

## KAYNAK KAYA (ANA KAYA)

Genel bir tanım olarak; jeolojik devirler boyunca ekonomik miktarda petrol ve/veya doğal gaz üretmiş, ince tekstürlü, koyu renkli, pirit ve organik maddece zengin planktonik faunaya sahip (Guillomot, 1964) çökeller kaynak kaya olarak adlandırılır.

Planktonlarca zengin denizel marn ve şeyller, mikritik kireçtaşları

Plankton ve bitki parçalarınınca zengin humuslu ve killi kayalar potansiyel kaynak kayalardır.

Yukarıda belirtilen kayaçların kaynak kaya olarak değer kazanabilmesi için bazı ortam şartlarında oluşması gereklidir. Bunlar;

**-Birincil biyolojik üretkenlik:** Sedimentasyon sırasında tortul çökeli üzerinde yer alan su kütlesi mikroorganizmaca ne kadar zengin ise çökelen sedimanlarda organik madde açısından zengin olmaktadır.

**-Fiziko-kimyasal koşullar:** Birincil üretkenlik sonucunda sediman içerisine düşen mikroorganizmaların kokuşmadan korunabilmesi için ortamın oksijensiz (anaerob) olması gereklidir.

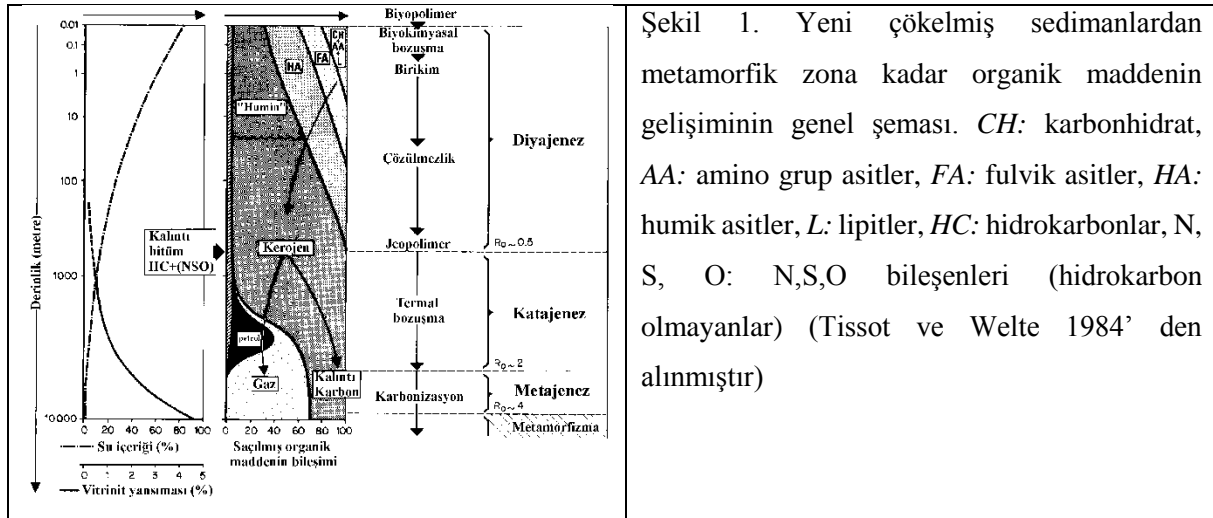
**-Çökelen sedimanın tane boyu:** Tane boyu küçüldükçe sediman içerisindeki organik madde miktarı da artar. Bunun nedeni kil boyu tanelerin geniş yüzeyleri organik maddeleri tutar ve sediman arasında oksijen hareketini azaltır.

**-Tortulaşma hızı:** Bir ortamda tortullaşma hızı yüksek olmalıdır. Çabuk depolanma koşullarında bakteriler çok kısa sürede faaliyet gösterebilirler ki bu durumda OM'nin parçalanması tamamlanmaz ve korunabilir. Ancak tortullaşma çok hızlı gerçekleşirse ortamda sadece organik maddece zayıf tortul birikir. Bu nedenle havzada optimum hızda çökme olmalıdır.

OM'nin korunması sırasında O<sub>2</sub>'ce zengin, O<sub>2</sub>'ce fakir suların bir tabakalanma göstermesi de önemlidir. Bu olay başlıca bazı göllerde, lagünlerde ve sığ sınırlı denizel alanlarda olur. Bu tabakalanmayı oluşturan bir faktör de ortamda bulunan tuzlu su kütlesi ile ortama gelen tatlı su girişinin oluşturduğu tabakalanmadır.

## ORGANİK MADDENİN DİYAJENEZİ, KATAJENEZİ VE METAJENEZİ

Organik maddenin, çökme zamanından metamorfizma başlangıcına kadar ki genel evrim şeması Şekil 1' de gösterilmektedir. Bir sedimanter kayanın kaynak kaya potansiyelini ortaya koymak için, diyajenez, katajenez, metajenez ve metamorfizma şeklindeki organik maddenin gelişim evreleri göz önünde tutulmalıdır.



Şekil 1. Yeni çökelmiş sedimanlardan metamorfik zona kadar organik maddenin gelişiminin genel şeması. CH: karbonhidrat, AA: amino grup asitler, FA: fulvik asitler, HA: humik asitler, L: lipitler, HC: hidrokarbonlar, N, S, O: N,S,O bileşenleri (hidrokarbon olmayanlar) (Tissot ve Welte 1984' den alınmıştır)

Bu evreler kaynak kayadaki organik maddenin hidrokarbon üretip üretmediğini ve ürettiği hidrokarbon tipini denetlemektedir (Şekil 2).

## Diyajenez

Su ortamında çökelen sedimanlar, büyük miktarda su (5 cm derinlikte kil çamur içinde gözeneklilik miktarı yaklaşık % 80' dir, su ise toplam sediman ağırlığının % 60' dır), mineraller, ölmüş organik malzeme (yerli, taşınmış ve yeniden taşınanlar) ve çok miktarda yaşayan organizma içermektedir. *Diyajenez* sıg gömülme şartları altında sistemim dengeye yaklaşma eğilimi olan bir süreçtir ve bu süreç sonucunda, sediman normal olarak bir araya gelerek sağlamlaşmaktadır. İlgili derinlik aralıkları, birkaç yüz metre, bazen birkaç bin metredir. Erken diyajenez aralığında, sıcaklık artar ve basınç azdır ve dönüşüm hafif şartlar altında gerçekleşir.

Erken diyajenez süresince, dönüşümün en temel olaylarından birisi mikrobiyolojik aktivitedir. Sedimanın en üst bölümünde yaşayan aerobik organizmalar, serbest oksijeni tüketmektedir. Anaerob canlılar gerekli oksijeni elde etmek için sülfatları azaltırlar. Enerji, organik maddenin çürütmesi (yani karbon dioksit, amonyak ve suya dönüşme süreci) ile sağlanmaktadır. Dönüşüm, çoğunlukla tamamı ile kumlarda ve kısmen çamurlarda tamamlanmaktadır. Aynı zamanda,  $E_h$  azalmakta ve pH yavaşça artmaktadır. Bazı organodetritik  $CaCO_3$  ve  $SiO_2$  gibi katılar çözülmekte, doygunluğa ulaşmakta ve demir sülfidler, bakır, kurşun, çinko ve siderit gibi otijenik mineral ile yeniden çökelmektedir.

Ayrıca, sediman içerisindeki organik madde denge haline doğru ilerlemektedir. Önceki biyojenik polimerler veya biyopolimerler (proteinler, karbonhidratlar) sedimantasyon ve erken diyajenez süresince mikrobiyolojik aktivite tarafından yok edilmektedir. Daha sonra, bu unsurlar ilerleyen şekilde *kerogen*' in habercisi olan yeni polikondanseyt yapılar ("geopolymers") dönüşmeye başlarlar (Şekil 1).

-Organik maddenin diyajenezi esnasındaki en son ürün kerojen, **sedimanter kayaçlar içerisinde bulunan ve organik çözücülerle çözünmeyen organik madde** olarak tanımlanır.

-Diyajenez süresince oluşan en önemli hidrokarbon *metan*' dır. Organik maddenin diyajenezinden sonraki evreler süresince, CO<sub>2</sub> üretimine ilave olarak, H<sub>2</sub>O ve bazı ağır heteroaromatik bileşiklerde ortaya çıkmaktadır.

Sedimanter organik maddenin diyajenezi sonunda, özütlenabilir seviyelerden alınan humik asit, oldukça azalmakta ve çoğu karboksil grupları ortadan yok olmaktadır. Bu aralık, yaklaşık olarak % 0.5 vitrinit yansıma değerine karşılıktır (Şekil 2).

## **Katajenez**

Çöken havzalarda, sedimanların birbirini takip eden çökelişi, taşıyabileceğinden daha fazla yükün birkaç kilometreye ulaştığı derinlikte, önceki tabakaların gömülmesiyle sonuçlanmaktadır. Bunun anlamı, sıcaklık ve basıncın önemli miktarda artışıdır. Sedimanter evrimin bu evresi *katajenez*' dir. Sıcaklık yaklaşık 50°C' den 150°C' ye kadarki aralıkta olabilir ve aşırı yüklenme nedeniyle jeostatik basınç 300 bar' dan 1000 veya 1500 bar'a kadar değişebilir. Bazı artışlarla tekrar sistemin dengesi bozulur ve yeni değişimlerle sonuçlanır.

Organik maddenin başından geçen temel değişimler; ilerleyen evrimle birlikte kerojen ilk *sıvı petrolü* üretir; daha sonra bir sonraki evrede "ıslak gaz" ve kondansat; hem sıvı petrol hem de kondansat belirli miktardaki *metan* ile beraber bulunmaktadır. Yoğun organik çökeller, *kömür*'ün farklı ranklarında gelişim göstermektedir ve çoğunlukla metan olan hidrokarbonu üretmektedir.

Katajenezin sonu, kerojenin alifatik karbon zincirlerinin gözden kaybolmasının tamamlandığı evredir ve temel kerojen birimlerinin düzenlenmesinin gelişimi başlar. Bu sınır bir çok kömür sınıflamasına göre, hemen hemen antrasit derecesinin başladığı vitrinit yansımasının yaklaşık 2.0 değerine karşılıktır.

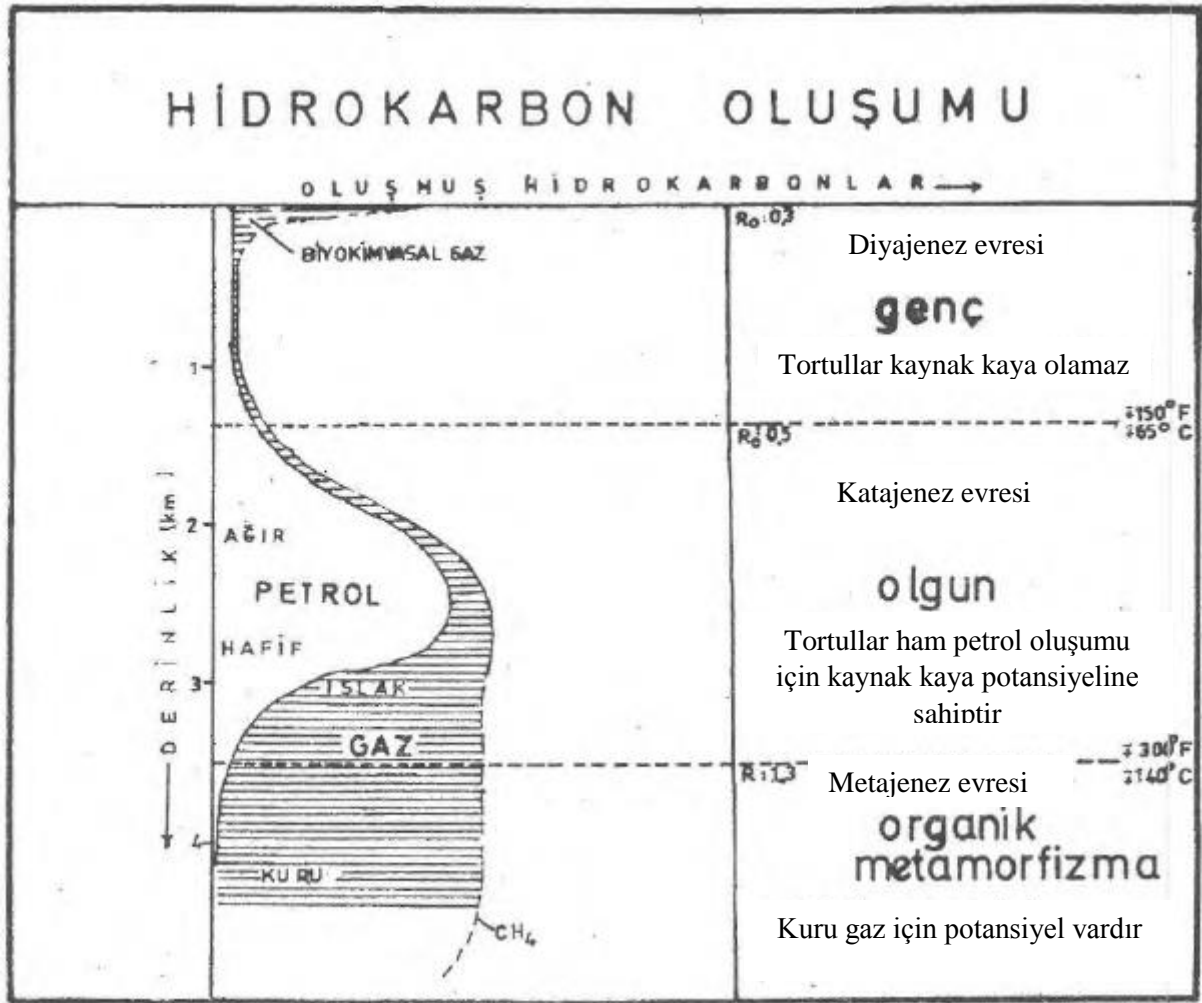
Organik malzemedeki bu şiddetli değişimler nedeniyle, daha sonraki evrimde daha fazla petrol türümü yoktur ve sadece sınırlı miktarda metan oluşumu izlenir.

## **Metajenez ve Metamorfizma**

Sediman evriminin en son safhası, metamorfizma olarak bilinir. Burada sıcaklık ve basınç yüksek değerlere ulaşır. Ayrıca, kayaçlar magma ve hidrotermal etkilere maruz kalmaktadır. Buna karşılık, petrol jeolojisi sadece farklı olarak karakterize olan metamorfizmanın ilk evreleri ile ilgilenir ve erken metamorfizma, epimetamorfizma, ankimetamorfizma olarak adlandırılır. Organik bileşenleri ilgilendirdiği sürece, biz metamorfizma öncesine karşılık gelen bu evreyi organik maddenin *metajenezi* olarak yorumlayacağız.

Mineraller bu şartlar altında yoğun şekilde dönüşmektedirler. Kil mineralleri tabaka arası suyunu kaybeder ve yüksek bir kristalinite kazanır. Yapısında su içeren demir oksitler (götüt) susuz okside dönüşür (hematit) vb.; fazla basınç, çözünme ve yeniden kristallenmeyi meydana getirir (kuvarsit oluşumu gibi), sonuçta ilksel kayaç dokusunun yok olmasıyla sonuçlanır. Kayacın sıcaklık şartlarına ulaşması organik maddenin metajenezini başlatmaktadır. Organik madde bu evrede, sadece *metan* ve *karbon kalıntısından* meydana gelir. Kömürler *antrasit*' e dönüşürler.

*Metamorfizmanın* gerçek şartları yeşil şist ve amfibolit fasiyeslerinin gelişimi ile sonuçlanır. Kömür vitrinit yansımaları değeri % 4' den fazla olan meta antrasite dönüşür. Kalıntı kerojen maddeleri grafitik karbon haline gelir (Tissot ve welte 1984).



Şekil 2. Genel Hidrokarbon Oluşumunu Gösterir Şematik Diyagram; Tissot (1971, 1974), Sokolov (1969), Kartsev (1971 ve Urban (1975) den alınmıştır.

### KAYNAK KAYAÇ ANALİZLERİ

Potansiyel kaynak kayaçların özelliklerini belirlemek amacıyla pek çok önemli kimyasal, fiziksel ve mikroskopik teknikler geliştirilmiştir. Bir potansiyel kaynak kayacı karakterize eden ana kriterleri:

### 1)Organik maddenin miktarı:

Bir kayadaki organik madde miktarı ve cinsi, ana kaya potansiyeli hakkında fikir verir (Huni ve Meinert, 1954). Bütün tortul kayalardaki organik madde kaya kütlelerinin ortalama % 2 sini teşkil eder. Ronov, şeyil ana kayalarda organik madde için % 1 ve Toplam organik karbon (TOC) için ise % 0.5 değerlerini en düşük limit olarak belirlemiştir.

Toplam Organik karbon (% TOC)	Kaynak Kaya Zenginliği
0.1 – 0.5	Zayıf (kaynak kaya olamaz)
0.5 – 1.0	Orta
1.0 – 2.0	İyi
2.0 – 10.0	Çok İyi

### 2)Organik maddenin tipi:

Diyajenez evresi sonunda oluşan kerojen tipleri mikroskop altında şekilsel özelliklerine göre ve Rock-Eval analizleri sonucunda elde edilen HI-OI değerlerine göre isimlendirilir.

Kerojen tiplerinin alttan ve üstten aydınlatma teknikleri ile genel sınıflamasında kullanılan terminoloji (Tissot ve Welte, 1978).

Ortam	Alttan Aydınlatmalı Mikroskop	Üstten Aydınlatmalı Mikroskop		Genel Sınıflama
Sucul	Algal	Liptinit	Alginit	Tip I
	Amorf		Eksinit Sporinit	Tip II
Karasal	Otsu	Vitrinit		Tip III
	Odunsu	İnertit		Tip IV
	Kömürsü			

**Tip I Kerojen (Algal Kerojen):** Alg türü organik maddece zengin (eksinit) hem görsel hem de denizel ortamlarda oluşabilir. Tip I Kerojen başlıca lipitlerden oluşmuştur ve **ham petrol** türevidir. Bu ham petrol doymuş hidrokarbonlarca zengindir.

**Tip II Kerojen (Otsu):** Bu kerojen türü karışık denizel kaynaklardan oluşmuştur. Yapısındaki bileşenlerin önemli bir kısmı fitoplankton, zooplankton ve bazı yüksek hayvanların parçalanması ile oluşan amorf malzemeleri içerir. Bu kerojen tipinin kimyasal yapısı tip I ve tip III kerojenin arasındadır. Bu tür kerojenler daha çok **naftanik ve aromatikçe zengin ham petroleri** oluştururlar. Tip II kerojen, Tip I'den biraz fazla gaz da oluşturabilir.

**Tip III Kerojen (Odunsu):** Vitrinit maseralince zengindir. Petrol oluşturma kapasitesi çok düşüktür. Bu kerojen tipi çoğunlukla **kuru gaz** oluşturur. Tip III kerojenden oluşmuş bir ham petrol analiz edildiğinde bu ham petrolün tip III kerojenin bünyesinde bulunan ekzinit ve amorf parçalarından itibaren türemiş parafinik petrol olduğu görülür.

Ender bulunsa da dördüncü bir kerojen tipi de vardır.

**Tip IV Kerojen (Kömürsü):** İntertinit maseralince zengindir. **Hidrokarbon oluşturma ihtimali yok ya da çok düşüktür.**

### 3)Organik maddenin olgunluğu

Olgunluk verileri elde etmek için birçok (optik ve kimyasal) yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; Rock-Eval analizinde elde edilen Tmax değeri, vitrinit yansımaları ( $R_0$ ), spor renk indeksi (SCI) vb.,

Kayaçlardaki organik madde tür ve evriminin belirlenmesi için, 1970' li yıllarda geliştirilen modern laboratuvar analizleri uygulanmaktadır. Bu söz konusu analizlere Rock Eval analizleri denmektedir (Espitalie ve diğ., 1977). Bu alet ile numuneler özel bir ısı programı altında, oksijensiz bir ortamda piroliz yapılmaktadır (Tissot ve Welte, 1978). Piroliz süresince sırasıyla serbest hidrokarbonlar ( $S_1$ ), kerojenin içindeki karbondioksitin ( $S_2$ ) ve  $S_2$  nin uç noktasındaki sıcaklığın (Tmax) değerleri bulunur. Bu Rock Eval analizleriyle özel olarak şu veriler elde edilebilir.

C org. (%) - TOC

$S_1$  (mg/g) - Serbest hidrokarbonlar

$S_2$  (mg/g) – kerojenin parçalanması sonucu açığa çıkan HC

$S_3$  (mg/g) – ortaya çıkan gaz ve su

$S_1 + S_2$  (mg/g) - Jenetik potansiyel (kaynak kayanın HC türetme potansiyeli ifade eder)

Bir ana kayanın jenetik potansiyeli Welte ve Tissot (1978)'a göre şöyledir;

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

2 Kg/ton - 6 kg/ton arasında ise: Orta derecede kaynak kaya potansiyeli sahiptir.

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

$T_{max}$  - Maksimum sıcaklığı ( $S_2$  nin)

$T_{max} < 435$  °C ise Diyajenez aşamasını gösterir (kaynak kaya olgunlaşmamış) – biyojenik gaz türümü beklenebilir

$T_{max}$  435-465 °C arasında ise Katajenez aşamasını gösterir (kaynak kaya olgunlaşmıştır) – petrol ve gaz oluşumu

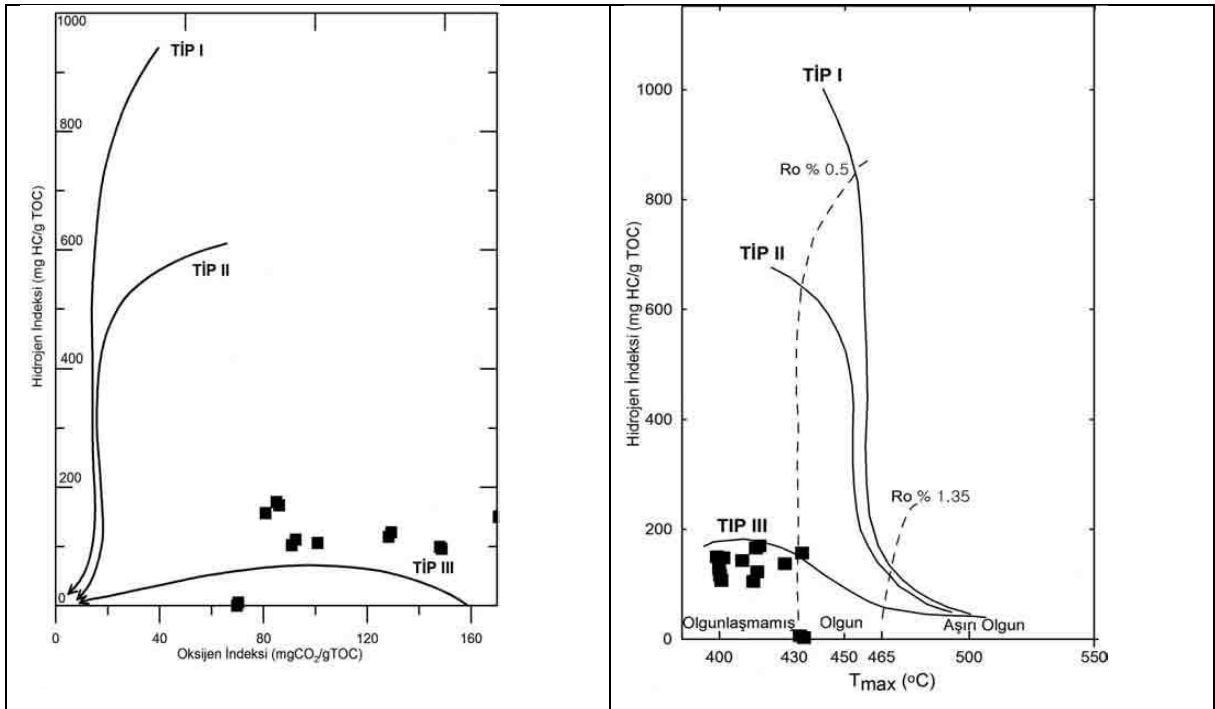
$T_{max} > 465$  °C ise Metajenez aşamasını gösterir (kaynak kaya aşırı olgunlaşmıştır) – gaz türümü beklenebilir

Ayrıca;

(HI) — Hidrojen indeksi (**HI**) =  $S_2 / TOC$  %

(OI) — Oksijen indeksi (**OI**) =  $S_3 / TOC$  %

HI-OI ve HI- $T_{max}$  değerleri diyagramlarda kullanılarak kerojen tipleri ve olgunlaşma verileri elde edilebilmektedir (Şekil 3 a, b)



Şekil 3 a) Hidrojen İndeksi-Oksijen İndeksi diyagramı (Tissot ve Welte, 1984), b) Hidrojen İndeksi-Tmax diyagramı ile kerojen tiplerinin sınıflandırması ve olgunlaşma verileri (Mukhopadhyay vd, 1995).

Üretim indeksi (PI) =  $S_1 / (S_1 + S_2)$  değerleri elde edilir.

Olgunlaşma Evre		Üretim İndeksi (PI)
Olgunlaşmamış		<0,10
Olgun	Erken	0,10-0,25
	En yoğun	0,25-0,40
	Geç	>0.40
Aşırı Olgun		-

Kerojen içerisinde bulunan vitrinit maseralinde yansıtma değerinin ölçümleri. 60°C’de vitrinit lineer davranış gösterirken diğer maseraller doğrusal davranış göstermezler.

R<sub>0</sub>= %0,2 –%0,5 Erken olgun dönem

R<sub>0</sub>= %0,5 –%1,2 Petrol penceresi (hidrokarbon oluşum penceresi)

R<sub>0</sub>= %1,2 –%2,0 Petrol–gaz penceresi

R<sub>0</sub>> %2Metajenez evresi

### Spor Renk indeksi (SCI):

Bu analiz kerojen tayin için yapılmış preparatlar kullanılarak altta aydınlatmalı mikroskoplarla yapılmaktadır. Bitkilerin üreme hücrelerini oluşturan spor ve polenlerin rengi ısıya karşı duyarlı olması yöntemin temel prensibidir. Tabii renkleri açık sarı olan bu organik maddeler, artan ısı karşısında turuncu, kırmızı, kahverengi ve siyah renklere sahip olurlar. Sarı ile siyah arasındaki değişen renk tonları 10’ luk bir çizelgede tanımlanmaktadır. Bu renk seviyeleri ve bunlara karşılık gelen olgunluk seviyesi aşağıdadır.

SCI	Renk	Olgunlaşma Derecesi
2-3	Sarı	Olgunlaşmamış
4	Koyu sarı	Olgunlaşma başlangıcı
5	Sarı-turuncu	Olgunlaşma başlangıcı
6	Turuncu	Olgunlaşmış
6.5	Turuncu-kırmızı	Orta olgun
7	Açık kahve	İleri olgun
7.5 – 8	Kahve-koyu kahve	Aşırı olgun
9-10	Koyu kahve - siyah	Aşırı olgun



Vitrinit yansması ve SCI arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4).

KÖMÜR ÇEŞİTLERİ	Vitrinit yansması	Karbon %	Fluoresans	SCI	Sıcaklık 0C	Hidrokarbon Tipi
TURBA	0.2 0.25	7	FLUORESANS VAR	SARI	60	METAN Biyojenik gaz
LİNYİT	0.3 0.4 0.5 0.6					PETROL
TAŞKÖMÜRÜ	1.5	77	FLUORESANS YOK	KAHVE RENGİ	135	YAŞ GAZ
	2.0	87				KURU GAZ
ANTRASİT	2.6	91	FLUORESANS YOK	SİYAH		GAZ YOK
META ANTRASİT	3.0	93.5				

Şekil 4. Organik olgunlaşma çeşitleri-hidrokarbon oluşumu ve bunların karşılaştırılması

Maksimum vitrinit yansıtmasının %5'ten büyük olduğu yeşil şist fasiyesine ait metamorfik kayalarda ise konodont alterasyon indeksi (CAI) kullanılmaktadır. Vitrinitin nadir olarak bulunduğu denizel karbonat kayalarda bol miktarda konodont bulunmasından dolayı CAI yöntemi bu tür kayalarda oldukça kullanışlıdır. Özellikle karasal vitrinitlerin bulunmadığı Devoniyen öncesi kayalarda geçerli bir yöntemdir (Taylor vd., 1998).

Bu yöntemler haricinde GC ve GC-MS analizleri ile organik madde tipi ve olgunlaşma hakkında bilgiler elde edilebilir.