

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DAĞHACILAR KUZEYİ (GÖYNÜK/BOLU) BİTÜMLÜ KAYAÇLARININ  
ORGANİK MADDE MİKTARLARI VE HİDROKARBON  
POTANSİYELLERİNİN İNCELENMESİ**

**Tuğcan YARICI**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2012**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DAĞHACILAR KUZEYİ (Göynük/Bolu) BİTÜMLÜ KAYAÇLARININ ORGANİK MADDE MİKTARLARI VE HİDROKARBON POTANSİYELLERİNİN İNCELENMESİ

Tuğcan YARICI

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali SARI

İnceleme alanı Bolu ili'nin, Göynük ilçesi sınırları içerisinde yer alan Hasanlar, Kabalar, Dağşeyhler ve Dağhacılar köyleri civarında yer almaktadır. Bu çalışmada Dağhacılar kuzeyinden alınan üç adet Ölçülü Stratigrafik Kesite ait (Karanlık Dere ÖSK ve Kayalık Dere ÖSK, Emzik Beleni ÖSK) bitümlü marn, bitümlü dolomitli marn ve bitümlü şeyllerin; organik karbon miktarı, türü, olgunlaşmaları ve hidrokarbon türüm potansiyelleri organik jeokimyasal verilerden yararlanılarak incelenmiştir. Piroliz (Rock-Eval) analizleri sonuçlarına göre Dağhacılar bitümlü kayaçları baskın olarak Tip I-Tip II ve az miktarda Tip III kerojen içermektedir. Organik petrografik analiz sonuçlarına göre % bolluklarının çoğunlukla Amorf + Alg şeklinde olması incelenen örneklerin kerojen tiplerinin Tip-I ve Tip-II eşdeğeri olduğuna işaret etmektedir. Gaz kromatogramlarında yüksek numaralı n-alkanların düşük numaralı n-alkanlara göre daha baskın olduğu görülmektedir. Pr/Ph oranına göre Dağhacılar bitümlü kayaçlarının oksikten anoksiğe kadar değişen redoks koşullarında çökeldiği gözlenmiştir. Kararlı karbon izotop sonuçlarına göre örneklerin  $\delta^{13}\text{C}$  (Doymuş Hidrokarbon) izotop değerleri ve  $\delta^{13}\text{C}$  (Aromatik Hidrokarbon) izotop değerleri yardımıyla kerojen tipleri belirlenmiştir. GC-MS analizi ile elde edilen m/z 191 ve m/z 217 kütle kromatogramlarından biyomarker parametreleri ile kaynak kaya çökeltme ortamı, litolojisi ve organik maddenin olgunluğu araştırılmıştır. Organik fasiyes incelemeleri örneklerin genellikle AB organik fasiyesine sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak bakıldığında, Dağhacılar bölgesi bitümlü kayaçlarının tüm analizlere göre hidrokarbon türümü için uygun, yeterli organik madde tipi ve iyi-mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahip olmasına karşın, ısıl olgunlaşma düzeyinin hidrokarbon türümü için yetersiz olduğu söylenebilir.

**Ekim 2012, 141 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Hidrokarbon Potansiyeli, Kerojen, Bitümlü Kayaçlar, Organik Jeokimya, Hatıldağ

## ABSTRACT

Master Thesis

### INVESTIGATION OF ORGANIC MATTER AMOUNT AND HYDROCARBON POTENTIAL OF THE BITUMINOUS ROCKS IN THE NORTH OF DAĞHACILAR (BOLU, TURKEY) AREA

Tuğcan YARICI

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

Supervisor: Prof. Dr. Ali SARI

The investigation area is around in Hasanlar, Kabalar, Dağşeyhler and Dağhacılar village within Göynük town border of Bolu province. In this study three measured stratigraphic sections (Karanlık Dere MSS ve Kayalık Dere MSS, Emzik Beleni MSS) taken North of Dağhacılar, which include bituminous marl, bituminous dolomite marl and bituminous shales; organic carbon amount, type, maturity and hydrocarbon genesis potentials are investigated by organic geochemical data. Dağhacılar bituminous rocks contain predominant on Type I-Type II and little Type III kerogen according to pyrolysis (Rock-Eval) analysis results. According to organic petrographic analysis results % abundance is generally Amorphous + Alg which indicates inspected samples kerogen types Type-I and Type-II. Gas chromatograms show that high number n-alkanes are dominated with low number n-alkanes. Pr/Ph ratios show that Dağhacılar bituminous rocks deposit oxic to anoxia redox conditions. Kerogen types are determined by  $\delta^{13}\text{C}$  (Saturated Hydrocarbon) isotope values and  $\delta^{13}\text{C}$  (Aromatic Hydrocarbon) isotope values according to stable carbon isotope results. m/z 191 and m/z 217 mass chromatograms obtained by GC-MS analysis, source rock deposit environment, lithology and organic matter maturity are investigated by biomarker parameters. Organic facies investigations are shown that samples generally have AB facies. Generally, bituminous rocks of Dağhacılar area have suitable, enough organic matter type and good-perfect source rock potential for hydrocarbon generation whereas the rocks have not reached the degree of maturation to be able to generate hydrocarbon.

**Ekim 2012, 141 pages**

**Key Words:** Hydrocarbon Potential, Kerogen, Bituminous Rocks, Organic Geochemistry, Hatıldığ

## TEŞEKKÜR

Çalıőmam süresince beni yönlendiren, bilgi, öneri ve yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Danıőmanım Prof. Dr. Ali SARI'ya (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü), çalışmaya eleőtirileri ve önerileriyle katkı sağlayan Sayın Hocam Prof. Dr. Őükrü KOÇ'a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü), anlayıőıyla daima bana destek olan Sayın Genel Müdürüm Ata AKAR'a ve çalışma arkadaşlarıma, desteklerini üzerimden hiçbir zaman esirgemeyen Tuğrul YARICI, Nurcan YARICI ve Barıő AYGENÇ'e, bu çalışmanın her aőamasında yanımda olan, karőılaőtıđım zorlukları benimle paylaőan sevgili dostum Sonay BOZKURT'a, yine çalıőmam boyunca manevi desteklerini esirgemeyen meslektaőlarım Dr. Derya KOCA, İrem İLBAY, Ekin ÖZAKAR, Zeynep DÖNER ve Hilal ENGİN'e, analizlerin yapılması ve değerlendirilmesinde emeği geçen TPAO Araştırma Grup Başkanlığı ve laboratuvar çalıőanlarına, benden emeğini ve ilgisini esirgemeyen değerli hocalarıma teőekkürü bir borç bilirim.

Tuğcan YARICI

Ankara, Ekim 2012

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1.GİRİŞ .....	1
1.1 Coğrafi Konum.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı .....	3
1.3 Önceki Çalışmalar.....	3
1.4 Materyal ve Yöntem.....	8
1.4.1 Arazi çalışmaları .....	8
1.4.2 Laboratuar çalışmaları .....	8
1.4.2.1 Piroliz (Rock-Eval) analizi .....	9
1.4.2.2 Duraylı karbon izotop analizi ( $\delta^{13}\text{C}$ ) .....	10
1.4.2.3 Gaz kromatografi (GC) analizi .....	10
1.4.2.4 Gaz kromatografi –kütle spektrometre (GC-MS) analizi .....	10
1.4.3 Büro çalışmaları .....	11
2. GENEL JEOLojİ.....	12
2.1 Stratigrafi.....	12
2.1.1 Soğukçam formasyonu (Jks).....	15
2.1.2 Yenipazar formasyonu (Kye) .....	17
2.1.2.1 Üzümlü üyesi (Kyeü) .....	18
2.1.2.2 Değirmenözü üyesi (Kyed) .....	19
2.1.2.3 Bayat üyesi (KyeB) .....	20
2.1.2.4 Taraklı üyesi (Kyet) .....	20
2.1.3 Selvipınar formasyonu (Ts) .....	22
2.1.4 Kızılçay grubu (Tpek).....	25
2.1.4.1 Ağsaklar formasyonu (Tpeka) .....	26
2.1.4.2 Hatıldığ formasyonu (Tekh).....	28

2.1.4.3 Dağhacılar formasyonu (Tekd).....	30
2.1.5 Güvenç formasyonu (Teg) .....	32
2.1.6 Hançili formasyonu (Tmh) .....	33
2.1.7 Alüvyon (Qal) .....	33
2.2 Yapısal Jeoloji .....	34
2.3 Paleocoğrafya.....	37
2.4 İnceleme Alanından Alınan Ölçülü Stratigrafik Kesitler .....	37
2.4.1 Kayalıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK) .....	38
2.4.2 Karanlıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (KD ÖSK) .....	41
2.4.3 Emzik beleni ölçülü stratigrafik kesiti (HE ÖSK) .....	46
3. ORGANİK JEOKİMYA .....	50
3.1 Organik Madde Birikimini Etkileyen Faktörler .....	50
3.2 Organik Maddece Zengin Sedimanların Depolanma Ortamları.....	51
3.3 Bitümlü Şeyller .....	52
3.3.1 Bitümlü şeyllerin bileşimi.....	54
4. ANALİZ VE BULGULAR.....	55
4.1 Organik Jeokimyasal İncelemeler .....	55
4.1.1 Piroliz (Rock-Eval) analizleri.....	55
4.1.2 Toplam organik madde miktarı (% TOC) .....	57
4.1.3 Organik madde tipi/kerojen tipi .....	60
4.1.4 Organik petrografik analizlere göre kerojen tipleri.....	66
4.1.5 Organik maddenin olgunluğu .....	69
4.1.6 Hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesi .....	76
4.1.7 Gaz kromatografi (GC) analizleri .....	88
4.1.8 Kararlı karbon izotopu ( $\delta^{13}\text{C}$ ) .....	99
4.1.9 Gaz kromatografi kütle spektrometre (GC/MS) analizleri .....	107
4.1.9.1 Terpan fragmentogramları (m/z 191) .....	108
4.1.9.2 Steran fragmentogramları (m/z 217).....	117
4.1.10 Organik fasiyes incelemeleri .....	124
5. ÖNERİ VE SONUÇ .....	129
KAYNAKLAR .....	133
ÖZGEÇMİŞ.....	141

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
ÖSK	Ölçülü Stratigrafik Kesit
TOC	Toplam Organik Karbon Miktarı
HI	Hidrojen İndeks
OI	Oksijen İndeks
PI	Üretim İndeksi
S <sub>1</sub>	Kaya içerisinde serbest halde bulunan hidrokarbon miktarı
S <sub>2</sub>	Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan hidrokarbon miktarı
S <sub>3</sub>	Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan CO <sub>2</sub>
S <sub>4</sub>	S <sub>2</sub> kaydedildikten sonra geri kalan organik karbon miktarı
Tmax	S <sub>2</sub> pikinin maksimum ulaştığı noktadaki sıcaklık değeri
SCI	Spor Renk İndeksi
Pr	Pristan
Ph	Fitan
CPI	Karbon Tercih İndeksi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1 Çalışma sahasına ait bölgesel jeolojik harita.....	13
Şekil 2.2 Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit.....	14
Şekil 2.3 Kabalar köyü kuzeyinde Selvipınar kireçtaşlarının genel görünümü.....	23
Şekil 2.4 Selvipınar formasyonuna ait kireçtaşlarının Kızılçay grubuna ait Ağsaklar formasyonu kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri ile dokanağı.....	24
Şekil 2.5 Selvipınar formasyonu kireçtaşlarının Taraklı formasyonu kumtaşları ile dokanağı.....	24
Şekil 2.6 Ağsaklar formasyonuna ait konglomera ve kumtaşının görünümü.....	27
Şekil 2.7 Ağsaklar formasyonu çakıl taşı ve çakıl taşı-kumtaşının seviyesinin yakından görünümü.....	28
Şekil 2.8 Hatıldığ formasyonunun uzaktan görünümü.....	29
Şekil 2.9 Bitümlü şeyllerin yakından görünümü.....	29
Şekil 2.10 Kumtaşı-silttaşlarının görünümü.....	31
Şekil 2.11 Türkiye'nin tektonik birlikleri.....	34
Şekil 2.12 Ağsaklar formasyonunun orta-kaba taneli kumtaşı-marn ardalanmalı seviyesi.....	37
Şekil 2.13 Dolomitli marn-koyu gri renkli dolomitli marn ardalanması.....	37
Şekil 2.14 Koyu yeşil renkli marn, bitümlü şeyl ve bej renkli dolomitli kiltası seviyesi.....	38
Şekil 2.15 Dolomitli marn.....	38
Şekil 2.16 Kayalıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK).....	39
Şekil 2.17 Dolomitli marn ve dolomitli bitümlü marn seviyeleri.....	42
Şekil 2.18 Dolomitli bitümlü şeyl seviyesi.....	43
Şekil 2.19 Karanlıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (KD ÖSK).....	44
Şekil 2.20 Marn-kireçtaşı ardalanması.....	46
Şekil 2.21 Fosilli bol organik maddeli bitümlü marnlar.....	47
Şekil 2.22 Bol organik maddeli bitümlü marnlar.....	47
Şekil 2.23 Emzik Beleni ölçülü stratigrafik kesiti (HE ÖSK).....	48
Şekil 3.1 Organik madde korunumu.....	50
Şekil 3.2 Organik maddeyi kontrol eden faktörler sonucunda kaynak kaya kalitesi açısından genelleştirilmiş şema.....	52
Şekil 4.1 İncelenen örneklerin TOC(%) zenginleşme değerlerinin diyagramları.....	59
Şekil 4.2 İncelenen örneklerin TOC(%) verilerinin frekans dağılımları.....	60
Şekil 4.3 Hidrojen İndeksi – Tmax grafiği.....	64
Şekil 4.4 Hidrojen İndeksi ve TOC diyagramına göre HC potansiyelleri.....	79
Şekil 4.5 İncelenen örneklerin S <sub>2</sub> – TOC değerlerine dayanan hidrokarbon potansiyelleri.....	85
Şekil 4.6 Hidrokarbon ve TOC diyagramına göre kaynak kaya potansiyelleri.....	86
Şekil 4.7 Bölgeye ait bitümlü kayaç örneklerinin S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya) – TOC (wt%) diyagramındaki konumları.....	87
Şekil 4.8 Emzik Beleni-27'ye ait gaz kromatogramı.....	88
Şekil 4.9 Emzik Beleni-29'a ait gaz kromatogramı.....	89
Şekil 4.10 Emzik Beleni-32'ye ait gaz kromatogramı.....	89
Şekil 4.11 Emzik Beleni-34'e ait gaz kromatogramı.....	90



Şekil 4.12 Kayalıkldere-33'e ait gaz kromatogramı .....	90
Şekil 4.13 Kayalıkldere-44'e ait gaz kromatogramı .....	91
Şekil 4.14 Kayalıkldere-62'ye ait gaz kromatogramı .....	91
Şekil 4.15 Kayalıkldere-103'e ait gaz kromatogramı .....	92
Şekil 4.16 Karanlıkdere-25'ye ait gaz kromatogramı .....	92
Şekil 4.17 Karanlıkdere-31'e ait gaz kromatogramı .....	93
Şekil 4.18 Karanlıkdere-38'e ait gaz kromatogramı .....	93
Şekil 4.19 Ph/n-C18 – Pr/n-C17 diyagramı .....	95
Şekil 4.20 Bölgelere ait örneklerin Ph/n-C <sub>18</sub> -Pr/n-C <sub>17</sub> diyagramındaki konumları .....	96
Şekil 4.21 Kıtasal kenar ortamında farklı bölgelerdeki duraylı karbon izotopu verileri .....	99
Şekil 4.22 Çeşitli materyallerdeki $\delta^{13}\text{C}$ (‰) aralıkları .....	103
Şekil 4.23 Anorganik bileşiklerin, organik bileşiklerin ve denizel ve karasal organizmaların karbon izotop kompozisyonlarının karşılaştırmaları .....	103
Şekil 4.24 Karbonat, organizmalar, kerojen ve petrol ürünlerinin izotopik karbon kompozisyonu .....	104
Şekil 4.25 Norveç Standart Petrolüne ait terpan dağılımını gösteren m/z 217 kütle fragmentogramı .....	109
Şekil 4.26 HE-32 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı .....	112
Şekil 4.27 DH-62 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı .....	113
Şekil 4.28 KD-31 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı .....	113
Şekil 4.29 Norveç Standart Petrolüne ait terpan dağılımını gösteren m/z 191 kütle fragmentogramı .....	118
Şekil 4.30 HE-32 numaralı örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı .....	120
Şekil 4.31 DH-62 numaralı örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı .....	120
Şekil 4.32 KD-31 nolu örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı .....	121
Şekil 4.33 C <sub>28</sub> /C <sub>29</sub> steranlarının oranına göre yaş aralıkları .....	123
Şekil 4.34 Organik fasiyeslerin şematik görünümü .....	125

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Bitümlü şeyl bileşenleri.....	55
Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri.....	56
Çizelge 4.2 İncelenen örneklerin TOC(%) verilerinin genel istatistik sonuçları.....	59
Çizelge 4.3 Kaynak kaya potansiyeline dair parametreler.....	61
Çizelge 4.4 Hidrojen indeksi parametresine göre kerojen tipi.....	61
Çizelge 4.5 Çalışma alanı örneklerinin hidrojen indeksine göre kerojen tipleri.....	62
Çizelge 4.6 S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> parametrelerine göre kerojen tipi belirlenmesi.....	65
Çizelge 4.7 Çalışma alanına ait örneklerin S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> parametrelerine göre kerojen tipleri.....	65
Çizelge 4.8 Organik petrografik analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.9 Farklı araştırmacılara göre Tmax olgunlaşma parametreleri.....	70
Çizelge 4.10 Espitalié vd'ne göre Tmax olgunlaşma parametreleri.....	70
Çizelge 4.11 Üretim indeksi değerlerine göre olgunlaşma parametreleri.....	71
Çizelge 4.12 SCI değerlerine karşılık gelen renk ve olgunlaşma seviyeleri (TPAO Arş. Mrk.).....	71
Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri.....	72
Çizelge 4.14 S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> parametrelerine göre hidrokarbon tipi belirlenmesi.....	76
Çizelge 4.15 Çalışma alanına ait örneklerin S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> sonuçları ve değerlendirmeleri.....	77
Çizelge 4.16 Peters ve Cassa 'ya göre S <sub>1</sub> ve S <sub>2</sub> hidrokarbonlarının petrol potansiyeli.....	80
Çizelge 4.17 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S <sub>1</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri.....	80
Çizelge 4.18 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S <sub>2</sub> hidrokarbon petrol potansiyeller.....	82
Çizelge 4.19 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan gaz kromatografi parametreleri.....	94
Çizelge 4.20 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan Pr/nC <sub>17</sub> ve Ph/nC <sub>18</sub> parametreleri.....	96
Çizelge 4.21 Karasal bitkiler ve denizel organizmalarda CPI'nın değerlendirmesi.....	98
Çizelge 4.22 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan CPI (C <sub>25</sub> -C <sub>33</sub> ) parametreleri.....	98
Çizelge 4.23 Çeşitli rezervuarlardaki δ <sup>13</sup> C değerleri.....	100
Çizelge 4.24 Organik madde, sediman ve kerojenler için tipik δ <sup>13</sup> C aralıkları.....	101
Çizelge 4.25 Çeşitli organik bileşiklerdeki tipik δ <sup>13</sup> C aralıkları.....	102
Çizelge 4.26 Dağhacılar sahasına ait örneklerin δ <sup>13</sup> C değerleri ve kerojen tipleri.....	106
Çizelge 4.27 GC-MS analizlerinde kullanılan tanımlanmış m/z 191 terpan iyonları.....	110
Çizelge 4.28 HE-32, DH-62, KD-31 numaralı örneklerin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) hesaplamaları.....	112
Çizelge 4.29 GC-MS analizlerinde kullanılan tanımlanmış m/z 217 steran iyonları.....	119
Çizelge 4.30 Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri.....	127
Çizelge 4.31 Dağhacılar bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin piroliz verileri ve organik fasiyesleri.....	128

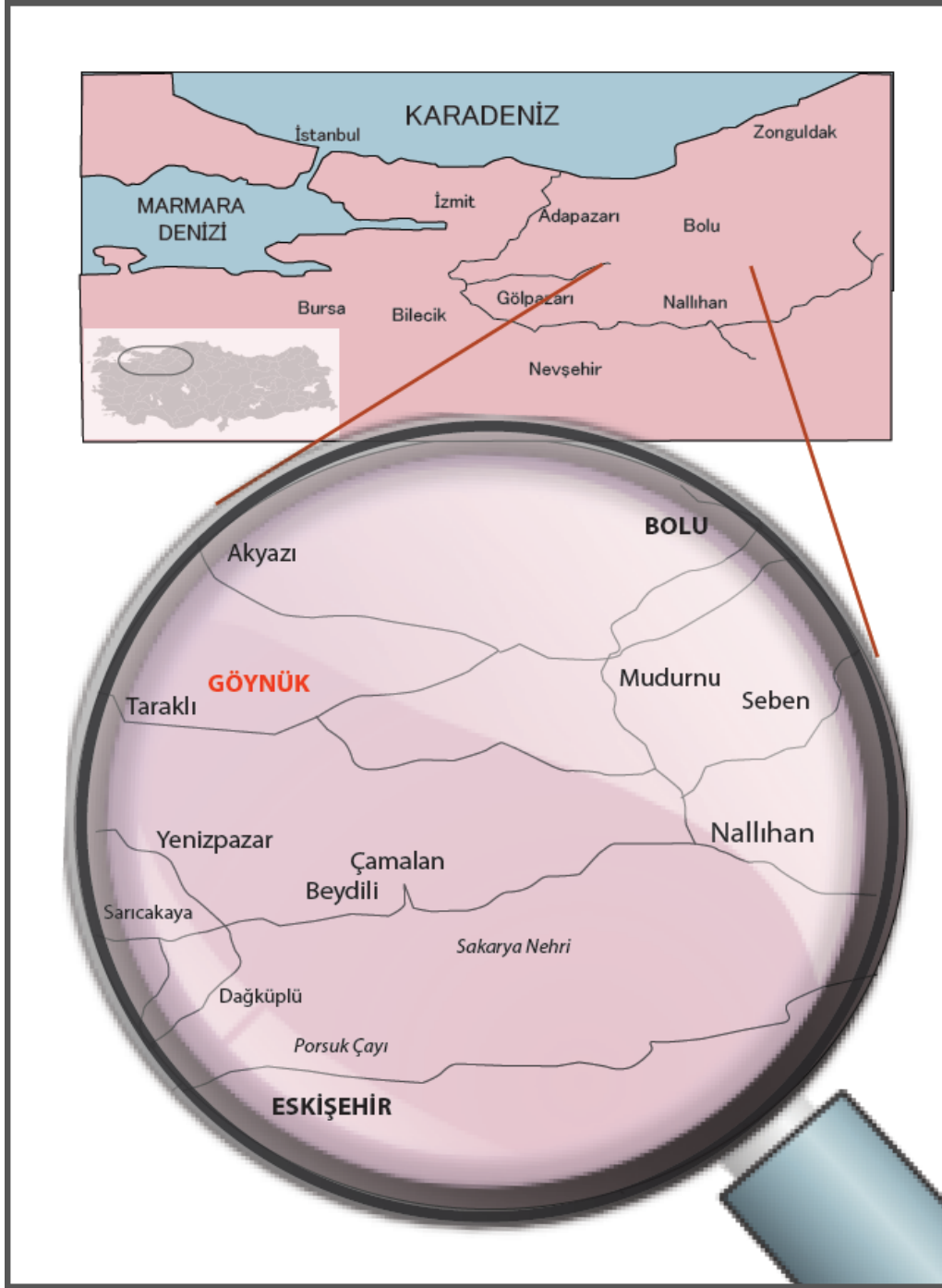
# 1. GİRİŞ

## 1.1 Coğrafi Konum

İnceleme alanı Bolu ili, Göynük ilçesi sınırları içerisinde yer alan Hasanlar, Dağşeyhler ve Dağhacılar köyleri civarında yer almaktadır (Şekil 1.1). Bolu ilinin güneybatısında yer alan Göynük ilçesinin doğusunu Mudurnu ilçesi, batısını Sakarya'nın Taraklı ilçesi, kuzeyini Sakarya'nın Akyazı ilçesi, güneyini ise Ankara'nın Nallıhan, Eskişehir'in Sarıcakaya ve Bilecik'in Yenipazar ilçeleri çevrelemektedir.

Ankara-Beyşehir-Nallıhan-Göynük karayolu üzerindeki Dedeler köyünden güneye gidilerek ulaşılabilen ve Adapazarı H25 b3 paftasında yer alan çalışma sahası Ankara'ya yaklaşık 200 km mesafededir.

Çalışma alanının kuzeydoğusunda Ağsaklar ve Turgutlar köyleri; orta bölümünde Kabalar, Dağhacılar, Dağşeyhleri köyleri ve güneybatısında ise Hasanlar köyü bulunmaktadır. Çalışmaya konu olan bitümlü kayalara ismini veren Hatıldığ çalışma alanının güneyinde yer alır.



Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

## 1.2 Çalışmanın Amacı

Günümüzde enerji kaynaklarının azalmaya başlaması, petrolün sınırlı birkaç ülkenin elinde bulunması, ihtiyacın hızlı bir şekilde gittikçe artması ve petrol fiyatlarının gittikçe yükselmesi yeni enerji kaynaklarının aranmasına neden olmuştur. Bu nedenle dünyanın enerji ihtiyacını karşılayacak yeni doğal kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bitümlü şeyl rezervleri doğal kaynaklar arasında yer almakta ve pek çok ülkede petrole alternatif olabilecek önemli bir doğal kaynak olarak kullanılmaktadır. İşte bu sebeplerden dolayı bitümlü kayaçlardan yararlanma ön plana çıkmıştır. Dünyada şu an itibariyle bu tür kayaçları dışarıdan retortlamak (ısıtmak) suretiyle yerinde (insitu) veya kazarak laboratuvar ortamında (exsitu yöntemleriyle) petrol üretilmektedir. Örneğin Avustralya, Fransa, Estonya, İskoçya ve daha pek çok ülkede petrolden elde edilen pek çok ürün bitümlü şeyllerden üretilmektedir.

Bu tez kapsamında, Dağhacılar kuzeyi (Göynük/Bolu) civarındaki organik maddece zengin bitümlü marn, bitümlü dolomitli marn ve bitümlü şeyllerin içerdiği organik madde türünü, miktarını, olgunlaşmalarını, kaynak kaya litolojilerini ve depolanma ortamlarını belirleyerek hidrokarbon türüm potansiyellerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle hidrokarbon potansiyeli yönünden oldukça önemli olan Dağhacılar Kuzeyi (Göynük/Bolu) bitümlü kayaçlarının ekonomiye kazandırılmaları bu tez çalışmasını son derece önemli hale getirmektedir. Bu amaçla, hazırlanan üç adet ölçülü stratigrafik kesitin (Karanlık dere ÖSK, Kayalık dere ÖSK, Emzik Beleni ÖSK) organik jeokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir.

## 1.3 Önceki Çalışmalar

Bölgede çoğunlukla genel jeolojik amaçlı araştırmalar yapılmıştır. Çalışma alanı ve yakın civarında yapılan bilimsel çalışmalardan başlıcaları aşağıda verilmiştir:

Abdüsselamoğlu (1956), Göynük–Mudurnu–Beydili bölgesinin jeolojisini inceleyerek, bölgenin detaylı 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır. Paleosen-Eosen yaşlı

birimlerin bitümlü şeyl ve linyit içerdiğini belirtip, alttaki birimlerin üzerine diskordanslarla geldiğini ifade etmiştir.

Akarsu (1974), Göynük, Gölpaazarı, Bolu, Nallıhan, Beypazarı bölgesi ve çevresindeki bitümlü şeyllerin jeolojik incelemesini yapmıştır. Ayrıca bu bölgenin petrol olanakları hakkında bilgi vermiştir.

Altınlı (1973), Orta Sakarya'nın jeolojisini çalışmış ve bölgedeki formasyonları ayırtlamıştır. "Orta Sakarya Jeolojisi" isimli makalesinde doğuda Bursa ovasından batıda Nallıhan yakınlarına, kuzeyde Mekece'den güneyde Söğüt ilçesine kadar oldukça geniş bir alanda gözlemlendiği kaya birimlerinin litolojik özelliklerini, fasiyes değişimlerini, çökelme ortamlarını ve yapısal jeolojilerini tanıtmıştır.

Aziz (1976), Beypazarı – Yeniçayırhan ve Karaköy arasındaki sahanın jeolojisini ve bitümlü şeyl özelliklerini inceleyerek, bitümlü şeyllerin ekonomik olarak olanakları hakkında yorumlar yapmıştır.

Beseme (1967), Kabalar senklinalinin genel ve uygulamalı jeolojik etüdünü yapmıştır. Çalışma sahasının yakınında bulunan bu sahada Senomaniyen zaman aralığında filiş çökelmiş bir jeosenklinalin varlığından söz edilmektedir. Araştırmacıya göre Eosen de denizin regresyonu ile bölge karasal ortam karakteri kazanmıştır. Sahadaki bitümlü kayaçları da inceleyen araştırmacıya göre bitümlü kayaçlar "kerobitümlü kayaçlar" olarak tanımlanmıştır. Pirobitümlü kayaç veya piroşist terimlerinin de kullanılabilceğinin belirtildiği bu çalışmada, ortamdaki canlıların fotosentezi için gerekli güneş ışınlarının 80 m derinliğe kadar ulaşabildiği ve kıyıya yakın kesimlerde gerekli besi tuzları ile humik maddelerin bolluğu işaret edilmektedir. Tüm bu koşullar için göl ortamının ideal bir ortam olduğunu belirten araştırmacı gölün orta kesimlerinde bitüm kalitesinin arttığını belirtmektedir.

Granit ve Şener (1987), Sarıcakaya (Eskişehir) ve Çamalan-Beydili (Ankara) bölgesinin jeolojisini çalışmışlar ve bitümlü şeyl olanaklarını araştırmışlardır.

Gülbay ve Korkmaz (2005), Kuzeybatı Anadolu'daki (Beypazarı, Seyitömer, Himmetoğlu, Hatıldağ, Gölpaazarı ve Bahçecik) Tersiyer yaşı bitümlü şeyllerin organik jeokimyasal özellikleri ve çökeltme ortamlarını incelemişlerdir. Elde ettikleri Pr/Ph oranlarına göre Beypazarı, Seyitömer ve Hatıldağ bitümlü şeyllerinin anoksik, Himmetoğlu, Gölpaazarı ve Bahçecik bitümlü şeyllerinin ise suboksik bir ortamda çökeldiğini belirtmişlerdir.

Hufnagel (1991), Hatıldağ ve Himmetoğlu sahalarındaki bitümlü şistlerin mineralojik ve organik petrografik incelemelerini yapmışlar ve bitümlü şist oluşuklarının ekonomik öneme sahip olup olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışmada bitümlü şistler için, minimum üst kalori değerı 750 KCal/kg; maksimum üst kalori değerı ise 5000 KCal/kg olarak saptanmıştır.

Koralay ve Sarı (2008), yaptıkları çalışmalarında Ağsaklar (Göynük) civarında yer alan bitümlü kayaçların organik jeokimyasal incelemesini yapmışlardır. Bitümlü şeyllerin organik madde miktarının 3,88-11,18 wt% arasında ve çok iyi petrol kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Meriç ve Şengüler (1986), yaptıkları çalışmalarında Göynük çevresindeki Üst Kretase-Paleosen stratigrafisini değerlendirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında Pontid kuşağının batı kesiminde Üst Kretase yaşı tortulların derin denizel fasiyeste geliştiklerini yorumlamışlardır.

Saner (1978), Orta Sakarya'daki Üst Kretase-Paleosen-Eosen çökeltme ilişkilerini inceleyerek petrol aramalarındaki önemini yorumlamıştır.

Saner (1980), Mudurnu-Göynük Havzası'nda yapmış olduğu çalışmasında Mesozoik yaşı kayaçların granitik temel üzerine geldiğini ve Liyas yaşı kumtaşlarının topoğrafya çukurluklarını doldurduğunu ileri sürmektedir. Araştırmacıya göre çalışma alanının kuzeyinde yer alan Soğukçam Kireçtaşları dalga tabanı altında şelfte çökeltmiştir. Kızıldağ Grubu ise Paleosen-Alt Eosen yaşıdır.

Sarı ve Aliyev (2005), Paleosen yaşlı Kabalar formasyonu (Göynük, Bolu) bitümlü şeyllerinin kaynak kaya potansiyelinin tespiti amacıyla organik jeokimyasal çalışmalar yapmışlar, bitümlü şeyllerin hidrokarbon potansiyellerini yorumlamışlardır. Şeyllerdeki organik madde zengin petrol potansiyeline sahip algal (tip I kerojen) materyaldir. Şeyllerdeki organik karbon içeriğinin %10'a, hidrojen indeks değerlerinin ise 900'e kadar değiştiğini belirtmişlerdir.

Sarı ve Geze (2008), Miyosen yaşlı Himmetoğlu Formasyonu (Göynük/Bolu) organik kayaçlarını organik jeokimyasal yönden incelemişlerdir. Himmetoğlu formasyonu kömür ve bitümlü şeyllerinin, potansiyel kaynak kaya açısından yeterli organik madde içeriğine sahip olduklarını ve mükemmel kaynak kayalar olduklarını tespit etmişlerdir.

Sarı ve Sonel (2000), gölssel bitümlü kayaçların organik jeokimyasal özellikleri ve ekonomik kullanım olanakları adını verdikleri çalışmalarında Himmetoğlu/Bolu (Miyosen), Seyitömer/Kütahya (Miyosen), Ulukışla/Niğde (Miyosen) ve Kabalar/Bolu (Paleosen-Eosen) gölssel havzalarına ait bitümlü kayaç örneklerini ekonomik kullanılabilirlikleri yönünden değerlendirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bitümlü kayaçların termik santrallerde enerji hammaddesi olarak yakılmaları, gübre sanayinde kullanılmaları yönünden yorumlanmıştır.

Şener ve Şengüler (1992), 'Hatıldağ (Bolu-Göynük) Bitümlü Şeyl Sahasının Jeolojisi ve Tektonik Kullanım Olanakları' isimli çalışmalarında Hatıldağ bitümlü kayaçlarının jeolojisini ve ekonomik kullanım alanlarını değerlendirmişlerdir. Hatıldağ bitümlü şeyllerinin Paleosen-Eosen yaşlı gölssel fasiyeste çökeldiğini belirtmişler ve bitümlü şeyllerin yayılımını tespit etmişlerdir. Bitümlü kayaçların 26-120 m arasında değişen kalınlıklar sunduğunu ancak ekonomik petrolü şeyl zonuunun 30,5 m kalınlığa sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ekonomik şeyl zonuunun rezervi açık işletme baz alınarak 250 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Şener ve Şengüler (1998), "Geological, mineralogical and geochemical characteristics of oil shale bearing deposits in the Hatıldağ oil shale field" isimli çalışmalarında



sahanın jeolojisini ve stratigrafisini vermişlerdir. Sahada bulunan bitümlü şeyllerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koymuşlardır. Bitümlü şeyllerin göl ortamında oluştuğunu ve organik maddenin heterojen bileşen ve orijine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Taka ve Şener (1988), Himmetoğlu (Göynük, Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanaklarını incelemişlerdir. Sahadaki bitümlü şeyllerin büyük bir bölümünün kömürün üzerinde yer aldığı ve sahada bulunan bitümlü şeyllerin genellikle şeyl ve marnlarla birlikte bulunduğu ifade edilmektedir.

Tekin ve Sarı (2000), yaptıkları çalışmalarında Kabalar formasyonu (Göynük) bitümlü şeyllerinin üretmiş oldukları hidrokarbon damlalarının göç şekillerini ve hidrokarbon damlacıklarının şekilsel özelliklerini incelemişlerdir.

Yanılmaz vd. (1980), yaptıkları çalışmada Göynük (Bolu) sahasının 1/10.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlayarak, yarma örnekleri üzerinde detaylı analizler yapmışlardır. 50-80 m arasında değişen kalınlığa sahip bitümlü şeyl zonundan bahsedilen çalışmada ortalama % 8 petrol üretim potansiyeli ve 900 KCal/kg'lık ısı güç bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yeşiladalı vd. (2005), Himmetoğlu (Göynük, Bolu) Havzası'ndaki kömür ve bitümlü şeyllerin çökmesine ve organik maddenin önemli miktarlarda korunmasına elverişli paleoortam koşullarını değerlendirmişlerdir. Hümik kömür ve karasal organik maddece zengin kesimin oksik bir gölde, sapropelik organik maddece zengin kesimin ise kapalı ve su derinliği değişken anoksik-disoksik bir göl ortamında çökeldiği sonucuna varmışlardır.

## **1.4 Materyal Ve Yöntem**

Bu tez kapsamında, Dağhacılar Kuzeyi (Göynük/Bolu) civarında, bulunan organik maddece zengin bitümlü kayaçların içermiş olduğu organik madde türünü, miktarını, olgunlaşmalarını, kaynak kaya litolojilerini ve depolanma ortamlarını belirleyerek hidrokarbon türüm potansiyellerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın amaçları doğrultusunda arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır.

### **1.4.1 Arazi çalışmaları**

Arazi çalışmaları Dağhacılar kuzeyinde bulunan bitümlü kayaç yüzlekleri üzerinde ölçülü stratigrafik kesitler yapma ve bölgedeki mevcut jeoloji haritasını revize etmek şeklinde olmuştur. Bölgede farklı noktalarda yüzlek veren organik maddece zengin kayaçlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Araştırmanın materyalini Dağhacılar sahasında Hatıldığ Formasyonu üzerinde yapılan 3 adet Ölçülü Stratigrafik Kesit (ÖSK) boyunca alınan örnekler oluşturmaktadır. Yapılan 3 adet ÖSK kapsamında Karanlık Dere (KD) ÖSK'sından alınan 47 adet örneğin 15 âdeti, Emzik Beleni (HE) ÖSK'sından alınan 45 adet örneğin 7 âdeti, Kayalık Dere (DH) ÖSK'sından alınan 113 adet örneğin 28 âdeti bitümlü kayaçlardan oluşmaktadır.

### **1.4.2 Laboratuvar çalışmaları**

Arazi çalışmasından alınan örnekler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda agat havan ile öğütülmüş ve 20 gramlık numuneler halinde hazırlanmıştır. Jeokimyasal analizler ACME (Kanada) Laboratuvarları'nda ICP-MS yöntemi ile yapılmıştır.

Organik jeokimyasal analizler, piroliz (Rock-Eval) analizleri, duraylı karbon izotop analizi, gaz kromatografi analizi (GC), gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) analizleri ve organik petrografik analizler olarak incelenmiş olup, Türkiye Petrolleri A.O. Araştırma Merkezi Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

#### 1.4.2.1 Piroliz (Rock-Eval) analizleri

Piroliz analizleri petrol aramacılığında hızlı ve güvenilir sonuçlar sağladığından, detaylı organik jeokimyasal analizler öncesi bir tarama analizi olarak tercih edilmektedir. Çalışma alanından toplanan organik maddece zengin olduğu düşünülen 50 adet örnek üzerinde, organik madde miktarları, tipleri ve olgunlaşmalarının belirlenmesi için TPAO Araştırma Grubu Organik Jeokimya Laboratuvarları'nda piroliz analizi yapılmıştır. Analizler Rock-Eval VI cihazında, IFP 160000 (Institut Français du Pétrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

Piroliz analizinde kayacın küçük bir kısmı (100 mg) 3 dakika için 300°C Helyum atmosferi altında ısıtılır, sonra sıcaklık 25°C/dak'da 600°C'e artırılır. Sıcaklık artışıyla birlikte piroliz ürünleri de helyum akışıyla birlikte detektörler tarafından yakalanırlar ve kaydedilirler. Piroliz süresince sırayla, serbest kalan hidrokarbonlar  $S_1$  (mg HC/g kaya); kerojenin birincil parçalanmasıyla deney sırasında (300 ile 600°C arasında) açığa çıkan hidrokarbonlar  $S_2$  (mg HC/g kaya);  $S_2$  pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık  $T_{max}$  (°C) ve 300 °C ile 390 °C'de ayrılan oksijen bileşikleri  $CO_2$  açığa çıkarır ve  $CO_2$  miktarının ölçülmesiyle de  $S_3$  ( mg  $CO_2$ /g kaya) piki bulunur. Piroliz analizlerinden elde edilen  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  pik değerleri ile  $T_{max}$  değerlerinin kullanılması ile çeşitli indeks değerleri elde edilir. Bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir:

$S_1$  (ppm) +  $S_2$  (ppm) değeri; jenetik potansiyeli (petrol kaynak kayası potansiyeli),

$S_2$ (ppm) / TOC (%) değeri; hidrojen indeksi (HI) belirtir.

$S_3$  / TOC (%) değeri; oksijen indeksini (OI),

$S_1$  (ppm) /  $S_1$  (ppm) +  $S_2$  (ppm) değeri; üretim indeksini (PI) belirtir.

#### 1.4.2.2 Duraylı karbon izotop analizi ( $\delta^{13}C$ )

Duraylı karbon izotop analizi 12 adet bitümlü kayaç örnekleri için GV Instruments Isoprime EA-IRMS cihazı kullanılarak TPAO Araştırma Grubu Jeokimya Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

### **1.4.2.3 Gaz kromatografi (GC) analizi**

Gaz kromatografi analizi organik jeokimyanın temel analizlerinden biri olup, piroliz analizini desteklemektedir. Gaz kromatografi analizi Agilent 6850 cihazında Norveç Petrol Standardı kullanılarak yapılır. Bir gaz kromatografi cihazı, enjeksiyon bölümü, kolon ve detektör olmak üzere üç ana bölümden oluşur:

Analizin yapılma amacı, petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımlarını görmektir. Bir örnek için analiz süresi 170 dakikadır. 8 örnek kapasiteli otomatik sampler kullanılmaktadır. Taşıyıcı gaz olarak; helyum, FID detektörü için; hidrojen ve kuru hava kullanılmaktadır. Elde edilen kromatogramlardaki pik dağılımlarına ve boylarına bakılarak organik maddenin tipi, çökme ortamı ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır.

Gaz kromatografi yönteminde doymuş hidrokarbon pikleri (n-alkan, izoalkan ve sikloalkan). ile çalışılır Hakim pikler normal alkan (n-alkan)'lardır. Gaz kromatogramlarında n-alkanların yanında genellikle bitişik olarak i-alkanlar görülmektedir. Sikloalkanlar ise gaz kromatografide görünmezler.

### **1.4.2.4 Gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) analizi**

Gaz kromatografi ve kütle spektrometre yöntemi, biyolojik fosilleri ortaya çıkarma, molekülleri jeokimyasal olarak ayırma, tanımlama ve karmaşık molekülleri ölçmede kullanılan önemli bir analiz yöntemidir.

TPAO Araştırma Merkezi Jeokimya Ünitesi'nde, GC-MS analizi için Agilent 5975C-dört uçlu (quadropole) kütle spektrometre cihazı mevcuttur. Bu cihazda 7890A gaz kromatograf ve 7683B otomatik sıvı numune alıcı ile birleşik kullanılmaktadır ve cihazın kalibrasyonu Norveç Petrol Standardı kullanılarak yapılmaktadır.

Gaz kromatografi-kütle spektrometre sistemi; gaz kromatografi ve kütle spektrometre cihazlarının bir arayüz ile bağlanması şeklinde dizayn edilmiştir. Gaz kromatografi; enjeksiyon, fırın ve GC kolon olarak üç bölümden oluşmaktadır, kütle spektrometre ise kendi içinde iyon kaynağı, filtre ve detektör olarak üç bölümden oluşmaktadır.

GC-MS sonucunda alınan fragmentogramlardaki piklerin her biri bir molekülü temsil etmektedir. Bu tanımlamalarla örneklerin moleküler olarak analizleri yapılmış olur.

Örnek verilecek olursa;

- Terpanlar: m/z 191 kütleli iyonlar
- Steranlar: m/z 217 kütleli iyonlar
- Mono-aromatikler: m/z 253 kütleli iyonlar
- Tri-aromatikler: m/z 231 kütleli iyonlardan oluşmaktadır.

Aromatik hidrokarbonlara ait iyon fragmentogramları elde edilemediği için bu çalışmada, sadece doymuş hidrokarbonlara ait terpan (m/z 191) ve steranların (m/z 217) iyon fragmentogramları kullanılmıştır.

### **1.4.3 Büro çalışmaları**

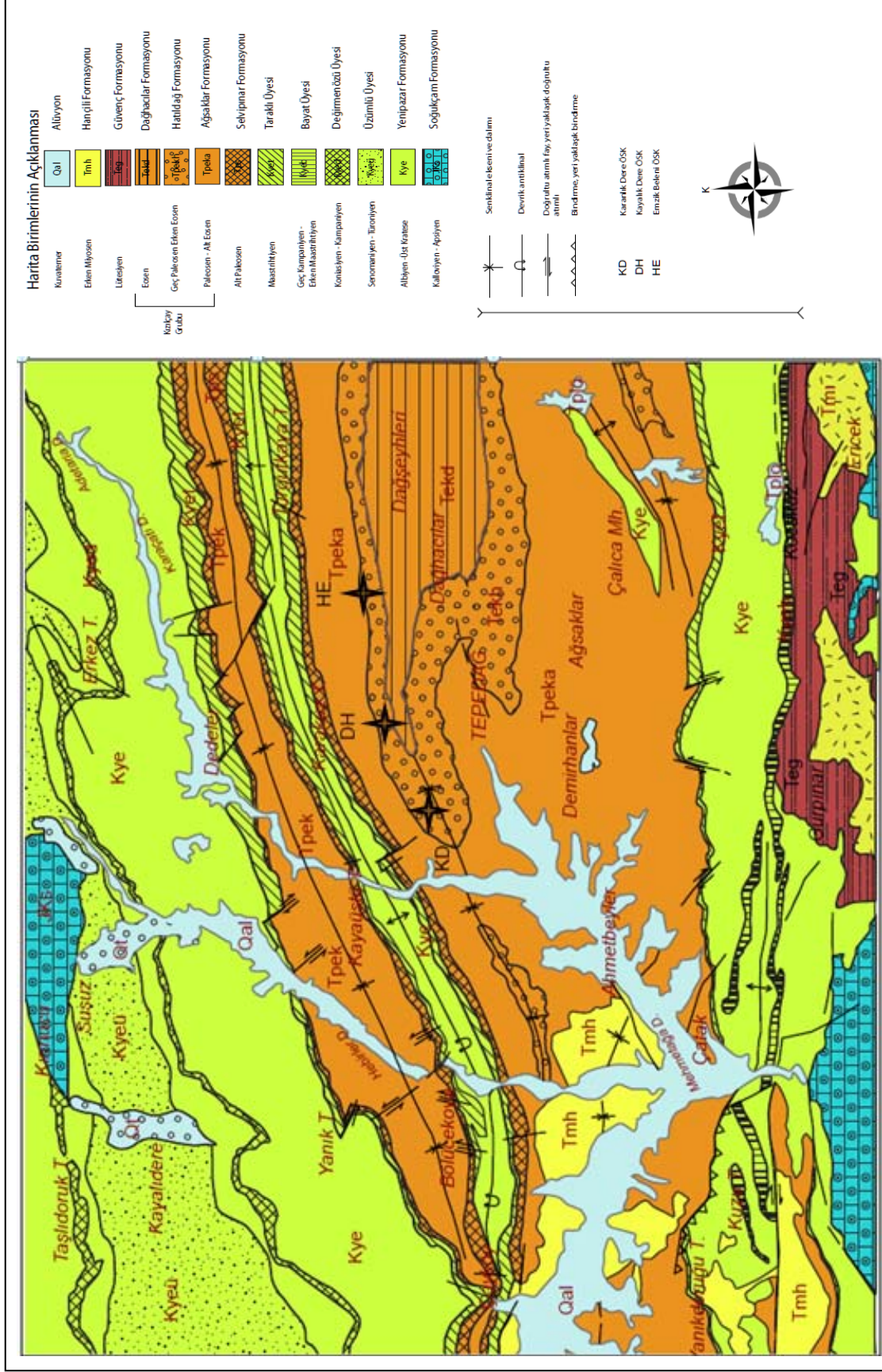
Arazi ve laboratuvarında elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması büro çalışmalarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, ulusal ve uluslararası çeşitli literatürün taranması, arazi çalışmasından elde edilen ölçülü stratigrafik kesitlerin çizimleri, mevcut jeoloji haritanın revizyonu, laboratuvarlarda yapılan çeşitli jeokimyasal analizlerden elde edilen verilerin çizelge ve şekillere aktarılarak yorumlanmalarının yapılması ve rapor yazımını kapsamaktadır.

## 2. GENEL JEOLojİ

### 2.1 Stratigrafi

Genelleştirilmiş stratigrafik kesitin en yaşlı formasyonu olan Soğukçam formasyonu Kalloviyen-Apsiyen yaşlı yarı pelajik çörtlü kireçtaşı ve kalsitürbidlerden oluşur. Üzerine Albiyen – Maastrichtiyen yaşlı kumtaşı, şeyl, kireçtaşı ve tüften oluşan Yenipazar formasyonu gelmektedir. Yenipazar formasyonu dört üyeden oluşmaktadır. Bunlar; volkanojenik kumtaşı silttaşı ve kireçtaşından oluşan Üzümlü üyesi, pelajik-yarı pelajik kireçtaşından oluşan Değirmenözü üyesi, tuf ve tüfitten oluşan Bayat üyesi ve kumtaşı, konglomera, marn ve kireçtaşından oluşan Taraklı üyesidir. Yenipazar formasyonu üzerinde Alt Paleosen yaşlı resifal kireçtaşı litolojisine sahip Selvipınar Formasyonu yer almaktadır. Selvipınar Formasyonu üzerine ise Ağsaklar, Hatıldığ ve Dağhacılar formasyonlarından oluşan Kızılçay grubu bulunmaktadır. Kızılçay grubunun üzerine uyumsuz olarak Lütseyen yaşlı Güvenç Formasyonu gelmekte ve bu birim kireçtaşı, konglomera, kumtaşı ve marndan oluşmaktadır. Güvenç formasyonu üzerine ise yine uyumsuz olarak kumtaşı, kil taşı, killi kireçtaşından oluşan Miyosen yaşlı Hançili formasyonu gelmektedir. İnceleme alanındaki en genç birimler ise Kuvaterner yaşlı çakıl kum, çamur taşı çökelleridir (Aksay ve Gedik 2002).

Çalışma sahasına ait bölgesel jeolojik harita revize edilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Çalışma sahasına ait bölgesel jeolojik harita (Gedik ve Aksay 2002'den değiştirilerek alınmıştır)

Çalışma sahasında yer alan formasyonlar ve ayrıntıları genelleştirilmiş stratigrafik kesitte verilmiştir (Şekil 2.2).

SENZOZOYIK																		
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	GRUP	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR								
MESOZOYIK	TERTİYER	KUVATERNER			ALÜVYON		Qal	50		Alüvyon UYUMSUZLUK								
					HANÇİLİ		Tmh	~100		Kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı, çört, tıft UYUMSUZLUK								
					GÜVENÇ		Teg	150-200		Nummulitesli kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, marn UYUMSUZLUK								
										DAĞHACILAR		Tpekđ	~250		Kumtaşı, marn, kireçtaşı			
					PALEOSEN	KIZILÇAY	Üst		Tpekđ	250-300		Yeşil ve yeşilimsi marn, killi kireçtaşı, kumtaşı, bitümlü marn, bitümlü şeyl						
												AĞSAKLAR		Tpeka	250-300		Konglomera, kumtaşı, silttaşı	
																	SELVİPİNAR	
					KRETASE	ÜST			YENİPAZAR	TARAKLI	Kyet	100-300		Kumtaşı, konglomera, marn, kireçtaşı				
										BAYAT	Kyeb	50-75		Tüf, tıft				
										DEĞİRMENÖZÜ	Kyeğ	50-300		Pelajik ve yarı pelajik kireçtaşı				
														ÜZÜMLÜ	Kyeü	30-400		Volkanojenik kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı
																		SOĞUKÇAM
										KRETASE	ALT	APŞİYEN						
																		JURA
MESOZOYIK	KRETASE	ALT	APŞİYEN															
										MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	MAASTRİHTİYEN					
MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	KAMPAİYEN															
										MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	SANTONİYEN					
MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	KONİASİYEN															
										MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	TURONİYEN					
MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	SENOMANİYEN															
										MESOZOYIK	KRETASE	ÜST	ALBİYEN					

Şekil 2.2 Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Kalınlıklar ölçeksizdir) (Şener ve Şengüler 1998'den değiştirilerek alınmıştır)



### 2.1.1 Soğukçam formasyonu (JKs)

Birim ilk kez Tuna (1974) tarafından Soğukçam kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Saner (1980), birimin Erken Kretase ile temsil edildiği alanlarda/istiflerde Soğukçam kireçtaşı, Orta-Geç Jura-Alt Kretase ile temsil edildiği alanlarda/istiflerde ise Soğukçam formasyonu adını kullanmıştır. Altiner vd. (1991)'de, Bilecik ili yöresinde Bilecik grubu üzerinde yer alan Geç Hotriviyen-Geç Apsiyen yaşlı porselenimsi mikritik kireçtaşları ile Mudurnu-Nallıhan ilçeleri yöresinde Kabalar grubunun en üst formasyonunu oluşturan Erken Valejiniyen-Geç Apsiyen yaşlı porselenimsi mikritik kireçtaşlarını Soğukçam kireçtaşı adı altında incelemiştir (Gedik vd. 2002).

Ankara civarında tanımlanan Akbayır formasyonu (Akyürek vd. 1982, 1996) birimin yanal devamıdır. Birim en iyi Soğukçam köyünün (H25c1) kuzeybatısında görülür. Tip kesiti Çatak çayıdır (Altınlı 1973; Çatak çayı, Çatacık köyünden Soğukçam köyüne doğru akan Alkaya deresi olmalıdır).

Birim altta kalkarenit, volkanit ve olistostromlarla temsil edilir. Bu bölüm, radyolarya ve çört nodüllerince zengin, beyaz-bej renkli, vaketaşı; kırmızı çört; yeşil tüf; feldispat, kuvars, volkanit cam parçaları ve akıntılara taşınmış bol belemnit içeren kumtaşı; pelletik çamur taşı; Tubiphytes ve foraminiferce zengin çamur taşı ve tane taşlarından oluşma parçalar içeren kalkarenit; pelajik oolitle ve çamur taşlı paket taşı; spilitik bazalt; volkanit cam ve feldispat parçaları içeren pelletik çamur taşı fasiyesindeki kireçtaşları ve bol miktarda kireçtaşı ile az oranda bazalt çakılı içeren olistostromdan oluşur (Altiner vd. 1991). Formasyonun orta kesimi türbiditik ve breşoid kireçtaşları ile çamur taşı ardalanmasından oluşur. Karbonat kırıntıları şelften türemedir. Çamur taşları başlıca volkanik kökenli kırıntılıdır. Gri ve beyaz renkli, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşı ara düzeylidir (Altiner vd. 1991). Formasyonun üst bölümü beyaz, bej ve pembe renkli, ince-orta tabakalı porselenimsi mikritik kireçtaşından oluşur. Çört nodüllü ve sarı-kırmızı çört tabakalıdır. Krinoid, bryozoa, planktonik foraminifer, radyolarya ve Nannoconus'ca zengindir. Belemnit içerir. Yer yer marn-şeyl-mikritik kireçtaşı ardalanması biçimindedir (Altiner vd. 1991).

Formasyonun alt sınırı Taraklı-Göynük-Nallıhan hattının kuzeyinde Mudurnu formasyonu ile dikey, güneyinde ise Bilecik kireçtaşı ile yanal ve dikey yönde geçişlidir. Formasyonun üst sınırı ise yukarıda belirtilen hattın kuzeyinde Yenipazar formasyonu ile tedrici geçişli olmasına karşın, güneyinde çoğunlukla uyumsuz dokanak oluşturur (Örneğin; H25d1 paftasında Yukarı Nardin köyünün uzak, Ak tepenin yakın GD'sunda Soğukçam formasyonu üzerinde Yenipazar formasyonunun Senomaniyen yaşlı tabakaları otururken, H25c1 paftasında Soğukçam köyünün 2,5-3 km kuzeyinde Maastrichtiyen yaşlı Taraklı üyesi oturmaktadır ve iki formasyon arasındaki ilişki sedimentolojiktir).

Birimin kalınlığı, tip kesitin ölçüldüğü Çatak çayı veya deresinde (H25c1) 1413,90 m, Harlak pınarı (H25-d2) dolayında 969,8 m'dir (Altınlı 1973).

Birimde alttan üste doğru şu fosiller saptanmıştır: *Belemnopsis depressa* (QUENSTEDT), *Belemnopsis aff. Subhastus informis* (RIEGRAF) (Erken Kalloviyen), *Crassicollaria brevis* REMANE, *Calpionella alpina* LORENZ, *Calpionella alliptica* CADISCH, *Tintinopsella carpathica* (MURGENAU ve FILIPESCU) (iri form), *Calpionellopsis simplex* (COLOM), *Remaniella cadischina* (COLOM) (Titoniyen-Berriasiyen), *Calpionellites darderi* (COLOM), *Tintiopsella longa* (COLOM), (Erken Valajiniyen), *Montsalevia salevensis* CHAROLAIS, BRÖNNIMANN ve ZANINETTI, *Meandrospira favresi* (CHAROLAIS, BRONNIMANN ve ZANINETTI), *Globchaete alpina* LOMBARD, *Globigerina hoterivica* (SUBBOTINA), *Hedbergella sigali* MOULLADE, *Hedbergella delrioensis* (CARSEY), *Hedbergella planispira* (TAPPAN), *Hedbergella trocoidea* (GANDOLFI), *Globigerinelloides ferroelensis* (MOULLADE), *Globigerinelloides algerianus* CUSHMAN ve TEN DAM (Erken Valenjiniyen- Geç Apsiyen). Bu fosil verilerine göre Soğukçam formasyonunun yaşı Kalloviyen-Apsiyen'dir. Birim, yamaç-havza ortamında çökelmiştir (Altıner vd. 1991).

### 2.1.2 Yenipazar formasyonu (Kye)

Birim ilk kez, Saner (1980) tarafından, Yenipazar ilçesi (H25d1) civarında yüzeyleyen volkanitli, bloklu, kumtaşı-şeyl araldanmasından oluşan fliş fasiyesindeki çökel istifini için Yenipazar formasyonu olarak kullanılmıştır. Aynı ad, kapsamı genişletilerek tarafımızdan da benimsenmiştir. Yenipazar formasyonu üzerinde Paleosen yaşlı Selvipınar ve Kızılçay formasyonları bulunmaktadır.

Yenipazar formasyonu değişik yerlerde değişik özellikler sunduğundan tip kesit yeri vermek olanaksızdır. Yenipazar-Sarıcakaya ilçeleri arasındaki yol güzergâhı iyi görüldüğü yerlerdendir.

Yenipazar formasyonu genel olarak grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl araldanması ile yeşil ve kahve renkli volkanit, yeşil renkli marn ve beyaz, bej, kırmızı, pembe renkli, ince tabakalı mikritik (pelajik-yarı pelajik) kireçtaşı ve az miktarda konglomeradan oluşmaktadır. Formasyonda Kampaniyen ve öncesinde yerleşmiş (Saner 1977). Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Bilecik kireçtaşı olistolitleri (jkk) ile bu kireçtaşı gerecinden oluşma olistostromlar, granit ve gnays blokları (gg) ve serpantin blokları ile ofiyolitten türeme olistostrom (Kyeka) olağandır. Bu kaya türlerinden kahve renkli volkanitler Üzümlü üyesi (Kyeü), beyaz, bej, kırmızı renkli üst mikritik kireçtaşları Değimenözü üyesi (Kyed), yeşil renkli tuf ve tüfitler Bayat üyesi (KyeB) ve en üstte kumtaşı, konglomera ve marnlar Taraklı üyesi (Kyet) 'dir. Göncüoğlu vd.'nin (1996) dışında önceki araştırmacılar tarafından formasyon mertebesinde sunulan birimlerin burada üye mertebesinde sunulmuş olması, Seben marnları dahil bu birimler ayırtlandıktan sonra geriye kalan fliş tipi çökelin farklı düzeylerde yer almasıdır.

Yenipazar formasyonunun alt yaşı için tedrici geçişli olduğu yerlerde kat mertebesinde yaş verecek fosil bulunamamıştır. Birimde *Rotalipora appenninica* (RENZ), *Rotalipora reicheli* (MORNOD), *Praeglobotrancana sp.*, *Rotalipora sp.*, *Tircinella sp.* fosilleri (det: Kemal ERDOĞAN) saptanmıştır. Bu fosil topluluğu Senomaniyen'i işaret etmektedir. Tedrici geçişli olduğu yerlerde Soğukçam formasyonunun Apsiyen'de

sonlanmış olması, Yenipazar formasyonunun Albiyen'de başladığını gösterir. Bu verilere dayanılarak, formasyonun alt yaşı, tarafımızdan Albiyen olarak benimsenmiştir.

Formasyonun iki üst yaşı vardır. Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarının bulunduğu yerlerdeki istiflerde en üst üyesi olan Taraklı'dan Saner (1977) tarafından *Orbitoides gmenbachensis* PAPY, *Orbitoides apiculatus* SCHLUMBERGER ve *Siderolites sp.* fosilleri elde edilmiş olup, formasyonun bu istifteki üst yaşı Geç Maastrichtiyen'dir. Yenipazar formasyonunun ikinci üst yaşı ise Çataltepe formasyonunun geçişli olarak üzerlediği yerlerdeki istiflerdir. Bu çalışmada *Sphenolithus primus*, *Perch-Nielsen*, *Ericsonia cava* (Hay ve Mohler), *Ericsonia ovalis* (Black), *Fasciculithns sp.* (H25., D: 95.900-K:75.650) fosilleri elde edilmiştir (det: Emin N. ERKAN). Bu fosil topluluğu Geç Paleosen-Erken Eosen yaşını işaret etmektedir. Dolayısıyla, formasyonun ikinci üst yaşı Geç Paleosen'dir. Bu duruma göre, Yenipazar formasyonu, Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarının bulunduğu istiflerde Albiyen-Maastrichtiyen, Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarının olmadığı, Çataltepe formasyonunun yer aldığı istiflerde de Albiyen-Geç Paleosen yaşındadır (Aksay ve Gedik 2002).

Birim, yamaç-havza ortamında çökelmeye başlamış, şelf ortamda sona ermiştir.

### 2.1.2.1 Üzümlü üyesi (Kyeü)

Marn (veya killi mikrit), kalkarenit ve konglomera içeren şeyl-kumtaşı (volkanojenik)-kireçtaşı ardalanmasından ve seyrek olarak çamur taşından oluşan birim, Demirkol (1973, 1977) tarafından, Üzümlü (Bedi) köyünden (Gölpazarı ilçesi G-GD' su; H24c1) formasyon mertebesinde adlanmıştır. Bazaltik lav ile aglomera da içeren bu birim için aynı adı Saner (1977, 1980) ile Altın vd. (1991) de kullanmıştır. Göncüoğlu vd. (1996) ise birimi piroklastik ve lav üyesi adı altında incelemiştir. Demirkol'un (1973) adlanması bu çalışmada üye mertebesinde kullanılmıştır.

Üye, yaygın olarak kahve renkli, ince-orta tabakalı, volkanik gereçli kumtaşı ve grimsi yeşil renkli, ince tabakalı şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Yer yer aglomera içerir.

Jura-Kretase yaşı (Bilecik) kireçtaşı ile granit ve gnays blokları da içerir. 30-400 m kalınlığa sahip olan üye, en iyi Göynük ilçesi güneyinde Karafakılar-Susuz köyleri arasında görülür. Üyenin üstünde Koniasiyen-Kampaniyen yaşı Değirmenözü üyesi yer almaktadır. Üyenin yaşı Demirkol (1977) tarafından Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir. Ancak üyeden elde ettiği fosillerden biri (*Dosinia sp. Aff. Delettrei CPG.*) Senomaniyen-Türoniyen'i işaret etmektedir. Buna göre üyenin yaşı Senomaniyen-Türoniyen'dir. Volkanoklastik olan birim, yamaç ortamında çökelmiştir (Aksay ve Gedik 2002).

### 2.1.2.2 Değirmenözü üyesi (Kyed)

Beyaz, bej, kırmızı renkli, Globotruncana'lı pelajik kireçtaşları, Değirmenözü köyünden (Göynük ilçesi KB'sı) adlandırılmıştır. Yenipazar formasyonu içinde Değirmenözü üyesi (Saner 1980; Göncüoğlu vd. 1996) olarak ele alınmıştır. Yenipazar formasyonunun alt düzeylerinde yer alan üye, genellikle altta beyaz, bej, üstte kırmızı renkli, ince-orta tabakalı, Globotruncana'lı oluşuyla dikkat çeken pelajik-yarı pelajik killi kireçtaşından oluşmaktadır. Mikrit ve biyomikrit nitelikli olan kireçtaşı, ara tabakalar halinde yer yer şeyl, kumtaşı, tuf içerir. Birim, Göynük kuzeyinde Değirmenözü köyünde Yenipazar-Sarıcakaya yolu üzerinde (Nardin Köyü güneyinde) iyi görülür. Üye, altta Üzümlü üyesi, bu üyenin olmadığı yerlerde ise Yenipazar formasyonunun kumtaşı ve şeyl birimleriyle tedrici geçişlidir. Kalınlığı 50-300 m arasında değişen birim, hemen hemen devamlı olup (kılavuz seviye), önemli bir yanal değişim göstermemektedir. Birimde *Globotruncana gr. Linneiana* (D'ORBIGNY), *Globotruncana bulloides* (VOGLER), *Dicarinella asnetrica* (SIGAL), *Dicarinella concovata* (BROTZEN), *Globotruncanita cf. Elevata* (BROTZEN), *Rosita fornicata* (PLUMMER), *Marginotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelicidae*, *Globigerinidae* fosiller saptanmış (det.: Kemal ERDOĞAN) olup yaşı Koniasiyen-Kampaniyen'dir. Birim yamaç ortamında çökelmiştir (Aksay ve Gedik 2002).

### 2.1.2.3 Bayat üyesi (Kyeb)

Gölpazarı ilçesi güney-güneybatısında Bayatköy (H24c1) civarında yüzeyleyen Yenipazar formasyonu içindeki yeşil renkli tüfleri Demirkol (1973) tarafından Vezirhan formasyonunun Bayat tuf üyesi olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanındaki benzer tuf ve tüfitler Bayat üyesi adı altında incelenmiştir. Birim en iyi Yukarı Nardin-Aşağı Nardin köyleri arasında Sarıgüney sırtında görülür.

Birim yeşil renkli, ince-orta, yer yer kalın tabakalı tuf ve tüfitlerden oluşur. Tabanında yer yer çamur topları bulunan üyede şeyl ara katkı olağandır.

50-75 m. dolayında kalınlığa sahip olan birim, yapıtaşı ve tras olarak kullanılmaktadır. İçinde fosil saptanamayan üyenin yaşı, Değirmenözü üyesi ile Taraklı üyesinin arasında yer alması nedeniyle Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen olmalıdır (Aksay ve Gedik 2002).

### 2.1.2.4 Taraklı üyesi (Kyet)

Yenipazar formasyonunun en üstünde yer alan ve ağırlıklı olarak kumtaşından oluşan birimi, Saner (1977), Taraklı ilçesine izafen Taraklı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim daha sonra Göncüoğlu vd. (1996) ise Gölpazarı grubunun Yenipazar formasyonunun Taraklı üyesi adı altında incelemiştir. Aynı birim, bu çalışmada da üye mertebesinde ele alınmıştır. Üye, yeşilimsi gri renkli, ince-kalın tabakalı yer yer som, kumtaşı ağırlıklı marn, şeyl, kumtaşı ve çakıllı kumtaşı ile yer yer bej renkli, az belirgin tabakalı, Orbitoides'li kireçtaşından (Kyet) oluşmaktadır. Paralel ve çapraz laminalanma, büyük ölçekli çapraz tabakalanma, taban yapıları, istifte alttan üste doğru tane boyu büyümesi, birimin sedimantolojik özelliklerindedir. Birimin tip kesiti Taraklı'nın 4 km güneydoğusunda Kayaboğazı'dır (Saner 1977). Kalınlığı birkaç yüz metre arasında değişen formasyon üzerine uyumlu olarak yine Üst Kretase yaşlı Taraklı

Formasyonunun kumtaşları gelmektedir. Çalışma sahasının kuzeyinde Karakuz ve tkduğu Tepe'de yüzeyleyen Taraklı kumtaşları, 100-150 m arasında değişen kalınlığa sahip olup kaba taneli kumtaşları ile temsil edilmektedir.

Birimin hakim litolojisi kumtaşıdır. Konglomera, marn ve kireçtaşları da görülmektedir. Kumtaşları genellikle gri yeşilimsi gri renkli ve karbonat çimentolu olup, zaman zaman karbonatlı kumtaşı özelliği kazanmaktadır. Kumtaşlarında tabaka kalınlıkları 0,2-0,5 m arasında değişmektedir. Birimin üzerinde bulunan Selvipınar Formasyonuna geçişte karbonat oranında artış görülmektedir.

Taraklı yesi, altta Yenipazar formasyonunun diğer birimleriyle, üstte ise Selvipınar formasyonu ve Kızılçay grubuyla geçişlidir. Taraklı formasyonunun kalınlığı tip kesitinde Saner (1977) tarafından 160 m olarak belirtilmiştir.

Çalışma alanından derlenen ve Taraklı formasyonunda yapılmış olan paleontolojik analizler sonucunda, bentik kavkı parçaları, makro fosil kavkıları (Ostracod, Ekinid, Braciopod) dışında fosil gözlenmemiştir ve bundan dolayı da birimin yaşı saptanamamıştır. Ancak nceki çalışmalarda birimin yaşı Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir. Taraklı yesi delta ortamında okelmiştir (Saner 1977).

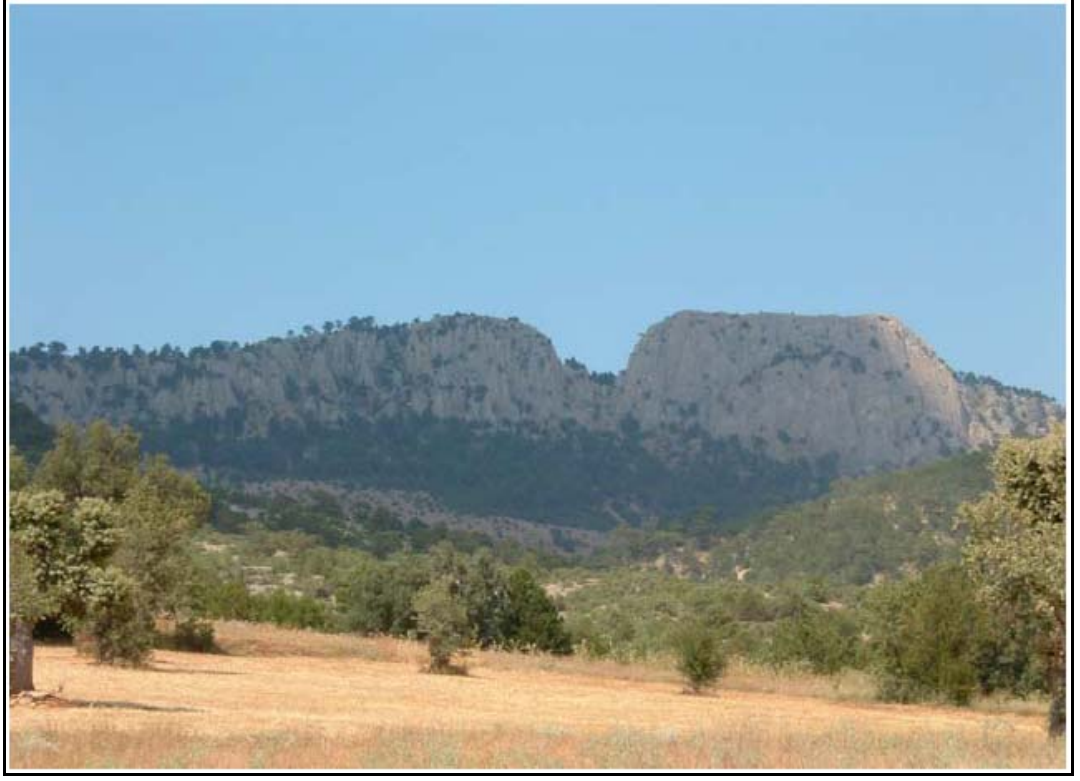
ye bol makro fosillidir. Çalışma alanından derlenen ve Taraklı yesinde yapılmış olan paleontolojik analizler sonucunda yer yer yoğun olarak *Orbitoides sp.* gözlenmiştir. Saner (1977), birimde *Pecten Alectryonia*, *Exogyra*, *Cyclolites*, *Gastropod*, *Ekinid*, *Ammonit* gibi makro fosiller ile *Orbitoides gruenbachensis* PAPY, *Orbitoides apiculatus* SCHLUMBERGER ve *Siderolites sp.* gibi fosiller saptamış, bu fosillere göre birimin yaşının Maastrichtiyen olduğunu belirlemiştir. Taraklı yesi st Kretase sonunda denizin sığlaşmaya başlaması sonucunda deltada okelmiştir. İyi bir hazne kaya özelliği gösterir.

### 2.1.3 Selvipınar formasyonu (Tps)

İlk kez Eroskay (1965) tarafından adlandırılan formasyon, ayky Fayı kuzey kesiminde, doğu-batı doğrultusunda uzanan mostralarda görülür. Paleosen yaşı Selvipınar Formasyonu, Ağsaklar ve Turgutlar köyleri kuzeyinde mostra vermekte ve yaklaşık 100 m kalınlığa sahip kiretaşıları Taraklı Formasyonu zerine yanal ve düşey geçişli olarak gelir.

Tip yeri, Osmaneli'nin 11 km güneydoğusundaki Medetli köyüdür ve tip kesiti Eroskay (1965) tarafından Medetli kuzeybatısındaki Selvipınar Tepesinde llmştr. Formasyon alt seviyelerinde orta kalın katmanlı detritik elemanlı kiretaşıları, orta seviyelerinde marn ar dalanmalı kiretaşıları, st seviyelerde ise masif görünümlü kiretaşılarından oluşturmuştur. Bölgedeki tektonik etkiler kiretaşılarına, kalkarenit, kalsirudit ve bloklu bir yapı özelliği kazandırmıştır. Sarı, açık gri bej renkli kiretaşılarının büyük çoğunluğu parçalanmış olup çok sert, düzensiz, keskin kırıklı, baklava görünümlü çatlaklı ve bol fosillidirler. Arazide genellikle sert olan litolojileri nedeniyle sırtlarda korniş şeklinde görülmektedir (Şekil 2.3). Birimin tabanında kumlu makro fosilli, ufalanmış algli istif taşı-tane taşları bulunur. Bu kesimde çoğu mikritleşmiş taşınmış algler bulunmaktadır. En st seviyelerde ise mercan ve algli bağlam taşları bulunmaktadır.





Şekil 2.3 Kabalar köyü kuzeyinde Selvipınar kireçtaşlarının genel görünümü

Selvipınar formasyonuna ait kireçtaşlarının Kızılçay grubuna ait Ağsaklar formasyonu kumtaşı ve çamur taşı seviyeleri ile dokunağı görülmektedir (Şekil 2.4). Selvipınar formasyonu kireçtaşlarının Taraklı formasyonu kumtaşları ile dokunağı görülmektedir (Şekil 2.5).

Paleontolojik incelemeler sonucunda birimde *Calpionella alpina*, *Laffitenia cf. Menquadi* (Astre), *Neomeris sp.*, *Dacycladacea*, *Lithothamnium sp.*, kırmızı ve yeşil algler belirlenmiştir. Formasyonun yaşı Sarı vd. (1987)'e göre Paleosen, Besbelli (1991) ve Şener ve Şengüler (1992)'e göre ise Monsiyen (Paleosen) yaşındadır. Birim Şener ve Şengüler (1992)'e göre kuzeye doğru gerileyen denizin oluşturduğu sığ denizel bir ortamda sahil çizgisine az çok paralel olarak çökelmiş, Sarı (1985)'e göre ise resif oluşumuna müsait, normal tuzlu, bol güneşli denizel lagün ortamında çökelmiştir.



Şekil 2.4 Selvipınar formasyonuna ait kireçtaşlarının Kızılçay grubuna ait Ağsaklar formasyonu kumtaşı ve çamur taşı seviyeleri ile dokunağı



Şekil 2.5 Selvipınar formasyonu kireçtaşlarının Taraklı formasyonu kumtaşları ile dokunağı

Resifal kireçtaşıdan oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından Selvipınar kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Aynı ad Saner (1977, 1980) tarafından da kullanılmıştır. Söz konusu birim, Altınlı (1973) tarafından Selvipınar kireçtaşı üyesi, Türkecan vd. (1991) tarafından Mandır formasyonunun Müşür üyesi, Göncüoğlu vd. (1996) tarafından da Kızılçay grubunun Hatıldığ formasyonunun Selvipınar kireçtaşı üyesi adı altında incelenmiştir. Seyrek de olsa, yer yer konglomera ve kumlu kireçtaşı seviyeleri içeren birim bu çalışmada da Selvipınar formasyonu adıyla ele alınmıştır. Birimin en iyi mostraları, Bilecik kuzeyinde Osmaneli güneybatısında Medetli köyünde ve Gölpazarı kuzeyindedir. Birim genel olarak sarımsı beyaz, bej yer yer kırmızı, pembe renkli, ince-kalın tabakalı, sert, biyomikrit ve biyosparit nitelikli, mercanlı ve algli resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Altında ve üstünde serpilmiş görünümlü kuvars çakılcıkları içeren birimin tabanı, yer yer kumlu-çakıllı kireçtaşı ve karbonat çimentolu konglomera niteliğindedir.

Altta Yenipazar formasyonunun Taraklı üyesi ile tedrici geçişli olan birim, üstte Kızılçay grubu ile yanal ve dikey geçişlidir. Belirgin bir yanal değişim göstermeyen formasyon, zaman zaman yanalda kamalanarak 0-100 m arasında değişen kalınlıklar sunmaktadır.

Formasyonda, *Laffitteina cf. Bibensis* MARIE, *Laffitteina aff. Monodis* MARIE, *Cymopolia cf. Siteli* MORELET, *Solenomeris couvillei* PREFENDER, *Presudolithamnium album* PREFENDER fosilleri saptanmış olup, yaşı Monsiyen olarak belirlenmiştir (Altınlı 1973; Saner 1977). Birim Saner'e (1977) göre ise Alt Paleosen yaşlıdır.

#### **2.1.4 Kızılçay grubu (Tpek)**

Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından Kızılçay vadisinde (Gölpazarı KD' su) adlandırılmıştır. Aynı adı kullanan Altınlı (1973), birimi daha sonra grup mertebesinde ele almıştır (Altınlı 1975). Saner (1977, 1980) de, aynı birimi grup mertebesinde incelemiştir. Birim bu çalışmada grup mertebesinde

incelenmiştir. Birim, Taka ve Şener (1988) tarafından Ağsaklar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birimin tip kesiti Gölpazarı ilçesi güneyindeki Arap deresidir (Altınlı 1973). Ancak, burası birim için tipik yer değildir. Birimin tüm özelliklerinin gözlemlendiği yer Kızılçay vadisidir. Birim genel olarak kırmızı, alacalı renkli, ince-kalın tabakalı, kötü boylanmalı konglomera, kumtaşı ve çamur taşı ardalanmasından oluşmaktadır. Çapraz tabakalıdır.

Birim litolojik ve sedimantolojik özelliklerine ve arazi gözlemlerine göre Üst Kretase sonunda başlayarak Paleosen'de de devam eden bir regresyonun kontrolünde kıyı ovasında depolanmış kırmızı renkli karasal çökellerdir. Birimin çökeltme ortamı, yer yer bataklık ve göl sedimanlarıyla temsil olunan karasal ortam ve kıyı ovası şeklinde yorumlanabilir.

Kızılçay grubunun denizel Paleosen'e ait kireçtaşları mercceklerinde, *Oatracoda sp.*, *Lithothomnium sp.*, *Laffitenia sp.*, *Miliolidae sp.*, *Rudist sp.*, *Nummulites sp.* fosilleri saptanmıştır (Sarı ve Sonel 1995). Fosil içeriğine göre Kızılçay grubunun denizel seviyelerinin Paleosen yaşında olduğu saptanmıştır. Saner (1977) ise birimin yaşını Orta/Geç Paleosen-Erken Eosen olarak belirlemiştir.

Çalışma sahasının güneyinde Orta Sakarya havzasında geniş bir yayılım sunan bu grup Beypazarı-Çayırhan sahasında tümüyle kırmızı renkte gözlenirken, çalışma sahasında üç ayrı formasyona ayrılabilir. İlk olarak Granit ve Şener (1987) tarafından Sarıcakaya sahasında yapılan ayırtlamaya göre grup içinde Ağsaklar, Hatıldığ ve Dağhacılar formasyonları bulunur.

#### **2.1.4.1 Ağsaklar formasyonu (Tpeka)**

Kızılçay Grubunun alt kesimlerini oluşturan bu formasyon Hatıldığ senklinalinin kuzey ve güney kanatlarında yüzeylenir. Bu formasyon özellikle Hasanlar köyü, Ağsaklar köyü ve Turgutlar köylerinde tipik olarak gözlenebilmektedir.



Kırmızı ve kızılımsı kahverengi olup, konglomera, çakıl taşı, silttaşı ve kumtaşlarından oluşan formasyonun kalınlığı 250-300 m arasında değişmektedir (Şekil 2.6, 2.7). Büyük ölçüde Jura yaşlı kireçtaşlarından ender olarak da kuvarsit ile ofiyolitik kayalardan türemiş yuvarlak tanelerden oluşan konglomeralar formasyon içinde yaygın olarak gözlenmektedir. Formasyon içinde tabandan tavana doğru kil ve karbonat oranında azalma gözlenmektedir. Formasyon Granit ve Şener (1987)'in ayırladığı Beyköy formasyonu ile deneştirilebilir.



Şekil 2.6 Ağsaklar formasyonuna ait konglomera ve kumtaşının görünümü



Şekil 2.7 Ağsaklar formasyonu çakıl taşı ve çakıl taşı-kumtaşının seviyesinin yakından görünümü

#### **2.1.4.2 Hatıldağ formasyonu (Tpekh)**

Çalışma sahasında yer alan bitümlü kayaları içeren bu formasyon çalışma sahasında yer alan Hatıldağ'na izafeten bu isimle anılmaktadır. Yeşil ve yeşilimsi gri marn, açık gri ve koyu gri renkli genellikle marn (Şekil 2.8, 2.9) ender olarakta kil taşlarından oluşan formasyon içerisinde tüfitik ara katkılar ile silisifiye bantlar gözlenebilmektedir. Formasyonun toplam kalınlığı 250–300 m arasında değişmektedir. Formasyon Granit ve Şener (1987)'in ayırtladığı Çamalan formasyonu ile deneştirilebilir.





Şekil 2.8 Hatıldağ formasyonunun uzaktan görünümü



Şekil 2.9 Bitümlü şeyllerin yakından görünümü

Hatıldağ formasyonunun orta kesimlerinde yer alan bitümlü kayaçların ara seviyelerinde yer yer steril marn bantları yer almaktadır. 30–50 m arasında değişen kalınlığa sahip olan bitümlü kayaçlar Granit ve Şener (1987)'in tanımladığı Kepeztepe üyesi ile deneştirilebilir.

Killi kireçtaşı, bitümlü şeyl, marn, kil taşı ve kumtaşından oluşan birim Saner (1978) tarafından (Göynük GD' su; H25b3) formasyon mertebesinde adlandırılmıştır. Sürekliliği olmaması nedeniyle Göncüoğlu vd. (1996), birimi üye mertebesinde incelemiştir.

Üye, Göncüoğlu vd. (1996)'nin Kızılcay grubuna ait Demirköy formasyonu içinde ayırtlandıkları Beydili üyesi ile özdeştir. Birim, yeşilimsi beyaz renkli, ince orta tabakalı, killi kireçtaşı, yeşil renkli kumtaşı ve yeşilimsi gri renkli, bitümlü şeyl, kil taşı, bitümlü marn ardalanmasından oluşmaktadır. İnce kömür ara seviyeleri de içerir. Yenipazar ilçesi-Himmetoğlu köyü (Göynük ilçesi GD' su) arasında, Kabalar köyü güneyinde Hatıldağı çevresinde ve Sarıcakaya ilçesinin doğu-kuzeydoğusundaki Beydili köyü çevresinde iyi gözlenir.

Birimin kırıntılı seviyelerinden Landeniyen'i işaret eden *Velates schmiedelianus* CHEMNITZ, *Ampulina forbesi* DESHAYES, *Ampulina (Crommium) sp.* (Altnlı, 1973) gibi fosiller derlenmiştir.

Taka ve Şener (1988) de formasyonun Himmetoğlu köyü çevresinde değişik (olası denizel girdilerin olduğu üst düzey) seviyelerinden *Ostrea cf. sakaryensis* STCHEPTNSKY, *Ostrea raria mella* MELLEVIYA, *Potamides praeplicatus* COSSMANN, *Ampulina cf. forbesi* DESHAYES, *Typanotonus futanus* MANTELL, *Cyrena cunerformis* FERRUSAC, *Batillaria subacuta* d'ORBIGNY ve *Viviperus aff. suessoniensis* DESHAYES fosillerini derlemiş, bu fosil topluluğunun Geç Paleosen-Erken Eosen'i işaret ettiğini belirtmiştir.



### 2.1.4.3 Dağhacılar formasyonu (Tekd)

Çalışma sahasının orta kesimlerinde Hatıldağ senklinalinin çekirdeğinde gözlenen bu formasyon kırmızı, kızılımsı kahve renkli ender olarak yeşilimsi veya gri renkli silttaşı, kumtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşur (Şekil 2.10). Dağhacılar formasyonunda kayaç litolojileri arasında marnlı birimler baskın olup, marnlar koyu yeşil-gri renklere ve kolay kırılmalıdır. Yaklaşık 250 m kalınlığa ulaşabilen formasyon Granit ve Şener (1987)'in tanımladığı Laçın formasyonu ile deneştirilebilir.

Dağhacılar formasyonunun yaşı Beseme'ye (1967) göre stratigrafik durumu göz önünde bulundurularak, Oligosen olmakla birlikte bölgesel olarak yapılan çalışmalarda Eosen olarak kabul edilmiştir (Şener ve Şengüler 1992). Üst Kretase sonlarında başlayan regresyon Eosen başlarına dek devam etmiş, Eosen' de yeni bir transgresyon olmuştur. Paleosen'in karasal Kızılçay grubu çökelleri üzerinde ilerleyen transgresif Dağhacılar formasyonu ile başlayan Eosen çökelleri oluşmuştur. Kızılçay grubu genel olarak ele alındığında Ağsaklar ve Dağhacılar formasyonları akarsu, Hatıldağ formasyonunun ise birbiri ile bağlantılı göl ortam ürünleri oldukları düşünülebilir (Granit ve Şener 1987).



Şekil 2.10 Kumtaşı-silttaşlarının görünümü

### 2.1.5 Güvenç formasyonu (Teg)

Nummulitli kireçtaşı konglomera, kumtaşı, şeyl, marn ve volkanitlerle temsil edilen birim, Ankara kuzeybatısında Kazan ilçesine yakın Güvenç köyünden adlandırılmıştır. Güvenç formasyonu Orkan (1972) tarafından adlandırılan Ciciler formasyonu (Pamukova GD'su), Göncüoğlu vd. (1996) tarafından adlandırılan Hacılar formasyonu (Nallıhan B'sı) ile denestirilebilir. Formasyonun pafta alanında en iyi görüldüğü yerler, Danişmen köyü kuzeyi ile Kürnüç köyüdür.

Yaklaşık doğu-batı uzanımlı konuma sahip olan birim, altta grimsi sarı renkli, çakıllı çapraz tabakalı kumtaşı ve kırmızı renkli çamur taşı-silttaşı ardalanmasıyla başlar (Kürnüç köyü yakın batısı). Kumtaşlarının tabanı aşınma yüzeylidir. En alttaki kumtaşı katmanı, altta yer alan Hatıldağ formasyonu bitümlü şeyllere ait şeyl topakçıkları içerir. Ancak, her iki birimin tabaka konumları aynıdır. Bu kumtaşı-çamur taşı ardalanmasının üzerine geçişli olarak, formasyonun esas birimini oluşturan grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl-kil taşı-marn ardalanması gelmektedir. Birim içerisinde, serpilmiş olarak, taneler halinde bol Nummulites gözlenir.

Güvenç formasyonu çalışma alanında yer yer altta Kızılçay Grubu ile paralel uyumsuzdur. Birim yaklaşık 150–200 m kalınlığa sahiptir.

Birimden alınan örneklerde, *Nummulites aturicus* JOYL ve LEYMERIE (*B formu*), *Nummulites sp.*, *Assilina sp.*, *Alveolina sp.*, *Discocyclina sp.*, *Planorbulina sp.*, *Valvulina sp.*, *Rotalidae*, *Bryozoa*, *Alg* gibi fosiller belirlenmiş (Göncüoğlu vd. 1996) ve birime Geç Lütésiyan yaşı verilmiştir. Bunlara ek olarak Orta-Geç Lütésiyan yaşını veren *Orbitolites complanatus* LAMARK, *Nummulites cf. Millecaput* BOUBEE (*B formları*) ve *Assilina exponens* (SOWERBY) türleri elde edilmiştir (det: Sefer ÖRÇEN). Buna göre, birimin yaşı Orta-Geç Lütésiyan olmalıdır (Aksay ve Gedik 2002).

Formasyonun tabanındaki çapraz tabakalı kumtaşı ve kırmızı çamur taşları karasal-kıyı ortamı, Nummulites’li şeyl ve kumtaşları da şelf ortamı çökeldir (Aksay ve Gedik 2002).

### **2.1.6 Hañçili formasyonu (Tmh)**

Kumtaşı, kireçtaşı, şeyl, marn, tuf ve kireçtaşından oluşan birim, Akyürek vd. (1980) tarafından, Hañçili köyüne izafeten (Çankırı ili; H30b2) adlandırılmıştır. Pafta alanında benzer kömürlü birimler Himmetoğlu formasyonu (Sarı 1985) adı altında incelenmiştir. Birim, en iyi Himmetoğlu köyü (Göynük ilçesi GD’su) civarında görülür.

Birim, altta kırmızı renkli konglomeralarla başlar. Bunlar kötü boylanmalı olup, çakıllar yuvarlak-yarı yuvarlaktır. Konglomeralar üste doğru kumtaşlarına, onlar da yeşil renkli, ince-orta tabakalı, linyit ara düzeyli, bitümlü şeyl, kil taşı ve marnlara geçer. Bu birimler en üstte killi kireçtaşı, silttaşı ve ince kumtaşı ara seviyelidir.

Formasyon, kendinden yaşlı birimler üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almaktadır. Üstü ise aşınmalıdır. Kalınlığı 100 m dolayındadır.

Formasyon içinde bulunan *Mikrodyroys sp.*, *Megacricetodon sp.*, *Democricetodon sp.* (gaillardii türüne yakın), *Eumyarion sp.*, *A.*, *Mirabella sp.*, *Eucricetodon sp.*, *Desmanodon sp.* Mikro memeli faunasına göre Erken Miyosen yaşı (Türkecan vd. 1991) saptanmıştır. Akyürek vd. (1996)’ne göre birimin yaşı Serravaliyen-Tortoniyen’dir. Birim litolojik özelliklerine göre akarsu ve göl ortamında depolanmıştır.

### **2.1.7 Alüvyon (Qal)**

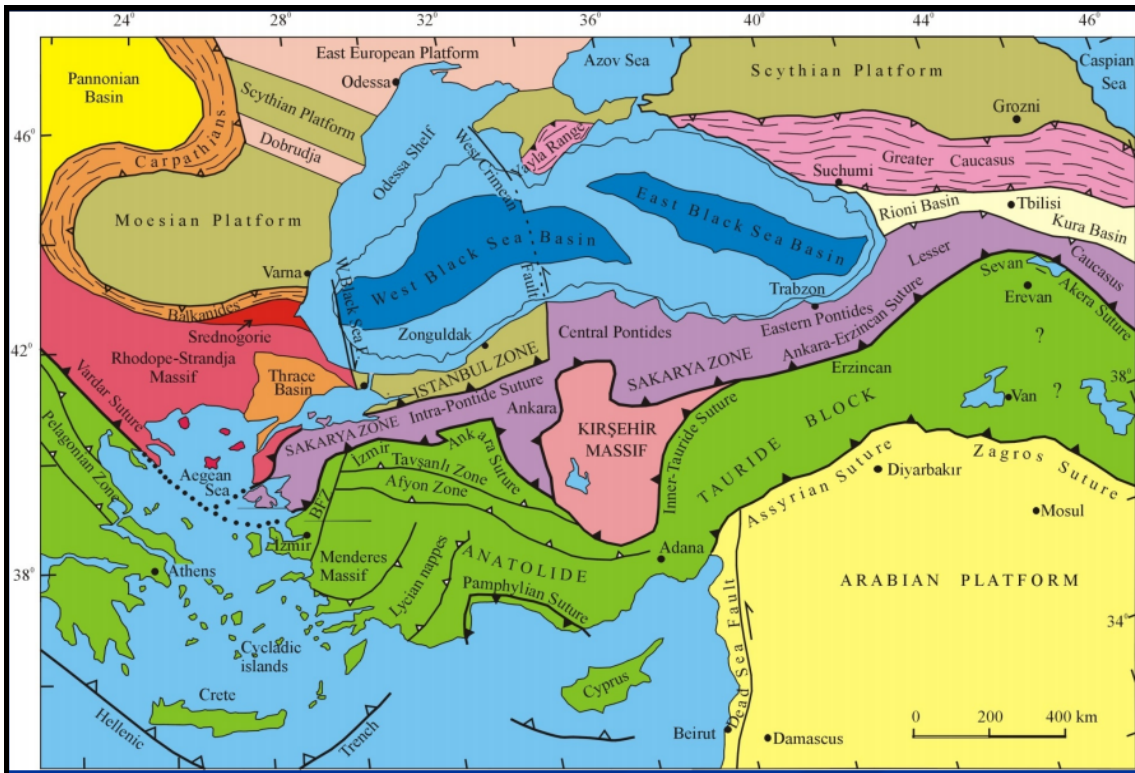
Çalışma alanındaki alüvyon çökelleri akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum, çamur çökelleridir. Alüvyon malzemeleri, tutturulmamış silt, kum ve çakıl boyutundaki yuvarlak taneli ve blok boyutundaki köşeli parçalardan oluşmaktadır. Dere yataklarını dolduran alüvyon malzemeler, kendisinden

yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Birim yaklaşık 50 m kalınlığındadır (Aksay ve Gedik 2002).

## 2.2 Yapısal Jeoloji

Bölge genel olarak Alp orojenezinden etkilenmiş olup stratigrafik ve yapısal unsurlar bu orojenezin etkisiyle şekillenmiştir. Çalışma alanı Kuzey Anadolu Sıradağları/Pontidler olarak adlandırılan tektonik birliğin batısındadır (Ketin 1966).

Türkiye, pontidler (Istranca napı, İstanbul Napı, Küre napı, Bayburt napı), Sakarya kıtası, torid anatolide platformu, Arap platformu, Doğu Anadolu yığılma karmaşığı olmak üzere şekil 2.11’de görüldüğü gibi 5 ana tektonik birlikten oluşur (Şengör ve Yılmaz 1981).



Şekil 2.11 Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999)

Pontidlerin batı kesiminde, Sakarya Kıtası adı verilen parçasında yer alan çalışma alanı, Kimmeriyen, Hersiniyen ve Alpin Orojenik olaylarından etkilenmiş bir kuşakta bulunmaktadır. Sakarya Kıtası, güneyde İzmir-Ankara kenet kuşağı zonu ve kuzeyde Ankara-Erzincan suture zonuyla sınırlanmaktadır. Bu zonlarla arasında ofiyolitli birer kenet kuşağı bulunmaktadır.

Çalışma sahası kuzeyde Paleozoyik yaşlı “Bolu Masifi” ile güneyde “Eskişehir-Bilecik Metamorfik Temel” arasında yer alan Mesozoyik-Tersiyer baseni içinde D-B doğrultuda yer almaktadır.

Çalışma sahasında bulunan en büyük yapı Hatıldağ Senklinalidir. 16 km uzunluğunda ve 6 km genişliğinde olan bu senklinal D-B doğrultulu eksene sahip olup kuzey ve güney kanatlarında bitümlü şeyl, bitümlü marn ve dolomitli bitümlü marn mostralari bulunmaktadır. Kanatlarda 60°C üzerine kadar dikleşen tabaka konumları eksene doğru düşmektedir. Senklinal içerisinde ender olarak çok küçük atımlı faylar gözlenebilmektedir (Granit ve Şener 1987).

Çalışma sahasında, Miyosen öncesi Paleotektonik dönemde kuzey-güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak kıvrımlanma yapıları, neotektonik dönemde ise kuzey-güney yönlü gerilmeler sonucu normal faylar oluşmuştur.

### **2.3 Paleocoğrafya**

Kretase sonlarında tüm Sakarya yöresini içine alan büyük bir jeosenklinalin varlığı söz konusudur. Üst Kretase'nin sonunda bölgede denizin çekilmeye başlamasıyla üste doğru taneleri irileşen ve sığ deniz fosilleri içeren kumtaşı seviyelerinin oluşturduğu Taraklı formasyonu çökelmiştir. Denizin çekilmesi Paleosen ve Eosen başlarında da devam etmiş, kuzeyde oluşan doğu-batı doğrultulu sahil çizgisi önünde meydana gelen sığ ve enerjili denizde resifal karakterde Selvipınar kireçtaşları çökelmiştir.

Bölgenin yükselmesinin devam etmesi nedeniyle daha sonraları tamamen karasal bir karakter kazanan Kızılçay grubu depolanmaya başlamıştır. Bölge yükselmelerinin hızlı olması sebebi ile erozyon ve sedimentasyon hızı şiddetli olmuş, Kızılçay grubu ise kısa zamanda konglomera, kumtaşı ve çamur taşı ardalanmasından oluşan kalın bir istife dönüşmüştür. Bölge zaman zaman deniz istilasına uğramışsa da, Eosen sonuna kadar bölgede nehir çökelimi devam etmiştir (Granit ve Şener 1987). Eosen ortalarına gelindiğinde deniz tamamen çekilmiş ve yerini karasal oluşuklara bırakmıştır. Miyosen başlarında ise bölgede oluşan gölde kömür ve bitümlü kayalar çökelmiştir. Üst Miyosen döneminde bu göl dolarak yerini nehir ve karasal ortam çökellerine bırakmıştır. Miyosen sonundaki yapısal olaylar bölgede düzenli olup, genellikle simetrik kıvrımlar oluşturmuştur. Bunlardan biri olan Hatıldağ senkline aşınmaya maruz kalarak bugünkü jeomorfolojik şeklini almıştır (Granit ve Şener 1987).

## **2.4 İnceleme Alanından Alınan Ölçülü Stratigrafik Kesitler**

Bu tez çalışması kapsamında organik maddece zengin kayaları içeren Orta-Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı olan Hatıldağ formasyonu ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma alanının üç farklı noktalarından alınan örneklerle ölçülü stratigrafik kesitler oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla; Kayalık Dere (DH), Karanlık dere (KD) ve Emzik Beleni (HE) ölçülü stratigrafik kesitleridir.

### **2.4.1 Kayalık dere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK)**

Kayalık dere ölçülü stratigrafik kesiti Kabalar Köyü kuzeyinden alınmıştır (koordinatlar: başlangıç = 61462–21386; bitiş = 61100–24400). Kesit 312 m kalınlıkta olup, 113 adet örnek temin edilmiştir (Şekil 2.18). Kesit dolomitli marn, dolomitli bitümlü marn, dolomitli bitümlü şeyl, dolomit, bitümlü kil taşı, bitümlü dolomit, dolomitli kil taşı, bitümlü kil taşı, bitümlü marn, bitümlü şeyl, marn ve kil taşı litolojilerinden oluşmaktadır. Kesit tabanda kırmızı bordo renkli Ağsaklar Formasyonunun orta-kaba taneli kumtaşı-marn ardalanmalı seviyesi üzerine Hatıldağ Formasyonunun yeşil-krem renkli marn-karbonatlı marnları ile başlar (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Ağsaklar formasyonunun orta-kaba taneli kumtaşı-marn ardalanmalı seviyesi

Birim tabandan 63. metreye kadar genellikle dolomitli marn hakimiyeti ile devam eder (Şekil 2.13). 63–169 m arasında yoğun bir dolomitli bitümlü marn, dolomitli bitümlü şeyl ve bitümlü şeyl ardalanmalı seviye hakimdir. Bu paket üzerine 20 m kalınlığında koyu yeşil renkli dolomitli kil taşı seviyesi gelir (Şekil 2.14). 189–210 m’ler arasında bitümlü seviyeler daha az olup, bu bölümde dolomitli kil taşı baskınlığı göze çarpar. 210–253 m’ler arasında dolomitli kil taşı ve dolomitli marn ardalanması hakimdir (Şekil 2.15). Bu paket üzerine 50 cm kalınlığında dolomitli bitümlü şeyl seviyesi gelir. 254–312 m’ler arasında ise dolomitli marn ve kil taşı ardalanması hakimdir.



Şekil 2.13 Dolomitli marn-koyu gri renkli dolomitli marn ardalanması





Şekil 2.14 Koyu yeşil renkli marn, bitümlü şeyl ve bej renkli dolomitli kilitli seviyesi.



Şekil 2.15 Dolomitli marn



Kalınlık	Litoloji	Örnek No	Açıklama
99.97m		DH-68	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
98.57m		DH-67	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
97.37m		DH-66	Kahverengi, gri renkli dolomitli bitümlü marn
96.82m		DH-65	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
		DH-64	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-63	Sütlü kahve renkli dolomitli bitümlü şeyl
91.12m		DH-62	Dolomitli bitümlü marn
91.04m		DH-61	Koyu gri renkli kilitaşı
90.44m		DH-60	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli bitümlü marn
89.64m		DH-59	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli bitümlü kilitaşı
88.74m		DH-58	Açık kahve-sarımsı renkli dolomitli bitümlü şeyl
88.42m		DH-57	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli bitümlü kilitaşı
88.12m		DH-56	Sarımsı, yeşil renkli, yer yer organik maddeli bitümlü dolomit
87.32m		DH-55	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli kilitaşı
		DH-54	Dolomitli kilitaşı
86.12m		DH-53	Koyu gri renkli dolomitik kilitaşı
85.42m		DH-52	Sarımsı renkli dolomitli marn
84.02m		DH-51	Sütlü kahve renkli dolomitli bitümlü şeyl
84.02m		DH-50	Koyu gri renkli dolomitli marn
82.78m		DH-49	Koyu gri renkli dolomitli kilitaşı
81.13m		DH-48	Bitümlü dolomit
79.53m		DH-47	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
78.03m		DH-46	Açık kahve renkli, yer yer organik madde içerikli dolomitli bitümlü marn
78.03m		DH-45	Koyu yeşil renkli bitümlü dolomit
77.23m		DH-44	Siyah renkli dolomitli bitümlü marn
		DH-43	Kahve renkli bitümlü kilitaşı
		DH-42	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
73.73m		DH-41	Açık kahve renkli organik maddece zengin dolomitli bitümlü marn
		DH-40	Dolomit
		DH-39	Dolomit
69.23m		DH-38	Dolomitli marn
		DH-37	Dolomit
		DH-36	Sütlü kahve renkli dolomitli bitümlü şeyl
		DH-35	Yeşil renkli dolomitli marn
		DH-34	Dolomitli marn
		DH-33	Koyu gri renkli, bol organik maddeli, karbonat içeriği yüksek dolomitli bitümlü şeyl
64.98m		DH-32	Koyu gri koyu kahve renkli, çatlak yüzeyleri yer yer demiroksit sıvama dolomitli bitümlü şeyl
64.97m		DH-31	Krem, bej renkli, yer yer bitüm sıvama dolomitli marn
		DH-30	Koyu gri renkli bol organik maddeli dolomitli bitümlü şeyl
62.97m		DH-29	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-28	Koyu renkli dolomitli marn
		DH-27	Açık gri renkli dolomitli marn
		DH-26	Koyu renkli dolomitli marn
53.47m		DH-25	Açık gri renkli dolomitli marn
		DH-24	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-23	Koyu gri renkli dolomitli marn
48.47m		DH-22	Bej renkli dolomitli marn
		DH-21	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-20	Bej renkli dolomitli marn
		DH-19	Bej renkli dolomitli marn
		DH-18	Koyu gri renkli dolomitli marn
38.47m		DH-17	Koyu yeşil, açık gri renkli dolomitli marn
37.71m		DH-16	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-15	Açık gri renkli dolomitli marn, yer yer siyah renkli bitümlü sıvama kil bantları
31.71m		DH-14	Bej renkli ince taneli, yer yer siyah renkli dolomitli bitümlü marn
30.71m		DH-13	Koyu yeşil renkli dolomitli marn
		DH-12	Açık gri renkli dolomitli marn
		DH-11	Koyu gri renkli dolomitli marn
		DH-10	Bej renkli dolomitli marn
		DH-9	Koyu yeşil renkli dolomitli kilitaşı
17.11m		DH-8	Açık gri renkli dolomitli marn
		DH-7	Koyu yeşil renkli dolomitli marn
15.11m		DH-6	Açık kahve renkli dolomitli silisli kilitaşı
15.00m		DH-5	Koyu gri renkli genelde silis içerikli dolomitli marn
		DH-4	Beyaz krem renkli dolomitli marn
11.00m		DH-3	Koyu gri koyu yeşil renkli dolomitli marn
6.00m		DH-2	Beyaz renkli karbonatlı dolomitli marn
00.00m		DH-1	Koyu gri renkli dolomitli marn

Şekil 2.16 Kayalıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK)

Kalınlık	Litoloji	Örnek No	Açıklama
210.80m		DH-105	Koyu kahve renkli, bol organik madde içerikli dolomitli bitümlü marn
210.70m		DH-104	Yeşil renkli dolomitli kilitaşı
205.60m		DH-103	Koyu kahve renkli, bol organik madde içerikli dolomitli bitümlü marn
205.10m		DH-102	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
202.90m		DH-101	Koyu gri renkli dolomitli bitümlü marn
202.77m		DH-100	Yeşil renkli dolomitli kilitaşı
200.57m		DH-99	Koyu gri renkli, organik madde içerikli dolomitli bitümlü marn
198.57m		DH-98	Dolomitli bitümlü marn
197.37m		DH-97	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli bitümlü şeyl
196.07m		DH-96	Gri renkli, ince bantlı organik madde içerikli dolomitli bitümlü marn
194.77m		DH-95	Koyu yeşil renkli dolomitli marn
194.77m		DH-94	Koyu gri renkli marn
194.07m		DH-93	Koyu gri renkli, bol organik maddeli dolomitli bitümlü şeyl
191.27m		DH-92	Koyu yeşil renkli dolomitli kilitaşı
189.27m		DH-91	Koyu gri renkli, organik madde içeriği yüksek dolomitli bitümlü şeyl
		DH-90	Dolomitli marn
		DH-89	Koyu yeşil renkli dolomitli kilitaşı
169.27m		DH-88	Beyaz renkli dolomitli marn
		DH-87	Açık gri renkli, organik madde içeriği düşük bitümlü marn
163.27m		DH-86	Koyu yeşil renkli kilitaşı
163.17m		DH-85	Gri renkli bitümlü marn
159.17m		DH-84	Açık gri renkli bitümlü marn
		DH-83	Açık gri renkli, bitümlü marn
151.17m		DH-82	Açık gri renkli marn
		DH-81	Koyu gri renkli, organik maddece zengin bitümlü marn
143.17m		DH-80	Koyu gri renkli marn
		DH-79	Koyu gri renkli marn
135.17m		DH-78	Koyu gri renkli bitümlü marn
129.67m		DH-77	Marn
		DH-76	Koyu gri renkli bol organik maddeli bitümlü marn
120.67m		DH-75	Koyu gri renkli, bol organik maddeli bitümlü şeyl
118.47m		DH-74	Koyu gri renkli organik maddece zengin bitümlü marn
117.17m		DH-73	Koyu kahve renkli, yer yer organik maddeli bitümlü marn
		DH-72	Kahve, açık sarı renkli kilitaşı
113.17m		DH-71	Koyu kahve renkli, bol organik maddeli bitümlü marn
107.17m		DH-70	Koyu gri renkli, organik madde içerikli dolomitli bitümlü kilitaşı
103.97m		DH-69	Koyu gri renkli marn-sarımsı gri renkli dolomitli bitümlü marn

Şekil 2.16 Kayalıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK)(devam)

Kalınlık	Litoloji	Örnek No	Açıklama
312.80m		DH-113	Yeşil renkli kilitaşı
		DH-112	Laminalı beyaz renkli dolomitli marn
262.80m		DH-111	Yeşil renkli dolomitli marn
254.30m		DH-110	Siyah bantlar halinde dolomitli bitümlü şeyl
253.80m		DH-109	Koyu yeşil renkli dolomitli kilitaşı
		DH-108	Sarımsı renkli dolomitli marn
		DH-107	Yeşil,gri renkli dolomitli marn
210.80 m		DH-106	Yeşil,gri renkli dolomitli kilitaşı

Şekil 2.16 Kayalıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (DH ÖSK)(devam)

#### 2.4.2 Karanlık dere ölçülü stratigrafik kesiti (KD ÖSK)

Karanlıkdere ölçülü stratigrafik kesiti Kabalar Köyü kuzeyinden alınmıştır (koordinatlar: başlangıç = 60190-19815; bitiş = 60035-20550). Kesit 363 m kalınlıkta olup, toplam 47 adet örnek temin edilmiştir (Şekil 2.21). Kesit dolomitli marn, dolomitli bitümlü marn, dolomitli bitümlü şeyl, kireçtaşı, kilitaşı, dolomitli kilitaşı, silisli kilitaşı, bitümlü şeyl ve marn litolojilerinden oluşmaktadır. Kesit tabanda sarımsı krem renkli dolomitli marn seviyesi ile başlar, üzerine gelen kireçtaşlarının aralarında 3 adet bant halinde bulunan dolomitli bitümlü marn ardalanması vardır (Şekil 2.17).



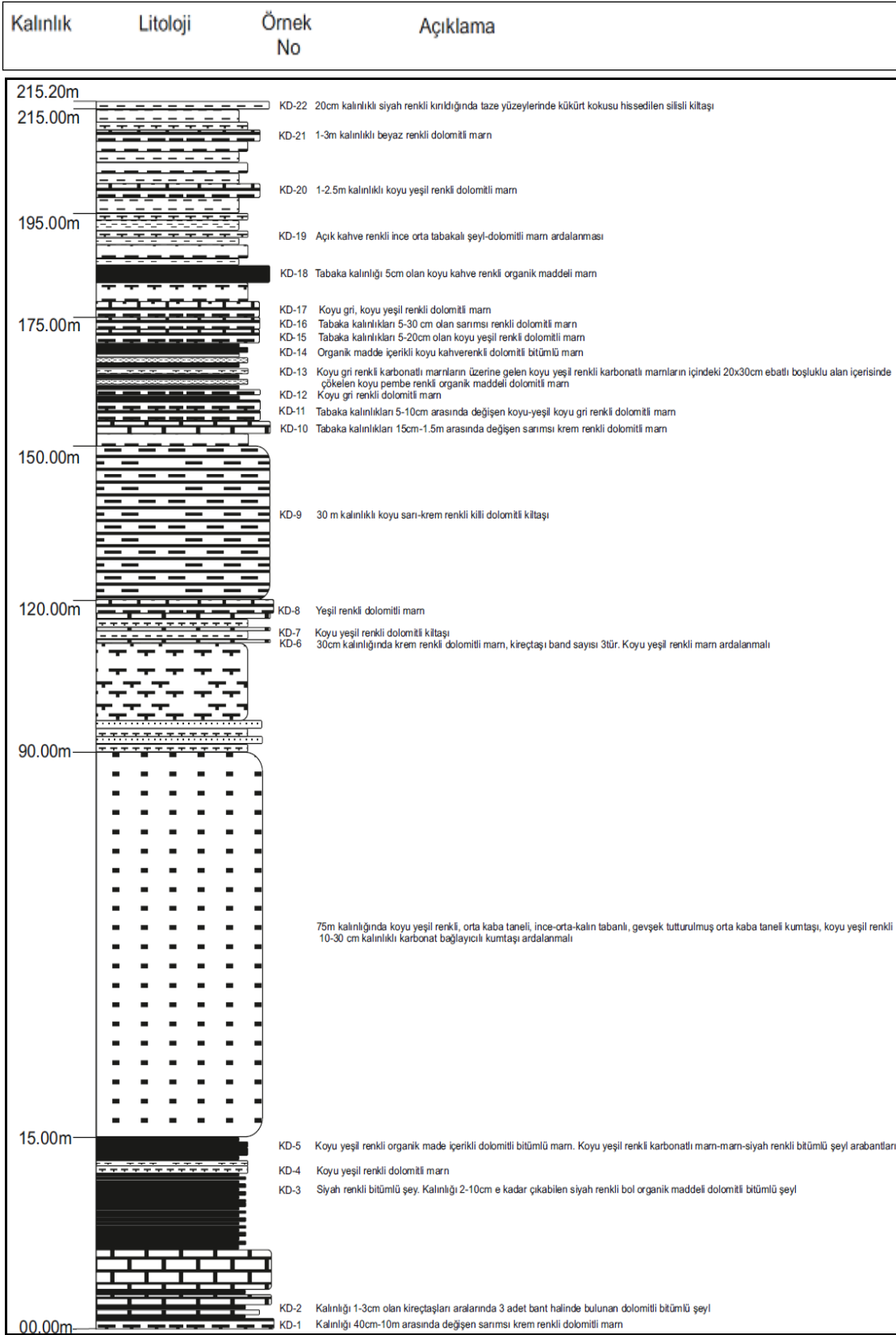
Şekil 2.17 Dolomitli marn ve dolomitli bitümlü marn seviyeleri

Kesitte tabandan 15. metreye kadar genellikle dolomitli bitümlü şeye hakimiyeti mevcuttur (Şekil 2.18). Bu paketin üzerinde 75 m kalınlığında koyu yeşil renkli, orta-kaba taneli kumtaşı, 10–30 cm kalınlıklı karbonat bağlayıcılı kumtaşı ardalanmasından oluşan bir seviye bulunmaktadır. Stratigrafik kesit 150 m'ye kadar bitümlü seviyeye rastlanmayan dolomitli kil taşı ve dolomitli marn seviyeleri ile devam etmektedir. 150 m'den 195. m'ye kadar bitümlü seviyelerin hakimiyeti göze çarpmaktadır. 245. m'ye kadar ise dolomitli marnların hakim olduğu bir seviye bulunmaktadır. 245 ile 303. m'ler arası bitümlü şey ve dolomitli bitümlü marnların en yoğun olduğu seviyedir. Stratigrafik kesit 303. m'den sonra tabaka kalınlıkları 10–70 cm arasında değişen koyu yeşil renkli ince orta taneli kumtaşı, 10–30 cm kalınlıklı ince orta taneli beyaz krem renkli killi kumlu kireçtaşı ve yeşil-gri renkli marn ardalanması ile son bulmaktadır.

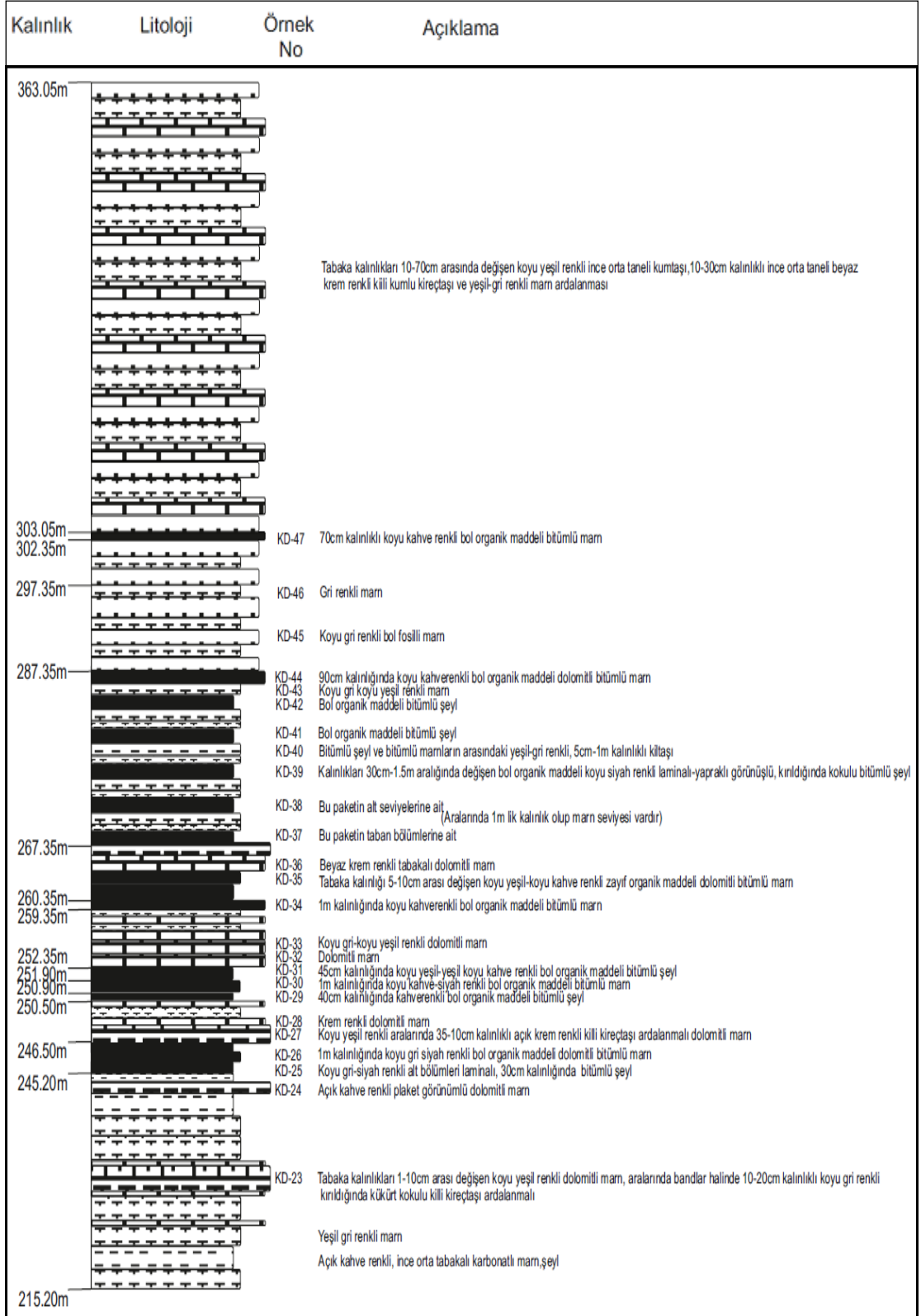




Şekil 2.18 Dolomitli bitümlü şeyl seviyesi



Şekil 2.19 Karanlıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (KD ÖSK)



Şekil 2.19 Karanlıkdere ölçülü stratigrafik kesiti (KD ÖSK)(devam)



### 2.4.3 Emzik beleni ölçülü stratigrafik kesiti (HE ÖSK)

Emzik Beleni ölçülü stratigrafik kesiti, Ağsaklar ve Dağhacılar Köyleri arasındaki Emzik Beleni mevkiinden alınmıştır (koordinatlar: başlangıç = 61965–27275; bitiş = 61735–27388). Kesitin tabanında kırmızı bordo renkli orta-kaba taneli kumtaşı-marn ardalanmalı Ağsaklar formasyonu bulunmaktadır. Üzerinde kumtaşı, marn, kireçtaşı ardalanmalı Dağhacılar Formasyonu bulunmaktadır (Şekil 2.20). Bu formasyondaki kireçtaşları grimsi oldukça sert ve silisifiye özelliktedir. Kesit 250 m kalınlıkta olup, 45 adet örnek temin edilmiştir (Şekil 2.23). Birim tabandan 148. metreye kadar genellikle dolomitli marn ara ara kil taşı hakimiyeti ile devam eder.



Şekil 2.20 Marn-kireçtaşı ardalanması

Ölçülü stratigrafik kesitin 148–167 metreleri arasında yoğun bir bitümlü marn ve bitümlü şeyl ardalanmalı seviye hakimdir. Bu paket üzerine 16 m kalınlığında koyu renkli dolomitli marn seviyesi gelir. Bu paketi de 4 m kalınlığında koyu gri-koyu yeşil renkli bol fosilli marn ve koyu yeşil renkli kil taşı seviyeleri izler. Kil taşı seviyeli paketin üzerinde de 3 m kalınlığında koyu gri renkli bol organik maddeli ve bol fosilli



bitümlü marnlar bulunmaktadır (Şekil 2.21). Geriye kalan 60 metreyi yeşil renkli marn ve koyu gri renkli bitümlü marn seviyeleri izlemektedir (Şekil 2.22).



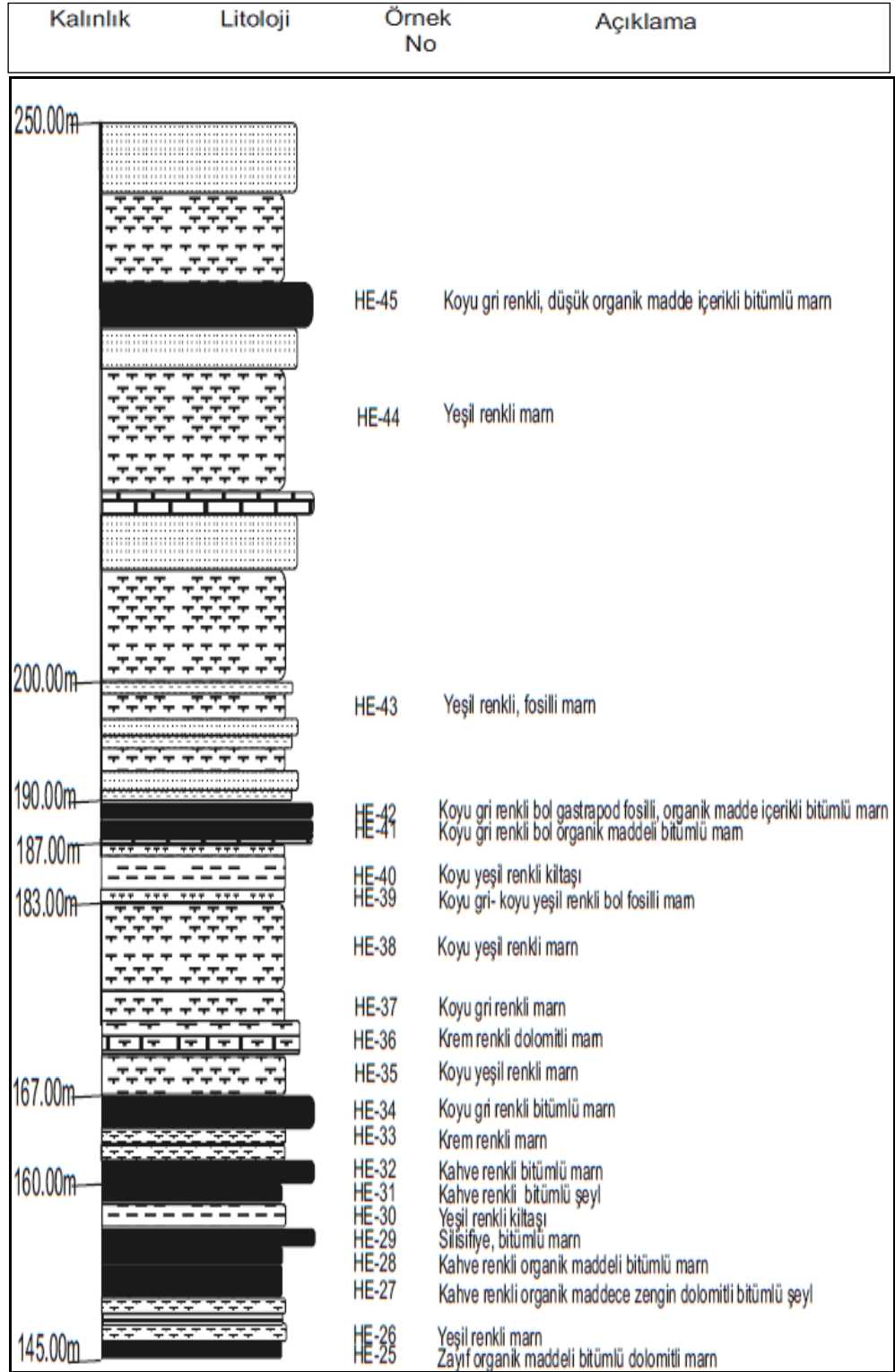
Şekil 2.21 Fosilli bol organik maddeli bitümlü marnlar



Şekil 2.22 Bol organik maddeli bitümlü marnlar

Kalınlık	Litoloji	Örnek No	Açıklama
145.00m		HE-24	Yeşil renkli mam
		HE-23	Dolomitli mam
		HE-22	Dolomitli mam
		HE-21	Dolomitli mam
		HE-20	Dolomitli marn
		HE-19	Dolomitli mam
		HE-18	Yeşil renkli marn
		HE-17	Beyaz krem renkli dolomitli marn
		HE-16	Sarımsı renkli dolomitli mam
105.00m		HE-15	Krem renkli dolomitli mam
		HE-14	Yeşil renkli dolomitli mam
		HE-13	Koyu yeşil renkli dolomitli marn
		HE-12	Dolomitli şeyl
75.00m		HE-11	Silisifiye kilitaşı
	HE-10	Kahvemsı renkli bitümlü dolomitli mam	
65.00m	HE-9	Yeşil renkli dolomitli marn	
	HE-8	Koyu gri renkli dolomitli mam	
	HE-7	Yeşil renkli karbonatlı kilitaşı	
	HE-6	Açık gri renkli dolomitli marn	
	HE-5	Yeşil renkli marn	
35.00m	HE-4	Beyaz renkli dolomitli marn	
	HE-3	Yeşil renkli dolomitli karbonatlı kilitaşı	
20.00m	HE-2	Gri renkli dolomitli marn	
00.00m	HE-1	Kilitaşı	

Şekil 2.23 Emzik Beleni Ölçülü Stratigrafik Kesiti (HE ÖSK)

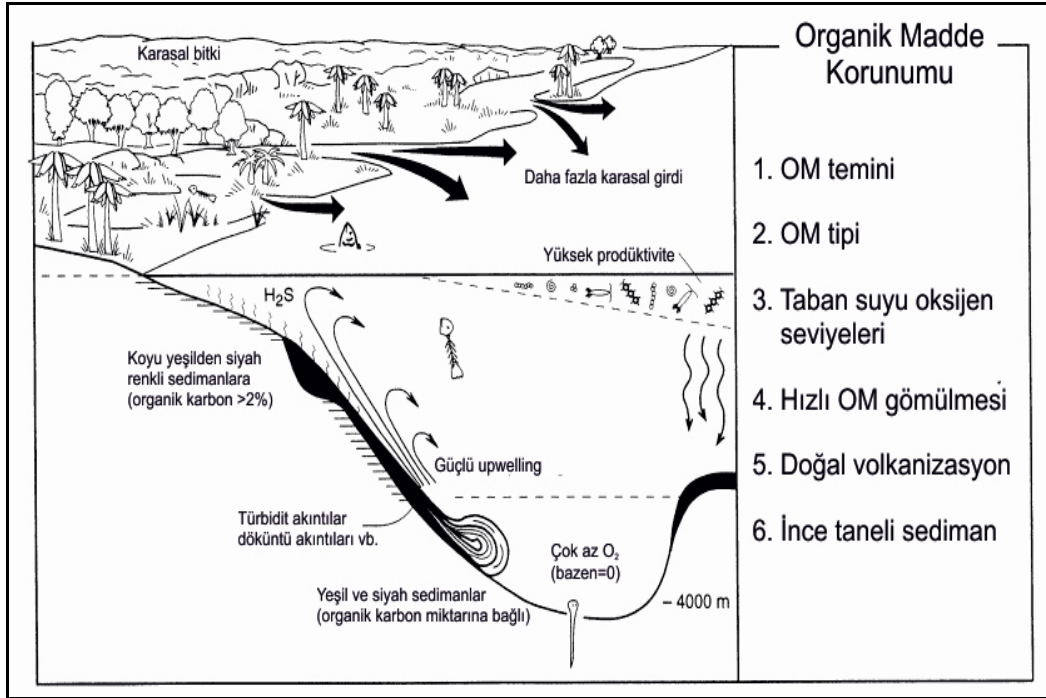


Şekil 2.23 Emzik Beleni Ölçülü Stratigrafik Kesiti (HE ÖSK)(devam)

### 3. ORGANİK JEOKİMYA

#### 3.1 Organik Madde Birikimini Etkileyen Faktörler

Çöktelilerdeki organik madde birikimini etkileyen faktörler hem biyolojik hem de fizyolojiktir. Biyolojik faktörler, su yüzeyi katmanlarında ve karayla birleşme noktalarında ortaya çıkan temel biyolojik üretkenlik ve ölü organik maddelerin çok hücreliler ve çöp-leş yiyiciler tarafından bozulmasını içerir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Organik madde korunumu (Arthur vd. 1994)

Fiziksel faktörler organik maddelerin tortusal yerlere taşınma şekilleri, sediman tane büyüklüğü ve sedimantasyon oranıyla alakalıdır. Bu faktörler, çöktelilerin içindeki organik maddenin kalitesi ve miktarını karşılıklı bir biçimde etkiler.

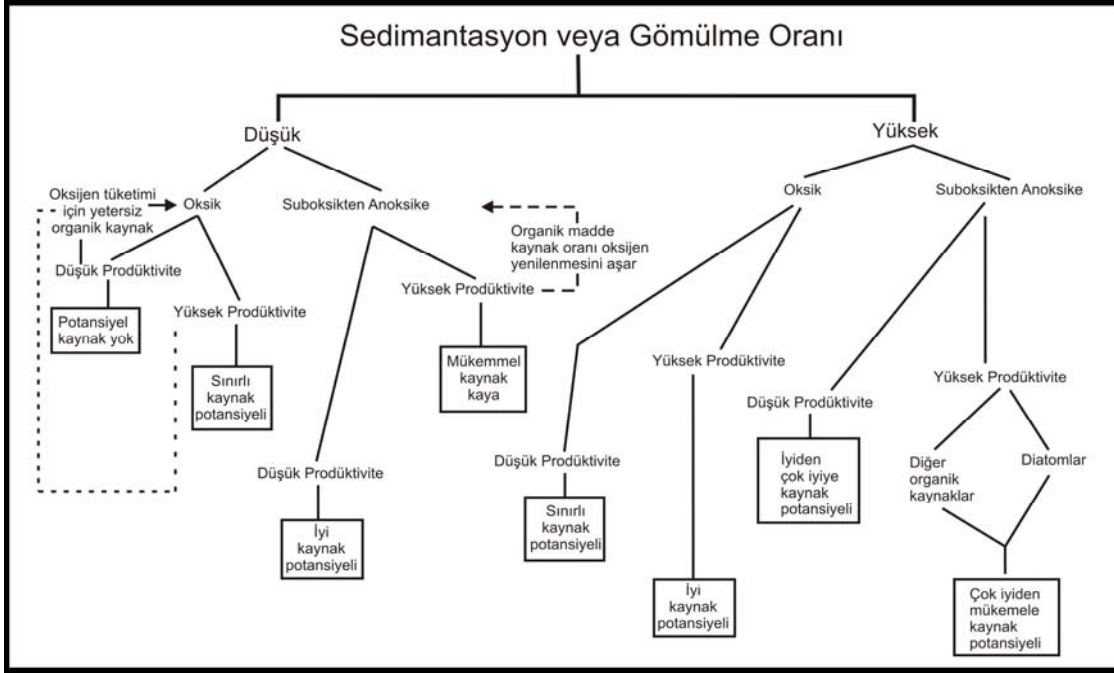
### 3.2 Organik Maddece Zengin Sedimanların Depolanma Ortamları

Anoksik ortamlar organik maddece zengin sediman ve kayaçların depolanmasında önemli rol oynamaktadır (Şekil 3.2). Organik maddece zengin denizel sedimanların depolanması çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler; anoksik/düşük oksijenli taban suyu (Demaison ve Moore 1980, Erbacher vd. 2001), deniz tabanına organik karbon akışını arttıran yüksek ilksel ürün (Ibach 1982; Calvert 1987; Pedersen ve Calvert 1990), ilksel üretkenlik ve dışarı aktarılabilirlik, sedimantasyon oranı (Pedersen ve Calvert 1990; Tanck 1997), hızlı gömülme sonucu mikrobik olarak organik madde degradasyonu/bozuşma ihtimalinin azalması, upwelling (Suess vd. 1987), kil mineralleri üzerindeki organik maddenin “koruyucu-sorpsyonu” (Hedges ve Keil 1995) ve inorganik bileşenler tarafından dilüsyon miktarıdır (Demaison ve Moore 1980). Organik maddenin korunma potansiyelini etkileyen diğer faktörler organik madde tipi, su derinliği, tuzluluk ve kıtasal kenardan uzaklık olarak eklenebilir.

Organik maddece zengin sedimanların birikimini tanımlayan önceki modeller indirgenmiş koşullar altında ilk denizel organik madde korunumunun gelişmesini (Demaison ve Moore 1980), yüksek denizel yüzeysel üretimlilik (Pedersen ve Calvert 1990; Caplan ve Bustin 1998) veya bu modellerin kombinasyonu üzerinde durmuştur (Tyson ve Pearson 1991; Ingall ve van Cappellen 1990; Arthur ve Sageman 1994; Murphy vd. 2000b). Aynı zamanda klastik girdilerdeki değişimler organik madde birikiminde önemli rol oynayabilir (Murphy vd. 2000b; Sageman vd. 2003). Başka araştırmacılar kil mineral yüzeyleri üzerine organik maddenin adsorpsiyonunun veya killer ile organik maddenin fiziksel korunumunun organik karbonun artan miktarında önemli olabileceğini sunmuşlardır (Salmon vd. 2000; Kennedy vd. 2002).

Yapılan yorumlarda Katz (2005)'in şemalaştırdığı organik maddeyi kontrol eden faktörler baz alınmıştır (Şekil 3.2).





Şekil 3.2 Organik maddeyi kontrol eden faktörler sonucunda kaynak kaya kalitesi açısından genelleştirilmiş şema (Katz 2005)

### 3.3 Bitümlü Şeyller

Teknolojik ilerlemeler, bitümlü şeylleri yakın gelecekte rakip enerji kaynağı yapacaktır. Literatürde en yaygın kullanımı petrolü şeyl olan bu organik kayaç ayrıca eski literatürlerde bitümlü şist olarak da anılmaktadır. Arama ve araştırma işleri bitümlü şeylleri geçmişte yapılanlardan daha önemli hale getirebilir.

Bitümlü şeyller ince taneli sedimanter kayaçlardan farklı olarak petrole dönüşebilen organik materyaller içerirler. Bu organik materyalin yaklaşık % 20'si çözülebilir bitüm fraksiyonundan oluşurken geriye kalan kısım çözilemeyen kerojenden oluşur. Bitümlü şeyller ince taneli mineral döküntüleri ve biyolojik kökenli materyalle ait bozuşma ürünlerinin eş zamanlı olarak depolanmalarıyla oluşurlar. Bitümlü şeyller, organik çözücülerde çözünmeyen ve "kerojen" adı verilen organik madde ile organik çözücülerde çözülebilen ve 'bitüm' adı verilen organik maddeleri içeren, ince taneli ve genellikle laminalı bir yapıya sahip sedimanter kayaçlar olarak tanımlanmaktadır. Genelde bitümlü şeyller koyu renge sahiptir. Bitümlü şeyllerin rengi kayacın karbonat

miktarına ve kayaçtaki organik maddenin tipine ve miktarına bağlıdır. Bitümlü kayaçların koyu renge sahip olması genellikle organik maddenin bolluğuyla alakalıdır. Genel olarak organik madde miktarı attıkça kayaçların renkleri de koyulaşır. Ancak bu kuralı bozan bazı istisnalar da söz konusu olabilmektedir.

Bitümlü şeyller yaygın olarak her türlü sulu ortamda oluşabilir. Bitümlü şeyller genellikle depolanma süresince serbest oksijenin olmadığı ortamlarda korunmakta olup, balık kalıntıları da içerebilirler. Pek çok büyük görsel depolar, tabanda anoksik (oksijensiz) koşulların bulunduğu, oksijen dolaşımının olmadığı göller olarak tanımlanır. Bu göllerde tabanda çok tuzlu bir salamura su olup, bu tuzlu sular üstten kalsiyum bikarbonatça zengin olan ve oksijenli suların sirkülasyon halinde olduğu bir su kütlesi tarafından örtülür.

Petrolün hızlı tüketilen doğal kaynak olmasından dolayı, muhtemelen petrolün yerini alabilecek yeni enerji maddeleri arama çabaları bulunmaktadır. Bitümlü şeyl rezervleri, petrolün yerini alabilecek çok önemli bir kaynak olarak göze çarpmaktadır. Avustralya, Fransa ve İskoçya'da bitümlü şeyller, uzun bir süre petrolden elde edilen benzer ürünlerin kaynağı olmuşlardır. ABD'deki Green River Formasyonu'nda Colorado, Utah ve Wyoming'de yaklaşık olarak ekonomik yönden kazanılabilir 700 milyar varil'in üzerinde sentetik petrolün bulunduğu belirtilmektedir. Bu üç eyalet bölgesindeki toplam birikim 1.8 trilyon varil ham şeyl petrolünü oluşturmaktadır.

Green River Formasyonu'nun kalınlığı 3 m ile 600 m arasında değişmektedir. En ekonomik depolanmalar, en az 9 m kalınlığa ve ortalama 1 tonluk bitümlü şeylde 30 galon petrole sahip olanlardır. Yaklaşık olarak 15 gal/ton ürüne sahip yetersiz olarak tanımlanan depolanmalar şu an için ekonomik olarak sayılmamaktadır. Dünyadaki şeyl petrolü potansiyelinin toplam olarak 30 trilyonluk (1 trilyon = 1012 bbl (varil)) bölümünün sadece şu anda yaklaşık % 2'si günümüzde ticari olarak işletmek için kullanılabilir. Bu yüzden bu oran, günümüzde yürütülen geniş araştırmalar neticesinde yakın gelecekte büyük olasılıkla değişecek ve gelecek birkaç yıl içinde bitümlü şeyl kaynaklarında hızlı bir gelişme olacaktır.

Enerji kaynak yataklarına dayanarak, yaklaşık olarak 300 Q\* günümüz teknoloji ve ekonomisine bağlı olarak, bitümlü şeyller 160 Q'luk büyük bir enerji potansiyeline sahiptir. (Q\* = Bir katrilyon, yani 10<sup>15</sup>, Btu (British thermal unit). Bir Btu, 1 lb (libre ~ 453,6 gr) suyun 1°F'lik sıcaklık artışı için gerekli ısı miktarıdır.)

### 3.3.1 Bitümlü şeyllerin bileşimi

Bitümlü kayaçların mineral fraksiyonu aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.1);

- Kuvars, feldispat, mika ve killer gibi detritik mineral taneler
- Kalsit, dolomit, biyojenik silika ve apatit gibi kimyasal ve biyolojik olarak çökelen mineraller
- Kil, feldispat, barit ve pirit gibi otijenik ve diyajenetik mineraller
- Yaygın spor ve alglar: Dinoflagelatta, Tasmanaceae, Botryococcaceae, Diatomaceae, Foraminifera, Radiolaria.

Bitümlü şeyllerin inorganik bileşenleri, genellikle killer (başlıca illit ve klorit), karbonat (kalsit ve dolomit), feldispat, sülfat, zeolit, pirit ve evaporit mineralleri ile kuvarstan oluşmaktadır. İnorganik bileşenler çökme ortamı, çökme koşulları, iklim, canlı türü, çözeltinin kimyasal karakteri ve alterasyon hakkında önemli bilgiler sunarlar. Bitümlü şeyllerin organik bileşimleri, bitüm ve kerojenlerden oluşmaktadır. Bitümler CS<sub>2</sub>'de çözülebilirken, kerojenler ise CS<sub>2</sub>'de çözünemez. Ayrıca kerojenler U, Fe, V, Ni ve Mo gibi elementlerce zengindir.



Çizelge 3.1 Bitümlü şeyl bileşenleri

<b>BİTÜMLÜ ŞEYL</b>		
<b>İnorganik Matriks</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kuvars</li><li>▪ Feldispat</li><li>▪ Killer (esas olarak illit ve klorit)</li><li>▪ Karbonatlar (kalsit ve dolomit)</li><li>▪ Pirit ve diğer mineraller</li></ul>	<b>Organik Matriks</b>	
	<b>Bitüm</b> (CS <sub>2</sub> çözünebilir)	<b>Kerojen</b> (CS <sub>2</sub> çözünemeyen) (U, Fe, V, Ni, Mo,Co,Zn,U vb.elementleri içeren)

## 4. ANALİZ VE BULGULAR

### 4.1 Organik Jeokimyasal İncelemeler

#### 4.1.1 Piroliz (Rock-Eval) analizleri

Rock-Eval analizi potansiyel kaynak kayanın organik maddesinin olgunluğunu, kökenini ve tipini incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Ancak, daha güvenilir incelemeler için, bitümün bileşiminin, kalitesinin belirlenmesi ve kökeni ile olgunluğunun daha iyi tahmin edilebilmesi için çok sayıda parametre gereklidir (Katz 1983, Radke 1987, Al-Arouri vd. 1998, Aarssen vd. 1999, George vd. 2001).

Çalışma alanından toplanan organik maddece zengin olduğu düşünülen 50 adet örnek üzerinde, organik madde miktarları, tipleri ve olgunlaşmalarının belirlenmesi için TPAO Araştırma Grubu Organik Jeokimya Laboratuvarları'nda piroliz analizi yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, Tmax, Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI) ve Üretim İndeksi (PI) verileri çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri

	Örnek No	TOC (%)	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>3</sub> (mg HC/g kaya)	Tmax (°C)	HI	OI	PI
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	13,23	0,86	77,82	4,49	434	588	34	0,01
	KD-3	0,83	0,07	1,22	0,64	434	147	77	0,05
	KD-4	0,54	0,07	1,02	0,21	431	189	39	0,07
	KD-5	1,37	0,26	2,57	0,92	436	188	67	0,09
	KD-18	0,20	0,05	0,08	1,09	459	40	545	0,39
	KD-22	0,27	0,02	0,18	0,20	416	67	74	0,08
	KD-25	3,68	0,40	25,82	1,25	442	702	34	0,02
	KD-26	4,11	0,75	34,68	0,55	433	844	13	0,02
	KD-30	3,77	1,43	22,33	0,65	415	592	17	0,06
	KD-31	5,49	1,36	25,45	3,97	416	464	72	0,05
KD-38	4,75	0,64	26,42	3,17	428	556	67	0,02	

Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri(devam)

	Örnek No	TOC (%)	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>3</sub> (mg HC/g kaya)	Tmax (°C)	HI	OI	PI
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-39	3,54	0,56	24,39	0,54	431	689	15	0,02
	KD-42	4,91	0,66	25,17	2,80	422	513	57	0,03
	KD-44	4,55	0,93	18,92	2,80	414	416	62	0,05
	KD-47	6,10	1,45	4,52	6,87	355	74	113	0,24
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	3,49	2,47	24,15	0,57	429	692	16	0,09
	DH-30	5,37	1,98	22,25	2,79	411	414	52	0,08
	DH-33	3,46	1,12	17,42	0,92	410	503	27	0,06
	DH-37	3,21	0,25	18,30	1,15	421	570	36	0,01
	DH-38	2,36	0,55	13,09	0,77	423	555	33	0,04
	DH-41	2,45	1,00	20,46	0,58	432	835	24	0,05
	DH-42	2,06	0,68	14,19	0,21	433	689	10	0,05
	DH-44	6,46	1,19	57,26	0,75	435	886	12	0,02
	DH-47	2,55	1,16	21,31	0,23	431	836	9	0,05
	DH-50	4,65	0,44	43,24	0,20	441	930	4	0,01
	DH-55	2,89	0,56	18,01	0,30	414	623	10	0,03
	DH-57	4,02	0,43	28,28	0,36	424	703	9	0,01
	DH-59	2,46	0,39	14,20	0,29	416	577	12	0,03
	DH-60	4,46	0,70	42,21	0,37	441	946	8	0,02
	DH-62	3,51	0,82	26,66	0,61	440	760	17	0,03
	DH-64	3,06	1,69	18,36	0,75	415	600	25	0,08
	DH-66	4,07	2,13	34,93	0,37	438	858	9	0,06
	DH-67	6,47	1,59	54,03	2,10	439	835	32	0,03
	DH-68	1,94	0,28	13,52	0,21	435	697	11	0,02
	DH-70	3,09	0,19	20,62	0,37	439	667	12	0,01
	DH-83	1,54	0,07	9,92	0,43	440	644	28	0,01
DH-98	8,25	1,27	38,84	5,16	422	471	63	0,03	
DH-99	0,40	0,05	0,27	0,18	438	68	45	0,16	
DH-101	8,18	0,72	71,94	1,10	442	879	13	0,01	
DH-102	4,38	0,73	18,89	1,94	415	431	44	0,04	
DH-103	2,80	0,89	13,27	0,74	413	474	26	0,06	
DH-105	2,62	0,84	15,90	0,39	426	607	15	0,05	
DH-110	5,17	2,72	35,84	2,05	424	693	40	0,07	
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	8,39	0,85	69,89	3,47	444	833	41	0,01
	HE-28	2,23	0,09	14,72	1,54	442	660	69	0,01
	HE-29	3,71	0,24	26,30	0,52	438	709	14	0,01

Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri(devam)

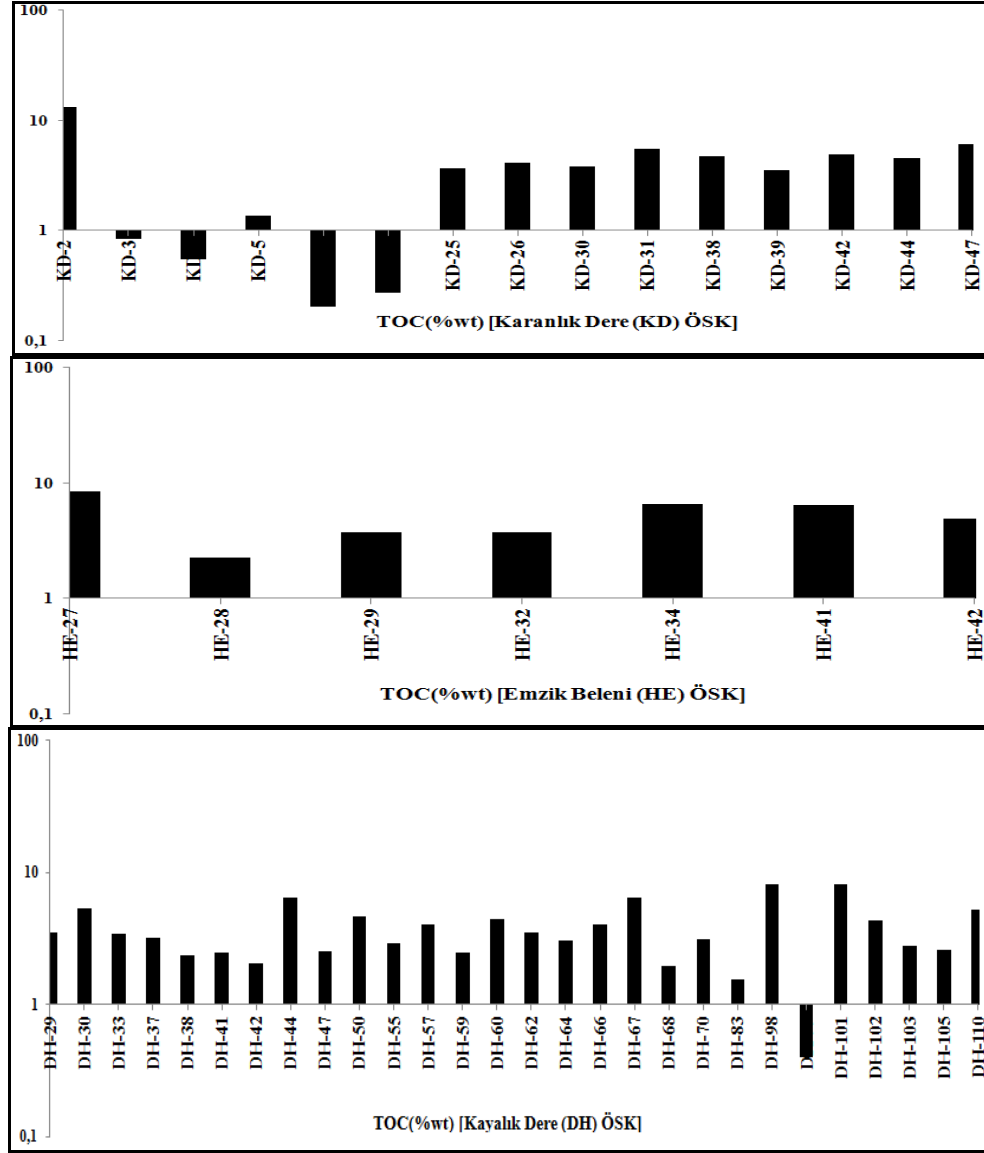
	Örnek No	TOC (%)	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>3</sub> (mg HC/g kaya)	T <sub>max</sub> (°C)	HI	OI	PI
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-32	3,75	0,60	20,75	0,92	422	553	25	0,03
	HE-34	6,52	0,62	61,40	0,92	446	942	14	0,01
	HE-41	6,49	0,39	58,28	0,98	443	898	15	0,01
	HE-42	4,91	0,11	30,31	2,92	439	617	59	0,01

#### 4.1.2 Toplam organik madde miktarı (% TOC)

Kaynak kayalardaki organik madde zenginliği genelde toplam organik karbon içeriği (TOC wt%) kullanılarak tahmin edilir, bununla birlikte bu TOC olgun kaynak kayalardaki rezidü TOC'dir çünkü organik karbonun değişim verimliliği genelde 1,5 wt%'den azdır. Bir kayaç örneğinin TOC (% wt) değeri organik maddenin hava veya oksijen atmosferi altında yakılması ile ölçülmektedir (Maky ve Ramadan 2008).

Kaya renginin koyu olması TOC içeriğinin göstergesi olup her zaman güvenilir değildir. Çoğu kumtaşı yatakları ve kırmızı yataklar organik maddenin oksidasyona uğramasından dolayı çok düşük TOC içeriğine sahiptir. Şeyllerdeki TOC genellikle kaya renginin kırmızıdan yeşile, griye ve en son siyaha dönüşmesiyle birlikte artar (Hunt 1995).

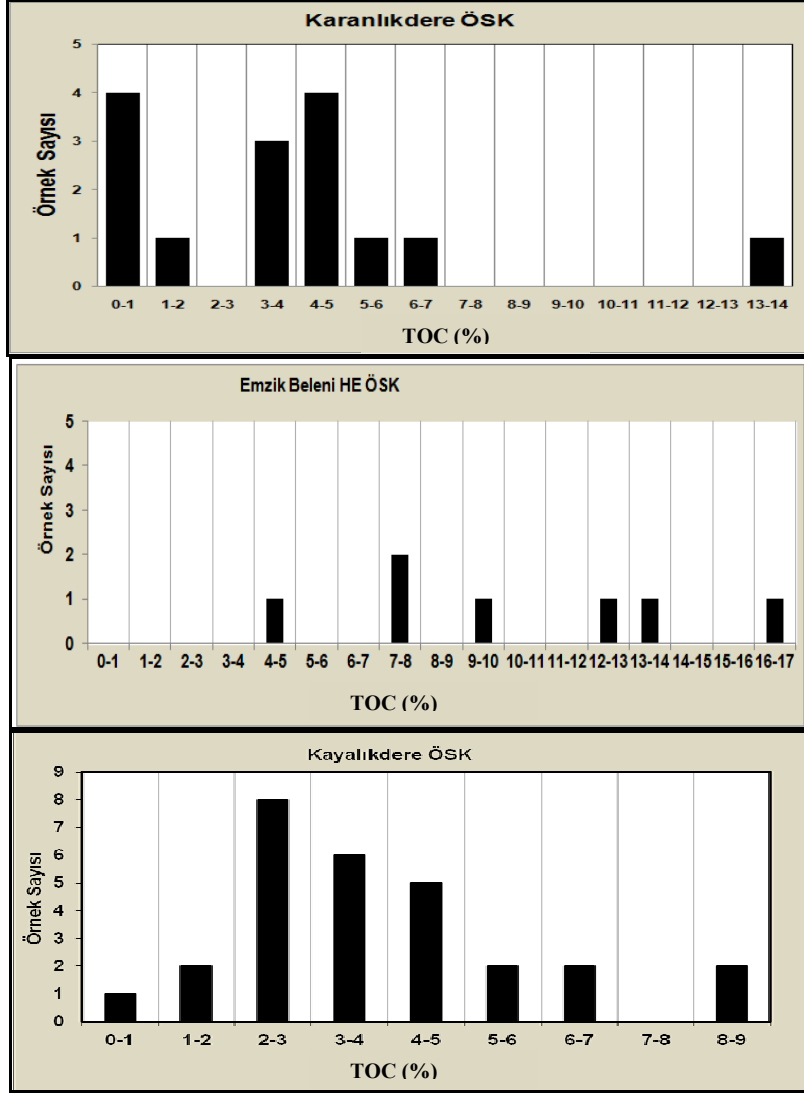
Toplam organik karbon (TOC) içerikleri çalışılan her bir ölçülü stratigrafik kesit için ortalamalar elde edilmiştir; Karanlık Dere (KD) %wt 3,82 (0,3–13,23); Emzik Beleni (HE) %wt 5,14 (2,23–8,39), Kayalık Dere (DH) 3,76 (0,4–8,25). Şeyllerdeki karbon ortalamasına göre (Wedepohl 1971) incelenen örneklerin oldukça zengin oldukları tespit edilmiş olup (Şekil 4.1), 50 kata kadar zenginleşmeler görülmektedir. TOC değerleri tüm basen için ele alındığında ortalama % 3- 5 olup, kesitlerde ise örneklerin genelde TOC değerlerinin % 0–4 arasında değişen miktarda olduğu frekans diyagramlarından görülmektedir (Şekil 4.2, Çizelge 4.2).



Şekil 4.1 İncelenen örneklerin TOC(%) zenginleşme değerlerinin diyagramları

Çizelge 4.2 İncelenen örneklerin TOC(%) verilerinin genel istatistik sonuçları

	Örnek Sayısı	Ortalama	Minimum	Maksimum
TOC(%) - KD ÖSK	15	3,82	0,20	13,23
TOC(%) - HE ÖSK	7	5,14	2,23	8,39
TOC(%) - DH ÖSK	28	3,76	0,40	8,25



Şekil 4.2 İncelenen örneklerin TOC(%) verilerinin frekans dağılımları

Ortalama TOC değerlerine göre Karanlık Dere (KD) ÖSK'sı için Jarvie (1991)'ye göre kaynak kaya kalitesi yeterli, Tissot ve Welte (1984)'e göre zengin, Peters ve Cassa (1994)'e göre petrol potansiyeli çok iyi olarak belirlenmiştir. Emzik Beleni (HE) ÖSK'sı için Jarvie (1991) 'ye göre kaynak kaya kalitesi yeterli, Tissot ve Welte (1984)'e göre zengin, Peters ve Cassa (1994)'e göre petrol potansiyeli mükemmel olarak belirlenmiştir. Kayalık Dere (DH) ÖSK'sı için Jarvie (1991)'ye göre kaynak kaya kalitesi yeterli, Tissot ve Welte (1984)'e göre zengin, Peters ve Cassa (1994)'e göre petrol potansiyeli çok iyi olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Kaynak kaya potansiyeline dair parametreler

Jarvie (1991)		Tissot ve Welte (1984)		Peters ve Cassa (1994)	
TOC(%)	Kaynak Kaya	TOC(%)	Kaynak Kaya	TOC (%)	Petrol
0 – 0,5	Yetersiz	0,1 – 0,5	Zayıf	0 – 0,5	Zayıf
0,5 – 1	Orta	0,5 – 1	Orta	0,5 – 1	Orta
>1	Yeterli	1 – 2	İyi	1 – 2	İyi
		2 – 10	Zengin	2 – 4	Çok iyi
				>4	Mükemmel

#### 4.1.3 Organik madde tipi/kerojen tipi

Bir havzada üretilebilecek hidrokarbonların petrol ve/veya gaz olması mevcut organik maddenin tipiyle ve onların kimyasal bileşimleriyle alakalıdır. Kerojenler C, H ve O içeriklerine göre sınıflandırılırlar. Tip I kerojen, algal kökenli organik maddeler olup petrol üretirler. Tip II kerojen, spor, polen, ot, yosun ve yaprak kütikülü gösel, denizel planktonlar gibi organik maddeler olup genellikle petrol ve bir miktar da gaz üretirler. Tip III kerojen, karasal kökenli yüksek bitkilere ait organik maddeler olup gaz ve kondanse petrol üretirler. Tip-IV kerojen olarak tanımlanan kerojenler ise çok fazla oksidasyon koşulları altında kalan organik maddelerdir (Tissot ve Welte 1984).

Hidrojen indeksi (HI), S<sub>2</sub> hidrokarbonların (mg HC/g kaya) TOC (wt %) değerine oranıdır. HI değerlerine göre kerojen tipleri belirlenmiş ve HI-Tmax grafiğinde değerlendirilmiştir (Şekil 4.3). Örneklerin kerojen tipleri çoğunlukla Tip I, Tip II kerojen tipini işaret etmektedir (Çizelge 4.4; 4.5).

Çizelge 4.4 Hidrojen indeksi parametresine göre kerojen tipi (Peters ve Cassa 1994)

HI (mg HC/g Corg)	Kerojen Tipi
>600	Tip I
600 – 300	Tip II
300 – 200	Tip II – Tip III
200 – 50	Tip III
< 50	Tip IV

Çizelge 4.5 Çalışma alanı örneklerinin hidrojen indeksine göre kerojen tipleri

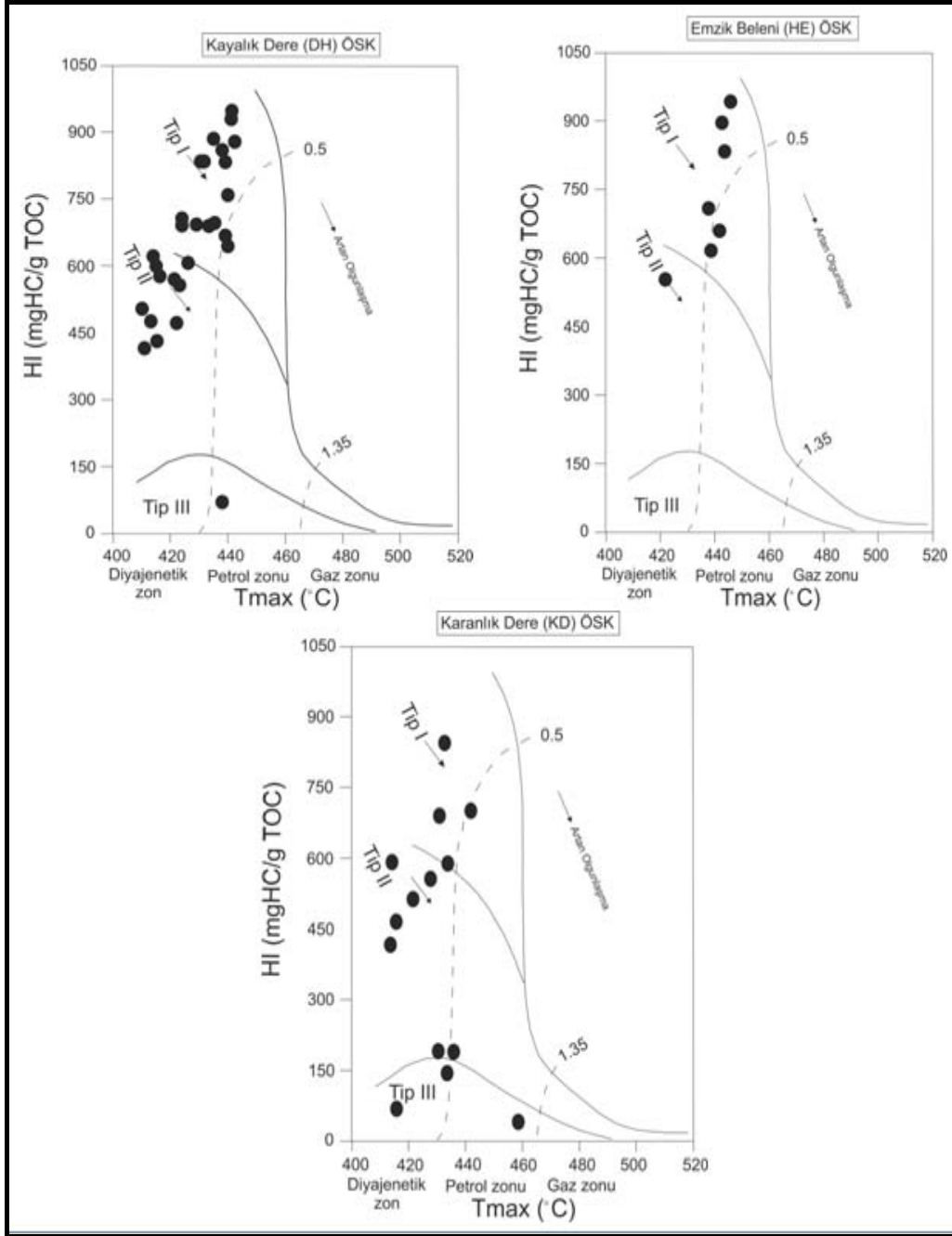
BÖLGE	Örnek No	HI (mg HC/g kaya)	Kerojen Tipi
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	588	Tip II
	KD-3	147	Tip III
	KD-4	189	Tip III
	KD-5	188	Tip III
	KD-18	40	Tip IV
	KD-22	67	Tip III
	KD-25	702	Tip I
	KD-26	844	Tip I
	KD-30	592	Tip II
	KD-31	464	Tip II
	KD-38	556	Tip II
	KD-39	689	Tip I
	KD-42	513	Tip II
	KD-44	416	Tip II
KD-47	74	Tip III	
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	833	Tip I
	HE-28	660	Tip I
	HE-29	709	Tip I
	HE-32	553	Tip II
	HE-34	942	Tip I
	HE-41	898	Tip I
	HE-42	617	Tip I
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	692	Tip I
	DH-30	414	Tip II
	DH-33	503	Tip II
	DH-37	570	Tip II
	DH-38	555	Tip II
	DH-41	835	Tip I
	DH-42	689	Tip I
	DH-44	886	Tip I
	DH-47	836	Tip I
	DH-50	930	Tip I
	DH-55	623	Tip I
	DH-57	703	Tip I
	DH-59	577	Tip II
	DH-60	946	Tip I
DH-62	760	Tip I	
DH-64	600	Tip I	



Çizelge 4.5 Çalışma alanı örneklerinin hidrojen indeksine göre kerojen tipleri (devam)

<b>BÖLGE</b>	<b>Örnek No</b>	<b>HI (mg HC/g kaya)</b>	<b>Kerojen Tipi</b>
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-66	858	Tip I
	DH-67	835	Tip I
	DH-68	697	Tip I
	DH-70	667	Tip I
	DH-83	644	Tip I
	DH-98	471	Tip II
	DH-99	68	Tip III
	DH-101	879	Tip I
	DH-102	431	Tip II
	DH-103	474	Tip II
	DH-105	607	Tip I
	DH-110	693	Tip I

Çalışılan örneklerin kerojen tipleri ayrıca hidrojen indeksi ve Tmax verileri kullanılarak da belirlenmiştir (Şekil 4.3). Şekil 4.3'den de görüldüğü üzere incelenen örneklerin kerojen tipleri genel olarak Tip I ve Tip II kerojendir.



Şekil 4.3 Hidrojen İndeksi – Tmax grafiği (Mukhopadyay vd. 1995)

İncelenen örneklerin hidrojen indeks değerleri ile birlikte  $S_2/S_3$  parametresinden de yararlanılarak Peters ve Cassa (1994)'ya göre kerojen tipleri belirlenmiştir (Çizelge 4.6; 4.7).

Çizelge 4.6  $S_2/S_3$  parametrelerine göre kerojen tipi belirlenmesi (Peters ve Cassa 1994)

$S_2/S_3^b$	Kerojen tipi
> 15	I
10 – 15	II
5 – 10	II/III
1 – 5	III
< 1	IV

<sup>b</sup> Isısal olarak olgunlaşmamış kaynak kayalarındaki tahmini değerlerdir

Çizelge 4.7 Çalışma alanına ait örneklerin  $S_2/S_3$  parametrelerine göre kerojen tipleri (Peters ve Cassa 1994)

Bölge	No	$S_2/S_3$	Kerojen Tipi
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	17,33	Tip I
	KD-3	1,91	Tip III
	KD-4	4,86	Tip III
	KD-5	2,79	Tip III
	KD-18	0,073	Tip IV
	KD-22	0,9	Tip IV
	KD-25	20,66	Tip I
	KD-26	63,055	Tip I
	KD-30	34,35	Tip I
	KD-31	6,41	Tip II/III
	KD-38	8,33	Tip II/III
	KD-39	45,17	Tip I
	KD-42	8,99	Tip II/III
	KD-44	6,76	Tip II/III
KD-47	0,66	Tip IV	
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	20,14	Tip I
	HE-28	9,56	Tip II
	HE-29	50,58	Tip I
	HE-32	22,55	Tip I
	HE-34	66,74	Tip I
	HE-41	59,47	Tip I
	HE-42	10,38	Tip II
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	42,37	Tip I
	DH-30	7,97	Tip II/III
	DH-33	18,93	Tip I
	DH-37	15,91	Tip I
	DH-38	17,00	Tip I
	DH-41	35,28	Tip I
	DH-42	67,57	Tip I
	DH-44	76,35	Tip I

Çizelge 4.7 Çalışma alanına ait örneklerin  $S_2/S_3$  parametrelerine göre kerojen tipleri (Peters ve Cassa 1994) (devam)

Bölge	No	$S_2/S_3$	Kerojen Tipi
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-47	92,65	Tip I
	DH-50	216,20	Tip I
	DH-55	60,03	Tip I
	DH-57	78,56	Tip I
	DH-59	48,97	Tip I
	DH-60	114,08	Tip I
	DH-62	43,7	Tip I
	DH-64	24,48	Tip I
	DH-66	94,41	Tip I
	DH-67	25,73	Tip I
	DH-68	64,38	Tip I
	DH-70	55,73	Tip I
	DH-83	23,07	Tip I
	DH-98	7,53	Tip II/III
	DH-99	1,5	Tip III
	DH-101	65,4	Tip I
	DH-102	9,74	Tip II/III
	DH-103	17,93	Tip I
DH-105	40,77	Tip I	
DH-110	17,48	Tip I	

#### 4.1.4 Organik petrografik analizlere göre kerojen tipleri

Kayaçlar içindeki katı organik maddenin fiziksel ve optik özelliklerinin incelenmesi amacıyla organik petrografik analizler yapılır. Bu analizler kapsamında olgunlaşmanın, organik maddenin tipinin, yüzde bolluğunun ve kalitesinin saptanmasına yönelik çalışmalar yürütülür. Optik mikroskop teknikleri kullanarak organik maddenin, özellikle gömülme sürecindeki gelişimini incelemek mümkün olur. SCI analiz tekniği palinomorflarda ısı/derinlik artışına bağlı olarak ortaya çıkan renk değişim evrelerinin tanımlanmasına dayalıdır. SCI analizlerinde kerojen tip tanımlaması ve bağlı bolluklarının (% oran) saptanması görsel olarak gerçekleştirilir. Organik madde amorf, otsu, odunsu ve kömürsü olarak sınıflanır ve bağlı oranları tespit edilir. Amorf organik

bileşenler, çoğunlukla, karasal kökenli malzemelerin taşınma sırasında geçirdikleri alterasyon sonucunda kırılıp parçalanması ile oluşmuştur.

Flüoresan tekniği mikroskoba monte edilmiş bir flüoresan kaynağından, örnek üzerine gönderilen flüoresan ışığının yansıtılması özelliğine dayalıdır. Hidrojence zengin organik maddeler, fakir olanlara göre daha fazla hidrokarbon türetme potansiyeline sahiptirler ve bunlar flüoresan ışık altında açık sarı-turuncu tonlarda renk verirler. Bu tip organik maddeler ağırlıklı olarak liptinitlerden (algal-amorf, otsu) oluşurlar.

Orijinal olarak veya az değişmiş organik maddenin, renksiz, açık sarı-açık kahverengi olan rengi gömülme sürecince siyahlaşır ve opaklaşır. Amorf veya amorf materyalce çok zengin olan organik madde genellikle kolloidal, alsal, sapropelik veya denizel olarak tanımlanır. Sapropelik terimi “yosundan türeyen” anlamında kullanılmakla beraber, organik birikimden oluşmuş, havasız bir ortamda fosilleşmiş bir jel olarak tanımlanmaktadır. Amorf materyalin tanımında; sapropelik, algal ve denizel terimleri aynı zamanda kullanılmalıdır. Çünkü çok miktarda algal birikim gözlenebilse bile, bu durum ne denizel orijine yorulabilir ne de sadece amorf karaktere dayalı algal bir orijin önerilebilir. Opak hale gelmiş organik madde birikimi özellikle odunsu birikim açısından zengin organik maddeleri ifade eder. Opak birikimler genellikle; odunsu, kömürümsü, humik veya karasal olarak tanımlanmaktadır. Teorik olarak, bu terimler organik maddenin kömür veya karasal bir çökelme ortamından kaynaklanmakta olduğu anlamını taşırlar (Durand 1980).

Organik petrografik analizleri yapılan örneklerin çoğunun kerojen tipi % Amorf + Alg olup bu durum incelenen örneklerin kerojen tiplerinin Tip-I ve Tip-II eşdeğeri olduğuna işaret eder(Çizelge 4.8). Yine çalışma alanına ait Kayalık Dere (DH) ÖSK' sına ait organik petrografik analizleri yapılan örneklerin büyük bir çoğunda kerojen tipi % Amorf + Alg olup, 6 adet örneğin kerojen tipi %5–10 arasında otsudur. Sadece DH–30 nolu örneğin kerojen tipi %15 % Amorf + Alg ve %85 otsudur.

Çizelge 4.8 Organik Petrografik Analiz Sonuçları

<b>BÖLGE</b>	<b>Örnek No</b>	<b>% Amorf + Alg</b>	<b>% Otsu</b>	<b>% Odunsu</b>	<b>% Kömürsü</b>
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-26	100			
	KD-38	100			
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-30	15	80		5
	DH-33	95	5		
	DH-37	95	5		
	DH-44	95	5		
	DH-47	100			
	DH-55	95	5		
	DH-60	100			
	DH-62	100			
	DH-64	100			
	DH-67	90	10		
	DH-98	100			
	DH-102	95	5		
	DH-103	100			
	DH-105	100			
DH-110	100				
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	100			
	HE-29	100			
	HE-32	100			
	HE-34	100			
	HE-41	100			

#### 4.1.5 Organik maddenin olgunluğu

Sedimanlar içinde yer alan organik maddeler, gömülme artışı ile artan sıcaklıklara maruz kalır ve çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucunda hidrokarbonları oluştururlar. Bilindiği gibi hidrokarbonların oluşabilmesi için özellikle organik olgunlaşmanın gerçekleşmesi, kerojenin ısısal parçalanmasını sağlayacak sıcaklık şartlarına ulaşabilmesi gerekmektedir (Kavak ve Toprak 2011).

Çökel havzalarındaki canlı organik madde jeokimyasal süreç içerisinde diyajenez, metajenez ve katajenez gibi başkalaşım evreleri gerçekleşir. Organik madde çok büyük gömülme derinliğine bağlı gittikçe yükselen sıcaklıklara maruz kalır. Bu yüksek sıcaklıklar, indirgen ortam koşulları altında kerojenin petrol-dizisi hidrokarbonlarını üretmek üzere ısısal parçalanmasına neden olur. Organik maddenin yapısındaki uzun moleküllerin sıcaklık etkisi ile parçalanarak daha küçük boyutlu moleküllerin oluşumuna organik olgunlaşma denir. Organik maddenin kimyasal yapısı olgunlaşma ile değişir ve organik maddenin kimyasal yapısından olgunlaşma ile doymuş hidrokarbon zincirleri kopmaya başlar. Olgunlaşmanın ileri safhasında ise kerojenin kısa hidrokarbon zincirlerinin kopması gerçekleşir ve metajenez safhasında tamamen aromatiklerden oluşan kompleks bir molekül haline dönüşmeye başlar.

Organik maddenin olgunluğunu belirlemek amacıyla Tmax, PI ve spor renk indeksi parametrelerinden yararlanılmıştır. Üretim indeksinin ve Tmax değerlerinin  $PI < 0,1$ ,  $T_{max} < 435$  °C olması olgun olmayan organik maddeyi gösterirken,  $PI > 0,4$ ,  $T_{max} > 465$  °C değerleri aşırı olgun organik maddeyi gösterir (kuru gaz zonu) (Espitalie vd. 1977, Peters 1986).

Tmax, S<sub>2</sub> hidrokarbonlarının maksimum gelişme hızının sıcaklığıdır (Tissot ve Espitalie 1975). Düşük organik madde içeriği S<sub>2</sub> piklerinin alçak ve kalın şekiller yapmasına ve böylelikle S<sub>2</sub> piklerinin birbirlerine girmesine neden olmaktadır (Jarvie ve Tobey 1999). Tmax değerleri de dolayısıyla bu durumdan etkilenmektedir. S<sub>2</sub> değerinin 0,50' den az olduğu ve S<sub>2</sub> pikinin tanımlanmasının zor olduğu durumlarda Tmax değerleri genellikle

güvenilir olmaz. Ayrıca  $S_2$  değerlerinin 2 gibi yüksek olduğu organik maddece zayıf killi sedimanların  $T_{max}$  değerleri de güvenilir olmayabilir (Espitalie vd. 1985).  $T_{max}$  organik maddenin tipine bağlıdır (Peters 1986). Petrolün oluştuğu  $T_{max}$  sıcaklık aralıkları organik maddenin türüne göre değişiklik göstermektedir.

Analizler sonucu elde edilen  $T_{max}$ , üretim indeksi (PI) ve spor renk indeksleri ile ana kayanın hangi olgunlaşma seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9-4.10). Olgunlaşma parametrelerine göre genellikle incelenen örneklerin olgunlaşmamış ve kısmen olgun seviyelerde oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9 Farklı araştırmacılara göre  $T_{max}$  olgunlaşma parametreleri

Espitalié vd. (1977)		Peters (1986)		Peters ve Cassa(1994)	
$T_{max}(^{\circ}C)$	Olgunluk	$T_{max}(^{\circ}C)$	Olgunluk	$T_{max}(^{\circ}C)$	Olgunluk
<430–435 $^{\circ}C$	Olgunlaşmamış $R_o < 0,50$	435–445	Petrol penceresi üstü	< 435	Olgun değil
430–460 $^{\circ}C$	Petrol penceresi $0,50 < R_o < 1,30$	470	Petrol penceresi altı	435–445	Erken Olgun
>455–465 $^{\circ}C$	Gaz penceresi $R_o > 1,30$			445–450	Olgun
				450–470	İleri olgun

Çizelge 4.10 Espitalié vd'ne (1985) göre  $T_{max}$  olgunlaşma parametreleri

Espitalié vd. (1985) $T_{max}$ değerlerine göre				
Tip I	Tip II-S	Tip II	Tip III	Olgunlaşma Derecesi
	< 425 $^{\circ}C$	< 430 $^{\circ}C$	< 435 $^{\circ}C$	Olgunlaşmamış – Erken Olgun
440 – 448 $^{\circ}C$	425 – 450 $^{\circ}C$	430–460 $^{\circ}C$	435 – 465 $^{\circ}C$	Petrol penceresi
	>450 $^{\circ}C$	>460 $^{\circ}C$	>465 $^{\circ}C$	Gaz penceresi

Üretim indeksi (PI), gömülmeye dayalı ısıl evrim sırasında, olgunlaşma öncesindeki toplam hidrokarbon potansiyelinin ( $S_1+S_2$ ), ne kadarının henüz kayaktan atılmamış



serbest hidrokarbonlara ( $S_1$ ) dönüşmüş olabileceğinin göstergesidir (Bordenave 1993). Çizelge 4.11’de PI değerlerine göre araştırmacıların belirlediği olgunlaşma seviyeleri görülmektedir.

Çizelge 4.11 Üretim indeksi ( $PI=S_1/S_1+S_2$ ) (mg HC/g Kaya) değerlerine göre olgunlaşma parametreleri

<b>Peters ve Cassa (1994)</b>	
<b>PI (<math>S_1/S_1+S_2</math>) (mg HC/g Kaya)</b>	<b>Olgunlaşma Düzeyi</b>
< 0,10	Olgun değil
0,10 – 0,15 (?)	Erken Olgun
0,25 – 0,40	Olgun
>0,40	İleri Olgun

Organik maddenin olgunluğunun belirlenmesinde kullanılan bir diğer parametre ise organik petrografi yöntemlerinden elde edilen palinomorf rengi değerleridir. Bitkilerin üreme hücrelerini oluşturan palinomorfların (spor ve polen) renginin ısıya duyarlı olması yöntemin temelini oluşturur. Bir çökel havzasında, gömülmenin artması sonucu artan sıcaklık nedeniyle spor renklerinde değişimler meydana gelmektedir. Belirlenen palinomorf renkleri değerleri ile ana kayanın hangi olgunlaşma zonunda olduğu bulunabilmektedir. Doğal rengi açık sarı olan organik madde, artan ısı karşısında turuncu, kırmızı, kahverengi ve siyah renklere dönüşmektedir. Bu renkler ve karşılık gelen olgunluk seviyeleri aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 SCI değerlerine karşılık gelen renkler ve olgunlaşma seviyeleri (TPAO Arş. Mrk.)

<b>SCI</b>	<b>Gözlenen Renk</b>	<b>Olgunlaşma Seviyesi</b>
2–3	Sarı	Olgunlaşmamış
4	Koyu Sarı	Olgunlaşmamış
5	Koyu Sarı-Turuncu	Olgunlaşma Başlangıcı
6	Turuncu	Olgun
6,5	Turuncu-Kırmızı	Orta Olgun
7	Açık kahve	İleri Olgun
7,5–8	Kahve-Koyu kahve	Aşırı Olgun
9–10	Koyu kahve-Siyah	Aşırı Olgun

Çalışma sahasına ait örneklerin SCI değerleri belirlenmiş olup bitümlü kayaç örneklerinin spor renk indeksi (SCI) değerleri 2,5–3,0 arasında değişmektedir. Spor renk indeksi, Tmax ve PI değerlerine göre bitümlü kayaçlar olgunlaşma dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri

Bölge	Örnek No	Tmax (°C)	PI	SCI	Éspitalié vd. (1985) Tmax'a göre	Peters ve Cassa (1994) PI'a göre	SCI'ya göre
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	434	0,011	2,5 – 3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-3	434	0,054		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	KD-4	431	0,064		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	KD-5	436	0,092		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	KD-18	459	0,385		Gaz Penceresi	Olgun Değil	
	KD-22	416	0,100		Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	

Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri (devam)

Bölge	Örnek No	Tmax (°C)	PI	SCI	Éspitalié vd. (1985) Tmax'a göre	Peters ve Cassa (1994) PI'a göre	SCI'ya göre
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-25	442	0,015	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-26	433	0,021		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	KD-30	415	0,060		Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	
	KD-31	416	0,051	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-38	428	0,024		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	KD-39	431	0,022	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-42	422	0,026	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-44	414	0,047	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	KD-47	355	0,243	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	444	0,01	2,5 – 3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	HE-28	442	0,01		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	HE-29	438	0,01	2,5 – 3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış

Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri (devam)

Bölge	Örnek No	Tmax (°C)	PI	SCI	Éspitalié d. (1985) Tmax'a göre	Peters ve Cassa (1994) PI'a göre	SCI'ya göre
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-32	422	0,03	2,5 – 3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	HE-34	446	0,01	2,5 – 3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	HE-41	443	0,01	2,5 – 3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	HE-42	439	0		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	429	0,09		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-30	411	0,08	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-33	410	0,06	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-37	421	0,01	3	Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-38	423	0,04		Olgunlaşmamış- Erken Olgun	Olgun Değil	
	DH-41	432	0,05		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-42	433	0,05		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-44	435	0,02	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
DH-47	431	0,05	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış	

Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri (devam)

Bölge	Örnek No	Tmax (°C)	PI	SCI	Éspitalié vd. (1985) Tmax'a göre	Peters ve Cassa (1994) PI'a göre	SCI'ya göre
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-50	441	0,01		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-55	414	0,03	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-57	424	0,01		Olgunlaşmamış Erken Olgun	Olgun Değil	
	DH-59	416	0,03		Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	
	DH-60	441	0,02	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-62	440	0,03	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-64	415	0,08	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-66	438	0,06		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-67	439	0,03		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-68	435	0,02		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-70	439	0,01		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-83	440	0,01		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-98	422	0,03	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış

Çizelge 4.13 Çalışma alanı örneklerinin Tmax, üretim indeksi ve spor renk indeksine göre olgunlaşma dereceleri (devam)

Bölge	Örnek No	Tmax (°C)	PI	SCI	Éspitalié vd. (1985) Tmax'a göre	Peters ve Cassa (1994) PI'a	SCI'ya göre
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-99	438	0,16		Petrol Penceresi	Erken Olgun	
	DH-101	442	0,01		Petrol Penceresi	Olgun Değil	
	DH-102	415	0,04	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-103	413	0,06	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-105	426	0,05	3	Petrol Penceresi	Olgun Değil	Olgunlaşmamış
	DH-110	424	0,07	3	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Olgun Değil	Olgunlaşmamış

#### 4.1.6 Hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesi

Piroliz analizlerinden elde edilen S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> verilerine göre S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranları hesaplanmıştır (Çizelge 4.1; 4.15). Çalışılan örneklerin genel olarak petrol potansiyeline sahip oldukları ve bunun yanında S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> parametresine göre incelenen örneklerin çok az bir kısmı ise gaz üretme potansiyeline sahiptir.

Çizelge 4.14 S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> parametrelerine göre hidrokarbon tipi belirlenmesi

Clementz (1979)		Peters (1986)	
S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	HC tipi	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> <sup>a</sup>	HC tipi
0 – 2,5	Gaz	0 – 3	Gaz
2,5 – 5,0	Gaz ve Petrol	3 – 5	Gaz ve Petrol
> 5,0	Petrol	> 5	Petrol

<sup>a</sup> R<sub>0</sub> = % 0.6'da tahmin edilen değerlerdir.

Çizelge 4.15 Çalışma alanına ait örneklerin S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> sonuçları ve değerlendirmeleri

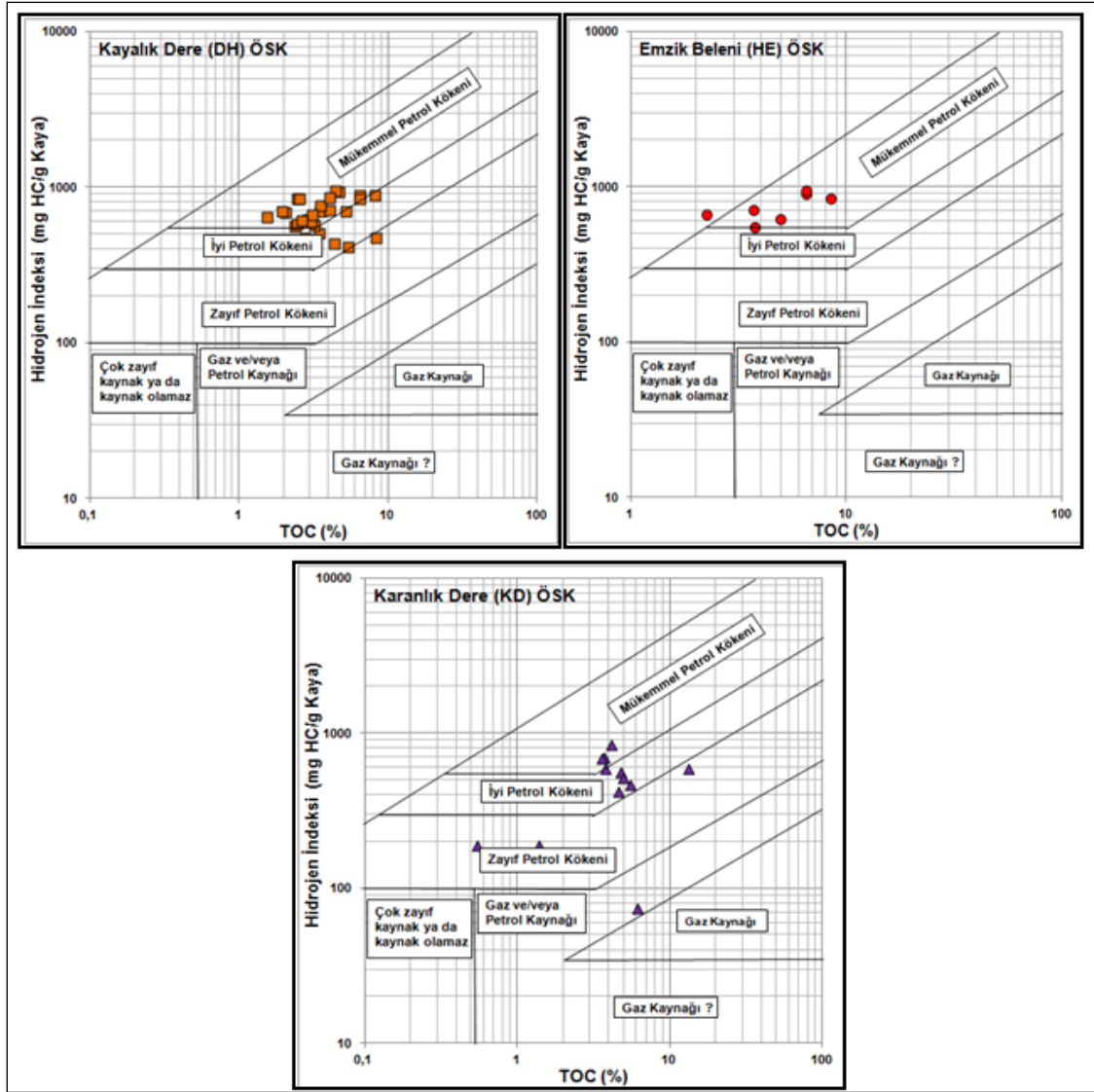
Bölge	No	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	Clementz (1979)	Peters (1986)
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	17,33	Petrol	Petrol
	KD-3	1,91	Gaz	Gaz
	KD-4	4,86	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	KD-5	2,79	Gaz ve Petrol	Gaz
	KD-18	0,07	Gaz	Gaz
	KD-22	0,9	Gaz	Gaz
	KD-25	20,66	Petrol	Petrol
	KD-26	63,05	Petrol	Petrol
	KD-30	34,35	Petrol	Petrol
	KD-31	6,41	Petrol	Petrol
	KD-38	8,33	Petrol	Petrol
	KD-39	45,17	Petrol	Petrol
	KD-42	8,99	Petrol	Petrol
	KD-44	6,76	Petrol	Petrol
KD-47	0,66	Gaz	Gaz	
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	20,14	Petrol	Petrol
	HE-28	9,56	Petrol	Petrol
	HE-29	50,58	Petrol	Petrol
	HE-32	22,55	Petrol	Petrol
	HE-34	66,74	Petrol	Petrol
	HE-41	59,47	Petrol	Petrol
	HE-42	10,38	Petrol	Petrol
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	42,37	Petrol	Petrol
	DH-30	7,97	Petrol	Petrol
	DH-33	18,93	Petrol	Petrol
	DH-37	15,91	Petrol	Petrol
	DH-38	17,00	Petrol	Petrol
	DH-41	35,28	Petrol	Petrol
	DH-42	67,57	Petrol	Petrol
	DH-44	76,35	Petrol	Petrol
	DH-47	92,65	Petrol	Petrol
	DH-50	216,20	Petrol	Petrol
	DH-55	60,03	Petrol	Petrol



Çizelge 4.15 Çalışma alanına ait örneklerin S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> sonuçları ve değerlendirmeleri (devam)

Bölge	No	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	Clementz (1979)	Peters (1986)
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-57	78,56	Petrol	Petrol
	DH-59	48,97	Petrol	Petrol
	DH-60	114,08	Petrol	Petrol
	DH-62	43,70	Petrol	Petrol
	DH-64	24,48	Petrol	Petrol
	DH-66	94,41	Petrol	Petrol
	DH-67	25,73	Petrol	Petrol
	DH-68	64,38	Petrol	Petrol
	DH-70	55,73	Petrol	Petrol
	DH-83	23,07	Petrol	Petrol
	DH-98	7,53	Petrol	Petrol
	DH-99	1,50	Gaz	Gaz
	DH-101	65,40	Petrol	Petrol
	DH-102	9,74	Petrol	Petrol
	DH-103	17,93	Petrol	Petrol
DH-105	40,77	Petrol	Petrol	
DH-110	17,48	Petrol	Petrol	

Yine çalışılan örneklere ait hidrojen indeksi ve TOC diyagramı hazırlanmış ve incelenen örneklerin mükemmel, iyi ve zayıf petrol potansiyellerinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Hidrojen İndeksi ve TOC diyagramına göre HC potansiyelleri (Jackson vd. 1985)

Hidrokarbon potansiyelleri ayrıca  $S_1$ ,  $S_2$  hidrokarbon pikleri yardımıyla da incelenmiştir (Çizelge 4.16). Dağhacılar sahasına ait örneklerin  $S_1$  hidrokarbonlarına göre zayıftan mükemmele kadar değişkenlik gösteren petrol potansiyelleri vardır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.16 Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> hidrokarbonlarının petrol potansiyeli

Rock-Eval Piroliz Verileri		Petrol Potansiyeli
S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	
0-0,5	0-2,5	Zayıf
0,5-1	2,5-5	Orta
1-2	5-10	İyi
2-4	10-20	Çok İyi
>4	>20	Mükemmel

Çizelge 4.17 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>1</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri

BÖLGE	Örnek No	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	0,86	Orta
	KD-3	0,07	Zayıf
	KD-4	0,07	Zayıf
	KD-5	0,26	Zayıf
	KD-18	0,05	Zayıf
	KD-22	0,02	Zayıf
	KD-25	0,4	Zayıf
	KD-26	0,75	Orta
	KD-30	1,43	İyi
	KD-31	1,36	İyi
	KD-38	0,64	Orta
	KD-39	0,56	Orta
	KD-42	0,66	Orta
	KD-44	0,93	Orta
KD-47	1,45	İyi	

Çizelge 4.17 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>1</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri (devam)

BÖLGE	Örnek No	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	0,85	Orta
	HE-28	0,09	Zayıf
	HE-29	0,24	Zayıf
	HE-32	0,6	Orta
	HE-34	0,62	Orta
	HE-41	0,39	Zayıf
	HE-42	0,11	Zayıf
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	24,15	Mükemmel
	DH-30	22,25	Mükemmel
	DH-33	17,42	Mükemmel
	DH-37	18,3	Mükemmel
	DH-38	13,09	Mükemmel
	DH-41	20,46	Mükemmel
	DH-42	14,19	Mükemmel
	DH-44	57,26	Mükemmel
	DH-47	21,31	Mükemmel
	DH-50	43,24	Mükemmel
	DH-55	18,01	Mükemmel
	DH-57	28,28	Mükemmel
	DH-59	14,2	Mükemmel
	DH-60	42,21	Mükemmel
	DH-62	26,66	Mükemmel
	DH-64	18,36	Mükemmel
	DH-66	34,93	Mükemmel
DH-67	54,03	Mükemmel	
DH-68	13,52	Mükemmel	

Çizelge 4.17 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>1</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri (devam)

BÖLGE	Örnek No	S <sub>1</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-70	20,62	Mükemmel
	DH-83	9,92	Mükemmel
	DH-98	38,84	Mükemmel
	DH-99	0,27	Zayıf
	DH-101	71,94	Mükemmel
	DH-102	18,89	Mükemmel
	DH-103	13,27	Mükemmel
	DH-105	15,9	Mükemmel
	DH-110	35,84	Mükemmel

Dağhacılar sahasına ait örneklerin S<sub>2</sub> hidrokarbon değerlerine göre ise genellikle çok iyi ve mükemmel petrol potansiyellerinin oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Bilindiği üzere S<sub>2</sub> hidrokarbon değerleri kayada şu anda mevcut üretilmeye hazır petrol ve gaz potansiyelini gösterdiği için son derece önemlidir. Bu açıdan bakıldığında Dağhacılar (Bolu/Göynük) sahasına ait örneklerin son derece potansiyelli oldukları görülmektedir.

Çizelge 4.18 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>2</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri

BÖLGE	Örnek No	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-2	77,82	Mükemmel
	KD-3	1,22	Zayıf
	KD-4	1,02	Zayıf
	KD-5	2,57	Zayıf
	KD-18	0,08	Zayıf
	KD-22	0,18	Zayıf
	KD-25	25,82	Mükemmel

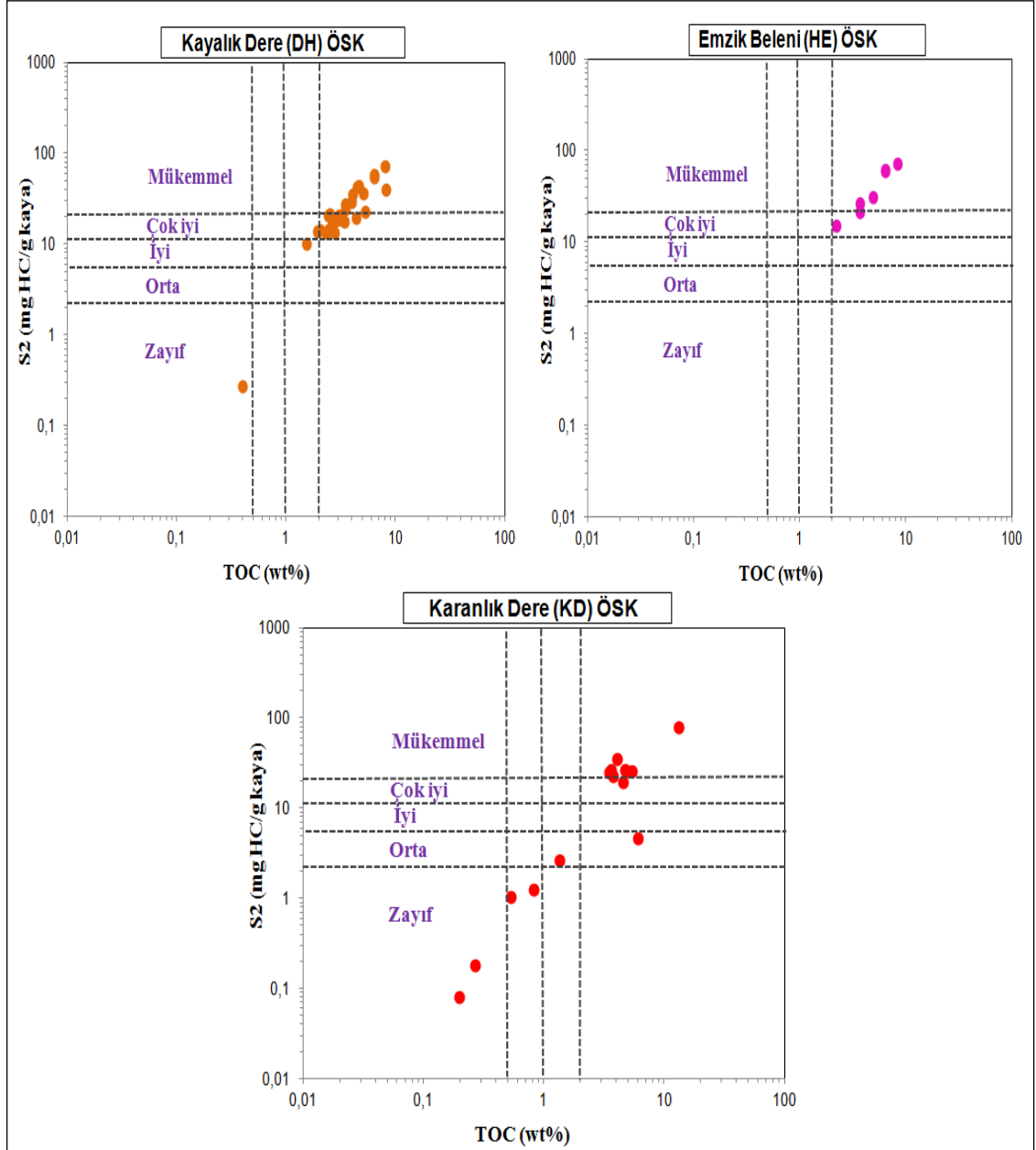
Çizelge 4.18 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>2</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri (devam)

BÖLGE	Örnek No	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD-26	34,68	Mükemmel
	KD-30	22,33	Mükemmel
	KD-31	25,45	Mükemmel
	KD-38	26,42	Mükemmel
	KD-39	24,39	Mükemmel
	KD-42	25,17	Mükemmel
	KD-44	18,92	Çok İyi
	KD-47	4,52	Orta
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE-27	69,89	Mükemmel
	HE-28	14,72	Çok iyi
	HE-29	26,3	Mükemmel
	HE-32	20,75	Mükemmel
	HE-34	61,4	Mükemmel
	HE-41	58,28	Mükemmel
	HE-42	30,31	Mükemmel
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-29	24,15	Mükemmel
	DH-30	22,25	Mükemmel
	DH-33	17,42	Çok İyi
	DH-37	18,3	Çok İyi
	DH-38	13,09	Çok İyi
	DH-41	20,46	Mükemmel
	DH-42	14,19	Çok İyi
	DH-44	57,26	Mükemmel
	DH-47	21,31	Mükemmel
	DH-50	43,24	Mükemmel
	DH-55	18,01	Çok İyi
	DH-57	28,28	Mükemmel
DH-59	14,2	Çok İyi	

Çizelge 4.18 Çalışma sahasına ait örneklerin Peters ve Cassa (1994)'ya göre S<sub>2</sub> hidrokarbon petrol potansiyelleri (devam)

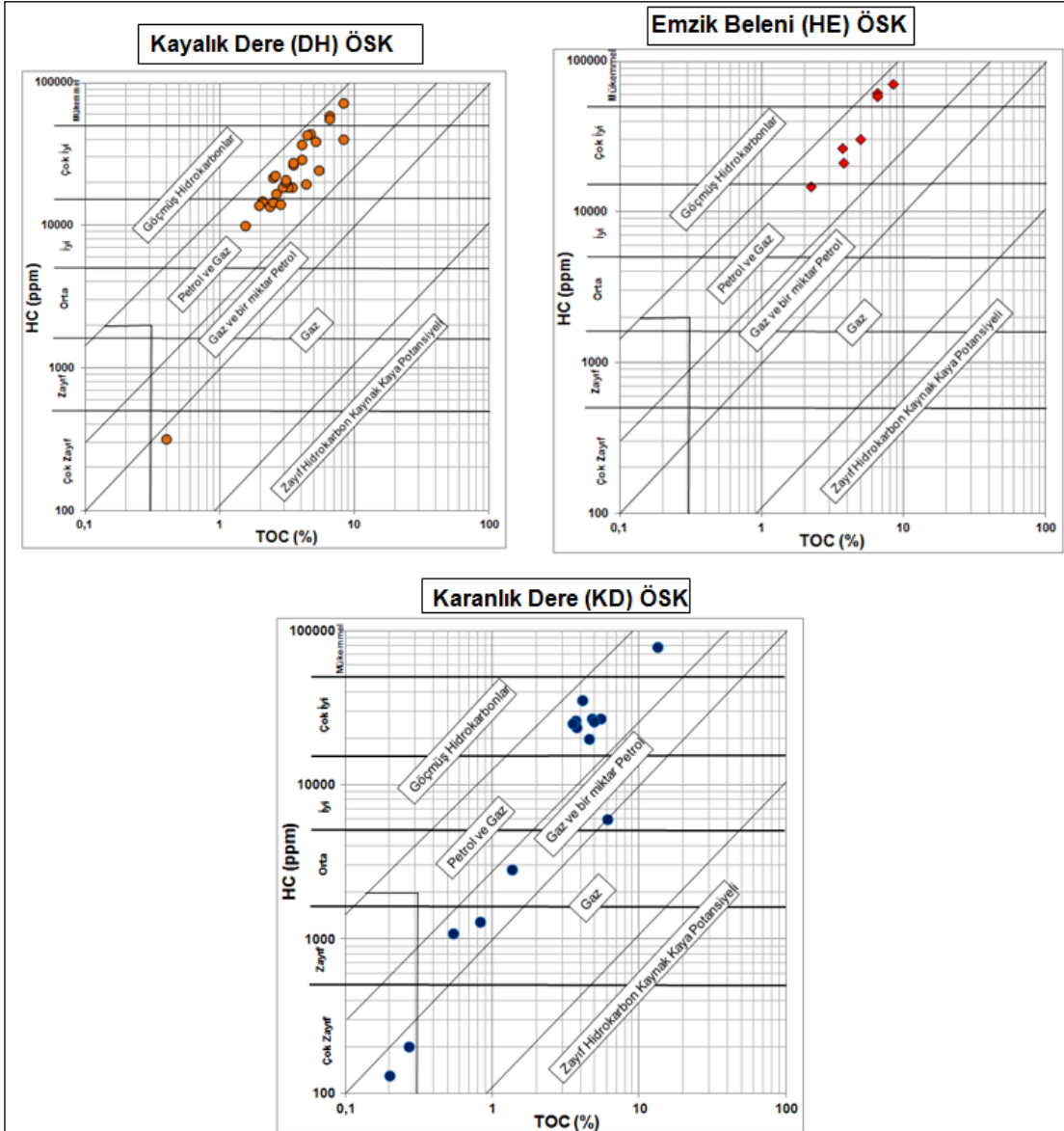
BÖLGE	Örnek No	S <sub>2</sub> (mg HC/g kaya)	Petrol Potansiyeli
<b>Kayalık Dere (DH) ÖSK</b>	DH-60	42,21	Mükemmel
	DH-62	26,66	Mükemmel
	DH-64	18,36	Çok İyi
	DH-66	34,93	Mükemmel
	DH-67	54,03	Mükemmel
	DH-68	13,52	Çok İyi
	DH-70	20,62	Mükemmel
	DH-83	9,92	İyi
	DH-98	38,84	Mükemmel
	DH-99	0,27	Zayıf
	DH-101	71,94	Mükemmel
	DH-102	18,89	Çok İyi
	DH-103	13,27	Çok İyi
	DH-105	15,9	Çok İyi
DH-110	35,84	Mükemmel	

İncelenen örneklerin hidrokarbon potansiyelleri ayrıca S<sub>2</sub>-TOC ve hidrokarbon (HC) - %TOC diyagramlarında incelenmiştir (Şekil 4.5; 4.6). Dağhacılar sahasına ait örneklerin zayıftan mükemmele kadar değişkenlik gösteren kaynak kaya potansiyellerine sahip olduğu ve çoğunlukla petrol ve gaz üretme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir.



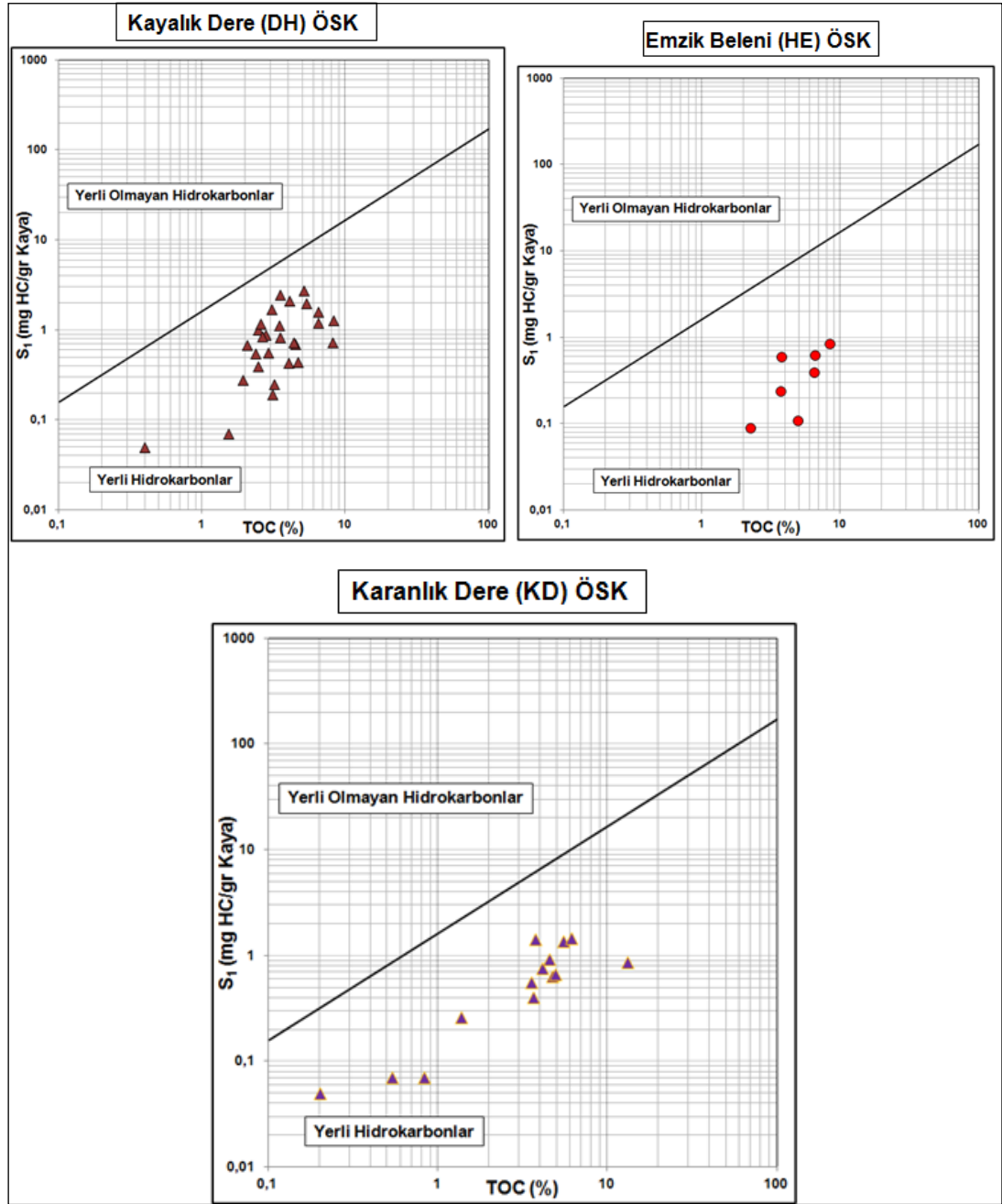
Şekil 4.5 İncelenen örneklerin S<sub>2</sub> ve TOC değerlerine dayanan hidrokarbon potansiyelleri (Othman 2003)





Şekil 4.6 Hidrokarbon ve TOC diyagramına göre kaynak kaya potansiyelleri (Wehner 1989)

S<sub>1</sub> türü hidrokarbonlar kaynak kayanın kendisinden türeyebileceği gibi dışarıdan göç yoluyla gelerek kaynak kayayı kirletmiş de olabilirler. Bu tür bir organik kirlenme kaynak kaya değerlendirmelerinde olumsuzluk teşkil eder. İncelenen örneklerin S<sub>1</sub> hidrokarbon değerlerinin tamamının yerli hidrokarbon bölgesine düşmüş olması herhangi bir organik kirliliğin olmadığını göstermektedir (Şekil 4.7).



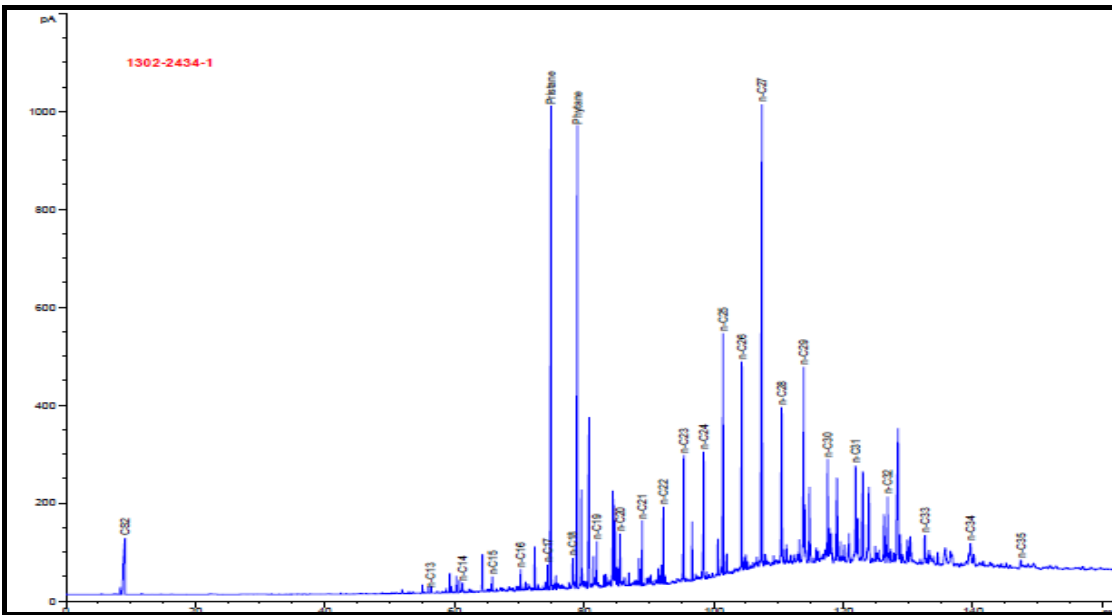
Şekil 4.7 Bölgeye ait bitümlü kayaç örneklerinin S<sub>1</sub> (mg HC/g kaya) – TOC (wt%) diyagramındaki konumları

Organik olgunlaşma verilerine göre incelenen organik maddece zengin düzeyler, hidrokarbon türümü için yeterli organik madde miktarı ve organik madde tipine sahip olmakla birlikte ısısal olgunlaşmalarının düşük olması türümü engellemiştir.

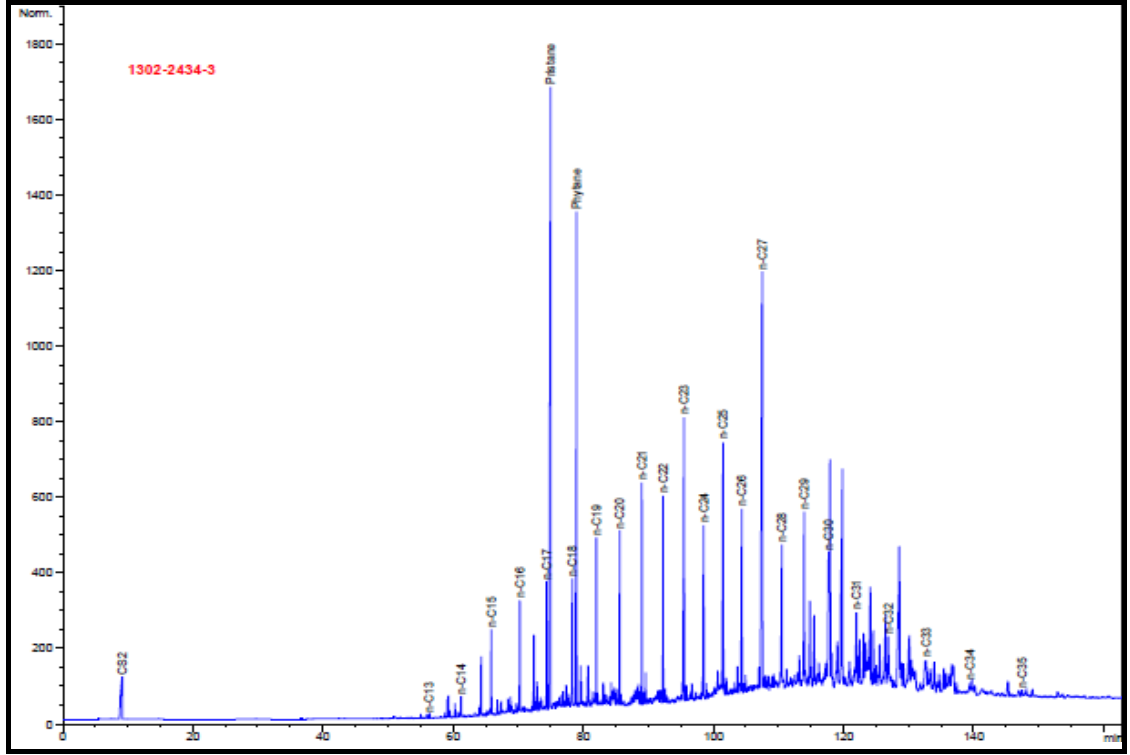
#### 4.1.7 Gaz kromatografisi (GC) analizleri

Organik jeokimyanın temel analizlerinden biridir. Gaz kromatogramları olgunluk, çökme ortam koşulları ve organik madde tipi tayini için kullanılır.

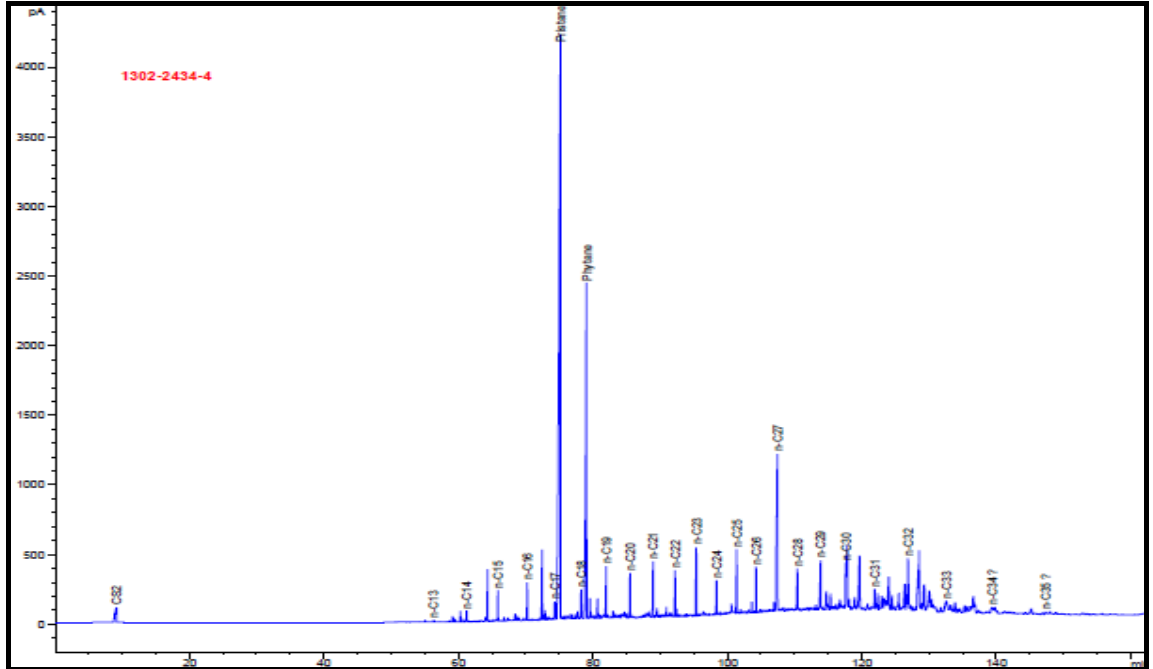
Genelde, gaz kromatogramında doymuş hidrokarbonlar değerlendirilir. Gaz kromatogramlarında C<sub>15</sub>, C<sub>17</sub> ve C<sub>19</sub> hidrokarbonlar planktonlar tarafından oluşurken, C<sub>27</sub>, C<sub>29</sub> ve C<sub>31</sub> hidrokarbonlar karasal bitkilerden oluşur (Tissot ve Welte 1978). Gaz kromatogramlarında görülen en önemli iki izoprenoid pristan ve fitan olup, çok amaçlı olarak kullanılırlar. Örneğin, 1'den küçük pristan/fitan oranları (Pr/Ph <1) hem anoksik ortamları, hem tuzlu çökme ortamlarını ve hem de denizel organik maddeyi belirleyicidir. Pristan/fitan oranları biyodegradasyon ve göç ile değişmediği için iyi bir korelasyon parametresidir. Dolayısıyla Pr/Ph oranı çökme ortamının redoks potansiyelini yansıtmaktadır (Dydk et al. 1978). Pristan/fitan oranı birden büyük (Pr/Ph >1) olduğu durumlarda ise çökme ortamı oksik ve organik madde türü de karasal olarak yorumlanır. Bu amaçla çalışma alanına ait 11 örneğin gaz kromatogramları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.8–4.18).



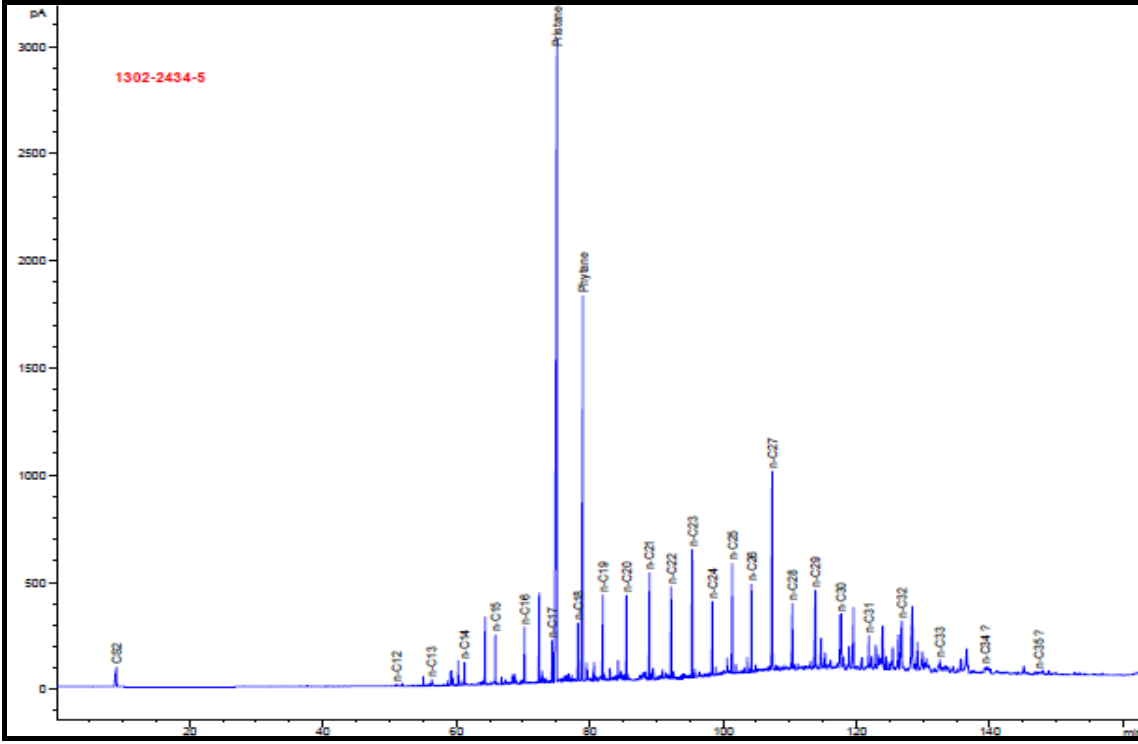
Şekil 4.8 Emzik Beleni-27'ye ait gaz kromatogramı



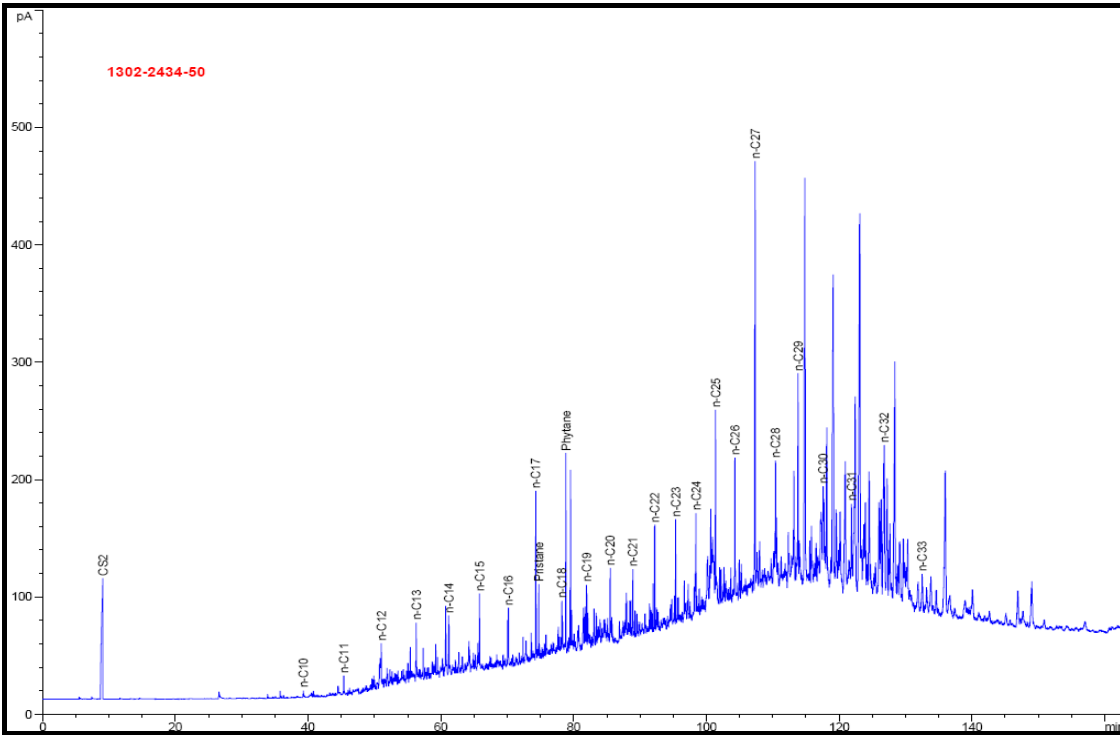
Şekil 4.9 Emzik Beleni-29'a ait gaz kromatogramı



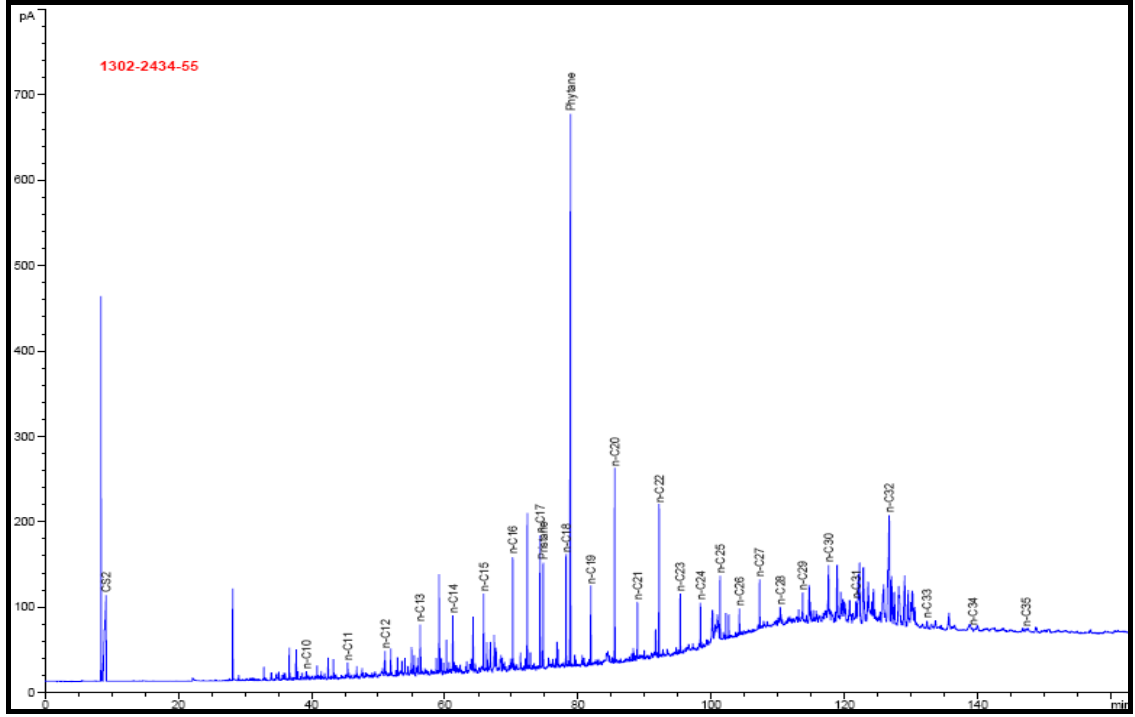
Şekil 4.10 Emzik Beleni-32'ye ait gaz kromatogramı



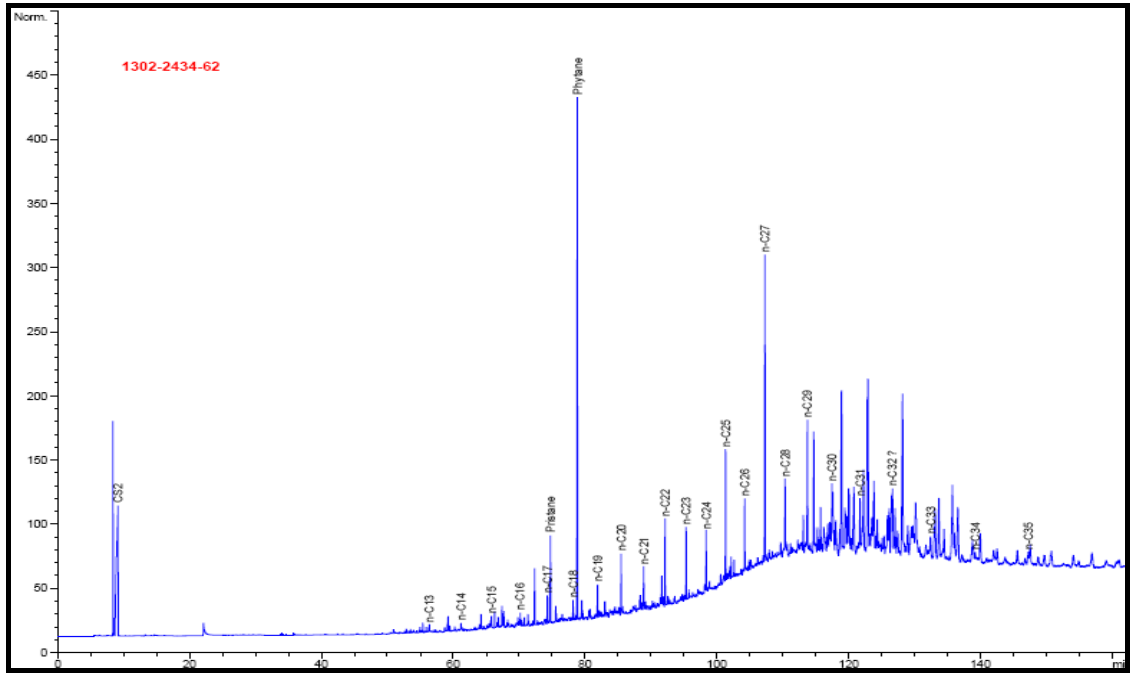
Şekil 4.11 Emzik Beleni-34'e ait gaz kromatogramı



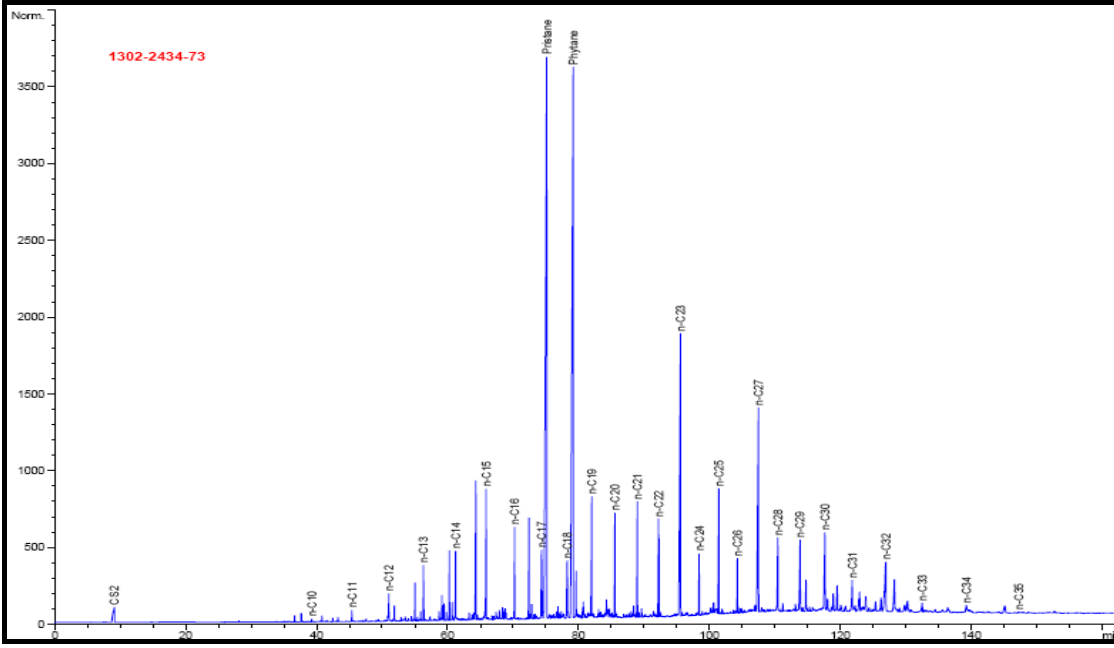
Şekil 4.12 Kayalık dere-33'e ait gaz kromatogramı



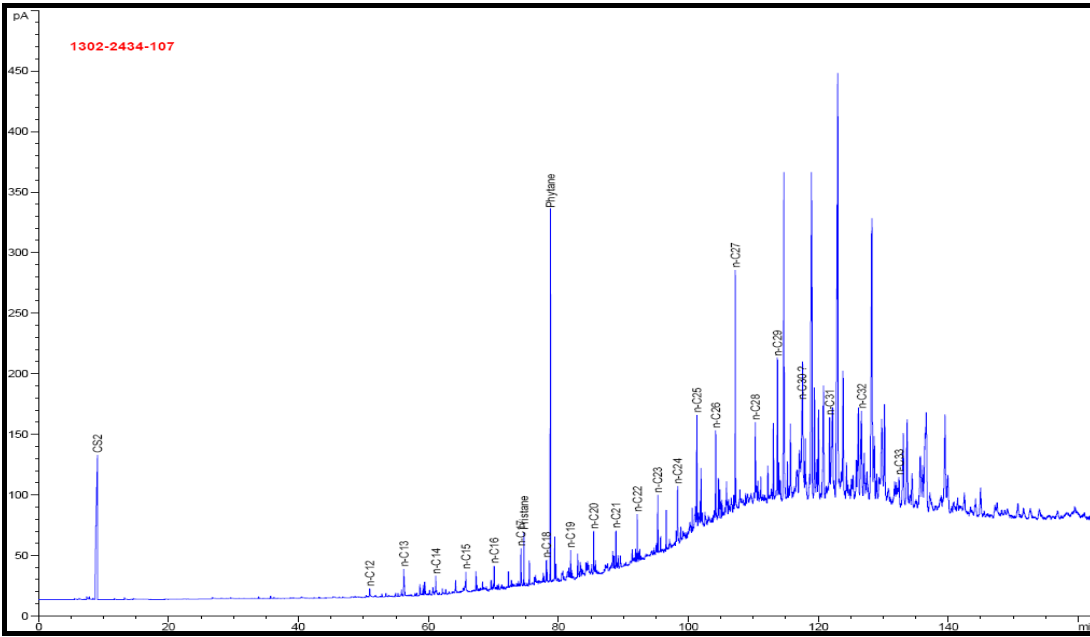
Şekil 4.13 Kayalık dere-44'e ait gaz kromatogramı



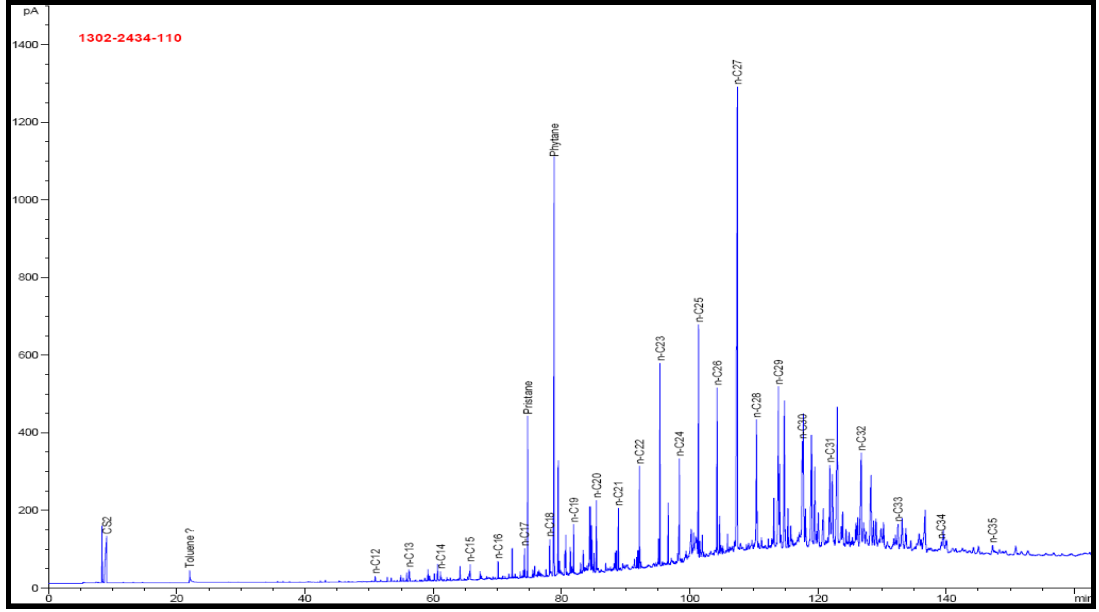
Şekil 4.14 Kayalık dere-62'ye ait gaz kromatogramı



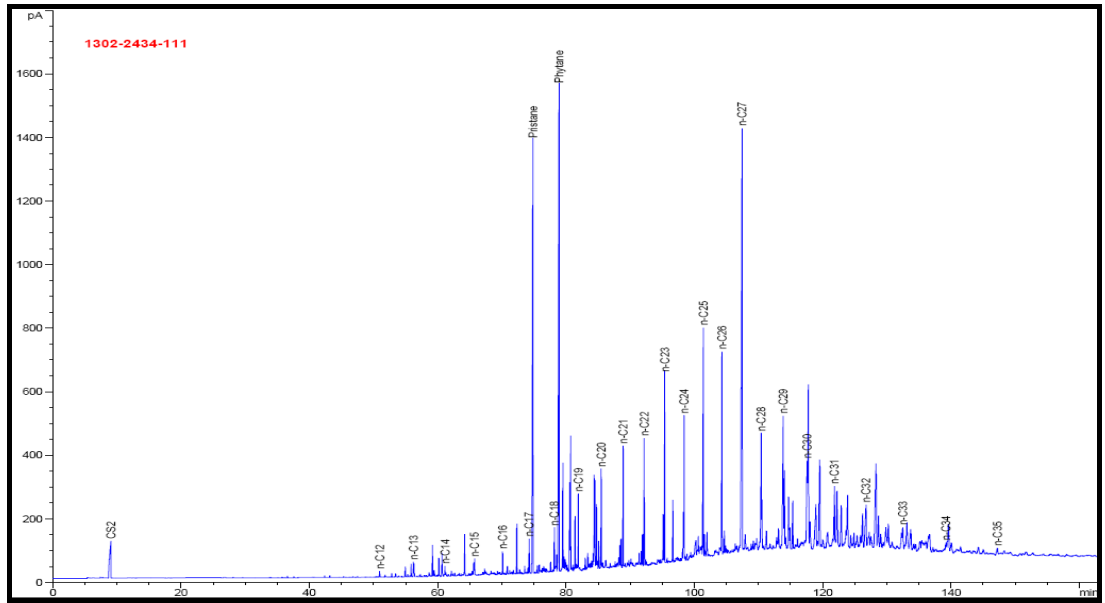
Şekil 4.15 Kayalık dere-103'e ait gaz kromatogramı



Şekil 4.16 Karanlık dere-25'e ait gaz kromatogramı



Şekil 4.17 Karanlık dere-31'ye ait gaz kromatogramı



Şekil 4.18 Karanlık dere-38'e ait gaz kromatogramı

Dağhacılar sahasına ait analiz edilen örneklerden: Emzik Beleni-27, 29, 32 ve 34 numaralı örnekler; Kayalık dere-33, 44, 62, 103; Karanlık dere-25, 31 ve 38 numaralı örneklerin Pr/Ph oranları hesaplanmıştır. Karanlık dere ÖSK' sına ait örneklerin Pr/Ph oranları 1'den küçük olup, çökeltme ortamı anoksik, Emzik Beleni ÖSK'sına ait Emzik

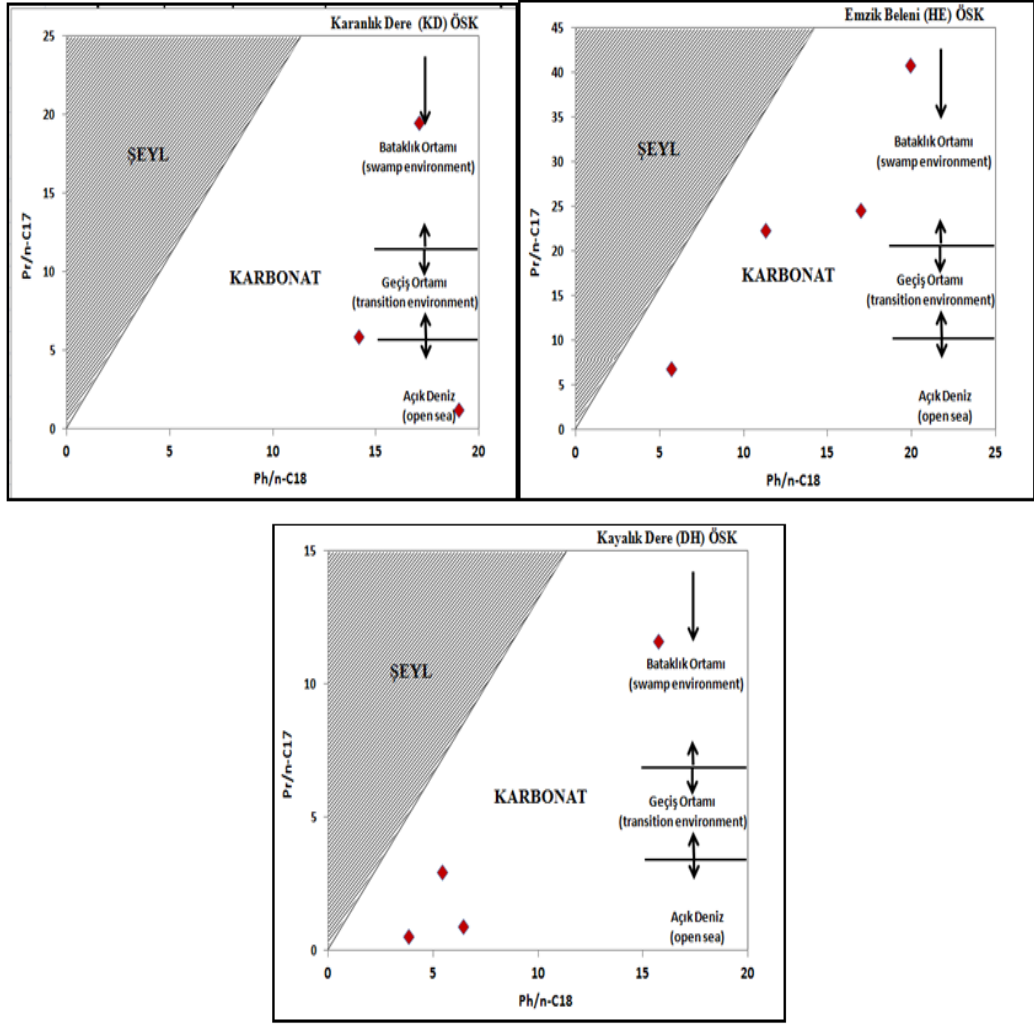


Beleni–27, 29, 32 ve 34 numaralı örneklerin Pr/Ph oranları 1’den büyük olup, çökelme ortamı oksik şartları göstermektedir. Kayalık dere ÖSK’sına ait örneklerden Kayalık dere–33, 44, 62 numaralı örneklerin Pr/Ph oranları 1’den küçük olup, çökelme ortamı anoksiktir. Kayalık dere–103 numaralı örneğin Pr/Ph oranı 1,01 olup, çökelme ortamı oksiktir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan gaz kromatografi parametreleri

BÖLGE	Örnek No	Pr/Ph	Çökelme Ortamının Redoks Koşulları
<b>Karanlık Dere (KD) ÖSK</b>	KD–25	0,14	Anoksik
	KD–31	0,27	Anoksik
	KD–38	0,81	Anoksik
<b>Emzik Beleni (HE) ÖSK</b>	HE–27	1,02	Oksik
	HE–29	1,32	Oksik
	HE–32	2,49	Oksik
	HE–34	2,26	Oksik
<b>Kayalık dere (DH) ÖSK</b>	DH–33	0,42	Anoksik
	DH–44	0,16	Anoksik
	DH–62	0,15	Anoksik
	DH–103	1,01	Oksik

Pr/n-C<sub>17</sub> Ph/n-C<sub>18</sub> diyagramında yorumlandıklarında incelenen örneklerin kaynak kayalarının karbonat litolojisinde olduğunu ve çökelme ortamlarının da açık deniz ortamından bataklık ortamına doğru farklı jeokimyasal koşulları gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.19).

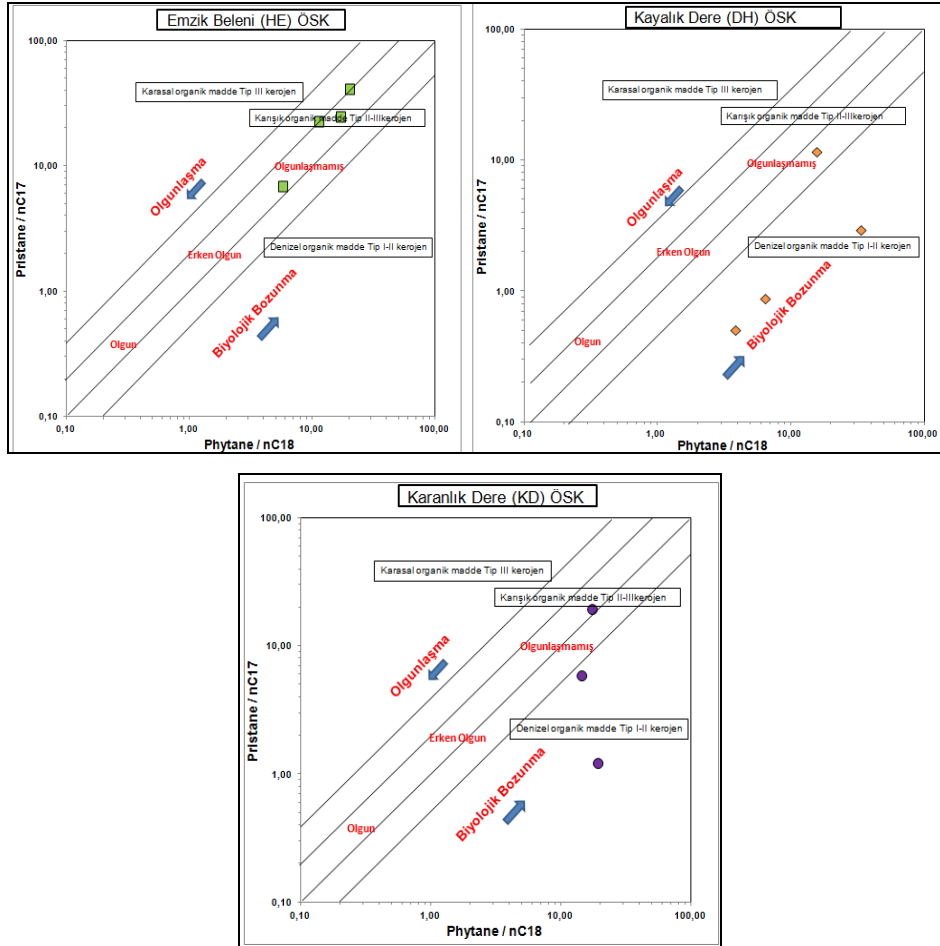


Şekil 4.19 Ph/n-C18 – Pr/n-C17 diyagramı (Sonel ve Sarı 2004)

İncelenen bitümlü kayaç örneklerinin Ph/n-C<sub>18</sub> ve Pr/n-C<sub>17</sub> değerleri hesaplanmış ve Ph/n-C<sub>18</sub>-Pr/n-C<sub>17</sub> diyagramında çoğunlukla Tip I/Tip II ve Tip-II/Tip-III karışık kerojenleri içerdikleri ve farklı ısıl olgunlaşma seviyelerinde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.20, Şekil 4.20).

Çizelge 4.20 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan Pr/nC<sub>17</sub> ve Ph/nC<sub>18</sub> parametreleri

BÖLGE	Örnek No	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>
Karanlık Dere(KD) ÖSK	KD-25	1,22	19,07
	KD-31	5,86	14,19
	KD-38	19,48	17,10
Emzik Beleni (HE) ÖSK	HE-27	24,58	16,98
	HE-29	6,82	5,71
	HE-32	40,80	19,94
	HE-34	22,26	11,30
Kayalık Dere(DH) ÖSK	DH-33	0,50	3,84
	DH-44	0,88	6,44
	DH-62	2,92	33,71
	DH-103	11,60	15,73



Şekil 4.20 Bölgelere ait örneklerin Ph/n-C<sub>18</sub>-Pr/n-C<sub>17</sub> diyagramındaki konumları (Shanmungam 1985'ten değiştirilmiştir)

Karbon Tercih İndeksi (CPI: Carbon Preference Index), gaz kromatogramlarından n-alkanlar için değişik formüller kullanılarak elde edilirler. CPI organik madde tipinden ve olgunlaşma deresinden etkilenir (Tissot ve Welte 1984). CPI > 1,5 olması her zaman nispeten olgunlaşmamış örnekleri gösterir. Düşük CPI değerleri için yüksek olgunluk şart değildir ve düşük CPI değerleri aynı zamanda karasal kaynaklı yüksek normal alkanların eksikliğini ifade eder (Tissot ve Welte 1984). CPI < 1 çift karbon numaralı n-alkanların, CPI>1 ise tek karbon numaralı n-alkanların gaz kromatogramlarında hakim olduklarını gösterir. Karbon Tercih İndeksi 1,0'den büyük ise düzenli eşit sayılı alkanlardan ziyade daha çok tek sayılı hidrokarbonları işaret eder. C<sub>23</sub>-C<sub>31</sub> ve C<sub>15</sub>-C<sub>17</sub> dizileri genellikle bu anlamda kullanılırlar. Tek karbonların tercihi denizel olmayan depolanma ortamına sahip kaynak kayalarda türeyen petroler için karakteristiktir (Moldowan et al. 1985). Buna karşın, çift numaralı n-alkanlar karbonat ya da evaporit kayalarından türeyen bitüm ve petrolerde gözlenir (Palacas 1984). CPI değerinin belirgin bir şekilde 1'den büyük ya da 1'den küçük olması ısısal olarak olgunlaşmamış petrol ya da bitüm örneklerini işaret etmektedir. Olgunluğun artması ile CPI değeri 1'e yaklaşmaktadır (Waples 1985). Fakat CPI değerinin 1 ya da 1'e yakın bir değerde olması bu örneklerin olgun olduğunun kesin delili değildir (Peters ve Moldowan 1993). CPI değerinin 1'den düşük olması nadirdir ve bu değerler tipik olarak karbonat ya da çok tuzlu ortamlarla ilişkili petrol ile bitümlerde gözlenmektedir (Tissot ve Welte 1984; Peters ve Moldowan 1993). Olgunlaşmamış ya da olgunluğu düşük örneklerdeki yüksek bir CPI değeri yüksek karasal bitkilerden türeyen karasal organik madde girdisini yansıtmaktadır (Tran ve Philippe 1993).

$$CPI = \left[ \frac{C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}}{C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32} + C_{34}} + \frac{C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}}{C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32}} \right] / 2 \text{ (Bray ve Evans 1961).}$$

CPI değerleri organik maddenin türüne göre değişiklik gösterir. CPI değerleri genellikle karasal kökenli organik maddelerde >2,5 iken denizel kökenli organik maddelerde 1 civarında değişir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Karasal bitkiler ve denizel organizmalarda CPI'nın değerlendirilmesi (Bray ve Evans 1961).

<b>Kıtasal Bitkiler</b>	<b>CPI</b>	<b>Denizel/Gölsel Organizmalar</b>	<b>CPI</b>
Karasal Bitkilerde	4-7	Sponges	1,2
Kıyı açığı Sedimentlerde	2,5-5,5	Coral	1,1
		Plankton	1,1
		Derin Deniz Sedimentleri	1,0

İncelenen örneklerin CPI değerleri ( $C_{25}-C_{33}$ ) formülüne göre hesaplanmıştır (Çizelge 4.20). Kayalık dere-44 numaralı örneğin CPI oranı 1'den küçük olup, kromatogramda çift karbon numaralı n-alkanların hakim olduğunu, örneğin erken olgun olduğunu ve ayrıca kaynak kaya litolojisinde karbonat kaya olduğuna işaret eder. Diğer örneklerde CPI oranları ise 1'den büyüktür. Bu durum örneklerde düzenli eşit sayılı alkanlardan ziyade daha çok tek sayılı hidrokarbonları ve örneklerin erken olgun seviyesine işaret eder. Bu örneklerin aynı zamanda denizel olmayan kaynak kayadan, karasal organik maddeden türemiş petrole işaret ettiği söylenebilir. Buna göre, Dağhacılar sahasından alınan örneklerin CPI ( $C_{25}-C_{33}$ ) oranları hesaplanmıştır (Çizelge 4.22)

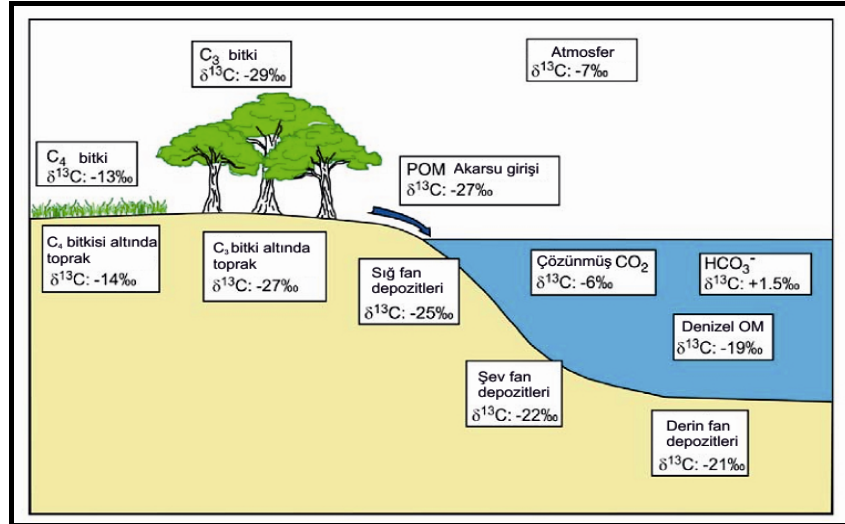
Çizelge 4.22 Bölgelere ait bitümlü kayaç örnekleri için hesaplanan CPI ( $C_{25}-C_{33}$ ) parametreleri

<b>BÖLGE</b>	<b>Örnek No</b>	<b>CPI</b>
<b>Karanlık Dere (KD)</b> <b>ÖSK</b>	KD-25	1,23
	KD-31	2,2
	KD-38	2,19
<b>Emzik Beleni (HE)</b> <b>ÖSK</b>	HE-27	1,86
	HE-29	1,99
	HE-32	1,68
	HE-34	1,38
<b>Kayalık Dere (DH)</b> <b>ÖSK</b>	DH-33	1,34
	DH-44	0,60
	DH-62	1,38
	DH-103	1,56

#### 4.1.8 Kararlı karbon izotopu ( $\delta^{13}\text{C}$ )

İzotoplar, nötron sayılarının farklılığına bağlı kütledeki küçük değişiklikler sebebiyle çok az farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip, kimyasal elementin bir, iki veya daha fazla türleridir. İzotoplar duraylı (radyoaktif olmayan) veya duraysız (radyoaktif) olabilir. Duraylı izotoplara sahip beş element (H, C, N, S, O) çamurtaşlarını incelemek ve yorumlamak için geniş çapta kullanılmaktadır.

Duraylı karbon izotop analizi güncel ortamlarda organik maddenin kaynağını belirlemek için en çok kullanılan tekniklerden bir tanesidir. Genellikle nehir ağzı, denizel ve gölsel koşullardaki sedimanlarda organik maddenin fitoplankton ve karasal bağıl oranını belirlemede kullanılmıştır. Bunun dışında biyologlar, jeologlar ve jeokimyacılar çeşitli konularda duraylı karbon izotop analiz tekniğinden yararlanmaktadır (Sackett 1964, Maynard 1981, De Laune 1986, Pratt ve Threlked 1984, Fontugne ve Calvert 1992, Tyson 1995). Karbon biyosferdeki majör elementlerden birini oluştururken aynı zamanda atmosfer, litosfer ve hidrosferde de bulunmaktadır (Şekil 4.21). Karbon  $^{12}\text{C}$  ve  $^{13}\text{C}$  olmak üzere iki duraylı form ve  $^{14}\text{C}$  duraysız form izotop şeklinde bulunmaktadır.



Şekil 4.21 Kıtasal kenar ortamında farklı bölgelerdeki duraylı karbon izotopu verileri (Rullkötter et al. 1986)

$^{12}\text{C}$  ve  $^{13}\text{C}$  karbonun iki duraylı izotopu çamurtaşlarında karbon kaynağını ayırt etmek amacıyla sıkça kullanılmaktadır (Çizelge 4.23). Karbon izotopunun fraksiyonasyonu (farklılaşma, kısımlara ayrılma) atmosferle dengede olan karbondan ( $^{13}\text{C}$ 'ca zengin) biyojenik kökene ( $^{13}\text{C}$ 'ca tüketilmiş) sahip karbonu ayırt eder. Fotosentez süresince daha ağır olan  $^{13}\text{C}$ 'dan daha çok hafif  $^{12}\text{C}$ 'u kullanmaktadır, diğer bir deyişle  $^{13}\text{C}$  yerine  $^{12}\text{C}$  tarafında bir tercih yapmaktadır. Bunun sonucunda da biyojenik materyalin  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  oranı atmosferik  $\text{CO}_2$ 'inkinden daha düşük bir oranına sahip olacaktır (Tyson 1995).

Çizelge 4.23 Çeşitli rezervuarlardaki  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri (Degens 1989)

Rezervuar/Materyal	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Atmosferik $\text{CO}_2$	-6'den -10
Tatlı su $\text{H}_2\text{CO}_3$	-4'den -14
Kerojen	-22 -27 arası
Denizel karbonatlar (inorganik)	+2 +7 arası
Denizel karbonatlar (biyojenik)	-4 +3,5 arası
Tatlı su karbonatları	-2 -12,5 arası
Metan (Mesozoyik)	-32 -54 arası
Metan (Kuaterner)	-56 -82 arası

$\delta^{13}\text{C}$  değeri, binde (‰) şeklinde ifade edilip,  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) =  $\{[(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{örnek}} / (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standart}}] - 1\} \times 100$  formülü ile hesaplanmaktadır.

Standart olarak kullanılan uluslararası bazda PDB (Pee Dee Belemnite) standarttır.  $\delta^{13}\text{C}$  değeri  $^{12}\text{C}$ 'ye bağlı  $^{13}\text{C}$  tüketilmesini ifade etmektedir. Standart olarak PDB standardı yaklaşık olarak denizel karbonatlarının değerine yakın olan 0 ‰  $\delta^{13}\text{C}$  değerine sahiptir. -1 ‰ değerli  $\delta^{13}\text{C}$ , örneğin PDB standardına oranla 1 ‰ daha az ağır  $^{13}\text{C}$  izotopa sahip ve böylece daha hafif olduğunu işaret eder. Pozitif  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ise örnekte PDB standardından daha yüksek  $^{13}\text{C}$  içerdiğini işaret edip izotopik olarak daha ağır olduğunu gösterir.

Çeşitli araştırmacılar karbon materyalini farklı  $\delta^{13}\text{C}$  değer aralıklarına göre ayırmışlar (Çizelge 4.24; 4.25, Şekil 4.22-4.24). Duraylı karbon izotopları değişken biyojeokimyasal sistemlerdeki hem yaşlı hem de genç organik maddelerin incelenmesinde kullanılır. Bu anlamda bu data değişimi sayesinde karbonun kökeni hakkında yorum yapılabilir. Tyson (1995)'e göre genç ve yaşlı sedimanlar arasında değişim olduğu görülmektedir (Çizelge 4.24). Bu güncel ve yaşlı sistemlerdeki davranış değişikliğin sebebi Devoniyen'deki ve en çok Fanerozoik'deki diğer zamanlarda daha yüksek atmosferik  $\text{CO}_2$  seviyelerine bağlı olabilmektedir (Lewan 1986).

Çizelge 4.24 Organik madde, sediman ve kerojenler için tipik  $\delta^{13}\text{C}$  aralıkları (Prasolov 1990, Tyson 1995)

<b>Kategori</b>	<b>Toplam aralık (‰)</b>	<b>Modal aralık (‰)</b>
Karasal C4 bitkiler	-6'den -23	-10'den -14
Karasal C3 bitkiler	-23'den -35	-23'den -31
Karasal CAM bitkiler	-11'den -33	
Bataklık bitkileri	-11'den -27	
Mangrovlar	-21'den -28	
Deniz yosunu	-3'den -24	-6'den -13
Bentik mikroalg	-11'den -24	-11'den -20
Denizel plankton	-13'den -31	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Düşükten orta enleme</li> <li>• Yüksek enlemler (Antarktik)</li> </ul>		-18'den -24 -25'den -31
Siyanobakteri (tatlı su ve denizel)	-3'den -31	-10'dan -22
Siyanobakteri olmayan tatlı su bakterileri	-22'den -47	
Genç flüviyal sedimanlar	-20'den -29	
Genç gölsel sedimanlar	-15'den -30	



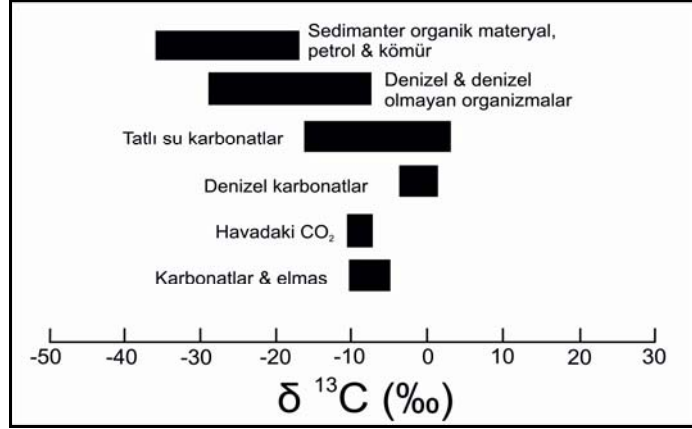
Çizelge 4.24 Organik madde, sediman ve kerojenler için tipik  $\delta^{13}\text{C}$  aralıkları (Prasolov 1990, Tyson 1995) (devam)

Kategori	Toplam aralık (‰)	Modal aralık (‰)
<p>Genç denizel sedimanlar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deniz yosunu çim sedimanları</li> <li>• Düşük boşalma/dış şelf sedimanları</li> <li>• Genç disoksik-anoksik fasiyesler</li> <li>• Yüksek boşalma/iç şelf sedimanları</li> <li>• Antartik-Güney Atlantik ve Güney Hindistan Okyanusu sedimanları</li> </ul>	-14'den -35	<p>-14'den -19</p> <p>-19'den -23</p> <p>-20'den -23</p> <p>-23'den -27</p> <p>-27'den -35</p>
<p>Yaşlı sedimanlar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tip I tatlı su kerojenleri</li> <li>• Tip I denizel kerojenler (Neojen öncesi)</li> <li>• Tip II (Neojen-Genç) kerojenler</li> <li>• Tip II (Neojen öncesi) kerojenler</li> <li>• Tip III kerojenler (Paleozoyik-Mezozoyik)</li> </ul>	<p>-16'den -31</p> <p>-27'den -34</p> <p>-20'den -24</p> <p>-24'den -34</p> <p>-22'den -29</p>	-22'den -26

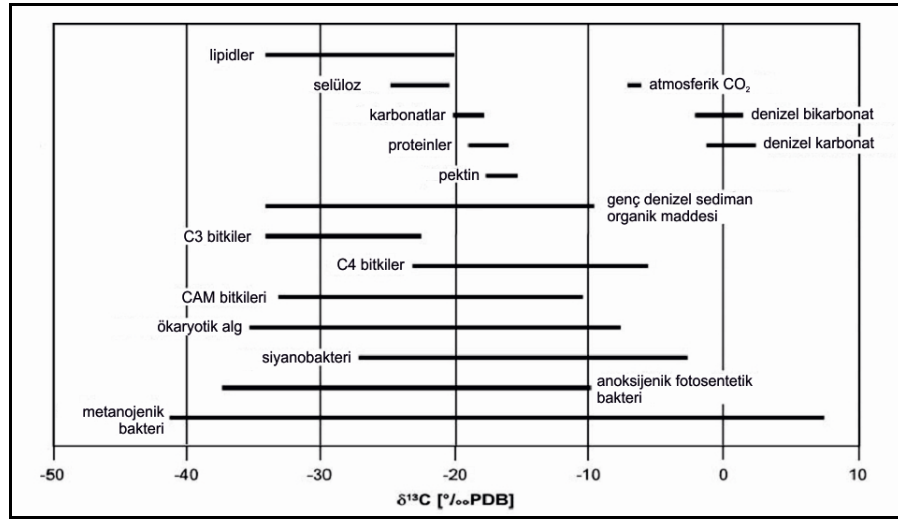
Çizelge 4.25 Çeşitli organik bileşiklerdeki tipik  $\delta^{13}\text{C}$  aralıkları (Prasolov 1990, Tyson 1995) (devam)

Bileşik	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Karbonatlar	-0,1
CO <sub>2</sub> birikimleri	-8,7
Kerojen	-25,0
Bitümlerdeki organik madde	-27,0
Ham petrol	-29,7
Propan	-27,0
Etan	-31,3
Metan	-42,6
Metan (biyokimyasal)	-75,0

Çoğu kerojenin  $\delta^{13}\text{C}$  değeri  $-25\%$  ve  $-26\%$ 'ya yakın değerler sunmaktadır (Degens 1989, Prasolov 1990).



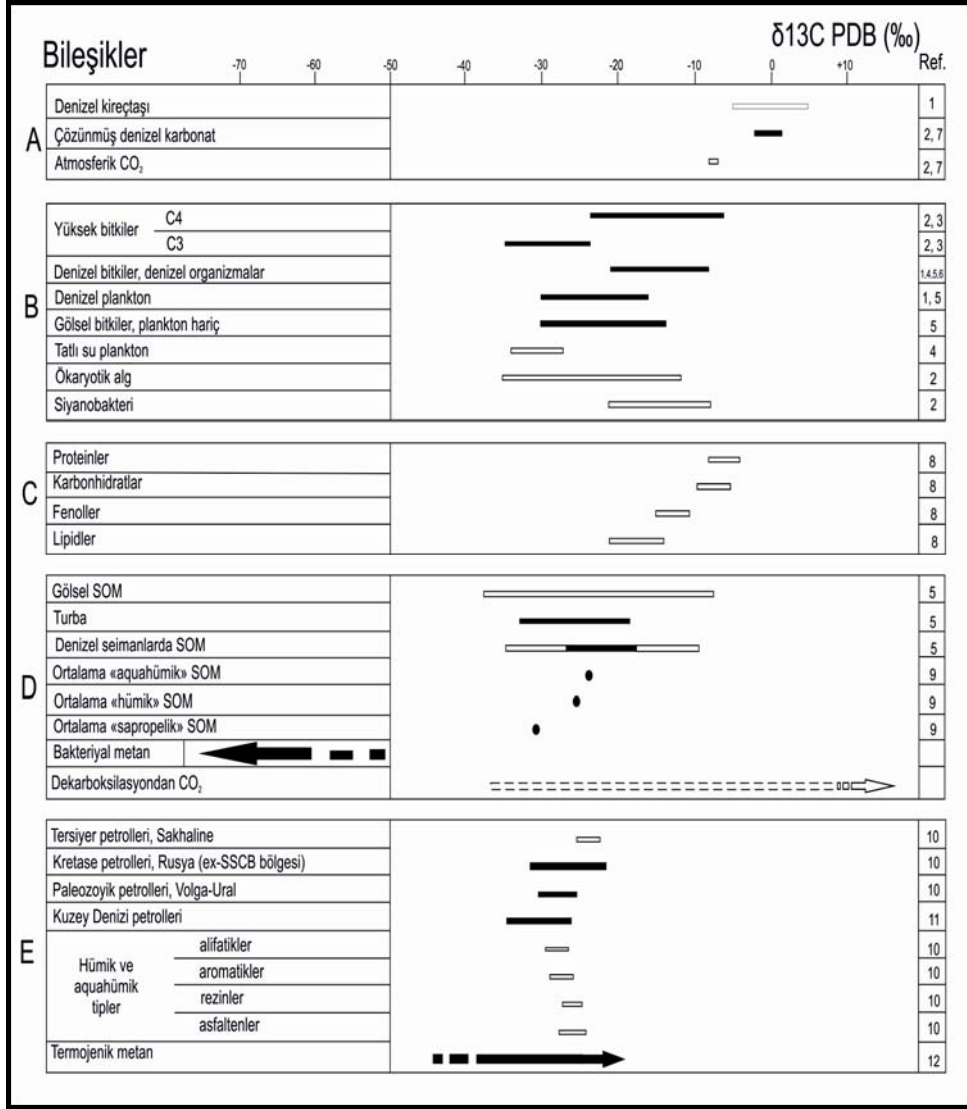
Şekil 4.22 Çeşitli materyallerdeki  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) aralıkları (Hoefs 1997)



Şekil 4.23 Anorganik bileşiklerin, organik bileşiklerin ve denizel ve karasal organizmaların karbon izotop kompozisyonlarının karşılaştırmaları (Schidlowski vd. 1983, Degens 1989)

Bitkilerin karbon izotop kompozisyon sonuçları fotosentez sürecindeki hem  $\text{CO}_2$  kaynağı hem de izlediği metabolik yollara bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple bu şekilde bir yüksek karasal bitkiler ana sınıflaması  $\delta^{13}\text{C}$   $-20$  ile  $-35\%$  arasında değişirken diğer karasal bitkilerin  $\delta^{13}\text{C}$   $-10$  ile  $-20\%$  arasında değişmektedir. Sucul bitkiler de aynı aralıkta yer almaktadır ( $-10$  ile  $-35\%$  arası), fakat gölsel bitkilerin

ortalaması denizel bitkilerin ortalamasına oranla daha düşük  $\delta^{13}\text{C}$  olması gibi çeşitli farklar olabilmektedir.



Şekil 4.24 Karbonat, organizmalar, kerojen ve petrol ürünlerinin izotopik karbon kompozisyonu (Bordenave 1993), (1) Fuex 1977, (2) Schidlowski vd. 1983, (3) Hillaire-Marcel 1986, (4) Stahl 1977, (5) Deines 1980, (6) Sackett 1989, (7) Weizer 1983, (8) Galimov 1980, (9) Galimov 1986, (10) Galimov 1973, (11) Bailey vd. 1990, (12) Schoell 1988

- $\text{CO}_2$  ve karbonatlar: inorganik karbon
- Canlı organik madde. C4 ve C3 fotosentezin ana metabolik yollarıdır. Tuzlu bataklık bitkileri ve tropikal çimler C4 bitkilere örnektir (Stahl 1977). Denizel planktonların  $\delta^{13}\text{C}$  organizmanın yaşadığı deniz suyu sıcaklığı işaret eder.
- Biyolojik sistemdeki kimyasal bileşikler
- Kerojenler ve diyajenetik organik ürünler
- Petrol, fraksiyonları ve termojenik metan örnekleri

Karbon izotop sonuçları ‰ vs. VPDB'a göre raporlanmıştır. %95 güven aralığında standart sapması kabul edilebilen uluslararası standartlara göre kalibrasyon yapılmıştır (PEF 1 ve NGSR1 kaya standartlarına göre kalibre edilmiştir. Analizler en az iki defa tekrar edilmiştir.

339 petrol örneğinde doymuş ve aromatik hidrokarbonların karbon izotop bileşenleri arasında istatistiksel bir farklılığı değerlendirmiştir (Sofer 1984). Sofer, CV (Canonical variable)'yi açıklarken karasal ve denizel kaynaklı petroleri ayırmak için doymuş ve aromatik hidrokarbon fraksiyonları arasındaki izotopik bir ilişki olarak tanımlamıştır. Denklem ile hesaplanan CV değeri 0,47'den büyükse karasal organik maddeyi, küçükse denizel organik maddeyi gösterir.

$$CV \text{ (Canonical Variable)} = - 2.5 * \delta^{13} C_{\text{doymuş}} + 2.22 * \delta^{13} C_{\text{aromatik}} - 11.65$$

Çalışma alanındaki 10 örnek üzerinde yapılan karbon izotop analizine göre örneklerin  $\delta^{13}C$  (Doymuş Hidrokarbon) izotop değerleri -35,41 ile -28,37 arasında ve  $\delta^{13}C$  (Aromatik Hidrokarbon) izotop değerleri -34,43 ile -28,84 ‰ arasında değişmektedir. İzotop değerleri yardımıyla kerojen tipleri belirlenmiştir. GV Instruments Isoprime EA-IRMS cihazında yapılan analiz sonucunda elde edilen değerlere göre hesaplanan CV değerlerine göre, HE-27, HE-34, DH-33, DH-44, DH-103, KD-31 numaralı örneklerin CV değeri 0,47'den küçük olduğundan bu örnekler denizel organik maddeye işaret etmektedir. DH-62, KD-38 numaralı 2 adet örneğin CV değeri ise 0,47'den büyük olduğundan bu örnekler karasal organik maddeye işaret etmektedir (Çizelge 4.26).

HE-32 numaralı örneğin doymuş hidrokarbon değeri dedüksiyon limiti altında olduğundan, dolayısıyla CV değerleri de hesaplanamamıştır. KD-18 numaralı örnekten ise özütleme sonucu yeterli miktarda hidrokarbon elde edilemediğinden ileri analizlerine devam edilememesi sonucu, bu örnek için de CV değeri hesaplanamamıştır.

Çizelge 4.26 Dağhacılar sahasına ait örneklerin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ve kerojen tipleri

BÖLGE	Örnek No	Kerojen Tipi(HI değerlerine göre)	$\delta^{13}\text{C}$		
			SAT (Doymuş Hidrokarbon)	ARO (Aromatik Hidrokarbon)	CV
Karanlıkdere (KD) ÖSK	KD-18	Tip IV	#	#	-
	KD-31	Tip II	-33,44	-34,43	-4,48
	KD-38	Tip II	-33,37	-28,84	7,75
Emzik Beleni (HE) ÖSK	HE-27	Tip I	-31,17	-32,41	-5,68
	HE-32	Tip II	#	-32,48	-
	HE-34	Tip I	-33,27	-33,32	-2,50
Kayalık Dere (DH) ÖSK	DH-33	Tip II	-28,53	-29,63	-6,10
	DH-44	Tip I	-28,37	-30,40	-8,21
	DH-62	Tip I	-35,41	-32,60	4,50
	DH-103	Tip II	-32,28	-32,93	-4,06

Hoefs (1997)'e göre karbon izotop değerleri sedimanter organik materyalin petrol ve kömür; Bordenave (1993)'a göre tatlı su plankton, ökaryotik alg, gölsel sedimanter organik madde aralıklarını; Degens (1989)'e göre genç denizel sediman organik maddesi, lipitler, C3 bitkiler, CAM bitkileri, ökaryotik alg, anoksijenik/foto sentetik bakteri, metanojenik bakteri aralıklarını işaret etmektedir. Çeşitli araştırmacıların parametreleri neticesinde incelenen örneklerin farklı  $\delta^{13}\text{C}$  aralıklarını işaret ettiği belirlenmiştir. Burada  $\delta^{13}\text{C}$  tek başına net bir organik madde köken yorum yapmaya yeterli değildir. Bu nedenle piroliz analizi sonucunda belirlenen organik madde tipi olan Tip I/Tip II kerojen tipini göz önüne alarak çalışılan kayaç örneklerinin organik maddeleri  $\delta^{13}\text{C}$  aralıkları açısından denizel/gölsel organik madde, ökaryotik alg, denizel sedimanter materyal, C3 bitkiler şeklinde sınırlandırılabilir.

#### 4.1.9 Gaz kromatografi kütle spektrometre (GC/MS) analizleri

GC-MS analiz yöntemi; adından da belli olduğu gibi iki analitik metodun bir kombinasyonudur. Bu iki teknik birleştirilerek çok küçük miktarda sedimanter organik madde jeokimyasal bileşenleri için kusursuz bir şekilde analiz edilebilmektedir (Noble 1991).

GC-MS, kompleks hidrokarbon karışımlarındaki özel organik bileşenlerin dağılımlarını belirlemek için kullanılan analitik bir yöntemdir. Petrol ve bitümlerin GC-MS analizleri öncelikle biyomarker olarak adlandırılan iz organik maddelerin dağılımlarını karakterize etmek için kullanılmaktadır (Noble 1991; Peters ve Moldowan 1993).

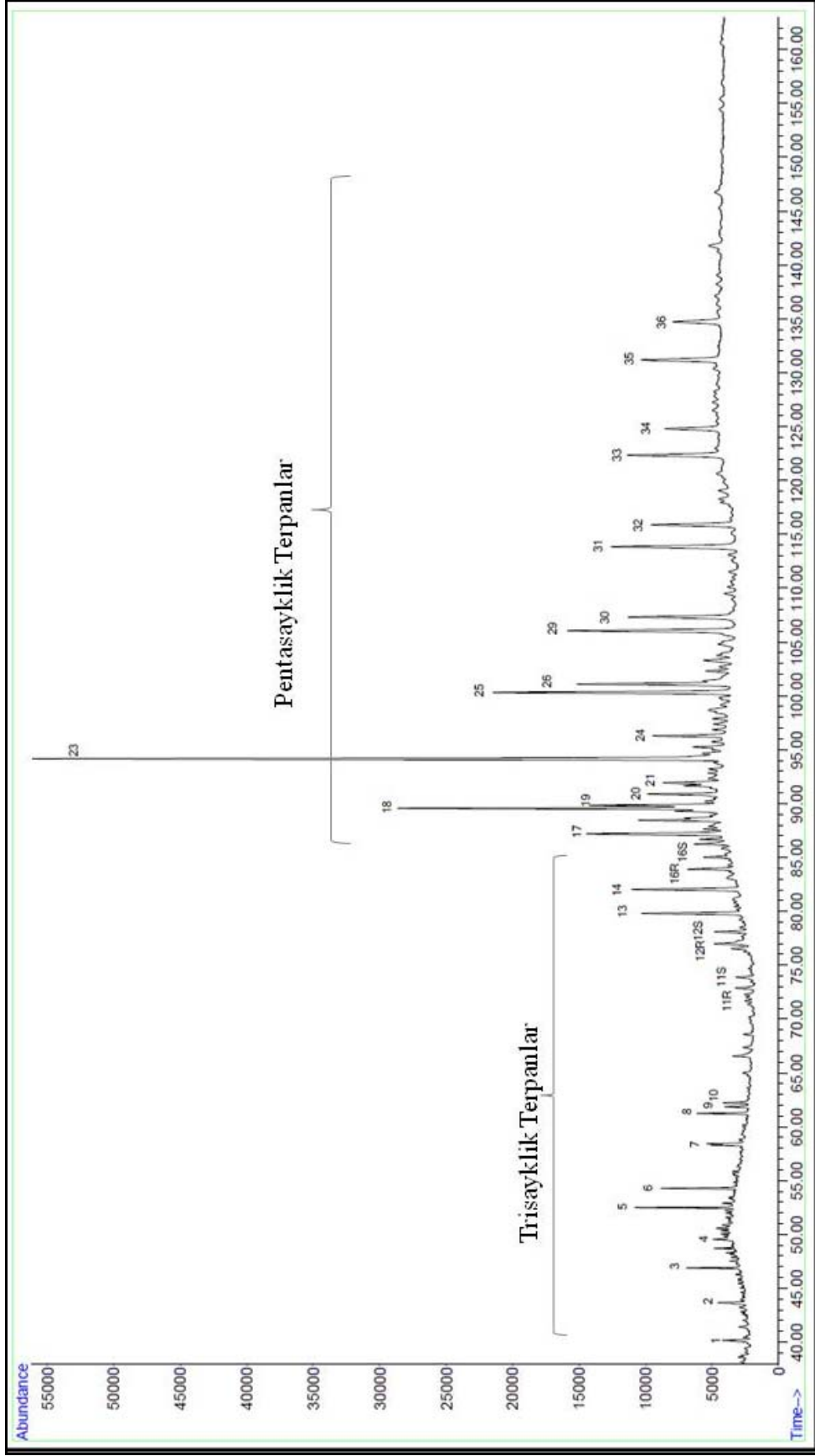
Biyomarkerler; karbon strüktürleri, oluştukları canlı organizmadan sedimana katılan organik moleküller ile direkt ilişkili olan, bu organik moleküllerde çok az değişim gösteren ya da hiç değişim göstermeyen türedikleri canlı organizmalar için belirleyici olan organik bileşenlerdir (Tissot ve Welte 1984; Noble 1991; Waples ve Machihara 1991; Peters ve Moldowan 1993; Hunt 1995). Bu özelliklerinden dolayı biyomarkerler jeokimyasal fosil olarak isimlendirilmektedir (Tissot ve Welte 1984; Noble 1991).

Ham petrol ve kaynak kaya içerisinde bulunan biyomarkerler, hem yeraltındaki gömülme boyunca oluşan değişikliklere ve hem de sedimantasyon süresince dahil olan organik maddenin tipine bağlı olarak değişmektedir. Bunlar bir ortamdan diğerine önemli oranda değişen kompleks işlevler olduğu için, sonuç olarak oluşan biyomarker dağılımları genellikle çok farklıdır ve jeolojik örneklerin parmak izi anlamında bir kullanım sağlamaktadır (Noble 1991).

GC-MS analizleriyle, petrol içindeki kompleks moleküllerin parçalanarak iyonlaşması sonucunda elde edilen iyon fragmentogramları, jeokimyasal korelasyonlar, kaynak kaya çökme ortamı, litolojisi ve olgunluğu hakkında önemli ipuçları sağlamaktadır.

#### 4.1.9.1 Terpan fragmentogramları (m/z 191)

Düşük trisayklic terpan konsantrasyonu, trisayklic terpan alanında C<sub>23</sub> trisayklic (pik no: 5) ve C<sub>24</sub> (pik no:8) tetrasayklic terpanların baskın pikler olması, düşük C<sub>28</sub> ve C<sub>29</sub> trisayklic terpan konsantrasyonu, yüksek Tm/Ts, yüksek NH/H (>1,0) ve C<sub>35</sub>/C<sub>34</sub> (>1,0) oranları ile gamaseran (Pik no:27) molekülünün mevcudiyeti tüm petrolerin terpan fragmentogramlarında gözlenen önemli ortak özelliklerdir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Norveç Standart Petrolüne ait terpan dağılımını gösteren m/z 191 kütle fragmentogramı



Trisayklik ve pentasayklik terpan dağılımları, GC/MS analizleri sonucu elde edilen m/z 191 iyon fragmentogramı kullanılarak incelenebilmektedir (Çizelge 4.27). Hem trisayklik hem de tetrasayklik terpanlar analiz edilen tüm örneklerde yüksek bollukta bulunmaktadır. Tetrasayklik terpanlar çoğu örnekte ana bileşenlerdendir. Bu özellikler algal kerojen bileşenin varlığını ve ek olarak yüksek bitkilerin girdisini işaret eder (Burgan vd 2009). Trisayklik terpan dağılımı petrolerin kaynak kayalarının tespit edilmesinde kullanılan basit fakat en yararlı terpan serisini oluşturur.

Çizelge 4.27 GC-MS analizlerinde kullanılan tanımlanmış m/z 191 terpan iyonları

BİLEŞİK NO	BİLEŞİK İSMİ
1	C <sub>19</sub> TRICYCLICTERPANE
2	C <sub>20</sub> TRICYCLICTERPANE
3	C <sub>21</sub> TRICYCLICTERPANE
4	C <sub>22</sub> TRICYCLICTERPANE
5	C <sub>23</sub> TRICYCLICTERPANE
6	C <sub>24</sub> TRICYCLICTERPANE
7	C <sub>25</sub> (22S+22R) TRICYCLICTERPANE
8	C <sub>24</sub> TETRACYCLICHOPANE (SECO)
9	C <sub>26</sub> 22 (S) TRICYCLICTERPANE
10	C <sub>26</sub> 22(R) TRICYCLICTERPANE
11R	C <sub>28</sub> TRICYCLICTERPANE ( R )
11S	C <sub>28</sub> TRICYCLICTERPANE ( S )
12R	C <sub>29</sub> TRICYCLICTERPANE ( R )
12S	C <sub>29</sub> TRICYCLICTERPANE ( S )
13	C <sub>27</sub> 18 $\alpha$ (H)-22,29,30-TRISNORHOPANE (Ts)
14	C <sub>27</sub> 17 $\alpha$ (H)-22,29,30-TRISNORHOPANE (Tm)
15	17 $\alpha$ (H)-29,30-BISNORHOPANE
16R	C <sub>30</sub> TRICYCLIC TERPANE ( R )
16S	C <sub>30</sub> TRICYCLIC TERPANE ( S )
17	17 $\alpha$ (H)- 28,30- BISNORHOPANE
18	C <sub>29</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30- NORHOPANE
19	C <sub>29</sub> Ts (18 $\alpha$ (H)-30-NORHOPANE
20	C <sub>30</sub> (17 $\alpha$ (H)-DIAHOPANE)
21	C <sub>29</sub> 17 $\beta$ (H), 21 $\alpha$ (H)-30 NORMORETANE
22	OLEANANE
23	C <sub>30</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-HOPANE
24	C <sub>30</sub> 17 $\beta$ (H), 21 $\alpha$ (H)-MORETANE
25	C <sub>31</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30-HOMOHOHOPANE (22S)
26	C <sub>31</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30-HOMOHOHOPANE (22R)
27	GAMMACERANE

Çizelge 4.27 GC-MS analizlerinde kullanılan tanımlanmış m/z 191 terpan iyonları (devam)

BİLEŞİK NO	BİLEŞİK İSMİ
28	HOMOMORETANE
29	C <sub>32</sub> 17 α (H), 21β (H)-30,31-BISHOMOHOHOPANE (22S)
30	C <sub>32</sub> 17 α (H), 21β (H)-30,31-BISHOMOHOHOPANE (22R)
31	C <sub>33</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32-TRISHOMOHOHOPANE
32	C <sub>33</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32-TRISHOMOHOHOPANE
33	C <sub>34</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32,33
34	C <sub>34</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32,33
35	C <sub>35</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32,33,34
36	C <sub>35</sub> 17α (H), 21β (H)-30,31,32,33,34

Yüksek C<sub>23</sub> terpan kaynak kayanın denizel bir birim olduğunu vurgularken (Moldowan vd. 1985), C<sub>19</sub>-C<sub>29</sub> aralığındaki diğer trisayklik terpanların düşük konsantrasyonlarda gözlenmesi kaynak kayanın litolojisinin karbonat olduğuna işaret etmektedir. Trisayklik terpan alanında gözlenen ikinci baskın pik C<sub>24</sub> tetrasayklik terpan molekülüne ait olup, bu molekülün tüm petrolerde yüksek konsantrasyonlarda gözlenmesi kaynak kayanın karbonat/evaporit litolojiye sahip olduğunu gösterir (Peters vd. 2005).

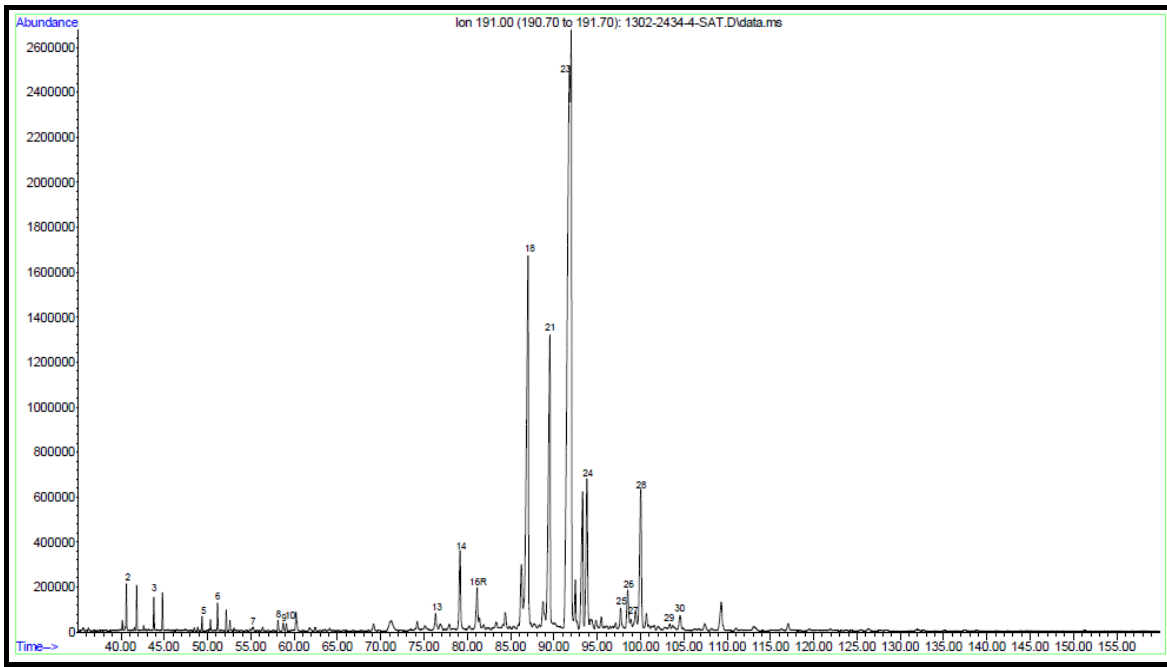
Yüksek NH/H (1,53-1,80) oranları (Peters vd. 2005), baskın C<sub>24</sub> tetrasayklik terpan piki (ten Haven 1985), yüksek Tm/Ts oranı (Waples ve Machihara 1991; Hunt 1995; Peters vd. 2005; Mc Kirdy vd. 1981) ve 1,0 den büyük C<sub>35</sub>/C<sub>34</sub> oranları (Mc Kirdy 1981) petroleri türeten kaynak kayanın karbonat litolojisine sahip olduğunu vurgular. Yüksek Tm/Ts (2,82- 4,05) ve C<sub>35</sub>/C<sub>34</sub> (>1,0) oranları ise çökeltme ortamının indirgen ve/veya evaporitik olduğunu gösteren önemli parametrelerdir (ten Haven 1985).

Yüksek C<sub>23</sub> trisayklik terpan denizel ortamı vurgularken gamaseran molekülünün önemli miktarlarda gözlenmesi, çökeltme ortamında deniz suyunun oldukça tuzlu ve kaynak kaya litolojisinin karbonat olduğuna işaret etmektedir (ten Haven 1985, Albaiges vd. 1986, Connan 1993, Peters and Moldowan 1993, Hunt 1995, Sinninghe Damsté vd. 1995, Peters vd. 2005).

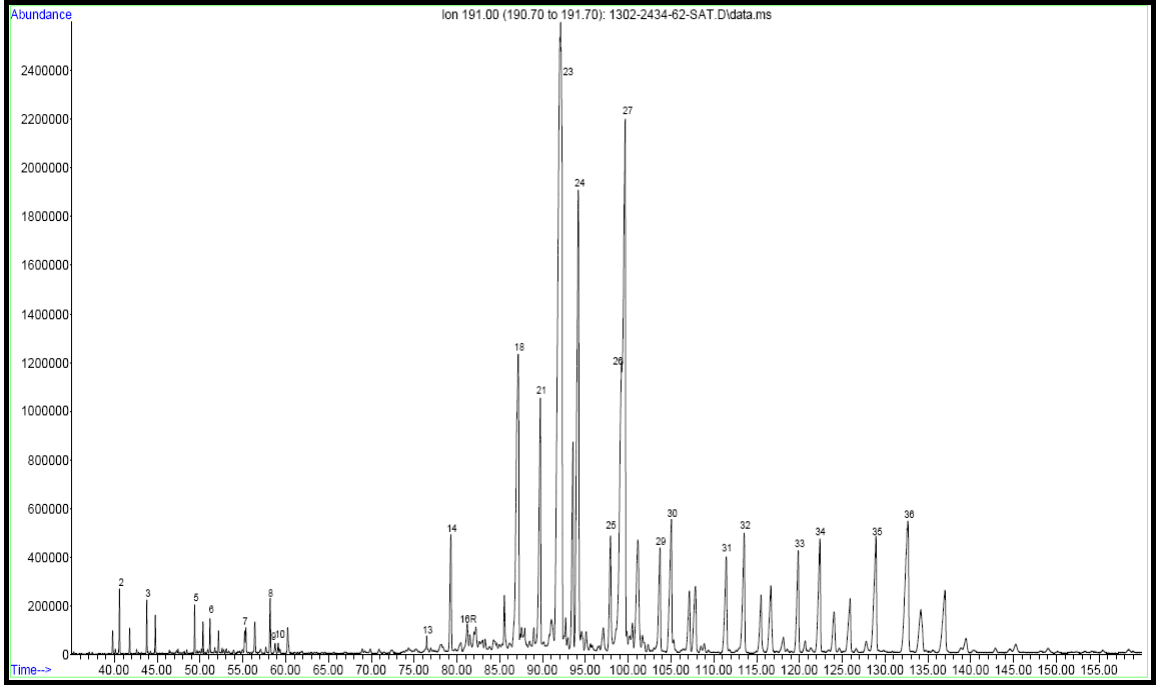
Dağhacılar sahası bitümlü kayaçlarına ait terpan fragmentogramları Şekil 4.26, 4.27, 4.28' deki fragmentogramlar üzerinden hesaplanan çeşitli parametreler hesaplanmıştır. (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28 HE-32, DH-62, KD-31 numaralı örneklerin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) hesaplamaları

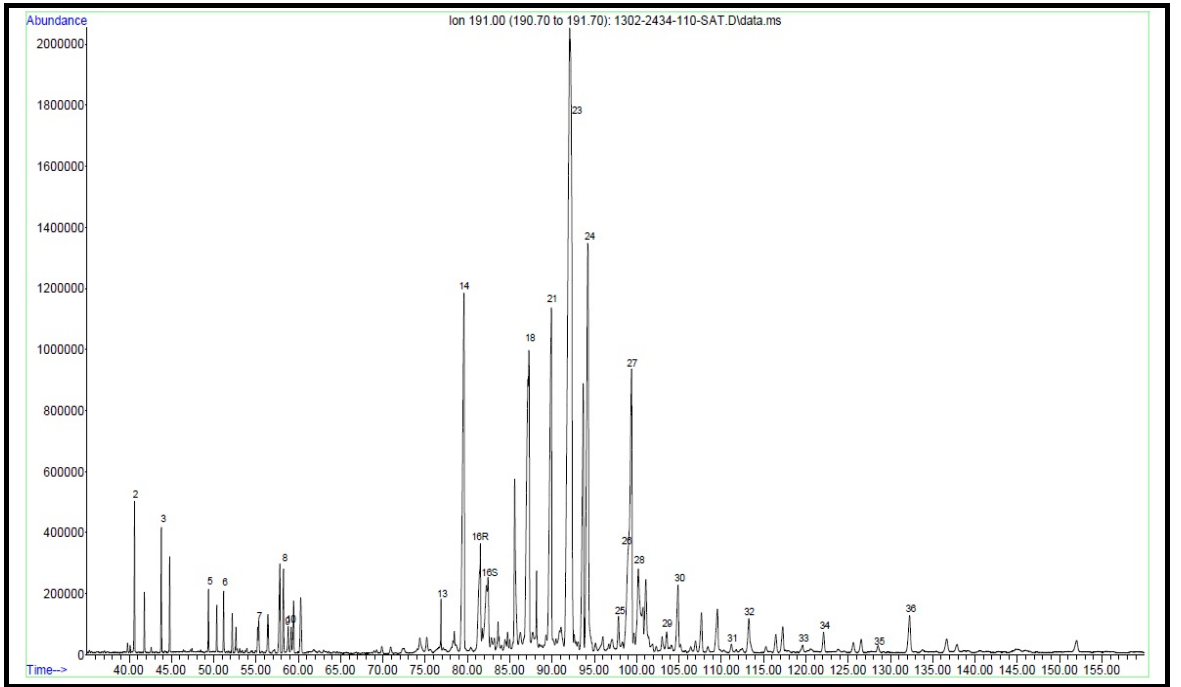
Örnek No	$C_{29}NH/C_{30}H$	Tm/Ts	$C_{23}/C_{30}H$	$C_{24}^*/C_{26}(S+R)$	$C_{35}+C_{36}/C_{33}+C_{34}$
HE-32	0,66	4,85	0,03	0,69	-
DH-62	0,46	8,55	0,08	2,72	1,14
KD-31	0,43	7,12	0,10	1,65	1,60
Örnek No	Gamaseran İndeks				
HE-32	0,03				
DH-62	0,46				
KD-31	0,31				



Şekil 4.26 HE-32 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı



Şekil 4.27 DH-62 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı



Şekil 4.28 KD-31 numaralı örneğin Terpan Moleküler Grubu (m/z 191) difraktogramı

$C_{29}NH/C_{30}H$  oranı depolanma ortamı ve litolojiyi açıklamak için hassas bir orandır. Bu oran 1'den büyükse karbonat kaynaklı petrolü, 1'den küçükse klastik kökenli petrole işaret eder (Zumberge 1987; Mello vd. 1988; Clark ve Philip 1989). Emzik Beleni Ösk'sında HE-32 numaralı örnekte;  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranı 0,66'dır.  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranına göre petrolün/bitümün klastik kaynak kayadan türediği söylenebilir, HE-32 numaralı örneğin mineralojik özellikleri dikkate alındığında ise HE-32 numaralı örneğin karbonatça zengin (% 78 Magnezyum Kalsit) bitümlü kireçtaşı olduğunu söylenebilir. Bu durumda GC-MS verileri ile mineralojik verilerin çeliştiği görülmektedir. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte;  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranı 0,46'dır. Bu durum petrolün/bitümün klastik kaynak kayadan türediğini göstermektedir. DH-62 numaralı örneğin tüm kayaç element analizleri dikkate alındığında (CaO: 28,02, MgO:5,60) örneğin karbonatlı kil taşı litolojisinde olduğu görülmektedir. Bu durum GC-MS verileri ile mineralojik verilerin uyumlu olduklarına işaret eder. Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte;  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranı 0,43'tür.  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranı petrolün/bitümün klastik kaynak kayadan türediğini göstermektedir. KD-31 numaralı örneğin tüm kayaç element analizleri dikkate alındığında (CaO: 16,13, MgO:6,86) örneğin bitümlü şeyl litolojisinde olduğu görülmektedir. Bu durum GC-MS verileri ile mineralojik verilerin uyumlu olduklarına işaret eder.

Tm/Ts oranı için Seifert ve Moldowan (1978),  $17\alpha$  (H) trisnorhopan/ $18\alpha$  (H) trisnorhopan (Tm/Ts) oranının olgunluk indikatörü olarak kullanılabileceğini söylemişler, artan sıcaklık ile birlikte Ts'e göre daha duraysız olan Tm azalırken, Ts miktarının göreceli olarak arttığını tespit etmişlerdir. Tüm çalışılan petrolerin Tm/Ts değerleri <10 olup, bu veri petrolerin düşük olgunluk düzeylerinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu oranın kaynak kaya organik fasiyesi ve çökelme ortam şartlarından da etkilendiği bilinmektedir. Aynı zamanda farklı kökene sahip petrolerin aynı olgunluğa sahip olduklarını da gösterir. Tm oranı olgunlaşma arttıkça azalır (Seifert 1978; Palacas 1984). Bunun nedeni Ts'nin Tm'ye göre daha duraylı olmasıdır. Olgunlaşma ile Tm azalırken Ts göreceli olarak artar ve böylelikle Tm/Ts oranı düşer. Ancak bu oran olgunlaşmanın yanı sıra kayaç litolojisi ve organik madde tipi ile de değişebilmektedir. Bu nedenle değerlendirmede kesin ve sağlıklı sonuçlar için bu parametrenin diğer parametrelerle desteklenmesi gerekir. Emzik Beleni (HE) Ösk'sında

HE-32 numaralı örnekte  $T_m/T_s$  oranı 4,85'tir. Buna göre HE-32 numaralı örneğin olgunlaşma derecesinin düşük olduğunu söylenebilir. HE-32 numaralı örnek için  $T_{max}$  değeri de  $422^{\circ}C$  olup, kerojen tipine göre olgun olmadığı görülmektedir. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte  $T_m/T_s$  oranı 8,55'dir. Buna göre DH-62 numaralı örneğin olgunlaşma derecesinin düşük olduğu söylenebilir. DH-62 numaralı örnek için  $T_{max}$  değeri de  $440^{\circ}C$  olup, kerojen tipine göre olgun olmadığı görülmektedir. Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte  $T_m/T_s$  oranı 7,12'dir. Buna göre KD-31 örneğin olgunlaşma derecesinin oldukça düşük olduğunu söylenebilir. KD-31 numaralı örnek için  $T_{max}$  değeri de  $416^{\circ}C$  olup, kerojen tipine göre olgun olmadığı görülmektedir.

$C_{23}/C_{30}H$  ( $C_{23}$  trisayklic terpan /  $C_{30}$  hopan) oranının fazla olması denizel etkinin varlığıyla ifade edilir (Aquino Neto vd. 1983 ve Mello vd. 1988). Emzik Beleni ÖSK'sında HE-32 numaralı örnekte  $C_{23}/C_{30}H$  değeri 0,03'tür. Birçok petrol örneğinde bu oran genellikle 1'den küçük çıkmaktadır. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte  $C_{23}/C_{30}H$  oranı 0,08'dir. Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte  $C_{23}/C_{30}H$  değeri 0,10'dur. İncelenen örnekler için denizel girdinin baskın olmadığı yorumu yapılabilir.

$C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranının yüksek değerleri evaporit/karbonat ortamına işaret eder. Bu oran karbonatlarda 1'in üzerinde, klastiklerde de 0,4 civarındadır. Aynı zamanda bu oranın yüksek değerleri bazı belirli karasal ortamlarda da gözlenmiştir.  $C_{24}$  tetrasiklik içeriği olgunlukla da artış göstermektedir. Emzik Beleni ÖSK'sında HE-32 numaralı örnekte;  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranı 0,69 bulunmuştur. Buna göre, bulunan değer 0,4 ile 1 arasında kaldığı için ortamın kısmen karbonatlı olduğunu ve diğer mineralojik verilerle de uyum içerisinde olduğunu söylenebilir. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte;  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranı 2,72'dir. Bu durum ortamın karbonat ortamı olduğuna işaret etmektedir. Ancak  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranı sonucu diğer kimyasal ve mineralojik verilerle çelişmektedir. Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte;  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranı 1,65 bulunmuştur. Buna göre ortamın, karbonat ortamı olduğunu söylenebilir. Ancak  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranı sonucu diğer kimyasal ve mineralojik verilerle çelişmektedir.

$C_{35}/C_{34}$  oranı ( $> 1,0$ ) büyük iken kaynak kayanın karbonat litolojisine sahip olduğunu vurgular (Mc Kirdy 1981). Ayrıca  $C_{35}/C_{34}$  ( $>1,0$ ) oranları ise çökelme ortamının indirgen ve/veya evaporitik olduğunu gösteren önemli parametrelerdendir (ten Haven, 1985). Bu oranın 1,0'den küçük olması ise klastik petrolüne işaret etmektedir. HE-32 numaralı örnek için alınan GC-MS sonuçlarında 35 ve 34 numaralı pikler olmadığı için hesaplanamadı. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte bu oran 1,14'tür. Buna göre kaynak kayanın karbonat/kireçtaşı özelliğinde olmadığı, DH-62 numaralı örneğin mineralojik analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında da incelenen örneğin karbonatlı kil taşı litolojisinde olduğu görülmektedir. İncelenen örneğin kaynak kaya özellikleri ve redoks koşullarının depolanma şartları dikkate alındığında çökelme ortamının indirgen olmadığı, oksik-disoksik olduğu görülmektedir. Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte bu oran 1,60 bulunmuştur. Buna göre kaynak kayanın bitümlü şeyl litolojisine sahip olduğu ve indirgen ortamda çökeldiği söylenebilir. Organik jeokimyasal analiz sonuçlarıyla da karşılaştırıldığında incelenen örneğinin bitümlü şeyl olması indirgen ortamda çökeldiğini gösterir.

Gamaseran molekülünün önemli miktarlarda gözlenmesi, çökelme ortamında deniz suyunun oldukça tuzlu ve kaynak kaya litolojisinin karbonat olduğuna işaret etmektedir (ten Haven 1985, Albaiges vd. 1985, Connan 1993; Peters and Moldowan 1993; Hunt 1995; Sinninghe Damsté vd. 1995; Peters vd. 2005). Emzik Beleni ÖSK'sında incelenen HE-32 örneğindeki gamaseran değeri 0,03 olup, düşük olarak bulunmuştur. Bu nedenle çökelme ortamında deniz suyunun tuzluluğundan söz edilmez. Kayalık Dere ÖSK'sında incelenen DH-62 numaralı örneğindeki gamaseran değeri 0,46 olarak bulunmuştur ve çökelme ortamında deniz suyunun tuzluluğundan söz edilemez. Karanlık Dere ÖSK'sında, incelenen KD-31 numaralı örneğindeki gamaseran değeri 0,31 olup çökelme ortamında deniz suyunun tuzluluğundan söz edilemez.

#### 4.1.9.2 Steran Fragmentogramları (m/z 217)

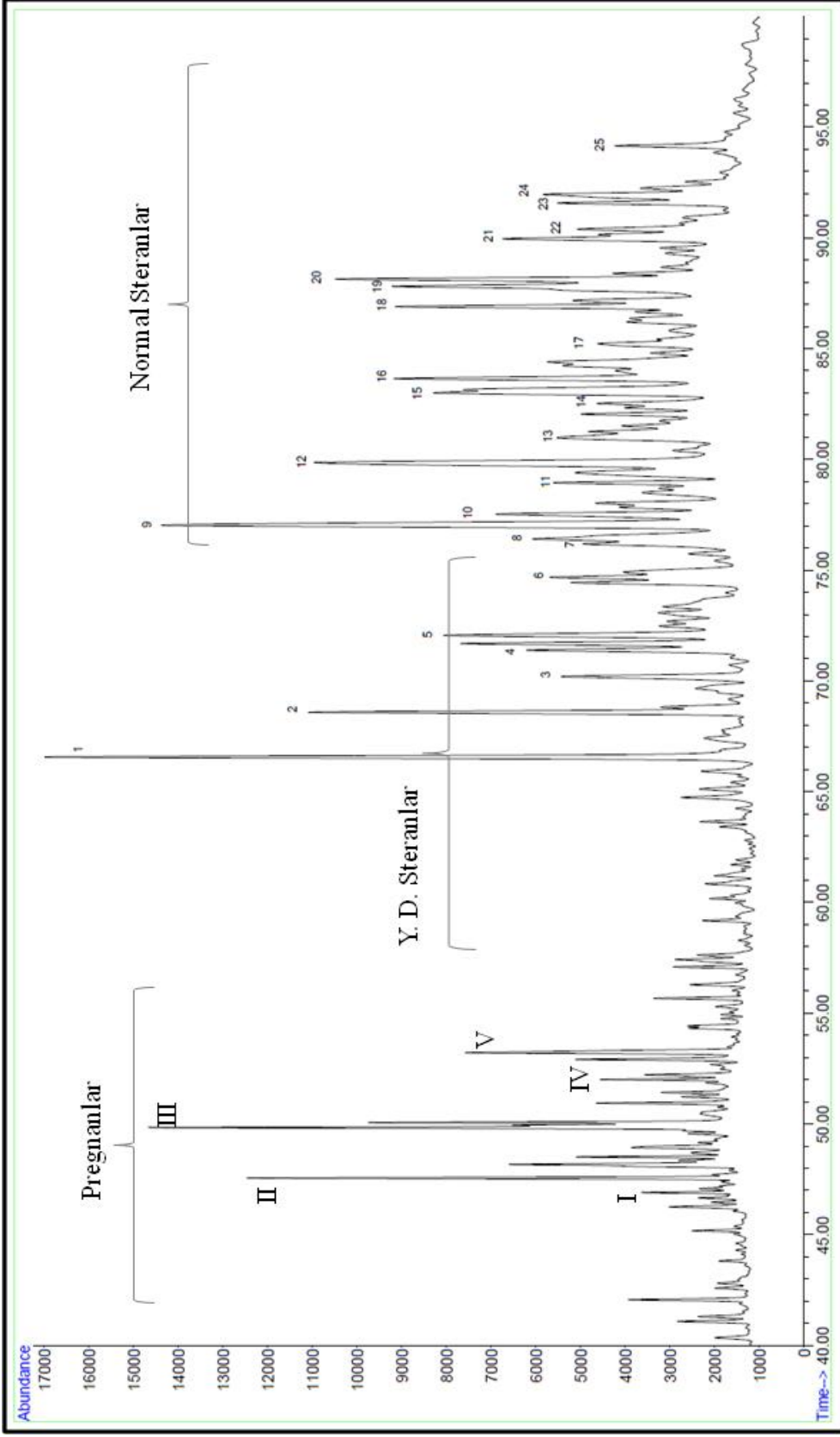
Petrollerin steran dağılımları, tipik olarak m/z 217 kütle fragmentogramı üzerinde izlenebilmektedir (Şekil 4.29). Huang ve Meinchein (1979) C<sub>27</sub>, C<sub>28</sub> ve C<sub>29</sub> steranların kaynak kaya çökeltme ortamlarının yorumlanmasında kullanılabileceğini göstermişlerdir. Buna göre C<sub>29</sub> steranların C<sub>27</sub> steranlara baskınlığı karasal bir kaynağı gösterirken, C<sub>27</sub> steranların C<sub>29</sub> steranlardan daha baskın olması denizel bir kaynak kayayı işaret etmektedir (Palacas 1984).

C<sub>29</sub> baskınlığı karasal, şeyl kaynak kayalardan türeyen petroller için genellikle doğru olmakla beraber, bazen denizel karbonat kaynak kayalardan türeyen petrollerde de yüksek oranlarda C<sub>29</sub> steranlara rastlanmıştır. Bunun nedeni kahverengi ve mavi-yeşil alglerin çökeltme ortamda bol miktarda bulunmasıdır (Albaiges vd. 1985). Dünyada karbonat kaynak kayalardan türeyen ve C<sub>29</sub> steranların yüksek konsantrasyonlarda gözleendiği petroller mevcuttur (Örn. Sunniland Kçt., G. Florida Baseni, ABD) (Palacas 1984).

Düşük konsantrasyonlarda görülen yeniden düzenlenmiş steranlar ise petrollerin kaynak kayasının karbonat olduğuna işaret eden bir veridir (Rullkötter vd. 1986). Şeyl veya kil minerallerince zengin kaynak kayalardan türeyen petroller yüksek miktarlarda yeniden düzenlenmiş steranları içerirler (Rubenstein vd. 1975, Sieskind vd. 1979).

Çoğu zaman normal steranlarla eşit miktarda, bazen de onları aşan yüksek konsantrasyonlarda gözlenen pregnanlar, denizel, karbonat/evaporit litolojide bir kaynak kayayı işaret eder (Peters ve Moldowan 1993; Fu Jiamo vd. 1986). Ayrıca, petrollerin tümünde gözlenen C<sub>30</sub> steran varlığı da, kaynak kaya çökeltme ortamının denizel olduğunu destekleyen diğer bir parametreyi oluşturur (Moldowan vd. 1985). ββ steranların, αα ve αβ steranlara göre yüksek oranlarda mevcudiyeti ise çökeltme ortamının çok tuzlu, evaporitik bir ortam olduğuna işaret eder (ten Haven vd. 1985). m/z 217 kromatogramlarındaki pik tanımlamaları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.29).



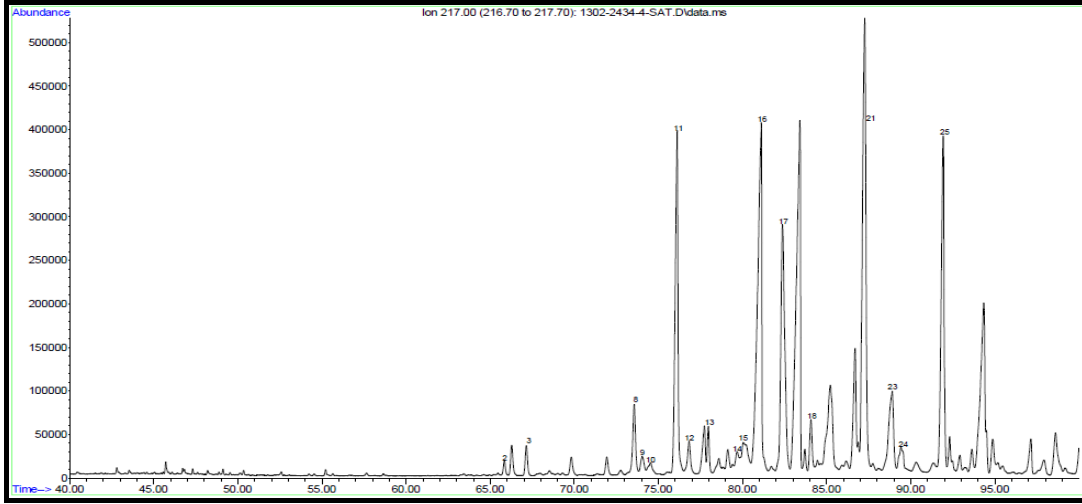


Şekil 4.29 Norveç Standart Petrolüne ait terpan dağılımını gösteren m/z 191 kütle fragmentogramı

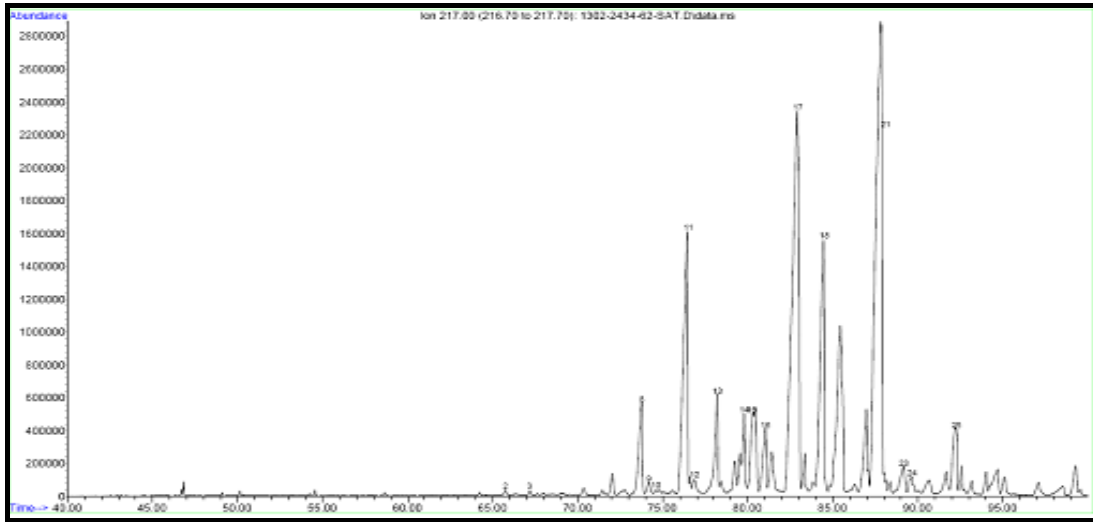
Çizelge 4.29 GC-MS analizlerinde kullanılan tanımlanmış m/z 217 steran iyonları

BİLEŞİK NO	BİLEŞİK İSMİ
I	C <sub>21</sub> 13β (H), 17α (H)-DIAPREGNANE
II	C <sub>21</sub> 5α (H), 14β (H), 17α (H)-PREGNANE
III	C <sub>21</sub> 13α (H), 17β (H)-DIAPREGNANE
	C <sub>21</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-PREGNANE
IV	C <sub>21</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-PREGNANE
	C <sub>22</sub> 4α-METHYL- 5α (H), 14β (H), 17β (H)-PREGNANE
V	C <sub>22</sub> 4α-METHYL- 5α (H), 14α (H), 17α (H)-PREGNANE
	C <sub>23</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-HOMOPREGNANE
1	C <sub>23</sub> 13β (H), 17α (H) BISHOMODIAPREGNANE
	C <sub>27</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20S)
2	C <sub>27</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
3	C <sub>27</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
4	C <sub>27</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20R)
5	C <sub>28</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20S)
6	C <sub>28</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
7	C <sub>28</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
8	C <sub>27</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20S)+C <sub>28</sub> 13α (H), 17β (H)- DIASTERANE (20S)
9	C <sub>27</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20R)+C <sub>29</sub> 13β (H), 17α (H)- DIASTERANE (20S)
10	C <sub>27</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20S)+C <sub>28</sub> 13α (H), 17 β (H)- DIASTERANE (20R)
11	C <sub>27</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20R)
12	C <sub>29</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
13	C <sub>29</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
14	C <sub>28</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20S)
15	C <sub>28</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20R)+C <sub>29</sub> 13α (H), 17β (H)- DIASTERANE (20R)
16	C <sub>28</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20S)
17	C <sub>28</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20R)
18	C <sub>29</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20S)
19	C <sub>29</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20R)
20	C <sub>29</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20S)
21	C <sub>29</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20R)
22	C <sub>30</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20S)
23	C <sub>30</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20R)
24	C <sub>30</sub> 5α (H), 14β (H), 17β (H)-STERANE (20S)
25	C <sub>30</sub> 5α (H), 14α (H), 17α (H)-STERANE (20R)

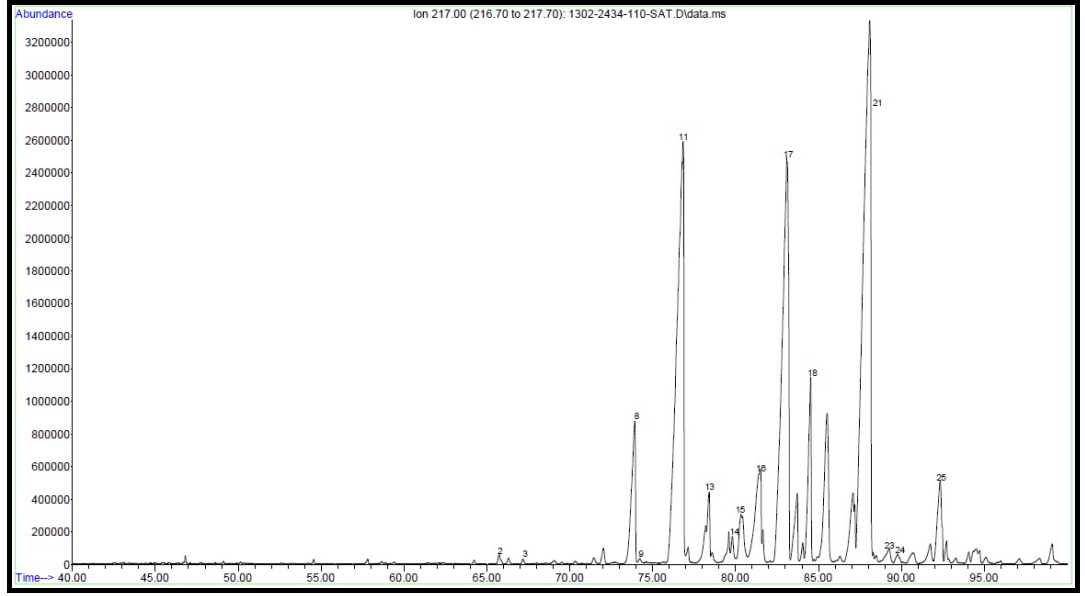
Jeolojik zaman içerisinde, denizel petrollerde  $C_{29}$  steranların azaldığı,  $C_{28}$  steranların ise düzenli olarak arttığı gözlemlenmiştir (Moldowan vd. 1985; Grantham and Wakefield 1988; Peters et al 2005). Böylece  $C_{28}/C_{29}$  oranı kullanılarak petroleri türeten kaynak kayanın yaşına yaklaşım yapılabilmektedir. Dağhacılar sahasına ait bitümlü kayalara ait m/z 217 steran difraktogramları Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32’de görülmektedir.



Şekil 4.30 HE-32 numaralı örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı



Şekil 4.31 DH-62 numaralı örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı



Şekil 4.32 KD-31 numaralı örneğe ait m/z 217 steran difraktogramı

$C_{29}$  baskınlığı karasal, şeyl kaynak kayalardan türeyen petroler için genellikle doğru olmakla beraber, bazen denizel karbonat kaynak kayalardan türeyen petrolerde de yüksek oranlarda  $C_{29}$  steranlara rastlanmıştır. Bunun nedeni kahverengi ve mavi-yeşil alglerin çökelme ortamda bol miktarda bulunmasıdır (Albaiges vd. 1985). Emzik Beleni ÖSK'sında  $C_{29}$  steranların  $C_{27}$  steranlara baskınlığının gözlenmesi HE-32 numaralı örneğin kahverengi ve mavi-yeşil alglerin baskın olduğuna işaret etmekle birlikte kerojen tipinin Tip II olması da yukarıda da ifadeyi desteklemektedir. Bu örnek kahve renkli bitümlü marn litolojisine sahiptir. Kayalık Dere ÖSK'sında  $C_{29}$  steranlarının  $C_{27}$  steranlarına göre baskınlığının gözlenmesi, incelenen örnekte kahverengi ve mavi-yeşil alglerin baskın olduğuna işaret etmekte ve yine DH-62 numaralı örneğin kerojen tipinin Tip I olması bu ifadeyi doğrulamaktadır. Bu örneğin litolojisi dolomitli bitümlü marndır. Karanlık Dere Ösk'sında da  $C_{29}$  steranların  $C_{27}$  steranlarına baskınlığının gözlenmesi, yukarıda da ifade edildiği gibi incelenen örnekte kahverengi ve mavi-yeşil alglerin etkilerinin olduğuna işaret edip yine KD-31 numaralı örneğin kerojen tipinin Tip II olması bu yorumu desteklemektedir. Bu örnek koyu yeşil-yeşil-koyu kahve renkli bol organik maddeli bitümlü şeyldir.

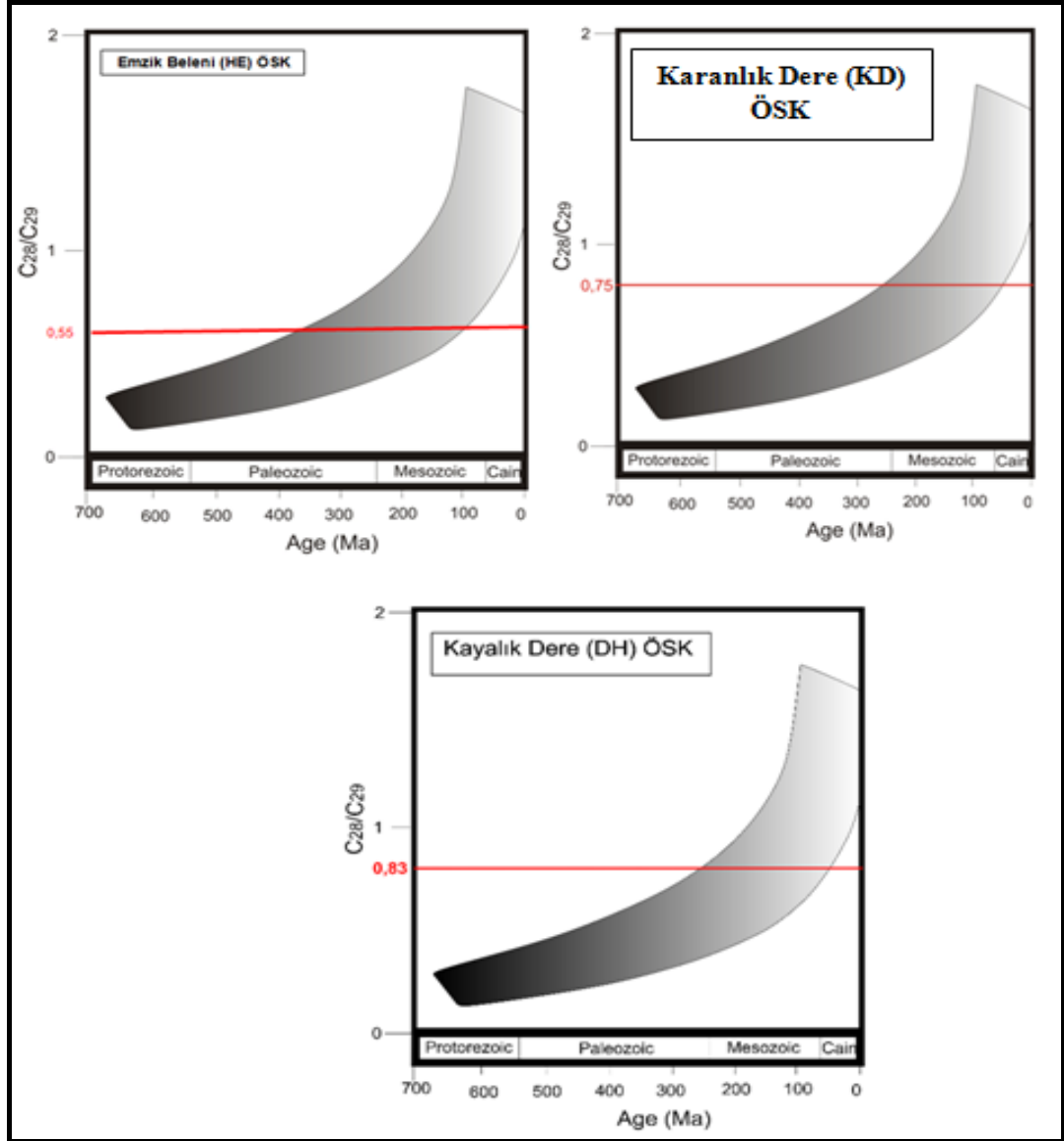
Düşük konsantrasyonlarda görülen yeniden düzenlenmiş steranlar ise petrolerin kaynak kayasının karbonat olduğuna işaret eden bir veridir (Rullkötter vd. 1986). Çünkü yeniden düzenlenmiş steranlar, kaynak kayalar içerisindeki kil minerallerinin asit-katalitik etkisiyle sterol moleküllerinden itibaren oluşturulmaktadır. Şeyl veya kil minerallerince zengin kaynak kayalardan türeyen petroler yüksek miktarlarda yeniden düzenlenmiş steranları içerirler (Rubenstein vd. 1975; Sieskind vd. 1979).

Emzik Beleni ÖSK'sında HE-32 numaralı örnekte; yeniden düzenlenmiş steranlar düşük konsantrasyonlarda görülmektedir ve kaynak kayanın karbonatlı bitümlü kireçtaşı olduğunu göstermektedir. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte; yeniden düzenlenmiş steranları kısmen düşük konsantrasyonlarda görülmektedir. Bu durum kaynak kayanın karbonatlı kil taşı litolojisine sahip olduğuna işaret etmektedir. Karanlık Dere ÖSK'sında da KD-31 numaralı örnekte yeniden düzenlenmiş steranlar kısmen düşük konsantrasyonlarda görülmektedir ve kaynak kayanın karbonatlı bitümlü şeyl olduğunu göstermektedir.

Jeolojik zaman içerisinde, denizel petrolerde  $C_{29}$  steranların azaldığı,  $C_{28}$  steranların ise düzenli olarak arttığı gözlemlenmiştir (Moldowan d. 1985; Grant ham ve Wakefield, 1988; Peters et al, 2005). Bu gösterge petrolerin kaynak kayasının yaşını belirleme açısından çok etkili bir yöntem olmamasına rağmen, Üst Kretase ve Tersiyer petrollerini, Paleozoik ve daha yaşlı petrolerden ayırmak için kullanılmaktadır (Grantham ve Wakefield 1988). Bu yöntemle göre,  $C_{28}/C_{29}$  steranlarının oranı  $< 0,5$  ise petrol kaynak kayası yaşı Alt Paleozoik ve daha yaşlı,  $0,4 - 0,7$  ise Üst Paleozoik'ten Alt Jura'ya kadar ve  $>0,7$  ise Üst Jura'dan Miyosen'e kadar olduğu söylenebilir. Bununla beraber, bu oranın tüm petrolerde yakın değerler sunması petrolerin ortak bir kaynak kayaya sahip olduklarının bir verisi olarak kabul edilip, korelasyon parametresi olarak değerlendirilmiştir.

Bu yöntemi öneren çalışmacılar, yöntemden elde edilen bilginin diğer yaş verileri ile beraber yorumlanmasını önerirler. Grantham ve Wakefield (1988), tarafından yapılan petrol kaynak kayası yaşı belirleme yöntemi, sadece denizel kaynak kayaya sahip

örnekler için yapılmıştır. Dağhacılar sahası bitümlü kayaçlarına ait  $C_{28}/C_{29}$ 'a karşılık yaş grafikleri düzenlenmiştir. Emzik Beleni ÖSK'sında HE-32 numaralı örnekte; bu oran 0,55 olarak bulunmuştur. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte; bu oran 0,83 olarak, Karanlık Dere ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte ise bu oran 0,75 olarak bulunmuştur (Şekil 4.33).



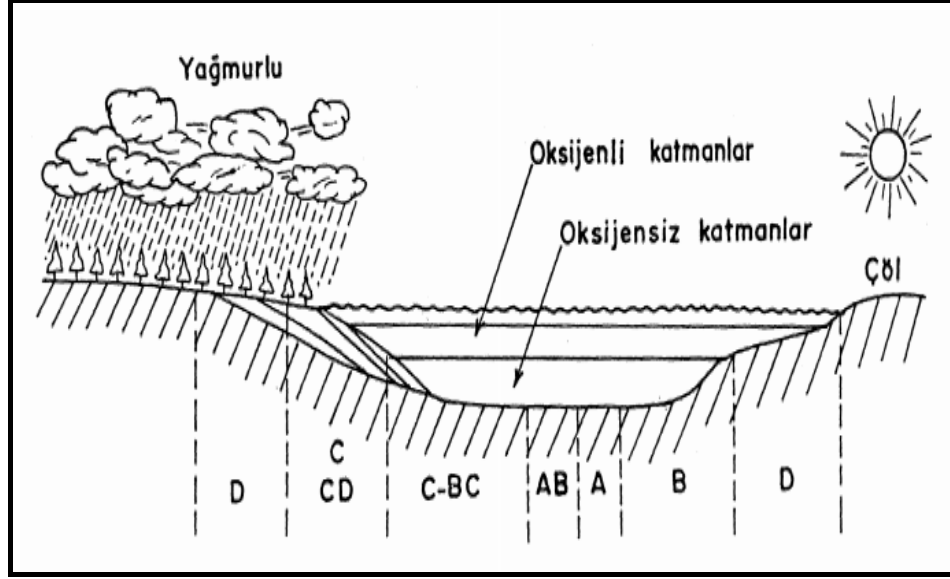
Şekil 4.33  $C_{28}/C_{29}$  steranlarının oranına göre yaş aralıkları (Grantham ve Wakefield 1988)

Emzik Beleni ÖSK'sında HE-32 numaralı örnekte bu oran 0,55 olarak bulunmuştur. Bu değere göre HE ÖSK' sının HE-32 numaralı örneğinin petrol kaynak kayasının yaşının Üst Paleozoik'ten Alt Jura'ya kadar aralığında olduğu söylenebilir. Kayalık Dere ÖSK'sında DH-62 numaralı örnekte bu oran 0,83 olarak bulunmuştur. Bu değere göre DH ÖSK'sının DH-62 numaralı örneğinin petrol kaynak kayasının yaşının Üst Jura-Miyosen aralığında olduğu söylenebilir. KD ÖSK'sında KD-31 numaralı örnekte  $C_{28}/C_{29}$  oranı 0,75 olarak bulunmuştur. Bu değere göre KD ÖSK'sının KD-31 numaralı örneğinin petrol kaynak kayasının yaşının Üst Jura-Miyosen aralığında olduğu söylenebilir.

$C_{28}/C_{29}$  steranlarının oranına göre DH-62 ve KD-31 numaralı örneklerin yaş aralıkları fosillerle tespit edilen yaş konağı olan Eosen yaş aralığını doğrulamakta iken, HE-32 numaralı örneğe ait Üst Paleozoik - Alt Jura yaş aralığı uyumsuzluk teşkil etmektedir.

#### **4.1.10 Organik fasiyes incelemeleri**

Organik fasiyes, sedimentlerin inorganik özellikleri dikkate alınmaksızın belirli bir stratigrafik ünitenin haritalanabilir ölçekteki alt grubu olarak tanımlanmıştır (Jones ve Demaison 1982). Bunlar organik unsurların karakterleri temel alınarak diğer alt birimlerden ayrılır. Organik maddenin oluşumu, bileşimi ve diyajenetik özellikleri göz önüne alınarak organik fasiyes tanımlaması yapılmıştır. H/C oranı, hidrojen indeksi (HI) ile oksijen indeksi (OI) içeren Rock-Eval sonuçları ile organik madde türlerine göre 7 ayrı organik fasiyese ayrılmaktadır (Şekil 4.34). Bu fasiyesler A, AB, B, BC, C, CD ve D organik fasiyesleridir (Jones 1987).



Şekil 4.34 Organik fasiyelerin şematik görünümü (Jones 1987'den değiştirilmiştir)

A fasiyesi seyrek olarak gözlenen bir fasiyedir. Organik maddece zengindir ve laminalı sedimentler içinde bulunmaktadır. Tanınabilir karasal organik madde denecek kadar azdır. Mikroskobik olarak hakim organik madde algal ve amorf organik maddedir. Algal ve amorf organik madde koyu sarı renktedir. Bazı durumlarda renk miktarı daha da koyulaşmaktadır. Bu durum A organik fasiyesinde gelişen kerojenlerin yüksek petrol oluşturma kapasitesini işaret eder (Altunsoy ve Özçelik 1993).

AB organik fasiyesi hacimsel olarak A organik fasiyesinden daha geniştir ve karasal organik madde içeriği daha fazladır. Bu fasiyeste petrol oluşumu gerçekleşir. Bu fasiyes, A organik fasiyesi ile B organik fasiyesi arasında geçiş oluşturur. Yüksek fluoresans özellik gösteren karışık kökenli alglerin meydana getirdiği kerojenler bulunmaktadır. Toplam organik karbon oranı genellikle yüksektir. Egemen organik madde amorf olup karasal organik madde içeriği son derece azdır (Jones 1987).

B organik fasiyesinin organik madde türü amorfudur ve yaygın olarak karasal bileşenlerde bulunmaktadır. Fasiyeste % 0,5 vitrinit yansıması değerine göre H/C oranı 1,15-1,35 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 400-650 mg HC/g TOC, oksijen indeksi



(OI) 30-80 mg CO<sub>2</sub> /g TOC'dir. Dünya petrollerinin en büyük kısmı B organik fasiyesindeki köken kayalarda bulunmaktadır. Bunlar çoğunlukla denizel şeyller ve karbonatlar, daha az olarak da gölsel kayalarda görülürler. Kerojenleri yeşilimsi ve portakal renklerindeki amorf organik maddenin egemen olduğu yığılımlar şeklindedir. Karasal organik madde miktarı A ve AB organik fasiyeslerine göre daha fazladır. Karasal bileşenlerin miktarının artmasıyla H/C oranında da azalma görülecektir. Bunun tersi olarak vitrinit, inertinit gibi karasal maserallerin miktarı da artacaktır. Egemen organik madde ise amorf olup yaygın olarak karasal bileşimlerde bulunmaktadır (Altunsoy ve Özçelik 1993).

BC organik fasiyesi hem petrol hemde gaz oluşturabilen organik fasiyedir. Organik madde algal ve biyodegradasyona uğramış materyallerin karışımından meydana gelmiştir. Prodelta çamurları bu fasiyes içerisindedir. B ve C fasiyesleri arasında geçiş oluşturmaktadır. B ve C organik fasiyeslerini karakterize eden kerojen tiplerinden oluşmuştur. Karasal organik madde içeriği B organik fasiyesinden daha fazladır. Egemen organik madde türü karışık ve oksidasyona uğramıştır. Toplam organik karbon oranı ise % 1-3 arasındadır (Altunsoy ve Özçelik 1993).

C organik fasiyesi gaz oluşumunu sağlayan organik fasiyedir. Karasal kökenli organik maddeler bu fasiyesin oluşumuna neden olmaktadır. Bataklık ortamları C organik fasiyesinin çökeldiği alanlardır. C organik fasiyesinde değişik tiplerdeki karasal kerojenler yer alırlar, Vitrinitlerin her türlü tipinin yanında spor, kütikül, rezinit, füzinit ve inertinit gibi organik bileşimler bulunmaktadır. Çok az miktarda reworked organik maddeler de görülür. Toplam organik karbon oranı (TOC) değişmekle birlikte % 0,5-2 arasındadır. Egemen organik madde genellikle karasal olup bazen oksidasyona uğramıştır (Altunsoy ve Özçelik 1993).

CD organik fasiyesi az miktarda gaz oluşturabilen organik fasiyedir. Karasal bitki kalınlıklarının karışımları, reworked, oksitlenmiş organik maddeler ve bilinmeyen kökenlere ait ince taneli organik maddelerden meydana gelmiştir. Bu fasiyesin

mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri çok az oranda kuru gaz oluşumunu gösteren değerlere işaret eder (Altunsoy ve Özçelik 1993).

D organik fasiyesi oluşum kapasitesi olmayan fasiyes olup, organik madde yüksek derecede oksidasyona uğramıştır. Oksitlenmenin olduğu bütün ortamlarda gözlenir. İnertinit maseral gruplarının egemen olduğu fasiyeste değişik etkenlerle yüksek oranda alterasyona uğramış reworked organik maddeler ve ağır kömür maseralleri yer alır. Bunlar siyah renkli ve köşeli, inorganik minerallerle karışmış olarak bulunurlar (Tissot 1979). Bu organik maddeler mikroskopta bazen amorf organik madde gibi görülebilirler (Altunsoy ve Özçelik 1993).

Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve jeokimyasal karakteristiklerinin özeti ve ortamsal faktörlerle ilişkisi Çizelge 4.30'da görülmektedir. Dağhacılar bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin piroliz verileri ve organik fasiyesleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.30 Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Jones 1987)

Organik Fasiyes	Ro % 0,5'te H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI (mg HC/g kaya)	OI (mgCO <sub>2</sub> /g kaya)	
A	1,45	>850	10-30-	Algal, amorf
AB	1,35-1,45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1,15-1,35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0,95-1,15	250-400	40-80	Karışık, bazen okside
C	0,75-0,95	125-250	50-150	Karasal, bazen okside
CD	0,60-0,75	50-125	40-150	Okside, taşınmış
D	0,60	50,00	20-200	Yüksek okside, taşınmış

Çizelge 4.31 Dağhacılar bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin piroliz verileri ve organik fasiyesleri

BÖLGE	Örnek No	% Amorf+Alg	Piroliz Verileri			Organik Fasiyes
			HI	OI	TOC (%)	
Kayalıklidere (DH) ÖSK	DH-30	15	414	52	5,37	B
	DH-33	95	503	27	3,46	B
	DH-37	95	570	36	3,21	B
	DH-44	95	886	12	6,46	A
	DH-47	100	836	9	2,55	AB
	DH-55	95	623	10	2,89	B
	DH-60	100	946	8	4,46	A
	DH-62	100	760	17	3,51	AB
	DH-64	100	600	25	3,06	B
	DH-67	90	835	32	6,47	AB
	DH-98	100	471	63	8,25	B
	DH-102	95	431	44	4,38	B
	DH-103	100	474	26	2,8	B
	DH-105	100	607	15	2,62	B
DH-110	100	693	40	5,17	AB	
Emzik Beleni (HE) ÖSK	HE-27	100	833	41	8,39	AB
	HE-28	-	660	69	2,23	AB
	HE-29	100	709	14	3,71	AB
	HE-32	100	553	25	3,75	B
	HE-34	100	942	14	6,52	A
	HE-41	100	898	15	6,49	A
	HE-42	-	617	59	4,91	B
Karanlık Dere (KD) ÖSK	KD-2	80	588	34	13,23	B
	KD-3	-	147	77	0,83	C
	KD-4	-	189	39	0,54	C
	KD-5	100	188	67	1,37	C
	KD-18	-	40	545	0,2	D
	KD-22	-	67	74	0,27	CD
	KD-25	100	702	34	3,68	AB
	KD-26	-	844	13	4,11	AB
	KD-30	-	592	17	3,77	B
	KD-31	100	464	72	5,49	B
	KD-38	-	556	67	4,75	B
	KD-39	100	689	15	3,54	AB
KD-42	100	513	57	4,91	B	

Çizelge 4.31 Dağhacılar bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin piroliz verileri ve organik fasiyesleri (devam)

BÖLGE	Örnek No	%Amorf+Alg	Piroliz Verileri			Organik Fasiyes
			HI	OI	TOC (%)	
Karanlık Dere (KD) ÖSK	KD-44	100	416	62	4,55	B
	KD-47	100	74	113	6,1	CD

Bu belirlemeler doğrultusunda Kayalık dere ÖSK, Emzik Beleni ÖSK ve Karanlık dere ÖSK'ne ait örneklerin çoğunlukla A, B ve AB organik fasiyesine sahip olduğu görülmektedir.

## 5. ÖNERİ VE SONUÇ

Piroliz (Rock-Eval)/Toplam Organik Karbon (%wt TOC) analizleri sonuçlarına göre bitümlü kayaçlar kerojen tipleri, hidrojen indeksi, Tmax verilerine göre belirlenmiştir. İncelenen örneklerin çoğunlukla Tip I-Tip II ve az miktarda Tip III kerojen olduğu gözlenmiştir.

Çalışma alanındaki ölçülü stratigrafik kesitlere ait çeşitli örnekler seçilerek organik petrografik analiz sonuçlarına göre % bolluklarının çoğunlukla Amorf + Alg şeklinde olması incelenen örneklerin kerojen tiplerinin Tip-I ve Tip-II eşdeğeri olduğuna işaret etmektedir. Tmax, üretim indeksi ve spor renk indekslerine göre örneklerin olgunlaşma düzeyleri genellikle olgunlaşmamış seviyede olduğu tespit edilmiştir.

S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranlara göre örneklerin kerojen tiplerinin çoğunlukla Tip I olduğu, petrol potansiyeline sahip oldukları ve bunun yanında bazı örneklerin Tip II/III kerojen ve yine petrol üretme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir. İncelenen örneklerin çok az bir kısmı ise Tip III kerojen olup, gaz üretme potansiyeline sahiptir.

Çalışılan örneklere ait hidrojen indeksi ve TOC diyagramına göre mükemmel, iyi ve zayıf petrol potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Dağhacılar (Bolu/Göynük) sahasına ait örneklerin S<sub>1</sub> hidrokarbonlarına göre zayıftan mükemmele kadar değişen petrol potansiyelleri vardır. S<sub>2</sub> hidrokarbon değerlerine göre ise genellikle çok iyi ve mükemmel petrol potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin Hidrokarbon (HC) - %TOC verilerine göre ise petrol ve bir miktar gaz üretme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. İncelenen örneklerin S<sub>1</sub> hidrokarbon verilerinin tamamında herhangi bir organik kirliliğin olmadığı görülmüştür.

Gaz kromatografik incelemelere göre 6 adet örneğin çökelme ortamı anoksik; 5 adet örneğin, çökelme ortamı ise oksik şartları göstermektedir. Pr/n-C<sub>17</sub> Ph/n-C<sub>18</sub> diyagramında yorumlandıklarında incelenen örneklerin kaynak kayalarının karbonat litolojisinde olduğunu ve çökelme ortamlarının da açık deniz ortamından bataklık ortamına doğru değişkenlik gösterdiği görülmektedir. İncelenen örneklerin Ph/n-C<sub>18</sub>-Pr/n-C<sub>17</sub> diyagramında çoğunlukla Tip I/Tip II ve Tip-II/Tip-III karışık kerojenleri içerdikleri ve farklı ısıl olgunlaşma seviyelerinde oldukları belirlenmiştir. Kayalık dere-44 numaralı örneğin CPI oranı (0,60) 1'den küçük olup, kromatogramda çift karbon numaralı n-alkanların hakim olduğunu, örneğin erken olgun olduğunu ve kaynak kaya litolojisinde karbonat kaya olduğuna işaret etmektedir. İncelenen diğer örneklerde CPI (C<sub>25</sub>-C<sub>33</sub>) oranları ise 1'den büyük olup tek karbon numaralı n-alkanların hakim olduğuna ve örneklerin denizel olmayan kaynak kayadan, karasal organik maddeden türemiş petrole işaret etmektedir.

Organik maddenin kaynağını belirlemek amacıyla kullanılan duraylı karbon izotop analizine göre çalışma alanından alınan 10 örnek üzerinde yapılan karbon izotop analizine göre  $\delta^{13}\text{C}$  izotop değerleri -35,41 ile -28,37 arasında değişmektedir. Bu verilerle hesaplanan CV değerlerine göre 2 adet örneğin CV değeri ise 0,47'den büyük olduğundan bu örnekler karasal organik maddeye işaret etmekte iken, diğer örneklerin CV değeri 0,47'den küçük olduğundan bu örnekler denizel organik maddeye işaret eder.

Bu veriler sedimanter organik materyal, denizel, gösel organik madde ile genç denizel sediman organik maddesini işaret ettiği belirlenmiştir.

Gaz kromatografi kütle spektrometre analiz sonuçlarına göre  $C_{29}NH/C_{30}H$  oranı klastik kökenli petrole işaret etmektedir.  $Tm/Ts$  oranına göre incelenen örneklerin olgunlaşma derecesinin oldukça düşük olduğunu söylenebilir.  $C_{23}$  trisayklic terpan /  $C_{30}$  hopan oranının fazla olması denizel etkinin varlığıyla ifade edilir.  $C_{23}/C_{30}H$  oranı incelenen örneklerde 0-0,1 arasında değişmekte olduğu için denizel etkinin varlığının az olduğu söylenebilir.  $C_{24}^*/C_{26}(S+R)$  oranına göre iki örneğin değerleri karbonat ortamına işaret ederken bir örneğin ki kısmen karbonatlı ortamı temsil etmektedir.  $C_{35}/C_{34}$  oranı ( $> 1,0$ ) sonuçlarına göre iki örnekten birisi indirgen diğeri ise oksik/disoksik koşulları temsil etmektedir. İncelenen örneklerde  $C_{29}$  steranların  $C_{27}$  steranlara baskınlığının gözlenmesi kahverengi ve mavi-yeşil alglerin baskın olduğuna işaret etmekle birlikte kerojen tipleri de bu ifadeyi desteklemektedir. İncelenen örneklerde yeniden düzenlenmiş steranlar genelde kısmen düşük konsantrasyonlarda görülmektedir. Bu durum kaynak kayanın karbonat litolojisine sahip olduğuna işaret etmektedir.  $C_{28}/C_{29}$  steranlarının oranına göre DH-62 ve KD-31 numaralı örneklerin yaş aralıkları fosillerle tespit edilen yaş konağı olan Eosen yaş aralığını doğrulamakta iken, HE-32 numaralı örneğe ait Üst Paleozoik - Alt Jura yaş aralığı uyumsuzluk teşkil etmektedir.

Organik fasiyes incelemeleri doğrultusunda Kayalık dere ÖSK, Emzik Beleni ÖSK ve Karanlık dere ÖSK' ne ait örneklerin A, B ve AB organik fasiyesine sahip olduğu görülmektedir.

Bitümlü şeyl rezervleri, petrolün yerini alabilecek çok önemli bir kaynak olarak göze çarpmaktadır. Günümüzde petrol ve doğal gaz gibi enerji hammaddelerindeki yüksek fiyatlar ve önümüzdeki yıllar içerisinde beklenen yüksek artışlar dolayısıyla bitümlü kayaçlardan yararlanma yollarının şimdiden ortaya konulmasında fayda vardır. Yerli kaynaklarımızdan olan bitümlü şeyllerin daha etkin ve verimli kullanımı amacıyla ülkemiz enerji politikaları içerisinde yer verilmeli ve bu konuda gerçekleştirilecek ar-ge çalışmaları desteklenmelidir. Günümüzde pek çok ülkede örneğin Lübnan, Estonya, ABD, Brezilya vb. bitümlü şeyllerden petrol ve gaz üretimi yapılırken ülkemizde

günümüz şartlarında bu kayaçların değerlendirilmemesi son derece üzücüdür. Bu nedenle hidrokarbon potansiyeli yönünden oldukça önemli olan Hatıldağ sahası (Göynük/Bolu) bitümlü kayaçların organik madde miktarları ve hidrokarbon potansiyellerinin incelenmesi ve ekonomiye kazandırılmaları bu tez çalışmasını son derece önemli hale getirmektedir.

Sahanın bitümlü şeyl rezervi 359,959 (1000 ton) olarak bilinmektedir. Dolayısıyla Hatıldağ bitümlü şeyl rezervleri ülkemiz ekonomisi için önemli bir değere sahiptir. Tez kapsamında yapılan analizlerin sonuçları değerlendirildiğinde, gelecek çalışmalara katkı sağlayabilecek veriler elde edilmiştir.

Bölgede denizin çekilmesi Paleosen-Eosen başlarında devam etmiş Kızıldağ grubu depolanmaya başlamıştır. Eosen'de denizin regresyonu ile karasal ortam karakteri baskın olup zaman zaman denizel etkinin varlığı da tespit edilmiştir. Bu nedenle sahaya ait incelenen bitümlü kayaçların elde edilen veriler ve daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda deniz çekilmesinin sonucu oluşan bir ortamda çökeldiği söylenebilir.

Dağhacılar (Bolu/Göynük) kuzeyine ait üç adet ölçülü stratigrafik kesit kapsamında incelenen bitümlü kayaç örneklerinin hidrokarbon türümü için uygun ve yeterli organik madde tipine ve iyi-mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahip olmasına karşın, ısısız olgunlaşma düzeyinin hidrokarbon türümü için yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

Bu bölgede organik jeokimyasal incelemelerin yanı sıra havzanın çökme ortamı, paleoredoks koşulları ve tektonik özellikleri gibi diğer alanlarda yapılan çalışmaların birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aarssen, B.G.K., Bastow, T.P., Alexander, R. and Kagi, R.I. 1999. Distributions of methylated naphthalenes in crude oils: indicators of maturity, biodegradation and mixing. *Organic Geochemistry*, 30, 1213–1227.
- Abdüsselamoğlu, M.Ş. 1956. Göynük, Mudurnu ve Beydili bölgesinin jeolojisi. M.T.A. Rap., no. 2391 (neşredilmemiş), Ankara.
- Aquino Neto, F. R., Trendel, J. M., Restle, A., Connan, J. and Albrecht, P. A. 1983. Occurrence and formation of tricyclic and tetracyclic terpanes in sediments and petroleums. In *Advances in Organic Geochemistry 1981*, ed. M. Bjorøy et al., pp. 65-667. John Wiley & Sons, New York.
- Akarsu, İ. 1974. Göynük-Gölpazarı-Bolu-Nallıhan Beypazarı yöresi ile geniş çevresinin bitümlü seyl ve petrol olanakları hakkında rapor. TPAO Rapor No: 898.
- Aksay, A. ve Gedik, İ., 2002. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Adapazarı-H25 Paftası, MTA, Ankara.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağ, Z. ve Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA Rap. No:6741 (yayımlanmamış).
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. Ve Hakyemez, Y., 1982. Ankara-Elmadağ- Kalecik dolayının jeolojisi. MTA Rap. No:7298 (yayımlanmamış).
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. Ve Yaşar, T., 1996. Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi (1994 yılı jeoloji grubu çalışmaları). MTA Rap. No:9961 (yayımlanmamış).
- Al-Arouri, K.R., McKirdy, D.M. and Boreham, C.J. 1998. Oil-source correlations as a tool in identifying the petroleum systems of the Southern Taroom Trough, Australia. *Organic Geochemistry*, vol 29. pp. 713-734.
- Albaiges, J., Algaba J., Clavell E. and Grimalt J., 1986. Petroleum Geochemistry of the Tarragona Basin (Spanish Mediterranean off-shore), *Adv. In Org. Geochemistry*, v.10. pp. 442-450.
- Altiner, D., Koçyiğit, A., Farrinacci, A., Nicosia, U. ve Conti, 1991. Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of North Western Anatolia (Turkey), *Geology and Paleontology of Western Pontides, Turkey*.
- Altınlı, İ.E., 1973. Orta Sakarya Jeolojisi: 50. Yıl Yer Bilimleri Kong. Tebliğleri, Ankara, 159-191.
- Altunsoy, M., Özçelik, O., 1993. Organik fasiyesler, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 43, 34-39. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları No. 23, 169 s. Nisan 1993 Ankara.
- Arthur, M.A., Sageman, B.B., 1994. Marine black shales: depositional mechanisms and environments of ancient deposits. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 22, 499–551.
- Aziz, A., 1976. Beypazarı-Yeni Çayırhan ve Karaköy Arasındaki Sahanın Jeolojisi ve Bitümlü Şist olanakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme No:5732, Ankara.



- Bailey, N.J.L., Burwood, R., Harriman, G.E., 1990. Application of pyrolysate carbon isotope and biomarker technology to organic facies definition and oil correlation problems in North Sea Basins. *Organic Geochemistry*, 16, 1157-1172.
- Besbelli, B., 1991. Adapazarı H25b1, b4, c1 paftalarının jeolojisi ve petrol olanakları: MTA raporu (yayımlanmamış).
- Beseme P., 1967. Kabalar senklinalinin (Göynük-Bolu) genel ve uygulamalı jeolojik etüdü: MTA raporu. No:4629.
- Bordenave, M.L., 1993. *Applied petroleum geochemistry*. Éditions Technip, Paris, 524.
- Bray, E.E., Evans, E.D., 1961. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 22, 2-15.
- Burgan, A. M., Ali, C. A., 2009. Characterization of the Black Shales of the Temburong Formation in WEST Sabah, East Malaysia. *European Journal of Scientific Research*, 30, 79-98.
- Calvert, S.E., 1987. Oceanographic controls on the accumulation of organic matter in marine sediments: In: J. Brooks and A.J. Fleet (eds), *Marine Petroleum Source Rocks*. Geological Society Special publication, no.26, 137-151.
- Caplan, M.L., Bustin, R.M., 1998. Paleooceanographic controls on geochemical characteristics of organic-rich Exshaw mudrocks: role of enhanced primary productivity. *Organic Geochemistry*, 30, 161-188.
- Clark, J. P. Ve Philp, R. P., 1989. Geochemical characterization of evaporite and carbonate depositional environments and correlation of associated crude oils in the Black Creek Basin, Alberta. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 37, 401-416.
- Clementz, D.M., 1979. Effect of oil and bitumen saturation on source-rock pyrolysis: *AAPG Bulletin*, 63, 2227-2232.
- Connan, J., 1993. Molecular geochemistry in oil exploration (in: M. L. Bordenave, Editor). *Applied Petroleum Geochemistry*, Editions Technip, Paris, 175-204.
- De Laune, R.D., 1986. The use of  $\delta^{13}C$  signature of C-3 and C-4 plants in determining past depositional environments in rapidly accreting marshes of the Mississippi River deltaic plain, Louisiana, U.S.A. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 59, 315-320.
- Degens, E.T., 1989. *Perspectives on biogeochemistry*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 423.
- Deines, P., 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. In: *Handbook of environmental isotope geochemistry*, eds. Fritz, P., Fontes, J.C., Elsevier, 546.
- Demaison, G.J. ve Moore, G.T., 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 64, 1179-1209.
- Demirkol, C., 1973. Üzümlü-Tuzaklı (Bilecik ili) dolayının jeolojisi. *İ. Ü. Fen Fak. Doktora tezi Tatbiki Jeoloji Kürsüsü* (yayımlanmamış).
- Demirkol, C., 1977. Üzümlü-tuzaklı (Bilecik) dolayının jeolojisi. *TJK Bült.*, 20/1, s. 9-16.
- Durand, B., 1980. *Kerogen: Insoluble organic matter from sedimentary rocks*. Editions Technip Paris. 519 pp.
- Dydik, B.M., Simoneit, B.R.T., Brassel, S.C., Eglinton, G. 1978. Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature*, 272, 216-222.

- Erbacher, J., Huber, B.T., Norris, R.D. and Markey, M., 2001. Increased thermohaline stratification as a possible cause for an open ocean anoxic event in the Cretaceous period. *Nature*, 409, 325-326.
- Eroskay, O., 1965. Paşalar Boğazı Gölpazarı sahasının jeolojisi. İstanbul Univ. Fen Fak. Mecm. Seri B., XXX (3-4), 135-170.
- Espitalie', J., Laporte, J. L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P. & Paulet, J. 1977. Methode rapide de caracterisation des roches meres, de leur potentiel petrolier et de leur degre d'evolution. *Institute François Petroleum Review*, 32, 23-43.
- Espitalie', J., Madec, M., Tissot, B. 1977. Source rock Chracterization, 9 th offshore technology conference, pp. 439-444.
- Espitalie' J., Deroo G. and Marquis F. 1985. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. Deuxieme partie. *Rev. Inst. Fr. Per.* 40, 563-579, 775-784.
- Fontugne, M.R. and Calvert, S.E., 1992. Late Pleistocene variability of the carbon isotopic composition of organic matter in the eastern Mediterranean: monitor of changes in carbon source and atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. *Paleoceanography*, 7, 1-20.
- Fuex, A.N., 1977. The use of stable carbon isotopes in hydrocarbon exploration. *Journal Geochemistry Exploration*, 7, 155-188.
- Fu Jiamo, Guoying, S., Pingang, P., Brassell, S. C., Eglinton, G., and Jigang, J., 1986. Peculiarities of salt lake sediments as potential source rock in china, *Adv. In Org. Geochem.*, 1985, c.10, s. 119-126.
- Galimov, E.M., 1973. Carbon isotopes in oil and gas geology. Nedra Press, Moscow. Transl. NASA TT F-682, Washington, DC.
- Galimov, E.M., 1980. 13C/12C in kerogens. In: *Kerogen*, eds. Durand, B., Édition Technip, Paris, 519.
- Galimov, E.M. 1986. The isotopic method of identifying oil-source beds applied to several regions of the USSR. *International Geology Review*, 28, 600-618.
- George, S.C., Ruble, T.E., Dutkiewicz, A., Eadington, P.J. 2001. Assessing the maturity of oil trapped in fluid inclusions using molecular geochemistry data and visually-determined fluorescence colours. *Applied Geochemistry*, 16, 451-473.
- Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A. Ve Işık, A., 1996. Orta Sakarya'da Nallıhan Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri. MTA. Rap. No:10094 (yayımlanmamış).
- Grantham, P. J., Wakefield, L.L., 1988. Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock derived crude oils through geological time. *Organic Geochemistry*-12, 61-73.
- Granit, S., Şener, M., 1987. Sarıcakaya, Eskişehir ve Çamalan Beydili Ankara bölgesinin jeolojisi. MTA Rapor No: 8400.
- Gülbay R. ve Korkmaz S., 2005. Kuzeybatı Anadolu'daki Bitümlü Şeyllerin Organik Jeokimyasal Özellikleri ve Çökeltme Ortamları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 48, Sayı 2, 21-41.
- Hedges, J.I. and Keil, R.G., 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, 49, 81-115.
- Hillaire-Marcel, C., 1986. Isotopes and food. In: *Handbook of environmental isotope geochemistry*, eds. Fritz, P., Fontes, J.C., Elsevier, 546.
- Hoefs, J., 1997. Stable isotope geochemistry, 4th. Edition, Springer, Berlin Heidelberg New York, 201.

- Huang, W.Y., Meinschein, W.G., 1979. Sterols as ecological indicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, 739– 745.
- Hufnagel, H. 1991. Investigation of oil shale deposits in Western Turkey. Part II: Himmetoğlu and Hatıldağ: Bundesanalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, pp. 72 .
- Hunt, J.M., 1995. *Petroleum Geochemistry and Geology*. W.H.Freeman and Company, New York, pp. 743.
- Ibach, L.E.J., 1982. Relationship between sedimentation rate and total organic carbon content in acient marine sediments. *AAPG Bulletin*, 66, 170-188.
- Ingall, E.D., and van Cappellen P., 1990. Relation between sedimentation rate and burial of organic phosphorous and organic carbon in marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 373-386.
- Jackson, K.S., Hawkins, P.J., Bennett, A.J.R., 1985. Regional facies and geochemical evolution of Southern Denison Trough. *Australian Petroleum Exploration Association Journal*, 20, 143-158.
- Jarvie, D.M., 1991. Factors affecting Rock-Eval derived kinetic parameters: *Chemical Geology*, 93, 79-99.
- Jarvie, D.M., Tobey, M.H. 1999. TOC, Rock-Eval and SR Analyzer Interpretive Guidelines, Application Note 99-4. Humble Instruments and Services, Inc. Geochemical services Division, 11.
- Jones R.W., 1987. Organic facies: *Advances in Petroleum Geochemistry* (Brooks, J., and Welte, D., eds.), vol 2, pp. 1-9.
- Jones R.W., and Demaison, G.J., 1982. Organic facies-a stratigraphic concept and exploration tool, In A: Salvidar–Sali, ed., *Proceedings of the second ASCOPE (ASEAN Council on Petroleum) conference and exhibition: October 1981, Manila, Philippines*, pp. 51-68.
- Katz, B.J. 1983. Limitations of “Rock-Eval” pyrolysis for typing organic matter. *Organic Geochemistry*, 4, 195–199.
- Katz, B. J., 2005. Controlling factors on source rock development-a review of productivity, preservation, and sedimentation rate. In: Harris, N.B. (eds), *The deposition of organic-carbon-rich sediments: models, mechanisms, and consequences*, SEPM, 282.
- Kavak, O., Toprak, S., 2011. Gölbaşı Harmanlı (Adıyaman) Kömürlerinin Organik Jeokimyasal ve Petrografik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35, 43-79.
- Kennedy, M. J., Pevear, D. R., Hill, R. J., 2002. Mineral surface control of organic carbon in black shale. *Science* 295, 657–660.
- Ketin, L, 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri: *MTA Dergisi*, 66, 20 - 34.
- Koralay, D. B. ve Sarı, A., 2008. Ağsaklar civarı (Göynük/Bolu) bitümlü kayaçlarında organik karbon ve iz element zenginleşmeleri. *Yerbilimleri/Geosound Dergisi*. No.53. s. 247-266.
- Lewan, M. D., 1986. Stable carbon isotopes of amorphous kerogens from Phanerozoic sedimentary rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50, 583-1591.
- Maky, A. Fathy and Ramadan, M. A.M, 2008, Nature of Organic Matter, Thermal Maturation and Hydrocarbon Potentiality of Khatatba Formation at East Abu gharadig Basin, North Western Desert, Egypt, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 2, No. 2, pp.194-209.

- Maynard, J. B., 1981. Carbon isotopes as indicators of dispersal patterns in Devonian-Mississippian shales of the Appalachian Basin. *Geology*, 9, 262-265.
- Mc Kirdy, D. M., 1981 A geochemical comparison of some crude oils from pre-Ordovician carbonate rocks, *Adv. In Org. Geochemistry*, 1981, pp. 99-107.
- Meriç, E. ve Şengüler, L., 1986. Göynük (Bolu-KB Anadolu) çevresinde Üst KretasePaleosen stratigrafisi üzerine yeni görüşler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29, 61-64.
- Mello, M. R., Telnaes, N. Gaglianone, P. C., Chicarelli, M. I., Brassell, S. C. Ve Maxwell, J. R., 1988. Organic Geochemical Characterization of Depositional Paleoenvironments of Source Rocks and Oils in Brazilian Marginal Basins. In, *Advances in Organic Geochemistry 1987* (L. Mattavelli ve L. Novelli, eds.), Oxford, Pergamon Press, 31-45.
- Moldowan, J. M., Seifert, W. K., Galegos, E.J., 1985. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 69, 1255–1268.
- Mukhopadhyay, P.K., Wade, J.A., Kruege, M.A. 1995. Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes: Scotian Basin, Canada. *Organic Geochemistry*, 22 (1), 85-104.
- Murphy, A. E., Sageman, B. B., Hollander, D.J., Lyons, T.L., Brett, C.E., 2000b. Black shale deposition and faunal overturn in the Devonian Appalachian Basin: clastic starvation, seasonal watercolumn mixing, and efficient biolimiting nutrient recycling. *Paleoceanography* 15, 280– 291.
- Noble, R.A., 1991. Geochemical Techniques in the Relation to Organic Matter. In: *Source and Migration Processes and Evaluation Techniques* (R. K. Merrill, ed.), Oklahoma.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen* (eds B.Durand, L. Jolivet, F.Hovarth and M. Séranne), Geological Society of London, Special Publication no.156, pp. 475-515.
- Orkan, N., 1972. Osmaneli-Ciciler (Bilecik ili) alanının jeoloji incelemesi. *Tatbiki jeoloji kürsüsü arşivi* (yayımlanmamış).
- Othman, R.S. 2003. Petroleum Geology of Gunnedah-Bowen-Surat Basins, Northern New Wales (Stratigraphy, Organic Petrology and Organic Geochemistry), PhD Thesis(unpublished), University of New South Wales, 312.
- Palacas, J. G., 1984. Carbonate Rocks as Sources of Petroleum: Geological and Chemical Characteristics and Oil-Source Correlations. *Proceedings of the Eleventh World Petroleum Congress 1983*, London, 31-43.
- Pedersen, T. F. and Calvert, S. E., 1990. Anoxia vs. productivity: what controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary rocks? *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 74, 454–466.
- Peters, K. E., 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis. *AAPG Bulletin*, 70, 318-329.
- Peters, K., Moldowan, M., 1993. *The biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*. Prentice-Hall.
- Peters, K. E. and Moldowan, J. M., 1993. *The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*. Prentice Hall, New Jersey.

- Peters, K. E., and M. R. Cassa, 1994. Applied source rock geochemistry, in L.B. Magoon and W.G. Dow, eds., The petroleum system -- from source to trap: AAPG Memoir 60, pp. 93-120.
- Peters, K. E., Walters, C. C., Moldowan, J.M., 2005. The Biomarker Guide. Biomarkers and Pres, Oxford, New York, USA.
- Prasolov, E. M., 1990. Isotope Geochemistry and the Origins of Natural Gases. Nedra Press, Leningrad, pp. 127.
- Pratt, L., M. and Threlked, C.N., 1984. Stratigraphic significance of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in mid-Cretaceous rocks of the Western Interior, U.S.A., in: Stott, D.F. and Glass, D.J. (Eds.), The Mesozoic of Middle North America. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 9, 305-312.
- Radke, M. 1987. Organic geochemistry of aromatic hydrocarbons. London, 141– 205.
- Rubenstein, I., O. Sieskind and P. Alberecht, 1975. Rearranged sterans in a shale: occurrence and simulated formation: Journal of Chem. Soc., Perkin Trans. I, pp.1833-1836.
- Rullkötter, J., P. A. Meyer, R. G. Schaefer and K. W. Dunham, 1986. Oil generation in the Michigan Basin: A biological marker and carbon isotope approach, Adv. In Org. Geochem. vol.10, pp. 359-375.
- Sackett, W. M., 1964. The depositional history and isotopic organic carbon composition of marine sediments. Marine Geology, 2, 173-185.
- Sackett, W. M., 1989. Stable isotope studies on organic matter in the marine environment. In: Handbook of environmental isotope geochemistry, eds. Fritz, P., Fontes, J.C., Elsevier, 546.
- Sageman, B. B., Murphy, A. E., Werne, J. P., Ver Straeten, C. A., Hollander, D. J., Lyons, T. W., 2003. A tale of shales: the relative roles of production, decomposition, and dilution in the accumulation of organic-rich strata, Middle–Upper Devonian, Appalachian basin. Chemical Geology, 195, 229– 273.
- Salmon, V., Derenne, S., Lallier-Verge's, E., Largeau, C., Beaudoin, B., 2000. Protection of organic matter by mineral matrix in a Cenomanian black shale. Organic Geochemistry, 31, 463– 474.
- Saner, S., 1977. Gevye-Osmaneli Gölüzarü-Taraklı alanının jeolojisi: Eski çökelleme oturtamları, çökellemenin evrimi, Doktora tezi, İstanbul Üniv., 312 (yayımlanmamış).
- Saner, S., 1978. Orta Sakarya'daki Üst Kretase-Paleosen-Eosen çökelleme ilişkileri ve Anadolu'da petrol aramalarındaki önemi. Türkiye 4. Petrol Kongresi, 95-115.
- Saner, S., 1980. Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökelleme nitelikleriyle paleocoğrafya yorumlanması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 23, 39-52.
- Sarı, A., 1985. Himmetoğlu yöresinin ekonomik jeolojisi. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniv. Fen Fek. Arşivi.
- Sarı, A. ve Sonel, N., 1995. Bir bölgede Kaynak Kayanın Türetebileceği Petrol Miktarının Hesaplanmasına Türkiyeden Örnekler. Türkiye Enerji Bülteni. Cilt. 2, No 1.
- Sarı, A. ve Sonel, N., 2000. Gölsel bitümlü kayaların organik jeokimyasal özellikleri ve ekonomik kullanım olanakları. Yerbilimleri/Geosound Dergisi. No 37, S 55-73.
- Sarı, A. ve Aliyev, S. A., 2005. Source rock evaluation of the lacustrine oil shale bearing deposits: Göynük/Bolu, Turkey. Energy Sources, 27, pp. 279-298.

- Sarı, A.ve Geze,Y., 2008. Organic Geochemical Evaluations of Bituminous Rock and Coals in Miocene Himmetoglu Basin (Bolu, Turkey). *Petroleum Science and Technology*. 26 (6), 649-664 (SCI).
- Schidlowski, M., Hayes, J. M., Kaplan, I. R., 1983. Isotopic inferences of ancient biochemistries:carbon, sulfur, hydrogen, and nitrogen. In: *Earth's earliest biosphere: its origin and evolution*, eds. By Shopf, J.W., Princeton University Press, 610.
- Schoell, M., 1988. Multiple origins of methane in the earth. *Chemical Geology*, 71, 1-10.
- Seifert, W. K., Moldowan, J. M., 1978. Applications of Steranes, Terpanes and Monoaromatics to the Maturation, Migration and Source of Crude Oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 77-95.
- Shanmungam, G., 1985. Significance of coniferous rain forests and related organic matter in generating commercial quantities of oil, Gippsland Basin, australia. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 69, 1241-1254.
- Sieskind, O., Joly, G., Albrecht, P., 1979. Simulation of the geochemical transformation of sterols: superacid effects of clay minerals. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43, 1675-1679.
- Sinninghe Damste, J. S., Kenig, F., Koopmans, M. P., Koster, J., Schouten, S., Hayes, J. M., de Leeuw, J. W., 1995. Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 1895-1900.
- Sofer Z., 1984. Stable carbon isotope compositions of crude oils; Applications to source depositional environments and petroleum alteration, *AAPG Bull.*, v. 68, pp.31-49.
- Sonel, N., Sarı, A., 2004. Ereğli-Ulukışla (Konya-Niğde) Havzasının Hidrokarbon Potansiyelinin İncelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt* 19, No 4, 393-403.
- Stahl, W.J., 1977. Carbon and nitrogen isotopes in hydrocarbon research and exploration. *Chemical Geology*, 20, 121-149.
- Suess, E., Kulm, L.D. and Killingley, J.S., 1987. Coastal upwelling and a history of organic-rich mudstone deposition off Peru. : In: J.Brooks and A.J. Fleet (eds), *Marine Petroleum Source Rocks*. Geological Society Special publication, no.26, 181-197.
- Şener, M. ve Şengüler, İ., 1992. Hatıldığ (Bolu-Göynük) bitümlü şeyl sahasının jeolojisi ve teknolojik kullanımı. *MTA Raporu*, rapor no:9445.
- Şener M., Şengüler İ., 1998. Geological, mineralogical and geochemical characteristics of oil shale bearing deposits in the Hatıldığ oil shale field. Göynük, Turkey. *Fuel*, v.8, pp. 871-880.
- Şengör, A.M.C., and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taka, M. ve Şener, M., 1988. Himmetoğlu (Göynük-Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanakları ve sondajları. *MTA Rap. No:8533*, Ankara.
- Tanck, G.S., 1997. Distribution and origin of organic carbon in the Upper Cretaceous Niobrara Formation and Sharon Springs Member of the Pierre Shale, Western Interior , United States, PhD dissertation, University of Arizona, Tucson, Arizona.

- Tekin, E., ve Sarı, A., 2000. Kabalar formasyonu (Göynük-Bolu) bitümlü şeyllerindeki hidrokarbon damlalarının morfolojileri. *Yerbilimleri/Geosound Dergisi*.No.36, s.107-121.
- Ten Haven, H. L., de Leeuw, J. W. Ve Schenck, P. A., 1985. Organic geochemical studies of a Messinian evaporitic basin, northern Apennines (Italy) I: Hydrocarbon biological markers for a hypersaline environment, *Geochim. Cosmochim. Acta* 49, 2181-2191.
- Tissot, B. and Espitalie, J. 1975, L'Evolution thermique de la matiere organique des sediments : *Rev. Inst. Fr. Petrole*, 30(5), 743-777.
- Tissot, B. and Welte, D.H. 1978. *Petroleum Formation and occurrence*. Springer Verlag, 538.
- Tissot, B., 1979. *Nature*, vol. 277, pp. 377-380.
- Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1984. *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 699.
- Tran, K. L. ve Philippe, B., 1993. Oil and Rock Extract Analysis, In: *Applied Petroleum Geochemistry* (M.I., Bordenave, eds.), Paris.
- Tuna, E., 1974. Çatak Soğukçam (Bolu ili) alanının jeolojisi incelemesi. Master tezi, İstanbul Üniv. (yayımlanmamış).
- Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ. B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. Ve Karataş, S., 1991. Bolu-Çankırı (Koroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 6, s. 85-103.
- Tyson, R. V. ve Pearson, T. H., 1991. Modern and ancient continental shelf anoxia: an overview. In: Tyson, R.V., Pearson, T.H. (Eds.), *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia*, *Geol. Soc. Spec. Pub.*, vol. 58. pp. 1 – 24.
- Tyson, R. V., 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. Chapman & Hall, London, 615.
- Waples, D. W., 1985. *Geochemistry in Petroleum Exploration*, Boston.
- Waples D. W., and Machihara, T., 1991. Biomarkers for Geologists-A practical Guide to the Application of Steranes and Triterpanes in Petroleum Geology. *AAPG Bulletin, Methods in Exploration Series*, No:9.
- Wedepohl, K.H., 1971. Environmental influences on the chemical composition of shales and clays. In: Ahrens, L.H., Press, F., Runcorn, S.K., Urey, H.C. (Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth*. Pergamon, Oxford, UK, pp. 307–331.
- Wehner H. 1989. Organic-Geochemical studies in the Visayan basin, Philippines. *Geol. Jb.*, 70, pp. 317-348
- Weizer, J., 1983. Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates. In: *Carbonates, mineralogy and chemistry* (Review in Mineralogy), eds. Reeder, R.J., 394.
- Yanılmaz, E., İpeksever, M., Aslan, N, 1980. Göynük (Bolu) bitümlü şist sahası hakkında rapor. MTA rapor no: 6993.
- Yeşiladalı, Ö. B., Yalçın, M.N., Mann, U., 2005. Himmetoğlu Havzası'ndaki (Göynük-Bolu) Kömür-Bitümlü Şeyl Birlikteliğinin Paleo-Ortam Koşulları. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 18, 1, 81-97.
- Zumberge, J. E., 1987. Prediction of Source Rock Characteristics Based on Terpane Biomarkers in Crude Oils; A Multivariate Statistical Approach. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, 1625-1637.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğcan YARICI  
Doğum Yeri :Ankara  
Doğum Tarihi : 08.06.1988  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Bahçelievler Anadolu Lisesi 2001-2005  
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü 2005-2010  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Eylül 2010-Ekim 2012)

### Çalıştığı Kurumlar

TPAO Araştırma Daire Başkanlığı (Stajyer) 06/2008-08/2008  
Tekson Mühendislik ve Madencilik A.Ş. 11/2010-Devam

### Projeler ve Seminerler

**Yarıcı, T., Sarı, A., Koç, Ş.,** 2012. Organik Kökenli Kayaçların (Hatıldağ-Bolu/Göynük) Depolanma Ortamları Redoks Koşullarının Belirlenmesi. Uluslar arası katılımlı V. Jeokimya Sempozyumu, 23-25 Mayıs 2012, Denizli, Türkiye (poster sunumu).