

BÜRNÜK (BOYABAT-SİNOP) CİVARININ PETROL OLANAKLARI

PETROLEUM POSSIBILITIES OF THE BÜRNÜK (BOYABAT-SİNOP) BASIN, TURKEY

Nurettin SONEL - Mustafa ALBAYRAK - Ali SARI
A. Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZ: Bürnük ve çevresinde yüzeylenen birimler değişik litojide ve Liyas'tan Oligosen sonlarına kadar devam eden bir zaman aralığında çökelmişlerdir. Bu birimler içinde petrol ana ve hazne kaya görünümünde seviyeler mevcuttur.

Bu araştırmada yörenin petrol olanaklarının aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu nedenle petrol ana ve hazne kaya görünümünde birimlerden sistemli örnek alınmasına gidilmiş ve değişik laboratuvar analizlerine tabi tutulmuşlardır. Hazne kaya analizleri olarak; gözeneklilik, geçirgenlik ve tane yoğunluğu, ana kaya analizleri olarak; toplam organik karbon, piroliz, organik madde tipi ve olgunluk ve kil minerali X-ışınları difraktometrik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan laboratuvar analizleri sonucunda, Çağlayan formasyonuna ait kumtaşlarının yer yer orta derecede bir hazne kaya olabileceği ve Kusuri formasyonuna ait kumlu seviyelerinde ümit verici olmadığı saptanmıştır.

Yapılan ana kaya analizlerine göre de Akgöl formasyonunun zayıf bir ana kaya olabileceği ve yalnız doğal gaz verebileceği anlaşılmıştır. Çağlayan formasyonuna ait şeyllerinde zayıf-orta derecede bir ana kaya özelliği yansıttığı ve petrol doğal gaz üretebileceği saptanmıştır. Gürsöku formasyonuna ait şeylli seviyelerinde petrol ana kaya potansiyeline sahip olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bölgede yapısal kapanların yaygın fakat küçük ebatta oldukları görülmüştür.

SUMMARY: Bürnük Basin formations were deposited from the Liassic to Upper Oligocene. To evaluate reservoir rock potential, systematic samples were collected and analyzed for porosity, permeability and grain density to evaluate source rock potential, tests for total organic carbon, organic carbon pyrolysis, organic matter type, maturity and x-ray diffractometer were done.

These analysis show that sandstones of the Çağlayan Formation have, in part, the properties of reservoir rocks, but that sandstones units of Kusuri Formation are not likely reservoir rocks for petroleum.

The Akgöl Formation has weak source potential for petroleum, but is a more promising source natural gas.

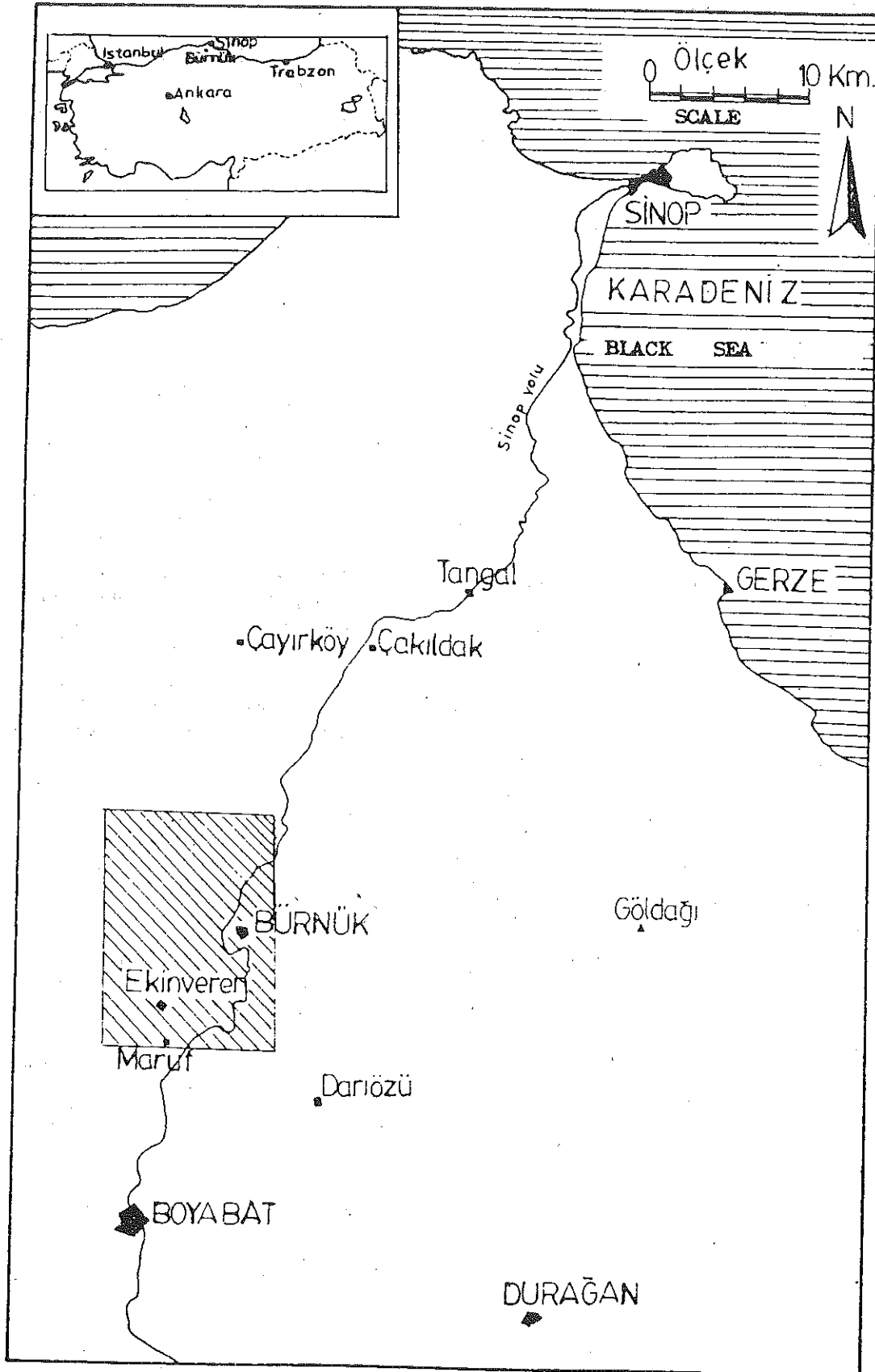
Shales of the Çağlayan Formation have weak to moderate source rock properties, even though it does produce petroleum and natural gas. Shales of the Gürsöku Formation show no source rock potential.

Small-scale structural traps are widespread in the area.

1- GİRİŞ

Çalışma sahası Sinop ili Boyabat ilçesi kuzey doğusunda E33-C1 ve E33-C4 paftaları içerisinde 150 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil-1).

Bu araştırmada Bürnük civarında yüzeylenen birimlerin petrol potansiyelinin açıklanması amaçlanmıştır. Amaca ulaşabilmek için öncelikle yörenin ayrıntılı 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır (Şekil-2). Ay-



Şekil 1— İnceleme alanının yer bulduru haritası
Figure 1— Location map of studied area

rica sahada yüzeyleyen formasyonlara ait altı adet ölçülü stratigrafi kesiti yapılmış ve sistemli bir örnek alınmış ve dilmiştir (Şekil-3).

Araziden derlenen örneklerin petrol ana ve hazne kaya analizleri, kapillar basınç deneyleri ve spor-renk indeks analizleri belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Petrol potansiyeli bakımından son derece ümitli olan Boyabat-Sinop bölgesi pekçok araştırmacının ve petrol kuruluşlarının ilgisini çekmiş ve bu bölgedeki araştırmaların yoğunlaşmasına sebebiyet vermiştir. Bölgede yapılan jeolojik çalışmaların bazılarını sıralayacak olursak; Ericson (1938), Ekinverendeki petrol sızıntısının Kretase devrine ait şeyl istifinde oluştuğunu ayrıca bölgedeki petrolün ekonomik olmadığını belirtmiştir. Blumenthal (1940), yazdığı raporunda Boyabat havzasında Ekinveren bölgesinin petrolünün Kretase flişinin alt kısmında araştırılmasının daha doğru olacağını vurgulamıştır. Önen (1946), Ekinveren köyü civarında petrol zuhuru hakkında yazdığı raporunda petrolün çıktığı yerde açılan galeriden üç ton petrol alındığını belirtmiştir. Ketin ve Gümüş (1963) Sinop-Ayancık yöresindeki petrol olanaklarını araştırmışlardır. Sungurlu (1975), Sinop sahalarının kuzey kesimlerinin petrol olanaklarını açıklamıştır. Akarsu ve Aydın (1977), Durağan-Boyabat-Taşköprü ve Çatalzeytin ilçeleri civarının genel jeolojisini ve petrol olanaklarını açıklamışlardır. Pelin ve Korkmaz (1981), Karadeniz bölgesinin petrol potansiyelini açıklamaya çalışmışlardır. Gedik, Ercan ve Korkmaz (1984), Havzanın jeolojisini ve volkanik kayaların petrolojisini aydınlatmışlardır. Serdar ve diğ. (1984), Sinop - Samsun - Çarşamba - Havza - Vezirköprü - Boyabat - Taşköprü civarında yaptıkları çalışmada Orta Jura'da Paleosene kadar geçen zamandaki jeolojik gelişmelerden ve oluşan volkanizmadan bahsetmişlerdir. Ayrıca bölgenin petrol jeolojisi bakımından önemli olan ana, hazne ve örtü kaya fasiyeslerini açıklamışlardır. Korkmaz (1984), Bölgedeki birimlerin genel jeolojik özelliklerini açıklamış, ölçülü stratigrafik kesitler yapmış ve bölgenin petrol olanaklarını saha verileri ve laboratuvar çalışmaları sonucu ortaya koymaya çalışmışlardır. Aydın ve diğ. (1986), Sinop-Böyöyabat yörelerinde başlattıkları çalışmalarını zamanla batıya kaydırmışlardır. Bölgede yüzeyleyen formasyonların jeolojik özelliklerini ve Neotetis ile olan ilişkilerini açıklamışlardır. Sonel ve diğ. (1988) bölgede etkili olan Ekinveren fay zonunun petrol aramalarındaki önemini açıklamışlardır. Sonel (1988 a, b, c), bölgedeki birimlerin ana ve hazne kaya özelliklerini arazi gözlemleri ve laboratuvar analizleri ile açıklamıştır.

3. GENEL JEOLJİ-STRATİGRAFI

Bölgenin genel jeolojisi ve stratigrafisi ayrıntılı olarak ayrı bir makale halinde hazırlanmış ve yayına sunulmuş olması nedeniyle burda özet bilgi verilmekle yetinilecektir.

Çalışma sahasında petrol aramaları bakımından önemli olan ve petrol ana, hazne ve örtü kaya görünümü arzeden birimler mevcuttur. Bu nedenle inceleme alanı ve çevresi oldukça ilgi çekici bulunmaktadır. Araştırma yöresi Sinop-Boyabat civarında yer alır. Sinop-Boyabat bölgesi, Liyas'tan-Oligosen'e kadar devam eden ve kalınlığı 10.000 m'ye yaklaşan kırıntılı, karbonatlı ve volkanosedimanter istiflerle doldurulmuştur. Gerek inceleme alanı ve gerekse Boyabat-Sinop bölgesi Alpin orojenik hareketlerinin kuvvetli etkisi altında kalmış ve kuzey-güney doğrultusunda bir sıkışmaya uğramasıyla da kıvrımlanmalar, kırılmalar ve bindirmeler meydana gelmiştir.

İnceleme alanında Akgöl, Bürnük, İnaltı, Çağlayan, Kapanboğazı, Yemişliçay, Gürsöku, Akveren, Atbaşı ve Kusuri Formasyonları yüzeyleyen (Şekil-2). Bu birimler içerisinde petrol ana, hazne ve örtü kaya olabilecek özellikte seviyede görülmektedir (Şekil-4). Bu birimlerden, Akgöl - Bürnük, İnaltı - Çağlayan, Çağlayan - Kapanboğazı ve Atbaşı - Kusuri formasyonları arasında uyumsuzluklar mevcuttur. Bu birimler içerisinde Akgöl, Çağlayan ve Gürsöku formasyonlarının şeyilli seviyeleri ana kaya, İnaltı, Çağlayan, Yemişliçay, Akveren ve Kusuri formasyonlarının kumlu seviyeleri hazne kaya ve Akgöl, Çağlayan, Kapanboğazı, Gürsöku, Atbaşı ve Kusuri formasyonlarının killi ve mikritik kireçtaşı seviyeleri de örtü kaya görünümündedir.

Araştırma bölgesinde yüzeyleyen formasyonların genel özellikleri;












3.1. Akgöl Formasyonu (T_{Ra})













Birim metamorfimzaya uğramış koyu gri-siyah renkli şeyl, kumlu şeyl, marn, siltli marn ve kumtaşı arda lanmasından oluşmuştur. Birim içerisindeki şeyl ve marnlar oldukça zengin bitüm içerirler. Birimin kalınlığı çalışma sahasında 800 m. olarak ölçülmüştür. Formasyon içinde bulunan fosillere göre yaşının Ketin (1962) ve Ketin ve Gümüş (1963), Sonel ve diğ. (1988) ve Blumenthal (1940)'a göre Triyas-Jura olduğu anlaşılmıştır. Formasyon türbiditik akıntıların hakim olduğu bir ortamda çökelmiştir.

3.2. Bürnük Formasyonu (J_b)

Formasyon kırmızı renkli ve oksitlenme gösteren karasal bir ortamda çökelmiş çakıltı ve kumtaşlarından oluşmuştur. İstif kötü bir boyanma sergiler ve polijenik

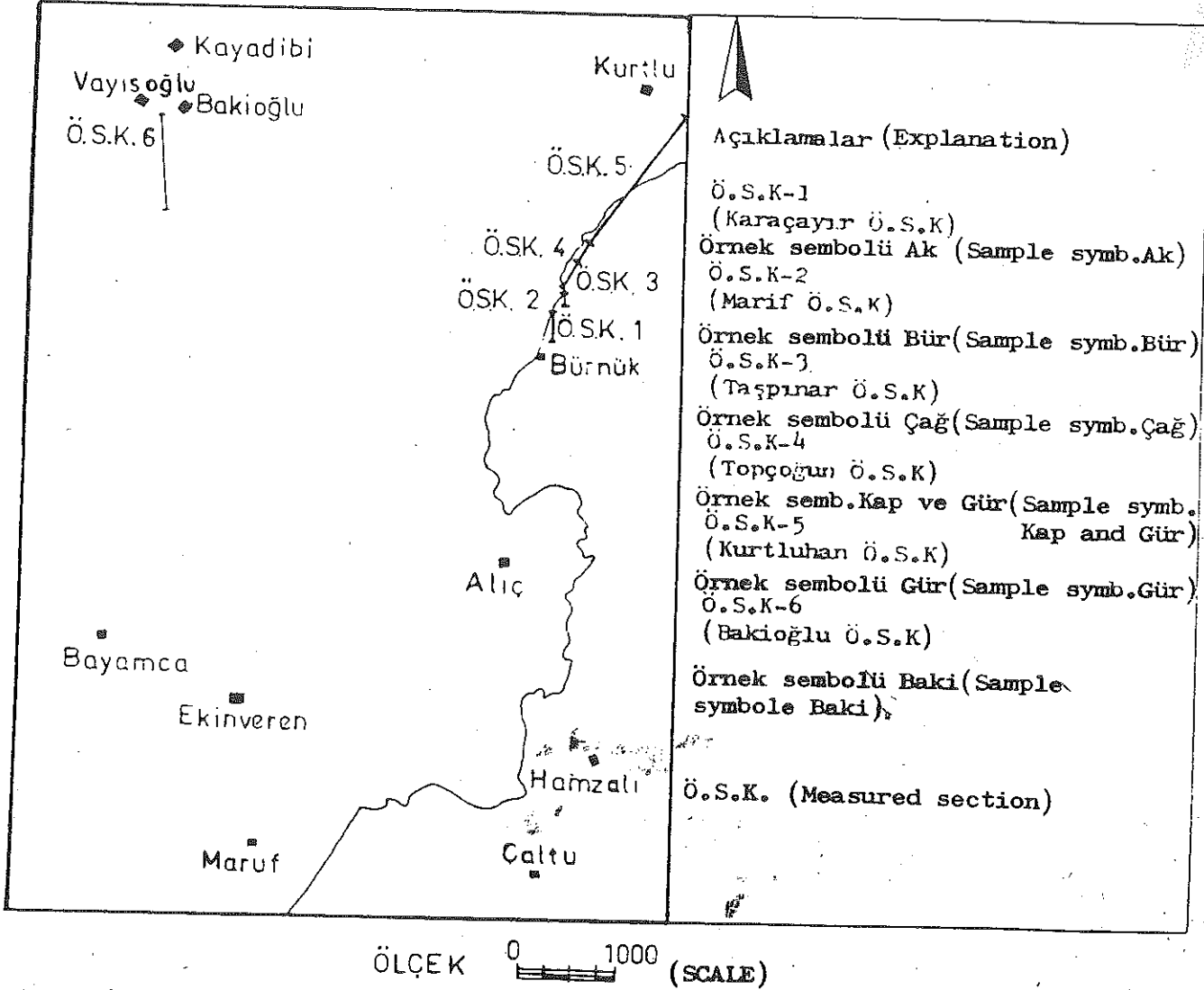
ACIKLAMALAR
(EXPLANATION)

-  Kusuri Fm.
 Atbaşı Fm.
 Akveren Fm.
 Gürsöklü Fm.
 Yemişliçay Fm.
 Kapanboğazi Fm.
 Çağlayan Fr.
 İnaltı Fm.
 Büznük Fm.
 Akgöl Fm.
 Masif (massive)

-  Yerleşim yeri (Town)
 Kara yolu (highway)
 Normal fay
(normal fault)
 Doğrultu atımlı fay
(strike slip fault)
 Bindirme (over thrust)
 Formasyon sınırı
(Formation boundary)
 Dereleler (rivers)
 Petrol sızıntısı (oil show)
 Kesit yeri (cross-section)
 Antiklinal (anticline)
 Senklinal (syncline)
 Tabaka doğ. ve eğimi
(strike and dip of bed)

ÖLÇEK (SCALE)

0 250 500 750 1000
m.



Şekil 3— İnceleme alanında yapılan ölçümlü stratigrafik kesit (Ö. S. K) yerlerini gösterir harita.

Figure 3— Location map showing measured stratigraphic sections at study area

elemanlıdır. Birimin kalınlığı 100 m. civarındadır. Birim üzerindeki İnaltı Formasyonu içerisindeki fosillere göre Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Jura yaşında kabul edilmiştir.

3.3. İnaltı Formasyonu (Ji)

Formasyon gri-bej reklı, biyomikrit, biyosparit ve kristalize kireçtaşı olup, yer yer resifal özellik gösteren seviyelere rastlanır. Birim oldukça sık dokulu olup, içerisinde kırık, çatlak ve karstik boşluklar görülür. Birimin kalınlığı 124m. ölçülmüş olup, içerisinde bulunan fosillere göre yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafından Dogger-Malm olarak belirlenmiştir. Litolojik özelliği ve fosil kapsamı birimin sığ denizel bir ortamda çökeldiğini gösterir.

3.4. Çağlayan Formasyonu (Kç)

Birim kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşmuştur. Şeyller gri-koyu gri reklı, kumtaşları gri-sarımsı reklı ve

orta-kaba taneli olup, bol sedimanter yapılar sunar. Litolojik özellikleri ve sedimanter yapıları birimin türbiditik akıntılarla oluştuğunu gösterir. Bilhassa orta-kaba taneli, kalın katmanlı ve masif kumtaşlarının petrol hazne kaya olma özellikleri dikkat çekicidir.

Birimin ölçülen kesitlerde kalınlığı 764 m. olarak bulunmuştur. Formasyon içinde bulunan fosil topluluğuna göre yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafından Üst Kretase olarak kabul edilmiştir.

3.5. Kapanboğazı Formasyonu (Kk)

Formasyon kırmızı-pembe-şarabi renkleriyle karakteristiktir. Birimin litolojisi mikritik kireçtaşı olup, yer yer marn, şeyl, kumtaşı ve volkanik malzeme ihtiva eder.

Birimin kalınlığı yapılan kesitlerde 150 m. ölçülmüştür. Formasyonun içerisinde bulunan fosil topluluğuna göre de yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafında Üst Kretase olarak kabul edilmiştir.

Birimin litolojik özellikleri ve fosil topluluğu sakin, derin denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

3.6. Yemişliçay Formasyonu (Ky)

Formasyon genel olarak volkanosedimanter bir özellik gösterir. Birim içerisinde tüf, tüfit, aglomera, mikritik kireçtaşı, marn ve volkanik elemanlı kumtaşı serileri vardır. İnceleme alanında kesitlerde 165 m. kalınlık ölçülmüştür.

Formasyon, içerisinde bulunan fosil topluluğuna göre yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafından Üst Kretase olarak kabul edilmiştir.

Birimin litolojik özellikleri şelf ilerisinde ve türbiditik akıntıların hakim olduğu bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

3.7. Gürsöku Formasyonu (Kg)

Birim, marn, şeyil, kumtaşı ve mikritik kireçtaşı aralanmasından oluşmuş tipik filiş karakterindedir.

Yapılan ölçülü kesitinde 1800 m. kalınlık bulunmuştur. Formasyon içinde bulunan fosillere göre yaşının Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafından Üst Kretase olduğu saptanmıştır.

Birimin litolojik özellikleri ve sedimanter yapıları türbiditik akıntılarının hakim olduğu derin denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

3.8. Akveren Formasyonu (K'Ta)

Birim, gri-beyaz reklı kireçtaşı, marn ve şayl aralanmasından oluşmuştur. Hakin litoloji kireçtaşıdır. Birinin ihtiva ettiği fosil topluluğuna göre yaşının Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel ve diğ. (1988) tarafından Üst Kretase-Paleosen olduğu ve derin denizel bir ortamda çökeldiği belirlenmiştir.

4. PETROL OLANAKLARI

Araştırma bölgesi yıllardan beri petrol potansiyeli yönünden son derece ilginç ve araştırmaya değer bir saha olarak bilinmektedir. Bu nedenle çeşitli araştırmacılar ve kuruluşlar tarafından yörede çalışmalar yapılmış ve halende sürdürülmektedir.

Bölgede yüzeyleyen birimlerin gerek saha gözlemleri ve gerekse laboratuvar analizleri sonucunda petrol oluşumu ve depolanmasına müsait olduğu görülmektedir.

Ekinveren köyü yakınındaki Sarpunderede petrol sızıntısı, Üzümlü mahallesi yakınındaki gaz çıkışı ve değirmenderede bulunan petrol emareli şeyller ve bunun ya-

nında bölgede akan bazı kaynakların tuzluluğu petrol varlığının delilleri olarak sayılabilir.

Bölge hakkında hazırlanan raporlarda petrol sızıntısından bahsedilmektedir. Ekinveren sızıntısının olduğu yerde açılmış olan galeriden yalnız bir günde üç ton petrol alındığını Önen (1946) raporunda belirtmiştir. Bölgede çalışma yapmış olan araştırmacıardan Eyüp (1930) ve Ericson (1938) Ekinveren petrol sızıntısının ekonomik olmadığını belirtmişlerdir.

Havzadaki istif kalınlığının 7000-10.000 m. olduğu tahmin edilmektedir. bu kalınlıktaki istiflerin çeşitli özellikte litolojilere sahip olmaları, petrol ana, hazne ve örtü kaya karakterinde olabilen birimlerin bulunması, bölgede petrol oluşumunun gerçekleşmiş olabileceği fikrini kuvvetlendirmektedir.

4.1. Ana Kaya Fasiyesleri

Genel bir tanım olarak ideal bir ana kayanın Guillemont (1964)a göre ince tekstürlü, koyu renkli, pirit ve organik maddece zengin planktonik bir faunaya sahip olması gerekir.

Canlı hayatın bol olduğu ve çökelen maddelerin oksidasyonundan korunduğu bir ortamda oluşan ve organik madde içeren kayalar ana kaya olabilmektedir.

Ana kaya olabilecek kayalar Loverson (1967), Momper (1978), Kirkland ve Evans (1981)'a göre genel olarak siyah renkli şeyller, killi kireçtaşı ve marnlar olarak sayılabilir.

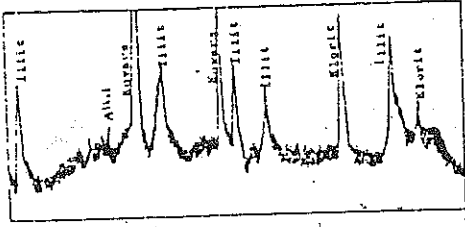
Jeolojik zamanlar boyunca ekonomik miktarda petrol ve /veya doğal gaz üretmiş, ürettiği hidrokarbonları hazne kaya içerisine gönderebilmiş kerojen içeren siyah renkli ve ince taneli sedimanter kayalar Guillemont (1964) ve Dow (1978) tarafından ana kaya olarak tanımlanır.

Çalışma alanında yüzeyleyen tortul istifler içinde ince taneli, siyah renkli ve geniş yayılım gösteren şeyller ve marnlar görülmektedir. Makroskobik olarak bakıldığında ana kaya özelliği yansıtan birimler Akgöl, Çağlayan ve Gürsöku formasyonlarının şeylli seviyeleridir. Sahada çalışmış olan Gedik ve Korkmaz (1984) ve Sonel (1988 a) birimlerini makroskobik özelliklerine göre ana kaya özelliği gösterdiğini belirtmişlerdir.

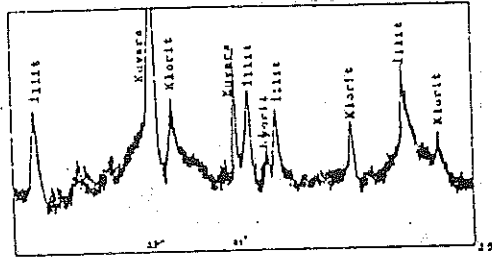
Korkmaz (1984), Akgöl, Çağlayan, Yemişliçay, Gürsöku ve Kusuri formasyonlarının şeylli seviyelerinin ana kaya olabileceğini belirtmiştir.

4.1.1. Laboratuvar İncelemeleri

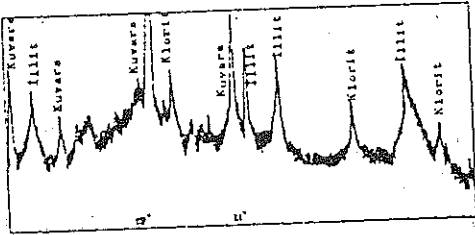
Araziden derlenen örnekler petrol potansiyeli bakımından değerlendirilmek üzere laboratuvara getirilmiş ve



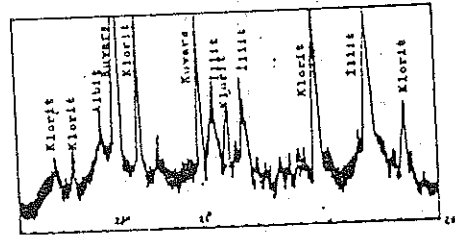
Örnek no: Ak-1
(Sample Nr. Ak-1)



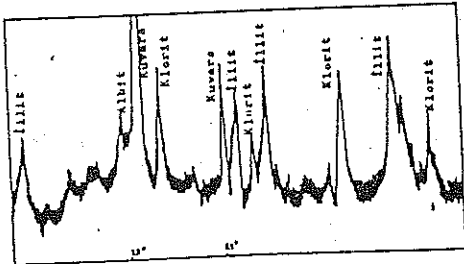
Örnek no: Ak-2
(Sample Nr. Ak-2)



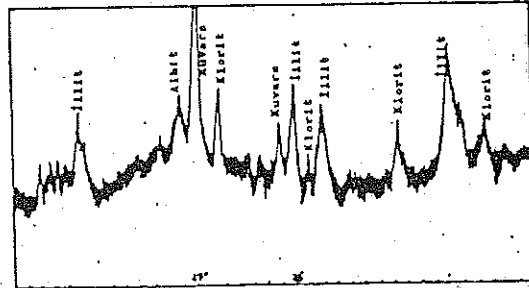
Örnek no: Ak-4
(Sample Nr. Ak-4)



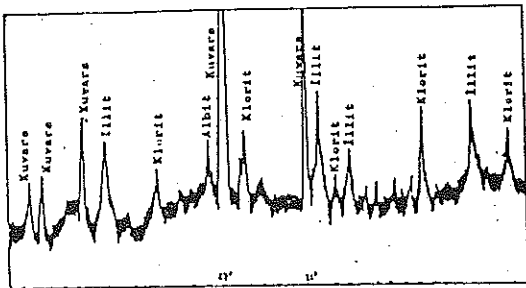
Örnek no: Ak-6
(Sample Nr. Ak-6)



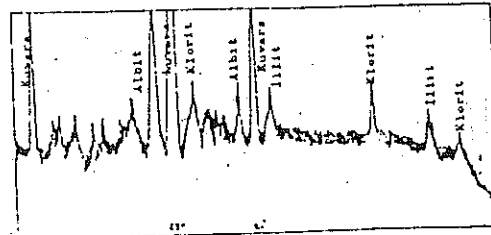
Örnek no: Ak-7
(Sample Nr. Ak-7)



Örnek no: Ak-8
(Sample Nr. Ak-8)

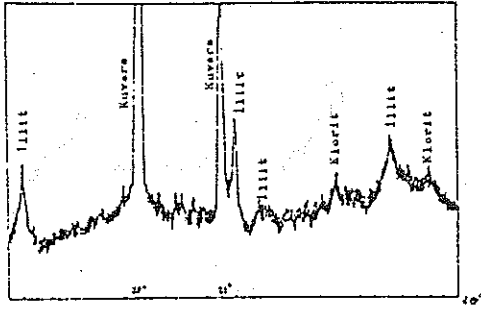


Örnek no: Ak-9
(Sample Nr. Ak-9)

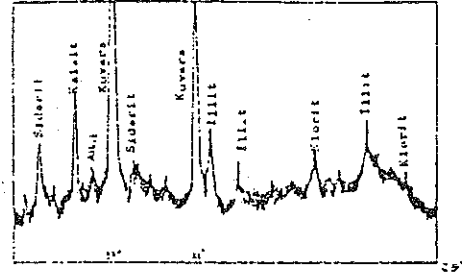


Örnek no: Ak-10
(Sample Nr. Ak-10)

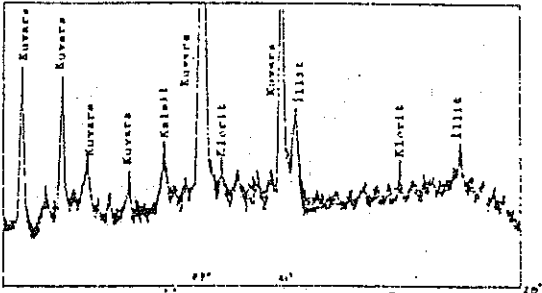
Şekil-5—Akgöl Formasyonunun (Ö. S. K-1) hakim mineralojik bileşenlerini gösteren tüm kayaç X-Ray Difraktogramları
Figure 5—The X-Ray diffractograms showing dominate mineralogic components of Akgöl formation (measured section -1).



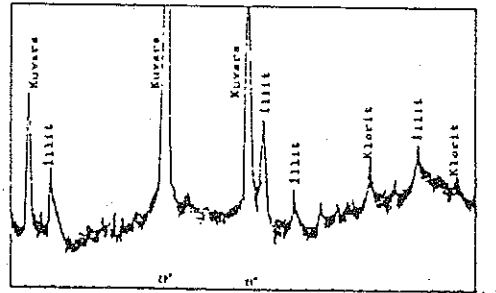
Örnek no:Çağ-4
(Sample Nr.Çağ-4)



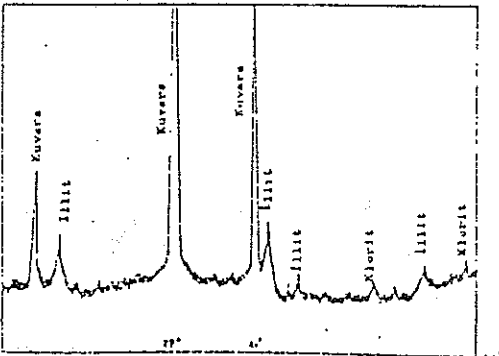
Örnek no:Çağ-7
(Sample Nr.Çağ-7)



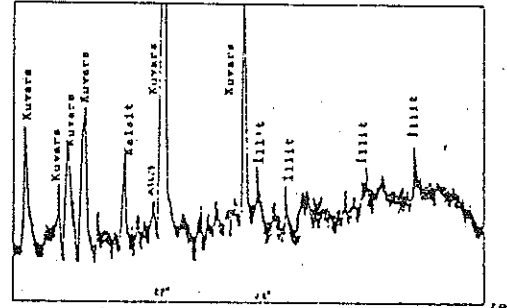
Örnek no:Çağ-8
(Sample Nr.Çağ-8)



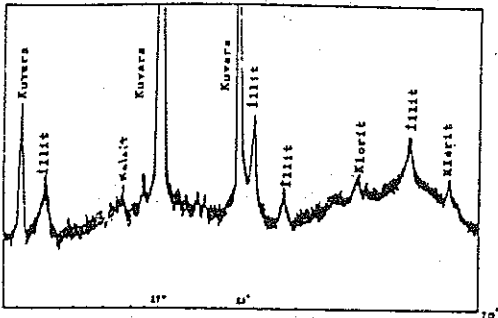
Örnek no:Çağ-10
(Sample Nr.Çağ-10)



Örnek no:Çağ-11
(Sample Nr.Çağ-11)



Örnek no:Çağ-12
(Sample Nr.Çağ-12)



Örnek No:Çağ-13
(Sample Nr.Çağ-13)

Şekil 6— Çağlayan Formasyonunun (Ö. S. K-3) hakim mineralojik bileşenlerini gösteren tüm kayaç X-Ray Difraktoğramları
Figure 6— X-Ray diffractograms showing dominant mineralogical components of Çağlayan formation (measured section-3).

ana kaya olup olamayacaklarını araştırmak üzere organik jeokimyasal analizlere tabi tutulmuşlardır. Bu analizler toplam organik karbon miktarı, Rock-Eval, kil minerali ve spor renk indisi analizleridir. Sedimanter bir havzada biriken ve organik madde ihtiva eden istiflerin jeolojik zamanlar boyunca petrol veya doğal gaz üretip üretemeyecekleri yapılan organik jeokimyasal analizler sonucu ortaya çıkarılabilmektedir.

a) Toplam Organik Karbon Analizleri (TOC)

Petrol ana kaya değerlendirilmesinde kullanılan analiz türüdür. Kayaç içindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kayaç dışına atılmamış hidrokarbonlara ait karbon miktarının toplamı Durant ve diğ. (1972), Johathan ve diğ. (1967) ve Hunt (1983) tarafından toplam organik madde olarak adlandırılır.

Ana kaya için sınır değer olarak % 0,50 Momper (1978), Dow Hunt (1983), Welte (1965), Mc. Iver (1967) tarafından kabul edilmektedir. Bu değerlerden daha düşük oranda organik karbon bulunduran kayaçlar ana kaya değerlendirilmesi dışında bırakılmıştır.

Laboratuvarda onsekiz adet örneğin Toplam Organik Karbon miktarı analizleri yapılmıştır (Tablo-1). Bunlardan yedi adedi Çağlayan formasyonuna ait olup, TOC miktarı % 0,78 ile 1,26 değerleri arasında, yedi adedi de Akgöl formasyonuna ait olup, TOC miktarı % 0,21 ile 0,68 değerleri arasındadır. Gürsökö formasyonuna ait üç adet örnek ise % 0,36-0,71 arasında TOC değeri vermiştir. Yemişliçay formasyonundan bir örneğin TOC değeri ise % 0,08 olarak saptanmıştır.

b) Rock-Eval Analizleri

Espitalite ve diğ. (1977)'ne göre ana kaya potansiyelini saptamada yardımcı olan bu analizler ayrıca kayaçlardaki organik maddenin cinsini ve geçirdiği safhaları ortaya koyar.

Bu analizler özel bir ısı programında ve oksijensiz bir ortamda yapılarak örnek pirolize tabi tutulmaktadır. Bunun için yaklaşık olarak 100 mg. örnek öğütülür ve özel yapılmış çelik bir hücre içerisine konur. Bu sıcaklık artırımı sırasında devreye giren dedektörler yardımıyla önce açığa çıkan hidrokarbon gazlarının miktarı, daha sonra 300-550 C° ye kadar artırılır. Bu sıcaklık artırımı sırasında devreye giren dedektörler yardımıyla önce açığa çıkan hidrokarbonlar ve 400 C° ye kadar açığa çıkan CO₂ miktarı bulunur. 300 C° ye kadar açığa çıkan hidrokarbonlar (S₁) kayadaki serbest hidrokarbonları, 300 C° den sonra açığa çıkanlar (S₂) ise kerojenin parçalanması sonucu oluşan hidrokarbonları gösterirler. 400 C° nin altında oluşan karbondioksit (S₃) karbondioksit olarak tanımlanmaktadır.

T max değeri piroliz sarısında kerojenin parçalanması sonucu açığa çıkan hidrokarbon miktarının maksimumuna ulaştığı sıcaklığı göstermektedir.

Bu verilerin yanında üretim indeksi $PI = S_1 / S_2$

Hidrojen İndeksi $HI = S_2 / Corg \%$

Oksijen İndeksi $OI = S_3 / Corg \%$

Jenetik Potansiyel $= S_1 + S_2$

ve kerojen tipi bulunabilmektedir (Tablo-2). Bir ton ana kayada kilogram cinsinden hidrokarbon miktarı Tissot ve Welte (1965/ye göre ana kayanın jenetik potansiyeli olarak tanımlanır. Bu tanıma göre jenetik potansiyel şu aralıklarda değerlendirilir.

$S_1 + S_2 < 2$ kg / ton ise petrol ana kayası olamaz nadiren doğal gaz verir.

2 kg / ton $S_1 + S_2 < 6$ kg/ton ise orta derecede ana kaya potansiyeline sahiptir.

6 kg / ton $S_1 + S_2$ ise kaya iyi potansiyele sahiptir.

Laboratuvarda Çağlayan formasyonundan dokuz ve Kusuri formasyonundan bir adet olmak üzere toplam on adet örneğin Rock Eval analizleri yapılmış ve bu örnekler n S₁, S₂ T max, PI, HI değerleri ve kerojen tipleri bulunmuştur (Tablo-2).

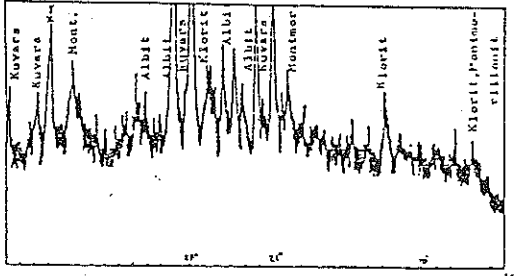
c) Kil Minerali Analizleri

Bu analizlerle tespit edilen kil mineralleri tortul havzaların jeokimyasal gelişimini ortaya koymakta ve petrol kaynakları olarak kayaçların ana kaya potansiyellerinin belirlenmesinde uzun zamandan beri kullanılmaktadır.

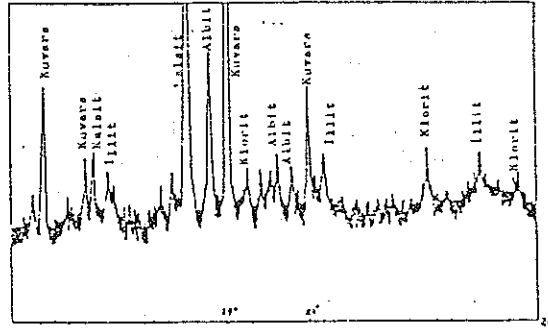
Petrol endüstrisinde önemli olan kil minerallerinin birbirine dönüşümleri ve bu dönüşümlerin gerçekleştiği dönüşüm sıcaklıkları petrol oluşum sıcaklığı ile çakışmaktadır.

Bir kil minerali olan simektit'in önce düzensiz karışık tabakalı illit-simektit'e daha sonra düzenli tabakalı illit-simektit'e ve neticede illit'e dönüşümü 65-150 C° sıcaklıkları arasında gerçekleşmektedir. Bilindiği gibi petrolün oluşum sıcaklığı da 65-150 C° sıcaklıklarda gerçekleşmekte ve petrolün oluşum sıcaklığı ile bu tür killerin birbirine dönüşüm sıcaklığı çakışmaktadır. Yapılan analizlerde bu tür killerin varlığı ile petrolün oluşum zonu tespit edilebilmekte ve bu ilişkinin gözlemlendiği seviyeler petrol oluşum zonuna tesadüf etmektedir.

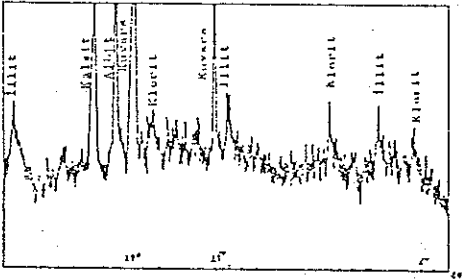
Derin tortular içinde yer alan su, 150 C° sıcaklıkta büyük miktarlarda hidrokarbon çözünmesini sağlar. Simektit'in illit'e dönüşümü Perry ve Hower (1972)'nin düşüncelerine göre hidrokarbon oluşumu için büyük oranlarda ve yeterli sıcaklıktaki su oluşumu ile sonuçlanır.



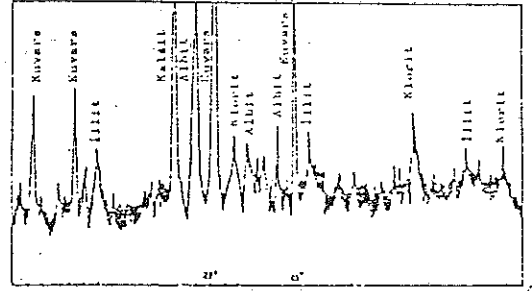
Örnek no: Gür-5
(Sample Nr.Gür-5)



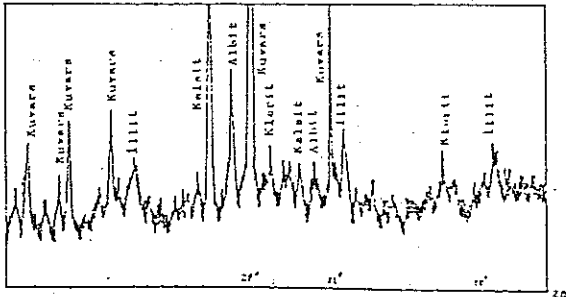
Örnek no: Gür-7
(Sample Nr.Gür-7)



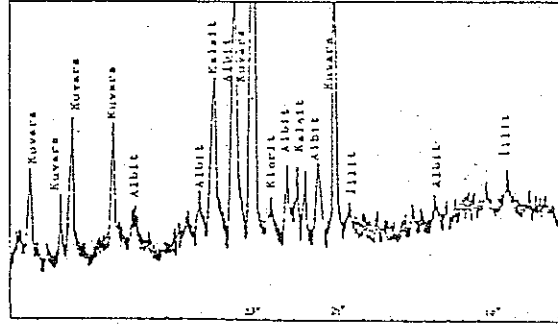
Örnek no: Gür-9
(Sample Nr.Gür-9)



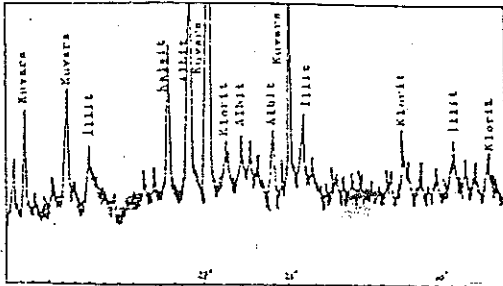
Örnek no: Gür-12
(Sample Nr.Gür-12)



Örnek no: Gür-14
(Sample Nr.Gür-14)



Örnek no: Gür-17
(Sample Nr.Gür-17)



Örnek No:Gür-21
(Sample Nr.Gür-21)

Şekil 7— Gürsöktü formasyonunun hakim mineralojik bileşenlerini gösteren tüm kayaç X-Ray difraktogramları.
Figure 7— The X-Ra diffractograms formation showing dominate mineralogic compenents of the Gürsöktü.

Spor renk ind. Spor colour in	35 45	6	7	8	9	10				
Vitrinit yans. Vit.Reflec. %	05	06	07	08	10	12				
Mineralojik Zonlarına	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KİL MINERALLERİNİN TİPLERİ VE TANIMLATICI (CLAY MINERALS TYPE AND CHARACTERISTIC) PIKLERİ (Å) PEAK	SMEKTİT 1699-842									
	SMEKTİT DÜZENSİZ I/S 1699-855		DÜZENSİZ I/S 1699-885	DÜZENSİZ I/S 1699-895-970	DÜZENSİZ I/S F 1699-920/ I2C-930	DÜZENSİZ I/S (ALEVARDIT) 935-945	DÜZENSİZ I/S (ALEVARDIT) 945-965	DÜZENSİZ I/S (ALEVARDIT) 955-965	DÜZENSİZ I/S (ALEVARDIT) 965-985	İLLİT 10
Olgunlaşma Zonları (Maturation zo.)	Olgunlaşmış	Erken Olgunlaşmış	Orta Olgunlaşmış	Orta-İleri Olgunlaşmış	İleri Olgunlaşmış	Aşırı Olgunlaşmış	Metamorfik Zon			
SICAKLIK (°C) TEMPERATUR (°C)	65	90	120	135	150	200				

Şekil 8— Kil Mineralleri, Spor Renk İndisi (SCI) ve olgunlaşma ilişkisi (Çubukcu, 1983)

Figure 8— Relations between clay minerals, spor colour index and maturity (Çubukcu, 1983).

Akgöl, Çağlayan ve Gürsöku formasyonlarına ait toplam yirmiiki adet örneğin tüm kayaç X-Ray difraktogramları çekilmiş ve kil mineralleri bulunmuştur (Şekil-5, 6, 7).

d) Spor-Renk İndeksleri (SCI)

Bu değerler ile ana kayanın hangi olgunlaşma zonuunda olduğu bulunabilmektedir. Çökeltme havzasında gömülmenin artması sonucu artan sıcaklık ve basınç nedeniyle spor renklerinde değişimler olur. Düşük diyajenez ve olgunlaşmanın olmadığı dönemde spor renk indisi değerleri düşük, ileri diyajenez ve aşırı olgunlaşma döneminde SCI değerleri Çubukcu (1983)'ya göre yüksek olmaktadır (Şekil-8). Çağlayan formasyonundan iki, Gürsöku formasyonundan iki, Akgöl ve Kusuri formasyonlarından birer adet olmak üzere toplam altı adet örneğin spor renk indisi analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen değerler 4.0 ile 10 (?) arasında değişmektedir (tablo-3).

4.1.2. Ana Kaya Değerlendirmesi

Gerek saha gözlemleri ve gerekse laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre inceleme alanında ana kaya görünümü veren birimler Akgöl, Çağlayan ve Gürsöku formasyonlarıdır.

a) Akgöl formasyonu: Bölgede saha çalışmaları ile ana kaya olduğu düşünülmüş formasyonlardan biridir. Koyu gri-siyah renkli, killi, ince dokulu olması nedeni ile ilk bakışta ana kaya görünümü vermektedir.

Formasyondan alınan örneklerden yedi adeti toplam organik karbon analizine tabi tutulmuştur (Tablo-1). Bu analizler sonucu bulunan değerler % 0.21-0.68 arasında değişmektedir. Değerlerin bir kısmının % 0.50'den büyük çıkması bize organik karbon miktarının yeterli olduğunu gösteriyorsa da yapılan organik madde tipi analizlerinde % 100 kömürümsü organik madde inertinit içermesi nedeni ile petrol potansiyelinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Formasyona ait bir adet örneğin SCI analiz değeri 10 (?) gibi yüksek bir değer çıkması birimin aşırı olgunlaşmış anşimetamorfik zona tekabül ettiğini gösterir (Şekil-8). Yapılan tüm kayaç X-Ray difraktogram analizlerinde illit ve klorit türü killere tesadüf edilmiştir. Bu sonuçta kayacın yeterince gömüldüğüne ve organik madde nin yeterli olgunluğa eriştiğine işaret edebilir.

Korkmaz (1984), Akgöl formasyonunun organik karbon yönünden orta derecede ana kaya özelliği taşıdığını ve vitrinit yansıması ölçümlerinde ise yüksek bir değer elde edildiğini ve kayacın metajenez evrede bulunduğunu belirtmiştir. Bu nedenle formasyonun ancak gaz üretebileceği görüşündedir.

Gedik ve Korkmaz (1984), Akgöl formasyonunun orta derecede ana kaya olabileceğini ve metajenez safhasında olup kuru gaz üretebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca vitrinit yansıması değerinin % 4.35 değerinde, toplam organik karbon değerinin ise % 0.58-0.98 değerleri arasında olup ana kaya potansiyelinin zayıf olduğunu saptamışlardır.

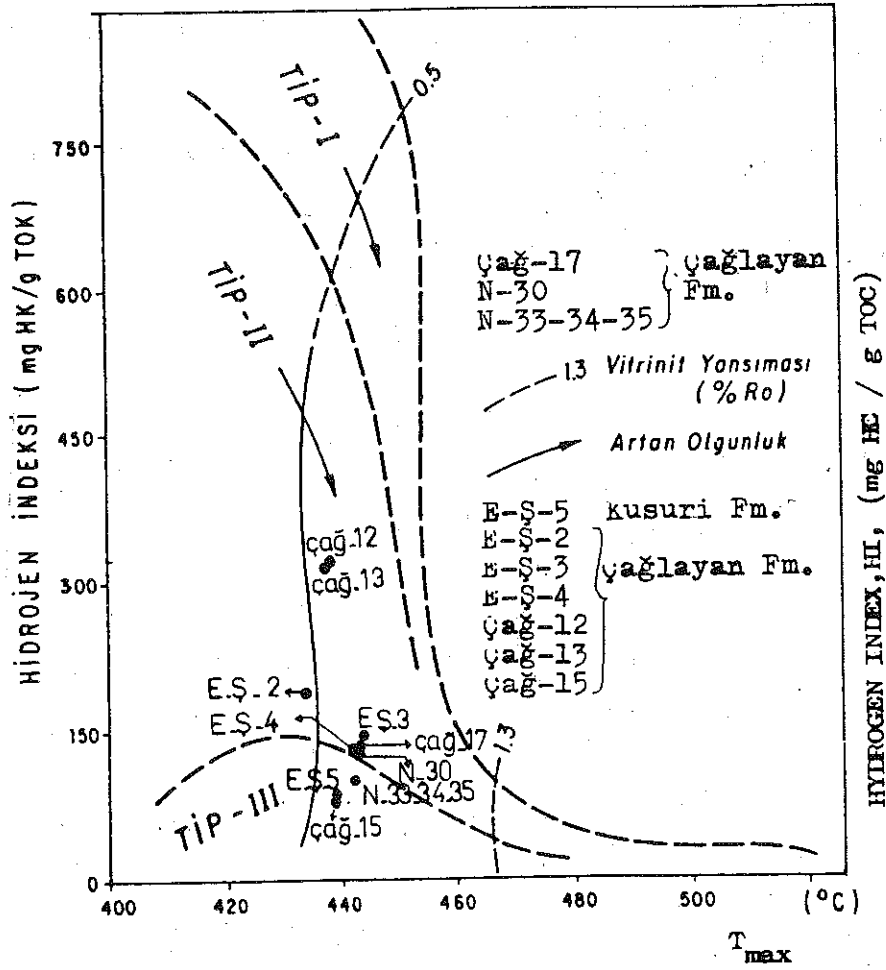
Bu çalışmada yapılmış olan laboratuvar analizlerinin sonuçları, daha önceki çalışmacıların Laboratuvar sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Akgöl formasyonu, elde edilen bu değerlere göre metajenez safhasında olup gaz verebileceği anlaşılmaktadır.

b) Çağlayan formasyonu: Bölgede ana kaya olarak değerlendirilebileceğimiz birimlerden ikincisi bu formasyondur. Çalışma sahasının kuzey kesimlerinde bulunan koyu gri-siyah renkli ve bitüm içeriği fazla olan seviyeler ana kaya olarak değerlendirilebilir. Formasyonun bu seviyesinden alınan örnekler laboratuvarında toplam organik karbon analizlerine tabi tutulmuş ve organik karbon miktarları yüksek değerlerde çıkmıştır (Tablo-1).

Tablo 1: Akgöl, Çağlayan, Yemişliçay ve Gürsöku formasyonlarından alınan örneklerin Toplam Organik karbon değerleri

Table 1: Total Organic Carbon results of Akgöl, Çağlayan, Yemişliçay and Gürsöku formations samples.

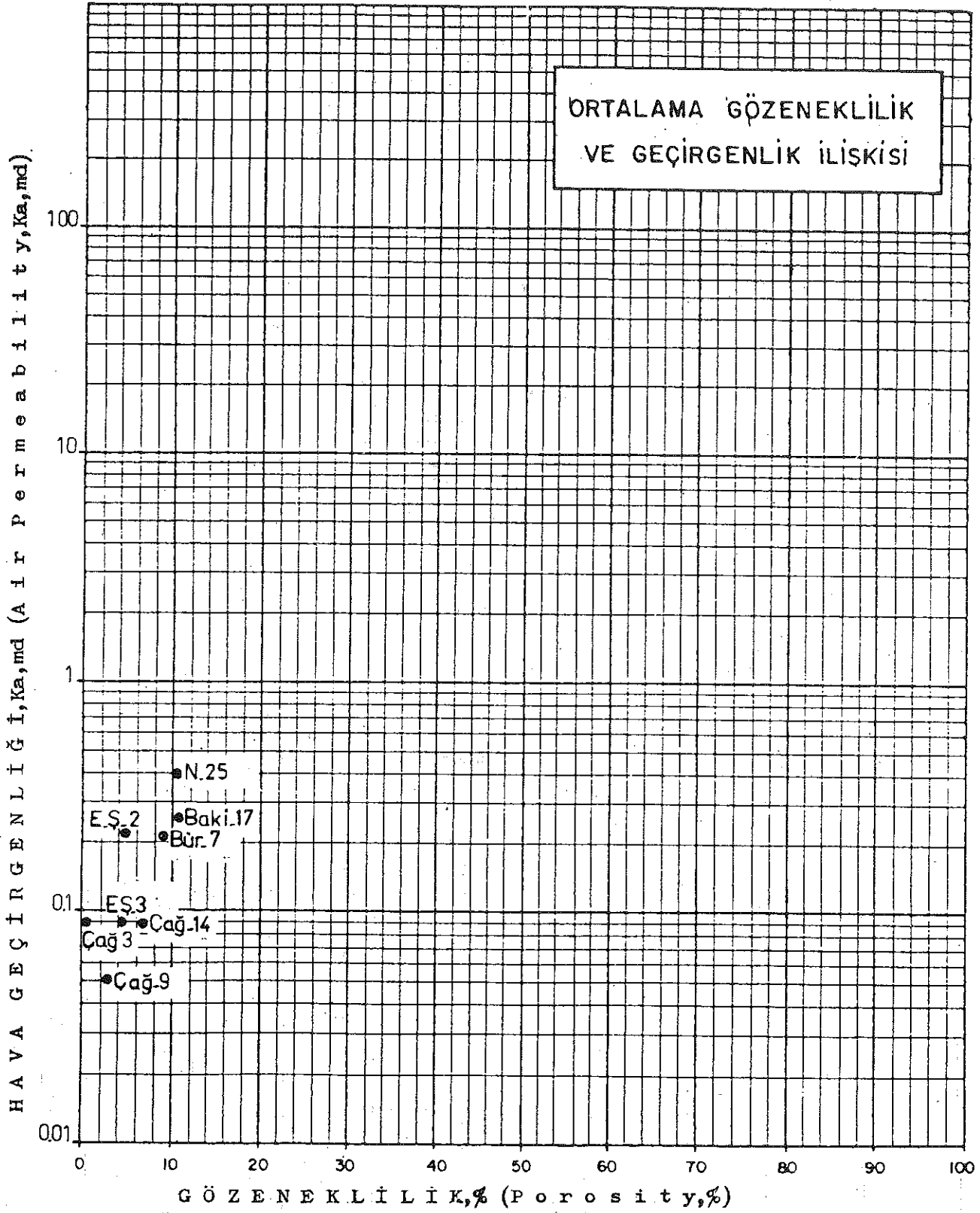
Kesit No	Formasyon Adı	Formasyonun Yaşı	Numune Simgesi	Toplam Organik Karbon
5	Gürsöku	Üst Kretase	Gür-14	0.36
6	Gürsöku	" "	Baki-6	0.52
6	Gürsöku	" "	Baki-7	0.71
6	Yemişliçay	" "	Baki-8	0.08
3	Çağlayan	Alt Kretase	Çağ-10	0.78
3	Çağlayan	" "	Çağ-12	1.26
3	Çağlayan	" "	Çağ-13	1.12
3	Çağlayan	" "	Çağ-15	1.08
6	Çağlayan	" "	Baki-17	1.06
	Çağlayan	" "	N-30	1.14
	Çağlayan	" "	N-33-34-35	1.16
1	Akgöl	Triyas - Jura	Ak-1	0.28
1	Akgöl	" "	Ak-2	0.68
1	Akgöl	" "	Ak-5	0.34
1	Akgöl	" "	Ak-6	0.50
1	Akgöl	" "	Ak-7	0.44
1	Akgöl	" "	Ak-9	0.61
	Akgöl	" "	N-22	0.21



Şekil 9—Çağlayan ve Kusuri Formasyonlarına ait örneklerin Hidrojen İndeksi ve Tmax ilişkisi
Figure 9—Relation of Hydrogen Index (HI) and T_{max} for Çağlayan and Kusuri formations sampler.

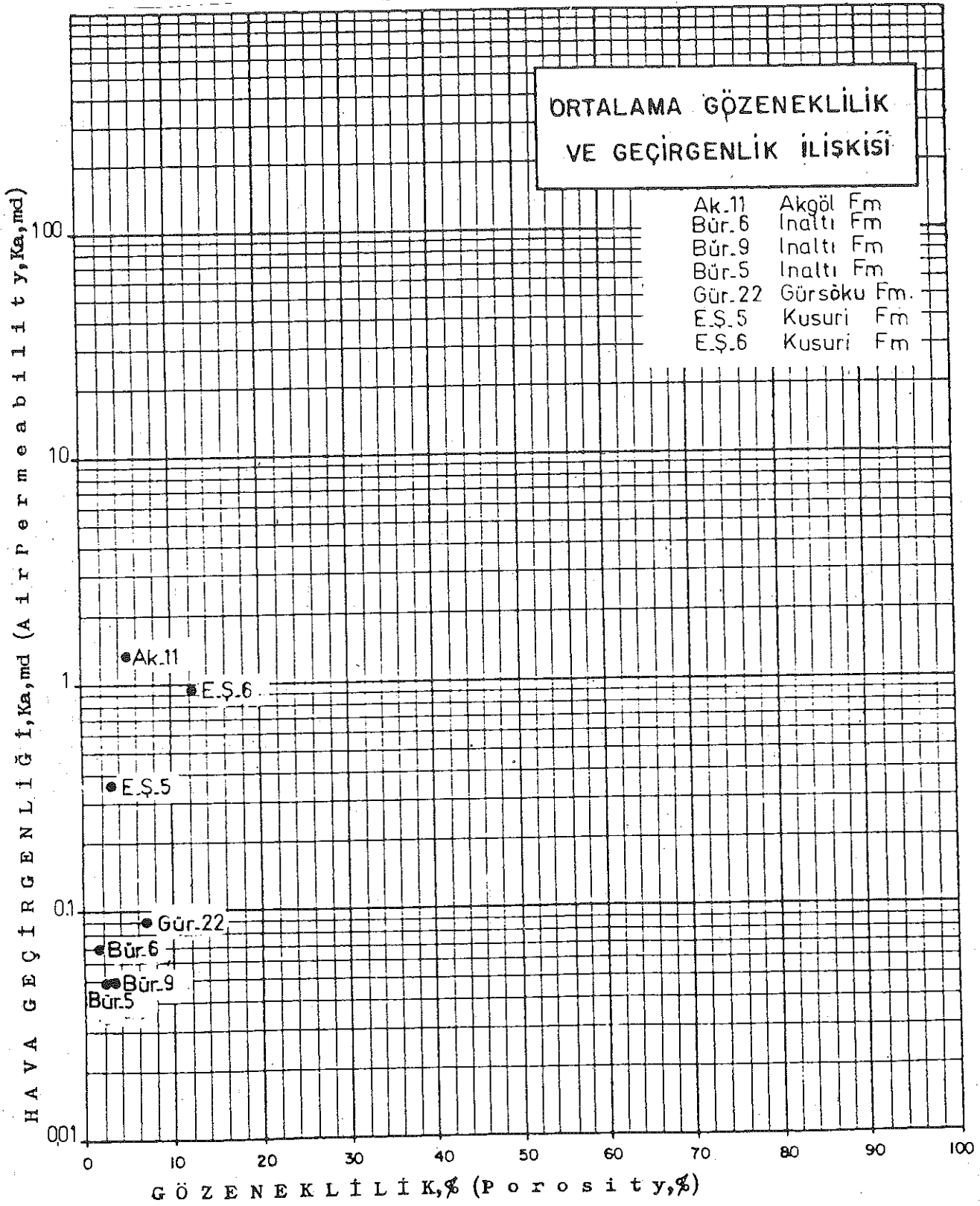
Tablo 2: Çağlayan ve Kusuri formasyonlarına ait örneklerin piroliz değerleri
Table 2: Pyrolyse results of Çağlayan and Kusuri formations samples.

Numune Simgesi	Formasyon Adı	Formasyonun Yaşı	S ₁	S ₂	Adı	Yaşı	Hidrojen indeksi (HI)	Jenetik Potansiyel	Kerojen tipi
E-S-5	Kusuri	Orta Eosen	0.02	1.16	439	0.02	88	1.18	TIP II
Çağ-12	Çağlayan	Alt Kretase	0.17	3.16	438	0.05	325	3.33	TIP II
Çağ-13	Çağlayan	" "	0.27	3.65	437	0.07	323	3.92	TIP II
Çağ-15	Çağlayan	" "	0.03	0.90	439	0.03	82	0.93	TIP III
Çağ-17	Çağlayan	" "	0.08	1.47	443	0.05	144	1.55	TIP II
N-30	Çağlayan	" "	0.13	1.65	443	0.07	144	1.78	TIP II
N-33,34,35	Çağlayan	" "	0.03	1.25	443	0.02	110	1.28	TIP III
E-S-2	Çağlayan	" "	0.02	3.35	434	0.02	193	3.37	TIP II
E-S-3	Çağlayan	" "	0.22	2.33	444	0.09	146	2.55	TIP III
E-S-4	Çağlayan	" "	0.09	2.00	442	0.04	140	2.09	TIP II



Şekil 10— Çağlayan formasyonuna ait gözeneklilik ve hava geçirgenliği (Ka) ilişkisi.

Figure 10— Relationship between the porosity and permeability for Çağlayan formation



Şekil 11— Akgöl, İnaltı, Gürsöku ve Kusuri Formasyonlarına ait Gözeneklilik ve Hava Geçirgenliği (Ka) ilişkisi
Figure 11— Relationship between the porosity and permeability for Akgöl, İnaltı, Gürsöku and Kusuri formations.

Tablo 3: Çağlayan ve Kusuri formasyonlarına ait örneklerin piroliz değerleri
Table 3: Pyrolyse results of Çağlayan and Kusuri formations samples.

Numune Simgesi	Formasyon Adı	Formasyonun Yaşı	ORGANİK MADDE TİPİ				
			SCI	Amorf	Otsu	Odunsu	Kömürsü
E-S-6	Kusuri	Orta Eosen	40	15	15	40	30
Gür-7	Gürsöktü	Üst Kretase	10(?)	-	-	-	100
Gür-14	Gürsöktü	" "	?	-	10	10	80
Çağ-10	Çağlayan	Alt Kretase	4.0	20	15	30	35
E-S-3	Çağlayan	" "	6.5	40	25	20	15
Ak-2	Akgöl	Triyas - Jura	10(?)	-	-	-	100

Analiz sonuçlarının: 0.78-1.16 arasında çıkması Çağlayan formasyonuna ait şeylerin orta ve iyi derecede ana kaya olabileceğini göstermektedir. Yine bu seviyelerden alınan örneklerin Rock-Eval analizleri yapılmıştır, Dokuz adet örnek üzerinde uygulanan bu analizler ile S_1 , S_2 , T max değeri, üretim indeksi, hidrojen indeksi hesaplanmış ve ayrıca bu değerlerden formasyonun jenetik potansiyeli bulunmuştur (Tablo-2)

Hesaplanan jenetik potansiyel değerleri 0.93-3.92 arasında çıkmıştır. Böylece bu formasyonun zayıf ve orta derecede ana kaya potansiyeline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca piroliz sonucu elde edilen HI ve T max değerlerinin birbiri ile olan ilişkisinden kerojen tipi bulunmuştur.

Çağlayan formasyonuna ait toplam dokuz adet örneğin HI ve T max ilişkisinden kerojen tipinin Tip II ve Tip III olduğu petrol ve biyojenik gaz zonuna düştüğü görülmüştür (Şekil-9).

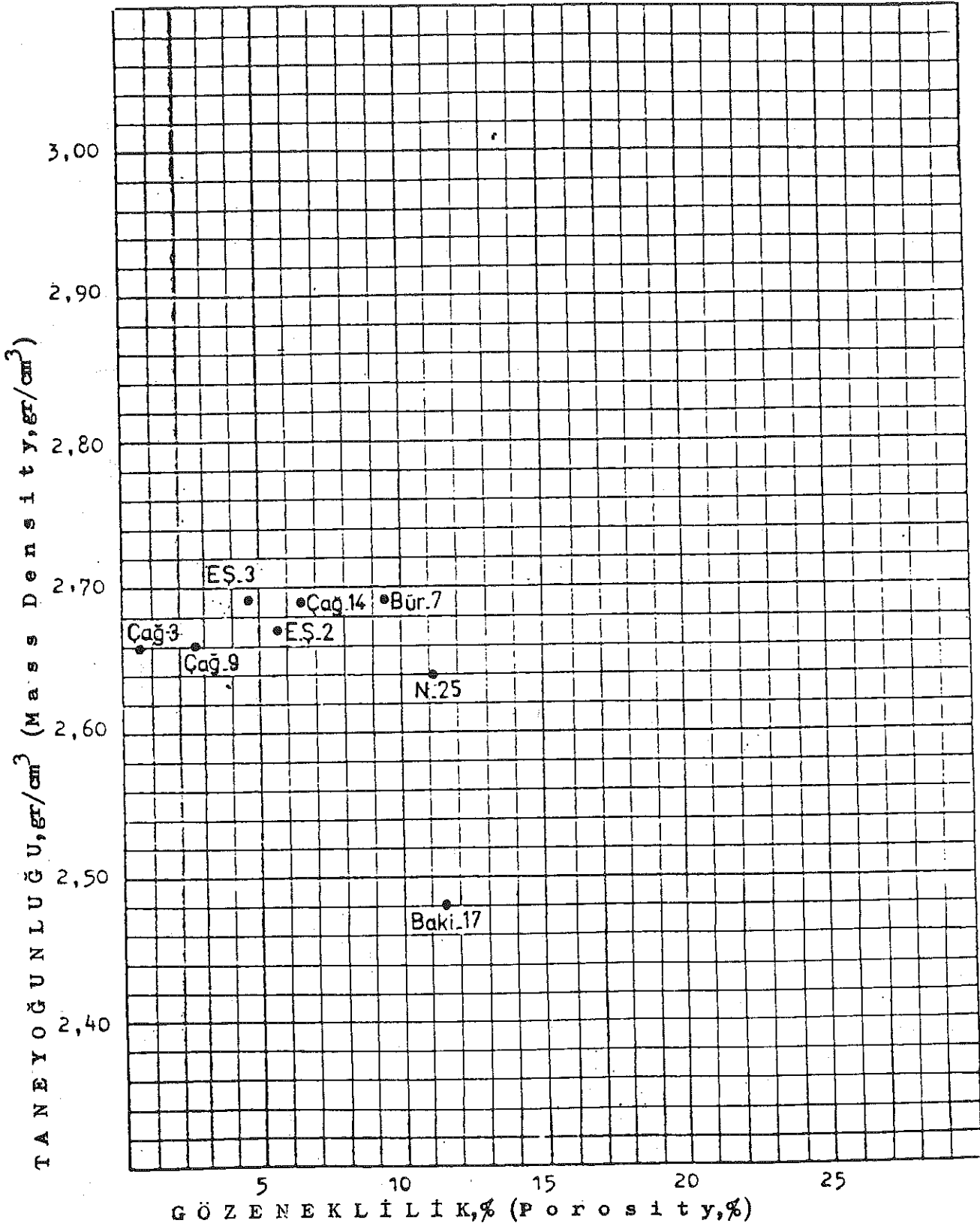
Tablo 4: Gözeneklilik ve Geçirgenlik verileri
Table 4: Porosity and permeability data

Kesit No	Formasyon Adı	Numune Simgesi	Formasyonun Yaşı	Gözeneklilik %	Geçirgenlik		Tane yoğunluğu gm/cc
					Ka	KI	
	Kusuri	E-Ş-5	Orta Eosen	3.70	0.368	0.236	2.67
	Kusuri	E-Ş-6	" "	12.04	0.98	0.67	2.71
5	Gürsöktü	Gür-22.	Üst Kretase	7.05	0.09	0.05	2.72
3	Çağlayan	Çağ-3	Alt Kretase	0.77	0.09	0.05	2.66
3	Çağlayan	Çağ-9	" "	2.62	0.05	0.03	2.66
3	Çağlayan	Çağ-14	" "	6.58	0.09	0.05	2.69
	Çağlayan	Bür-7	" "	9.42	0.22	0.14	2.69
6	Çağlayan	Baki-17	" "	11.72	0.26	0.16	2.48
	Çağlayan	N-25	" "	11.09	0.40	0.25	2.64
	Çağlayan	E-Ş-2	" "	5.85	0.231	0.14	2.67
	Çağlayan	E-Ş-3	" "	4.76	0.09	0.05	2.69
2	İnalıtı	Bür-5	Dogger Malm	2.40	0.04	0.02	2.69
2	İnalıtı	Bür-6	" "	1.43	0.06	0.04	2.70
	İnalıtı	Bür-9	" "	3.09	0.04	0.02	2.70
1	Akgöl	Ak-11	Triyas - Jura	5.19	1.47	1.02	2.69

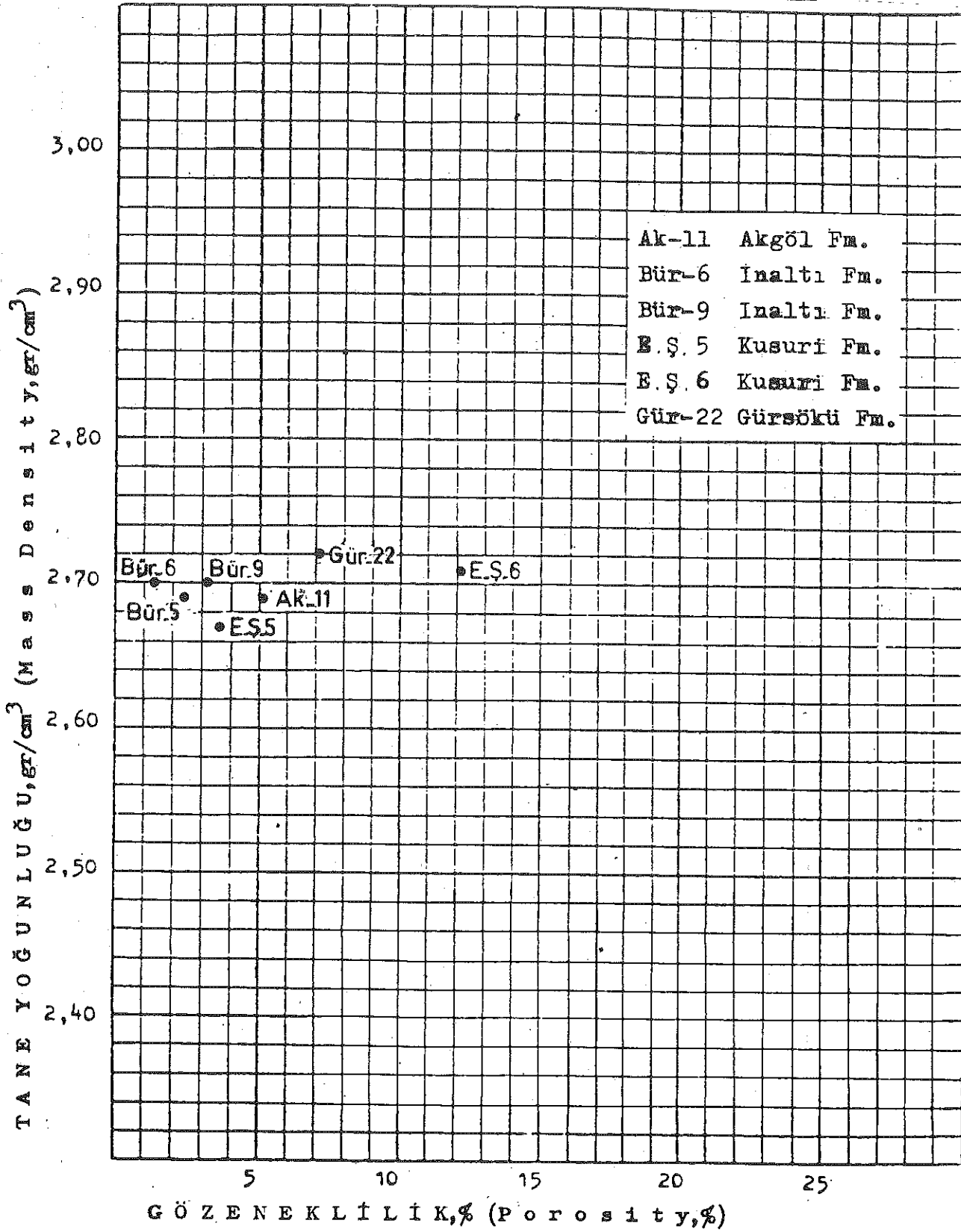
Çağlayan formasyonunun petrol üretebileceği ayrıca organik madde tipinden de anlaşılmaktadır. Kömürsü, amorf, otsu ve odunmsa organik madde içermesi nedeniyle petrol ve gaz üretebileceği söylenebilir.

Yapılan spor renk indisi analizlerinden (SCI) 4-6.5 arasında değerler elde edilmiştir (Tablo-3). Bu değerler Şekil-8'de yerine konulduğunda düzensiz illit-simektit ile düzenli illit-simektit zonu arasında bir yayılım gösterdiği ve erken, orta, ileri derece olgunlaşma zonlarında olduğu görülmüştür. Bütün laboratuvar verilerinin birbiri ile uyumluluk göstermesi Çağlayan formasyonunun gri-siyah renkli şeylerini, orta ve iyi derecede ana kaya olabileceğini göstermektedir.

Korkmaz (1984), Çağlayan formasyonunun organik karbon yönünden iyi derecede ana kaya özelliği gösterdiğini, hidrokarbon oluşturabilecek nitelikte olduğunu, vitrinit yansması ve Rock-Eval analizleri ile illit kristallik ölçümleri birimin hidrokarbon oluşturabilecek katajenez evreye eriştiğini belirtmektedir.



Şekil 12— Çağlayan Formasyonuna ait Gözeneklilik ve Tane Yoğunluğu ilişkisi
 Figure 12— Relationship of porosity and grain density for Çağlayan formation



Şekil 13— Akgöl, İnaltı, Gürsöktü ve Kusuri Formasyonlarına ait Gözeneklilik ve tane Yoğunluğu ilişkisi
 Figure 13— Relation of porosity and grain density for Akgöl, Gürsöktü and Kusuri formations

Gedik ve Korkmaz (1984), Çağlayan formasyonunun ikinci ve üçüncü tip kerojen içerdiğini, katajenez safhasında olgun ana kaya olduğunu belirtmektedirler. Vitri-nik yansıması değerlerinin : 0.65-0.92 değerleri arasında olduğunu ve bu değerlerle katajenez safhasını gösterdiğini belirtmişlerdir. Organik karbon değerlerinin de % 1.57 gi-bi yüksek bir değere ulaşması, bütün bu verilerden Çağla-yan formasyonunun yer yer iyi ana kaya özelliği yansıttı-ğını belirtmişlerdir.

Sonel (1988 a), Çağlayan formasyonun yer yer pet-rol ana kayası özelliği gösterdiğini ve organik madde ba-kımından zengin olduğunu petrol ve doğal gaz üretebile-ceğini analizlerle belirlemiştir. Ayrıca jenetik potansiyel değerlerine göre bazı örneklerin orta derece petrol ana ka-ya özelliği gösterirken bir kısım örneklerin jenetik potan-siyel değerlerinin düşük çıktığını belirtmektedir. Bu de-ğerlerden birimin bazı seviyelerinin petrol ana kayası ola-mayacağını açıklamıştır. Çağlayan formasyonu içindeki or-ganik maddenin yeterince olgunlaştığını ve metajenez saf-hasına eriştiğini, organik madde tiplerinde değişik kökenli maddelerin bulunmasıyla petrol ve gaz üretebileceğini be-lirtmiştir. Kil analizleri ile de yine formasyonun yeterince gömüldüğünü petrol doğal gaz verebileceğini saptamıştır.

Yapılan saha çalışmaları ve laboratuvar analizleri ve ayrıca bölgede çalışmış bütün araştırmacılarında belirtmiş olduğu gibi Çağlayan formasyonu yeterli olgunluğa eri-miş petrol ve doğal gaz verebilecek bir özelliktedir.

c) Gürsöku formasyonu : Çalışma sahasındaki ana kaya görünümde olan bir diğer birimde bu formasyondur. Bu formasyondan yapılan üç adet örneğin toplam organik karbon analizinin düşük sonuç vermesi formasyonun ana kaya olması ihtimalini güçleştirmekte ve formasyonun za-yıf anakaya olduğunu göstermektedir (Tablo-1). Formas-yondan alınan örneklerin SCI analiz değerlerinin Şekil-8'deki konumu nedeni ile formasyonun petrol üreteceği aşırı olgunlaşma ile gaz zonunu hatta anşimetamorfik zo-nu gösterdiği söylenebilirdi SCI değerlerinin yüksek çıkması düşündürücüdür (Tablo-3). Burada lokal bir de-ğişiklikte düşünülebilir (taşınma, hidrotermal alterasyon v. b.). Formasyonun kömürsü organik madde içermesi (iner-tinit) yine petrol üretebileceğini ve petrol potansiyeli yö-nünden bir değer taşımadığını göstermektedir.

Formasyona ait killi örneklerin X-Ray difraktog-ramlarında çoğunlukla illit ve klorit tipi kil minerallerinin bulunuşu, birimin yeterli derinliğe gömüldüğünü göster-mektedir (Şekil-7).

Bütün bu değerlerden görülmeyen saha çalışmaları-na göre ana kaya görünümü veren Gürsöku formasyonu ana kaya özelliklerine sahip değildir.

Korkmaz (1984), bu formasyonun orta derecede ana kaya özelliği taşıdığını ancak vitrinit yansıması, Rock-Eval analizleri ile illit kristallik ölçümleri sonucu formasyonun tam olgunlaşmadığını ve bu nedenle de biri-min hidrokarbon oluşturma potansiyelinin zayıf olduğunu belirtmiştir.

Gedik ve Korkmaz (1984), bu formasyonun III. tip kerojen içerdiğini organik jeokimyasal analizler sonucu formasyonun olgun ana kaya olduğunu ancak organik kar-bon değerlerinin ortalamasının % 0.32 olduğunu ve bu ne-denle zayıf ana kaya olabileceğini belirtmişlerdir.

Gerek laboratuvar sonuçlarının değerlendirilmeleri ve gerekse araştırmacıların bulguları Gürsöku formas-yonunun ana kaya olamayacağını göstermektedir.

4.2. Hazne Kaya Fasiyeleri

Petrol oluştuktan sonra büyük bir çoğunlukla oluş-tuğu yerde kalmaz daha gözenekli müsait ortamlara göç-eder. Petrolü taşıyan geçirgen ve/veya gözenekli kayalar genelde hazne kaya olarak adlandırılır. Bir formasyonun hazne kaya potansiyelinin belirlenmesinde istiflerin sun-duğu gözeneklilik, geçirgenlik, kapiller basınç ve tane yo-ğunlukları göz önünde bulundurulur.

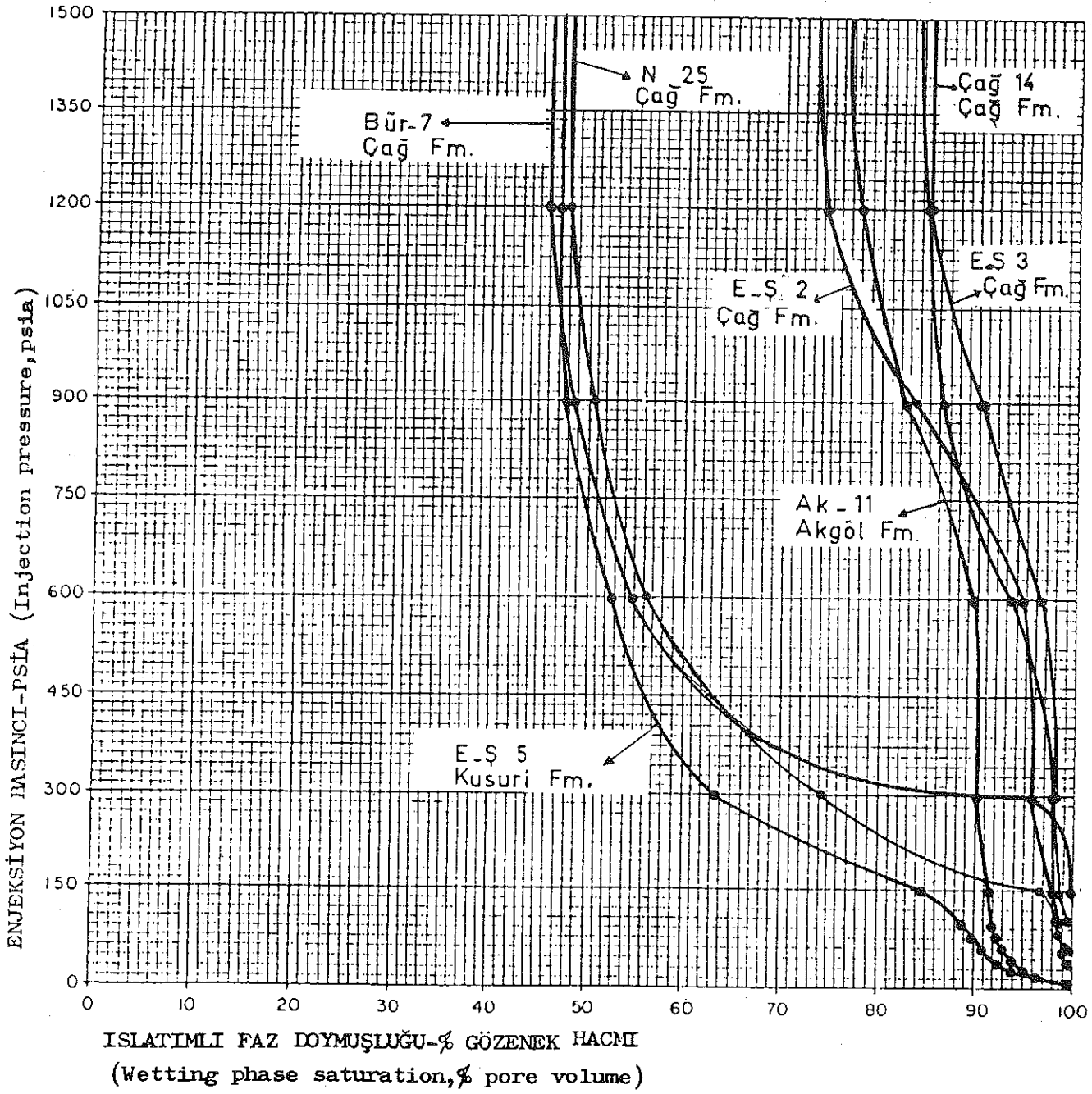
Petrol hazne kaya değerlendirmeleri ve laboratuvar incelemeleri üzerinde bu güne kadar pek çok araştırmacı çalışmıştır. Bunlardan; Schmidt (1953), Miessner (1970, 1973, 1974), Tunn (1960), Purcell (1949), Archie (1950), Westbrook (1945), Rieckmann (1963), Rieckmann ve Ba-ker (1962), Loversen (1967)'in araştırmaları gösterilebilir.

a) Gözeneklilik

Bir hazne kayanın gözenekli olması taneler arasın-da boşlukların bulunması demektir. Bu boşlukların birbir-leriyle irtibatlı olması ideal hazne kaya özelliğini gösterir.

Tablo-5 Hazne kayanın gözeneklilik-geçirgenlik ilişkileri (Loversen, 1967).
Tablo-5 Porosity-permeability relations of rezervuar rock (Loversan, 1967).

Gözeneklilik (%)	Geçirgenlik (md)	Yorum
0-5	-	Önemsiz
5-10	-	Fakir
10-15	1-10	Orta
15-20	10-100	İyi
20-25	100-1000	Çok İyi



Şekil 14— Akgöl, Çağlayan ve Kusuri Formasyonlarında alınan örneklerin kapiler bariyer eğrileri
 Figure 14— Capillary pressure curves for Akgöl, Çağlayan and Kusuri formations.

Gözenekleri birbirleri ile irtibatsız olan kayalar petrol jeolojisi bakımından önem arz etmezler. Laboratuvarda yapılan gözeneklilik tayinleri helyum porozimetre cihazı yardımı ile Boyles kanunundan yararlanılarak yapılmıştır (Tablo-4).

b) Geçirgenlik ve Tane Yoğunluğu

İdeal bir hazne kayanın gözenekliliği yanında geçirgenliğinde iyi olması istenir. Gözenekli olan kayanın gözeneklerinin büyüklüğünün içindeki gaz veya ham petrolün akmasına müsaade etmek gerekir. Loverson (1967) hazne kaya değerlendirmesinde gözeneklilik ve geçirgenlik ilişkisinde aşağıdaki sınırları esas olarak kabul etmiştir.

Değerlerden görüldüğü gibi gözeneklilik ve geçirgenlik arasında doğru bir orantı vardır. Gözenekliliğin artması ile geçirgenlikte artmaktadır.

Geçirgenlik deneyleri Hassler tipi hücrede hazırlanan tapalardan kuru hava geçirilerek Darcy kanunundan faydalanılarak hesaplanmıştır. Ölçülen havaya göre geçirgenlik değerleri (Ka), Klingenberg düzeltmeleri ile mutlak geçirgenlik (Kl) değerlerine dönüştürülmüştür. Gözeneklilik ölçümlerinde yararlanılarak ayrıca örneklerin tane yoğunluğu hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerden gözeneklilik-geçirgenlik ilişkileri (Şekil-10, 11) ve gözeneklilik tane yoğunluğu ilişkileri kurulmuştur (Şekil-12, 13).

c) Kapillar Basınç Testleri

Birimlerden alınan örneklerin kapillar basınç testleri civa enjeksiyonu yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu testler neticesinde ıslatımlı faz doymuşluğuna karşı petrol-su kapillar basınç eğrisi olarak verilmiştir. Yapılan kapillar basınç testlerinde hazırlanan tapalar içerisine belli atmosfer basınçlarında civa enjekte edilerek kapillar basınç verileri elde edilmiştir (Tablo-6). Bu veriler ayrıca kapillar basınç eğrilerine dönüştürülmüştür (Şekil-14).

4.2.1. Hazne Kaya Değerlendirmesi

Çalışma sahasındaki hazne kaya görünümündeki birimler İnaltı, Çağlayan, Yemişliçay, Akveren ve Kusuri formasyonlarıdır. Yapılan hazne kaya analizlerinde elde edilen sonuçlar formasyonlardan bazılarının hazne kaya olmaya elverişli olmadığını göstermiştir. Gözeneklilik-geçirgenlik ve tane yoğunluğu analizlerine dayanılarak Çağlayan ve Kusuri formasyonları dışında kalan diğer formasyonların hazne kaya olamayacakları sonucuna varılmıştır. Değerlendirilmelerimiz, Loverson (1967), Archie (1950) Bieckmann (1963) ve Betz (1964)'in görüşleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

a) Çağlayan formasyonu (Kç)

Laboratuvarda yapılan toplam onsekiz adet gözeneklilik, geçirgenlik ve Tane yoğunluğu analizlerinden bu formasyonun bazı seviyelerinin yüksek gözeneklilik değeri göstermesi hazne kaya olabileceği fikrini vermektedir (Tablo-4). Bunun yanında geçirgenlik değerlerinin düşük verilir göstermesi hazne değerlendirme için olumsuzdur.

Yapılan gözeneklilik-hava geçirgenliği değerlendirmelerinde birimin hazne kaya yönünden ilginç bir durum arzmediği görülmektedir (Şekil-10). Burada örneklerin gözeneklilik değerleri % 10 ve altında dağılırken geçirgenlik değerleri oldukça iyi görülmeyle birlikte ideal bir hazne kayanın özelliklerini yansıtmamaktadır. Örneklerin gözeneklilik-tane yoğunluğu ilişkilerinden mineralojik bileşiminin oldukça olgun olduğu ve yoğunluğun 2.65-2.70 gr/cm³ arasında yoğunlaştığından anlaşılmaktadır.

Örneklerin civa enjeksiyonu ile yapılan kapillar basınç testlerinden elde edilen sonuçlar ıslatımlı faz doymuşluğu, kılcal basınç eğrilerinin hazne kaya için istenen ideal eğrileri sunmaması, formasyonun iyi hazne kaya olamayacağını ancak orta ve zayıf derecede hazne kaya olabileceğini göstermektedir. Ayrıca kapillar basınç eğrilerinden örneklerin gözenek dağılımının düzensiz olduğu ve ideal hazne kaya özelliklerini yansıtmadığı anlaşılmaktadır.

Korkmaz (1984), Çağlayan formasyonunda iri taneli kumtaşlarının iyi hazne kaya olabileceğini söylemiştir. Gedik ve Korkmaz (1984), Çağlayan formasyonunun gözeneklilik ve geçirgenlik değerlerine dayanarak hazne kaya olabileceğini gözenekliliğin asfalt emareli kumtaşlarında % 6.49, geçirgenliliğin ise 149.269 md. olduğunu belirtmişlerdir. Sonel (1988 b, c), Çağlayan formasyonunun bazı seviyelerinin gösterdiği gözeneklilik, geçirgenlik ve kapillar basınç değerlerine göre ancak orta derecede bir petrol hazne kayacı olabileceğini belirtmektedir. Formasyonun gözeneklilik ve geçirgenlik ilişkilerinde bariz bir açıklık görülmediğini, örneklerin değişik çapta gözenek dağılımı ve düşük geçirgenlik değerleri sunduğunu açıklamaktadır.

Yapmış olduğumuz laboratuvar çalışmaları sonucunda formasyona ait gözeneklilik değerlerinin % 0.77-12.04 arasında değişmesi ve geçirgenlik değerlerinde çok düşük çıkması, gözeneklilik-tane yoğunluğu değerlendirmelerinde örneklerin belli bir alanda kümelenmeleri ve örneklerin civa enjeksiyonu ile elde edilen kapillar basınç eğrilerinin hazne kaya için ideal eğrileri vermesi, formasyonun iyi hazne kaya özelliğine sahip olmadığını ve ancak alt seviyelerindeki kalın kumtaşı seviyelerinin ise orta derecede bir hazne kaya özelliği yansıttığını söyleyebiliriz.

b) Kusuri formasyonu (Tk)

Tablo 6: Civa enjeksiyonu kapiller basınç verileri
Table 6: Capillary pressure data of mercury injection

Numune No	Kesitl Çağ-14	Kesit-2 Bür-7	Kesit-5 Ak-11	N-25	E-S-2	E-S-3	E-S-5
Geçirgenlik, Md.	0.090	0.177	1.47	0.40	0.231	0.090	0.368
Gözeneklilik, %	6.58	6.67	5.19	11.09	5.85	4.76	3.70
Formasyon	Çağlay.	Çağlay.	Akgöl	Çağlay.	Çağlay.	Çağlay.	Kusuri
Enjeksiyon Basıncı, psia	Gözenek Çapı, Mikron	Islatımlı Faz Doymuşluğu % G.H.					
		Drenaj	Drenaj	Drenaj	Drenaj	Drenaj	Drenaj
3	70.960						
6	35.477						100.00
9	23.660						98.20
12	17.738			100.00			97.00
15	14.200			97.30			96.50
18	11.826			96.10			96.00
21	10.136			96.00			95.80
24	8.869			95.80			95.50
27	7.819			95.20			95.00
30	7.100			95.00		100.00	94.50
40	5.320	100.00		93.85	100.00	99.60	93.00
60	3.540	99.46		92.76	99.37	98.9	91.55
80	2.660	98.91		92.20	98.60	98.87	90.00
100	2.120	98.80		92.11	98.44	98.52	100.00
150	1.420	98.22	100.00	91.50	96.87	97.80	98.80
300	0.700	97.83	95.95	90.20	74.37	95.95	98.60
600	0.360	93.48	54.95	89.47	56.25	94.50	97.60
900	0.240	86.40	48.65	82.89	50.62	83.50	90.50
1200	0.180	84.78	45.95	78.95	48.12	74.95	84.87

Bu formasyondan alınan örneklerden bazılarının yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda birimin iyi bir hazne kaya olamayacağını ancak bazı seviyelerinin orta derecede bir hazne kaya özelliği taşıdığı alınan ES-6 nolu örneğin gözenekliliğinin %12.04'ün üzerinde bir değer göstermesi ile anlaşılmaktadır (Şekil-11). EŞ-5 nolu örneğin ıslatımlı faz doygunluğu-kılcal basınç eğrisinin hazne kaya için ideal bir eğri göstermemesi, formasyonun bazı seviyelerinin iyi hazne kaya olamayacağını vurgulamaktadır.

Korkmaz (1984), bu formasyonun tabanında yer alan kalın katmanlı ve kanal dolguları içeren kumtaşlarının iyi bir hazne kaya özelliği gösterdiğini, Sonel (1988 b), ise Kusuri formasyonunun gözeneklilik-tane yoğunluğu ilişkilerinde bir açıklık görülmediğini ve yapılan laboratuvar analizlerinde formasyonun bazı seviyelerinin orta derecede hazne kaya özelliğinde olduğunu belirtmektedir-

ler.

Bütün bu laboratuvar verileri ve açıklamalar sonucunda Kusuri formasyonunun kumtaşı seviyelerinin orta derecede bir petrol hazne kayası özelliği gösterdiğini söyleyebiliriz.

Akgöl ve Gürsöku formasyonlarının kumtaşı ve İnalıtı formasyonun kireçtaşı örneklerinin gösterdikleri gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri ile bunların ilişkileri ve kılcal basınç deneyleri birimlerin hazne kaya olarak değerlendirilemeyeceğine işaret etmektedirler (Tablo-4, Şekil-11, 13, 14).

4.3. Örtü Kaya Fasiyesleri

İnceleme alanında yüzeyleyen değişik birimler örtü kaya için istenilen özelliklere sahiptirler. Petrol jeolojisinde örtü kaya olabilecek formasyonlar ince taneli, sık do-

kulu ve geçirimsiz olmalıdır.

Laboratuvar verileri ve saha gözlemlerinden elde edilen sonuçlara göre örtü kaya olabilecek formasyonlar; Akgöl, Çağlayan, Kapanboğazı, Gürsöku, Atbaşı ve Kusuri formasyonlarının şeyilli seviyeleridir.

İnce taneli, sık dokulu ve hafif metamorfik özellik gösteren Akgöl formasyonu ideal bir örtü kaya özelliği gösterir. Daha alt kısımlarda petrol üretebilecek formasyonların olmayışı bu birimin çalışma bölgesindeki istiflere örtü kaya olamayacağını ancak saha dışındaki diğer başka birimlere örtü kaya olabileceğini göstermektedir.

Çağlayan formasyonunun şeyilli seviyeleri düşük gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri sunar. Bu seviyeler kendi içinde bulunan kalın kumtaşlarına örtü kaya olabilecek niteliktedir.

Kapanboğazı formasyonunun mikritik kireçtaşları, Gürsöku, Atbaşı ve Kusuri formasyonlarının killi seviyeleri alt seviyerindeki hazne kayalara örtü görevi görebilir.

Korkmaz (1984), bölgedeki bütün birimler içinde örtü kaya olabilecek bir çok düzeylerin yer aldığını ve bu yöredeki örtü kaya fasiyesinin çok iyi geliştiğini, Gedik ve Korkmaz (1984), İnaltı, Çağlayan, Kapanboğazı, Gürsöku, Atbaşı ve Kusuri formasyonlarının çok iyi örtü kaya olabileceğini belirtmişlerdir. Sonel (1988) de Akgöl, Çağlayan, Kapanboğazı, Gürsöku, Atbaşı ve Kusuri formasyonlarının şeyilli ve mikritik kireçtaşı seviyelerinin örtü kayası oluşturabileceğini belinmesemektedir.

4.4. Kapanlar

Çalışma bölgesinde petrol birimi için düşünülen en ideal yapısal kapan tipini oluşturan Ekinveren fay zonudur (Şekil-2). Bu fayın büyük ölçekli ve derinlere doğru devam ediyor olması ve fay zonu yakınlarında petrol sızıntısının bulunması, olasılıkla petrolün fay zonunda toplanmış olduğunu ve yapısal kapan oluşturabileceğini göstermektedir.

İnceleme sahasının kuzey-güney yönlü sıkışmalara maruz kalması neticesinde bir çok antiklinal ve senklinal yapılar gelişmiştir. Oluşan bu antiklinal yapılardan yalnızca Yanıkdağ antiklinali petrol birikimine elverişli büyüklüktedir. Bu yapının aynı zaman da Ekinveren fay zonuna yakın oluşu petrolün bu yapıda birikebileceği ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

Bölgede gelişen antiklinal yapılar kuzeyden-güneye doğru; Çaltı, Kurtluhan, Çalarkası, Aptalkıran, Pelitçal ve Yanıkdağ antiklinalleridir. Antiklinal yapıların uzunlukları yaklaşık 6 km. ve genişlikleri en fazla 2-3 km. kadar olup, doğu-bazı uzanımlıdır.

5. SONUÇLAR

Yapılan arazi gözlemleri ve laboratuvar incelemeleriyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Yörede Akgöl, Çağlayan ve Gürsöku formasyonlarının şeyilli seviyelerinin petrol ana kaya, İnaltı, Çağlayan, Yemişliçay, Akveren, Kusuri, Boyabat ve Cemalettin formasyonlarının karbonatlı ve kumlu seviyelerinde hazne kaya görünümünde oldukları belirlenmiştir.

2. Akgöl formasyonunu oluşturan şeyillerin orta derecede bir ana kaya olabileceği ve yalnız doğalgaz üretebileceği anlaşılmıştır.

3. Çağlayan formasyonunu oluşturan şeyillerin, orta-iyi derecede bir petrol ana kayası oluşturabileceği, petrol ve doğalgaz üretebileceği saptanmıştır.

4. Gürsöku formasyonunu oluşturan şeyillerin petrol ana kayası olamayacağı anlaşılmıştır.

5. Çağlayan formasyonuna ait kumtaşı seviyelerinin ancak yer yer zayıf ve orta derecede bir hazne kaya olabileceği anlaşılmıştır.

6. Kusuri formasyonuna ait kumtaşı örneklerinin laboratuvar analizleri, birimin yer yer orta derecede bir hazne kaya olabileceğini göstermiştir.

7. Bölgede örtü kaya niteliği taşıyan birimlerin yaygın olduğu gözlenmiştir.

8. İnceleme alanında yapısal kapan tiplerinin yaygın fakat yapıların kapanımlarının küçük olduğu saptanmıştır.

9. Bölgede en iyi kapanımın Ekinveren fay zonu altında gelişmiş olduğu düşünülmektedir.

10. Yörede stratigrafi ve litoloji kapan tiplerinde gelişmiş olması büyük ihtimal dahilinde görülmektedir.

6. KATKI BELİRTME

Bu araştırma, A. Ü. Araştırma Fonu tarafından desteklenen bir proje dahilinde (87 25 00 16) gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle araştırma fonu müdürlüğüne teşekkürü bir borç biliriz.

Petrol ana hazne kaya analizlerinin yapılması Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu vesile ile araştırma merkezi grup başkanlığına teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Akarsu, İ. ve Aydın, M., 1977. Duragan, Boyabat, Taşköprü ve Çatalzeytin ilçeleri civarının ön jeoloji raporu: Türkiye Petrolleri A. O., Arama Grubu, Rap. no: 1183

- Ala, M. A., Kinghorn, R. R. F. and Rahman., 1980,** Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros Petroleum Province. Southwest Iran. Jour. Pet. Geol., 3, 1, p. 61-89
- Archie, G. E., 1950.** Introduction to petrophysics of reservoir rock: Bull. Amer. Petrol. Geol., 34, 943-961, Tulsa, Okla, 1950.
- Aydın, M., Şahintürk, O., Serdar, H. S., Özçelik, Y., Akarsu, İ., Ungör, A., Çokuğraş, R., Kasar, S., 1986,** Ballıdağ-Çanğaldağı (Kastomonu)arasındaki bölgenin jeolojisi. Türkiye jeol. Kur. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, c. 9, 2,1-16.
- Betz, D., 1964.** Über die Anwendung von Kaillardruckmessungen bei lagersteattenproblemen: Erdöl und Kohle 6. Hamburg.
- Blumenthal, M., 1940,** Gökırmak ile Karadeniz arasındaki Pontid silsilesinin jeolojisi hakkında rapor. Rapor no: 1067, MTA, Ankara.
- Çubukcu, A., 1983,** Kil diyajenezinin olgunlaşma göstergesi olarak kullanılması TPAO. Araştırma merkezi Rapor no: 575, Ankara, s. 9 yayımlanmamış.
- Dow, W. G., 1978,** Petroleum source beds on continental slope and rises: A. A. P. G. Bull., 62, 9, p. 1584-1606.
- Duradn, B., Espitalie, J., Nicasie, G., 1972,** Etude de la matiere organique insoluble des argiles du Toarcien de Bassin de Paris: Etude ar les procedes optiques analyse elementaire, etude en microscopie et diffraction elektroni ues. Rev. Ist. Fr. Petr., 27, p. 865884.
- Ericson, Db., B., 1938,** Boyabat hakkında rapor. Rapor no: 817, MTA, Ankara.
- Espitalie, J., Leporte, J. L., Madec, M., Marxius, f., Leptat, P., Paulet, J., and Boutefeu, A., 1977,** Etude de la matiere organique insoluble (kerogene) des Argiles du bassin de Paris: Revue de L'institut Francais du petrole. XXVIII-I, p. 37-66.
- Eyyüp, C., 1930,** Şimal ve Şark vilayetlerinde petrol miktarı üzerine rapor. Rapor no: 201, s. 29.
- Gedik, A., Özbudak, N., Iztan, H., Korkmaz, S., Ağdıdağ, D. S., 1981,** Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları ile ilgili ön sonuçlar, Türkiye Jeol. Kur. 35. bil. ve Tek. Kur. Bildiri özetleri, Ankara.
- Gedik, A. ve Kormaz, S., 1984,** Sinop havzasının jeolojisi ve Petrol olanakları. Jeol. Müh. yayın organı, sayı 19., 53-79.
- Gedik, A., Korkmaz, S., Ercan, T., 1984,** Orta Karadeniz Samsun-Sinop) havzasının jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi, MTA Dergisi, No: 99/100
- Guillemont, J., 1964,** Cours de Geologie du petrole Societe des Editions Technip, Paris.
- Hunt, M. J., 1983,** Geochemistry of petroleum, Woods Hole Oceanographic Institution Wodds Hole, Massachusetts. Kurs notları.
- Jonathan, D., Le Tran, K., Oudin, S. L., and Van Der Weide, B. M., 1976,** Les methodes d' physico-chemique dela matiere organique. Bull. Centre Rech. Pau. SNPA, 10, 1, p. 89-108.
- Ketin, İ., 1962,** 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası. Sinop paftası ve izahatı, MTA, Ankara.
- Ketin, İ. ve Gümüş, A., 1963,** Sinop-Ayancık arasında III bölgeye dahil sahaların jeolojisi, TPAO. rapor no: 288.
- Kirkland, D. W. ve Evans, K., 1981,** Source-rock potential of evaporitic environment, A. A. P. G. Bull., 65, 2, 181-190.
- Korkmaz, S., 1984,** Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora tezi (yayımlanmış), MTA. kütüphanesi no: 95737, s. 193, Ankara.
- Loversen, A. İ., 1967,** Geologie of Petroleum: W. H. Free and Comp., SanFransisco.
- Mc Iver, R. D., 1967,** Composition of kerogen eluete its role in the origin of petroleum: Proceeding of the 7th World Petr. Cong., Mexico, 2, p. 25-36.
- Miessner, G., 1973,** Bestimmung der Porositaet: BEB-Lagerstaetten laboratorium, Hannover.
- Miessner, G., 1974,** Bestimmung der Durchlaessigkeit: BEB-Lagerstaettenlaboratorium, Hannover.
- Momper, J. A., 1978,** Oil migration limitations suggested by geological and geochemical considerations: A. A. P. G. Bull. Continuing Educ. Course note. Series 8, Physical and chemical constraints on petroleum migration.
- Önen, N., 1946,** Boyabat kazasının Ekinvıran köyü civarında petrol zuhuratu üzerinde yapılan tetkikata ait rapor. MTA Enst, rapor arşiv no: 467.7 (232).
- Pelin, S., Korkmaz, S., 1981,** Karadenizin petrol potansiyeli, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, Jeoloji, Cilt, 1 Sayı, 2. Trabzon.
- Perry, E. A. D., and Hover, I., 1972,** Late state dehydration in deeply buried pelitic sediment: A. A. P. G. Bull. p. 2013-2021.
- Purcel, Ö. R., 1949,** Capillary pressures their measurement using mercury and calculation of permeability

- tiy thereform: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg Eng. 186, New York.
- Rieckmann, N., 1963**, Zur Bewertung von Speichergesteinen geringerer Permeabilität: Erdöl und Kohle, 18, Nr. 6, 448 S., Hamburg.
- Rieckmann, M. and Backer. JW., 1962**, Messung gesteinsphysikalischer parameter an Spülproben: Erdöl-Z., 78, 629-637, 12. Abb., Wien.
- Schidt, C., 1953**, Ringversuche zur Übirprüfung der Zuverlaessigkeit von porositaets und permeabilitatsmessungen an gesteinproben: Erdöl und Kohle 6, 442-446, Hamburg.
- Serdar, S. H., Aydin, M., Yazman, M., 1984**, Orta pontidlerin jeolojisi. T. J. K. 38. Bilimsel Teknik Kurultayı Bildiri özetleri., 45-46.
- Sonel, N., Sarı, A., Coşkun, B., Tozlu, E., 1988**, Boyabat (Sinop) havzası Ekinveren fayının petrol aramalarındaki önemi. T. J. K. 42 Bilimsel Teknik Kurultayı Bildiri özetleri., s. 9-10. Ankara.
- Sonel, N., 1988**, Boyabat havzası (sinop) birimlerinin petrol ana kaya özellikleri. Selçuk Üniv. Müh. Mim. Fak. dergisi. Cilt. 3, sayı. 1, s. 81-98.
- Sonel, N., 1989**, Durağan (Sinop) kuzeyinin jeolojisi ve Çağlayan formasyonu kumtaşlarının hazne kaya özelliklerinin incelenmesi. Selçuk Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi. Cilt. 3, sayı. 2. (Basımına karar verilmiştir).
- Sungurlu, O., 1975**, Sinop sahasının petrol imkanları. Ek. 6328 (TPAO. No: 908),
- Turn. W., 1960**, Ermittlung einiger wichtiger gesteinsphysikalischer Daten von Erdöl un Erdgasseichergesteinen und Vergleich mit der verschiedenen Methoden gewonnenen Werte: Sonderdruck aus Erdöl-Erdgas Zeitschrift, 82, Jahrgang, Heft 10, 404-413, Hamburg.
- Welte, D. H., 1965**, Relation between petroleum and source rok, A. A. P. G. Bull. 49, 12, 224-2268.
- Westbrook, M. A. and Redmond, J. F., 1945**, A new technique for determining the porosity of drill cuttings: Trans. AIME, 165, New York.