

Lopatın Yönteminin Açıklaması ve Petrol Aramalarına Uygulanması

Explanation of Lopatin's method and its application to petroleum exploration

SEKLAHATTIN PELİN

K. Ü, Mühendislik » Mimarlık Fakültesi, Trabzon

ÖZ : Sovyet araştırmacılarından N.V. Lopatin, Zaman-Sıcaklık-Endeksi (I) ile vitrinit yansımaları arasında; $R = 1,301 \lg I - 0,5282$ şeklinde bir bağıntının varlığını bulmuştur. Böylece, ana kaya olgunluk derecesini gösteren vitrinit yansımaları, hesap yoluyla belirli bir duruma getirilmiştir,

Hesaplanan vitrinit yansımaları ile, henüz hiçbir arama kuyusunun açılmadığı bir havzada, ana kaya tarafından üretilmiş olan petrol miktarı hakkında bir fikir elde edilebilir.

ABSTRACT : N.V. Lopatin, a Soviet scientist, has found that the relation between the Temperature-Index (I) and vitrinite reflectance may be outlined by the formula $R_0 = 1,301 \lg I - 0,5282$. In this way it has been possible to calculate the vitrinite reflectance which shows the degree of maturity of the source rock.

The calculated vitrinite reflectance may be used for estimating the quantity of petroleum produced by the source rock in a basin which has not been previously drilled.

GİRİŞ

Petrolün isotermik bir şekilde aranmasına 1859 yılında Albay Drake'nin Pensilvanya'nın Titusville kasabesindeki petrol keşfi ile başlanmıştır. Antiklinal teorilerine sadık kalınarak, çeşitli yöntemlerle uygulanmış olan hemen tüm antiklinallarda petrol aranmıştır.

Yoğun bilimsel çalışmalara rağmen, petrolün yeraltındaki varlığını doğrudan doğruya saptayacak bir yöntem henüz bulunmamıştır.

Ancak, son 10-15 yıl içinde tortul havzaların ve dolayısıyla organik maddenin termik evriminin incelenmesiyle, petrol arama alanlarına yeni ve önemli boyutlar kazandırılmıştır.

Bu makalede, Sovyet araştırmacılarından N.V. Lopatin'in bulduğu Zaman-Sıcaklık-Endeksi kavramı ile, bu kavramın petrol aramalarına ne gibi yararlar sağladığı açıklanacaktır.

LAPATIN YÖNTEMİNİN ESASI.

Günümüzde, bir havza ana kaya olgunluk derecesi, petrol alanlarına yükselen veya kuyularda bulunan kuyulara ait karotlar üzerine yapılan vitrinit yansımaları ölçümleriyle saptanmaktadır. Vitrinit

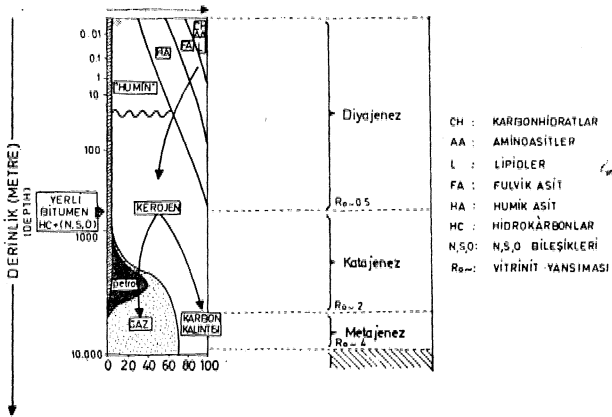
yansımaları belirli $R_0 \leftrightarrow \% 0,5$ ile $\% 2$ arasında ise, ana kayanın petrol ürettiği kabul edilmektedir (Şekil 1).

Lopatin yöntemi, bir havzada jeotermik gradyan ve jeolojik tarihçe tanıyarsa, vitrinit yansımalarını (R_0) hesap yoluyla bulunmaya, daha sonra da üretilen petrol miktarı hakkında bir fikir edinmeye yardımcı olmaktadır.

Yöntemin ilginç yanı, petrol aramalarını yönlendirmektir. Örnekteki bir havzadaki tennik gelişme, belirli bir seviyeyi, vitrinit yansımaları belirli $R_0 < \% 0,5$ olduğunu gösteriyorsa, havrada kalın kömür olsa da arama yatırımlarına girilmemelidir. Bunun tersi de mümkün olabilir. Yani, bir havzada tortul kalmaları ilk bakışta yeterli gözükmeseydi; termik gelişme, vitrinit yansımaları belirli $\% 0,5 < R_0 < \% 2$ verebilir, yani tortul kalmaları yeterli gözükmeseydi dahi petrol aranmalıdır.

Lopatin, Batı Almanya'da Rulir bölgesi kömürleri üzerine araştırmalar yapmış ve özellikle Münsterland-1 kuyusunda bulunan tabakalarını incelemiştir. Lopatin bu çalışmada komür tepesinin üsnel bir eğri olan Arrhenius denklemine uygun olduğunu göstermiştir.

Arrhenius Denklemi için
 $k = k_0 e^{-E/RT}$ bu denkleminde :



Şekil 1: Organik madde evriminin genel şeması (Tissot ve Welte, 1978).

Figure 1: General scheme of evolution of the organic matter (Tissot and Welte, 1978).

- k : Reaksiyon hızı
 k_0 : Reaksiyon katsayısı
 E : Aktivasyon enerjisi
 R : Universal faz katsayısı
 T : Mutlak sıcaklık'tır,

E ve k_0 değerleri bilinirse, bu denklemden kömürleşmedeki reaksiyon hızı kolayca hesaplanabilir. Aktivasyon enerjisi 8,4 ile 80 k kal/mol aramında, değişmektedir. Diğer yandan, hidrokarbon oluşumunun 50°C ile 250°C arasında bulunduğu unutulmamalıdır.

Lopatin çalışmalarında, katı birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu göstermiş, sıcaklıktaki her 10°C'lik artış için reaksiyon hızının iki katı arttığını saptayacak Zaman-Sıcaklık İndisi bulunmuştur (Waples, 1980), Yani; T°C sıcaklık için reak-

Sıcaklık Aralığı (°C)	İndeks Değeri (n)	Sıcaklık Faktörü ($\gamma = r^n$)
30- 40	-7	r^{-7}
40- 50	-6	r^{-6}
50- 60	-5	r^{-5}
60- 70	-4	r^{-4}
70- 80	-3	r^{-3}
80- 90	-2	r^{-2}
90-100	-1	r^{-1}
100-110	0	1
110-120	1	r
120-130	2	r^2
130-140	3	r^3
140-150	4	r^4
150-160	5	r^5

Çizelge 1: rWkli sıcaklık aralıkları için sıcaklık faktörleri (Waples, 1980)

Table 1: Temperature factors for different temperature interval (Waples, 1980).

siyon hızı k_r kabul edildiğinde (T + 10) °O sıcaklık için reaksiyon hızı $1 + 10$ olur ve

$$\ln y = \ln \left(\frac{1 + 10}{1} \right) = \frac{E}{RT(T + 10)} \text{ veya}$$

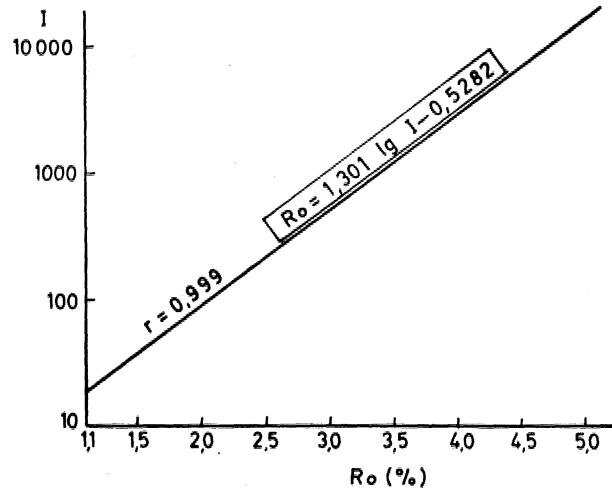
$$\lg y = \frac{E}{4,5T6(T + 10)} \text{ eşitliği vardır,}$$

Bu son bağlantıda (y) sınırlı faktördür.

Zaman-Sıcaklık İndisi (I), organik maddenin belirli bir sıcaklığa maruz kaldığı jeolojik zaman aralığı (Δt) ile sıcaklık faktörünün (y) çarpımı ve bu çarpımın toplamı Ue bulunur. Yani:

$I = \sum_{i=1}^n k_i \Delta t_i$ Lopatin'in çalışmaları sıcaklık faktörünün y « n » şeklinde olduğunu göstermiştir, (n) indeks değeri olup, 100-110°C sıcaklık aralığı için (0), 110-120°C sıcaklık aralığı için (+1), 120-130°C sıcaklık aralığı için (4), 130-140°C sıcaklık aralığı için (-1), 140-150°C sıcaklık aralığı için (2), 150-160°C sıcaklık aralığı için (5) dir (Çizelge 1),

Uygun bir (r) değeri seçerek zaman-sıcaklık indisi (I) ile hesaplanmış ve ölçülmüş vitrinite yansıması (R_o) arasında bir korelasyon bulunup bulunmadığı araştırılmıştır, (r) 1 ile 10 arasında değerler verilerek 1,6 < r < 2,5 durumunda (I) ile R_o arasında iyi bir korelasyon bulunduğu görülmüştür ve s 2'nin en tatminkar sonucu safladığı saptanmıştır (Waples, 1980). Lopatin'in (I) ile R_o arasındaki ilişki şöyledir (Şekil 2):



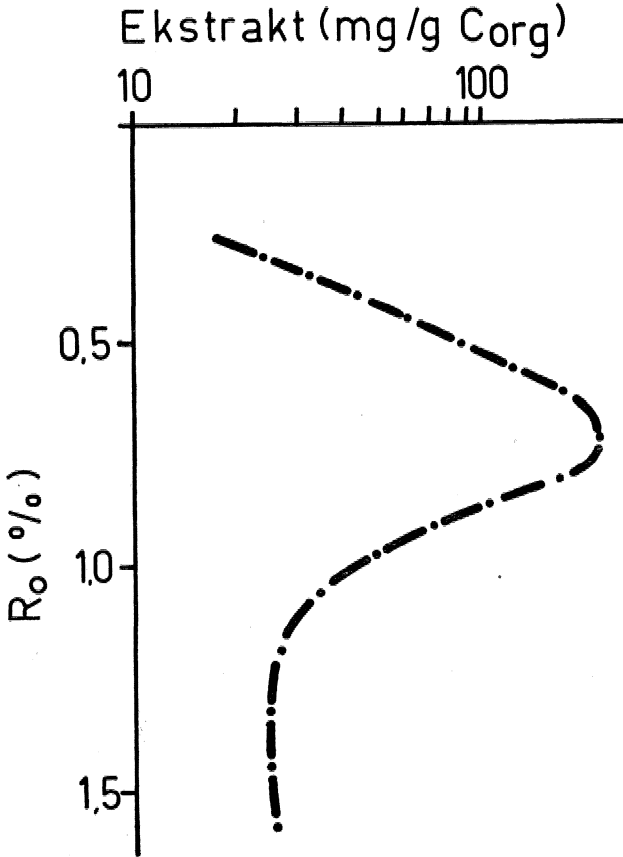
Şekil 2: Zaman - Sıcaklık - İndisi (I) ve vitrinite yansıması (R_o) ilişkisi (Lopatin, 1971).

Figure 2: Relation between Time - Temperature Index (I) and vitrinite reflectance (R_o) (Lopatin, 1971).

$$R_o = 1,301 \% I - 0,5282 \quad (2)$$

(1) ve (2) nolu Lopatin denklemlerinden yararlanılarak, jeotermik gradyan ve jeolojik tarihinin iyi bilinmesi koşuluyla bir havzada henüz hiçbir aşamaya girmemiş durumda, istenilen bir seviyede jeolojik zaman hesaplanabilir.

Daha sonra petrol üretim eğri (Şekil 3) ve (8), (4), (5) nolu demetlerden yararlanarak aynı havzada üretilen ham petrol miktarı hakkında bir fikir elde edilebilir (Weite ve Yüklér, 1980),



Şekil 8 : Petrol Üretim eğrisi (Weite ve Yüklér, 1980),

Figure 8 : Petroleum generation curve (Weite and Yüklér, 1980),

$$\text{mg Ekstrakt/g Corg} \times \% \text{ Oorg} \times IQB = \text{ppm} \quad (8)$$

$$\text{Toplam Ekstrakt} = \text{ppm} \times 1,82843 \times 10^4 \text{ varyasyon} \quad (4)$$

$$\text{Toplam Ekstrakt} \times \text{Atılabilirlik} = \text{Ham petrol} \quad (5)$$

Atılabilirlik katsayısı %10 ile %20 arasındadır.

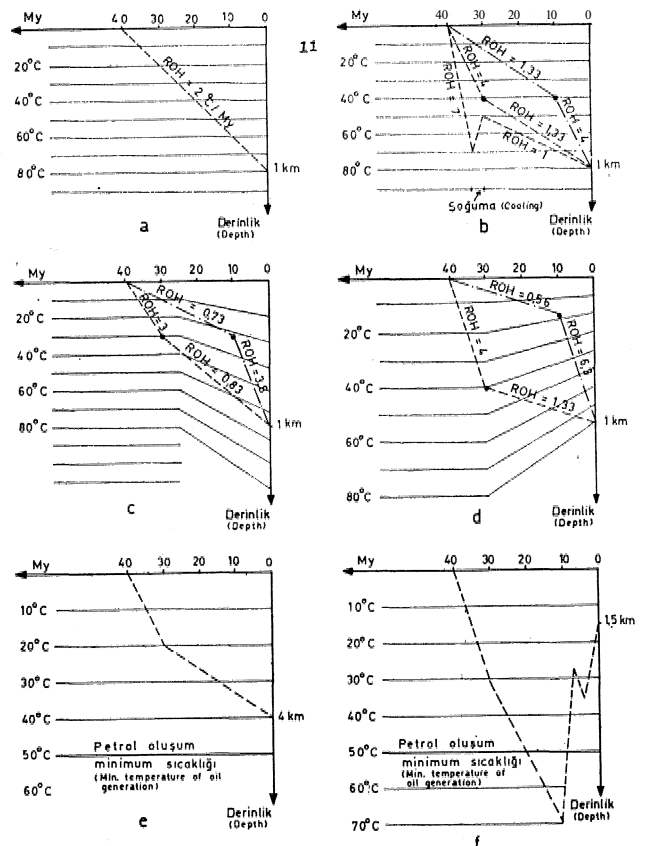
1970'deki Lopatin'in çalışmaları, önceleri yadırganmıştır. Anadolu petrol krizinden sonra petrol arama hızı hızla artmış ve bu çalışmaları sonuçlandıran çalışmaların giderek çoğalmıştır. Çeşitli jeotermal modeller üzerinde Lopatin'in çalışmaları denenmiştir. Jeotermal bu sayıdadır M, Zaman Su jeotermal. Jeotermal'den gelen enerji şekillerde yararlanılabilir olduğu ortaya çıkmıştır.

TERMİK GELİŞME VE ZAMAN-SİDİMANASYON İLİŞKİSİ

Bir havzada petrol oluşması için sıcaklığın en az 50°C'ye ulaşması gerekmektedir, Buradan şu önemli sonuç çıkarılabilir; ana kaya ne kadar genç ise, sıcaklık T (Kelvin), dolayısıyla jeotermal gradyan o kadar yüksek olmalıdır (Tillotson ve BspitaUé, 1975). 1974'te Conman, 11 milyon yaş ve tipteki havzadan elde edilen verilerden, bu sıcaklık T ile ana kaya yaşı t arasında Arrhenius tipinde bir ilişkinin olduğunu saptamıştır (Tillotson - Eapitalié, 1975), Yani :

$$\lg t = a - \frac{b}{T}$$

Bir havzanın termik evrimini açıklayabilmek için Rate of Heating (ROH) kavramından yararlanılmaktadır. Isınma hızı, jeotermal gradyan ve sedimantasyon hızı ile ilişkilidir, Şekil 4'de sabit jeotermal gradyan ve sabit sedimantasyon hızı için ısınma hızının da sabit olduğu görülmektedir. Şekil 4b'de sabit jeotermal gradyan ve değişken sedimantasyon hızları için ısınma hızının da değiştiği görülmektedir. Aynı şekilde, değişken jeotermal gradyan ve sabit sedimantasyon hızları için de ısınma hızının değiştiği görülmektedir. Şekil 4c ve 4d de ise sabit jeotermal gradyan ve değişken sedimantasyon hızları için ısınma hızının da değiştiği görülmektedir.



Şekil 4 : Isınma hızı (ROH), jeotermal gradyan ve çökme hızı ilişkileri

Figure 4: Relations between the Rate of Heating, geothermal gradient and rate of sedimentation.

i'n isminin hiMnin aldığı "değerler" görülmekte ve "taair" Çermik gelipne yeterli defitee, sedknan kalınlığı U'nş t'löa da petrol oluşması olanaksızdır (Şekil 4 e), Buna tergilik termik g-elipn'e yetarU İse, sediman kaünlüü İlginc gözükme dahi petrol olufması olanaMıdır (Şe* *m 4 f),

Görülüyor ki bir havzanın termik evrimin ince- lenme@, petrol arama ve yatırımı&nnı yönlendirme açısından son derece önemlidir;

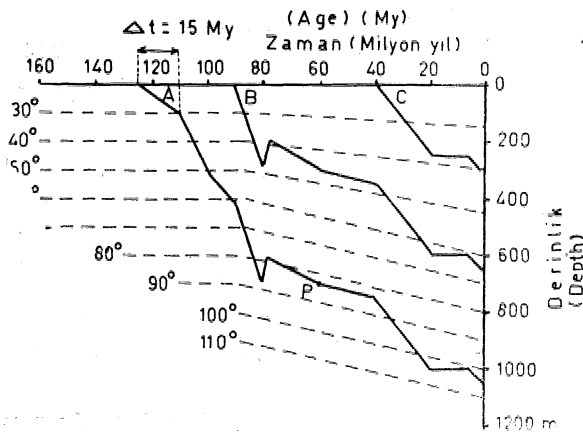
ZAMAN»SIOAKUK.INDİSİrMtor HESAPLANMASI

Zaman . SioakMc m İndiai'nin nasıl hesaplandığı Waptes (Wmyin jeolojik modeli ite (Şekil 5 ve Çi- zelge 2) kolayca açıklanabilir.

Sıcaklık Aralığı (C°)	$\gamma = r^n$	Δt (m.y.)	I ara değerleri ($r^n \cdot \Delta t$)	Toplam I
Horizon A				
20- 30	2^{-8}	15	0.06	0.06
30- 40	2^{-7}	5	0.04	0.10
40- 50	2^{-6}	5	0.08	0.18
50- 60	2^{-5}	10	0.31	0.49
60- 70	2^{-4}	3.5	0.22	0.71
70- 80	2^{-3}	(3.5 + 6.5)	1.25	1.96
80- 90	2^{-2}	(4.5 + 37.5)	10.5	12.5
90-100	2^{-1}	10.5	5.3	17.8
100-110	1	24	24.0	41.8
Horizon B				
20- 30	2^{-8}	3.5	0.01	0.01
30- 40	2^{-7}	(3.5 + 2.5)	0.05	0.06
40- 50	2^{-6}	(5 + 38)	0.67	0.73
50- 60	2^{-5}	12.5	0.39	1.12
60- 70	2^{-4}	24.5	1.53	2.65
Horizon C				
20- 30	2^{-8}	10.5	0.17	0.17
30- 40	2^{-7}	29.5	0.22	0.39

Çizelge 2 : Şekil 5'teki jeolojik modele ait Zaman-Sı- caklık-İndisi'nin hesabı, (Waples, 1980).

Table 2 : Calculation of present Time-Temperature Index values for geologic model (Fig. 5) (Waples, 1980).



Şekil 5: Jeolojik model (Waples, 1980).
Figure 5: Geologic model (Waples, 1980).

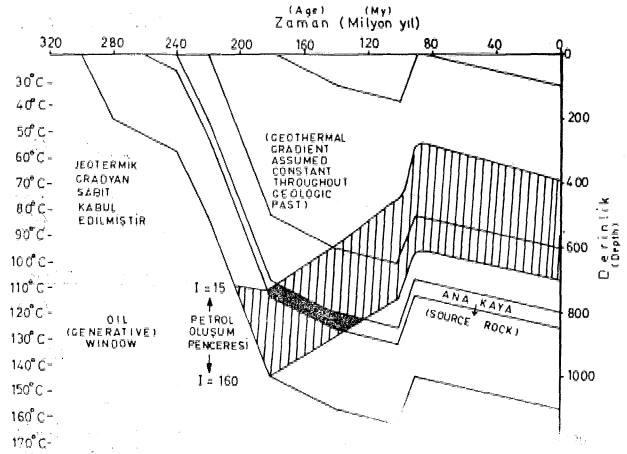
(Şekil 5'teki modelde görüle A, B ve O gibd ÜQ swiyeeye ait, 10 ar^O'lik ocaklık dilimleri arasında İcalatt ^t zamaBları aynı sicaWuc. dİMmtoe alt $y = r^n$ soaMüc faittörü üe çarpılarak; ZawiÄn - Sıcaklık - İndM ara değerleri bulunmakta ve Zaman - Sıcaklık - İndtei ara def erleri toplanarak, (i) nolu Lopatin denkleminde belirtilen Zamam _ Sıcaklık - İndisi de- ferleri bulunmaktadır, (Çteelge 2), Aynı yolla, jeolojik geçmişte herhangi bir samandaki Zaman - Sıcaklık-İndM deferini bulmak olanaklıdır, örneğin (Şekil 5)'teki A swiyasiain 60 milyon yıl öncesine Mt bir P noktasında Zaman-Sıacaklık-İndiM değeri I TM 5,0'eur.

PETBOL ARAJ^LÄEİNDA ZAMAN - SICAKLIK - İNDİSİNDEN YARABIANMA

Zaman m Sıcaklık . İndAsii'nin petrol aramalarına aşā= fıda belrMlen yararları vardır*.

1, ^amaa-Sicaklık-İndiff'nln hesabı, havzada ter- mik gellpneniin petrol oluşumuna elverişli olup olma- dıf mı gösterir. Böylece arama ve yatırımlar yönlendi- rilebilir,

2, EŞ Zaman-SıcaMık^^M eğrileri yardımıyla bir havzada petrol oluşumunun zamanı saptanabilir. Petrol oluşum smırlan Bood, Bostiek ve I^>patin'ö göre I :- 8 İle I s 20 arasında Wrifht, 1980), Waples (1980)'a göre ise I = 15 m I s= 160 arasındadır. (Şe« kil 6)'da Waple® (1980)'m bdr başka jeolojik mode, itode eş Zawnn-SıcaMık*İndâA tfrileri (I = 15 ve I - 160) yardımıyla petrol olufum yaşmm zamanumMan 181 üe 120 milyon yıl önceki aralıkta gerçekleşldti görülmektedir (ana kayanın I s= 15 def erine ulatıf ı zaman, ilbl milyon yıl öncesidir. Yani, havzada petrol 181 milyon yıl önce oluşmaya boyamıştır, I = 160

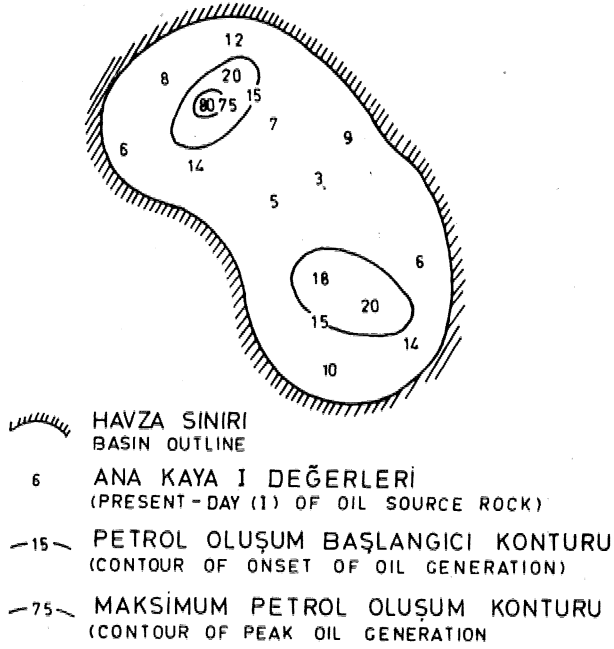


Şekil 6 : Petrol oluşum zamanının saptanması (Jeolo- jik model), (Waples, 1980).

Figure 6 : Determination of the oil generation time (Geologic model), (Waples, 1980).

Zaman-Sıcaklık-fadiW değeri 110 milyon yıl önce ana kayayı t^ketöfür, Yani, havaada petrol oluşu« mu 120 müyoo yıl ön^ âumnuştur), Kuşkusug, bir havzada petrol oluşum yaşmnı UUmam, olupû petrolün nerelerde ve ne zaman kapaoaMleoflnln kestWtaiii^ açıaından son dereee ömtüMir.

3, Bir hav^amn pek gok noktam için saman • derinlik efrilleri üseUnden Zaman-Sıc^ıkJndijii defleri hesaplanır ve eş ^man^aioaklüctodW konturları çMlrtoe, havlanın hangi bölfolertmde petrol oluştuğu görüleMMr (i^kil 7).



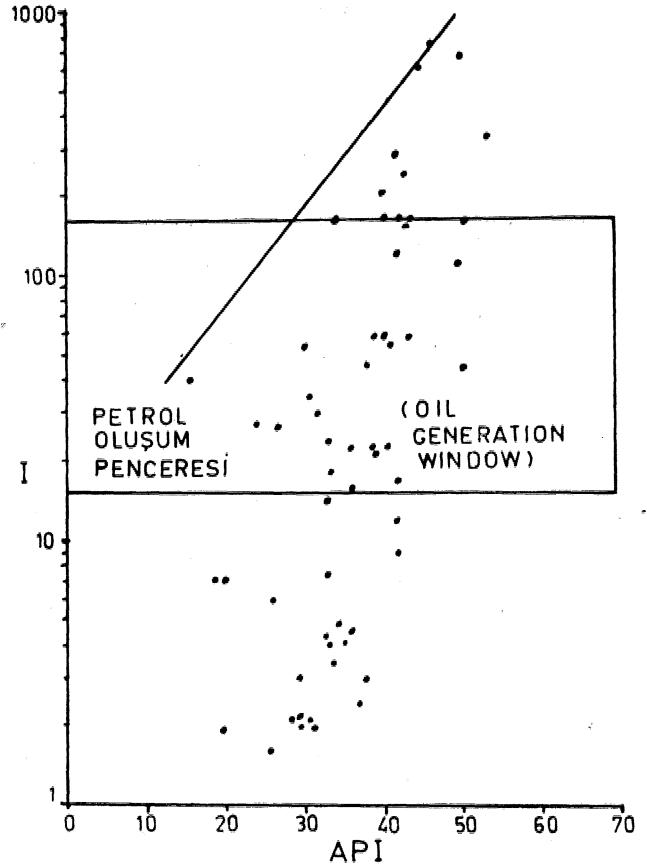
Şekil 7 : Zaman-Sıcaklık-İndisi Ü© havzada petrol oluşümünün saptanması (Waplos, lieu).

Figure 7 İ B<temÜJUtıOTİ of the oü generatİoll with th© İmm températe Index (Waples, 1980)*

4, Zaman-Sıcaklık-todim üeğwleil bir havzada ö-luşan petoolün API graviteM haMtıMa dà Wr fiMr verebilir (Şelcü 8).

5, WapLes (19«80)in galı^njalıanna göre, ıslak gaz sınırına I «. 1500, kuru gag smırma im I = 65000 dolaylarında girUmektedir. Dolayısıyla ^aman - Sıcak» bk «İndi^nden yararlanarak bir havzada, gaz oluşup olu^nadıfı da söylenetüir.

6, Zam'an-SıcaMık-^di^ deferi yardımcıyla (2) nolu Lopatto denkleminde bulunan teorik R₀ viMnit yanması deferi, İmvsada varhfi düşünölen ana kaya élfUüilüttmun yeterli düzey© eiişüfını gösteriyorsa» ana fcayamn yaklaşık %1 orgaMk karbon (ağırlık olarak) İçordđđi düşünölerək, petrol üretim egrim (ŞeMİ 3) ile (S), (4) ve (5) nolu denklemler yardımcıyla, üretilen petrol miktarı hakkında bir fikir edinilebilir.



Şekil 8: Zaman-Sıcaklık İndisi ile AP derecesinin saptanması (Waples, 1980).

Figure 8 : Determination of the oil gravity (API) with the time-temperature index (Waples, 1980).

BBÖMtt^N BKUİELER

LOPAİN, N.V., 19^1, Tempwator© and geologic Ü. me BB faotora to eoaltfatioii: Izv, Akad* Naik. Uşb, mm, Ser. Oeol, V. 3, p. 90-406

SOYMJ, a, SİNANOÖLU, B., 1970, Petrol türümü ve gög ilkelerinin petrol aranm bölgelerinin saptan« maında uygutamaei: Yeryuvan ve İnsan, dit 4, Sayı 2, w. SI-âö.

TTSSOT, B.P., BSCTTAMB, J., imê, L'évolution ttar. nuque 6B 3a matière wganiqué ûm sedimwits: Applications d'un© Mmulation mathématique: Rev. LB\p., Vol, KKK, No 5, p. 743.777

TOSTOT, R.P., vmum, DE, 197^ Petroleum formatlon m,û occurren^: Berlin-Heidelberg^New York, Springw^Vwlag, 53S p,

W^FLÊ®, D.W., 19İ0, Time «ad temperature in petroleuin formation: Application of Lopatin's M^hod to Petroleum Exploration: A.A,P.G. Bull. Vol. 64/6, p, 916.0S6

WEI/OT, D.W., TÜLER, A., 1980, Evolution of sedimentary basins from the standpoint of petroleum origin and accumulation-an approach for a quantitative basin study: Organic Geochemistry, 1, 1, 1-10.

WRIGHT, N.J.R.J 1980, Time, temperature and orga-

nie maturation: Journal of Petroleum Geology, 2, 4, p. 411-425

KÜLÜR, A., 1980, Sédimanter havzaların donamik Gvrimlerinin hidrojeoloji ve petrol jeolojisi açından kantitatif olarak deg'lendirilmesi (Dog. Tezi, yayınlanmamış).