

## SAYISAL KEROJEN TİP İNDEKSİ\*

Turhan AYYILDIZ AÜFF Jeoloji Müh. Böl., ANKARA

Hidrokarbon oluşumunda önemli kantitatif çalışmaların artmasıyla, kesin kerojen tip sınıflama ihtiyacı doğmuştur. Sayısal kerojen tip indeksi (NKTİ), element bileşimine bağlı olarak geniş ölçüde kullanılan üçlü sınıflama (trichotomic) sistemi esas alınarak geliştirilmiştir. Bu sınıflama bir temel parametre gibi olgunlaşma düzeyini göstermekte ve kerojen tipi veya bileşimini sayısal bir değerle de ifade edebilmektedir.

### GİRİŞ

Üçlü (trichotomic) kerojen sınıflamasındaki (Tissot ve Welte, 1984) Tip I, II ve III gibi kerojenler, Van Krevelen diyagramı üzerinde evrim yolları ve element bileşimlerine bağlı olarak tanımlanmışlardır. Bu sınıflama petrol endüstrisinde jeokimyasal araştırmalarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte kerojen veya organik maddenin petrol üretme potansiyelinin tam olarak belirlenebilmesi için tabiiattaki kerojenlerin karşılaştırılarak ayırt edilip değerlendirilmesi gereklidir. Kerojene ait ölçülen temel bileşikler günümüzdeki kimyasal karakteristiklerin hacmini göstermektedir. Fakat organik madde sedimantasyondan sonra ve gömülme tarihi boyunca jeokimyasal alterasyona maruz kalmaktadır. Bu nedenle kerojenin hidrokarbon oluşturabilme kapasitesini tahmin edebilmek için jeokimyasal reaksiyonların oluşumundan önceki kerojenin orijinal bileşiminin bilinmesi gerekmektedir. Belirtilen bu olumsuzluklardan dolayı kerojenin temel analiz sonuçları hidrokarbon türüm hesaplamalarında orijinal değer olarak verilmemelidir. Olgunlaşma ile kerojendeki H/C atomik oranının hızla arttığı bilinmektedir (Hunt, 1979). Bu durum özellikle petrol üretme potansiyeline sahip kaynak kayalardaki kerojenlerde çok iyi görülmektedir. Ayrıca kerojenin üç tipe ayrılması organik maddenin tabii temel bileşimindeki devamlılığı yansıtmadığı gibi yalnızca üç sınıf petrol türüm potansiyeli vermektedir. Pratikte Van Krevelen diyagramı üzerindeki veriler geniş bir alana dağılmıştır. Ancak değişik kökenli kerojenlerin yeterli sayıda analizlerindeki üç tip (Tip I, II ve III) eğri üzerine düşmemiştir (Şekil 1).

Üçlü sınıflama (trichotomic) kullanıldığı zaman çoğunlukla gözlenen olay, iki kerojen örneğindeki farklı potansiyelle sahip hidrokarbonlar, benzer atomik oranlar göstermektedirler; bu yüzden hidrokarbon türüm potansiyelleri farklı sınıflamalar içinde dağılmış olsalar

bile tek bir grup içinde toplanmalıdırlar. Ayrıca aynı hidrokarbon potansiyelini farklı element bileşimli başka kerojenler de oluşturabilir.

Hidrojen miktarının azalmasıyla, kerojendeki vitrinit parçalarının yansımaları artmaktadır. Temel bileşim ve vitrinit yansımaları ısıl olgunlaşmanın fonksiyonlarıdır. Burada değişkenler ve kerojenin kimyasal bileşimi arasında var olan ilişkilerin bazıları belirtilmektedir. Doğal kerojenin orijinal haliyle ilişki kurabilmek ve üçlü (trichotomic) sınıflamadan elde edilen grupların petrol üretim potansiyellerindeki açıklığını ortadan kaldırmak için, elemental bileşim ve vitrinit refleksiyon verilerinin matematiksel davranışlarına çok değişiklikenli istatistiksel analiz işlemleri uygulanmıştır.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Çok değişiklikenli istatistiksel analizler ile kerojen sınıflaması:

Kerojen ve organik maddenin jeolojik tarih boyunca olan mekanizmaları bu güne kadar halen açıklığa kavuşturulamamış olup çok karmaşık proseslerle jeokimyasal alterasyona uğramaktadır. Bununla beraber istatistiksel analizler kullanılarak organik jeokimyasal parametrelerin lineer, karesel ve üstel fonksiyonların değişiminden organik maddenin sedimantasyonu sırasında geçirdiği jeokimyasal reaksiyonlar tanımlanabilir. İstatistiksel analizler için vitrinit yansımalarına (Ro) dayanan ve H, O ve C içeriği parametreleri birincil değişkenler olarak teklif edilebilir. Bu parametreler, H/C, O/C,  $Ro * H/C$ ,  $Ro * O/C$ ,  $\exp [Ro]$ ,  $(H/C)^2$ ,  $(O/C)^2$ ,  $(Ro)^2$ ,  $\exp (Ro * H/C)$ ,  $\exp (Ro * O/C)$ ,  $(Ro)^2 * O/C$  ve  $1/(O/C)$ 'dir.

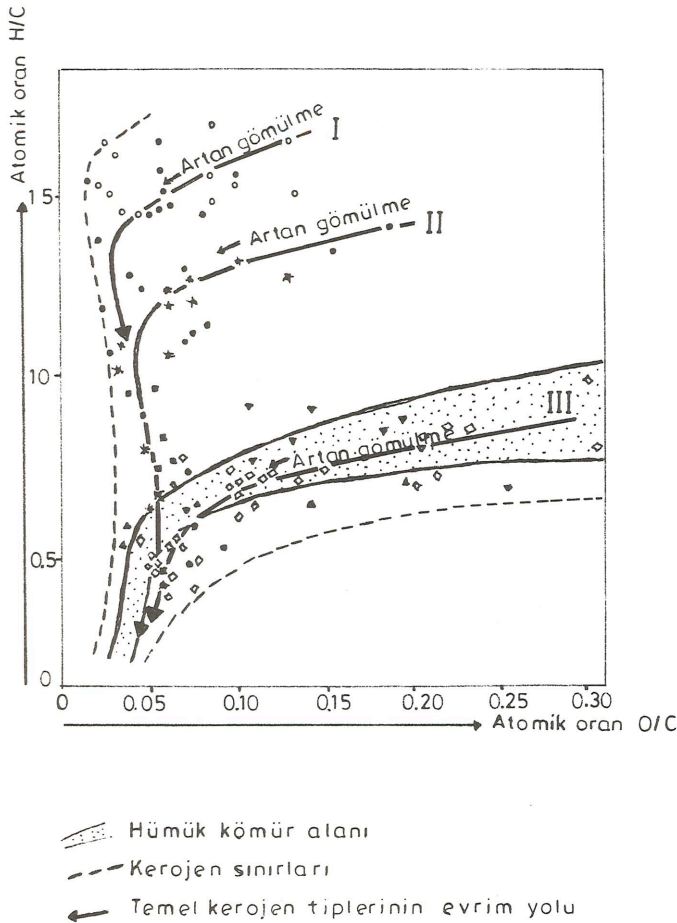
Birincil kerojen bileşiminin doğruluğunu tayin etmek için yukarıdaki değişkenler gerçek parametre olmayabilir. Bu nedenle herbirinin doğruluğu istatistiksel olarak test edilmelidir. Sonuç olarak, sayısal kerojen tip indeksi (NKTİ) matematiksel bir eşitliktir. Her bir yalnız değişken son denklemde elimine edilebilir.

(\*) Journal of Petroleum Geology, vol. 13(1), 1990'da yayınlanan "A numerical Kerogen Type Index" başlıklı makaleden çevrilmiştir.

Altmışdört kerojen örneğinin temel bileşim ve vitrinit yansıması analizleri yapılmıştır (Tablo 1'de bir bölümü verilmiştir). Elde edilen sonuçlara dayanılarak, ileri sürülen her bir değişken hesaplanmıştır. NKT indeksi ile verilen değerler keyfi olarak seçilmiş ve deneme yolu ile hesaplanarak sonuçlandırılmıştır. Sonuçta aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

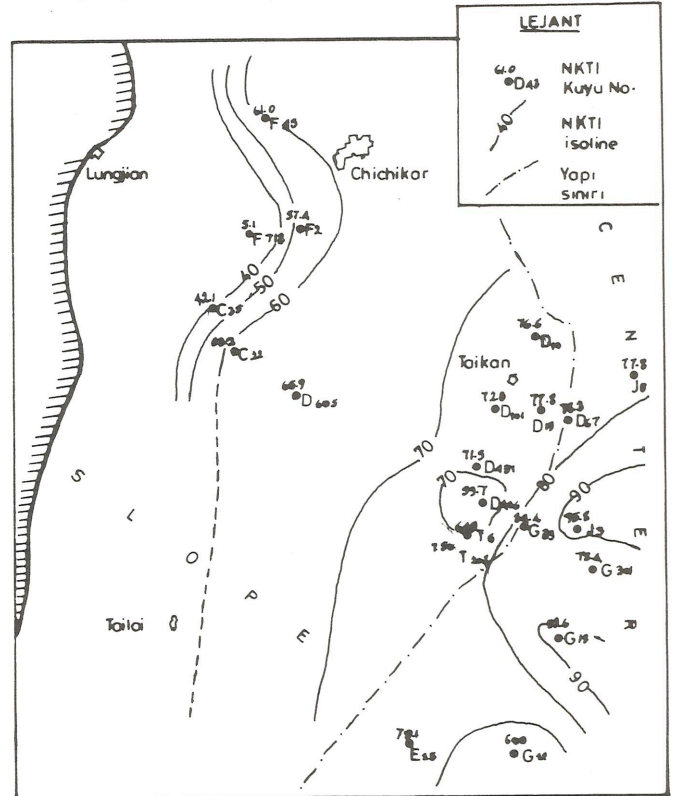
$$\text{NKT indeksi} = 119.42 * \text{H/C} = 27.93 * \text{Ro} * \text{H/C} - 35.67 * [\text{H/C}]^2 - 95.08 * \text{Ro} * \text{O/C} + 55.27 * \text{Ro}^2 * \text{O/C} - 43.29$$

Denklemdaki vitrinit yansıma değeri (Ro) ve atomik oranlar (H/C, O/C) verilen kerojen örnekleri için gerçek değerlerdir. Sabitler, step-wise regresion ile hesaplanmıştır. NKT indeksi değerlerinin dağılımı Tip I ile Tip III kerojenlerde yaklaşık olarak 0'dan 100'e kadardır. Üçlü sınıflama ve NKT indeksi arasında yapılan karşılaştırma Tablo 2'de verilmiştir. Karşılaştırmadan da görüleceği gibi NKT indeksi ile üçlü sınıflama arasında yaklaşık olarak bağlantı vardır.



Şekil 1. Kerojenlerin evrimi ve başlıca tipleri

Bu durum NKT indeksinin önemini anlaşılmasına yardım eder. Sonuç olarak bu indeksin doğrudan jeokimyasal çalışmalarda kullanılabileceği önerilebilir. İndeks eşitliği, başlangıçta istatistiksel analizler için önerilen 13 parametre içindeki 5 parametreden oluşur. Bunun anlamı, birincil kerojenin tipi veya özelliği bu beş değişkene bağlıdır. Bunlar içerisinde, H/C atomik oranı çok önemlidir. Üç değişken terim içinde görülen vitrinit refleksiyonu, sınıflama için elemental bilgiler kullanıldığı zaman aynı olgunlaşma düzeyine sahip yukarıdaki kerojen tipleriyle önemli bir bağımlılığı olduğunu gösterir. Bununla beraber, istatistiksel analizlerden sonra eşitlik içinde Ro tek parametre olarak seçilemez. Genellikle aynı olgunlaşma düzeyine sahip her hangi bir kerojen tipi bu terimle anlaşılır. Bu eşitlik, jeolojik zaman süresince kerojen özelliklerinde meydana gelen değişmelerin bulunmasına yardımcı olduğu gibi, değişken ve NKT indeksi arasında mevcut olan hem lineer, hemde üstel bağlantıyı da gösterir. Diğer ilginç bir nokta, en son NKT eşitliğinde atomik O/C oranının eksik olmasıdır. Muhtemelen bu parametre önce düşünüldüğü gibi kerojen tipinin belirlenmesinde önemli bir parametre olmayabilir. Kısaca NKT indeksi eşitliği, hem olgunlaşma hemde elemental bileşime



Şekil 2. Batı Songliao basenindeki Kretase yaşlı Nen-1 kaynak kayasının NKTİ-isoline haritası

S.L.= Songliao baseni. N.S.= Nanshan baseni.  
 Boh= Bohai körfezi. J.H.= Jainhan baseni.  
 S. C.= Shanxi baseni. C.M.= Qaidam (Chaidam) baseni

No	Alan	Kuyu	Derinlik (m)	H/C	O/C	Ro %	NKT Index	Tip
1	N.S	b74	2726.3	0.19	0.07	1.10	82.29	I
2	S.L.	j66	2157.0	1.32	0.06	1.22	95.15	I
3	S.L.	j66	2174	1.44	0.04	1.23	100	I
4	S.L.	g301	1947.5	1.28	0.14	1.05	83.32	I
5	S.L.	h1	1673	1.78	0.12	0.94	78.13	I
6	S.L.	c3	365	0.90	0.09	0.50	44.82	IIb
7	Boh	i10	2845	1.22	0.09	0.60	66.41	IIa
8	Boh	a29	1664.7	1.22	0.14	0.45	60.22	IIa
9	J.H.	gw10	2117.5	0.85	0.16	0.60	40.75	IIb
10	J.H.	wd16	2854.5	0.91	0.16	0.60	45.15	IIb
11	S.C.	ch7		0.90	0.11	0.92	53.94	II
12	S.C.	wa28	1214.0	0.61	0.10	0.45	20.79	III
13	S.C.	f30	660.0	0.72	0.06	0.45	31.35	III
14	C.M.	ha2	3952	0.74	0.09	0.83	39.00	III
15	S.L.	j39	1619.5	1.40	0.04	0.82	84.42	
16	S.L.	d19	1572.5	1.45	0.08	0.7	82.42	
17	S.L.	d15	1355.8	1.19	0.07	0.65	67.22	
18	S.L.	g12	1112.6	0.79	0.13	0.54	36.13	
19	S.L.	g12	2350.4	0.78	0.06	1.40	57.22	
20	S.L.	g17	1351.6	1.06	0.11	0.64	57.90	
21	S.L.	i15	1299.3	0.99	0.09	0.62	57.73	
22	S.L.	i15	2132.8	0.99	0.04	1.20	71.78	
23	S.L.	i15	2158.0	1.11	0.08	1.21	80.44	
24	S.L.	j66	1892.4	0.68	0.09	1.01	37.43	
25	S.L.	g37	1882.9	0.62	0.12	1.00	29.58	
26	S.L.	f718	452.3	0.49	0.24	0.40	5.13	

(\*) Sınıflamada kullanılan atomik oranlar Hwan (1984)'den alınmıştır.

**Tablo 1.** Kerojenlerin elemental bileşimi ve NKTİ değerleri

Ia	Ib	II	IIIa	IIIb
H/C >1.4-1.6		1.5-1.3-1.0		1.0-0.8-0.5
O/C <0.15		< 0.2		< 0.2
NKTI >80	80-60	60-40		40-20 <20

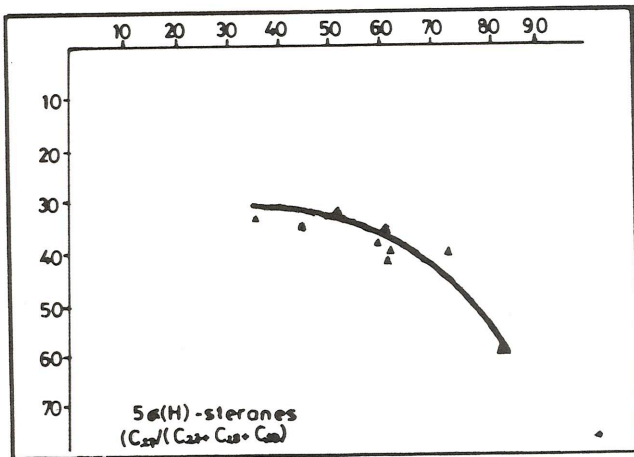
**Tablo 2.** NKTİ değerleri ve üçlü (trichotomic) sınıflama arasındaki karşılaştırma

bağlı olarak kerojenin sayısal bir değer olarak sınıflanmasını bize sağlar. Bu yüzden, NKT indeks değeri bazı orijinal tip derecelerini veya kerojen tiplerini yansıtmaktadır. Ayrıca, eşitlikte benzer elemental bileşime sahip kerojen örnekleri ayırt edilebilir. Böylece farklı petrol oluşum potansiyelleri kesin olarak ayırt edilebilir.

### NKT İndeksinin Başlangıç Uygulamaları

Songliao Baseninin batı kısmında kaynak kaya olarak tanımlanmış Kretase yaşlı indeks haritası Şekil 2'de gösterilmiştir. Haritada basenin orta kısmındaki bölgede NKT eş indeks eğrilerinin değerleri artmaktadır; bu dağılım daha önceki çalışmalarda belirlenen kerojen tip değişimleri ile aynıdır (Yong Wanli, 1985). Bunlara ilaveten, haritadaki alan içinde kerojen tipinin değişim derecesi daha önce belirtilenlerden daha açık bir şekilde belirlenebilir.

Ayrıca, kerojenin ilksel bileşimini temsil eden potansiyel indeksi saptamak için NKT indeksi ve  $5\alpha$  (H) - stean parametresi  $[ C_{27} / (C_{27} + C_{28} + C_{29}) ]$  arasındaki ilişki diyagramda gösterilmiştir (Şekil 3). Stean parametresinin depolanma ortamındaki sedimenter organik maddenin kökenini işaret ettiği ve çok az ısısal olgunluğa uğradığı düşünülmektedir (Shi ve diğ., 1982). NKT indeksi değerleri ile  $5\alpha$  (H) stean parametresinin pozitif korelasyonunun ifade ettiği NKT indeksi, orijinal kerojen özelliklerini gösterdiği için gerçek olarak uygulanabilir. NKT indeksi değerleri kerojen örnekleri için Tablo 1'de hesaplanmıştır. Bazı farklılıklar olmasına rağmen üçlü sınıflama ile uygunluk gösterdiği görülmektedir. No: 18 örneğinde olduğu gibi, No: 19 örneğinde de düşük H/C oranı vardır. Üçlü kerojen



Şekil 3. NKTİ değerleri ve  $5\alpha$  (H)-steran dağılımları  $[ C_{27} / (C_{27} + C_{28} + C_{29}) ]$  arasındaki ilişki

sınıflamasına göre, bunlar Tip III kerojen olarak sınıflandırılır. Bununla birlikte, eğer vitrinit yansıması göz önüne alınırsa önemli farklılıklar bulunabilir. 19 nolu örnekteki vitrinit yansıma seviyesi ( $R_o = \%1.4$ ), 18 nolu örnekten ( $R_o = 0.54$ ) yüksektir. Bu iki örnek için karakteristikleri hesaplanan, NKT indeksi kuyularda oldukça farklıdır. 18 nolu örnek için 36.13 ve 19 nolu örnek için 57.22'dir.

Benzer sonuçlar 1, 4, 22 ve 23 nolu örnekler içinde geçerlidir. Kerojen sınıflaması içine dahil edilen olgunlaşma düzeyi kerojendeki organik madde tipi veya orijinal özelliklerin ortaya çıkarılmasına yardım etmektedir.

### SONUÇLAR

NKT indeksi hem olgunlaşma düzeyi hemde temel bileşime bağlı O'dan 100'e kadar değere sahip kerojen sınıflandırma cetvelidir. Üçlü sınıflandırmadan farkı, NKT indeksi üçlü tipe bağlı kalmaksızın kerojen tipi veya orijinal özellikler hakkında bilgi veya kerojenin hidrokarbon oluşturma potansiyelini kesin olarak belirleyebilmektedir. İndeksin avantajı, sınıflamaya olgunlaşma parametresinin dahil edilmesinden ve tüm analitik matematiksel işlemlerin, bir matematiksel denklemde birleştirilmesinden gelmektedir. Öncelikle indeksi uygulamaları kantitatif hidrokarbon oluşum potansiyel çalışmalarında ayrıntılara uygulanabilir. Bununla birlikte, özellikle değişken faktörler ve aktif enerji gibi hidrokarbon oluşum parametreleri ve NKT indeksi arasındaki muhtemel ilişkilerde ise daha fazla çalışma gerçekleştirilmelidir.

### KAYNAKLAR

- Hunt, J. M., 1979, Petroleum Geochemistry and Geology, Freeman and Co., New York.
- Hwan, T. F., 1984, The availability of parameters classification of type of kerojen. Acta Sedim. Sinica. 3.
- Shi Ji-Yang, Mackenzie, A. S., Alexander, R., Eglinton, G., Gowar, A. P., Wolff, G. A. and Maxwell, J. R., 1982. A biological marker investigation of petroleum and shales from the Shengli oilfield, People's Republic of China. Chem. Geol., 35, 1-31.
- Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1978, Petroleum Formation and Occurrence. Springer Verlag, Heidelberg, 2nd ed.
- Yang Wanli, 1985, Daqing oilfield, People's Republic of China. A giant field with oil of nonmarine origin. AAPG Bull., 69, 1101-1111.