



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**AKÇALAR LİNYİT HAVZASINDAKİ
(BAYAFŞAR-KONYA) PLİYOSEN YAŞLI
ŞEYLLERİN ORGANİK JEOKİMYASAL
İNCELENMESİ**

Mosab MOHAMMEDNOOR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mosab MOHAMMEDNOOR tarafından hazırlanan “Akçalar linyit havzasındaki (Bayaşaır-KONYA) Pliyosen yaşı şeyllerin organik jeokimyasal özellikleri” adlı tez çalışması 03/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Ali SARI

Danışman

Prof. Dr. Hükmü ORHAN

Üye

Yrd. Doç. Dr. Arif DELİKAN

İmza

.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

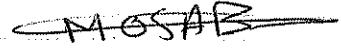
Bu tez çalışması S.Ü BAP tarafından 15.2011.11.0.....nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.



Mosab MOHAMMEDNOOR
22. 2. 2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

AKÇALAR LİNYİT HAVZASINDAKİ (BAYAFŞAR-KONYA) PLİYÖSEN YAŞLI ŞEYLLERİN ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Mosab MOHAMMEDNOOR

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hükmü ORHAN

2017, 98 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hükmü ORHAN

Prof. Dr. Ali SARI

Yrd. Doç. Dr. Arif DELİKAN

Konya ilinin 90 km güney batısında Beyşehir ile Seydişehir arasında kalan bölgede Geç Pliyosen yaşı genelde çamurtaşı ve şeyl ağırlıklı gölsel sedimentler yüzeylemektedir. Gölsel istif içerisinde değişik kalınlıklarda kömür seviyeleri ve bitümlü sedimentler bulunmaktadır. Bayafşar köyünün güneyinde yer alan Akçalar linyit havzasındaki kömür ocaklarından iki adet ÖSK yapılarak alınan örneklerin organik karbon içerikleri ve özellikleri (türü, olgunlaşma dereceleri ve hidrokarbon türüm potansiyelleri) incelenmiştir.

TOC ve Piroliz analiz (S_1 , S_2 , S_3 , Tmax, PY, PI, HI ve OI) sonuçlarına göre, incelenen örneklerin TOC değerleri % 0,5 ile % 50 arasında olup ortalama değeri ise %23,34'dir. Petrol türeten kayaçların ortalama % 0.5'ten yüksek olan TOC değerleri ekonomik olarak kabul edildiğinde % 23.34'lik TOC değerinin mükemmel (zengin) kaynak kaya potansiyeline işaret ettiği görülmektedir. Örneklerin kerojen tipi genelde Tip III 'dür ancak çok azda olsa Tip II örneklerde mevcuttur. Ayrıca organik maddeler çoğunlukla gaz ve kısmen gaz-petrol karışımı türetebilecek hidrokarbon tiptedir. Bölgedeki bitümlü kayaçların ısısal olgunlaşma düzeyleri genelde olgunlaşmamış-erken olgun seviyesindedir. İncelenen örnekler TOC içeriklerine göre zayıftan mükemmele değişen kaynak kaya potansiyeline sahiptir, ancak ısısal olgunlaşma dereceleri düşüktür. Ayrıca incelenen örneklere ait belirlenen S_1 türü hidrokarbonlara göre ise bölgede herhangi bir organik kirliliğin olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akçalar linyit havzası, olgunlaşma derecesi, Piroliz, TOC.

ABSTRACT

MS THESIS

ORGANIC GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE PLIOCENE SHALES IN THE AKÇALAR LIGNITE BASIN (BAYAFŞAR-KONYA)

Mosab MOHAMMEDNOOR

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Hükmü ORHAN

2017, 98 Pages

Jury

Prof. Dr. Hükmü ORHAN

Prof. Dr. Ali SARI

Asst. Prof. Dr. Arif DELİKAN

Late Pliocene aged lacustrine sediments comprising mainly of mudstone and shale crop out in the area between Beyşehir and Seydişehir, 90 km South West of Konya. The lacustrine sediments include varied thickness of coal and bituminous shale levels. By using Pyrolysis (Rock-Eval) analysis method, the organic carbon content and characteristics (Type, maturity's degree and potential of hydrocarbon generation) for samples collected from two measured stratigraphic sections in the Akçalar coal pit (South region of Bayafşar village) have been investigated.

Based on the TOC and Pyrolysis analysis (S_1, S_2, S_3 , Tmax, PY, PI, HI and OI) data, the TOC content for the studied samples range from 0.5 % to 50 %, with an average of 23.34 %. If any oil generating rock contain more than 0.5 % TOC values (as an average) it is considered an economic source rock, TOC values with an average of 23.34 % show an excellent (rich) source rock potential. The kerogen type for the vast majority of the studied samples is type III and few of them are type II kerogens. Moreover, most of the organic matter tends to generate gas however a small portion of them exhibit a tendency to generate gas-oil mixture. The degree of thermal maturity for bituminous rocks in the studied area is in the range of immature-early mature. According to the TOC content, the studied samples have source rock potential ranging from poor to excellent, but their thermal maturity degrees are low. Additionally, determined S_1 hydrocarbon type for investigated samples shows no sign for organic contamination in the studied area.

Key words: Akçalar lignite basin, Maturity's degree, Pyrolysis, TOC.

ÖNSÖZ

Konya Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu tarafından desteklenen bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi, deneyim ve tecrübesini benimle paylaşan değerli danışman hocam Sn.Prof. Hükmü ORHAN'a ve maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonuna en derin teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanması sürecinde beni değerli bilgilerinden mahrum bırakmayan Prof. Dr. Yaşar EREN, Yard. Doç. Dr. Sevinç Kapan YEŞİLYURT (Çanakkale 18 Mart Üniversitesi), Arş. Grv. Seda KARAİSAOĞLU, Arş. Grv. Berkent KOŞKUNER, Arş. Grv. Meliken AKBAŞ ve Arş. Grv. Gülin GENÇOĞLU KORKMAZ'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Maden müh. Sn. Zeki MEMİŞOĞLU (Eti Alüminyum A.S), Mustafa CANMAYA ve Emre POLAT'a (Selçuk Üniversitesi) teşekkürlerimi iletirim.

Mosab MOHAMMEDNOOR
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışma Alanı	3
1.3. Materyal ve Metot	3
1.3.1. Ön çalışmaları	3
1.3.2. Arazi çalışmaları	3
1.3.3. Laboratuvar çalışmaları.....	5
1.3.4. Büro çalışmaları.....	6
1.4. Önceki Çalışmalar	6
2. BÖLGESEL JEOLJİ	10
2.1. Stratigrafi.....	10
2.1.1. Seydişehir Formasyonu	10
2.1.2. Taşlıca Formasyonu	13
2.1.2.1. A ölçülü stratigrafik kesiti (A ÖSK)	14
2.1.2.2. B ölçülü stratigrafik kesiti (B ÖSK).....	21
2.1.2.3. Ortamsal yorum.....	26
2.1.3. Kavakköy travertenleri.....	27
2.1.4. Alüvyon	28
2.2. Yapısal Jeoloji	28
2.2.1. Uyumsuzluklar	29
2.2.2. Faylar.....	29
3. ORGANİK JEOKİMYA.....	31
3.1. Giriş	31
3.1.1. Bitümlü şeyl tanımı ve sınıflaması	33
3.1.2. Bitümlü şeyllerin bileşimi	34
3.1.3. Bitümlü şeyllerin depolanma ortamları.....	35
3.1.4. Bitümlü şeyllerin kullanım alanları	36
3.1.5. Organik jeokimyasal çalışmalar	36
3.2. Piroliz (Rock-Eval) Analizleri.....	37
3.2.1. Toplam organik karbon miktarı (TOC, wt %).....	37
3.2.1.1. TOC verileri.....	37
3.2.1.2. Derinlik-TOC diyagramı	42
3.2.1.3. TOC-frekans diyagramı.....	42

3.2.2. Rock-Eval parametreler.....	45
3.2.2.1. Hidrojen indeks (HI) parametresi.....	46
3.2.2.2. Oksijen indeks (OI) parametresi	46
3.2.2.3. Üretim indeksi (PI) parametresi.....	47
3.2.2.4. Jenetik potansiyeli (petrol kaynak kayası potansiyeli, (PY))	47
3.2.2.5. Rezidüel karbon (RC) parametresi.....	47
3.2.2.6. Piroliz edilebilen karbon (PC) parametresi.....	47
3.2.3. Organik madde tipi/kerojen tipi.....	47
3.2.3.1. Hidrojen indeksi (HI)	50
3.2.3.2. HI-OI, HI-T _{max} , ve TOC-S ₂ diyagramları	52
3.2.3.3. Hidrokarbon tip indeksi (S ₂ /S ₃ oranı).....	54
3.2.3.4. Piroliz edilebilen karbon indeksi (PCI)	56
3.2.3.5. TOC - PCI diyagramı	57
3.2.4. Organik maddenin ısısal olgunluğu	58
3.2.4.1. T _{max} (°C) verileri	58
3.2.4.2. Derinlik-T _{max} diyagramı	60
3.2.4.3. HI-T _{max} diyagramı	61
3.2.4.4. Üretim indeksi.....	63
3.2.4.5. S ₂ /S ₃ parametresi.....	66
3.2.4.6. Derinlik- S ₂ /S ₃ diyagramı	67
3.2.4.7. PI-T _{max} diyagramı.....	68
3.2.5. Hidrokarbon üretme potansiyeli	69
3.2.5.1. S ₁ ve S ₂ parametreleri.....	69
3.2.5.2. Bitümen indeks (S ₁ /TOC).....	72
3.2.5.3. Ghorı ve Othman'ın S ₂ -TOC diyagramları.....	74
3.2.5.4. Jenetik potansiyel	76
3.2.5.5. PY– TOC diyagramı.....	77
3.2.5.6. Rezidüel karbon (RC).....	79
3.2.5.7. Piroliz edilebilen karbon (PC)	81
3.2.6. Göç etmiş hidrokarbonlar	83
3.2.7. Hidrokarbon tipinin belirlenmesi	84
3.2.7.1. Hidrojen indeksi (HI)	84
3.2.7.2. TOC-S ₂ diyagramı	84
3.2.7.3. Hidrokarbon tip indeksi (S ₂ /S ₃ oranı).....	84
3.2.7.4. HI–TOC diyagramı	86
3.2.7.5. HC -TOC diyagramı.....	87
3.3. Sonuçlar	88
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ.....	98

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

S_1	: Kaya içerisinde serbest halde bulunan hidrokarbon miktarı
S_2	: Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan hidrokarbon miktarı
S_3	: Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan CO_2
S_1/TOC	: Bitümen indeksi
S_2/S_3	: Hidrokarbon tip indeksi
T_{max}	: S_2 pikinin maksimum ulaştığı noktadaki sıcaklık değeri

Kısaltmalar

apt	: Applied Petroleum Technology AS
H/C	: Hidrojen/Karbon
HC	: Hidrokarbon
HI	: Hidrojen İndeksi
O/C	: Oksijen/Karbon
OI	: Oksijen İndeksi
ÖSK	: Ölçülü Stratigrafik Kesitler
PC	: Piroliz Edilebilen Karbon
PCI	: Piroliz Edilebilen Karbon İndeksi
PI	: Üretim İndeksi
PY	: Jenetik Potansiyeli
RC	: Rezidüel Karbon
TOC	: Toplam Organik Karbon Miktarı
XRD	: X Işınları Difraksiyonu

1. GİRİŞ

İnsanoğlu ilk ortaya çıktığından beri sürekli olarak artan oranlarda enerji kullanmakta ve bunu farklı kaynaklardan elde etmektedir. Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki grupta toplanır. Fosil yakıtlar ve radyoaktif elementler yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Nüfus artışı ve artan ihtiyaçlar, enerji kaynaklarını tüketmeye devam etmekte ve farklı enerji kaynaklarının bulunmaması bu enerji kaynaklarının tükenmesine sebep olacaktır. Dünya nüfusunun hızla artması ve mevcut enerji kaynaklarının çok yakın bir gelecekte artan ihtiyaca cevap veremeyeceğinin belirlenmesi, tüm dünya ülkelerini alternatif enerji kaynaklarının arayışı ve işleyişi konusunda harekete geçirmiştir.

Genelde klastik (kumtaşları) ve karbonatlı kayalardan oluşan konvansiyonel rezervuarlardan petrol ürünlerinin üretimi için, herhangi bir özel işleme gereksinim duyulmaz. Konvansiyonel sahalarda, genel olarak rezervuarlar orta-yüksek permeabiliteye sahip olup, dikey sondajlarla üretim yapılabilir. Üretim, doğal su itimi veya basınç tükenmesi (gaz genleşmesi) mekanizması ile yapılır. Konvansiyonel rezervuarlardan üretim belirli koşulların gerçekleşmesi ile mümkün olabilmektedir. Bunlar; olgun bir kaynak kaya, hidrokarbonun bu kaynaktan atılmış olması, iyi bir kapan, kaynaktan rezervuara taşımayı sağlayacak sistem ile rezervuarın gözeneklilik ve geçirgenliğinin de uygunluğudur.

Yüksek enerji fiyatları, artan global enerji talebi, konvansiyonel sahalarda üretimin hızlı düşüşü, kolay ve erişilebilir kaynakların azalması, konvansiyonel arama maliyetlerindeki artış ve son dönemlerdeki gelişmiş üretim teknikleri bir zamanlar ekonomik olarak değerlendirilmeyen ‘unkonvansiyonel’ enerji kaynaklarının günümüzde hızla önem kazanmasına ve bu potansiyele sahip bölgeler, enerji endüstrisinin yeni hedefleri haline getirmiştir.

Kömür gazı (Coal Bed Methane-CBM), Gaz veya petrol şeylleri (Oil Shale), kesif kumlar (Tight Gas) ve gaz hidratlar (Gas Hydrates) “Konvansiyonel Olmayan rezervuar”lardır. Şeyl rezervuarlar, aslında petrolün anakayasıdır. Bunlar; organik maddece zengin, çok düşük geçirgenliğe sahip (100 nanoD), genellikle anizotropik ve bünyesinde serbest gaz barındıran şeyllerdir. Kesif kumlar ise, geçirgenliği çok düşük (<0.1mD), bünyesinde petrol veya gaz barındıran rezervuarlardır. Konvansiyonel olmayan rezervuarlarda, konvansiyonel rezervuarlardan daha uzun süreli üretim yapabilmektedir. İlk ekonomik üretim, 1821 yılında Amerika

Birleşik Devletlerindeki Appachia Baseninde Devoniyen şeylleri hedefleyen ve dik olarak açılan kuyudan yapılmıştır. Konvansiyonel rezervuarlarda ihtiyaç duyulan mekanizmaların çoğuna konvansiyonel olmayan rezervuarlarda ihtiyaç duyulmamaktadır.

Bitümlü şeyller petrol ve gaz üretimi açısından alternatif bir hammadde kaynağıdır. Günümüzde, doğal kaynak olarak bilinen petrol rezervlerinin süratli bir şekilde tüketilmesine bağlı olarak petrol fiyatlarının gittikçe yükselmesi, insanlığı Dünya'nın enerji ihtiyacını karşılayacak yeni doğal kaynakları bulmaya yönlendirmektedir. Bu bakımdan bitümlü şeyller teknolojik açılımlara sebep olabilecek nitelik taşımaktadır.

Bitümlü şeyl rezervleri bir çok ülkede (ABD, Estonya, Brezilya, Ürdün, Kanada, Çin, İsrail, Almanya, Rusya) petrole alternatif olabilecek çok önemli bir doğal kaynak olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de son derece önemli bir yeraltı zenginliği olan bitümlü şeyllerin, ileri teknolojilerin gelişmesine ortam hazırlamasının yanında ekonomik olarak da Türkiye'ye büyük katkılar sağlayacağı açıktır. Bu nedenle hidrokarbon potansiyeli yönünden oldukça önemli olan bitümlü şeyllerin ekonomiye kazandırılmaları son derece önemlidir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Seydişehir-Beyşehir bölgesinde kömür damarları da içeren Geç Pliyosen yaşlı genelde çamurtaşı ve şeyl ağırlıklı istifler yer almaktadır. Genel de Seydişehir-Beyşehir bölgesinde yapılan önceki çalışmalar bölgedeki kömürün üretim rezervleri hakkındadır. Bu çalışmayla Seydişehir (Konya) ile Beyşehir ilçeleri arasında yer alan Akçalar linyit havzasındaki Geç Pliyosen yaşlı organik maddece zengin bitümlü kayaçların organik madde içeriği ve özellikleri (tür, olgunlaşma derecesi) ve hidrokarbon türüm potansiyelleri ile çökeltme ortamlarının araştırılması amaçlanmıştır.

Dünyanın değişik yerlerinde bitümlü şeyl üzerinde pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Seydişehir-Beyşehir bölgesindeki kömür havzasındaki bitümlü kayaçların organik jeokimyasal özellikleri üzerine yapılan ilk çalışma olması bakımından önemlidir.

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Konya'nın güney batısında yaklaşık 90 km uzaklıkta bulunan Seydişehir ilçesinin yaklaşık 15 km kuzeyinde, Beyşehir ilçesi ise yaklaşık 12 km güneyinde yer alan Bayafşar köyü ve çevresinde yer almaktadır. Beyşehir-Seydişehir yolunun üzerindedir (Şekil 1.1).

İlçe ve civarında, İçanadolu bölgesinin iklim (Karasal iklimi) özelliklerini taşır. Yazları kurak ve sıcak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer.

Bölge bitki örtüsü bakımından, ardıc ve meşelik bölgeleri yoğun olup bölge daha çok ekili alanlardan oluşmaktadır.

Seydişehir kasabasının ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Bunun yanı sıra 1973 yılında kurulan Seydişehir Alüminyum Tesislerinde yoğun bir işçi çalışmıştır.

1.3. Materyal ve Metot

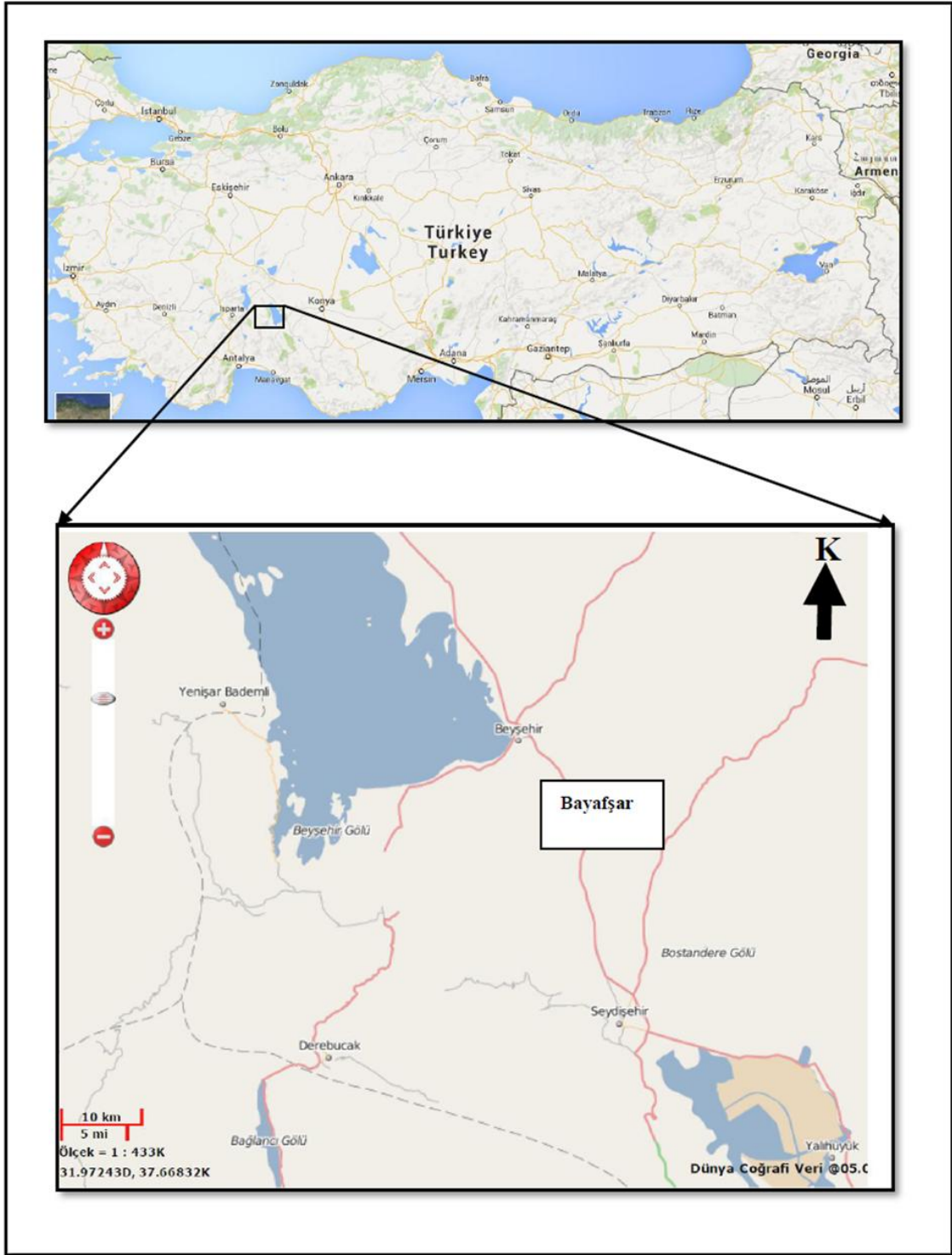
Tez projesinin amacı ve kapsamına yönelik yapılan işlemler ön çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada yapılmıştır.

1.3.1. Ön çalışmaları

İnceleme alanı ve yakın çevresinde daha önce yapılmış jeolojik çalışmalar derlenerek çalışma alanının jeolojisi hakkında bilgiler edinilmiştir. Ayrıca bitimlül şeyller üzerine Türkiye ve dünyada yapılmış çalışmalar derlenerek şeyllerin organik içeriklerinin araştırılması ve değerlendirilmesinde izlenecek yollar belirlenmiştir.

1.3.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları, Seydişehir-Beyşehir bölgesindeki Geç Pliyosen yaşlı Akçalar linyit havzasında yoğunlaşmıştır. Bölgede daha önce yapılmış haritalar arazide kontrol edilerek gerekli revizyonlar yapılmıştır. Açık işletme şeklinde işletilen Akçalar kömür sahasındaki yarmalarda (Şekil 1.2) belirlenen uygun yerlerden iki adet ölçülü stratigrafik kesitler (A ve B ÖSK'ler) yapılarak, ayrıntılı olarak litoloji



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

tanımlamalarının yapılması, arazide her bir litolojik birimden ve amaca uygun yerlerden ve istifi temsil edecek aralıklarla örnekler alınmıştır.



Şekil 1.2. Çalışma alanındaki Akçalar linyit işletmesindeki işletme yarmaları görüntüsü

1.3.3. Laboratuvar çalışmaları

Arazi çalışmasından alınan örnekler Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda agat havan ile öğütülmüş ve genel de yaklaşık 20 gramlık numuneler halinde hazırlanmıştır. Ayrıca, bol fosilli örneklerden fosilleri çıkartılmak için elek işlemleri yapılmıştır. Örneklerin karbonat içerikleri, örneklerin HCL asit ile çözündürülmesiyle belirlenmiştir.

Kayaçların yarı kuantitatif içeriklerini belirlemek için 28 adet örnek X Işınları Difraksiyonu (XRD) analizi, Selçuk Üniversitesi, İleri Teknoloji Merkezinde yapılmıştır. Çalışma sahasındaki örneklerin fosil içerikleri, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Müh. Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü Öğretim Üyesi Yard. Doç. Dr. Sevinç Kapan Yeşilyurt tarafından tanımlanmıştır. Organik jeokimyasal analizleri (piroliz (Rock-Eval) analizleri), Norveç'teki Applied Petroleum Technology AS (apt) laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

1.3.4. Büro çalışmaları

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

1.4. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanının yakın çevresinde yapılan jeolojik çalışmalar ve Türkiye'nin farklı bölgelerinde bitümlü şeyllerin organik jeokimyası hakkında yapılan bazı çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir.

Eyüboğlu ve Aksoy (1980), Konya-Beyşehir-Karadiken liyinit sahasındaki yapılan toplam 125 adet sondajdan 1' i saha dışında olan 106 adedi ile genel rezerv ve kalite hesapları yapmışlardır. Ayrıca yine sahanın işletmeye yönelik olarak 96 adet sondajdan işletmeye yönelik rezerv ve kalite hesapları yapmışlardır. Genel görünür rezerv, poligon ve eşkalınlık yöntemi ile ayrı ayrı hesaplamışlardır. Sahanın rezervini poligon yöntemi ile 143 277 795 ton, eşkalınlık yöntemi ile 138,560,743 ton olarak hesaplamışlardır. İşletmeye yönelik üretilebilir rezerv yalnız poligon yöntemi ile 81,192,446 ton bulmuşlardır. Sahadaki tüm rezervin alınması için yapılması gerekli toplam dekapaj miktarının 526 608,223 m³ olduğunu hesaplamışlardır. İşletmeye yönelik üretilebilir rezerve göre Pasa\kömür oranı = 6.49 m³/ton olarak bulmuşlardır.

Özgür ve diğ (1983), Konya-Beyşehir-Seydişehir Linyit Havzasında yapmış oldukları çalışmalarında linyitli Neojen formasyonlarının temelini oluşturan Paleozoyik şistlerin düşük porozite ve permeabiliteli kayalar olmalarından dolayı yeraltı suyu açısından önemli olmadığını, linyit alanının kenarındaki tepelerde mostra veren Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşlarının çok iyi çatlaklı ve kırıklı olduklarından bol yeraltı suyu taşıyabileceklerini ancak kot olarak yamaçlarda yüksekte olduklarından içerdikleri yeraltı suyu serbest kaynaklar şeklinde boşaldığını belirlemişlerdir. Linyit zonu ile bunun üst seviyeleri ve alüvyonlarda yeraltı suyu gelimi düşük olup işletme için bir sorun yaratmayacağını ancak linyitli zon ve kömürlü seviyelerinde yeraltı

suyunun fazla basınçlı olduğu veya artezyen yaptığı kesimlerde işletme güçlükleri meydana gelebileceğini belirlemişlerdir.

Fişekci ve Gülseren (1985), Beyşehir’de mevcut linyit potansiyeline dayalı bir termik santrali kurulması planlanmış olması nedeniyle havzanın detay etüdlerini yapmışlardır. Havzadaki 3 sektörden biri olan Karadiken sektöründe mevcut açık işletme çukuru çevresinde derinlikleri 364-40 metre arasında değişen 8 adet sondajda yapmışlardır. İlk etapta işletme çukurunun Batısında yapılan 4 adet sondajda fay nedeniyle linyit damarları 40 m derinde kesildiğinden diğer sondajlar işletmenin kuzeyine kaydırmışlardır. Pliyosen yaşlı düşük kalorili linyit kalınlıkları yapılan sondajlarda 9-11 m arasında değişmektedir.

Şen (1989), Orta Torosların kuzey kesiminde yer alan Beyşehir (Konya)’ın güney ve güneybatısının stratigrafisi, yapısal jeolojisi ve jeoloji evriminin aydınlatılmasına yönelik yaptığı çalışmada, Geç Miyosen ve sonrası yükselme evresini izleyecek tarzda etkinleşen blok faylanmalara bağlı olarak bölgede Üst Pliyosen gölünün geliştiğini ve Karadiken formasyonuna ait gölsel çökeller, alttaki birimler üzerine uyumsuz olarak yığıldığı sonucuna varmıştır. Ayrıca Genç-Tektonik (Neotektonik) hareketlerin etkisiyle de, Pliyosen çökellerinde eğim atımlı normal faylar ortaya çıkarak, bölge bu günkü yapısal görünümünü kazandığını belirtmektedirler.

Sarı (1999), Bolu dolayındaki Himmetoğlu havzasından derlediği bitümlü şeyl örneklerini organik jeokimyasal ve organik petrografik yöntemlerle incelemiş, organik maddenin çoğunlukla petrol ve gaz üretebilecek (Tip II kerojen) tipte olduğunu belirtmiştir. Birimin ısısal olgunlaşmasını, spor renk indeksini, Tmax ve Üretim İndeksi (PI) belirleyerek, birimin diyajenetik zon ile kısmen erken olgun petrol zonu sınırında olduğunu saptamıştır. Himmetoğlu formasyonu bitümlü şeyllerinin organik karbon yönünden mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahip olduğunu ancak ısısal olgunlaşmasının düşük olduğunu ifade etmiştir.

Sarı ve Sonel (2000), Himmetoğlu/Bolu (Miyosen), Seyitömer/Kütahya (Miyosen), Ulukışla/Niğde (Miyosen) ve Kabalar/Bolu (Paleosen-Eosen) gölsel havzalarına ait bitümlü kayaç örneklerini organik jeokimyasal, organik petrografik, gaz kromatografik analizleri ve yakma deneyleri bakımından karşılaştırarak, ekonomik değerleri yönünden değerlendirmişlerdir. Kabalar göl havzasına ait bitümlü şeyllerin petrol kaynak kaya potansiyellerinin bulunduğunu, Himmetoğlu, Seyitömer, Ulukışla havzalarına ait bitümlü kayaçların petrol elde edilmesine uygun olduklarını

açıklamışlardır. Ancak Ulukışla bitümlü şeyllerinin damar kalınlıkları ve yayılımlarının sınırlı olmasının petrol eldesi için olumsuzluk teşkil edeceğini belirtmişlerdir.

Sarı ve Aliyev (2005), Göynük civarındaki çalışmalarında bitümlü şeyllerin organik maddelerinin algal materyalden (Tip I kerojen) oluştuğunu, şeyllerin organik karbon içeriğinin % 10'dan fazla, hidrojen indeks değerlerinin 900 mg/ Hdirkarbon (HC)g kaya üstünde olduğunu belirlemişlerdir. Piroliz verileri ve organik petrografik verilere göre petrollü şeyllerin Tip-I organik madde içeren mükemmel potansiyel petrol kaynak kayaları olduğunu açıklamışlardır. Spor renk indeksi ve Tmax değerlerinden elde edilen ısısal olgunluk değerlerinin Kabalar formasyonu için petrol oluşturan termal zona girdiğini ve petrol oluşturabileceğini söylemişlerdir.

Sarı ve Aliyev (2006), Nallıhan (Ankara) civarındaki bitümlü şeyllerin HC potansiyelini ortaya koymuşlardır. Buna göre birimin erken olgun zon-petrol türüm başlangıcında olduğu, Tip I-II kerojen tipine sahip olduğu, petrol için mükemmel kaynak kayalar olduğu belirlenmiştir.

Gülbay ve Korkmaz (2008), Anadolu'nun güney batısındaki Tersiyer yaşlı bitümlü şeyllerin organik jeokimyasal özellikleri ve çökelme ortamını incelenmişlerdir. Beypazarı, Himmetoğlu, Gölpazarı ve Bahçecik bitümlü şeyllerin organik madde tipi kerojen tip I, Seyitömer ve Hatıldağ bitümlü şeyllerin organik madde tipi ise çoğunlukla kerojen tip 1 ve az miktar da tip II oldukları saptamışlardır. T_{max} değerleri, gaz kromatografisinin ve biomarker parametrelerinin (m/z 217 ve m/z 191) verileri belirlenerek, çalışma alanına ait bitümlü şeyllerin ısısal olgunlaşmasının olgun olmadığını belirlemişlerdir. Pristan/fitan (Pr/Ph) oranına göre Beypazarı, Seyitömer ve Hatıldağ'dan alınan bitümlü şeyl örneklerin anoksik çökelme ortamı, Himmetoğlu, Gölpazarı and Bahçecik'den derilen bitümlü şeyl örnekleri ise suboksik çökelme ortamı sahip oldukları ifade etmişlerdir. Ayrıca biomarker parametrelerinin(*Gammacerane*) verilerine dayanarak, çalışma alanındaki bitümlü şeyl tuzlu koşullarda çökeldiğini söylemişlerdir. Genel de çalışma alanına ait tüm çalışılan bitümlü şeyl örneklerin göl sel çökelme ortamı sahip olduğunu açıklamışlardır.

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

Kara-Glbay ve diğ (2014), Toroslar doğusunda (Türkiye'nin güneyi) yüzeyleyen Alt Karboni yaşı şeyl, kumtaşı ve kireğtaşlarından alınan iki ölçülü Stratigrafik kesite (Belen ve Naltas) ait şeyl örneklerin organik jeokimyasal özelikleri ve çökelme ortamını incelenmişlerdir. Belen'e ait incelenen örneklerin toplam organik karbon miktarı (wt%) (0.11-5.61), Naltas'a ait incelenen örnekler ise (0.04 to 1.74) arasında değiştini sunmuşlardır. T_{max} değerleri belirlenerek, çalışma alanında şeyl örneklerin ısısal olgunlaşmasının olgun ve petrol penceresine girdini belirlemişlerdir. Proliz analizine göre incelenen şeyl örneklerin organik madde tipi kerjen tip II ve tip III, anak $Pr/n-C_{17}$ and $Ph/n-C_{18}$ oranına dayanarak kerojen tipi tip II/III oldukları ifade etmişlerdir. Ayrıca, gaz kromatografi (GC) ve gaz kromatografi–mass spektrometre (GC-MS) kullanılarak, çalışılan örneklerin denizsel çökelme ortamı sahip oldukları tespit etmişlerdir.

2. BÖLGESEL JEOLojİ

2.1. Stratigrafi

İnceleme alanında en yaşlı birim, Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen yaşlı şeyl-kumtaşı, metakumtaşı ardalanmasından oluşan Seydişehir Formasyonudur. Seydişehir Formasyonunun üstüne-inceleme alanının dışında- Mesozoyik boyunca çökelmiş neritik karbonatlar ve detritik birimler gelmektedir. Mesozoyik birimlerin de üzerine uyumsuz olarak Miyosen-Pliyosen yaşlı bol fosilli kireçtaşları, marn ve az tutturulmuş çamurtaşı ve kumtaşından oluşan Taşlıca Formasyonu gelmektedir. Bu formasyonlar da Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar tarafından açılı uyumsuz olarak örtülmüştür (Şekil 2.1 ve 2.2).

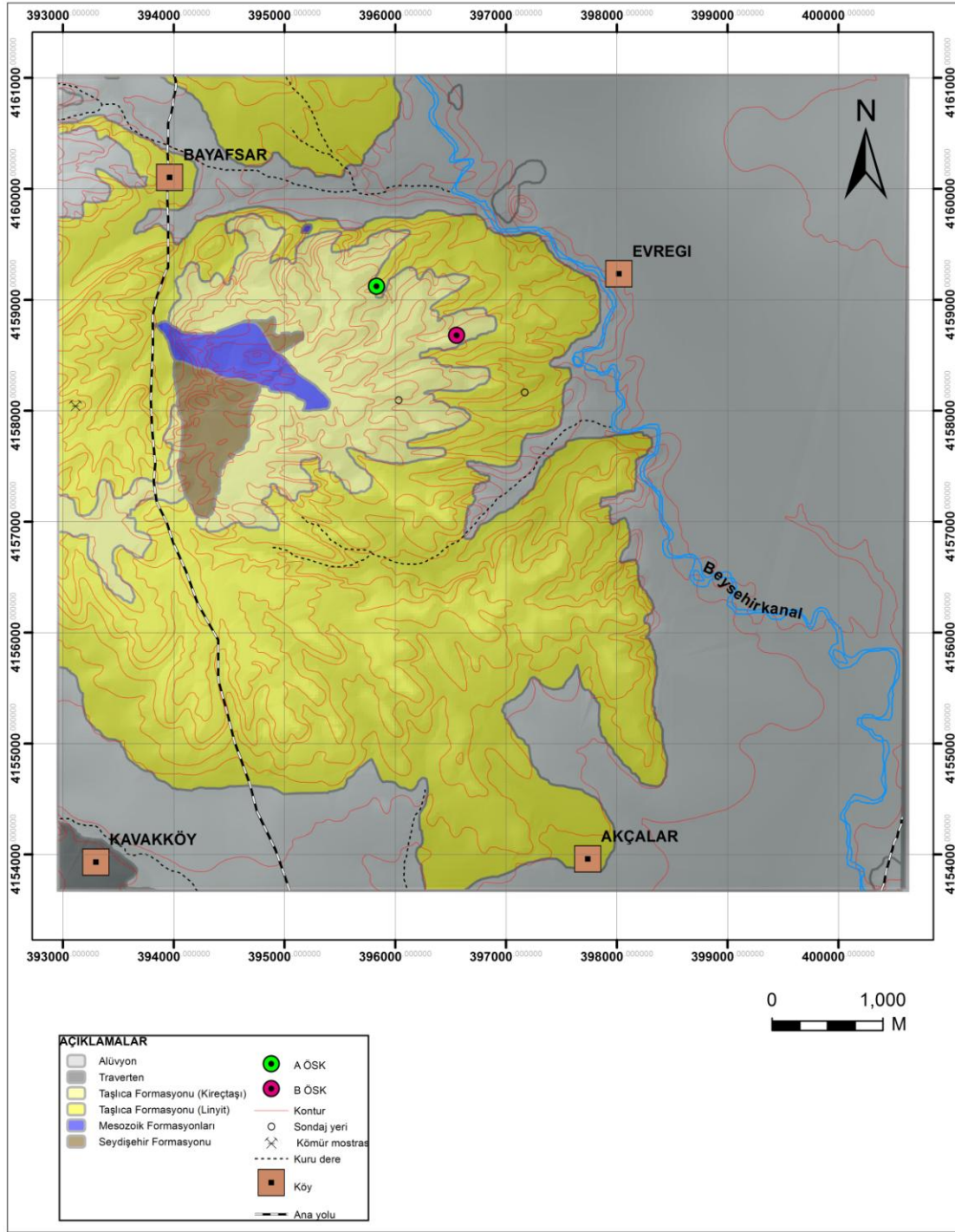
Yukardaki belirtilen tüm bu birimler otokton nitelikli olup Özgül (1971, 1976) tarafından “Geyikdağı Birliği” olarak tanımlanmıştır.

2.1.1. Seydişehir Formasyonu

İnceleme alanının güneyinde yüzeyleyen kısmen metamorfizma geçirmiş kumtaşı, şeyl ile sleytlerden oluşan kalın bir metatortul istife sahip bir formasyondur. İlk kez Blumenthal (1947) tarafından Seydişehir dolayında "Seydişehir Şistleri" daha sonra aynı yörede çalışan Dean ve Monod (1970) ve Özgül (1997) tarafından, "Seydişehir Formasyonu" adıyla tanımlanmıştır.

Seydişehir Formasyonu inceleme alanında Kavakköy' ün KB' dan başlayıp GD' da yer alan Seydişehire kadar uzanan geniş bir alanda yer almaktadır.

Seydişehir Formasyonu sarı, yeşil renkli ve kalınlığı 5-15 cm arasında değişen kumtaşı, metakumtaşı tabakaları ile yer yer kireçtaşı merccekleri içeren kumtaşı-şist ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun taze yüzeyleri yeşil, sarımsı yeşil, altere yüzeyleri kahverengimsi-morumsu yeşil renklidir. Formasyonun üst seviyelerinde metatortullar fillitik özellik gösterirken alt seviyelerinde ise şist yapı ortaya çıkmaktadır. Tabana doğru şistozitenin artması, serisit mineralinin artmasını ve buna bağlı olarak da parlaklığın artmasını işaret etmektedir. Oldukça sık kıvrımlı bir yapı kazanmış olan formasyon, Çaltepe Formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Kristalize kireçtaşında oluşan Mesozoyik yaşlı formasyon ve Taşlıca Formasyon Seydişehir Formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir.



Şekil 2.2. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik haritası (Gökmen ve diğ 1993)'den değiştirilerek)

Dean ve Monod (1970) bu formasyon üzerindeki çalışmalarında *Eodalmarella* cf. *Sociolis*, *Orthamboniter* sp., *Protocycloceras* sp., *Bactroceras* sp., *Proterovoginoceras* sp., *neseuretus* sp., *Paramegalaspis* sp., *Symphysurus* sp., *Megistaspis* sp., *Geragnostus* sp. fosillerini tanımlamıştır ve bu fosillere dayanarak birime Erken Ordovisiyen (Arenigiyen) yaşını vermiştir. Ayrıca Termier ve Monod (1978) şeyller içerisinde *Paradoides* sp., *Creniotreta caltepenssis n.gen.*, *Neseuretus* sp., *Colcorphe* sp., kireçtaşları merceklerinde *Euloma* sp., *Schizotreta* sp., ve formasyonun üst kısımlarında ise *Conotreta* sp., *Euloma (Lateuloma)* sp., *Nileus* sp., fosillerini tespit etmişlerdir. Bu bulgularla dolayı Seydişehir Formasyonunun yaşını Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen olarak belirlemişlerdir.

Formasyonu oluşturan ardışıklı litolojiler, dalgalı ve paralel lamina yapıları sedimantasyonun türbiditik bir havzada gerçekleştiğini gösterir (Demirtaşlı 1973, 1979). Birime ait kırıntılı kayaçlarda bol miktarda laminalanma, tabaka altı akıntı izlerini (oygu ve dolgu izleri) bulunuşu ve su altı kaymalarının varlığı türbit akıntılarının etkili olduğunu, aradaki kireçtaşı mercekleri ve fosil içeriği ise giderek derinleşen çökelme ortamının zaman zaman sığlaştığını ve sıcaklığın da arttığını göstermektedir (Karadağ 1987). Seydişehir Formasyonu türbiditik düzeyleri de kapsayan filiş benzeri ıraksak türbidit kırıntılarının çökelediği, duraysız ve derin şelf ortamını göstermektedir (Özgül 1997). Bu kalın türbidit istif çökeledikten sonra çok düşük dereceli bölgesel metamorfizma ile metatortul bir istif haline gelmiştir (Bayram 1992).

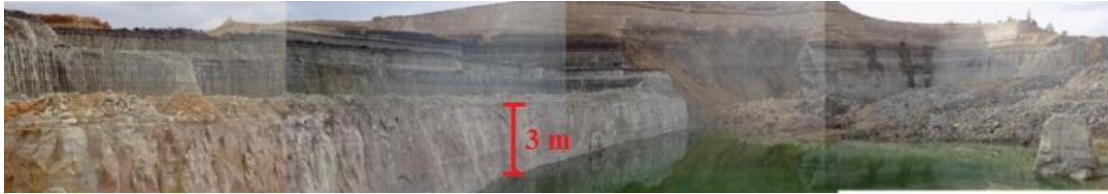
2.1.2. Taşlıca Formasyonu

Genel de bol fossilli, çatlaklı, ince ve yatay tabakalı kireçtaşları ile az tutturulmuş kumtaşı, çamurtaşı ve marndan oluşan birim önceki çalışmalarda Taşlıca kireçtaşları olarak adlandırılmıştır (Göçmez 1997). İnceleme alanının kuzey ve kuzeybatısında yüzeyleyen Taşlıca Formasyonu en iyi Taşlıca Tepe' de gözlenmektedir. Daha önceki çalışmalarda elde edilen paleontolojik verilere göre birimin yaşı Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir (Göçmez 1997).

Bu tez çalışması kapsamında organik maddece zengin kayaçları içeren Orta-Geç Pliyosen yaşlı olan Taşlıca Formasyonu ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma alanının iki farklı noktalarından alınan örneklerle ölçülü stratigrafik kesitler oluşturulmuştur. Bu kesitler A ve B ölçülü stratigrafik kesitleri olarak adlandırılmıştır.

2.1.2.1. A ölçülü stratigrafik kesiti (A ÖSK)

A Ölçülü Stratigrafik Kesiti Bayağşar Kömür şirketinin şantiyesinin güneyinden alınmıştır (Şekil 2.3). Kesit 32.45 m kalınlıkta olup, 48 adet örnek temin edilmiştir (Çizelge 2.1). Kesit aşağıdaki litolojilerinden oluşmaktadır (Şekil 2.8 ve 2.9).



Şekil 2.3. A ölçülü stratigrafik kesiti alındığı yer (yanal görüntüsü)

Kireçtaşı (K): Siyah, gri, açık gri, sarımsı, açık sarımsı, beyaza kadar değişen renkli yer yer bol fosil içerir. İstif içerisinde kalınlığı 0.05 m-3.5 m arasında değişen 11 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 9.292 m'dir. Karbonat oranı (%) 77.364-97.365 arasında değişmektedir. İnce kesitlerde mikrit yoğun bir şekilde ve yanında iskeletsel taneler bulunduğu için, Folk (1962)'a göre bazı örnekler biomikrit ve diğer örnekler ise seyrek biomikrit, Dunham (1962)'a göre ise çamurtaşı ve istiftaşı olarak sınıflandırılmıştır. XRD analizinden elde edilen grafiklerde kalsit hakim olduğu görülmektedir.

Kömür bantları içeren kireçtaşı (KK): Bol fosilli 0.5 m Kalınlığında çeşitli renklerden (gri, koyu sarı ve koyu kırmızı) oluşmaktadır. % 80.217 karbonat oranı olup, XRD grafiği hakim olan mineralin çoğunlukla kalsit ve küçük bir kısmının aragonit olduğu göstermektedir.

Kömür bantları içeren bitümlü kireçtaşı (KBK): 0.25 m kalınlığında siyah renkli organik maddece zengin bol fosil içerir. % 85.91 karbonat oranıdır. XRD grafiğinde hakim olan mineralin genellikle kalsit ve küçük bir miktarının aragonit olduğu görülmektedir.

Arjilli kireçtaşı (AK): Siyah, koyu gri, gri, açık gri ve açık sarımsıa kadar değişen renkli yer yer bol fosill (Şekil 2.6) (bazı seviyelerde bitki fosilli) içerir. İstif içerisinde kalınlığı 0.24 m-2.7 m arasında değişen 6 seviye şeklinde bulunmuştur. Toplam kalınlık 6.46 m'dir. Karbonat oranı (%) 58.254-73.159 arasında değişmekte olup, dolayısıyla XRD grafiğinde genellikle kalsit ve argonite ve bir kısmı ise kil mineralleri (kaolinit ve glokonit) ve oksit mineralleri (goethite) hakimdir.

Bitümlü arjilli kireçtaşı (BAK): Siyah, gri ve açık griye kadar değişen renkli, yer yer bol fosilli organik madde içeriği ortadan zengine değişmektedir. İstif içerisinde kalınlığı 0.13 m-7.40 m arasında değişen 4 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 9.56 m'dir. Karbonat oranı (%) 58.926-74.44 arasında değişmekte olup, XRD analizine göre örneklerin çoğunlukla aragonit ve kısmen kalsitten oluştuğunu göstermiştir.

Kömür bantları içeren bitümlü arjilli kireçtaşı (KBAK): 0.8 m kalınlığında açık gri ve siyah renkli ar dalanması bol fosilli organik maddece zengindir. % 58.403 karbonat içermektedir.

Marn (M): Siyah ve gri renkli yer yer bol fosil (bazı seviyelerde bitki fosilli) içerir. İstif içerisinde kalınlığı 0.119 m-1.5 m arasında değişen 3 seviye şeklinde bulunur. Toplam kalınlık 2.069 m'dir. Karbonat miktarı (%) 45.307-55.312 arasında değişmektedir. Ayrıca XRD analizinden elde edilen grafiklerine göre kalsit, aragonit, kaolinit, glokonit ve montmorilonit en hakim olan minerallerdir.

Bitümlü marn (BM): 0.17 m kalınlığında siyah renkli bol fosilli organik maddece zengindir. Karbonat miktarı % 46.206'dır.

Kalkerli kilitaşı (KKt): 0.24 m kalınlığında koyu ile açık renklerin ar dalanmasından oluşan bol fosilli laminalı bir seviyedir. % 41.048 karbonat içermektedir.

Kilitaşı (Kt): 0.1 kalınlığında siyah ve açık gri renklerin ar dalanmasından oluşan yer yer laminalı bir seviyedir.

Bitümlü kilitaşı (BKt): 1.80 m kalınlığında gri renkli organik madde içeriklidir. % 24.917 karbonat içermektedir. XRD analizine göre kaolinit, talk ve muskovit minerallerinden oluşmaktadır.

Bitümlü kömürlü kilitaşı (BKkt): 0.09 kalınlığında çok koyu gri renkli bol fosilli laminalı organik maddece zengindir. Karbonat miktarı % 2.814 olup, XRD grafiklerine göre kaolinitten oluştuğu belirlenmiştir.

Bitümlü kömür (BK): Yer yer fosilli (bazı seviyelerde bol fosilli) organik maddece zengin bir litolojidir (Şekil 2.4, 2.5 ve 2.7). İstif içerisinde kalınlığı 0.01 m-0.25 m arasında değişen 7 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 1.08 m'dir.

Bitümlü killi kömür (BKtK): 0.13 m kalınlığında siyah renkli bol fosilli organik maddece zengin bir seviyedir.

Çizelge 2.1. A ölçülü stratigrafik kesitinden derlenen örneklerin karbonat oranı, XRD analizi, TOC miktarı ve kaynak kaya potansiyeli

Örnek No	(%) Karbonat oranı	XRD analizi	TOC, wt %	Kaynak kaya potansiyeli (Tissot ve Welte 1984)
1A	60.476	Aragonit/Kalsit	0.8	Orta
2A	73.3		1.3	İyi
3A	58.130	Kalsit/Aragonit/Kaolinit/Glokonit		
4A	59.265			
5A	24.917	Kaolinit/Talk/ Muskovit	0.8	Orta
6A	69.834			
7A	74.44		0.6	Orta
8A	70.572	Aragonit/Kaolinit		
9A	73.159			
10A	58.254			
11A	54.231	Kalsit/Aragonit/Kaolinit		
12A	95.752			
13A	2.814	Kaolinit	39.3	Zengin
14A	58.926	Aragonit/Kalsit	8.2	Zengin
15A			33.9	Zengin
16A	70.71	Aragonit/Kalsit		
17A ₁	69.553			
17A ₂	35.821		35.1	Zengin
18A	65.837	Kalsit/Kaolinit/Goethite		
19A	28.423		34.4	Zengin
20A	87.365			
21A	59.388		24.5	Zengin
22A	55.312	Kalsit/Aragonit/Kaolinit/Glokonit Montmorilonit		
23A	81.165	Kalsit/Aragonit		
24A	59.422	Kalsit/Aragonit		
25A	85.91	Kalsit/Aragonit	38	Zengin
26A				
27A	85.502	Kalsit		
28A	65			
29A	45.307	Kalsit/Aragonit		
30A	88.164			
31A			3.4	Zengin
32A	97.365			
33A			44.7	Zengin
34A	92.394	Kalsit		
35A			50	Zengin
36A	58.403		25	Zengin
37A	92.782			
38A	46.206		40.6	Zengin
39A	94.142			
40A			45.0	Zengin
41A	80.217	Kalsit/Aragonit		
42A	86.517	Kalsit		
43A				
44A	77.364			
45A	83.029			
46A	41.048			
47A	93.446	Kalsit		



Şekil 2.4. A ölçülü stratigrafik kesitine ait bol fosilli organik maddece zengin bitümlü kömür (BK) görüntüsü (ok işareti). Bu tabaka kesitin tabanından 13.76 m yükseklikte bulunur



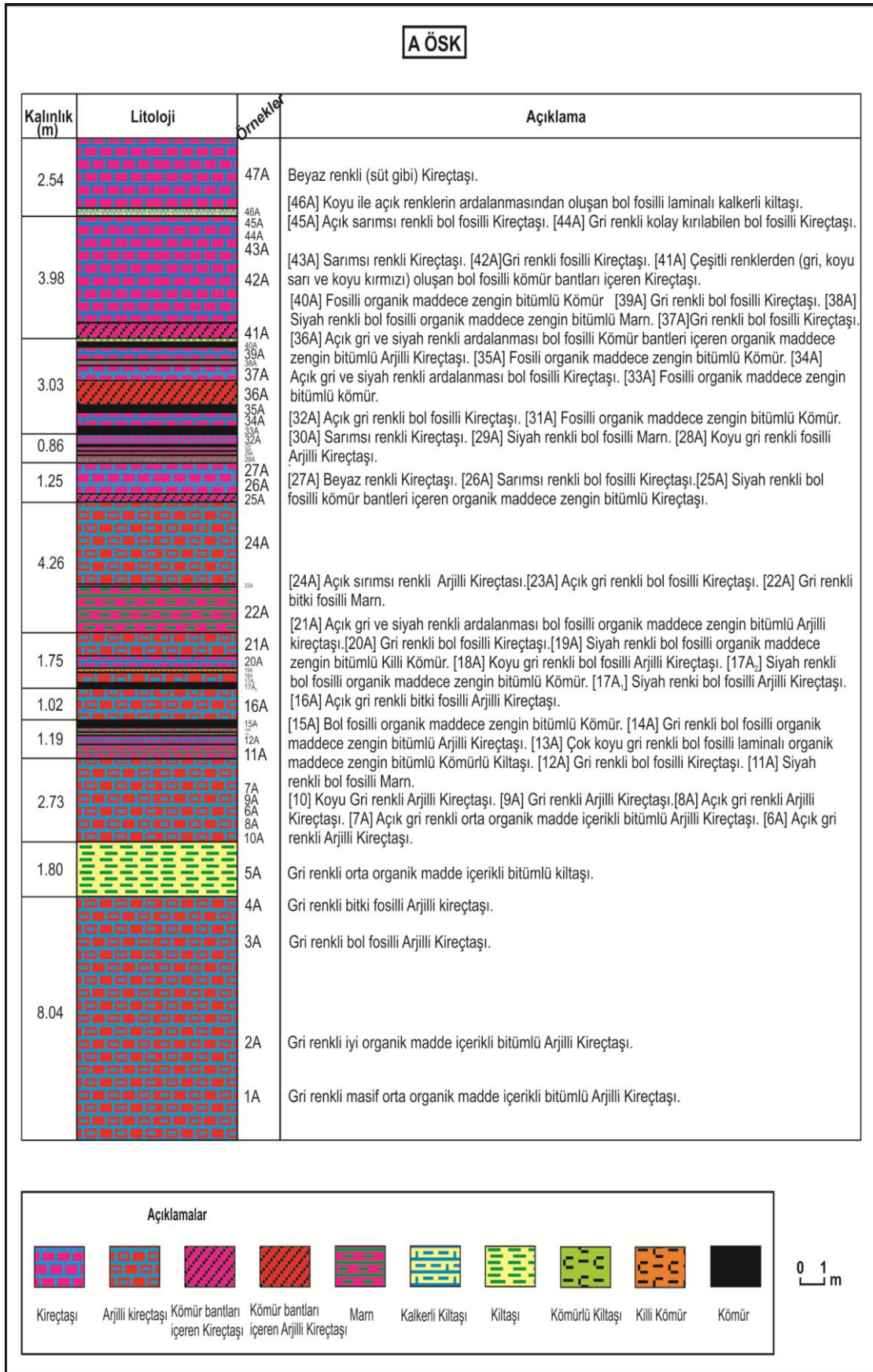
Şekil 2.5. A ölçülü stratigrafik kesitine ait bol fosilli organik maddece zengin bitümlü kömür (BK) görüntüsü (Bu örnek kesitin tabanından 13.76 m yükseklikten alınmıştır)



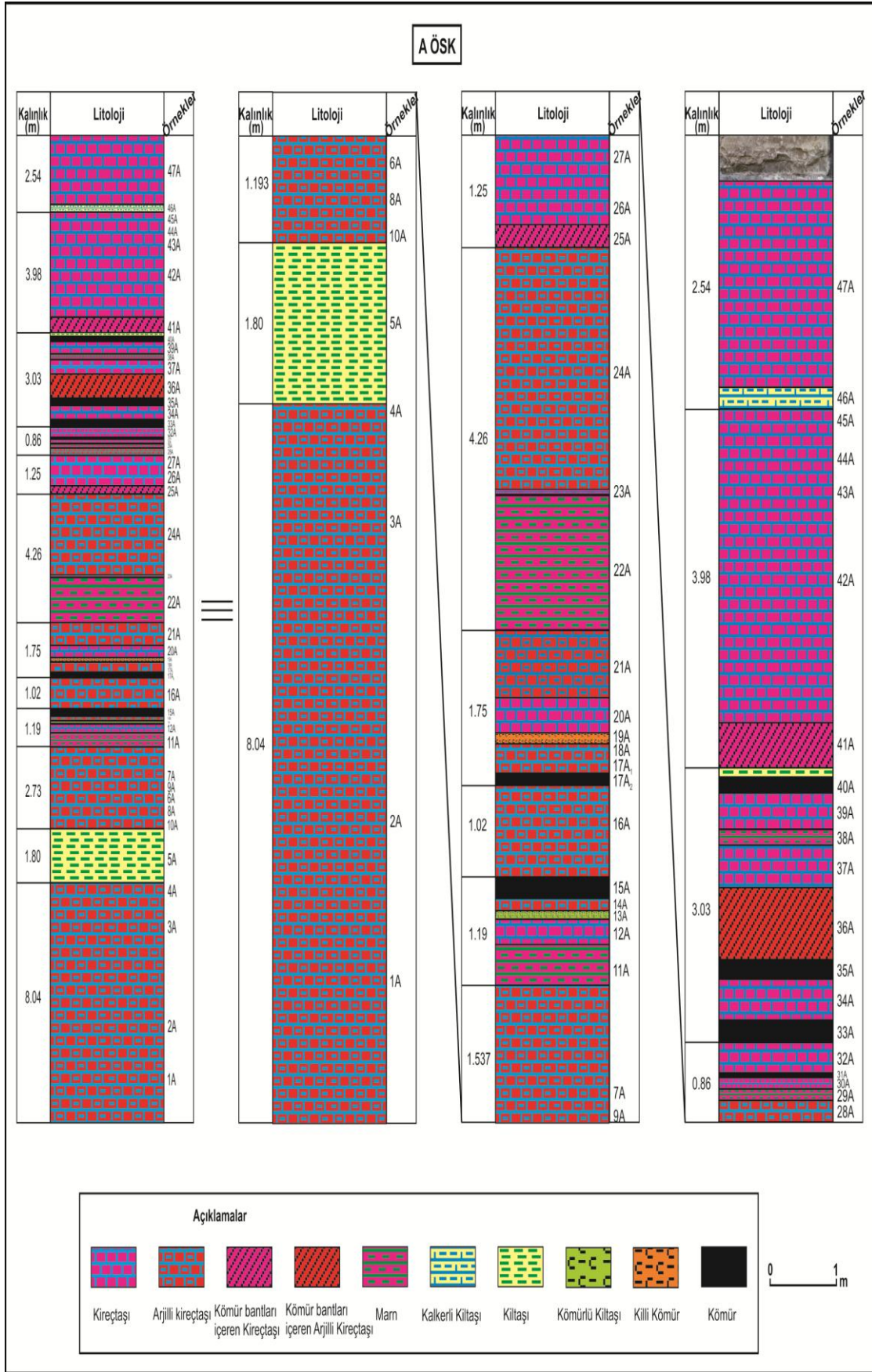
Şekil 2.6. A ölçülü stratigrafik kesitine ait gastropoda fosilleri görünümü (kesitin tabanından 15.26 m yükseklikte gözlenmiştir)



Şekil 2.7. A ölçülü stratigrafik kesitine ait fosilli organik maddece zengin bitümlü kömür (BK) görünümü (ok işareti). Bu tabaka kesitin tabanından 23.15 m ve 23.82 m yükseklikte bulunmuştur



Şekil 2.8. A ölçülü stratigrafik kesiti



Şekil 2.9. A ölçülü stratigrafik kesiti

2.1.2.2. B ölçülü stratigrafik kesiti (B ÖSK)

B Ölçülü Stratigrafik Kesiti Bayağşar Kömür şirketinin şantiyesinin doğusundan alınmıştır (Şekil 2.10). Kesit 34.78 m kalınlıkta olup, 26 adet örnek temin edilmiştir (Çizelge 2.2). Kesit aşağıdaki litolojilerinden oluşmaktadır (Şekil 2.13 ve 2.14).



Şekil 2.10. B ölçülü stratigrafik kesiti alındığı yer (yanal görüntüsü)

Kireçtaşı (K): Koyu gri, gri, açık gri, koyu kırmızı, açık sarı, sarımsı ve beyaze (kerm gibi) kadar değişen renkli bazı seviyelerde laminalı yer yer fosil içerir. İstif içerisinde kalınlığı 0.05 m-1.965 m arasında değişen 12 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 7.105 m'dir. Karbonat oranı (%) 77.298-95.827 arasında değişmektedir. İnce kesitlerde mikrit yoğun bir şekilde ve yanında iskeletsel taneler bulunduğu için, Folk (1962)'a göre bazı örnekler biomikrit ve diğer örnekler ise seyrek biomikrit , Dunham (1962)'a göre ise çamurtaşı ve vaketaşı olarak sınıflandırılmıştır. XRD analizinden elde edilen grafiklerde hakim olan minerallerin çoğunlukla kalsit, kısmen aragonit ve bazı seviyelerde küçük bir miktarı kil mineralleri (kaolinit ve talk) oldukları görülmektedir.

Arjilli kireçtaşı (AK): Koyu gri, açık gri ve koyu kırmızıya kadar değişen renkli bazı seviyelerde laminalı yer yer fosil (bazı tabakalarda bitki fosilli) içermektedir. İstif içerisinde kalınlığı 0.06 m-5 m arasında değişen 8 seviye şeklinde bulunmuştur. Toplam kalınlık 12.595 m'dir. Karbonat oranı (%) 58.61-73.828 arasında değişmekte olup, XRD grafiğinde genellikle aragonit, kısmen kalsit ve küçük bir kısmı ise kil mineralleri (muskovit, montmorilonit, kaolinit ve talk) hakimdir.

Bitümlü arjilli kireçtaşı (BAK): Siyah-koyu griye kadar değişen renkli laminalı bol fosilli organik madde içeriği orta-zengine kadar değişir (Şekil 2.11). İstif içerisinde kalınlığı 0.13 m-1.40 m arasında değişen 3 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 2.336 m'dir. Karbonat oranı (%) 58.548-64.80 arasında değişmekte olup, XRD

analizine göre örneklerin çoğunlukla kalsit ve kısmen aragonitten oluştuğunu göstermiştir.

Marn (M): Açık gri, açık sarı ve koyu kırmızıya kadar değişen renkli bazı seviyelerde laminalı yer yer fosil içerir. İstif içerisinde kalınlığı 1.43 m-2.10 m arasında değişen 3 seviye şeklinde bulunmuştur. Toplam kalınlık 5.397 m'dir. Karbonat miktarı (%) 45.291-53.620 arasında değişmektedir.

Kiltaşı (Kt): Açık gri renkli istif içerisinde kalınlığı 0.83 m-2.267 m arasında değişen 2 seviye şeklinde gözlenmiştir. Toplam kalınlık 3.097 m'dir.

Bitümlü kiltası (BKt): Seviyenin altı açık sarı ve üstü ise koyu kırmızı renkli 1.93 m kalınlığında fosilli üst seviyelerde laminalı orta organik madde içeriklidir. % 15.251 karbonat içermektedir.

Bitümlü kömür (BK): 0.34 m kalınlığında bol fosilli organik maddece zengin bir litolojidir (Şekil 2.12).

Örtü sedimenterler (Alüvyon (AL)): 2 m kalınlığında açık gri renkli bir litolojidir.

Çizelge 2.2. B ölçülü stratigrafik kesitinden derlenen örneklerin karbonat oranı, XRD analizi, TOC miktarı ve kaynak kaya potansiyeli

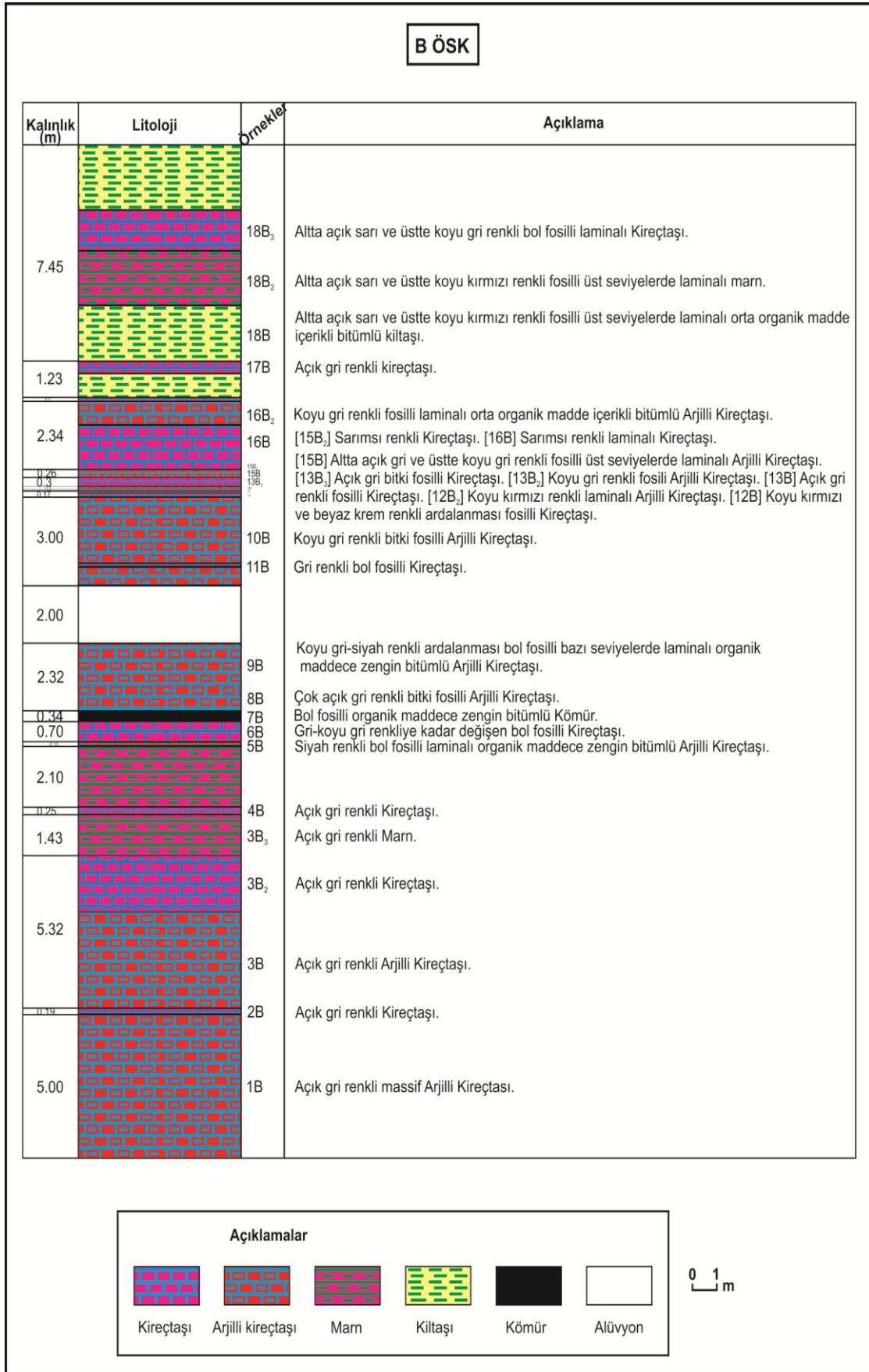
Örnek No	(%) Karbonat oranı	XRD analizi	TOC, wt %	Kaynak kaya potansiyeli (Tissot ve Welte 1984)
1B	64.40	Aragonit/ Kalsit/ Muskovit/ Montmorilonit		
2B				
3B	71.669	Kalsit/Aragonit/Kaolinit/Talk		
3B ₂	79.454			
3B ₃	53.620			
4B				
5B	58.548		15.5	Zengin
6B	78.792	Kalsit/Aragonit/Talk/Kaolinit		
7B			35.2	Zengin
8B	64.83	Aragonit/ Kalsit		
9B	64.80	Kalsit/Aragonit	35.9	Zengin
10B	73.828			
11B	85.979			
12B	89.841	Kalsit/Aragonit		
12B ₂	65.268			
13B				
13B ₂	58.61			
13B ₃	83.111			
15B	59.268			
15B ₂	78.465			
16B	95.827	Aragonit/ Kalsit		
16B ₂	59.171		0.7	Orta
17B				
18B	15.251		0.5	Orta
18B ₂	45.291			
18B ₃	77.298	Kalsit/Aragonit/ Kaolinit		



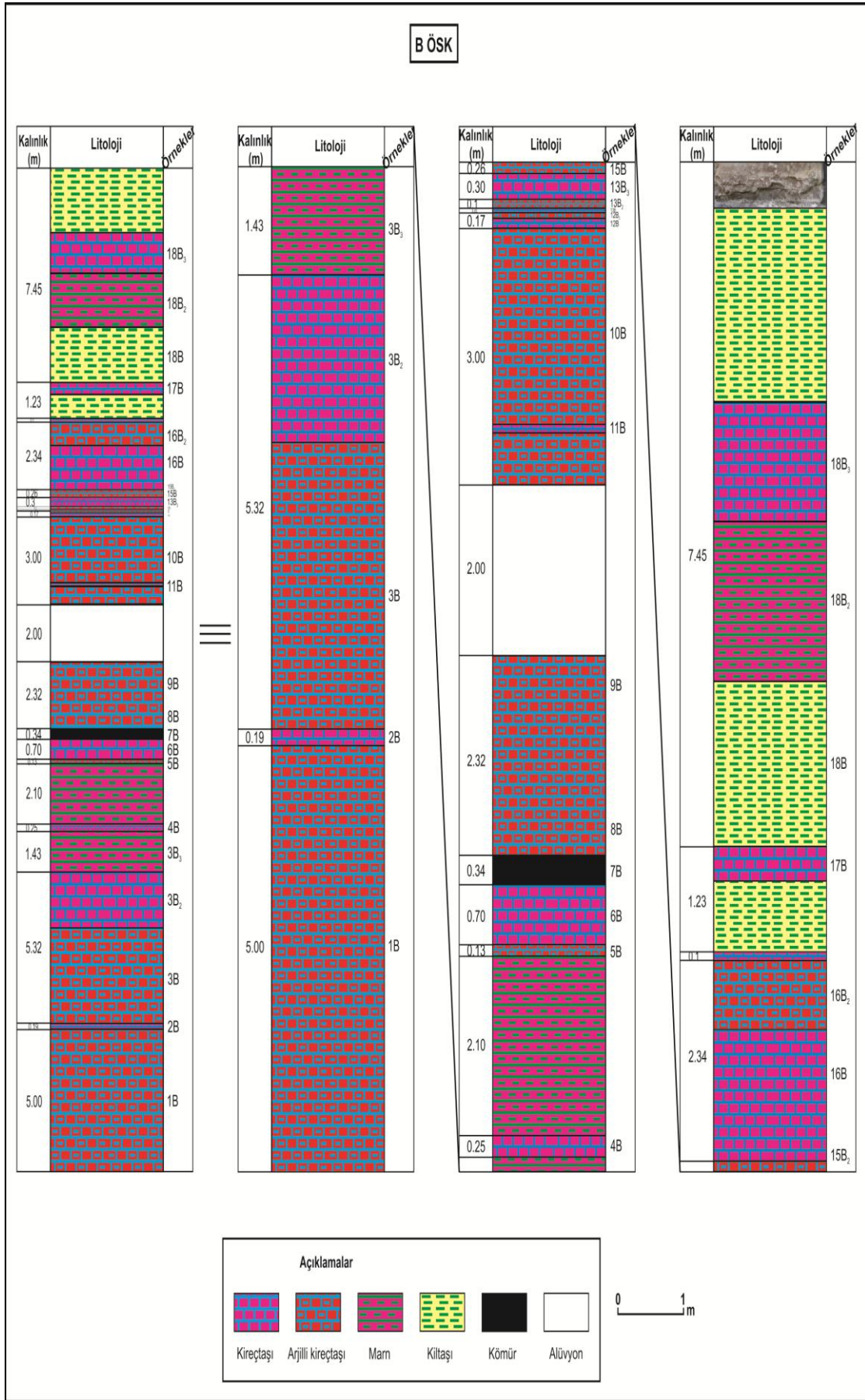
Şekil 2.11. B ölçülü stratigrafik kesitine ait siyah renkli bol fossilli laminalı organik maddece zengin bitümlü arjilli kireçtaşı (BAK) görüntüsü. Bu tabaka kesitin tabanından 14.42 m yükseklikte gözlenmiştir



Şekil 2.12. B ölçülü stratigrafik kesitine ait bol fossilli organik maddece zengin bitümlü kömür (BK) görünümü. Bu tabaka kesitin tabanından 15.46 m yükseklikte bulunmuştur



Şekil 2.13. B ölçülü stratigrafik kesiti.



Şekil 2.14. B ölçülü stratigrafik kesiti

2.1.2.3. Ortamsal yorum

Formasyondan alınan örneklerden, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Müh.Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümün öğretim üyesi Yard. Doç. Dr. Sevinç Kapan Yeşilyurt tarafından aşağı'daki fosiller belirlenmiştir.

Valvata piscinalis (O.F. Müller).

Valvata pulchella Studer

Lithoglyphus acutus decipiens Brusina

Bithynia tentaculata (Linnaeus)

Acella acuaria Neumayr

Planorbarius corneus (linnaeus)

Planorbarius thiollierei (Michaud)

Anisus vortex (linnaeus)

Gyraulus albus (O.F. Müller).

Segmentina filocincta (Sandberger).

Tanımlanan faunadan, *Valvata piscinalis* ve *Valvata pulchella* bütün örenklerde ve sayıca oldukça fazla miktarda bulunmaktadır. Tatlı su ortamını karakterize eden bu türlerin oldukça bol sayıda olması gölün, tatlı sularla ve akarsularla beslendiğini ifade eder. *Lithoglyphus acutus decipiens* ve *Bithynia tentaculata* türleri daha az sayıda da olsa, tatlı su ortamı için karakteristiktirler. Dönemsel olarak beslenmenin azaldığı zamanlarda, bu türler boyutlarını biraz küçültse de yaşamaya devam edebilmişlerdir. Böylece, gölün beslenme koşulları değişse bile, tatlı su içeren bir göl olmayı sürdürebilmiştir.

Acella acuaria, *Anisus vortex*, *Segmentina filocincta* ve *Gyraulus albus*, sığ, tatlı ve durgun su koşullarını ifade etmektedir. *Planorbarius corneus*, *Planorbarius thiollierei* ise sığ, durgun bataklık ortamını temsil etmektedir. (Bu iki tür kömürlü sedimanların içinden ayıklanarak tanımlanmıştır).

Tanımlanan faunanın paleocoğrafik ve stratigrafik yayılımı ve paleoekolojik özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, havza Geç Pliyosen'de, tatlı sularla beslenen sığ bir göl ortamını yansıtmaktadır. Zaman zaman beslenmenin azaldığı ya da kesildiği dönemlerde ise bir tatlı su bataklığına dönüşerek kömürlerin oluşumuna uygun hale geldiği söylenebilir. Tanımlanan fauna ile birlikte, bol miktarda *Charophyta* (Alg tohumu) bulunması, bu dönemde gölde bol miktarda algin de yaşadığını göstermektedir.

2.1.3. Kavakköy travertenleri

KB-GD uzanımlı Seydişehir fay zone ile ilişkili sıcak su kaynaklarına bağı olarak gelişen Kavakköy travertenleri genel olarak masif, yer yer gözenekli ve az miktarda bitki izleri içeren, sırtlar şeklinde gelişen, gri ve kahverengi renkli, bol çatlaklı, bazı yerlerde bol miktarda oniks'e, taze kırık yüzeyi beyazımsı renge sahiptir (Karaisaoğlu 2013).

Kavakköy'ün batısı ve güney batısı ile Ketirağlları civarında yayılım gösteren travertenler, metakumtaşı, şeyl ve fillit ardalanmasından oluşan Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen yaşlı Seydişehir formasyonunun üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Karaisaoğlu 2013).

Karaisaoğlu (2013) tarafından, Kavakköy travertenlerinde 6 farklı litofasiyes tanımlanmıştır. Bunlar;

Genelde kalın, yanal olarak devamlılık gösteren beyaz renkte, kompakt ve iri ışınsal kalsit kristallerinden oluşan Kristalin kabuk fasiyesi .

0.5 cm-1 cm kalınlıkta, beyaz-bej renkli, kağıt inceliğindeki oldukça kırılğan kristalin tabakalardan oluşan Sal fasiyesi.

İnce kalsit filimleri şeklinde gelişen salların altında hapsolarak gelişir ve boyutları 2 mm'lerden 2cm'ye değişen oval yada küresel sıvanmış gaz kabarcıklarından oluşan Sıvanmış gaz kabarcığı fasiyesi.

Beyaz ve açık pembemsi renkte küreselden, düzensiz olarak yuvarlaklanmış, boyutları birkaç mm'lerden 1-2 cm'ye kadar değişen pisoidlerden oluşan Pisoid traverteni.

20 cm den 1 m'ye kadar değişen kalınlıklarda ve genelde koyu turuncu ve kahverengi bir matriks içerisinde yer alan açık renkli traverten parçalarından oluşan Litoklast fasiyesi.

Küçük çalı benzeri kalsit büyümelerle karakteristiktir, çallılar birkaç mm'lerden cm'lere uzanmaktadır ve beyaz gri kahverengimsi renkte düşey olarak yönlenmiş dentritik bir morfoloji gösteren Çalı fasiyesi .

Birimin yaşı Kuvaterner olarak belirlenmiştir. Saf kalsitten oluşan Kavakköy traverteni soğuk ve sıcak kaynak sularından çökelmişlerdir. Traverten oluşumu Kavakköy'ün KB ve GD sunda bulunan Seydişehir fay zone ile ilişkili karbontaça zengin kayaklardan beslenmiştir. Kavakköy travertenine ait fasiyeslerin sedimentolojik

ve mineralojik karakteristikleri Kavakköy traverteninin yamaç ve çöküntü depolanma ortamında geliştiğini göstermektedir (Karaisaoğlu 2013).

2.1.4. Alüvyon

İnceleme alanında oldukça geniş yer kaplayan tutturulmamış çakıl, kum ve kilden oluşan Kuvaterner-Güncel oluşuklar alüvyon olarak tanıtılmıştır. Alüvyon birimi büyük ölçüde çakıllardan ve Seydişehir Formasyonuna ait kırıntılı malzemelerden oluşmaktadır. Alüvyon malzemesi, çalışma alanının kuzeydoğu ve doğu kesimlerinde geniş alanları örtmektedir. Alüvyon kalınlığı bir kaç metre ile onlarca metre arasında değişmekte ve özellikle ovada alüvyon kalınlığı fazladır. Tüm formasyonları açılı uyumsuzlukla örten ve çökeleme yaşı Kuvaterner-Güncel olarak düşünülen alüvyonlar dere yataklarında ve vadi tabanlarında çökelmelerini hala sürdürmektedir.

2.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı, Torid kuşağının (Ketin 1966) Orta Toroslar bölümünde yer alır. Burada bulunan kaya birimleri, Toroslarda yüzeyleyen tektonik birliklerden Geyikdağı birliği, Hadım Napı (Bozkır Birliği) ve Beyşehir Hoyran Napı'na ait olup, bunlardan Geyikdağı diğer birliklere göre otokton-paraotokton, Bozkır Birliği (Özgül 1976) ile Beyşehir-Hoyran napı alloktondur (Brunn ve diğ 1971, Brunn ve diğ 1973). Bu son iki birlik, otokton birlikler üzerinde bindirmeli olarak bulunur.

Geyikdağı birliğine ait birimler, Kambriyen-Ordovisiyen zaman aralığında çökelmiş kayalar çeşitli orojenik ve epirojenik hareketlerin tesirinde kalmışlardır. Bu hareketler son derece etkili olmuştur.

İnceleme alanındaki birimler, bugünkü konumlarını 'Orta Alpin Orojenezi' ile kazanmışlardır. Bununla beraber kırıklı yapıları ve uyumsuzluklar gibi belli başlı özellikler dikkate alarak bölgeyi etkileyen tektonik hareketler Alpin öncesi ve Alpin hareketleri olmak üzere iki gurba ayrılmıştır (Karadağ 1987).

Alpin öncesi hareketleri Paleozoyik (Kambriyen ve Ordovisiyen) yaşlı birimlerde gözlenen kırıklar ve devrilmeler ile uyumsuzluk yüzeyi karakterize etmektedir. Alpin hareketlerine bağlı deformasyonlar ise, çalışma alanında yüzeyleyen bütün formasyonlarda etkili olmuştur. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı formasyonlar

Alpin tektoniğine maruz kalır. Paleozoyik yaşlı formasyonlar hem Alpin öncesi ve hem de Alpin oluşum hareketlerinin etkisinde kalmışlardır.

Alpin tektoniğinin etkisinde kalan birimler büyük kıvrılma ve bindirme hareketleri ile birlikte normal ve doğrultu atımlı faylarının ortaya çıkmasıyla bugünkü konumlarını kazanmışlardır. Bu büyük yapıların yanında yapraklanmalar (klivaj), tansiyon ve makaslama çatlakları gibi pek çok yapı şekilleri de yine aynı hareketlere bağlı olarak gelişmiştir (Karadağ 1987).

Mevcut formasyonlar (özelikle Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı formasyonları), büyük bir ihtimalle bugünkü yapılarını Eosen sonrası oluşmuş Pireniyen fazi ile kazanmışlardır. Bu faz en genç tektonik hareketleri oluşturmuştur (Karadağ 1987).

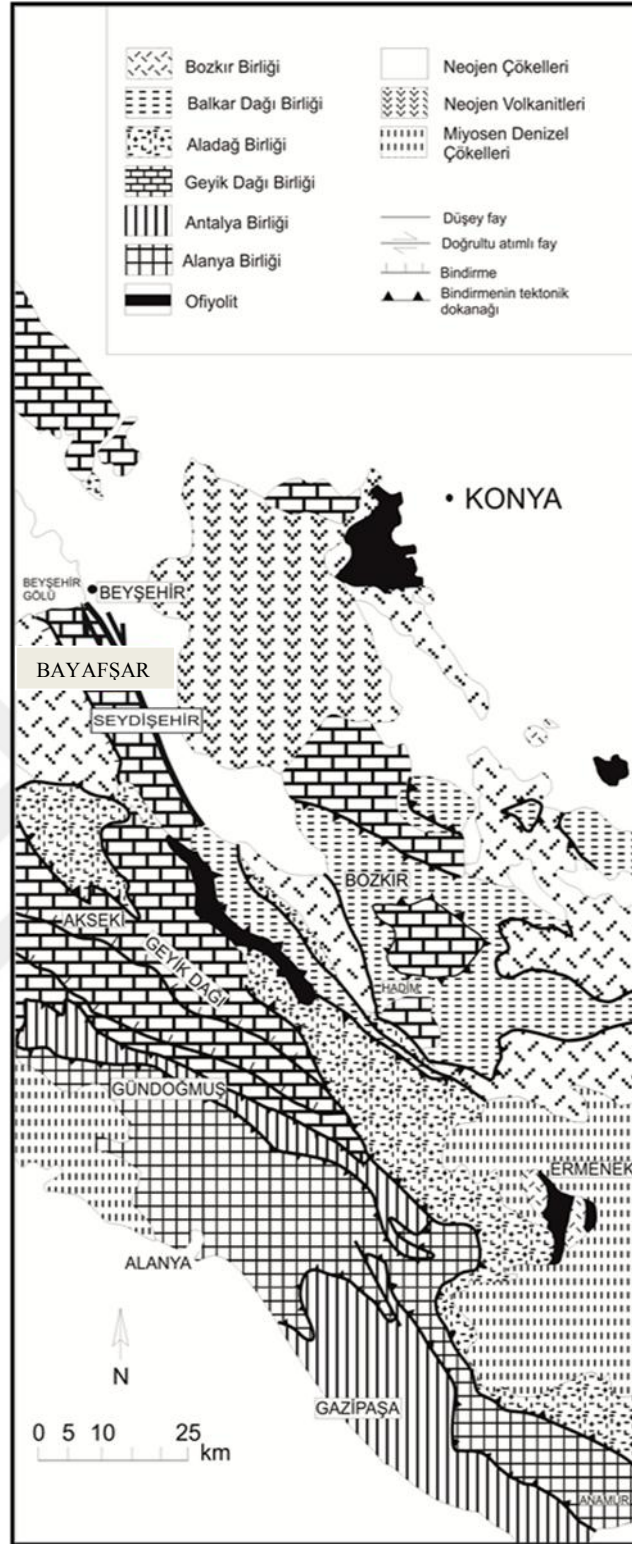
2.2.1. Uyumsuzluklar

Monod (1967), Seydişehir yöresindeki, Seydişehir formasyonu ile bunları üstleyen Mesozoyik yaşlı birimler arasında büyük bir boşluğun mevcut olduğunu belirtmektedir. Diğer tarafta, inceleme alanında Mesozoyik birimlerin de üzerine uyumsuz olarak Miyosen-Pliyosen yaşlı bol fosilli kireçtaşları, marn ve az tutturulmuş çamurtaşı ve kumtaşından oluşan Taşlıca Formasyonu gelmektedir (Karaisaoğlu 2013). Ayrıca inceleme alanında yer alan Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar tüm birimleri uyumsuzlukla örtemektedir (Karaisaoğlu 2013).

2.2.2. Faylar

Bölgede birden fazla orojenik fazın etkinliği, farklı boyutlarda ve özelliklerde pek çok fay ve fay sistemlerinin oluşmasını sağlayarak formasyonların kırıklı bir yapı kazanmalarına sebep olmuştur (Karadağ 1987) (Şekil 2.15). İnceleme alanında belirlenen faylar Alpin orojenez ile oluşmuşlardır (Karadağ 1987). Paleozoyik yaşlı birimler, Seydişehir yöresinde, küçük bir alanda yüzeyleyler. Burada Alpin önce ve Alpin hareketlerine bağlı faylar ayırt edilememiştir.

Bölgedeki traverten oluşumuna neden olan ana fay sağ yönlü Beyşehir-Seydişehir fay zonu olup, örtülü fay niteliğindedir (Karaisaoğlu 2013). İnceleme alanındaki diğer faylar Beyşehir-Seydişehir fay zonuna bağlı olarak gelişmiştir (Karaisaoğlu 2013).



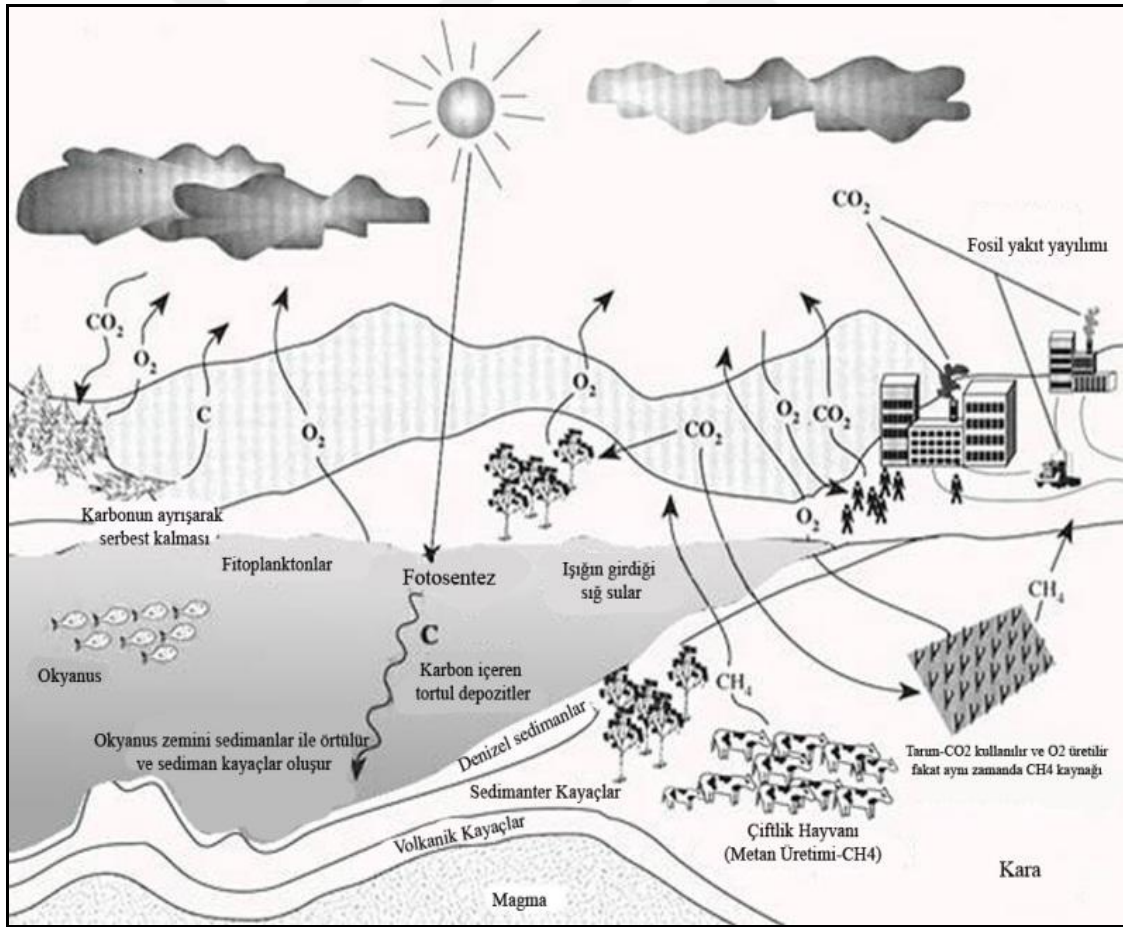
Şekil 2.15. Orta Torasların inceleme alanını kapsayan kesiminde yer alan tektono-stratigrafi birliklerinin yayılımını gösteren şematik harita (Özgül 1997)

3. ORGANİK JEOKİMYA

3.1. Giriş

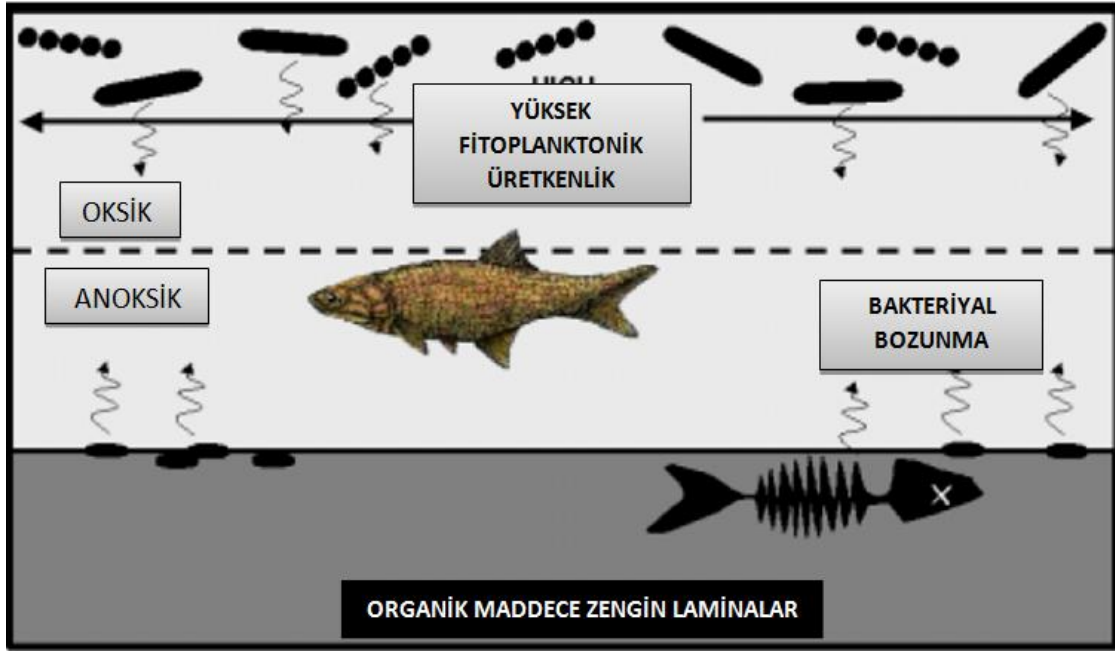
En geniş anlamıyla sedimanter kayaçların biyojenik bileşimleri olarak tanımlanabilen “organik madde” genellikle sulara, toprakta, sedimanlarda ve güncel veya güncel olmayan kayaçlar içerisinde dağınık (dissemine) olarak bulunmakta (Şekil 3.1) olup, farklı disiplinlerde çeşitli araştırmaların konusunu oluşturur.

Sedimanter organik madde, yaşayan canlılardan türemektedir. Bu organizmaların ölümünden sonra karbonhidrat, lipidler, proteinler, lignin gibi birleşik maddeler sedimantasyon ortamına bağlı olarak çeşitli derecelerde ayrışmalara maruz kalmaktadır. Bu parçalanma sonucunda açığa çıkan bazı ürünlerin başka organizmalar tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla tekrar geri dönüşüm sağlanmaktadır.



Şekil 3.1. Karbon çevrimi (<http://www.disc.sci.gsfc.nasa.gov> 2016)

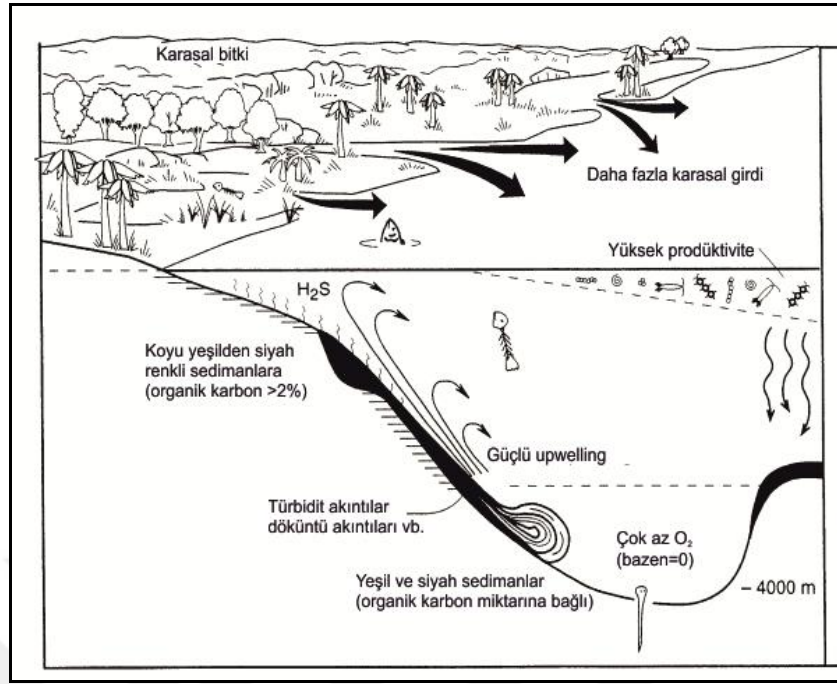
Çökeltilerdeki organik madde birikimini etkileyen faktörler hem biyolojik hem de fizikseldir. Biyolojik faktörler, su yüzeyi katmanlarında ve karayla birleşme noktalarında ortaya çıkan temel biyolojik üretkenlilik ve ölü organik maddelerin çok hücreliler ve çöp-leş yiyiciler tarafından bozulmasını içerir (Yarıcı 2012) (Şekil 3.2 and 3.3).



Şekil 3.2. Organik madde birikiminde temel biyolojik üretkenlik (Chow ve diğ 1995)'den değiştirilerek alınmıştır (Yarıcı 2012)

Fiziksel faktörler, organik maddelerin depolanma bölgelerine taşınma şekilleri, sediman tane büyüklüğü ve sedimantasyon hızıyla alakalıdır. Bu faktörler, çökeltilerin içindeki organik maddenin kalitesi ve miktarını önemli bir biçimde etkiler (Yarıcı 2012).

Sedimanların organik madde içeriği ve verimliliği, korunma ve sedimantasyon hızı ile ilişkilidir. Dolayısıyla organik maddenin kayaç içerisinde zenginleşmesinde taşınma, depolanma ve korunma süreçlerinin önemi büyüktür (Stow ve diğ 2001) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Organik madde korunumu (Arthur ve Sageman 1994)’den türkçeleştirilmiştir)

Organik kayaçları; kömürler, bitümlü şeyller, bitüm emprenye olmuş kayaçlar ve katranlı kumlar olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür. Ayrıca organik materyaller, “katı bitümler”, “katılaşmış bitümler” veya “pirobitümler” olarak da sınıflandırılır (Döner 2012).

3.1.1. Bitümlü şeyl tanımı ve sınıflaması

Bitümlü şeyller için kabul edilebilir tanımlar dikkate alındığında, bitümlü şeyller, siyah-gri renklerde, laminalı, organik maddenin yaklaşık %20’sinin “bitüm” den (organik çözücülerde çözülür) ve gerisinin “kerojen” den (organik çözücülerde çözülmez) oluştuğu, kerojen içeriğinin petrol kaynak kayasından daha çok (% 1- 40 TOC), kömürden ise daha az olduğu, yakıt içerisinde rafine edilebilen, yakıldıklarında en az % 33 oranında kül bırakan ince taneli sedimentler veya sedimanter kayalar olarak tanımlanırlar (Gavin 1924, Tissot ve Welte 1984). Bitümlü şeyller, kerojenin petrole dönüşümü için gerekli olan yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak kuru distilasyonla önemli miktarlarda yanabilir gaz ve petrol elde edilebilir kayaçlardır (Yen ve Chilingarian 1976, Nadkarni 1983, Leventhal 1998, Stow ve diğ 2001, Dyni 2006) .

Hutton (1991) bitümlü şeyllerin depolanma ortamları, organik maddenin petrografik karakteri ve öncü organizmaların tanımlanmasını göz önünde bulundurularak bir sınıflama geliştirmiştir. Sınıflamada bitümlü şeyllerden türeyen hidrokarbonların kimyasıyla, bitümlü şeyllerdeki organik maddenin farklı türleri karşılaştırılmaktadır. Hutton (1991) tarafından geliştirilen sınıflama aşağıdaki gibidir;

1. Bitüm içeren kayalar

2. Petrollü şeyller

a. Karasal petrollü şeyl

-Cannel coal (ince taneli donuk kömür)

b. Gösel petrollü şeyl

-Lamosit

-Torbanit

c. Denizel petrollü şeyl

-Kukersit

-Tasmanit

-Marinit

3. Hümik kömürler

3.1.2. Bitümlü şeyllerin bileşimi

Bitümlü kayaçların mineral fraksiyonu aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.1 (Sarı 2014)):

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

Bitümlü şeyllerin inorganik bileşenleri, genellikle killer (başlıca illit ve klorit), karbonat (kalsit ve dolomit), feldispat, sülfat, zeolit, pirit ve evaporit mineralleri ile kuvarstan oluşmaktadır. Bu inorganik bileşenler, çökeltme ortamı ve çökeltme koşulları hakkında önemli bilgiler sunarlar. Bitümlü şeyllerin inorganik bileşenleri olan

mineraller, ayrıca, iklim, canlı türü, çözeltinin kimyasal karakteri ve alterasyon hakkında da bilgi verirler (Bozkurt 2012).

Bitümlü şeyllerdeki organik bileşen, farklı tiplerdeki denizel ve gölsel algler, spor, polen, bitki kütikül kalıntıları, otsu ve odunsu bitkilerin parçaları ve diğer karasal, gölsel ve denizel bitkilerin hücresel kalıntıları içerir. Bu materyaller başlıca C, H, O, N ve S' ten meydana gelir. Bazı organik maddelerin belli bir yapısı yoktur. Bunlar “amorf” (bitüminit) olarak tanımlanırlar ve muhtemelen parçalanmış alg veya plankton kalıntılarının karışımından oluşurlar. Bitki reçineleri ve mumsu maddelerin (waxy) küçük miktarları da organik maddeye katılır. Fosfat ve karbonat minerallerinden oluşan fosil kabukları ve kemik parçaları ise bitümlü şeylin mineral matriksinin bir parçası olarak göz önünde bulundurulur (Döner 2012).

Çizelge 3.1. Bitümlü şeyl bileşenleri (Sarı 2014)

Bitümlü Şeyl		
Kerojen (CS ₂ çözünemeyen) (U, Fe, V, Ni, Mo içeren)	Bitüm (CS ₂ çözünebilir)	İnorganik Matriks ▪ Kuvars ▪ Feldispat ▪ Killer (esas olarak illit ve klorit) ▪ Karbonatlar (kalsit ve dolomit) ▪ Pirit ve diğer mineraller

3.1.3. Bitümlü şeyllerin depolanma ortamları

Bitümlü şeyller, gömülme ve diyajenez gibi faktörlere bağlı olarak biyota (göl ya da deniz ortamında yaşayan algler, çeşitli etkenlerle karadan taşınan ot, yosun, yaprak ve spor-pollenler) bozunmasından türeyen organik parçalanma ve bozuşma ürünlerinin ve ince taneli mineral artıklarının (inorganik materyal) aynı zamanda depolanması ile oluşurlar. Kalın bitümlü şeyl yataklarının oluşabilmesi için gerekli olan genel koşullar, zengin organik madde üretkenliği, anaeorobik koşulların meydana gelişi, ve aerobik organizmaların azlığını kapsar. Bitümlü şeyl çökeltme ortamlarını üç grupta toplamak mümkündür. (1) büyük göller (2) deniz tabanına yakın su sirkülasyonunun kısıtlı olduğu genellikle kıtasal platformlar ve kıtasal şelfler üzerindeki sığ denizler ve (3) küçük göller, bataklıklar ve lagünlerle birlikte kömür oluşturan bataklıklar.

3.1.4. Bitümlü şeyllerin kullanım alanları

Bitümlü şeyllerin çoğu önemli ekonomik potansiyele sahiptir ve yüzeyde veya yüzeye yeteri kadar yakında olması halinde açık ocak, klasik yer altı madenciliği veya yerinde (insitu) metodlarla işletilebilir. Bitümlü şeyllerden retort edilebilen petrolün miktarı kayanın ağırlığının yaklaşık % 4' ü ile % 50' sinden daha fazlası veya 1 ton kayada yaklaşık 10-150 galon petroldür.

Bitümlü şeyllerin birçok yararlanma olanakları vardır. Bunlardan bazıları; yaklaşık %10 veya daha fazla kerojen içerenlerden sentetik petrol ve gaz üretimi, ısısal gücü en az 850 Kcal/kg olanlardan termik santrallerde katı yakıt olarak, artık şeyllerden (küllerden) çimento hammaddesi olarak ve refrakter tuğla yapımı, içerdiği nadir elementlerin kazanımı, son yıllarda tarımda gübre ve toprak stabilizatörü olarak ve adsorban karbon ve aktif karbon üretimi. Şeyller ve çamurtaşları genellikle yüksek kil minerali içerirler. Bu nedenle killerin kullanıldığı alanlar, bitümlü şeyllerin kullanım alanları için de geçerlidir. Günümüzde killerin imalat endüstrisinde muhtelif kullanım alanları vardır.

3.1.5. Organik jeokimyasal çalışmalar

Petrolün kökeninin organik olması; kayaçlar içindeki organik maddelerin türünün, miktarının ve olgunluk derecesinin bilinmesinin petrol aramacılığının ilk çalışmalarından olmasını gerektirmektedir. Herhangi bir çökelme ortamında bir petrol kaynak kayasının gelişebilmesi için sedimentlerle beraber çökelen organik maddenin ekonomik anlamda petrol türümünü gerçekleştirebilecek miktar, tip ve olgunlukta olması gerekir. Bu bağlamda, kaynak kaya potansiyeline sahip katmanların, bu katmanların yayılımlarının ve paleocoğrafya ile olan ilişkilerinin, petrol türetebilecek olgunluğa ulaştıkları jeolojik zaman aralığının, derinliğinin ve bölgesinin, oluşan petrolün hangi yollarla, ne miktarda ve ne zaman göçtüğünün, kapan oluşumu ile petrol türüm ve göç zamanları arasındaki ve göçme yolları ile kapan yerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak da kaynak kayaların üretim potansiyelinin tespit edilmesi açısından organik jeokimyasal incelemeler son derece önemlidir (Döner 2012).

3.2. Piroliz (Rock-Eval) Analizleri

Rock-Eval analizi potansiyel kaynak kayanın organik maddesinin olgunluğunu, kökenini ve tipini incelemek için kullanılan bir yöntemdir.

Bu tez kapsamında incelenecek olan Akçalar linyit havzasındaki (Bayafşar-Konya) yapılan A ve B ÖSK'larına ait Geç Pliyosen yaşlı bitümlü kayaç örneklerinin Rock-Eval piroliz sonuçları Çizelge 3.2 ve Şekil 3.4'de verilmiştir.

3.2.1. Toplam organik karbon miktarı (TOC, wt %)

Toplam organik karbon miktarı (TOC, wt %), kayacın içindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kayaç dışına atılamamış hidrokarbonlara ait karbonların toplamının genellikle yüzde ağırlık cinsinden değerini ifade eder (Hunt 1995). Diğer bir deyiş ile, Toplam Organik Karbon (TOC %) genellikle kaynak kayadaki kerojen ve bitüm miktarlarının göstergesi olarak kullanılmaktadır (Sarı ve Aliyev 2006).

Toplam Organik Karbon analizi kayaç içerisinde bulunan organik karbon miktarını (Kaynak kayalardaki organik madde zenginliği) belirlemek amacıyla uygulanmaktadır. Bu analiz Leco metodu, Carmograph metodu veya Rock-Eval metoduyla yapılabilir. Bir kayaç örneğinin TOC değeri organik maddenin hava veya oksijen atmosferi altında yakılması ile ölçülmektedir. Bu sıcaklık Leco için 1500°C, Carmograph için 1100°C ve Rock-Eval için 600°C'dir (Sarı 2014).

Kaynak kayaların, ticari miktarda petrol türetebilmeleri için belirli miktarda organik madde içermeleri gerekmektedir. Bir kayanın kaynak kaya olabilmesi için içermesi gereken en az TOC miktarı şeyller için % 0,5, karbonatlı kayalar için % 0,3 olarak kabul edilmektedir (Tissot ve Welte 1984), bitümlü şeyller için % 4 olarak kabul edilmektedir (Sarı ve diğ 2016).

3.2.1.1. TOC verileri

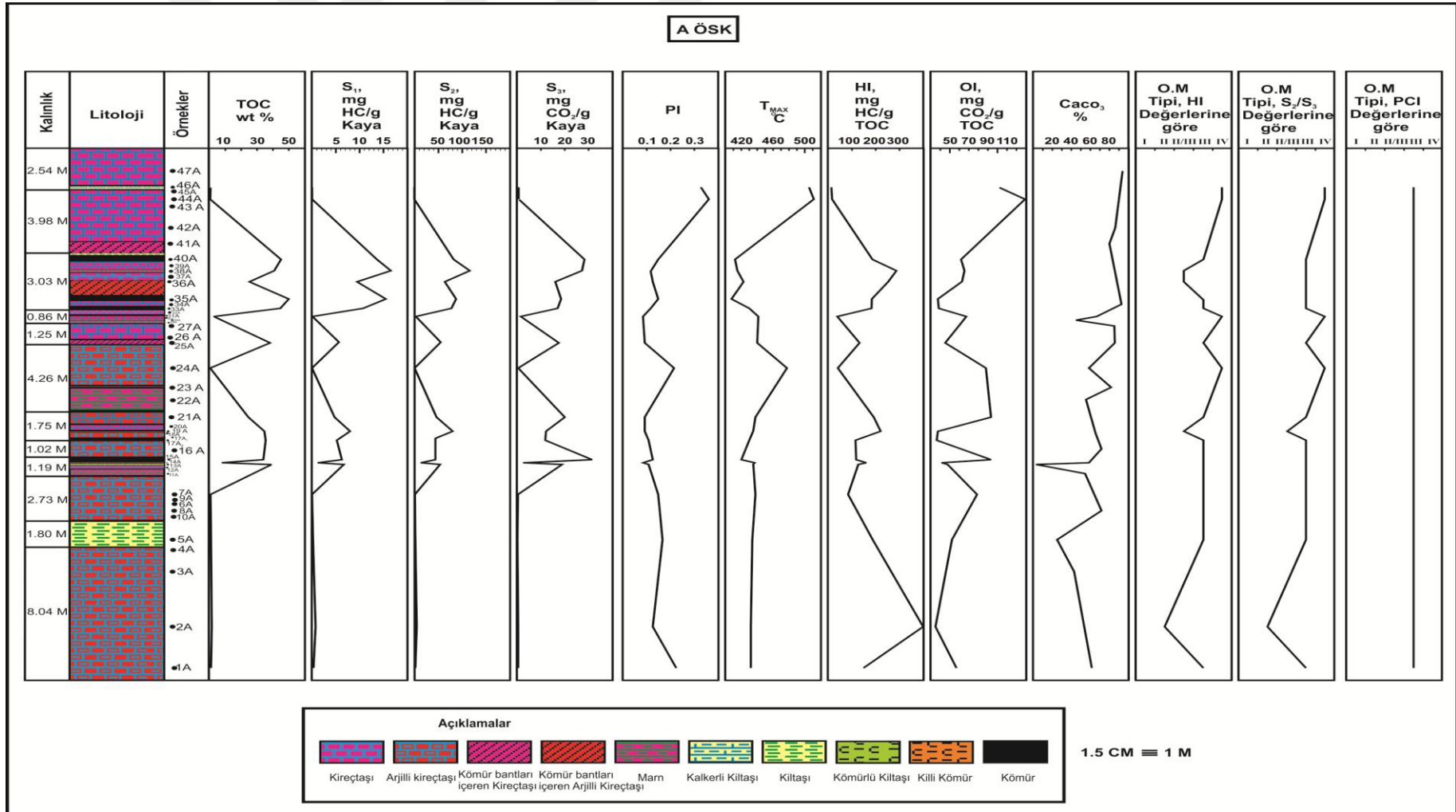
Araştırmacılar şeyl kaynak kayalarını organik karbon yüzdelere göre Çizelge 3.3' deki gibi farklı şekilde sınıflandırmışlardır (Tissot ve Welte 1984, Jarvie 1991, Peters ve Cassa 1994).

Çizelge 3.2. İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri

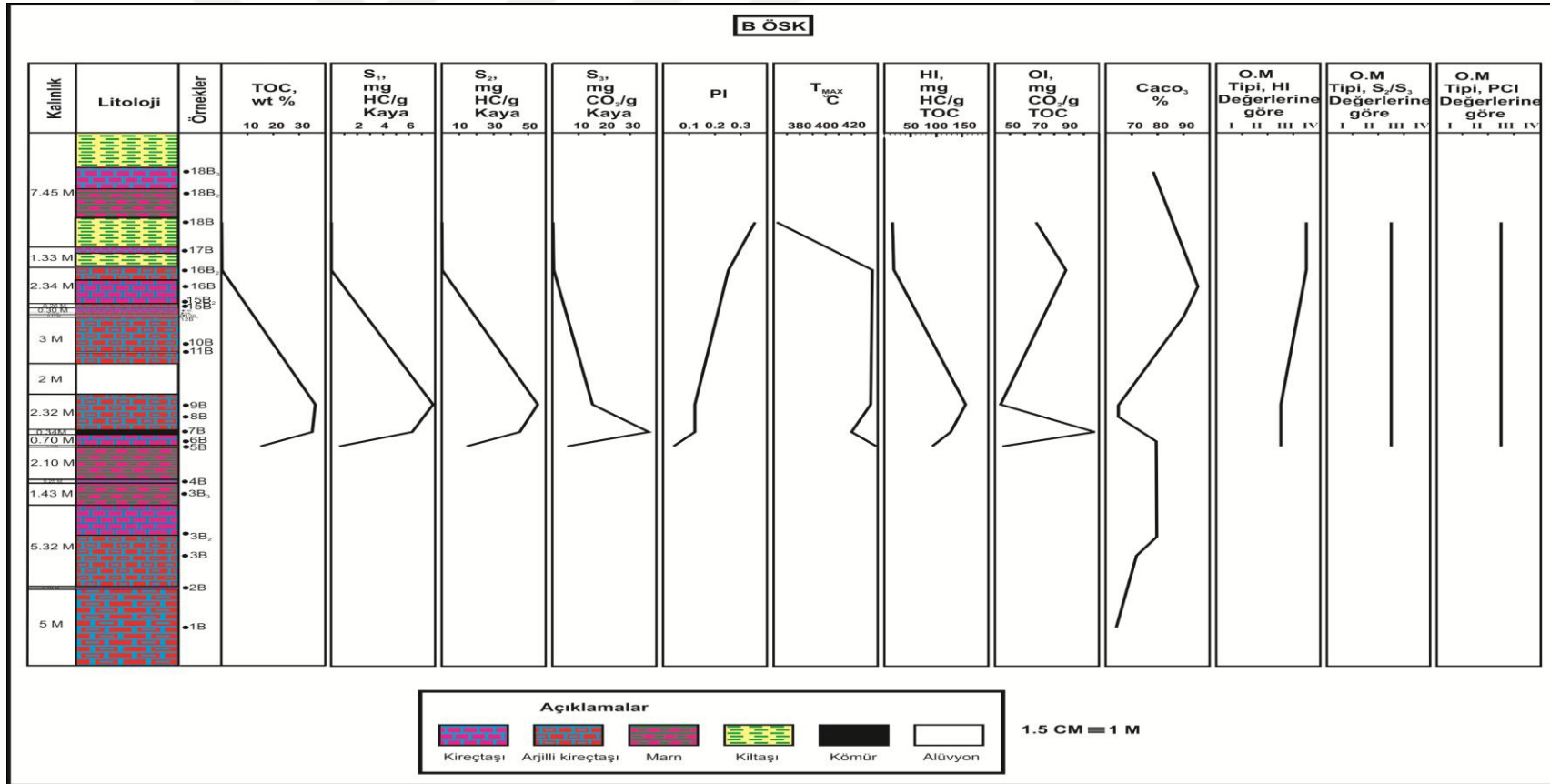
ÖSK	Örnek No	TOC, wt%	S ₁ , mg HC/g Kaya	S ₂ , mg HC/g Kaya	S ₃ , mg CO ₂ /g Kaya	S ₂ /S ₃	PY, mg HC/g Kaya	PY, ppm	PI	T _{max} , °C	HI, mg HC/g TOC	OI, mg CO ₂ /g TOC	RC, wt%	PC, wt%	S ₁ /TOC
A	1A	0.8	0.35	1.18	0.45	2.62	1.53	1530	0.23	431	149	57	0.67	0.13	0.44
	2A	1.3	0.75	5.13	0.45	11.4	5.88	5880	0.13	431	395	35	0.81	0.49	0.58
	5A	0.8	0.29	1.47	0.42	3.5	1.76	1760	0.16	433	181	52	0.65	0.15	0.36
	7A	0.6	0.08	0.46	0.44	1.05	0.54	540	0.15	438	82	79	0.56	0.04	0.14
	13A	39.3	6.7	53.08	18.92	2.81	59.78	59780	0.11	434	135	48	34.34	4.96	0.17
	14A	8.2	1.15	13.59	3.32	4.09	14.74	14740	0.08	437	166	41	6.98	1.22	0.14
	15A	33.9	6.33	43.1	31.42	1.37	49.43	49430	0.13	420	127	93	29.8	4.1	0.19
	17A2	35.1	5.1	43.21	12.51	3.45	48.31	48310	0.11	430	123	36	31.09	4.01	0.15
	19A	34.4	7.98	80.2	12.9	6.22	88.18	88180	0.09	434	233	37	27.08	7.32	0.23
	21A	24.5	4.79	45.78	20.17	2.27	50.57	50570	0.09	438	187	82	20.3	4.2	0.2
	25A	38.0	5.55	53.76	17.54	3.06	59.31	59310	0.09	440	141	46	33.08	4.92	0.15
	31A	3.4	0.14	1.63	2.32	0.7	1.77	1770	0.08	441	48	68	3.25	0.15	0.04
	33A	44.7	10.83	78.12	17.03	4.59	88.95	88950	0.12	430	175	38	37.32	7.38	0.24
	35A	50.0	15.54	88.08	18.69	4.71	103.62	103620	0.15	408	176	37	41.4	8.6	0.31
	36A	25.0	9.48	63.05	15.86	3.98	72.53	72530	0.13	422	252	63	18.98	6.02	0.38
	38A	40.6	16.16	115.56	26.64	4.34	131.72	131720	0.12	415	285	66	29.67	10.93	0.4
	40A	45.0	13.73	80.59	28.11	2.87	94.32	94320	0.15	412	179	62	37.17	7.83	0.31
	Ortalama	25.04	6.17	45.18	13.36	3.71	51.35	51349.41	0.12	429.06	178.47	55.29	20.77	4.26	0.26

Çizelge 3.2. İnceleme alanına ait Rock-Eval verileri (Devam)

ÖSK	Örnek No	TOC, wt%	S ₁ , mg HC/g Kaya	S ₂ , mg HC/g Kaya	S ₃ , mg CO ₂ /g Kaya	S ₂ /S ₃	PY, mg HC/g Kaya	PY, ppm	PI	T _{max} , °C	HI, mg HC/g TOC	OI, mg CO ₂ /g TOC	RC, wt%	PC, wt%	S1/TOC
B	5B	15.5	0.66	14.28	7	2.04	14.94	14940	0.04	439	92	45	14.26	1.24	0.04
	7B	35.2	6.25	44.94	37.55	1.2	51.19	51190	0.12	420	128	107	30.95	4.25	0.18
	9B	35.9	7.83	56.23	15.7	3.58	64.06	64060	0.12	434	157	44	30.58	5.32	0.22
	16B2	0.7	0.04	0.12	0.6	0.2	0.16	160	0.25	436	18	88	0.69	0.01	0.06
	18B	0.5	0.04	0.07	0.31	0.23	0.11	110	0.36	362	15	68	0.49	0.01	0.09
	Ortalama	17.5	2.96	23.13	12.23	1.45	26.09	26092	0.18	418.2	82	70.4	15.39	2.17	0.118



(3.4A)



(3.4B)

Şekil 3.4 (A ve B). İnceleme alanına ait örneklerin Rock-Eval Piroлиз Analizi ve Karbonat oranı sonuçları

Çizelge 3.3. Çeşitli araştırmacılara göre TOC sınır değerleri ve kaynak kaya petrol potansiyeli sınıflaması

Tissot ve Welte (1984)		Jarvie (1991)		Peters ve Cassa (1994)	
TOC (wt %)	Kaynak Kaya Kalitesi	TOC (wt %)	Kaynak Kaya Kalitesi	TOC (wt %)	Petrol Potansiyeli
0.1–0.5	Zayıf	0–0.5	Yetersiz	0 – 0.5	Zayıf
0.5 – 1	Orta	0.5 – 1	Orta	0.5 – 1	Orta
1 – 2	İyi	>1	Yeterli	1 – 2	İyi
2 – 10	Zengin			2 – 4	Çok iyi
				>4	Mükemmel

Buna göre, A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen 17 adet bitümlü kayaç örneğinin Rock-Eval analizinden elde edilen Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri % wt 0.6-50.0 (ortalama % wt 25.04), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen 5 adet bitümlü kayaç örneğinin Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri ise % wt 0.5-35.9 (ortalama % 17.5) arasında değişmekte olduğundan, genel de bu değerler birimin zengin (Tissot ve Welte 1984), yeterli (Jarvie 1991) ve mükemmel (Peters ve Cassa 1994) kaynak kaya potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.4).

3.2.1.2. Derinlik-TOC diyagramı

İncelenen örnekler derinlikle (m) ilişkilendirilmiş TOC (wt %) grafiğinde değerlendirildiğinde de, örneklerin çoğunlukla zengin kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.5).

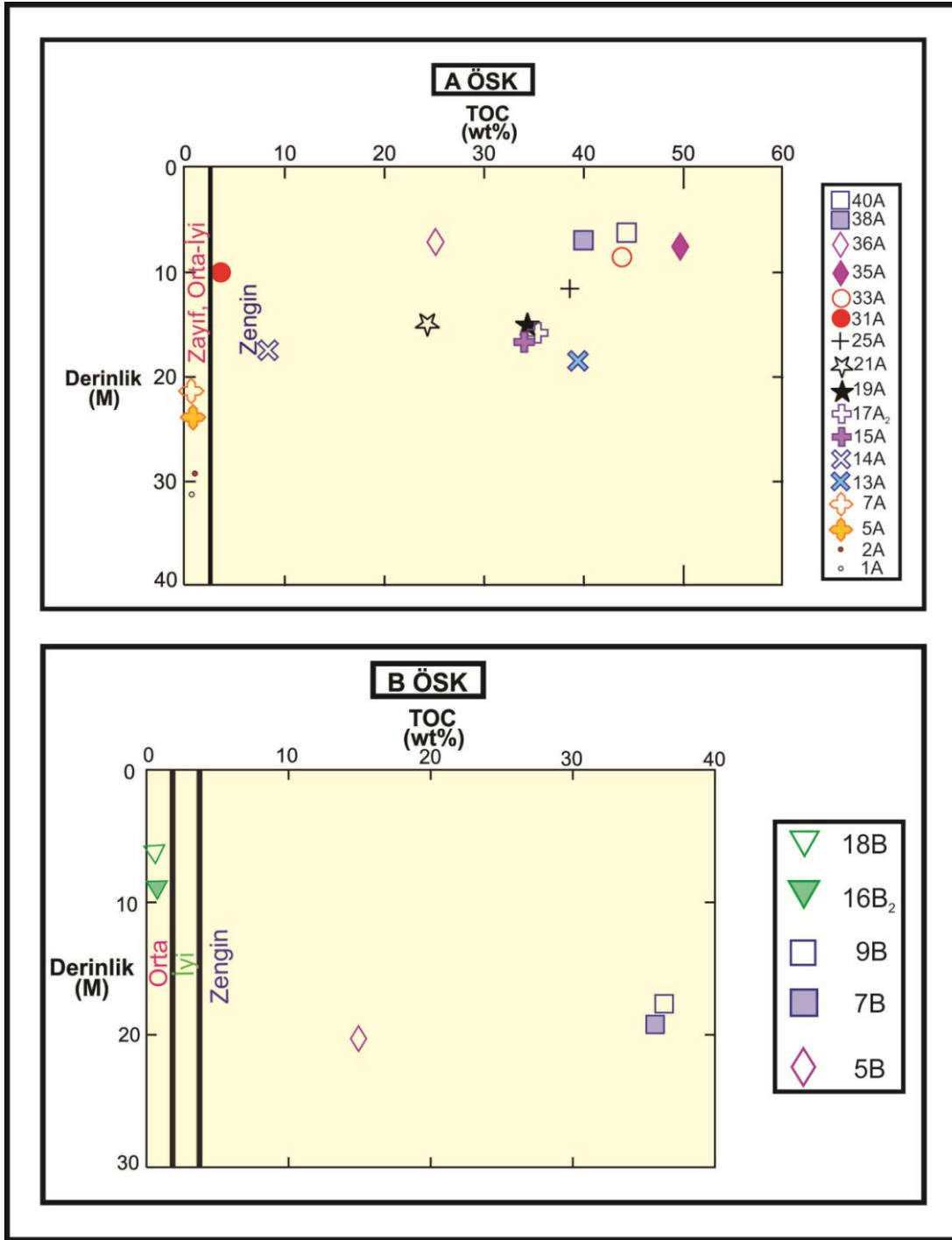
3.2.1.3. TOC-frekans diyagramı

Çalışılan örneklerin genelde TOC % 0-50 arasında değişen miktarda olduğu frekans diyagramlarından görülmektedir (Şekil 3.6).

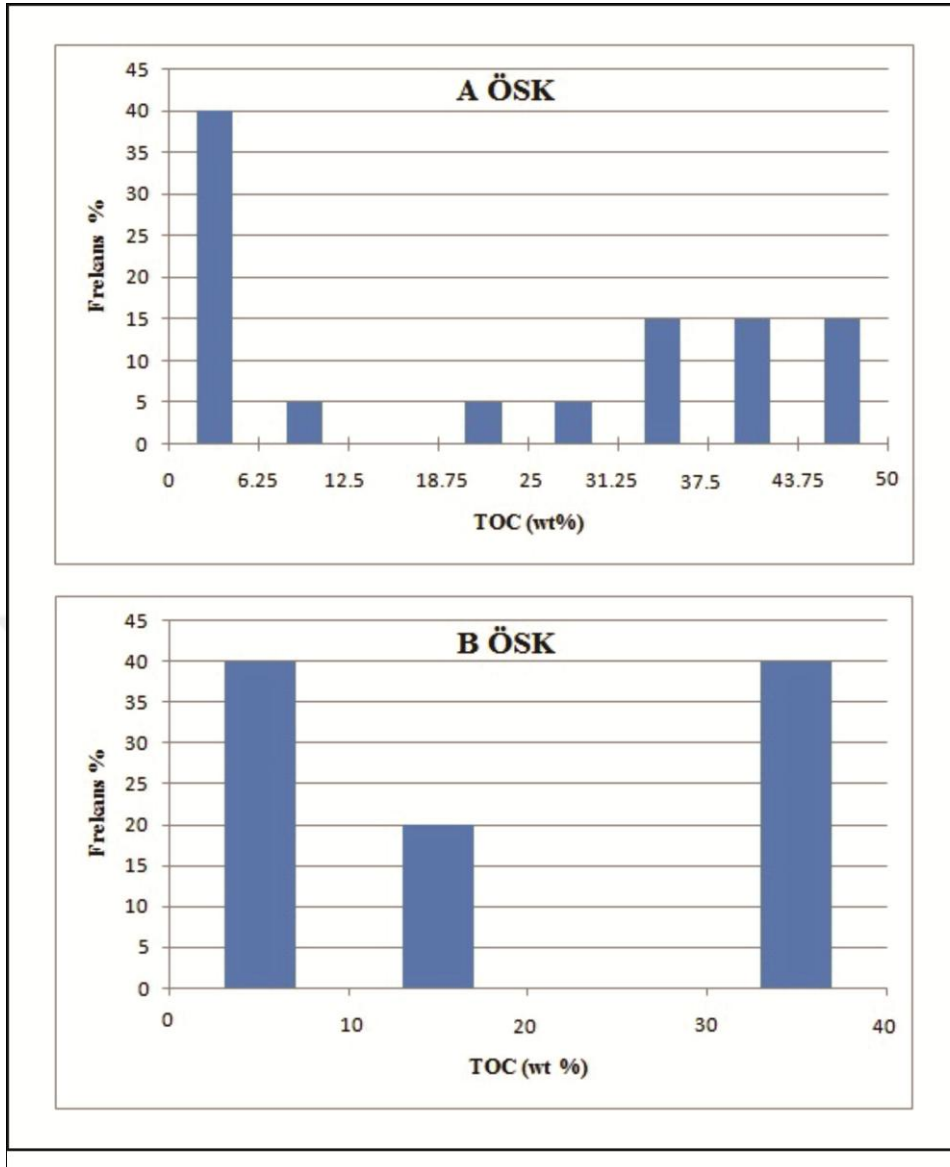
Çizelge 3.4. Çalışma alanı bitümlü kayaç örneklerine ait kalınlıklar, toplam organik madde miktarları ve kaynak kaya potansiyelleri

ÖSK	Örnek No	Kalınlık (M)	TOC, wt %	Tissot ve Welte (1984)	Jarvie (1991)	Peters ve Cassa (1994)
A	1A	3.00	0.8	Orta	Orta	Orta
	2A	4.40	1.3	İyi	Yeterli	İyi
	5A	1.80	0.8	Orta	Orta	Orta
	7A	2.73	0.6	Orta	Orta	Orta
	13A	0.09	39.3	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	14A	0.13	8.2	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	15A	0.24	33.9	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	17A ₂	0.28	35.1	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	19A	0.13	34.4	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	21A	0.75	24.5	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	25A	0.25	38.0	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	31A	0.02	3.4	Zengin	Yeterli	Çok iyi
	33A	0.25	44.7	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	35A	0.22	50.0	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	36A	0.80	25.0	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	38A	0.17	40.6	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	40A	0.17	45.0	Zengin	Yeterli	Mükemmel
B	5B	0.13	15.5	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	7B	0.34	35.2	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	9B	1.40	35.9	Zengin	Yeterli	Mükemmel
	16B ₂	2.14	0.7	Orta	Orta	Orta
	18B	7.45	0.5	Orta	Orta	Orta

Potansiyel petrol kaynak kayalarını belirlemek için tek başına toplam organik karbon miktarını kullanmak yeterli bir ölçüt değildir. Örneğin gaz oluşturmaya yatkın karasal organik maddeler ya da daha önceki sedimanter döngülerle yeniden işlenen ve depolanan organik maddeler eski denizel sedimentlerde yüksek seviyede organik karbon birikimi meydana getirirler. Bu yanıltıcı durumdan dolayı yüksek organik karbon içeriği her zaman zorunlu olarak potansiyel petrol kaynak kayalarına işaret etmeyebilir (Sarı 2014).



Şekil 3.5. İnceleme alanına ait örneklerin derinlikle ilişkilendirilmiş TOC içeriğindeki değişimlerine bağlı kaynak kaya gelişimi



Şekil 3.6. İncelenen örneklerin TOC(%) verilerinin frekans dağılımları

3.2.2. Rock-Eval parametreler

Piroliz analizinde kayacın 100 mg'lık kısmı 3 dakika için 300°C Helyumatmosferi altında ısıtılır, sonra sıcaklık 25°C/dak'dan 650°C'e kadar artırılır. Sıcaklık artışıyla birlikte piroliz ürünleri de helyum akışıyla birlikte detektörler tarafından yakalanırlar ve kaydedilirler. Tissot ve Welte (1984)'ye göre Piroliz süresince gerçekleşen adımlar;

- Organik maddede bulunan serbest hidrokarbonlar, petrol ve gaz yaklaşık 300°C'de buharlaşır. 3 dakikalık aralıklar ile bu termo-buharlaşma pik verir. Bu pik, **S₁ piki** olarak adlandırılır ve mg HC/g kaya olarak ifade edilir.

- b. 300 ile 650°C arasında, hem kayaçtaki kerojenin parçalanma süresince açığa çıkanlar, hem de resin ve asfaltanlar gibi ağır ekstrakt edilebilen bileşikler açığa çıkar. Bu hidrokarbonlar **S₂ pikini** oluşturur. S₂, kayaçta mg HC/g kaya şeklinde ifade edilir.
- c. 300 ile 390°C arasında oksijen bileşikleri ayrışır ve CO₂ sonucu mg CO₂/g kaya olarak ifade edilen **S₃ piki** ölçülür.
- d. S₂ pikinin maksimum olduğu nokta maksimum sıcaklık olarak isimlendirilip, **T_{max}** °C ile ifade edilir.

Piroliz analizlerinden elde edilen S₁, S₂, S₃ pik değerleri ile T_{max} değerlerinin kullanılması ile çeşitli indeks değerleri elde edilir. Bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir:

3.2.2.1. Hidrojen indeks (HI) parametresi

Hidrojen İndeks, kerojenin hidrojen zenginliğini gösteren bir parametre olup, S₂ (ppm) / TOC x 100 ile ifade edilir. Organik madde tipinin belirlenmesinde kullanılan bir parametredir. Hidrojen zenginlik algal kerojenlerde en yüksektir. Dolayısıyla hidrojen indeks parametresi Tip I kerojenlerde en yüksek iken, Tip III kerojenlerde ise en düşük değerde olur. Yani, Hidrojen İndeks değeri ne kadar yüksek ise kerojen o derece de zengin petrol potansiyeline sahip olur (Sarı 2014).

3.2.2.2. Oksijen indeks (OI) parametresi

Oksijen İndeks, kerojenin oksijen zenginliğini gösterir ve S₃ (ppm) / TOC x 100 ile ifade edilir. Oksijen zenginlik karasal bitkiler ve selüloz gibi bir kaynak kerojenlerde en yüksektir. Dolayısıyla hidrojen indeksinin aksine oksijen indeks parametresi Tip III kerojenlerde en yüksek iken, Tip I kerojenlerde ise en düşük değerde olur. Yani, Oksijen İndeks değeri ne kadar yüksek ise kerojen o derece de zengin gaz potansiyeline sahip olur (Sarı 2014).

3.2.2.3. Üretim indeksi (PI) parametresi

Kayanın içinde hazır halde bulunan sıvı hidrokarbon oranını göstermekte olup, $S_1 / (S_1 + S_2)$ ile ifade edilmektedir (Sarı 2014). Üretim indeksi, gömülmeye dayalı ısısal evrim sırasında, olgunlaşma öncesindeki toplam hidrokarbon potansiyelinin ($S_1 + S_2$), ne kadarının henüz kayaktan atılmamış serbest hidrokarbonlara (S_1) dönüşebileceğinin göstergesidir (Bordenave 1993).

3.2.2.4. Jenetik potansiyeli (petrol kaynak kayası potansiyeli, (PY))

Tissot ve Welte (1984), kerojenin belirli-bir zaman aralığında, yeterli sıcaklığa maruz kaldığında, üretebileceği hidrokarbon miktarını (petrol ve gaz) Jenetik Potansiyeli ($S_1 + S_2$) tanımlamakta olup, S_1 (ppm) + S_2 (ppm) ile ifade edilmektedir.

3.2.2.5. Rezidüel karbon (RC) parametresi

Piroliz işlemi esnasında CO ve CO₂'den elde edilen organik karbonun (wt %) toplamını gösterir. Rezidüel karbon aynı zamanda piroliz edilemeyen organik karbonu gösteren TOC bölümü olarak da tanımlanabilir (Bojesen-Koefoed 2006).

3.2.2.6. Piroliz edilebilen karbon (PC) parametresi

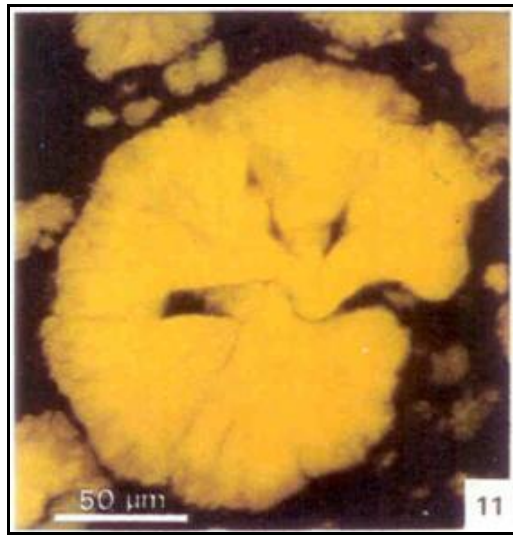
PC, toplam organik karbonun piroliz edilebilen kısmı olarak tanımlanmakta olup, ve $PC = 0.083 \times (S_1 + S_2)$ denklemi kullanılarak hesaplanmaktadır (Reed ve Ewan 1986, Shaaban ve diğ 2006).

3.2.3. Organik madde tipi/kerojen tipi

Hidrokarbon oluşumunu etkileyen önemli faktörlerden biride organik madde tipidir. Bir havzada üretilebilecek hidrokarbonların petrol ve/veya gaz olması mevcut organik maddenin tipiyle ve onların kimyasal bileşimleriyle alakalıdır.

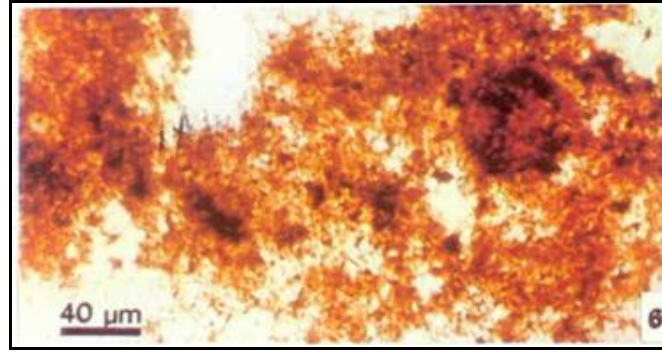
Genel olarak kerojen tipleri kimyasal özelliklerine göre (C, H ve O içerikleri) dört gruba ayrılmaktadır (Tissot ve Welte 1984) (Çizelge 3.5).

Tip I Kerojen (Algal Kerojen): Özellikle gölsel ya da denizel kökenli basit yapılı *Botryococcus* ve *Tasmanites* gibi planktonik alglerden türemişlerdir (Şekil 3.7). Kimyasal yapısında alifatik zincirler son derece bol olup, az oranda aromatik bileşikler bulunur. Oldukça yüksek Hidrojen/Karbon (H/C) atomik (yaklaşık 1,5 veya daha yüksek) oranına ve düşük Oksijen/Karbon (O/C) atomik (genellikle 0,1'den daha düşük) oranına sahiptir. H/C atomik oranı yüksek uzun zincirli hidrokarbonlar, ısısal ayrışma nedeniyle parçalanarak H/C atomik oranı yüksek kısa zincirli hidrokarbonlardan yapıları olan ham petrolü türetir. Özellikle alifatik bağlara sahip tercihen lipid materyal içermektedir. Buna bağlı olarak da petrol üretme yetenekleri çok yüksektir (Sarı 2014).



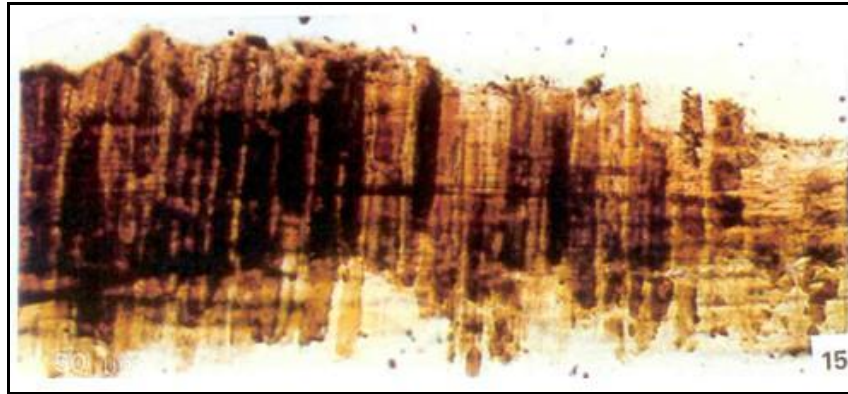
Şekil 3.7. Koloni halindeki algler, *Botryococcus braunii*, İskoçya Permiyen'i mikroskopik görüntüsü (Durand 1980)

Tip II Kerojen (Lipid Kerojen): Genellikle spor, polen, karasal bitki kütikülleri, bitki tohumları, yaprakların ve ağaçsal reçinerilerin yağ ve mumsu bileşenlerinden, bakteri kalıntılarından ve denizel planktonlardan oluşurlar (Şekil 3.8). Kimyasal yapısındaki aromatik bileşikler Tip I kerojene göre daha fazladır. Moleküler yapısında H/C atomik oranı Tip I kerojene göre düşük, O/C atomik oranı ise daha yüksektir ve özellikle çoğu petrol kaynak kayalarında yoğun tip kerojendir (Sarı 2014). Tip II kerojenler denizel ve karasal kökenli organik maddelerin birlikte bulunduğu yerlerde oluşmaktadır. Bu nedenle petrol oluşturma yeteneği Tip I kerojene göre daha azdır.



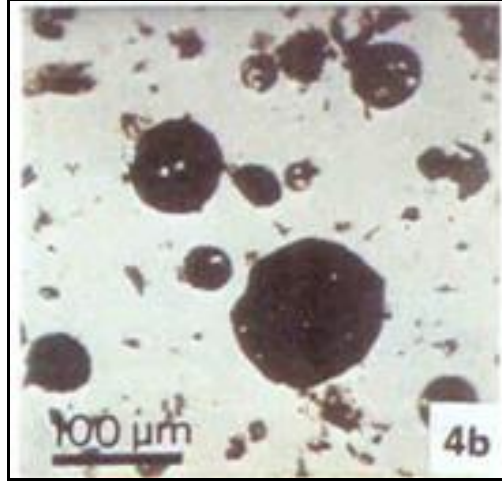
Şekil 3.8. Süngerimsi organik madde, Avustralya Kretase'si mikroskopik görüntüsü (Durand 1980)

Tip III Kerojen (Odunsu Kerojen): Karasal kökenli yüksek ağaçlar, yüksek bitkiler ve selüloz'lu organik maddelerden türemiştir (Şekil 3.9). Kimyasal yapılarında aromatik bileşikler hakimdir. Oldukça düşük H/C (genellikle < 1) ve yüksek O/C (0,2 veya 0,3 kadar) atomik oranlara sahiptir. Tip I ve II kerojenlerin petrol türetme potansiyellerine nazaran Tip III kerojenin gaz türetme potansiyeline sahip olmaktadır (Sarı 2014).



Şekil 3.9. Odunsu kalıntı, Kuzey Tersiyer'i mikroskopik görüntüsü (Durand 1980)

Tip IV Kerojen ise; çok fazla oksidasyon koşulları altında kalan, önceki depolanma ortamından aşınarak yeniden bir araya gelen değişik kökenli organik maddelerdir (Şekil 3.10) ve jeokimyasal incelemelerde önem arzetmezler (Sarı 2014).



Şekil 3.10. Tip IV kerojen mikroskopik görüntüsü (Durand 1980)

Çizelge 3.5. Kerojen tiplerinin kaynağı ve karakteristikleri (Wignall 1994, Potter ve diğ 2005)

Kerojen tipi	Kaynak	Karakteristikleri
Tip I	Tatlı su algi	Hidrojen zengin, Oksijen fakir Petrol üretimi için mükemmel potansiyel
Tip II	Spor, polen, karasal bitki kütikülleri, lipidler, resinler; denizel alg	Tip I ve Tip III karışımı
Tip III	Karasal bitkiler, ağaçlar ve Selüloz	Düşük H/C oranı, Yüksek O/C oranı Gaz üretimi için mükemmel potansiyel
Tip IV	Yanmış kömür, okside olmuş materyaller	Düşük H/C oranı, Yüksek O/C oranı Gaz üretimi için zayıf potansiyel

3.2.3.1. Hidrojen indeksi (HI)

Hidrojen indeksi (HI), S₂ hidrokarbonların (mg HC/g kaya) TOC (wt.%) değerine oranıdır. Hidrojen İndeks (HI, mg HC/g kaya) verileri kullanılarak kayacın kerojen tipinin belirlenmesi yanında üretebileceği hidrokarbon tipi (petrol/petrol+gaz) açısından da bir yaklaşımda bulunulabilir. Rock-Eval analizinden elde edilen Hidrojen

İndeksi verilerine (Peters ve Cassa 1994) göre örneklerin kerojen tipleri belirlenmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Peters ve Cassa (1994)'ya göre HI sınır değerlerine ilişkin kerojen ve HC tipleri

HI, mg HC/g kaya	Kerojen Tipi ve Hidrokarbon tipi
> 600	Tip I, Petrol
300 - 600	Tip II, Petrol
200 - 300	Tip II - Tip III, Petrol – Gaz Karışık
50 - 200	Tip III, Gaz
< 50	Tip IV, Sınırlı Gaz

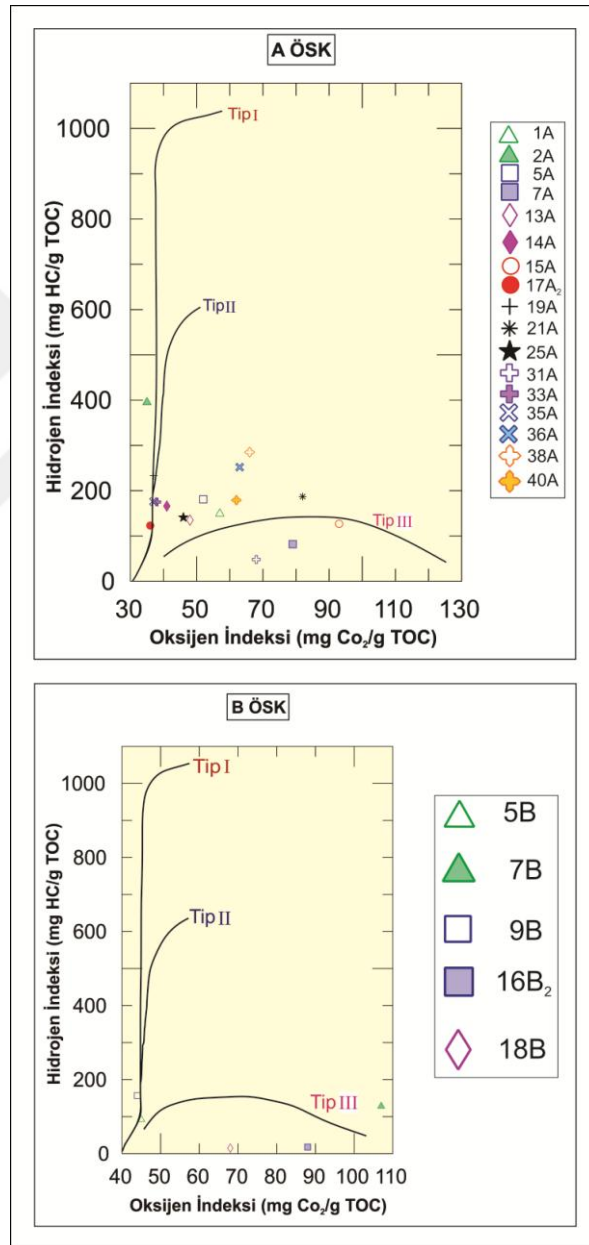
A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerleri 48-395 mg HC/g kaya (ortalama 178.47 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerleri ise 15-157 mg HC/g kaya (ortalama 82 mg HC/g kaya), arasında değişmektedir. Buna göre, Çalışma alanına ait araziden derlenen örnekler çoğunlukla Tip III kerojen ve bunun yanında bazı örnekler tip II/III kerojen tiplerini işaret etmektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. İncelenen örneklerin HI değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipleri

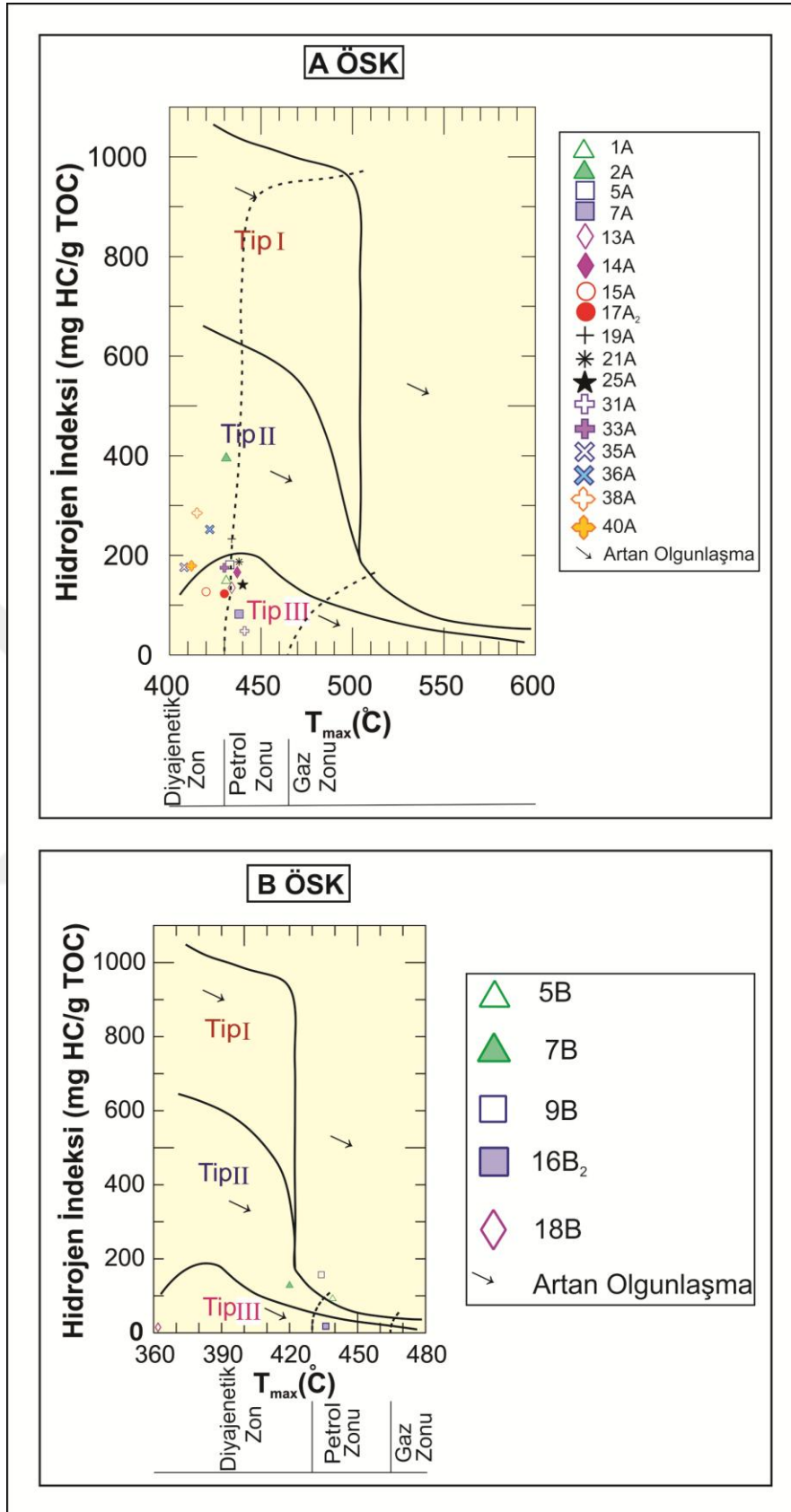
ÖSK	Örnek No	HI, mg HC/g kaya	Kerojen Tipi	Hidrokarbon Tipi
A	1A	149	Tip III	Gaz
	2A	395	Tip II	Petrol
	5A	181	Tip III	Gaz
	7A	82	Tip III	Gaz
	13A	135	Tip III	Gaz
	14A	166	Tip III	Gaz
	15A	127	Tip III	Gaz
	17A ₂	123	Tip III	Gaz
	19A	233	Tip II - Tip III	Petrol – Gaz Karışık
	21A	187	Tip III	Gaz
	25A	141	Tip III	Gaz
	31A	48	Tip IV	Sınırlı Gaz
	33A	175	Tip III	Gaz
	35A	176	Tip III	Gaz
	36A	252	Tip II - Tip III	Petrol – Gaz Karışık
	38A	285	Tip II - Tip III	Petrol – Gaz Karışık
	40A	179	Tip III	Gaz
B	5B	92	Tip III	Gaz
	7B	128	Tip III	Gaz
	9B	157	Tip III	Gaz
	16B ₂	18	Tip IV	Sınırlı Gaz
	18B	15	Tip IV	Sınırlı Gaz

3.2.3.2. HI-OI, HI-T_{max}, ve TOC-S₂ diyagramları

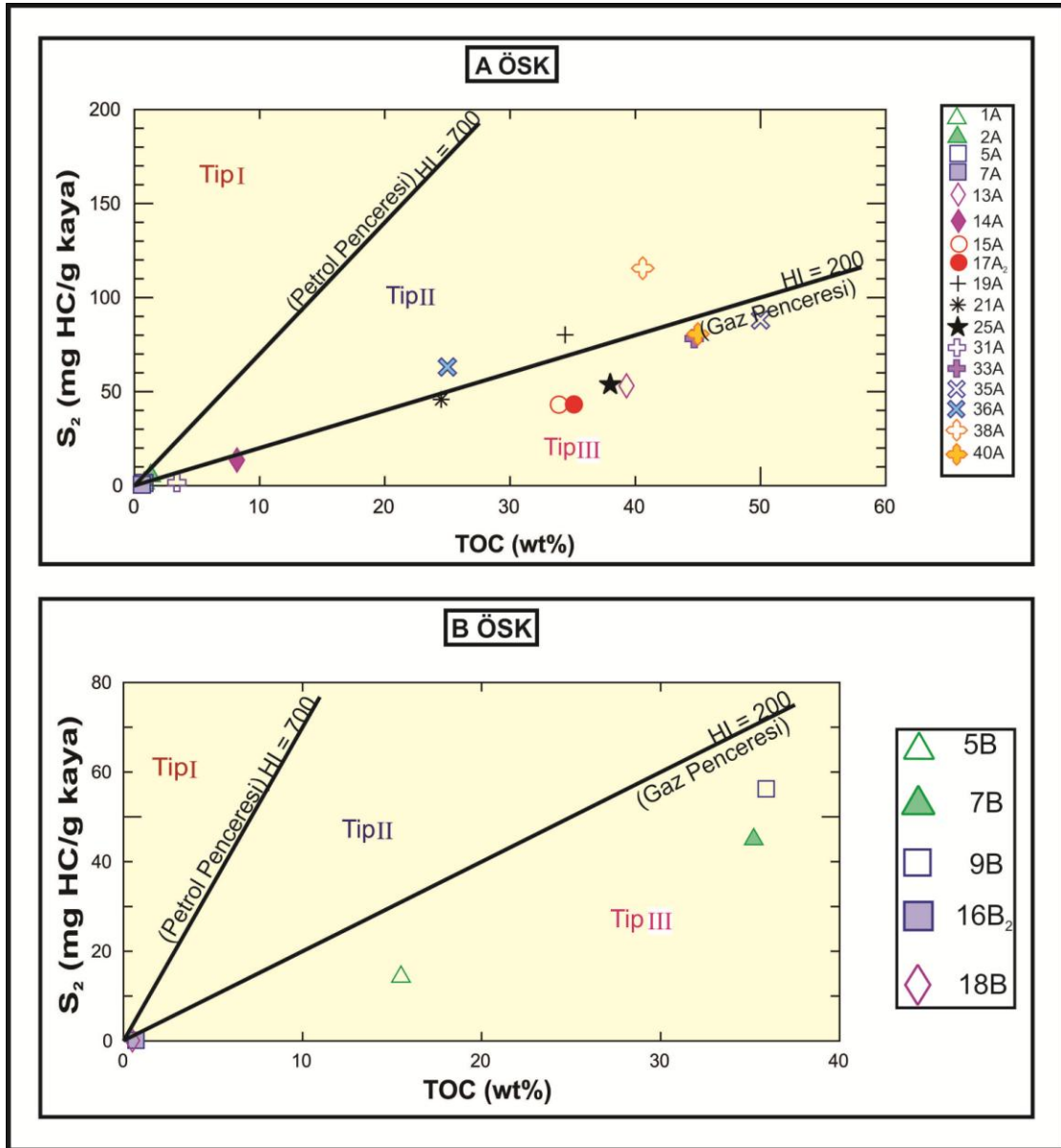
HI-OI (Espitalié ve diğ 1977), HI-T_{max} (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995) ve TOC-S₂ (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008) diyagramları kullanılarak kerojen tipi belirlenebilmektedir. Buna göre, incelenen bitümlü kayaç örneklerinin kerojen tipinin genel de Tip-III ve Tip II kerojen olduğu görülmektedir (Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13).



Şekil 3.11. İncelenen bitümlü kayaç örneklerinin HI-OI diyagramındaki konumları (Espitalié ve diğ 1977)



Şekil 3.12 İncelenen bitümlü kayaç örneklerinin HI-Tmax diyagramındaki konumları (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995)



Şekil 3.13. İncelenen bitümlü kayaç örneklerinin HI sınır değerleriyle ilişkilendirilmiş S_2 - TOC grafiğindeki konumları (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008)

3.2.3.3. Hidrokarbon tip indeksi (S_2/S_3 oranı)

S_2/S_3 oranı, hidrokarbon tip indeksi kerojen tipini tanımlamada kullanılmaktadır (Peters ve Cassa 1994). Bu çalışmada yapılan Piroлиз analizlerinden elde edilen S_2 , S_3 hidrokarbon değerlerinden Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) hesaplanarak kerojen tipi belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. S_2/S_3 parametresine göre organik madde tipi (Peters ve Cassa 1994)

(Peters ve Cassa 1994)	
S_2/S_3^a	Kerojen Tipi
> 15	I
10 – 15	II
5 – 10	II/III
1 – 5	III
< 1	IV

Buna göre A ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri 0.7-11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri ise 0.2- 3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmekte olduğundan, örneklerin genel de Tip III kerojen tipine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Çalışma bölgesine ait örneklerin S_2/S_3 parametresine göre kerojen tipleri (Peters ve Cassa 1994)

ÖSK	Örnek No	S_2/S_3	Kerojen Tipi (Peters ve Cassa 1994)
A	1A	2.62	Tip III
	2A	11.4	Tip II
	5A	3.5	Tip III
	7A	1.05	Tip III
	13A	2.81	Tip III
	14A	4.09	Tip III
	15A	1.37	Tip III
	17A ₂	3.45	Tip III
	19A	6.22	Tip II/III
	21A	2.27	Tip III
	25A	3.06	Tip III
	31A	0.7	Tip IV
	33A	4.59	Tip III
	35A	4.71	Tip III
	36A	3.98	Tip III
	38A	4.34	Tip III
	40A	2.87	Tip III
B	5B	2.04	Tip III
	7B	1.2	Tip III
	9B	3.58	Tip III
	16B ₂	0.2	Tip III
	18B	0.23	Tip III

^a Isısal olarak olgunlaşmamış kaynak kayalarındaki tahmini değerlerdir

3.2.3.4. Piroliz edilebilen karbon indeksi (PCI)

PCI, kerojen tipini belirlenmede kullanılmaktadır (Reed ve Ewan 1986, Shaaban ve diğ 2006). Kömür bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin PCI verileri Reed ve Ewan (1986) standartlarına göre karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Reed ve Ewan (1986)'ya göre PCI sınır değerlerine ilişkin kerojen tipleri

(Reed ve Ewan 1986)	
PCI (mg HC/g kaya)	Kerojen Tipi
≥ 75	I
40-50	II
<15	III

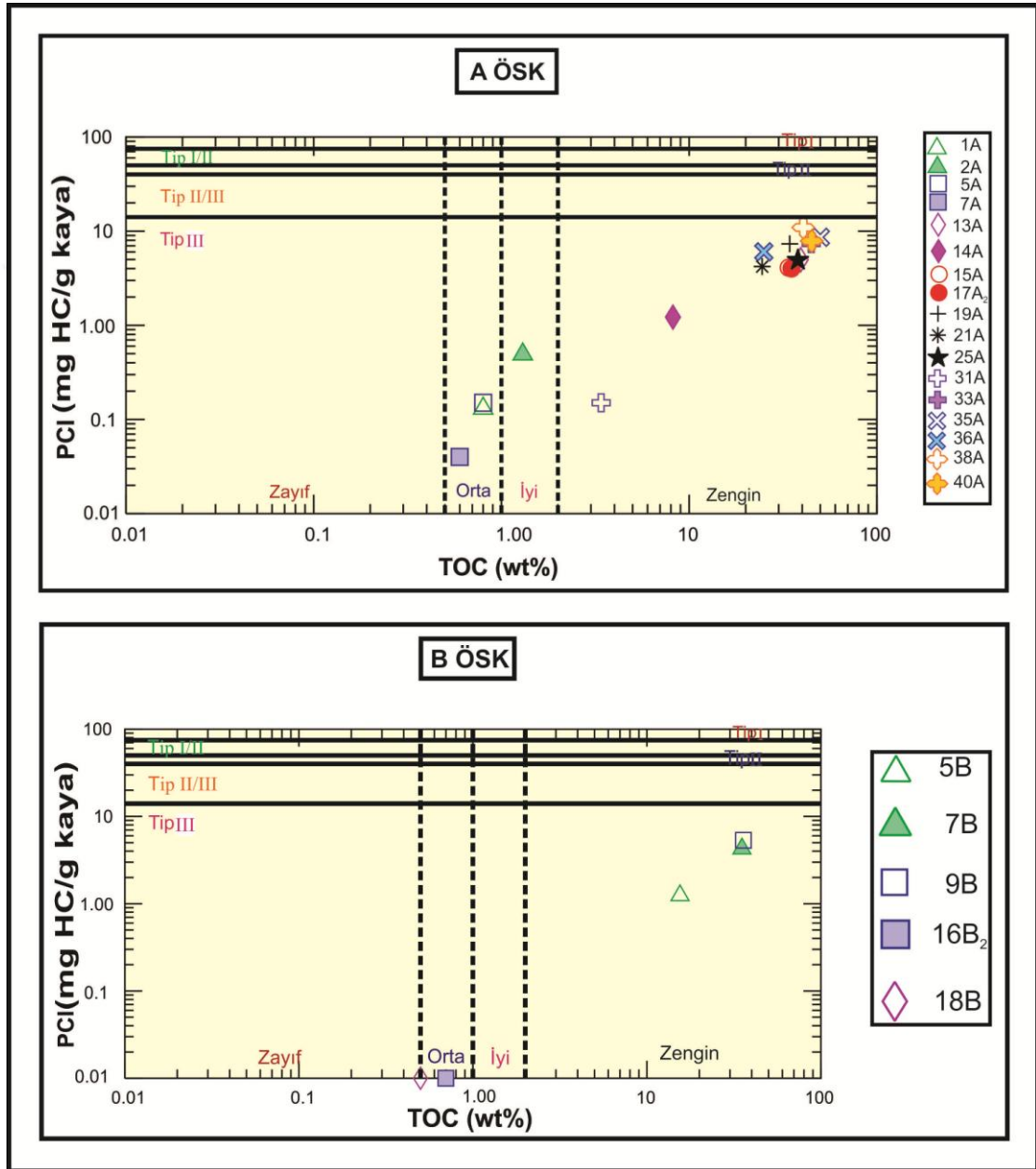
Buna göre, A ölçülü stratigrafik kesitine ait çalışılan örneklerin Piroliz Edilebilen Karbon İndeksi (PCI) verileri 0.04 -10.93 mg HC/g kaya (ortalama 4.26 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitinden derlenen örneklerin PCI değerleri ise 0.01-5.32 mg HC/g kaya (ortalama 2.17 mg HC/g kaya) arasında değişmekte olduğundan kerojen tipinin Tip III kerojen (Reed ve Ewan 1986) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.11)

Çizelge 3.11. İncelenen örneklerin PCI değerlerine göre kerojen tipleri

ÖSK	Örnek No	PCI (mg HC/gkaya)	Kerojen Tipi (Reed ve Ewan 1986)
A	1A	0.13	Tip III
	2A	0.49	Tip III
	5A	0.15	Tip III
	7A	0.04	Tip III
	13A	4.96	Tip III
	14A	1.22	Tip III
	15A	4.1	Tip III
	17A ₂	4.01	Tip III
	19A	7.32	Tip III
	21A	4.2	Tip III
	25A	4.92	Tip III
	31A	0.15	Tip III
	33A	7.38	Tip III
	35A	8.6	Tip III
	36A	6.02	Tip III
	38A	10.93	Tip III
B	40A	7.83	Tip III
	5B	1.24	Tip III
	7B	4.25	Tip III
	9B	5.32	Tip III
	16B ₂	0.01	Tip III
	18B	0.01	Tip III

3.2.3.5. TOC - PCI diyagramı

TOC - PCI (Shaaban ve diğ 2006) diyagramı kullanılarak kerojen tipi ve hidrokarbon potansiyeli belirlenebilmektedir. Buna göre, çalışma alanına ait örneklerin kerojen tipinin Tip III kerojen olduğu görülmüştür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Çalışma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin TOC - PCI diyagramındaki konumları (Shaaban ve diğ 2006)

3.2.4. Organik maddenin ısısal olgunluğu

Herhangi bir çökeltme ortamında, diğer sedimanlarla birlikte çökelen organik maddeler sıcaklık, basınç ve zaman etkileri altında çeşitli başkalaşım evreleri (diyajenez, katajenez ve matajenez) geçirirler. Bu başkalaşım evrelerinde gelişen koşullar organik maddelerin fiziksel ve kimyasal yapısını ortama uyacak şekilde değiştirir. Organik maddelerin yapısındaki uzun moleküllerin sıcaklık etkisi ile parçalanarak daha küçük boyutlu petrol ve gaz moleküllerinin oluşumuna "organik olgunlaşma" denir (Sarı 2014).

Organik maddenin kimyasal yapısı olgunlaşma ile değişir ve organik maddenin kimyasal yapısından olgunlaşma ile doymuş hidrokarbon zincirleri kopmaya başlar. Olgunlaşmanın ileri safhasında ise kerojenin kısa hidrokarbon zincirlerinin kopması gerçekleşir ve metajenez safhasında tamamen aromatiklerden oluşan kompleks bir molekül haline dönüşmeye başlar (Yarıcı 2012).

Bir petrol kaynak kayasının gelişebilmesi için organik maddenin ekonomik anlamda petrol türümünü gerçekleştirebilecek miktar ve tipde olmasının yanında yeterli olgunlukta olması da gerekmektedir.

Bu araştırmada Organik maddenin ısısal olgunluğunu belirlemek amacıyla T_{max} (°C) (Espitalie ve diğ 1984, Espitalie ve diğ 1985, Peters ve Cassa 1994), Üretim İndeksi (PI) (Peters ve Cassa 1994) ve S_2/S_3 (Clementz ve diğ 1979, Peters 1986) parametreleri ve HI- T_{max} (°C) (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995) ve PI- T_{max} (°C) (Ghori 2000) diyagramlarından yararlanılmıştır.

3.2.4.1. T_{max} (°C) verileri

Piroliz analizi sonucunda elde edilen S_2 , hidrokarbonlarının maksimum gelişme hızının sıcaklığı olan T_{max} (°C) verisi (Tissot ve Espitalie 1975) kaynak kayanın olgunlaşma seviyesini belirlemede kullanılmaktadır (Çizelge 3.12).

T_{max} (°C) değerleri, S_2 pikinde ağır serbest hidrokarbonların var olması durumunda anormal düşük değerlerdeyken ($< 400^{\circ}\text{C}$), yeniden işlenmiş (reworked) organik madde olması durumunda da anormal yüksek değerlerdedir ($> 550^{\circ}\text{C}$). S_2 değerinin 0.50' den az olduğu ve S_2 pikinin tanımlanmasının zor olduğu durumlarda T_{max} değerleri genellikle güvenilir olmaz. Ayrıca S_2 değerlerinin 2.00 gibi yüksek

olduğu organik maddece zayıf killi sedimanların T_{max} değerleri de güvenilir olmayabilir (Espitalie ve diğ 1985).

T_{max} (°C), organik maddenin tipine bağlı olup hidrokarbon oluşum kinetiğinin bir yansımasıdır (Peters 1986). Organik madde tipine göre petrolün oluştuğu T_{max} (°C) sıcaklık aralıkları değişiklik göstermektedir (Espitalie ve diğ 1985) (Çizelge 3.12). Dar aktivasyon enerjisi dağılımına sahip Tip I kerojenler, kuvvetli C-C bağları ile birbirine bağlanan alifatik zincirlerden oluşmaları nedeniyle en yüksek aktivasyon enerjisine ve dar T_{max} (°C) petrol penceresine sahiptir. Tip II kerojenler, oksijen ve kükürt içeriğine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Önemli miktarda zayıf bağlarla birbirine bağlanan C-N, C-S ve C-O bağlarına sahip olan Tip II kerojenlerin petrol oluşturmak için daha düşük aktivasyon enerjilerine ihtiyaç duyarlar. Yüksek oksijen - yüksek kükürt içeriğine sahip kerojenler. 390-410°C'lik olgunlaşmamış T_{max} (°C) değerlerine sahiptirler ve yaklaşık 425 °C'de petrole dönüşümün % 50'si tamamlarlar (Jarvie ve Lundell 2001). Tip-III kerojen için ise T_{max} (°C) değerleri, oldukça geniş aktivasyon enerjisi dağılımına sahiptir ve erken olgun evrede 435 °C' den petrol penceresinin sonunda 465- 470 °C'ye kadar yükselir (Çizelge 3.12). Sonuç olarak, Tip II kerojen en önce petrol türümüne başlarken, bunu Tip III ve Tip I kerojen takip eder. Çeşitli araştırmacılara göre organik maddenin olgunluk düzeyine karar vermede kullanılan T_{max} (°C) sınır değerleri genel sınıflaması (Espitalie ve diğ 1984, Peters ve Cassa 1994) ve kerojen tiplerine göre ayrılmış sınıflama (Espitalie ve diğ 1985) Çizelge 3.12 verilmiştir.

Çizelge 3.12. Çeşitli araştırmacılara göre olgunlaşma dereceleri (Espitalie ve diğ 1984, Espitalie ve diğ 1985, Peters ve Cassa 1994)

Espitalie ve diğ (1984)		Peters ve Cassa (1994)		Espitalie ve diğ (1985)				
T_{max} (°C)	Olgunluk Derecesi	T_{max} (°C)	Olgunluk Derecesi	T_{max} (°C)				Olgunluk Derecesi
				Tip I	Tip II	Tip II-S	Tip III	
< 430 - 435	Olgunlaşmamış	< 435	Olgunlaşmamış	< 440	< 430	< 425	< 435	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
430 - 460	Petrol Penceresi	435 - 445	Erken Olgun	440 - 448	430-460	425-450	435-465	Petrol Penceresi
> 455 - 460	Gaz Penceresi	445 - 450	Orta Olgun-Geç Olgun	> 448	> 460	> 450	> 465	Gaz Penceresi
		> 450	Aşırı Olgun					

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin T_{max} (°C) değerleri 408-441 °C arasında (ortalama 429.06 °C), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin T_{max} (°C) değerleri ise 362-439°C arasında (ortalama 418.2°C) değişmektedir. Çalışma bölgesinden derlenen Örneklerinin T_{max} (°C) olgunlaşmalarının; Espitalie ve diğ (1984)'nin T_{max} (°C) standartlarına göre genel de olgunlaşmamış ile petrol penceresi aralıklarında, Peters ve Cassa (1994)'nin T_{max} standartlarına göre genel de olgunlaşmamış ile erken olgun aralıklarında, Espitalie ve diğ (1985)'nin T_{max} (°C) standartlarına göre ise kerojen tipleri daha önce belirlendiği gibi büyük ihtimal tip III kerojen olduğundan, olgunlaşma derecesinin çoğunlukla olgunlaşmamış-erken olgun ve bazı örneklerin petrol penceresi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.13).

3.2.4.2. Derinlik- T_{max} diyagramı

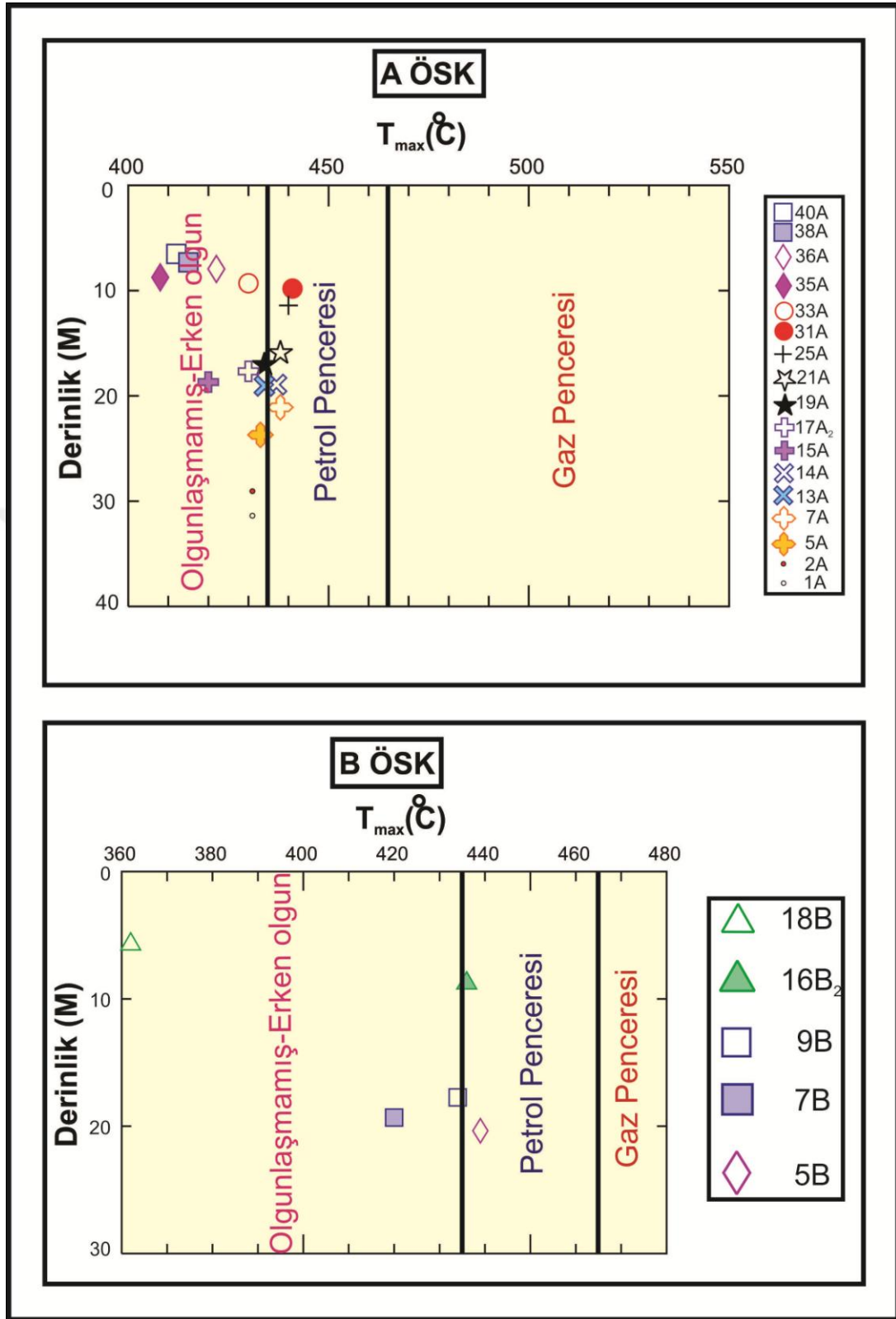
Bölgeye ait örneklerin derinlik (m) ile ilişkilendirilmiş T_{max} (°C) diyagramındaki konumlarına göre de örneklerin genel de olgunlaşmamış-erken olgun ve petrol penceresinin başlangıcı safhasında olduğu görülmektedir (Şekil 3.15).

Çizelge 3.13. Çalışma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin T_{max} (°C) değerleri ve buna ilişkin olgunlaşma dereceleri

ÖSK	Örnek No	T_{max} (°C)	Espitalie ve diğ (1984)	Peters ve Cassa (1994)	Espitalie ve diğ (1985)
A	1A	431	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	2A	431	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	5A	433	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	7A	438	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	13A	434	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	14A	437	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	15A	420	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	17A ₂	430	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	19A	434	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	21A	438	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	25A	440	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	31A	441	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	33A	430	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	35A	408	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	36A	422	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	38A	415	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	40A	412	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
B	5B	439	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	7B	420	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	9B	434	Petrol Penceresi	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun
	16B ₂	436	Petrol Penceresi	Erken Olgun	Petrol Penceresi
	18B	362	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış-Erken Olgun

3.2.4.3. HI- T_{max} diyagramı

HI- T_{max} (°C) diyagramı da organik maddenin olgunluğu hakkında bilgi vermektedir. Buna göre, HI- T_{max} (°C) diyagramına göre (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995), çalışma alanına ait örneklerin genel de diyajenetik zonunda ve petrol zonunun sınırında bulunduğunu görülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.15. İncelenen örneklerin derinlik (m) ile ilişkilendirilmiş T_{max} ($^\circ C$) değerlerine göre olgunlukları

3.2.4.4. Üretim indeksi

Üretim İndeksi (Potansiyel Verim/Transformasyon Oranı (TR), $PI: S_1/S_1+S_2$), çoğunlukla organik maddenin bağlı ısısal olgunluğunu ve göç etmiş hidrokarbonların varlığını belirlemek için kullanılmakta ve örnek analizi ile elde edilen hidrokarbon bileşiklerinin toplam miktarına ilişkin olarak serbest HC'ların oranını ifade etmektedir (Espitalie ve diğ 1985, Othman 2003). Üretim indeksi parametresi kayanın olgunlaşması, yani derinlere doğru gömülmesi ile artar. Genç, yüzeye yakın kaynak kayaların Üretim İndeks parametresi düşük iken, yaşlı kayalar da Üretim İndeks parametresi yüksek olur (Döner 2012).

Üretim İndeksi, organik materyalin doğasına ve sonraki jeolojik geçmişe (sıcaklığa karşı zaman geçmişi) bağlıdır (Tissot ve Welte 1984). Isısal olarak olgunlaşmamış Tip I ve Tip II organik maddeler, tipik olarak 0,1'den küçük Üretim İndeksi sergilerler. Bu oranlar katajenez boyunca dereceli olarak 0,4'e yükselir (Tissot ve Welte 1984, Pitman ve diğ 1987). Katajenez zonundaki Tip III organik maddeler, genellikle 0,1-0,2 aralığında üretim indeksine sahiptir (Durand ve Paratte 1983, Pitman ve diğ 1987)

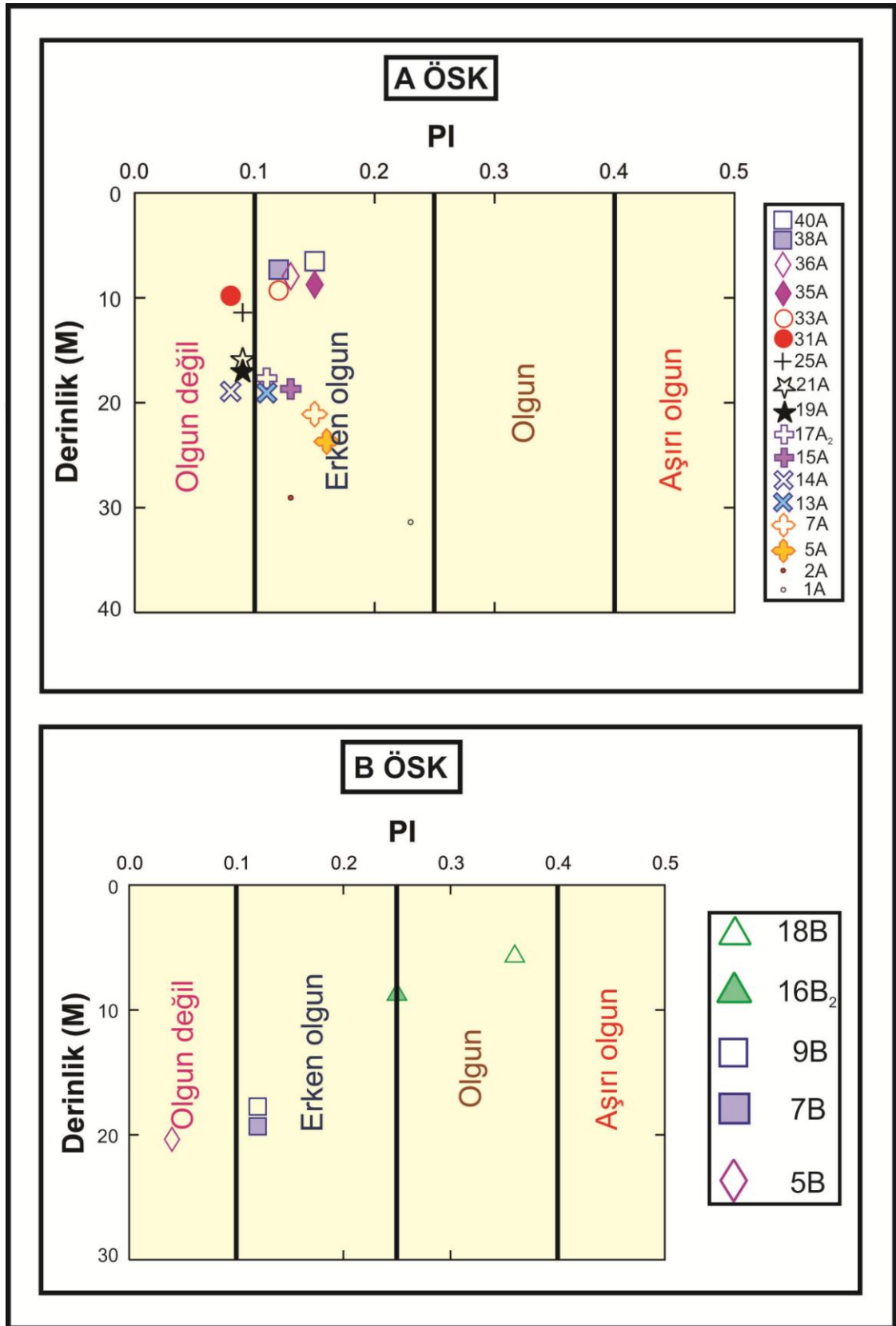
A ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen bitümlü kayaç örneklerinin PI değerleri 0.08-0.23 (ortalama 0.12), B ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen bitümlü kayaç örneklerinin PI değerleri ise 0.04-0.36 (ortalama 0.18) arasında değiştiğinden, Peters ve Cassa'nın (1994) PI standartlarına göre çoğunlukla erken olgun ve bir kısmı olgunlaşmamış oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3.14, 3.15 ve Şekil 3.16).

Çizelge 3.14. Üretim İndeksi (PI) sınır değerlerine göre olgunlaşma düzeyi (Peters ve Cassa 1994)

(Peters ve Cassa 1994)	
PI (S_1/S_1+S_2)	Olgunluk Derecesi
< 0.10	Olgun değil
0.10 – 0.25	Erken olgun
0.25 – 0.40	Olgun
>0.40	Aşırı olgun

Çizelge 3.15. İncelenen örneklerinin PI değerleri ve buna ilişkin olgunlaşma düzeyleri (Peters ve Cassa 1994)

ÖSK	Örnek No	PI	Olgunluk Düzeyi (Peters ve Cassa 1994)
A	1A	0.23	Erken olgun
	2A	0.13	Erken olgun
	5A	0.16	Erken olgun
	7A	0.15	Erken olgun
	13A	0.11	Erken olgun
	14A	0.08	Olgun değil
	15A	0.13	Erken olgun
	17A ₂	0.11	Erken olgun
	19A	0.09	Olgun değil
	21A	0.09	Olgun değil
	25A	0.09	Olgun değil
	31A	0.08	Olgun değil
	33A	0.12	Erken olgun
	35A	0.15	Erken olgun
	36A	0.13	Erken olgun
	38A	0.12	Erken olgun
	40A	0.15	Erken olgun
B	5B	0.04	Olgun değil
	7B	0.12	Erken olgun
	9B	0.12	Erken olgun
	16B ₂	0.25	Erken olgun
	18B	0.36	Olgun



Şekil 3.16. İncelenen örneklerin derinlikle (m) ilişkilendirilmiş üretim indeksi diyagramı

3.2.4.5. S_2/S_3 parametresi

S_2/S_3 parametresi, kullanılarak da organik maddenin olgunluğu hakkında bilgi sağlanmaktadır (Clementz ve diğ 1979, Peters ve Cassa 1994) (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. S_2/S_3 parametresine göre organik maddenin olgunlaşma seviyesi ve hidrokarbon potansiyeli (Clementz ve diğ 1979, Peters ve Cassa 1994)

S_2/S_3	Katajenez Safhasının Evrelerindeki Hidrokarbon Potansiyeli
< 4.0	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
4.0 – 8.0	Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt
> 8.0	Katajenezin olgun olmayan ve erken olgun evresi, petrol

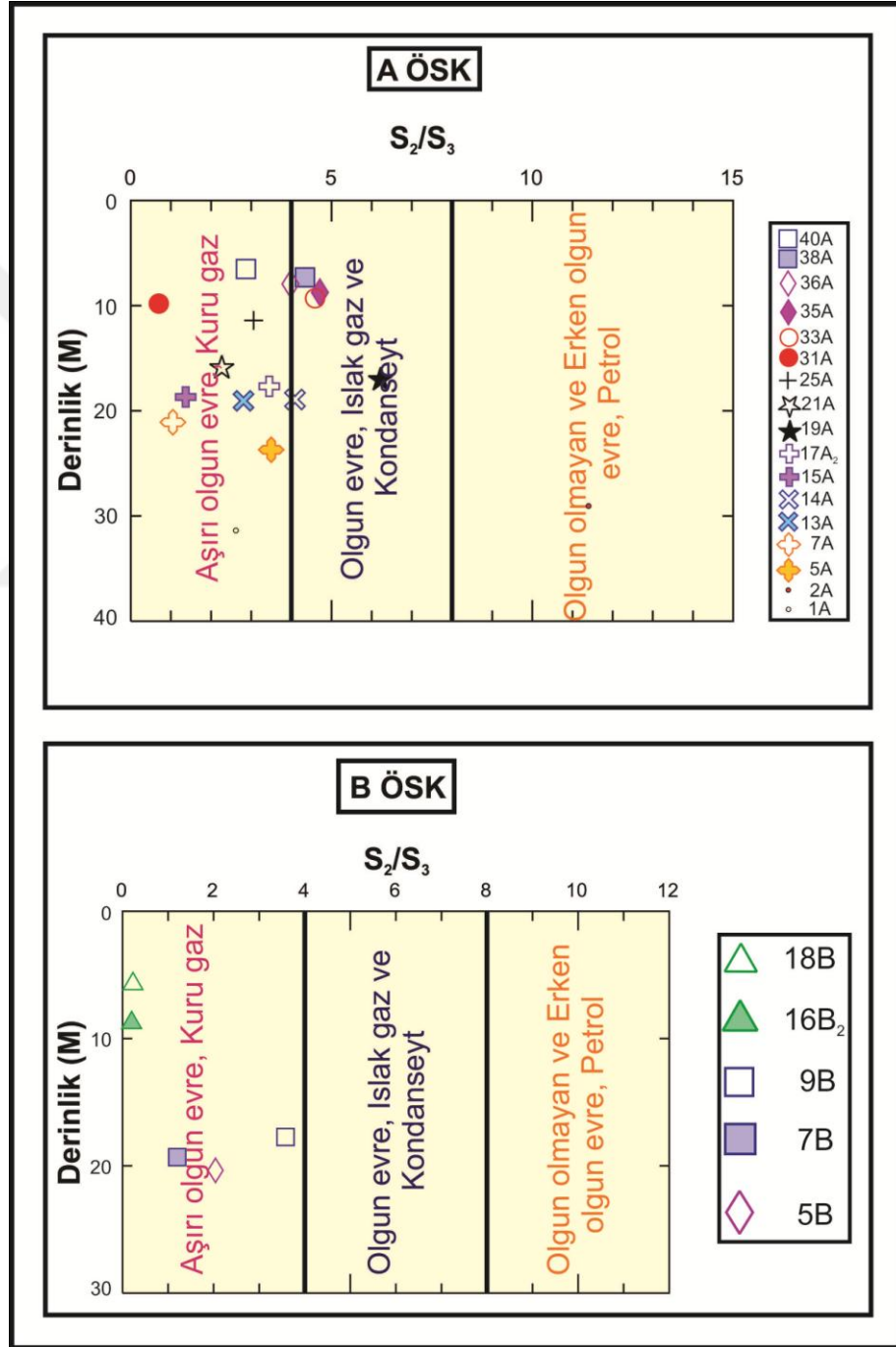
Buna göre, A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_2/S_3 değerleri 0.7-11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_2/S_3 değerleri ise 0.2-3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmekte olup, Peters (1986) ve Clementz diğ.'nin (1979) standartına göre değerlendirildiğinde araştırma bölgesine ait örneklerin genelde 'Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz'a karşılık ve küçük bir kısmı 'Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt' e karşılık geldiği görülmektedir (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Araştırma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_2/S_3 değerleri ve buna ilişkin HC potansiyelleri

ÖSK	Örnek No	S_2/S_3	Katajenez Safhasının Evrelerindeki HC Potansiyeli
A	1A	2.62	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	2A	11.4	Katajenezin olgun olmayan ve erken olgun evresi, petrol
	5A	3.5	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	7A	1.05	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	13A	2.81	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	14A	4.09	Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt
	15A	1.37	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	17A ₂	3.45	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	19A	6.22	Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt
	21A	2.27	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	25A	3.06	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	31A	0.7	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	33A	4.59	Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt
	35A	4.71	Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt
	36A	3.98	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	38A	4.34	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
B	40A	2.87	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	5B	2.04	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	7B	1.2	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	9B	3.58	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	16B ₂	0.2	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz
	18B	0.23	Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz

3.2.4.6. Derinlik- S_2/S_3 diyagramı

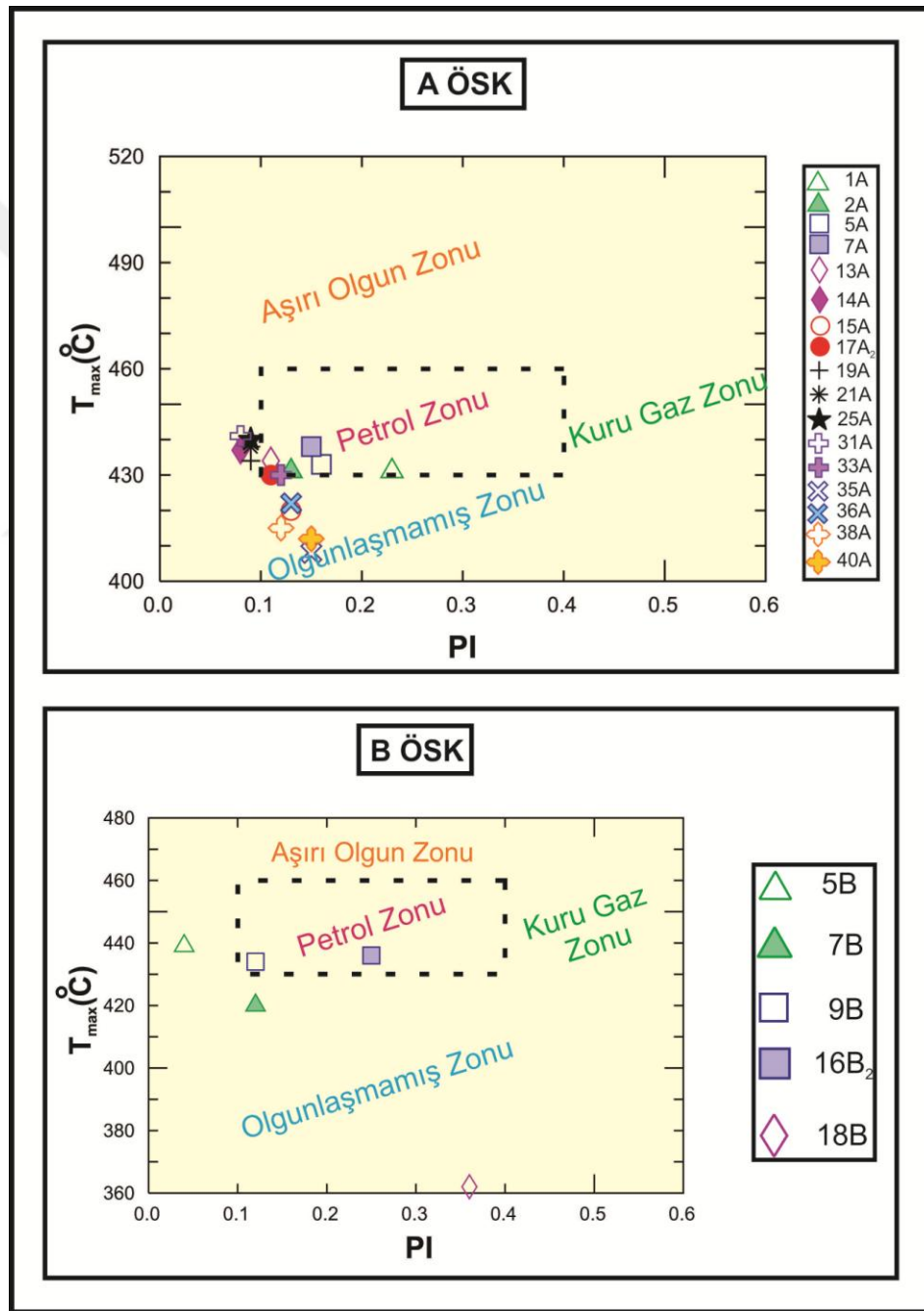
İncelenen örneklerin derinlikle (m) ilişkilendirilmiş S_2/S_3 grafiğindeki konumlarına bakıldığında da, örneklerin genelde ‘aşırı olgun evresi, kuru gaz’a ve az miktar da ‘olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt’ e işaret ettiği görülmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. İncelenen örneklerin derinlikle (m) ilişkilendirilmiş S_2/S_3 grafiği

3.2.4.7. PI- $T_{\max}$ diyagramı

PI- $T_{\max}$ (°C) diyagramı, organik maddenin olgunluğu hakkında bilgi vermektedir (Ghori 2000). Bu diyagramda, petrolün oluşumunun, $T_{\max}$ ' ın 430-460 °C arasında, PI ise 0,1-0,4 arasında olduğunda gerçekleştiği belirtilmiştir. PI- $T_{\max}$ (°C) diyagramına göre (Ghori 2000), çalışma alanına ait örneklerin genel de olgunlaşmamış zonda ve petrol zonunun sınırında bulunduğu görülmüştür (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. İncelenen örneklerin PI- $T_{\max}$ (°C) diyagramındaki konumları (Ghori 2000)

3.2.5. Hidrokarbon üretme potansiyeli

Organik jeokimyasal incelemeler ile petrol kaynak kayaları hakkında kesin bilgilere ulaşırız. Petrol kaynak kayası, genel bir tanım olarak ince dokulu, koyu renkli, pirit ve organik maddece zengin kayadır. Efektif kaynak kaya; petrolü kayadan atan, petrol türeten veya türetiyor olan kayadır. Potansiyel kaynak kaya; petrol türetebilmek için yeterli miktarda organik madde içeren, organik madde türü petrol türümüne uygun olan ancak yeterli ısısal olgunluk seviyesine ulaşamadığı için düşük sıcaklıklarda bakteriyel gaz meydana getiren veya petrol oluşturmak için yeterli ısısal olgunluk seviyesine ulaştığında efektif kaynak kaya olan kayadır. Aktif kaynak kaya; petrol oluşum sürecinde en kritik dönem olan petrol penceresi içindeyken petrol türeten veya atan kayadır (Dow 1977). İnaktif kaynak kaya; petrol potansiyeli olduğu halde petrol oluşumunu durdurmuş olan kayadır (Barker 1979). Harcanmış petrol kaynak kayası; aşırı olgun evreye ulaşarak petrolünü çok süratli bir şekilde türeten ve türetilen petrolünde kaynak kayasından göç etmeye zaman bulamadan ıslak ve kuru gaza parçalanmış kayadır (Sarı 2014).

Bu tez kapsamında kaynak kayaların hidrokarbon üretme potansiyelleri; S_1 (mg HC/g kaya) ve S_2 (mg HC/g kaya) parametreleri (Peters ve Cassa 1994), Derinlik-Bitümen indeksi (S_1/TOC) (Hunt 1995), $S_2 - TOC$ (Ghori 2000), $S_2 - TOC$ (Othman 2003) diyagramları, PY [Potansiyel Verim/Jenetik Potansiyel, $S_1(ppm)+S_2(ppm)$] parametresi (Tissot ve Welte 1984), PY - TOC diyagramı (Ghori 2002), Rezidüel karbon (RC) (English ve ark 2004) ve Piroliz Edilebilen Karbon (PC) parametreleri kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5.1. S_1 ve S_2 parametreleri

Rock-Eval Piroliz analizinden elde edilen S_1 (mg HC/g kaya) ve S_2 (mg HC/g kaya) parametreleri kullanılarak kaynak kayanın petrol potansiyeli hakkında bilgi edinilebilir (Peters ve Cassa 1994).

Kaya içerisindeki serbest hidrokarbonları temsil eden S_1 piki (mg HC/g kaya), C_1 den C_{33} 'e kadar uzanan hidrokarbonlardan oluşur. Ağır hidrokarbonlar, resinler ve asfaltenler, S_2 pikine (mg HC/g kaya) çok küçük oranda katkıda bulunurlar. S_1 piki çoğunlukla resinler ve asfaltenlerden oluşan olgunlaşmamış sedimentler için ekstrakt

edilebilen fraksiyonlardan daha küçüktür. Halbuki pek çok olgun sedimentler için S_1 piki (mg HC/g kaya) ve ekstrakt edilebilen içerik karşılaştırılabilir (Sarı 2014).

Kaynak kayanın mevcut kaynak potansiyelinin uygun gelişimini gösteren S_2 piki (mg HC/g kaya), çoğunlukla kerojenin birincil parçalanması sonucunda, aynı zamanda da ağır hidrokarbonların, resinlerin ve asfaltenlerin birincil parçalanmasından da oluşurlar. Dolayısıyla S_2 piki (mg HC/g kaya) ısısal olgunlaşmanın şu andaki safhasından grafit safhasına kadar olan aşamada üretilebilecek petrol ve gaz miktarını gösterir (Sarı 2014).

TOC değerleri ve piroliz analizlerinden elde edilen S_1 ve S_2 hidrokarbon miktarlarına göre potansiyeller Çizelge 3.18’te verilmiştir.

Çizelge 3.18. Kaynak kayaların petrol potansiyelini belirlemede kullanılan TOC (wt %) miktarları ve S_1 , S_2 hidrokarbon değerleri (Peters ve Cassa 1994)

Organik Madde			PETROL POTANSİYELİ
ROCK-EVAL PİROLİZ		TOC, wt %	
S ₁ , mg HC/g kaya	S ₂ , mg HC/g kaya		
0 – 0.5	0 – 2.5	0 – 0.5	Zayıf
0.5 – 1.0	2.5 – 5.0	0.5 – 1.0	Orta
1.0 – 2.0	5.0 – 10.0	1.0 – 2.0	İyi
2.0 – 4.0	10.0 – 20.0	2.0 – 4.0	Çok iyi
> 4.0	> 20.0	> 4.0	Mükemmel

A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_1 hidrokarbon değerleri 0.08-16.16 mg HC/g kaya (ortalama 6.17 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_1 hidrokarbon değerleri ise 0.04-7.83 mg HC/g kaya (ortalama 2.96 mg HC/g kaya) arasında değişmektedir. Peters ve Cassa (1994)’ya göre incelenen örneklerin zayıftan mükemmele kadar değişkenlik gösteren petrol potansiyelleri vardır (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19. İncelenen örneklerin S_1 (mg HC/g kaya) değerlerine göre petrol potansiyelleri (Peters ve Cassa 1994)

ÖSK	Örnek No	S_1 , mg HC/g kaya	Petrol Potansiyeli (Peters ve Cassa 1994)
A	1A	0.35	Zayıf
	2A	0.75	Orta
	5A	0.29	Zayıf
	7A	0.08	Zayıf
	13A	6.7	Mükemmel
	14A	1.15	İyi
	15A	6.33	Mükemmel
	17A ₂	5.1	Mükemmel
	19A	7.98	Mükemmel
	21A	4.79	Mükemmel
	25A	5.55	Mükemmel
	31A	0.14	Zayıf
	33A	10.83	Mükemmel
	35A	15.54	Mükemmel
	36A	9.48	Mükemmel
	38A	16.16	Mükemmel
	40A	13.73	Mükemmel
B	5B	0.66	Orta
	7B	6.25	Mükemmel
	9B	7.83	Mükemmel
	16B ₂	0.04	Zayıf
	18B	0.04	Zayıf

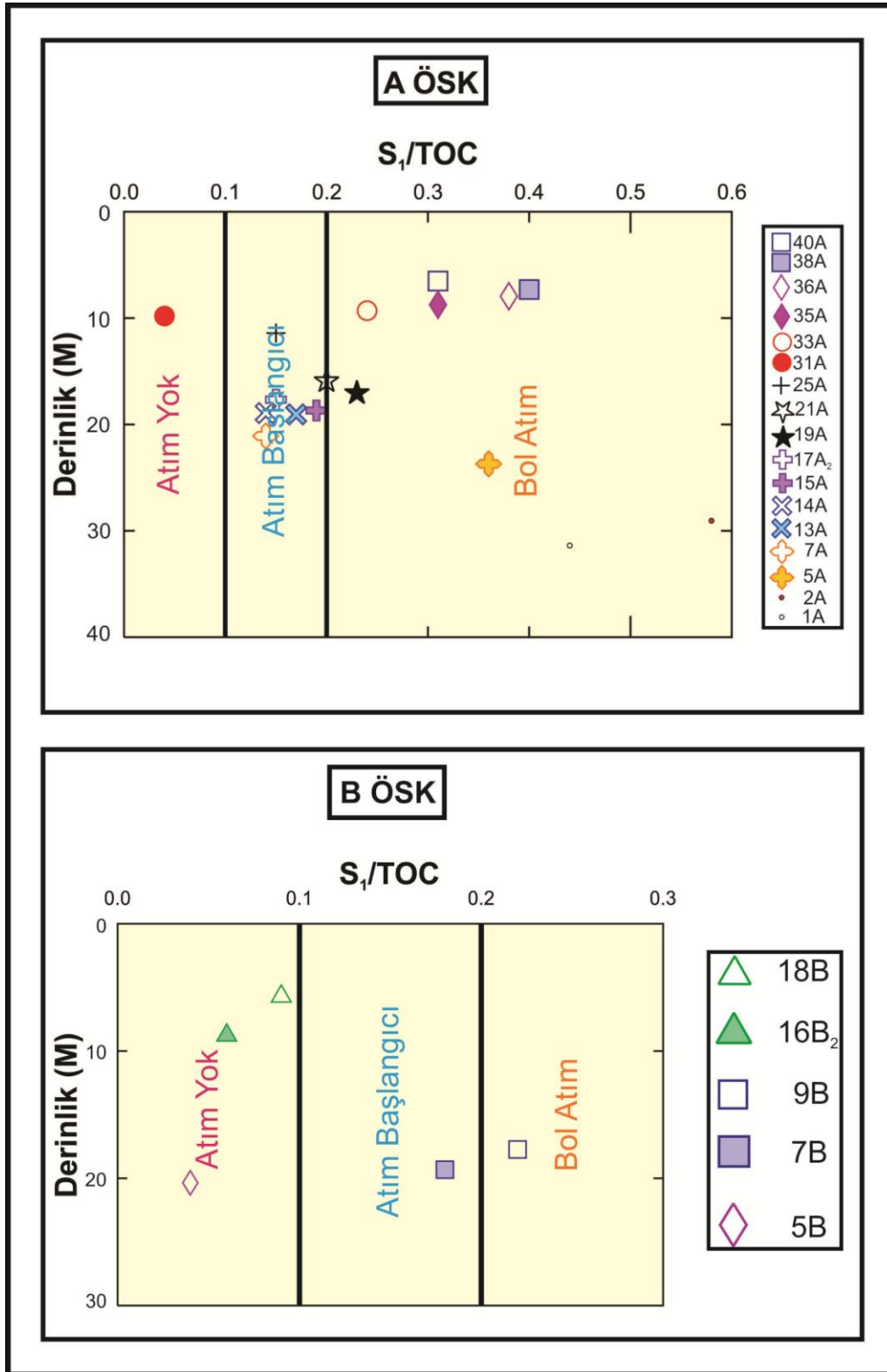
A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerin S_2 hidrokarbonları 0.46-115.56 mg HC/g kaya (ortalama 45.18 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerin S_2 hidrokarbonları ise 0.07-56.23 mg HC/g kaya (ortalama 23.13 mg HC/g kaya) arasında değerler sunmaktadır. (Peters ve Cassa 1994)'ya göre örnekler zayıf-mükemmel petrol potansiyelini işaret etmektedir (Çizelge 3.20).

Çizelge 3. 20. İncelenen örneklerin S_2 (mg HC/g kaya) değerlerine göre petrol potansiyelleri (Peters ve Cassa 1994)

ÖSK	Örnek No	S_2 , mg HC/g kaya	Petrol Potansiyeli (Peters ve Cassa 1994)
A	1A	1.18	Zayıf
	2A	5.13	İyi
	5A	1.47	Zayıf
	7A	0.46	Zayıf
	13A	53.08	Mükemmel
	14A	13.59	Çok iyi
	15A	43.1	Mükemmel
	17A ₂	43.21	Mükemmel
	19A	80.2	Mükemmel
	21A	45.78	Mükemmel
	25A	53.76	Mükemmel
	31A	1.63	Zayıf
	33A	78.12	Mükemmel
	35A	88.08	Mükemmel
	36A	63.05	Mükemmel
	38A	115.56	Mükemmel
	40A	80.59	Mükemmel
B	5B	14.28	Çok iyi
	7B	44.94	Mükemmel
	9B	56.23	Mükemmel
	16B ₂	0.12	Zayıf
	18B	0.07	Zayıf

3.2.5.2. Bitümen indeks (S_1/TOC)

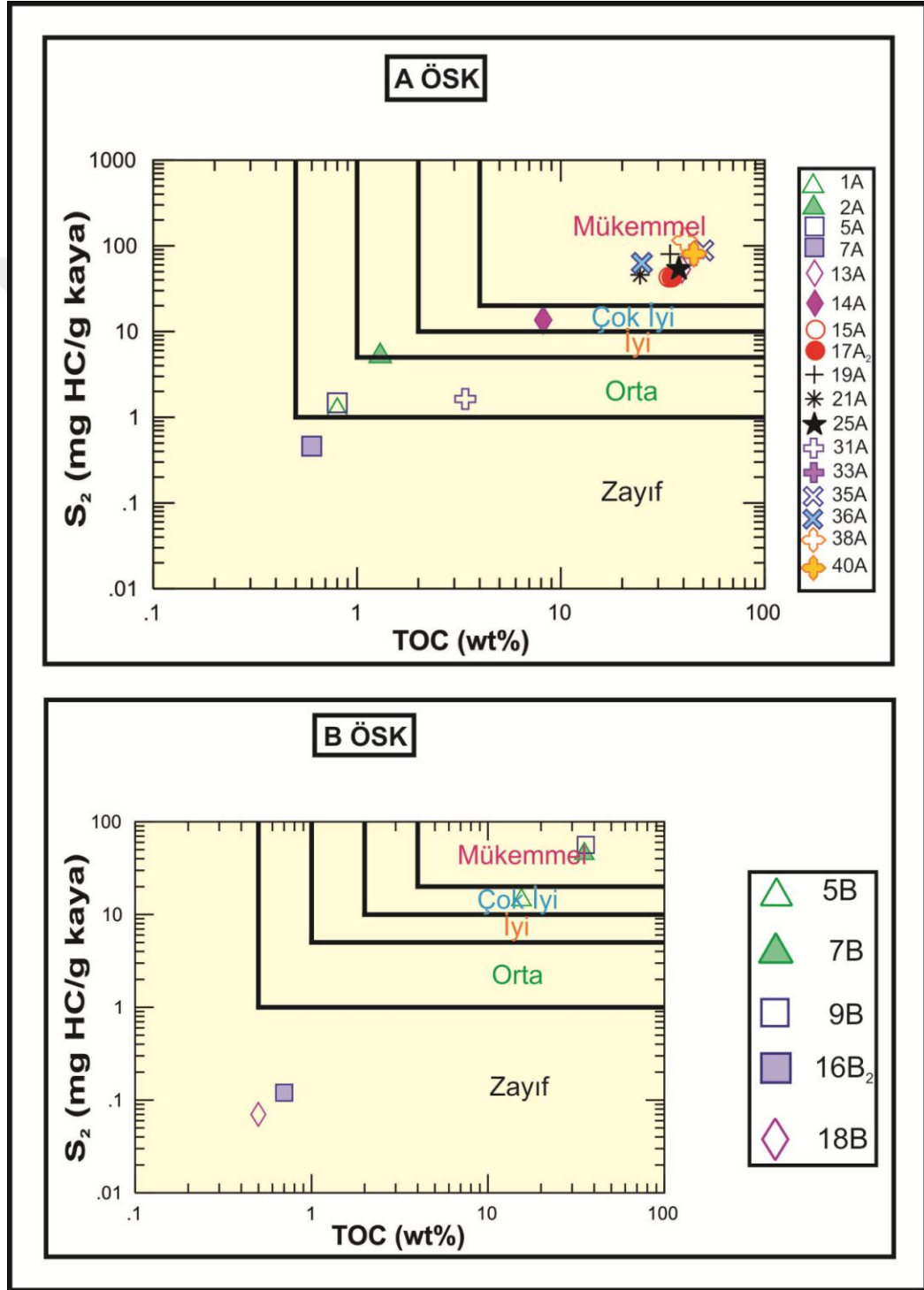
Bitümen indeks (S_1/TOC), kaynak kayanın petrolü dışarı atmaya başladığı derinliği belirlemek için kullanılmaktadır. Bazen ‘göç indeksi’ olarak da anılmaktadır (Hunt 1995). S_1/TOC oranı, kaynak kayada petrol atımı için 0,1-0,2 arasında olmalıdır (Hunt 1995). Derinlik (m) ilişkilendirilmiş bitümen indeks (S_1/TOC) diyagramına göre ise örneklerin genel de atım başlangıcında ve petrol bol atımında olduğu görülmektedir (Şekil 3.19).



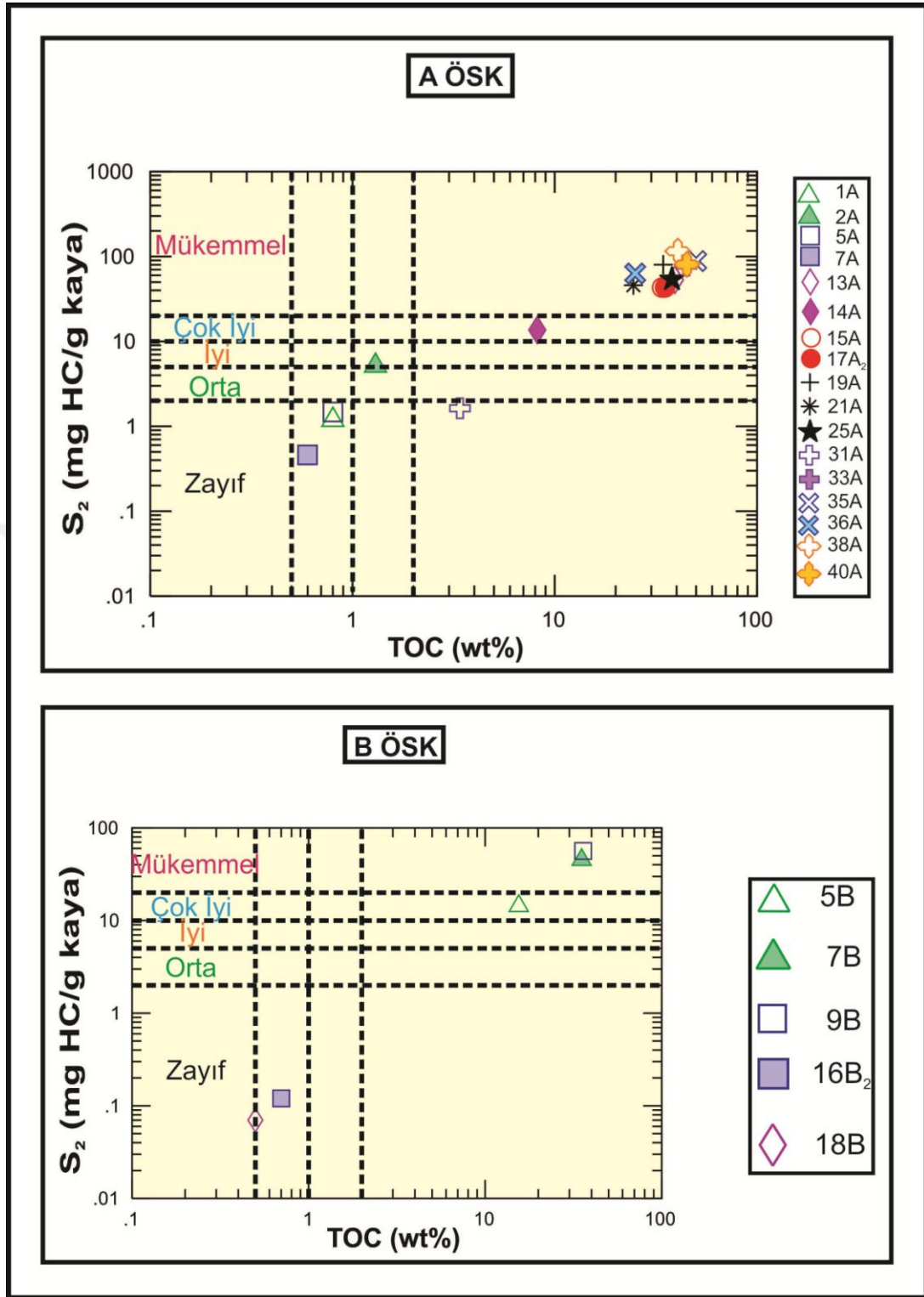
Şekil 3.19. İncelenen örneklerle ait derinlikle ilişkilendirilmiş S_1/TOC (bitümen indeksi) diyagramı (Hunt 1995)'dan değiştirilerek)

3.2.5.3. Ghorı ve Othman'ın S₂-TOC diyagramları

Ghorı (2000) ve Othman (2003)'ın S₂-TOC diyagramlarında incelenen örneklerin hidrokarbon potansiyellerinin (Şekil 3.20 ve 3.21) zayıftan mükemmel kadar değişkenlik gösterdikleri görülmektedir.



Şekil 3.20. İncelenen örneklerin S₂ ve TOC değerlerine dayanan kaynak kaya potansiyelleri (Ghorı 2002)



3.2.5.4. Jenetik potansiyel

Jenetik Potansiyel/Potansiyel Ürün (S_1+S_2 , ppm), piroliz analizlerinden hesaplanan bir diğer parametre olup, esas olarak kaynak kayanın petrol türüm potansiyelini gösterir (Sarı 2014). Kerojenin bolluğuna ve türüne bağlı olarak bu potansiyel, sırayla sediment depolanma zamanındaki orijinal organik girdiyle, mikrobiyal degradasyon koşulları ile ve bu sedimentlerdeki organik maddenin yeniden düzenlenmesi ile ilişkilidir (Tissot ve Welte 1984). Jenetik potansiyel, hidrokarbon kaynak potansiyelinin kalitatif bir tahminini verir, ancak piroliz esnasında üretilen hidrokarbon tipini (gaz veya petrol) tahmin etmek için kullanılamaz.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin Jenetik Potansiyel değerleri 540-131720 ppm (ortalama 51349.41 ppm), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin Jenetik Potansiyel değerleri ise 110-64060 ppm (ortalama 26092 ppm) arasında değişmektedir. Buna göre incelenen örneklerin kaynak kaya potansiyeli yoktan iyi kaynak kaya potansiyeline değişen kaynak kaya potansiyeline (Tissot ve Welte 1984) sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.21 ve 3.22).

Çizelge 3. 21. Jenetik potansiyel ile kaynak kaya potansiyeli arasındaki ilişki (Tissot ve Welte 1984)

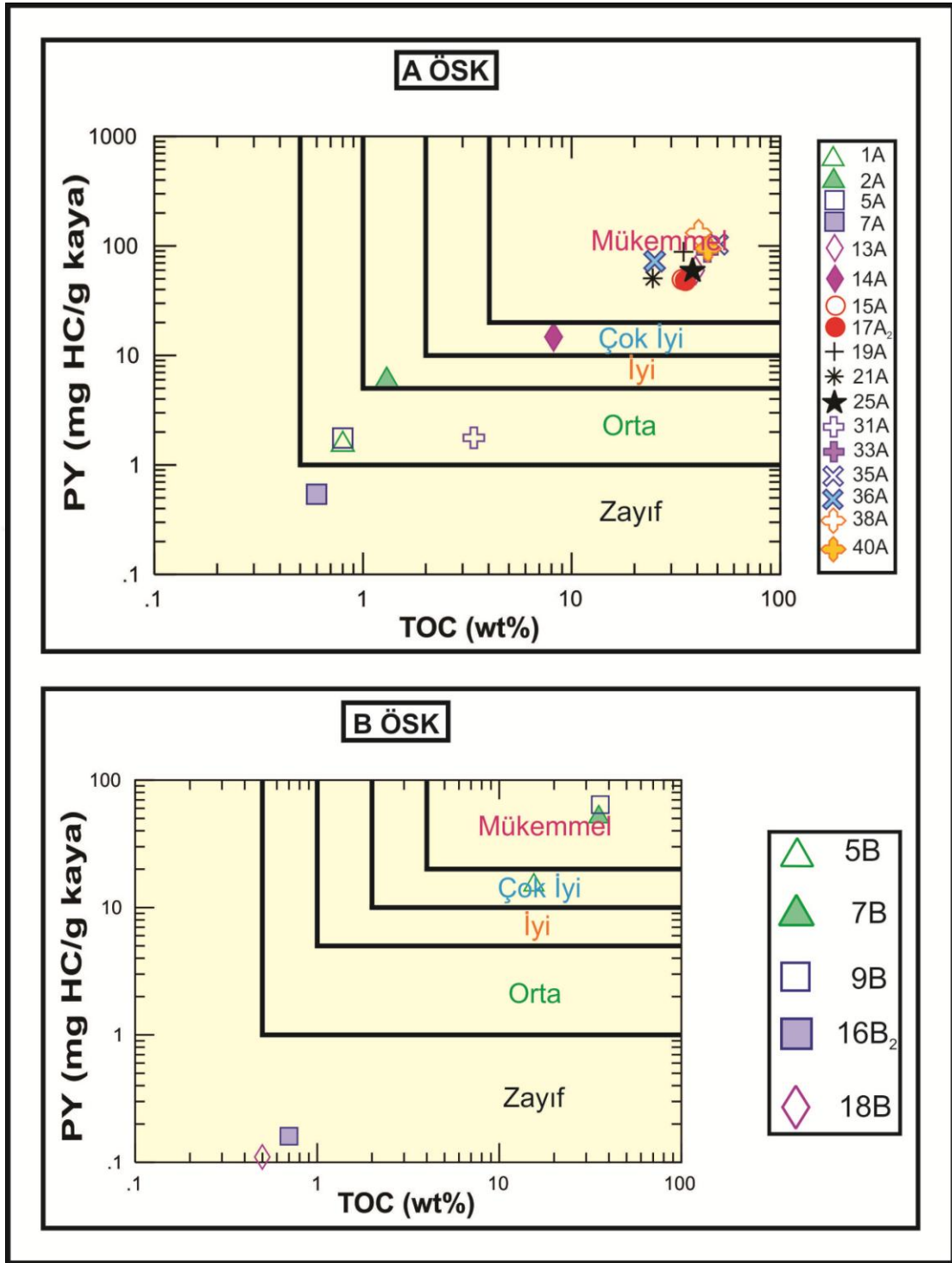
Jenetik Potansiyel (ppm)	Kaynak Kaya Potansiyeli
< 2000	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
2000 - 6000	Orta Derecede Kaynak Kaya Potansiyeli
> 6000	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli

Çizelge 3.22. İncelenen örneklerin Jenetik Potansiyel değerleri ve buna ilişkin kaynak kaya potansiyelleri

ÖSK	Örnek No	PY (S ₁ +S ₂), ppm	Kaynak Kaya Potansiyeli (Tissot ve Welte 1984)
A	1A	1530	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
	2A	5880	Orta Derecede Kaynak Kaya Potansiyeli
	5A	1760	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
	7A	540	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
	13A	59780	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	14A	14740	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	15A	49430	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	17A ₂	48310	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	19A	88180	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	21A	50570	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	25A	59310	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	31A	1770	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
	33A	88950	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	35A	103620	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	36A	72530	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	38A	131720	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	40A	94320	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
B	5B	14940	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	7B	51190	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	9B	64060	İyi Kaynak Kaya Potansiyeli
	16B ₂	160	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok
	18B	110	Kaynak Kaya Potansiyeli Yok

3.2.5.5. PY– TOC diyagramı

İncelenen örnekler PY (mg HC/g kaya) – TOC (wt %) diyagramında (Ghori 2002) değerlendirildiklerinde ise, zayıf-mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.22).



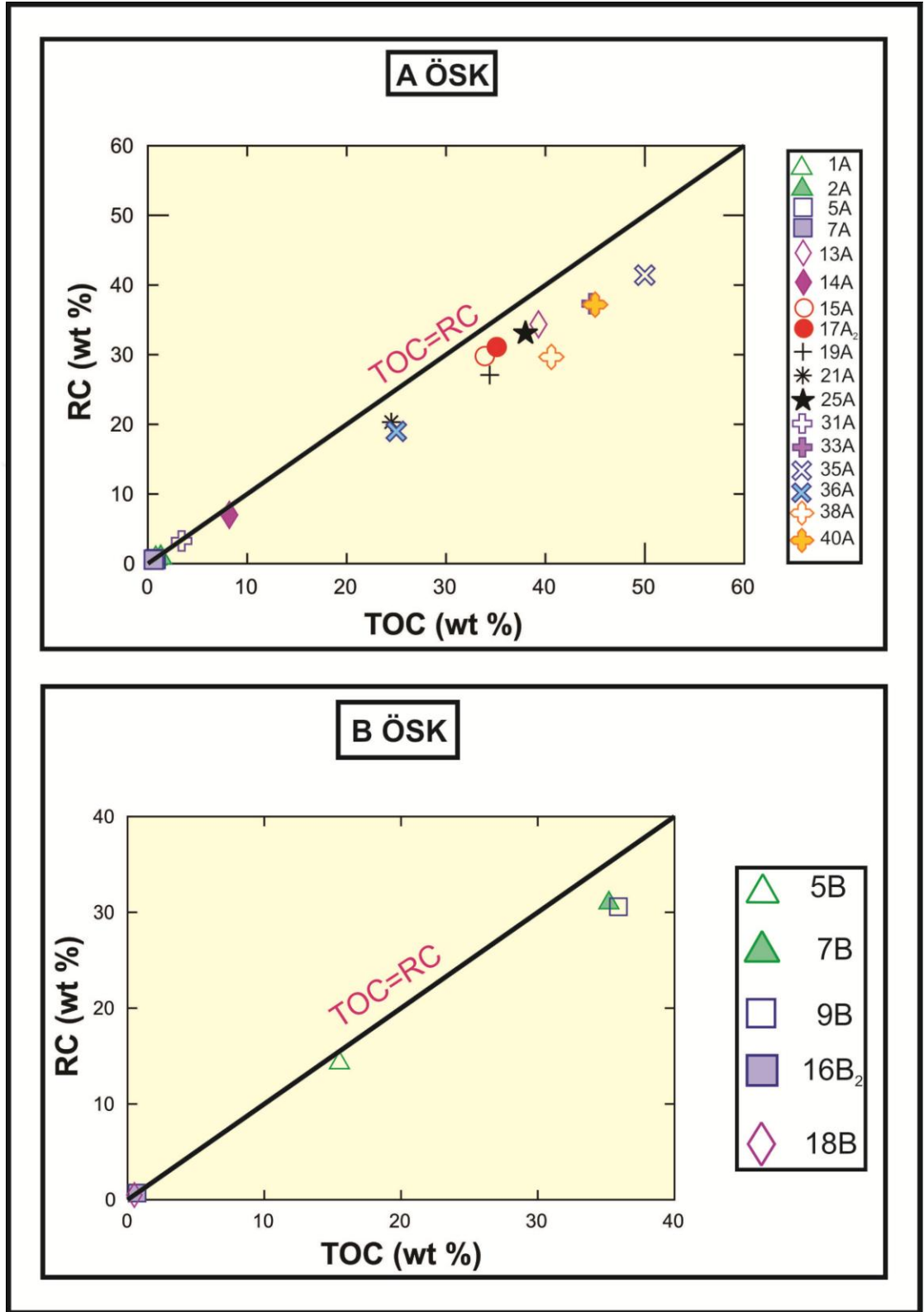
3.2.5.6. Rezidüel karbon (RC)

Rezidüel karbon (RC), piroliz işlemi esnasında CO ve CO₂'den elde edilen organik karbonun (wt %) toplamını gösterir. Rezidüel karbon aynı zamanda piroliz edilemeyen organik karbonu gösteren TOC bölümü olarak da tanımlanabilir (Bojesen-Koefoed 2006).

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % RC değerleri 0.56 – 41.4 arasında (ortalama wt % 20.77), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % RC değerleri ise 0.49-30.95 arasında (ortalama wt %15.39) değişmektedir (Çizelge 3.23). Buna göre incelenen bitümlü şeyl örneklerinin kalıntı karbon çizgisine çok yakın (TOC=RC) bulunduğu ve dolayısıyla zayıf türüm potansiyeline sahip olduğu Şekil 3.23'dan görülmektedir.

Çizelge 3.23. Çalışma bölgesine ait incelenen örneklerin wt % RC değerleri

ÖSK	Örnek No	RC, wt %
A	1A	0.67
	2A	0.81
	5A	0.65
	7A	0.56
	13A	34.34
	14A	6.98
	15A	29.8
	17A ₂	31.09
	19A	27.08
	21A	20.3
	25A	33.08
	31A	3.25
	33A	37.32
	35A	41.4
	36A	18.98
	38A	29.67
	40A	37.17
B	5B	14.26
	7B	30.95
	9B	30.58
	16B ₂	0.69
	18B	0.49



Şekil 3.23. İncelenen örneklerin RC (wt %) - TOC (wt %) diyagramındaki konumları (English ve diğ 2004)

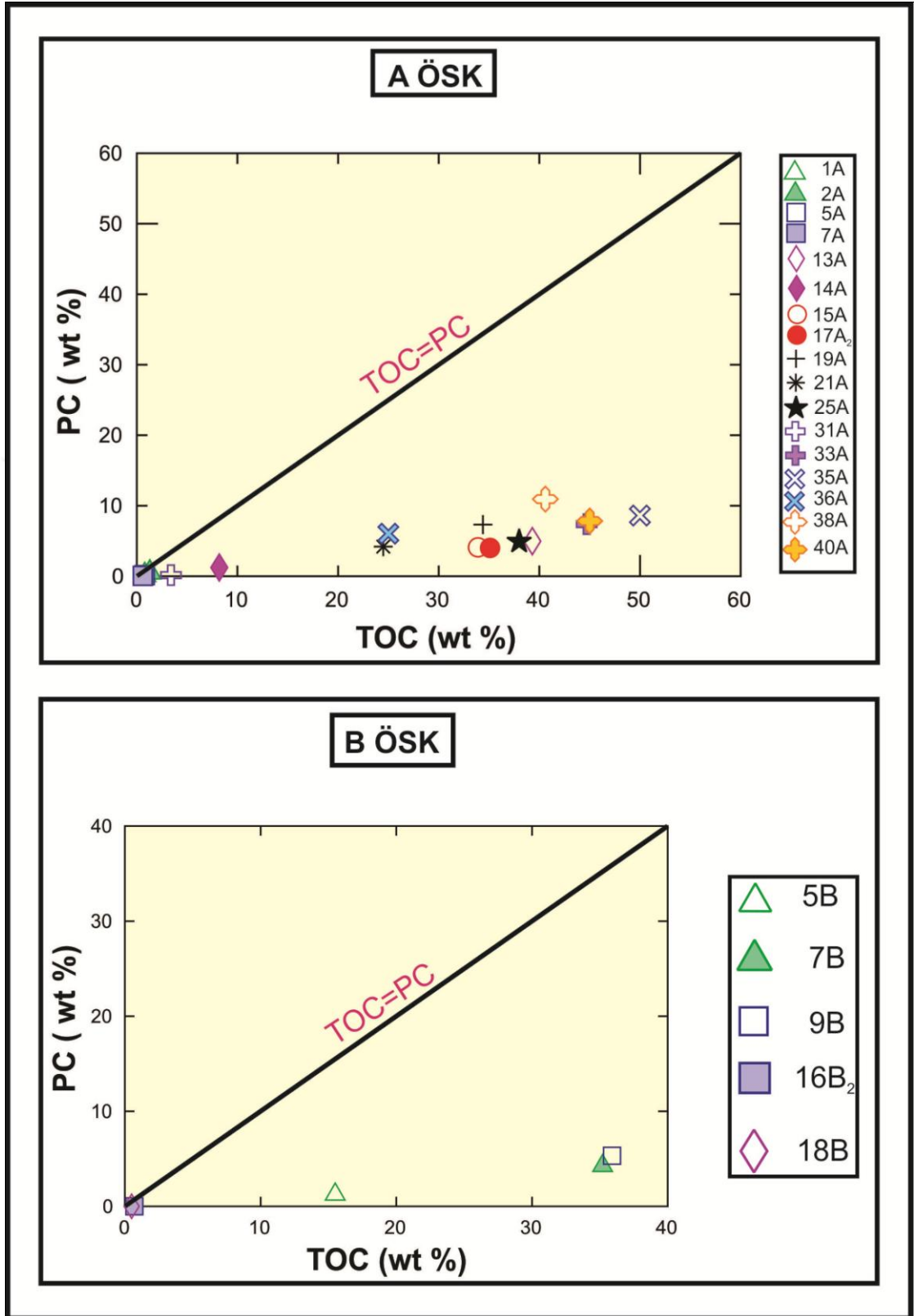
3.2.5.7. Piroliz edilebilen karbon (PC)

Piroliz Edilebilen Karbon (PC) ise, rezidüel karbonun aksine TOC'un piroliz edilebilen kısmı olarak tanımlanabilir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % PC değerleri 0.04 – 10.93 (ortalama wt % 4.26), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % PC değerleri ise 0.01- 5.32 (ortalama wt %2.17) arasında değişmekte olup (Çizelge 3.24), PC-TOC diyagramına göre de, incelenen örneklerin piroliz edilebilen karbon çizgisinden uzak bulunduğu (TOC=PC), zayıf türüm potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.24).

Çizelge 3.24. Çalışma bölgesine ait incelenen örneklerin wt % PC değerleri

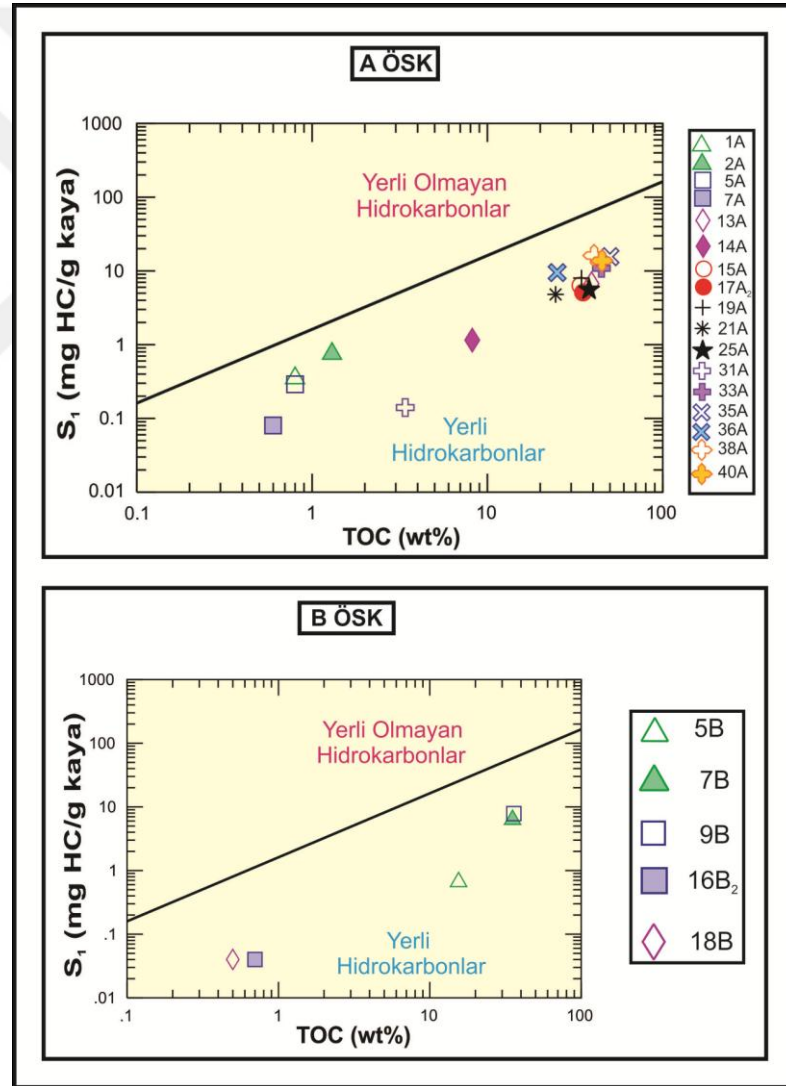
ÖSK	Örnek No	PC, wt %
A	1A	0.13
	2A	0.49
	5A	0.15
	7A	0.04
	13A	4.96
	14A	1.22
	15A	4.1
	17A ₂	4.01
	19A	7.32
	21A	4.2
	25A	4.92
	31A	0.15
	33A	7.38
	35A	8.6
	36A	6.02
	38A	10.93
	40A	7.83
B	5B	1.24
	7B	4.25
	9B	5.32
	16B ₂	0.01
	18B	0.01



Şekil 3.24. İncelenen örneklerin PC (wt %) – TOC (wt %) diyagramındaki konumları

3.2.6. Göç etmiş hidrokarbonlar

S_1 türü hidrokarbonlar kaynak kayanın kendisinden türeyebileceği gibi dışarıdan göç yoluyla gelerek kaynak kayayı kirletmiş de olabilirler. Bu tür bir organik kirlenme kaynak kaya değerlendirmelerinde olumsuzluk teşkil eder. S_1 (mg HC/ g kaya) - TOC (wt %) (Hunt 1995) diyagramı, genellikle göç etmiş hidrokarbonları ve yerli hidrokarbonlardan kirleticileri ayırmak için kullanılır. Buna göre incelediğimiz örneklerin S_1 hidrokarbon değerlerinin tamamının yerli hidrokarbon bölgesine düşmüş, herhangi bir doğal mekanik veya antropojenik yolla organik kirlenmeye maruz kalmamıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Çalışma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_1 (mg HC/ g kaya) - TOC (wt %) diyagramındaki konumları (Hunt 1995)

3.2.7. Hidrokarbon tipinin belirlenmesi

Hidrokarbon parametreler hidrokarbon tipini (petrol/gaz) tahminde kullanılmaktadır (Peters 1986). Bu tez kapsamında kaynak kayaların türetebilecek hidrokarbon tipleri (petrol/gaz); Hidrojen indeksi (HI) (Peters ve Cassa 1994), Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı)(Clementz ve diğ 1979, Peters 1986) parametreleri, TOC- S_2 (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008), HI - TOC (Jackson ve diğ 1985) ve HC - TOC (Wehner 1989) diyagramları kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.7.1. Hidrojen indeksi (HI)

Çalışma alanına ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerlerine (Peters ve Cassa 1994) göre, üretilebilecek hidrokarbon tipi muhtemelen gaz ve bunun yanında belki petrol-gaz karışım olduklarını işaret etmektedir (Çizelge 3.7).

3.2.7.2. TOC- S_2 diyagramı

TOC- S_2 (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008) diyagramı kullanılarak hidrokarbon tipi belirlenebilmektedir. Buna göre, incelenen bitümlü kayaç örneklerinin hidrokarbon tipinin genel de gaz olduğu görülmektedir (Şekil 3.13).

3.2.7.3. Hidrokarbon tip indeksi (S_2/S_3 oranı)

Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) (Clementz ve diğ 1979, Peters 1986) hidrokarbon tipini (petrol/gaz) belirlemede kullanılan bir parametredir (Çizelge 3.25).

Çizelge 3.25. S_2/S_3 parametresine göre organik maddenin hidrokarbon tipi (Clementz ve diğ 1979, Peters 1986)

(Clementz ve diğ 1979)		(Peters 1986)	
S_2/S_3	HC Tipi	S_2/S_3^b	HC Tipi
0 – 2.5	Gaz	0 – 3	Gaz
2.5 – 5.0	Gaz ve Petrol	3 – 5	Gaz ve Petrol
> 5.0	Petrol	> 5	Petrol

A ölçülü stratigrafik kesitinde bitümlü kayaç örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri 0.7 – 11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitinde bitümlü kayaç örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri ise 0.2– 3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmektedir. Bu da örneklerin genel olarak hem gaz ve petrol karışımı, hem de gaz üretme potansiyeline sahip olduğunu gösterir (Çizelge 3.26).

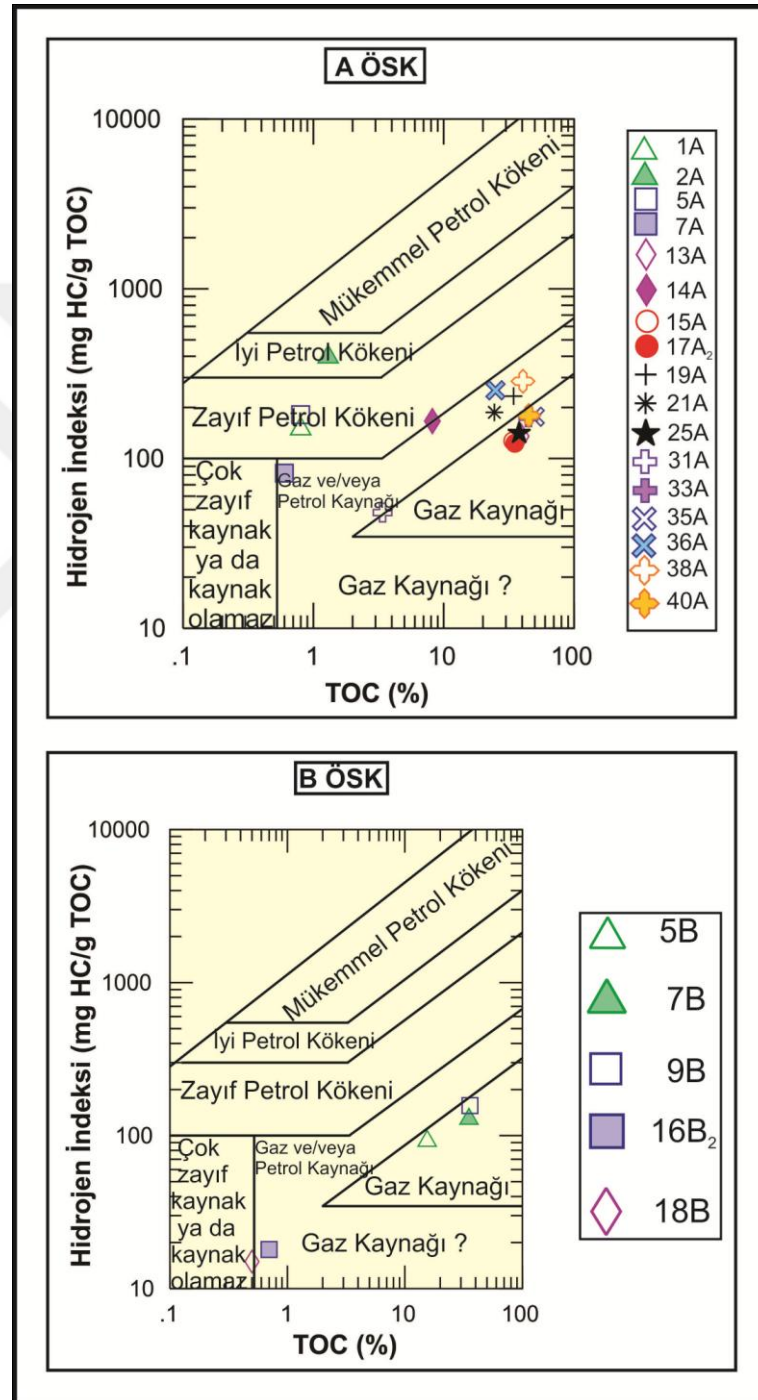
Çizelge 3.26. Çalışma bölgesine ait örneklerin S_2/S_3 parametresine göre hidrokarbon tipleri (Clementz ve diğ 1979, Peters 1986)

ÖSK	Örnek No	S_2/S_3	HC Tipi (Clementz ve diğ 1979)	HC Tipi (Peters 1986)
A	1A	2.62	Gaz ve Petrol	Gaz
	2A	11.4	Petrol	Petrol
	5A	3.5	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	7A	1.05	Gaz	Gaz
	13A	2.81	Gaz ve Petrol	Gaz
	14A	4.09	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	15A	1.37	Gaz	Gaz
	17A ₂	3.45	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	19A	6.22	Petrol	Petrol
	21A	2.27	Gaz ve Petrol	Gaz
	25A	3.06	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	31A	0.7	Gaz	Gaz
	33A	4.59	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	35A	4.71	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	36A	3.98	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	38A	4.34	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	40A	2.87	Gaz ve Petrol	Gaz
B	5B	2.04	Gaz	Gaz
	7B	1.2	Gaz	Gaz
	9B	3.58	Gaz ve Petrol	Gaz ve Petrol
	16B ₂	0.2	Gaz	Gaz
	18B	0.23	Gaz	Gaz

^b R_0 = % 0.6'da tahmin edilen değerlerdir.

3.2.7.4. HI–TOC diyagramı

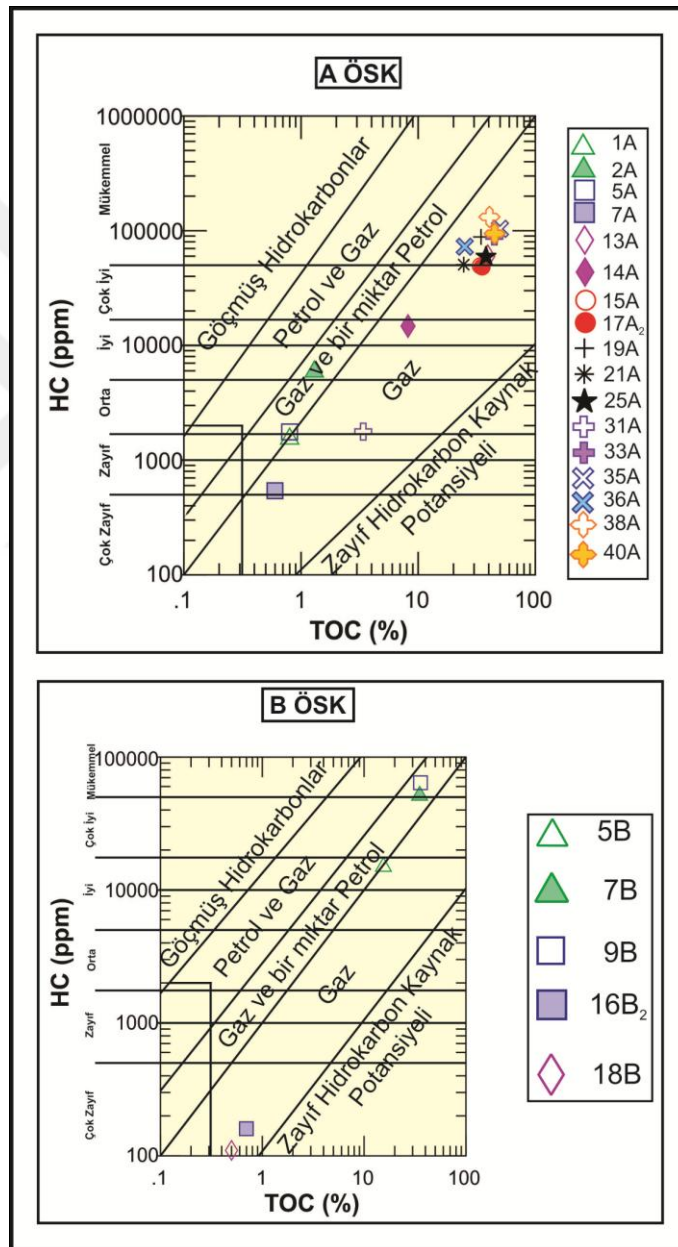
İncelenen bitümlü kayaç örnekleri HI (mg HC/g TOC) –TOC (wt %) diyagramına (Jackson ve diğ 1985) göre değerlendirildiğinde organik madde tipinin genel olarak gaz ve/veya petrol kaynağı ve gaz kaynağını işaret etmektedir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Çalışma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin HI (mg HC/g TOC) –TOC (wt %) diyagramına göre konumları (Jackson ve diğ 1985)

3.2.7.5. HC -TOC diyagramı

Anakayaçtan türeyecek hidrokarbon tiplerini belirlemek için HC (ppm)-TOC (wt %) (Wehner 1989) diyagramı kullanılmaktadır. Buna göre ise incelenen örnekler çok zayıftan mükemmele değişen petrol potansiyeline sahip olduğu ve genel de hem gaz, hem de gaz ve bir miktar petrol karışımı üretme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Çalışma bölgesine ait bitümlü kayaç örneklerinin HC (ppm) -TOC (wt %) diyagramına göre konumları (Wehner 1989)

3.3. Sonuçlar

Bu çalışmada, çalışma alanından derlenen örneklerin organik jeokimyasal özelliklerini belirlenmek için, piroliz analizlerinin verileri kullanılmıştır. Piroliz (Rock-Eval) analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

1. Kömür sahasındaki (Bayafşar) yapılan A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneğinin Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri % wt 0.6-50.0 (ortalama % wt 25.04), B ölçülü stratigrafik kesitine ait örneğinin Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri ise % wt 0.5- 35.9 (ortalama % wt 17.5) arasında değişmekte olduğundan, genel de bu değerler birimin zengin (Tissot ve Welte 1984), yeterli (Jarvie 1991) ve mükemmel (Peters ve Cassa 1994) kaynak kaya potansiyeline sahip olduğunu gözlenmiştir. Çalışılan örnekler derinlik (m) ile ilişkilendirilmiş TOC (wt %) grafiğinde değerlendirildiğinde de çoğunlukla zengin kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

2. A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerleri 48 - 395 mg HC/g (ortalama 178.47 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerleri ise 15-157 mg HC/g kaya (ortalama 82 mg HC/g kaya) arasında değişmekte olup, çalışılan örnekler çoğunlukla Tip III kerojen ve bunun yanında bazı örnekler tip II/III kerojen oldukları tespit edilmiştir.

HI-OI (Espitalié ve diğ 1977), HI-T_{max} (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995) ve TOC-S₂ (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008) diyagramlarına göre incelenen bitümlü kayaç örneklerinin kerojen tipinin genel de Tip-III ve Tip II kerojen olduğu gözlenmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S₂/S₃ oranı) değerleri 0.7 - 11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S₂/S₃ oranı) değerleri ise 0.2- 3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmekte olduğundan, örneklerin çoğunlukla Tip III kerojen tipine sahip olduğu tespit edilmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait çalışılan örneklerin Piroliz Edilebilen Karbon İndeksi (PCI) verileri 0.04 - 10.93 mg HC/g kaya (ortalama 4.26 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitinden derlenen örneklerin PCI değerleri ise 0.01-5.32 mg HC/g

kaya (ortalama 2.17 mg HC/g kaya) arasında değişmekte olduğundan kerojen tipinin Tip III kerojen (Reed ve Ewan 1986) olduğu belirlenmiştir

Çalışma alanına ait örnekler TOC - PCI (Shaaban ve diğ 2006) diyagramındaki konumlarına göre kerojen tipinin Tip III kerojen olduğu görülmüştür.

3. A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin T_{max} (°C) değerleri 408 - 441 °C arasında (ortalama 429.06°C), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin T_{max} (°C) değerleri ise 362-439°C arasında (ortalama 418.2°C) değişmektedir. Örneklerinin T_{max} (°C) olgunlaşmalarının; Espitalie ve diğ (1984)'nin T_{max} (°C) standartlarına göre genel de olgunlaşmamış ile petrol penceresi aralıklarında, Peters ve Cassa (1994)'nin T_{max} standartlarına göre genel de olgunlaşmamış ile erken olgun aralıklarında, Espitalie ve diğ (1985)'nin T_{max} (°C) standartlarına göre ise kerojen tipleri daha önce belirlendiği gibi büyük ihtimal tip III kerojen olduğundan, olgunlaşma derecesinin çoğunlukla olgunlaşmamış -erken olgun ve bazı örneklerin petrol penceresi olduğu belirlenmiştir.

Bölgeye ait örneklerin derinlik (m) ile ilişkilendirilmiş T_{max} (°C) diyagramındaki konumlarına göre de örneklerin genel de olgunlaşmamış-erken olgun ve petrol penceresinin başlangıcısının safhasında olduğu belirlenmiştir.

HI- T_{max} (°C) diyagramına göre ise (Mukhopadhyay ve diğ 1995, Hunt 1995), çalışma alanına ait alınan örneklerin genel de diyajenetik zonunda ve petrol zonunun sınırında bulunduğunu görülmüştür.

A ölçülü stratigrafik kesitindeki incelenen bitümlü kayaç örneklerinin PI değerleri 0.08-0.23 (ortalama 0.12), B ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen bitümlü kayaç örneklerinin PI değerleri ise 0.04-0.36 (ortalama 0.18) arasında değiştiğinden, Peters ve Cassa (1994)'nin PI standartlarına göre çoğunlukla erken olgun ve bir kısmı olgunmamış oldukları tespit edilmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_2/S_3 değerleri 0.7 - 11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_2/S_3 değerleri ise 0.2-3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmekte olup, Clementz ve diğ (1979), (Peters 1986)'nin standartına göre değerlendirildiğinde örneklerin çoğunlukla 'Katajenezin aşırı olgun evresi, kuru gaz'a karşılık ve bir kısmı 'Katajenezin olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt'e karşılık geldiği tespit edilmiştir.

İncelenen örneklerin derinlikle (m) ilişkilendirilmiş S_2/S_3 grafiğindeki konumlarına göre de, örneklerin genelde ‘aşırı olgun evresi, kuru gaz’a ve az miktar da ‘olgun evresi, ıslak gaz ve kondanseyt’ e işaret ettiği görülmektedir .

PI-Tmax ($^{\circ}\text{C}$) diyagramına göre (Ghori 2000), Çalışma alanına ait alınan örneklerin genel de olgunlaşmamış zonunda ve petrol zonunun sınırında oldukları görülmüştür.

4. A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_1 hidrokarbon değerleri 0.08-16.16 mg HC/g kaya (ortalama 6.17 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerinin S_1 hidrokarbon değerleri ise 0.04-7.83 mg HC/g kaya (ortalama 2.96 mg HC/g kaya) arasında değişmekte olduğundan Peters ve Cassa (1994)’ya göre incelenen örneklerin zayıftan mükemmele değişen petrol potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerin S_2 hidrokarbonları 0.46-115.56 mg HC/g kaya (ortalama 45.18 mg HC/g kaya), B ölçülü stratigrafik kesitine ait bitümlü kayaç örneklerin S_2 hidrokarbonları ise 0.07-56.23 mg HC/g kaya (ortalama 23.13 mg HC/g kaya) arasında değerler sunmakta olup Peters ve Cassa (1994)’ya göre örnekler zayıf-mükemmel petrol potansiyelini işaret etmektedir.

Derinlik (m) ilişkilendirilmiş bitümen indeks (S_1/TOC) diyagramına göre ise örneklerin genel de atım başlangıcında ve petrol bol atımında olduğu belirlenmiştir.

Ghori (2000) ve Othman (2003)’ın S_2 -TOC diyagramlarında incelenen örneklerin hidrokarbon potansiyellerinin zayıftan mükemmele kadar değişkenlik gösterdikleri tespit edilmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin Jenetik Potansiyel değerleri 540-131720 ppm (ortalama 51349.41 ppm), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin Jenetik Potansiyel değerleri ise 110-64060 ppm (ortalama 26092ppm) arasında değişmekte olup, buna göre incelenen örneklerin kaynak kaya potansiyeli yoktan iyi kaynak kaya potansiyeline değişen kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu göstermektedir.

İncelenen örnekler PY (mg HC/g kaya) – TOC (wt %) diyagramında (Ghori 2002) değerlendirildiklerinde ise, zayıf-mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

5. A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % RC değerleri 0.56 – 41.4 arasında (ortalama wt % 20.77), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % RC değerleri ise 0.49-30.95 arasında

(ortalama wt %15.39) değişmekte olup, buna göre incelenen bitümlü kayaç örneklerinin kalıntı karbon çizgisine çok yakın ($TOC=RC$) bulunduğu ve dolayısıyla zayıf türüm potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

A ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % PC değerleri 0.04 – 10.93 (ortalama wt % 4.26), B ölçülü stratigrafik kesitine ait incelenen bitümlü kayaç örneklerinin wt % PC değerleri ise 0.01- 5.32 (ortalama wt %2.17) arasında değişmekte olup, PC-TOC diyagramına göre de, incelenen örneklerin piroliz edilebilen karbon çizgisinden uzak bulunduğu ($TOC=PC$), zayıf türüm potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

6. S_1 (mg HC/ g kaya) - TOC (wt %) (Hunt 1995) diyagramına göre incelenen örneklerin ürettiği hidrokarbonlar yerli olup, herhangi bir doğal mekanik mekanik veya antropojenik yolla organik kirlenmeye maruz kalmamıştır.

7. Çalışma alanına ait incelenen örneklerin Hidrojen İndeks değerlerine (Peters ve Cassa 1994) göre, üretilebilecek hidrokarbon tipi muhtemelen gaz ve bunun yanında belki petrol-gaz karışım olduklarını işaret etmektedir.

$TOC-S_2$ (Langford ve Blanc-Valleron 1990, Dahl ve diğ 2004, Allen ve diğ 2008) diyagramına göre, incelenen bitümlü kayaç örneklerinin hidrokarbon tipinin genel de gaz olduğu görülmektedir.

A ölçülü stratigrafik kesitinde incelenen örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri 0.7–11.4 (ortalama 3.71), B ölçülü stratigrafik kesitinde bitümlü kayaç örneklerin Hidrokarbon Tip İndeksi (S_2/S_3 oranı) değerleri ise 0.2– 3.58 (ortalama 1.45) arasında değişmekte olduğundan örneklerin genel de olarak hem gaz ve petrol karışımı hemde gaz üretme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen bitümlü kayaç örnekleri HI (mg HC/g TOC)–TOC (wt %) diyagramına (Jackson ve diğ 1985) göre değerlendirildiğinde organik madde tipinin genel olarak gaz ve/veya petrol kaynağı ve gaz kaynağını işaret etmektedir.

HC (ppm)-TOC (wt %) (Wehner 1989) diyagramına göre ise incelenen örnekler çok zayıftan mükemmele değişen petrol potansiyeline sahip olduğu ve genel de hem gaz, hem de gaz ve bir miktar petrol karışımı üretme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Allen, T.L., Fraser, T.A. and Osadetz, K.G., 2008, Rock-Eval/TOC data for 18 wells, Peel Plateau and Plain, Yukon Territory (65° 50'to 67° 00'N; 133° 45'to 135° 15'W), *Yukon Geological Survey, Open File 2008-1*, 14, plus spreadsheet(s).
- Arthur, M.A and Sageman, B.B, 1994, Marine shales: depositional mechanisms and environments of ancient deposits, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 499-551.
- Barker, C., 1979, Organic geochemistry in petroleum exploration, *AAPG Continuing Education Course Notes Series*, 34, 10-159.
- Bayram, A.F, 1992, Seydişehir ve Kaşaklı sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 70, [yayınlanmamış].
- Blumenthal, M.M., 1947, Geologie der Taurusketten im hinterland von Seydişehir und Beyşehir, *M.T.A Yayını*, No; 2, Ankara, 108.
- Bojesen-Koefoed, J., 2006, Evaluation of oil potential of Estonian shales and biomass samples using Rock-Eval analyzer. *Oil Shale*, 23, (2), 110-8.
- Bordenave, M.L., 1993, Applied petroleum geochemistry, Paris, *Edition Technip*, Paris, 524.
- Bozkurt, S., 2012, Dağhacılar güneyi (Göynük/Bolu) bitümlü kayaçlarının organik madde miktarları ve hidrokarbon potansiyellerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 141, [Yayınlanmamış].
- Brunn, J., Argyriadis, I., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A. ve Ricou, L., 1973, Antalya'nın ofiyolit naplarının orijini lehinde ve aleyhinde kanıtlar, *Cumhuriyetin 50. Yili Yerbilimleri Kongresi*, 58-69.
- Brunn, J., Dumont, J., Graciansky, P., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O. and Poisson, A., 1971, Outline of the geology of the western Taurids. In: *Geology and History of Turkey*, (Eds: Campell, A.Ş.), Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, 225-255.
- Chow, N., Wendte, J. and Stasiuk, L.D., 1995, Productivity versus preservation controls on two organic-rich carbonate facies in the Devonian of Alberta: sedimentological and organic petrological evidence, *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 43, (4), 433-460.
- Clementz, D., Demaison, G. and Daly, A., 1979, Well site geochemistry by programmed pyrolysis, *Proceedings of the 11th Offshore Technology Conference*, Houston, OTC 3410, 1, 465-470.

- Dahl, B., Bojesen-Koefoed, J., Holm, A., Justwan, H., Rasmussen, E. and Thomsen, E., 2004, A new approach to interpreting Rock-Eval S₂ and TOC data for kerogen quality assessment, *Organic Geochemistry*, 35, (11), 1461-1477.
- Dean, W.T and Monod, O., 1970, The Lower Palaeozoic stratigraphy and faunas of the Taurus mountains near Beyşehir, Turkey, *Bulletin British Museum (Natural History), Geology*, 19, 411-426.
- Demirtaşlı, E., 1973, Bolkardağların jeolojisi, *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, 42-57.
- Demirtaşlı, E., 1979, Batı Toros kusagının (Akseki kuzeybatısı) petrol potansiyeli, 1. *Bilimsel ve Teknik Kongresi*. Ankara, 187-190.
- Dow, W.G., 1977, Petroleum source beds on continental slopes and rises, *AAPG Continuing Education Course Notes Series*, 5, D1-D37.
- Döner, Z., 2012, Tekirler civarı (Nallıhan/Ankara) şeyllerinin hidrokarbon potansiyellerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 135, [Yayınlanmamış].
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional textures, In: *Classification of Carbonate Rocks*, (Eds: Ham, W.E), American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108-121.
- Durand, B., 1980, Kerogen: Insoluble organic matter from sedimentary rocks, *Editions Technip*, Paris, 519.
- Durand, B. and Paratte, M., 1983, Oil potential of coals: a geochemical approach, In: *Petroleum Geochemistry and Exploration of Europe*, (Eds: Brooks, J), Blackwell Scientific, Oxford, 255-265.
- Dyni, J.R., 2006, Geology and resources of some world oil-shale deposits, *US Department of The Interior, US Geological Survey*, 193-252.
- English, J., Fowler, M., Johnston, S., Mihalynuk, M. and Wight, K., 2004, Thermal maturity in the central whitehorse trough, Northwest British Columbia, *Resource Development and Geoscience Branch, BC Ministry of Energy and Mines*, 79-85.
- Espitalie, J., Deroo, G. and Marquis, F., 1985, Rock-Eval pyrolysis and its applications, *Revue De L Institut Francais Du Petrole*, 40, (5), 563-579.
- Espitalié, J., Laporte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P., Paulet, J. and Boutefeu, A., 1977, Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution, *Revue de l'Institut français du Pétrole*, 32, (1), 23-42.

- Espitalie, J., Marquis, F. and Barsony, I., 1984, Geochemical logging. In: *Analytical Pyrolysis-Techniques and Application*, (Eds: Voorhees, K.J., Butterwoth. and Guildford), 276-304.
- Eyüboğlu, T. ve Aksoy, D., 1980, Konya-Beyşehir-Karadiken linyit sahası fizibilite araştırması, *Ankara, M.T.A. Raporu*, [Yayımlanmamış].
- Fişekci, A. ve Gülseren, E., 1985, Konya-Beyşehir-Karadiken sektöründe T.K.İ adına yapılan açık İşletme linyit sondajlarına ait, *Ankara, M.T.A. Raporu*, [Yayımlanmamış].
- Folk, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types, In: *Classification of Carbonate Rocks- A Symposium*, (Eds: Ham, W.E), American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1, 62-84.
- Gavin, J., 1924, Oil shale, *U.S. Government Printing Office*, Washington, D.C, 201.
- Ghori, K., 2000, High-quality oil-prone source rocks within carbonates of the Silurian Dirk Hartog Group, Gascoyne Platform, Western Australia, *Western Australia Geological Survey Annual Review*, 1, 58-62.
- Ghori, K., 2002, Modelling the hydrocarbon generative history of the Officer Basin, Western Australia, *PESA Journal*, 29, 29-42.
- Göçmez, G., 1997, Kavakköy (Seydişehir) çevresindeki traverten konileri ve sıcak mineralli suların kimyası özellikleri, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428.
- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D. ve Tuncalı, E., 1993, Türkiye linyit envanteri, *M.T.A. yayınları*, Ankara, 355.
- Gülbay, R.K. and Korkmaz, S., 2008, Organic geochemistry, depositional environment and hydrocarbon potential of the Tertiary oil shale deposits in NW Anatolia, Turkey, *Oil Shale*, 25, (4), 444-464.
- Hunt, J.M, 1995, Petroleum geochemistry and geology, *W.H. Freeman and Company*, New York, 743.
- Hutton, A.C., 1991, Classification, organic petrography and geochemistry of oil shales, *Proceedings Eastern Oil Shale Symposium*, University of Kentucky, Institute for Mining and Minerals Research, Lexington, 163-172.
- Jackson, K., Hawkins, P. and Bennett, A., 1985, Regional facies and geochemical evaluation of southern Denison trough, *Australian Petroleum Exploration Association Journal*, 20, 143-158.
- Jarvie, D.M., 1991, Factors affecting Rock-Eval derived kinetic parameters, *Chemical Geology*, 93, (1-2), 79-99.

- Jarvie, D.M. and Lundell, L., 2001, Amount, type, and kinetics of thermal transformation of organic matter in the Miocene Monterey formation, In: *The Monterey Formation: From Rocks to Molecules*, (Eds: Isaacs, C.M. and Rullkotter, J), Columbia University Press, New York, 268-295.
- Kara-Gölbay, R., Sen, Ö., Korkmaz, S. and Demirel, I., 2014, Lower Carboniferous shales in the eastern Tauride belt, Southern Turkey: source rock characteristics, *Journal of Petroleum Geology*, 37, (1), 25-42.
- Karadağ, M.M., 1987, Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 265, [yayınlanmamış].
- Karaisaoğlu, S., 2013, Kavakköy (Seydişehir-Konya) civarındaki travertenlerin sedimentolojisi ve jeokimyasi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 84, [Yayınlanmamış].
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66, 77-89.
- Koralay, D.M. ve Sarı, A., 2008, Afsaklar civarı (Göynük/Bolu) bitümlü kayalarındaki organik karbon ve İz element zenginleşmeleri, *Yerbilimleri/Geosound Dergisi*, 53, 247-266.
- Langford, F. and Blanc-Valleron, M.M., 1990, Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon, *AAPG Bulletin*, 74, (6), 799-804.
- Leventhal, J., 1998, Metal-rich black shales: formation, economic geology and environmental considerations, In: *Shales and Mudstones II*, (Eds: Schieber, J., Zimmerle, W. and Sethi, P.), Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 255-282.
- Monod, O., 1967, Batı Toros kalkerlerinin temelindeki Seydişehir şistlerinde bulunan Ordovisien bir fauna, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 69, 76-87.
- Mukhopadhyay, P.K., Wade, J.A. and Kruege, M.A., 1995, Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin, Canada. *Organic Geochemistry*, 22, (1), 85-104.
- Nadkarni, R., 1983, Characterization of oil shales-analytical techniques, In: *Geochemistry and Chemistry of oil shales*, (ED: Miknis, F.P. and McKay, J.F.) *ACS Symposium Series*, U.S.A, American Chemical Society, 230, 477-492.
- Othman, R.S., 2003, Petroleum geology of Gunedah-Bowen-Surat Basins, Northern New Wales (stratigraphy, organic petrology and organic geochemistry), PhD Thesis, *University of New South Wales*, 312, [unpublished].

- Özgül, N., 1971, Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi, *Türkiye Jeol. Kur. Bül.*, 14, (1), 85-101.
- Özgül, N., 1976, Torosların temel jeolojik özellikleri, *TJK Bülteni*, 19, (1), 65-78.
- Özgül, N., 1997, Bozkır-Hadım-Taşkent (orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi, *Maden Tektik ve Arama Dergisi*, 119, 117-174.
- Özgür, C., Çağlav, F. ve Erzenoğlu, Z., 1983, Konya-Beyşehir-Seydişehir linyit havzası değerlendirme, *Ankara, M.T.A. Raporu*, Cilt 7, [Yayımlanmamış].
- Peters, K., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis, *AAPG Bulletin*, 70, (3), 318-329.
- Peters, K.E. and Cassa, M.R., 1994, Applied source rock geochemistry. In: *The Petroleum System-from Source to Trap*, Tulsa-Okla, (Eds: Magoon, L.B. and Dow, W.G), American Association of Petroleum Geologists Memoirs, 60, 93-117.
- Pitman, J.K., Franczyk, K.J. and Anders, D.E., 1987, Marine and nonmarine gas-bearing rocks in Upper Cretaceous Blackhawk and Neslen formations, eastern Uinta Basin, Utah: sedimentology, diagenesis, and source rock potential, *AAPG Bulletin*, 71, (1), 93-117.
- Potter, P.E, Maynard, J.B. and Depetris, P.J., 2005, Muddy basins mud and mudstones: introduction and overview, *Springer-Verlag*, Berlin, 297.
- Reed, S. and Ewan, H.M., 1986, Geochemical report, Norse Hydro A/S, 6407/7-1 [online], http://www.npd.no/engelsk/cwi/pbl/geochemical_pdfs/474_7.pdf, Accessed February 8, 2010.
- Sarı, A., 1999., Source rock evaluation of Kabalar Formation in the Göynük Basin, Bolu, Turkey, *19 th International Meeting on Organic Geochemistry*, Istanbul, 223-232.
- Sarı, A., 2014, Ana kaya analizi, Ders notları, Ankara Üniversitesi, 107.
- Sarı, A., Akkaya, P. ve Özakar, E., 2016, Kürnüç/Göynük-Bolu Alt Eosen Bitümlü Kayaçlarının Depolanma Ortamı ve Organik Jeokimyasal Karakteristikleri, *MTA Dergisi*, 152, 1-17.
- Sarı, A. and Aliyev, S.A., 2005, Source rock evaluation of the lacustrine oil shale bearing deposits: Göynük/Bolu, Turkey, *Energy Sources*, 27, (3), 271-279.
- Sarı, A. and Aliyev, S.A., 2006, Organic geochemical characteristics of the Paleocene–Eocene oil shales in the Nallıhan Region, Ankara, Turkey, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 53, (1), 123-134.

- Sarı, A. ve Sonel, N., 2000, Gölsel bitümlü kayaçların organik jeokimyasal özellikleri ve ekonomik kullanım olanakları, *Geosound*, 37, (1), 55-72.
- Shaaban, F., Lutz, R., Littke, R., Bueker, C. and Odisho, K., 2006, Source-rock evaluation and basin modelling in NE Egypt (NE Nile delta and northern Sinai), *Journal of Petroleum Geology*, 29, (2), 103-124.
- Stow, D., Huc, A.Y. and Bertrand, P., 2001, Depositional processes of black shales in deep water, *Marine and Petroleum Geology*, 18, (4), 491-498.
- Şen, O., 1989, Beyşehir (Konya) güneybatısının jeolojisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 78, [Yayınlanmamış].
- Termier, G. and Monod, O., 1978, Inarticulate brachiopods from Cambro-Ordovician formations in western Taurus (Turkey), *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 21, 145-152.
- Tissot, B. and Espitalie, J., 1975, L'evolution thermique de la matière organique des sédiments: applications d'une simulation mathématique. Potentiel pétrolier des bassins sédimentaires de reconstitution de l'histoire thermique des sédiments, *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 30, (5), 743-778.
- Tissot, B.P. and Welte, D.H., 1984, Petroleum formation and occurrence: a new approach to oil and gas exploration: second revised and enlarged edition, *Springer-Verlag*, Berlin, 699.
- Wehner, H., 1989, Organic-geochemical studies in the Visayan basin, Philippines, *Gol. Jb*, 70, 317-348.
- Wignall, P.B., 1994, Black shales, *Clarendon Press, Oxford*, 127.
- Yarıcı, T., 2012, Dağhacılar kuzeyi (Göynük/Bolu) bitümlü kayaçlarının organik madde miktarları ve hidrokarbon potansiyellerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 141, [Yayınlanmamış].
- Yen, T.F. and Chilingarian, G.V., 1976, Oil shale, *Elsevier*, Amsterdam, 292.
- <http://www.disc.sci.gsfc.nasa.gov>, 2016.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mosab MOHAMMEDNOOR
Uyruğu : Sudan
Doğum Yeri ve Tarihi : Omdurman, Sudan, 02.08.1990
Telefon : 05379130898
Faks :
e-mail : musaabalamin@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Bahreye Model Erkek Lisesi, Hartum, Sudan	2007
Üniversite	: Hartum Üniversitesi, Hartum, Sudan	2012
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye	-
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

Genel Jeoloji, Sedimentoloji, Petrol Jeolojisi

YABANCI DİLLER

Arabça (Ana dil), İngilizce, Türkçe

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR