

# Mut - Ermenek - Silifke (Konya - Mersin) havzasında ana kaya fasiyesi ve petrol oluşumunun organik jeokimyasal yöntemlerle incelenmesi

## *Study of source rock fates and petroleum occurrence in Mut-Ermenek-Silifke (Konya-Mersin) basin, through organic geochemical methods*

SADETTİN KORKMAZ KÜMMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon  
ABDULLAH GEDİK MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

ÖZ : Orta Toros kuşağında yer alan Mut-Ermenek-Silifke havzasında, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimlerle, bunları uyumsuz olarak üstleyen Tersiyer yaşlı çökeller yüzeyler.

Havzada, ana kaya özelliği taşıyan formasyonlardan derlenen örneklerin çeşitli organik jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerden yararlanarak havzadaki ana kayaların petrol oluşturma potansiyelleri yorumlanmıştır.

ABSTRACT : In the Mut-Ermenek-Silifke basin situated in the central Taurus belt, Palaeozoic and Mesozoic aged units and Tertiary sediments overlying unconformably them crop out.

In the basin various organic geochemical features of samples collected from formations with a source rock character have been studied. On the basis of these features, petroleum generation potential of the source rocks in the basin have been interpreted.

### GİRİŞ

Orta Toros kuşağında, Mut-Ermenek-Gülner ve Silifke'yi içine alan bölgede, şimdiye kadar çeşitli amaçlı bir çok jeolojik araştırma yapılmıştır. Bunların başlıcaları, Blumenthal (1956), Akarsu (1960), Niehoff (1960), Sezer (1970), Demirtaşlı (1976) ve Gökten (1976)'in çalışmalarıdır. Ancak bölge ilk defa havza ölçeğinde Gedik ve diğ. (1979) tarafından ele alınmış ve ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada, Mut-Ermenek-Silifke havzasında hidrokarbon ana kayası olabilecek formasyonlardan derlenen örneklerin Batı Almanya Jülich KFA Petrol ve Organik Jeokimya Enstitüsü laboratuvarları ile M.T.A. Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında çeşitli organik jeokimyasal analizleri yaptırılmış elde edilen sonuçlar çalışmacılar tarafından incelenen havzanın petrol olanakları açısından değerlendirilmiştir.

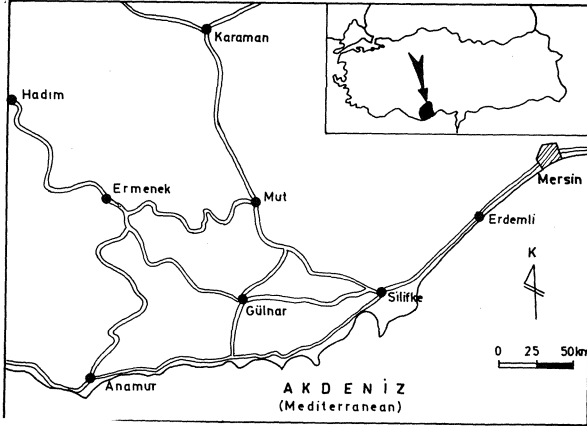
Bilindiği gibi, organik jeokimyasal yöntemlerden yararlanarak ana kayaların hidrokarbon üretip üretmedikleri kolayca anlaşılabilir. Ülkemizde bu konuda yapılmış ve yayınlanmış çalışma sayısı oldukça azdır. Bunlar arasında Pelin(1981), Yalçın (1982), Ünal ve Haıput (1983), Gedik ve Korkmaz (1984) ve Korkmaz (1984)'ı sayabiliriz.

Bu incelemede, havzada anakaya özelliği taşıyan 4 ayrı formasyondan toplam 21 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler üzerinde 21 adet toplam organik karbon miktarı ölçümü, 21 adet kil analizi, 6 adet vitrinit yansıması ölçümü ve 6 adet Rock-Eval (Pirroliz) analizi yapılmıştır. Bu analizlerden yararlanarak Mut-Ermenek-Silifke havzasındaki anakaya özelliği gösteren formasyonların petrol oluşturma potansiyelleri yorumlanmıştır.

Günümüzde sondajlı aramaların çok pahalı olması ve çok uzun zamanlar alması, organik jeokimyanın daha da önem kazanmasına neden olmaktadır. Çünkü organik jeokimyanın analiz sonuçlarının iyi yorumlanıp değerlendirilmesiyle sedimanter havzaların petrol oluşturma potansiyelleri kolayca anlaşılabilir ve daha isabetli sondaj lokasyonları verilebilir.

### GENEL JEOLJİ

Mut-Ermenek-Silifke havzası olarak adlandırılan bölge, Orta Toros kuşağında, yaklaşık Silifke-Erdemli-Karaman-Ermenek ve Anamur ilçeleri arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır (Şekil-1). Havzada, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel formasyonlarla, bunları açısız uyumsuzlukla örten Eosen ve Miyosen yaşlı çökel toplulukları yer alır (Şekil-2).



Şekil 1: Havzanın coğrafi konum haritası  
Figure 1: Geographic location map of the basin

Mut-Ermenek-Silifke havzasında yüzeleyen en yaşlı birim kuvarsitler ile metamorfik şistlerden oluşan Ordovisyen yaşlı Ovacık Formasyonu'dur. Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu siyah renkli, Graptolitli şeyllerden oluşmuştur. Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu kireçtaşı, şeyi, marn ve kumtaşı araldanması ile Karbonifer-Permien yaşlı Belpınarteppe Formasyonu ise şeyi, kumtaşı aratabakalı kireçtaşları ile temsil edilirler. Jura-Kretase yaşlı Çambaştepe Formasyonu dolomitik kireçtaşlardan oluşmuştur. Bölgeye muhtemelen Geç Kretase-Paleosen'de yerleşen Ofiyolitli Melanj, paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimleri tektonik olarak üstler. Havzada bu temel birimler üzerine uyumsuz olarak Tersiyer yaşlı formasyon-

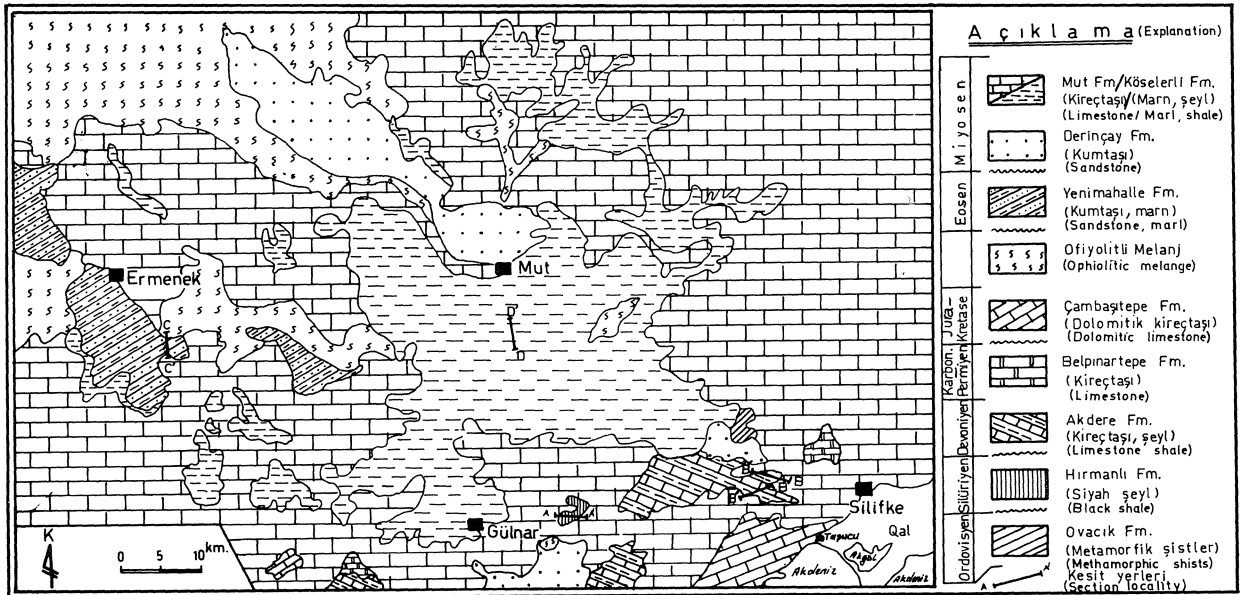
lar gelir. Bunlardan Eosen yaşlı Yenimahalle Formasyonu kumtaşı, marn ve şeyi araldanmasından oluşmuştur. Mut-Ermenek-Silifke havzasında çok geniş yayılım gösteren Miyosen yaşlı çökellerin tabanında marn ve şeyi aratabakalı kumtaşı ve çakıltası araldanmasından oluşan Derinçay Formasyonu yer alır. Resifal kireçtaşlardan oluşan Mut Formasyonu ile marn ve şeyillerden oluşan Kösellerli Formasyonu birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişlidir.

Tersiyer öncesi birimlerin karışık tektonik yapılarına karşın, bunları açılal uyumsuzlukla üstleyen, özellikle Miyosen yaşlı istifler, yataya yakın konumda olup ilksel durumlarını büyük ölçüde korumuşlardır.

#### Ana Kaya İncelemeleri

**Arazi İncelemeleri** Mut-Ermenek-Silifke havzasında yapılan arazi çalışmalarından yararlanılarak, ince taneli, siyah renkli şeyi ve marnlardan oluşan ve anakaya\* özelliği taşıyan dört ayrı formasyonun varlığı tespit edilmiştir. Bunlar Silüriyen yaşlı Hırmanlı, Devoniyen yaşlı Akdere, Eosen yaşlı Yenimahalle ve Miyosen yaşlı Kösellerli formasyonlarıdır. Bu formasyonlar tipik olarak gözlenedikleri yerlerde incelenmiş ve analizler için sistematik örnekler alınmıştır.

Havzanın güney kesiminde, Gülnar-Silifke karayolu üzerinde Kayrak Köyü dolayında yüzeleyen Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu, ince taneli, siyah, renkli Graptolitli marn ve şeyillerden oluşmuştur. Formasyonun alt sınırı burada gözlenememiştir. Birimin üzerine Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlardan oluşan Mut Formasyonu uyumsuz olarak oturur. Formasyonun kalınlığı 150-250 m. arasında değişmektedir. Birimden örnek alımı ve tip kesit incelemesi Kayrak Köyü'nde yapılmıştır (Şekil-2, kesit A-A),



Şekil 2: Mut-Ermenek-Silifke havzasının sadeleştirilmiş jeolojik haritası (Gedik ve diğ., 1979'dan)

Figure 2: Simplified geological map of the Mut-Ermenek-Silifke basin (after Gedik et al., 1979).

(\* Ana kaya : Jeolojik devirler boyunca önemli miktarlarda petrol veya doğal gaz üretmiş ve organik maddece zengin, gri, siyah renkli iri taneli çökeller petrol jeolojisinde ana kaya olarak tanımlanmaktadır. (Guillemat, 1964, Dow, 1978)

Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu genellikle siyah renkli şeyl-marn ve gri renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşı aralanmasından oluşmuştur. Bu birimde bölgenin güney kesimlerinde başlıca, Gülnar -Silifke karayolunun kuzeyinde Gökbelen-Ortaören ile Gedikdağı arasında kalan bölgede, ayrıca Lapa Mah. doğusu ile Cehildağı güney kesimlerinde yüzeyler. Birimin alt sınırı bölgede gözlenememiş olup, üst sınırı değişik yerlerde Belpmar-tepe Formasyonu ile uyumlu, Çambaşıtepe, Derinçay ve Mut formasyonları ile uyumsuzdur. Formasyonun kalınlığı ortalama 500 m. kadardır. Akdere Formasyonu'ndan örnek alımları ve tip kesit incelemesi, Silifke'nin batısında kalan Gökbelen Köyü'nün batı-kuzeybatı kesiminde yeni anayol boyunca yapılmıştır (Şekil-2, kesit-B-B').

Bölgede, Ermenek-Yeniceköy-Kazancı-Üçbölük arası ile Gezende dolaylarında yüzeylenen Eosen yaşlı Yenimahalle Formasyonu başlıca, kumtaşı, marn ve şeyi aralanmasından oluşmuştur. Birimin alt sınırı Ofiyolitli Melanj ile uyumsuzdur. Üzerine ise yine açısız uyumsuzlukla Miyosen yaşlı Mut Formasyonu oturur. Formasyonun kalınlığı 400-700 m. arasında değişmektedir. Bu birimden sistematik örnek alımı ve tip kesit incelemesi Ermenek ilçesinin güneydoğusunda Çavuş Köyü yakınında büyük köprüden başlayarak güneye doğru yapılmıştır (Şekil-2, kesit-C-C').

Havzada, Mut Formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olan Köşeledi Formasyonu, kumtaşı aratabakalı şeyi ve marn aralanmasından oluşmuştur. Miyosen yaşlı bu formasyon alttaki bütün birimleri açısız uyumsuzlukla örter. Birimin kalınlığı 300-1000 m. arasında değişmektedir. Formasyonun tip kesit incelemesi ve sistematik örnek alımı Mut ilçesinin güneyinde bulunan Köşelerli Köyü'nden kuzeye doğru yapılmıştır (Şekil-2, kesit D-D').

**Petrol Belirtileri** Mut-Ermenek-Silifke havzasında bir çok yerde, Ofiyolitli Melanj içindeki kireçtaşı bloklarında canlı petrol emarelerine rastlanmıştır. Bunlara tipik örnek olarak Erdemli ilçesi, Sorgun Köyü, Kafespmar yöresi ile Mut-Ermenek karayolu yakınındaki Beci Köyü'nü ve Aslanköy'ün güneyinde melanj içindeki emareleri verebiliriz. Ayrıca bunların dışında daha pek çok yerde melanj içindeki kireçtaşı bloklarında canlı petrol emarelerine rastlanmaktadır.

**Laboratuvar İncelemeleri** Sedimanter bir havzada oluşan ve ana kaya özeliği gösteren çökel istiflerinin jeolojik devirlerde petrol veya doğal gaz üretip-üretmedikleri jeokimyasal analizler sonucu anlaşılabilir. Jeokimyasal analizler sonucu anlaşılabilir.

Yapılan birçok araştırma, kayalar içindeki organik madde türünün ve olgunluğunun, oluşacak hidrokarbonların bileşim ve miktarını denetlediğini ortaya koymuştur (Philippi, 1965, Tissot ve diğ., 1974, Vanderbroucke ve diğ., 1976, Durand ve Espitalie, 1976, Tissot ve Welte, 1978, Bostic, 1979, Peters, 1986). Kayalar içindeki organik maddenin yaklaşık % 90'ı organik çözücülerde erimeyen kerojen(\*), %10'u ise organik çözücülerde eriyen bitümden oluşmaktadır (Tissot ve diğ., 1971, Leythaeuser, 1974, 1976, Tissot ve Welte, 1978). Petrol, kayalar içindeki 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 bu analizler başlıca üç gruba ayrılmaktadır:

1. Ana kaya içindeki organik madde miktarının ölçümü,
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).

Organik jeokimyasal analizler özellikle kuyu örnekleri üzerinde iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü kuyu örnekleri her türlü yüzeysel etkiden korunmuştur. Ancak inceleme alanında şimdiye kadar sondaj yapılmadığından kuyu örneği yerine sistematik taze yüzey örneği kullanılmıştır.

**Organik Madde Miktarının 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 atılmamış 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 verir. Ağırlık yüzdesi cinsinden ancak % 0.50'den daha fazla miktarda organik karbon içeren kayaların ana kaya olabilecekleri bilinmektedir (Ronov, 1958, Gehman, 1962, Welte, 1965, Me iver, 1967, Dow, 1978, Momper, 1978, Tissot ve Welte, 1978, Ala ve diğ., 1980, Basu ve diğ., 1980, Ünal, 1982). 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 atılmamakta, atılsa bile gittiği yerde önemli bir birikim sağlayamamaktadır (Ünal, 1982).

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

Mut-Ermenek-Silifke havzasında ana kaya özeliği taşıyan formasyonlardan alınan toplam 21 adet örneğin organik karbon yüzdeleri tayin edilmiştir (Çizelge-1). Buna göre;

Siluriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu'na ait şeyi örneklerindeki organik karbon yüzdeleri 0,00 - 3,12 arasında değişmektedir. Formasyonun ortalama değeri % 1.45 dir.

Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu'ndan alınan örneklerin organik karbon yüzdeleri 0.23-0.52 arasında- dir. Formasyonun ortalama değeri % 0.41'dir.

Eosen yaşlı Yenimahalle Formasyonu'na ait örneklerin organik karbon yüzdeleri 0.67-2.00 arasında de-ğiş-

(\* Kerojen : Bir havzanın tabanında çökellerle birlikte diyajener geçirmiş bitkisel veya hayvansal kökenli organik maddelere denir. C, N, O, N ve S elementlerinin karışımından oluşan organik çözücülerde erimez.

mektedir. Birimin ortalama değeri ise % 1.27'dir.

Miyosen yaşlı Köşeledi Formasyonu'ndan alınan örneklerin organik karbon yüzdeleri ise 0,60-1,05 arasıdır. Bu formasyonun ortalama değeri de % 0,84'tür.

Analizlerden elde edilen organik karbon yüzdelerini, kullanılan ana kaya sınıflamaları ile karşılaştırıp değerlendirecek, Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu ile Eosen yaşlı Yenimahalle Formasyonunun "iyi" derecede ana kaya olduğu gözlenir. Miyosen yaşlı Köşeledi Formasyonu "orta" derecede ana kaya ve Devoniyen yaşlı

Akdere Formasyonu da "zayıf ana kaya özelliği göstermektedir.

Rock-Eval (Piröliz) Analizleri Kayaçların içinde yer alan organik maddelerin tür ve evrimlerinin tespitinde son yıllarda geliştirilmiş olan 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 (SO açığa çıkar. Isı yükseldikçe daha sonra kerojen

Silüriyen (Silurian)							Devoniyen (Devonian)					Eosen (Eocene)					Miyosen (Miocene)				Yaş (Age)
Hırmanlı							Akdere					Yenimahalle					Köşelerli				Form.Adı (Formation)
H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	K-1	K-2	K-3	K-4	Örnek No (Sample)
2.12	0.33	—	—	2.81	3.12	1.79	0.23	0.35	0.52	0.50	0.44	1.59	1.25	0.83	2.00	0.67	1.05	0.85	0.60	0.86	Toplam Organik Karbon (Total organic carbon)(%C)
0.00—3.12 1.45							0.23—0.52 0.41					0.67—2.00 1.27					0.60—1.05 0.84				Dağılım ve Ortalama (Distribution and mean)

Çizelge 1: Toplam organik karbon analiz sonuçları.

Table 1: Results of the total organic carbon analyses

YAŞ (Age)	FORM. ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	Toplam organik karbon (Total organic carbon) (%C)	S <sub>1</sub> (mg HC/g)	S <sub>2</sub> (mg HC/g)	S <sub>3</sub> (mg CO <sub>2</sub> /g)	Hİ Hidrojen indeksi (Hydrogen Index)	Oİ Oksijen indeksi (Oxygen Index)	T <sub>max</sub> (C°)	Jenetik potansiyel (Genetic potential) (S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> )	Transformasyon oranı (T. Ratio) (S <sub>1</sub> /S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> )
DEVONİYEN (Devonian)	AKDERE	A-3	0,35	0,02	0,03	—	9	—	—	0,05	0,40
		A-1	0,23	0,02	0,03	—	13	—	—	0,05	0,40
SİLÜRİYEN (Silurian)	HIRMANLI	H-7	1,79	0,02	0,01	—	1	—	—	0,03	0,67
		H-6	3,12	0,02	0,03	—	1	—	—	0,05	0,40
		H-2	0,33	0,02	0,02	—	6	—	—	0,04	0,50
		H-1	2,12	0,01	0,03	—	1	—	—	0,04	0,25

Çizelge 2: Rock-Eval analiz sonuçları.

Table 2: Results of the Rock-eval analyses

parçalanarak yeni hidrokarbonlar ( $S_2$ ) oluşur. Ayrıca piroliz sırasında çok azda  $CO_2$  ( $S_3$ ) oluşur. Bu işlemde  $T...$  değeri ise piroliz sırasında kerojenin parçalanması sonucu açığa çıkan hidrokarbon miktarının maksimuma ulaştığı sıcaklığı göstermektedir.

Rock-Eval analizlerinden elde edilen değerler kullanılarak ana kayanın çeşitli özellikleri belirlenebilir (Espitalie ve diğ., 1977, Tissot ve Welte, 1978). Buna göre  $SJC^{\wedge}$  Hidrojen indeksini,  $SJC^{\wedge}$  Oksijen indeksini verir. Bu değerlerin, kerojenin element analizi sonucu elde edilen atomik H/C ve O/C oranlarıyla doğrudan mukayese edilebildiği tespit edilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak organik madde tipi belirlenmektedir.

Petrol ana kayaları kapsadıkları organik madde (kerojen) çeşidine göre üç tipe ayrılmaktadır (Laplanle, 1973 ve 1974, Raynaud ve Robert, 1976, Urban, 1976, Espitalie ve diğ., 1977, Dow, 1977, Tissot ve Welte, 1978, Bostik, 1979, Peters, 1986).

Birinci tip kerojenler, denizel kökenli alglerden türemiş olup H/C oranı yüksektir. Bunlar petrol ve doğal gazı oluştururlar.

ikinci tip kerojenlerde denizel kökenli organik maddelerden türemiş olup, H/C oranı ile petrol ve gaz oluşturma potansiyeli birinci 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 ( $S_1 + S_2$ ) mg HC/gr cinsinden kayanın petrol oluşturma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Transformasyon (dönüşüm) oranı  $S_1 / S_1 + S_2$  ve  $T_{max}$  değerli ana kayanın ısısal (termal) gelişimini ve olgunluğunu belirlemede kullanılmaktadır.

Mut-Ermenek-Silifke havzasında ana kaya özelliği taşıyan formasyonlardan seçilmiş 6 adet örneğin Jülich KFA Petrol ve Organik Jeokimya Enstitüsü laboratuvarlarında Rock-Eval analizleri yapılarak toplam organik karbon miktarı,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  değerleri,  $T...$  H ve O indeksleri ile Jenetik Potansiyel değerleri belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu verilerden yararlanarak organik madde tipi ve olgunluğunun belirlenmesine çalışılmıştır. Ancak örneklerdeki organik madde miktarının azlığı ve örneklerin yüzeyden alınması nedeniyle azda olsa okside olmaları yüzünden  $S_3$ ,  $T_{max}$  ve O indeksi değerleri ölçülemediği.

Ana Kaya Tipi Analizi yapılan tüm örneklerde kerojen tipini belirleyecek parametrelerden birisi olan O indeksi ölçülemediği. Ancak örneklerdeki H/C indeks değerleri çok düşük bulunmuştur. H/C oranının çok düşük olması örneklerinin muhtemelen üçüncü tip kerojen olduklarını ve muhtemelen karasal kökenli bitkilerden türediğini göstermektedir (Şekil 3). Bu tip kerojen içeren ana kayaların petrol üretme yetenekleri yoktur. Bunlar ancak bir miktar gaz üretebilirler.

Ana Kaya Potansiyeli Rock-Eval analizlerinden yararlanarak ana kaya potansiyeli hakkında nicelik yönünden bir fikir elde edilebilir. Jenetik Potansiyel'in ( $S_1 + S_2$ ), bir ton ana kayada kg hidrokarbon cinsinden ifade sine ana kaya potansiyeli denilmektedir. Ana kaya potan-

siyelinin nicel sınıflaması Tissot ve Welte (1978)ye göre şöyledir:

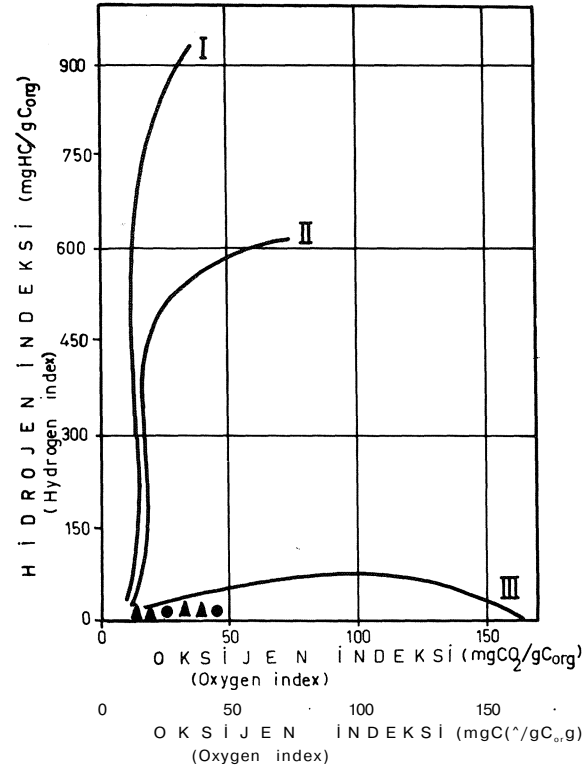
$(S_1 + S_2) < 2$  kg/ton...: Petrol ana kayası olamaz, ancak çok ender olarak doğal gaz ana kayası olabilir.

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

$(S_1 + S_2) > 6$  kg/ton...: iyi 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 Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu ve gerekse Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu kesinlikle petrol ana kayası olamazlar.

Ayrıca  $T^{\wedge}$  değerlerinin ölçülememesi ve Transformasyon oranındaki düzensizlikler, ana kayanın ısısal (termal) gelişimi hakkında yorum yapmayı güçleştirmektedir. Vitrit Yansıması Ölçümleri Organik maddece zengin tortul kayaçların içerisinde bulunabilen vitrit maseralinin yansıma değerinin ölçülmesi ile bir kayacın olgunluk derecesi kolayca anlaşılabilir. Ana kaya içindeki organik madde (kerojen) diğer maddelerden çeşitli yöntemlerle ayrılır ve elde edilen kerojenden parlatılmış kesitler hazırlanarak ölçümler yapılır.



Şekil 3: Ana kaya tipinin H ve O indekslerine göre sınıflaması (Espitalie ve diğ., 1977).

Figure 3: Classification of the source rock types based on H and O indices (Espitalie et al, 1977).

Yansıma (reflekstans) değeri ( $R_o$ ), parlatılmış yüzey üzerine gönderilen ışıktan, yansıyan miktarının emilene oranıdır (Raynaud ve Robert, 1976). Parlatılmış yüzeylerden itibaren gerçekleştirilen vitrit yansıması mik-

tarlan, bir fotometre aracılığı ile sayısal değerlere dönüştürülebilmektedir. Bu, kayacın olgunluk derecesini tespit etmede kullanılan en güvenilir yöntemlerden biridir (Urban, 1976, Tissot ve Welte, 1978, Bostik, 1979, Teichmüller ve Teichmüller, 1979).

Vitrinit yansımaları ölçümlerinden elde edilen  $R_o$  değeri 0,5-2 arasında olan kayalar (katajenez evre) olgun ana kaya olarak kabul edilmekte ve ancak bu kayaların petrol ve doğal gaz üretmiş olabilecekleri belirtilmektedir.  $R_o$  değeri 0,5'ten küçük olanlar ise henüz diyajenez aşamasında olan olgunlaşmamış kayalardır. Bunlar henüz hidrokarbon üretebilecek aşamaya gelmemişlerdir.  $R_o$  değeri 2-4 arasında olan kayalar ise (metajenez evre) aşırı olgunlaşmış kayalar olup yalnızca gaz verebilirler (Raynaud ve Robert, 1976, Powel ve diğ., 1978, Tissot ve Welte, 1978, Bostik, 1979).

İnceleme alanında, ana kaya özelliği taşıyan Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu ile Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu'ndan seçilen 6 adet örnekten sadece 3 örnekte vitrinit bulunarak ölçümü yapılabilmektedir. Diğer 3 örnekte ise ölçüm yapılabilecek vitrinit bulunamamıştır (Çizelge-3).

Y A Ş (Age)	FORM ADI (Formation)	ÖRNEK NO (Sample)	VİTRİNİT YANSIMASI (Vitrinite reflectance ( $R_o$ ))	STANDART SAPMA (Standard deviation)	ÖLÇÜ SAYISI (Number of measur.) (n)
DEVONİYEN (Devonian)	AKDERE	A-3	2.74	0.67	7
		A-1	—	—	—
SİLÜRİYEN (Silurian)	HIRMANLI	H-7	—	—	—
		H-6	1.74	0.20	36
		H-2	1.60	0.12	12
		H-1	—	—	—
		H-1	—	—	—

Çizelge 3: Vitrinit yansımaları ölçüm sonuçları.  
Table 3: Results of the vitrinite reflectance measurements.

ölçümü yapılan örneklerin organik madde tipleride göz önüne alınarak değerlendirilmeleri yapılmıştır (Şekil-4).

H-1: örnekte ölçüm yapılabilecek yerli organik madde (vitrinit) bulunamamıştır, örnek içinde 40 adet taşınmış organik madde bulunmuştur (Şekil-5 a).

H-2: örnek içinde taşınmış 13 ve yerli 12 olmak

üzere toplam 25 adet organik madde (vitrinit) bulunmuştur. Yerli topluluklar üzerinde yapılan ölçümlerde yansımaları değerleri 1.40 - 1.90 arasında olup ortalama değer 1.60'dır (Şekil-5 b).

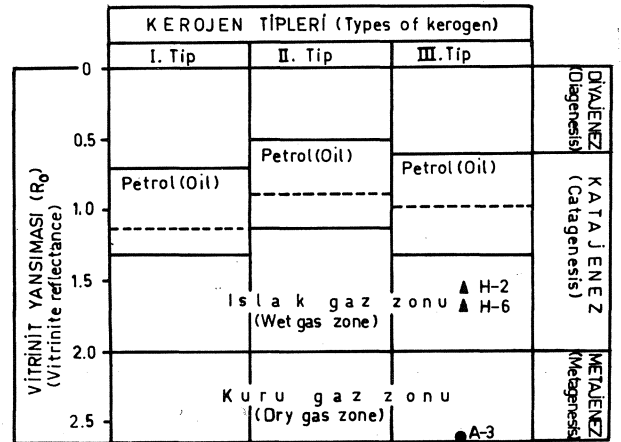
H-6: Bu örnekte de 45'i taşınmış, 36'sı yerli olmak üzere toplam 81 adet organik madde (vitrinit) partikülü bulunmuştur. Yerli vitrinitler üzerinde yapılan ölçümlerde yansımaları değerleri 1.40 - 2.10 arasında bulunmuş olup ortalama değer 1.74'tür (Şekil-5 c).

H-7: örnekte hiçbir yerli ve taşınmış vitrinit masesali bulunamamıştır.

Bu değerlendirmelere göre, Hırmanlı Formasyonu'ndan alınan örneklerden sadece H-2 ve H-6'da vitrinit yansımaları ölçülebilmektedir. Bu ölçümlere göre örneklerin yansımaları değeri 1,5-2 arasında olup Katajenez evreye karşılık gelmektedir. Bu durumda örneklerin olgunlukları petrol oluşum aralığını çoktan aşmıştır. Dolayısıyla petrol için potansiyelleri yoktur (Şekil-4).

A-1: örnek içinde yerli organik madde (vitrinit) bulunamamıştır. Ancak 50 adet taşınmış masesal bulunmuştur (Şekil-6 a).

A-3: örnekte 1 adet taşınmış, 7 adette yerli vitrinit bulunabilmiştir. Bulunan örneklerin ölçüm değerleri 2.00-3.95 arasında olup, ortalama değer 2.74'tür (Şekil-6



İk Hırmanlı Form. (Silüriyen) # Akdere Form. (Devoniyen)

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).

Bu verilere göre de, Akdere Formasyonu'nun aşırı olgun olduğu ve petrol için hiçbir potansiyel taşımadığı kolayca anlaşılmaktadır. Daha genç olan Akdere Formasyonu'nun Hırmanlı Formasyonu'ndan olgun görünmesi, yersel olgunlaşma veya kirlenme gibi nedenlerle açıklanabilir (Şekil-4). Ayrıca, bütün örneklerdeki taşınmış organik maddelerin (vitrinit) aşırı olgun oldukları kolayca görülmektedir.

#### Kil Analizleri ve İllit Kristallik Ölçümleri

Bu analizler, havzada ana kaya özelliği taşıyan formasyonlardaki şeyi ve marnların hangi diyajenez ve olgunluk aşamasında olduklarını belirlemek ve organik

jeokimyasal analiz sonuçları ile korele etmek için yapılmıştır.

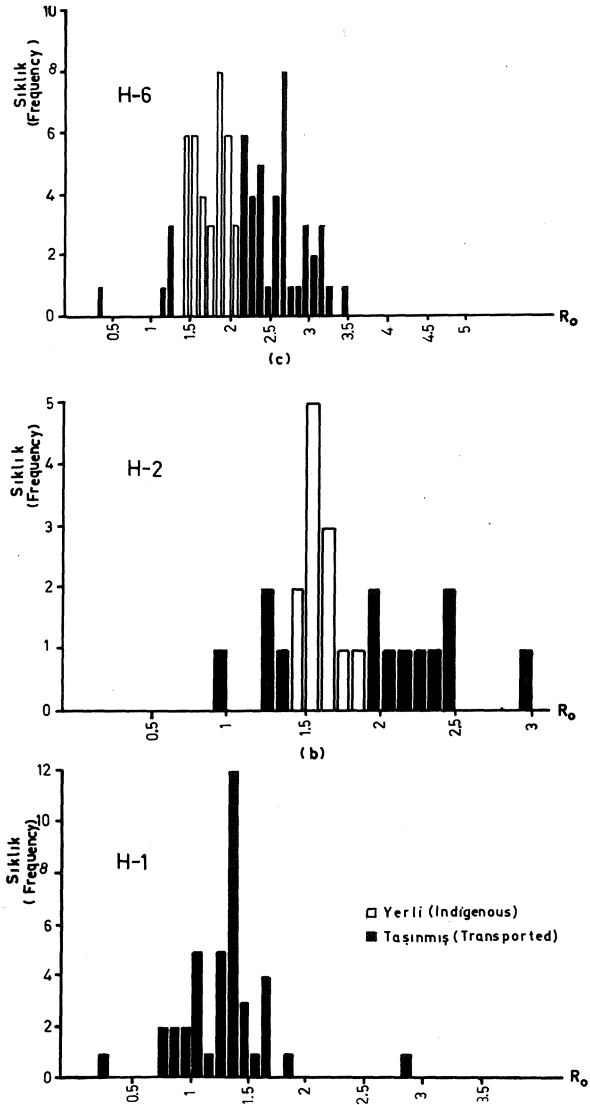
X ışınları difraktometresi ile yapılan çekimler sonucunda tespit edilen kil minerallerinin formasyonlara göre dağılımı ve parajenezleri Şekil-7'de gösterilmiştir. Buna göre;

Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu'nda illit-kaolinit-klorit-vermikülit parajenezi,

Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu'nda ise illit-klorit-kaolinit-vermikülit parajenezi tespit edilmiştir.

Eosen yaşlı Yenimahalle ve Miyosen yaşlı Köseleli formasyonlarından alınan 9 örnekte hiç birinde kil minerali bulunamamıştır.

Illit'in kristallik derecesinin ölçülmesiyle bir tortulun hangi diyajenez aşamasında olduğu, dolayısıyla da

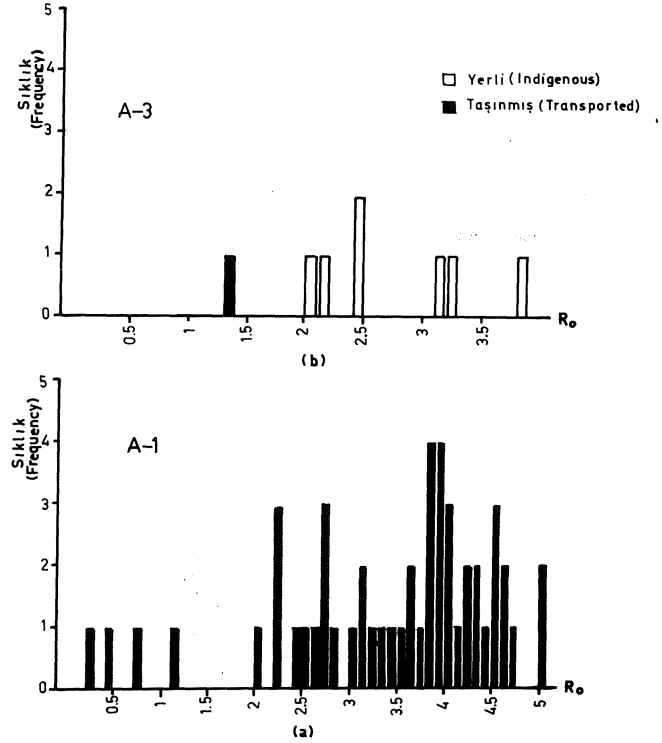


Şekil 5: Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu'na ait örneklerdeki vitrinit dağılımları.

Figure 5: Vitrinite distributions belonging to samples from Hırmanlı formation of the Silurian age.

olgunluğu belirlenebilmektedir. Ancak, inceleme alanında Hırmanlı ve Akdere formasyonlarından elde edilen illit pikleri ideal pikler olmadıklarından gerekli kristallik ölçümü yapılamamıştır. Bu iki formasyonun olgunlukları Rock-Eval ve vitrinit yansıması ölçümleriyle belirlenmiştir.

Yenimahalle ve Köseleli formasyonlarında ise hiç bir kil minerali bulunamadığı için herhangi bir ölçüm yapılamamıştır.



Şekil 6: Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu'na ait örneklerdeki vitrinit dağılımları.

Figure 6: Vitrinite distributions belonging to samples from Akdere formation of Devonian age.

#### TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Mut-Ermenek-Silifke havzasının en yaygın birimini oluşturan Miyosen yaşlı çökellerin ilksel konumları çok az değişikliğe uğramıştır. Altta birimler ancak aşınmış vadilerde gözlenebilmektedir. Ayrıca, bölgeye Geç Kretase-Paleosen'de yerleşen Ofiyolitli Melanj ile Miyosen örtüsü bütün birimlerin ilişkilerini gizlemektedir.

Bölgede, Miyosen öncesi temel Özgül (1976) tarafından, Geyikdağı Birliği, Aladağ Birliği ve Bozkır Birliği olarak üç tektonik üniteye ayrılmıştır. Bu birliklerden sadece Geyikdağı Birliği diğerlerine göre otokton konumudur. Bu durumda Miyosen öncesi temelin yapısal konumu ile formasyonların ilişkileri tartışmaya açıktır.

Havzada ana kaya özelliği taşıyan birimlerin petrol oluşturma potansiyelleri analizlerden yararlanarak yorumlanmıştır.

Mut-Ermenek-Silifke havzasında yüzeyleyen Silüriyen yaşlı Hırmanlı ve Devoniyen yaşlı Akdere formasyon-

SİLÜRİYEN (Silurian)							DEVONİYEN (Devonian)					E O S E N (Eocene)					MİYÖSEN (Miocene)				Y A Ş (Age)
H I R M A N L I							A K D E R E					Y E N İ M A H A L L E					K Ö S E L E R L İ				FORM. ADI (Formation)
H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	K-1	K-2	K-3	K-4	ÖRNEK NO (Sample)
																					İLLİT (Illite)
																					KLORİT (Chlorite)
																					KAOLİNİT (Kaolinite)
																					VERMİKÜLİT (Vermiculite)
																					YOK (Not present)

Şekil 7: Kil mineral parajenez dağılımları

yonlarından derlenen örneklerin organik jeokimyasal analiz sonuçları topluca değerlendirildiği zaman, her iki formasyonunun aşırı olgun olduğu ve hiç bir hidrokarbon potansiyeli taşımadıkları kolayca anlaşılmaktadır.

Eosen yaşlı Yenimahalle ve Miyosen yaşlı Köşeledi formasyonlarından sadece toplam organik karbon miktarı ölçümü ile kil analizleri yapılmıştır.

Kil analizlerinde, diyajenezi belirleyecek olan illit minerali ile diğer kil minerallerine rastlanamamıştır. Gerek Yenimahalle ve gerekse Köşeledi formasyonlarında bol olarak kömürlü seviyelere rastlanmıştır.

Bütün örneklerde toplam organik karbon miktarının yüksek olmasının nedeni örnekler içindeki inertinit (kömürsü organik madde) grubu maddelerden ileri gelmektedir. Bunların hiçbir hidrokarbon potansiyelleri yoktur.

Bölgede petrol emarelerine sadece melanj içindeki kireçtaşı bloklarında rastlanmaktadır. Bunlar muhtemelen havzaya yerleşmeden öncede petrol kapsıyorlardı. Çünkü aşağıdan yukarıya bir göç olsaydı, bunu kireçtaşları dışında, başka gözenekli kayalarda da görmemiz gerekirdi.

Havzada, Miyosen yaşlı çökellerin genellikle yatay konumda olmaları ve üstlerinde örtü bulunmaması nedeniyle yapısal ve stratigrafik kapan oluşturmaları pek mümkün görülmemektedir.

Sonuç olarak, Mut-Ermenek-Silifke havzasının, gerek yapısal ve stratigrafik gelişimine ve gerekse yapılan organik jeokimyasal analiz verilerine göre, petrol oluşum, birikim ve kapanlanması açısından uygun şartlar taşımadığı görüşüne varılmıştır.

#### KATKI BELİRTME

Arazi çalışmalarında MTA Konya Bölge Müdürlüğü'nün kamp imkânlarından yararlanılmıştır. Organik karbon ölçümleri ile kil analizleri MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında, Rock-Eval analizleri ve vitrinit yansıması ölçümleri ise B. Almanya Jülich KFA Petrol ve Organik Jeokimya Enstitüsü laboratuvarlarında Prof. Dr. D. H. Welte ve Dr. U. Mann'm yardımları ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca H. İztan (TPAO)'ın yorumlamalarda yardım-

Figure 7: Distributions of the clay mineral paragenesis

lan olmuştur. Adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür ederiz.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Akarsu, 1960: Mut bölgesinin jeolojisi, MTA Dergisi, 54, s. 36-45
- Ala, M. A., Kinghorn, R.R.F., Rahman M., 1980: Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, Southwest Iran, Jour. Pet. Geol., 3, 1, p. 61-89
- Basu, D.N., Banarje, A., Tamhane, D.M. 1980: Source area and migration trend of oil and gas in Bombay offshore, A.A.P.G. Bull., 64, 2, p. 209-220.
- Blumenthal, M., 1956: Karaman-Konya havzası güneybatısında Toros kenar silsileleri ve şist-radyolarit formasyonunun stratigrafi meselesi, Maden Tetkik Arama Dergisi No 48, s. 1-36, Ankara.
- Bostick, N.H., 1979: Microscopic measurement of the level catagenesis of solid organic matter in sedimentary rock to aid exploration for petroleum and to determine former burial temperatures, SEMP, sp. publ., 26, p. 17-43.
- Demirtaşlı, E., 1976: Toros kuşağının petrol potansiyeli, Türkiye 3. petrol kongresi bildiriler kitabı, s. 55-61, Ankara.
- Dow, W.G., 1977: Kerogen studies and geological interpretations, Jour. of Geochem. ExpL, 7, p. 79-99.
- Dow, W.G., 1978: Petroleum source beds on continental slope and rises, A.A.P.G. Bull., 62, 9 p. 1584-1606.
- Durand, B., Espitalie, J., Nicaise, G., 1972: Etude de la matière organique insoluble des argues de Toarcien du Bassin de Paris, Rev. Ins. Fr. Petrole, 27, 6, p. 865-884.
- Durand, B., Espitalie, J., 1976: Geochemical studies on the organic matter from the Doula Basin, II. Evolution of kerogen, Geoch. Cosm. Acta, 40, p. 801-808.
- Espitalie, J., Madec, M., Tissot, B., 1977: Source rock



- characterization, 9th offshore technology conference, p. 439-444.
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R., 1979: Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları, Türkiye Jeol. Kur. Bülteni, C.22, S.1 s.7-26, Ankara.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984: Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, Jeol. Müh. Dergisi, 19, s. 53-79 Ankara.
- Gehman, H.M., 1962: Organic matter in limestone, Geoch. et Cosm. Acta, 26, p. 885-897.
- Gökten, E., 1976: Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi, Türkiye Jeol. Kur. Bülteni, 19, 2, s. 117-126 Ankara.
- Guillemot, J., 1964: Cours de Géologie du Pétrole, Soc. des Ed. Techn., Paris.
- Hunt, J.M., 1979: Petroleum Geochemistry and Geology, Freeman, 617 s. methodes d'étude physico-chimique de la matière organique, Bull. Centre Rech. Pau., SNPA, 10, 1, p. 89-108.
- Korkmaz, S., 1984: Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi, doktora tezi (yayınlanmamış), K.T.Ü., 193 s., Trabzon.
- 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, p. 2021-2041.
- Laplante, R.E., 1973: Hydrocarbon generation related to carbonization and facies types in Denver Basin Upper Cretaceous, A.A.P.G., Bull., 57, 4, p. 790-796
- Laplante, R.E., 1974: Hydrocarbon generation in Gulf Coast Tertiary sediments, A.A.P.G. Bull., 58, 7, p. 1281-1289
- Leythaeuser, D., 1974: Erdölgenese in Abhängigkeit von der Arts des organischen materials in Muttergestein, Compendium 74/75, Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemi, 41-51.
- Leythaeuser, D., 1976: Petroleum exploration and organic geochemistry, Bull. of the Iranian Pet. Inst., 63, p.1-27.
- Me iver, R.D., 1967: Compositon of kerogen-clus to its rola in the origin of petroleum, Proceedings of the 7th World Pet. Cong. Mexico, 2, p. 25-36.
- Momper, J.A., 1978: Oil migration limitations suggestedby geological and geochemical considerations, A.A.P.G. Continung Ed. Course Note, Series: 8
- Niehoff, W., 1960: Mut 126/1 numaralı harita paftasının revizyon neticeleri hakkında rapor, MTA Derleme rapor no: 3390
- özgül, N., 1976: Torosların bazı temel jeoloji özellikleri, Türkiye Jeol. Kur. Bülteni, 19, 1; 65-78, Ankara
- Pelin, S., 1981: Pasinler (Erzurum) havzasında ana kaya özelliklerinin petrol oluşumunun açıklanması, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, Jeoloji, 1, 2, s. 127-143, Trabzon.
- Peters, K.E., 1986: Guidelines for evoluating petroleum source rock using programmed pyrolysis, A.A.P.G. Bull. 70, 3, p. 318-329.
- Philippi, G.T., 1965: On the depth time and mechanism of petroleum generation, Geoch. Cosmoc. Acta, 29, p. 1021-1049.
- Powel, T.G., Focolos, A.E., Gunther, P.R., Snowdon, L.R., 1978: Diagenesisof organic matter and fine clay minerales, a companative study, Geochim, Cosmo. Acta, 42, p. 1181-1197.
- Raynaud, J.F., Robert, P., 1976: Les metodes d'études optiques de la matière organique, Bull. Centre Rech. Rau., SNPA, 10, 1 p. 109-127.
- Ronov, A.B., 1958: Organic carbon in sedimentary rocks, Geochemistry, 5 p. 496-509.
- Sezer, S., 1970: The Miocene stratigprhy of Mut region, southern Turkey, doktora tezi, Birbeck college, London University, 155 s.
- Teichmüller, M. ve Teichmüller, R., 1979: In diagenesis in sediments and sedimentary rocks, Larsen and Chilin., p. 207-246.
- Thomas, B.M., 1979: Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern, Perth Basin, Australia, A.A.P.G. Bull. 63, 7, p. 1092-1107.
- Tissot, B., Califet-Debyser, Y., Deroo, G., Ouidin, J.L., 1971: Origin and and evolution of hydrocarbons in early Toarcian shales, A.A.P.G. Bull. 55, p. 2177-2193.
- Tissot, B., Durand, B., Espitalie, J., Comba, A., 1074: Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum, A.A.P.G. Bull. 58, p. 499-506.
- Tissot, B., 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 olanaklarının araştırılması, Doçentlik tezi, I.Ü.F.F. 88 s.,
- Ünalın, G., ve Harput, B., 1983: Çankırı havzasının batı kenarına ilişkin Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı çökellerde kaynak kaya incelemeleri, Türkiye Jeol. Kur. Bülteni, 26, 2, s. 177-186, Ankara.
- Vanderbroucke, M, Albrecht, P., Durand, B., 1976: Geochemical studies on the organic matter from the Doula Basin III. Comparison with the early Toarsian shales, Geochim. Cosm. Acta, 40, p. 1241-1249.
- Welte, D.H., 1965: Relation between petroleum and source rock, A.A.P.G. Bull., 63, 2, p. 239-245.
- Yalçın, N., 1982: Jeokimya yöntemleriyle Adana havzası petrol potansiyelinin araştırılması, doçentlik tezi (yayınlanmamış) istanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, İstanbul).

Makalenin Geliş Tarihi : 4.11.1988  
Yayma Veriliş Tarihi : 1.9.1990

