

## SİVAS HAVZASINDA ANA KAYA FASİYESİ VE PETROL OLUŞUMUNUN ORGANİK JEOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

*Search of source rock facies and petroleum occurrence in Sivas basin, through organic geochemical methods*

Sadettin KORKMAZ K.T.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon.

**ÖZ :** Sivas havzasında, metamorfik ve ofiyolitik temel üzerinde, yaklaşık 6 bin m. kalınlığında, kırıntılı ve evaporitik çökellerden oluşan bir istif yüzeyler. Bu istif içerisinde hidrokarbon ana kayası olabilecek iki ayrı formasyonun varlığı ortaya konmuştur. Havzada, ana kaya özelliği taşıyan bu birimlerden alınan örneklerin laboratuvarlarda organik jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden yararlanarak formasyonların petrol ve doğal gaz oluşturma potansiyelleri araştırılmıştır.

**ABSTRACT:** In Sivas basin, a sequence, comprising detritic and evaporitic sediments, approximately 6000 metres in thickness resting upon a metamorphic and ophiolitic basement, crops out. In this sequence, the occurrences of two different formations appropriate for being a hydrocarbon source rock have been determined. In the basin, samples collected from these units have been analyzed in laboratories. On the basis of these analysis the potentials of these formations for creation of petroleum and natural gas, have been searched.

### GİRİŞ

İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas havzası, doğu-batı uzanımlı olup yaklaşık 300 km. uzunluğunda ve ortalama 30-50 km. genişliğindedir. Havzanın çeşitli kesimlerinde şimdiye kadar değişik amaçlı bir çok jeolojik araştırma yapılmıştır. Bunlar arasında Okay (1952), Nebert (1956), Kurtman (1961 a, b ve 1963), Norman (1964), Arpat (1964) ve Artan ve Sestini (1971)'i sayabiliriz. Bölgenin 1/500.000 ölçekli kompilasyonu ise Erentöz ve Baykal (1966) tarafından yapılmıştır. Havzanın büyük bir bölümü Kurtman (1973) tarafından ele alınmış ve birimler formasyon ölçeğinde ayırtılarak adlandırılmışlardır. Bu makalede de aynı adlamalar esas alınmıştır. Gökçen (1981) ise daha sonra havzadaki Paleojen yaşlı istifin sedimentolojik incelemesini gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, havzanın değişik yörelerinde ölçülen tip kesitlerden alınan ana kaya örneklerinin laboratuvar incelemeleri yapılarak havzadaki formasyonların hidrokarbon oluşturma potansiyelleri araştırılmıştır.

Organik jeokimyasal verilerden yararlanarak sedimanter bir havzanın hidrokarbon oluşturma potansiyeli yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Ülkemizde yer alan çeşitli havzaların hidrokarbon potansiyelleri değişik araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Bunların başlıcaları Erzurum-Pasinler havzasında Pelin (1981), Adana havzasında Yalçın (1982), Çankırı-Çorum havzasında Ünalın (1982), Samsun-Sinop havzasında Korkmaz (1984), Gedik ve Korkmaz (1984),

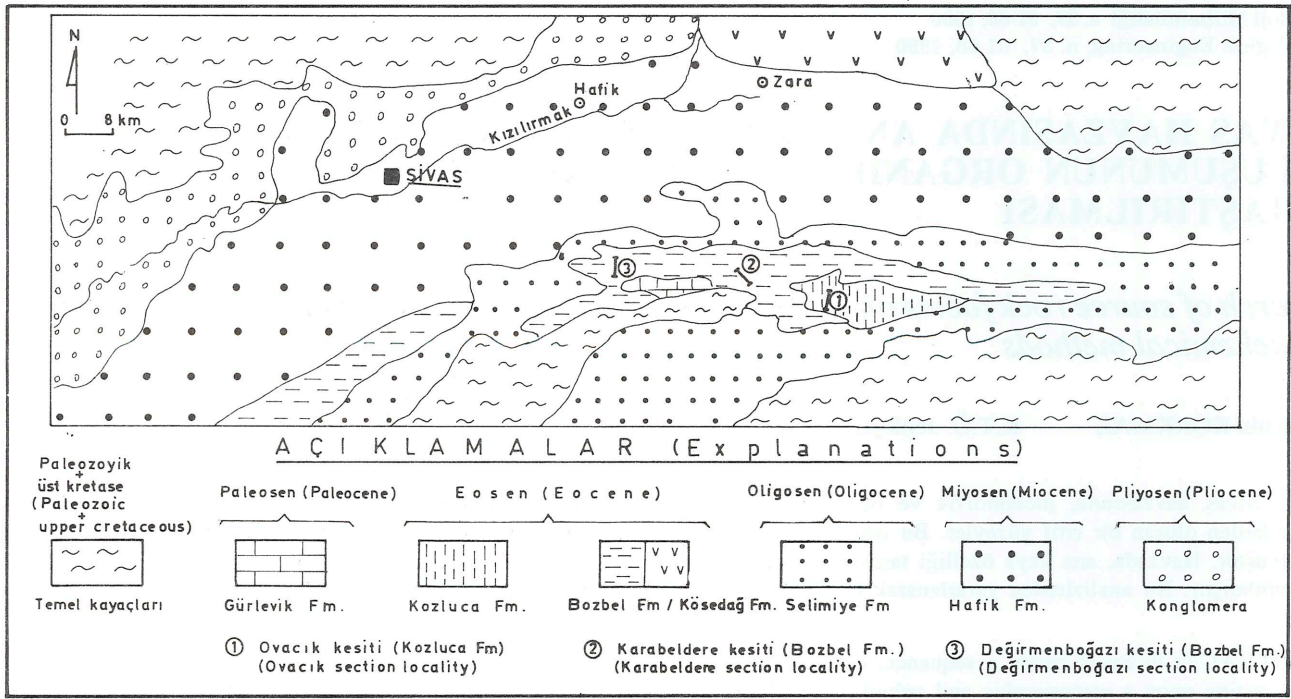
Boyabat yöresinde Sonel ve diğ. (1989), Mut havzasında Korkmaz ve Gedik (1990)'in çalışmalarıdır. Ayrıca TPAO'da, çeşitli havzalarda ve sondaj kuyularında organik jeokimyasal analizlere dayalı çalışmalar yürütmektedir.

Vitrinit yansımaları ölçümleri ile Rock-Eval analizleri Jülich K.F.A. Organik Jeokimya ve Petrol Enstitüsü (Almanya), toplam organik karbon yüzde tayinleri M.T.A. Genel Müdürlüğü ve kil analizleri de Heidelberg Üniversitesi (Almanya) laboratuvarlarında yapılmıştır.

### GENEL JEOLJİ

Sivas havzasının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfiklerle, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar toplulukları oluşturmaktadır. Bu karmaşık temel üzerinde kalınlığı yaklaşık 6 bin metreye varan ve çoğunluğunu kırıntılı çökellerin oluşturduğu Tersiyer yaşlı istifler yer alır (Şekil-1).

Havzanın güney kesiminde Gürlevik dağında yüzeyleyen Paleosen yaşlı Gürlevik formasyonu marn aratabakalı kireçtaşlarından oluşmuştur. Eosen yaşlı çökellerin tabanında yer alan ve kalınlığı 500 m.'ye varan Bahçecik formasyonu sıkı çimentolu çakıltaşlarıyla temsil edilir. Bölgenin güneydoğu kesiminde yüzeyleyen İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonu başlıca kumtaşı, şeyl, marn ve kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur. Bu birim üzerine uyumlu olarak, tabanda tüfitlerle başlayan ve üste doğru ince katmanlı, siyah renkli, kumtaşı ve kireçtaşı ara katmanlı, şeyl ve mamlardan oluşan Lütisyen yaşlı



Şekil-1. Sivas havzasının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Erentöz ve Baykal, 1966 ve Kurtman, 1973'den) ve kesit yerleri  
Figure-1. Simplified geological map of the Sivas basin (after Erentöz and Baykal, 1966 and Kurtman, 1973) and section locality

Bozbel formasyonu gelir. Havzanın kuzey kesiminde yer alan ve yine Lütesiyen yaşlı Köseadağ formasyonu da başlıca kumtaşı, marn, şeyl arakatmanlı andezitik lav ve piroklaslardan meydana gelmiştir. Havzada Kozluca formasyonunun kalınlığı 500-750 m. Bozbel formasyonunun kalınlığı ise 1500-2500 m. arasında değişmektedir.

Bölgede Eosen yaşlı birimler üzerine hafif bir uyumsuzlukla Oligosen yaşlı evaporitik ve karasal çökellerden oluşan Selimiye formasyonu gelir. Bu formasyonun alt seviyeleri jipslerden, üst seviyeleri ise alacalı renkli kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşmuştur.

Sivas havzasında geniş alanlarda yüzeyleyen Miyosen yaşlı çökeller 1000-1500 m. kalınlığında olup genelde iki ayrı fasiyeste gelişmişlerdir. Bunlardan Karacaören formasyonu kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl ardalanmasından, Hafik formasyonu ise alacalı renkli kumtaşı, silttaşı ve jipslerden oluşmuşlardır. Bölgede açık kırmızı renkli çakıltaşlarından oluşan Pliyosen yaşlı çökeller bütün birimleri açısız uyumsuzlukla üstler.

### ANA KAYA İNCELEMELERİ

**Saha Çalışmaları:** Sivas havzasında yapılan arazi çalışmaları sonucu Eosen yaşlı Kozluca ve Bozbel formasyonlarının ana kaya özelliği taşıdıkları gözlenmiştir. Bu nedenle her iki formasyonun en tipik olarak gözlemlendiği yerlerde tip kesitleri ölçülerek sistematik örnek alımı yapılmıştır (Şekil-1). Ana kaya özelliği taşıyan bu formasyonların başlıca özellikleri şöyledir:

**Kozluca formasyonu (İpresiyen):** Birim, esas olarak kumtaşı, kireçtaşı, marn ve şeyl ardalanmasından oluşmuştur. Ayrıca içinden yer yer kırmızımsı-bordo renkli seviyeler yer alır. Formasyon bölgesel tektonik nedeniyle çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Bu istif havzada başlıca Fıdıldağı ile Bozbel dağlarının güney kesiminde Kozluca, Doğan ve Ovacık köyleri dolaylarında yüzeyler. Tip kesiti Sincan kuzeyindeki Ovacık Köyü ile Sivri Tepe (1898 m.) arasında ölçülmüştür. Formasyonun alt sınırı gözlenememiştir. Birimin üzerine Bozbel formasyonuna ait volkano-tortul seriler gelir.

**Bozbel formasyonu (Lütesiyen):** Formasyon, kumtaşı arakatmanlı, gri-siyah renkli şeyl ve marn ardalanmasından oluşmuştur. Birim, havzanın güney kesiminde ve doğu-batı yönünde oldukça geniş alanlarda yüzeyler. Bu bölgede başlıca Fıdıldağı, Karyavaşan, Alışseki ile Gürlevik dağının kuzey kesimi, ayrıca Kızıltarla, Yağmurluyurt, Değirmenboğazı, Aktaş ve Karabel Dere dolaylarında gözlenir. Formasyonun kalınlığı 1000-2500 m. arasında değişmektedir. Bu istiftan iki ayrı tip kesit ölçülerek örnek alımları yapılmıştır. Birinci kesit Zara-Divriği karayolu boyunca doğu-batı yönünde uzanan bir antiklinalin güney kanadında ölçülmüş ve örnek alımları yapılmıştır. İkinci kesit ise, Gürlevik dağının 4 km. kuzeybatı yönünde yer alan Değirmenboğazı Köyü civarında Eymirkulesi tepeden kuzeye doğru devrik bir antiklinalin kuzey kanadı boyunca ölçülmüş ve sistematik örnek alımı gerçekleştirilmiştir.

**Laboratuvar İncelemeleri:** Sedimanter bir havzada oluşan ve ana kaya özelliği taşıyan çökel istiflerinin jeolojik devirler boyunca hidrokarbon üretip-üretmedikleri yapılan organik jeokimyasal analizler sonucu anlaşılabilmektedir.

Yapılan araştırmalar, kayaçlar içindeki organik madde türünün ve olgunluğunun, oluşacak hidrokarbonların bileşim ve miktarını denetlediğini ortaya koymuştur (Philippi, 1974; Tissot ve diğ., 1974; Vanderbroucke ve diğ., 1976; Durand ve Espitalie, 1976; Tissot ve Welte, 1978; Hunt, 1979; Bostick, 1979; Peters, 1986). Hidrokarbonlar, kayaçlar içinde bulunan organik maddelerin özellikle kerojenin ısı, basınç, gömülme ve zaman gibi parametrelerin etkisiyle bir dizi karmaşık fiziko-kimyasal değişimler geçirmesi sonucu oluşmuştur (Tissot ve Welte, 1978; Hunt, 1979).

Ana kayalardaki organik maddeler üzerinde yapılan analizler üç gruba ayrılmaktadır:

1. Ana kaya içindeki organik madde miktarının ölçülmesi,
2. Ana kaya içindeki organik madde (kerojen) tipinin belirlenmesi (Rock-Eval analizleri),
3. Ana kaya içindeki organik maddenin (kerojen) olgunluk derecesinin belirlenmesi (Vitrinit yansıması ölçümleri).

Bu analizler, özellikle yüzeysel etkilerden korunmuş kuyu örneklerinde oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir. Ancak, Sivas havzasında açılan Celalli-1 kuyusunda ana kaya özelliği taşıyan formasyonlardan herhangi birisi kesilemediğinden sistematik taze yüzey örnekleri alınmıştır.

#### ORGANİK MADDE MİKTARININ ÖLÇÜMÜ

Ana kayalardaki organik madde miktarı, kaya içindeki toplam organik karbon miktarının (T.O.K.) ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Toplam organik karbon miktarı, kaya içindeki kerojene ilişkin karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş, fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbonlara ait karbon miktarının toplamıdır (Durand ve diğ., 1972; Jonathan ve diğ., 1976).

Bir kayadaki organik madde miktarı ve cinsi, ana kaya potansiyeli hakkında fikir vermektedir. Ağırlık yüzdesi cinsinden ancak % 0.50 den daha fazla miktarda organik karbon içeren kayaların ana kaya olabilecekleri bilinmektedir (Ronov, 1958; Gehman, 1962; Welte, 1965; Mc Iver, 1967; Tissot ve diğ., 1971; Dow, 1978; Tissot ve Welte, 1978). Bu değerden daha düşük oranda organik karbonu olan kayalar ana kaya olamamaktadır. Çünkü bu tür kayalar içinde bir miktar petrol oluşsa da, bu petrol kaya dışına atılamamakta, atılsa bile gittiği yerde önemli bir birikim sağlayamamaktadır (Ünal, 1982).

Genellikle yazarlar, organik karbon miktarını % 0.5 den az ise zayıf, düşük, % 0.5-1.0 arasında orta ve % 1.0 den fazla ise iyi, zengin ana kaya olarak tanımlamaktadırlar (Thomas, 1979; Kraus ve Parker, 1979).

Sivas havzasında ana kaya özelliği taşıyan iki ayrı formasyonda ölçülen üç ayrı tip kesitten toplam 34 adet örneğin organik karbon yüzdeleri tayin edilmiştir (Çizelge-1).

İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonundan alınan örneklerin organik karbon yüzde dağılımları 0.05 ile 0.26 arasında değişmektedir. Formasyonun ortalama değeri ise % 0.13 olarak belirlenmiştir.

Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonundan iki ayrı bölgede kesit ölçümü yapılarak örnek alınmıştır. Karabel Dere boyunca ölçülen kesitteki organik karbon dağılımları 0.15-0.44 arasındadır. Bu kesitin ortalama değeri ise % 0.31 dir. Gürlevik dağıının kuzeyinde Değirmenboğazi mevkiinde ölçülen kesitteki organik karbon yüzde dağılımları 0.09 ile 0.75 arasındadır. Bu kesitteki ortalama değer ise % 0.31 dir. Birimin organik karbon dağılımı % 0.15 ile 0.75 arasında değişmektedir. Formasyonun genel ortalama değeri ise % 0.31 dir.

Analizlerden elde edilen organik karbon yüzdelerini, ana kaya sınıflamalarında kullanılan değerlerle karşılaştırdığımızda, gerek İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonunun ve gerekse Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonunun zayıf ana kaya özelliği

Y A Ş (Age)		E O S E N (Eocene)		Lütesiyen (Lutetian)		BOZBEL FORM.		DEĞİRMENBOĞAZI KESİTİ (Değirmenboğazi section)		KARABEL DERE KESİTİ (Karabel dere section)		Dağılım ve ortalama (Distribution and mean)			
Form. adı (Formation)	Kesit yeri (Section locality)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)	Örnek No (Sample No)	Toplam organik karbon (Total organic carbon %/C)		
İpresiyen (Ypresian)	KOZLUCA FORM.	0-1	0.05	Lütesiyen (Lutetian)	BOZBEL FORM.	D-2	0.75	DEĞİRMENBOĞAZI KESİTİ (Değirmenboğazi section)	D-2	0.09	KARABEL DERE KESİTİ (Karabel dere section)	K-1	0.15		
		0-2	0.26			D-3	0.09		D-3	0.09		K-2	0.44		
		0-3	0.09			D-4	0.21		D-4	0.21		D-4	0.21	K-3	0.27
		0-4	0.16			D-5	0.13		D-5	0.13		D-5	0.13	K-4	0.30
		0-5	0.06			D-6	0.25		D-6	0.25		D-6	0.25	K-5	0.27
		0-6	0.12			D-7	0.35		D-7	0.35		D-7	0.35	K-6	0.33
		0-7	0.13			D-8	0.25		D-8	0.25		D-8	0.25	K-7	0.39
		0-8	0.22			D-9	0.41		D-9	0.41		D-9	0.41		
		0-9	0.09												
		0-10	0.06												
0.05 - 0.26				0.09 - 0.75				0.09 - 0.75				0.31			
0.13												0.31			

Çizelge-1. Toplam organik karbon analiz sonuçları  
Table-1. Results of the total organic carbon analyses

taşıdığı görülmektedir. Ancak Bozbel formasyonunda yer yer orta derecede ana kaya özelliği taşıyan seviyelerde gözlenmiştir. Sonuç olarak, Kozluca formasyonu oldukça düşük değerler göstermesine karşın, Bozbel formasyonu zayıf orta arası değerler vermektedir. Bu da her iki formasyonun hidrokarbon potansiyeli açısından zayıf olduğunu gösterir.

### ROCK-EVAL (PIROLİZ) ANALİZLERİ

Kayaçların içinde yer alan organik maddelerin tür ve evrimlerinin tespitinde Rock-Eval (Source Rock Characterization and Evaluation) aleti kullanılmaktadır. Bu alette ana kaya örneklerinin özel bir ısı programı altında oksijensiz bir ortamda pirolizi yapılmaktadır.

Bu piroliz işleminde, ilk önce serbest hidrokarbonlar ( $S_1$ ) açığa çıkar. Isı yükseldikçe daha sonra kerojen parçalanarak yeni hidrokarbonlar oluşur ( $S_2$ ). Ayrıca piroliz sırasında çok azda  $CO_2$  oluşur ( $S_3$ ). Bu işlemde  $T_{max}$  değeri piroliz sırasında kerojenin parçalanması sonucu açığa çıkan hidrokarbon miktarının maksimumuna ulaştığı sıcaklığı göstermektedir.

Rock-Eval analizlerinden elde edilen değerler kullanarak ana kayanın çeşitli özellikleri belirlenebilir (Barker, 1974; Espitalie ve diğ., 1977; Tissot ve Welte, 1978). Buna göre,  $S_2/C_{org}$  hidrojen indeksini (HI),  $S_3/C_{org}$  oksijen indeksini (OI) verir. Bu değerlerin, kerojenin element analizi sonucu elde edi-

len atomik H/C ve O/C oranlarıyla doğrudan korele edilebildiği tespit edilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak organik madde tipi belirlenmektedir.

Petrol ana kayaları kapsadıkları organik madde (kerojen) tiplerine göre üçe ayrılmaktadır (Laplante, 1973, 1974; Tissot ve diğ., 1974; Raynaud ve Robert, 1976; Urban, 1976; Espitalie ve diğ., 1977; Tissot ve Welte, 1978; Dow, 1978; Bostick, 1979; Peters, 1986).

Birinci tip kerojenler, denizel kökenli alglardan türemiş olup H/C oranı yüksektir. Bunlar petrol ve doğal gaz oluştururlar. İkinci tip kerojenler de denizel kökenli organik maddelerden türemiş olup, H/C oranı ile petrol ve doğal gaz oluşturma potansiyeli 1. tipten daha azdır. Üçüncü tip kerojenlerde ise, H/C oranı düşük, buna karşılık O/C oranı diğer tiplerden yüksektir. Bunlar karasal kökenli bitkilerden itibaren oluşmakta ve sadece gaz üretebilirler.

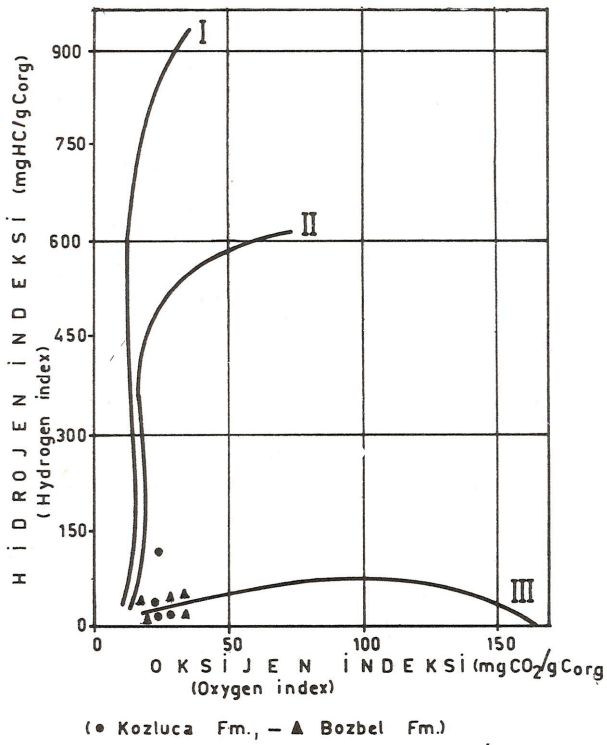
Ayrıca,  $S_1 + S_2$  değerlerinin toplanmasıyla elde edilen Jenetik Potansiyel değeri mg HC/gr cinsinden ana kayanın petrol oluşturma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Transformasyon (dönüşüm) oranı  $S_1/S_1+S_2$  ve  $T_{max}$  değerleri ana kayanın ısıl gelişimini ve olgunluğunu belirlemede kullanılmaktadır.

Sivas havzasında ana kaya özelliği taşıyan iki ayrı formasyondan seçilen 9 adet örneğin Rock-Eval analizleri

YAŞ (Age)	FORM. ADI (Formation)	Örnek No (Sample)	Toplam organik karbon (Total organic carbon % C)	$S_1$ (MgHC/g)	$S_2$ (MgHC/g)	$S_3$ (MgCO <sub>2</sub> /g)	HI Hidrojen indeksi (Hydrogen Index)	OI Oksijen indeksi (Oxygen Index)	$T_{max}$ (°C)	Jenetik potansiyel (Genetic potential) ( $S_1 + S_2$ )	Transformasyon oranı (T.ratio) ( $S_1/S_1+S_2$ )	
E O S E N (Eocene)	Lütesiyen (Lutetian)	B O Z B E L	K-4	0,38	0,05	0,13	—	35	—	—	0,18	0,28
			D-9	0,41	0,03	0,16	—	38	—	—	0,19	—
			K-3	0,39	0,06	0,13	—	34	—	—	0,19	0,31
			D-7	0,44	0,03	0,09	—	21	—	—	0,12	—
			K-2	0,65	0,11	0,20	—	30	—	—	0,31	0,36
	İpsesiyan (Ypresian)	K O Z L U C A	O-10	0,05	0,01	0,05	—	106	—	—	0,06	0,17
			O-8	0,29	0,02	0,07	—	24	—	—	0,09	0,22
			O-4	0,19	0,02	0,06	—	30	—	—	0,08	0,25
O-2			0,25	0,01	0,06	—	24	—	—	0,07	0,14	

Çizelge-2. Rock-Eval analiz sonuçları

Table-2. Results of the Rock-Eval analyses



Şekil-2. Ana kaya tipinin H ve O indekslerine göre sınıflaması (Espitali ve diğ., 1977)

Figure-2. Classification of the source rock types by using H and O indices (Espitali et al., 1977)

yapılmıştır. Bu analizlerde, toplam organik karbon miktarı,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  değerleri,  $T_{max}$ , hidrojen ve oksijen indeksleri tayin edilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak Jenetik Potansiyel ve Transformasyon Oranı hesaplanmıştır (Çizelge-2).

**Ana Kaya Tipinin Belirlenmesi:** Pirolizi yapılan 9 örnekte  $S_3$ 'ün çok düşük olması nedeniyle ölçüm yapılamamış ve dolayısıyla oksijen indeksi (OI) belirlenememiştir. Aynı örneklerin hidrojen indeksi (HI) değerleri ise 21-106 arasında değişen oldukça düşük değerler göstermektedir. Hidrojen indeksinin düşük olması bunların muhtemelen karasal kökenli organik maddelerden türemiş 3. tip kerojen olduklarını veya organik maddece oldukça fakir ana kaya olduklarını göstermektedir (Şekil-2). Dolayısıyla bunların petrol yönünden hiçbir potansiyelleri yoktur. Ancak bir miktar gaz üretmiş olabilirler.

**Ana Kaya Potansiyeli:** Rock-Eval analizlerinden yararlanarak ana kaya potansiyeli hakkında nicelik yönünden bir fikir elde edilebilmektedir. Jenetik Potansiyelin ( $S_1+S_2$ ), bir ton ana kayada kg hidrokarbon cinsinden ifadesine ana kaya potansiyeli denilmektedir. Ana kaya potansiyelinin nicel sınıflaması Tissot ve Welte (1978)'e göre şöyledir:

$(S_1 + S_2) < 2$  kg/ton: Petrol ana kayası olamaz, ancak ender olarak doğal gaz ana kayası olabilir.

$2$  kg/ton  $< (S_1+S_2) < 6$  kg/ton: Orta derecede potansiyele sahip ana kaya.

$(S_1 + S_2) > 6$  kg/ton: İyi derecede potansiyele sahip ana kaya.

Bu sınıflamadan yararlanarak çizelge-2'deki Jenetik Potansiyel değerlerini yukarıda verilen birimlere çevirdiğimiz zaman, çok düşük değerler elde edildiği görülür. Bu durumda gerek Kozluca formasyonu ve gerekse Bozbel formasyonu kesinlikle petrol ana kayası olamazlar. Ancak çok ender olarak doğal gaz ana kayası olabilirler.

### ANA KAYA OLGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

İnceleme alanındaki ana kayaların olgunluklarını belirlemek için vitrinit yansımaları ölçümleri ile illit kristallik ölçümleri yapılmıştır.

### Vitrinit Yansımaları Ölçümleri

Organik maddece zengin tortul kayaların içerisinde bulunabilen vitrinit masesalinin yansımaya değerinin ölçülmesi ile bir kayanın olgunluk derecesi kolayca anlaşılabilir. Ana kaya içindeki organik madde (kerojen) diğer maddelerden çeşitli yöntemlerle ayrılır ve elde edilen kerojenden parlatılmış kesitler hazırlanarak ölçümler yapılır.

Yansımaya (reflektans) değeri ( $R_o$ ), parlatılmış yüzey üzerine gönderilen ışıktan, yansıyan miktarının emilene oranıdır. Parlatılmış yüzeylerden itibaren gerçekleştirilen vitrinit yansımaları miktarları, bir fotometre aracılığı ile sayısal değerlere dönüştürülebilmektedir. Bu, bir ana kayanın olgunluk derecesini tespit etmede kullanılan en güvenilir yöntemlerden biridir (Raynaud ve Robert, 1976; Urban, 1976; Tissot ve Welte, 1978; Bostick, 1979; Teichmüller ve Teichmüller, 1979; Robert, 1980).

Vitrinit yansımaları ölçümlerinden elde edilen  $R_o$  değeri 0.5'den küçük olanlar henüz diyajenez aşamasında olan olgunlaşmamış ana kayalardır.  $R_o=0.5-2.0$  arasında olan kayalar katabajenez evrede olup olgunlaşmış ana kaya olarak kabul edilmekte ve ancak bu kayaların petrol ve doğal gaz üretmiş olabilecekleri belirtilmektedir.  $R_o$  değeri 2.0-4.0 arasında olan kayalar ise matajenez evrede olup aşırı olgunlaşmış kayalar olup yalnızca gaz verebilirler (Raynaud ve Robert, 1976; Powel ve diğ., 1978; Tissot ve Welte, 1978; Bostick, 1979).

Sivas havzasında ana kaya özelliği taşıyan iki ayrı formasyonda ölçülen üç ayrı kesitten seçilen 9 örnek üzerinde vitrinit yansımaları ölçümleri yapılmıştır (Çizelge-3).

İpresiyen yaşlı Kozluca formasyonunda seçilen 4 örnekten hiçbirinde ölçüm yapılacak vitrinit masesali bulunamamıştır.

Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonunda ölçülen iki ayrı kesitten seçilen örneklerde ise Karabel Dere kesitinden seçilen üç örnekten birinde, Değirmenboğazı kesitinden seçilen iki örnekten birinde vitrinit masesalleri bulunarak ölçümler yapılmıştır. Ölçüm için seçilen 9 adet örnekten sadece ikisinde ölçüm yapılabilmektedir.

Ölçümü yapılan örneklerin organik madde tipleri de göz önüne alınarak değerlendirilmeleri yapılmıştır (Şekil-3). Buna göre;

Örnek no: K-4 (Bozbel form., Karabel Dere kesiti): Örnek içinde taşınmış 11 ve yerli 39 adet organik madde bulunmuştur (Şekil-3a). Yerli topluluklar üzerinde yapılan ölçümlerde yansıma değerlerinin dağılımı  $R_o=0.8 - 1.0$  arasındadır. Ortalama değer ise 0.9'dur.

Örnek no: D-7 (Bozbel form., Değirmenboğazi kesiti): Örnek içinde taşınmış 22 ve yerli 18 olmak üzere toplam 40 adet organik madde bulunmuştur (Şekil-3b). Yerli topluluklar üzerinde yapılan ölçümler sonucu vitrinit yansıması değerleri  $R_o= 0.7 - 0.85$  arasında dağılım göstermektedir. Bu örneğin ortalama değeri ise 0.78'dir.

Bu ölçümlere göre, Bozbel formasyonu vitrinit yansıması açısından katajenez evrenin petrol oluşum zonu içinde yer almaktadır (Şekil-4).

### İllit Kristallik Ölçümleri

İllit kristallik derecesinden yararlanarak tortuların hangi olgunluk aşamasında oldukları ve kolayca anlaşılabilir. Bunun için Kozluca ve Bozbel formasyonlarından seçilen 19 adet örneğin kil analizleri yapılmıştır (Şekil-5). Örneklerde kil minerali olarak, az oranlarda illit ve montmorillonit ve oldukça bol olarak klorit gözlenmiştir. Kozluca formasyonunda

Y A Ş (Age)	FORM. ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	VİTRİNİT YANSIMASI (Vitrinite reflectance) ( $R_o$ )	STANDARD SAPMA (Standard deviation)	ÖLÇÜ SAYISI (Number of measurement) (n)	
E O C E N E (Eocene)	Lütesiyen (Lütetian)	B O Z B E L	K-4	1,0	0,05	39
			D-9	—	—	—
			K-3	—	—	—
			D-7	0,85	0,04	18
			K-2	—	—	—
E O S E N (Eocene)	İpresiyen (Ypresian)	K O Z L U C A	O-10	—	—	—
			O-8	—	—	—
			O-4	—	—	—
			O-2	—	—	—

Çizelge-3. Vitrinit yansıması ölçüm sonuçları

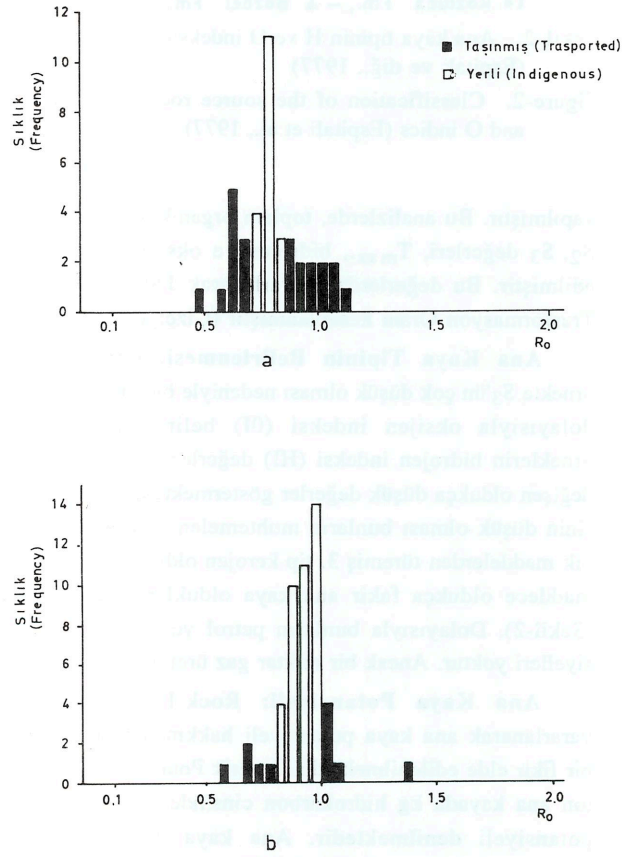
Table-3. Results of the vitrinite reflectance measurements

illit-klorit ve çok az montmorillonit, Bozbel formasyonunda ise illit-klorit-montmorillonit parajenezi vardır.

Bozbel formasyonunda ölçüm yapılabilecek ideal illit pikleri elde edilememiştir. Kozluca formasyonunda ise sadece 0-2 ve 0-4 numaralı örneklerde ölçüm yapılabilecek ideal pikler elde edilmiştir. Bu piklerde yapılan ölçümler sonucu illit kristallik derecesi 2 mm. civarında bulunmuştur. Bu değer Kübler (1968)'in sınıflamasında ankimetamorfizma zonuna karşılık gelmektedir. Dolayısıyla Kozluca formasyonu da yeterli olgunluğa erişmiş durumdadır.

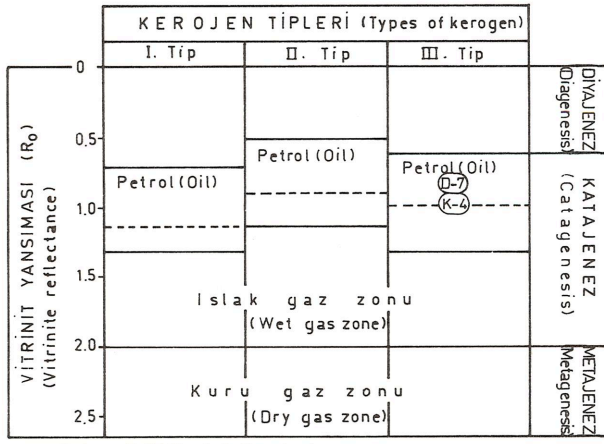
### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sivas havzasında şimdiye kadar açılan petrol amaçlı tek kuyu Celalli-1 sondajıdır. bu kuyuda 3643 m. kalınlığında Oligosen yaşlı bir istif kesilerek kuyu terk edilmiştir. Dolayısıyla saha çalışmalarında tespit edilen ve ana kaya özelliği taşıyan formasyonlardan hiçbirisi bu kuyuda kesilememiştir. Bu nedenle ana kaya özelliği gösteren iki ayrı formasyondan tip kesitler ölçülerek sistematik örnek alımları yapılmış ve daha sonra bu



Şekil-3. Eosen yaşlı Bozbel formasyonuna ait örneklerdeki vitrinit dağılımları

Figure-3. Vitrinite distributions belonging to samples from Bozbel formation or Eocene age



Şekil-4. Vitrinit yansımaları ve kerojen tipi açısından petrol ve gaz zonlarının yaklaşık sınırları (Tissot ve Welte, 1978)  
Figure-4. Approximate boundaries of the oil and gas zones in terms of vitrinite reflectance and kerogen type (Tissot and Welte, 1978)

örneklerin laboratuvarlarda organik jeokimyasal incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Toplam organik karbon miktarı yönünden Kozluca formasyonuna ait örnekler oldukça düşük değerler verirken Bozbel formasyonuna ait bir örnek orta, diğerleri ise yine düşük değerler vermiştir.

Rock-Eval analizlerinden her iki formasyonda düşük H/C oranının elde edilmesi ve ana kaya potansiyelinin azlığı, bu birimlerin hiçbir hidrokarbon potansiyeli taşımadıklarını göstermektedir.

Organik maddelerin olgunluk derecelerini belirlemek için yapılan vitrinit yansımaları ölçümlerinde, Bozbel formasyonuna ait örneklerin katajenez evrenin petrol oluşum zonu içinde yer aldıkları gözlenmiştir. Kozluca formasyonuna ait örneklerde yapılan illit kristallik ölçümlerinde birimin yeterli olgunluğa eriştiği tespit edilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçları topluca değerlendirirsek, Sivas havzasında yüzeyleyen ana kayaların kesit ölçülen bölgelerde, hidrokarbon üretebilecek olgunluğa erişmesine karşın, organik maddece son derece fakir olmaları nedeniyle hiç bir petrol potansiyelleri yoktur. Ancak az miktarda doğal gaz üretebilirler.

#### KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları sırasında M.T.A. Sivas Bölge Müdürlüğü ile Hafik Kamp Şefliğinin imkanlarından yararlanmamı sağlayan C.Emin ve T.Kayan'a, organik jeokimyasal analizlerimi yapan Jülich K.F.A. Organik Jeokimya ve Petrol Enstitüsünden Prof. Dr. D.H.Welte ile Dr.R.Littke'ye, ayrıca H.Iztan'a (TPAO) yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

YAŞ (Age)	FORM. ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	KİL MİNERAL PARAJENEZİ (Paragenesis of clay minerals)			Tüm kayaç mineral parajenezi (Mineralogical paragenesis of whole rock)	
			illit (Illite)	Klorit (Chlorite)	Montmorillonit (Montmorillonite)		
E O S E N (Eocene)	Lütetiyen Lutetian	B O Z B E L	D-9				Ca, Q, F
			D-8				Q, Ca, F
			D-7				Ca, Q, F
			D-6				Q, Ca, F
			D-5				Ca, Q, F, Amf
			D-4				Q, Ca, F
			D-3				Ca, Q, F
			D-2				Ca, Q
			D-1				Ca, Q, F, D
			E O S E N (Eocene)	İpresiyen (Ypresian)	K O Z L U C A	O-10	
O-9							Q, Ca
O-8							Q, F
O-7							Q, F, Ca
O-6							Q, F
O-5							Q, F, Ca
O-4							Q, Ca, F
O-3							Q, Ca, F
O-2							Ca, Q, F
O-1							Q, Ca, F

Şekil-5. Kil mineral parajenez dağılımları  
Figure-5. Distributions of the clay mineral paragenesis

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Arpat, E., 1964, Gürlevik dağı bölgesinin genel jeolojisi ve petrol imkanları: M.T.A. derleme rapor no: 4180, Ankara.
- Artan, Ü. ve Sestini, G., 1971, Sivas-Zara-Beypınarı bölgesinin jeolojisi: M.T.A. Derg., 76, s.80-97.
- Barker, C., 1974, Pyrolysis techniques for source-rock evaluation: A.A.P.G. Bull., 58, 11, s.2349-2361.
- Bostick, N.H., 1979, Microscopic measurement of the level catagenesis of solid organic matter in sedimentary rocks-a review: SEPM special publ. no. 26, s.17-43.

- Dow, W.G., 1978, Petroleum source beds on continental slope and rises: A.A.P.G. Bull., 62, 9, s. 1584-1606.
- Durand, B., Espitalie, J., Nicaise, G., 1972, Etude de la matière organique insoluble des argiles de Toarciyen du Bassin de Paris: Rev.Ins.Fr.Pétrole, 27, 6, s.865-884.
- Durand, B. ve Espitalie, J., 1976, Geochemical studies on the organic matter from Daula Basin, II. Evolution of kerogen: Geoch. Cosm.Acta, 40, s. 801-808.
- Erentöz, C. ve Baykal, F., 1966, İzahlı 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Sivas paftası: M.T.A. yayını.
- Espitalie, J., Madec, M. ve Tissot, B., 1977, Source rock characterization: 9 th offshore technology conference, s. 439-444.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984, Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları: Jeoloji Müh. Derg., 19, s.53-79.
- Gehman, H.M., 1962, Organic matter in limestone: Geoch. et Cosm.Acta, 26, s.885-897.
- Gökçen, S.L., 1981, Zara-Hafik güneyindeki Paleojen istifinin sedimentolojisi ve paleocoğrafik evrimi: H.Ü. Yerbilimleri, 8, s.1-25.
- Hunt, J.M., 1979, Petroleum Geochemistry and Geology: Freeman, 617s.
- Jonathan, D., Le Tran, K., Oudin, J.L. ve Van der Weide, B.M., 1976, Les methodes d'étude physico-chimique de la matière organique: Bull. Centre Rech.Pau., SNPA, 10, 1, s.89-108.
- Korkmaz, S., 1984, Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi: doktora tezi, K.T.Ü. Fen Bil.Enst., 193 s., Trabzon.
- Korkmaz, S. ve Gedik A., 1990, Mut-Ermenek-Silifke(Konya-Mersin) havzasında ana kaya fasiyesi ve petrol oluşumunun organik jeokimyasal yöntemlerle incelenmesi: T.J. Bülteni, 33, 1.
- Kraus, G.P. ve Parker, K.A., 1979, Geochemical evaluation of petroleum source rock in Bonaparte Gulf-Timor sea region: NW Australia, A.A.P.G. Bull., 63, 11, s.2021-2041.
- Kubler, B., 1968, Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. Etat des progrès réalisés ces dernières années: Bull. Centre Rech.Pau SNPA, 2, s.385-397.
- Kurtman, F., 1971 a, Sivas-Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsli seri hakkında müşahadeler: M.T.A. Derg., 56, s.14-25.
- Kurtman, F., 1961 b, Sivas civarındaki jipsli serinin stratigrafik durumu: M.T.A. Derg., 56, s. 26-30
- Kurtman, F., 1963, Tecer dağlarının jeolojisi ve alacalı seri hakkında bazı müşahadeler: T.J.K. Bült., 8 (1/2) s.19-26
- Kurtman, F., 1973, Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı: M.T.A. Derg., 80, s.1-32.
- Laptante, R.E., 1973, Hydrocarbon generation related to carbonization and facies types in Denver Basin Upper Cretaceous: A.A.P.G. Bull., 57, 4, s. 790-796.
- Laptante, R.E., 1974, Hydrocarbon generation in Gulf Coast Tertiary sediments: A.A.P.G. Bull., 58, 7, s. 1281-1289.
- Mc Iver, R.D., 1967, Composition of kerogen-clus to its role in the origin of petroleum: Proceedings of the 7th World Petr.Cong., Mexico, 2, s.25-36.
- Nebert, K., 1956, Sivas vilayetinin Zara-İmranlı mıntkasındaki jips serisinin stratigrafik durumu hakkında: M.T.A. Derg., 48, s. 76-82.
- Norman, T., 1964, Celalli (Hafik) bölgesinin jeolojisi: M.T.A. derleme rapor. (Yayınlanmamış), Ankara
- Okay, A.C., 1952, Sivas 62/2 paftası lövesi raporu, M.T.A. derleme rapor (Yayınlanmamış), Ankara
- Pelin, S., 1981, Pasinler (Erzurum) havzasında ana kaya özelliklerinin ve petrol oluşumunun açıklanması: K.T.Ü. Yer Bilimleri Derg., Jeoloji, 1, 2, s.127-143.
- Peters, K.E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis: A.A.P.G. Bull., 70, 3, s.318-329.
- Philippi, G.T., 1974, On the depth time and mechanism of petroleum generation: Geoch. Cosmo. Acta, 29, s.1021-1049.
- Powel, T.G., Fosolos, A.E., Gunther, P.R. ve Snowdon, L.R., 1978, Diagenesis of organic matter and fine clay minerales, a comparative study: Geochem. Cosmo. Acta, 42, s.1181-1197.
- Raynaud, J.F. ve Robert, P., 1976, Les méthodes d'études optiques de la matiere organique: Bull. Centre Rech. Rau., SNPA, 10, 1, s.109-127.
- Robert, P., 1980, The optical evolution of kerogen and geothermal histories applied to oil and gas exploration: In: Durand B., (Ed.) q.v., chapter 11, s.340-414.
- Ronov, A.B., 1958, Organic carbon in sedimentary rocks: Geochemistry, 5, s.496-509.
- Sonel, N., Sarı, A., Coşkun, B. ve Tozlu, E., 1989, Boyabat (Sinop) havzası Ekinveren fayının petrol aramalarındaki önemi: T.J. Bülteni, 32, 1-2, s.39-49.
- Teichmüller, M. ve Teichmüller, R., 1979, in diagenesis in sediments and sedimentary rocks: Larsen and Chilin., s.207-246.
- Thomas, B.M. 1979, Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern Perth Basin, Australia: A.A.P.G. Bull., 63, 7, s.1092-1107.
- Tissot, B., Califet-Debyser, Y., Deroo, G. ve Oudin, J.L., 1971, Origin and evolution of hydrocarbons in early Toarcian shales: A.A.P.G. Bull., 55, s.2177-2193.
- Tissot, B., Durand. B., Espitalie, J. ve Comba, A., 1974, Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum: A.A.P.G. Bull., 58, s.499-506.
- Tissot, B. ve Welte, D.H., 1978, Petroleum Formation and Occurrence: Springer Verlag, Berlin, 538 s.
- Urban, J.B., 1976, Palynology, thermal maturation by vitrinite reflectance and visual color estimation and kerogen description of source rocks: Core Lab.Inc. sp. publ.
- Ünalın, G., 1982, Kalecik-Tüney-Sulakyurt (Ankara) arasındaki bölgenin petrol olanaklarını araştırılması: Doçentlik tezi, İ.Ü.F.F., 88 s.
- Vanderbroucke, M., Albrecht, P. ve Durnad, B., 1976, Geochemical studies on the organic matter from the Doula Basin III. Comparison with the early Toarcian shales: Geoch.Cosm. Acta, 40, s.1241-1249.
- Welte, D.H., 1965, Relation between petroleum and source rock: A.A.P.G. Bull., 63, 2, s.239-245.
- Yalçın, N., 1982, Jeokimya yöntemleriyle Adana havzası petrol potansiyelinin araştırılması: doçentlik tezi, İ.Ü.F.F., İstanbul.