyelerinde bol, bazı seviyelerinde ise seyrek bitki kırıntıları ve dal parçaları içermektedir.

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda; SK1 numaralı sondajda 62-65. metreler arası (EK C1); SK4 numaralı sondajda 6-8. metreler arası (EK C4); SK10 numaralı sondajda, 104, 148, 179. metrelerde (EK C10); SK6

numaralı sondajda, 87-90, 98, 106, 154-157, 231-237. metrelerde (EK C6); SK8 numaralı sondajda 102, 105-126, 129-131. metrelerde (EK C8); SK9 numaralı sondajda, 263-268, 325-329, 356-358 metreler arasında (EK C9) ve SK7 numaralı sondajda 21, 354, 356. metrelerde (EK C7) gözlenmektedir. Fasiyesin maksimum kalınlığı SK8 numaralı sondajda 21 m. olup ortalama kalınlığı 2 m. civarındadır (EK C8). Çoğu karotlarda tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2), dereceli kumtaşları (Fasiyes 5), organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile düşey ilişkilidir. Konglomeralarla keskin geçişli dokanak ilişkisine sahiptir. Fasiyesin kalınlığı stratigrafik istifin üst seviyelerine doğru artmaktadır.



Şekil 6.16: Fasiyes 11, Gri-yeşil kiltaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 105-126 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen stratigrafik kesitlerden Odaköy kesitinin 42-56. ve 85-103. metreler arası (EK D5), Piriştine kesitinin 19-26. metreleri arasında masif, 29-62. metreler arasında sarı-bej kiltaşları (Fasiyes 12) ile ardalanmalı (EK D4), Nohutçu kesitinin 35-42. metreler arası (EK D6) bol yaprak fosilli olarak gözlenmiş olup, ortalama kalınlığı 4-5 metre kadardır. Maksimum kalınlığı Piriştine kesitinde 33 metre ölçülmüştür (Şekil 6.17). Fasiyes zaman zaman sarı-bej laminalı kiltaşları (Fasiyes 12) ile zaman zaman da organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile ardalanmalıdır. Bazı seviyeleri bol miktarda yaprak ve balık fosili içermektedir.

Şekil 6.17: Fasiyes 11, Gri-yeşil kiltaşı. Piriştine kesiti.

Bu fasiyes içerisinde dalga ve akıntı kökenli yapıların yokluğu, bunların sakin sularda süspansiyon halinde çökeldiğini gösterir. Benzer fasiyesler taşkınlar sırasında oluşan pond veya göl çökellerini temsil eder (Bustin ve Palsgrove, 1997; Nichols ve Uttamo, 2004). İyi korunmuş yaprak ve balık fosillerinin bulunması bunların göl ortamında çökeldiğine işaret etmektedir.

6.1.12 Fasiyes 12: Sarı - Bej Laminalı Kiltaşları

Fasiyes, ağırlıklı olarak Odaköy (Dursunbey) havzasında geniş yayılım sunmakta olup sarı-bej renkli laminalı kiltaşları ile temsil edilir (Şekil 6.18). Bazı seviyelerinde bol bazı seviyelerinde ise seyrek bitki kırıntıları, balık, yaprak fosilleri ve dal parçaları içermektedir (Şekil 6.19).

Fasiyesin maksimum kalınlığı Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinde (EK D6) 32 metre olup yer yer gri-yeşil renkli kiltaşı (Fasiyes 11) seviyeleri içerir. Ortalama kalınlığı 2-2,5 m. civarında ölçülmüş olup çoğu kesitte marnlar (Fasiyes 13) ve gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ile geçişlidir. Fasiyesin kalınlığı stratigrafik istifin üst seviyelerine doğru artmaktadır.

Şekil 6.18: Fasiyes 12, Sarı-bej laminalı kiltaşları. Nohutçu kesiti.

Marn, kiltaşı ve karbonatlarla ardalanmalı olarak bulunan benzer fasiyesler kıyılardaki karbonat banklarında süspansiyon şeklinde çökelmektedir (Platt ve Wright, 1991). Fasiyes içerisinde atmosferle temas ettiğini gösteren verilerin olmaması, yoğun bitki kırıntısı, balık ve iyi korunmuş yaprak fosilleri bunların kıyı yakını alanlarda çökeldiğini gösterir (Koç Taşgın, 2009)

Şekil 6.19: Fasiyes 12, Sarı-bej laminalı kiltaşları. Nohutçu kesiti.

6.1.13 Fasiyes 13: Masif Marnlar

Çalışma alanında her iki havzada da gözlenen fasiyes gri-yeşil renkli masif marnlarla temsil edilir (Şekil 6.20). Genellikle gri-yeşil kiltaşlarıyla (Fasiyes 11) ardalanmalı gözlenen fasiyes konkoidal kırılımlı özellik sunar (Şekil 6.21).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda fasiyes; SK3 numaralı sondajda 35. Metrede (EK C3); SK10 numaralı sondajda, 31-38, 42-46, 60-64. metreler arasında (EK C10); SK6 numaralı sondajda, 51-55, 62-74, 78-81. metreler arasında (EK C6), SK9 numaralı sondajda 148-151. metreler arasında (EK C9) ve SK7 numaralı sondajda ise 21-33. metreler arasında (EK C7) gözlenmekte olup maksimum kalınlığı SK6 ve SK7 numaralı sondajlarda 12 m. olarak ölçülmüştür. Fasiyesin ortalama kalınlığı 2-2,5 m. civarındadır. Yer yer laminalı ve tabakalıdır. Fasiyesin alt kesimlerinde bitki kırıntısı gözlenmektedir. Fasiyes yer yer ince kumtaşı ve silttaşı ara seviyeleri içerir.

Şekil 6.20: Fasiyes 13, Masif marnlar, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 21-33 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen Çakırca kesitinin 12-28. 31-36. ve 38-46. metreleri arasında (EK D7); Şabanlar kesitinin 2-6, 11-13., 64-65., 70-71., 168-170., ve 173-174 metreleri arasında (EK D2) ve Piriştine kesitinin 62-65. metreleri arasında (EK D4) gözlenmektedir. Ortalama kalınlığı 1,5-2 metre olup maksimum kalınlığı Çakırca ölçülü stratigrafik kesitinde 14 metre olarak ölçülmüştür. Fasiyes çoğunlukla gri-yeşil renkli kiltaşları (Fasiyes 11) ile zaman zaman da organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile düşey ilişkilidir.

Marnlar kırıntılı getiriminin az olduğu karbonat çökeliminin fazla olduğu zamanlarda depolanırlar. Tabanında bitki kırıntıları içeren ve kiltaşlarıyla ardalanmalı gözlenen masif gri- yeşil renkli marnlar göl şartları altında ince taneli sedimentlerin süspansiyon şeklinde çökelmesiyle oluşur (Ramos-Guerrero vd., 2000.)

Şekil 6.21: Fasiyes 13, Masif marnlar. Çakırca kesiti.

6.1.14 Fasiyes 14: Kireçtaşları

Çalışma alanında her iki havzada da gözlenen fasiyes genellikle krem-bej renklerde, boşluklu, bazen killi ve masif özelliği ile ayırtman olup içerisinde yer yer kömürleşmiş bitki parçaları da içerir (Şekil 6.22).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda fasiyes, stratigrafik istifin üst kesimlerinde gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ve organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile düşey ilişkili olarak gözlenmektedir. Fasiyes SK6 numaralı sondajda 86, 257-259. metrelerde (EK C6); SK9 numaralı sondajda 86, 91. metrelerde (EK C9) ve İsaalan kesitinde kesit tavanından itibaren 17, 27, 31, 89-91, 92-94, 98, 101, 103. metrelerde (EK D1) gözlenmektedir. Maksimum kalınlığı açık ocak işletmesinden 2 metre olarak ölçülmüş olup fasiyesin ortalama kalınlığı 1-1,5 m. civarındadır. Bu kireçtaşları mikritik özellikte olup yer yer canlı eşelemesi içerir. Küçük boşluklar ve çatlaklar gözlenmektedir.

Şekil 6.22: Fasiyes 14, Kireçtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 9 (EK C9) numaralı sondajın 85-87. metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

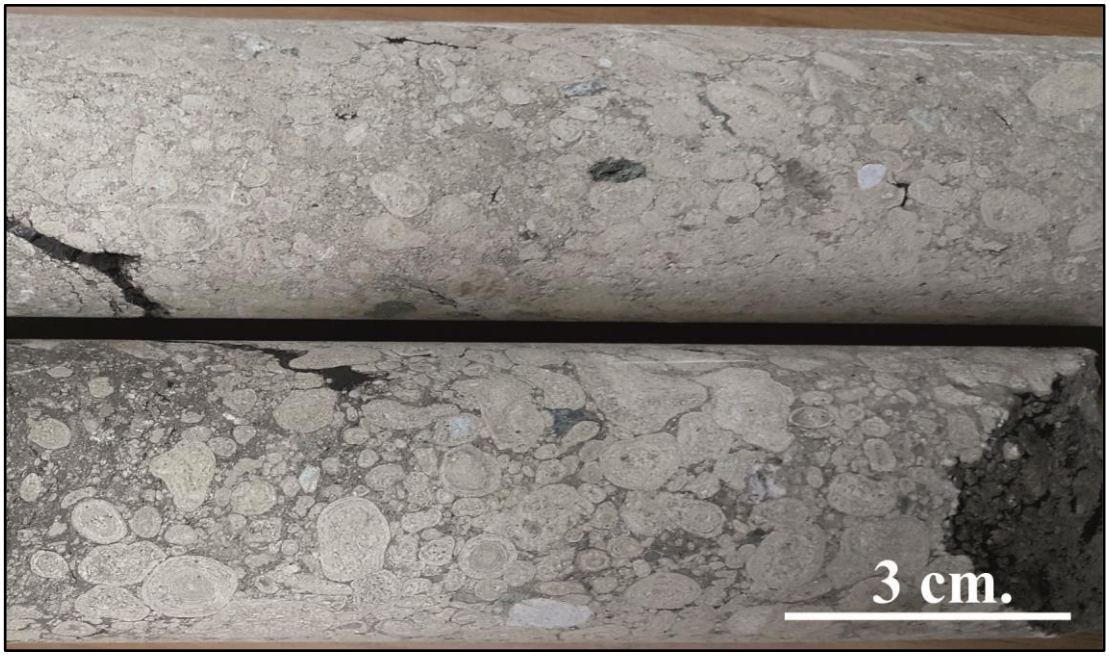
Odaköy (Dursunbey) yöresinde ölçülen stratigrafik kesitlerde gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ve yer yer sarı –bej kiltaşları (Fasiyes 12) ile düşey ilişkilidir. Kireçtaşları içerisinde bazı seviyelerde çört nodülleri ve yer yer de boşluklar içerir. Üst seviyelerine doğru sarı- bej renkli kiltaşı (Fasiyes 12) ara seviyeleri içermektedir. Şabanlar kesitinin 176-187. metreleri arasında (EK D2) maksimum kalınlığı 11 metre olarak ölçülmüştür (Şekil 6.23).

Şekil 6.23: Fasiyes 14, Kireçtaşları. Şabanlar kesiti.

Fasiyes içerisindeki yaygın olarak görülen çatlak ve boşluklar su seviyesinin kısa süreli periyotlarla düştüğüne işaret eder (Alonso Zarza vd., 1992). Boşluklu ve çatlaklı benzer karbonatlar "palustrine" kireçtaşları olarak yorumlanmıştır. (Türkmen, 1993). Cabrera vd. (2002), benzer fasiyesleri kırıntılı malzeme desteği olmayan gölsel alanlarda oluşan karbonat çökelleri olarak yorumlamıştır

6.1.15 Fasiyes 15: Pizolitli Killi Kireçtaşı Fasiyesi

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda gözlenen bu fasiyes gri-koyu gri ve yer yer de krem renkli oolitli/pizolitli killi kireçtaşlarıyla karakterize edilir (Şekil 6.24). İçerisinde boyutları 5cm'yi bulan pizolitlerle birlikte (Şekil 6.25) bol miktarda oolit ve yer yer kömürleşmiş bitki parçaları içeren seviyeler gözlenmektedir. Çekirdeklerini çoğunlukla intraklastlar, halkalarını ise mikritler oluşturur. Fasiyes SK1 numaralı sondajda 51-54, 56-58, 59-61 metreleri arasında (EK C1) ve İsaalan kesitinin alt düzeylerinde 128,124, 122 ve 119. metrelerde (EK D1) gözlenmektedir. Maksimum kalınlığı 2 m. olarak ölçülmüş olup ortalama kalınlığı 70 cm. civarındadır. İnceleme alanında sınırlı yayılım göstermektedir.



Şekil 6.24: Fasiyes 15, Pizolitli killi kireçtaşları, Enerji Madenciliğe ait SK 1 (EK C1) numaralı sondajın 59-61 metreleri arası (Karot kalınlıkları NQ = 47,6 mm).

Fasiyesin çökelme ortamının enerjisi oldukça yüksek ve değişken olduğu düşünülmektedir. Platt ve Wright (1991), oolitler içeren karbonatların yüksek enerjili bir ortamda oluştuğunu belirtir. Bu taneler aynı zamanda sığ göllerde ve düşük seviyeli deniz havzalarında gelişmiş mikritik peloidal kabuklarla benzerdir (Milroy ve Wright, 2002).

Şekil 6.25: Fasiyes 15, Pizolitli killi kireçtaşları, Enerji Madenciliğe ait İsaalan açık işletmesi ocak içi.

6.1.16 Fasiyes 16: Kömür Fasiyesi

Çalışma alanında iki havzada da gözlenen fasiyes organik malzemeli kiltaşları ve gri-yeşil kiltaşları ile ardalanmalı olarak gözlenir (Şekil 6.26).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen verilerde fasiyes SK1 numaralı sondajın 23 ile 59. Metreleri arasında 13 seviyede (EK C1); SK 2 numaralı sondajın 57-62. metreleri arasında 4 seviye (EK C2); SK3 numaralı sondajın 11 ile 50. metreleri arasında 11 seviyede (EK C3);SK4 numaralı sondajın 6 ile 64. metreleri arasında 10 seviyede (EK C4); SK5 numaralı sondajın 21 ile 76. metreleri arasında 7 seviyede (EK C5); SK10 numaralı sondajın 64 ile 394.

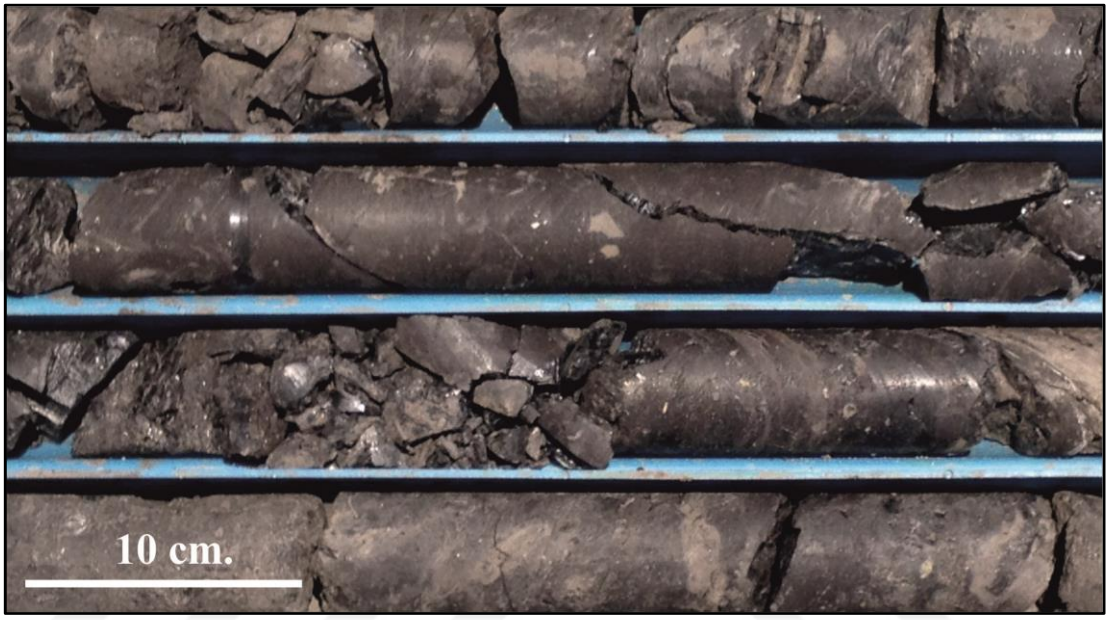
metreleri arasında (EK C10) 24 seviyede, SK6 numaralı sondajın 89 ile 256. metreleri arasında (EK C6) 18 seviyede, SK8 numaralı sondajın 134 ile 481. metreleri arasında (EK C8) 23 seviyede, SK9 numaralı sondajın 113 ile 341. metreleri arasında (EK C9) 15 seviyede ve SK7 numaralı sondajın, 219, 238, 331, 375, 376, 378-381, 411, 414. metrelerinde (EK C7) gözlenmekte olup maksimum kömür kalınlığı 18 metre ve SK7 numaralı sondajda 3 metre olarak ölçülmüştür. Taban ve tavanında genellikle organik malzemeli kiltaşı (Fasiyes 10) ile geçişlidir.

Şekil 6.26: Fasiyes 16, Kömürler. Nohutçu kesiti.

Çalışma kapsamında İsaalan (Kepsut) havzasından derlenen kömür örneklerinin (Şekil 6.27) ortalama kül oranı % 18,59 kalori değerleri ise 4969 kcal/kg olarak belirlenmiştir. İncelenen kömür örneklerinden yapılan maseral analizleri sonucunda maserallerin çoğunluğunu hüminitlerin oluşturduğu görülmüştür.

Odaköy (Dursunbey) yöresinde ölçülen kesitlerde; Çakırca kesitinin ilk 6 metresinde (EK D7), Nohutçu kesitinin 16-18. metreler arası ve 25-35. metreler arasında olmak üzere toplamda 12 metre olarak ölçülmüştür (EK D6). Çalışma kapsamında derlenen kömür örneklerinin ortalama kül oranı % 27,20 olarak ölçülmüş olup kalori değerleri 2538 – 6789 kcal/kg arasında değişmektedir.

Oluşum fasiyes yorumlarında, indisler kullanılarak hesaplanan doku koruma indisi (TPI) ve jelleşme indisi (GI) değerleri, Diessel (1986) kömür fasiyes diyagramı üzerine yerleştirildiğinde; kömürlerin, limnik zonun açık su alanları ile kısmen sulu orman bataklığında yoğunlaştığı görülmektedir. Ramos-Guerrero ve diğerleri (2000), organik malzemeli kiltaşı ve gri-yeşil kiltaşları ile ilişkili benzer fasiyesleri, gölü çevreleyen bataklık çökelleri olarak yorumlamıştır.



Şekil 6.27: Fasiyes 16, Kömürler, Enerji Madenciliğe ait SK 8 (EK C8) numaralı sondajın 378-381 metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

6.1.17 Fasiyes 17: Tüf – Tüfit Fasiyesi

Her iki havzada da gözlenen fasiyes genellikle volkanik hamur içerisinde yüzen plajiyoklas kristalleri ile temsil edilir. Fasiyes istifin üst kesimlerinde gevşek tutturulmuş şekilde gözlenmekte olup bej, sarımsı-bej renkler sunmaktadır (Şekil 6.28).

İsaalan (Kepsut) havzasında gerçekleştirilen sondajlarda gözlenen fasiyes, SK1 numaralı sondajın 23. metresinde (EK C1); SK2 numaralı sondajın 48. metresinde (EK C2); SK10 numaralı sondajda, 107 ve 169. metrelerde (EK C10); SK6 numaralı sondajda, 92, 134-136, 166, 199, 202, 204, 207. metrelerde (EK C6); SK8 numaralı sondajın 147, 178, 184-188, 208-210, 228, 229, 262-264. metrelerinde

(EK C8); SK9 numaralı sondajın, 173. metresinde (EK C9); SK7 numaralı sondajın, 17, 39, 41, 230, 270-274, 282, 319-329, 332-335, 358-361. metreleri arasında (EK C7); İsaalan kesitinde tavandan itibaren 3-31, 36-39, 76-88, 146-148. metreler arasında (EK D1) gözlenmekte olup maksimum kalınlığı SK7 numaralı sondajda 10 metre olarak ölçülmüştür. Fasiyesin ortalama kalınlığı 22,5 metre civarındadır. Stratigrafik istifin alt seviyelerinde çakıllı kumtaşları (Fasiyes 3) ile düşey geçişli olup istifin üst seviyelerinde marn (Fasiyes 13) ve kireçtaşları (Fasiyes 14) ile ardalanmalı olarak görülür.

Şekil 6.28: Fasiyes 17, Tüfler, Enerji Madenciliğe ait SK 7 (EK C7) numaralı sondajın 296-299. metreleri arası (Karot kalınlıkları HQ = 63,5 mm).

Odaköy (Dursunbey) havzasında ölçülen stratigrafik kesitlerde ise Şabanlar kesitinin 16., 70., 76. metrelerinde (EK D2); Piriştine kesitinin 26-28. metreleri arası (EK D4); Odaköy kesitinin 77-78. metrelerinde (EK D5); Nohutçu ölçülü stratigrafik kesitinin (EK D6) 30 ve 34. metreler arası kömür (Fasiyes 16) ile ardalanmalı, 48 ile 51. metreler arası organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10) ile ara seviyeli olarak gözlenmektedir (Şekil 6.29).

Patlamalı volkanizma, karasaldan denizele kadar değişik sedimanter ortamlara büyük miktarlarda piroklastlar getirebilir. Bu çökeller moloz akması, yüksek konsantrasyonlu akıntılar ve ve normal dere akıntıları ile yeniden harekete geçirilerek depolanabilirler (Manville, 2001, Palmer ve Shawkey, 2001 ve Manville

vd., 2009). Buradaki volkanoklastik kayaçların (tüf ve tüfitlerin) komşu fasiyeslerle ilişkileri bunların gölde çökeldiğine işaret eder.

Şekil 6.29: Fasiyes 17, Tüfler. Şentaş A.Ş.'ye ait Nohutçu açık işletmesi ocak içi yol yarması.

6.2 Fasiyes Toplulukları

Fasiyes, depolanma şartlarını ortaya koyar ve aynı ortamın farklı kesimlerinde şartlar değişebileceğinden buralarda çeşitli fasiyesler gelişecektir. Fasiyes analizinin amacı, depolanma ortamlarındaki hidrodinamik şartları belirleyerek çökelme ortamlarını tespit etmektir (Walker ve Cant, 1979; Miall, 1985). Bu işleme fasiyes toplulukları oluşturma denilmektedir ve sağlıklı yapılmış fasiyes toplulukları, ortamları ifade edebilir (Miall, 1985). Ölçülü kesitler ve sondajlar yardımıyla fasiyes ve fasiyes topluluklarının korelasyonu yapılarak havzanın paleocoğrafik gelişimi çökelme modelleriyle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

6.2.1 Delta Fasiyes Topluluğu

Topluluk genel olarak tane boyu yukarıya doğru kabalaşan ardalanmalı istiflerden meydana gelmektedir. Bu istiflerin alt seviyelerini yer yer kömür içeren gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11), çakıllı masif çamurtaşları (Fasiyes 9), laminalı kumtaşları (Fasiyes 6), masif kumtaşları (Fasiyes 4), çakıllı kumtaşları (Fasiyes 3) oluştururken üst seviyelerini ise matriks destekli konglomeralar (Fasiyes 1), tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2) oluşturmaktadır (Şekil 6.30 ve 6.31). Fasiyes analizleri sonucunda Delta Fasiyes Topluluğunda, Delta Önü ve Delta Düzlüğü olmak üzere iki alt fasiyes topluluğu tanımlanmıştır. Topluluk göl çökelleri ile yanal-düşey ilişkilidir.

6.2.1.1 Delta Düzlüğü Alt Fasiyes Topluluğu

Delta düzlüğü alt fasiyes topluluğu, delta önü alt fasiyes topluluğu çökelleri ile yanal düşey yönde ilişkilidir. Topluluk, tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2), matriks destekli konglomeralar (Fasiyes 1), dereceli kumtaşları (Fasiyes 5), laminalı kumtaşları (Fasiyes 6), ince kumtaşı-silttaşı ardalanmalı fasiyes (Fasiyes 8), gri-boz renkli masif çamurtaşları (Fasiyes 9), gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11), ve kömürlerden (Fasiyes 16) kuruludur. Topluluk, İsaalan yöresinde gerçekleştirilen SK2 (EK C2) numaralı sondajın %51,9'unu, SK3 (EK C3) numaralı sondajın %38,4'ünü, SK4 (EK C4) numaralı sondajın %62,5'ini, SK5 (EK C5) numaralı sondajın %44,7'sini, SK6 (EK C6) numaralı sondajın %21,7'sini, SK7 (EK C7) numaralı sondajın %39,3'ünü, SK8 (EK C8) numaralı sondajın %27,7'sini, SK9 (EK C9) numaralı sondajın %43,3'ünü, SK10 (EK C10) numaralı sondajın %34,2'sini ve Odaköy yöresinde ölçülen Veliler ölçülü kesitinin (EK D3) tamamını, Piriştine ölçülü kesitinin (EK D4) %15,0'ini ve Nohutçu ölçülü kesitinin (EK D6) ise %19,8'ini oluşturmaktadır. Maksimum kalınlığı SK7 numaralı (EK C7) sondajında 99 metre olarak ölçülmüştür. Topluluk bazı kesitlerde delta önü alt fasiyes topluluğu ile çoğunlukla bataklık fasiyes topluluğu ile ardalanmalı seriler sunar. Üst seviyelerine doğru göl çökellerine geçmektedir. Topluluktaki organik maddeli ince taneli fasiyesler yanal ve düşey yönde orta derecede boylanmış konglomera mercekleri içeren kumtaşlarına geçer. İsaalan yöresinde sınırlı mostra ve daha çok sondaj verilerinden yararlanıldığından

dolayı delta üstü alt fasiyeslerini ayırtlamak mümkün olmamıştır. İstif içerisindeki konglomera içeren paketler tane destekli normal dereceli ve orta - iyi boylanmış ve yuvarlaklaşmıştır. Çakılların maksimum tane boyu 6 cm'ye kadardır. Kabalaşan istifin üst düzeylerini oluşturan konglomeralar iyi organize olmuş olup tabanında yer yer kiremitlenme gözlenmektedir. Gri yeşil kiltaşları içerisinde iyi korunmuş bitki kırıntıları, kök izleri ve yaprak fosilleri yer alır.

Şekil 6.30: Odaköy yöresi Şentaş Madencilik A.Ş.'ye ait Nohutçu işletmesi içerisinde gözlenen yukarı doğru tane boyu kabalaşan ve kalınlaşan delta istifi.

Tabakalı ve normal dereceli olgunlaşmış konglomeralar, muhtemelen örgülü kanallarla tek yönlü güçlü akışlarla taşınma ve depolanmayı işaret eder. İyi boylanmış ve yuvarlaklaşmış tane destekli konglomeraların ince yatay tabakaları, sedimanın yoğun şekilde yeniden işlendiğini gösterir. Dokusal olarak olgunlaşmış konglomeralar delta üstünde gelişmiş örgülü kanallarda çökelmiş olmalıdır. İnce taneli kumlu ve siltli seviyeler taşkınlar sırasındaki akıntıların oluşturduğu kanal kenarı yaygı çökellerini temsil eder. Gri, yeşil ve boz renklerde gözlenen istifte özellikle kiltaşları içerisinde iyi korunmuş bitki kırıntıları, kök izleri, yaprak fosilleri, bulunması, fasiyesin çoğunlukla yapısız, yer yer tabakalı ya da ince paralel laminalanmalar şeklinde izlenmesi, kömür damarları kapsaması fasiyes topluluğunun bazı bölümlerinin delta düzlüğünde bulunan taşkın ovasını işaret eder. Organik

maddeli gri-boz çamurtaşları ve kömür ardalanmalarından oluşan benzer istifler ise kıyı ovası veya bataklık çökellerini, buradaki ince kumtaşları ise bu alanları besleyen kanalcıkları karakterize eder (Belt vd., 1984 ; McCabe, 1984, Besly ve Collinson, 1991). Laminalı seviyeler içeren çamurlu sedimanlar dağıtım kanalları arasındaki koylarda çökelir (Scruton, 1960). Gölsel fasiyeslerle yanal ilişkili olan benzer çökellerin delta düzlüğü alanlarında geliştiğine işaret eder (Reineck ve Singh, 1975; Reading ve Collinson, 1996).

6.2.1.2 Delta Önü Alt Fasiyes Topluluğu

Topluluk genellikle tane boyu yukarıya doğru kabalaşan ardalanmalı istiflerden oluşur. Kalınlığı değişken bu istifin alt düzeylerini gri boz renkli yer yer organik malzemeli çakıllı masif çamurtaşları (Fasiyes 9), gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11) ve kömürler (Fasiyes 16) oluştururken üst düzeylerini ise merceksi geometrili iyi olgunlaşmış tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2) ve masif kumtaşları (Fasiyes 3) oluşturur. Topluluk, İsaalan yöresinde gerçekleştirilen SK1 (EK C1) numaralı sondajın %12,0'sini, SK4 (EK C4) numaralı sondajın %17,5'ini, SK5 (EK C5) numaralı sondajın %44,7'sini, SK6 (EK C6) numaralı sondajın %27,7'sini, SK7 (EK C7) numaralı sondajın %16,1'ini, SK8 (EK C8) numaralı sondajın %37,9'unu, SK9 (EK C9) numaralı sondajın %11,9'unu, SK10 (EK C10) numaralı sondajın %47,7'sini ve yine bu yörede ölçülen İsaalan ölçülü kesitinin (EK D1) ise %2.4'ünü oluşturmaktadır. SK10 (EK C10) numaralı sondaj logunda maksimum kalınlığı 212 metre olarak ölçülmüştür. Yer yer kalınlığı 100-120 cm'ye ulaşan kömür damarları içermektedir. Konglomeralar genellikle tane destekli ve yer yer matriks destekli olup istifin bazı kesimlerinde merceksi geometri sunarlar. Matriksi kum-silt ve ince çakıllardan oluşur. Orta derecede boylanmış, yarı yuvarlaklaşmış ve orta-iyi derecede tutturulmuştur. Çakıllı kumtaşları genellikle sıkı çimentolu olup çakıl boyları maksimum 1cm'dir. Gri-boz renkli çamurtaşları yer yer yoğun bitki kökleri içermekte ve çoğunlukla masiftir.

Şekil 6.31: Odaköy yöresi Veliler köyü civarında gözlenen delta fasiyes topluluğu kayaçları.

Erozyonsuz tabaka yüzeyleri, azalan akış koşullarında çamur veya siltlerin yavaş çökelimi sonucudur (Horton ve Schmitt, 1996). Nemec ve Steel (1988) benzer çökellerin geniş bir tektonik ortamda meydana gelen göl kenarı biriktirme sistemleriyle çökeldiğini ancak fasiyes toplulukları ve stratigrafik mimarinin, temel olarak iklimsel ve havza koşulları ile tektonik rejim ve çökelim süreçlerine bağlı olarak değiştiğini ifade etmişlerdir (Benvenuti, 2003). Fielding ve Webb tane boyu yukarı doğru kabalaşan ve gölsel fasiyeslerle geçişli benzer istifleri delta fasiyes topluluğu olarak yorumlamışlardır (1996). Bhattacharya (2006) göl çökelleri ile ilişkili benzer özellikli fasiyeslerin distal bir deltaik ortamı ifade ettiğini belirtmiştir. Tane boyu üste doğru kabalaşan istiflerin üst düzeylerini oluşturan iyi olgunlaşmış merceksi geometrili tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2) ve masif kumtaşları (Fasiyes 3) kanal (olasılıkla ağız barı) çökellerini karakterize etmekte, alt düzeyleri oluşturan gri-yeşil çamurtaşları (Fasiyes 9) ise kanallar arası koy çökellerini oluşturmaktadır (Reineck ve Singh, 1973).

6.2.2 Bataklık Fasiyesi Topluluğu

Organik malzemeli kiltaşları (Fasiyes 10), masif çamurtaşları (Fasiyes 9) ve kömürlerle (Fasiyes 16) temsil edilen bu fasiyes topluluğu (Şekil 6.32 ve 6.33), tüm sondajlarda ayrıca İsaalan, Nohutçu ve Çakırca ölçülü stratigrafik kesitlerinde gözlenmekte olup maksimum kalınlığı SK9 numaralı sondajda (EK C9) 28 metre olarak ölçülmüştür. Bütün sondaj loglarında gözlenen bu fasiyes topluluğu genellikle sığ göl fasiyes topluluğuyla yanal - düşey geçişlidir. Topluluk bitki kökleri, yaprak ve balık fosillerinin ve koyu gri renkli organik malzemeli çökellerin yoğunluğu ile karakterize edilir. Topluluğa ait örneklerde *Inaperturopollenites hiatus* (Taxodiaceae), *Alnipollenites verus* (Alnus) ve *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae) formları çok yüksek oranda bulunmakta olup turba bataklığındaki çökelmeyi işaret eder.

Şekil 6.32: Bol organik malzemeli kiltaşı ve kömürlerin oluşturduğu bataklık – sığ göl fasiyeslerine ait ardalanmalı istif. İsaalan yöresi Enerji Madencilik A.Ş.'ye ait açık işletmesi.

Topluluk SK1 (EK C1) ve SK2 (EK C2) numaralı sondajlarda sığ göl fasiyesi çökelleri ile ardalanmalı seriler sunar. Topluluk, İsaalan yöresinde gerçekleştirilen SK1 (EK C1) numaralı sondajın %58,7'sini SK2 (EK C2) numaralı sondajın %16,5'ini, SK3 (EK C3) numaralı sondajın %20,0'sini, SK4 (EK C4) numaralı sondajın %12,5'ini, SK6 (EK C6) numaralı sondajın %10,6'sını, SK7 (EK C7)

numaralı sondajın %4,1'ini, SK8 (EK C8) numaralı sondajın %5,5'ini, SK9 (EK C9) numaralı sondajın %6,8'ini, SK10 (EK C10) numaralı sondajın %4,5'ini, İsaalan ölçülü kesitinin (EK D1) %9,0'unu, Odaköy yöresinde ölçülen Nohutçu ölçülü kesitinin (EK D6) %10,1'ini ve Çakırca ölçülü kesitinin (EK D7) ise %10,7'sini oluşturmaktadır.

Şekil 6.33: Bol organik malzemeli kiltaşı ve kömürlerin oluşturduğu bataklık ve genellikle killi kireçtaşı ile temsil edilen sığ göl çökelleri arasındaki düşey geçişli ilişki. Odaköy yöresi Nohutçu açık işletmesi pilot yarma.

Inaperturopollenites hiatus (Taxodiaceae) ve *Cupressasacites bockwitzensis* (Cupressaceae) formlarının çok yüksek oranda bulunması turba bataklığındaki çökelmeyi işaret eder. İnceleme alına ait örneklerden yapılan palinolojik analizler sonucu elde edilen veriler çökelim süresince, bir turba bataklığının sürekli varlığını koruduğu görülmektedir. Kömür damarlarının kalınlığı da bu durumu desteklemektedir. Turba bataklığının varlığını sürekli koruması yağışın fazla olduğunu göstermektedir. Turba bataklığı çevresinde ve/veya ırmak kenarındaki alanları işaret eden *Alnipollenites verus* (Alnus) formunun hemen hemen her örnekte çok yüksek oranda bulunması yağışın sürekli olduğu ve bölgenin genellikle suyla kaplı olduğunu gösterir. Her iki yöreden elde edilen jeokimya sonuçları da (Sr/Cu oranları) bölgenin bir dönem ılık ve nemli bir iklime sahip olduğunu ardından sıcak

ve daha kurak iklim şartlarının hüküm sürdüğünü göstermektedir. Mangano vd. (2000) ve Kelts (1988) organik malzemeli kiltaşları ve kömür içeren benzer fasiyesleri bataklık çökelleri olarak yorumlamıştır.

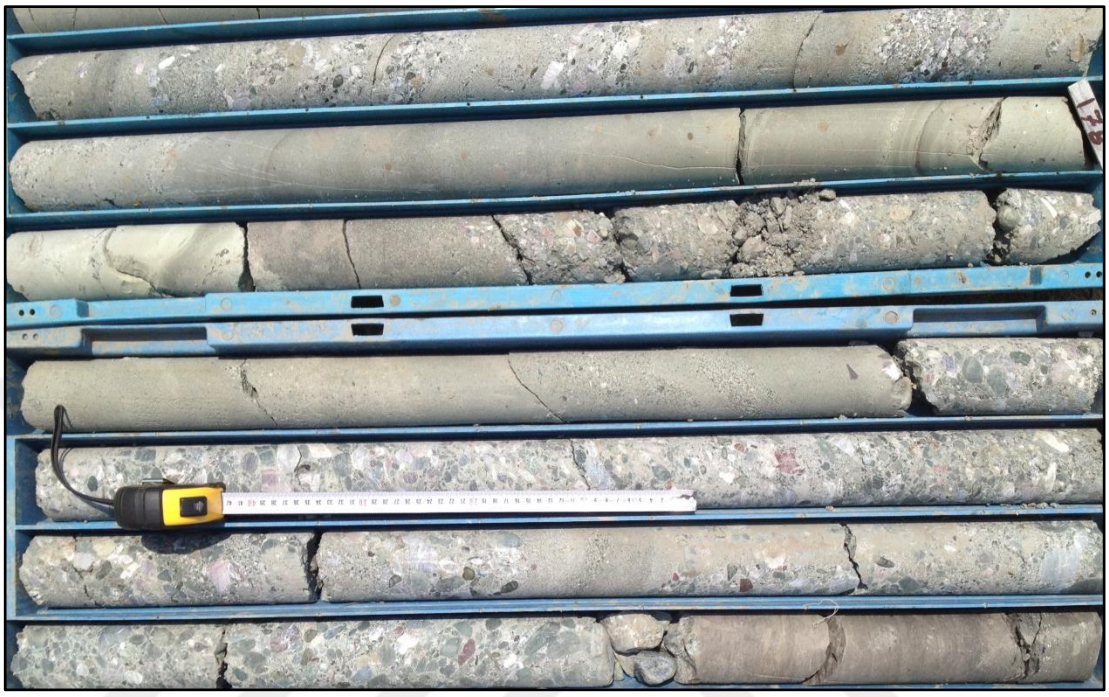
6.2.3 Sığ Göl (Kıyı Yakını) Fasiyes Topluluğu

Topluluk tane destekli konglomeralar (Fasiyes 2), masif ve dereceli kumtaşları (Fasiyes 4 ve 5), paralel laminalı kumtaşı (Fasiyes 6), kireçtaşlarından (Fasiyes 14), oolitli kireçtaşları (Fasiyes 15) ve tüfitler (Fasiyes 17) ile temsil edilir (Şekil 6.34). Topluluk bütün derin sondajlara ait loglarda (SK6, SK7, SK8, SK9, SK10 numaralı sondajlar) gözlenmiştir.

Üst seviyelerinde açık göl fasiyes topluluğuna geçer. Çoğu kesitte bataklık fasiyesi ile ardalanmalı olarak gözlenir. Bazı kesitlerde tespit edilen oolitli seviyeler bu kesimlerde ortamın hareketli dönemlerini ifade etmektedir. Topluluk, İsaalan yöresinde gerçekleştirilen SK1 (EK C1) numaralı sondajın %58,7'sini SK2 (EK C2) numaralı sondajın %16,5'ini, SK3 (EK C3) numaralı sondajın %41,7'sini, SK6 (EK C6) numaralı sondajın %5,3'ünü, SK7 (EK C7) numaralı sondajın %8,2'sini, SK8 (EK C8) numaralı sondajın %14,9'unu İsaalan ölçülü kesitinin (EK D1) %12,0'sini ve Odaköy yöresinde ölçülen Şabanlar ölçülü kesitinin (EK D2) %44,4'ünü, Piriştine ölçülü kesitinin (EK D4) ise %62,5'ini oluşturmaktadır. Maksimum kalınlığı Şabanlar ölçülü kesitinde (EK D2) 87 metre olarak ölçülmüştür. Topluluk SK1 (EK C1) ve SK3 (EK C3) numaralı sondajlarda bataklık fasiyesi çökelleri ile Şabanlar ölçülü kesitinde (EK D2) ise açık göl fasiyesi çökelleri ile ardalanmalı seriler sunar.

Birçok sürecin (özellikle de fiziksel) etkin olduğu kıyı ortamları, kırıntılı ve karbonat getirimine bağlı olarak farklı fasiyes topluluklarının geliştiği hareketli bir alanlardır. Ayrıca tektonizma etkisi ile oluşan su seviyesi değişimleri fasiyes oluşumunda çok etkilidir. Buradaki fasiyes topluluğu dalgalı kıyı alanlarındaki depolanmayı karakterize etmektedir (Horton ve Schmitt 1996). İyi olgunlaşmış tane destekli konglomeralar iyi boylanmış masif kumtaşları, yer yer dereceli kumtaşları ve oolitli kireçtaşları içeren topluluk kıyı akıntıları ve dalga etkisinin dönemsel olarak etkili olduğuna işaret eder. Nichols ve Uttamo (2004) benzer fasiyesler içeren istifleri

zaman zaman bataklıklara dönüşen sığ göl çökelleri olarak yorumlamıştır. Jiang vd. (2012) dalga etkisi, süspansiyon çökelleri ve konsantre yoğunluk akmalarına ait çökellerin oluşturduğu benzer fasiyes topluluğunu, sığ su yada kıyı yakını çökelleri olarak yorumlamıştır.



Şekil 6.34: İyi olgunlaşmış konglomera, kumtaşı ve kiltaşlarından kurulu Sığ göl (kıyı yakını) fasiyes topluluğu. İsaalan SK6 (EK C6) nolu sondaj karotu.

6.2.4 Açık Göl Fasiyesi Topluluğu

Topluluk, dereceli kumtaşları(Fasiyes 5), ince kumtaşı-silttaşı ardalanmalı fasiyes (Fasiyes 8), masif çamurtaşları (Fasiyes 9), gri-yeşil kiltaşları (Fasiyes 11), masif marn (Fasiyes 13), tüfit (Fasiyes 17) ve kireçtaşlarından (Fasiyes 14) kuruludur (Şekil 6.35 ve 6.36).

Topluluk yapılan tüm sondaj loglarında ve Veliler ölçülü stratigrafik kesiti hariç tüm kesitlerde gözlenmektedir. Topluluk genellikle sığ göl (kıyı yakını) fasiyes topluluğu ve nadiren de bataklık fasiyesiyle yanal-düşey ilişkili, üst seviyeleri volkanoklastikler ile örtülüdür. Tüm sondajlarda stratigrafik istifin üst kesimlerinde gözlenmektedir. İsaalan kesitinde topluluğun üst seviyelerinde kireçtaşı tüf ardalanması şeklinde gözlenir.

Topluluk, İsaalan yöresinde gerçekleştirilen SK6 (EK C6) numaralı sondajın %13,2'sini, SK7 (EK C7) numaralı sondajın %3,8'ini, SK9 (EK C9) numaralı sondajın %2,2'sini, SK10 (EK C10) numaralı sondajın %8,4'ünü, SK11 (EK C11) numaralı sondajın %57,3'ünü, İsaalan ölçülü kesitinin (EK D1) %76,0'sını ve Odaköy yöresinde ölçülen Şabanlar ölçülü kesitinin (EK D2)%35,2'sini, Piriştine ölçülü kesitinin (EK D4) %17,5'ini Odaköy ölçülü kesitinin (EK D5) tamamını ve Çakırca ölçülü kesitinin (EK D7) ise %80,3'ünü oluşturmaktadır.

Maksimum kalınlığı İsaalan ölçülü kesitinde (EK D1) 127 m. olarak ölçülmüştür. *Candona (Neglecandona) decimai, Heterocypris salina, Candona (Pseudocandona) sp., Candona parallela pannonica, Chara oogon* gibi sınırlı sayıda ostracod fosillerine rastlanmıştır. Bu ostrakod fosilleri limnik (tatlısu-brahik) alanları işaret eder.

Şekil 6.35: Marn ve gri kiltaşlarından kurulu açık göl çökelleri ile killi kireçtaşlarından kurulu sığ göl çökelleri.

Dereceli kumtaşları (Fasiyes 5) yüksek-düşük yoğunluklu türbidit akıntılara ait çökellerdir. Masif çamurtaşları (Fasiyes 9), taşınmanın azaldığı bölümlerde süspansiyon şeklinde oluşmuştur. Türbiditik akıntı ve süspansiyon yüklerinin oluşturduğu benzer çökeller açık göl çökellerini karakterize eder (Horton ve Schmitt, 1996).

Tüfitler (Fasiyes 17) ise sedimantasyon sırasında havzada gelişen volkanizmaya ait piroklastik malzemenin ya da yakın çevredeki tüflerin erozyonla taşınarak sulu ortamda yeniden çökelmesiyle oluşmuştur (Jiang vd., 2012). Tüm bu fasiyeslerin gelişimini denetleyen hidrodinamik koşullar düşük enerjili açık göl ortamını işaret etmektedir (Horton ve Schmitt 1996). Wysocka ve Swierczewska (2010) benzer fasiyes topluluğunu göllerin derin kesimlerinde çökelmiş fasiyesler olarak yorumlamıştır.

Şekil 6.36: Marn ve laminalı kiltaşlarının baskın olduğu açık göl fasiyes topluluğu. Odaköy yöresi, Çakırca açık işletmesi.

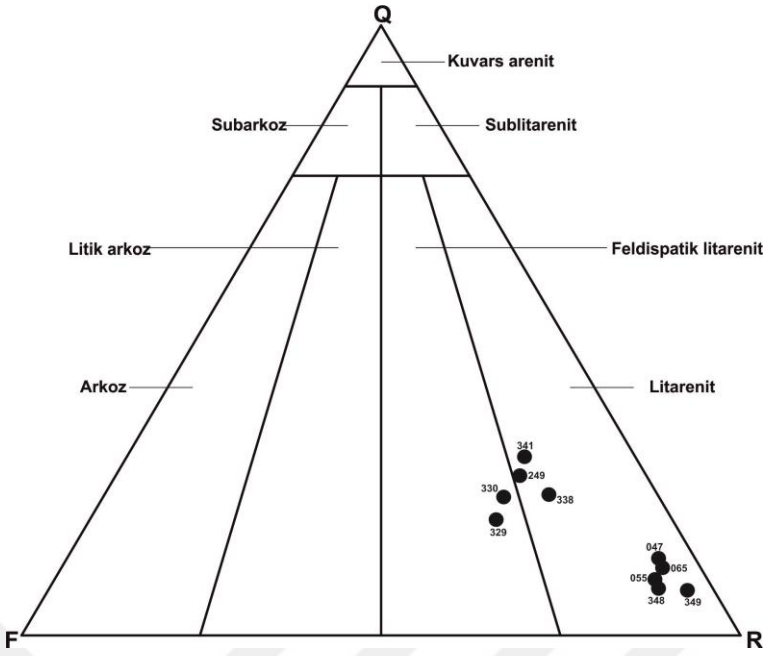
6.3 Soma Formasyonu'na Ait Kumtaşlarının Petrografik Özellikleri

Bu çalışma sırasında, havzayı besleyen kaynak bölge ve kaynak kayaç cinsleri ile çökelme koşullarının saptanması amacıyla petrografik incelemeler yapılmıştır. Bu kapsamda Soma Formasyonunun Kepsut yöresindeki yüzeylemelerinden 10, Dursunbey yöresinden 10 olmak toplam 20 adet kumtaşının ayrıntılı petrografik özellikleri incelenmiştir (Şekil 6.37 ve 6.38).

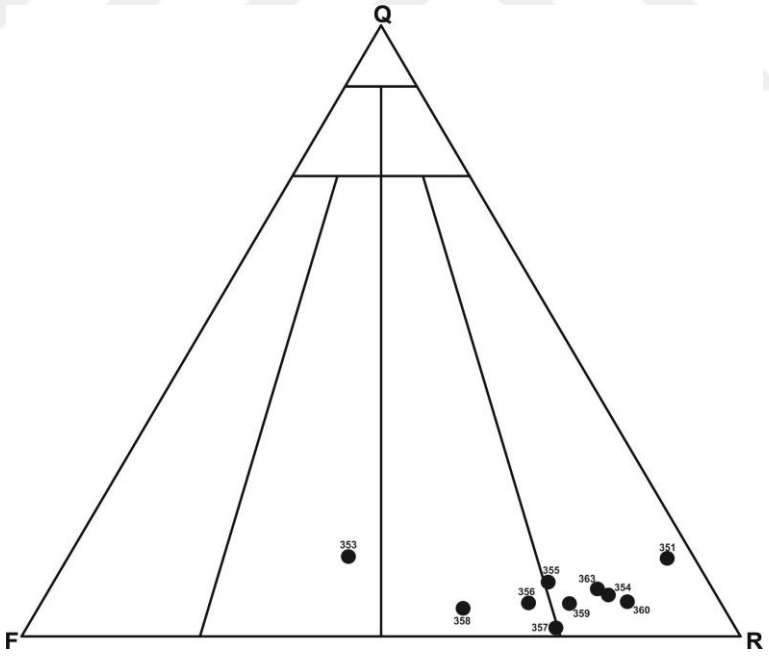
Derlenen örneklerin petrografik incelemelerini yapabilmek için her örnekten ortalama 1000 nokta sayımı yapılarak elde edilen değerler yüzdeye indirgenmiştir (Tablo 6.1). İncelenen kumtaşları Folk (1980)'in QFR diyagramı kullanılarak sınıflandırılmış ve adlandırılmışlardır.

Tablo 6.1: Soma Formasyonundan alınan kumtaşlarından nokta sayım yöntemine göre elde edilen modal analiz değerleri.

İsaalan (Kepsut) Yöresi Örnekleri (%)										
	047	**055**	**065**	**249**	**329**	**330**	**338**	**341**	**348**	**349**
Kuvars	12,1	9,2	11,1	26,2	19	22,7	23,1	29,3	8,4	7,4
Feldspat	5,1	7,3	5,3	17,6	24,5	21,6	15,1	15,4	7,5	3,7
Volk. K.P.	1,9	2,9	1,2	2,8	0,7	1,7	0,8	4	0,7	4,9
Ultrm. K. P.	47,2	41,3	45,1	36,2	23,9	26,6	40,5	31	37,9	44,3
Sed. K.P.	-	0,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,3	1,1	1,7	1,6
Met. K.P.	17	25,6	20	9,7	4,5	8,5	5,8	9,7	24,3	25,6
Çört	11,5	3,6	13,2	2,1	6,5	4,2	2,8	2,1	10	12
Amfibol	-	-	-	-	0,7	0,9	3,7	2,2	-	-
Mika	2,9	6,4	2,4	4,1	19,5	12,3	6,9	4,3	8,8	0,5
Opak M.	2,3	3,3	1,2	0,5	0,2	0,7	1	0,9	0,7	-
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Odaköy (Dursunbey) Yöresi Örnekleri (%)										
	351	**353**	**354**	**355**	**356**	**357**	**358**	**359**	**360**	**363**
Kuvars	12,8	13,1	6,8	8,9	5,5	1,4	4,6	5,4	5,7	7,8
Feldspat	3,8	48	15	22,3	26,7	25	36,3	21,1	12,9	16
Volk. K.P.	3,8	4,7	2,6	3,6	4,7	6,7	6,9	1,6	3,3	16,5
Ultrm. K. P.	28,9	1,8	36,1	18,5	17,3	24,1	1,9	31	37	25,4
Sed. K.P.	6,9	-	2,3	1,8	1,3	4,6	-	1,7	3,8	1,8
Met. K.P.	25	-	17,3	15,7	23,6	12,8	1,6	12,7	24	15,9
Çört	10,1	-	1,4	2,7	0,3	1	0,3	2,6	3,4	1,5
Amfibol	-	20,1	13,1	14,2	15	16,1	31,2	12,7	1,6	10,7
Mika	6,9	12,3	4,4	12,3	5,6	7,4	17,2	6,9	8,1	3,3
Opak M.	1,8	-	1	-	-	0,9		4,3	0,2	1,1
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Şekil 6.37: Soma Formasyonu'na ait (İsaalan (Kepsut) Yöresi) kumtaşlarının Folk (1980) sınıflamasındaki konumları. (Q: Toplam kuvars, F: Feldspat, R: Toplam kayaç parçaları)



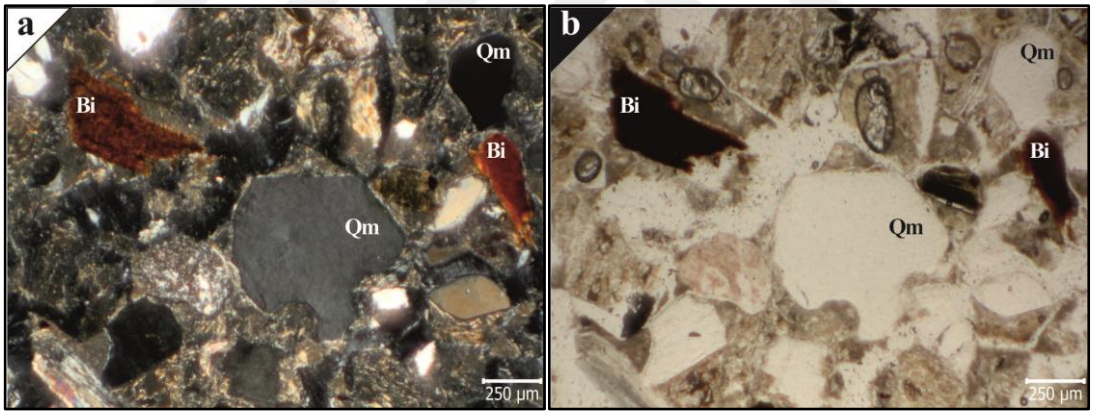
Şekil 6.38: Soma Formasyonu'na ait (Odaköy (Dursunbey) Yöresi) kumtaşlarının Folk (1980) sınıflamasındaki konumları. (Q: Toplam kuvars, F: Feldspat, R: Toplam kayaç parçaları)

6.3.1 Ana Bileşenler

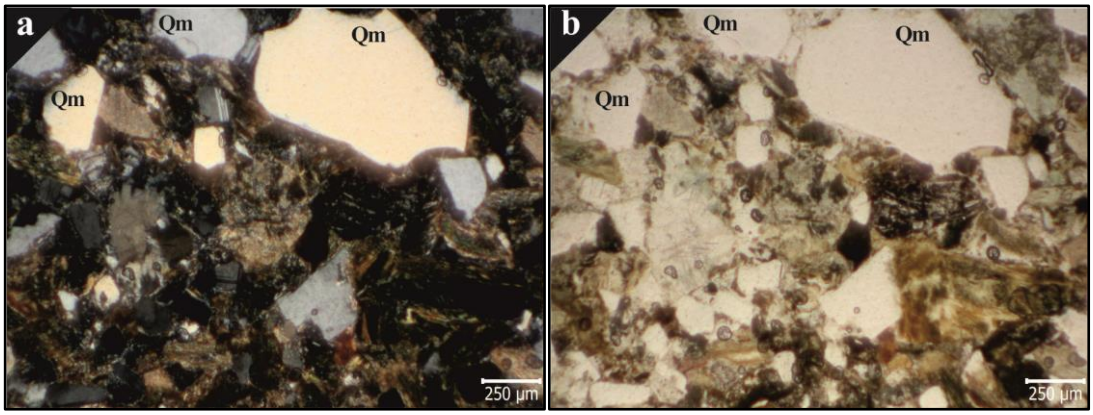
6.3.1.1 Kuvarslar

İncelenen örneklerde kuvarslar monokristalin, polikristalin olmak üzere iki tipte gözlenmiştir. Bu kuvarslar Kepsut yöresinde yüzeyleyen Soma Formasyonundan alınan örneklerde %7.4-29.3, Dursunbey yöresinden alınan örneklerde %1.4-%13.1 arasında değerlerde gözlenmiştir.

Monokristalin kuvarslar: Genellikle ufak taneli kuvarslar kimi yerde sivri köşeli, kimi yerde köşeleri yuvarlaklaşmıştır, bazen de kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunarlar. Bu çatlaklı yapı bazı ince kesitlerde körfez yapısı şeklinde gözlenir (Şekil 6.39). Dengesiz kristalleşmenin bir belirtisi olduğu bilinen bu tipteki körfez yapıları örneklerde çok yaygın değildir. Kimi zaman hafif dalgalı, çoğunlukla da düz sönme gösteren bu tip kuvarslar çoğunlukla plütonik kökeni işaret eder (Şekil 6.40).

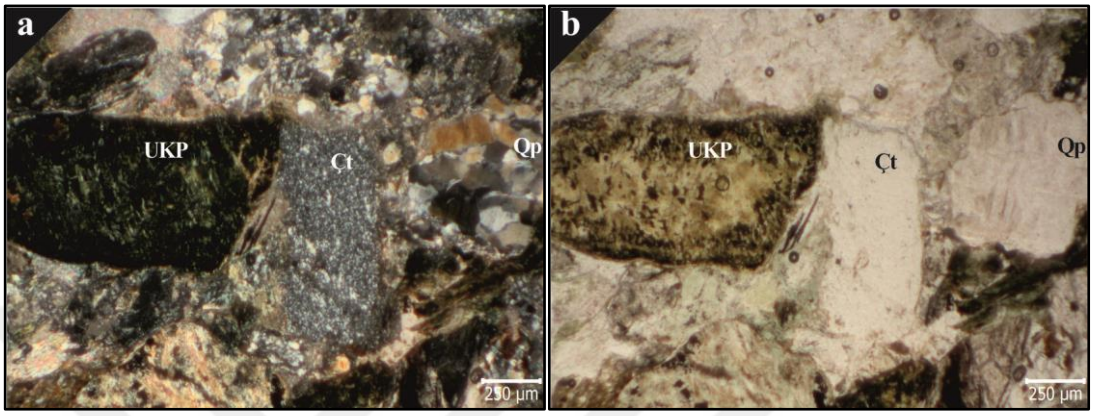


Şekil 6.39: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde monokristalin kuvarslar (Qm), a) ÇN b) TN.



Şekil 6.40: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen monokristalin kuvarslar (Qm), a) ÇN b) TN.

Polikristalin kuvarslar: Kısmen daha büyük boyutlarda gözlenen bu kuvarslar kuvvetli dalgalı sönme göstermekte ve kristaller arası sınırlar yer yer düz çoğunlukla da süturludur (Şekil 6.41). Genelde yuvarlak yapıdaki kuvars tanelerinde iyi yönlenme sunan ince muskovit mineralleri gözlenmekte olup bu durum metamorfik kökeni işaret etmektedir.

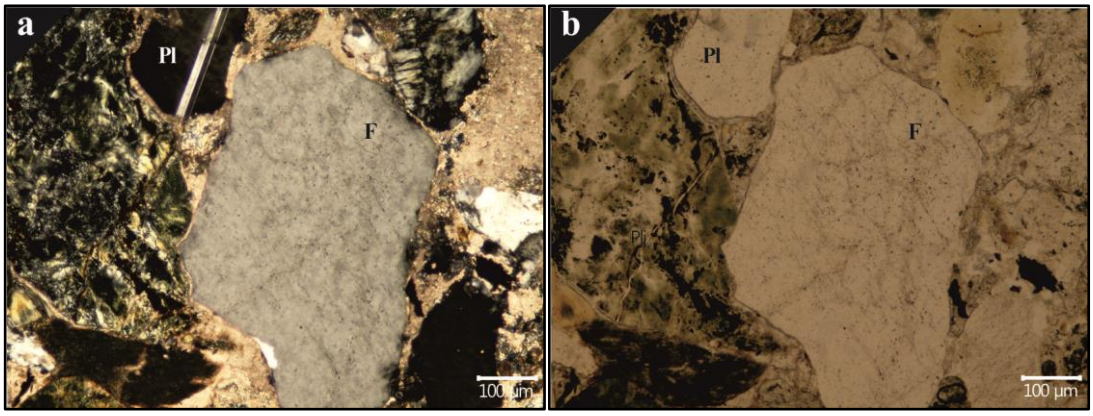


Şekil 6.41: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen polikristalin kuvars (Qp), a) ÇN b) TN.

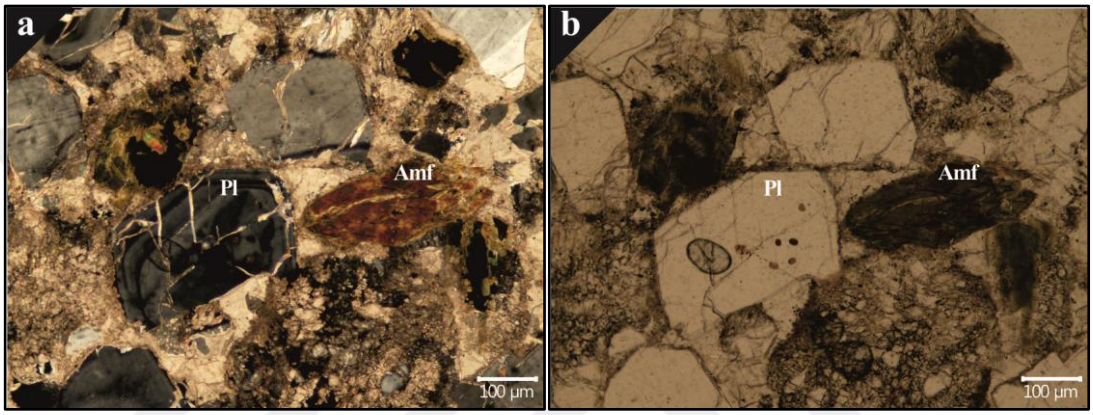
6.3.1.2 Feldspatlar

Kumtaşlarının sınıflandırılmasında kullanılan üç ana bileşenden birisi olan feldispatların oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 3.7 – 24.5, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 3.8 – 48.0 arasında değişmektedir.

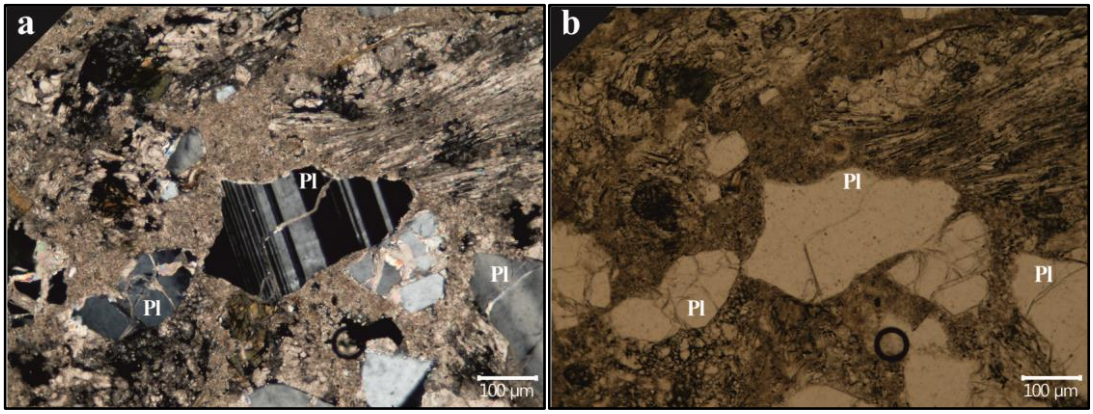
Alkali feldspatlar ortoklazlardan ibaret olup hem miktar olarak az hem de boyutları nisbeten küçüktür. Alkali feldispatlarda gözlenen alterasyonlar genellikle karbonatlaşma, yer yer de serizitleşmedir. Bazı örnekler bozuşmuş olmaları nedeniyle, feldspatların türleri tam olarak ayırtlanamamıştır (Şekil 6.42). Plajiyoklaz fenokristalleri yarı özşekilli veya özşekilsizdir. Az bir kısmı zonlu yapı göstermekte olup (Şekil 6.43), çoğunluğu polisentetik ikizlenme sunmaktadır (Şekil 6.44). Bunların bir kısmı kısmen kloritleşmiştir. Plajiyoklazlar çoğu kesitte alkali feldispatlara oranla daha fazladır.



Şekil 6.42: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde plajiyoklaz (Pl) ve feldispat (F), a) ÇN b) TN.



Şekil 6.43: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde plajiyoklaz (Pl) ve amfibol (Amf), a) ÇN b) TN.



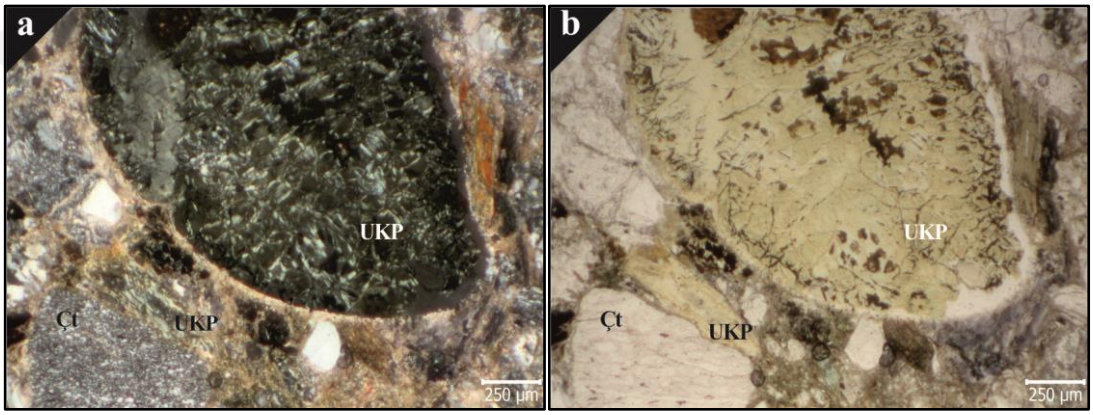
Şekil 6.44: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen plajiyoklazlar (Pl), a) ÇN b) TN.

6.3.1.3 Kayaç Parçaları

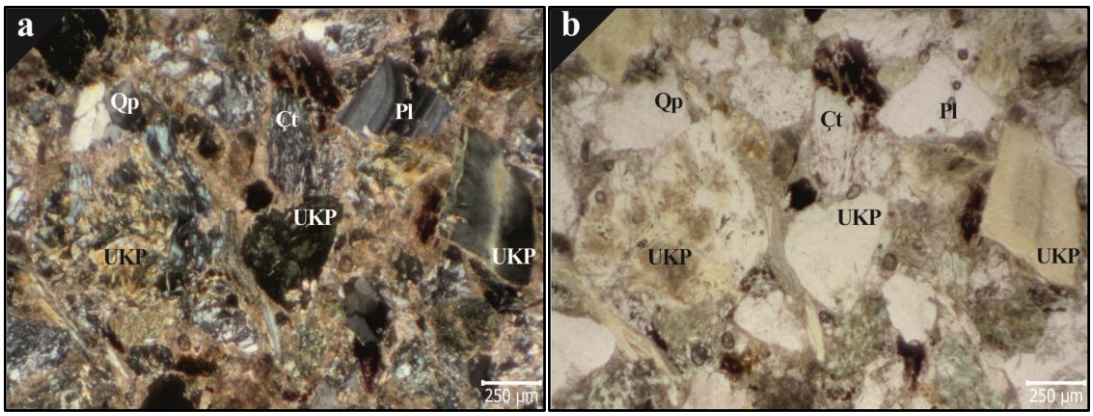
İncelenen kumtaşlarında genellikle yuvarlaklaşmış, bazen de köşeli tanelerden oluşan farklı dokuda birçok kayaç parçasına rastlanmıştır. Kumtaşlarının çoğunda kayaç parçaları baskın bileşen durumundadır. Yüzde oranlarına göre sırasıyla ultramafik kayaç parçaları, metamorfik kayaç parçaları, volkanik kayaç

parçaları, çörtler ve sedimanter kayaç parçalarına rastlanmıştır. Kesitlerden yapılan petrografik gözlemlerde toplam kayaç parçalarının diğer ana bileşenlere oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 55.3 – 88.9, Dursunbey yöresine ait öreneklerde ise % 38.9 – 83.4 arasında değişmektedir.

Ultramafik Kayaç Parçaları: Ultramafik kayaç parçalarının oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 23.9 – 47.2, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 1.8 – 37.0 arasında değişmektedir. Çoğunlukla iyi yuvarlaklaşmış kısmen ezilmiş durumda gözlenen bu parçalar genellikle ileri derecede serpantinleşmişlerdir (Şekil 6.45 ve Şekil 6.46).



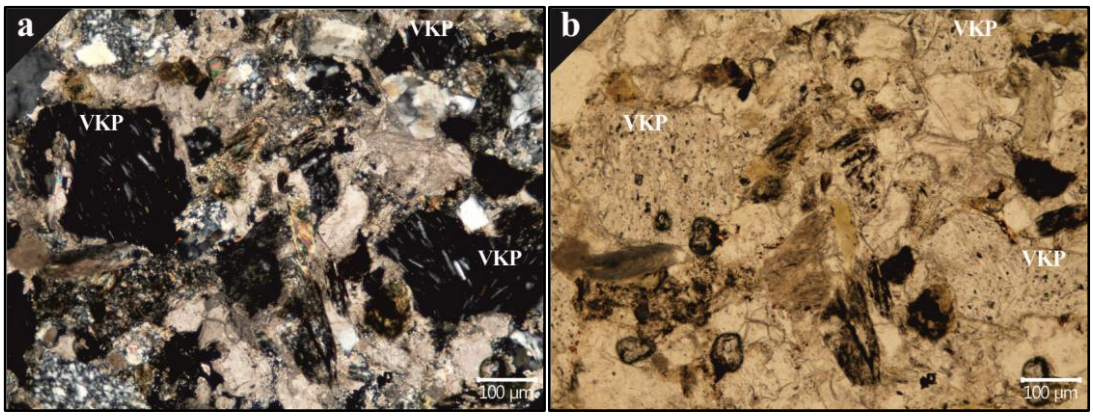
Şekil 6.45: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde ultramafik kayaç parçası (UKP), a) ÇN b) TN.



Şekil 6.46: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde ultramafik kayaç parçaları (UKP), a) ÇN b) TN.

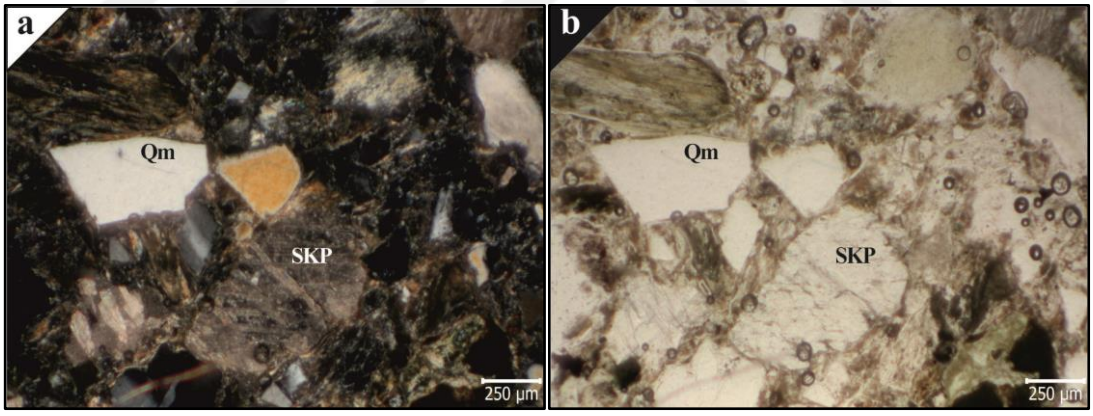
Volkanik Kayaç Parçaları: Volkanik kayaç parçalarının oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 1.9 – 4.9, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 1.6 – 16.5 arasında değişmektedir. Kayaç parçaları içerisinde hamuru kısmi olarak opaklaşmış, içerisinde plajiyoklaz mikrolitleri gözlenen genellikle andezitik veya

bazaltik bileşimli taneler bulunmaktadır. Genellikle yuvarlaklaşmış ve yer yer de köşeli özellik sunar (Şekil 6.47).



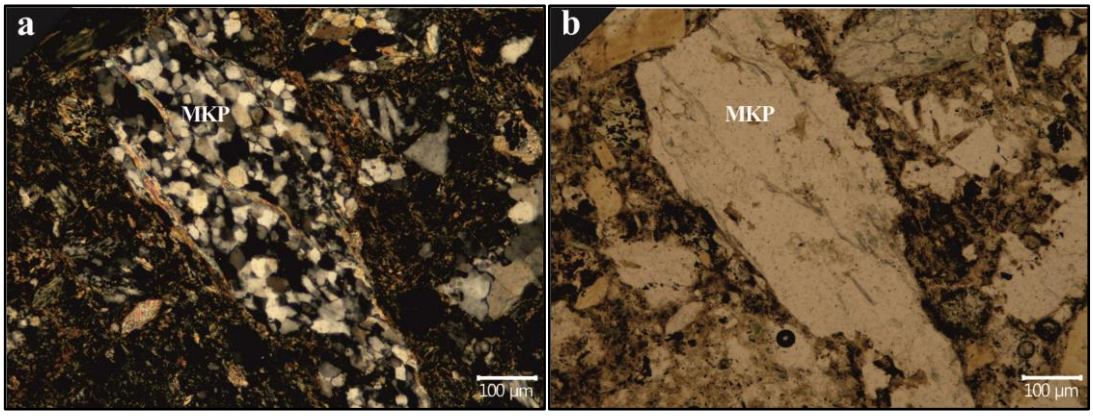
Şekil 6.47: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen volkanik kayaç parçaları (VKP), a) ÇN b) TN.

Sedimanter Kayaç Parçaları: Sedimanter kayaç parçalarının oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 0.3 – 1.7, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 1.3 – 6.9 arasında değişmekte olup tümünü kireçtaşı parçaları oluşturmaktadır. Geneli orta boyutlu ve yarı yuvarlaklaşmıştır (Şekil 6.48).

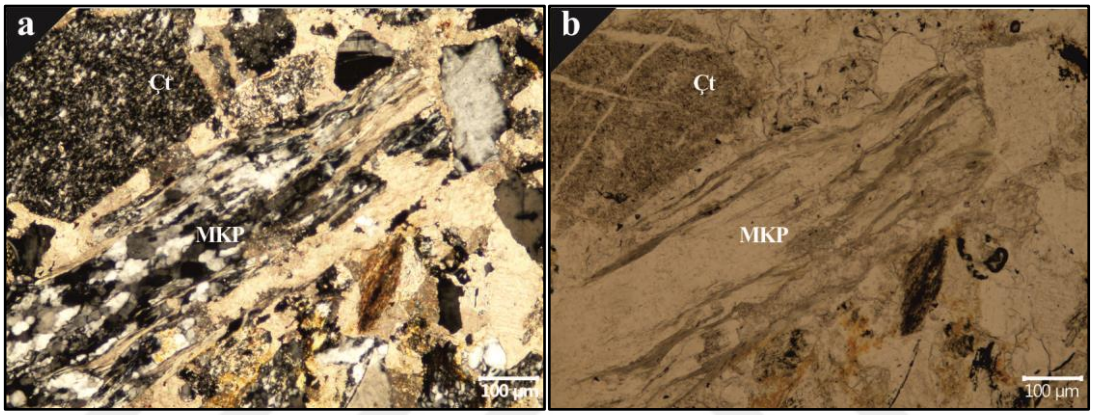


Şekil 6.48: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen sedimanter kayaç parçaları (SKP), a) ÇN b) TN.

Metamorfik Kayaç Parçaları: Metamorfik kayaç parçalarının oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 4.5 – 25.6, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 1.6 – 25.9 arasında değişmektedir. Bunlar genellikle şistik karakterde olup yönlenmiş kuvars ve muskovit mineralleri içerir. Az örnekte yarı yuvarlaklaşmış çoğunlukla köşeli olarak gözlenmiştir (Şekil 6.49 ve Şekil 6.50).

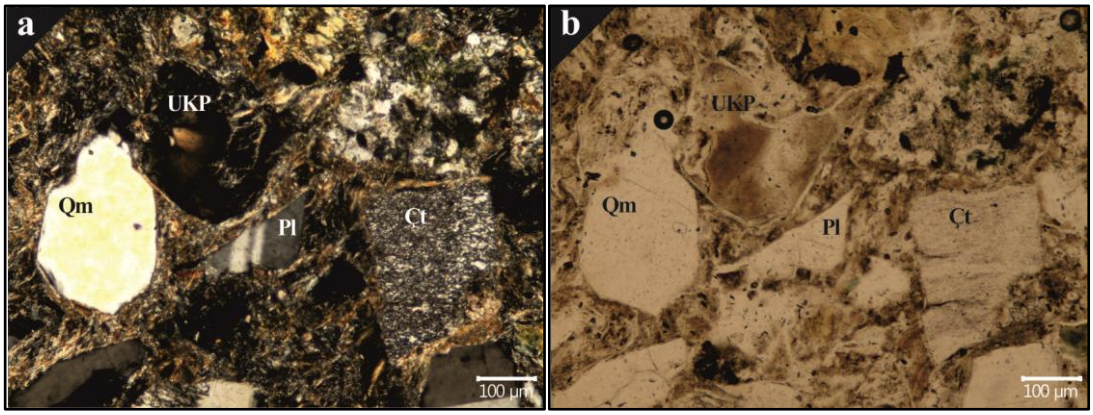


Şekil 6.49: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen metamorfik kayaç parçası (MKP), a) ÇN b) TN.



Şekil 6.50: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen metamorfik kayaç parçası (MKP) ve çört parçası (Çt), a) ÇN b) TN.

Çörtler: Çört parçalarının (Şekil 6.51) oranı, Kepsut yöresi Neojen çökellerinde % 2.1 – 13.2, Dursunbey yöresi Neojen çökellerinde ise % 0.3 – 10.1 arasında değişmektedir.



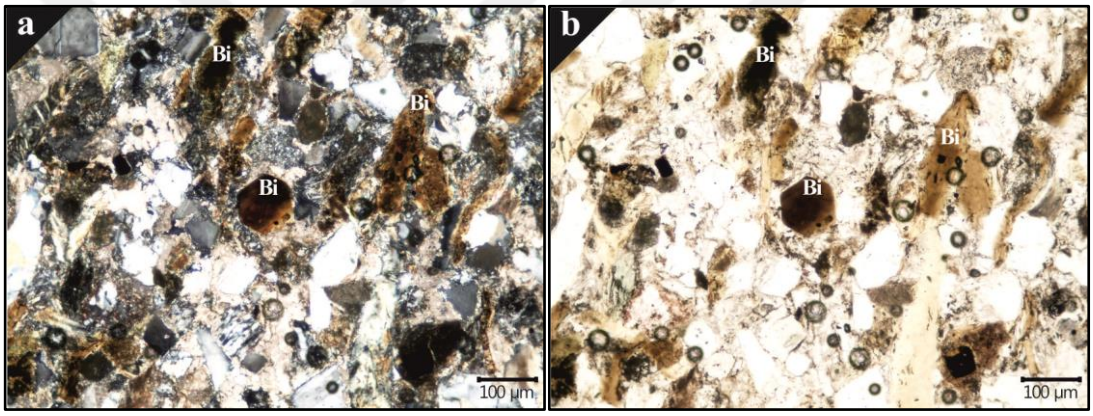
Şekil 6.51: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen çört parçası (Çt), ultramafik kayaç parçası (UKP), plajiyoklaz (Pl) ve monokristalin kuvars (Qm), a) ÇN, b) TN.

6.3.2 Tali Bileşenler

İncelenen örneklerde tali bileşenleri, biyotit, muskovit cinsi mikalar, amfiboller ve opak mineraller oluşturur.

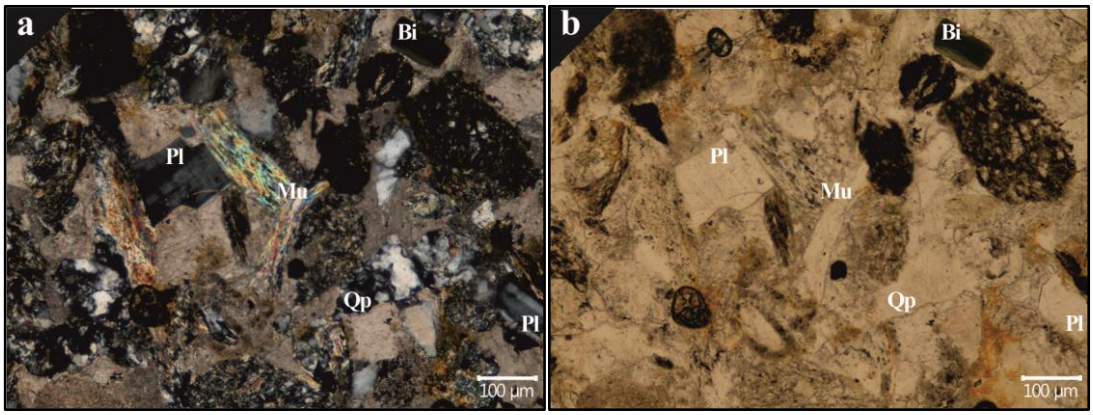
Mikaların oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 0.5 – 19.5, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 3.3 – 17.2 arasında değişmektedir.

Biyotitler irili ufaklı taneli, yarı özşekilli ve özşekilli, bazı örneklerde yeşilimsi kahverengi, bazılarında kızıl kahverengidir. Birçok yerde demirleri açığa çıkmış ve opaklaşmış, hamur tarafından yenmiş, bazı alanlarda kısmen kloritleşmişlerdir (Şekil 6.52).



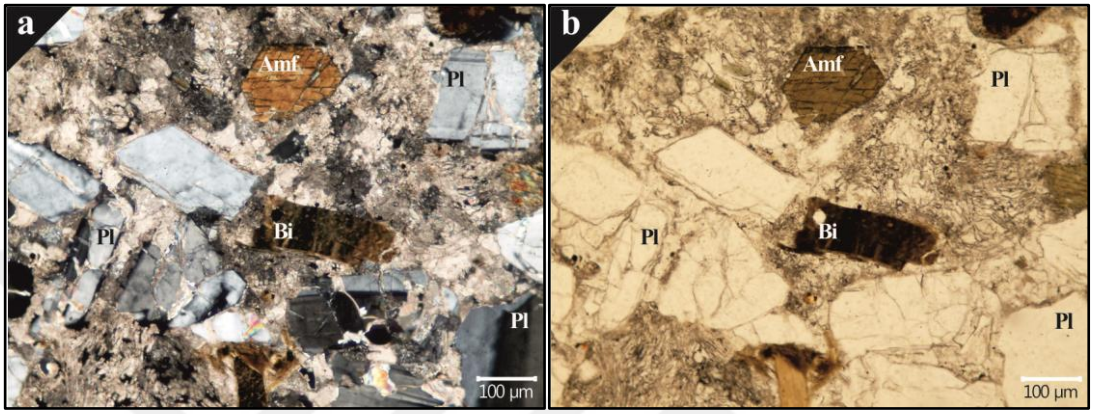
Şekil 6.52: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen biyotitler (Bi), a) ÇN b) TN.

Muskovitler yarı özşekilli ve özşekilsiz, çift nikolde yeşilimsi pembemsi renkleri ve tek nikolde pleokroizma göstermemeleri ile karakteristiktir. Bükülmüş örneklerine sıkça rastlanır. Kimi yerde dağılmış ve parçalanmış olarak bulunur (Şekil 6.53).



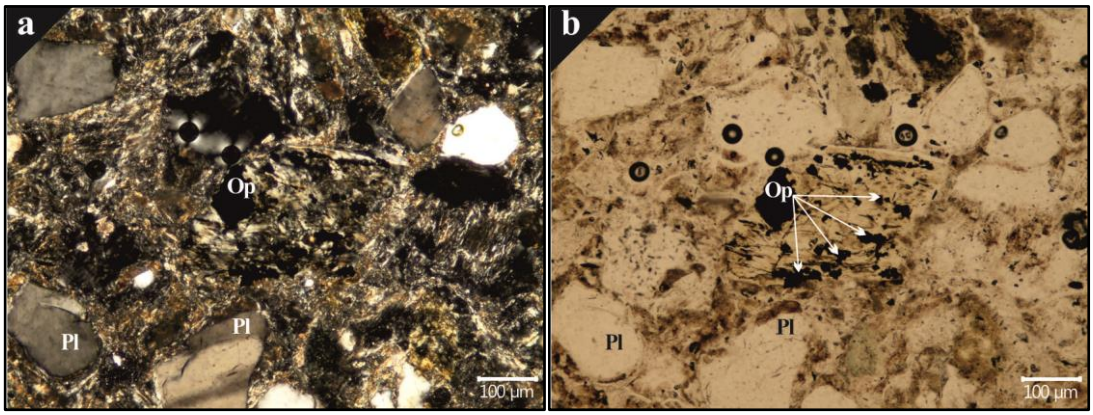
Şekil 6.53: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen muskovitler (Mu), a) ÇN b) TN.

Amfibol fenokristalleri ise her örnekte rastlanmamakla birlikte tanınabildikleri yerlerde yarı özşekilli, özşekilsiz olarak bulunmaktadır. Bazıları dilinimlerinden itibaren kloritleşmiş, karbonatlaşmış, çoğunluğu hamur tarafından yenerek tanınmayacak hale gelmiştir. Amfibollerin oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 0.7 – 3.7, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 1.6 – 20.1 arasında değişmektedir (Şekil 6.54).



Şekil 6.54: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen amfiboller (Amf), a) ÇN b) TN.

Opak minerallerin oranı, Kepsut yöresine ait örneklerde % 0.2 – 3.3, Dursunbey yöresine ait örneklerde ise % 0.2 – 4.3 arasında değişmektedir. Bu minerallerin bir kısmını kübik şekilli kromit ve piritler oluşturmakta, öz şekilsiz olarak gözlenenleri ise muhtemelen hematit ya da limonit olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.55).



Şekil 6.55: Soma Formasyonu'na ait kumtaşları içinde gözlenen opak mineraller (Op), a) ÇN b) TN.

6.3.3 Matriks ve Çimento

İncelenen kumtaşlarının bağlayıcısını kısmen karbonat ve karbonat olmayan çok ince taneli kil, silt boyutundaki malzemeler oluşturur. Matriksi oluşturan taneler yer yer çatı bileşenlere benzerlik göstermektedir. Örneklerin hepsinde kayaç parçaları yüzdesinin kuvars ve feldispat gibi dayanıklı minerallerin yüzdesinden fazla olması, zirkon gibi ağır ve çok dayanıklı minerallerin az gözlenmesi bunların mineralojik olarak olgunlaşmamış olduğunu gösterir.

6.3.4 Kumtaşlarının Bileşimi ve Kaynak Alanı

Kaynak alan terimi sedimanter petrograflar tarafından bir sedimanter kayacı veya çökelin kaynağı ile ilgili bütün özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Kumtaşlarında geliştirilen kaynak alan çalışmaları, çökeli oluşturan kaynak kayaları, rölyefi, kaynak alanındaki iklimi, ayrışmayı, tektonik ortamı, taşınma tarihini ve diyajenetik değişiklikleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Duygu, 2011).

Kaynak alanından aşınıp, taşınıp, bir havzada depolanan ve gömülen tanelerin incelenmesiyle kaynak alanının farklı karakteristikleri ve çökelme ortamına ilişkin önemli ipuçları elde edilebilmektedir. Stratigrafik birim içerisindeki kırıntılı çökellerin bileşimi, tane boyu ve tane şekli esas olarak kaynak alanının ve tanelerin özelliklerine bağlıdır (Pettijohn vd., 1973; Tucker, 1991; Galloway ve Hobday, 1996). Kırıntılı çökel kayaçların bileşimi birkaç faktör tarafından kontrol edilir. Bunlar; kaynak kaya bileşimi, kimyasal ayrışma, erozyon, çökelme, taşınma, gömülme ve diyajenezdir (Johnson, 1993). Birbirleriyle ilişkili olan bu faktörler, tektonik ortamlar, iklim ve çökelme ortamının doğasından etkilenirler. Buradaki her bir faktör diğerlerinin karakteristiklerini etkiler ve farklı kırıntılı bileşimler oluşturur.

Bu çalışmada modal analizi yapılan kumtaşlarının bileşimleri oldukça değişkendir. Kepsut yöresinde yüzeyleyen Soma Formasyonu'na ait kumtaşlarındaki kuvars oranı %7.4 ile 29.3, feldspatların oranı %3.7 ile 24.5 arasında değişir. Kayaç parçalarından en yoğun olarak gözlenenleri ultramafik kayaç parçaları olup oranları %23.9 ile 47.2 aralığında değişmektedir. Bu değerleri sırasıyla metamorfik kayaç

parçaları %4.5 ile 25.6 ve volkanik kayaç parçaları %0.7 ile 4.9 aralığında değişen değerlerle izlemektedir. Sedimanter kayaç parçaları bu örneklerde % 0.3 ile 1.7 aralığında çok düşük oranlarda gözlenmiştir. Mika parçaları %0.5 ile 19.5 ve çört parçaları %2.1 ile 13.2 arasında değişir.

Kepsut yöresine ait kumtaşlarında bileşenlerin çoğunluğunu ultrabazik kökenli kayaç parçaları, serpantinit ve harzburjit oluşturur. Bazı incekesitlerde yer yer yüksek oranlarda da çörtler gözlenmiştir. Ultrabazik kökenli bu bileşenler bölgede geniş yüzeylemeler sunan Yayla melanjına ait farklı türdeki bloklardan türemiş olmalıdır. Çoğunlukla düz sönme gösteren monokristalin kuvarslar, feldspat ve ferromagnezyen mikaların kökenini Çataldağ Plütonuna ait granitik ve granodiyoritik kayaçlar oluşturmaktadır. Yer yer yüksek oranlarda gözlenen muskovitler ve dalgalı sönme gösteren şistik metamorfik tip kuvarslar, havza tabanında yer alan Fazlıkonağı metamorfitlerinden türemiş olmalıdır.

Dursunbey yöresine ait kumtaşlarında ise kuvars oranı %1.4 ile 13.1 arasında değişmektedir. Feldspatların toplamı %3.8 ile 48.0 arasındadır. Kayaç parçalarından en yoğun olarak gözlenenler yine ultramafik kayaç parçalarıdır. Bu bileşenlerin oranı %1.8 ile 36.1 aralığında değişmektedir. Bu değerleri sırasıyla metamorfik kayaç parçaları %1.6 ile 25.0, amfibol parçaları %1.6 ile 20.1, mika parçaları %3.3 ile 17.2, volkanik kayaç parçaları %1.6 ile 16.5 ve sedimanter kayaç parçaları %1.3 ile 6.9 aralığındaki oranlarla izlemektedir. Yöredeki kuvarsların oranı Kepsut yöresi kumtaşlarından daha düşüktür. Bunun sebebi paleocoğrafik olarak havzanın kaynak alanında kuvarsça zengin kayaçların yer almamış olması ya da kaynak alandaki kayaçların kuvarsça fakir olmasıdır. Yayla melanjı içerisindeki radyolarit çört, serpantinit, ultrabazik ve mafik volkanik kaya blokları bölgedeki kumtaşlarında gözlenen ultrabazik kayaç parçaları ve çörtlerin kaynağını oluşturmaktadır.

Kumtaşları içerisinde yüksek oranda (%48) gözlenen plajiyoklaz türü feldspat ve amfibol minerallerinin havzadaki sedimanter kayaçlar ile yer yer ardalanmalı yer yer yanal geçişli olan genç asidik bileşimli volkaniklerden ya da ultrabazik kayaçlardan türediği düşünülmektedir. Şistik metamorfik tip kuvarslar ve metamorfik kayaç parçaları ile muskovitlerin Fazlıkonağı metamorfitlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Bazı kumtaşı örneklerindeki kireçtaşı parçalarının ise Soma

Formasyonu'na ait formasyon içi gölsel kireçtaşlarından yada Yayla Melanjı içerisindeki kireçtaşı bloklarından türemiş olmalıdır.

7. KÖMÜRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

7.1 Giriş

Kömürler homojen yapılı bir madde olmayıp, çeşitli bileşenlerden oluşur. Kömür, içerisinde yüksek oranda karbon (C), az oranda hidrojen-oksijen-kükürt ve azot (H-O-S-N) elementleri bulunduran organik bir madde olup, kahverengi ya da siyah renkli, bitki artıklarının fosilleşmesi sonucu oluşmuş, değişik oranda inorganik maddeler içeren ve yanabilen sedimanter bir kayaçtır. Yeryüzündeki kayaları oluşturan minerallere benzer olarak maseral adı verilen bileşenlerden oluşmaktadır. Mineraller belirgin fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip kristalin yapılı maddeler olmasına karşın, maserallerin özellikleri değişkendir ve kristal yapısı bulunmamaktadır.

Bitkisel kalıntıların bataklık ortamlarında çökelmesi ve ayrışması sonucu ortaya çıkan malzeme bakterilerin etkisiyle bataklık kömürüne (turba) dönüşmektedir. Halk arasında torf olarak bilinen turba, tam manasıyla kömür sayılmaz. Çökel birikiminin devam etmesi ile artan gömülme oranı, yükselen ısı ve kimyasal reaksiyonlarla önce linyit, alt bitümlü kömür, taşkömürü, antrasit ve en sonunda şartlar uygun olursa grafite dönüşmektedir. Bu olgunlaşma sürecine kömürleşme, geçilen her bir süreçteki evrelere "**kömürleşme derecesi"** (rank) adı verilmektedir (Tuncalı vd., 2002).

Kömürleşme süreçleri yaklaşık 3,5 My. ile 350 My. kadar sürebilmektedir (Ünalan, 2010). Kömürleşme sürecinde kömürlerin çeşitlilik göstermesi, havza içerisine giren bitkisel artıkların cinsi, karbon miktarı, nem, kül, uçucu madde ve mineral içeriklerinin yanında jeolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Turbadan antrasite geçişte karbon oranları ve ısıl değerlerde artışlar gerçekleşirken oksijen ve hidrojen oranları düşmektedir (Berkowitz, 1985).

Bataklık ortamlarında başlayan bu süreçte oluşan metan gazı atmosfere kaçar ya da geçirimsiz tabakalar arasında kapanlanarak doğalgaz rezervuarları oluşturmaktadır.

7.2 Kömürlerin Sınıflandırılması

Kömürler farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamalardan biri kapsadıkları organik maddenin tipine göre sınıflamadır. Bu sınıflamaya göre kömürler hümik ve sapropelik olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

Hümik Kömürler: Bataklıkta bir yığışım şeklinde biriken bitki artıklarının, bakterilerin etkisi ile önce turbaya ardından gömülme nedeni ile artan sıcaklığın etkisiyle de sırasıyla linyit, alt bitümlü kömür, taş kömürü, yarı antrasit ve antrasite dönüşmesiyle oluşan, genellikle parlak ve bantlı kömürlerdir. Litotip, kömür damarlarının farklı makroskobik bantlarını ve özelliklerini tanımlamak ve açıklamak için kullanılan bir terimdir. Kömürlerdeki bu bantlı yapı, litotiplerden kaynaklanmaktadır. Hümik kömürlerin organik maddesi ağırlıklı olarak karada yaşayan büyük bitkilerin gövde, dal, kök ve yapraklarından oluşmaktadır. Yeryüzünde varlığı bilinen kömürlerin çoğu bu gruba girmekte olup, III. tip kerojen organik madde içermesinden dolayı bu kömürlerin hidrojen oranları düşüktür (Ünalan, 2010).

Sapropelik Kömürler: Belirli bir su derinliğine sahip deniz, göl, ve lagün havzalarının tabanında oksijensiz ortamda biriken ve ardından gömülen sapropelin (organik madde içeren çamur), jeogradyandan kaynaklanan sıcaklık artışının etkisi altında kömürleşmesi ile oluşan mat ve bantlı yapıda olmayan kömür türüdür. I. veya II. tip kerojen kapsayan bu kömürler için turba aşaması söz konusu değildir. Bol miktarda alg içeren türlerine "boghead" kömürü, spor ve polen bakımından zengin türlerine ise "cannel" kömürü adı verilir. Bu tip kömürlerin yeryüzündeki rezervleri ve yayılımları hümik kömürlere oranla çok daha azdır. Bitümlü şist de denilen bu kömürlerin hümik kömürlere oranla hidrojen oranları daha yüksektir. Çökelme ortamlarına göre ise paralik ve limnik olmak üzere iki grupta incelenir (Ünalan, 2010).

Amerikan standartı kömür sınıflamasına (Tablo 7.1) göre kömür kavramı içinde, linyit, alt bitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit olmak üzere başlıca 4 ayrı kömür türü ayırt edilmiştir. Linyitten antrasite gidildikçe kömürleşme derecesinin artmasına bağlı olarak karbon oranı ve ısıl değer sürekli artar.

Tablo 7.1: Amerikan standartı kömür sınıflaması (ASTM, 1981).

		Sabit Karbon Sınırları *(%)		Uçucu Madde Sınırları *(%)		Isı Değeri (kcal/kg)	
Sınıf	Alt Grup	> =	<	>	< =	> =	<
ANTRASİT	1. Meta-antrasit	98	-	-	2	7780	-
	2. Antrasit	92	98	2	-	7780	-
	3. Semi-antrasit	86	92	8	14	7780	-
BİTÜMLÜ KÖMÜR	1. Düşük Uçuculu	78	86	14	22	7780	-
	2. Orta Uçuculu	69	78	22	31	7780	-
	3. Yüksek Uçuculu A	-	69	31	-	7780	-
	4. Yüksek Uçuculu B	-	69	31	-	7220	7780
	5. Yüksek Uçuculu C	-	69	31	-	5835	7220
ALT BİTÜMLÜ KÖMÜR	1. Alt Bitümlü A	-	69	31	-	5835	6390
	2. Alt Bitümlü B	-	69	31	-	5275	5835
	3. Alt Bitümlü C	-	69	31	-	4610	5275
LİNYİT	1. Linyit A	-	69	31	-	3500	4610
	2. Linyit B	-	69	31	-	-	3500

* Kuru, mineral maddesiz bazda

7.3 Çalışma Alanı Kömürlerinin Kaba Kimyasal (Proximate) Analizleri

Bu bölümde İsaalan yöresinden 19 (Şekil 7.1), Odaköy yöresinden 24 (Şekil 7.3) adet olmak üzere toplamda 43 adet kömür örneğinin kaba kimyasal (proximate) analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında alınan kömür örnekleri üzerinde nem, kül, uçucu madde, toplam kükürt, bağlı karbon ve ısıl değer analizleri yapılmıştır. Kömür örneklerinin kaba kimyasal analiz sonuçları ve ortalama değerleri havada kuru bazda olmak üzere Tablo 7.2, 7.3, 7.4 ve 7.5'te sunulmuştur. Analiz sonuçlarının genel anlamda değerlendirilmesi ve yorumu aşağıda verilmiştir.

Nem: Kömürlerde nem; yer altı koşullarında sahip olduğu yüzey nemi, yüzeye çıkarılıp havada kuruduktan sonra bünyesinde kalan kalıntı nemi (havada kuru bazda), organik maddenin bozunma nemi ve minerallerin hidrasyon nemi olmak üzere dört şekilde bulunmaktadır (Carpenter 1988; ASTM, 1991 ve 2005).

Bu çalışma kapsamında havada kurutulduktan sonra örnekte kalan nem (havada kuru bazda / kalıntı nemi) analizleri yapılmıştır. Kömürler sahip oldukları toplam nemin önemli bir miktarını havada kurutulma sırasında kaybetmekte ve havada kurutulmuş örneklerde nispeten düşük nem içerikleri saptanmaktadır.

Bu yüzden havada kuru kömür bazında nem değerleri orijinal bazdaki nem değerlerinden daha düşük olmaktadır. Kömür örneklerinin havada kuru kömür bazındaki nem değerleri İsaalan kömürlerinde %9,27 ile %13,65 arasında, Odaköy yöresi kömürlerinde ise %7,15 ile %14,42 değerleri arasında değişmektedir.

Kül: Kömürün yakılması sonucu açığa çıkan kalıntılar kül olarak adlandırılmaktadır. Kül değeri kömürün inorganik bileşen miktarı (mineral madde) hakkında bilgiler vermektedir (ASTM, 1991). Şekil 7.2 ve Şekil 7.4'te İsaalan ve Odaköy yörelerinden alınan örneklere ait üst ısıl değerlere karşılık kül ve toplam karbon değerleri ile derinliğe karşılık kül, uçucu madde, üst ısıl değer ve bağıl karbon değerleri grafiklerle verilmiştir.

Genellikle kül içeriğinin artmasına bağlı olarak, yanmayan kısım arttığı için ısıl değerin düşmesi beklenir. Buna uygun olarak incelenen örneklerde kül içeriği ile ısıl değerler ters orantılıdır. Kömürlerin ısı değerini düşürdüğü için ekonomik olarak kül miktarının az olması istenmektedir. Relatif olarak yüksek kül içeriğine sahip olan havza kömürlerinde, Şekil 7.2 ve 7.4'te görüldüğü gibi düşey yönde, tabandan tavana doğru kül içeriğinde bir azalma gözlenmektedir. Ayrıca bu değerler petrografik analizlerde incelenen mineral madde miktarı ile uyum göstermektedir.

İncelenen kömür örneklerinin havada kuru bazda kül değerleri İsaalan yöresi kömürlerinde %5,62 ile %52,20 arasında, Odaköy yöresi kömürlerinde ise % 5,63 ile % 65,57 arasında değişmektedir

Uçucu Madde: Kömürlerde uçucu maddeler, nem, hidrojen, karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, organik sülfür bileşikleri, organik bileşikler, katran, klorürler ve amonyak gibi bileşiklerden oluşmaktadır (ASTM, 1991).

Uçucu madde içeriği kömürleşme derecesi ile doğrudan ilişkilidir. Linyit gibi düşük dereceli kömürlerde uçucu madde miktarları taşkömürlerindeki uçucu madde miktarına göre daha fazladır. Kömürleşme derecesi arttıkça uçucu madde içeriği azalmaktadır. Tabandan tavana doğru artış gösteren uçucu madde içerikleri Şekil 7.2 ve 7.4'te görülmektedir.

İncelenen örneklerde havada kuru bazda uçucu madde oranları İsaalan yöresi kömürlerinde %21,66 ile %39,96 arasında, Odaköy yöresi kömürlerinde ise %20,45 ile %45,52 arasında değişmektedir.

Bağıl Karbon: Kömürdeki nem, kül ve uçucu maddenin 100'den çıkarılması ile bulunan bu değer havada kuru bazda, İsaalan yöresi kömürlerinde %16,79 ile %47,41 arasında, Odaköy yöresi kömürlerinde ise %2,40 ile %44,91 arasında değişmektedir.

Bu değerlerin derinliğe oranla hazırlanan grafiklerinde tabandan tavana doğru artması, kül içeriğinin tavana doğru azalması ile ilişkilidir. Mineral madde oranının azalması, bağıl karbon değerinin artmasına sebep olmaktadır (Şekil 7.2 ve 7.4).

Toplam Kükürt: Kömürde kükürt inorganik ve organik bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Organik kükürt hidrokarbon yapıya bağlı olarak, inorganik kükürt ise sülfit minerallerinden kaynaklanmaktadır.

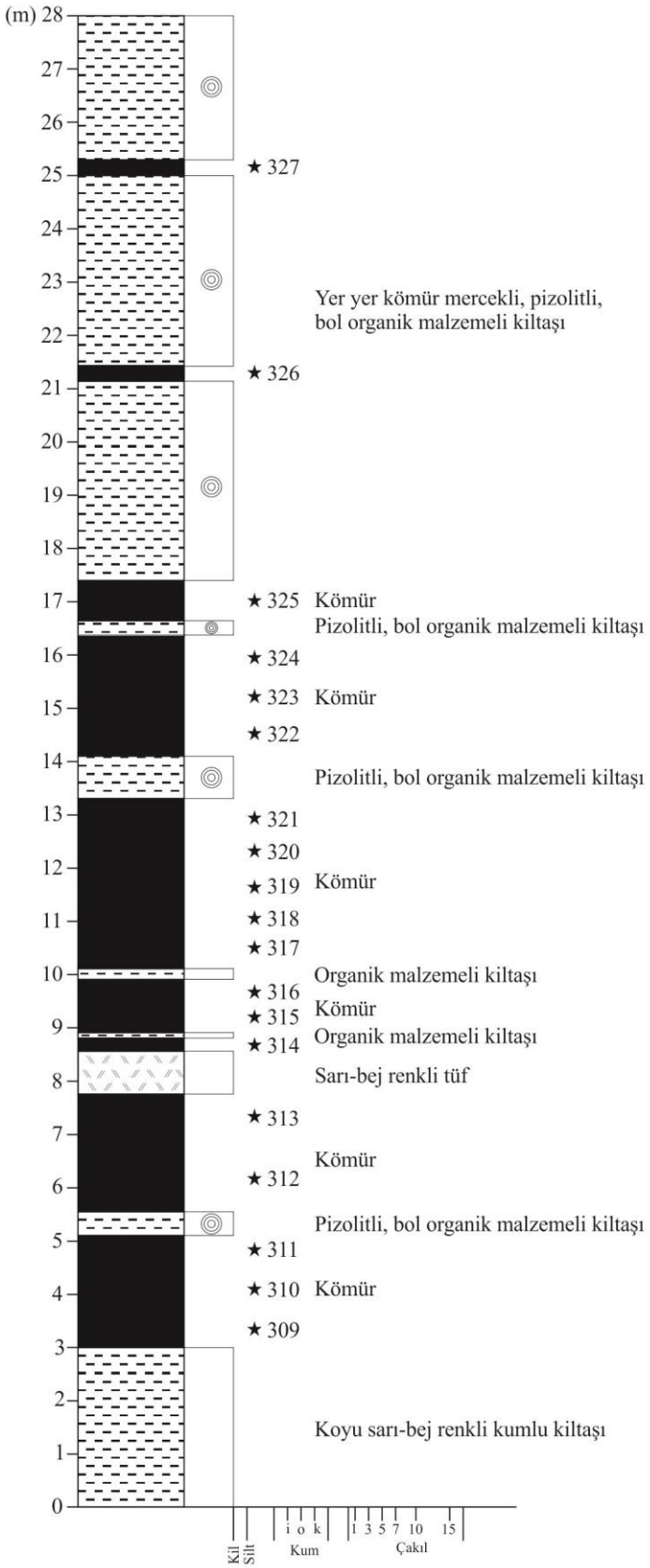
Kömürlerdeki yüksek kükürt içeriği literatür verilerinde çeşitli şekillerde açıklanmıştır. Bunlardan birisi de, turba ortamındaki yüksek su tablası ile yüksek "pH" ve "Eh" koşullarına bağlı olarak gelişen kükürt oluşumlarıdır (Stach vd., 1982). Bu şartlar bakteri aktivesi açısından uygun ortamlardır. İncelenen örneklerde havada kuru bazda toplam kükürt oranları İsaalan yöresi kömürlerinde %0,72 ile %3,67 arasında Odaköy yöresi kömürlerinde ise %1,96 ile %6,77 arasında değişmektedir.

Isıl Değer: Bir kömürün ısıl değeri, o kömürün kömürleşme derecesine ve kömürün organik yapısına karışmış olan yanmayan maddelerin miktarına bağlıdır. Kömür yandığında ısı açığa çıkması, içerdiği organik karbon ve hidrojen bileşiklerinin oksitlenmesiyle meydana gelmektedir. Kömürün mineral miktarı (kül içeriği) arttıkça ısıl değeri azalmaktadır.

Kömürleşme derecesi düşük kömürlerin, oksijen ve nem içeriklerinin yüksek olması nedeniyle, ısıl değerleri düşüktür. Isıl değer; üst ısıl değer ve alt ısıl değer olarak iki şekilde sunulmaktadır.

İncelenen örneklerde havada kuru bazda üst ısıl değerleri İsaalan yöresi kömürlerinde 2370 kcal/kg ile 6256 kcal/kg arasında Odaköy yöresi kömürlerinde ise 1088 kcal/kg ile 5668 kcal/kg arasında değişmektedir.

Kömürdeki üst ısıl değer, kül içeriği ve sabit karbon arasındaki ilişkiyi daha iyi görebilmek için bu değerler grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Şekil 7.2 ve Şekil 7.4'te görüldüğü üzere ısıl değerler ile kül içerikleri arasındaki ilişki beklenildiği gibi negatif doğrusal, ısıl değerler ile toplam karbon içerikleri arasındaki ilişki ise pozitif doğrusal bir yönelim sunmaktadır.



Şekil 7.1: İsaalan (Kepsut-Balıkesir) yöresi kömür işletmesinden derlenen örnekleme profili.

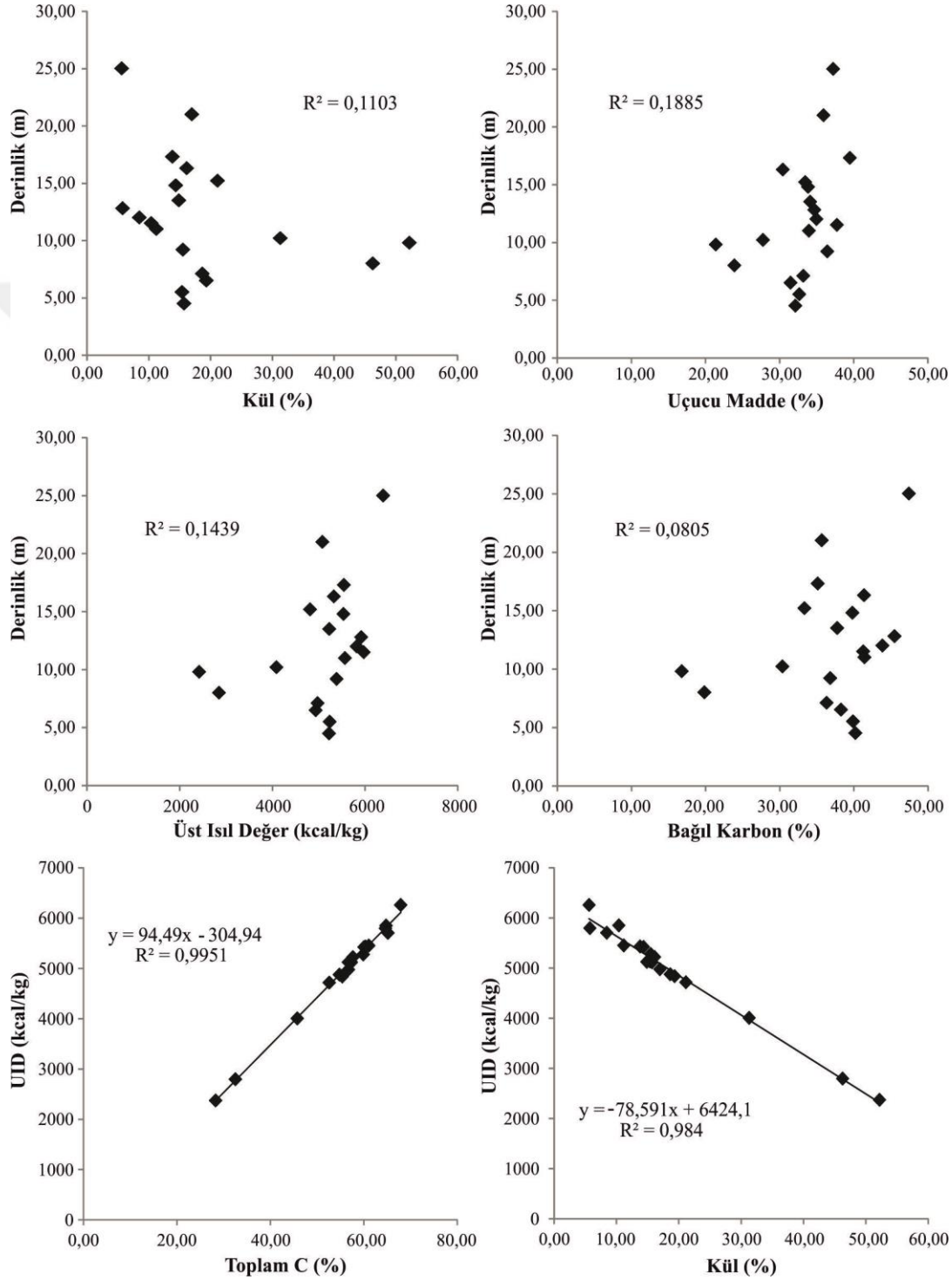
Tablo 7.2: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	% Nem	% Uçucu Madde	% Kül	% Bağıl Karbon	AID kcal/kg	UID kcal/kg	% S	% C	%N	%H	%O
309	11,56	32,52	15,71	40,21	2554	5114	2,48	57,32	1,23	5,49	33,5
310	11,64	33,07	15,39	39,90	2558	5128	2,57	57,25	1,26	5,57	33,3
311	10,54	31,88	19,33	38,25	2523	4833	2,32	55,41	1,16	5,39	35,7
312	11,41	33,61	18,65	36,33	2524	4874	3,57	54,80	1,11	5,49	35,0
313	9,70	24,19	46,28	19,83	2181	2791	1,17	32,53	0,43	3,92	61,9
314	10,78	36,88	15,53	36,81	2626	5276	3,41	59,93	0,83	5,63	30,2
315	9,35	21,66	52,20	16,79	2080	2370	1,35	28,31	0,24	3,52	66,6
316	10,23	28,10	31,30	30,37	2453	4003	2,04	45,80	0,70	4,68	46,8
317	12,96	34,39	11,21	41,44	2580	5450	2,76	61,09	0,84	6,03	29,3
318	10,14	38,20	10,40	41,26	2746	5846	3,23	64,80	0,61	6,05	25,3
319	12,26	35,42	8,46	43,86	2629	5699	0,72	65,20	1,10	6,20	26,8
320	13,65	35,11	5,75	45,49	2583	5793	2,69	64,67	1,05	6,33	25,3
321	12,81	34,55	14,88	37,76	2539	5119	3,67	56,75	0,81	5,80	33,0
322	11,57	34,26	14,36	39,81	2669	5419	2,34	60,09	0,90	5,84	30,8
323	11,68	33,86	21,14	33,32	2513	4713	2,46	52,64	0,86	5,52	38,5
324	11,68	30,82	16,13	41,37	2618	5218	1,10	57,71	0,71	5,55	34,9
325	11,09	39,96	13,82	35,13	2659	5429	2,86	60,39	0,72	5,85	30,2
326	10,97	36,38	16,98	35,67	2524	4974	2,16	56,72	0,43	5,40	35,3
327	9,27	37,70	5,62	47,41	2786	6256	3,16	67,95	0,34	6,14	22,4

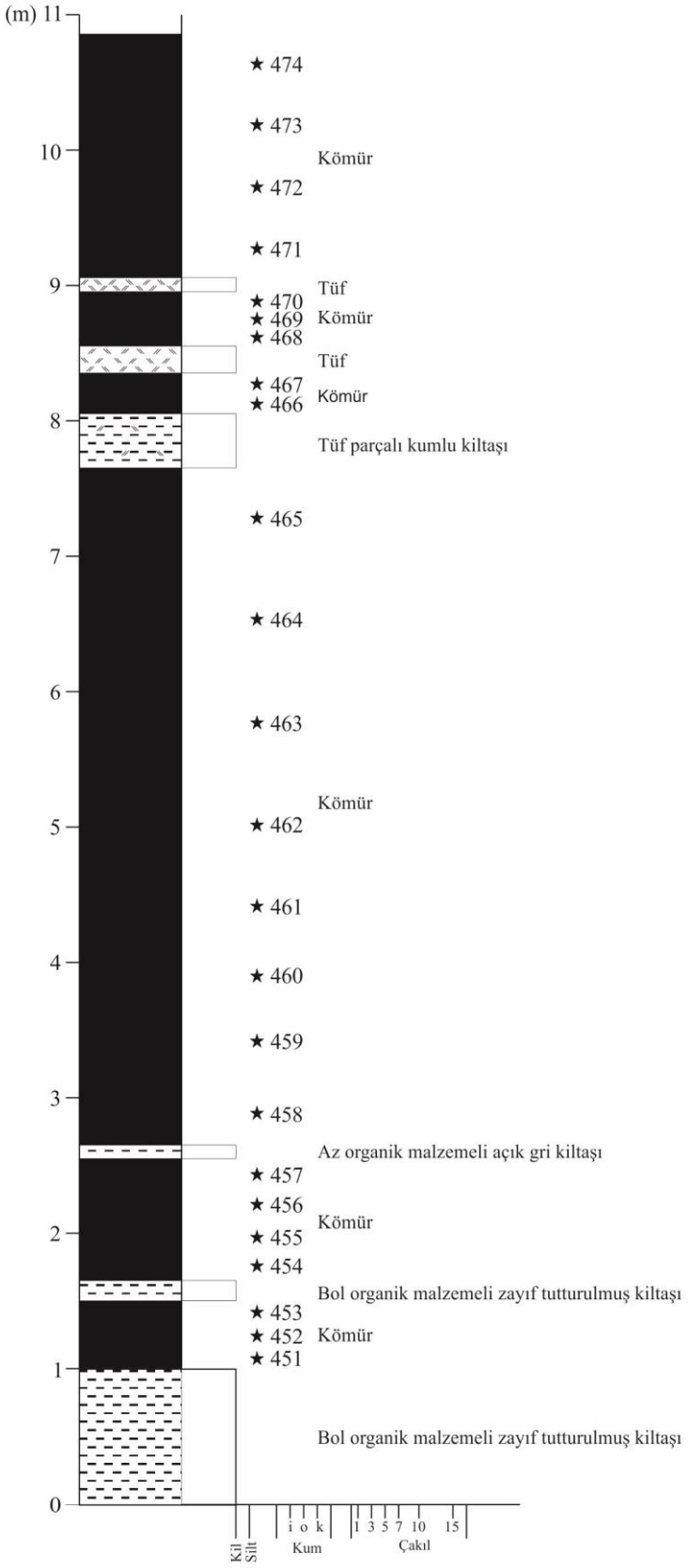
Tablo 7.3: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri.

Analiz	Sınır Değerler	Ortalama Değer
% Nem	9,27 – 13,65	11,23
% Uçucu Madde	21,66 – 39,96	33,29
% Kül	5,62 – 52,20	18,59
% Bağıl Karbon	16,79 – 47,41	36,90
% Toplam Kükürt	0,72 – 3,67	2,42
Isıl Değer kcal/kg	2370 – 6256	4963

İsaalan yöresinden derlenen kömür örneklerinde kül değerleri derinliğe göre negatif bir korelasyon gösterirken, uçudu madde, üst ısıl değer ve bağıl karbon değerleri derinliğe göre pozitif yönde bir korelasyon sunmaktadır (Şekil 7.2). Derinliğe karşı kül, uçucu madde, bağıl karbon ve ısıl değer gibi değerlerde ise anlamlı korelasyonlar gözlenmemektedir.



Şekil 7.2: İsaalan yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçlarının derinliğe göre ve üst ısıl değerlerinin bazı parametrelere göre değişimleri.



Şekil 7.3: Odaköy (Dursunbey-Balıkesir) yöresi kömür işletmesinden derlenen örnekleme profili.

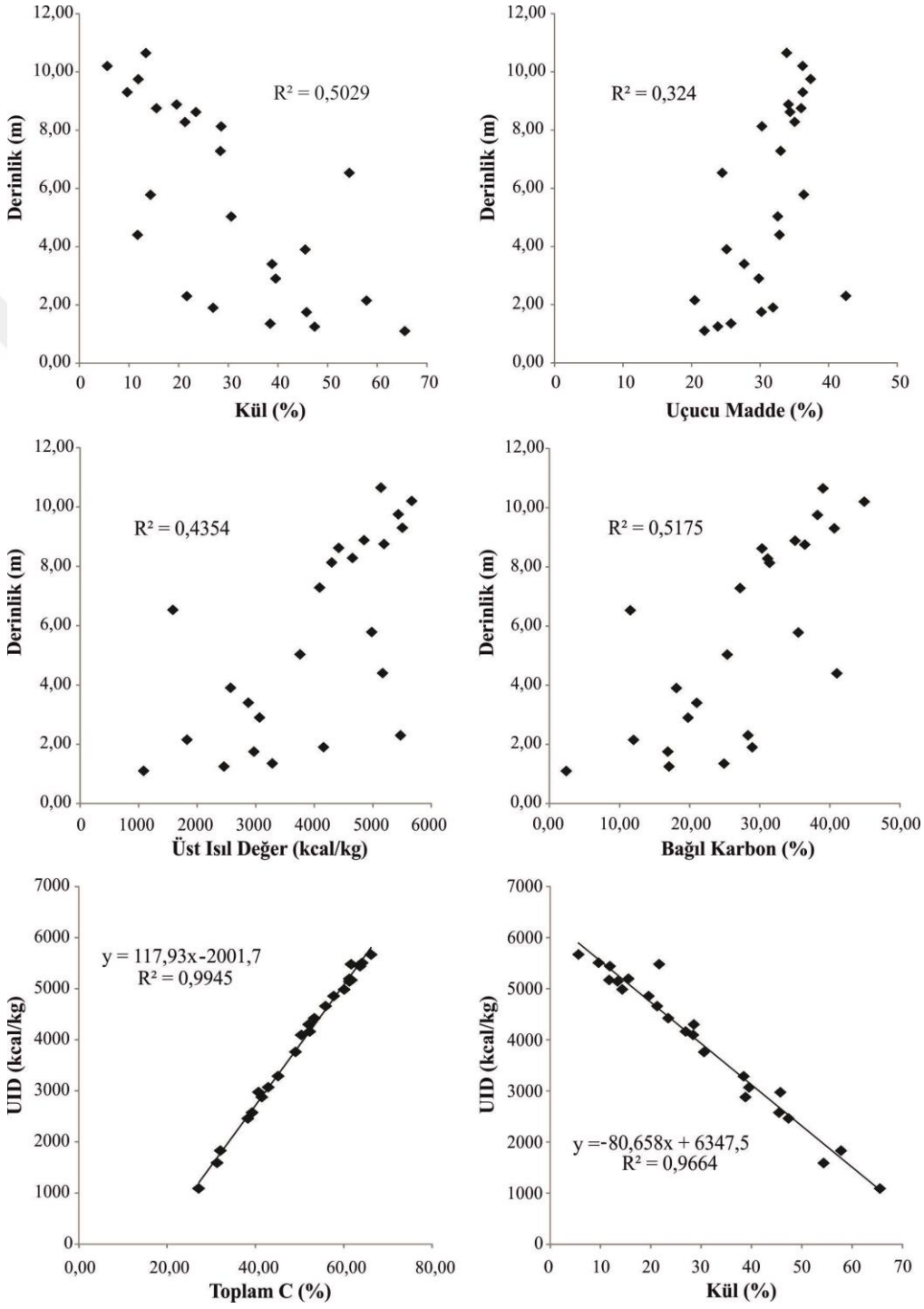
Tablo 7.4: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	% Nem	% Uçucu Madde	% Kül	% Bağıl Karbon	AID kcal/kg	UID kcal/kg	% S	% C
451	10,15	21,88	65,57	2,40	946	1088	4,92	27,18
452	11,72	23,83	47,4	17,05	2277	2460	3,84	38,31
453	10,87	25,76	38,46	24,91	3087	3287	3,27	45,15
454	7,15	30,19	45,77	16,89	2785	2974	5,96	40,73
455	12,25	31,88	26,94	28,93	3914	4161	4,44	52,28
456	9,73	20,45	57,83	11,99	1681	1830	2,71	32,07
457	7,15	42,52	21,67	28,32	5189	5478	3,74	61,67
458	10,87	29,81	39,56	19,76	2860	3069	4,00	42,90
459	12,48	27,69	38,82	21,01	2673	2878	5,05	41,47
460	11,28	25,11	45,5	18,11	2389	2574	2,83	39,28
461	14,42	32,84	11,73	41,01	4890	5170	2,14	61,72
462	11,46	32,57	30,6	25,37	3526	3761	4,43	49,11
463	13,78	36,38	14,34	35,50	4700	4985	3,24	60,12
464	9,63	24,46	54,37	11,54	1425	1589	4,43	31,34
465	11,40	32,99	28,41	27,20	3850	4095	4,52	50,43
466	9,76	30,27	28,57	31,40	4070	4301	5,78	52,10
467	12,54	35,04	21,29	31,13	4388	4658	5,68	55,87
468	11,82	34,38	23,48	30,32	4164	4422	6,70	53,36
469	12,03	35,99	15,55	36,43	4913	5194	4,49	61,29
470	11,24	34,13	19,58	35,05	4593	4855	5,23	57,72
471	13,50	36,22	9,64	40,64	5213	5508	3,35	64,18
472	12,48	37,38	11,89	38,25	5148	5440	2,42	63,71
473	13,26	36,2	5,63	44,91	5356	5668	1,96	66,20
474	13,68	33,88	13,41	39,03	4863	5143	2,05	61,28

Tablo 7.5: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri.

Analiz	Sınır Değerler	Ortalama Değer
% Nem	7,15 – 14,42	11,44
% Uçucu Madde	20,45 – 42,52	31,32
% Kül	5,63 – 65,57	29,83
% Bağıl Karbon	2,40 – 44,91	27,38
% Toplam Kükürt	1,96 – 6,77	4,05
Isıl Değer kcal/kg	1088 – 5668	3941

Odaköy yöresinden derlenen kömür örneklerinde kül değerleri derinliğe göre negatif doğrusal bir yönelim sunarken, uçudu madde, üst ısıl değer ve bağıl karbon değerleri derinliğe göre pozitif yönde doğrusal bir yönelim sunmaktadır (Şekil 7.4). Derinliğe karşı kül, uçucu madde, bağıl karbon ve ısıl değer gibi değerlerde ise anlamlı korelasyonlar gözlenmemektedir.



Şekil 7.4: Odaköy yöresi kömürlerinin kaba kimyasal analiz sonuçlarının derinliğe göre ve üst ısıl değerlerinin bazı parametrelere göre değişimleri.

7.4 Çalışma Alanı Kömürlerinin Ana ve İz Element Analizleri

Kömürler üzerine yapılan jeokimyasal analiz incelemeleri kömürün jeolojik geçmişini ortaya koymada, kömürün teknolojik davranışlarını değerlendirmede ve yanma ürünlerinin ekonomik olarak değerlendirilmesinde önemli bilgiler vermektedir. Bununla birlikte eser element analizleri, kömür kullanımının çevresel etkisini ve insan sağlığı açısından olası riskleri belirlemek için kullanılmaktadır (Karayiğit ve Boyce, 2001). Finkelmann ve Gross (1999), yaptıkları çalışmada kömürde bulunan 25 adet elementi (Sb, As, Be, Hg, F, Cd, Cl, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se, U, Cu, Ba, B, Zn, Ag, Sn, Mo, Ta, Th, V) çevre ve insan sağlığı açısından duyarlı elementler olarak değerlendirmektedir. Birçok araştırmacı kömürdeki mineraller ile bazı iz elementler arasında bağlantı olduğunu düşünmektedir. Ward (2002)'deki çalışmasında kükürt mineralleri ile As, Cd, Se, Tl, Hg, Pb, Sb ve Zn elementlerinin; alüminyum silikat bileşenleri ile Rb, Ti, Zr, Hf ve diğer bazı elementlerin ve fosfat ve karbonat mineralleri ile Sr ve Ba elementlerinin ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

İz elementlerin kimyasal karakterlerine ve kömürleşme derecesine bağlı olarak, her bir iz element kömürün farklı bileşenleri ile ilişkilidir (Raask, 1985). İnorganik bileşenlerle ilgili olan iz elementler kömürün yapısal unsurlarının içinde ya da minerallerin yüzeyinde adsorbe olmuş şekilde bulunabilirken, organik bileşenlerle ilişkili olanlar iyon değişimi ile oluşmuş olabilirler (Rimmer, 1991).

Swaine (1990), hangi iz elementlerin kömür bileşenlerinin içinde olabileceğini açıklayan birkaç mekanizma tanımlamıştır. Turba bataklıkları ile sınırlanan drenaj ağları kömür oluşumunun ilk safhasında bazı iz elementleri turbaya taşımaktadır. pH derecesindeki herhangi bir değişim de iz elementlerin kömürde tutunmasını ya da taşınmasını etkilemektedir. Biyokimyasal evre sırasında bitki parçalarını ayrıştıran mikroorganizmalarda iz element oluşumuna katkı sağlamaktadır. Ek olarak turbaya atmosferden volkanik ya da meteorik toz gibi çeşitli girişler de olabilmektedir (Swaine 1990).

Kömürde bulunan eser elementler, kömürleşme sırasında farklı aşamalarla kömürün bünyesine girebilmektedir. Eser elementlerin çoğu, kömürdeki mineraller ile ilişkilidir. Diğerleri organik madde ile birliktelik ve hem minerallerle hem de organik madde ile birliktelik gösterebilmektedir (Yakupoğlu vd. 1996).

Bu bölümde tez çalışması kapsamında materyal ve yöntem bölümünde de açıklandığı üzere, ICP-MS ve iki aşamalı çözündürme yöntemleri (wet oxidation – kapalı sistem) ile İsaalan yöresinden 19, Odaköy yöresinden 24 olmak üzere, toplamda 43 adet kömür örneğinin esas, eser ve nadir toprak elementleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

İsaalan yöresi kömürlerinden alınan 19 adet örneğe ait analiz sonuçları Tablo 7.6'da verilmiştir. Bu analizlere göre kömürlerin Al_2O_3 içeriği (ortalama % 1.40) % 0.10 (örnek no: 327) ile % 4.70 (örnek no: 315) arasında değişmektedir. Fe_2O_{3tot} içeriği (ortalama % 0.20) %1 (örnek no: 324) ile % 3.0 (örnek no: 315) arasında değişiklik gösterirken, CaO içeriği (ortalama % 1.07) % 0.40 (örnek no: 324) ile % 5.10 (örnek no: 326) arasında değişim sunmaktadır. Toplam alkali (Na_2O+K_2O) değerleri ortalama % 0.27'dir (Tablo 7.6). Ba İsaalan yöresi örneklerde dünya kömürlerine oranla yüksek değerler sunmakta olup ortalama % 0.03'tür. Örneklerdeki analiz değerlerinin büyük bir kısmını ateşte zayiat (LOI) kısmı oluşturmaktadır.

Odaköy yöresi kömürlerinden alınan 24 adet örneğe ait analiz sonuçları Tablo 7.7'de verilmiştir. Bu analizlere göre kömürlerin SiO_2 içeriği (ortalama % 11.84) % 6.57 (örnek no: 471) -%18.70 (örnek no: 460) arasında değişmektedir. Fe_2O_{3tot} içeriği (ortalama % 3.94) %1 (örnek no: 473) ile %9.51 (örnek no: 454) arasında değişiklik gösterirken, Al_2O_3 içeriği (ortalama % 3.07) % 0.30 (örnek no: 466) ile % 6.54 (örnek no: 460) arasında değişim sunmaktadır. Kömürlerden elde edilen TiO_2 içeriği ortalama % 0.36 ile düşük değerler göstermektedir. Toplam alkali (Na_2O+K_2O) değeri ortalama % 0.76'dır (Tablo 7.7). Örneklerdeki analiz değerlerinin büyük bir kısmını ateşte zayiat (LOI) kısmı oluşturmaktadır. Kömür örneklerinin ortalama LOI değeri % 49.21'dir.

İsaalan (Kepsut) yöresi kömür örneklerinin jeokimyasal verileri dünyadaki birçok benzer yaşlı kömür oluşumlarıyla karşılaştırıldığında (Tablo 7.8) ortaya çıkan Ni, Cr, V gibi zengin element içerikleri muhtemelen havzanın üzerine oturduğu Kretase yaşlı serpantinleşmiş harzburjitlerden kaynaklanmaktadır (Tavlan vd., 2011).

Havza içerisinde yer yer özellikle Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlarla birlikte kırmızı renkli düşük kalınlıklarda regolitik bir toprak seviyesi gözlenmektedir. Ni, Cr, ve V'un diğer kömür yataklarına oranla yüksek içeriklere sahip olması bu iyonların havza içindeki göl ortamına zaman zaman drenaj ağları yardımıyla yüksek derecede girdilerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çünkü Batı Anadolu'da İsaalan ve Odaköy havzalarına yakın sayılabilecek uzaklıkta (kuş uçuşu 200-300 km'ler) Uşak, Manisa, Kütahya bölgelerinde lateritik zonlar günümüzde de hala mevcuttur.

Bu yataklar Oligosen döneminde ortamın düşük Ph içeriği, düzenli yağış ve düzenli bir morfolojide (peneplen) ofiyolitik kayaçların yoğun şekilde lateritleştiği bir dönemde oluşmuştur. Miyosen döneminde ise B ve KB Anadolu'da etkin olan gerilmeli tektonizma nedeniyle horst graben sistemleri ile birlikte bu lateritik zonlar kırılmış, parçalanmış, erozyona uğramış, taşınmış ve geriye şu anki durumda gözlenen kalıntılar şeklinde kalmışlardır.

Bazı kömür örneklerinde gözlenen Ga, Li, Ni, K, Cs ve Rb gibi elementlerin zenginleşmesi aynı zamanda havzada bir eğim atımlı normal bir fayla sınırlanan mağmatik kayaçlardan kaynaklanmış olabilir. Özellikle Zr zenginleşmeleri de bu görüşü desteklemektedir (Teng vd., 2005).

Germanyum, kömürlerde organik birliktelikler şeklinde bulunur ve bu element belirli makro ve organik bileşenlerde yoğunlaşma eğilimindedir (Breger and Schopf, 1955; Hallam and Payne, 1958; Finkelman, 1982; Krejci-Graf, 1983; Vassilev vd., 1996; Eškenazy, 1996; Zhuang vd., 1998a). Germanyum bakımından zenginleşmiş kömürler, genellikle odunsu linyitlerdir (Weber, 1973; Smirnov, 1977; Hu vd., 1996; Qi vd., 2004). Buna ek olarak, organik sedimanların linyit, turba ve diğer tipleri de Ge bakımından zengin olabilirler (Kulinenko, 1977; Zhang vd., 1988; Qi vd., 2005).

Germanyum, üç farklı kömür yatağından endüstriyel bir hammadde olarak çıkartılmaktadır. Bu yataklar: 1) Lincang (Yunnan, Çin),Wulantuga (Mongolia, Çin), and Spetzugli (Primorye, Rusya)'dır. Bu yataklar dünyadaki toplam Ge üretiminin % 50'sinden fazlasına karşılık gelmektedir. Bu kömür yataklarından, ***Lincang*** kömür yatağında, germanyum organik ya da düşük sıcaklıklı hidrotermal solüsyonlar ile Ge bakımından zengin granitlerle ilişkilidir (Dai vd., 2014). ***Spetzugli*** kömür yatağındaki Ge'un kökeni organik olmasına rağmen, başlıca temeldeki granitik bir kayaç ile ilişkili düşük solüsyonlu hidrotermal kaynak ile ilişkilidir. ***Wulantuga*** kömür yataklarında, Ge egemen olarak organik oluşumlar ile ilişkilidir ve Ge zenginleşmesi çevre bölgelerde fay sistemleri boyunca dolaşım yapan hidrotermal çözeltiler ile liç edilmiş olan granitoyidlerden kaynaklanmaktadır.

Odaköy yöresi kömür örneklerinde Ge içeriği ortalamaları düşük (2 ppm) olmakla birlikte İsaalan yöresinde bu oran 35 ppm'e kadar çıkmaktadır. İsaalan yöresinden derlenen örneklerin ikisinde (311 (121 ppm) ve 326 (363 ppm) numaralı örnekler) Ge ciddi pikler vermektedir. Bu çalışmada, özellikle germanyum elementinin zenginleşip zenginleşmediği ile ilgili kömürler üzerinde bir yakma işleminden sonra (kömür külü) analiz gerçekleştirilmemiştir. Dünya'daki diğer örneklere de bakılırsa, Ge genellikle organik olarak kömür sahalarında gözlenmesinin yanısıra, özellikle havzayı çevreleyen ve fay sistemleri ile kırılmış granitoyid kayaçları ile ilişkili olduğu görülmektedir. Benzer model, Kepsut sahasında da izlenmektedir. Bölgede havza kayaçlar ile sınırlandırılmış fay sistemleri ile yakın ilişkili Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ Plütonu yer almaktadır ve bu plütonun kuzey kesimindeki havza kayaçları içerisinde düşük dereceli hidrotermal sistemler ile ilişkili Au yatağı bulunmaktadır. Bu çalışmadan sonra, bilimsel olarak germanyum elementinin prospeksiyonu amacıyla sistematik olarak alınan kömür örnekler üzerinde analizler gerçekleştirilebilir ve Ge zenginleşmesinin olup olmadığı incelenebilecektir.

Tablo 7.6: İsaalan kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri konsantrasyonları (bdl: saptama limiti altında, nd: tespit edilememiş, değerler aksi belirtilmediği sürece ppm).

Element	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327
Al (%)	1,40	1,50	1,50	1,70	3,90	1,10	4,70	2,50	1,00	0,70	0,20	0,30	1,40	0,60	2,20	0,30	0,80	0,70	0,10
Ca (%)	0,69	0,67	0,61	0,74	0,71	1,70	0,69	0,53	0,45	0,42	0,48	0,49	1,30	0,53	1,10	0,40	3,20	5,10	0,53
Fe (%)	1,80	1,50	1,20	2,30	2,40	1,30	3,00	2,80	2,10	2,20	0,30	1,30	2,00	0,60	1,50	0,20	0,80	0,90	1,10
K (%)	0,50	0,70	0,90	0,50	1,30	0,70	1,60	1,00	0,40	0,20	0,10	0,10	0,40	0,10	0,50	0,10	0,20	0,10	bdl
Mg (%)	0,40	0,20	0,20	0,30	1,50	0,10	1,80	0,90	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20	0,10	0,50	0,10	0,10	0,20	bdl
Na (%)	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
P (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,002	0,01	0,02	bdl	0,01	bdl	0,01	0,01	0,003
Ba (%)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,09	0,04	0,07	bdl	0,03	0,02	0,02
Mn	109,00	113,00	111,00	117,00	291,00	85,00	327,00	199,00	64,00	58,00	53,00	46,00	152,00	38,00	109,00	16,00	98,00	266,00	15,00
Sc	3,30	3,70	3,40	4,10	8,50	1,70	10,50	4,60	2,40	bdl	bdl	bdl	1,00	bdl	3,50	bdl	bdl	bdl	bdl
Li	6,50	5,60	7,00	9,50	29,20	2,10	33,80	20,00	4,00	3,60	2,00	1,80	7,50	4,40	13,70	4,90	3,90	4,30	0,80
B	504,00	387,00	415,00	267,00	98,00	364,00	122,00	328,00	618,00	491,00	602,00	548,00	335,00	451,00	254,00	556,00	326,00	483,00	619,00
Ge	3,30	1,90	121,00	1,50	bdl	19,00	1,10	1,10	5,40	17,00	bdl	2,70	12,00	1,40	3,40	bdl	8,20	363,00	93,00
Ni	106,00	90,00	69,00	91,00	178,00	42,00	277,00	155,00	92,00	65,00	18,00	50,00	125,00	19,00	79,00	8,20	29,00	40,00	24,00
Co	7,60	5,40	4,60	5,60	16,00	2,90	26,00	15,00	7,50	5,50	1,00	1,70	5,10	1,40	6,60	bdl	2,10	2,10	bdl
Cr	76,00	60,00	54,00	108,00	307,00	21,00	327,00	173,00	92,00	44,00	16,00	16,00	62,00	26,00	122,00	13,00	36,00	37,00	13,00
V	38,00	31,00	37,00	48,00	96,00	34,00	112,00	52,00	61,00	23,00	8,30	29,00	55,00	12,00	51,00	5,40	33,00	31,00	13,00
Cs	16,00	14,00	17,00	45,00	91,00	8,60	61,00	43,00	8,90	9,40	3,80	4,20	27,00	13,00	98,00	4,00	8,20	15,00	3,60
Rb	21,00	23,00	27,00	23,00	82,00	17,00	89,00	56,00	14,00	9,20	2,70	3,20	14,00	6,00	31,00	2,40	6,90	6,10	1,10
Ga	3,30	3,60	3,60	3,80	10,00	2,50	12,00	5,90	2,50	1,40	bdl	bdl	2,50	1,10	4,60	0,80	1,50	5,20	bdl
Zr	19,00	20,00	19,00	28,00	76,00	16,00	73,00	42,00	16,00	11,00	3,70	5,50	19,00	6,30	30,00	2,80	9,40	14,00	1,80
Y	5,40	6,20	4,70	4,80	10,00	4,20	11,00	7,10	4,80	2,50	1,70	1,60	1,80	1,20	4,70	1,60	3,90	1,90	bdl

Tablo 7.6: (devam)

Element	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327
Sr	16,00	19,00	18,00	14,00	23,00	40,00	25,00	16,00	12,00	11,00	9,60	13,00	28,00	13,00	24,00	8,90	53,00	51,00	17,00
Nb	11,00	11,00	7,30	12,00	30,00	6,10	37,00	16,00	9,80	5,90	2,90	2,70	8,40	2,80	13,00	2,00	4,00	11,00	1,80
Ta	1,00	1,00	0,90	1,30	3,80	bdl	4,20	2,10	bdl	bdl	bdl	bdl	1,30	bdl	1,70	bdl	bdl	bdl	bdl
Th	1,50	1,80	2,30	2,30	5,30	1,60	5,40	3,20	1,10	0,90	bdl	bdl	1,60	0,80	2,70	bdl	1,20	0,80	bdl
U	3,10	2,50	2,10	1,40	2,40	3,30	3,60	1,90	1,30	1,10	0,90	3,00	7,00	2,20	4,80	bdl	5,30	bdl	bdl
Mo	6,10	6,30	5,20	5,90	3,60	5,30	2,90	2,30	6,20	5,20	1,40	5,30	9,90	3,70	6,60	1,60	6,60	2,60	1,10
Cu	14,00	10,00	16,00	18,00	51,00	6,70	54,00	33,00	9,50	7,40	3,10	7,00	13,00	5,70	22,00	2,20	7,80	6,10	1,50
Pb	4,80	7,50	6,40	5,60	7,50	6,40	8,20	6,20	5,20	2,50	0,90	1,80	5,20	2,00	5,30	1,20	4,60	6,60	bdl
Zn	30,00	31,00	24,00	143,00	76,00	19,00	94,00	55,00	21,00	19,00	17,00	17,00	24,00	16,00	37,00	12,00	41,00	17,00	7,50
As	221,00	270,00	201,00	329,00	132,00	633,00	260,00	311,00	439,00	352,00	129,00	202,00	900,00	286,00	520,00	188,00	233,00	678,00	984,00
Sb	2,40	1,50	5,20	1,30	1,00	9,70	3,50	1,80	1,60	1,30	bdl	2,00	10,00	2,80	3,90	bdl	5,20	21,00	4,00
Hg	0,14	nd	0,05	nd	nd	nd	0,09	nd	nd	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,24
La	4,00	4,80	4,60	4,30	13,50	4,10	13,20	7,70	2,80	2,20	1,60	1,60	2,50	1,20	5,40	1,20	3,60	1,70	bdl
Ce	8,00	9,30	9,10	8,70	25,00	8,60	23,70	14,00	5,90	4,60	3,30	3,20	4,90	2,40	10,00	2,40	6,60	3,30	bdl
Pr	1,00	1,10	1,10	1,10	3,20	1,10	3,10	1,80	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	1,30	bdl	bdl	bdl	bdl
Nd	4,00	4,50	4,50	4,30	13,00	4,30	12,00	7,20	3,10	2,40	1,70	1,70	2,30	1,30	5,40	1,20	3,10	1,70	bdl
Sm	0,80	1,00	0,90	0,90	2,50	0,80	2,40	1,40	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	1,10	bdl	bdl	bdl	bdl
Gd	0,80	1,00	0,90	0,90	2,40	0,80	2,30	1,40	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	1,00	bdl	bdl	bdl	bdl
Dy	1,00	1,10	0,90	1,00	2,20	bdl	2,30	1,40	0,90	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Er	bdl	bdl	bdl	bdl	1,20	bdl	1,30	0,80	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl

Tablo 7.7: Odaköy kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri konsantrasyonları (bdl: saptama limiti altında, nd: tespit edilememiş, değerler aksi belirtilmediği sürece ppm).

Element	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474
Al (%)	5,68	5,66	5,10	5,04	2,57	5,46	0,00	4,56	5,01	6,54	3,99	3,72	1,29	4,06	3,06	0,30	0,91	1,24	1,32	2,48	0,83	1,38	1,07	2,32
Ca (%)	3,07	0,73	0,61	0,47	0,67	0,63	0,23	0,73	0,45	0,68	0,69	0,76	0,77	0,89	0,80	0,43	0,80	0,66	0,77	0,80	0,80	0,71	0,80	0,75
Fe (%)	6,32	4,32	5,91	9,51	3,36	4,29	2,15	4,60	5,97	5,09	3,05	3,38	6,20	6,91	2,92	1,22	6,15	1,26	1,98	4,13	1,70	1,70	1,00	1,43
K (%)	1,35	1,18	1,21	1,07	0,53	1,37	0,03	1,26	1,21	1,43	1,07	0,80	0,30	0,96	0,73	0,11	0,16	0,25	0,28	0,58	0,13	0,25	0,17	0,50
Mg (%)	2,74	1,87	1,92	1,23	0,76	2,10	0,12	1,68	1,70	2,12	1,74	1,29	0,44	2,22	0,73	0,24	0,29	0,36	0,40	0,69	0,27	0,33	0,27	0,61
Na (%)	0,04	0,06	0,04	0,05	0,11	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,18	0,03	0,04	0,05	0,02	0,15	0,02
P (%)	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,05	0,004	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
S (%)	2,54	2,23	3,66	8,19	3,99	2,00	3,82	4,50	4,91	2,60	1,40	3,09	8,12	5,08	3,66	4,92	7,67	2,50	3,40	4,43	3,00	2,54	2,04	1,78
Si (%)	18,55	17,86	15,82	14,74	8,92	18,22	11,30	14,66	15,40	18,70	13,13	9,93	7,10	13,46	8,97	13,39	8,44	7,33	8,38	9,12	6,57	7,88	7,17	9,07
Ti (%)	0,82	0,69	0,69	0,46	0,30	0,75	0,01	0,50	0,54	0,89	0,46	0,43	0,13	0,67	0,27	0,03	0,10	0,13	0,11	0,22	0,07	0,10	0,09	0,19
Mn	505,8	351,7	388,1	279,6	170,2	391,9	7,5	317,6	348,6	350,1	310,6	261,8	102,0	326,9	234,5	51,8	109,1	106,3	88,4	112,6	48,2	35,7	29,5	71,8
Ni	625,8	342,1	468,7	447,6	581,2	330,5	169,7	408,9	461,1	391,4	290,2	535,7	142,7	446,8	283,3	37,6	66,0	106,2	147,4	166,5	69,6	92,6	52,6	117,5
Co	98,0	65,4	58,4	94,0	38,4	70,8	46,9	46,3	70,7	84,7	38,2	49,1	76,6	79,6	43,3	26,0	41,5	25,7	30,6	50,3	25,1	29,3	19,3	25,5
Cr	425,1	384,0	349,8	156,2	199,2	368,2	47,3	329,2	284,7	369,6	249,1	317,6	67,0	617,4	206,0	120,3	23,9	63,6	85,6	125,4	36,4	45,0	45,9	99,9
V	210,1	193,8	170,3	118,2	187,7	211,2	38,3	159,7	188,8	168,6	162,5	138,9	272,8	138,9	103,1	65,5	374,8	57,6	91,5	124,9	31,9	32,4	18,8	61,6
Cs	75,10	80,20	77,10	63,30	26,80	80,30	4,60	101,50	39,90	53,50	30,70	33,20	9,80	33,00	34,20	3,10	17,10	13,70	13,80	28,10	6,90	13,70	5,70	24,70
Rb	64,40	72,10	70,70	51,70	26,50	71,90	0,20	68,40	58,90	74,20	52,90	40,90	14,00	46,50	42,50	3,30	8,50	14,80	19,40	39,10	8,70	14,30	10,00	40,10
Ga	19,50	15,90	16,50	13,20	9,80	18,50	1,50	14,20	14,60	19,00	12,40	11,40	6,00	15,20	8,60	1,70	6,70	3,90	4,50	7,30	2,60	3,30	3,00	6,70
Zr	142,6	129,9	124,7	82,6	57,9	141,6	6,7	114,1	112,3	167,7	97,4	98,5	27,4	135,3	64,8	7,1	19,9	23,7	26,1	49,4	15,0	25,2	16,5	41,1
Hf	4,50	4,10	4,40	4,80	3,20	3,90	1,30	3,90	4,30	4,40	3,30	3,30	2,70	4,50	2,60	1,50	2,70	1,30	2,00	2,90	1,60	1,00	1,50	1,70
Y	20,50	18,70	18,90	12,60	13,10	19,80	1,60	18,40	15,00	20,40	12,80	10,90	10,90	11,20	5,60	5,20	17,40	3,60	4,80	7,10	2,50	1,40	2,20	3,80
Sr	231,4	290,4	258,4	179,7	254,4	254,9	64,2	315,0	234,2	256,3	236,8	225,0	256,4	326,2	220,3	90,8	210,2	171,3	245,5	270,4	269,1	245,9	274,2	260,1
Nb	31,60	23,40	17,80	6,30	11,20	23,80	1,90	14,30	14,90	28,30	16,70	18,20	2,50	21,60	8,50	3,20	6,90	1,70	5,50	2,40	1,50	6,80	3,50	7,70
Ta	6,20	5,30	6,00	6,10	4,90	5,30	3,00	5,60	5,90	5,60	4,50	4,90	3,30	5,80	3,70	1,30	3,00	2,10	2,80	3,10	1,90	2,00	1,70	2,60
Th	0,60	2,70	1,30	0,60	0,50	2,90	0,40	1,70	3,90	4,70	0,50	0,40	0,80	1,60	0,40	0,40	0,80	0,30	0,50	2,10	0,40	1,00	1,60	2,00
U	13,90	6,70	5,30	6,90	31,70	32,20	6,30	20,00	17,30	6,60	4,40	28,90	31,30	9,30	15,90	12,00	13,30	15,90	23,60	14,30	8,70	11,70	2,20	3,70

Tablo 7.7: (devam)

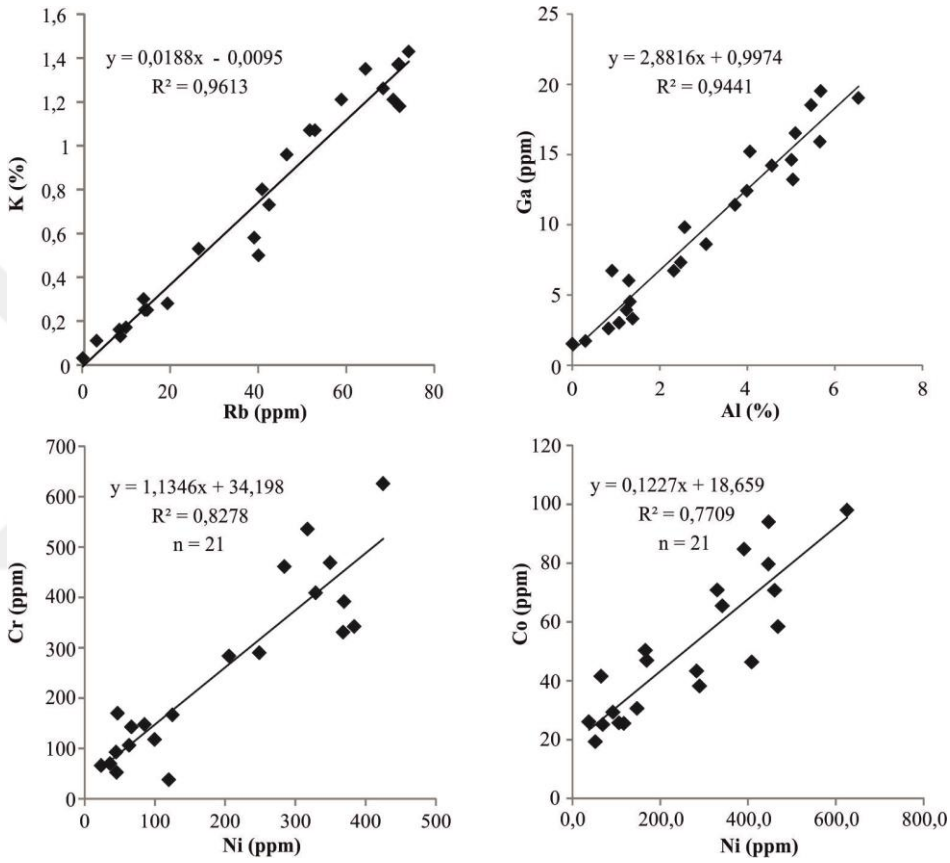
Element	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474
Mo	5,80	4,30	3,10	3,40	16,70	3,00	10,00	3,20	3,20	3,00	2,00	2,90	11,00	3,40	5,70	7,70	11,00	8,90	12,00	9,00	5,50	7,50	4,70	1,60
Cu	86,60	83,70	79,80	72,50	56,60	87,30	0,80	75,80	81,10	79,60	58,30	52,60	19,20	77,80	38,90	6,00	19,60	17,60	27,40	33,10	12,30	11,60	12,50	28,30
Pb	9,20	7,10	7,30	6,50	2,90	5,30	0,50	6,30	9,20	6,40	5,50	6,00	3,40	7,50	4,00	0,40	2,10	1,50	2,70	4,90	1,70	2,10	1,60	3,70
Zn	99,30	92,30	99,20	61,40	35,30	84,40	1,80	69,50	91,50	81,50	60,80	56,30	12,30	61,80	33,90	5,00	18,00	18,40	10,80	29,60	9,00	10,10	4,00	21,40
As	72,10	30,00	53,50	230,20	96,30	28,40	428,10	309,50	119,00	20,90	25,20	60,80	415,80	193,60	94,30	101,20	393,20	36,50	45,50	527,40	15,50	20,30	5,30	10,20
Sb	0,90	0,90	1,50	0,50	4,80	1,10	0,70	2,50	0,90	0,90	0,70	2,60	3,10	0,90	2,20	1,60	3,00	0,60	2,40	0,80	0,70	0,50	0,60	0,60
Hg	0,80	0,70	1,00	0,80	0,80	0,60	2,00	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,90	0,80	0,70	1,60	0,90	0,50	0,70	1,20	0,50	0,40	0,40	0,40
Tl	1,00	0,80	0,90	1,50	0,90	0,80	1,20	1,50	1,10	0,90	0,70	0,80	1,60	1,30	0,50	1,10	1,60	0,50	0,60	1,70	0,40	0,60	0,40	0,50
Ge	1,60	1,00	3,20	0,50	4,50	1,20	1,20	0,50	0,40	1,10	3,30	2,80	2,00	1,20	1,50	1,00	3,20	1,30	1,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30
Ba	229,3	280,6	265,0	213,1	179,2	263,2	47,0	199,3	204,5	218,4	166,3	163,4	66,4	161,8	60,8	14,9	49,7	37,1	50,3	68,2	24,4	42,2	39,6	67,8
W	4,70	6,40	25,00	4,60	7,60	3,80	536,30	14,10	6,40	10,80	3,60	4,40	12,80	4,40	20,70	383,70	14,20	12,30	38,90	92,00	17,20	5,60	12,20	3,60
La	28,30	33,20	36,90	16,90	6,40	25,50	7,90	20,90	17,20	41,90	18,10	20,70	6,80	20,90	20,30	6,40	18,70	5,90	9,10	17,80	10,40	9,00	7,50	12,70
Ce	47,40	27,60	42,90	28,10	18,10	31,90	17,10	24,40	41,60	34,50	21,30	25,30	18,60	33,10	14,40	13,40	11,80	8,20	8,40	15,60	12,60	8,40	8,20	8,60
Pr	5,80	2,15	3,12	4,68	2,57	5,93	3,57	4,68	6,63	6,84	5,73	5,93	4,92	5,36	3,72	4,20	3,82	2,72	2,17	3,95	3,62	2,91	2,41	2,63
Nd	2,80	2,40	2,40	2,70	1,93	2,10	1,87	2,83	2,92	2,80	2,62	2,55	2,10	2,72	2,27	2,25	2,21	2,12	2,10	2,18	2,17	2,19	2,11	2,20
Sm	1,84	2,11	2,40	1,74	1,86	1,30	1,12	1,63	1,58	2,18	2,17	2,35	1,37	2,19	2,71	2,15	2,28	2,18	1,83	2,17	2,13	2,12	2,10	2,14
Eu	0,43	0,42	0,26	0,83	0,52	0,33	0,38	0,43	0,42	0,59	0,49	0,46	0,39	0,38	0,33	0,32	0,26	0,24	0,17	0,25	0,21	0,25	0,23	0,26
Gd	1,42	1,37	1,58	1,53	1,18	1,32	1,20	1,16	1,13	1,53	1,42	1,43	1,13	1,16	1,28	1,27	1,12	1,14	1,10	1,25	1,15	1,19	1,21	1,24
Tb	0,98	0,28	0,15	0,72	1,05	0,83	0,87	0,73	0,53	1,01	0,62	0,62	0,73	0,62	0,75	0,66	0,59	0,82	0,92	0,94	0,82	0,79	0,82	0,84
Dy	2,83	1,33	1,43	1,64	1,53	1,37	1,10	1,19	1,18	2,73	1,33	1,31	1,37	1,28	1,27	1,26	1,26	1,25	1,29	1,30	1,32	1,25	1,29	1,32
Ho	0,63	0,32	0,43	0,31	0,38	0,27	0,43	0,32	0,31	0,25	0,37	0,35	0,34	0,32	0,38	0,31	0,27	0,29	0,24	0,25	0,27	0,35	0,31	0,36
Er	0,63	0,42	0,52	0,41	0,98	0,72	0,82	0,63	0,64	0,60	0,62	0,71	0,66	0,74	0,74	0,68	0,69	0,62	0,52	0,61	0,59	0,64	0,70	0,72
Tm	0,05	0,05	0,03	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06	0,07	0,05	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05
Yb	1,62	0,76	0,59	0,62	0,83	0,59	0,51	0,38	0,69	0,62	0,65	0,59	0,62	0,66	0,63	0,67	0,65	0,62	0,61	0,68	0,67	0,64	0,69	0,66
Lu	0,03	0,05	0,02	0,07	0,04	0,03	0,06	0,04	0,04	0,07	0,05	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05

Tablo 7.8: İsaalan kömürlerindeki elementlerin ağırlıklı ortalamaları ve bunların dünya kömürleri ile karşılaştırılması (a: Swaine, 1990; b: Ketris ve Yudovich, 2009; * aritmetik ortalama).

Element	İsaalan Kömürleri	Dünya Kömürleri [a]	Clarke Değeri (kahverengi kömürler)[b]
Li	9,1	1-80	10
B	404	5-400	56
P	100	10-3000	250
Sc	2,5	1-10	4,1
V	36	2-100	22
Cr	86	0,5-60	15
Mn	101	5-300	100
Co	5,2	0,5-30	4,2
Ni	70	0,5-50	9,0
Cu	15	0,5-50	15
Zn	40	5-300	18
Ga	3,2	1-20	5,5
Ge	9,2	1-50	2,0
As	275	0,5-80	7,6
Rb	22	2-50	10
Sr	17	15-500	120
Y	4,1	2-50	8,6
Zr	22	5-200	35
Nb	9,7	1-20	3,3
Mo	4,1	0,1-10	2,2
Sb	2,0	0,5-10	0,84
Cs	29	0,1-5	0,98
Ba	300	20-1000	150
La	4,3	1-40	10
Ce	8,1	2-70	22
Pr	0,8	1-10	3,5
Nd	4,2	3-30	11
Sm	0,6	1-6	1,9
Gd	0,6	0-4	2,6
Dy	0,6	1-4	2,0
Er	0,2	1-3	0,85
Ta	1,0	0,1-2	0,26
Hg	0.14*	0,02-1	0,1
Pb	4,0	2-80	6,6
Th	1,6	0,5-10	3,3
U	1,9	0,5-10	2,9

Odaköy yöresi kömür örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, K-Rb (R^2=0,96), Ga-Al (R^2=0,94), Al-K (R^2=0,97) arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir (Şekil 7.5).

Bu pozitif korelasyon özellikle havzada gözlenen mağmatik kayaçların K-feldspatça zengin minerallerin alterasyona maruz kaldığı ve Al, Rb ve Ga bakımından zenginleştiğini ifade etmektedir.

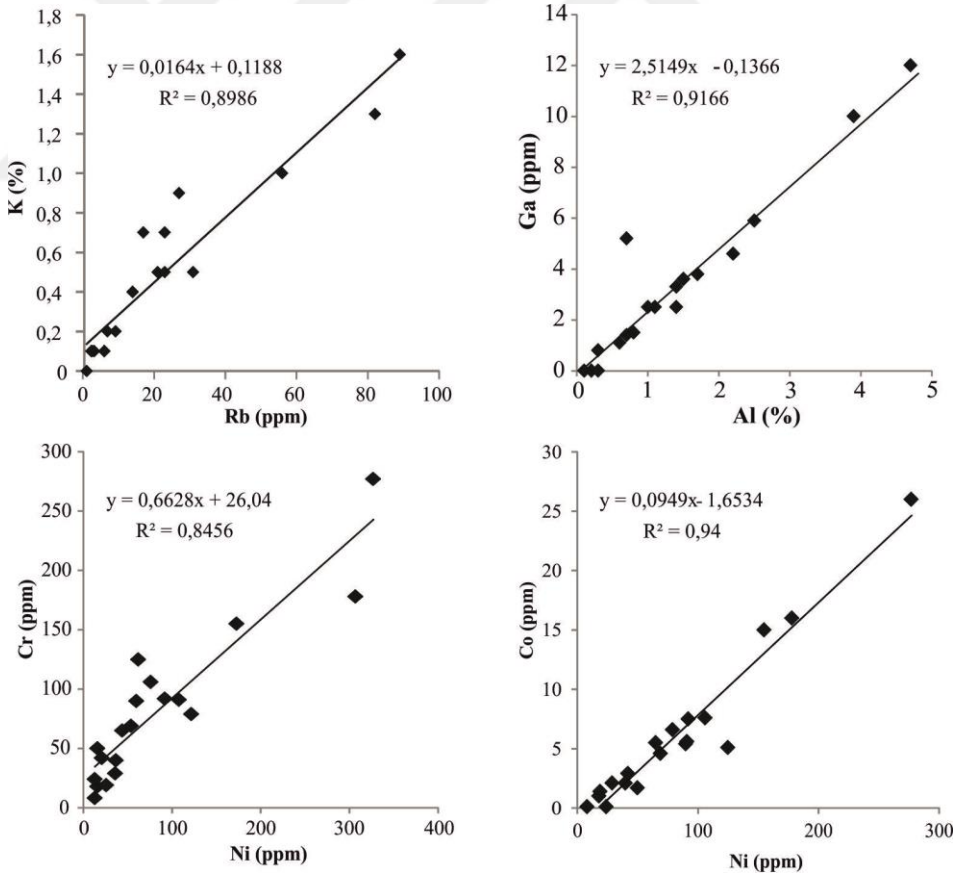


Şekil 7.5: Odaköy yöresi kömürlerine ait bazı iz element değerleri arasındaki ilişki.

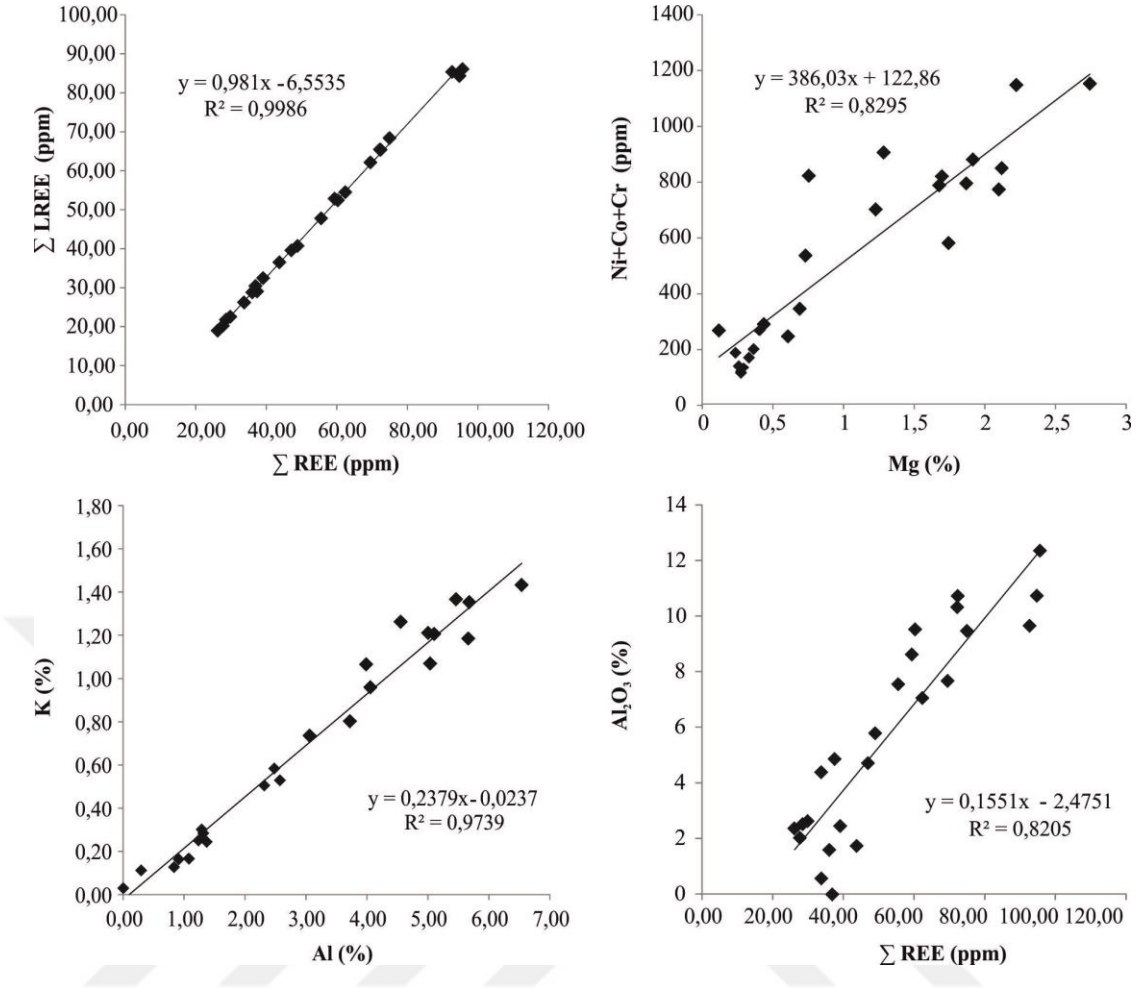
Aynı durum İsaalan yöresi kömürlerinde de gözlenmekte olup K-Rb (R^2=0,89), Ga-Al (R^2=0,91), Al-K (R^2=0,88) arasında pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 7.6). Bu durum İsaalan yöresi kömür örnekleri üzerinde gerçekleştirilen petrografik çalışmalarda kaolen mineralinin tespit edilmesiyle de açıklanabilmektedir.

Buna ek olarak İsaalan havzasında özellikle K, Rb, Ga ve Al arasında gözlenen güçlü pozitif korelasyon havza içine plütonik bir kayacın (Çataldağ Plütonu) kaynak olabileceğini de ifade etmektedir. Bununla birlikte örneklerde oldukça düşük Sc değerlerinin gözlenmesi mafik bir kaynak kayaçtan havzaya getirimin limitli olduğunu işaret etmektedir.

Odaköy ve İsaalan yöreleri kömür örneklerinin jeokimyasal analizleri sonucunda Ni-Cr, Ni-Co, Ni-V, Cr-V, ve Mg-Ni+Co+Cr karşılaştırmalı diyagramlarda güçlü pozitif trend göstermesi (Şekil 7.7) havzaya muhtemel Mg'ca zengin ofiyolitik kayaçların Ni, Cr ve Co için kaynak kaya olduğunu ifade etmektedir. Her iki havzanın taban kesiminde ve havza çevresinde peridotitik kayaçlar gözlenmektedir. İsaalan kömür örneklerinde en yüksek 277 ppm'e kadar Ni, 327 ppm'e kadar Cr; Odaköy kömür örneklerinde 625 ppm'e kadar Ni, 425 ppm'e kadar Cr içeriklerinin gözlenmesi de bu durumu desteklemektedir.

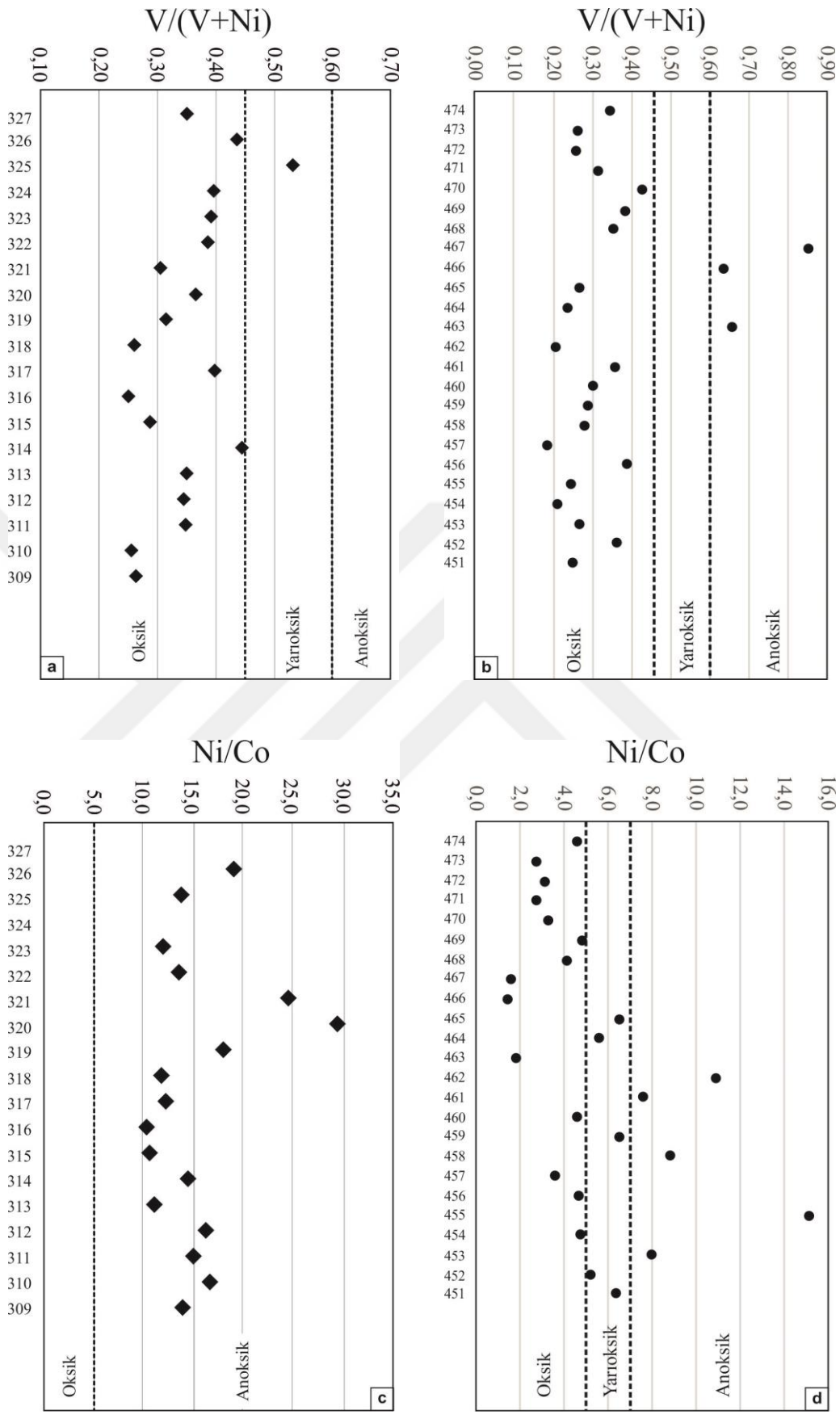


Şekil 7.6: İsaalan yöresi kömürlerine ait bazı iz element değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 7.7: Odaköy yöresi kömürlerine ait toplam nadir toprak elementleri ve bazı iz elementler ile ana oksit değerleri arasındaki ilişkiler.

Paleoredoks koşullarını ortaya koymak için element oranları genellikle tutarlı değildir. Jones ve Manning (1994) e göre redoks sistemlerini ortaya koymak bazı elementsel proksi oranlarıyla özellikle redoks-duyarlı elementler (V, Ni, Co, Cr, U, Th ve Mo) ile mümkün olabilir. Bu elementlerin birbirine göre oranları (V/V+Ni; Ni/ Co; U/Th; V/ Cr) limnik ortamlarda çökelen sedimanter oluşumların oksik, yarı oksik ya da anoksik olup olmadığı ile ilgili güçlü bilgiler vermektedir (Şekil 7.8). Bu oranlardan V/V+Ni, eğer 0,54-0,82 arasındaysa anoksik, 0,46-0,60 arasındaysa yarı oksik ve 0,46'dan küçükse oksik ortamı işaret etmektedir. Aynı şekilde U/Th oranı 1,25'ten büyükse anoksik, 5 ile 7 arasındaysa yarı oksik ve 5'ten küçükse oksik karakterli bir depolanma ortamını karakterize etmektedir. Buna ek olarak kayaçtaki düşük U konsantrasyonları (< 3) oksik ortamı simgelemektedir.

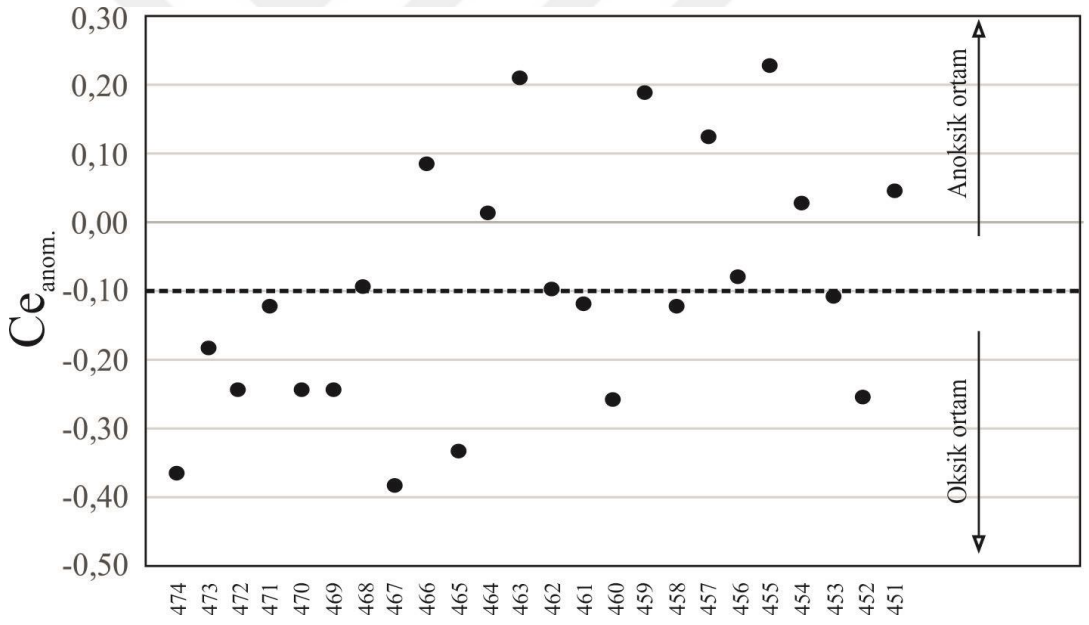


Şekil 7.8: İsaalan (a ve c) ve Odaköy (b ve d) yöreleri kömürlerinin bazı iz element oranlarına göre paleoortamsal çökelme koşulları grafikleri.

Wright vd. (1987) özel bir hesaplamayla yapılan Ce anomalisinin depolanma ortamında oluşan sedimanter kayaçların oksik ya da anoksik olup olmadığını ortaya koyan güçlü bir parametre olduğunu ifade etmişlerdir. Bu parametre havza içerisnde oluşan kayaçların Ce, La, ve Nd oranları baz alınarak NASC (North American Shale Composite; Gromet vd, 1984) normalize edilerek yapılmaktadır. Bu oran aşağıda belirtildiği gibi (7.1) denkleminde verilmiştir.

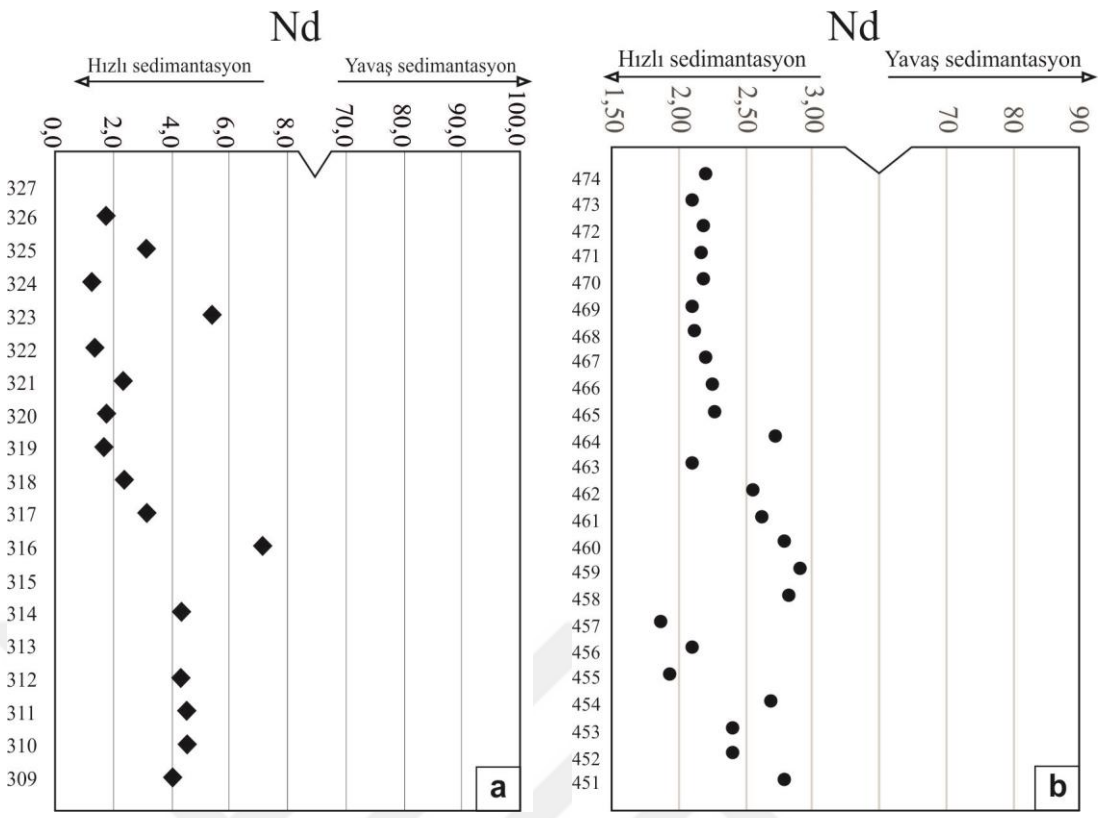
$$Ce_{anom.} = \{ \log (3*Ce_{örnek} / Ce_{NASC} (2*La_{örnek} / La_{NASC}) + (Nd_{örnek} / Nd_{NASC})\} \quad (7.1)$$

$Ce_{anom.}$ -0,1'den küçükse depolanma süresince oksik bir depolanma ortamını ifade etmesine karşın $Ce_{anom.}$ -0,1'den büyükse anoksik bir depolanma ortamını ifade etmektedir. Odaköy (Dursunbey) yöresi kömür örneklerindeki $Ce_{anom.}$ değerleri 0,38 ile 0,28 arasında değişmektedir olup ortalama -0,096 ile oksik ortamı ifade etmektedir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9: Odaköy yöresi örneklerinin Ce anomali değerlerine göre çökelme ortamı koşulları.

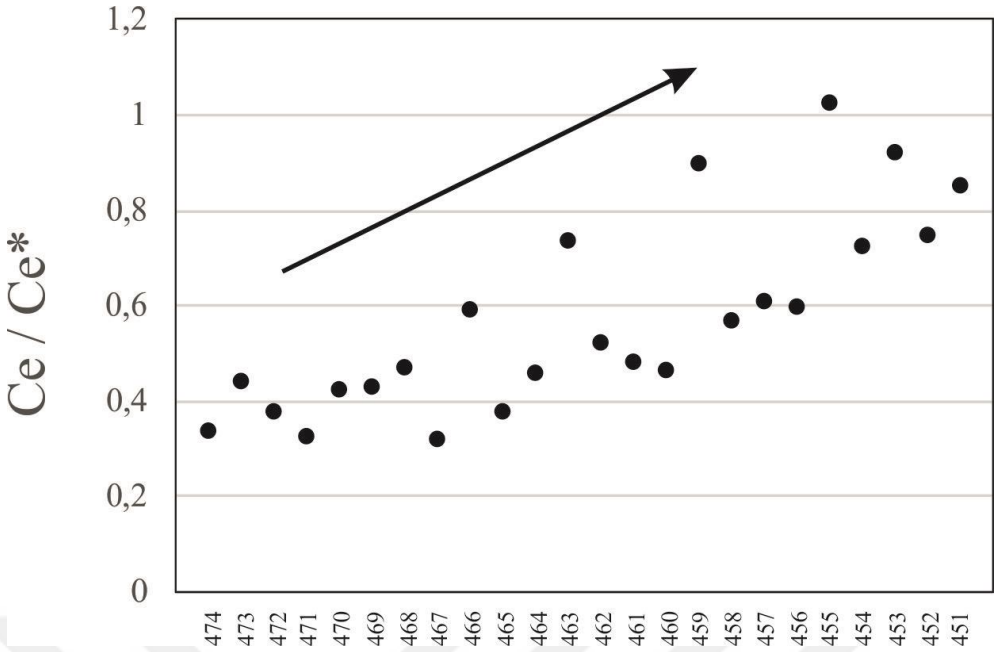
Wright vd. (1987)'e göre limnik havzadaki sedimantasyon hızının bölgede çökelmiş kayaçlardaki Nd içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, Nd ne oranda düşükse çökelim hızı o oranda yüksektir ya da Nd değeri ne oranda yüksekse ortamlardaki çökelimin hızı da o derece yavaştır. Odaköy yöresi kömür örneklerinde Nd değerleri ortalama 2,36 ppm olup, 1,87 ppm. ile 2,92 ppm arasında değişmektedir. Bu değerler Odaköy havzasını oluşturan sedimanter kayaçların çökelme hızının yüksek olduğunu ifade etmektedir (Şekil 7.10).



Şekil 7.10: İsaalan (a) ve Odaköy (b) yöresi örneklerinin Nd iz elementine göre belirlenen çökelme hızı grafikleri.

Ce/Ce* anomalisi {$Ce/Ce^* = Ce_N / (La_N * Pr_N)^{1/2}$} karasal ortamdan depolanma ortamına kırıntılı girdinin ne oranda olduğuyla ilgili bilgiler vermektedir. Literatürde özellikle çört ve şeyl türü kayaçların depolanma ortamları ile ilgili Ce/Ce* anomalisi güçlü bilgiler vermektedir. Murray (Murray vd., 1990, 1991 ve 1992)'ye göre Ce/Ce* anomali değeri yüksekse havzaya kırıntılı girdisi yüksek, bu oran ne kadar düşükse havzaya kırıntılı getirimi o oranda düşüktür.

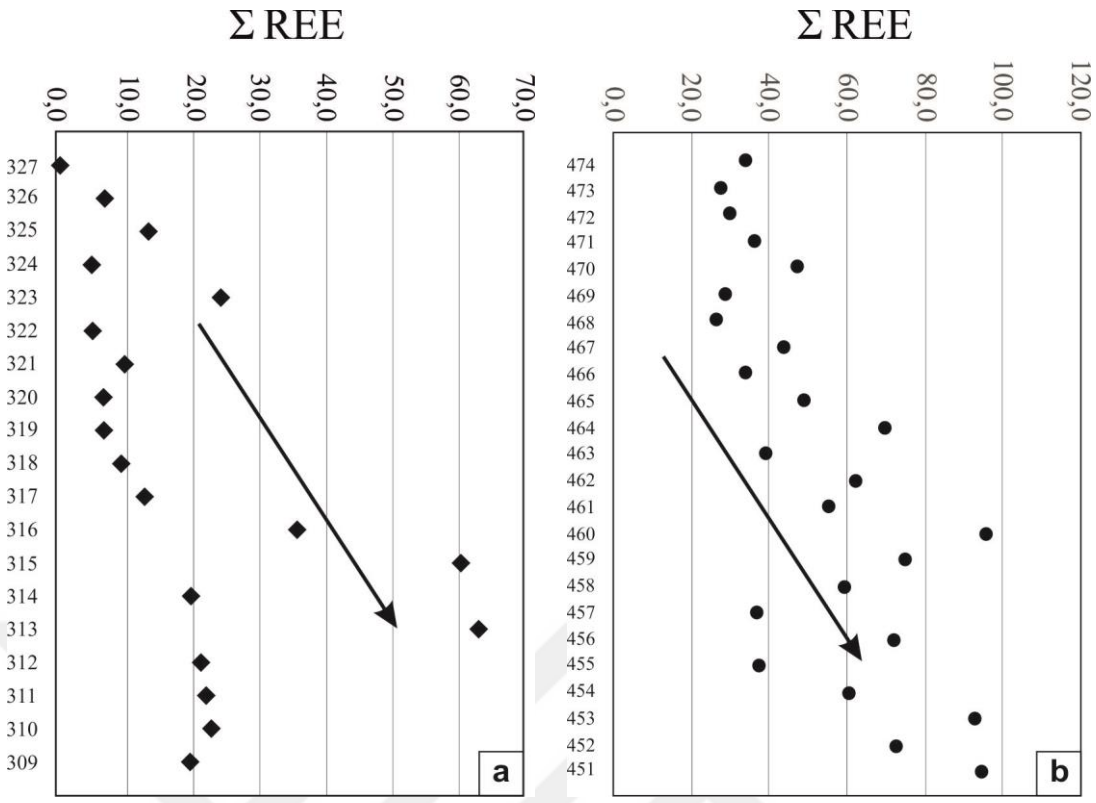
Odaköy yöresi kömür örneklerinden elde edilen değerlere göre ortalama Ce/Ce* anomali değeri 0,57 olup, havza çökelimi kırıntılı girdi katkısı orta düzeydedir. Ayrıca Odaköy yöresi 451'den başlayarak 474'e kadar devam eden kömür örneklerinde tabandan tavana doğru Ce/Ce* anomali değerlerinin düştüğünü; taban kesimde kırıntılı getiriminin fazla tavan kesimde ise oldukça düşük olduğu gözlenmektedir (Şekil 7.11).



Şekil 7.11: Odaköy yöresi örneklerinin Ce/Ce* anomalisinin tabandan tavana doğru gösterdiği değişim.

Her iki havzada da tabandan tavana doğru ΣREE içeriği artış göstermektedir. İsaalan yöresinde taban kesimde daha kalın bir konglomeratik istife rastlanırken bu kayaçlar Odaköy yöresinde daha düşük kalınlıklarda gözlenmektedir. Bu seviyelerde REE seviyeleri oldukça düşüktür. Her iki havzada da istif üst kesimlere doğru ince taneli kırıntılı kayaçlara geçmektedir. İstiflerin üst seviyelerindeki bu ince taneli kayaçlar (kil, organik malzemeli kiltaşı ve marnlar) yoğun kil partikülü içerdiklerinden dolayı göl havzası içerisindeki REE bakımından zengin serbest kalan iyonları absorbe ederek bu kesimlerde zenginleşmektedir. Tabandan tavana doğru REE'deki bu artış tane boyunun incelmesiyle ilişkili olmalıdır (Şekil 7.12).

Girty vd. (1996)'ya göre sedimanter kayaçlar üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalarda Al/Ti oranı felsik kayaçlardan kaynaklanıyorsa 19-28, mafik kayaçlardan kaynaklanıyor ise bu değer 14'den küçüktür. Odaköy yöresi kömür örneklerinin jeokimyasal analizlerinde değerler 14'ten küçüktür. Dolayısıyla mafik kayaçlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Rb granitik protolitlerden kaynaklanan sedimanter kayaçlarda yüksektir. Bununla birlikte V kaynak kayası bazaltik kökenli olan sedimanter kayaçlarda yüksektir. Zr ise kaba taneli sedimanter kayaçlarda zenginleşmektedir (von Eynatten vd., 2016).



Şekil 7.12: İsaalan (a) ve Odaköy (b) yöresi örneklerinin Σ REE değerlerinin derinliğe göre değişim grafikleri.

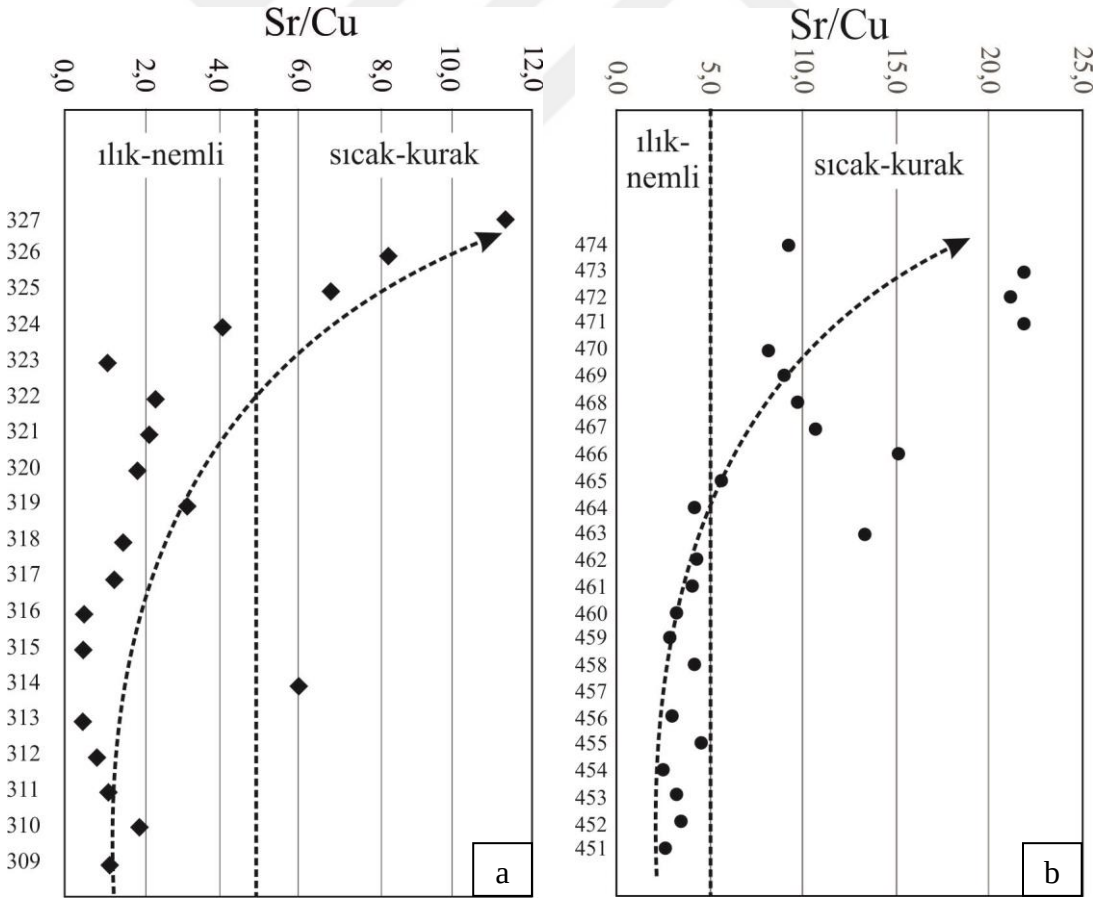
İsaalan yöresi örneklerde Rb değerleri ortalama 22,87 ppm olup bu değer 1,10 ile 89,0 ppm arasında değişmektedir. Dolayısıyla örneklerdeki Rb içerikleri plütonik kayaçlardan kaynaklanmış olmalıdır (Zhao vd. 2017). V değerleri ortalama 40,51 ppm olup 5,40 ile 112,0 ppm arasında değişir.

Havzadaki kömür örneklerinde V zenginleşmesi gözlenmemekte olup çok nadir yüksek değerler muhtemelen havza dışındaki ofiyolitik melanj içerisindeki bazaltik kökenli mafik lavlarla ilişkili olabilir. Bu durum örneklerdeki düşük Sc değerleri ile de desteklenebilir. Zr değerleri ortalama 21,71 olup bu değerler 1,80 ile 76,0 arasındadır.

Odaköy yöresi örneklerde Rb değerleri ortalama 38,8 ppm olup 0,20 ile 74,20 ppm arasında değişmektedir. Örneklerdeki Rb içerikleri İsaalan yöresi kömürlerine oranla düşüktür. Günümüzdeki morfolojide Odaköy çevresinde herhangi bir plütonik kütle gözlenmemektedir. Bazı örneklerdeki yüksek Rb içerikleri kömürlerle yanal düşey ilişkili ekstrüzif kayalarla ilişkili olabilir. V değerleri ortalama 138,4 ppm olup

18,8 ppm ile 210,1 ppm arasında değişir. Havzadaki kömür örneklerinin bazılarında gözlenen V zenginleşmesi havza tabanındaki ofiyolitik melanj içerisindeki bazaltik kökenli mafik bloklarla ilişkili olmalıdır. Zr değerleri ortalama 72,0 olup bu değerler 6,70 ile 142,6 ppm arasındadır. Bu değerler İsaalan yöresi örneklerine göre daha yüksek olup muhtemelen havza içerisindeki asidik kökenli tüflerle ilişkili olabilir.

Göl sedimanlarında Rb/Sr ve Sr/Cu oldukça pozitif ilişkiler sunmaktadır (Tablo 7.9 ve 7.10). Ayrıca bu oranlar paleoiklim değişikliklerini göstermek amacıyla da kullanılmaktadır. Sedimanter kayaçlardaki yüksek Rb/Sr ve düşük Sr/Cu içerikleri ılık ve nemli klimatik şartları, düşük Rb/Sr ve yüksek Sr/Cu oranları ise sıcak ve kurak klimatik koşulları depolanma süresince düşük ayrışma oranına sahip bir iklimi ifade etmektedir (Şekil 7.13). Ca ve Mn'un düşük miktarlar bulunması depolanma süresince ılık ve nemli iklim koşulları Ca ve Mn'daki yüksek konsantrasyonlar sıcak ve kurak iklim koşullarını işaret etmektedir (Lerman vd., 1995).



Şekil 7.13: İsaalan (a) ve Odaköy (b) yöresi kömürlerinin Sr/Cu oranlarına göre paleoiklimsel ortam yorumlamaları.

Tablo 7.9: Odaköy kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri arasındaki korelasyon katsayıları.

																																													TOPLAM			
	Al	*Ca*	*Fe*	*K*	*Mg*	*Na*	*P*	*S*	*Si*	*Ti*	*Mn*	*Ni*	*Co*	*Cr*	*V*	*Cs*	*Rb*	*Ga*	*Zr*	*Hf*	*Y*	*Sr*	*Nb*	*Ta*	*Th*	*U*	*Mo*	*Cu*	*Pb*	*Zn*	*As*	*Sb*	*Hg*	*Tl*	*Ge*	*Ba*	*W*	*La*	*Ce*	*Pr*	*Nd*	*Sm*	*Eu*	*Gd*	*Tb*	*Dy*	*Ho*	*Er*	*Tm*	*Yb*	*Lu*	*REE*	*LREE*	*MREE*	*HREE*
Al	1,00																																																	
Ca	0,27	1,00																																																
Fe	0,61	0,21	1,00																																															
K	0,99	0,27	0,60	1,00																																													
Mg	0,93	0,44	0,59	0,95	1,00																																												
Na	-0,29	-0,07	-0,24	-0,33	-0,30	1,00																																												
P	0,78	0,37	0,78	0,78	0,85	-0,14	1,00																																											
S	-0,15	-0,17	0,63	-0,15	-0,20	-0,07	0,17	1,00																																										
Si	0,84	0,23	0,52	0,86	0,86	-0,34	0,70	-0,13	1,00																																									
Ti	0,97	0,35	0,60	0,96	0,98	-0,26	0,83	-0,19	0,87	1,00																																							
Mn	0,94	0,42	0,64	0,96	0,97	-0,27	0,83	-0,11	0,84	0,95	1,00																																						
Ni	0,79	0,35	0,60	0,78	0,79	-0,17	0,71	-0,01	0,62	0,79	0,83	1,00																																					
Co	0,73	0,36	0,87	0,71	0,74	-0,28	0,82	0,35	0,70	0,76	0,74	0,67	1,00																																				
Cr	0,82	0,32	0,50	0,83	0,92	-0,28	0,80	-0,17	0,76	0,90	0,87	0,77	0,64	1,00																																			
V	0,38	0,22	0,65	0,39	0,40	-0,19	0,45	0,46	0,33	0,41	0,48	0,36	0,51	0,31	1,00																																		
Cs	0,87	0,27	0,55	0,89	0,81	-0,26	0,64	-0,09	0,79	0,83	0,85	0,68	0,59	0,70	0,38	1,00																																	
Rb	0,97	0,23	0,53	0,98	0,91	-0,34	0,70	-0,22	0,82	0,93	0,91	0,72	0,64	0,80	0,35	0,90	1,00																																
Ga	0,97	0,35	0,67	0,97	0,97	-0,29	0,84	-0,09	0,85	0,98	0,97	0,82	0,77	0,87	0,52	0,86	0,94	1,00																																
Zr	0,97	0,30	0,57	0,97	0,97	-0,30	0,81	-0,19	0,85	0,99	0,95	0,79	0,73	0,92	0,40	0,83	0,94	0,98	1,00																																
Hf	0,91	0,25	0,84	0,90	0,88	-0,28	0,87	0,20	0,77	0,89	0,91	0,83	0,84	0,81	0,58	0,79	0,85	0,94	0,89	1,00																															
Y	0,82	0,30	0,70	0,82	0,81	-0,24	0,72	0,13	0,78	0,84	0,86	0,69	0,70	0,69	0,78	0,81	0,79	0,89	0,82	0,87	1,00																														
Sr	0,44	0,22	0,22	0,43	0,43	-0,09	0,38	-0,17	0,07	0,43	0,36	0,27	0,16	0,45	0,23	0,40	0,48	0,44	0,46	0,40	0,35	1,00																													
Nb	0,87	0,47	0,44	0,86	0,94	-0,31	0,73	-0,32	0,82	0,94	0,90	0,75	0,64	0,88	0,42	0,72	0,83	0,91	0,93	0,77	0,80	0,39	1,00																											
Ta	0,91	0,25	0,77	0,91	0,89	-0,27	0,83	0,10	0,77	0,89	0,92	0,92	0,81	0,82	0,50	0,81	0,86	0,93	0,90	0,96	0,83	0,35	0,79	1,00																										
Th	0,59	-0,13	0,24	0,57	0,48	-0,16	0,40	-0,17	0,55	0,58	0,41	0,20	0,39	0,42	0,21	0,41	0,60	0,54	0,59	0,45	0,47	0,39	0,49	0,40	1,00																									
U	-0,01	0,03	0,07	0,02	-0,01	-0,01	0,07	0,21	-0,13	0,00	0,08	0,25	0,10	0,05	0,38	0,06	-0,02	0,07	0,03	0,08	0,18	0,10	0,03	0,13	-0,11	1,00																							
Mo	-0,60	-0,03	-0,19	-0,61	-0,57	0,31	-0,42	0,32	-0,52	-0,55	-0,52	-0,24	-0,27	-0,50	0,13	-0,50	-0,63	-0,51	-0,58	-0,41	-0,27	-0,28	-0,48	-0,39	-0,43	0,44	1,00																						
Cu	0,97	0,28	0,66	0,97	0,94	-0,25	0,84	-0,08	0,83	0,95	0,96	0,85	0,73	0,87	0,45	0,87	0,94	0,98	0,96	0,94	0,85	0,47	0,86	0,95	0,52	0,09	-0,50	1,00																					
Pb	0,91	0,39	0,70	0,91	0,91	-0,35	0,81	-0,01	0,73	0,88	0,91	0,80	0,76	0,82	0,42	0,77	0,89	0,91	0,89	0,91	0,74	0,48	0,79	0,90	0,49	0,00	-0,56	0,92	1,00																				
Zn	0,96	0,31	0,62	0,96	0,95	-0,27	0,78	-0,14	0,87	0,95	0,97	0,81	0,71	0,84	0,45	0,87	0,94	0,97	0,95	0,90	0,86	0,38	0,87	0,92	0,53	0,01	-0,56	0,97	0,93	1,00																			
As	-0,25	-0,12	0,37	-0,21	-0,23	-0,10	-0,08	0,69	-0,17	-0,26	-0,22	-0,13	0,20	-0,20	0,33	-0,10	-0,23	-0,18	-0,24	0,03	0,01	-0,17	-0,35	-0,02	-0,11	0,14	0,37	-0,21	-0,09	-0,23	1,00																		
Sb	-0,15	-0,04	0,08	-0,14	-0,17	0,02	-0,11	0,38	-0,26	-0,14	-0,06	0,22	-0,09	-0,05	0,49	-0,04	-0,15	-0,04	-0,12	0,05	0,21	0,09	-0,07	0,08	-0,28	0,70	0,61	-0,02	-0,14	-0,12	0,22	1,00																
Hg	-0,25	-0,20	0,07	-0,20	-0,16	-0,19	-0,18	0,35	0,15	-0,18	-0,15	-0,04	0,10	-0,08	0,03	-0,14	-0,24	-0,19	-0,19	-0,05	-0,05	-0,66	-0,20	-0,04	-0,18	-0,05	0,31	-0,20	-0,19	-0,14	0,61	0,09	1,00														
Tl	0,10	-0,03	0,68	0,14	0,12	-0,22	0,30	0,79	0,20	0,10	0,14	0,17	0,50	0,12	0,56	0,20	0,08	0,18	0,11	0,41	0,38	-0,06	-0,02	0,32	0,08	0,17	0,19	0,17	0,24	0,13	0,87	0,24	0,54	1,00												
Ge	0,05	0,05	0,15	0,05	0,11	0,05	0,05	0,10	-0,03	0,11	0,20	0,37	0,01	0,13	0,53	0,01	0,02	0,18	0,10	0,20	0,36	-0,05	0,20	0,25	-0,34	0,34	0,37	0,14	0,03	0,14	0,00	0,67	0,11	0,07	1,00											
Ba	0,93	0,20	0,62	0,92	0,89	-0,21	0,74	-0,10	0,85	0,92	0,91	0,83	0,70	0,80	0,45	0,88	0,90	0,94	0,91	0,90	0,86	0,37	0,84	0,93	0,49	0,08	-0,45	0,96	0,84	0,95	-0,21	-0,01	-0,12	0,15	0,22	1,00										
W	-0,47	-0,28	-0,31	-0,43	-0,38	-0,07	-0,42	0,08	-0,01	-0,40	-0,41	-0,31	-0,19	-0,28	-0,33	-0,36	-0,45	-0,45	-0,41	-0,40	-0,37	-0,79	-0,35	-0,35	-0,23	-0,18	0,27	-0,46	-0,48	-0,39	0,36	-0,10	0,89	0,19	-0,10	-0,36	1,00									
La	0,85	0,25	0,50	0,82	0,80	-0,37	0,58	-0,18	0,78	0,87	0,80	0,56	0,61	0,72	0,42	0,76	0,85	0,85	0,86	0,76	0,78	0,36	0,82	0,72	0,58	-0,20	-0,55	0,77	0,73	0,84	-0,17	-0,16	-0,09	0,09	0,10	0,77	-0,31	1,00								
Ce	0,84	0,38	0,70	0,85	0,90	-0,29	0,83	0,04	0,84	0,88	0,90	0,81	0,82	0,81	0,44	0,72	0,78	0,88	0,86	0,88	0,79	0,21	0,81	0,89	0,44	0,02	-0,45	0,86	0,88	0,91	-0,07	-0,11	0,09	0,27	0,14	0,85	-0,19	0,74	1,00							
Pr	0,55	0,18	0,51	0,60	0,61	-0,39	0,64	0,14	0,54	0,58	0,59	0,48	0,64	0,53	0,39	0,32	0,48	0,59	0,61	0,59	0,53	0,04	0,55	0,56	0,40	0,19	-0,45	0,52	0,58	0,54	0,09	-0,10	0,08	0,34	0,03	0,44	-0,10	0,42	0,65	1,00						
Nd	0,74	0,30	0,59	0,76	0,75	-0,32	0,72	0,07	0,64	0,71	0,74	0,61	0,59	0,67	0,25	0,59	0,69	0,71	0,74	0,74	0,58	0,31	0,64	0,70	0,41	-0,20	-0,65	0,71	0,82	0,73	-0,12	-0,23	-0,16	0,24	-0,13	0,59	-0,36	0,59	0,70	0,68	1,00					
Sm	0,01	0,07	-0,18	-0,03	-0,03	0,00	-0,16	-0,22	-0,20	0,00	0,00	-0,07	-0,31	0,07	-0,12	-0,11	0,03	-0,03	0,01	-0,06	-0,11	0,21	0,04	-0,15	-0,13	-0,35	-0,19	-0,06	0,00	-0,02	-0,35	-0,03	-0,33	-0,35	0,17	-0,15	-0,33	0,24	-0,17	-0,21	0,11	1,00				
Eu	0,57	-0,01	0,62	0,54	0,45	-0,10	0,50	0,31	0,50	0,49	0,48	0,63	0,65	0,37	0,24	0,42	0,45	0,52	0,49	0,64	0,47	-0,09	0,38	0,66	0,16	0,01	-0,22	0,54	0,47	0,47	0,07	0,05	0,09	0,36	0,15	0,57	-0,08	0,30	0,48	0,50	0,54	-0,22	1,00			
Gd	0,67	0,15	0,37	0,62	0,57	-0,26	0,37	-0,17	0,63	0,63	0,60	0,51	0,48	0,44	0,09	0,54	0,62	0,60	0,60	0,56	0,48	-0,04	0,56	0,54	0,18	-0,30	-0,53	0,55	0,50	0,62	-0,28	-0,25	0,02	-0,03	0,19	0,63	-0,11	0,71	0,57	0,33	0,43	0,25	0,54	1,00		
Tb	-0,25	0,25	-0,28	-0,25	-0,25	0,15	-0,14	-0,14	-0,27	-0,24	-0,31	-0,12	-0,09	-0,29	-0,25	-0,30	-0,29	-0,24	-0,25	-0,31	-0,30	-0,10	-0,17	-0,27	-0,07	0,25	0,40	-0,28	-0,33	-0,39	0,08	0,08	-0,05	-0,08	-0,17	-0,35	0,09	-0,37	-0,32	0,04	-0,26	-0,26	0,03	-0,28	1,00		
Dy	0,53	0,67	0,35	0,49	0,55	-0,10	0,49	-0,13	0,52	0,59	0,52	0,46	0,59	0,38	0,23	0,36	0,43	0,55	0,52	0,46	0,50	0,09	0,62	0,43	0,28	-0,09	-0,13	0,44	0,43	0,46	-0,21	-0,10	-0,11	0,01	0,06	0,41	-0,21	0,55	0,53	0,42	0,43	0,03	0,41	0,54	0,36	1,00	
Ho	0,19	0,67	0,14	0,21	0,34	-0,10	0,19	-0,16	0,26	0,25	0,36	0,47	0,28	0,26	0,06	0,23	0,17	0,25	0,21	0,18	0,18	-0,16	0,36	0,31	-0,32	-0,10	-0,04	0,21	0,30	0,29	-0,08	0,00	0,18	-0,05	0,28	0,25	0,12	0,15	0,43	0,08	0,16	-0,06	0,15	0,31	-0,02	0,41	1,00
Er	-0,35	-0,04	-0,31	-0,31	-0,24	0,16	-0,20	-0,08	-0,32	-0,26	-0,26	0,04	-0,27	-0,07	-0,01	-0,37	-0,35	-0,23	-0,23	-0,29	-0,21	-0,15	-0,11	-0,18	-0,17	0,36	0,40	-0,25	-0,35	-0,33	0,11	0,46	0,19	-0,05	0,37	-0,26	0,26	-0,39	-0,21	0,01	-0,39	-0,13	-0,12	-0,40	0,43	-0,14	0,19
Tm	0,02	0,00	-0,08	0,07	-0,02	0,02	0,06	-0,02	-0,08	-0,09	0,01	-0,14	-0,10	-0,09	-0,09	-0,06	0,04	-0,05	-0,04	-0,02	-0,12	0,16	-0,13	-0,08	0,13	0,11	-0,04	0,03	0,09	-0,05	-0,09	-0,10	-0,30	-0,09	-0,35	-0,15	-0,27	-0,25	-0,17	0,13	0,26	-0,07	-0,02	-0,37	0,24	-0,12	-0,35
Yb	0,24	0,91	0,18	0,21	0,37	0,02	0,32	-0,17	0,27	0,31	0,37	0,37	0,36	0,25	0,19	0,15	0,16	0,30	0,23	0,23	0,25	0,03	0,43	0,22	-0,10	-0,02	0,09	0,25	0,34	0,29	-0,19	-0,06	-0,09	-0,07	0,11	0,21	-0,15	0,17	0,39	0,12	0,20	0,04	0,08	0,19	0,23	0,67	0,69
Lu	-0,29	-0,35	-0,18	-0,35	-0,42	0,09	-0,36	0,14	-0,39	-0,36	-0,43	-0,28	-0,14	-0,37	-0,22	-0,45	-0,37	-0,38	-0,32	-0,30	-0,38	-0,23	-0,34	-0,31	-0,08	0,05	0,09	-0,40	-0,33	-0,43	0,12	0,02	-0,02	-0,03	-0,14	-0,38	0,10	-0,26	-0,44	0,06	-0,09	0,03	0,22	-0,07	0,26	-0,08	-0,45
TOPLAM **REE**	0,91	0,36	0,66	0,90	0,92	-0,36	0,78	-0,06	0,87	0,94	0,92	0,76	0,79	0,82	0,46	0,77	0,87	0,93	0,93	0,88	0,84	0,29	0,88	0,87	0,54	-0,08	-0,54	0,88	0,88	0,94	-0,13	-0,15	0,00	0,21	0,13	0,86	-0,26	0,91	0,95	0,63	0,72	0,02	0,45	0,68	-0,33	0,61	0,33
LREE	0,91	0,34	0,66	0,90	0,92	-0,36	0,78	-0,05	0,87	0,94	0,92	0,75	0,79	0,83	0,46	0,78	0,87	0,93	0,93	0,89	0,84	0,29	0,87	0,87	0,54	-0,07	-0,54	0,88	0,88	0,94	-0,12	-0,15	0,01	0,22	0,12	0,87	-0,26	0,91	0,95	0,63	0,72	0,01	0,44	0,67	-0,35	0,58	0,31
MREE	0,47	0,51	0,22	0,41	0,42	-0,08	0,33	-0,20	0,34	0,48	0,41	0,41	0,37	0,32	0,06	0,25	0,38	0,44	0,44	0,37	0,32	0,10	0,50	0,32	0,14	-0,21	-0,20	0,35	0,34	0,35	-0,31	-0,08	-0,22	-0,13	0,14	0,29	-0,29	0,52	0,33	0,31	0,41	0,45	0,43	0,64	0,31	0,86	0,28
HREE	0,07	0,79	0,03	0,07	0,24	0,06	0,19	-0,19	0,12	0,16	0,23	0,39	0,22	0,20	0,14	0,00	0,00	0,17	0,12	0,08	0,13	-0,08	0,34	0,15	-0,22	0,11	0,21	0,12	0,17	0,14	-0,11	0,13	0,05	-0,08	0,28	0,09	0,02	-0,01	0,28	0,12	0,04	-0,04	0,06	0,05	0,35	0,52	0,80

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tablo 7.10: İsaalan kömür örneklerinin ana, iz element ve nadir toprak elementleri arasındaki korelasyon katsayıları.

																																									TOPLAM			
		Al	*Ca*	*Fe*	*K*	*Mg*	*Na*	*P*	*Ba*	*Mn*	*Sc*	*Li*	*B*	*Ge*	*Ni*	*Co*	*Cr*	*V*	*Cs*	*Rb*	*Ga*	*Zr*	*Y*	*Sr*	*Nb*	*Ta*	*Th*	*U*	*Mo*	*Cu*	*Pb*	*Zn*	*As*	*Sb*	*Hg*	*La*	*Ce*	*Pr*	*Nd*	*Sm*	*Gd*	*Dy*	*Er*	*REE*	*LREE*	*MREE*	*HREE*
	Al	1,00																																										
	Ca	-0,13	1,00																																									
	Fe	0,75	-0,25	1,00																																								
	K	0,94	-0,20	0,72	1,00																																							
	Mg	0,95	-0,14	0,70	0,87	1,00																																						
	Na	0,58	-0,03	0,41	0,79	0,47	1,00																																					
	P	0,87	0,01	0,80	0,82	0,85	0,50	1,00																																				
	Ba	0,25	0,15	0,12	0,16	0,15	-0,06	0,22	1,00																																			
	Mn	0,83	0,36	0,60	0,75	0,83	0,52	0,82	0,22	1,00																																		
	Sc	0,97	-0,24	0,74	0,95	0,92	0,65	0,80	0,11	0,75	1,00																																	
	Li	0,97	-0,15	0,69	0,87	0,98	0,45	0,83	0,20	0,82	0,92	1,00																																
	B	-0,87	-0,08	-0,58	-0,78	-0,76	-0,44	-0,72	-0,50	-0,74	-0,78	-0,82	1,00																															
	Ge	-0,20	0,75	-0,24	-0,21	-0,18	0,07	-0,10	-0,13	0,29	-0,23	-0,19	0,19	1,00																															
	Ni	0,93	-0,20	0,87	0,88	0,91	0,52	0,95	0,15	0,79	0,91	0,90	-0,71	-0,22	1,00																														
	Co	0,95	-0,20	0,83	0,90	0,96	0,54	0,91	0,06	0,79	0,92	0,94	-0,70	-0,23	0,97	1,00																														
	Cr	0,97	-0,16	0,76	0,87	0,98	0,46	0,83	0,18	0,81	0,95	0,98	-0,79	-0,21	0,92	0,95	1,00																														
	V	0,93	-0,04	0,80	0,85	0,88	0,50	0,90	0,32	0,81	0,89	0,88	-0,77	-0,15	0,93	0,90	0,93	1,00																												
	Cs	0,81	-0,08	0,55	0,64	0,74	0,22	0,55	0,48	0,62	0,74	0,81	-0,81	-0,17	0,64	0,65	0,80	0,72	1,00																											
	Rb	0,98	-0,18	0,74	0,95	0,97	0,60	0,84	0,18	0,81	0,96	0,98	-0,81	-0,21	0,91	0,95	0,97	0,89	0,77	1,00																										
	Ga	0,96	0,09	0,69	0,89	0,94	0,61	0,84	0,18	0,93	0,92	0,94	-0,81	0,06	0,88	0,91	0,94	0,90	0,75	0,94	1,00																									
	Zr	0,98	-0,11	0,75	0,91	0,97	0,54	0,84	0,26	0,85	0,95	0,97	-0,85	-0,16	0,91	0,93	0,98	0,92	0,81	0,98	0,96	1,00																								
	Y	0,93	-0,14	0,72	0,94	0,88	0,70	0,78	0,06	0,74	0,95	0,87	-0,77	-0,26	0,87	0,91	0,90	0,86	0,67	0,93	0,90	0,92	1,00																							
	Sr	0,09	0,90	-0,10	0,05	0,02	0,13	0,21	0,38	0,42	-0,04	0,02	-0,33	0,50	-0,02	-0,02	0,00	0,16	0,05	0,02	0,22	0,08	0,07	1,00																						
	Nb	0,97	-0,04	0,74	0,88	0,97	0,53	0,87	0,17	0,88	0,95	0,95	-0,78	-0,08	0,93	0,95	0,97	0,93	0,75	0,96	0,98	0,97	0,91	0,11	1,00																					
	Ta	0,98	-0,20	0,72	0,89	0,95	0,48	0,84	0,26	0,80	0,95	0,97	-0,84	-0,23	0,92	0,91	0,96	0,89	0,82	0,97	0,92	0,97	0,87	-0,01	0,95	1,00																			
	Th	0,99	-0,10	0,74	0,94	0,92	0,62	0,82	0,29	0,82	0,95	0,94	-0,90	-0,18	0,89	0,91	0,95	0,91	0,82	0,97	0,94	0,98	0,93	0,13	0,94	0,95	1,00																		
	U	0,32	0,08	0,24	0,26	0,17	0,07	0,43	0,68	0,20	0,19	0,21	-0,52	-0,37	0,33	0,22	0,19	0,39	0,33	0,21	0,17	0,23	0,23	0,38	0,19	0,30	0,32	1,00																
	Mo	0,04	0,06	0,25	0,03	-0,18	0,06	0,15	0,48	-0,04	-0,02	-0,13	-0,23	-0,25	0,11	-0,05	-0,08	0,20	0,10	-0,09	-0,07	-0,03	0,05	0,20	-0,06	-0,01	0,07	0,76	1,00														
	Cu	0,98	-0,16	0,75	0,91	0,98	0,52	0,85	0,22	0,82	0,95	0,99	-0,83	-0,20	0,92	0,94	0,99	0,91	0,81	0,99	0,94	0,99	0,90	0,02	0,96	0,98	0,97	0,25	-0,06	1,00													
	Pb	0,75	0,28	0,60	0,79	0,59	0,77	0,69	0,24	0,78	0,73	0,61	-0,73	0,13	0,68	0,65	0,64	0,74	0,53	0,69	0,80	0,71	0,80	0,44	0,73	0,65	0,78	0,35	0,35	0,65	1,00												
	Zn	0,67	-0,09	0,62	0,57	0,60	0,31	0,54	0,04	0,53	0,69	0,64	-0,71	-0,23	0,61	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,62	0,67	0,64	-0,01	0,65	0,67	0,68	0,11	0,08	0,66	0,50	1,00											
	As	-0,22	0,31	0,01	-0,27	-0,28	-0,30	-0,03	0,41	-0,06	-0,29	-0,26	0,15	0,39	-0,13	-0,24	-0,25	-0,09	-0,09	-0,28	-0,17	-0,23	-0,41	0,32	-0,20	-0,21	-0,22	0,11	0,16	-0,27	-0,08	-0,26	1,00										
	Sb	-0,11	0,86	-0,15	-0,13	-0,16	0,09	0,09	0,30	0,36	-0,22	-0,16	-0,03	0,83	-0,11	-0,17	-0,18	-0,01	-0,10	-0,17	0,10	-0,11	-0,22	0,77	-0,03	-0,17	-0,09	0,11	0,11	-0,16	0,30	-0,21	0,58	1,00									
	Hg	-0,08	-0,23	0,15	-0,09	0,00	-0,13	0,00	-0,29	-0,16	-0,03	-0,07	0,26	0,07	0,04	0,04	-0,04	-0,10	-0,18	-0,05	-0,09	-0,09	-0,13	-0,21	-0,03	-0,04	-0,11	-0,26	-0,23	-0,06	-0,33	-0,15	0,30	-0,12	1,00							
	La	0,97	-0,12	0,69	0,94	0,95	0,61	0,82	0,22	0,81	0,95	0,95	-0,85	-0,23	0,88	0,92	0,96	0,89	0,76	0,98	0,93	0,98	0,96	0,10	0,95	0,95	0,97	0,26	-0,03	0,97	0,73	0,63	-0,34	-0,17	-0,12	1,00						
	Ce	0,97	-0,13	0,70	0,95	0,94	0,63	0,80	0,22	0,80	0,96	0,94	-0,85	-0,24	0,87	0,91	0,95	0,89	0,76	0,98	0,93	0,98	0,96	0,10	0,94	0,94	0,97	0,26	-0,01	0,96	0,74	0,64	-0,35	-0,17	-0,13	1,00	1,00					
	Pr	0,95	-0,20	0,66	0,95	0,91	0,67	0,74	0,20	0,75	0,96	0,91	-0,82	-0,21	0,83	0,87	0,91	0,82	0,77	0,97	0,91	0,95	0,93	0,03	0,91	0,93	0,95	0,18	-0,10	0,94	0,70	0,64	-0,30	-0,18	-0,05	0,97	0,97	1,00				
	Nd	0,97	-0,14	0,70	0,94	0,94	0,62	0,79	0,23	0,79	0,95	0,94	-0,84	-0,24	0,87	0,91	0,96	0,89	0,77	0,98	0,93	0,98	0,96	0,09	0,94	0,94	0,97	0,25	-0,02	0,97	0,73	0,63	-0,35	-0,18	-0,13	1,00	1,00	0,97	1,00			
	Sm	0,95	-0,20	0,66	0,94	0,90	0,66	0,73	0,19	0,74	0,96	0,91	-0,82	-0,21	0,83	0,86	0,91	0,81	0,78	0,96	0,90	0,94	0,93	0,02	0,90	0,93	0,95	0,18	-0,08	0,93	0,71	0,64	-0,31	-0,19	-0,05	0,96	0,96	1,00	0,96	1,00		
	Gd	0,94	-0,20	0,66	0,95	0,90	0,68	0,72	0,18	0,74	0,96	0,90	-0,82	-0,21	0,82	0,86	0,90	0,80	0,76	0,96	0,90	0,94	0,93	0,01	0,90	0,93	0,95	0,17	-0,08	0,93	0,72	0,65	-0,31	-0,19	-0,05	0,96	0,96	1,00	0,96	1,00	1,00	
	Dy	0,87	-0,28	0,73	0,89	0,86	0,66	0,72	-0,11	0,70	0,94	0,84	-0,62	-0,21	0,86	0,88	0,89	0,81	0,55	0,90	0,85	0,88	0,92	-0,14	0,88	0,86	0,86	0,02	-0,09	0,87	0,67	0,65	-0,40	-0,29	0,00	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	1,00
	Er	0,88	-0,15	0,64	0,83	0,97	0,43	0,80	0,11	0,78	0,85	0,94	-0,69	-0,17	0,85	0,91	0,93	0,81	0,63	0,94	0,87	0,92	0,82	0,01	0,90	0,89	0,86	0,08	-0,31	0,94	0,50	0,53	-0,27	-0,17	-0,01	0,91	0,90	0,86	0,90	0,85	0,84	0,83	1,00
TOPLAM	**REE**	0,97	-0,15	0,70	0,95	0,95	0,63	0,80	0,20	0,80	0,96	0,94	-0,84	-0,23	0,87	0,91	0,95	0,88	0,76	0,98	0,93	0,98	0,96	0,07	0,94	0,94	0,97	0,23	-0,04	0,97	0,73	0,64	-0,35	-0,18	-0,11	1,00	1,00	0,98	1,00	0,97	0,97	0,90	0,91	1,00			
	LREE	0,97	-0,14	0,70	0,95	0,94	0,63	0,80	0,22	0,80	0,96	0,94	-0,85	-0,23	0,87	0,91	0,95	0,89	0,76	0,98	0,93	0,98	0,96	0,09	0,94	0,94	0,97	0,25	-0,03	0,97	0,73	0,64	-0,35	-0,17	-0,12	1,00	1,00	0,97	1,00	0,97	0,97	0,89	0,90	1,00	1,00		
	MREE	0,94	-0,23	0,70	0,95	0,91	0,69	0,74	0,09	0,75	0,98	0,91	-0,77	-0,22	0,86	0,89	0,92	0,83	0,72	0,97	0,91	0,95	0,96	-0,04	0,92	0,93	0,94	0,13	-0,09	0,94	0,72	0,67	-0,35	-0,23	-0,04	0,96	0,96	0,98	0,96	0,99	0,99	0,95	0,86	0,97	0,97	1,00	
	HREE	0,88	-0,15	0,64	0,83	0,97	0,43	0,80	0,11	0,78	0,85	0,94	-0,69	-0,17	0,85	0,91	0,93	0,81	0,63	0,94	0,87	0,92	0,82	0,01	0,90	0,89	0,86	0,08	-0,31	0,94	0,50	0,53	-0,27	-0,17	-0,01	0,91	0,90	0,86	0,90	0,85	0,84	0,83	1,00	0,91	0,90	0,86	1,00

7.5 Kömürlerin Petrografisi ve Mineralojisi

Kömür petrografisi çalışmaları; kömürü oluşturan bileşenlerin tanımlanması, kömürün oluşumunun geliştiği ortamın koşullarının ve kömür kullanım alanlarının tanımlanması hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ayrıca petrografik veriler, yeraltı maden ocaklarında kömür damarlarının korelasyonunda da kullanılmaktadır (Stach vd., 1982; Karayiğit, 1989). Kömürler, kayaçlardaki minerallere eşdeğer olarak maserallerden oluşmaktadır. Bunlar, minerallerden farklı olarak çok geniş aralıkta değişen kimyasal bileşime ve bitkisel kökene sahiptirler.

Kömür, organik ve inorganik maddelerin bataklık ortamında yeterli sıcaklık ve basınç etkisi altında turbalardan itibaren oluşmaktadır. Kömürleşme düzeyi düşük olan kömürlerde maseraller az deforme olmasına rağmen bitkisel yapıyı ve odunsu dokuyu mikroskop altında gözlemek mümkün olabilmektedir.

Hüminit linyit kömürlerinin en önemli maseral grubudur. Hümik maddelerin kömürleşmesi sonucu oluşmuşlardır. Lignin, tanin ve seluloz gibi hümik maddelerden oluşur. Bu maseral grubu; telohüminit, detrohüminit ve jelohüminit maseral alt gruplarından ve tekstinit, ülminit, atrinit, densinit, gelinit, ve korpohümünit maserallerinden oluşmaktadır (Tablo 7.11) (Stach vd., 1982).

Liptinit maseralleri genellikle bitkilerin sporin, kütin, süberin, reçine, mum gibi kısımları ile hayvansal, bitkisel yağlardan, bitkilerin üreme dönemlerinde ve yaralandıkları zaman salgıladıkları maddelerden meydana gelmişlerdir. Hüminit maseral grubuna göre yüksek oranda hidrojen içerirler ve koyu griden siyaha kadar değişen renklerde görünürler (Scott, 2002).

İnertinit maseral grubu çoğunlukla hüminit daha az oranda da bitkisel artıkların bataklık ortamında oksidasyonu sonucunda aromatik bir yapı kazanması ile oluşur ve başlangıç maddeleri lignin ve selülozdur. Üstten aydınlatmalı mikroskopta beyaz ve sarımsı beyaz renkte gözlenen bu grup maseraller kömürleşme sırasında herbir maseral grubunun maseralinden de oluşabileceği için yansıtma miktarı hüminite göre daha yüksektir (Stach vd., 1982).

Tablo 7.11: Linyitlerin maseral grupları, maseral alt grupları, maseralleri ve maseral tipleri (Stach vd. 1982, Ward 1984, ICCP 2001, Thomas 2002, Sykorova vd. 2005).

Maseral Grubu	Maseral Alt Grubu	Maseraller	Maseral Tipi
Hüminit	Hümotellinit (Telohüminit)	Tekstinit	Tekstoülminit
		Ülminit	Eu-ülminit
	Hümodetrinit (Detrohüminit)	Atrinit	
		Densinit	
	Hümokollinit (Jelohüminit)	Jelinit	Levijelinit
			Porijelinit
		Korpohüminit	Filobafinit
			Psödo-filobafinit
Liptinit		Sporinit	
		Kütinit	
		Rezinit	
		Suberinit	
		Alginit	
		Fluorinit	
		Bitüminit	
		Eksudatinit	
		Liptodetrinit	
		Sporonjiyum	
İnertinit	Bitki hücre dokusu gösteren maseraller	Fuzinit	
		Semifuzinit	
		Funginit	
	Bitki hücre dokusunu kaybeden maseraller	Sekretinit	
		Makrinit	
		Mikrinit	
	Parçalanmış, kırıntılı inertinit maseralleri	İnertodetrinit	

7.5.1 Çalışma Alanı Kömürlerinin Maseral Analizi Sonuçları

Kömür petrografisi çalışmalarıyla elde edilen maseral analizi sonuçları kömürün çökelme şartlarının ve depolanma ortamının yorumlanmasına ilişkin önemli ipuçları sağlamaktadır (Diessel, 1986). Kömürü oluşturan maserallerin oranları, turbanın oluşumuna katılan organik malzeme topluluklarına ve turba oluşum sırasındaki şartlara (örneğin su seviyesi stabilitesi, bakteri türü, kimyasal reaksiyonlar vb.) bağlıdır.

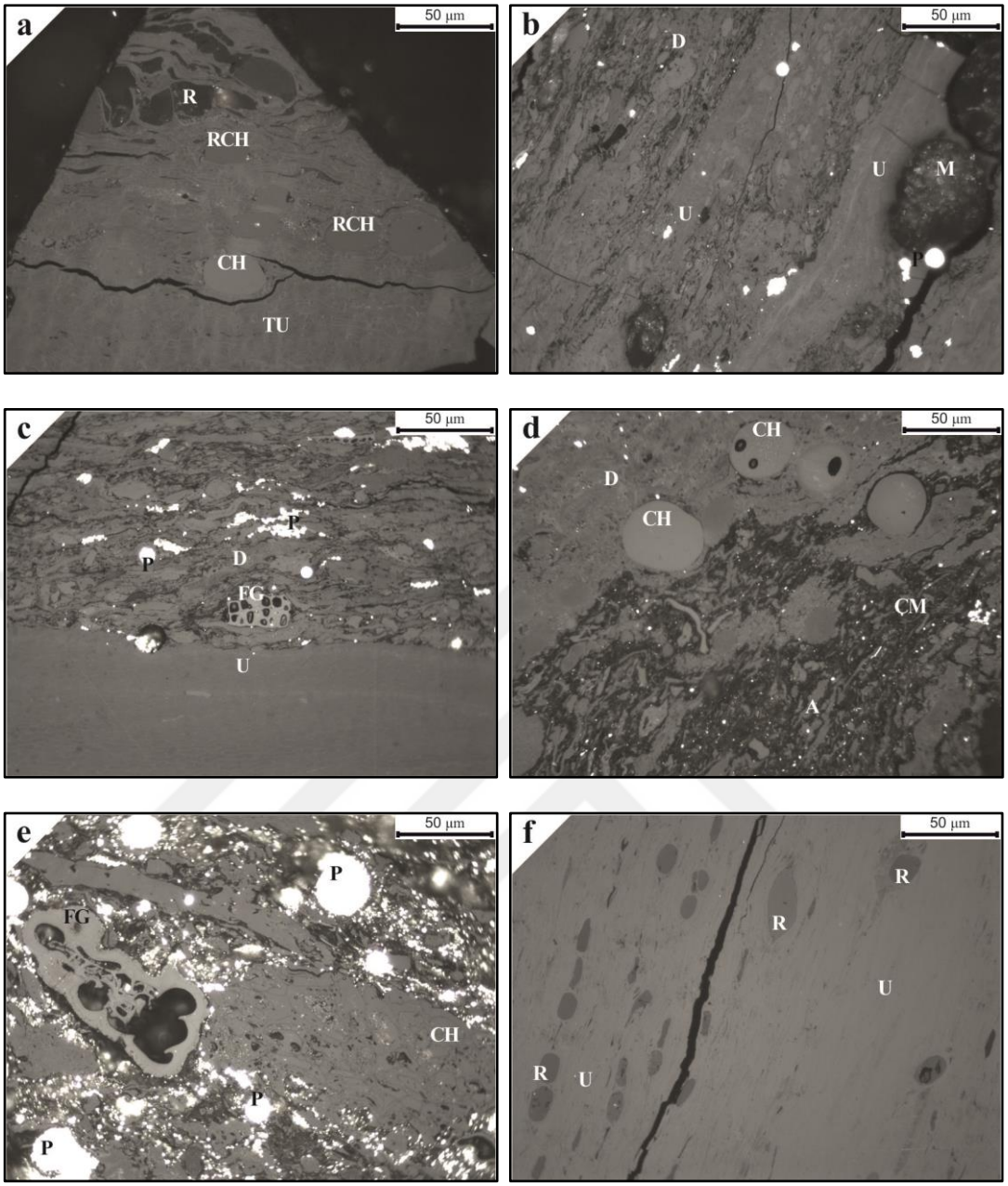
Tablo 7.12: İsaalan (Balıkesir) yöresi kömür örnekleri petrografik analiz sonuçları sınır ve ortalama değerleri.

Analiz Değerleri (Hacimsel %)	Maseral Grubu	Sınır Değerler	Ortalama
Tekstinit	*Hüminit*	0,6 – 11,9	4,7
Textoulminit		1,8 – 26,1	13
Eu-Ülminit		1,8 – 63,8	15,8
Hümokolinit		4,4 – 28,5	17,2
Gelinit		0,0 – 4,6	0,9
Atrinit		1,2 – 23,8	7,8
Densinit		0,4 – 50,9	14,4
Sporinit	*Liptinit*	0,0 – 2,8	0,7
Liptodetrinit		0,0 – 2,8	0,7
Resinit		0,0 – 13,1	3,2
Kütinit		0,0 – 0,4	0,03
Eksudatinit		0,0 – 0,2	0,01
Füsinit	*İnertinit*	0,0 – 2,6	0,3
Semifüsinit		0,0 – 0,2	0,01
İnertodetrinit		0,0 – 1,4	0,4
Funginit		0,0 – 0,4	0,2
Pirit	*İnorganik Madde*	1,4 – 6,3	3,4
Diğer mineraller		4,0 – 46,9	20,4
Epijenetik Pirit		0,0 – 3,6	0,7

İsaalan yöresi kömürlerine ait örneklerde gerçekleştirilen kömür petrografisi çalışmaları örneklerin hüminit açısından zengin olduğunu (tüm kömür bazında %88,4'e varan oranlarda) göstermektedir (Tablo 7.12). Bu grupta baskın olan alt maseral grubu telohüminittir. Detrohüminit ve jelohüminit oranları örnekleme profili boyunca değişkendir. Örneklerde ülminit, tekstinite göre daha bol oranlarda bulunmakla birlikte tekstinite ait hücreler çoğunlukla rezinit ve korpohüminit ile doldurulmuş olarak gözlenmektedir (Şekil 7.14). Çalışılan tüm örneklerde gözlenen korpohüminit en yaygın jelohüminit maseralidir (Tablo 7.13). Bazı durumlarda ülminit ve rezino-korpohüminit kahverengimsi bir floresans sergilemektedir. Nispeten yüksek floresans yoğunluklarına sahip benzer telohüminit maseralleri de Türkiye'de bulunan diğer bazı kömür yataklarında kaydedilmiştir (Karayiğit vd., 2015, 2016; Bechtel vd., 2016; Oskay vd., 2016, Karayiğit vd., 2017).

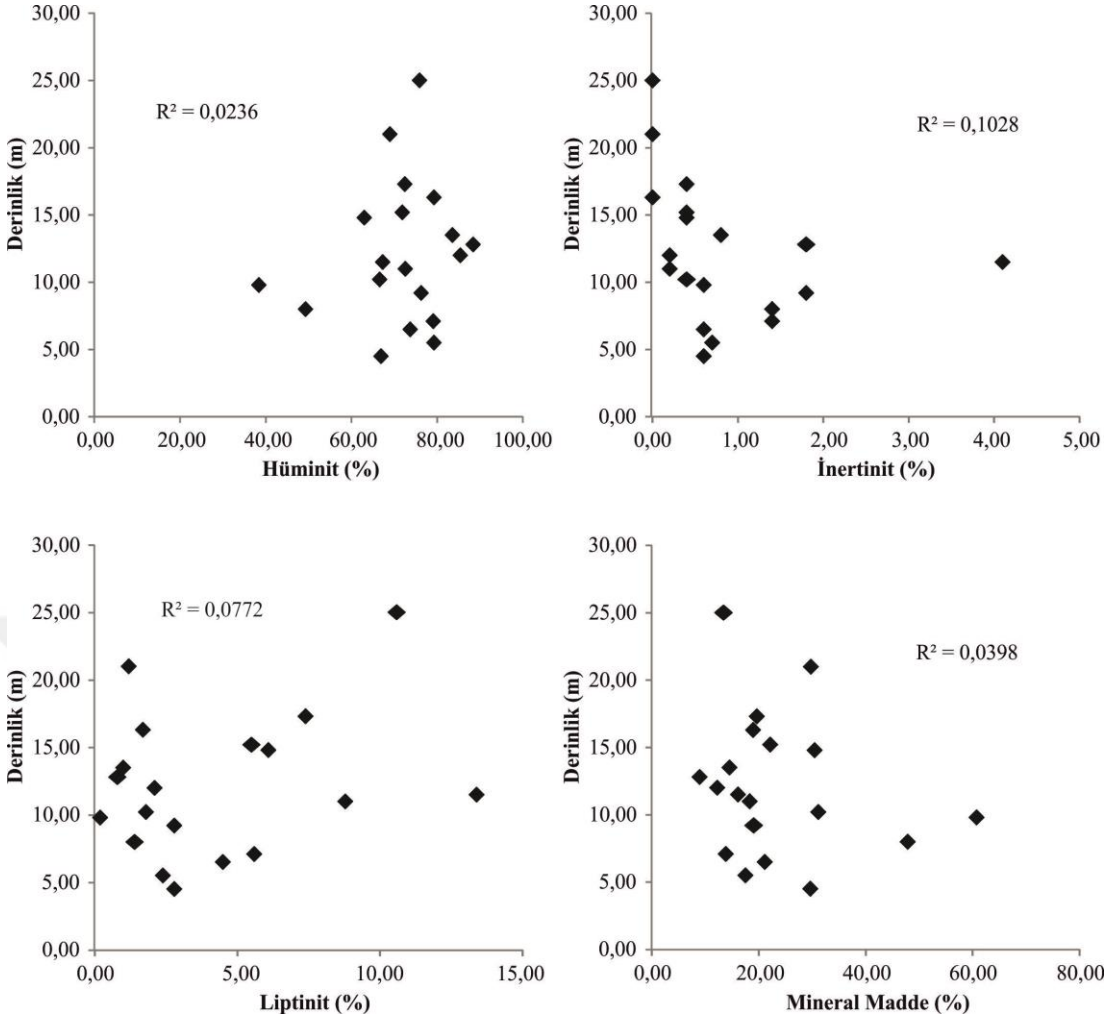
Tablo 7.13: İsaalan havzası kömür örneklerinin maseral gruplarının %'de toplam değerleri.

Örnek No	Hümotellinit (a)	Hümodetrinit (b)	Hümokollinit (c)	Hüminit (a+b+c)	Liptinit	İnertinit	Mineral Madde
309	34,10	15,00	17,80	66,90	2,80	0,60	29,70
310	44,60	11,90	22,80	79,30	2,40	0,70	17,60
311	30,20	15,20	28,30	73,70	4,50	0,60	21,20
312	12,60	52,70	13,80	79,10	5,60	1,40	13,90
313	14,60	23,70	11,00	49,30	1,40	1,40	47,90
314	33,00	23,40	19,90	76,30	2,80	1,80	19,10
315	11,20	20,20	7,00	38,40	0,20	0,60	60,80
316	26,00	25,20	15,40	66,60	1,80	0,40	31,20
317	40,10	8,40	24,10	72,60	8,80	0,20	18,40
318	48,10	11,90	7,30	67,30	13,40	4,10	16,20
319	47,90	15,00	22,50	85,40	2,10	0,20	12,30
320	32,20	30,40	25,80	88,40	0,80	1,80	9,00
321	31,90	42,70	9,00	83,60	1,00	0,80	14,60
322	19,80	14,90	28,30	63,00	6,10	0,40	30,50
323	23,70	26,80	21,40	71,90	5,50	0,40	22,20
324	45,30	7,30	26,70	79,30	1,70	-	19,00
325	30,50	32,20	9,80	72,50	7,40	0,40	19,70
326	35,10	13,50	20,40	69,00	1,20	-	29,80
327	66,10	2,40	7,40	75,90	10,60	-	13,50



Şekil 7.14: İsaalan yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen maserallerin optik mikroskop görüntüleri. (Kısaltmalar; R: Rezinit, RCH: Rezino-Korpohüminit, CH: Korpohüminit, TU: Teksto-ülminit, U: Ülminit, D: Densinit, CM: Kil Minerali, P: Pirit, FG: Funginit).

İnertinit içeriği düşük olup, çoğunlukla inertodetrinit maserali ile temsil edilmektedir. Liptinit içeriği örnekleme profili boyunca çok değişken olup, en yaygın maseraller rezinit ve sporinittir. İsaalan yöresi kömür örneklerinden tespit edilen maseral grupları toplam maseral değerlerinin derinliğe göre değişim trendleri Şekil 7.15'de sunulmuştur.

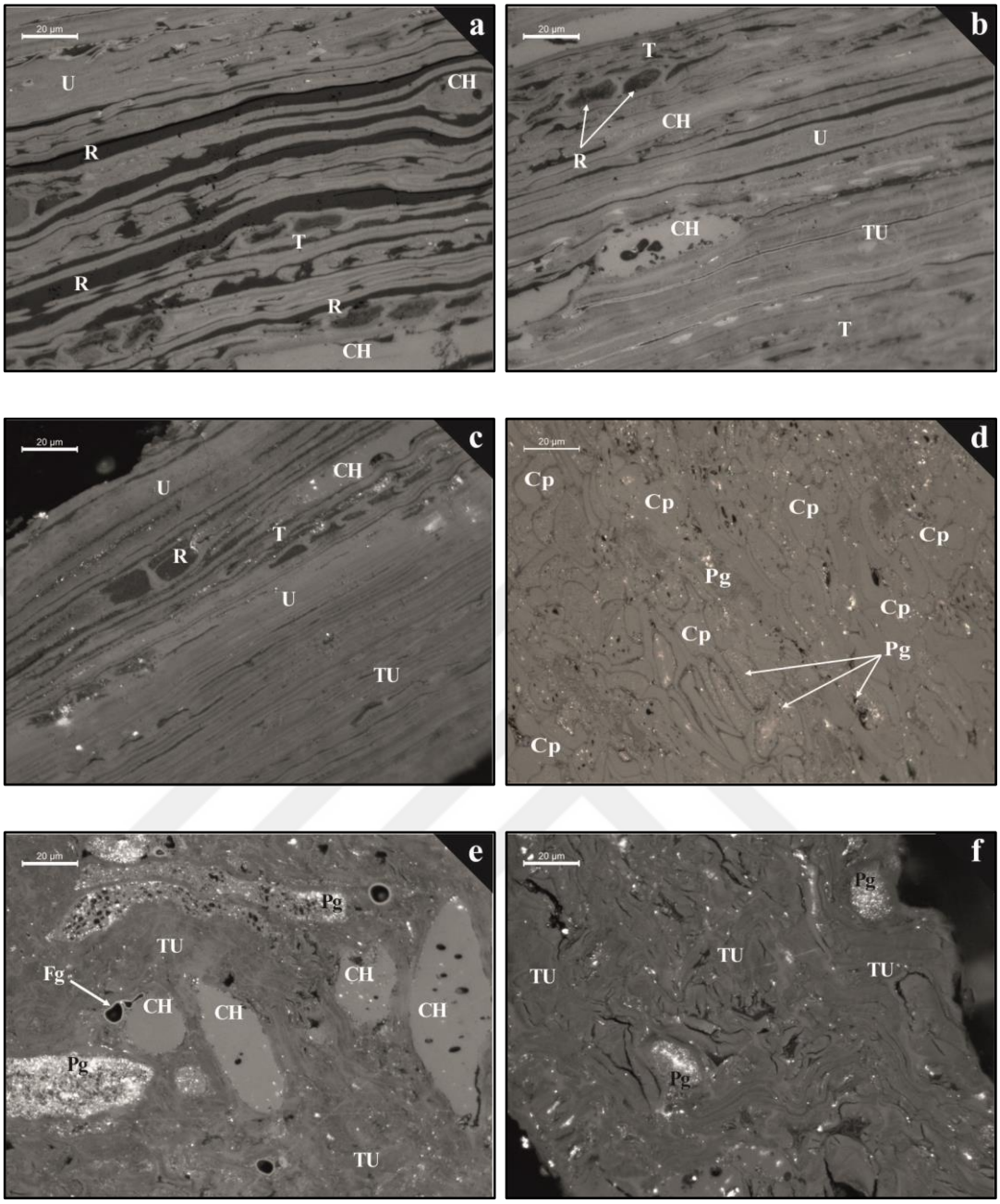


Şekil 7.15: İsaalan yöresi kömürlerine ait maseral ve mineral madde oranlarının derinliğe göre değişimi.

Odaköy yöresine ait kömürlerde kömür petrografisi çalışmaları petrografik sayım haricinde tamamlanmış olup, tanımlanan maserallerin fotoğrafları Şekil 7.16'de sunulmuştur. Maseral içeriklerine ait petrografik sayımların yüzde değerleri Tuncalı vd. (2002)'deki yayınından derlenmiştir (Tablo:7.14).

Tablo 7.14: Odaköy yöresi kömür örneklerinin maseral gruplarının %'de toplam değerleri.

Örnek (Ortalama Değer)	Hüminit	Liptinit	İnertinit	Mineral Madde
Odaköy Ocağı	80,70	5,10	3,30	10,90
Çakırca Ocağı	74,60	7,40	4,20	13,80
Hamzacık Ocağı	90,10	5,30	1,40	3,20



Şekil 7.16: Odaköy yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen maserallerin optik mikroskop görüntüleri. (Kısaltmalar; R: Rezinit, CH: Korpohüminit, TU: Teksto-ülminit, U: Ülminit, Pg: Porigelinit, FG: Funginit).

7.5.1.1 Maserallerin Ortam Yorumunda Kullanılması

Organik maddelerin biriktiği bataklık ortamlarının kendine özgü fiziksel ve kimyasal şartları mevcuttur. Bu ortamlara bağlı olarak da kömürü oluşturan maddeler değişik bileşim ve içeriğe sahip olurlar. Kömürü oluşturan maserallerin oranları, turbanın oluşumuna katılan organik malzeme topluluklarına ve turba oluşum sırasındaki şartlara bağlıdır.

Kömür petrografisi çalışmalarıyla elde edilen maseral analizi sonuçları kömürün çökelme şartlarının ve depolanma ortamının yorumlanmasına ilişkin önemli ipuçları sağlamaktadır (Diessel, 1986).

Bu çalışma kapsamında incelenen kömürlerin çökelme ortamını ve bataklık tipini belirleyebilmek için Diessel (1986) tarafından geliştirilmiş olan jelleşme indeksi (GI) ve doku korunma indeksi (TPI) esas alınmıştır.

İsaalan yöresinden derlenen örneklerin petrografik tanımlamalarından elde edilen analiz sonuçlarıyla (Tablo 7.15), indislere bağlı kalarak kömür fasiyes diyagramı ile kömürün depolanma ortamı yorumlanmıştır.

Yüksek TPI değerleri, bitkisel malzemenin birikim miktarı ile bitkinin büyüme hızı arasındaki dengeyi, su tablasının yükselmesini ve bitkisel materyalin baskınlığını işaret etmektedir. Diğer bir değişle, yüksek bir TPI değeri, ağaç yoğunluğunun bir ölçüsü olarak düşünülebilir. Düşük TPI değerleri ise bataklık ortamındaki otsu bitkilerin yoğunluğunu ya da artan hümifikasyonun bir sonucu olarak bitkisel dokulardaki bozunmayı işaret etmektedir (Mavridou vd., 2003).

İsaalan yöresi kömür örneklerinden hesaplanan doku koruma indeks (TPI) değerleri 3 örnek hariç (1'in altında değerler) 16 örnekde orta-yüksek (1,2 ile 9,9 arasında) tespit edilmiştir. Orta ila yüksek bu TPI değerleri, turba birikimi sırasında organik maddenin korunumunun iyi olduğunu ve odunsu bitki örtüsünün baskın olduğunu göstermektedir.

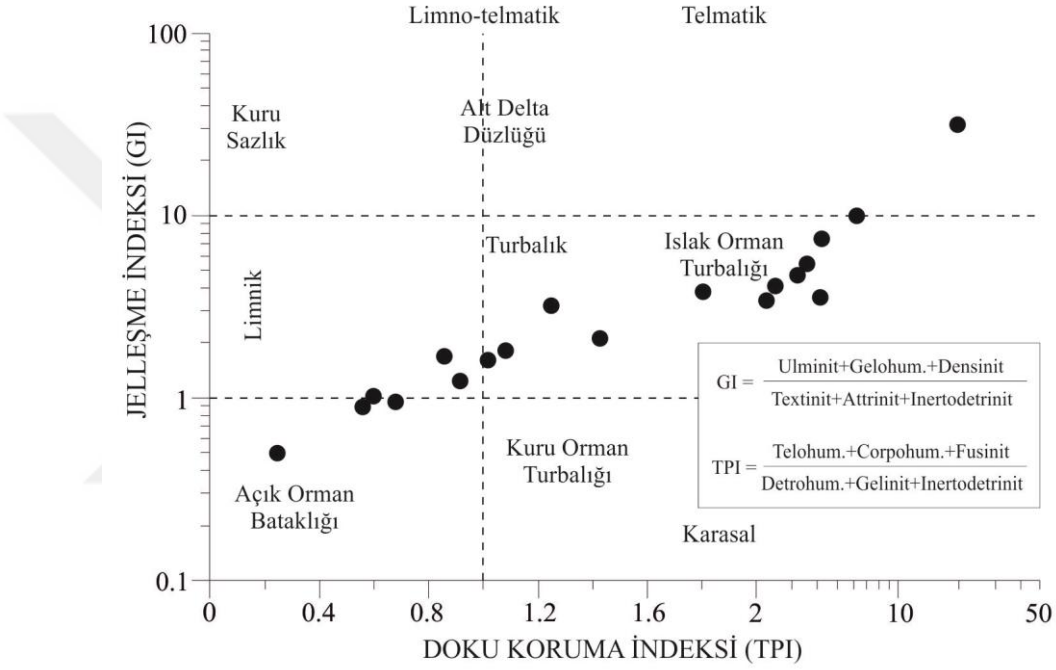
Tablo 7.15: İsaalan havzası kömürlerinin hesaplanmış GI ve TPI değerleri.

Örnek No	Hüminit maseralleri toplamı (Hümodetrinit hariç)	Fusinit+ İnertodetrinit+ Hümodetrinit	GI	TPI	Hümotelinit+ Korpohüminit+ Füsinit	Gelinit+Hümodetrinit
309	51,88	15,25	3,401967	2,23344	34,06	15,25
310	73,07	13,47	5,424647	3,53734	48,32	13,66
311	62,77	16,44	3,818127	1,80244	32,48	18,02
312	27,72	55,64	0,498203	0,24551	13,66	55,64
313	26,34	25,74	1,023310	0,59841	15,05	25,15
314	54,06	25,54	2,116680	1,42632	34,46	24,16
315	20,59	23,17	0,888649	0,55643	12,67	22,77
316	40,99	25,35	1,616963	1,01538	25,74	25,35
317	63,96	8,51	7,515864	4,21053	40,00	9,50
318	59,01	16,63	3,548406	4,12089	53,86	13,07
319	72,48	15,45	4,691262	3,19159	49,31	15,45
320	58,81	32,48	1,810653	1,08266	33,66	31,09
321	40,79	42,97	0,949267	0,67643	31,88	47,13
322	48,71	15,25	3,194098	1,24688	20,00	16,04
323	47,13	27,92	1,688037	0,85611	24,75	28,91
324	74,26	7,52	9,875000	6,21410	46,73	7,52
325	42,18	34,06	1,238403	0,91478	31,88	34,85
326	57,62	14,06	4,098151	2,48737	36,44	14,65
327	80,40	2,57	31,284047	20,30337	72,28	3,56

Jelleşme indeksi (GI), turba bataklık ortamındaki su seviyesini gösterir ve turba birikmesi ile bataklığın gömülmesiyle ilişkilidir. Örneğin yüksek GI değerleri, yükselen su miktarını ve gömülmenin arttığını gösterir. Jelleşme indeksi, bataklık ortamında şiddetli jelleşmiş ve jelleşmemiş maseraller arasındaki oranı işaret etmektedir (Mavridou vd., 2003).

Jelleşme indeksi (GI) değerleri (0,8-19,2), organik maddenin orta ila yüksek oranda jelleştiğini göstermektedir. Jelleşme indeksi değerlerindeki değişimler dalgalanan su seviyesi ile ilişkilidir (Şekil 7.17).

Buna göre hesaplanan doku koruma indisi (TPI) ve jelleşme indisi (GI) değerleri, Diessel (1986), tarafından önerilen kömür fasiyes diyagramı kullanılmış; oluşan kömürlerin, limnik zonun açık su alanları ile kısmen sulu orman bataklığında yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 7.17).



Şekil 7.17: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen doku koruma ve jelleşme indeklerine göre hazırlanmış kömür fasiyes diyagramı (Diessel, 1992; Kalaitzidis vd. 2004; Gee Sia vd. 2014).

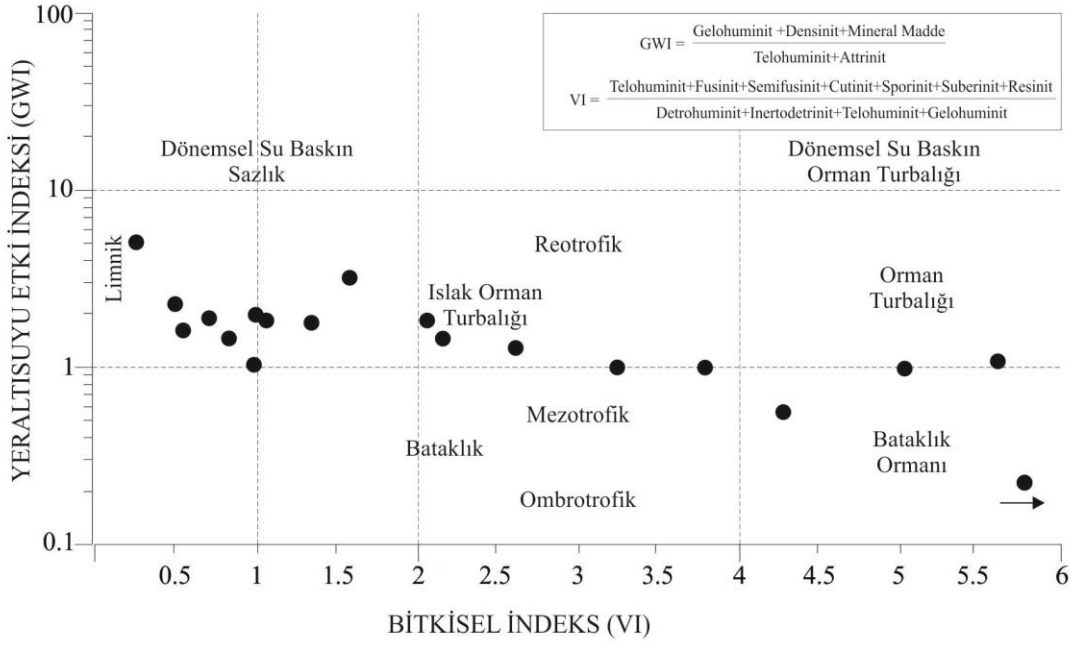
TPI / GI değerleri dikkate alındığında, bu kömürler sulu orman bataklığı ve dağ eteği düzlüklerinde oluşan Neojen kömür yataklarındaki kömürlerle benzerdir (Kalaitzidis vd., 2004; Oikonomopoulos vd., 2015).

İncelenen kömürler içerisinde liptinit grubu maserallerden alginit ve kütinit maserallerinin varlığı Hagemann ve Wolf (1989)'e göre depolanma ortamında su seviyesinin yüksek olduğunu ve turba oluşumunun su altı koşullarda limnik ortamda geliştiğini göstermektedir (Şekil 7.18).

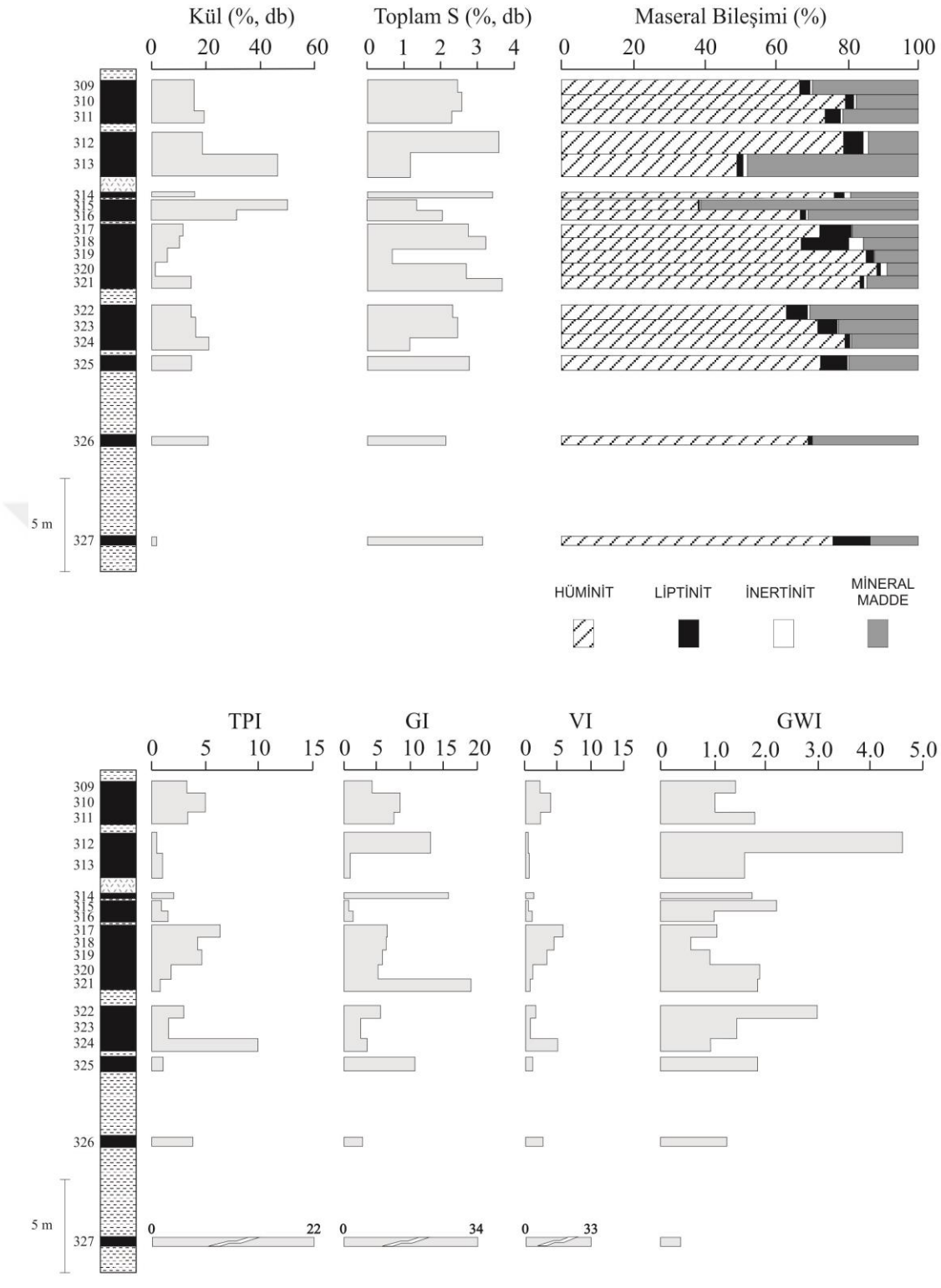
Su seviyesinin yüksek olduğu bataklık ortamlarında yüksek enerji etkisiyle organik maddeler kırılıp parçalanacağından dolayı maseral bileşimi daha çok hümodetrinitten oluşan kömürler oluşmaktadır. Petersen ve Nielsen (1995), hümodetrinit maserallerinin kömürlerde bol bulunmasını, turba oluşumunda etkili olan bitki topluluklarının genellikle otsu bitkilerden oluşmasına bağlamışlardır.

Calder vd. (1991), yukarda belirtilen indekslerden farklı olarak, turbanın depolanma ortamının tanımlanabilmesi için iki indeks daha önermiştir. Bunlar yeraltı suyu indeksi (GWI) ve bitki indeksidir (VI). Bitki indeksi (VI) kuru ortamdaki odunsu bitkilerin ıslak ortamdaki otsu bitkilerin maserallerine oranını gösterirken, yer altı suyu indeksi (GWI) ise ortamın su besleniminii temsil eder (O'Keefe, 2008).

İsaalan yöresi kömür örneklerinden hesaplanan yeraltı suyu etkisi indeks (GWI) değerleri 0,6 ile 4,6 arasında, bitki örtüsü indeks (VI) değerleri ise 1,1 ile 5,7 arasında değişmektedir (Şekil 7.19). Bu değerler mezotrofik koşullar altında biriken turbanın, su tablasındaki dalgalanmaları ve odunsu bitki örtüsünün ortamda hakim olduğunu göstermektedir (Şekil 7.18).



Şekil 7.18: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen yeraltısuyu etkisi ve bitkisel indekslere göre hazırlanmış kömür fasiyes diyagramı (Calder vd. 1991; Kalaitzidis vd. 2004).



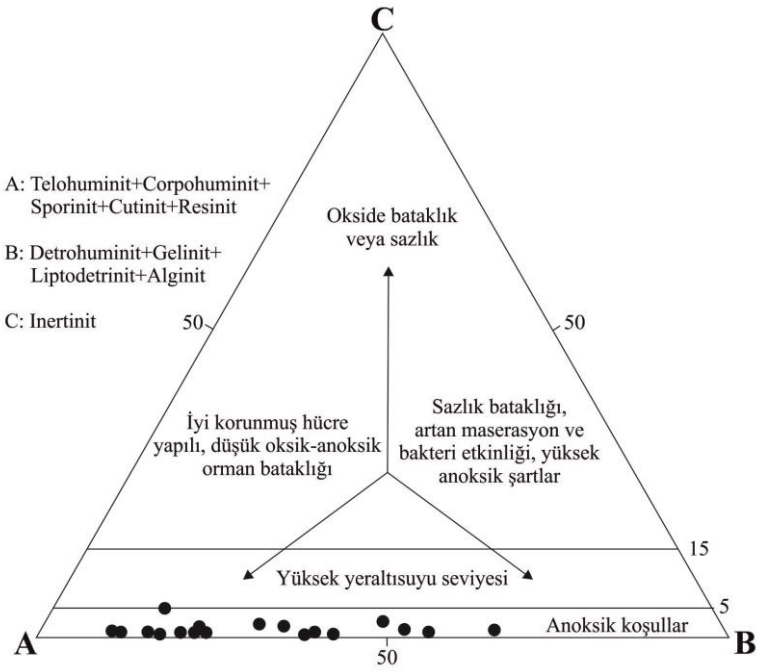
Şekil 7.19: İsaalan yöresi örnekleme profilinde kül, toplam kükürt, maseral bileşimi ve kömür fasiyesi endeksleri düşey varyasyonlarının grafikleri.

Buna göre, kömür numunelerinin bazılarında saptanan kül ve mineral madde miktarının yüksekliği, esasen turba oluşum ortamının, zaman içerisinde nisbeten yüksek su tablasına erişmesi ile kırıntı geliminin üste doğru azalması ve havzanın çökerek derinleşmesi ile açıklanabilir (Çelik, 2003).

İsaalan kömür yatağındaki ilksel turba, temel olarak pür telmatik koşullar altında toplanırken, limno-telmatik koşullar sadece kısa sürelerde etkin olmuştur. Baskın olarak gözlenen telohüminit maseralleri ve düşük kül oranları, su seviyesinin yüksek olduğu ve anoksik koşulların geliştiği, yüksek doku korunumu ile sonuçlanan düşük enerjili koşulları yansıtmaktadır. Buna karşın, zaman zaman düşük TPI ve VI değerlerinin varlığı, eski bataklığın içinde otsu bitkilerin oranının artmasından kaynaklanmaktadır. Düşük oranlarda bulunan inertinit maserali ile orta ve yüksek GI, GWI değerleri, eski bataklık ortamının sürekli olarak suyla kaplı olduğunu ve organik maddenin oksitlenmesinin çok kısıtlı olduğunu göstermektedir (Karayiğit vd. 2017).

Turba birikimi sırasında çevresel koşulları yorumlamak için kömür fasiyes analizi (maseral oranlar ve kömür fasiyes diyagramları) kullanılabilir. İncelenen kömür örneklerinin çoğunluğu Mukhopadhyay'ın (1989) üçlü diyagramında A köşesi yakınında ve bazı örnekler A ve B köşeleri arasında orta seviyede kalmaktadır (Şekil 7.20). Buna göre, a) İlksel turbanın nispeten anoksik koşullar altında biriktiğini, b) Turba oluşturan bitkilerinin baskın olarak odunsu türler olduğunu, ve c) Turba birikimi sırasında değişik sazlık türlerinin katkısını göstermektedir (Karayiğit vd. 2017).

Sonuç olarak İsaalan yöresi kömür yatağının ilksel turbası, mezotrafik anoksik koşullar altında telmatik bir ortamda birikmiş olup turbayı oluşturan topluluk reçine ve lignin açısından zengin bitkilerden oluşmaktadır (Karayiğit vd. 2017).



Şekil 7.20: İsaalan (Kepsut) yöresi kömürlerine ait örneklerdeki petrografi çalışmalarıyla elde edilen üçgen diyagram (Mukhopadhyay, 1989).

7.5.2 Kömürlerdeki Mineral Madde İçeriği

Kömürler, çıplak gözle görülebilecek büyüklükten optik mikroskopla veya elektron mikroskobuyla görülebilen boyutlarda çeşitli minerallerde içermektedir. Kömürlerdeki önemli mineraller sinjenetik ve epijenetik olarak oluşabilmektedir. Bir kısım mineraller turbalaşma süresince (sinjenetik) çökelme ortamında su akış hızının düşmesiyle detritik olarak havza dışından taşınmakta veya doğrudan otijenik olarak oluşabilmektedir. Bir kısım mineraller ise turbalaşma sonrası kömürlerin kırık ve çatlaklarında epijenetik olarak oluşmaktadır. Kömürlerde yaygın olarak rastlanılan ve sinjenetik olarak oluşmuş kuvars, feldispat ve kil mineralleri çoğunlukla, havza dışından taşınmış; kaolinit ve pirit gibi mineraller ise turbalaşma sırasında meydana gelen önemli mineralleri oluşturmaktadır. Kömürlerin kırık ve çatlaklarında gözlenen kalsit, pirit vb. mineraller ise turbalaşma sonrası epijenetik olarak oluşan minerallerdir. Ancak bazı mineraller (kalsit ve kuvars gibi) turbalaşma ortamında otijenik, detritik veya epijenetik olarak da oluşabilmektedir. Kömürlerde kullanım sırasında ortaya çıkan sorunların birçoğu, kömürde bulunan minerallerden kaynaklanmaktadır. Minerallerden kaynaklanan sorunların azaltılması için, kömürün mineral içeriğinin önceden saptanması önem arz etmektedir.

Bu bölümde tez çalışması kapsamında İsaalan yöresi kömürlerinden derlenen 19 adet, Odaköy yöresi kömürlerinden derlenen 24 adet olmak üzere toplamda 43 örneğin XRD ve SEM-EDX çalışmaları ile mineral içeriği ortaya konmuştur (Tablo 7.16 ve Tablo 7.17).

İsaalan yöresine ait kömürlerde mineral madde oranı %9,0 ile %60,80 arasında, Odaköy yöresine ait kömürlerde mineral madde oranı ise %3,20 ile %13,80 arasında değişmektedir. İncelenen tüm kömür örneklerinin SEM-EDX analizleri, kömürlerin genelde benzer mineralojik bileşime sahip olduğunu ve tanımlanan minerallerin XRD çalışmalarıyla tanımlanan minerallerle büyük benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Tablo 7.16: XRD analizi ile tayin edilen İsaalan yöresi kömür örneklerinin yarı kantitatif mineralojik bileşimleri (Kömür bazda, % değer).

Örnek No	İllit	Kaolinit	Klorit	Kuvars	Kalsit	Pirit	Jips	K-Feldspat	Jarosit	Sfalerit
309	0,5	-	1,4	3,8	0,8	6,6	1,7	1,0	-	-
310	0,6	-	1,6	3,7	-	6,6	1,5	1,3	-	-
311	0,8	4,3	0,4	7,7	-	4,6	0,8	0,9	-	-
312	1,2	5,3	0,9	3,2	-	6,6	1,2	0,4	-	-
313	4,4	17,9	10,9	11,1	-	1,0	0,9	-	-	-
314	-	-	1,3	1,9	6,4	3,9	0,8	1,3	-	-
315	3,6	-	9,4	27,9	-	5,8	4,4	1,1	-	-
316	1,9	-	4,7	16,5	-	3,9	3,5	0,9	-	-
317	-	1,5	-	2,8	-	3,3	0,7	-	1,2	1,6
318	-	0,4	-	2,5	-	4,8	0,4	-	0,2	2,0
319	-	-	-	8,5	-			-	-	-
320	-	-	-	1,0	-	3,5	1,3	-	-	-
321	-	2,1	0,4	2,4	3,2	5,8	1,1	-	-	-
322	-	-	-	13,2	0,4	0,8		-	-	-
323	0,6	7,8	2,2	5,0	1,6	3,6	0,3	-	-	-
324	-	-	-	16,1	-	-	-	-	-	-
325	-	-	-	1,0	11,3	1,5	-	-	-	-
326	-	-	-	1,9	14,3	0,8	-	-	-	-
327	-	-	-	2,8	1,1	1,8	-	-	-	-

Örnekleme profilinden elde edilen kömür örneklerinin mineralojik bileşimi öncelikle kuvars, pirit, kil mineralleri ve daha az sıklıkla feldispatlar ve karbonatlar ile karakterize edilir (Şekil 7.21 ve7.22 ile Tablo 7.16 ve 7.17).

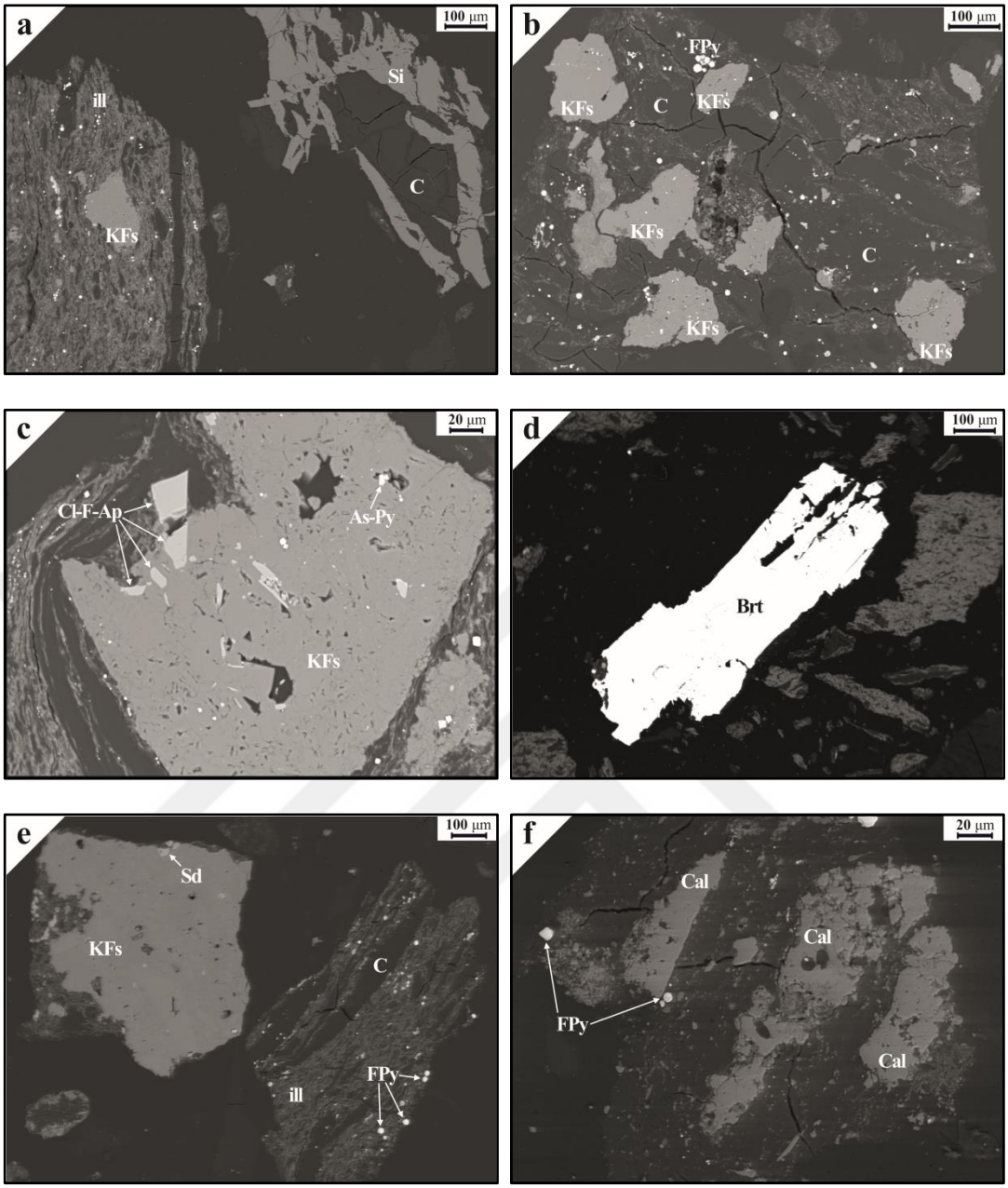
SEM-EDX spektrumları XRD verileriyle tutarlılık göstermekte olup, örneklerde ayrıca apatit, barit, siderit, Ti-oksitler ve zirkon gibi mikron büyüklükte aksesuar mineralleri ile iskelet ve yumuşakça kabuğu parçaları da tanımlanmıştır

Kuvars çoğunlukla kırık çatlak dolguları şeklinde daha az oranda ise maserallerin boşluk dolgularında ve detritik kuvars taneleri olarak gözlenmektedir. Kuvarsın kırık ve çatlaklarda ki varlığı, silisçe zengin çözeltilerin kömür yataklarında epijenetik dolaşımlar sırasında çökelmelerle oluştuğunu göstermektedir (Spears ve Caswell, 1986; Ward, 2016). Bununla birlikte turba çökelimi esnasından veya kömürleşmenin erken safhalarında altere olan K-feldspatlar silika için bir başka kaynağı oluşturmaktadır (Diessel, 1992; Dai vd., 2005; Karayiğit vd., 2017).

Fromboidal pirit kristalleri hemen hemen tüm örneklerde tek tek yada kümelenmeler şeklinde yaygın olarak gözlenmektedir. Kil mineralleri ve hüminit maseralleri içinde saçılmış (dissemine) özşekilli pirit kristalleri ve masif pirit konkresyonları örneklerde nadiren de olsa gözlenmiştir (Karayiğit vd. 2017).

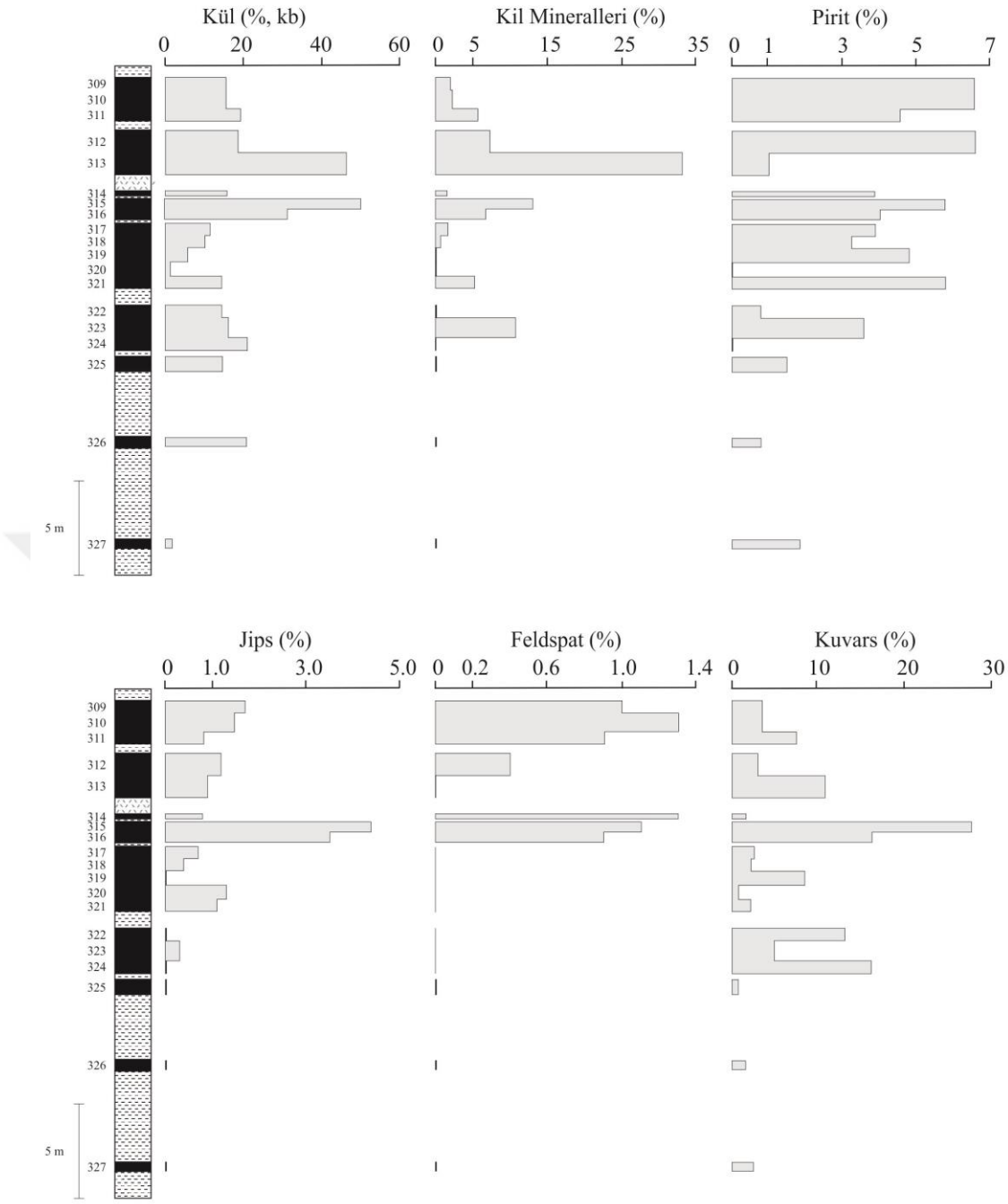
Pirit kristalin topluluklarındaki bu çeşitlilikler, çok aşamalı pirit oluşumunu işaret etmektedir. Fromboidal, masif ve dissemine pirit, sinjenetik ve otijenik oluşumlarla ilişkili olmasına karşın epijenetik süreçlerde çatlak dolgusu piritleri oluşmaktadır. (Querol vd., 1989; Kortenski ve Kostova, 1996; Chou, 2012; Diehl vd., 2012; Karayiğit vd., 2017).

XRD çalışmalarında sadece iki örnekte rastlanan sfalerit, SEM çalışmalarında pirit ile birlikte feldspatların boşlukları içinde birçok örnekte tespit edilmiştir. Sfaleritler, volkanik kayaçlardan gelen kırıntılı girdilerle ya da kömür yataklarında dolaşan sülfürik çözeltilerden çökelmiş olabilir (Spears ve Caswell, 1986; Bohor ve Triplehorn, 1993; Dawson vd., 2012; Ward, 2016; Karayiğit vd., 2017).



Şekil 7.21: İsaalan yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen minerallerin optik mikroskop görüntüleri. (Kısaltmalar; ill: İllit, Si: Silika, FPy: Fromboidal Pirit, KFs: Potasyum Feldspat, C: Kömür, Cl-F-Ap: Klor-Flor Apatit, As-Py: Arseno-pirit, Brt: Barit, Sd: Siderit, Cal: Kalsit).

Kil mineralleri, örnekleme profilinin üst kısımlarında yaygın olarak bulunur ve diğer minerallerle (örneğin, feldispat) ilişkilidir (Şekil 7.22). Metamorfik kayaçların (örneğin şist) veya havza kenarlarındaki volkanik kayaçların (örneğin bazaltlar ve spilit) erozyonuyla havza içerisine taşınan feldspat ve mika mineralleri alterasyon sonucu kil minerallerine kolaylıkla dönüşebilmektedir (Kostova ve Zdravkov, 2007; Karayiğit vd., 2017).



Şekil 7.22: İsaalan yöresi kömür örnekleme profilinde kül ve mineral içeriklerinin düşey varyasyonlarının grafikleri.

İsaalan yöresi kömür örnek profilinde tüf tabakasının hemen üzerinde yer alan 313 numaralı örnek kaolinit (kil minerali) bakımından en zengin örnek olarak dikkat çekmektedir (Şekil 7.22). Bu nedenle kaolinitin turba çökelimi sırasında (sinjenetik) havza kenarında bulunan volkanoklastik kayaçlardan türeyen kırıntılı girdilerin alterasyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Bohor and Triplehorn, 1993; Dai vd., 2017; Karayiğit vd., 2017).

XRD analizlerinde sadece birkaç kömür örneğinde rastlanan potasyum feldspatlar SEM analizlerinde hemen hemen tüm örneklerde tespit edilmiştir. Kenarları keskin ve genellikle aşınmış olarak gözlenen feldispatlar çoğunlukla klastik bir kökeni işaret eden kil agregaları ile ilişkilidir (Karayiğit vd., 2017).

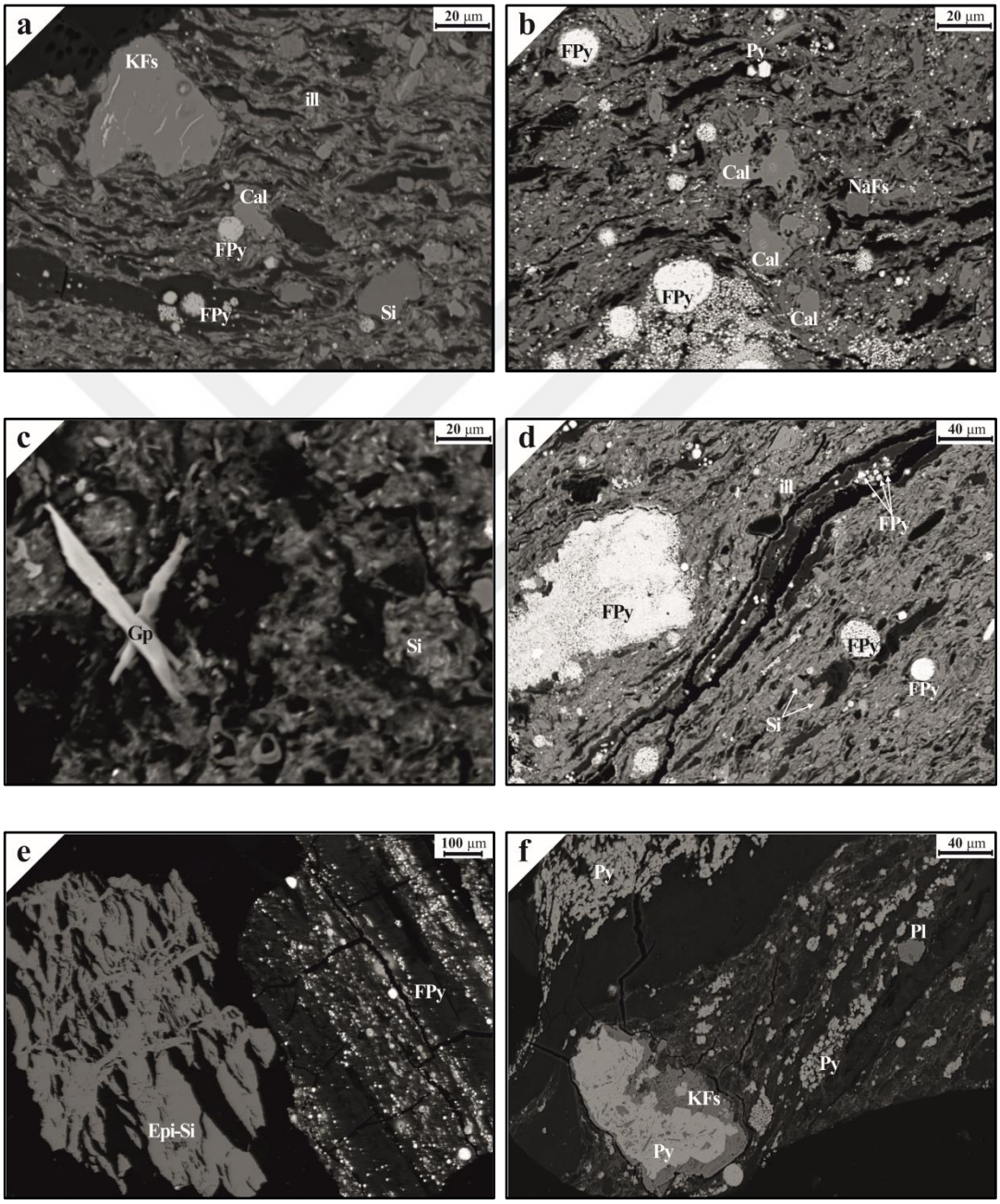
Sülfür minerallerine ek olarak SEM analizleri ile feldspatların içinde mikrometre boyutlu F-Cl apatit ve Ti-oksitler de saptanmıştır. İsaalan yöresi örnekleme profilinde yoğun tüf tabakalarının varlığı göz önüne alındığında, Ti-oksit ve apatit kapanımları detritik kökenli olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak kömür örneklerinde tespit edilen kavkı ve iskelet parçaları da apatit için biyojenik bir kökene işaret etmektedir (Karayiğit vd., 2017).

Karbonat pizoidleri örnekleme profili boyunca bazı seviyelerde gözlenmektedir. Bununla birlikte XRD çalışmalarında sadece birkaç kömür örneğinde kalsit tespit edilmiştir. SEM çalışmalarında kömür örneklerinde sinjenetik otijenik karbonat olumları gözlenmiştir. Bu sinjenetik karbonatlar nötr yada alkali koşulların hüküm sürdüğü paleobataklık ortamında kalsiyumca zengin sularda çökelmiş olmalıdır (Kortenski, 1992). Sinjenetik fromboidal pirit kristallerinin baskınlığı (Şekil 7.23) ve örnekleme profilinin üst kesimlerine doğru kalsit miktarının düşmesi, paleobataklık ortamında karbonat minerallerinin çözünmesini kolaylaştıran hafif asidik koşulların bu dönemde geliştiğini göstermektedir (Querol vd., 1989; Kortenski, 1992, Karayiğit vd., 2017).

Tablo 7.17: XRD analizi ile tayin edilen Odaköy yöresi kömür örneklerinin yarı kantitatif mineralojik bileşimleri (Kömür bazda, % değer).

Örnek (Ortalama Değer)	Smektit	Kaolinit	Klorit	Kuvars	Pirit	Toplam Mineral Madde
Odaköy Ocağı	0,47	0,13	-	10,07	0,23	10,90
Çakırca Ocağı	0,10	0,12	-	13,26	0,32	13,80
Hamzacık Ocağı	0,10	0,12	-	1,53	1,45	3,20

Jips ve jarosit birkaç örnekte XRD çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Piritli örneklerde gözlenen jipsler pirit içeriğiyle hafif pozitif bir trend göstermektedir. Bu, ortamdaki jipslerin epijenetik çözeltiler yada pritin atmosferik oksidasyonundan türeyebileceğini düşündürmektedir (Dawson vd., 2012, Karayiğit vd., 2017).



Şekil 7.23: Odaköy yöresi kömürlerine ait örneklerden elde edilen minerallerin optik mikroskop görüntüleri. (Kısaltmalar; ill: İllit, Si: Silika, FPy: Fromboidal Pirit, KFs: Potasyum Feldspat, Cal: Kalsit, Py: Pirit, NaFs: Sodyum Feldspat, Gp: Jips, Epi-Si: Epijenetik Silika, Pl: Plajiyoklaz).

Bazı jipsler boşluk sularının buharlaşmasından türemiş olabilir (Ward, 2016). Jarosit muhtemelen pirit oksidasyonunun bir yan ürünüdür (López ve Ward, 2008). Böylece, jips ve jarosit epijenetik kökenlidir, ancak ayrışma koşulları sonucu da oluşmuş olabilir (Karayiğit vd. 2017).

7.6 Kömürlerin Yansıtma Ölçümleri ve Kömürleşme Dereceleri

Yansıtma değerleri, genel olarak kömürlerin nem, inorganik madde ve uçucu madde içerikleri ne olursa olsun doğrudan doğruya kömürleşme dereceleriyle ilgili bilgiler sunmaktadır. Hüminit grubu maseralleri, artan kömürleşme derecesine bağlı olarak düzenli değişim gösterdikleri için yansıma ölçümlerinde bu maseraller kullanılmaktadır. Petrografik parlatma biriketleri üzerinde ölçülen ortalama rastgele hüminit yansıtmaları (Rr %, yağda), ülminit maserali üzerinde yapılmıştır. Ölçümlerin ortalaması otomatik olarak bilgisayardaki 'MPV Geor' programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. İsaalan yöresi kömür örneklerinden seçilmiş olan numuneler üzerinde ölçülen yansıtma değerleri % 0.46 ile % 0.50 arasında değişmektedir ve ortalama hüminit yansıtma değeri % 0.49'dur. Odaköy yöresi kömür örneklerinden seçilmiş olan numuneler üzerinde ölçülen yansıtma değerleri ise % 0.37 ile % 0.39 arasında değişmektedir ve ortalama hüminit yansıtma değeri % 0.38'dir. Ölçülen ülminit yansıtma değerleri (Rr), Stach vd. (1982)'de verilen ASTM sınıflaması ile karşılaştırıldığında, çalışılan kömürlerinin kömürleşme derecesinin alt bitümlü kömür aşamasında olduğu görülür (Tablo 7.18).

Tablo 7.18: Hüminit yansıma değerleri (Rmax.) ve kömürleşme dereceleri (Stach vd., 1982).

KÖMÜRLEŞME DERECESİ (Rank)	%Rmax. (yağda)
Linyit	<0.38
Alt Bitümlü Kömür	**0.38-0.65**
Yüksek uçuculu bitümlü kömür	0.65-1.10
Orta uçuculu bitümlü kömür	1.10-1.50
Az uçuculu bitümlü kömür	1.50-2.05
Yarı antrasit	2.05-2.80
Antrasit	2.80-4.00
Meta antrasit	4.00-6.50
Yarı grafit	6.50-9.00
Grafit	>9.00

8. PALEOCOĞRAFİK EVRİM

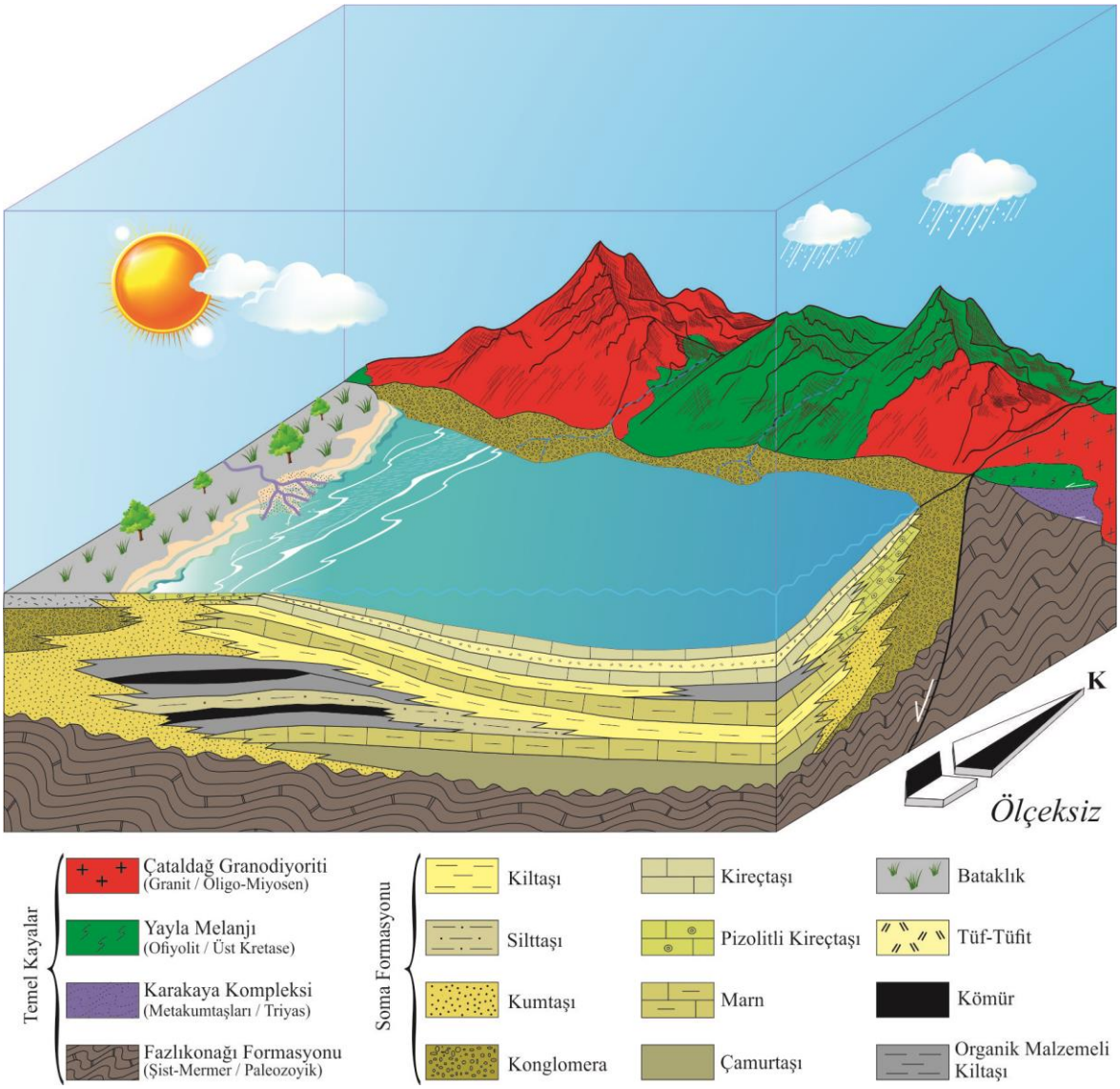
Her iki inceleme alanı ve yakın çevrelerinin litoloji birimlerini yaşlıdan gence doğru; Fazlıkonağı Formasyonu, Karakaya Kompleksi, Yayla Melanjı, Çataldağ Granitoyidi, Soma Formasyonu ve Volkanik kayaçlar (Yuntdağ Volkanitleri ve Dededağ Bazaltı) oluşturur.

Soma Formasyonu'nun inceleme alanındaki konumu ve dağılımı Batı Anadolu'da birçok Neojen Havzası'nın konumuna paralel olarak KD-GB doğrultulu dar havzalarda geliştiğini göstermektedir. Daha önceki yaşlı birimlerin oluşturduğu morfolojik yükseltiler üzerinde Alt Miyosen başlarında bölgeyi etkileyen gerilme tektoniği ile ilişkili düşey hareketlere bağlı olarak gelişen KD-GB doğrultulu küçük göllerde kırıntılı, karbonatlı, kömürlü ve evaporitli çökeller gelişmiştir. Bu çökeller içerisinde bazı tüflü düzeylerin yer alması kalkalkalen volkanizmanın sedimantasyona eşlik ettiğini göstermektedir. İlerleyen dönemlerde eski tektonik hatların yeniden hareketlenmesi sonucu başlayan volkanik faaliyetler sonucu bölge volkanik lav akıntıları ve piroklastik malzeme ile örtülmüştür (Bulut 2001).

İsaalan yöresi ve yakın çevresinde yayılım sunan Fazlıkonağı Formasyonuna ait metamorfitler üzerine Karakaya Kompleksi ve Yayla Melanjı tektonik dokunakla gelmektedir. Odaköy yöresinde ise Karakaya Kompleksi kayaçları herhangi bir mostra vermezken yine Fazlıkonağı Formasyonu'na ait metamorfik kayaçlar üzerine tektonik dokunakla Yayla Melanjı kayaları gelmektedir. Bu birimleri normal stratigrafik dokunakla üzerleyen Soma Formasyonu her iki alanda da tektonik kontrollü dar bir havzada çökelmiştir.

İsaalan yöresinde havza kenarındaki faylarla ilişkili olarak formasyonun tabanında kaba kırıntılı çökeller (çoğunlukla monojenik breş) gelişmiştir. Havzanın durağan dönemlerinde sığ göl ve bataklık şartlarında gelişen ince taneli çökeller ve bunlarla yanal-düşey ilişkili kömürler oluşmuştur. Buradaki ince taneli çökeller periyodik olarak kaba kırıntılı fasiyesler tarafından üzerlenmiştir (Şekil 8.1). Bu fasiyeslere ait çökellerin hemen hemen tamamı havza kenarını sınırlayan ofiyolitik

ve metamorfik kayaçlardan türemiştir. Burada kömür araştırmasına yönelik derin sondajların temeli kestiği düzeylerde yoğun monojenik breşlerin yer aldığı görülür. Bu durum havzanın tektonik konrollü olduğunu ve havza kenarının zaman zaman aktivite kazandığını göstermektedir. Kırıntılı çökeller içerisinde yoğun tüflü düzeyler de bölgeyi zaman zaman etkileyen tektonik hareketlilikle ilişkili patlamalı volkanizmanın da bir göstergesidir.



Şekil 8.1: İsaalan (Kepsut) yöresi Neojen çökellerin şematik çökelme modeli (Bohacs vd. 2000'den uyarlanmıştır).

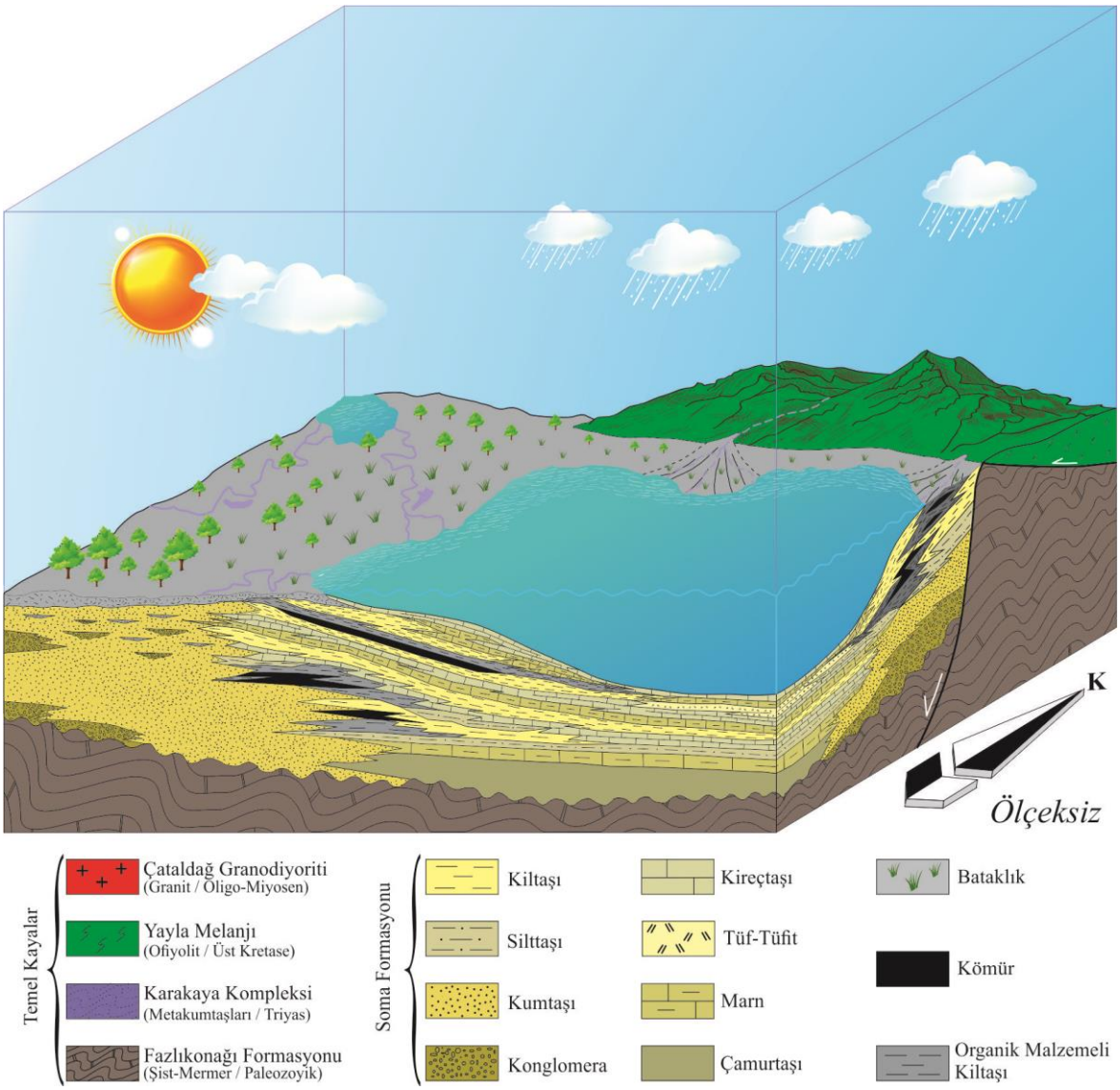
Buradaki açık işletmede yapılan gözlemlerde istif içerisinde killi ve marnlı düzeylerde ara seviyeler halinde gözlenen mermer ve tüf blokları ile ofiyolit çakılları bu durumu desteklemektedir. İsaalan yöresinde havzanın kuzey kesimini sınırlayan

Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ Plütonu muhtemelen Miyosen dönemi başında düşük açılı bir sıyrılma fayıyla yükselmeye başlamış ve havzayı tektonik olarak etkilemiştir.

Soma Formasyonu'nun stratigrafik üst düzeylerindeki kalın kömürlerin oluştuğu bataklık alanlar zamanla derinleşerek yerini kiltaşı ve marnlarla temsil edilen açık göl fasiyesine bırakmıştır. Bir başka ifade ile söz konusu bataklıkların zamanla boğulduğu görülür. Bu derinleşmelerin devam ettiği sırada formasyonun üst düzeyindeki kılavuz seviyeyi oluşturan kalın aglomeraların gölü hızlıca doldurduğu görülür. Bütün bu veriler Soma Formasyonu'nun çökeldiği sırada havzanın tektonik bakımdan aktif olduğunu işaret eder.

Odaköy yöresi*ne* ait istifler İsaalan yöresine göre daha ince taneli çökellerden oluşur. Ancak Odaköy yöresine ait inceleme alanının KD'sunda yapılan sondajda (EK C11) istifin tabanında 70 m. kalınlığında temel birimlerine ait radyolarit, mermer, serpantin gibi çakıllar içeren organize olmamış ve olgunlaşmamış konglomera yer almaktadır. Bu durum havzanın gelişimi sırasında KKD kesiminde faylarla denetlendiğini gösterir (Şekil 8.2). Konglomeralar üst düzeylere doğru hızlıca marnlara geçiş göstermektedir. Bu durum söz konusu konglomeraların yerini hızlıca göl çökellerine bıraktığını göstermektedir. Bu çökelme alanının kenar kesimlerinde iri gövdeli bitkisel kalıntılar derin kısımlarına doğru ise küçük bitki parçaları birikmiştir. Oluşan bu bataklık alanlarında zaman zaman su seviyesinin yükselmesiyle gri renkli organik malzemece zengin kiltaşları ve volkanik faaliyetlere bağlı olarak gelişen tüf-tüfit seviyeleri çökelmiştir. Bu organik yığışımlı seviyelerin oluumundan sonra sürekli su seviyesi yükselmiş ve gölün sınırları genişlemiştir. Zaman zaman yağış rejimine bağlı olarak havzaya su kaynağı sağlayan akarsular tarafından taşınan ince kırıntılı sedimanlar bataklık alanlarda organik materyali örtmüş ve turbalaşma başlamıştır. İlerleyen dönemlerde su seviyesi sürekli yükselmiş ve günümüz Odaköy çökel alanını kaplayacak şekilde bir göl oluşturmuştur. Bu dönemde derinleşen ve sakinleşen gölde ince tabakalı laminalı kiltaşları, marnlar ve kireçtaşları çökelmiştir. Bu çökelimler sırasında yöredeki faaliyetini sürdüren volkanik aktivite sonucu ara seviyeler halinde tüfler çökelmiştir. Miyosen sonlarına doğru aktifliğini arttıran volkanizma sonucu çökel alanında tüf-marn-kiltaşı ardalanmaları meydana gelmiştir (Şekil 8.2). Ayrıca sedimantasyon sırasında havza

içi ve kenarında meydana gelen sarsıntılar havza merkezine doğru hareketlenen kireçtaşlarında yumuşak çökel deformasyon yapılarının (slamp) oluşumuna neden olmuştur. Dolayısıyla Odaköy yöresindeki göl-bataklık alanları, İsaalan yöresine göre daha durağan nitelik taşımaktadır. İsaalan yöresindeki kömürlü istifler sık sık iri taneli çökellerle kesildiği görülür. Bu durum havzanın daha hareketli olduğunu işaret eder.



Şekil 8.2: Odaköy (Dursunbey) yöresi Neojen çökellerin şematik çökelme modeli (Bohacs vd. 2000'den uyarlanmıştır).

Her iki havzada da Miyosen sonunda gerek yoğun volkanik faaliyetler gerekse havzanın yükselimi nedeniyle göller yerini karasal alanlara bırakmıştır. Muhtemelen Pliyosen'de başlayan aşınma, Kuvaterner süresince daha da artmış olup günümüz morfolojisini şekillendirmiştir.

9. EKONOMİK JEOLOJİ

9.1 Dünyada Linyit

Gelişen ülkelerde, insanların yaşamında önemli bir yere sahip olan fosil yakıtlardan kömür, enerji hammaddeleri açısından oldukça önemlidir. Kömür, dünya genelinde geniş rezervlere sahip olan ülkeler açısından önemli oranda tüketime yol açmaktadır. Rezervlerin yaygın olmasının yanı sıra, kömür 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Kömür, elektrik enerjisi ve çelik üretiminde oldukça fazla oranda tüketilmektedir. Bu nedenle kömür, sürdürülebilir enerji planlamalarında önemli sayılabilecek yere sahiptir.

Gelecekte belirlenen stratejiler ile dünyadaki kömür rezervleri 114 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir.

Tablo 9.1: Ülkelerin linyit tüketim miktarları (milyon ton) (International Energy Agency, 2016).

Ülkeler	**2000**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015***
Avustralya	67,2	71,0	71,3	62,3	60,5	65,7
Kanada	40,4	9,6	9,3	8,8	8,0	10,4
Çek Cum.	50,3	44,1	42,5	38,9	38,3	38,1
Almanya	169,9	176,7	185,1	182,5	177,0	177,2
Yunanistan	64,5	60,0	61,9	54,4	51,9	48,1
Polonya	59,4	62,7	64,1	65,9	63,8	63,0
Türkiye	64,4	73,9	68,4	55,3	64,7	50,5
ABD	74,2	74,8	72,1	69,7	76,5	66,9
Hindistan	24,8	41,9	45,9	43,9	47,0	43,2
Romanya	29,3	37,1	33,8	25,0	25,4	25,4
Sırbistan	37,1	42,1	38,6	40,3	30,7	38,1
Rusya	88,2	77,6	77,5	73,3	67,3	70,9
Diğer	141,5	142,3	114,8	108,9	107,5	109,3
Dünya	**925,6**	**913,8**	**885,3**	**829,2**	**818,6**	**806,8**

*2015 Tahmini değerler alınmıştır.

Tablo 9.2: Önemli linyit üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (milyon ton) (International Energy Agency, 2016).

Ülkeler	2000	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015*
Avustralya	67,2	64,0	72,1	71,0	71,3	62,3	60,5	65,4
Çek Cum.	50,3	45,4	43,8	46,6	43,5	40,4	38,2	38,1
Almanya	167,6	169,8	169,4	176,5	185,4	182,7	178,2	178,1
Yunanistan	63,8	64,7	56,5	58,7	62,9	53,9	50,8	46,2
Polonya	59,4	57,1	56,5	62,8	64,2	65,8	63,9	63,1
Türkiye	77,6	65,7	69,7	72,6	68,1	57,5	62,6	50,4
ABD	77,6	65,7	71,0	73,6	71,6	70,1	72,1	64,1
Rusya	87,7	68,1	76,1	76,4	77,3	73,7	68,9	73,2
Diğer	255,1	312,5	245,9	272,8	244,5	277,6	220,7	228,8
Dünya	**906,8**	**913,2**	**861,0**	**911,0**	**888,8**	**834,0**	**815,9**	**807,4**

*2015 Tahmini değerler alınmıştır

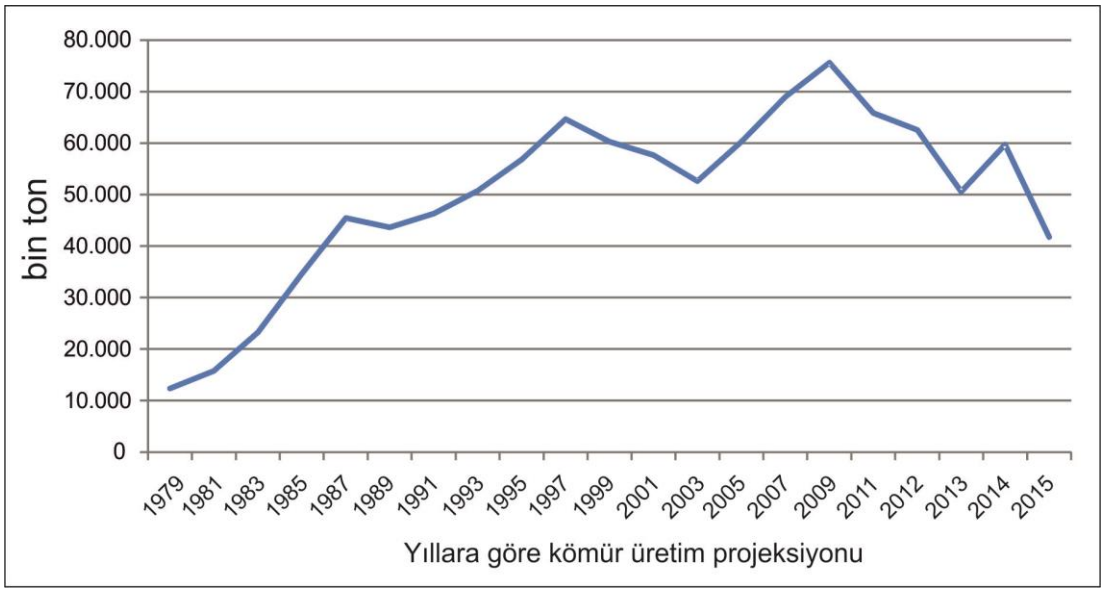
9.2 Türkiye'de Linyit

Türkiye'de linyit üretimi, kapalı ve açık ocak işletmeciliği ile işletilmektedir. Linyit rezervlerinin %75'i kamunun, %25'i ise özel sektörün kontrolündedir. Buna ek olarak, üretimin %90'ı kamu sektöründe olup, %10'u özel sektör tarafından işletilmektedir.

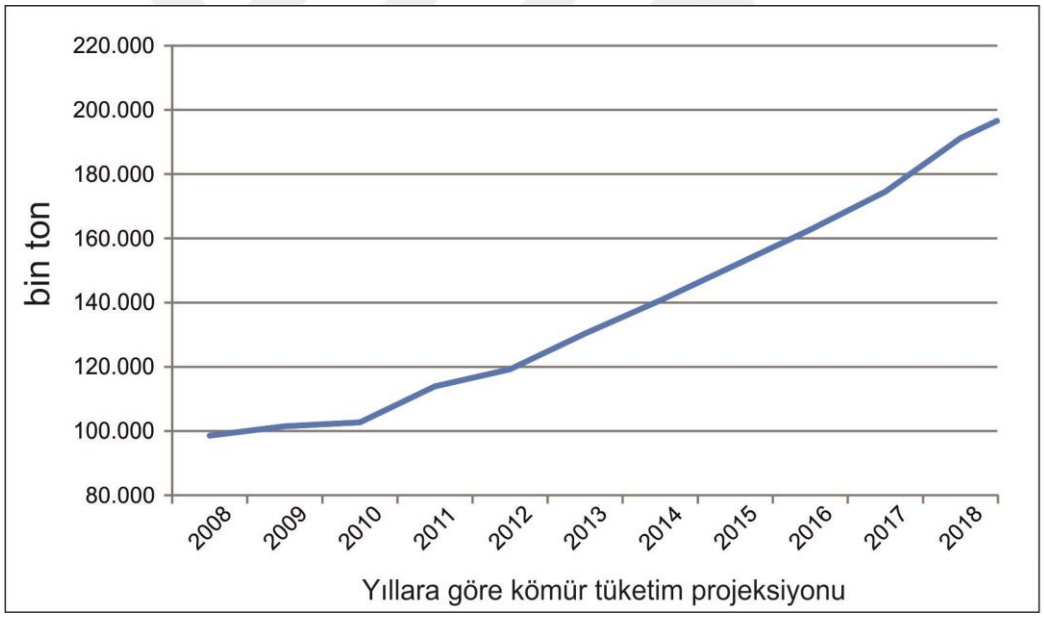
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015) verilerine göre, Türkiye'nin linyit rezervi toplam 12 400 milyon ton seviyesinde olup, işletilebilir rezerv miktarı 3 900 milyon ton seviyesi ile dünya linyit rezervinin yaklaşık %1.6'sını oluşturmaktadır.

Ülkemiz genelinde, linyit sahaları genellikle havza bazlı sahalardaki yer almaktadır ve bunların ısıl değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Toplam linyit rezervinin yaklaşık %68'i düşük kalorili olup, %23.5'i 2000-3000 kcal/kg arasında, %5.1'i 3000-4000 kcal/kg arasında, %3.4'ü 4000 kcal/kg üzerinde ısıl değerdedir.

Türkiye'de en büyük linyit üretimi Soma (Manisa) bölgesindedir. Ege Linyit tarafından işletilen bu sahalarda 2015 yılı rakamlarına göre toplam 688 milyon ton rezerv bulunmaktadır (TKİ Kömür Sektörü Raporu, 2015).



Şekil 9.1: Ülkemizde yıllara göre linyit üretim miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015).



Şekil 9.2: Ülkemizde yıllara göre linyit tüketim miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015).

9.3 Çalışma Alanı Linyitlerinin Ekonomik Önemi

Balıkesir bölgesinde bilinen en önemli linyit oluşumları Dursunbey, Balya ve Gönen ilçelerinde yer almaktadır. Bölgede toplam görünür linyit rezervi 34.684.000 ton'dur. Buna ek olarak, Dursunbey'deki linyit sahaları bölgedeki en önemli kömür oluşumu arasında yer almaktadır.

Tablo 9.3: Çalışma alanı linyitlerinin rezerv miktarları (TKİ, Kömür Sektör Raporu, 2015).

Saha Adı	Rezerv (1000 ton)		Analiz Sonuçları				Eşdeğeri (1000 ton)	
	Görünür	Muhtemel	Su (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	AID (kcal/kg)	Petrol	Taş Kömürü
Dursunbey (Çakırca)	5255	-	19,73	39,22	0,73	2406	1264	1806
Dursunbey (Hamzacık)	15335	-	12,36	45,32	3,12	2634	4039	5770
Dursunbey (Odaköy)	14594	-	20,73	32,24	0,51	3040	3840	5507
Kepsut (İsaalan)	6159	8525	11,23	18,59	2,42	2370	1620	2324

10. SONUÇLAR

İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yörelerindeki kömür içeren Neojen çökellerinin stratigrafisinin ve sedimantolojisinin ortaya konması amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İnceleme alanının stratigrafi birimlerini Fazlıkonağı Formasyonu (Üst Paleozoyik), Karakaya Kompleksi (Permo-Triyas), Yayla Melanjı (Kretase) ve bunları kesen Çataldağ Plütonu (Oligo-Miyosen) ile bu çalışmanın esas konusunu oluşturan Soma Formasyonu (Alt Miyosen) oluşturur. Soma Formasyonu ile yanal ve düşey ilişkili Yuntdağ Volkanitleri (Alt Miyosen) ve Rahmanlar aglomerasını (Üst Miyosen-Pliyosen) uyumsuzlukla örten Dededağ bazaltı (Pliyo-Kuvaterner) ise havzanın en genç birimlerini oluşturmaktadır.

Soma Formasyonu ve çevresindeki temel birimlerinin belirlemek amacıyla MTA tarafından yapılan 1/25000 ölçekli jeoloji haritası bu çalışmanın amacına uygun olarak revize edilmiştir.

Çalışmanın ana konusunu oluşturan Soma Formasyonu'nun çökel ilişkilerini ortaya koymak amacıyla İsaalan yöresinde en derini 510 mt. olmak üzere 10 adet (EK C1-C10) sondaj kuyusu, Odaköy yöresinde ise 170 mt'lik 1 sondaj kuyusu (EK C11) loglanmıştır. Ayrıca, İsaalan yöresinde 1 ve Odaköy yöresinde 6 adet stratigrafik kesit ölçülmüştür. Sondaj logları ve ölçülü stratigrafik kesitler üzerinde yapılan çalışmalarda Soma Formasyonu'na ait 17 fasiyes (Matriks destekli konglomeralar, Tane destekli konglomeralar, Çakıllı kumtaşları, Masif kumtaşları, Dereceli kumtaşları, Laminalı kumtaşları, Kaba kumtaşı arakatkılı silttaşları, İnce taneli kumtaşı-silttaşı ardalanması, Masif çamurtaşları, Organik malzemeli kiltaşları, Gri-yeşil kiltaşları, Sarı-bej laminalı kiltaşları, Masif marnlar, Kireçtaşları, Oolitli killi kireçtaşı, Kömür ve Tüf-tüfit fasiyesi) ve Delta, Bataklık, Sığ Göl (Kıyı Yakını) ve Açık Göl olmak üzere 4 fasiyes topluluğu ayırtlanmıştır.

Soma Formasyonu'na ait kumtaşlarından derlenen 20 örneğin modal analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre kumtaşlarının çoğunun litarenit ve az bir kısmının ise feldspatik litarenit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Bileşenlerin çoğunluğunu ultrabazik kökenli kayaç parçaları, serpantinit ve harzburjit oluşturmaktadır. Ayrıca yüksek oranlarda çört gözlenmiştir. Bu bileşenlerin bölgede geniş yüzeylemeler sunan Kretase yaşlı Yayla Melanjı'na ait farklı türdeki bloklardan türediği düşünülmektedir. Monokristalin kuvarslar, feldspat ve ferromagnezyen minerallerin kökenini Çataldağ Plütonu oluşturmaktadır. Yüksek oranlarda gözlenen muskovitler ve dalgalı sönme gösteren şistik metamorfik tip kuvarslar, havza tabanında yer alan Fazlıkonağı Formasyonu'na ait metamorfik kayalardan türemiş olmalıdır.

Soma Formasyonu'nun stratigrafik özelliklerini belirlemek amacıyla araziden çamurtaşı, silttaşı, kiltaşı, kömür, kireçtaşı örnekleri ile yaprak ve balık fosilleri derlenmiştir. İsaalan yöresinden iki sondaj kuyusundan derlenen 156 örneğin 29'unda, Odaköy yöresinden derlenen 43 örneğin 5'inde palinolojik sayım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen polen topluluğu genellikle Batı Anadolu'daki Miyosen havzalarının polen içerikleri ile benzerlik göstermektedir. Kömür ve organik malzemeli kiltaşlarından yapılan palinoloji analizleri sonucu Soma Formasyonu'nun inceleme alanındaki yüzleklerinin yaşı Erken Miyosen (Akitaniyen) olarak belirlenmiştir.

Odaköy yöresinden derlenen 80 civarı yaprak fosili üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucu makroflorayı vejetasyon tiplerine göre grupladığımızda "Karışık Orman Topluluğu"na ait bitkilerin yüzdesinin %34, "Akarsu Kenarı Bitki Topluluğu"nu oluşturan bitkilerin yüzdesinin %14, "Bataklık Ormanı"na ait bitkilerin yüzdesinin %13, bataklık ve/veya akarsu kenarında yer alabilen sucul bitkilerin yüzdesinin %23 ve yakın çevrede yer alan ova ve orta yükseltide alanlarda yayılım gösteren konifer ormanına ait bitkilerin yüzdesi %14 ve "Geniş Yapraklı Orman Topluluğu"na ait bitkilerin yüzdeleri ise %2 olarak belirlenmiştir.

Odaköy makro florasına ait sayısal iklimsel değerler 15 taxa kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre yıllık ortalama sıcaklık değeri (MAT) 14,7 ^{0}C, ortalama en soğuk ay sıcaklık değeri (CMT) 3,75 ^{0}C, ortalama en sıcak ay sıcaklık değeri (WMT) 24,1^{0} C ve yıllık ortalama yağış miktarı 1092,5mm olarak hesaplanmıştır. Sayısal iklimsel değerler, makro ve mikro floraya göre belirlenen iklimsel koşullar ile uyum

içerisindedir. Bu çalışmalar sonucu, makro (*Daphnogene polymorpha*) ve mikro (*Engelhardia*, Cyrillaceae-Clethraceae, Castanea) floralarında tanımlanan sıcağı seven bitkilerin varlığı ve soğuğu seven bitkilerin eşlik etmesi, bu bitki örtüsünün Erken Miyosen (Akitaniyen (?) sonu Burdigaliyen başı) zamanında çökeldiğini göstermektedir. Hem palinolojik hem de paleobotanik bulgular birbirini desteklemektedir.

Her iki havzada Soma Formasyonu içerisindeki kömürlerden derlenen örneklerin kaba kimyasal analizleri sonucu kalori değerlerinin İsaalan yöresi örneklerinde 2370-6256 kcal/kg, Odaköy yöresi örneklerinde ise 1088-5668 kcal/kg arasında değiştiği saptanmıştır.

Gerçekleştirilen petrografik analizler sonucu maseral grubu olarak hüminitlerin (özellikle eu-ülminit, hümokolinit ve densinit) baskın olduğu ve GI (Jelleşme İndeksi) ile TPI (Doku Koruma İndeksi) değerleri baz alınarak hazırlanan diyagramlara göre kömürlerin limnik zonun açık su alanları ile kısmen sulu orman bataklığında yoğunlaştığı görülmüştür. Kömürler üzerinde gerçekleştirilen yansıtma ölçümleri sonucu kömürleşme derecesinin alt bitümlü kömür aşamasında olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında iki havzada gözlenen kömürler Türkiye'deki diğer kömürler gibi yüksek mineral içeriğine sahiptir (İsaalan yöresi %9,1-60,8; Odaköy yöresi %3,2-13,8 arasında). Kömür örneklerinin mineralojik bileşimini kuvars, pirit, kil mineralleri ve daha az oranda feldispatlar ve karbonat mineralleri oluşturmaktadır. Ayrıca apatit, barit, siderit, Ti-oksitler ve zirkon gibi mikron büyüklükte aksesuar mineralleri ile iskelet ve yumuşakça kabuğu parçaları da gözlenmiştir.

İsaalan yöresinden 19 adet, Odaköy yöresinden 24 adet olmak üzere toplamda 43 adet kömür örneği üzerinde gerçekleştirilen elementel analizler sonucu bazı iz element değerlerinin (B, V, Ni, As, Rb, Ba) Dünya kömürlerine ait sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Odaköy yöresi kömür örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, K-Rb (R^2=0,96), Ga-Al (R^2=0,94), Al-K (R^2=0,97) arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir. Aynı durum İsaalan yöresi kömürlerinde de gözlenmekte olup K-Rb (R^2=0,89), Ga-Al (R^2=0,91), Al-K (R^2=0,88) arasında pozitif korelasyon

göstermektedir. Özellikle İsaalan havzasında K, Rb, Ga ve Al arasında gözlenen güçlü pozitif korelasyon havza içine plütonik bir kayacın (Çataldağ Plütonu) kaynak olabileceğini ifade etmektedir. Bununla birlikte örneklerdeki düşük Sc değerleri mafik bir kaynak kayaçtan havzaya getirimin limitli olduğunu işaret etmektedir.

Odaköy yöresi kömür örneklerinde Nd değerleri 1,87 ppm. ile 2,92 ppm arasında değişmekte olup ortalama 2,36 ppm'dir. Bu durum Odaköy havzasını oluşturan sedimanter kayaçların çökelme hızının yüksek olduğunu işaret etmektedir. Odaköy havzasındaki kömür örneklerinin bazılarında gözlenen V zenginleşmesi havza tabanındaki ofiyolitik melanj içerisindeki bazaltik kökenli mafik bloklarla ilişkili olmalıdır. Zr değerleri 6,70 ile 142,6 ppm arasında değişmekte olup ortalama 72,0 ppm'dir. Bu değerler İsaalan yöresi örneklerine göre daha yüksek olup muhtemelen havza içerisindeki asidik kökenli tüflerle ilişkili olabilir.

Göl sedimanlarında Rb/Sr ve Sr/Cu oldukça pozitif ilişkiler sunmaktadır. Ayrıca bu oranlar paleoiklim değişikliklerini göstermek amacıyla da kullanılmaktadır. Sedimanter kayaçlardaki yüksek Rb/Sr ve düşük Sr/Cu içerikleri ılık ve nemli iklim şartlarını, düşük Rb/Sr ve yüksek Sr/Cu oranları ise sıcak ve kurak iklim koşullarındaki depolanma süresince düşük ayrışma oranına sahip bir iklimi ifade etmektedir. Her iki havzada da bu oranlar grafiklerle ifade edildiğinde görülmektedir ki kömürün depolanmaya başladığı taban kesimlerde ılık ve nemli iklim koşulları hakim iken tavan kesimlere doğru iklim sıcak ve kurak kondisyonlara geçiş göstermektedir.

Her iki havzada da tabandan tavana doğru toplam nadir toprak elementi (ΣREE) içeriği artış göstermektedir. Çalışma alanında istif üst kesimlere doğru ince taneli kırıntılı kayaçlara geçer, istiflerin üst seviyelerindeki bu ince taneli kayaçlar (kil, organik malzemeli kiltaşı ve marnlar) yoğun kil partikülü içerdiklerinden dolayı göl havzası içerisindeki REE bakımından zengin serbest kalan iyonları absorbe ederek bu kesimlerde zenginleşmektedir. Diğer bir deyişle tabandan tavana doğru tane boyu inceldikçe REE kompozisyonları artmaktadır.

Sondaj loglarından ve ölçülü stratigrafik kesitlerden yararlanılarak havza içerisindeki birimlerin korelasyonu yapılmış ve fasiyes geometrileri ortaya konulmuş, Soma Formasyonu'nun İsaalan (Kepsut) ve Odaköy (Dursunbey) yörelerindeki gelişimi çökelme modelleri ile açıklanmıştır.

11. KAYNAKLAR

Akal, C., Candan, O., Koralay, O.E., Oberhansli, R., Chen, F. and Prelevic, D. (2012). Early Triassic potassic volcanism in the Afyon Zone of the Anatolides/Turkey: Implications for the rifting of the Neo-Tethys. *International Journal of Earth Sciences*, 101 (1), 177-194.

Akat, U., Çağlayan, A., ve İvak, M. (1978). Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki sahanın jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 6618.

Akdeniz, N. ve Konak, N. (1979). Menderes masifinin Simav dolaylarındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22 (2), 175-183.

Akgün, F., Alişan, C. and Akyol, E. (1986). A palynologic approach to the Neogene stratigraphy of Soma area. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 29, 13-25.

Akgün, F. and Akyol, E. (1999). Palynostratigraphy of the coal-bearing Neogene deposits graben in Büyük Menderes western Anatolia. *Geobios*, 32 (3), 367-383.

Akgün, F., Kaya, T., Forten, A. and Atalay, Z. (2000). Biostratigraphic data (mammalia and palynology) from the Upper Miocene İncesu Formation at Düzyayla (Hafik-Sivas, central Anatolia). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9 (2-3), 57-67.

Akgün, F., Kayseri, M. S. and Akkiraz, M. S. (2007). Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene - Miocene period in western and central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253 (1-2), 56-90.

Akkiraz, M.S. and Akgün, F. (2005). Palynology and age of the Early Oligocene units in Çardak-Tokça Basin, SW Anatolia: Paleoecological implications. *Geobios*, 38 (3), 283-299.

Akkiraz, M.S., Akgün, F. and Örçen, S. (2011). Stratigraphy and palaeoenvironment of the Lower “middle” Oligocene units in the northern part of the western Taurides (İncesu area, Isparta, Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences*, 40 (2), 452-474.

Akyol, E. (1974). Zonguldak Üzülmez Bölgesi, asma bölümündeki -50 kotlu galeri güney ve doğu kanatlarının kestiği Namuriyen ve Vestfaliyen yaşlı damarların palinoloji incelemeleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 83, 47-108.

Akyol, E. (1978). Stratigrafik palinoloji, kömür işletmeciliği ve bir örnek. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 6, 31-38.

Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1978). Kırkağaç-Soma (Manisa), Savaştepe, Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) civarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 6432.

Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1981). Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe - Kırkağaç - Bergama - Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *Maden Teknik ve Arama Dergisi*, 95-96, 1-13.

Akyüz, S. (1995). Manyas - Susurluk - Kepsut (Balıkesir) civarının jeolojisi. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 221s.

Akyüz, S. (1997). Geological units and structures in suture zone around Balıkesir NW Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6 (3), 143-153.

Akyüz, S. ve Okay, A.İ. (1998). Manyas güneyinin (Balıkesir) jeolojisi ve mavi şistlerin tektonik konumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 120, 105-120.

Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. and Mitchel, J.G. (2000). Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102 (1-2), 67-95.

Allen, C.R. (1982). *Comparisons between the North Anatolian Fault of Turkey and the San Andreas Fault of California*. *Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 67-85.

Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P. and Garcia del Cura, M. (1992). Palustrine sedimentation and associated features - grainification and pseudo - microkarst - in the Middle Miocene (intermediate unit) of the Madrid Basin, Spain. *Sedimentary Geology*, 76 (1-2), 43-61.

Altunel, E. (1999). Geological and geomorphological observations in relation to the 20 September 1899 Menderes earthquake, western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 156 (2), 241-246.

Altunkaynak, Ş. (2007). Collision-driven slab breakoff magmatism in Northwestern Anatolia, Turkey. *The Journal of Geology*, 115 (1), 63-82.

Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133 (2), 390-406.

Anderson, T.H., Erdlac R.J. and Sandstrom, M.A. (1985). Late-Cretaceous allochthons and post-Cretaceous strike-slip displacement along the Cuilco-Chixoy fault, Guatemala. *Tectonics*, 4 (5), 453-475.

Arni, P. (1942). Şimalî Anadolu Taşkömür Formasyonundaki ateşe mütehammil kil, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 26, 76-101.

Arpalıyiğit, İ. (2004). Pliocene - Querternary geology of the Soma Graben, western Turkey. Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir, 98 s.

ASTM. (1981). *Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke*, Philadelphia, Pennsylvania, 181-399.

ASTM. (1991). *Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke*, Philadelphia, Pennsylvania, vol. 5.05, 1103-1187.

ASTM. (2005). *Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke*, Philadelphia, Pennsylvania, vol. 05.06.

Atalay, Z. (2001). Amasya yöresindeki linyitli Çeltek Formasyonunun stratigrafisi, fasiyes ve çökelme ortam özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44 (2), 1-22.

Ataman, G. (1972). Preliminary study on the radiometric age of the Cefalık Dağı granite-granodiorite SW Ankara. *Journal of Hacettepe Nature and Applied Sciences,* 2, 44-49.

Ataman, G. (1973). The radiometric age of Ilıca-Şamlı (Balıkesir) granodiorite and thoughts on the granitic magmas in northwest Anatolia. *Proceeding Earth Science Congress for the 50th Anniversary of the Republic*, 518-523.

Ayaroğlu, H. (1979). Bozüyük metamorfitlerinin (Bilecik) petrokimyasal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 22, 101-107.

Aydoğan, M.S., Çoban, H., Bozcu, M. and Akıncı, Ö. (2008). Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33 (3-4), 155-176.

Bechtel, A., Karayiğit, A.İ., Bulut, Y., Mastalerz, M. and Sachsenhofer, R.F. (2016). Coal characteristics and biomarker investigations of Dombayova coals of Late Miocene-Pliocene age (Afyonkarahisar, Turkey). *Organic Geochemistry*, 94, 52-67.

Belt, E.S., Flores, R.M., Warwick, P.D., Conway, K.M., Johnson, K.R. and WaskoWitez, R.S. (1984). Relationship of fluviodeltaic facies to coal deposition in the Lower Fort Unio Formation (Palaeocene), south-western north Dakota. (eds. R.A. Rahmani and R.M. Flores), *Sedimentology of Coal and Coal Bearing Sequences, International Association of Sedimantologists Special Publication*, 7, 177-195.

Benvenuti, M. (2003). Facies analysis and tectonic significance of lacustrine fan-deltaic successions in the Pliocene-Pleistocene Mugello Basin, Central Italy. *Sedimentary Geology*, 157, 197-234,

Berkowitz, N. (1985). *The Chemistry of Coal. Coal Science and Technology*. Elsevier, 513 p.

Besly, B.M. and Collinson, J.D. (1991). Volcanic and tectonic controls of lacustrine and alluvial sedimentation in the Stephanian coal-bearing sequence of the Malpàs-Sort Basin, Catalonian Pyrenees. *Sedimentology*, 38 (1), 3-26.

Bhattacharya, J.P. (2006). Deltas. (eds. H.W. Posamentier, R.G. Walker), *Facies Models Revisited Special Publication*, Society for Sedimentary Geology, Tulsa, 237–292

Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Dergisi,* 70-76.

Bingöl, E., Delaloye, M. and Ataman, G. (1982). Granitic intrusion in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 75 (2), 437-446.

Bohacs, K.M., Carroll, A.R., Neal, J.E. and Mankiewicz, P.J. (2000). Lake-basin type, source potential and hydrocarbon character: an integrated sequence-stratigraphic-geochemical framework. (eds: E.H. Gierlowski-Kordesch and K.R. Kelts), *Lake Basins Through Space and Time: AAPG. Studies in Geology*, 46, 3-34.

Bohor, B.F. and Triplehorn, D.M. (1993). Tonstein: altered volcanic ash layers in coal-bearing sequences. *Geological Society of America Special Papers*, 285, 40.

Bozkurt, E. (2000). Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications. (eds: E. Bozkurt, J.A. Winchester and J.D.A. Piper), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society Special Publications, 173, 385-403.

Bozkurt, E. (2001a). Neotectonics of Turkey a synthesis. *Geodinamica Acta,* 14, 3-30.

Bozkurt, E. (2001b). Late Alpine evolution of the central Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 89 (4), 728-744.

Bozkurt, E. (2003). Origin of NE-trending basins in Western Turkey. *Geodinamica Acta*, 16, 61-81,

Bozkurt, E. and Sözbilir, H. (2006). Evolution of the large-scale active Manisa fault, SW Turkey: implications on fault development and regional tectonics. *Geodinamica Acta*, 19 (6), 427-453.

Bozkurt, E. (2007). Extensional v. contractional origin for the southern Menderes shear zone, SW Turkey: tectonic and metamorphic implications. *Geological Magazine*, 144 (01), 191-201.

Boztuğ, D., Harlavan, Y., Jonckheere, R., Can, I. and Sarı, R. (2009). Geochemistry and K-Ar cooling ages of the Ilıca, Çataldağ (Balıkesir) and Kozak (İzmir) granitoids, W Anatolia, Turkey. *Geological Journal*, 44 (1), 79-103.

Breger, I.A. and Schopf, J.M. (1955). Germanium and uranium in coalified wood from upper Devonian black shale. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 7 (5-6), 287-293.

Bridge, J.S. and Best, J.L. (1988). Flow, sediment transport and bedform dynamics over the transition from dunes to upper-stage plane beds: Implications for the formation of planar laminae. *Sedimentology*, 35 (5), 753-763.

Brinkmann, R., Feist, R., Marr, W.U., Nickel, E., Schlimm, W. ve Walter, H.R. (1970). Soma dağlarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 74 (1), 41-56.

Bull, W.B. (1977). The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 1 (2), 222-270.

Bulut, Y. (2001). Batı Anadolu Neojeni'nin uyumlaştırılıp bütünleştirilmesi ve linyit aramaları raporu (İzmir-Manisa-Çanakkale-Balıkesir-Kütahya Civarı). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 1457.

Burchfiel, C.B., Nakov, R., Tzankov, T. and Royden, L.H. (2000). Cenozoic extension in Bulgaria and northern Greece: the northern part of the Aegean extensional regime. *Geological Society Special Publications*, 173, 325-352.

Bustin, R.M. and Palsgrove, R. (1997). Lithofacies and depositional environments of the Telkwa coal measures central British Columbia, Canada. *International Journal of Coal Geology*, 34 (1-2), 21-51.

Bürküt, Y. (1966). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonların mukayeseli jenetik etüdü. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 272 s.

Cabrera, L., Cabrera, M., Gorchs, R. and De Las Heras, F.X.C. (2002). Lacustrine basin dynamics and organosulphur compound origin in a carbonate-rich lacustrine system (Late Oligocene Mequinenza Formation, SE Ebro Basin, NE Spain). *Sedimentary Geology*, 148 (1-2), 289-317.

Calder, J., Gibling, M. and Mukhopadhyay, P. (1991). Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia: Impllications for hte maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bulletin de la Société Géologique de France,* 162 (2), 283-298.

Carpenter, A.M. (1988). *Coal Classification.* International Energy Agency: Coal Research 12, 104 p.

Chou, C.L. (2012). Sulfur in coals: a review of geochemistry and origins. *International Journal of Coal Geology*, 100, 1-13.

Chough, S. K., Hwang, I. G. and Choe, M. Y. (1990). The Miocene Doumsan fan-delta, SE Korea; a composite fan-delta system in back-arc margin. *Journal of Sedimentary Research*, 60 (3), 445-455.

Chun, S.S. and Chough, S. (1995). The Cretaceous Uhangri formation, SW Korea: lacustrine margin facies. *Sedimentology*, 42 (2), 293-322.

Cohen, H.A., Dart, C.J., Akyüz, H.S. and Barka, A.A. (1995). Syn-rift sedimentation and structural development of Gediz and Büyük Menderes Graben, western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 152 (4), 629-638.

Collins, A.S. and Robertson, A.H.F. (1998). Processes of Late Cretaceous to Late Miocene episodic thrust-sheet translation in the Lycian Taurides, SW Turkey. *Journal of the Geological Society*, 155 (5), 759-772.

Collinson, J.D. (1978). Alluvial Sediments. (ed: H.G. Reading), *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell Scientific Publications. 15-60.

Çakır, A. (1989). Balıkesir-Serçeören, Örencik, Soğucak, Yaylabaşı civarının jeoloji etüdü ve talk prospeksiyonu raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 8881.

Çelik, Y. (2003). Seyitömer (Kütahya) Neojen havzası linyitlerinin petrografisi, jeokimyası ve depolanma ortamı. *Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi,* 691-700.

Çemen, İ., Göncüoğlu, C. and Dirik, K. (1999). Structural evolution of the Tuzgölü Basin in Central Anatolia, Turkey. *The Journal of Geology*. 107 (6), 693-706.

Çemen, İ., Catlos, E.J., Göğüş, O. and Özerdem, C. (2006). Postcollisional extensional tectonics and exhumation of the Menderes Massif in western Anatolia extended terrane, Turkey. *Geological Society of America Special Publications*, 409, 353-379.

Çetin, A. ve Okşar, N. (1992). Bigadiç-Kepsut-Dursunbey (Balıkesir) dolayının jeolojisi ve kömür oluşumları. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 1387.

Dai, S., Chou, C.L., Yue, M., Luo, K. and Ren, D. (2005). Mineralogy and geochemistry of a Late Permian coal in the Dafang Coalfield, Guizhou, China: Influence from siliceous and iron-rich calcic hydrothermal fluids. *International Journal of Coal Geology*, 61 (3-4), 241-258.

Dai, S., Seredin V.V., Ward, C.R., Jiang, J., Hower, J.C., Song, X., Jiang, Y., Wang, X., Gornostaeva, T., Li, X., Liu, H., Zhao, L. and Zhao, C. (2014). Composition and modes of occurrence of minerals and elements in coal combustion products derived from high-Ge coals. *International Journal of Coal Geology*, 121, 79-97.

Dai, S., Xie, P., Jia, S.,Ward, C.R., Hower, H.C., Yan, X. and French, D. (2017). Enrichment of U-Re-V-Cr-Se and rare earth elements in the Late Permian coals of the Moxinpo Coalfield, Chongqing, China: Genetic implications from geochemical and mineralogical data. *Ore Geology Reviews*, 80, 1-17.

Dawson, G.K.W., Golding, S.D., Esterle, J.S. and Massarotto, P. (2012). Occurrence of minerals within fractures and matrix of selected Bowen and Ruhr Basin coals. *International Journal of Coal Geology*, 94, 150-166.

De Feyter, A.J. and Molenaar, N. (1984). Messinian fanglomerates; the Colombacci Formation in the Pietrarubbia Basin, Italy. *Journal of Sedimentary Research*, 54 (3), 746-758.

DeCelles, P.G., Kapp, P., Quade, J. and Gehrels, G.E. (2011). Oligocene-Miocene Kailas basin, southwestern Tibet: Record of post-collisional upper-plate extension in the Indus-Yarlung suture zone. *Geological Society of America Bulletin*, 123 (7-8), 1337-1362.

DeCelles, P.G., Castañeda, I.S., Carrapa, B., Liu, J., Quade, J., Leary, R. and Zhang, L. (2016). Oligocene Miocene great lakes in the India-Asia collision zone. *Basin Research*, 30 (1), 228-247.

Delaloye, M and Bingöl, E. (2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: Geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42 (3), 241-268.

Dericioğlu, H. (1972). Balıkesir-Kepsut-Örenli-Sarıkaya mevkii jeolojik ve maden yatakları etüdü. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 4978.

Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C. (1986). Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of eastern Anatolia - a young collision zone. *Geological Society Special Publications*, 19, 1-36.

Dewey, J.F. (1988). Extensional collapse of orogens. *Tectonics*, 7 (6), 1123-1139.

Diehl, S.F., Goldhaber, M.B., Koenig, A.E., Lowers, H.A. and Ruppert, L.F. (2012). Distribution of arsenic, selenium, and other trace elements in high pyrite Appalachian coals: Evidence for multiple episodes of pyrite formation. *International Journal of Coal Geology*, 94, 238-249.

Diessel, C.F.K. (1986). On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proceedings 20th Symposum Department of Geology on University of Newcastle*, 19-22.

Diessel, C.F.K. (1992). *Coal-bearing Depositional Systems.* Berlin: Springer, 721 p.

Dilcher, D.L. (1974). Approaches to the identification of angiosperm leaf remaines. *The Botanical Review*, 40 (1), 1-156.

Dilek, Y. and Thy, P. (2006). Age and petrogenesis of plagiogranite intrusions in the Ankara mélange, central Turkey. *Island Arc*, 15 (1), 44-5.

Diniz Akarca, C. (2014). Bigadiç (Balıkesir) yöresi Neojen çökellerindeki yumuşak sediment deformasyon yapılarının özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Balıkesir, 109 s.

Dirik, K., Özsayın, E. ve Kahraman B. (2009). Ege Linyit İşletmeleri, Işıklar-Güney Kısrakdere Sahasının Yapısal Özellikleri, Ankara, *Hacettepe Üniversitesi*, 1-22, (yayınlanmamış).

Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A. İ., Şentürk, Y. ve Kar, H. (2012). Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi. *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi*, 28, 7-74.

Duygu, L. (2011). Eski Gümüşhane yöresinin jeolojisi ve Şenköy Formasyonu (Erken-Orta Jura) içerisindeki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Gümüşhane, 81 s.

Ediger, V.Ş., Batı, Z. and Alişan, C. (1990). Paleopalynology and paleoecology of *Calamus*-like disulcate pollen grains. *Review of Paleobotany and Palynology*, 62 (1-2), 97-105.

Ejima, Y., Fujina., Togaki, H., Shimada, K., Iwagana, T., Yoneda, Y. and Murakami, Y. (1987). The pre-feasibility study on the Dikili-Bergama geothermal development project in the Rebuplic of Turkey. *General Directorate of Mineral Research and Exploration*, Report No: 8333.

Emre, T. and Sözbilir, H. (2007). Tectonic evolution of the Kiraz Basin, Küçük Menderes Graben: evidence for compression/uplift-related basin formation overprinted by extensional tectonics in W Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 441-470.

Ercan, T. (1979). Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9, 23-46,

Ercan, T. (1981). Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 3 (1-2), 77-124.

Ercan, T., Günay, E., Çeviktaş, A., Ateş, M., Küçükayman, A., Can, B., & Erkan, M. (1984). Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi mağmatik kayaçlarının petrolojisi ve kökensel yorumu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 7601.

Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Erdoğdu, G., Müzlim, A. ve Bülent, C. (1985). Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 121-136.

Ercan, T., Ergül, E., Akçaören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J. (1990). Balıkesir-Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 113-130.

Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. ve Türkecan, A. (1996). Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu. *Maden Tetkik Arama Dergisi* 119, 103-112.

Erdinç, H. (1979). Kepsut-Serçeören köyü (Balıkesir) çevresinde yer alan vollastonit zuhurlarının ön etüdü. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 6478.

Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M.Z. (1980). Balıkesir ili-Marmara Denizi arasının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 6760.

Ergül, E., Gözler, M. Z. ve Akçaören, F. (1986). 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi Balıkesir-F6 paftası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.

Ersoy, Y. and Helvacı, C. (2007). Stratigraphy and geochemical features of the Early Miocene bimodal (ultrapotassic and calc-alkaline) volcanic activity within the NE-trending Selendi Basin, western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences,* 16,117-139.

Ersoy, E.Y., Helvacı ,C. and Palmer M.R. (2011). Stratigraphic, structural and geochemical features of the NE-SW trending Neogene volcano-sedimentary basins in western Anatolia: Implications for associations of supra-detachment and transtensional strike-slip basin formation in extensional tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41 (2), 159-183.

Ersoy, E.Y., Çemen, İ., Helvacı, C. and Billor, Z. (2014). Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in western Turkey: Implications for tectonic evolution of the Aegean Extended Region. *Tectonophysics*, 635, 33-58.

Eškenazy, G. (1996). Factors controlling the accumulation of trace elements in coal , *Annuaire de L'Universite de Sofia Faculte de Geologie et Geographie,* 89, 219-236,

Farrell, K.M., Harris, W.B., Mallinson, D.J., Culver, S.J., Riggs, S.R., Pierson, J. and Lautier, J.C. (2012). Standardizing texture and facies codes for a process-based classification of clastic sediment and rock. *Journal of Sedimentary Research*, 82 (6), 364-378.

Fielding, C.R. and Webb, J.A. (1996). Facies and cyclicity of the Late Permian Bainmedart Coal Measures in the Northern Prince Charles Mountains, MacRobertson Land, Antarctica. *Sedimentology*, 43 (2), 295 – 322.

Finkelman, R.B. (1982). Modes of occurrence of trace elements and minerals in coal: an analytical approach. (eds: R.H. Filby, B.S. Carpenter and R.C. Ragaini), *Atomic and Nuclear Methods in Fossil Energy Research*, 141-149.

Finkelman, R.B. and Gross, P.M. (1999). The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. *International Journal of Coal Geology*, 40 (2-3), 91-101.

Flores, R.M. (1983). Basin facies analysis of coal rich Tertiary fluvial deposits, Northern Powder River Basin, Montana and Wyoming. (eds: J.D. Collinson and J. Lewin), *Modern and Ancient Fluvial Systems*, 6, 501-515.

Folk, R.L. (1980). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Texas, Austin: Hemphill Publishing Company, 184 p.

Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Villiari, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean Region. (eds: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, *Geological Society Special Publications*, 17 (1), 687-699.

Galloway, W.E. and Hobday, D.K. (1996). *Terrigenous Clastic Depositional Systems-Applications to Fossil Fuel and Groundwater Resources 2nd Edition*. Berlin: Springer, 489 p.

Gee Sia, S., Abdullah, W.H., Konjing, Z. and Koraini, A.M. (2014). The age, palaeoclimate, palaeovegetation, coal seam architecture/mire types, paleodepositional environments and thermal maturity of syn-collision paralic coal, from Mukah, Sarawak, Malaysia. *Journal of Asian Earth Sciences,* 81, 1-19.

Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F. ve Seçmen, Ö. (1991). Soma kömür havzası fosil makro ve mikroflorası. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 112, 161-178.

Gemici Y., Seçmen, Ö., Ekim, T. ve Leblebici, E. (1992). Türkiye'de endemizm ve İzmir yöresinin bazı endemikleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6, 61-84.

Genç, Ş.C. (1986). Uludağ-İznik Gölü arasının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 7853.

Genç, Ş.C. and Yılmaz, Y. (1995). Evolution of the Triassic continental margin, NW Anatolia. *Tectonophysics*, 243 (1-2), 193-207.

Genç, Ş.C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M. and Yılmaz, Y. (2001). The Çubukludağ graben, south of İzmir: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia. *Geodinamica Acta,* 14 (1-3), 45-55.

Gessner, K., Gallardo, L.A., Markwitz, V., Ring, U. and Thomson, S.N. (2013). What caused the denudation of the Menderes Massif: Review of crustal evolution, lithosphere structure and dynamic topography in SW Turkey. *Gondwana Research,* 24 (1), 243-274.

Ghibaudo, G. (1992). Subaqueous sediment gravity flow deposits, practical criteria for their field description and classification. *Sedimentology*, 39 (3), 423-454.

Girty, G.H., Ridge, D.L., Knaack, C., Johnson, D. and Al-Riyami, R.K. (1996). Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and argillite, Sierra Nevada, California. *Journal of Sedimentary Research,* 66 (1), 107-118.

Gloppen, T.G. and Steel, R.J. (1981). The deposits, internal structure and geometry in six alluvial fan-fan delta bodies (Devonian-Norway) - A study in the significance of bedding sequence in conglomerates. (eds: F.G. Ethridge and R.M. Flores), Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration, *Society for Sedimentary Geology Special Publication*, 31, 46-69.

Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D., ve Tuncalı, E., (1993). *Türkiye Linyit Envanteri*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 356 s.

Göncüoğlu, M.C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ. and Ürgün, B. (1987). Geology of the Armutlu Peninsula, Field Excursion along W Anatolia. *IGCP Project 5, Guide Book*, 12-18.

Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şenturk, K., Özcan, A. and Uysal, S. (2000). *A geotraverse across NW Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution*. London: Geological Society Special Publications, 139-161.

Göncüoğlu, C.M., Turhan, N. and Tekin, U.K. (2003). Evidence for the Triassic rifting and opening of the Neotethyan İzmir-Ankara Ocean and discussion on the presence of Cimmerian events at the northern edge of the Tauride- Anatolide Platform, Turkey. *Bulletin of the Geological Society Italy*, *Special Volume*, 2, 203-212.

Göncüoğlu, M.C., Çapkinoğlu, S., Gürsu, S., Noble, P., Turhan, N., Tekin, U.K., Okuyucu, C. and Göncüoğlu, Y. (2007). The Mississippian in the Central and Eastern Taurides (Turkey): Constraints on the tectonic setting of the Tauride-Anatolide Platform. *Geologica Carpatica*, 58 (5), 427-442.

Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. and Korotev, R.L. (1984). The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48 (12), 2469-2482.

Hagemann, H.W. and Wolf, M. (1989). Paleoenvironments of lacustrine coals - the occurrence of algae in humic coals. *International Journal of Coal Geology*, 12 (1-4), 511-522.

Hallam, A. and Payne, K.W. (1958). Germanium enrichment in lignites from the Lower Lias of Dorset. *Nature*, 181, 1008-1009.

Hans Nelson, C. (1967). Sediments of Crater Lake, Oregon. *Geological Society of America Bulletin*, 78 (7), 833-848.

Harris, N.B.W., Kelley, S.R. and Okay, A.I. (1994). Post-collision magmatism and tectonics in NW Anatolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117 (3), 241-252.

Higgs, R. (1990). Sedimentology and tectonic implications of Cretaceous fan-delta conglomerates, Queen Charlotte Islands, Canada. *Sedimentology*, *37* (1), 83-103.

Hooke, R. L. (1967). Processes on arid-region alluvial fans. *The Journal of Geology*, 75 (4), 438-460.

Horton, B.K. and Schmitt, J.G. (1996). Sedimentology of a lacustrine fan-delta system, Miocene Horse Camp Formation, Nevada, USA. *Sedimentology*, 43 (1), 133-155.

Hu, R.Z., Bi, X.W., Ye, Z.J. and Su, W.C. (1996). The genesis of Lincang germanium deposit - A preliminary investigation. *Chinese Journal of Geochemistry*, 15 (1), 44-50.

Hu, R.Z., Bi, X.W., Su,W.C., Ye, Z. and Qi, H.W. (1999). Ge-rich hydrothermal solution and abnormal enrichment of Ge in coal. *Chinese Science Bulletin*, 44, 257-258.

Hu R.Z., Qi H.W., Zhou M.F., Su W.C., Bi X.W., Peng J.T. and Zhong H. (2009). Geological and geochemical constraints on the origin of the giant Lincang coal seam-hosted germanium deposit, Yunnan, SW China: A review. *Ore Geology Reviews*, 36 (1), 221-234.

ICCP. (1963). *International handbook of Coal Petrology, 2nd Edition*. Centre National de la Recherche Scientifique, International Committee for Coal Petrology, Paris, France.

ICCP. (1971). *International handbook of Coal Petrology, 2nd Edition.* Centre National de la Recherche Scientifique, International Committee for Coal Petrology, Paris, France, 186.

ICCP. (2001). *The new inertinite classification (ICCP System 1994)*. International Committee for Coal Petrology, Fuel, 80, 459-471.

ICCP. (2001). *The new vitrinite classification (ICCP System 1994)*. International Committee for Coal Petrology, Fuel. 77, 349-358.

IEA (International Energy Agency). (2016). *Coal Information 2016,* Paris, https://doi.org/10.1787/coal-2016-en.

Işık, V., Tekeli, Ö. and Seyitoğlu, G. (2004). The $^{40}Ar/^{39}Ar$ age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23 (4), 555-566.

İlter, Ö. (2004). Batı Anadolu linyit yataklarının genel karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir, 114 s.

İnaner, H. and Nakoman, E. (1993). Lignite Deposits of the western Türkiye. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 28 (2), 493-505.

İnci, U. (1984). Demirci ve Burhaniye bitümlü şeyllerinin stratigrafisi ve organik özellikleri , *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 5*, 27-40.

İnci, U. (1991). Miocene alluvial fan-alkaline playa lignite-trona bearing deposits from an inverted basin in Anatolia: sedimentology and tectonic controls on deposition. *Sedimentary Geology*, 71, 73-97.

İnci, U. (1998). Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, Western Turkey. *Journal of Earth Sciences*, 63-78.

İnci, U. (2002). Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield , western Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 51 (1), 1-29.

İnci, U., Koçyiğit, A., Bozkurt, E. ve Arpalıyiğit İ. (2003). Soma ve Kırkağaç grabenlerinin Kuvaterner jeolojisi, B Anadolu. *İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Kuvaterner Çalıştayı IV*, İstanbul. 84-100.

Jechorek, H. and Kovar-Eder, J. (2004). Vegetational characteristics in Europe around the Late Early to Early Middle Miocene based on the plant macro record. *Courier Forschungs Institut Senckenberg*, 249, 53-62.

Jiang, B. and Sha, J. (2007). Preliminary analysis of the depositional environments of the Lower Cretaceous Yixian Formation in the Sihetun area, western Liaoning, China. *Cretaceous Research*, 28 (2), 183-193.

Jiang, B., Fürsich, F.T. and Hethke, M. (2012). Depositional evolution of the Early Cretaceous Sihetun Lake and implications for regional climatic and volcanic history in western Liaoning, NE China. *Sedimentary Geology*, 257, 31-44.

Johnson, D.P. (1984). Development of Permian Fluvial coal measures, Goonyella, Australia. (eds: R.A. Rahmani and R.M. Flores). *Sedimentology of Coal and Coal-Bearing Sequences*, International Association of Sedimentologists, 7, 149-162.

Johnsson, M.J. (1993). The system controlling the composition of clastic sediments. (eds: M.J. Johnsson and A. Basu). *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments: Boulder, Colorado*, Geological Society of America, Special Paper, 284, 1-19.

Jolivet, L. and Patriat, M. (1999). Ductile extension and the formation of the Aegean Sea. (eds: B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath, and M. Seranne), The Mediterranean basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. *Geological Society Special Publications*, 156, 427-456.

Jolivet, L. and Brun, J.P. (2010). Cenozoic geodynamic evolution of the Aegean. *The International Journal of Earth Sciences*, 99 (1), 109-138.

Jolivet, L. (2013). Aegean tectonics: Strain localisation, slab tearing and trench retreat. *Tectonophysics*, 597-598, 1-33.

Jones, B. and Manning, D.A.C. (1994). Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111 (1-4), 111-129.

Kaaden, G. (1959). Anadolu'nun kuzeybatı kısmında yer alan metamorfik olaylarla mağmatik faaliyetler arasındaki yaş münasebetleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 52, 15-34.

Kalafatçıoğlu, A. ,(1964). Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 9 (1-2), 46-62.

Kalaitzidis, S., Papazisimou, S., Bouzinos, A. and Christanis, K. (2004). 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 (3-4), 243-263.

Kamacı, Ö. and Altunkaynak, Ş. (2011). Petrogenetic implications of two contrasting granite types in the Çataldağ Plutonic Complex, NW Turkey. *Goldschmidt Conference Abstracts*, 1138.

Karacık, Z. and Yılmaz, Y. (1998). Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1-4), 251-264.

Karadenizli, L. (1991). Pozantı (Ecemiş koridoru, Adana) civarındaki Oligosen-Alt Miyosen istifinin fasiyes özellikleri; depolanma-tektonik ilişkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 90 s.

Karadenizli, L. (1999). Çankırı-Çorum Havzasındaki Orta Eosen-Erken Miyosen tortullarının sedimantolojisi. Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı,* Ankara, 251 s.

Karadenizli, L., Seyitoğlu, G., Saraç, G., Kazancı, N., Şen, Ş. ve Hakyemez, Y. (2003). Çankırı-Çorum havzası batı kenarının Erken-Orta Miyosen paleocoğrafik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 126, 69-86.

Karayiğit, A.İ. (1989). Zonguldak ve Amasra kömürlerinin petrografik özellikleri. Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı,* Ankara, 315 s.

Karayiğit, A.İ. and Whateley, M.K.G. (1997). Properties of a lacustrine subbituminous (k1) seam, with special reference to the contact metamorphism, Soma-Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 34 (1-2), 131-155.

Karayiğit, A.İ. ve Boyce, A. (2001). Çayırhan kömürlerinde piritik kükürtün izotop bileşimleri, Beypazarı-Ankara. *54. Türkiye Jeoloji Kurultayı,* Ankara, 54-67.

Karayiğit, A.İ., Oskay, R.G., Christanis, K., Tunoğlu, C., Tuncer, A. and Bulut, Y. (2015). Palaeoenvironmental reconstruction of the Çardak coal seam, SW Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 139, 3-16.

Karayiğit, A.İ., Oskay, R.G., Tuncer, A., Mastalerz, M.A., Gümüş, B., Şengüler, İ. and Yaradılmış, H. (2016). A multidisciplinary study of the Gölbaşı-Harmanlı coal seam, SE Turkey. *International Journal of Coal Geology,* 167, 31-47.

Karayiğit, A.İ., Bircan, C., Mastalerz, M., Oskay, R.G., Querol, X., Lieberman, N.R. and Türkmen, İ. (2017). Coal characteristics, elemental composition and modes of occurrence of some elements in the İsaalan coal, (Balıkesir, NW Turkey). *International Journal of Coal Geology* 172, 43-59.

Kaya, O. (1982). Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege bölgelerinin yapısı ve mağmatikliği için olasılı bir mekanizma. *Türkiye Jeoloji Kurumu Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli*, 39-58.

Kaya, O., Ünay, E., Göktaş, F. and Saraç, G. (2007). Early Miocene stratigraphy of central west Anatolia, Turkey: implications for the tectonic evolution of the eastern Aegean area. *Geological Journal*, 42 (1), 85-109.

Kayseri-Özer, M.S. (2013). Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 26 (1-2), 122-157.

Kayseri, M. S. (2014). Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia , *Geodinamica Acta, 26* (1-2), 122-157.

Keefer D.K. (1984). Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin,* 95 (4), 406-421.

Kelts K. (1988). Environments of deposition of lacustrine petroleum source rocks: an introduction. (eds. A. Fleet, K. Kelts and M.R. Talbot), *Lacustrine Petroleum Source Rocks*, Geological Society Special Publications, 40, 3-26.

Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun tektonik birlikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66, 20-34.

Ketris, M.P. and Yudovich, Y.E. (2009). Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals. *International Journal of Coal Geology*, 78 (2), 135-148.

Kleinsorge, H. (1939). Manisa vilayetinin Soma civarındaki linyitli Tersiyerin jeolojik tetkikine mütedair ihzari rapor. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 937.

Kleinsorge, H. (1940). Manisa vilayetinde Soma civarında bulunan linyiti muhtevi Tersiyerin jeolojik etütlerine müteallik rapor. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 1080.

Kleinsorge, H. (1941). Manisa vilayeti Soma linyit zuhuru ve civarının jeolojisi. *Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Yayın Serisi,* A.5, 57 s.

Koç Taşgın, C. (2009). Çaybağı Formasyonu'nun (Elazığ doğusu) stratigrafik ve sedimantolojik özellikleri. Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı,* Elazığ, 165 s.

Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27, 1-16.

Konak, N., Akdeniz, N. ve Armağan, F. (1980). Akhisar - Gölmarmara - Gördes - Sındırgı dolaylarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 6916.

Kortenski, J. (1992). Carbonate minerals in Bulgarian coals with different degrees of coalification. *International Journal of Coal Geology*, 20 (3-4), 225-242.

Kortenski, J. and Kostova, I. (1996). Occurrence and morphology of pyrite in Bulgarian coals. *International Journal of Coal Geology*, 29 (4), 273-290.

Kostova, I. and Zdravkov, A. (2007). Organic petrology, mineralogy and depositional environment of the Kipra lignite seam, Maritza-West basin, Bulgaria. *International Journal of Coal Geology*, 71 (4), 527-541.

Kovar-Eder, J. and Kvaček, Z. (2003). Towards vegetation mapping based on the Fossil Plant Record. *Acta Universitatis Carolinae Geologica*, 46 (4), 7-13.

Kovar-Eder, J. and Kvaček, Z. (2007). The integrated plant record (IPR) to reconstruct Neogene vegetation: The IRP vegetation analysis. *Acta Palaeobotanica*, 47 (2), 391-418.

Kovar-Eder, J., Jechorek, H., Kvaček, Z. and Parashiv, V. (2008). The integrated plant record: An essential tool for reconstructing Neogene zonal vegetation in Europe. *Palaios*, 23 (2), 97-111.

Krejci-Graf, K. (1983). Minor elements in coal. (ed: S.S. Augustithis), *The significance of trace elements in solving petrogenic problems and controversies*, Theophrastus Publishers, 553-597.

Krushensky, R. (1975). Neogene calc-alcaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, NW Anatolia, Turkey. *Bulletin Volcanologique*, 39 (2), 336-360.

Kulinenko, O.R. (1977). Relationship between germanium content and seam thickness in Paleozoic paralic coal basins of Ukraine. *International Geology Review,* 19 (10), 1178-1182.

Larsen, D. and Crossey, L.J. (1996). Depositional environments and paleolimnology of an ancient caldera lake: Oligocene Creede Formation, Colorado. *Geological Society of America Bulletin,* 108 (5), 526-544.

Larsen, D. and Smith, G.A. (1999). Sublacustrine-fan deposition in the Oligocene Creede Formation, Colorado, USA. *Journal of Sedimentary Research*, 69 (3), 675-689.

Le Pichon, X., Chamot-Rooke , C., Lallemant, S., Noomen, R. and Veis, G. (1995). Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: implications for Eastern Mediterranean tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 100 (B7), 12675-12690.

Lerman, A., Imboden, D.M. and Gat, J.R. (1995). *Physics and Chemistry of Lakes, 2nd Edition*. Springer-Verlag. 344 p.

Leven, E.J. and Okay, A.İ. (1996). Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, NW Turkey. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia,* 102 (2), 139-174.

López, I.C. and Ward, C.R. (2008). Composition and mode of occurrence of mineral matter in some Colombian coals. *International Journal of Coal Geology*, 73 (1), 3-18.

Lowe, D.R. (1982). Sediment gravity flows: II, Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Research*, 52 (1), 279-297.

Madler, K. and Steffen, P. (1979). Neue Blattflaren aus dem Oligozän, Neogen und Pleistozän der Türkei. *Geologisches Jahrbuch,* 33, 3-33.

Maizels, J. (1993). Lithofacies variations within sandur deposits: the role of runoff regime, flow dynamics and sediment supply characteristics. *Sedimentary Geology,* 85 (1-4), 299-325.

Mangano, M.G., Buatois, L.A., Xintao, W., Junmin, S. and Guocheng, Z. (2000). Triassic lacustrine sedimentation from the Tanzhuang Formation, Jiyuan-Yima Basin, southeastern China. (eds: E.H. Gierlowski-Kordesh, K.R. Kelts), *Lake Basins Through Space and Time, American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology*, 46, 133-140.

Manville, V., White, J.D.L. and Riggs, N.R. (2001). Sedimentology and history of Lake Reporoa: An ephemeral supra-ignimbrite lake, Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Volcaniclastic Sedimentation in Lacustrine Settings*, 30, 109-40.

Manville, V., Segschneider, B., Newton, E., White, J.D.L., Wilson, C.J.N. and Houghton, B.F. (2009). Environmental impact of the 1.8 ka Taupo eruption: Landscape responses to a large scale explosive rhyolite eruption. *Sedimentary Geology,* 220 (3-4), 318-336.

Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W. and Gentzis, T. (2003). Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemaida lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition. *International Journal of Coal Geology,* 56 (3-4), 253-268.

McCabe, P.J. (1984). Depositional environments of coal and coal - bearing strata. (eds. R.A. Rahmani and R.M. Flores), *Sedimentology of Coal and Coal Bearing Sequences, International Association of Sedimantologists Special Publication*, 7, 13-42.

McKee, E.D., Crosby, E.J. and Berryhill, H.L. (1967). Flood deposits, Bijou Creek, Colorado. *Journal of Sedimentary Research*, 37 (3), 829-851.

McKenzie, D. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophysical Journal International*, 55 (1), 217-254.

Miall, A.D. (1977). A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Reviews,* 13 (1), 1-62.

Miall, A.D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. (ed: A.D. Miall), *Fluvial Sedimentology,* Canadian Society of Petroleum Geologists, 597-604.

Miall, A.D. (1985). Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*, 22 (4), 261-308.

Miall, A.D. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Berlin: Springer, 582 p.

Middleton, G.V. and Hampton, M.A. (1976). Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. (eds: D.J. Stanley and D.J.P. Swift), Marine Sediment Transport and Environmental Management, *Wiley-Interscience*, 197-218.

Milroy, P.G. and Wright, V.P. (2002). Fabrics, facies control and diagenesis of lacustrine ooids and associated grains from the Upper Triassic, SW England. *Geological Journal*, 37 (1), 35-53.

Moix, P., Beccaletto L., Kozur H.W., Hochard C., Rosselet F. and Stampfli G.M. (2008). A new classification of the Turkish terranes and sutures and its implication for the paleotectonic history of the region. *Tectonophysics*, 451 (1-4), 7-39.

Moix, P. and Gorican, S. (2013). Jurassic and Cretaceous radiolarian assemblages from the Bornova mélange in northern Karaburun Peninsula (Western Turkey) and its connection to the İzmir-Ankara mélanges. *Geodinamica Acta*, 26 (1-2), 56-67.

Molina, J.M., Alfaro, P., Moretti, M. and Soria, J.M. (1998). Soft-sediment deformation structures induced by cyclic stress of storm waves in tempestites (Miocene, Guadalquivir Basin, Spain). *Terra Nova*, 10 (3), 145-150.

Moretti, M. (1997). Le structure sedimentarie deformative. Studio delle modalità di deformazone e dell'origine attraverso esempi fossili e modellizzazione in laboratorio. Ph.D Thesis, *University of Bari*, Italy, 232 p.

Morrison, S.R. and Hein, F.J. (1987). Sedimentology of the White Channel Gravels, Klondike area, Yukon territory: fluvial deposits of a confined valley. (eds: F.G. Ethridge, R.M. Flores and M.D.Harvey), Recent Developments in Fluvial Sedimentology. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publications*, 39, 205-216.

Mosbrugger, V. and Utescher, T. (1997). The coexistence approach - A method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial paleoclimate data using the plant fossils. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 134, 61-86.

Mukhopadhyay, P. (1989). *Organic petrography and organic geochemistry of Tertiary coals from Texas in Relation to depositional environment and hydrocarbon generation.* Texas: Bureau of Economic Geology,118 p.

Mulder, T. and Alexander, J. (2001). The physical character of subaqueous sedimentary density flow and their deposits. *Sedimentology*, 48 (2), 269-299.

Murray, R.W., Bucholdz Ten Brink, M.R., Gerlach, D.C., Price Russ, G. and Jones, D.L. (1990). Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geology*, 18 (3), 268-271.

Murray, R.W., Bucholdz Ten Brink, M.R., Gerlach, D.C., Price Russ, G. and Jones, D.L. (1991). Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55 (7), 1875-1895.

Murray, R.W., Jones, D.L. and Bucholdz Ten Brink, M.R. (1992). Diagenetic formation of bedded chert: Evidence from chemistry of the chert-shale couplet. *Geology*, 20 (3), 271-274.

Nebert, K. (1960). Tavşanlı'nın batı ve kuzeyindeki linyit ihtiva eden Neojen sahasının mukayeseli stratigrafisi ve tektoniği. *Maden Teknik ve Arama Dergisi*, 54, 7-36.

Nebert, K. (1978). Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, Batı Anadolu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 90, 20-69.

Nemec, W. and Muszyński, A. (1982). Volcaniclastic alluvial aprons in the Tertiary of Sofia district (Bulgaria). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 52 (1-4), 239-303.

Nemec, W. and Steel, R.J. (1988). What is a fan delta and how do we recognize it? (eds: W. Nemec and R.J. Steel), Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings, *Blackie and Son*, 3-13.

Nichols, G.J. and Uttamo, W. (2004). Sedimentation in a humid, interior, extensional basin: The Cenozoic Li Basin, northern Thailand. *Journal of Geological Society*, 162 (2), 333-347.

O'Keefe, J.M.K. (2008). Paleogene Mirelands of the Upper Mississippi embayment, western Kentucky, PhD Thesis, *University of Kentucky*, 626 p.

Oikonomopoulos, I.K., Kaouras, G., Tougiannidis, N., Ricken, W., Gurk, M. and Antoniadis, P. (2015). The depositional conditions and the palaeoenvironment of the Achlada xylite-dominated lignite in western Makedonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 440, 777-792.

Okay, A.İ. (1981). Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavişist metamorfizması (Tavşanlı-Kütahya). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni.* 24, 85-95.

Okay, A.İ. (1986). High-pressure/low-temperature metamorphic rocks of Turkey. (eds: B.W. Evans and E.H. Brown), *Blueschists and Eclogites.* American Association of Petroleum Geologists, 333-347.

Okay, A.İ., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2 (1), 83-121.

Okay, A.İ., Siyako, M. and Bürkan, K.A. (1991). Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula. *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, 44 (1), 191-255.

Okay, A.İ. ve Siyako, M. (1993). İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara neo-tetis kenedinin yeni konumu. *Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri, Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli*, Ankara, 333-355.

Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. and Akyüz, S. (1996). Paleo and Neo-Tethyan events in NW Turkey: Geologic and geochronologic constraints. (eds: A. Yin and T.M. Harrison), *The Tectonic Evolution of Asia, World and Regional Geology*, 420-441.

Okay, A.İ., Harris, N. B. W. and Kelley, S. P. (1998). Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in northwest Turkey. *Tectonophysics*, 285, 275-299.

Okay, A.İ. and Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of Northern Turkey. (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen. *Geological Society of London Special Publications*, 156, 475-515.

Okay, A.İ. and Satır, M. (2000). Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in NW Turkey. *Geological Magazine,* 137, 495-516.

Okay, A.İ. and Göncüoğlu, M.C. (2004). The Karakaya Complex: A review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.

Okay, A.İ., Satır, M. and Siebel, W. (2006). Pre-Alpide orogenic events in the Eastern Mediterranean region. (eds: D.G. Gee and R.A. Stephenson), *European Lithosphere Dynamics, Geological Society Memoirs 32*, 389-405.

Oskay, R.G., Christanis, K., İnaner, H., Salman, M. and Taka, M. (2016). Palaeoenvironmental reconstruction of the eastern part of the Karapınar-Ayrancı coal deposit (central Turkey). *International Journal of Coal Geology,* 163, 100-111.

Owen, G. (1996). Experimental soft-sediment deformation: structures formed by the liquefaction of unconsolidated sands and some ancient examples. *Sedimentology*, 43 (2), 279-293.

Önen, A.E and Hall, R. (1993). Ophiolites and related metamorphic rocks from the Kütahya region, NW Turkey. *Geological Journal*, 28 (3-4), 399-412.

Özkul, M. (1988). Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler. Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Elazığ, 186 s.

Özocak, R. (1971). Kepsut - Serçeören ve Örenli köyleri (Pb-Zn-Cu) prospeksiyon raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 1441.

Özpeker, I. ve İnan, K. (1978). Batı Anadolu borat yataklarında izlenen mineral birliklerinin yatak evrimiyle ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21 (1), 1-10.

Palmer, B.A. and Shawkey, E.P. (2001). Lacustrine-fluvial transitions in a small intermontane valley, Eocene Challis volcanic field, Idaho. (eds: J.D.L. White and N.R. Riggs), Volcaniclastic Sedimentation in Lacustrine Settings, *Blackwell Science*, 99-118.

Pehlivan, Ş., Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A. ve Akçay, A.E. (2007). Balıkesir İ19 paftası jeoloji haritası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.

Pe-Piper, G., Piper , D.J.W., Kotopouli, C.N. and Panagos, A.G. (1995). Neogene volcanoes of Chios, Greece: the relative importance of subduction and back-arc extension. *Geological Society of London Special Publications*, 81, 213-232.

Pe-Piper, G. and Piper, D.J.W. (2001). Late Cenozoic, post-collisional Aegean igneous rocks: Nd, Pb and Sr isotopic constraints on petrogenetic and tectonic models. *Geological Magazine*, 138 (6), 653-668.

Petersen, H.I. and Nielsen, L.H. (1995). Controls on peat accumulation and depositional environments of a coal-bearing coastal plain succession of a pull-apart basin; a petrographic, geochemical and sedimentological study, Lower Jurassic, Denmark. *International Journal of Coal Geology*, 27 (2-4), 99-129.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R. (1973). *Sand and Sandstone* . New York: Springer-Verlag, 618 p.

Philippson, A. (1910). *Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien*. Gotha: Erganzungsheft Nr. 167, 104 p.

Philippson, A. (1918). *Kleinasien. Handbuch der regionalen Geologie.* Heidelberg: C. Winters universitätsbuchhandlung, 183 p.

Pivnik, D.A. (1990). Thrust-generated fan-delta deposition: Little Muddy Creek Conglomerate, SW Wyoming. *Journal of Sedimentary Research*, 60 (4), 489-503.

Platt, N.H. and Wright, V.P. (1991). Lacustrine carbonates: Facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects. (eds: P. Anadon, L. Cabrera, K. Kelts), Lacustrine Facies Analysis. *International Association of Sedimentologists Special Publications*, 13, 57-74.

Qi, H.W., Hu, R.Z., Su,W.C., Qi, L. and Feng, J.Y. (2004). Continental hydrothermal sedimentary siliceous rock and genesis of superlarge germanium (Ge) deposit hosted in coal: A study from the Lincang Ge deposit, Yunnan, China. *Sciences in China Series D: Earth Sciences*, 47, 973-984.

Qi, H.W., Hu, R.Z. and Qi, L. (2005). Experimental study on the interaction between peat, lignite and germanium-bearing solution at low temperature. *Sciences in China Series D: Earth Sciences*, 48, 1411-1417.

Querol, X., Chinenon, S. and Lopez-Soler, A. (1989). Iron sulphide precipitation sequence in Albian coals from the Maestrazgo Basin, southeastern Iberian Range, northeastern Spain. *International Journal of Coal Geology*, 11 (2), 171-189.

Raask, E. (1985). The mode of occurance and concentration of trace elements in coal. *Progress in Energy Combustion Science*, 11 (2), 97-118.

Ramos-Guerrero, E., Berrio, I., Fernos, J. J. and Moragues, L. (2000). The Middle Miocene Son Verdera lacustrine-palustrine system, Santa Margalida Basin, Mallorca. (eds: E.H. Gierlowski-Kordesh, K.R. Kelts), *Lake Basins Through Space and Time, American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology*, 46, 441-448.

Reading H.G. and Collinson, J.D. (1996). Clastic coast. (ed. H.G. Reading), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 154-228, Blackwell Scietific Publications, Oxford, 687 p.

Reineck, H.E. and Singh I.B. (1975). *Depositional Sedimentary Environments,* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. 643p.

Rimmer S.A. (1991). Distributions and associations of selected trace elements in the lower Kittanning seam, western Pennsylvania, USA. *International Journal of Coal Geology*, 17 (3-4), 189-212.

Ring, U., Gessner, K., Güngör, T. and Passchier, C.W. (1999). The Menderes Massif of western Turkey and the Cycladic Massif in the Aegean – Do they really corelate? *Journal of the Geological Society*, 156 (1), 3-6.

Robertson, A.H.F. and Ustaömer, T. (2008) Formation of the Late Palaeozoic Konya Complex and comparable units in southern Turkey by subduction-accretion processes: Implications for the tectonic development of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *Tectonophysics*, 473 (1), 113-148.

Romberg, H. (1940). Soma'da Etibank hesabına yapılmış olan linyit sondajları hakkında muvakkat rapor. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 1054.

Rossetti, D.F. and Goes, A.M. (2000). Deciphering the sedimentological imprint of paleoseismic events: an example from the Aptian Codó Formation, northern Brazil. *Sedimentary Geology*, 135 (1-4), 137-156.

Rust, B.R. (1978). Depositional models for braided alluvio. (ed: A.D. Miall), *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists, 605-625.

Sagri, M., Abbate, E. and Bruni, P. (1989). Deposits of ephemeral and perennial lakes in the Tertiary Daban Basin (northern Somalia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 70 (1-3), 225-233.

Scott, A.C. (2002). Coal petrology and the origin of coal macerals: A way ahead? *International Journal of Coal Geology*, 50 (1-4), 119-134.

Scruton, P.C. (1960). Delta building and the deltaic sequence. (eds. F.P. Shepard, F.B. Phleger, T.H. van Andel), Recent sediments, NW Gulf of Mexico, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 82-102.

Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in W Turkey. *Geological Magazine*, 128 (2) ,155-166.

Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. (1992). The age of Büyük Menderes Graben (W Turkey) and its tectonic implications. *Geological Magazine*, 129 (2), 239-242.

Seyitoğlu, G., Scott, B.C. and Rundle, C.C. (1992). Timing of Cenozoic extensional tectonics in W Turkey. *Journal of the Geological Society*, 149, 533-538.

Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. (1996). The age of the Alaşehir Graben (W Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, 31 (1), 1-11.

Seyitoğlu, G., Tekeli, Ö., Çemen, İ., Şen, Ş. and Işık, V. (2002). The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. *Geological Magazine*, 139 (1), 15-26.

Simons, D.B., Richardson, E.V. and Nordin, C.F. (1965). Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. (ed: G.V. Middleton), *Primary Sedimentary Structures and Their Hydrodinamic Interpretation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 12, 34-42.

Smirnov, V.I. (1977). *Ore deposits of the USSR*. London: Pitman Publishing, 1286 p.

Smith, G.A. (1986). Coarse-grained nonmarine volcaniclastic sediment: Terminology and depositional process. *Geological Society of America Bulletin*, 97 (1), 1-10.

Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10 (2), 51-67.

Sözbilir, H. (2002). Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*,15 (5-6), 277-288.

Spakman,W., Wortel, M.R.J. and Vlaar, N.J. (1988). The Hellenic Subduction Zone: A tomographic image and its geodynamic implications. *Geophysical Research Letters*, 15 (1), 60-63.

Spears, D.A. and Caswell, S.A. (1986). Mineral matter in coals: cleat minerals and their origin in some coals from the English Midlands. *International Journal of Coal Geology*, 6 (2), 107-125.

Stach. E., Mackowsky, M.T., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. and Teichmüller, R. (1982). *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 535 p.

Stampfli, G.M. and Kozur, H.W. (2006). Europe from the Variscan to the Alpine cycles. (eds: D.G. Gee and R.A. Stephenson), European Lithosphere Dynamics. *Geological Society of London Memoirs*, 32 (1), 57-82.

Surdam, R.C. and Stanley, K.O. (1979). Lacustrine sedimentation during the culminating phase of Eocene Lake Gosiute, Wyoming (Green River Formation). *Geological Society of America Bulletin*, 90 (1), 93-110.

Swaine, D. J. (1990). *Trace Elements in Coal*. London: Butterwarh, 278 p.

Sykorová, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G. H. and Flores, D. (2005). Classification of huminite-ICCP System 1994. *International Journal of Coal Geology*, 62 (1-2), 85-106.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. (eds: K. Biddle, N. Christie-Blick), *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 37, 227-264.

Şengör, A.M.C. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: Examples from western Turkey. (eds: M.P. Coward, J.F. Dewey, P.L. Hancock), *Continental Extensional Tectonics*, Geological Society Special Publications, 28 (1), 575-589.

Takahashi, E. and Jux, U. (1991). Miocene palynomorphs from lignites of Soma Basin (W Anatolia, Turkey). Nagasaki University Natural Science, *Bulletin Faculty of Liberal Arts*, 32 (1), 7-165.

Tan, T., Ertürk, İ., Bekmezci, F. ve Altınay, A. (2008). Manisa - Soma - Eynez, İzmir - Kınık - Yaylaköy sahası "05.04.2007" tarihli sözleşme raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 11096.

Tavlan, M., Thorne, R. and Herrington, R.J. (2011). Uplift and lateritization history of the Çaldağ ophiolite in the context of Neo-Tethyan ophiolite obduction and uplift: implications for the Cenozoic weathering history of western Anatolia. *Journal of the Geological Society*, 168 (4), 927-940.

Taymaz, T., Jackson, J.A. and McKenzie, D.P. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106 (2),433-490.

Teichmuller, M. (1974). Entstehung und Veränderung bituminöser Substanzen in Kohlen in Beziehung zur Entstehung und Umwandlung des Erdols. *Fortschritte Geologie Rheinland,* Westfalen, 24, 54-112.

Tekin, U.K., Göncüoğlu, M.C. and Turhan, N. (2002). First evidence of Late Carnian radiolarians from the İzmir-Ankara suture complex, central Sakarya, Turkey: implications for the opening age of the İzmir-Ankara branch of Neo-Tethys. *Geobios,* 35 (1), 127-135.

Teng, G. E., Hui, L. W., Xu, Y. C. and Chen, J. F. (2005). Correlative study on parameters of inorganic geochemistry and hydrocarbon source rocks formative environment. *Advanced Earth Sciences,* 20 (2), 193-200.

Teodoridis, V., Kovar-Eder, J., Marek, P., Kvaček, Z. and Mazouch, P. (2011). The integrated plant record vegetation analysis:internet platform and online application. *Historia Naturalis,* 67, 159-165.

Thomas, L. (2002). *Coal Geology 2nd Edition*. England: West Sussex, Wiley, 444 p.

Thomson, S.N. and Ring, U. (2006). Thermochronologic evaluation of post-collision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. *Tectonics,* 25 (3), TC3005.

Tirel, C., Gueydan, F., Tiberi, C. and Brun, J.P. (2004). Aegean crustal thickness inferred from gravity inversion. Geodynamical implications. *Earth and Planetary Science Letters,* 228 (3-4), 267-280.

TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu) Sektör Raporu. (2015). Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 90 s.

Todd, S.P. (1989). Stream-driven, high-density gravelly traction carpets: possible deposits in Trabeg Conglomerate Formation, SW Ireland and theoretical consideration or their origin. *Sedimentology*, 36 (4), 513-530.

Toprak, S. (2009). Petrographic properties of major coal seams in Turkey and their formation. *International Journal of Coal Geology*, 78 (4), 263-275.

Tucker, M.E. (1991). *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks.* Oxford: Blackwell Science, 260 p.

Tuncalı, E., Çiftçi, B., Yavuz, N., Toprak, S., Köker, A., Gencer, Z., Ayçık, H. ve Şahin, N. (2002). *Türkiye Tersiyer Kömürlerinin Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri.* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 402 s.

Türkmen, İ. (1993). Gemerek (Sivas) dolaylarının Neojen çökelleri üzerinde sedimantolojik incelemeler. Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Elazığ, 171 s.

Türkmen, İ., Koç Taşgın, C., Avşar, N. and Aksoy, E. (2011). Alibonca Formasyonu'nun (Üst Oligosen-Alt Miyosen) sedimantolojik özellikleri (Arapgir-Yoncalı-Malatya). *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 32 (3), 235-254.

Udo, I.G. and Mode, A.W. (2013). Sedimentary facies analysis of conglomerate deposits in Northeastern part of Akwa Ibom State, Niger Delta Basin, Nigeria. *The International Journal of Engineering and Science*, 2 (11), 79-90.

Ünalan, G. (2010). *Kömür Jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara: Eğitim serisi: 41, 556 s.

Van Loon, A.J. and Brodzikowski, K. (1987). Problems and progress in the research on soft-sediment deformations. *Sedimentary Geology*, 50 (1-3), 167-193.

Vanneste, K., Meghraoui, M. and Camelbeek, T. (1999). Late Quaternary earthquake-related soft-sediment deformation along the Belgian portion of the Feldbiss Fault, Lower Rhine Graben system. *Tectonophysic*, 309 (1-4), 57-79.

Vassilev, S.V., Eskenazy, G.M., Tarassov, M.P. and Dimov, V.I. (1996). Mineralogy and geochemistry of a vitrain lens with unique trace element content from the Vulche Pole coal deposit, Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 25 (3-4), 111-124.

von Eynatten, H., Tolosana-Delgado, R., Karius, V., Bachmann, K. and Caracciolo, L. (2016). Sediment generation in humid Mediterranean setting: Grain-size and source-rock control on sediment geochemistry and mineralogy (Sila Massif, Calabria). *Sedimentary Geology*, 336, 68-80.

Walker, R.J.G. and Cant, D.J. (1979). Sandy Fluvial Systems. (ed: R.J.G. Walker), Facies Models, *Geoscience Canada Reprint Series*, 1, 23-31.

Ward, C.R. (1984). *Coal Geology and Coal Technology*. USA: Blackwell Scientific Publications, 352 p.

Ward, C.R. (2002). Analysis and significance of mineral matter in coal seams. *International Journal of Coal Geology*, 50 (1-4), 135-168.

Ward, C.R. (2016). Analysis, origin and significance of mineral matter in coal: An updated review. *International Journal of Coal Geology*, 165 (1), 1-27.

Weber, J.N. (1973). *Geochemistry of Germanium*. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson and Ross, 466 p.

Wedding, H., (1957). Çan/Çanakkale'deki linyit zuhuruna ait bir etüt hakkında ön rapor. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No: 2960.

Westaway, R. (1994). Evidence for dynamic coupling of surface processes with isostatic compensation in the lower crust during active extension of western Turkey. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 99 (B10), 20203-20223.

Wing, S., Ash, A., Ellis, B., Hickey, L.J., Johnson, K. and Wilf, P. (1999). *Manual of Leaf Architecture, Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms*. Washington DC*:* Department of Paleobiology Smithsonian Institution, 65 p.

Wright, J., Schrader, H. and Holser, W.T. (1987). Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51 (3), 631-644.

Wysocka, A. and Świerczewska, A. (2010). Lithofacies and depositional environments of Miocene deposits from tectonically-controlled basins (Red River Fault Zone, northern Vietnam). *Journal of Asian Earth Sciences*, 39 (3), 109-124.

Yakupoğlu, T., Bayhan, E. ve Gençoğlu, H. (1996). Çukurören (Mihalıççık-Eskişehir) yöresindeki Neojen yaşlı kayaçların kil minerolojisi, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 18, 71-86.

Yılmaz, İ. (1971). Balıkesir J20-d4, İ20-d3, d4, J20-a1, a2 paftalarının jeoloji incelemesi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,* Rapor No; 6837.

Yılmaz, İ. (1977). Bigadiç bölgesi bazaltik volkanizmasının mutlak yaşı. *TÜBİTAK Doğa ve Temel Bilimler Dergisi,* 1 (6), 210-212.

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak , Ş. and Elmas, A. (2000). When did the Western Anatolian grabens begin to develop? (eds: E. Bozkurt, J.A. Winchester and J.D.A. Piper), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, Geological Society Special Publications,* 173, 353-384.

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z. and Altunkaynak, Ş. (2001). Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics,* 31 (3), 243-271.

Yılmaz, Y. and Karacık, Z. (2001). Geology of the northern side of the Gulf of Edremit and its tectonic significance for the development of the Aegean grabens. *Geodinamica Acta*, 14 (1-3), 31-43.

Zhang, S.L., Yin, J.S. and Wang, S.Y. (1988). Study on existent forms of germanium in coal, Bangmai Basin, Yunnan. *Acta Sedimentologica Sinica,* 6 (3), 29-40.

Zhao, C., Liu, B., Ma, J., Liu, S. And Blokhin, M.G. (2017). Occurrence of rubidium and cesium in Iqe coal, Qinghai-Tibet Plateau: Evidence from sequential chemical extraction experiment. *Energy Exploration & Exploitation*, 35 (3) 376-387.

Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M. and Liu, J.Z. (1998a). Lincang superlarge germanium deposit in Yunnan Province, China: sedimentation, diagenesis, hydrothermal process and mineralization. *Journal of China University of Geosciences*, 9 (2), 129-136.

EKLER

İSAALAN (KEPSUT) - ODAKÖY (DURSUNBEY) YÖRELERİNİN JEOLOJİ HARİTASI VE ENİNE KESİTLERİ

Açıklamalar

- Qal — Alüvyon (Kuvaterner)
- Qd — Dededağ Bazaltı (Pliyosen)
- *Uyumsuzluk*
- Tra — Rahmanlar Aglomerası (Üst Miyosen - Pliyosen)
- Tyu — Yuntdağ Volkanitleri (Alt Miyosen)
- Tms — Soma Formasyonu (Alt Miyosen)
- *Uyumsuzluk*
- Tçg — Çataldağ Plütonu (Alt Miyosen)
- Ky — Yayla Melanjı (Üst Kretase)
- *Tektonik Dokanak*
- TrKk — Karakaya Formasyonu (Permo-Triyas)
- *Tektonik Dokanak*
- Pzmr / Pzf — Fazlıkonağı Formasyonu (Paleozoyik)

İşaretler

- Dokanak
- Normal Fay
- Bindirme
- Kesit Yönü
- Kızıl T. — Tepe
- Asfalt Yol
- 15 — Eğim, Doğrultu
- Kıvrım Ekseni (Senklinal)
- Akarsu
- Yerleşim Yeri

K B D G

0 5 km.

EK - A

Sondaj Logları, Ölçülü Kesitler ve Fasiyeslerle İlgili Açıklamalar

Fasiyes No	Fasiyes	Fasiyes Kodu	Sembol	Tanım ve Açıklama	Yorum
Litofasiyes - 1	Matriks destekli konglomeralar	Gms		Grimsi yeşil renklerde, çoğunlukla kum ve çamur matriksli, ortalama 80 cm kalınlıklarda organize olmamış matriks destekli	Moloz akması
Litofasiyes - 2	Tane destekli konglomeralar	Gm		Kahverengimsi boz renklerde, tane destekli yer yer dereceli yer yer de masif, orta- kötü boylanmış, ortalama 2-3 m. kalınlıklarda	Zengin taneli moloz akmaları
Litofasiyes - 3	Çakıllı kumtaşları	Sm (g)		Karbonat ve kil çimentolu, saçılı halde ofiyolit, şist ve mermer çakılları içeren, çakıl tane boyları 0,5-2 cm arasında, gri-yeşilimsi gri	Akarsu yataklarında sellenme sonu yatak yükü kum yaygıları
Litofasiyes - 4	Masif kumtaşları	Sm		Gri-boz renkli, kısmen zayıf çimentolu, orta derecede boylanmış ve yuvarlaklaşmış, ortalama tabaka kalınlığı 2-3 m.	Türbülanslı ve yüksek yoğunluklu türbidit akıntıları ya da dispers basınçların meydana getirdiği tane akıntıları ile oluşan çökeller
Litofasiyes - 5	Dereceli kumtaşları	Sng		Çoğunlukla gri ve boz renkli, aşınmalı tabanlı, yer yer masif görünümlü, tabanına yakın kesimlerde kömürleşmiş odun parçalı. Bouma Ta seviyesi	Türbülanslı ve yüksek yoğunluklu türbidit akıntıları Bouma Ta seviyesi
Litofasiyes - 6	Laminalı kumtaşları	Sh		Laminalı-tabakalı, ince-orta taneli, lamina düzlemlerine paralel dizilmiş ince çakıl seviyeleri, tabaka kalınlıkları 25-30 cm.	Üst akıntı rejimi sığ yaygı akıntılarına ait yatak yükü çökelleri ya da düşük yoğunluklu türbidit akıntıları
Litofasiyes - 7	Kaba kum arakatkılı silttaşı	SF		Gri renkli, silttaşı tabakaları ortalama 40-45 cm, kumtaşı düzeyleri ise maksimum 1-2 cm, bitki kırıntılı	Düşük enerjili ortamda süspansiyon seklinde çökelen bar üstü ve set üstü tortulları
Litofasiyes - 8	İnce kum - silttaşı ardalanması	Ss		Ortalama kalınlığı 1-1,5 m. gri, yeşilimsi gri renkli ve yer yer ince taneli kumtaşı ara seviyeleri içerir	Periyodik olarak zaman zaman göle giren düşük hızlı akıntılar ile ilişkili çökeller
Litofasiyes - 9	Masif çamurtaşı	Fm		Yer yer çakıl serpintileri ve kömürleşmiş bitki parçaları ve kökleri içeren yeşilimsi gri renkli. Tabaka kalınlıkları ortalama 2-3 m.	Sellenme ve enerjinin azaldığı süspansiyon şeklinde çökelmenin fazla olduğu, akarsu-bataklık ya da sığ göl çökelleri
Litofasiyes - 10	Organik malzemeli kiltaşı	FC		Siyahımsı boz renkli, orta-kalın tabakalı, bol bitki kırıntısı ve organik malzemeli	Otokton bitki kalıntıları içeren kırıntılı malzeme geliminin az olduğu bataklık veya kıyı ovaları ile ilişkili sığ su çökelleri
Litofasiyes - 11	Gri - yeşil kiltaşları	Fmc		Yeşilimsi-gri renkli, masif ve yer yer tabakalı bazı seviyelerinde bol bitki kırıntıları balık fosilleri ve dal parçaları, ortalama kalınlığı 4-5 m.	Taşkınlar sırasında oluşan pond veya göl çökelleri.
Litofasiyes - 12	Sarı-bej laminalı kiltaşları	Fl		Sarı-bej renkli, bazı seviyelerinde bol oranda yaprak dal parçaları ve balık fosilleri, laminalı	Sığ su kıyı yakını karbonat bankı çökelleri
Litofasiyes - 13	Masif marnlar	Ma		Masif, açık gri konkoidal kırınımlı, ortalama kalınlık 4m.	Açık gölde kırıntılı getiriminin az karbonat çökeliminin fazla olduğu dönemlerde süspansiyon çökelleri
Litofasiyes - 14	Kireçtaşları	Lm		Masif, açık bej renkli, grimsi-kahve çört nodülleri içeren, bazı seviyeleri yoğun oranda boşluklu kireçtaşı	Karbonat çamuru içeren düşük enerjili sığ gölsel çökelleri.
Litofasiyes - 15	Pizolitli killi kireçtaşları	Clm		5cm'yi bulan pizolitlerle birlikte bol miktarda oolit ve yer yer kömürleşmiş bitki parçalı, Gri-koyu gri renkli	Sığ, düşük seviyeli göllerde kısmen yüksek enerjili ortam çökelleri
Litofasiyes - 16	Kömür	C		10 m. kalınlığa kadar gözlenen, masif, yer yer tabakalı kömürleşmiş ağaç gövdeleri ve bol bitki kalıntısı	Çeşitli vejetasyonlar içeren bataklık çökelleri
Litofasiyes - 17	Tüf - tüfit	Ts		Bej renkli, tabakalı	Piroklastik yağma çökelleri

Fosil İçeriği

Ostracod'lar
Candona (Neglecandona) decimai
Candona (Pseudocandona) sp.
Candona parallela pannonic
Chara oogon
Heterocypris salina

Spor ve Polenler

Alnipollenites verus (Alnus)
Baculatisporites nanus (Osmunda)
Baculatisporites primarius (Osmunda)
Cupressacites bosckwitzensis (Cupressaceae)
Cyacadopites spp. *(Cycadaceae)*
Dicolpopollis kockelii
Inaperturopollenites hiatus (Taxodium)
Inaperturopollenites magnus
Laevigatosporites haardti (Polypodiaceae)
Momipites punctatus (Engelhardia)
Momipites quietus (Engelhardia)
Pityosporites microalatus
Pityosporites sp.
Plicapollis pseuoexcelsus
Quercopollenites asper
Tricolpopollenites densus
Tricolpopollenites microhenrici (Quercus)
Tricolporopollenites cingulum (Castanea)
Tricolporopollenites megaexactus
Verrucatosporites favus

Vejetasyon
Aceraceae-*Acer* (Samaras),
Betulaceae-*Alnus* sp.,
Comptonia sp.
Daphnogene polymorpha (Lauraceae),
Dicotylophyllum spp.
Fagaceae-*Fagus* sp.
Fagaceae-*Quercus kubinyii*
Fagaceae-*Quercus mediterranean*
Fagaceae-*Quercus*,
Glyptostrobus europaus (Glyptostrobus)
Juglandaceae-*Engelhardia*
Myricaceae-*Myrica* sp.
Pinaceae-*Sequoia* sp.
Typha
Ulmaceae-*Ulmus* sp.
Ulmaceae-*Zelkova*
Zelkova zelkovifolia (Ulmaceae)

Sedimanter Yapılar, Biyota ve Diğer İşaretler

- Yatay Laminasyon
- Derecelenme
- Yumuşak Çökel Deformasyon Yapıları
- < > Merceksi Geometri
- Oolit, Pizolit
- Tane boyu yukarıya doğru incelen
- Tane boyu yukarıya doğru kabalaşan
- Kömürleşmiş bitki parçası
- Yaprak fosili
- Bitki kökleri
- Silisleşmiş, kömürleşmiş ağaç gövdeleri
- ★ Örnek alım noktaları

Litoloji: Kil, Silt, Kum (ince, orta, kaba), Çakıl (1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 10 cm, 15 cm)

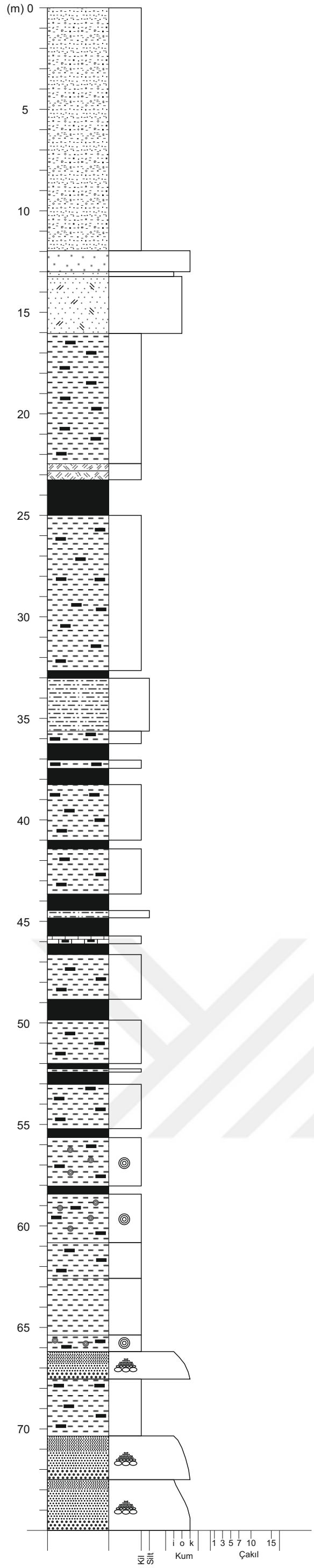
Yatay Ölçek

1/200

Düşey Ölçek

Sedimanter fasiyeslerin tanım ve yorumları (Miall 1977, 1996; Horton ve Schmitt, 1996; Sohn, 1996; Türkmen ve Kerey, 2000; Ramos, 2001; Koç Taşgın vd. 2012; Liu vd. 2017; Shettima vd. 2018)

EK - B



Bitkisel Toprak

Orta taneli kumtaşı
İnce taneli kumtaşı

Orta taneli tüflü kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Tüfit

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Silttaşı
Kömür
Organik malzemeli marn
Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kiltaşı
Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli pizolitli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli pizolitli kiltaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Kiltaşı

Organik malzemeli pizolitli kiltaşı

Dereceli kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Dereceli kumtaşı

Dereceli kumtaşı

ÖRTÜ KAYA

SiĞ GÖL (KIYI YAKINI)

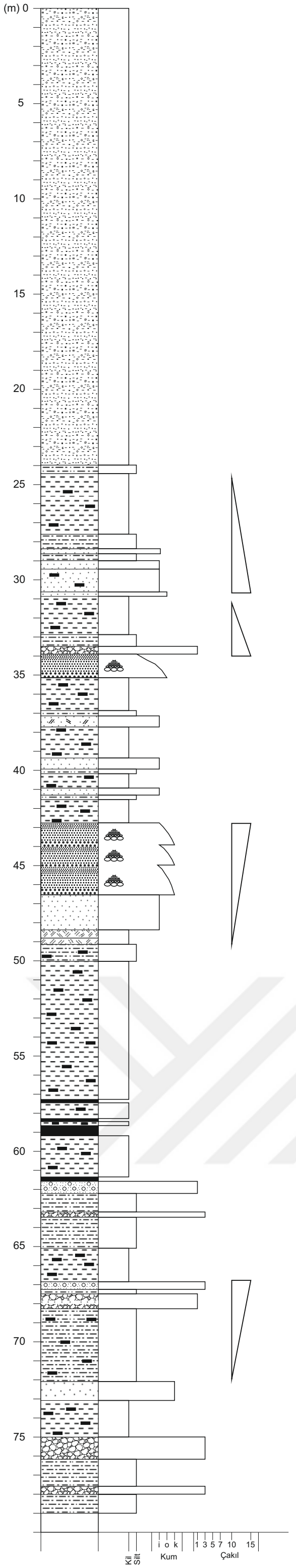
BATAKLIK

ARDALANMASI

DELTA ÖNÜ

SONDAJ KUYUSU 1 (SK-1)

x: 4397076	y: 612254	z: 515 m.	EK C1



Bitkisel Toprak

ÖRTÜ KAYA

Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Silttaşı
Orta taneli kumtaşı
Silttaşı
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kumtaşı

Orta taneli kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera

Dereceli kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Silttaşı
Tüfit

Organik malzemeli kiltaşı

Orta taneli kumtaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Orta taneli kumtaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı

Dereceli kumtaşı

Orta taneli kumtaşı

Tüfit
Organik malzemeli silttaşı

DELTA DÜZLÜĞÜ

Organik malzemeli kiltaşı

SIĞ GÖL (KIYI YAKINI) - BATAKLIK

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Matriks destekli polijenik konglomera
Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Matriks destekli polijenik konglomera
Tane destekli polijenik konglomera

Organik malzemeli silttaşı

Orta taneli kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

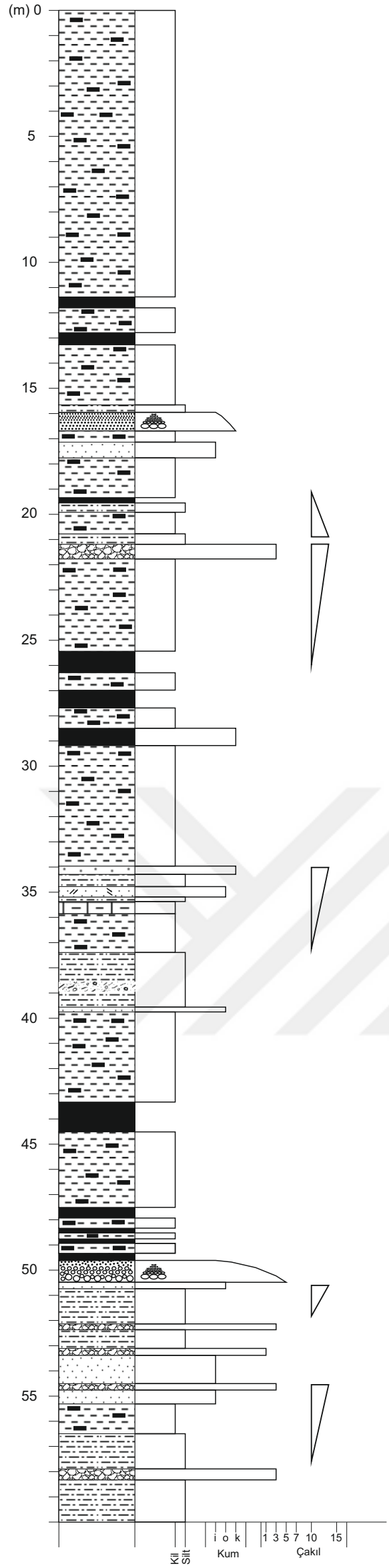
Tane destekli polijenik konglomera

Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Silttaşı

DELTA DÜZLÜĞÜ

SONDAJ KUYUSU 2 (SK-2)

x: 4397000	y: 612439	z: 513 m.	EK C2

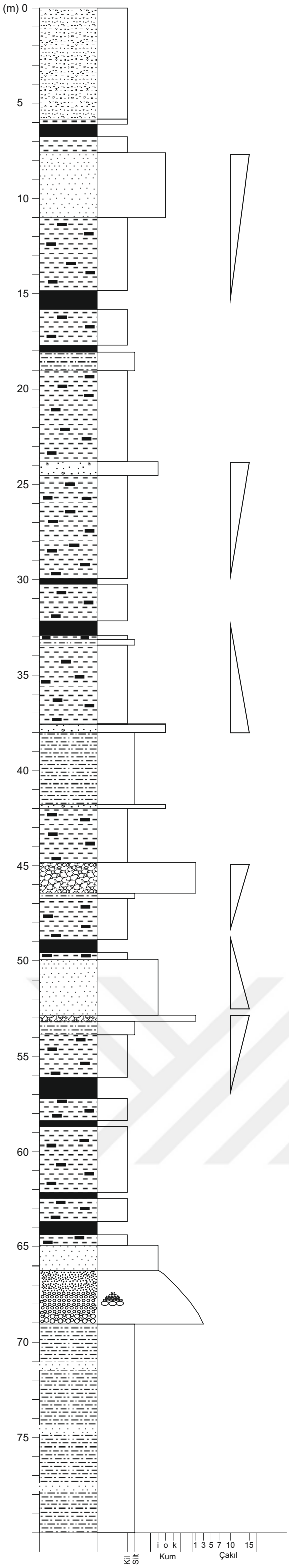


Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı
Dereceli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Orta taneli kumtaşı
Orta taneli tüflü kumtaşı
Marn
Organik malzemeli kiltaşı
Çakıl ara seviyeli silttaşı
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Dereceli konglomera
Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Orta taneli kumtaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Silttaşı

SIĞ GÖL (KIYI YAKINI)
BATAKLIK
DELTA DÜZLÜĞÜ
BATAKLIK
DELTA DÜZLÜĞÜ

SONDAJ KUYUSU 3 (SK-3)

x: 4397114	y: 612565	z: 515 m.	EK C3



Bitkisel Toprak

Kiltaşı
Kömür
Kiltaşı

Orta taneli kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Çakıl serpintili kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Çakıl serpintili kumtaşı

Silttaşı

Çakıl serpintili kumtaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Tane destekli polijenik konglomera

Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Organik malzemeli kiltaşı

Orta taneli kumtaşı

Tane destekli polijenik konglomera
Silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür

Organik malzemeli kiltaşı
Kömür

Organik malzemeli kiltaşı

Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Orta taneli kumtaşı

Dereceli konglomera-kumtaşı

İnce kum ara seviyeli silttaşı

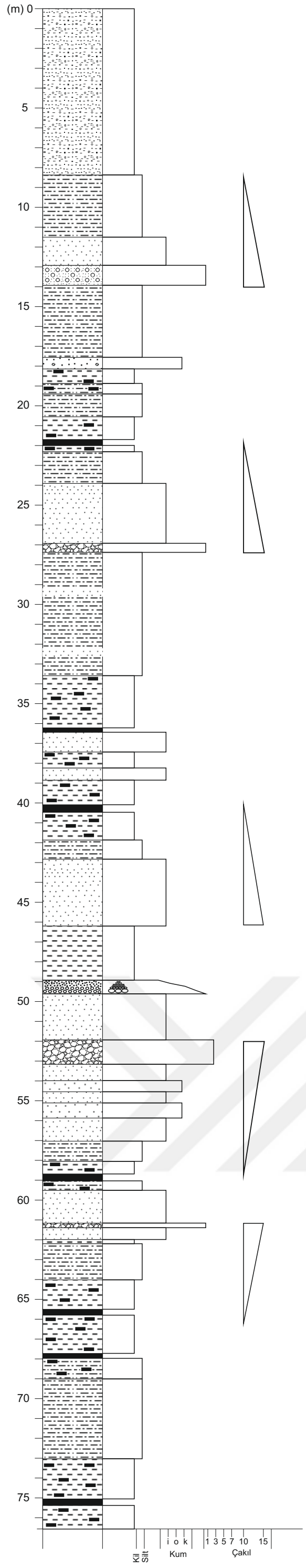
DELTA DÜZLÜĞÜ

BATAKLIK

DELTA ÖNÜ

SONDAJ KUYUSU 4 (SK-4)

x: 4397164	y: 612703	z: 517 m.	EK C4



Bitkisel Toprak

Silttaşı

Orta taneli kumtaşı

Matriks destekli polijenik konglomera

Silttaşı

Çakıl serpintili kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Organik malzemeli silttaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı

Orta taneli kumtaşı

Tane destekli polijenik konglomera

İnce kum ara seviyeli silttaşı

Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Orta taneli kumtaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Silttaşı

Orta taneli kumtaşı

Kiltaşı

Dereceli konglomera

Orta taneli kumtaşı

Tane destekli polijenik konglomera

Orta taneli kumtaşı
Kaba taneli kumtaşı
Orta taneli kumtaşı
Kaba taneli kumtaşı
Orta taneli kumtaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli silttaşı
Orta taneli kumtaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli silttaşı
Silttaşı
Organik malzemeli kiltaşı
Kömür
Organik malzemeli kiltaşı

ÖRTÜ KAYA

DELTA ÖNÜ

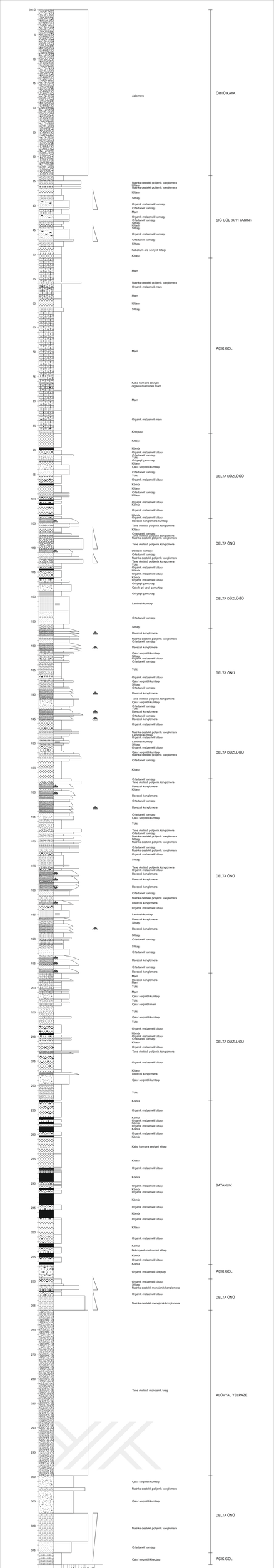
DELTA DÜZLÜĞÜ

DELTA ÖNÜ

DELTA DÜZLÜĞÜ

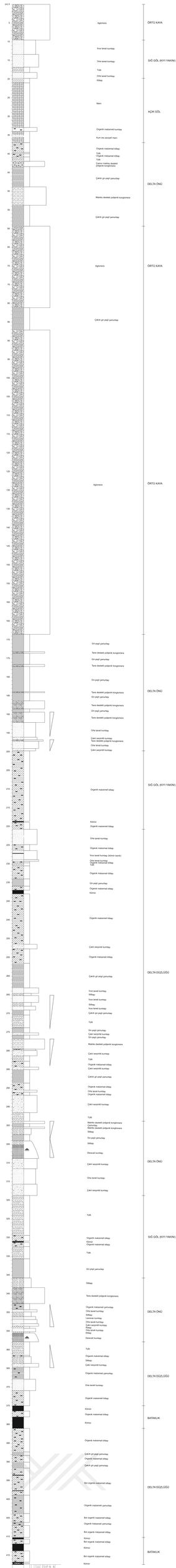
SONDAJ KUYUSU 5 (SK-5)

x: 4397083	y: 612737	z: 517 m.	EK C5

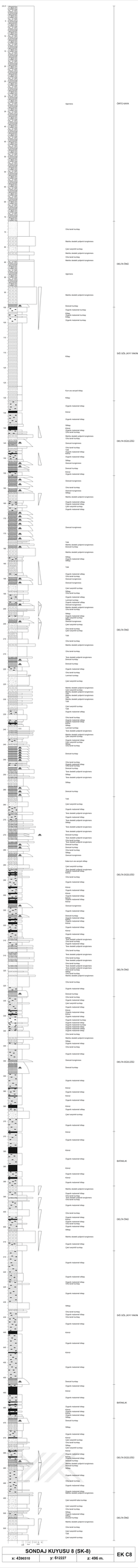


SONDAJ KUYUSU 6 (SK-6)

x: 4396666	y: 612087	z: 522 m.	EK C6



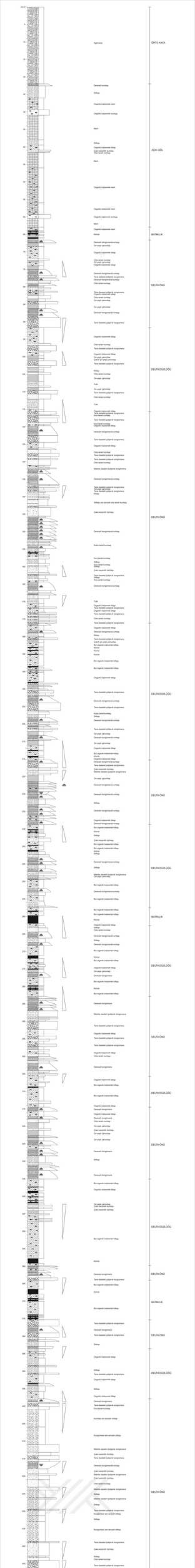
SONDAJ KUYUSU 7 (SK-7)			EK C7
x: 4396420	y: 612115	z: 493 m.	


Agrilmre
Orta tanal kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Orta tanal kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Agrilmre
Marlda destekli polijenik konglomera
Derecel kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kiltaşı
Kum ara seviyeli kiltaşı
Kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Orta tanal kumtaşı
Kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Derecel konglomera
Kömür
Derecel konglomera
Orta tanal kumtaşı
Kiltaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Derecel konglomera
Tüfit
Marlda destekli polijenik konglomera
Derecel kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Tüfit
Organik matermall kiltaşı
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Derecel konglomera
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Tüfit
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Kiltaşı
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Tüfit
Orta tanal kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Orta tanal kumtaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Derecel kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Orta tanal kumtaşı
Laminalı kumtaşı
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Tüfit
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Tüfit
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Kiltaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Derecel kumtaşı
Tüfit
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Derecel kumtaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Tane destekli polijenik konglomera
Derecel kumtaşı
Orta tanal kumtaşı
Kiltaşı
Derecel konglomera
Kalsi kum ara seviyeli kiltaşı
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Kiltaşı
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kiltaşı
Derecel kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Derecel kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Organik matermall kiltaşı
Tane destekli polijenik konglomera
Tane destekli polijenik konglomera
Orta tanal kumtaşı
Orta tanal kumtaşı
Marlda destekli polijenik konglomera
Orta tanal kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Derecel kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Çakıl aşınmlı kumtaşı
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kömür
Organik matermall kiltaşı
Kömür

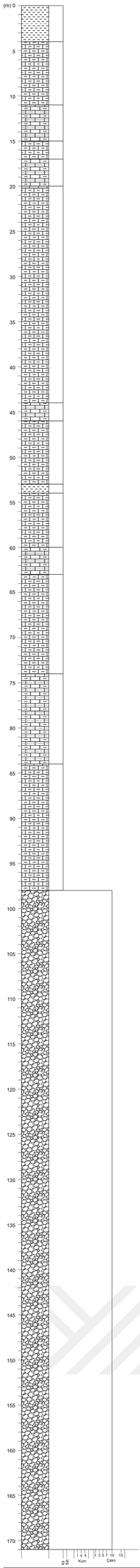
SONDAJ KUYUSU 9 (SK-9)

EK C9

x: 4396516 | y: 612385 | z: 494 m.

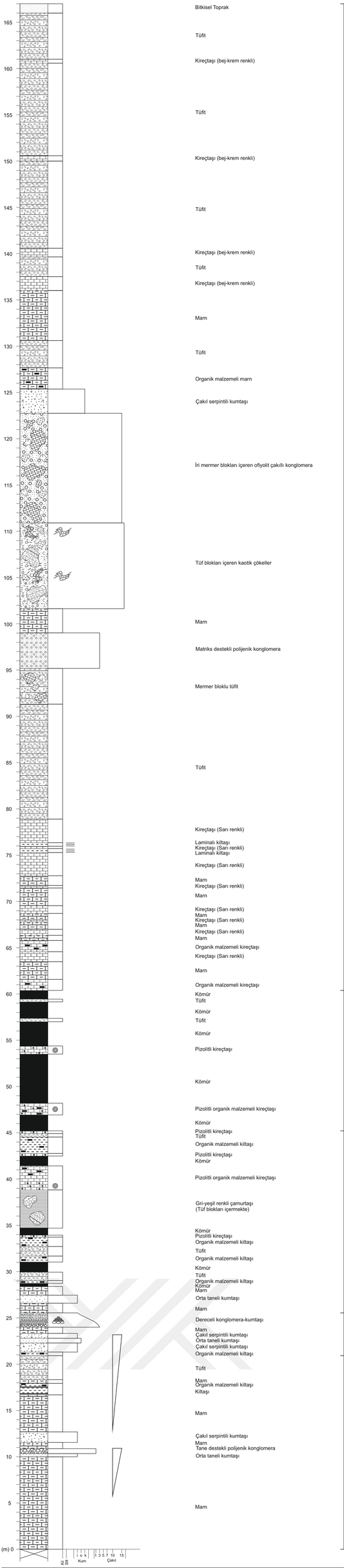


SONDAJ KUYUSU 10 (SK-10)			EK C10
x: 4396631	y: 612484	z: 515 m.	

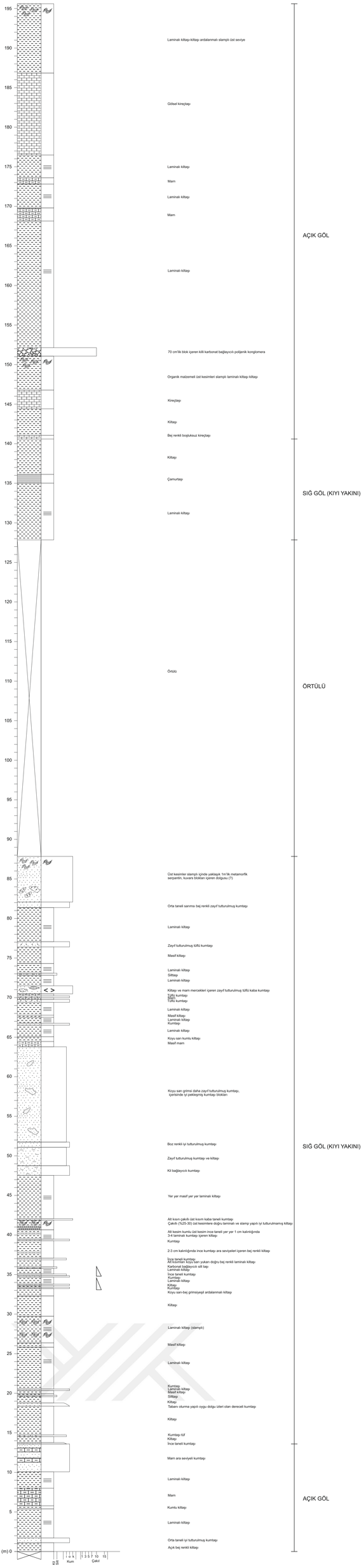


SONDAJ KUYUSU 11 (SK-11)

x: 4498826	y: 634175	z: 698 m.	EK C11

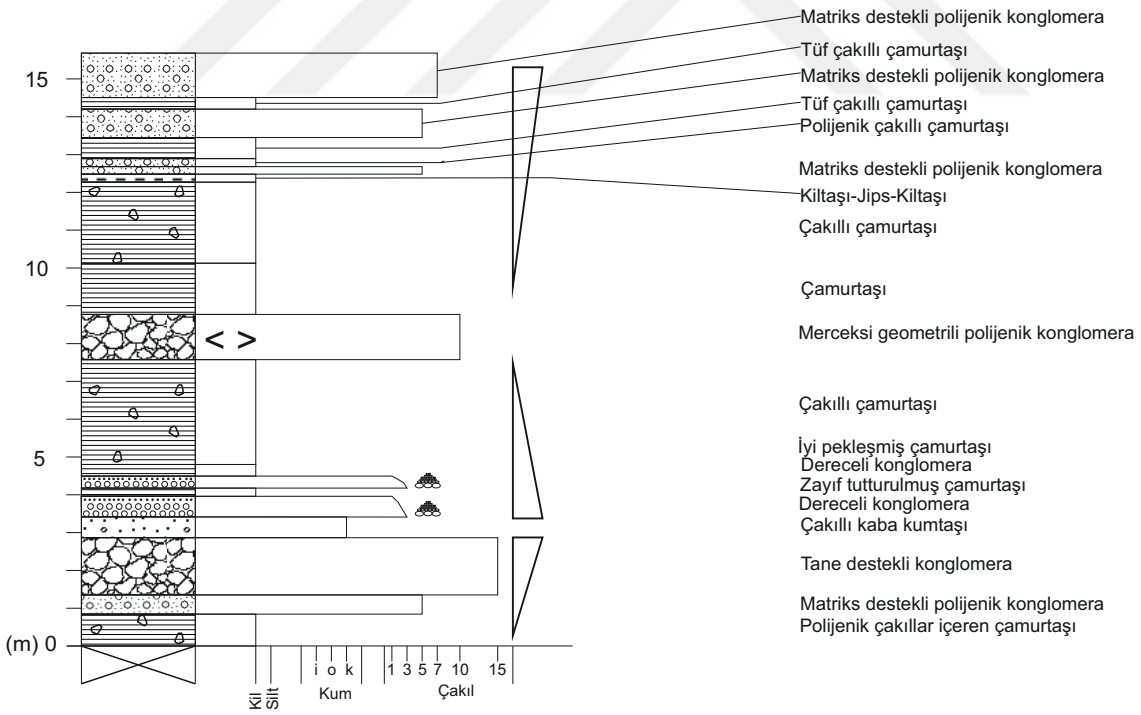


İSAALAN ÖSK			EK D1
x: 4396631	y: 612484	z: 515 m.	



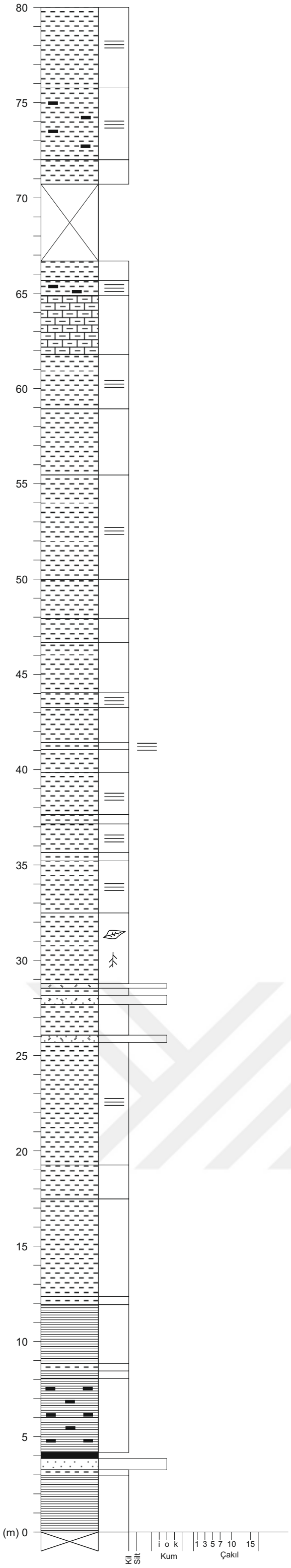
ŞABANLAR ÖSK

x: 4389402	y: 627967	z: 781 m.	EK D2



DELTA DÜZLÜĞÜ

VELİLER ÖSK			EK D3
x: 4388559	y: 626749	z: 650 m.	



Açık bej renkli kil-karbonat ardalanmalı laminalı kiltaşı

Bej renkli açık renkli organik malzeme ara seviyeli laminalı kiltaşı

Açık gri renkli laminalı kiltaşı

Örtülü

Masif kiltaşı

Organik malzemeli laminalı kiltaşı

Açık gri renkli marn

Laminalı koyu gri kiltaşı

Gri- açık gri renkli masif kiltaşı

Gri renkli laminalı kiltaşı

Bej renkli masif kiltaşı

Gri renkli masif kiltaşı

Açık bej renkli kiltaşı

Gri renkli laminalı kiltaşı

Açık bej renkli masif kiltaşı

Laminalı kiltaşı

Açık bej renkli masif kiltaşı

Koyu gri renkli laminalı kiltaşı

Açık gri renkli masif kiltaşı

Gri renkli laminalı kiltaşı

Gri reknli yaprak fosilli masif kiltaşı

Açık bej renkli laminalı kiltaşı

Bej renkli, yaprak fosilli masif kiltaşı

Kumlu tüf

Masif kiltaşı

Zayıf tutturulmuş tüflü kumtaşı

Masif kiltaşı

Zayıf tutturulmuş tüflü kumtaşı

Açık gri renkli yer yer laminalı masif kiltaşı

Masif kiltaşı

Zayıf tutturulmuş kiltaşı

Bej renkli kiltaşı

Çamurtaşı

Bol organik malzemeli kiltaşı
Organik malzemeli kumlu çamurtaşı

Organik malzemeli çamurtaşı

Kömür
Zayıf tutturulmuş organik malzemeli kumtaşı
Kömür emareli açık renkli kiltaşı

Çamurtaşı

AÇIK GÖL

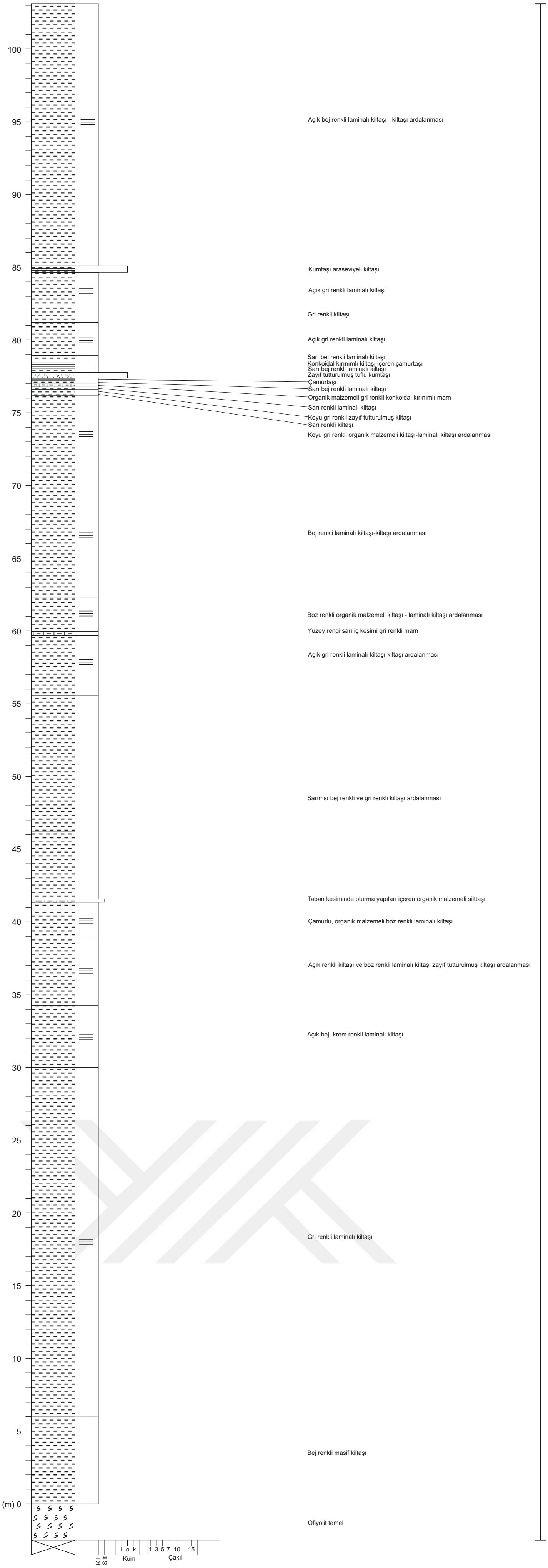
SIĞ GÖL (KIYI YAKINI)

DELTA DÜZLÜĞÜ

PİRİŞTİNE ÖSK

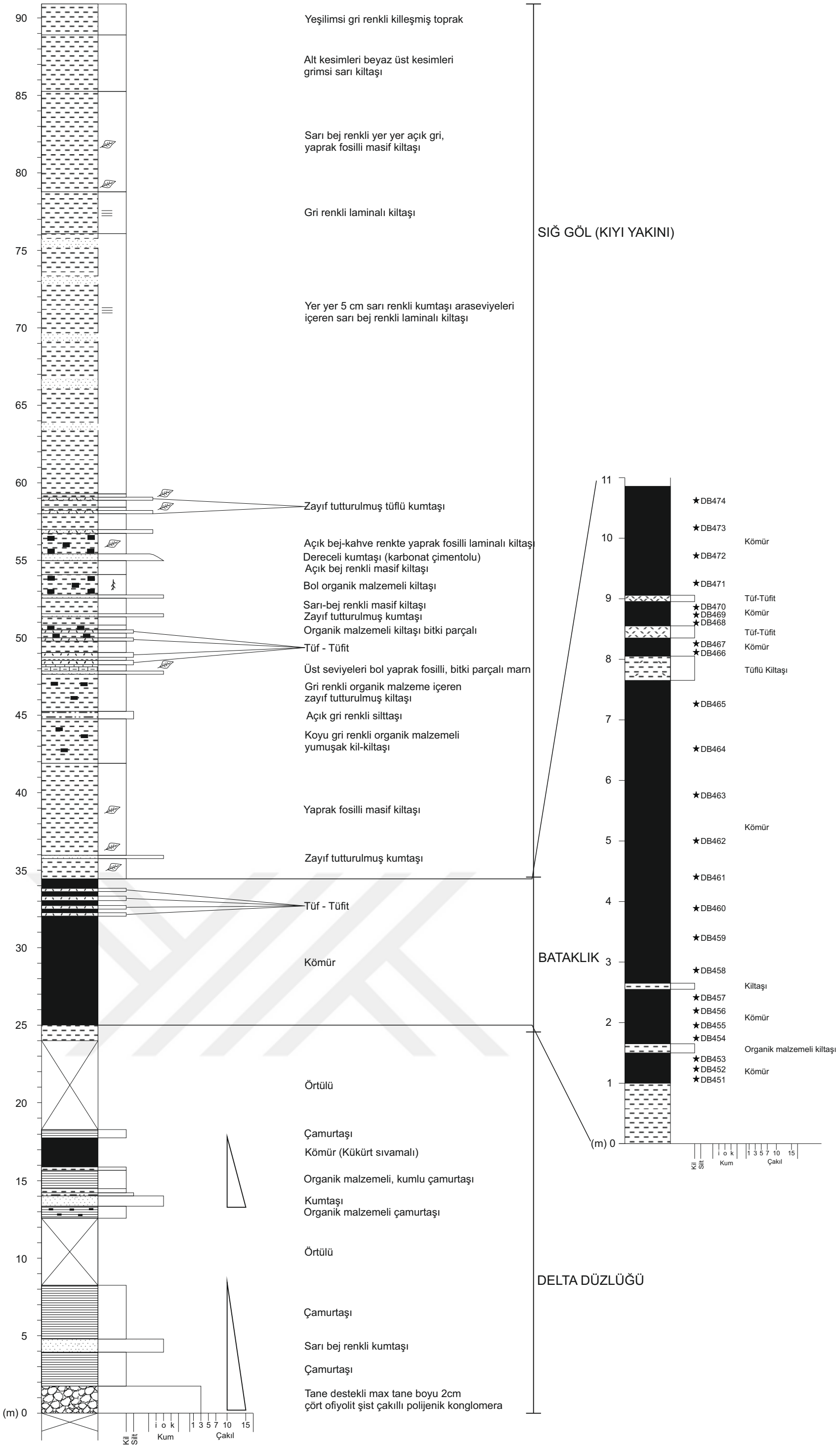
EK D4

x: 4397107	y: 628631	z: 734 m.

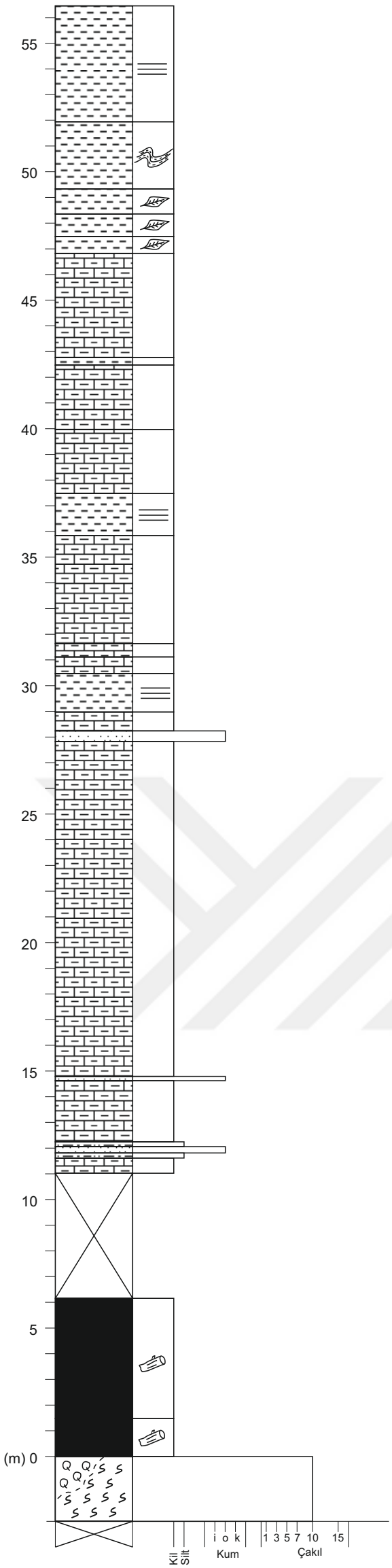


AÇIK GÖL

ODAKÖY ÖSK			EK D5
x: 4399050	y: 632660	z: 696 m.	



NOHUTÇU ÖSK			EK D6
x: 4398187	y: 630410	z: 758 m.	



Açık sarı-bej renkli laminalı kiltaşı

Sarı-bej renkli bol slamplı laminalı kiltaşı

Sarı-bej renkli bol yaprak fosilli masif kiltaşı

Açık gri renkli bol yaprak fosilli masif kiltaşı
Sarı-bej renkli bol yaprak fosilli masif kiltaşı

Açık gri renkli konkoidal kırınımlı marn

Açık sarı-bej renkli kiltaşı

Koyu gri renkli konkoidal kırınımlı kalın tabakalı marn

Açık gri renkli konkoidal kırınımlı ince tabakalı marn

Koyu gri renkli laminalı kiltaşı

Gri renkli masif marn

Açık gri renkli laminalı kiltaşı
Gri renkli ince tabakalı marn
Açık gri renkli laminalı kiltaşı

Açık gri renkli masif marn
Bej renkli zayıf tutturulmuş, piroklastik içerikli orta taneli kumtaşı

AÇIK GÖL

Açık gri renkli masif marn

Zayıf tutturulmuş koyu sarı renkli kumtaşı

Masif, konkoidal kırınımlı marn

Zayıf tutturulmuş gri renkli silttaşı
Zayıf tutturulmuş gri renkli, piroklastik taneler içeren kumtaşı
Açık gri renkli pekleşmemiş silttaşı
Masif, konkoidal kırınımlı açık gri renkli marn

Örtülü

ÖRTÜLÜ

Yer yer örtülü organik malzemece zengin bol ağaç gövdesi fosilli kömür

Orta kesimlerde bol ve kalın ağaç fosilli yer yer kahverengi kömür damarı

Ofiyolit temel üzerinde 1,5-2 m. kalsedonik silika

BATAKLIK

ÇAKIRCA ÖSK

x: 4394625	y: 632640	z: 809 m.	EK D7