

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MİYOSEN HİMMETOĞLU FORMASYONU ORGANİK KAYAÇLARININ
(GÖYNÜK-BOLU) ORGANİK JEOKİMYASAL YÖNDEN İNCELENMESİ**

Yasemin GEZE

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2007

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİYOSEN HİMMETOĞLU FORMASYONU (GÖYNÜK BOLU) ORGANİK KAYAÇLARININ ORGANİK JEOKİMYASAL YÖNDEN İNCELENMESİ

Yasemin GEZE

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Ali SARI

Bolu ili Göynük ilçesinin güneyinde yer alan Himmetoğlu havzası, küçük bir göl havzası özelliğinde olup havzanın yakın çevresinde Mesozoik ve Senozoik birimleri çökelmiştir. Mesozoik Geç Kretase yaşlı, yer yer kumtaşı ve silttaşı ardalanmalı ve marn litolojisindeki Seben formasyonu ve yine Geç Kretase yaşlı hakim litolojisi kumtaşı olan Taraklı formasyonu ile temsil edilmektedir. Senozoik ise Erken Paleosen yaşlı resifal kreçtaşlarından oluşan Selvipınar formasyonu, Orta-Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı ve havzada regresyon kontrolünde çökelen karasal kırıntılı birimlerden oluşan Kızılçay formasyonu ve bu formasyon üzerine aşıl uyumsuzlukla gelen Geç Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonlarından oluşmaktadır. Tipik göl ve bataklık tortullarıyla temsil olunan Himmetoğlu formasyonu çökellerinin bitümlü şeyl içermesi nedeniyle çalışmalar bu birim üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Formasyonda Himmetoğlu açık kömür işletmesinde bitümlü şeyl seviyelerinin ve kömür damarlarının net şekilde gözlenmesi nedeniyle işletme içindeki istiflerde örneklemeler yapılmıştır. Birimin hidrokarbon potansiyelini, organik maddenin olgunluğunu, tipini ve miktarını belirlemek için güncel organik jeokimyasal veriler kullanılmıştır. Himmetoğlu formasyonu, potansiyel kaynak kaya açısından yeterli organik madde içeriğine sahip olup formasyona ait bitümlü şeyl ve kömürler çok iyi ve mükemmel kayanak kayadırlar. Kerojen tipleri; Tip-I, Tip-II ve Tip-III olan birimin olgunluk seviyesi henüz diyajenez aşamasındadır.

2007, 91 sayfa

Anahtar Kelimeler: Organik madde, kerojen, bitümlü şeyl, kömür, hidrokarbon potansiyeli

ABSTRACT

Master Thesis

ORGANIC GEOCHEMICAL EVALUATIONS of ORGANIC ROCKS in MIOCENE HİMMETOĞLU BASIN (BOLU, TURKEY)

Yasemin GEZE

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

Supervisor: Prof.Dr. Ali SARI

Himmetoğlu Basin is located in the south of Göynük town in Bolu. The basin formed in a lake setting consist of Mesozoic and Cenozoic sediments. Mesozoic sediments form Seben and Taraklı formation of Late Cretaceous. Seben formation is consist of marl, which accomadates sandstone and siltstone alternations. Sandstone is the main lithological unit in Taraklı formation. Senozoic formations of the basin are named Selvipınar, Kızılçay and Himmetoğlu. Early Paleocene aged reefal limestones compose Selvipınar formation. Continental clastic units in Kızılçay formation are sedimented from Middle-Late Paleocene to Early Eocene in during regional regression in the basin. An angular unconformity cuts through the top of Kızılçay and Himmetoğlu formation overlaps this formation. Typical lake and swamp sediment represent Himmetoğlu formation. The study is focused on Himmetoğlu formation due to its high bituminous shale content. Having visible bituminous shale levels and coal veins in Himmetoğlu open coal mine made in-situ measuring and sampling convenient. Current organic geochemical data were used to determine hydrocarbon potential, maturity, type and amount of the organic material in the formation. Geochemical data proved that Himmetoğlu formation has enough organic matter for potential source rock, bituminous shale and coals are classified as very good and excellent source rocks. Kerojen types of the studied unit are Type I, II and III, and the maturity level is in ongoing diagenesis phase.

2007, 91 Page

Key Words: Organic matter, kerogen, bituminous shale, coal, hydrocarbon potential

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında ve yetişmemde büyük emeği olan değerli hocam sayın Prof. Dr. Ali SARI'ya, tüm tez dönemim boyunca her türlü yardımını esirgemeyen Araş.Gör. sayın Banu KORALAY'a, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı sayın Dr. Tamer Koralay'a, ve her zaman yanımda olup beni destekleyen başta anne ve babam tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Yasemin GEZE

Ankara, Mart 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ ve ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	1
1.1 İnceleme Alanının Tanımı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	3
1.3 Önceki Çalışmalar.....	3
1.4 Bölgesel Jeoloji.....	7
1.5 Bölge Tektoniği.....	10
1.5.1 Faylar.....	10
1.5.2 Uyumsuzluklar.....	10
2. STRATİGRAFİ.....	11
2.1 Seben Formasyonu.....	13
2.2 Taraklı Formasyonu.....	13
2.3 Selvipınar Formasyonu.....	15
2.4 Kızılçay Formasyonu.....	17
2.5 Himmetoğlu Formasyonu.....	19
2.6 Kuvaterner.....	38
3. ORGANİK JEOKİMYA.....	39
3.1 Bitümlü Şeyl Tanımlamaları.....	39
3.2 Kömür Tanımlamaları.....	40
3.3 Petrol Kaynak Kaya Fasiyesleri.....	40
3.4 Bitümlü Şeyl-Kömür Birlikteliği ve Ortamsal Yorum.....	41
4. ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELER.....	44
4.1 Çalışma Yöntemleri.....	44
4.1.1 Arazi çalışmaları.....	44
4.1.2 Labaratuvar çalışmaları.....	44

4.2 Organik Madde Miktarı ve Kaynak Kaya Potansiyeli.....	47
4.2.1 Toplam organik karbon (TOC) miktarı.....	47
4.2.2 S ₁ hidrokarbonları.....	51
4.2.3 S ₂ hidrokarbonları.....	54
4.3 Organik Madde Tipi.....	57
4.3.1 HI değerlerine göre kerojen tip tayini.....	57
4.3.2 HI, OI ve Tmax değerlerine göre kerojen tip tayini.....	61
4.3.3 S ₂ /S ₃ oranına göre kerojen tip tayini.....	63
4.3.4 Organik petrografik analizlerle kerojen tip tayini.....	66
4.4 Isısal Olgunlaşma.....	67
4.4.1 Tmax değerlerine göre olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi.....	67
4.4.2 Spor renk indeksi değerleri (SCI) ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi.....	72
4.4.3 Vitrinit yansıması değerleri (Ro) ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi.....	73
4.4.4 Üretim indeksi değerleri (PI) ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi.....	74
4.5 Hidrokarbon Üretim Kapasitesi.....	77
4.6 Gaz Kromatografi Analizi.....	80
4.6.1 N-alkan dağılımları.....	80
4.7 Organik Fasiyes İncelemeleri.....	83
5. SONUÇLAR.....	86
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	91

SİMGELER DİZİNİ

TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
ÖSK	Ölçülü Stratigrafik Kesit
TOC	Toplam Organik Karbon Miktarı
HI	Hidrojen İndeks
OI	Oksijen İndeks
PI	Üretim İndeksi
SCI	Spor Renk İndeksi
Ro	Vitrinit Yansıması Değeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2 Çalışma alanının bölgesel jeolojik konumu.....	8
Şekil 1.3 Çalışma alanının jeoloji haritası.....	9
Şekil 2.1 Çalışma alanının genelleşmiş stratigrafik kesiti.....	12
Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti a. (ÖSK 1), b. (ÖSK 2), c. (ÖSK 3).....	26
Şekil 4.1 Organik jeokimyasal analizlerin şematik gösterimi.....	46
Şekil 4.2 Toplam organik karbon ve kaynak kaya potansiyel değerleri a,b.....	49
Şekil 4.3 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S ₁ hidrokarbon değerleri a,b.....	52
Şekil 4.4 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S ₂ hidrokarbon değerleri a,b.....	55
Şekil 4.5 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI değerleri a,b.....	59
Şekil 4.6 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI-Tmax diyagramına göre kerojen tipleri.....	61
Şekil 4.7 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI, OI değerleri a,b.....	62
Şekil 4.8 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI-OI diyagramına göre kerojen tipleri.....	63
Şekil 4.9 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin Tmax değerleri ve olgunlaşma seviyeleri a,b.....	69
Şekil 4.10 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin PI değerleri ve olgunlaşma seviyeleri a,b.....	75
Şekil 4.11 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI ve TOC değerlerine göre kaynak kaya potansiyeli.....	77
Şekil 4.12 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HC ve TOC değerleriyle hidrokarbon üretim potansiyelinin belirlenmesi.....	78
Şekil 4.13 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S ₁ ve TOC değerlerinin karşılıklı kullanılmasıyla hidrokarbon karakterizasyonunun belirlenmesi.....	79

Şekil 4.14 YM-17, HM-4, HM-5 örneklerinin gaz kromotogramında belirlenen n-alkan dağılımları.....	81
Şekil 4.15 Pr/n-C17 ve Ph/n-C18 değerlerine göre kerojen tipi ve depolanma koşulları.....	82
Şekil 4.16 Organik fasiyeslerin şematik görünümü.....	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Himmetoğlu formasyonuna ait örneklerde gerçekleştirilen analizler.....	46
Çizelge 4.2 Farklı araştırmacılar tarafından belirlenen TOC sınır değerleri ve kaynak kaya sınıflaması a, b.....	47
Çizelge 4.3 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin TOC değerleri ve yorumlamaları.....	50
Çizelge 4.4 Peters (1986) ve Peters ve Cassa (1994)'e göre kaynak kayaçlar için belirlenen S_1 değerleri.....	51
Çizelge 4.5 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S_1 değerleri ve yorumlamaları.....	53
Çizelge 4.6 Farklı araştırmacılara göre kaynak kayaların S_2 sınır değerleri.....	54
Çizelge 4.7 Himmetoğlu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S_2 hidrokarbon değerleri ve yorumlamaları.....	56
Çizelge 4.8 HI değerlerine göre kerojen tipi tanımlamaları a, b.....	57
Çizelge 4.9 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI değerlerine göre belirlenen kerojen tipleri.....	60
Çizelge 4.10 Clementz vd. (1979) ve Peters vd. (1986)'a göre , S_2/S_3 değerlerine göre kerojen tipi ve hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesi.....	64
Çizelge 4.11 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S_2/S_3 değerlerine göre kerojen tipi tayini.....	65
Çizelge 4.12 Kerojen tiplerinin alttan ve üstten aydınlatma teknikleri ile genel sınıflamasında kullanılan terminoloji.....	67
Çizelge 4.13 Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçlarının organik petrografik sonuçları.....	67
Çizelge 4.14 Farklı araştırmacılara göre T_{max} değerleriyle belirlenen olgunlaşma seviyeleri.....	68
Çizelge 4.15 Espitalié vd. (1985)'e göre T_{max} sınır değerlerinin kerojen tiplerine göre sınıflanması ve olgunlaşma seviyeleri.....	68
Çizelge 4.16 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin olgunlaşma derecelerinin değerlendirilmesi.....	70

Çizelge 4.17 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin olgunlaşma derecelerinin kerojen tipleriyle birlikte değerlendirilmesi.....	71
Çizelge 4.18 SCI değerlerine karşılık gelen renkler ve olgunlaşma seviyeleri.....	72
Çizelge 4.19 Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçlarının SCI değerleri ile olgunlaşma seviyesinin yorumlanması.....	72
Çizelge 4.20 Vitrit yansımasının temsil ettiği olgunlaşma değerleri.....	73
Çizelge 4.21 Vitrit yansımasının temsil ettiği olgunlaşma düzeylerinin araştırmacılara göre değerleri.....	73
Çizelge 4.22 Himmetoğlu formasyonuna ait iki adet bitümlü şeyl örneğinin vitrit yansıması (Ro) değerleri.....	74
Çizelge 4.23 Farklı araştırmacılara göre belirlenen PI değerleri ile olgunlaşma düzeyinin belirlenmesi.....	74
Çizelge 4.24 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin PI değerleri ile olgunlaşma düzeylerinin belirlenmesi.....	76
Çizelge 4.25 Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Jones1987).....	85

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 2.1 Kabalar köyü kuzeyinde Selvipınar kireçtaşlarının genel görünümü.....	15
Foto 2.2 Selvipınar kireçtaşlarının Paleosen (karasal) birimlerle kontağı.....	16
Foto 2.3 Selvipınar kireçtaşlarının Paleosen (karasal) birimlerle diğer bir kontağı.....	17
Foto 2.4 Kızılçay formasyonunun genel görünümü.....	18
Foto 2.5 Himmetoğlu kömür işletmesinin batı kesiminin genel görünümü.....	20
Foto 2.6 Himmetoğlu açık kömür işletmesinde örnekleme yapılan istif.....	21
Foto 2.7 Himmetoğlu açık kömür işletmesinde örnekleme yapılan istifin devamı.....	21
Foto 2.8-2.49 ÖSK-3'e ait seviyelerin fotoğrafları.....	31

1. GİRİŞ ve ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

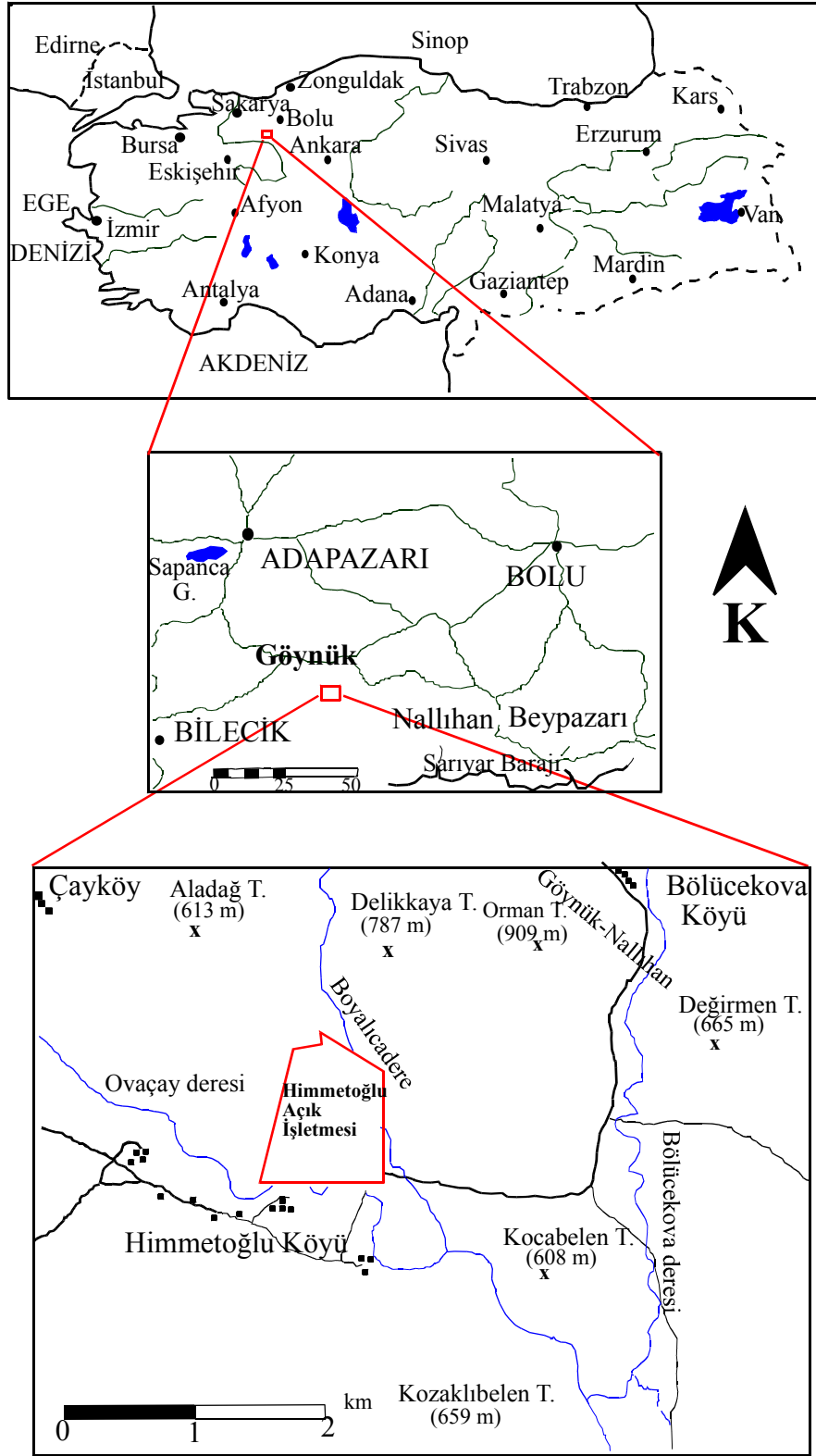
1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı

Bolu ili sınırlarındaki Göynük ilçesinin güneyinde yer almaktadır. Çalışma alanına ulaşım İstanbul'dan Adapazarı-Eskişehir yolu ile Geyve üzerinden, Ankara'dan ise Beypazarı-Nallıhan-Göynük karayolu üzerinde yer alan Dedeler köyünden güneye ayrılan tali yolla sağlanabilmektedir (şekil 1.1) Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli Adapazarı H 25 b4, c1 ve d2 paftalarında yayımlıdır .

Çalışma alanı, kuzeyden ve güneyden tepelerle çevrelenmiş olup başlıcaları kuzeyde; Aladağ T (813 m), Delikkaya T (785 m), Orman T (809 m), güneyde Kozaklıbelen T (659 m), Kocabelen T (608 m) ve doğuda ise Değirmen T (665 m)'dir. Bölgenin temel akarsularını, Ovaçay deresi, Çayköy deresi, Boyalıca dere, Bölücekova deresi ve Çatak çayları oluşturmaktadır. Bölgedeki yerleşim merkezleri ise; Himmetoğlu köyü başta olmak üzere kuzeyde Çayköy, Bölücekova köyleri, doğuda Ahmetbeyler, batıda Kuyupınar köyleridir.

Çalışma alanında genel olarak Batı Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. Yazları genellikle serin ve yağışlı, kışlar ise oldukça soğuk ve zaman zaman kar yağışlıdır. Bu iklim tipine bağlı olarak bölge, bitki örtüsü bakımından zengindir. Özellikle kretase çökelleri orman ile kaplıdır. Düzlük alanlarda ise sebze ve meyve bahçeleri geniş alanlar kaplar.

Bölgenin başlıca geçim kaynakları tarım, hayvancılık ve kömür madenciliğidir. Halkın çoğu tarımla uğraşmakta olup tahıl, sebze ve ayçiçeği başlıca tarımsal faaliyetlerdir. Göynük ilçesinin önemli geçim kaynakları arasında bulunan Himmetoğlu mevkiinde yer alan linyit yatakları, uzun yıllar TKİ Orta Anadolu linyitleri ismi altında işletilmiştir. Ancak şu anda TKİ, bölgedeki kömür üretimini durdurmuş ve bu bölgedeki Orta Anadolu Kömür İşletmeleri Müdürlüğü'nü kapatmıştır. Bölgedeki kömür yatakları devlet tarafından özelleştirilme kapsamına alınmıştır. Yatakta şu anda kömür üretimi yapılmamaktadır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası (Tuncay 1999'dan alınmıştır)

1.2 Çalışmanın Amacı

Dünyada organik kayaçlar içinde önemli bir yeri olan bitümlü şeyller üzerinde ilk araştırmalar genellikle sentetik petrol eldesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle petrol krizlerinin yaşandığı dönemlerde yoğunlaşan bu çalışmalarda bitümlü şeyller, sentetik petrol eldesi yönüyle değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın başlıca amaçları, organik maddece zengin Himmetoğlu formasyonunun kömür ve bitümlü kayaçlarının kaynak kaya karakteristiklerini ve kaynak kaya fasiyes tiplerini incelemek, yeni arama havzalarında potansiyel kaynak kayalara yeni bir bakış açısı sağlamaktır. Bu amaçla formasyondan alınan bitümlü şeyl ve kömür gibi organik kayaçlar; organik jeokimyasal olarak incelenmiş, kaynak kaya potansiyelleri ve fasiyes tipleri belirlenmiştir.

1.3 Önceki Çalışmalar

Abdüsselamoğlu (1959), Göynük-Mudurnu ve Beydili bölgesinin 1/100.000 ölçekli jeolojisini çalışmıştır. Bu çalışmada araştırmacı, Paleosen-Eosen yaşlı serilerin, altlarındaki birimler üzerine diskordansla geldiğini ve bu serilerin bitümlü şeyl ve linyit seviyeleri içerdiğini belirtmiştir, ayrıca bölgede Üst Kretase yaşlı mikrogabro ve andezit lavlarının bulunduğu ve Paleosen Eosen serilerini kesen bazik lavların varlığından söz etmektedir.

Beseme (1967), Kabalar senklinalinin genel ve uygulamalı jeolojik etüdünü yapmıştır. Araştırmacı bu çalışmada Senomaniyen'de flişin çökelmiş olduğu bir jeosenklinalin varlığından söz etmekte, Eosende ise regresyon gelişimiyle bölgenin karasal karakter kazandığını belirtmektedir. Beseme, bitümlü kayaçlar üzerinde yaptığı incelemelere dayanarak bu kayaçları kerobitümlü kayaçlar olarak adlandırmıştır. Araştırmacı çalışmasında ayrıca çökme ortamı açısından da yorumlar yapmış olup, güneş ışınlarının 80 metrelik derinliğe kadar ulaşabildiği ve kıyıya yakın kesimlerde gerekli besin tuzları ve hümkik maddelerin bol bulunduğu bir göl ortamının gelişiminden

bahsetmiştir. Ayrıca bitümlü kayaçların kalitesinin bu gölün orta kesimlerine doğru arttığını belirtmektedir.

Ataman ve Beseme (1972), Kuzey Anadolu’da yer alan Oligosen yaşlı gölsel çökeller üzerinde mikroskobik, difraktometrik ve jeokimyasal çalışmalar yapmışlar ve değişik litolojilerde çok geniş yayılıma sahip analsim oluşumların varlığını saptamışlardır. Araştırmacılar, Bahçecik, Göynük ve Gölpazarı gölsel sedimanlarındaki zeolit minerallerinin oluşum koşulları hakkında değişik yorumlar getirmişlerdir.

Saner (1977), Mudurnu Göynük havzasında kalınlığı beş kilometreyi aşan Mesozoyik Tersiyer yaşlı çökel istifini incelemiştir. Çalışma sahasının Üst Eosen Oligosen döneminde gelişen regresyon nedeni ile bu dönemden günümüze kadar karasal karakter taşıdığını belirtmiştir.

Turgut ve Dümenci (1980), Himmetoğlu formasyonu, ilk olarak bu çalışmacılar tarafından tanımlanmıştır. Çalışma alanın jeolojisine yer verilen incelemede, linyitin yaşı palinomorflara bağlı olarak Geç Miyosen olarak saptanmış ve Himmetoğlu formasyonunun kalınlığı 250 metre olarak belirlenmiştir.

Sarı (1985), Himmetoğlu yöresinin ekonomik jeolojisi adlı yüksek lisans tez çalışmasında, Geç Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonunda bulunan 1-13 metrelik iki adet linyit damarının varlığından söz etmekte ve linyitlerin kimyasal analizlerine yer vererek bölgenin ekonomik potansiyelini irdelemektedir.

Sonel vd.(1987), Himmetoğlu yöresinin jeolojisi ve linyit oluşukları adlı çalışmalarında, Geç Kretase sonunda başlayan ve Paleosen’de de devam eden bir regresyonun kontrolünde, karasal kırıntılıları içeren Kızılçay formasyonunun çökeldiğini belirtmişler ve Kızılçay formasyonu üzerine çökelen Geç Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonunun orta kesimlerindeki kömür oluşumlarının ortamı ve kömür rezervlerinden söz etmişlerdir. Çalışmacılara göre çökeltme ortamı, tipik bataklık ve göl tortullarıyla temsil edilmekte ve yaklaşık 60 milyon tonluk kömür rezervi bulunmaktadır.

Taka (1988), Himmetoğlu (Göynük-Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanakları ve sondajları adlı raporunda, linyit seviyesinin üzerinde yer alan ve kalınlığı 1-19 metre arasında değişen bitümlü şeyl zonunun rezervi ve kalorifik değeri ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaya göre, ortalama kalori değeri 1390 kcal/kg olan 65 milyon ton bitümlü şeyl rezervi hesaplanmıştır.

Besbelli (1991), Adapazarı H 25 b1, b4, c1 paftalarının jeolojisi ve petrol olanakları adını verdiği çalışmasında, havzanın paleocoğrafik evrimini ortaya koyarak petrol olanaklarının belirlenmesine yer vermiştir. Çalışmada, Kızılçay formasyonu ile havzanın karasal karakter kazanmaya başladığı belirtilmiş ve Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonunun gölsel karakterde çökeldiği belirtilmiştir.

Hufnagel (1991), Hatıldağ ve Himmetoğlu sahalarındaki bitümlü şistlerin mineralojik ve organik petrografik incelemelerini yapmışlar ve bitümlü şist oluşuklarının ekonomik öneme sahip olup olmadığı değerlendirmişlerdir. Çalışmada bitümlü şistler için, minimum üst kalori değeri 750 kcal/kg; maksimum üst kalori değeri ise 5000 kcal/kg olarak saptanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre, Himmetoğlu sahasında yer alan linyit ve bitümlü şistlerin birlikte kullanılmasıyla maksimum yarar sağlanabileceği sonucuna varılmış ve elektrik üretiminde kullanılabilirliklerine değinilmiştir.

Şener (1992), Himmetoğlu (Bolu / Göynük) Neojen Baseninin jeolojik mineralojik ve jeokimyasal incelemesi adlı çalışmasında, Himmetoğlu formasyonunun litostratigrafi birimleri ve bu birimlerdeki mineralojik ve jeokimyasal değişimlerin belirlenmesi, organik kayaçların tanımlanarak organik-inorganik madde ilişkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Dört ayrı zona ayrılarak incelenen formasyonda, alttan üste doğru organik madde miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Şener (1993), Neojen yaşlı Himmetoğlu (Göynük / Bolu) bitümlü şeyl sahasının litostratigrafik ve tektonik özellikleri adını verdikleri çalışmada, Şenerin daha önce formasyonda tanımladığı dört farklı zonun değişik periyodlarla havzaya gelen

piroklastik sedimanlar ve organik madde çökeliminin sonucu oluştuğunu belirtmektedir.

Şener ve Gündoğdu (1998), Himmetoğlu bitümlü şistlerindeki mineral ve maseral birliktelikleri arasındaki ilişkilerin değerlendirildiği çalışmada, bitümlü şistlerdeki liptinit ve hüminit gruplarının simektit, klinoptilolit ve kalsit mineralleriyle, bitüm laminalı marn zonundaki liptinit grubunun ise analsim ve dolomit mineralleriyle birlikte bulunduğu belirlenmiştir. Formasyonda Ph seviyesinin alt seviyelerden ($Ph < 9$) üst seviyelere ($Ph > 9$) doğru arttığı belirtilmiştir ve organik madde türlerine bağlı olarak Himmetoğlu formasyonunda bitümlü şistten, bitüm laminalı marn zonuna geçişte, karasal organik maddenin ve olgunluğun azaldığı belirlenmiştir.

Pütün vd. (1998), Göynük ve Seyitömer sahalarına ait bitümlü şeyl örneklerinin ekstraktlarında uygulanan elementer analiz, I.R. ve N.M.R spektroskopisi, kapiller kolon kromatografisi yöntemleriyle kerojenlerin tipleri belirlenmiş ve bitümlü şeyllerdeki kerojenin tipinin Tip I olduğunu belirlenmiştir.

Gündüz vd. (1999), Himmetoğlu kömürünün kuruma davranışı adlı çalışmalarında, Himmetoğlu formasyonuna ait kömürlerin kuruma davranışını incelemişlerdir. Kömür örnekleri öğütülerek kuruma kinetiği çalışılmış, azalan hız ile kuruma devresine ait bir model önerilmiş ve sıcaklığın kuruma hız sabiti üzerine etkisi belirlenmiştir.

Sarı ve Sonel (2000), Gölsel 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) gölsel havzalarına ait bitümlü kayaç örneklerini ekonomik kullanılabilirlikleri yönünden değerlendirilmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bitümlü kayaçların termik santrallerde enerji hammaddesi olarak yakılmaları, gübre sanayiinde kullanılmaları yönünden yorumlanmıştır.

Demirci (2003), Himmetoğlu (Göynük-Bolu) linyit sahasındaki drenaj sorununun çözümüne ilişkin nümerik ve analitik yöntemlerin karşılaştırılmasının yapıldığı

çalışmada, sahanın linyit açık işletmesinde yapılan mühendislik amaçlı kazılarda yer altı suyunun neden olduğu drenaj ve duraysızlık sorunlarının güvenli ve sürekli üretimi tehdit edecek boyutlara ulaştığını vurgulamıştır. Yer altı suyu sorununa etkin çözümler üretebilmek amacıyla işletmenin de içinde bulunduğu alanda sayısal model uygulaması gerçekleştirmiştir.

Bulkan (2003), Himmetoğlu (Göynük-Bolu) yöresindeki kömür-bitümlü şist birlikteliğinin paleoekolojik nedenleri isimli çalışmasında, havzadaki kömür ve bitümlü şistlerin çökelimine yol açan koşulları ve bu farklı litolojilerin çökmesi sırasındaki ekolojik koşullardaki hızlı ve tekrarlı değişimlerin nedenlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Formasyon içerisinde kömür ve bitümlü şist içeren seviyeler belirlenmiş, bu birimlerin çökme ortamı ve bu ortamdaki ekolojik koşullar saptanmaya çalışılmıştır.

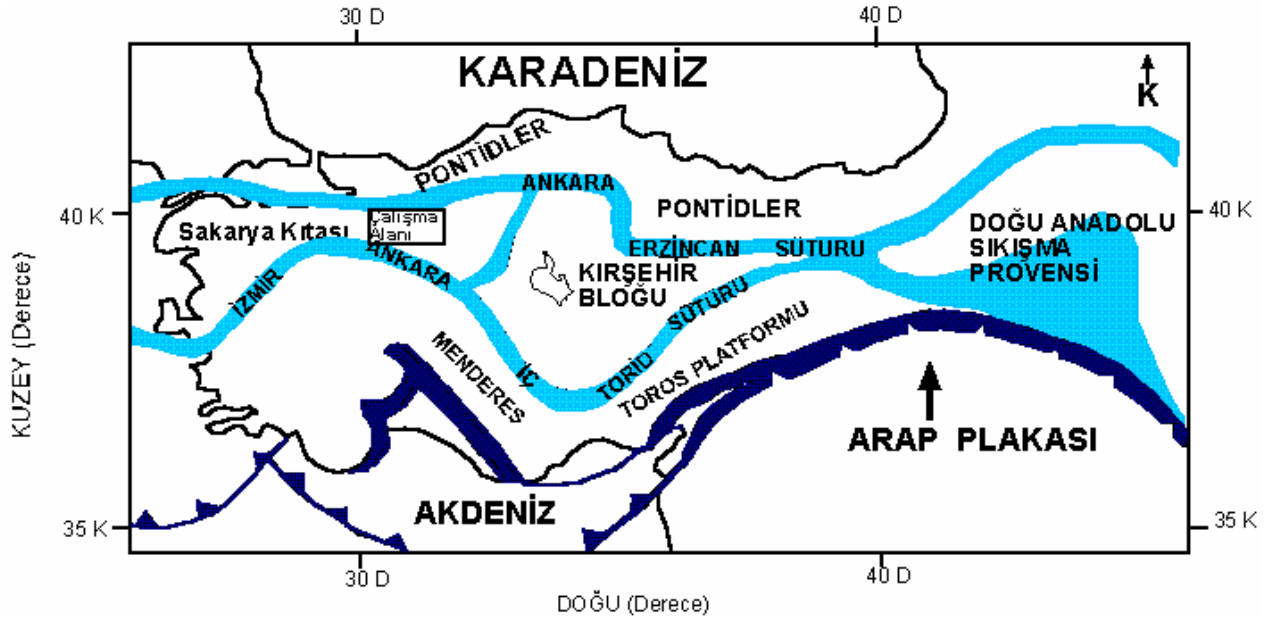
Bulkan vd. (2005), Himmetoğlu (Göynük-Bolu) yöresindeki kömür-bitümlü şist birlikteliğinin paleo-ortam koşullarına yönelik çalışmalarında formasyonda ölçülen yaklaşık 34 m'lik bir kesitin ilk 8,5 m'lik kesimin oksik bir gölde, 12,5 m'lik sapropelik organik maddece zengin kesimin anoksik-dioksik bir göl ortamında ve bu iki kesim arasındaki seviyelerin ise birinden diğerine geçiş ortamında çökeldiğinden söz etmişlerdir.

1.4 Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin 5 ana tektonik birlikteliğinden birisi olan Pontitlerin batı kesiminde, Sakarya Kıtası adı verilen parçasında yeralan çalışma alanı, Kimmeriyen, Hersiniyen ve Alpin Orojenik olaylarından etkilenmiş bir kuşakta bulunmaktadır. Sakarya Kıtası, güneyde İzmir-Ankara kenet kuşağı zonu ve kuzeyde Ankara-Erzincan sütür zoneuyla sınırlanmaktadır (şekil 1.2). Bu zonlarla arasında ofiyolitli birer kenet kuşağı bulunmaktadır.

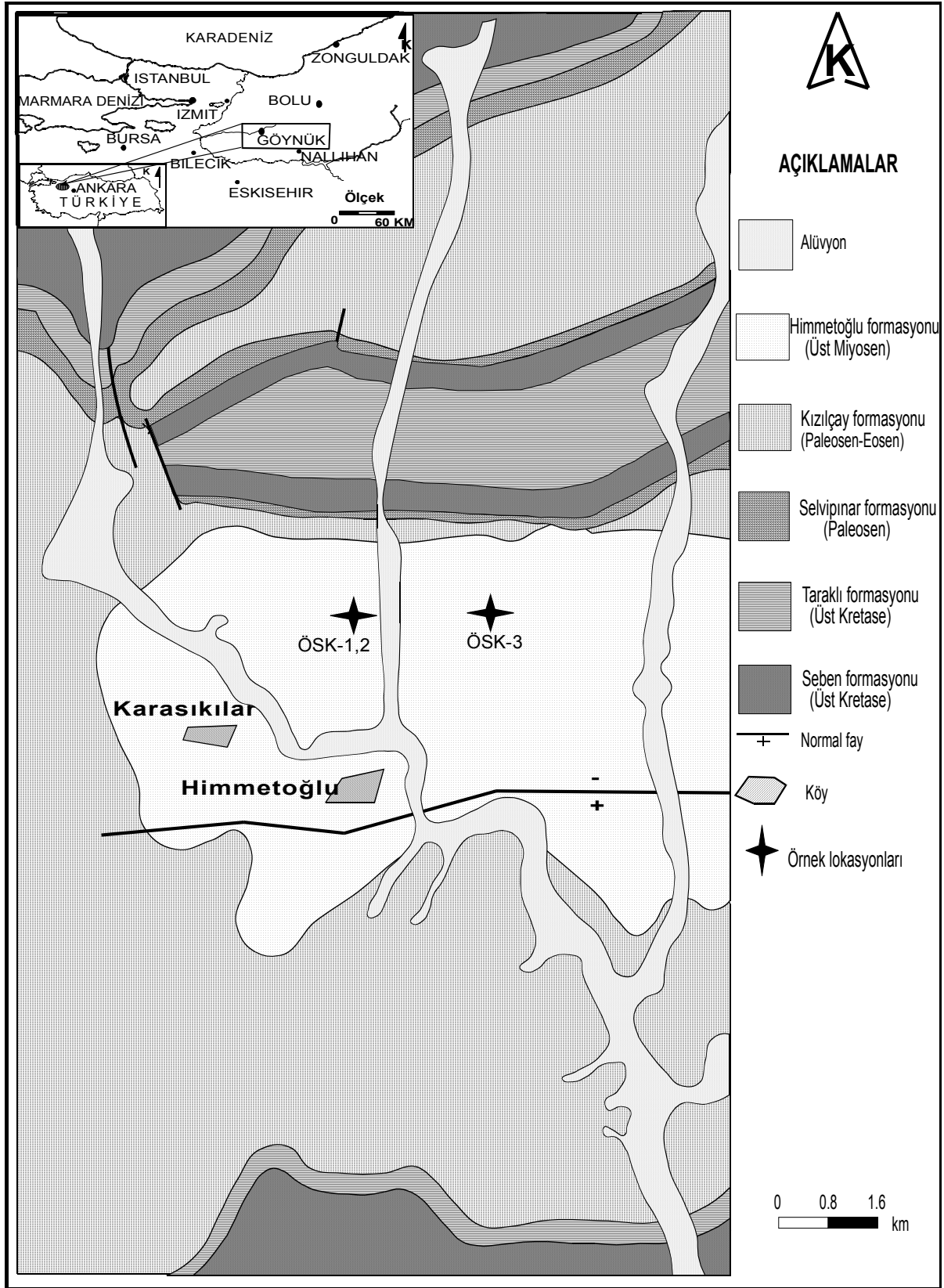
Kretase sonlarında tüm Sakarya yöresini içine alan büyük bir jeosenklinalin varlığı söz konusudur. Tabanı sürekli olarak çöken bu jeosenklinalde, filiş karakterindeki

birimler çökelmiştir. Üst Kretase sonlarına doğru bölge yükselmiş, filiş çökellerinin yerlerini sığ denizel çökeller olarak Seben formasyonu çökelmiştir. Bölgede denizin çekilmeye ve sığlaşmaya başlamasıyla kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Taraklı formasyonu çökelmiştir. Bu çekilme olayı, Paleosen’de de devam etmiştir. 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 formasyonu depolanmaya başlamıştır. Bölge yükselimlerinin hızlı olması sebebi ile erozyon ve sedimentasyon hızı şiddetli olmuş, Kızılçay formasyonu ise kısa zamanda konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan kalın bir istife dönüşmüştür.



Şekil 1.2 Çalışma alanının bölgesel jeolojik konumu (Gürsoy vd.1998)

Bundan sonra Neojen başlarına kadar süren hareketler neticesinde Miyosen göl havzası oluşmuştur. Bu havzada kömür ve diğer birimlerin çökelişi başlamıştır. Ege graben sisteminin kuzey ucunda yer alan Himmetoğlu bitümlü şeyl sahası, D-B yönlü grabenleşme sistemleri içerisinde oluşan irili ufaklı gölsel ortamlardan birinde gelişmiştir (şekil 1.3). Himmetoğlu Miyosen havzası, 45 km²'lik küçük bir göl havzası özelliğindedir ve havzada 2800 m'lik sedimanter bir istif çökelmiştir. Çalışma konusu oluşturan Miyosen kömür ve bitümlü kayalar Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonu içerisinde yer alır.



Şekil 1.3 Çalışma alanının jeolojik haritası (Sarı, 1985)

1.5 Bölgesel Tektonik

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

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.

1.5.1 Faylar

Çalışma alanında, konumu ve sürekliliği bakımından en önemli fay, Çayköy fayıdır. Bu fay Çayköy'ün KD'sunda Selvipınar kireçtaşlarını kesen KB-GD yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Fay paleosenden sonra oluşmuştur.

Çalışma sahası, neotektonik dönemde, Miyosen ve sonrasına ait gerilme kuvvetlerinin etkisinde kalmıştır ve bu etkilerle normal faylar oluşmuştur. Himmetoğlu Köyünün kuzey ve güney kesimlerinde D-B doğrultulu normal faylanmalar mevcuttur. Bu faylanmalar bölgede graben ve horst oluşumuna neden olmuştur ve çökelmeyi başından itibaren kontrol etmiştir.

1.5.2 Uyumsuzluklar

Çalışma alanındaki en belirgin uyumsuzluk Paleosen yaşlı Kızılçay formasyonu ile Geç Miyosen yaşlı Himmetoğlu Formasyonu arasındaki açısal uyumsuzluktur ve bu uyumsuzluk aynı zamanda bir zaman boşluğuna da karşılık gelmektedir. Ayrıca birimin en üstünde yer alan Kuvaterner birimleri kendisinden yaşlı bütün birimleri uyumsuz olarak örter.

2. STRATİGRAFİ

Himmetoğlu Miyosen havzası bir göl havzası özelliğinde olup, havzanın yakın çevresinde Mesozoyik ve Senozoik birimleri çökelmiştir. İnceleme alanımızda en yaşlı kayaç topluluğu Seben formasyonudur ve onu Taraklı formasyonu üzerler. Bu iki formasyonda Mesozoyik'e aittir. Senozoyik ise Paleosen Selvipınar ve Paleosen-Eosen Kızılçay formasyonları ile Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonundan oluşur. En genç birim ise Kuvaterner yaşlı alüvyondur (şekil 2.1).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK TANIMLAMA
SENZOZOYİK	KUVATERNER					Alüvyon
	TERSİYER	ÜST MİYOSEN	HİMMETİOĞLU FM	120-250		Bitümlü şeyl-tüf-silttaşı ardalanması
		ORTA-ÜST PALEOSEN/ALTEOSEN	KIZILÇAY FM	500-1400		Bitümlü şeyl-linyit ardalanması
						Linyit
MESOZOYİK	KRETASE	Ü. KRETASE	TARAKLI FM	160		Çakıltaş-kumtaşı-yeşil renkli kil
						Çamurtaşı-silttaşı-kumtaşı ardalanması
		SEBEN FM	SEBEN FM	300		Kireçtaşı-marn ardalanması
						Çakıltaş-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması
MESOZOYİK	KRETASE	ALTEOSEN	SEBEN FM	75-150		Pembe gri renkli resifal kireçtaşı
		Ü. KRETASE	TARAKLI FM	160		Orta kalın tabakalı kumtaşı
						Marn (ince kumtaşı banth)
		SEBEN FM	SEBEN FM	300		ölçeksizdir

Şekil 2.1 Çalışma alanının genelleşmiş stratigrafik kesiti (Bulkan 2003'ten değiştirilmiştir)

2.1 Seben Formasyonu

Birim ilk defa Saner (1977) tarafından adlandırılmıştır. Seben formasyonu inceleme alanının kuzeyinde Çayköyde, güneyde Kozalıklıbeli Tepe'nin güneydoğusunda yüzlekler vermektedir. Tip yeri ve tip kesiti, Seben yöresinde bulunmaktadır.

Seben formasyonunun hakim litolojisi marn olup zaman zaman ince taneli kumtaşı ve silttaşı ardalanması şeklinde görülmektedir. Örneğin, çalışma alanının güneyinde mavi-yeşil renkli marnlar ve kumtaşı ardalanması olarak görülmektedir. Kumtaşı seviyeleri birimin üstünde bulunan Taraklı formasyonuna yaklaştıkça artmaktadır. Marnların taze yüzeyleri yeşilimsi gri-gri, altere yüzeyleri ise sarı renktedir. Birim planktik fosiller içermektedir. Karbonat oranının arttığı seviyelerde siltli, plantik kavkı ve fosilli vaketaşı sedimanter fasiyes özelliği sunar. Çok ince/ince taneli kumtaşları zaman zaman gözlenmekte olup petrografik olarak litik vaketaşı özelliğindedir. Kayaçlarda matriks olarak bağlayıcı kil ve mikritik hamur bulunmaktadır.

Birimin alt sınırı inceleme alanı içerisinde görülmemektedir ancak inceleme alanı yakın sahalarında birimin altındaki Yenipazar formasyonu uyumlu olarak bulunur, üzerine ise yine uyumlu olarak Taraklı formasyonu gelir. Birimin kalınlığı Hufnagel (1991) tarafından 300 m olarak ölçülmüştür.

Önceki çalışmalarda birimin yaşı Maastrichtiyen-Paleosen olarak belirlenmiştir (Hufnagel 1991 ve Şener1993), Beseme (1967)'ye göre Seben formasyonunun çökelimi duraylı bir shelf ortamında olmuştur.

2.2 Taraklı Formasyonu

İlk defa Saner (1977) tarafından adlandırılan birim inceleme alanının kuzey ve güney kesimlerinde görülmektedir.

Birimin hakim litolojisi kumtaşıdır, fakat Kayaboğazı kesiminde görüldüğü gibi bazı alanlarda da istif kumtaşı-şeyl ardalanması şeklindedir. 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. Petrografik incelemelere göre çok ince/ince taneli iyi boyplanmalı litik vakedir. Şeyller ise planktonik fosillidir. Karbonat miktarında artış görüldüğü kesimlerde, kumlu, makro kavkılı, bentik fosilli vake taşı litolojisi hakim olmaktadır. Birimin üzerinde bulunan Selvipınar Formasyonuna geçişte karbonat oranında artış görülmektedir. Bu üst kesimlerdeki litoloji, siltli, makro kavkılı vaketaşı özelliğindedir.

Taraklı Formasyonu, altında yer alan Maastrichtiyen yaşlı Seben Formasyonu ve üstündeki Monsiyen yaşlı Selvipınar Formasyonu ile uyumludur. 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, makrofosil kavkıları (Ostracod, Ekinid, Braciopod) dışında fosil gözlenmemiştir ve bundan dolayı da birimin yaşı saptanamamıştır. Ancak önceki çalışmalarda birimin yaşı Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir (Saner 1977, Şener 1993).

Kayaboğazı kesiminde birim, tipik olarak deltayik özelliktedir. Formasyon, tabanında kumtaşı-şeyl ardalanması şeklindedir ve delta ilerisi özelliği göstermektedir. Birimin üst seviyelerine doğru artan kumtaşı/şeyl oranına göre delta önü ve delta düzlüğü ortamına geçilmektedir. Yer yer karbonat miktarında artış görülmektedir. Birimin doğrudan Kızılçay formasyonuna geçtiği kesimlerde, birimin üst seviyeleri delta gerisi fasiyesi özelliği sunmaktadır. Regresyona bağlı olarak üst seviyelere doğru tane boyunda irileşme gözlenmektedir. Bu bölgelerde dalgaların yoğun etkisi çapraz tabakalanma ve paralel laminalanmalı kıyı kumları çökelimine neden olmuştur. Selvipınar Formasyonunun çökeldiği kesimlerde Taraklı formasyonuna ait klastikler, deltayik ortam özelliği kazanmaksızın kıyı yakını çökelleri ile temsil edilmektedir.

2.3 Selvipınar Formasyonu

Tanım ve dağılım, ilk kez Eroskay (1965) tarafından adlandırılan Formasyon çalışma sahasının kuzeyinde, Çayköy Fayı kuzey kesiminde, doğu-batı doğrultusunda uzanan mostralarda görülür .

Tip yeri, Eroskay (1965) tarafından Osmaneli'nin 11 km güneydoğusundaki Medetli köyüdür ve tip kesiti Medetli kuzeybatısındaki Selvipınar Tepesinde ölçülmüştür.

Formasyon alt seviyelerinde orta kalın katmanlı detritik elemanlı kireçtaşları, orta seviyelerinde marn aralanmalı kireçtaşları, üst seviyelerde ise masif görünümlü kireçtaşlarından oluşmuştur. Bölgedeki tektonik etkiler kireçtaşlarına, kalkarenit, kalsirudit ve bloklu bir yapı özelliği kazandırmıştır. Sarı, açık gri bej renkli kireçtaşlarının 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 (foto 2.1). Birimin tabanında kumlu makro fosilli, ufalanmış algli istiftaşı-tanetaşları bulunur. Bu kesimde çoğu mikritleşmiş taşınmış algler bulunmaktadır. En üst seviyelerde ise mercan ve algli bağlamtaşları bulunmaktadır.



Foto 2.1 Kabalar köyü kuzeyinde Selvipınar kireçtaşlarının genel görünümü

Formasyon altta Maestrihtiyen yaşı Taraklı formasyonu ile ve üstte Orta-Geç Paleosen-Erken Eosen yaşı Kızılçay formasyonu ile uyumludur (foto 2.2-2.3). Birim kalınlığı 75-150 metreler arasında değişmektedir.

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 (1992)'e göre ise Monsiyen (Paleosen) yaşındadır.

Birim Şener (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.



Foto 2.2 Selvipınar kireçtaşlarının Paleosen (karasal) birimlerle kontağı



Foto 2.3 Selvipınar kireçtaşlarının Paleosen (karasal) birimlerle kontağı

2.4 Kızılçay Formasyonu

Birim ilk defa Eroskay (1965) tarafından Kızılçay formasyonu olarak adlandırılmış olup daha sonra Altınlı (1975) tarafından denizel, gölsel ve akarsu ortamlarının karakteristiklerini yansıtmışından dolayı Kızılçay grubu olarak değerlendirilmiştir. Birim Himmetoğlu köyüne komşu civar sahalarda görülmekte ve geniş yayılım sunmaktadır (foto 2.4)

Birimin tip yeri, Gölpazarı doğusundaki Kızılçay vadisidir, tip kesiti ise Eroskay (1965) tarafından Kızılçay vadisinde ölçülmüştür.



Foto 2.4 Kızılçay formasyonunun genel görünümü

Kızılçay formasyonu inceleme alanımızda kırmızı renkli olup kumtaşı, çakıltası, silttaşı ve çamurtaşlarıyla temsil edilmektedir. Formasyonda hakim olan kırmızı renk oksitlenme nedeniyle oluşan lateritik toprak nedeniyledir. Birimin taban seviyelerinin litolojisi değişik bölgelerde farklılık göstermektedir. İstif, Çayköy bölgesinde tabanda koyu kırmızı renkli, fosilli, karbonatlı silttaşlarıyla başlamaktadır. Orta seviyelerde Selvipınar Formasyonu'na ait kireçtaşı blok ve mercekleri, üst seviyelerde ise çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve silttaşı ardalanmalarından oluşan dağılılabir özellikte kırmızı renkli akarsu sedimanları çökelmiştir. Hufnagel *et al.* (1991) çalışmalarında Kızılçay formasyonunu üç ayrı zonda incelemiştir. Bu zonlar; kırmızı ve kırmızımsı kahverengi çakıllı, volkanik katkılı kum ve silttaşı ve marnlardan oluşan 250-500 m kalınlığındaki Alt Kırmızı Zon, gri-açık gri renkte kireçtaşları ve yeşil renkli marnlardan oluşan 15-150 m kalınlıktaki Orta Beyaz Zon ve en üstte bulunan kırmızı-kırmızımsı kahverengi marn, volkanik katkılı kum ve silttaşlarının oluşturduğu 250 m ve üzeri kalınlığa sahip Üst Kırmızı Zon'dur.

Kızılçay formasyonu inceleme alanımızda Selvipınar formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte ise de yer yer küçük açılı diskordanslı olup, yanal ve düşey geçişlidir. Birim Kayabaşı civarında Monsiyen yaşlı Selvipınar formasyonu üzerine uyumlu ve yer yer küçük açılı uyumsuzluklarla gelmektedir. Birimin üst sınırı Üst Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonu ile uyumsuzdur. Birimin kalınlığı 500-1400 m'ler arasında değişmektedir.

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

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

2.5 Himmetoğlu Formasyonu

Himmetoğlu formasyonu ilk kez Turgut ve Dümenci (1980) tarafından tanımlanmıştır. Formasyon, çalışma alanımızda Himmetoğlu köyünün güneyinden başlar, kuzeyde Aladağ tepe, Orman tepenin güneyine kadar uzanır ve Himmetoğlu köyünün doğusunda, Kocabelen tepenin güneyinden itibaren inceleme alanımızın dışına çıkar. Himmetoğlu köyü Aşağı mahalle, Orta mahalle ve Yukarı mahalle olarak üç ayrı mahalleye ayrılmıştır.

Birimin tip yeri Aşağı mahalle kuzeyi Ovaçaydere'dedir. Birimin tip kesiti de ilk kez Sonel vd. (1987) tarafından Ovaçaydere'de ölçülmüştür.

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonu, altan üste doğru marn ve çakıllı kumtaşlarıyla başlar ve üste doğru marn ve siltli marnlarla devam eder. Çalışma sahasında Himmetoğlu formasyonu, linyit türü kömür ve bitümlü kireçtaşı/bitümlü şeyl içermesiyle karakteristiktir (foto 2.5).



Foto 2.5 Himmetoğlu kömür işletmesinin batı kesiminin genel görünümü

Kömür ve bitümlü kayaçlar formasyonun orta seviyelerine yakın kısımlarda çökelmiştir. Himmetoğlu formasyonunda kömür ve bitümlü kayaçların en iyi yüzlek verdiği açık kömür ocağından ölçülü stratigrafik kesitler yapılmıştır (şekil 2.2. a,b,c, foto 2.6-2.7).

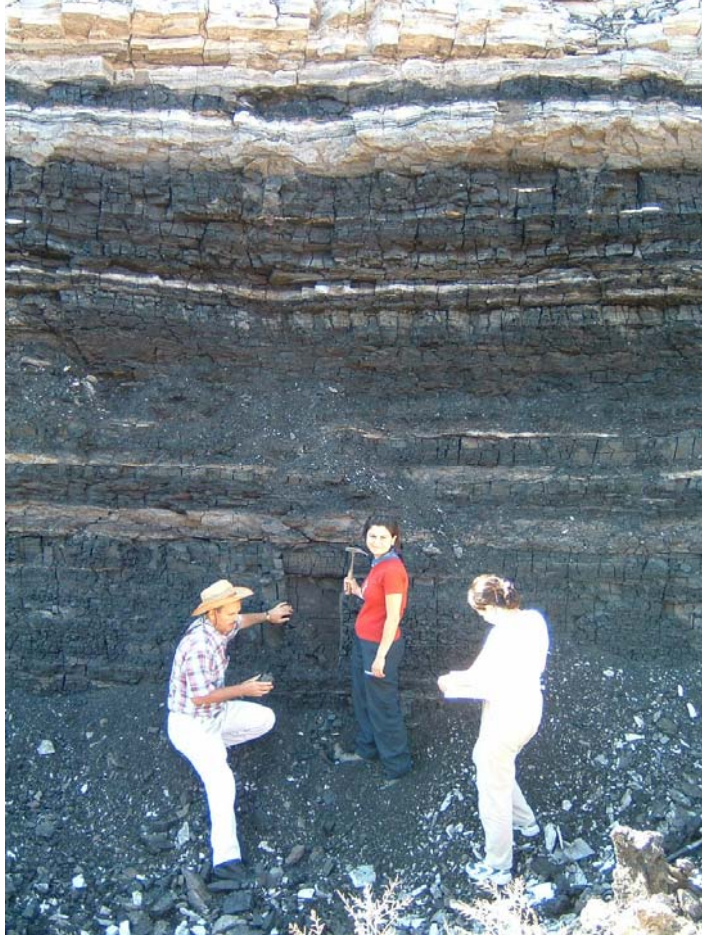


Foto 2.6 Himmetoğlu açık kömür işletmesinde örnekleme yapılan istif



Foto 2.7 Himmetoğlu açık kömür işletmesinde örnekleme yapılan istifin devamı

Şekil 2.2.a'da görülen ölçülü stratigrafik kesitte (ÖSK-1) birim tabanda 7 m kalınlığında siyah rekli ve kolay kırılğan bir kömürlü seri ile başlamaktadır. Kömürlü serinin üzerine 25 cm kalınlığında, yine siyah renkli organik madde içeriği oldukça yüksek olduğu görülen bitümlü kireçtaşı gelir. Bu bitümlü kireçtaşı üzerinde yine kolay kırılğan, siyah renkli ve kalınlığı 15 cm olan bir kömür bantı bulunur. Bu kömür bantı üzerine gelen yaklaşık 3 m'lik seri, kalınlıkları 5-45 cm arasında değişen göl ortamının daha çok sakin ve sellenmenin az olduğu dönemlerine karşılık gelen bir zaman diliminde depolandığı görülen bitümlü şeyl, bitümlü marn , kıltaşı ve ince kömür bantlarını içerir. Bu bölüm içerisinde yer alan şeyl, marn ve kıltaşlarının rengi, siyah, gri ve koyu yeşildir. Kömür üzerinde yer alan bu seri içerisindeki bitümlü şeyllerin kalınlıkları 5-55 cm'ler arasında değişmekte olup, siyah veya koyu gri renkleriyle organik madde içeriklerinin ne kadar yüksek olduklarını sergilemektedirler. Birimden yapılan organik jeokimyasal incelemelerde toplam organik karbon içeriklerinin 6,83 ile 57,16 % ağırlık arasında değişmesi ile Geç Miyosende havzadaki iklim şartlarının göl ortamında algal yaşamı destekleyen genellikle yağışlı ve nemli bir iklimin hüküm sürdüğünü söyleyebiliriz. Böyle iklimlerde göle sürekli bol oksijenli ve besince zengin ırmakların boşalması göldeki algal yaşamı destekleyici bir etki yapmıştır.

Gölün iyi oksijenlenen ve besince zengin üst bölümündeki canlı faaliyetinin bol olması ve göl derinliğinin de genellikle 100 m'nin altında olması gölün içerisinde bir tabakalanmaya yol açmıştır. Üst bölümde bir O₂'li zon yer alırken tabanda ise genellikle O₂'nin bulunmadığı bir suboksik/anoksik zon yer almıştır. O₂'li zondan tabana doğru batmaya başlayan ölü canlı leşleri (çoğunlukla algal malzeme) O₂'siz zon içerisine girdiğinde tabanda bulunan ve organik maddenin parçalanması sonucu açığa çıkan H₂S'ce zengin ve canlılar için zehirli sulara düşmekte ve burada killi sedimanlar arasına karışarak yüksek oranda korunum sağlanmaktadır. Himmetoğlu formasyonundaki bitümlü şeyllerin kalınlıklarının 55 cm'lere ulaşması bu zaman dilimindeki iklim koşulları ile göldeki jeolojik ve jeokimyasal koşulların ne kadar müsait olduğunu ortaya koymaktadır.

Bitümlü şeyllerin çökmesi esnasında çok kısa periyotlarla iklim koşullarında bazı salınımlar yaşanmış olup, böyle zamanlarda gölün gerek O₂ kaynağı ve gerekse fosfat ve nitratlar gibi besin kaynakları kesilmiş olup , böyle durumlarda ise kalınlıkları 10-30 cm arasında değişen kömür tabakalarını oluşturan ağaçsı/odunsu malzemeler taşınmış ve depolanmıştır.

Şekil 2.2.a'da görülen ÖSK-1'deki istife benzer bir stratigrafik dizilim, şekil 2.2.b'de ÖSK-2'de görülmektedir. Yine tabanda 7 m'lik bir kömür damarı vardır. Üzerine ise kalınlığı 5-45 cm kalınlığında bitümlü şeyl, 10-40 cm kalınlıklı kiltası-marn ile 8-30 cm kalınlıklı kömür ardalanmalı seviye gelmektedir.

Şekil 2.2.c'deki ÖSK-3 ile verilen ölçülü stratigrafik kesiti de yine açık kömür ocağında ölçülmüştür. Bu kesit tabanda 2 m'lik bir kömür damarı ile başlamaktadır. Kömür damarının alt seviyeleri görülemediği için kömürün gerçek kalınlığı ölçülememiştir. Bu kömür damarı üzerinde gölün derinleştiği ve anoksik şartların hüküm sürdüğü döneminde bol organik made içerikli bitümlü şeyller ile silttaş ve killi kumtaşları çökmüştür. Bu seviyenin üzerinde ise yine yaklaşık 2 m kalınlığa ulaşan ve aralarında ince marn tabakaları olan ikinci bir kömür damarı vardır. Tabandaki bu kömürlü seri üste doğru kalınlıkları 20-70 cm arasında değişen ince taneli bol gastropod fosilli yer yer killi kumtaş, kalınlığı 25-30 cm arasında değişen oldukça sert kömür bantlı, gastropod fosilli marnlar ile aralarında çok ince bitüm bantları olan bir paket yer alır. Bu paket üzerinde yer alan üçüncü bölüm içerisinde ise kalınlıkları 10-65 cm arasında değişen bol organik maddeli yer yer pirit sıvımalı koyu kahverenkli, kolay kırılabilir olan bitümlü seri yer almaktadır. Bu bölüm içerisinde ayrıca kalınlıkları 3-30 cm arasında değişen kömür tabakaları da yer almaktadır. Bu bölümde 5-12 cm kalınlığında siyah renkli silis bantları yer alır. Bu ölçülü stratigrafik kesitin en üst bölümünde ise kalınlıkları 30-140 cm arasında değişen bol gastropod fosilli, kahve- koyu gri renkli, yumrulu marn ve ince taneli kumtaşlarının yer aldığı bir bölüm yer alır. Kesitin son bölümlerinde yer alan marn ve ince taneli kumtaşlarında gastropod fosillerinin bozulmadan korunması, gerek kömür ve gerekse bitümlü seviyelere rastlanmaması, artık gölün yavaş yavaş dolmaya

başladığını, göldeki sığlaşmadan dolayı anoksik koşulların ortadan kalktığını ve gölün tamamının iyi oksijenlenen bir konumda olduğunu söyleyebiliriz.

Himmetoğlu formasyonunda bitümlü serinin üst bölümünde genellikle yeşil ve yeşilimsi renkli kilaşı ve marn ardalanmasından oluşan bir zon yer alır. Bu zonun alt seviyelerinde kahverenkli bitüm laminaları çok seyrekte olsa yer yer gözlenmektedir. Bu bölümde sıklıkla tuf seviyeleri ve diatomitli ve gastropodlu kilaşı ve marn seviyeleri gözlenmektedir.

Sarı'nın (1985) çalışmasına göre, Himmetoğlu formasyonunun, Üst Miyosende göl içerisindeki sedimantasyonu sırasında, Himmetoğlu Köyünün güneybatısındaki bir kaynaktan lav çıkışı olmuştur. Zaman zaman bu merkezden çıkarak etrafa yayılan lavlar göl tortulları içine karışarak malzeme vermiştir. Bu magmatik faaliyet marn, şeyl ve kilaşı gibi göl sedimanlarında termik pişmelere neden olmuş ve oldukça sert silisifiye bir özellik kazandırmıştır. Bu olaylar neticesinde birimler, mavi, yeşil, kiremit kırmızısı ve boz renklerde bir görünüm kazanmışlardır. Sıcak magmanın sulu bir ortamda aniden soğuması esnasındaki gaz çıkışları nedeniyle birimler boşluk kazanmış ve curufumsu bir görünüm almıştır.

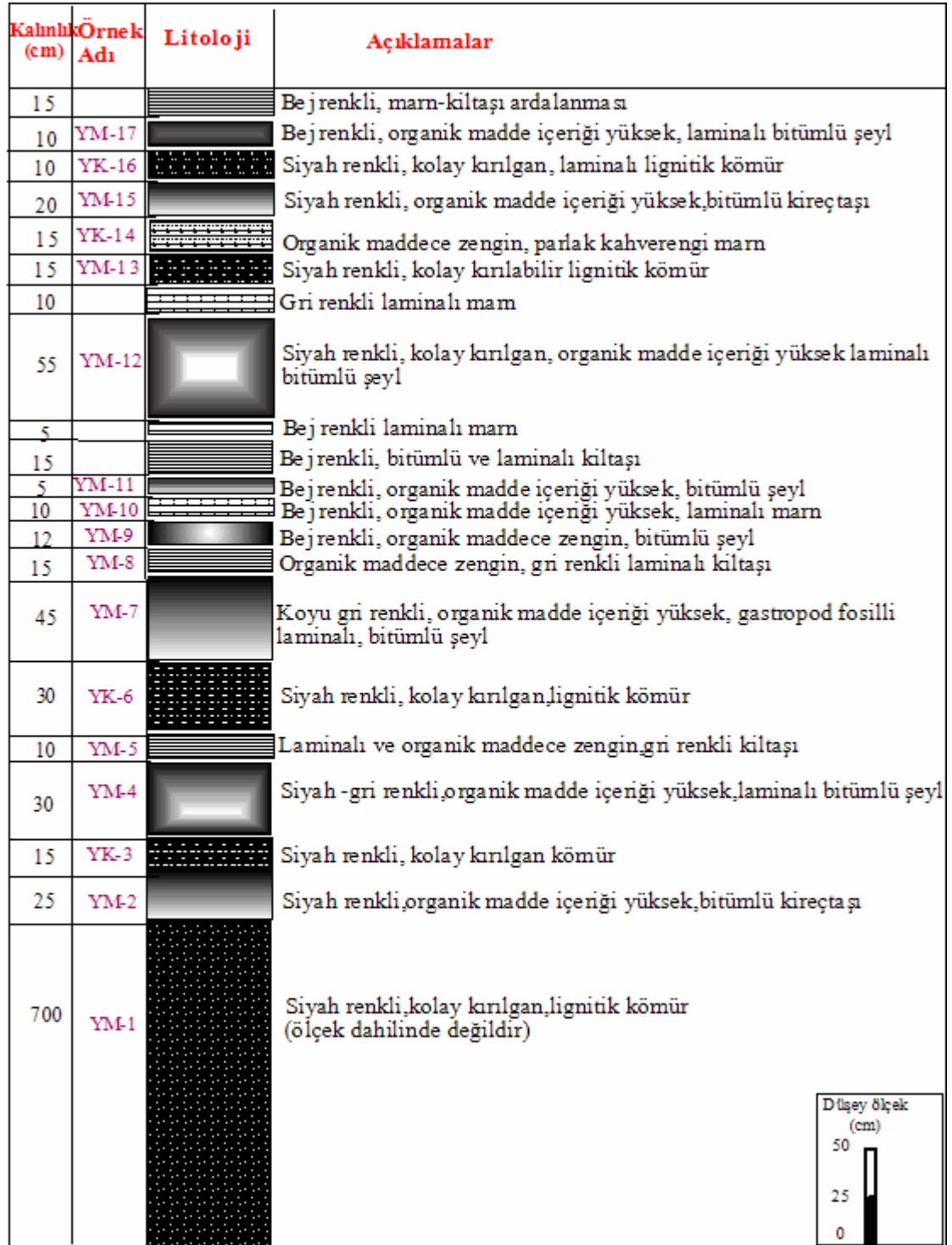
Himmetoğlu formasyonunun özellikle bitümlü litolojilerin bulunduğu kesimlerinde, dereceli tabakalanma ve laminasyon tabaka içi yapılarına rastlanmıştır. Laminalar bitümlü şeyl, şeyl tuf ve bitümlü marn, marn tuf şeklinde gelişen milimetrik ve ender olarak santimetrik ölçeklidir. Bazı farklı litolojilerde, oturma kayma yapıları, yük çökme yapıları ve alev yapıları gibi çökelmeyle yaşıt eğilme bükülme yapılarına rastlanmıştır. Bitümlü marn ve marn laminalarının olduğu kesimlerde 2-3 cm ile 10-15 cm arasında değişen oturma kayma yapıları bulunmaktadır. Çamurtaşı seviyeleri ve bunların üzerine gelmiş olan piroklastik seviyelerin arasında yük çökme yapılarına rastlanmıştır.

Formasyonun , Kayaboğazı kesiminde Kızılçay formasyonu üzerine açılal olarak geldiği görülmektedir. Birimin üstüne gelen alüvyonla ilişkisi de uyumsuzdur. Havza genelinde birimin kalınlığı 120-250 m'ler arasında değişmektedir. Himmetoğlu Köyü

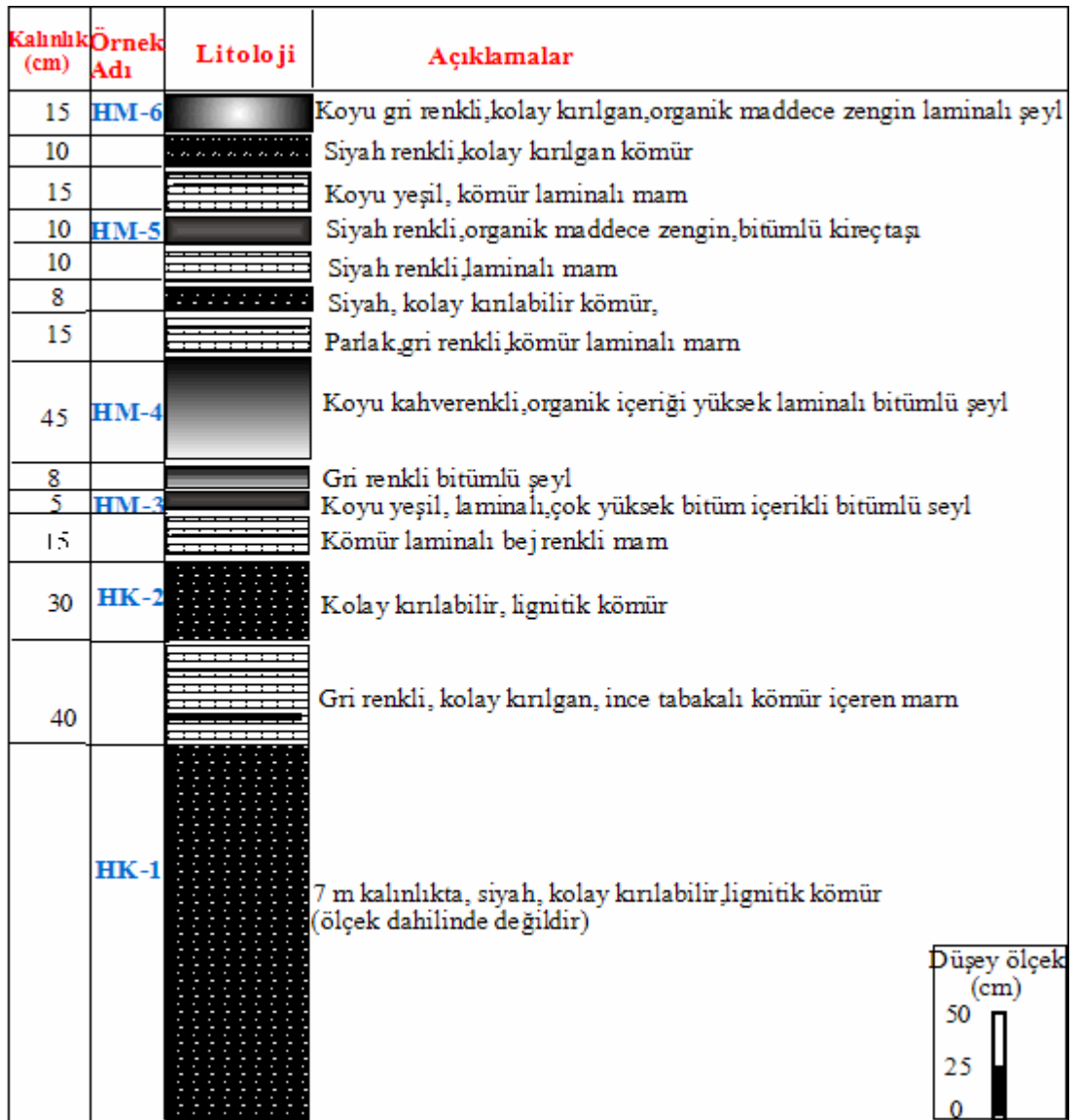
Aşağı mahalle kuzeyinde, Ovaçaydere'de ve Himmetoğlu açık kömür ocağında ise 208 m olarak ölçölmüştür (Sonel vd. 1987).

Formasyona Paleontolojik olarak yaş verilememiş olup Sonel vd. (1987) tarafından kömür örnekleri üzerinde yapılan palinolojik çalışmalara bağılı olarak Üst Miyosen yaşı verilmiştir.

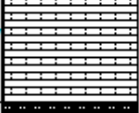
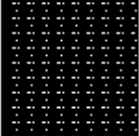
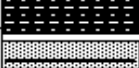
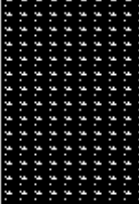
Himmetoğlu formasyonu, litolojik, sedimantolojik özelliklerine, yayılımına ve arazi gözlemlerine göre bir göl ortamında çökelmiştir.

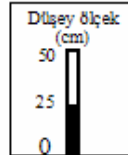


Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti a. (ÖSK-1)

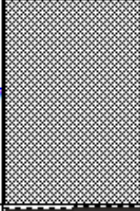


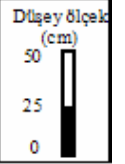
Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti b. (ÖSK-2)

Kalınlık (cm)	Örnek Adı	Litoloji	Açıklamalar
30	YG-20		Tabanda beyaz-krem renkli,üste doğru kömür katkısı artan,laminalı görünümlü oldukça sert,karbonat oranı yüksek,bol gastropod fosilli,killi,yer yer silis bantlı seviye (foto 2.27)
5			Koyu gri renkli,kolay kırılğan,altare olmuş,yumuşak,toprağimsi,kalkerli kumtaşı seviyesi
70	YG-19		Beyaz renkli,gastropod fosilli,killi,kolay kırılğan,laminalı görünümlü kumtaşı (foto 2.26)
15	YG-18		Koyu gri renkli,laminalı,organik maddece zengin bitümlü şeyl (foto 2.25)
60	YG-17		Krem renkli,10 cm kalınlığında silis bantları olan,killi,karbonatlı,sert,gastropod fosilli,bitki fosilli,kömür kırıntılı marn (foto 2.24)
25	YG-16		Kahve,siyah renkli,kolay kırılğan,killi,gastropod fosilli,pirit sıvımalı kömür (foto 2.23)
20	YG-15		0,5-2 cm'lik kömür bantları olan,gastropod fosilli,kömür ince taneli-kumtaşı aralanması (foto 2.22 gastropodlar)
30	YG-13 YG-14		Kolay kırılğan,kahverenkli,bitki fosilli,kömür sıvımalı ince kumtaşı
70	YG-12		Kolay kırılğan,alt seviyeleri kahverengi,kil sıvımalı,üst seviyeleri siyah renkli,çatlaklı,kolay kırılğan kömür (foto 2.21)
25	YG 10-11		Beyaz,krem renkli,marn-kömür aralanması, kömürler kahverengi mat görünümlü,kil içertisi yüksek,(11-aynı seviyeden alınan kömürlü istif) (foto 2.19, 2.20)
35	YG-9		Kolay kırılğan,çatlaklı,siyah renkli,kil içertili kömür (foto 2.18)
10	YG-8		Kolay kırılğan,killi,açık kahverengi,çatlaklı kömür seviyesi (foto 2.17)
60	YG-7		Siyah renkli,kolay kırılğan,üst seviyeleri kahverengi, oldukça sert, çatlaklı,kükürt sıvımalı,kırık yüzeyli,parlak kömür (foto 2.15, 2.16)
3	YG-6		Krem renkli,kolay kırılğan1-2 mmlik 0,5 cm çaplı kömür yumrulu, ince taneli kumtaşı (foto 2.14)
30	YG-5		Siyah renkli kolay kırılğan, mat görünümlü, kükürt sıvımalı,kömürlü seviye (foto 2.13)
10	YG-4		Koyu gri renkli,marn yumrulu 1-2 mm kalınlıkta kömür bantlı, kolay kırılğan killi kumtaşı (foto 2.12)
27	YG-3		Kolay kırılğan ,yaprağimsi,mat görünümlü kömür (foto 2.11)
17	YG-2		Kolay kırılğan, çatlaklı, bitki izli silttaşı (foto 2.10)
200	YG-1		Kolay kırılğan,parlak,çatlaklı,sülfür emareli,detritik görünümlü kömür (foto 2.8, 2.9) (ölçek dahilinde değildir)

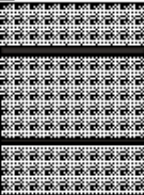
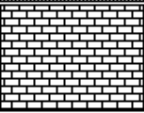
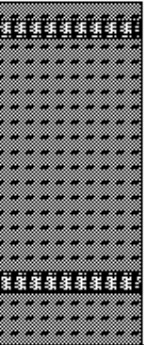


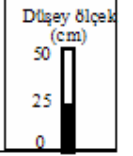
Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti c.(ÖSK 3)

Kalınlık (cm)	Örnek Adı	Litoloji	Açıklamalar
20	YG-34		Koyu gri, kolay kırılğan, laminalı, organik maddece zengin, bitki fosilli bitümlü şeyl (foto 2.45)
80	YG-33		Açık kahverenkli, karbonat içertisi yüksek, oldukça sert, yer yer bitki fosilli, pirit sıvama, gastropodlu, kömür yumrulu mam (foto 2.43-2.44)
65	YG-32		Koyu kahverengi, laminalı, kolay kırılğan, yer yer pirit sıvama, organik maddece zengin bitümlü şeyl (foto 2.41- 2.42)
30	YG-31		Açık kahverengi, bitki fosilli, gastropodlu, karbonat oranı oldukça yüksek marn
3			Yaprağımsı, laminalı, koyu siyah kömür bandı
45	YG-30		Koyu kahverenkli renkli, silisli, karbonat içeriği yüksek, bol gastropodlu, yer yer kömür yumrulu, karbonatlı kumtaşı (foto 2.39 genel; foto 2.40 gastropod)
90	YG-27 28-29		Açık kahve-krem renkli, alt seviyeleri 15 cm kalınlıkta, silis bantlı, karbonat oranı yüksek, gastropodlu, pirit sıvama, koyu yeşil marn-ince taneli kumtaşı üste doğru kil oranı yükselir, kıltaşı-mam özelliği kazanır (27:alt;28:orta;29:üst seviye) (foto 2.36-37: genel, 2.38: kil oranının arttığı seviye)
10	YG-26		Koyu kahverenkli, yer yer kil içertili, bitüm oranı az, laminalı, gastropodlu bitümlü şeyl (foto 2.35 laminalı seviye)
30	YG-25		Siyah renkli, kolay kırılğan, parlak görünümlü, pirit sıvama, çatlaklı kömür (foto 2.33, foto 2.34: kömür üzerine gelen bitümlü şeyl)
12	YG-24		Siyah renkli, silisli seviye (foto 2.31 silisli seviye)
40	YG-23		Tabanda koyu kahverenkli, kömür bantlı, kolay kırılğan, gastropod fosilli, ince taneli kumtaşı, üste doğru kömür miktarı artar (foto 2.30 kömür bantları)
15	YG-22		Siyah renkli, parlak, kolay kırılğan, kükürt-pirit sıvama kömür (foto 2.32)
35	YG-21		Oldukça sert, koyu gri renkli, laminalı görünümlü, organik maddece zengin, çatlaklı, yer yer kil sıvama, bitümlü şeyl seviyesi (foto 2.27, 2.28)



Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti c.(ÖSK 3) (devam)

Kalınlık (cm)	Örnek Adı	Litoloji	Açıklamalar
30	YG-38		Koyu gri renkli,kolay kırılan,marn yumrulu,ince taneli kumtaşı
80	YG-37		Açık kahverengi,yer yer laminalı,gastropodlu,bitki kalıntılı, 1-2 mm'lik bitümlü şeyl bantlı,1-2 cm çaplı silis yumrulu ince taneli kumtaşı
40	YG-36		Kolay kırılan,yaprağımsı,kahverengi,gastropodlu, bitki kırıntılı marn (foto2.49)
140	YG-35		Açık kahverenkli,yer yer mam yumrulu,karbonat oranı yüksek,gastropod fosilli,bitki fosilli,3-4 cm çapında çört yumrulu ince taneli kumtaşı- mam (foto 2.46-2.47 bitki fosili,çört yumrusu)



Şekil 2.2 Himmetoğlu formasyonunun ölçülü stratigrafik kesiti c.(ÖSK 3) (devam)

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.8 ÖSK –3, YG-1



Foto 2.9 ÖSK –3, YG-1



Foto 2.10 ÖSK –3, YG-2



Foto 2.11 ÖSK –3, YG-3



Foto 2.12 ÖSK –3, YG-4



Foto 2.13 ÖSK –3, YG-5

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.14 ÖSK –3, YG-6



Foto 2.15 ÖSK –3, YG-7



Foto 2.16 ÖSK –3, YG-7



Foto 2.17 ÖSK –3, YG-8



Foto 2.18 ÖSK –3, YG-9



Foto 2.19 ÖSK –3, YG-10,11

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.20 ÖSK –3, YG-10,11



Foto 2.21 ÖSK –3, YG-12



Foto 2.22 ÖSK –3, YG-15



Foto 2.23 ÖSK –3, YG-16



Foto 2.24 ÖSK –3, YG-17



Foto 2.25 ÖSK –3, YG-18

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.28 ÖSK -3, YG-21



Foto 2.29 ÖSK -3, YG-21



Foto 2.30 ÖSK -3, YG-23



Foto 2.31 ÖSK -3, YG-24

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.32 ÖSK –3, YG-24



Foto 2.33 ÖSK –3, YG-25



Foto 2.34 ÖSK –3, YG-25



Foto 2.35 ÖSK –3, YG-26



Foto 2.36 ÖSK –3, YG-27, 28, 29



Foto 2.37 ÖSK –3, YG-27, 28, 29

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.38 ÖSK –3, YG-27, 28, 29



Foto 2.39 ÖSK –3, YG-30



Foto 2.40 ÖSK –3, YG-30



Foto 2.41 ÖSK –3, YG-32



Foto 2.42 ÖSK –3, YG-32



Foto 2.43 ÖSK –3, YG-33

Foto 2.8-2.49 ÖSK 3'e ait seviyelerin fotoğrafları



Foto 2.44 ÖSK –3, YG-33



Foto 2.45 ÖSK –3, YG-34



Foto 2.46 ÖSK –3, YG-35



Foto 2.47 ÖSK –3, YG-35



Foto 2.48 ÖSK –3, YG-35



Foto 2.49 ÖSK –3, YG-36

2.6 Kuvaterner

Kuvaterner birimleri olarak dere yataklarını dolduran alüvyonlar ele alınmıştır. Çalışma alanında, Ovaçaydere ve Bölücekova dereleri ile Mehmetağa çayının birleşerek Hamamboğazı deresine ulaştıkları bölgede yer almakta olup ayrıca havza sınırları içinde yer alan Aşağı Mahalle'nin doğusunda da net olarak gözlenebilmektedir.

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.

3. ORGANİK JEOKİMYA

3.1 Bitümlü Şeyl Tanımlamaları

Sedimanter kayaçların biyogenik bileşenleri olarak tanımlanabilen “organik madde” genellikle kayaçlar içinde saçılmış olarak bulunur (Miles 1989). Organik jeokimyasal parametreler dikkate alındığında organik kayaçları oluşturan organik madde, bitüm ve kerojen olarak iki grupta toplanır. “Bitüm” organik kayaçlar içinde çözülebilen organik madde olup “kerojen” ise çözünemeyen organik maddedir (Tissot and Welte 1984).

Bitüm, şeylden ekstraksiyon gibi bir işlemle kolayca uzaklaştırılabilmesine rağmen, kerojenin şeylden ayrılması bitüm kadar kolay olmamaktadır ve ısıtma işlemine ihtiyaç vardır. Organik kayaçlar, kömürler, petrolü şeyller (oil shale), bitüm emprenye olmuş kayaçlar ve katranlı kumlar olmak üzere dört grupta toplanmıştır (Hutton 1987). Literatürde yaygın olarak “oil shale” olarak kullanılan kayaçlar ülkemizde ise yaygın olarak bitümlü şeyl olarak kullanılır.

Petrografik özelliklerine göre organik kayaçları oluşturan üç tip kerojen tanımlanmıştır (Tissot and Welte 1984). I.Tip kerojenler, genellikle yüksek oranda alkanlar ve yağ asitleri içerirler. Bu tip kerojenlerin H/C oranı yüksek olup algal kerojenler olarak da adlandırılırlar. Bu kerojenler, lignin ve selüloz içermeyen fitoplanktonlardan oluşurlar ve petrol-gaz oluşturma potansiyelleri yüksektir. II. Tip kerojenler, yağ ve mumsu maddeden oluşan lipid bileşenlerinden meydana gelir. Özellikle polen parçalarının dışını örten mumlu kısımlar, sporlar ve yaprakların oluşturduğu bu tip kerojenlerin H/C oranı düşük olup, gaz-petrol oluşturma potansiyeli I.Tip kerojene göre daha düşüktür. III.Tip kerojen odunsu bitkilerin yüksek oranda içerdiği oksijen bakımından zengin lignin ve selülozun bozunmasıyla oluşur. O/C oranı yüksek olup kömürlerin çoğu bu tip kerojenlerden oluşmuştur. H/C oranı ise düşüktür ve petrol oluşturma potansiyeli orta düşük düzeyde olup çok derinlerde gaz oluşturabilir. Bunların dışında kalan ve IV.Tip kerojen olarak tanımlanan kerojenler ise çok fazla oksidasyon koşulları altında kalan, önceki

depolanma ortamından aşınarak yeniden bir araya gelen değişik kökenli organik maddelerdir ve jeokimyasal incelemelerde önem arzetmezler.

Tissot'un sınıflamasındaki kerojen tipleri, kömür maseralleriyle yorumlandığında, Tip I, alginit; Tip II, eksinit ve sporinit; Tip III, vitrinit ve Tip IV, inertinit olarak isimlendirilir ve çoğu kez alginit ve eksinit ve sporinit maseralleri birlikte liptinit grubu altında tanımlanır.

3.2 Kömür Tanımlamaları

Kömürü yapan ana element karbondur. Bu nedenle oluşumu karbon çevrimine çok bağlıdır. Kömürleşme derecesi arttıkça karbon yüzdesinin arttığı, oksijen yüzdesinin ise azaldığı saptanmıştır.

Kömürleşmede genelde iki evre benimsenir. Birinci evre, biyokimyasal evre olup turbalaşma; ikinci evre başkalaşma evresi olup kömürleşmedir.

Turbanın jeolojik ve kimyasal etmenlerin etkisi ile çeşitli derecedeki kömürlere, linyit yarıbitümlü-bitümlü kömürlere antrasit ve metaantrasite dönüşmesine “kömürleşme” denir. Kömürlerdeki Vitrinit maseralinin kimyasal ve optik özellikleri, kömürleşme sürecinde diğer yapıcılardan daha düzenli bir değişim gösterir. Bu nedenle kömürlerin derecesini saptamada vitrinit özelliklerindeki değişimler kullanılabilir. Kömür derecesi yükseldikçe vitrinit bileşiminde oksijen ve uçucu madde oranı azalır, buna karşılık aynı oranda karbon oranı artar. Hidrojen başlangıçta artar daha sonra düşer. Kok kömüründen antrasite doğru karbon oranı nispeten az miktarda artarken uçucu madde oranı hızla düşer. Bu arada vitrinitlerde yansıtma özelliği hızla büyür. Bunun nedeni hüminlerin aromataşmasının hızlanmasıdır.

3.3 Petrol Kaynak Kaya Fasiyesleri

Potansiyel kaynak kayaların belirlenmesi için, katı organik madde ile ilgili organik madde miktarı, organik madde tipi, organik maddenin olgunlaşma düzeyi belirlenir ve

bunun için çeşitli organik jeokimyasal ve organik petrografik analizler yapılır. Organik jeokimyasal analizlerin yardımıyla tortul havzalarda oluşan ve organik madde içeren istiflerin jeolojik devirler boyunca petrol ve/veya gaz üretilip üretilmediği anlaşılmaktadır.

Farklı kerojen tipleri farklı sıcaklıklarda petrol türümüne başlamaktadırlar. Bu durum, kerojenin farklı kimyasal kompozisyonundan, dolayısıyla farklı aktivasyon enerjisine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Tip I kerojenler kuvvetli C-C bağlarına sahip olduklarından petrol oluşumu için gerekli aktivasyon enerjileri yüksektir. Tip II kerojenlerde ise zayıf bağlarla birbirine bağlanan C-N, C-S ve C-O bağları vardır ve gerekli aktivasyon enerjileri daha düşüktür. Bu nedenle Tip II kerojenler en önce petrol türümüne başlar, bunu Tip III ve Tip I kerojenler takip eder.

3.4 Bitümlü Şeyl ve Kömür Birlikteliği ve Ortamsal Yorum

Bitümlü şeyl oluşumu genellikle, göl ortamında yaşayan alglerin ve buraya çeşitli etkenlerle karadan taşınan spor ve polenlerin inorganik materyalle birlikte çökmesi sonucunda gerçekleşmektedir. Bitümlü şeyl ve kömür oluşumu karşılaştırıldığında bitümlü şeyllerin petrole daha yakın bir oluşum sergilediği görülmektedir.

Bitümlü şeylleri çökme ortamlarına göre; göl ortamları, sığ denizel ortamlar, bataklık ortamları ile bağlantılı küçük göl ve lagünler olarak üç grupta toplamak mümkündür. Çalışma alanımız olan Miyosen Himmetoğlu sahasındaki kömür ve onlarla ardalanmalı olan bitümlü şeyllerden oluşan organik kayaçları, bataklık ortamları ile bağlantılı küçük göllerde çökelen kayaçlara örnek teşkil etmektedir. Bu tür ortamlarda çökelen bitümlü şeyller genellikle kömür çökelleri üzerinde ve onlarla ardışıklı olarak bulunmaktadır.

Çalışma alanına ait örneklerde saptanan spor, polen ve alg türleri ile yapılan ortam karakteristiklerinde Himmetoğlu formasyonunun bir göl ortamında çökeldiği belirlenmiştir. Saptanan spor ve polen türlerinin bataklık ortamı, kıyı bataklığı, nehir

yatağı ve nehir düzlüğü ormanlarını, alg türlerinin ise tatlı-acı-tuzlu göller ve kıyı bataklığı ortamlarını belirttiği saptanmıştır (Bulkan 2003).

Himmetoğlu baseninde Bataklığın suya açık alanında ya da bataklığın tektonik olarak çökmesiyle göl ortamı oluşmuş ve çökelim gerçekleşmiştir. Göldeki su derinliğinin az olması ve ışığın etkisine bağlı olarak sıcaklığın artması, suyun üstündeki oksijenli bölümde yaşayan alglerin çoğalmasını sağlamıştır.

Gölün mevsimsel döngülere bağlı olarak, özellikle yaz aylarında ırmak, nehir ya da dere sularınca yeterince beslenmemesi göle taşınan ve gölde yaşayan başta alg gibi mikro canlıların hayati ihtiyaçları olan çözünmüş O_2 ve fosfat ve nitratlarca zengin besin maddelerince fakirleşmesine yol açmaktadır. Gölde eksilen O_2 ve besin maddesi alg gibi mikrocanlıların kitlesel halde ölmelerine ve göl tabanına düşmelerine yol açar. Göl tabanına düşen ve sudaki devam eden killi sedimantasyonla eş zamanlı olarak gömülen organik maddeler göl tabanında yaşayan anaerobik bakteri faaliyetleri neticesinde dekompozisyona uğrar ve parçalanır. Bunun sonucunda organik parçalanma gerçekleşir ve başta CO_2 olmak üzere basit moleküller oluşmaya başlar. Bu olayların daha ileri aşamasında ise göl tabanında H_2S gazı oluşumu artar ve göldeki canlıların yaşaması için olumsuzluk teşkil eder. H_2S gazı canlılar için zehirleyici/öldürücü etki yapar. Bunun sonucunda göl tamamen anoksik hale geçebilir. Gölün anoksikliğinin devam ettiği süre içerisinde göldeki bitümlü şeyl oluşumu için elverişli olan sapropelik çamur oluşumları devam eder. Daha sonra mevsimsel döngüye bağlı olarak yağışların başlaması ile göle boşalan nehir/ırmak ya da dere sularının bollaşması ile göldeki anoksiklik sona erer ve göl tekrar canlıların yaşamasına uygun hale dönüşür. Gölün iyi oksijenlendiği bu dönem içerisinde ise gölde turbalaşma ve kömürleşme olayları başlar.

Bölgesel neotektoniğe uygun olarak havza kenarlarında yükselmeler gelişerek erozyonun başlaması sonucunda ortama bol miktarda karasal organik madde (yüksek bitkiler, ağaçlar vs.) gelişi sağlanmıştır. Derinliğin arttığı güneydoğu kesimde linyit ve bitümlü kayaçların gerek kalınlık gerekse kalitelerinin düşmesi ve mineral parajenezlerindeki zonlanmalar karasal organik madde kaynak alanının kuzeybatıda

yeraldığının bir göstergesidir. Linyit oluşumu esnasında artan CO₂ konsantrasyonu ortamdaki alglerin fotosentezini kolaylaştırmış ve hızla çoğalmalarını sağlamıştır. Uygun yaşama ortamında hızla çoğalan alglerin hızlı CO₂ tüketimi sonucu ortam PH'ında değişimler gerçekleşmiştir. Ortam kimyasındaki bu değişikliklerin yanısıra bölgesel volkanizma kaynaklı piroklastik malzeme gelişinin başlaması ile alglerin yaşamsal aktiviteleri olumsuz etkilenerek organik çamur çökelişi başlamıştır.

Türkiye'de ki özellikle Orta ve Batı Anadolu'da yer alan Neojen yaşlı bitümlü şeyl ve kömür oluşumları Türkiye'nin Neotektonik gelişimi tarafından denetlenmiştir.

4. ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELER

4.1 Çalışma Yöntemleri

4.1.1 Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları; Haziran 2004 ve Temmuz 2005 tarihlerinde olmak üzere iki ayrı dönemde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sürecinde, inceleme alanının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası revize edilmiştir.

Çalışma alanının asıl konusunu oluşturan Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü şeyller, en iyi gözlemlendikleri Himmetoğlu açık kömür ocağında incelenerek örneklenmişlerdir. Açık kömür ocağında yapılan ölçülü stratigrafik kesitlerde kömürlü istif ve aralarında ardalı olarak yer alan bitümlü şeyllerde jeolojik incelemeler yapılmış ve çeşitli fotoğraflar alınmıştır.

4.1.2 Laboratuvar çalışmaları

Miyosen Himmetoğlu formasyonu organik kayaçlarından alınan örnekler üzerinde, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) laboratuvarlarında; Leco, Piroliz, Gaz Kromatografi ve Organik Petrografik analizler gerçekleştirilmiştir (şekil 4.1, çizelge 4.1).

Formasyondan alınan 23 adet kömür ve bitümlü kayaç örnekleri üzerinde Rock Eval-2 piroliz analizi yapılmıştır.

Piroliz süresince sırayla, serbest kalan hidrokarbonlar S_1 ; kerojenin ısınmasıyla deney sırasında açığa çıkan hidrokarbonlar S_2 ; S_2 pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık T_{max} ve 600 °C’de yanmayla açığa çıkan CO_2 gazının ölçülmesiyle de S_3 değerleri 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.

HI ile Tmax değerleri grafik yardımıyla kullanılarak kerojen tipi tayin edilir.

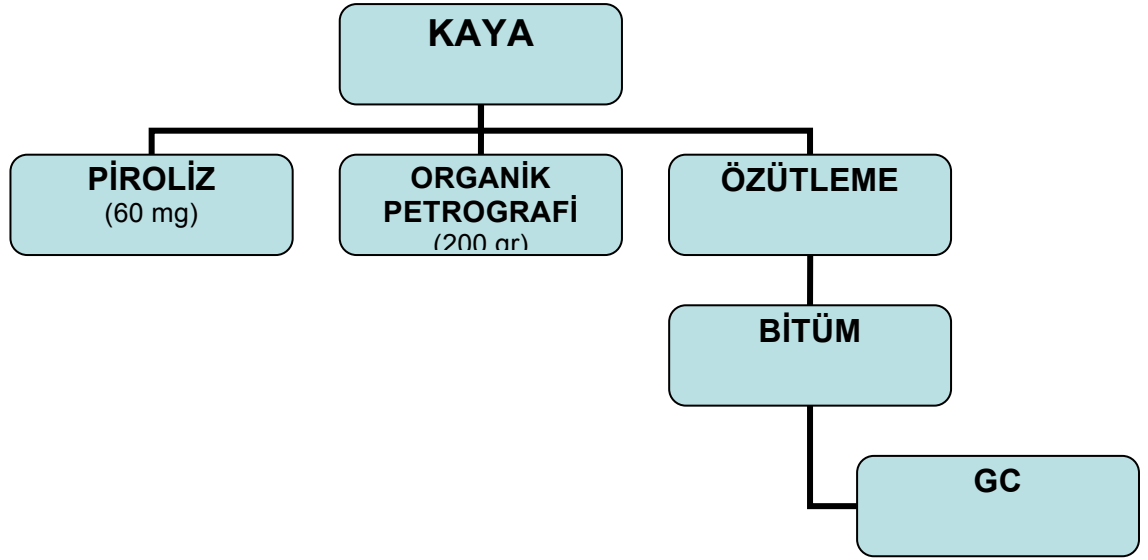
S_3 / TOC (%) değeri; oksijen indeksini (OI),

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

Organik petrografik incelemeler, kayaçlar içindeki ilksel organik maddenin fiziksel ve optik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Kırılmış numuneler asit ve çözeltiler yardımıyla inorganik bileşenlerinden ayrılır ve üstten-alttan aydınlatma mikroskoplarında çalışılacak hale getirilir. Bu incelemeler, Miyosen Himmetoğlu formasyonunun 5 adet örneğinde, LEITZ MPV-2 orthoplan transmitted light mikroskobunda yapılmıştır ve organik materyalin tipi, % bolluğu, ve olgunlaşma parametreleri belirlenmiştir.

Gaz kromatografi tekniği, petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımlarını görmek amacıyla yapılır. Kromatogramlardaki pik dağılımlarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır.

Gaz kromatografi analizleri, (TPAO) laboratuvarında bulunan ve bitümlü kayaç numunelerinden alınan petrol miktarını belirlemede kullanılan standart retort cihazında hazırlanan özütlerde gerçekleştirilmiştir. Özütleme, Soxhlet ekstraktörü cihazında yapılan deneyle bitümlü şeyl içindeki sıvı hidrokarbonun damıtılmasıyla sağlanmıştır. Cihazda retortlama işlemi, paslanmaz çelikten yapılmış on adet kap vasıtasıyla yapılmıştır. Herbiri 100 gr numune alan bu kaplar, ürün toplama kabının üzerine yerleştirilmiştir. Kaplar belirli sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra numunelerden elde edilen sıvılar cam tüpte toplanmıştır. Doymuş HC fraksiyonları Agilent 6890 gaz kromatograf ile analiz edilmiştir.



Şekil 4.1 Organik Jeokimyasal analizlerin şematik gösterimi

Çizelge 4.1 Himmetoğlu formasyonuna ait örneklerde gerçekleştirilen analizler

Örnek No.	TOC	Piroliz	Org.Pet.	GC
YM-17	X	X	X	X
YK-16	X	X		
YM-15	X	X		
YM-14	X	X		
YK-13	X	X		
YM-12	X	X		
YM-11	X	X		
YM-10	X	X		
YM-9	X	X	X	
YM-8	X	X		
YM-7	X	X		
YK-6	X	X		
YM-5	X	X		
YM-4	X	X		
YK-3	X	X		
YM-2	X	X	X	
YK-1	X	X		
HK-1	X	X		
HK-2	X	X		
HM-3	X	X		
HM-4	X	X	X	X
HM-5	X	X	X	X
HM-6	X	X		

4.2 Oganik Madde Miktarı ve Kaynak Kaya Potansiyeli

4.2.1 Toplam organik karbon (TOC) miktarları

Toplam organik karbon içeriği (TOC, wt %), genellikle kaya içerisindeki kerojen ve bitüm miktarının yüzde ağırlık cinsinden göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bir kayanın kaynak kaya olabilmesi için içermesi gereken en az toplam organik karbon (TOC) miktarı, şeyller için % 0,5; karbonatlı kayalar için % 0,3 olarak kabul edilmektedir (Tissot ve Welte). Değişik araştırmacılar, organik karbon yüzdelere göre kaynak kayaları değişik şekillerde sınıflamışlardır (çizelge 4.2).

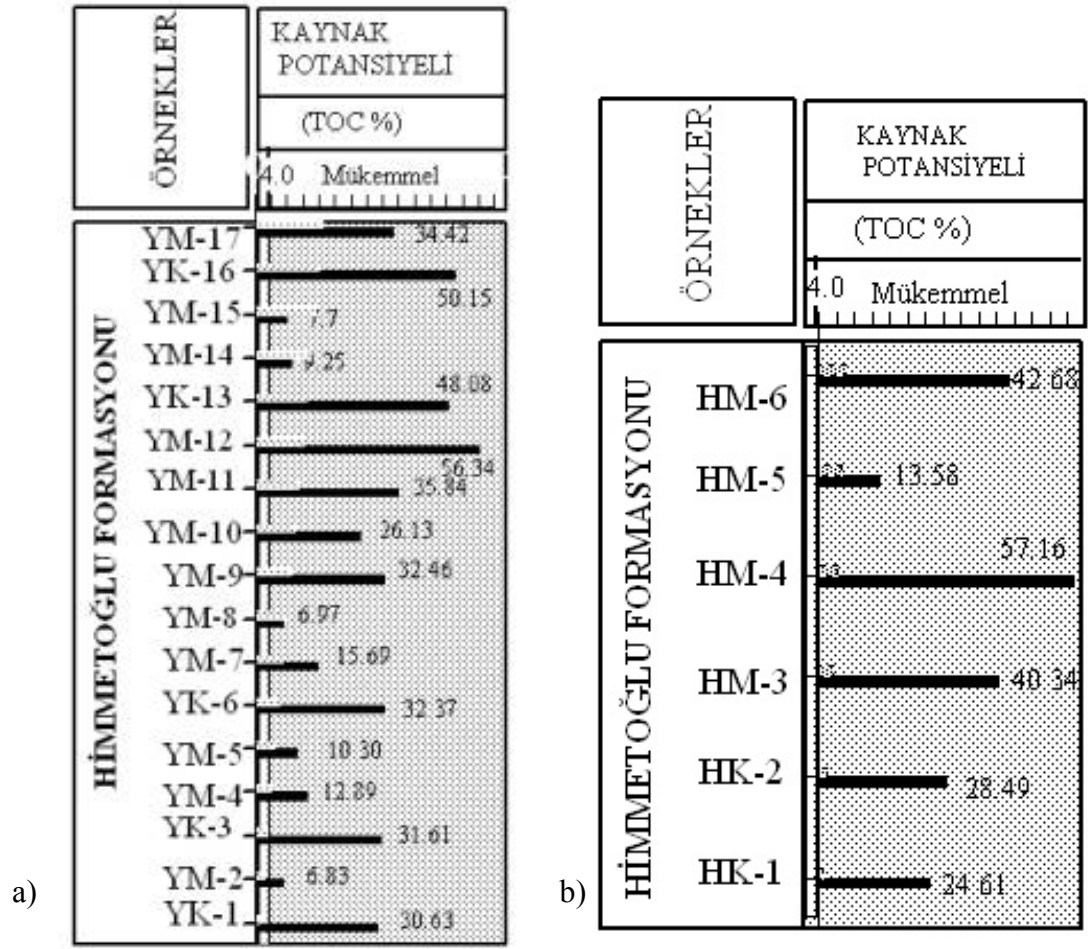
Çizelge 4.2 Farklı araştırmacılar tarafından belirlenen TOC sınır değerleri ve kaynak kaya sınıflaması a.

Tissot and Welte (1984)		Jarvie (1991)	
Toplam Organik Karbon (TOC %)	Kaynak Kaya Potansiyeli	Toplam Organik Karbon (TOC %)	Kaynak Kaya Potansiyeli
0.1-0.5	zayıf	< 0.5	yetersiz
0.5-1.0	Orta	0.5-1.0	Orta
1.0-2.0	İyi	> 1,0	yeterli
2.0-10.0	zengin		

Çizelge 4.2 Farklı araştırmacılar tarafından belirlenen TOC sınır değerleri ve kaynak kaya sınıflaması b.

Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
Toplam Organik Karbon (TOC %)	Kaynak Kaya Potansiyeli	Toplam Organik Karbon (TOC %)	Kaynak Kaya Potansiyeli
< 0,5	Zayıf	< 0,5	Zayıf
0,5-1,0	Orta	0,5-1,0	Orta
1,0-2,0	İyi	1,0-2,0	İyi
> 2	Çok iyi	2,0-4,0	Çok iyi
		>4,0	Mükemmel

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların organik madde miktarı 6.83 ile 57.16 % ağırlık arasında (şekil 4.2.a,b). Organik madde miktarına göre bitümlü kayaçlar, Tissot ve Welte (1984)'e göre zengin; Jarvie (1991)'e göre yeterli; Peters (1986)'a göre çok iyi ve Peters ve Cassa (1994)'e göre mükemmel kaynak potansiyeline sahiptir. Formasyona ait kömürlerin organik madde miktarı ise 24,61 ile 50,15 wt % arasında değişmekte olup (şekil 4.2.a,b), bu değerler kömürlerin, bitümlü şeyillerle aynı kaynak potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (çizelge 4.3).



Şekil 4.2 Toplam organik karbon ve kaynak kaya potansiyel değerleri

YM: Bitümlü kayaç; YK: Kömür

HM: Bitümlü kayaç; HK: Kömür

Çizelge 4.3 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin TOC değerleri ve yorumlamaları

Himmetoğlu Formasyonu		Kaynak Kaya Potansiyeli			
ÖSK-1	TOC	Tissot and	Jarvie	Peters	Peters and
Örnek Adı	(wt.%)	Welte (1984)	(1991)	(1986)	Cassa (1994)
YM-17	34.42	Zengin	Yeterli	Çok iyi	Mükemmel
YK-16	50.15	“	“	“	“
YM-15	7.70	“	“	“	“
YM-14	9.25	“	“	“	“
YK-13	48.08	“	“	“	“
YM-12	56.34	“	“	“	“
YM-11	35.84	“	“	“	“
YM-10	26.13	“	“	“	“
YM-9	32.46	“	“	“	“
YM-8	6.97	“	“	“	“
YM-7	15.69	“	“	“	“
YK-6	32.37	“	“	“	“
YM-5	10.30	“	“	“	“
YM-4	12.89	“	“	“	“
YK-3	31.61	“	“	“	“
YM-2	6.83	“	“	“	“
YK-1	30.63	“	“	“	“
ÖSK-2	TOC	Tissot and	Jarvie	Peters <i>et al.</i>	Peters and
Örnek Adı	(wt.%)	Welte (1984)	(1991)	(1986)	Cassa (1994)
HM-6	42,68	Zengin	Yeterli	Çok iyi	Mükemmel
HM-5	13,58	“	“	“	“
HM-4	57,16	“	“	“	“
HM-3	40.34	“	“	“	“
HK-2	28,49	“	“	“	“
HK-1	24.61	“	“	“	“

YM :Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM : Bitümlü kayaç; HK : Kömür

Yalnız başına, organik karbon miktarı potansiyel petrol kaynak kayalarını belirlemek için yeterli değildir. Örneğin “gaz oluşturmaya yatkın” karasal organik maddeler ya da daha önceki sedimanter döngüyle yeniden işlenen organik maddeler eski denizel sedimentlerde yanıtıcı olarak yüksek seviyede organik karbon meydana getirirler. Yüksek organik karbon içeriği zorunlu olarak potansiyel petrol kaynağına eşdeğer değildir. Bu nedenle diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmesi gerekir. Piroliz analizinden elde edilen S_1 ve S_2 değerleri potansiyel kaynak kayalarını belirlemede önemli olan diğer parametrelerdir.

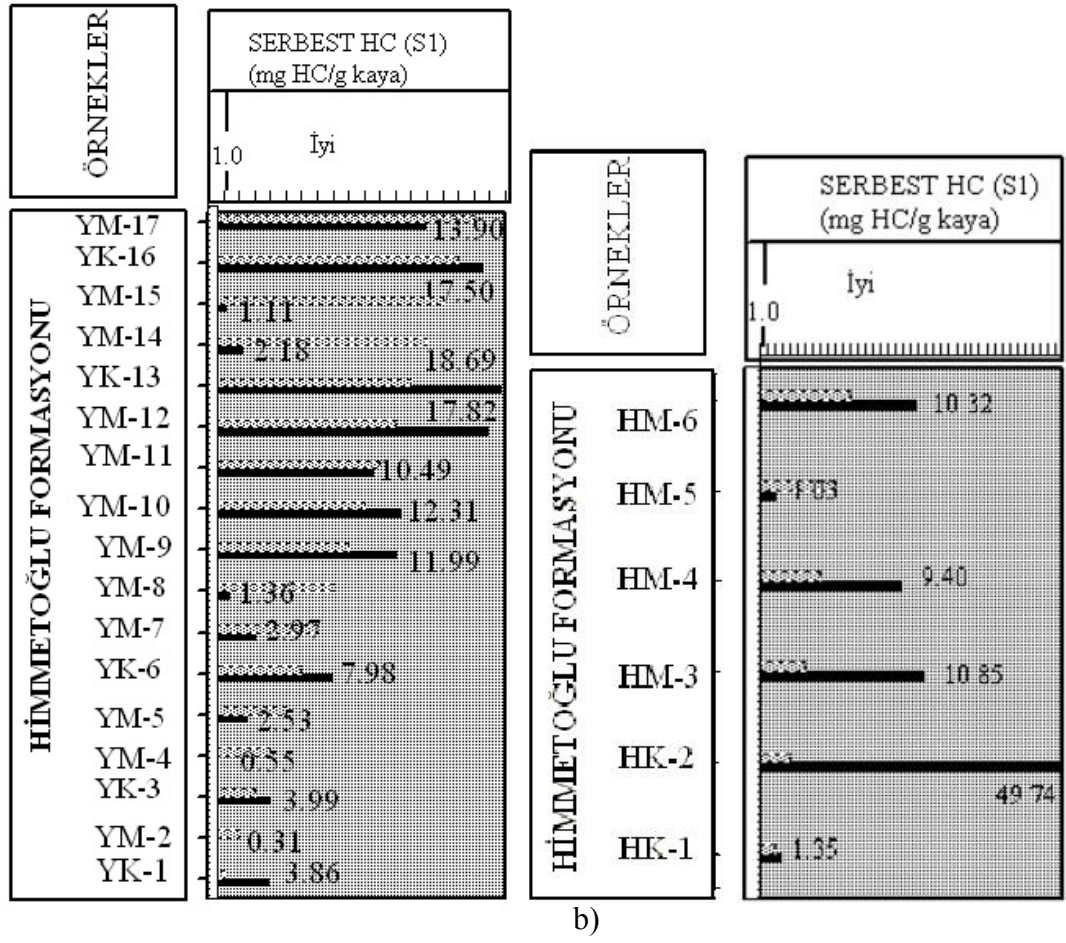
4.2.2 S_1 hidrokarbonları

S_1 hidrokarbonları daha öncede belirtildiği gibi, tüm kaya ölçeğinde serbest halde ve ısıyla ayrışabilen hidrokarbonlardır. Değişik araştırmacılara göre S_1 sınır değerleri çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Peters (1986) ve Peters ve Cassa (1994)’e göre kaynak kayaçlar için belirlenen S_1 değerleri

Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
S_1 (mg HC)	Kaynak Kaya Potansiyeli	S_1 (mg HC)	Kaynak Kaya Potansiyeli
0-0,5	Zayıf	< 0,5	Zayıf
0,5-1,0	Orta	0,5-1,0	Orta
1,0-2,0	İyi	1,0-2,0	İyi
> 2	Çok iyi	2,0-4,0	Çok iyi
		> 4,0	Mükemmel

Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların S_1 hidrokarbon pik değeri 0.31-17.82 mg HC/g kaya arasındadır (şekil 4.3.a,b). Peters (1986) ve Peters ve Cassa (1994)’e göre Üst Miyosen Himmetoğlu bitümlü kayaçların kaynak potansiyeli zayıf-çok iyi’dir. Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömürlerin S_1 hidrokarbon pik değeri 1.35- 49.74 mg HC/g kaya arasındadır (şekil 4.3.a,b). Peters (1986) ve Peters ve Cassa (1994)’e göre kömürlerin kaynak potansiyeli iyi-mükemmel’dir (çizelge 4.5).



Şekil 4.3 Himmetoğlu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S₁ hidrokarbon değerleri
YM : Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM :Bitümlü kayaç, HK : Kömür

Çizelge 4.5 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S₁ değerleri ve yorumlamaları

Himmetoğlu Formasyonu		Kaynak Kaya Potansiyeli	
ÖSK-1	S ₁	Peters	Peters and Cassa
ÖrnekAdı	(mg HC)	(1986)	(1994)
YM-17	13.90	Çok iyi	Mükemmel
YK-16	17.50	“	“
YM-15	1.11	İyi	İyi
YM-14	2.18	Çok iyi	Çok iyi
YK-13	18.69	“	Mükemmel
YM-12	17.82	“	“
YM-11	10.49	“	“
YM-10	12.31	“	“
YM-9	11.99	“	“
YM-8	1.36	İyi	İyi
YM-7	2.97	Çok iyi	Çok iyi
YK-6	7.98	“	Mükemmel
YM-5	2.53	“	Çok iyi
YM-4	0.55	Orta	Orta
YK-3	3.99	Çok iyi	Çok iyi
YM-2	0.31	Zayıf	Zayıf
YK-1	3.86	Çok iyi	Çok iyi
ÖSK-2	S ₁	Peters vd.	Peters ve Cassa
ÖrnekAdı	(mg HC)	(1986)	(1994)
HM-6	10,32	Çok iyi	Mükemmel
HM-5	1,03	İyi	"
HM-4	9,40	Çok iyi	“
HM-3	10.85	“	“
HK-2	49,74	“	“
HK-1	1.35	İyi	İyi

YM : Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM :Bitümlü kayaç; HK : Kömür

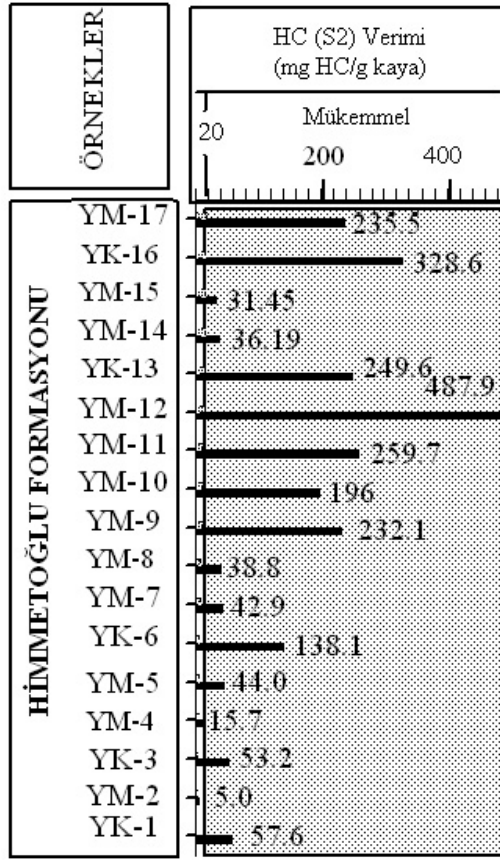
4.2.3 S₂ hidrokarbonları

S₂ hidrokarbonları (mg HC/g kaya), kaynak kaya örneğinin sahip olduğu güncel potansiyeli göstermektedir (Clementz *et al.* 1979). S₂ hidrokarbonları kayaçta kalan kerojenin ve S₁ pikinde açığa çıkamayan yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonların parçalanması ile açığa çıkan hidrokarbonlardır. S₂ pikinin şekli organik maddenin tipi için karakteristiktir. Farklı araştırmacıların S₂ değerlerine göre kaynak kaya yorumlamaları çizelge 4.6’da görülmektedir.

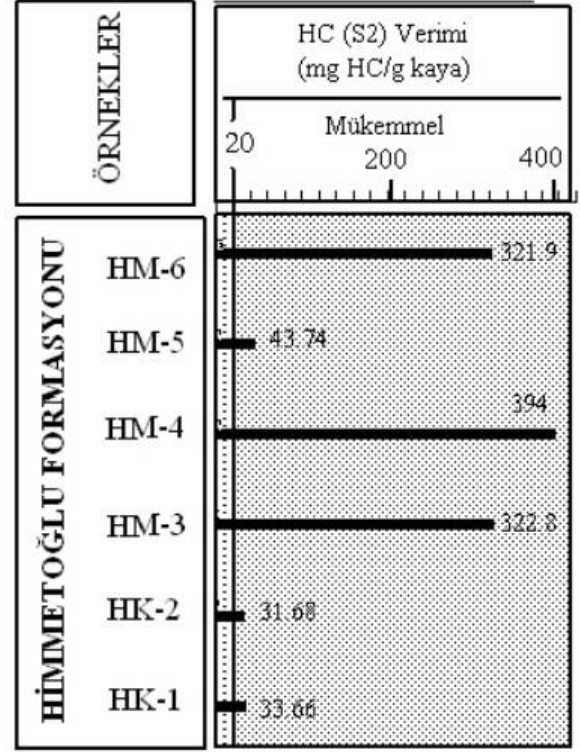
Çizelge 4.6 Farklı araştırmacılara göre kaynak kayaların S₂ sınır değerleri

Espitalie (1982)		Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
S ₂ (mg HC)	Kaynak Kaya Potansiyeli	S ₂ (mg HC)	Kaynak Kaya Potansiyeli	S ₂ (mg HC)	Kaynak Kaya Potansiyeli
0,0-2,0	Zayıf	0-2,5,0	Zayıf	< 2,5	Zayıf
2,0-5,0	Orta	2,5-5,0	Orta	2,5-5,0	Orta
>5,0	İyi	5,0-10,0	İyi	5,0-10,0	İyi
		>10,0	Çok İyi	10,0-20,0	Çok iyi
				> 20,0	Mükemmel

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların S₂ hidrokarbon pik değeri 5.0-487.9 mg HC/g kaya arasındadır (şekil 4.4.a,b). Bitümlü kayaçların kaynak potansiyeli, Espitalié (1982) ‘e göre iyi, Peters (1986)’a göre iyi-çok iyi ve Peters ve Cassa (1994)’e göre iyi-mükemmeldir. Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömürlerin S₂ hidrokarbon pik değeri 31.68- 328,6 mg HC/g kaya’dır (şekil 4.4.a,b). Kömürlerin kaynak potansiyeli, Espitalié (1982) ‘e göre iyi, Peters (1986)’a göre çok iyi ve Peters ve Cassa (1994)’e göre mükemmeldir (çizelge 4.7).



a)



b)

Şekil 4.4 Himmetoğlu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S₂ hidrokarbon değerleri
YM : Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM :Bitümlü kayaç, HK : Kömür

Çizelge 4.7 Himmetoğlu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S₂ hidrokarbon değerleri ve yorumlamaları

Himmetoğlu Form.		Kaynak Kaya Potansiyeli		
ÖSK-1	S ₂ (mg HC)	Espitalié (1982)	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı				
YM-17	235.5	İyi	Çok iyi	Mükemmel
YK-16	328.6	“	“	“
YM-15	31.45	“	“	“
YM-14	36.19	“	“	“
YK-13	249.6	“	“	“
YM-12	487.9	“	“	“
YM-11	259.7	“	“	“
YM-10	196.0	“	“	“
YM-9	232.1	“	“	“
YM-8	38.87	“	“	“
YM-7	42.9	“	“	“
YK-6	138.1	“	“	“
YM-5	44.0	“	“	“
YM-4	15.7	“	“	“
YK-3	53.2	“	“	“
YM-2	5.0	Orta	İyi	İyi
YK-1	57.6	İyi	Çok iyi	Mükemmel
ÖSK-2	S ₂ (mg HC)	Espitalié (1982)	Peters <i>et al.</i> (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı				
HM-6	321,9	İyi	Çok iyi	Mükemmel
HM-5	43,74	“	“	“
HM-4	394,0	“	“	“
HM-3	322.8	“	“	“
HK-2	31.68	“	“	“
HK-1	33.66	“	“	“

YM : Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM : Bitümlü kayaç , HK : Kömür

4.3 Organik Madde Tipi

Bir havzada üretilebilecek hidrokarbonların petrol ve/veya gaz olması mevcut organik maddenin tipiyle ve onların kimyasal bileşimleriyle alakalıdır. Karasal kökenli yüksek bitkilere ait organik maddeler (Tip III kerojen) gaz ve kondanseyt petrol üretirler. Spor, polen, ot, yosun ve yaprak kütikülü gölsel, denizel bitkisel ve hayvansal planktonlar gibi organik maddeler (Tip II kerojen) ‘de genellikle petrol ve bir miktar da gaz üretirler. Algal kökenli organik maddeler (Tip I kerojen) ise petrol üretirler (Tissot and Welte 1984).

Organik madde tipini, hidrojen indeksi değerleri (HI), hidrojen indeksi-Tmax (HI-Tmax) ve hidrojen indeksi-oksijen indeksi (HI-OI) diyagramları, S_2 hidrokarbonlarının S_3 hidrokarbonlarına oranı (S_2/S_3) parametresi ve organik petrografik yöntemler yardımıyla belirleyebiliriz.

4.3.1 HI değerlerine göre kerojen tipi tayini

Çizelge 4.8.a ve b’de farklı araştırmacıların HI değerlerine göre kerojen tipi tanımlamaları görülmektedir.

Çizelge 4.8 HI değerlerine göre kerojen tipi tanımlamaları a.(Jones 1984)

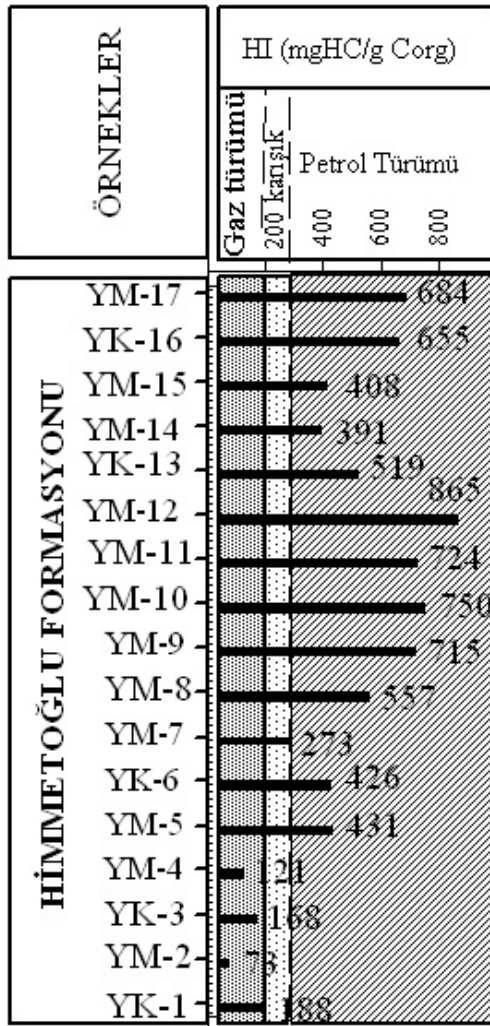
HI (mg HC / g Corg)	Kerojen Tipi
<50	Tip IV yalnızca gaz
50-200	Tip III (gaz-petrol, çoğunlukla karasal)
200-350	Tip II-Tip III karışık (petrol-gaz)
350-700	Tip II (petrol, çoğunlukla denizel)
>700	Tip I (yalnızca petrol, sıklıkla gölsel)

Çizelge 4.8 HI değerlerine göre kerojen tipi tanımlamaları b.(Peters 1986, Peters ve Cassa 1994)

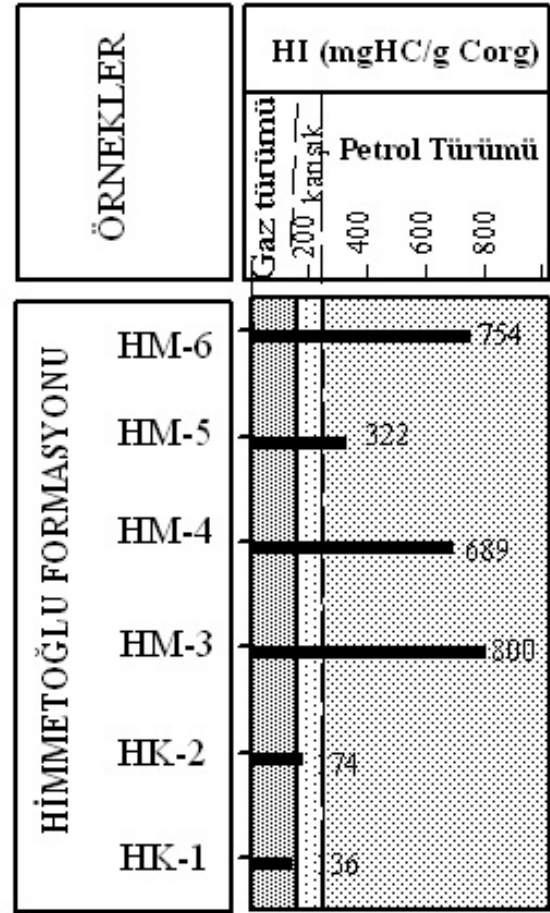
Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
HI (mg HC/gCorg)	Kerojen Tipi	HI Değeri	Kerojen Tipi
0-150	Gaz	< 50	Tip IV
150-300	Gaz ve petrol	50-200	Tip III
> 300	Petrol	200-300	Tip II – Tip III
		300-600	Tip II
		> 600	Tip I

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların HI değerleri 73 - 865 (mg HC/g TOC) arasında değişmektedir (şekil 4.5.a,b). HI değerlerine göre bitümlü kayaçların organik madde tipleri gaz (Tip III), petro/gaz (Tip II) ve petrol (Tip I) üretebilen kerojendir.

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömürlerin HI değerleri 136 - 655 (mg HC/g TOC) arasında değişmektedir (şekil 4.5.a,b). HI değerlerine göre kömür örneklerinin organik madde tipleri gaz (Tip III), petro/gaz (Tip II) üretebilen kerojendir (Peters 1986, Jones 1984, Peters and Cassa 1994). Formasyona ait her bir örnek için kerojen tipleri çizelge 4.9'da gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 4.5 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI değerleri
YM:Bitümlü kayaç; YK:Kömür ; HM:Bitümlü kayaç; HK:Kömür

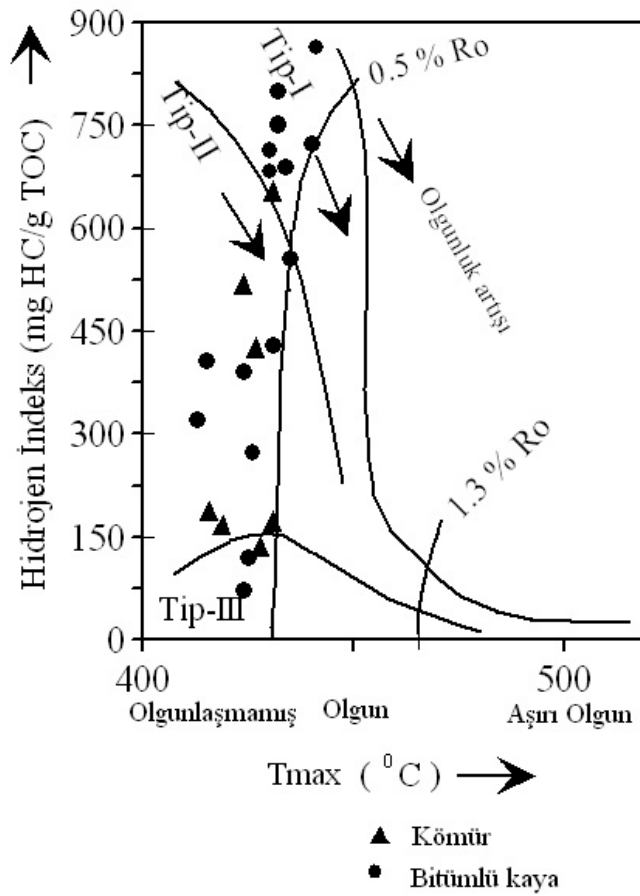
Çizelge 4.9 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI değerlerine göre belirlenen kerojen tipleri

Himmetoğlu Fm.		Kerojen Tipi		
ÖSK-1	HI	Jones	Peters	Peters and Cassa
Örnek Adı	mg HC/g.Corg	(1984)	(1986)	(1994)
YM-17	684	Tip II	Petrol	Tip I
YK-16	655	“	“	“
YM-15	408	“	“	Tip II
YM-14	391	“	“	“
YK-13	519	“	“	“
YM-12	865	Tip I	“	Tip I
YM-11	724	“	“	“
YM-10	750	“	“	“
YM-9	715	“	“	“
YM-8	557	Tip II	“	Tip II
YM-7	273	Tip II-Tip III	Gaz-Petrol	Tip II-Tip III
YK-6	426	Tip II	Petrol	Tip II
YM-5	431	“	“	“
YM-4	121	Tip III	Gaz	Tip III
YK-3	168	“	Gaz-Petrol	“
YM-2	73	“	Gaz	“
YK-1	188	“	Gaz-Petrol	“
ÖSK-2	HI	Jones	Peters <i>et al.</i>	Peters and Cassa
Örnek Adı	mg HC/g.Corg	(1984)	(1986)	(1994)
HM-6	754	Tip I	“	Tip I
HM-5	322	Tip II-Tip III	“	Tip II
HM-4	689	Tip II	“	“
HM-3	800	Tip I	Petrol	Tip I
HK-2	174	Tip III	Gaz -Petrol	Tip III
HK-1	136	Tip III	Gaz	Tip III

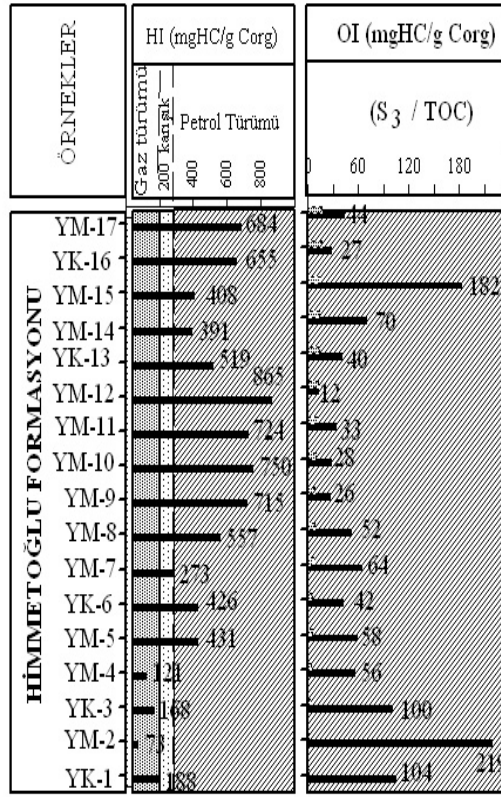
YM:Bitümlü kayaç, YK:Kömür; HM:Bitümlü kayaç; HK.Kömür

4.3.2 HI, OI ve Tmax değerlerine göre kerojen tipi tayini

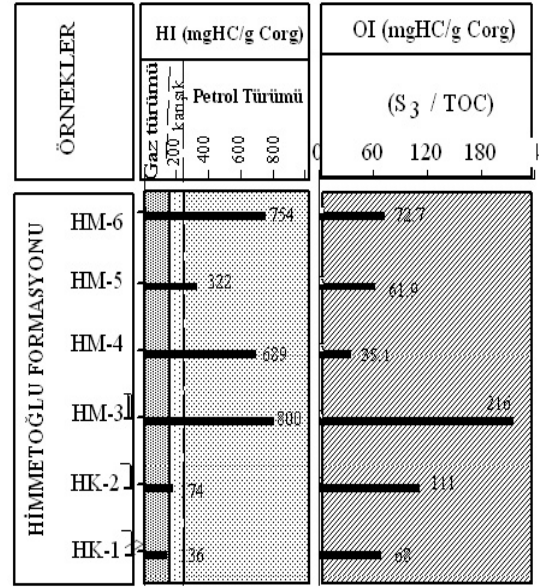
Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü kayaçların kerojen tipleri HI – T_{max} diyagramında şekil 4.6’da, hidrojen indeksi (HI) ve oksijen indeksi (OI) değerleri şekil 4.7 a ve b’de görülmektedir. Formasyona ait örneklerin HI – OI değerlerine göre kerojen tipleri ise şekil 4.8’de görülmekte olup, formasyona ait bitümlü kayaçların kerojen tipleri Tip-I, Tip II ve Tip III, kömürlerin kerojen tipleri de Tip II ve Tip III’tür.



Şekil 4.6 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI-Tmax diyagramına göre kerojen tipleri



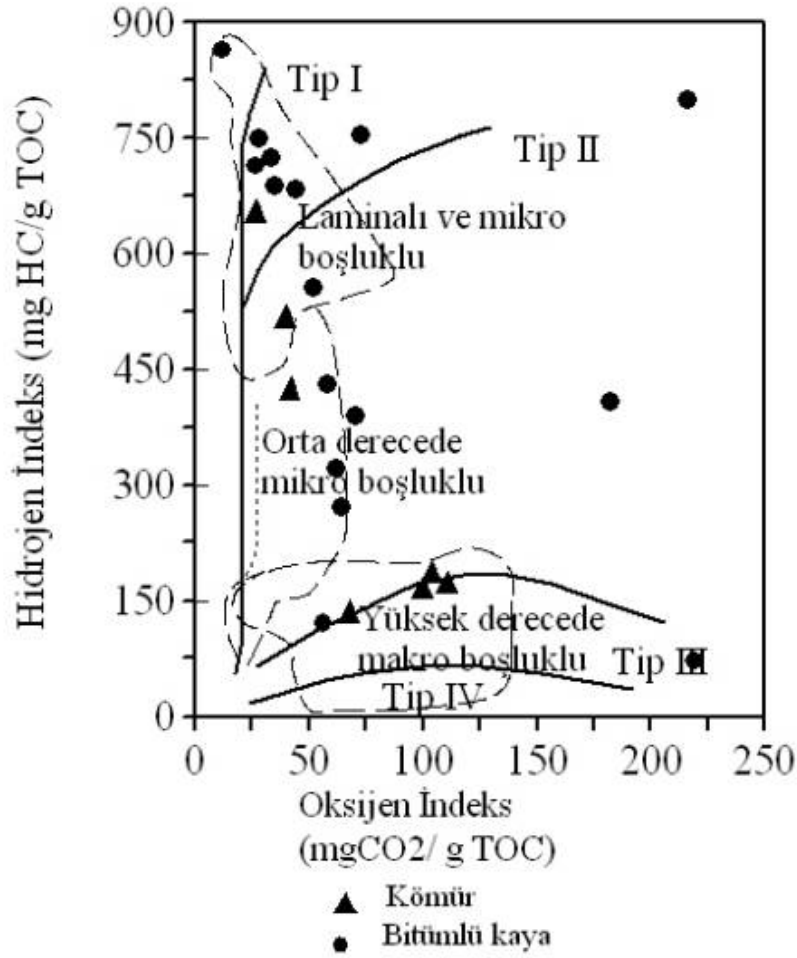
a)



b)

Şekil 4.7 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI , OI değerleri

HM:Bitümlü kayaç; HK.Kömür



Şekil 4.8 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI-OI diyagramına göre kerojen tipleri

4.3.3 S_2/S_3 oranına göre kerojen tipi tayini

S_2/S_3 oranı kerojen ve üretilen hidrokarbonların tipinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer parametre olup hidrokarbon tip indeksi olarak da adlandırılır. S_2/S_3 oranı, HI'in OI'na oranına benzer şekilde hidrojenin oksijene oranının göstergesidir. Farklı araştırmacılara göre S_2/S_3 oranlarına göre kerojen tipi değerlendirmeleri çizelge 4.10' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Clementz vd. (1979) ve Peters vd. (1986)'a göre , S_2/S_3 değerlerine göre kerojen tipi ve hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesi

Clementz <i>et al.</i> (1979)		Peters 1986	
S_2/S_3	Kerojen Tipi	S_2/S_3	Hidrokarbon Tipi
0-2,5	Tip III (gaz potansiyeli)	0-3,0	Gaz
2,5-5,0	Tip III (gaz-petrol potansiyeli)	3,0-5,0	Gaz ve Petrol
> 5,0	Tip I veya Tip II (petrol potansiyeli)	> 5	Petrol

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların Hidrokarbon tip indeksi değerleri (S_2/S_3) 0.33-75.0 olup, gaz, petrol/gaz ve petrol potansiyeli olan Tip I, Tip II ve Tip III kerojenleri gösterir. Formasyona ait kömürlerin Hidrokarbon tip indeksi değerleri 1.57-23,98 olup, gaz, petrol/gaz ve petrol potansiyeli olan Tip II ve Tip III kerojenleri gösterir (çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin S_2/S_3 değerlerine göre kerojen tipi tayini

Himmetoğlu Formasyonu		Kerojen Tipi	
ÖSK-1	S_2/S_3	Clementz <i>et al.</i> (1979)	Peters (1986)
Örnek Adı			
YM-17	15.60	Tip I veya Tip II	Petrol
YK-16	23.98	“	“
YM-15	2.23	Tip III	Gaz
YM-14	5.51	Tip I veya Tip II	Petrol
YK-13	12.71	“	“
YM-12	75	“	“
YM-11	21.58	“	“
YM-10	26.48	“	“
YM-9	26.83	“	“
YM-8	10.64	“	“
YM-7	4.24	Tip III	Gaz-Petrol
YK-6	10.01	Tip I veya Tip II	Petrol
YM-5	7.32	“	“
YM-4	2.14	Tip III	Gaz
YK-3	1.67	“	“
YM-2	0.33	“	“
YK-1	1.79	“	“
ÖSK-2	S_2/S_3	Clementz <i>et al.</i> (1979)	Peters <i>et al.</i> (1986)
Örnek Adı			
HM-6	10.36	Tip I veya Tip II	Petrol
HM-5	1.48	Tip III	Gaz
HM-4	19.63	“	“
HM-3	12.90	Tip I veya Tip II	Petrol
HK-2	1.57	“	“
HK-1	1.98	Tip III	Gaz

YM :Bitümlü kayaç, YK : Kömür; HM : Bitümlü kayaç, HK : Kömür

4.3.4 Organik petrografik analizlerle kerojen tipi tayini

Organik petrografik analizlerinden alttan ve üstten aydınlatma tekniği ile organik maddenin kerojen tipi tayini yapılabilmektedir. Bu yöntem örneklerin, petrol, petrol + gaz veya gaz hidrokarbon türüne sahip olduğunun belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Organik petrografi analizleri ile organik maddenin tiplerinin amorf, otsu, odunsu, kömürsü olmalarının yanında yüzdeleri elde edilmektedir (çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Kerojen tiplerinin alttan ve üstten aydınlatma teknikleri ile genel sınıflamasında kullanılan terminoloji

Ortam	Alttan Aydınlatma Mikroskopisi	Üstten Aydınlatma Mikroskopisi		Genel Sınıflama
Sucul	Algal	Liptinit	Alginit	Tip I
	Amorf		Eksinit	Tip II
Karasal	Otsu		Sporinit	
	Odunsu	Vitrinit		Tip III
	Kömürsü	İnertinit		Tip IV

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü şeyllerin organik madde türlerini belirlemek için formasyona ait örnekler üzerinde organik petrografik çalışmalar yapılmıştır. Organik petrografik incelemelerde Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçlarının 10-100 % amorf/algal, 20-80 % otsu, % 5-65 odunsu ve % 5-15 kömürsü organik maddeden oluştuğu belirlenebilir (çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçlarının organik petrografik sonuçları

Örnek No	% Algal/Amorf	% Otsu	% Odunsu	% Kömürsü
YM-2	-	20	65	15
YM-9	100	-	-	-
YM-17	100	-	-	-
HM-4	10	80	5	5
HM-5	25	45	30	-

YM, HM: Bitümlü kayaç

4.4 Isısal Olgunlaşma

Diğer sedimanlarla birlikte çökelen organik maddeler, sıcaklık, basınç ve zaman etkenleri altında diyajenez ve katajenez gibi çeşitli başkalaşım evreleri geçirirler. Bu başkalaşım evrelerinde gelişen koşullar, organik maddelerin fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirirler. Organik maddenin yapısındaki uzun moleküllerin sıcaklık etkisi ile parçalanarak daha küçük boyutlu moleküllerin oluşumuna organik olgunlaşma denir.

Organik maddenin ısısal olgunlaşma düzeyini; Tmax, PI (üretim indeksi), SCI (spor renk indeksi), TAI (ısısal alterasyon indeksi), Ro (vitrinit yansıması %); vitrinitin olmadığı durumlarda graptolit yansıması, akritarklar, konodont yansıma değerleri, illit kristalite indeksi gibi parametreler yardımıyla belirleyebiliriz.

4.4.1 Tmax değerlerine göre olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi

Tmax, S₂ hidrokarbonlarının maksimum gelişme hızının sıcaklığıdır. Farklı araştırmacılara göre Tmax değerleri ve olgunlaşma ilişkisi çizelge 4.14 ve 4.15’de verilmiştir.

S₂ hidrokarbon değerlerinin 0.2 mg HC/g kaya’dan az olduğu durumlarda piroliz verileri güvenilir değildir. Böyle durumlarda Tmax değerleri ve PI değerleri geçerli değildir (Hunt 1995, Jarvie and Tobey 1999).

Çizelge 4.14 Farklı araştırmacılara göre Tmax değerleriyle belirlenen olgunlaşma seviyeleri

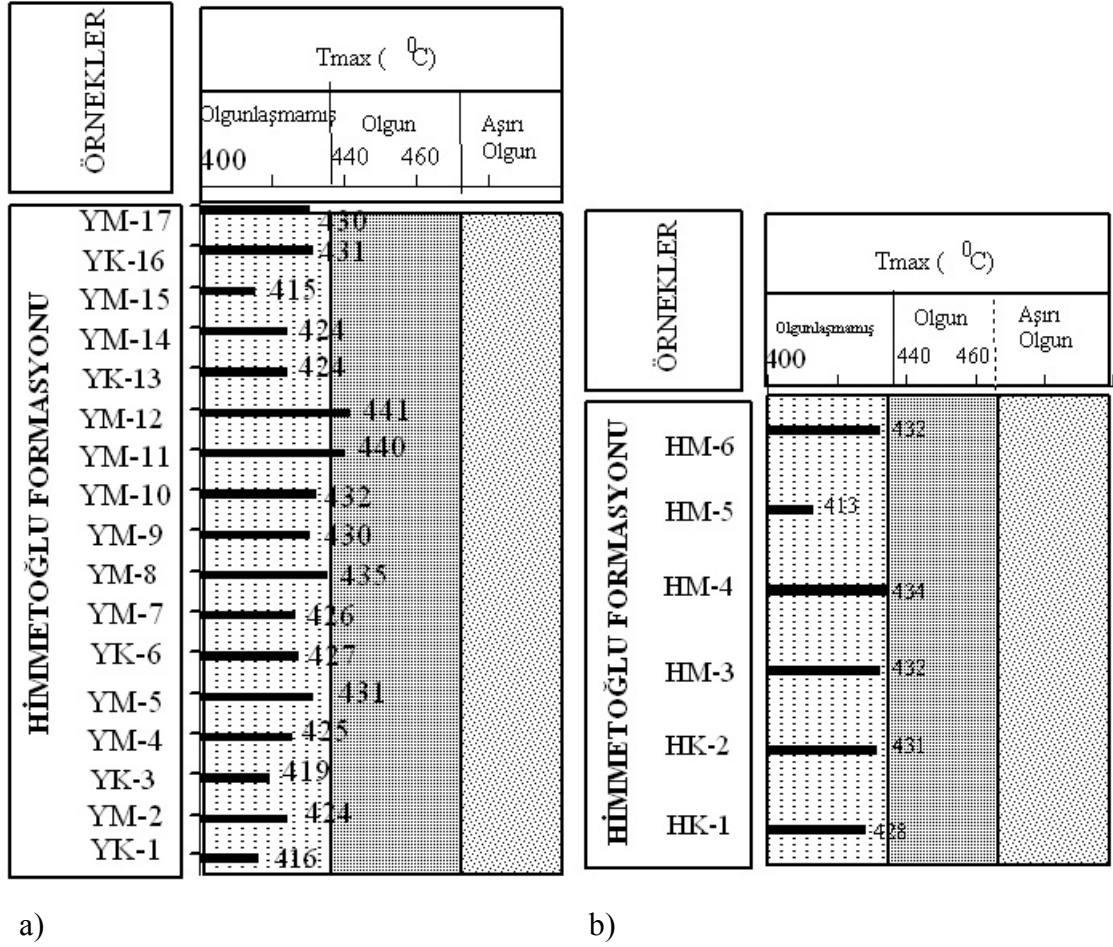
Espitalié <i>et al.</i> (1984)		Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
Tmax (°C)	Olgunluk Derecesi	Tmax (°C)	Olgunluk Derecesi	Tmax (°C)	Olgunluk Derecesi
<430-435 °C	Olgunlaşmamış Ro < 0,50	435-445	Petrol penceresi üstü	< 435	Olgun değil
430-460 °C	Petrol penceresi 0,50 <Ro<1,30	470	Petrol penceresi altı	435-445	Olgun
>455-465 °C	Gaz penceresi Ro > 1,30			445-450	Erken olgun
				450-470	İleri olgun

Çizelge 4.15 Espitalié *et al.*'a (1985) göre Tmax sınır değerlerinin kerojen tiplerine göre sınıflaması ve olgunlaşma seviyeleri

Tmax (°C)			Olgunluk Derecesi
Tip I	Tip II	Tip III	
	< 425 °C	< 435 °C	Olgunlaşmamış
440-448 °C	425-450 °C	435-465 °C	Petrol Penceresi
	> 450 °C	> 465 °C	Gaz Penceresi

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların Tmax değerleri 413-441 °C ve kömürlerin Tmax değerleri de 416-431 °C'dir (şekil 4.9.a,b). İnceleme alanından derlenen Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü kayaç örneklerinin Tmax değerlerine ait olgunluk değerlendirmeleri çizelge 4.16'da görülmektedir.

Tmax değerlerine göre Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü şeylleri olgunlaşmamış – olgun, kömürler ise olgunlaşmamıştır. (Espitalie *et al.* 1984; Peters 1986; Peter and Cassa 1994). Kerojen tiplerine göre yapılan belirlemeye göre ise (Espitalié 1985), örneklerin olgunlaşma durumu çizelge 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin Tmax değerleri ve olgunlaşma seviyeleri a,b
 YM:Bitümlü kayaç, YK.Kömür; HM:Bitümlü kayaç, HK: Kömür

Çizelge 4.16 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin olgunlaşma derecelerinin değerlendirilmesi

Himmetoğlu Formasyonu		Olgunlaşma Derecesi	
ÖSK-1	Tmax	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı	(°C)		
YM-17	430	Petrol penceresi üstü	Olgun değil
YK-16	431	“	“
YM-15	415	“	“
YM-14	424	“	“
YK-13	424	“	“
YM-12	441	Petrol penceresi	Olgun
YM-11	440	“	“
YM-10	432	Petrol penceresi üstü	Olgun değil
YM-9	430	“	“
YM-8	435	Petrol penceresi	Olgun
YM-7	426	Petrol penceresi üstü	Olgun değil
YK-6	427	“	“
YM-5	431	“	“
YM-4	425	“	“
YK-3	419	“	“
YM-2	424	“	“
YK-1	416	“	“
ÖSK-2	Tmax	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı	(°C)		
HM-6	432	Petrol penceresi üstü	Olgun değil
HM-5	413	“	“
HM-4	434	“	“
HM-3	432	“	“
HK-2	431	“	“
HK-1	428	“	“

YM:Bitümlü kayaç, YK:Kömür; HM:Bitümlü kayaç, HK:Kömür

Çizelge 4.17 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin olgunlaşma derecelerinin kerojen tipleriyle birlikte değerlendirilmesi

Himmetoğlu Formasyonu		Espitalié <i>et al.</i> (1984)	Espitalié <i>et al.</i> (1985)	
ÖSK-1	Tmax	Olgunlaşma Derecesi	Kerojen Tipi	Olgunlaşma Derecesi
Örnek Adı	(°C)			
YM-17	430	Olgunlaşmamış	I	Olgunlaşmamış
YK-16	431	Petrol Penceresi	I	“
YM-15	415	Olgunlaşmamış	II	“
YM-14	424	“	II	“
YK-13	424	“	II	“
YM-12	441	Petrol Penceresi	I	Petrol penceresi
YM-11	440	“	I	“
YM-10	432	“	I	Olgunlaşmamış
YM-9	430	Olgunlaşmamış	I	“
YM-8	435	Petrol Penceresi	II	Petrol penceresi
YM-7	426	Olgunlaşmamış	II	“
YK-6	427	“	II	“
YM-5	431	Petrol Penceresi	II	“
YM-4	425	Olgunlaşmamış	III	“
YK-3	419	“	III	Olgunlaşmamış
YM-2	424	“	III	“
YK-1	416	“	III	“
ÖSK-2	Tmax	Olgunlaşma Derecesi	Kerojen Tipi	Olgunlaşma Derecesi
Örnek Adı	(°C)			
HM-6	432	Petrol penceresi	I	Olgunlaşmamış
HM-5	413	Olgunlaşmamış	II	“
HM-4	434	Petrol penceresi	I	“
HM-3	432	“	I	“
HK-2	431	“	II	Petrol penceresi
HK-1	428	Olgunlaşmamış	III	Olgunlaşmamış

YM :Bitümlü kayaç, YK : Kömür, HM : Bitümlü kayaç, HK : Kömür

4.4.2 Spor Renk indeksi (SCI) değerleri ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi

Organik maddenin olgunluğunun belirlenmesinde kullanılan bir diğer parametre ise organik petrografi yöntemlerinden elde edilen spor renk indeksi (SCI) değerleridir. Bitkilerin reme hücrelerini oluşturan spor ve polenlerin renginin ısıya duyarlı olması yöntemin temelini oluşturur. 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 (izelge 4.18).

Çizelge 4.18 SCI değerlerine karşılık gelen renkler ve olgunlaşma seviyeleri (TPAO Arş. Mrk.)

SCI	Renk	Olgunlaşma seviyesi
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

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait dört adet rneğin SCI değerleri belirlenmiş olup formasyona ait bitümlü kayaç örneklerinin spor renk indeksi (SCI) değerleri 3.0-4.0 arasında değişmektedir. Spor-renk indeksi değerlerine göre bitümlü kayaçlar olgunlaşmamışdır (izelge 4.19).

Çizelge 4.19 Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçlarının SCI değerleri ile olgunlaşma seviyesinin yorumlanması

Örnek No	SCI	Olgunlaşma seviyesi
YM-9	3.0-4.0	Olgunlaşmamış
YM-17	3.5-4.0	“
HM-4	3.5-4.0	“
HM-5	4.0	“

YM, HM: Bitümlü kayaç

4.4.3 Vitrit yansıması değerleri (Ro) ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi

Vitrit yansıması analizi tekniği, vitrit grubu maserallerin gömülme artışına paralel olarak aromatik yapılarının artması ve düzenlenmesi ile bağlantılıdır. Analiz, örnek üzerine gönderilen ışık demetinin, olgunlaşma düzeyinin bir fonksiyonu olarak değişik oranlarda yansıtılmasına dayanmaktadır. Yansıtmanın oranı mikroskoba bağlı olan elektronik ortamdan dijital olarak okunur ve olgunlaşma seviyesi belirlenir (çizelge 4.20 ve 4.21).

Çizelge 4.20 Vitrit yansımasının temsil ettiği olgunlaşma değerleri (Hunt1995)

Vitrit Yansıması (%Ro)	Olgunluk Derecesi
< 0,45	Olgunlaşmamış
0,45-0,50	Olgunlaşma Başlangıcı
0,50-0,60	Erken Olgun
0,60-0,70	Orta Olgun
0,70-1,00	Orta-İleri Olgun
1,00-1,20	İleri Olgun
> 1,20	Aşırı Olgun

Çizelge 4.21 Vitrit yansımasının temsil ettiği olgunlaşma düzeylerinin araştırmacılara göre değerleri

Peters <i>et al.</i> (1986)		Peters and Cassa (1994)	
Ro (%)	Olgunlaşma Düzeyi	Ro (%)	Olgunlaşma Düzeyi
0,6	Petrol Penceresi üstü	0,2-0,6	Olgun Değil
1,4	Petrol Penceresi altı	0,6-0,65	Olgun
		0,65-0,9	Erken Olgun
		0,9-1,35	İleri Olgun
		> 1,35	Aşırı Olgun

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait 2 adet bitümlü şeyl örneğinin vitrit yansıması (% Ro) değerleri, 0.42 ve 0,35 olup, Anonim (1993)'e göre olgunlaşmamış, Peters vd.(1986)'a göre petrol penceresinin üzerinde ve Peters ve Cassa (1994)'e göre ise olgun değildir (çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 Himmetoğlu formasyonuna ait iki adet bitümlü şeyl örneğinin vitrinit yansıması (Ro) değerleri

Himmetoğlu Formasyonu		Olgunlaşma Düzeyi		
Örnek no	%Ro	Hunt (1995)	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
YM-2	0,42	Olgunlaşmamış	Petrol penceresi üstü	Olgun değil
HM-4	0,35	“	“	“

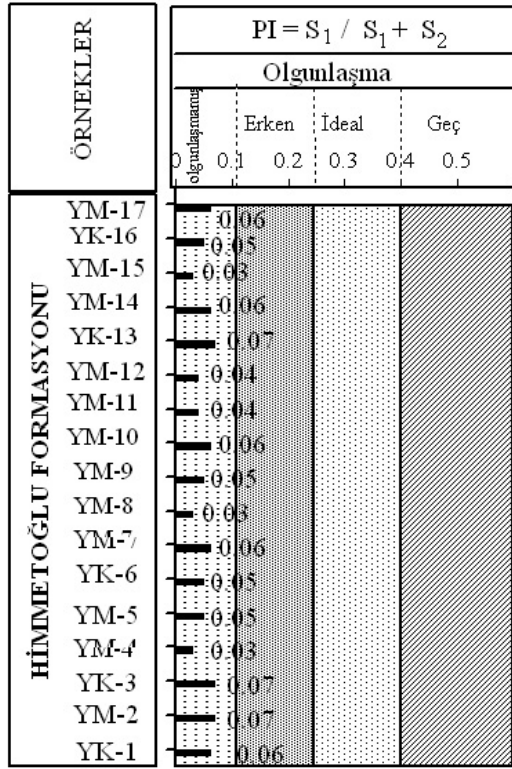
4.4.4 Üretim indeksi değerleri (PI) ile olgunlaşma seviyesinin belirlenmesi

Üretim indeksi (PI), gömülmeye dayalı ısısal 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 4.23'te PI değerlerine göre araştırmacıların belirlediği olgunlaşma seviyeleri görülmektedir.

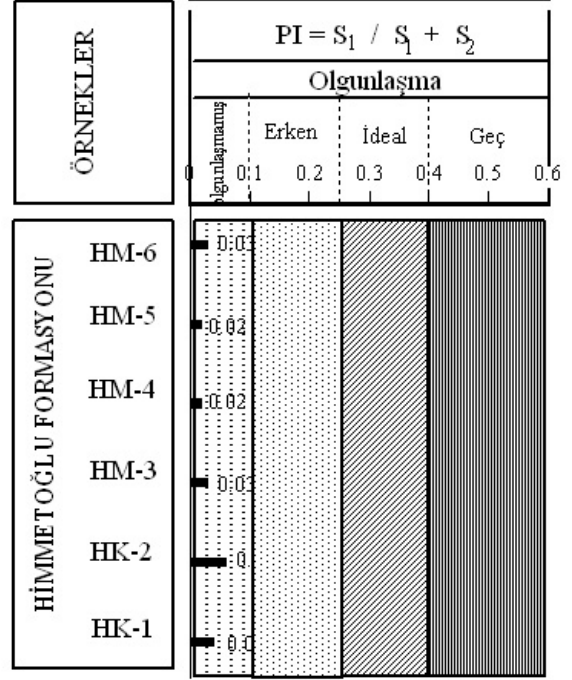
Çizelge 4.23 Farklı araştırmacılara göre belirlenen PI değerleri ile olgunlaşma düzeyinin belirlenmesi

Peters (1986)		Peters and Cassa (1994)	
PI [S_1/S_1+S_2]	Olgunlaşma Düzeyi	PI [$S_1/(S_1+S_2)$]	Olgunlaşma Düzeyi
< 0,1	Olgun Değil	0,1	Petrol Penceresi üstü
0,10-0,15	Olgun	0,4	Petrol Penceresi altı
0,25-0,40	Erken Olgun		
> 0,40	İleri Olgun		

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaların PI değerleri 0.03-0.07 arasında değişir. Formasyona ait kömür örneklerinin PI değerleri ise 0.02-0.07 arasında değişmektedir (şekil 4.10.a,b). PI değerlerine göre bitümlü kayaç örnekleri ve kömürler Peters (1986)'a göre olgun değil, Peters ve Cassa (1994)'e göre ise petrol penceresinin üstündedir (çizelge 4.24).



a)



b)

Şekil 4.10 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin PI değerleri ve olgunlaşma seviyeleri a,b

YM: Bitümlü kayaç, YK: Kömür; HM: Bitümlü kayaç, HK: Kömür

Çizelge 4.24 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin PI değerleri ile olgunlaşma düzeylerinin belirlenmesi

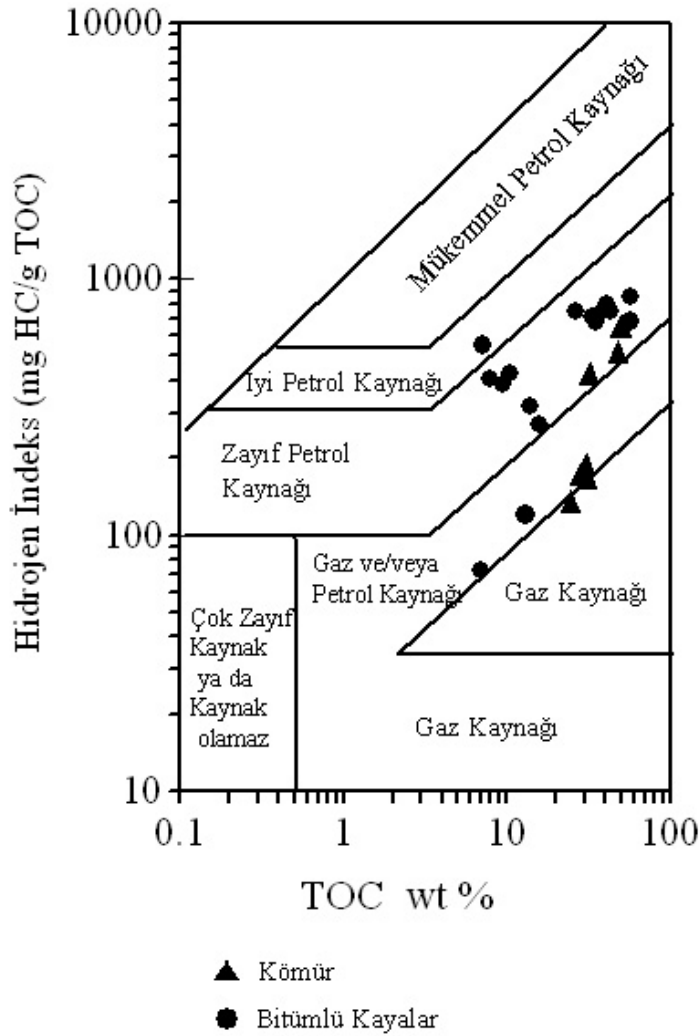
Himmetoğlu Formasyonu		Olgunlaşma Düzeyi	
ÖSK-1	PI	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı			
YM-17	0.06	Olgun değil	Petrol penceresi üstü
YK-16	0.05	“	“
YM-15	0.03	“	“
YM-14	0.06	“	“
YK-13	0.07	“	“
YM-12	0.04	“	“
YM-11	0.04	“	“
YM-10	0.06	“	“
YM-9	0.05	“	“
YM-8	0.03	“	“
YM-7	0.06	“	“
YK-6	0.05	“	“
YM-5	0.05	“	“
YM-4	0.03	“	“
YK-3	0.07	“	“
YM-2	0.07	“	“
YK-1	0.06	“	“
ÖSK-2	PI	Peters (1986)	Peters and Cassa (1994)
Örnek Adı			
HM-6	0.03	Olgun değil	Petrol penceresi üstü
HM-5	0.02	“	“
HM-4	0.02	“	“
HM-3	0.03	“	“
HK-2	0.06	“	“
HK-1	0.04	“	“

YM : Bitümlü kayaç, YK : Kömür, HM : Bitümlü kayaç, HK : Kömür

4.5 Hidrokarbon Üretim Kapasitesi

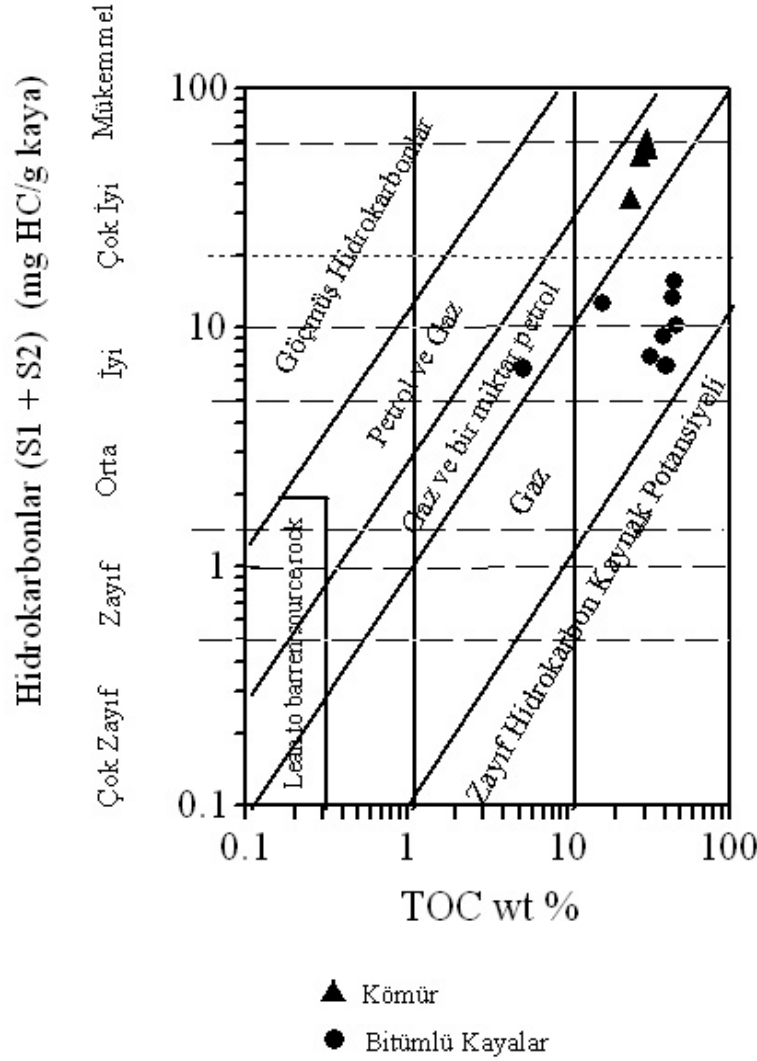
Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaç ve kömür örneklerinin hidrokarbon üretim kapasiteleri HI–TOC, HC–TOC, S_1 -TOC ve jenetik potansiyel ($S_1 + S_2$) değerleri ile incelenmiştir.

Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü kayaç örneklerinin HI–TOC diyagramına göre organik madde tiplerinin çoğunlukla orta derecede petrol kaynağı oldukları görülmektedir. Formasyona ait kömür örneklerinin ise HI – TOC diyagramına göre organik madde tiplerinin orta derecede petrol-gaz ya/yada petrol kaynağı oldukları görülmektedir (şekil 4.11).



Şekil 4.11 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HI ve TOC değerlerine göre kaynak kaya potansiyelleri (Jackson et al.1985'e göre)

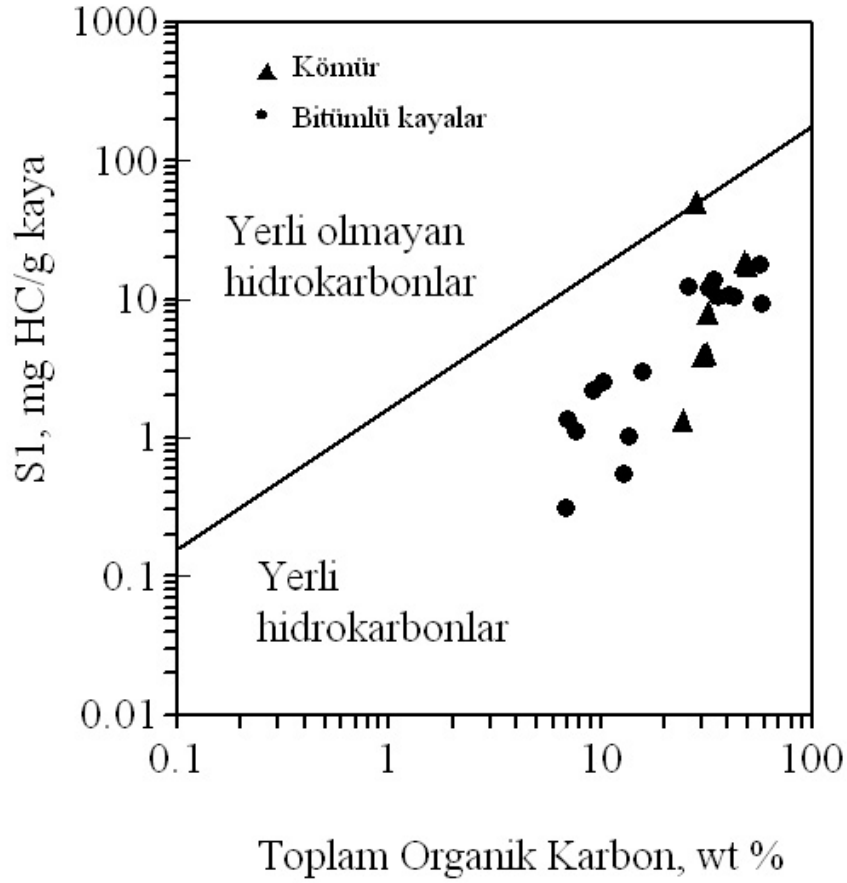
Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaç örnekleri HC–TOC diyagramına göre iyi ve çok iyi derecede gaz kaynak potansiyeline, Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait kömür örnekleri HC – TOC diyagramına göre çok iyi gaz ve bir miktar petrol kaynak potansiyeline sahiptirler (şekil 4.12) .



Şekil 4.12 Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyl ve kömürlerinin HC ve TOC değerleriyle hidrokarbon üretim potansiyelinin belirlenmesi (Wehner 1989’a göre)

S₁-TOC diyagramına göre (şekil 4.13) Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaç ve kömür örneklerinin ürettikleri hidrokarbonlar yerli olup, herhangi bir organik kirlenme söz konusu değildir. S₁/TOC değerleri çoğunlukla > 0.1’den büyük olduğundan mevcut olgunlaşma değerlerinde Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait örneklerin kayadan hidrokarbon atmaya başladıkları belirlenmiştir.

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların jenetik potansiyel ($S_1 + S_2$) değeri 5-505 mg HC/g kaya'dır. $S_1 + S_2$ değerleri Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların iyi-mükemmel hidrokarbon potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Formasyona ait kömürlerin jenetik potansiyel ($S_1 + S_2$) değeri 35-403 (mg HC/g rock) olup, kömürler iyi-mükemmel hidrokarbon potansiyeline sahiptir.



Şekil 4.13 Himmetoğlu formasyonuna ait kömür ve bitümlü kayaçların S_1 ve TOC değerlerinin karşılıklı kullanılmasıyla hidrokarbon karakterizasyonun belirlenmesi (Wehner 1989'a göre)

4.6 Gaz Kromatografi Analizleri

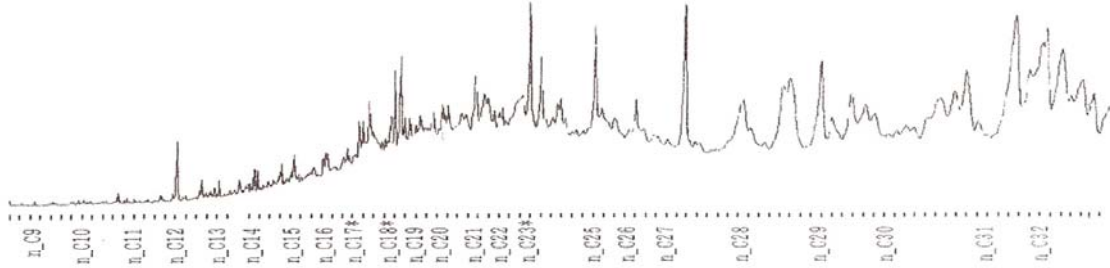
4.6.1 N-alkan dağılımları

Agilant 6890 gaz kromatogramında yakma iyonlaştırma dedektörü (FID) kullanılarak Pr/Ph oranları ve gaz kromatogramından elde edilen pik dağılımları ve boylarına bakılarak organik maddenin tipi, ana kaya olgunluğu ve ana kayanın çökelim ortamı hakkında bilgiler elde edilir.

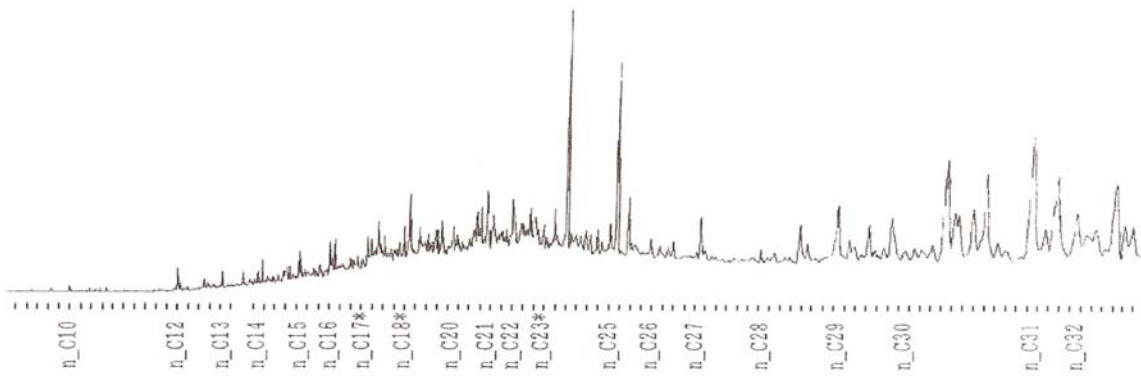
Karasal yüksek bitkiler sedimentlerdeki organik maddenin temel kaynağıdır. Yüksek bitkilerdeki, özellikle çalı ve ağaçlardaki esas bileşen selüloz ve lignindir. Yüksek bitkilerdeki yaprak, spor, polen, tohum, meyve gibi bazı kısımlar lipit ve lipit benzeri maddelerce zengindir. Bu bitki kısımları fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı dayanıklı olmakla birlikte karasal bitki materyallerinin, sucul sedimentlere özellikle de denizel sedimentlere konsantrasyonundan büyük ölçüde sorumludurlar. Karbon sayıları C_{10} ve C_{40} arasında değişen n-alkanlarda, tek karbon numaralı n alkanların çift karbon numaralı n alkanlara göre daha baskın durumda olduğu görülür. n- C_{23} ve n- C_{35} aralığında, n- C_{27} , n- C_{29} n- C_{31} n alkanlarının hakimiyeti görülür. C_{27} , C_{29} ve C_{31} hidrokarbonlar karasal bitkilerden oluşurken, C_{15} , C_{17} ve C_{19} hidrokarbonlar ise planktonlar tarafından oluşturulur (Tissot and Welte 1978).

Şekil 4.14 Miyosen Himmetoğlu formasyonu organik kayaçlarından alınan 3 adet ekstrakttaki n-alkan dağılımını göstermektedir. Örneklerde n- C_{21} , n- C_{23} , n- C_{25} ve n- C_{29} alkanları baskındır. Karasal bitkilerden gelen bazı bakteriler (Beeswax and Cow manure) n- C_{27} ve n- C_{29} alkanların yüksek oranda içermektedir. En baskın hidrokarbonlar, C_{27} , C_{29} ve C_{31} 'dir. Elma kabuğu, brüksel lahanası filizi, brokoli ve lahananın yapısındaki parafinlerin yaklaşık % 90'ı C_{29} alkandır. Ağaç yaprakları ve otsu bitkilerdeki mumlar C_{29} ve C_{31} alkanların yaklaşık eş değerine sahiptirler (Tissot and Welte 1984)

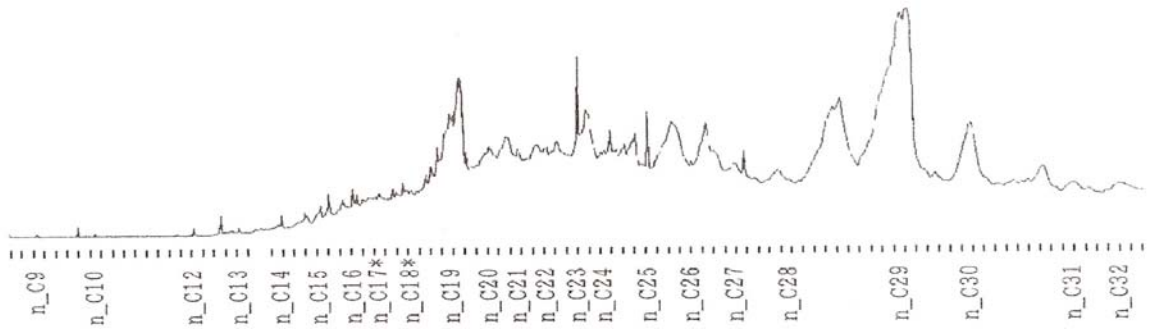
YM-17



HM-4



HM-5

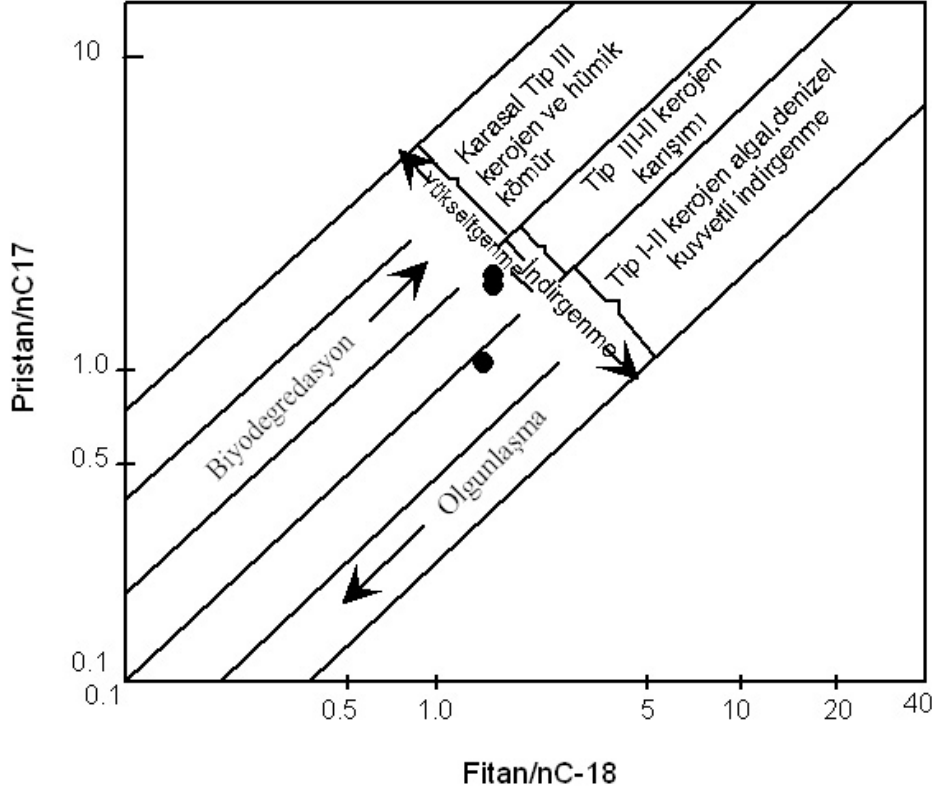


Şekil 4.14 YM-17, HM-4, HM-5 örneklerinin gaz kromotogramında belirlenen n-alkan dağılımları

n-alkanlar, gaz kromotogramlarda baskın pik verirler. Bitümlü şeyl örneklerine ait gaz kromatogramlarında görülen en önemli iki izoprenoid Pristan (Pr) ve Fitan (Ph) olup, çok amaçlı olarak kullanılır. Pr/Ph oranı organik maddenin depolanma ortamının ya anoksik ($Pr/Ph < 1$) ya da oksik ($Pr/Ph > 1$) olduğunu gösterir (Tissot and Welte 1984, Dicyk *et al.* 1978). İzoprenoidlerden gelen Pristan (Pr) n-C₁₇ ile ve Fitan n-C₁₈ ile çift

pik verir. Genellikle oksik şartlarda pristan, anoksik şartlarda da fitan türemektedir. Pristan dekarboksilasyon ürünü olduğundan dolayı Pr/Ph oranı, turba bataklığı gibi daha oksitleyici ortamlarda yüksek, güçlü indirgeyici ortamlarda düşük olacaktır (Powel and Mc Kirdy 1970).

Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçları için Pr/Ph oranı 0,56, 0,57 ve 0,76 değerlerindedir. Bu değerler suboksik ve anoksik depolanma ortamları ve algal ve bakteriyel organik madde girdisini belirtir (şekil 4.15). Pr/n-C₁₇ ve Ph/n-C₁₈ oranlarının her ikisinde, n-parafinlerin hakimiyetindeki artışa bağlı olarak olgunlaşma ile azalmaktadır. Her iki oran, bu n-parafinlerdeki kayıba bağlı olarak biyodegradasyon ile artmaktadır. Piristanca zengin örnekler, oksitleyici bir kaynağı; fitanca zengin örnekler, indirgeyici şartları işaret etmektedir. Sonuç olarak Ph/n-C₁₈ pikine karşı Pr/n-C₁₇ piki şekil 4.14’ te görüldüğü gibi farklı gruplardaki petrol ve kayaç ekstraktlarını ayırabilir. Şekil 4.15’e göre Tip I-II kerojene ait bir örnek (algal), kuvvetli indirgen ortamda depolanmıştır, Tip-II-III kerojen karışımına ait iki adet örnek indirgen ortamda depolanmıştır.

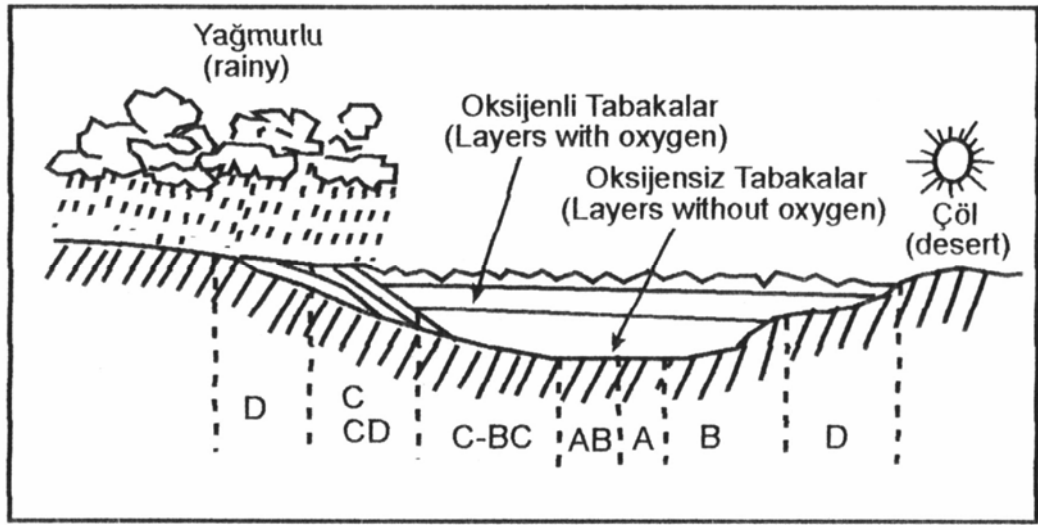


Şekil 4.15 Pr/n-C₁₇ ve Ph/n-C₁₈ değerlerine göre kerojen tipi ve depolanma koşulları (Talukdar et al.1993)

4.7 Organik Fasiyes İncelemeleri

Organik fasiyes, sedimentlerin inorganik özellikleri dikkate alınmaksızın belirli bir stratigrafik ünitenin haritalanabilir ölçekteki alt grubu olarak tanımlanmıştır (Jones and Demaison 1982). Organik fasiyesler, organik unsurların karakterleri temel alınarak diğer alt gruplardan ayrılır. Tanımlamada organik maddenin bileşimi, oluşumu ve diyajenetik özellikleri dikkate alınır ve jeolojik ve jeofizik verilerden, organik jeokimyasal analiz verilerinden ve mikroskobik bilgilerden yararlanılır (çizelge 4.25).

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 4.16). Bu fasiyesler A, AB, B, BC, C, CD ve D organik fasiyesleridir (Jones 1987).



Şekil 4.16 Organik fasiyeslerin şematik görünümü (Jones 1987).

A Organik Fasiyesi: Hakim organik madde algal ve amorf organik maddedir (çizelge 4.25). Bu fasiyeste % 0,5 vitrinit yansıması değerine göre H/C oranı 1,45'ten daha büyük, hidrojen indeksi (HI) 850 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 10-30 mg CO₂/g TOC'dir.

AB Organik Fasiyesi: A ve B fasiyesleri arasında geçiş oluşturan bu fasiyesin hakim organik maddesi amorf türde olup karasal organik madde içeriği son derece azdır. % 0,5

vitritit yansıması değetine göre H/C oranı 1,35-1,45 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 650-850 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 20-50 mg CO₂ /g TOC'dir.

B Organik Fasiyesi: Organik madde türü amorf tur ve yaygın olarak karasal bileşenlerde bulunmaktadır. Fasiyeste % 0,5 vitritit yansıması değetine göre H/C oranı 1,15-1,35 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 400-650 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 30-80 mg CO₂ /g TOC'dir.

BC Organik Fasiyesi: B ve C fasiyesleri arasında geçiş oluşturmaktadır. Hakim organik madde karışık olup bazende oksidasyona uğramıştır. % 0,5 vitritit yansıması değesinde H/C oranı 0,95-1,15 arasında; Hidrojen indeksi (HI) 250-400 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 40-80 mg CO₂ /g TOC'dir.

C Organik Fasiyesi: Fasiyes değişik tipteki karasal kerojenlere sahiptir. H/C oranı % 0,5 vitritit yansıması değesinde 0,75-0,95 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 125-250 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 50-150 mg CO₂ /g TOC'dir.

CD Organik Fasiyesi: Karasal bitki kalıntıları ve taşınmış organik maddeler fasiyeste hakimdir. H/C oranı % 0,5 vitritit yansıması değesinde 0,60-0,75 mg HC/g TOC arasındadır. oksijen indeksi (OI) 40-150 mg CO₂ /g TOC'dir.

D Organik Fasiyesi: Yüksek derecede oksidasyona uğramıştır organik maddeler ve kömür maseralleri yer almaktadır. % 0,5 vitritit yansıması değesinde H/C oranı 0,60 'tan küçüktür. Hidrojen indeksi (HI) 50 mg HC/g TOC'den düşük olup oksijen indeksi (OI) 20-200 mg CO₂ /g TOC'dir.

Çizelge 4.25 Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Jones 1987)

Organik Fasiyes	Ro % 0,5'te H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
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	20-200	Yüksek okside, taşınmış

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçların organik madde miktarları 6.83 ile 57.16 % ağırlık arasında olup, kömürlerin organik madde miktarı ise 24.61 – 50.15 % ağırlık'tır. Bu değerler birime ait organik kayaçların organik üretkenliğinin çok yüksek olduğunu ve birimin anoksik koşullarda depolandığına işaret eder.

Organik petrografik incelemelerde Himmetoğlu Formasyonu bitümlü kayaçlarının 10-100 % amorf/algal, 20-80 % otsu, % 30-65 odunsu ve % 5-15 kömürsü organik maddeden oluştuğu belirlenmiştir.

Himmetoğlu Formasyonu bitümlü şeylllerinin hidrojen indeks (HI) değerleri 73-865 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) değerleri ise 27-219 mg CO₂/g TOC'dur. Himmetoğlu Formasyonu kömürlerin hidrojen indeks (HI) değerleri ise 136-800 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) değerleri ise 35,1-216 mg CO₂/g TOC'dur.

Himmetoğlu Formasyonu bitümlü şeylllerinin organik karbon, hidrojen indeks (HI) ve oksijen indeks (OI), organik petrografik veriler ile jeolojik incelemeler ve sedimantasyon koşulları da dikkate alınarak organik fasiyesinin AB, BC; Himmetoğlu Formasyonu kömürlerinin organik fasiyesinin B ve C olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Yapılan organik jeokimyasal, jeolojik ve sedimantolojik incelemelere göre Himmetoğlu Formasyonunun göl ortamında depolandığı belirlenmiştir.

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaçlarının organik madde miktarı 6.83-57.16 % ağırlık arasında değişmekte olup, bu değerlere göre çok iyi kaynak potansiyeline sahiptir. Formasyona ait kömürlerin organik madde miktarı 24,61 ile 50,15 wt % arasında değişmekte olup, bu değerlere göre kömürler mükemmel kaynak potansiyeline sahiptir.

S₁ ve S₂ hidrokarbon değerlerine göre Himmetoğlu Formasyonu bitümlü kayaçlarının kaynak kaya potansiyelleri zayıf-çok iyi, formasyona ait kömürlerin kaynak kaya potansiyelleri ise iyi-çok iyidir.

HI, S₂ / S₃ , HI-Tmax ve HI-OI parametreleri ile organik petrografik incelemelere göre Himmetoğlu formasyonu bitümlü kayaçların kerojen tipleri Tip-I, Tip II ve Tip III ve kömürlerin kerojen tipleri Tip II ve Tip III'dür.

Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaç ve kömürler T_{max}, PI ve spor renk indeksi ve vitrinit yansıması değerlerine göre çoğunlukla olgunlaşmamıştır.

S₁-TOC diyagramına göre Üst Miyosen Himmetoğlu formasyonuna ait bitümlü kayaç ve kömürlerin ürettikleri hidrokarbonların yerli olduğunu ve herhangi bir organik kirlenmenin olmadığı belirlenmiştir.

Üst Miyosen Himmetoğlu Formasyonu bitümlü kayaçlarının organik fasiyesinin AB ve BC; kömürlerin organik fasiyesinin ise C ve B olduğu belirlenmiştir

KAYNAKLAR

- Abdülselemoğlu, Ş. 1959. Almacık dağı ile Mudurnu ve Göynük civarının jeolojisi: İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi monografileri (Tabii ilimler kısmı), v. 14, 94 p.
- Aliyev, S., Sarı, A. and Koc, S. 2006. Investigation of Organic Carbon and Iron Group Elements in the Bituminous Rocks of the Pazarköy-Mengen Area, Northwestern Turkey. *Energy Sources* (in press).
- Aydemir, A., Ates, A. 2006. Physics of the earth and planetary interiors 159, 167-182
- DPT, 1988. Kömür. Yedinci beş yıllık kalkınma planı yayını
- DPT, 1996. Kömür. Yedinci beş yıllık kalkınma planı yayını
- Ataman, G. and Beseme, P. 1972, Decouverte de l'ancêtre Sedimentaire en Anatolie Du Nord-Ouest (Turquie): Mineralogist, Genese, Paragenese, Chem. Geol, v.9, p.203-225.
- Beseme, P. 1967, Kabalar senklinalinin (Göynük-Bolu) genel ve uygulamalı jeolojik etüdü: MTA raporu. No.4629.
- Besbelli, B. 1991, Adapazarı H 25 b1,b4,c1 paftalarının jeolojisi ve petrol olanakları: MTA raporu
- Bordenave, M.L. 1993. Applied Petroleum Geochemistry. Edited by M.L. Bordenave, Exploration Division, TOTAL, Paris, 561p.
- Büyükutku, A.G., Sarı, A. and Karaçam, A. 2005. The reservoir potential of the Eocene carbonates in the Bolu Basin, West of Turkey . Journal of Petroleum Science and Engineering. Vol.49, No.1-2, p.79-91.
- Bulkan, Ö. 2003 Himmetoğlu (Göynük-Bolu) yöresindeki kömür-bitümlü şist Birlikteliğinin paleoekolojik nedenleri İst. Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi
- Bulkan, Ö., Yalçın, N.M. and Ulrich, M. 2005. Himmetoğlu havzasındaki (Göynük-Bolu) kömür bitümlü şist birlikteliğinin paleo-ortam koşulları. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C.18, S.1, SS.81-97
- Clementz, D.M., Demaison, G.J. and Daly, A.R. 1979. Well site geochemistry by programmed pyrolysis. Proceedings of the 11th Annual Offshore Technology

- Conference, Houston, OTC 3410, v.1, p.465-470.
- Demirci, S.2003.Himmetoğlu (Göynük-Bolu) linyit sahasındaki drenaj sorununun çözümüne ilişkin numeric ve analitik yöntemlerin karşılaştırılması.Hacettepe Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi
- Ediger, V.Ş. ve Soylu, C. 1993 Petrol Jeologları için Organik Jeokimya. TPAO, Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı,169 s.
- Espitalie, J., Madec, M., Tissot, J., Menning, J. and Leplat, P. 1977. Source rock characterization method for petroleum exploration. Proc. 9th Annual Offshore Technology Conf., 3: 439-448.
- Espitalie, J., Marquis, F. and Barsony, I., 1984. Geochemical Logging .in: Voorhees, K.J (Eds.) Analytical Pyrolysis-Techniques and Applications. Boston, Butterworth. 276-304.
- Eroskay, S. O. 1965. Paşalar boğazı-Gölpazarı-Taraklı sahasının jeolojisi: İst. Üniv. Fen. Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü Arşivi
- Hufnagel, H. 1991. Investigation of oil shal deposits in Weztern Turkey. Part II : Himmetoğlu and Hatıldığ: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover. 72 p.
- Hufnagel, H. 1991. Investigation of oil shale deposits in Western Turkey. Part II: Himmetoğlu and Hatıldığ: Bundesanatalt für Geowissenschaften und Rrohstoffe. Hannover. 72 p.
- Hunt, J. M. 1995. Petroleum geochemistry and geology.W.H.Freeman and Company, New York. 743 p.
- Jackson, K. S., Hawkins, P. J. and Bennett, A.J.R. 1985. Regional facies and geochemical, evaluation of southern Denison Trough. APEA Jour. 20, 143- 158.
- Jarvie, D.M. and Tobey, M.H. 1999. TOC,Rock-Eval and SR Analyzer Interpretive Guidlines, Application Note 99-4. Humble Instruments and Services, Inc. Geochemical services Division,Texas,11 p.
- Jones, R.W. 1984. Comparison of carbonate and shale source rocks. In:Palacas, J. (Ed), Petroleum Geochemistry and Source Rock Potential of Carbonate Rocks. AAPG Studies in Geology 18.
- Jones, R.W. 1987. Organic facies: Advanced in Petroleum Geochemistry (Brooks, J.,

- and Welte, D., eds.), vol 2, pp. 1-9.
- Ketin, İ. 1966. Anadolu'nun Tektonik Birliklikleri M.T.A. der.no. 66, Ankara
- Kural, O. 1990. Kömür kimyası ve teknolojisi
- Kuru, F., Aras, M., Gürgey, A. ve Ertuğ, K. 1995, Sakarya baseninin stratigrafisi. TPAO raporu No.2109
- Miles, A.J. 1989 Illustrated Glossary of Petroleum Geochemistry. Clarendon Pres, Oxford, New York, USA.
- Peters, K. E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis: AAPG Bulletin, 70, 318-329.
- Peters, K. E. and Cassa, M.R. 1994. Applied Source Geochemistry. In: Magoon, L.B. and Dow, W.G. (Eds), The Petroleum System-from Source to Trap. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V.70, p.329.
- Pütün. 1998, Chemistry and geochemistry of Turkish oil shale kerogens. Fuel, v.67, p. 1106-1110
- Taka, M. 1988. Himmetoğlu (Göynük-Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanakları ve Sondajları: MTA raporu, No.08533.
- Turgut, A. ve Dümenci, S. 1980. Bolu-Göynük linyit havzasına ait jeolojik rapor: Mta raporu No: 6885
- Saner, S. 1977. Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı alanının jeolojisi, eski çökelme ortamları ve çökelmenin evrimi. Doktora tezi, İst. Üniv. Fen Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü Arşivi
- Sarı, A. 1985. Himmetoğlu yöresinin ekonomik jeolojisi. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniv. Fen Fak. Arşivi.
- Sarı, A. 1994. Boyabat (Sinop) yöresi (Triyas-Kretase) birimlerinin organik fasiyes İncelemesi. Türkiye Jeoloji Bülteni. C. 37, Sayı 2, 111-118, Ağustos 1994
- Sarı, A. ve Sonel, N. 1995. Kayabaşı (Göynük-Bolu) yöresinin bitümlü şeyl incelemeleri. Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt. 2, S, No2, S.39-49.
- Sarı, A. and Aliyev, S.A. 2005. Source rock evaluation of the lacustrine oil shale bearing deposits, Göynük/Bolu, Turkey. Energy Sources. vol.27, no.3, pp.271-279.
- Sarı, A., Aliyev, S.A. and Koralay, B. 2006. Source rock evaluation of the eocene shales in the Gökçesu area (Bolu/Turkey). *Energy Sources* (in press)

- Sonel, N., Sarı, A. ve Tozlu, E. 1987. Himmetoğlu-Göynük-Bolu yöresinin jeolojisi ve linyit oluşukları S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 2. 1987
- Şener, M.1992. Himmetoğlu (Bolu-Göynük)Neojen baseninin jeolojik-minerolojik ve Jeokimyasal incelemesi. H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, 160 s.
- Şener, M. 1993. Neojen yaşlı Himmetoğlu (Bolu-Göynük) bitümlü şeyl sahasının litostratigrafik ve tektonik özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, v. 36(2), s.45-54.
- Şener, M. and Gündoğdu, M.N. 1998. Geochemical and petrographic investigation of Himmetoğlu oil shale field, Göynük, Turkey, Fuel v.75, s.11, p.1313-1322
- Şengüler, İ. 1999. Seyitömer (Kütahya) petrolü şeyllerinin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. Ank. Üniv. Doktora tezi, 193 s.
- Talukdar, S.C., B. De Toni, F. Marcano, J. Sweeney. And A.Rangel. 1993. Upper Cretaceous source rocks of northern South America. Abstract. AAPC Bulletin, 77, 351.
- Tissot, B.P. and Welte, D.H. 1984. Petroleum formation and occurrence. Second revised and enlarged edition. Springer-Verlag, p.699, Berlin.
- Wehner, H. 1989. Organic-geochemical studies in the Visayan basin, Philippines. Gol. Jb.70, 317

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Yasemin Geze

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 24.07.1980

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise: 1994-1997 İbni Sina Lisesi

Lisans: 1998-2003 Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans:

2004-2007 A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar.

2004-2005 Cumhuriyet İlköğretim Okulu ücretli ingilizce öğretmenliği

2006 TPAO Arama Dairesi Başkanlığı, Jeoloji mühendisi (devam)

Yurtdışı Yayını

Petroleum Science and Tecnology (tez çalışmasına yönelik makale 2006'da kabul edilmiştir.)

Projeler ve Seminerler

A.Ü.Lisans son sınıf bitirme ödevi projesi (KD Sivrihisar saha çalışması) 4.'lük ödülü.

AB Proje Eğitimi, Süs Taşlarına yönelik sunum başarı belgesi

Kültürel Nitelikli, Turistik Eşya Tanıtımı ve Satış Danışmanlığı AB Proje Eğitimi

katılım ve başarı belgesi (TDV)

Çevresel Etki Değerlendirme Semineri katılım belgesi (JMO)

A.Ü. Kültür haftası, resim sergisi katılım belgesi

TPAO Petrol Akademi ve oryantasyon eğitimi

TPAO Temel Jeoloji Eğitimi