

Kütahya Vilâyetindeki Tavşanlı sub-bitumineux kömürlerinin evsafı

Dr. és. Sc. Georges Ladame

Balıkesir - Kütahya hattı bu mın-takayı kat'eder ve Tavşanlı madeni aynı isimle anılan istasyondan takriben 50 km. şimaldedir.

Garbi Anadolu Alt Neojene ait kömürler itibariyle zengindir (1). Bu geniş havzada hakikaten dikkate değer kömür madenleri mevcuttur. Bunların bir kısmı tetkik edilmiş ve bir kısmı da işlenmiştir.

Söke, Cumaovası, Şoma, Tavşanlı ve Seyitömer v.s. liğnitleri şimdiye kadar kömürleşme derecesi bakımından tetkik edilmiştir. Yalnız alman liğnitlerine benzeyen toprakımsı liğnitlerin mevzuubahis olmadığı malûmdur. Haricî görünüşe nazaran, Bohemya, Avusturya Alplerinde (Glanzbraunkohle) ve az miktarda isviçre'de raslanan kömürlere müşabih oldukları tahmin edilebilir.

Neojene ait olan bu kömürlerin kömürleşme derecelerinin ilerlemesinde indifai erüpsyonların âmil olup olmadığı düşünülebilir. Hakikaten bu andezitli lâv ve tüflerin bu civarın jeotermik derecesini yükseltmeden teşekkül edemeyeceği aşikârdır. Bu hâdisenin muhtemel neticesi liğnitin otometamorfizmini intaceder.

Yakın zamanda Tavşanlı kömürlerini tetkik etmek vazifesiyle tavgif edildim ve bu münasebetle muhtelif tecrübeler

meyanında bu kömürün normal bir liğnitin aksine flote edilebileceğini tesbit ettim. Bu sebeple şöyle bir sual mevzuubahis olabilir: Bu kömür niçin flote edilebiliyor ve neden herhangi bir liğnitten farklıdır? Bu sual beni kömürün bu esas hassasını tesbite sevk etmiştir.

TAVŞANLI KÖMÜRLERİNİN KİMYEVİ VE FİZİKİ EVSAFI

Kömürün konsistansı **yüksektir: Kompakt** olup Katiyen toprakımsı değildir.

Kömür muhtelif nispetlerde ve gayet ince strüktürde, durit, vitrit ve kömürlü şistten -ibarettir.

Virit oldukça saftır. Durit Makrospor ve Kutikula ihtiva eder ve ekseriyetle kül itibariyle zengindir. Kömürlü şist az veya çok piriti havidir ve kilde toplanmış kömürlü mevattan ibarettir. Bu kilin terkibi hakkında aşağıdaki kül tahlili bir fikir verebilir: (Burada misal olarak "c" kömür numunesinin 3 No lu tabloda gösterilen kül tahlilini veriyorum):

53,26 %	SiO ²
21,64 %	Al ² O ³
13,01 %	Fe ² O ³
2,89 %	CaO
5,84 %	MgO
0,47 %	S

Tavşanlı kömürü kıymetini düşüren cihet fazla miktarda kömürlü şist ihtiva

(1) P. Arni, Tavşanlı Liğnit Batağı, 1942, Rapor, M. T. A. Enstitüsü arşivi.

etmesidir, (1 ve 2 numaralı mikrofotolar, kömürlü Şist parçacıklarının fevkalâde ufak olduğunu göstermektedir). Ekseriyetle 0,5 m/m büyüklüğündeki bu parçalar normal yıkama usulleriyle tefrik edilemezler.

Kömürün mihveri tamamen düzgün ve mücellâdır. Vitrit mikâbı parçacıklardan ibarettir. Durit ise konkoidal şekildedir.

Esas **klivaj** istikameti şistlenme istikametiyle aynıdır, ikinci klivaj birincisine amuttur. Üçüncü ve ehemmiyetsiz olan bir klivaj da her ikisine amuttur ki bu klivaj taze kömürde görülmemektedir.

Campbell'in slacking tecrübesi (2). Bu âlim 1922 senesinde kömürlerin, birbirini müteakip rutubete ve kuruluğa arzedildiği zaman tedricî parçalanmalarına nazaran, tasnif edilebileceğini serdetmiş ve taşkömürü suda bırakıp tekrar kurutuldukta parçalanmaya karşı tamamiyle mukavemet gösterdiğini, halbuki lignitin az veya çok parçalandığını tesbit etmiştir.

Bu tecrübeleri vasat kalitedeki (%18 kül) bir Tavşanlı kömürü ile şu şekilde yaptım: Kömür evvelâ 20° deki suda 3-4 saat terkedildi ve müteakiben 10-12 saat 15° - 45° deki atmosferde kurutuldu.

Tecrübe inkıtasız olarak tam 30 gün devam etmiştir. **3 gün sonra** esas klivaj yerleri oynamaya başlamış, fakat hiçbir dağılma görülmemiştir.

10 gün sonra iki esas klivaj açılmış, fakat üçüncü klivaj istikametinde kapılar zikzak fissuration'lar görülmüştür. Alınan 2 parça kömürde döküntü şeklindeki zayıyat iptidai veznin %5 i kadardır. **20 gün sonra** vaziyette hiçbir ilerleme olmamıştır.

30 gün sonra hâdiseye stabilize olmuş

((2) **W. Gothan**, Beyschlag - Krusch - Vogt, Lagerstaetten der nutzbaeren Mineralien und Gesteine (Kohle) cilt III, kısım I, Berlin 1937.

tesiri verdiğiinden tecrübeme nihayet verdim. Kırıntılanma şeklindeki mecmu zayıyat % 8 idi.

Bu tecrübeler, Tavşanlı kömürünün slacking'e karşı gayet zayıf bir kabiliyette olduğunu göstermiştir.

Kömürün **rengi** siyah gridir. Virtit taşkömürünü andıran parlak manzaradadır, halbuki durit mat ve koyu gri renktedir. Porselen tabaktaki çizgisi koyu kahve rengidir.

Bünyesi umumiyetle gayri saf olduğundan, vitritin sertliği duritten fazladır. Vitrit plâstik olmayıp kolaylıkla kırılır.

Tavşanlı kömürlerinin "courbes de labilitye" tesbit için birçok numunelerin **zahiri izafi sıklıklarını** tâyin ettim. Malûm olduğu üzere bu karakteristik tecrübi olarak numuneyi muhtelif kesafetteki mayilere (ZnCP mahlûlü, bromoform v.s. gibi) daldırmak suretiyle tâyin olunur ki burada 1,25 - 1,90 arasındaki mahlûller kullanılır.

15 mm. den ufak kısımlarda yıkanma münhanisi hiçbir düşüklük göstermeyip takriben bir hattı müstakimdir ve kül miktarı hattâ 2 mm. -lik durumdaki tozlarla dahi mütenasiben artmaktadır.

Kömür 1,30 kesafetinden itibaren gitkiçe artan bir şekilde kömürlü sisti ihtiva eder. Tavşanlı kömürlerinin vasati izafi sıklığı olan 1,5 de kömür % 18 kül ihtiva eder.

Tavşanlı kömürünün zahirî izafi sıklığı
Tablo No. 1

Zahirî izafi sıklık	Kül miktarı	Kömürün kalitesi
d = 1,26	4,60 %	Vitrit
d = 1,28	5,97 %	Durit
d = 1,30	9,59 %	Rübane kömür
d = 1,32	13,76 %	Şist ve vitritin karışımı

Kömürün porositesi, 100 gr. da cm^3 cinsinden aşağıdaki münasebetle tarif olunur:

$$\text{Porosite} = \frac{s - s'}{s} \cdot 100 \text{ cm}^3$$

s = Hakikî izafî sıklet

s' = Zahirî izafî sıklet

(s) m tâyini agat havanda toz edilmiş kömürle, (s') tâyini ise ufak parçacıklarla yapılmıştır. Her iki halde de piknometre ve kesafeti malûm aikol kullanılmıştır.

Tablo No. 2

Muhtelif menşeli kömürlerin izafî porositeleri

Menşei	Vasfı	Hakiki izafî sıklet = s	Zahirî izafî sıklet =, s'	Porosite
Tavşanlı	Kömürlü şist	1,647	1,525	4,86
Keza	Keza	1,661	1,536	4,96
Yerköy	Lignit, bakikî xylaîn	1,729	1,644	2,96
Kozlu	Rübane taşkomür	1,599	1,542	2,31
Amasra	Rübane taşkomür	1,670	1,525	5,69
Keza	Fusain'ce zengin kömür	1,629	1,519	4,45

Tavşanlı kömürü porositesi kül ve izafî sıkleti itibariyle yakın olan Amasra kömürü (Zonguldak havzası) ile mukayese edilebilir. W. Petraschek'e göre bu karakteristik kömürün olgunluk derecesini gösterecek bir kriterium olmak bakımından enteresandır (3). Bu katî tarife ait noktai nazarlar hâlâ muhtelifdir.

Tavşanlı kömürü siyah renkte toz halinde bir kok terketmekte, uzun ve parlak olmyan bir alevle yanmaktadır.

Mutad keyfî tecrübeler tatbik edildikte: sulu asit nitrikle yapılan muamelede ligninin ve sıcak sud kostikte yapılan muamelede **hümik müştaklarının** mevcudiyeti tesbit edilmiştir.

Alkol - benzol mahlûtiyle yapılan ekstraksiyon muhtelif numunelerde %2,17 — %2,81 **bitüm** vermiştir.

Bir kömürün aglomera olmak kabiliyeti 3 faktör grupuna tabidir; bunlardan birincisi kömürün zatî havasına ait olup

(3) W. Petraschek, Entstehung, Veredlung und Venwertung der Kohle, s. 8, K. A.Redlich, J. C. Breini ve H. Tropsch tarafından neşredilmiştir, Berlin, 1930.

briket yapma tecrübeleri bunları tanımak için bize yardım edebilir.

Kömürün hususî hassaları meyanında, porositesini, rutubetini ve higroskopitesini, ve müteşekkülerini izafî nispetleriyle kolloidal karakterlerini, kapilarite ve sairini zikredebiliriz.

Evveleminde kömürün aglomerasyonundan evvel tesir ettirilen ve nihayet briketaj esnasında tatbik edilen faktör grupları da tefrik edilebilir.

Tecrübelerim, 200 - 2000 kg/cm^2 arasında değişen tazyıklar altında, sühnet, bağlama maddesi, rutubet, tane büyüklüğü gibi diğer şeraitin değiştirüme suretiyle icra edilmiştir.

Bunun neticesinde Tavşanlı kömürünün alınanların toprakımsı liğnitleri gibi 1500 kg/cm^2 bir tazyik altında aglomere olmaya müsait olmadığını gördüm.

Kömürümüz bir bağlama maddesi istimalini ve muayyen bir miktar rutubet mevcudiyetini icabettirmektedir. Suya daldığı zaman dağılmıyan bir briket istihsal edilmemiştir.

Plastisitesi ve higroskopitesi düşük o-

Cedvel No. 3 Bazı Tavşanlı kömürü numunelerine ait tahlil neticeleri

Kömürün kategorisi	(D) Küllü tozlar "a" 0-2 mm.		(2) Vasatı numuneler				(3) Seçilen "d" Durit		(3) numuneler "e" Vitrit	
	R.		"b" 2 mm. üstü R.		"c" 2 mm. üstü R.		R.		R.	
Immédiat analiz	R.		R.		R.		R.		R.	
Arızî rutubet	9,33%....		16,00 %		14,67 %		10,33 %		18,02%.....	
Kül	39,84	43,90 %	19,90	23,65 %	15,37	18,00 %	5,35	5,97 %	4,08	4,68 %
Yanıcı maddeler	50,83		64,10		69,96		84,32		83,90	
Kok	66,84	73,18	54,60	65,18	55,50	65,13	53,80	60,00	53,48	61,34
Sabit karbon	27,00	29,28	34,70	41,51	40,13	47,13	48,45	54,03	49,40	56,66
Uçucu maddeler	23,83	26,82	29,40	34,84	29,30	34,87	35,87	40,00	34,50	38,66
Elemanter analiz	R. K.		R. K.		R. K.		R. K.		R. K.	
C	35,64 %	70,13 %	48,01 %	74,80 %	52,40 %	74,85 %	66,03 %	78,30 %	66,88 %	79,71 %
H	2,81	5,54	3,56	5,64	3,96	5,65	4,59	5,44	4,21	5,02
N	0,68	1,33	1,13	1/76	1,26	1,80	1,68	2,00	1,34	1,60
O	11,08	21,82	10,76	16,80	11,74	16,75	11,50	13,64	10,95	13,05
S	0,62	1,18	0,64	1,00	0,60	0,95	0,52	0,62	0,52	0,62
Koklaştırma tecrübesi (Fischer usulüyle)	R.		R.		R.					
Mecmu H ² O	15,16 %		22,83%.....		20,24%.....					
Konstitüsyon suyu	5,83	6,42 %	6,83	8,14 %	5,57	6,46 %				
Uçucu maddeler	6,60	7,29	9,24	10,88	8,05	9,41				
Dun sühnet katranı	3,24	3,27	5,35	6,38	5,67	6,65				
Dun sühnet koku	75,00	82,77	62,58	74,60	66,04	77,48				
Benzol - alkol ile ekstrasyon Bitüm	2,62 %		1,87 %		2,19 %					
Hararı kudret (Dulong formülüyle)	R. K.		R. K.		R. K.		R. K.		R. K.	
	3247	6400	4436	6930	4900	7010	6210	7380	6180	7370
Küllerin erime noktası	1125° 1180°		1125° 1180°		1110° 1160°		1150° 1170°		1080° 1115°	

İzahat: İR. Rutubet tenzil edildikten sonra demektir. R. K. Rutubet ve kül tenzil edildikten sonra demektir.

lan bu kömürde aglomerasyon esnasında meydana çıkan bir sathi tevettür tesbit edilmemiştir,

TAVŞANLI KÖMÜRÜNÜN SINIFLANDIRILMASI

3 No. lı tabloda gösterilen analizler kömürün tarifi için lüzumlu elemanları vermektedir. Umumiyetle bilindiği üzere, bir kömürün kömürleşme derecesi ihtiva ettiği C miktarı ile $\frac{C}{H}$ nispetinin yükseklığı ve bunun aksine O ve uçucu maddelerin azlığı ile tâyin edilebilir.

Hickling (4) diyagramında "b" ve "c" vasati numunelerimiz %75 C ve %13 O ile sub-bitumineux kömürlere tekabül eder.

H. Apfelbeck (5) kömürlerin istihalesini C, O ve H miktarlarını nazarı itibara alarak "ternaire" bir diyagramla göstermiştir. Tavşanlı'ya ait 4 numune ("b", "c", "d", "e") müellifin mutavassit (intermediare) kömür diye isimlendirdiği kömür tipine tekabül etmektedir ki bu tipe Petrozseny (Transilvanya) ve Szilagyi (Budapeşte) kömürleri birer misaldir. Kömürlü formasyonun jeolojik yaşından başka hiçbir tefrik kıstasının bulunmadığı bir devirde uzun zamandanberi bu kömürlerin liğnit mi yoksa taşkömür olarak mı kabul edilmesi icabettiği sorulmaktadır.

Buna mukabil nispeten yüksek olan 6-7 % bünye sulariyle (tablo 3) Tavşanlı kömürlerinde istihalenin taşkömürünün kömürleşme derecesinden uzak olduğu görülür.

Bu meselenin daha sıhhatli bir su-

(4) W. A. Bone and G. W. Himus, *Goal, its Constitution and Uses*, p. 35, London, 1936.

(5) H. Apfelbeck, *Entstehung, Veredlung und Verwertung der Kohle*. S. 22/61, K. A. Redlich, J. C. Breini et H. Tropsch, neşriyatı, Berlin, 1930.

rette halli için tefrike hadim bazı endisler tesbit etmek yoluna gidilmiş, fakat ne yazık ki muhtelif endislerin verdikleri farklı neticeler kanaatleri birleştirecek bir çare bulmaktan çok uzakta olduğumuz göstermiştir.

Bu endislerin bazılarını hesaplayarak 4 No. lı tabloda gösteriyorum. Bu suretle Tavşanlı'ya ait bu meselenin daha yakından tetkiki mümkün olacaktır.

Muhtelif endisler arasında en çok tamamum etmiş olan dördünün tarifleri aşağıda yazılıdır.

1. — Dowling tasnifini "split volatile ratiq" ya istinadettirmiş ve intikal kömürlerinin tefrikinde slacking hâdisesinin müşahedesinden istifade etmiştir.

Dowling endisi =

$$\frac{\text{Sabit C} + 1/2 \text{ uçucu maddeler}}{\text{Rutubet} + 1/2 \text{ uçucu maddeler}}$$

2. — Wong, az istihale görmüş lignitlerin ihtiva ettikleri fazla miktarda rutubeti orijinal formülünde nazarı dikkate almayan Campbell'in "fuel ratio" sundan ilham almıştır.

Wong endisi =

$$\frac{\text{Sabit C}}{\text{Rutubet} + \text{uçucu maddeler}}$$

3. — Campbell son zamanlarda elemanter analizle tâyin edilen C ve H miktarlarıyla $\frac{c}{h}$ nispetinden istifade etmek tedir. Bu nispet zaten U. S. Geological Survey ve Bureau of Mines'in tasniflerinde esas teşkil etmektedir.

Campbellendisi = $\frac{c}{h}$

4. Wieluch elemanter analizle tesbit edilen C, H, N, ve O miktarlarını ihtiva eden bir formül aramıştır:

$$\text{Wieluch endisi} = 1 - \frac{42.h + 21.o + 3.n}{7.c}$$

Tablo No. 4

Tavşanlı kömürüne ait başlıca endisler ve bunların t ayinine yarıyan tahlil neticelen

	« a » Tozlar	« b » Vasatı numuneler	« c »	« d » Durit	« e » Vitrit
Sabit karbon	27,00 %	34,70 %	40,13 %	48,45 %	49,40 %
Uçucu maddeler	23,83	29,40	29,80	35,87	34,50
Rutubet	9,33	16,00	14,67	10,33	12,02
K�l	39,84	19,90	15,40	5,35	4,08
C	70,13	74,80	74,85	78,30	79,71
M	5,54	5,64	5,65	5,44	5,02
N	1,33	1,76	1,80	2,00	1,60
O	21,82	16,80	16,75	13,64	13,05
<u>Dowlin</u> endisi	1,83	1,46	1,64	2,35	2,28
<u>Wong</u> »	0,83	0,77	0,90	1,05	1,06
<u>Campbell</u> »	13,85	13,30	13,30	14,40	16,00
<u>Wieluch</u> »	0,43	0,47	0,47	0,53	0,56

Endislerin münakaşası:

1) **Dowling'e** göre, Tavşanlı kömürü cannel-coal gibi interm diaire kömürleri ihtiva eden "D" grupuna ithal edilebilir ki bu grupun karakteristikleri şunlardır:

split volatile ratio = 1,8 — 2,5
rutubet = 6 — 20%
slacking müspet

2) **Wong'a** göre, k m r m z endisinin "BC" diye gruplandığı sub-bitumineux veya ligniteux bitumineux kömürleri grupuna dahildir ki, bu gr p n karakteristiği fuel ratio — 0,9 — 1,3 olmasındır.

3) **Campbell'e** göre vasatı olarak 12,5 — 14,4 endisleri arasındaki bitümlü kömür mevzuubahistir.

4) **Wieluch** liğnit ve maden kömürünü 0,50 endisinden itibaren tefrik etmektedir; maden kömürlerinde bu endis 0,5 den fazla, liğnitlerde 0,5 den azdır. Bu sebepten Tavşanlı kömürünü, her iki kömür nevi arasında, bir intikal hali olarak telakkı etmek mümkündür.

3 ve 4 No. lı tablolardaki 5 kömürü kömürleşme derecelerine göre sıraladım ve bunların analiz ve endislerini g sterd m. Burada bütün neticeler elemanter analizden çıkarılmış ve bundan aşığında g s-

terilen Dulong formülüne göre kömürün kalorifik kıymeti hesabedilmiştir:

$$p.c. = 81.c + 290 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 25.s - 6.aq$$

p.c. = kalorifik kıymet

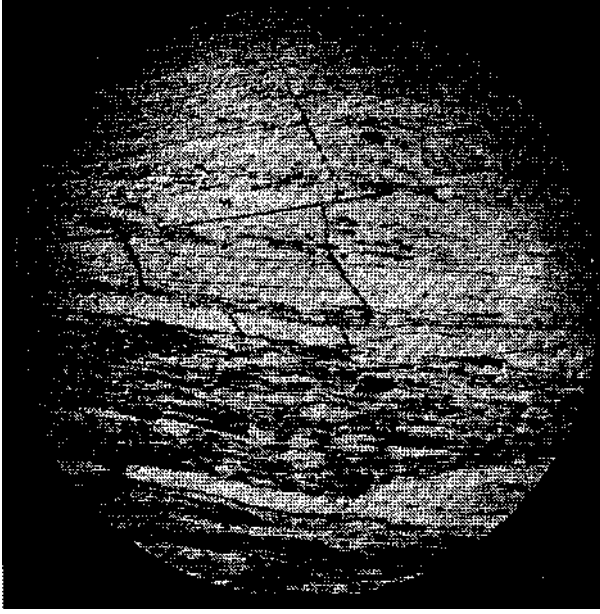
c, h, o, s — elemanter analizle elde edilen C, H, O, S miktarları

aq — kömürün arzi rutubeti.

"a" dan "e" ye dođru karbon miktarının artmasının ve buna mukabil oksijen miktarının azaldığının tesbit edilmiş olması hakikaten enteresandır. Burada hakikaten farklı bir kömürleşme (maturation) h disesini yoksa muhtelif karakterli nebat artıklarının üzerine akmasıyla hasıl olmuş kömür parçacıkları mı mevzuubahistir?

Buna cevap verebilmek için analizlerin miktarını artırmak ve kömürün petrografik etüdünü yapmak l zımdır.

Her ne olursa olsun ş  muhakkaktır ki, Tavşanlı Neojen kömürleri liğnitlere has bazı karakterlerini kaybetmiştir. Fakat fazla istihale etmiş bu artık liğnit deđil, **bir intikal (interm diaire) kömürüdür** ki buna sub-bitumineux kömür ismini vermek bana en uygun gelmektedir. Bu taammüm etmiş Anglo-Amerikan nomenklatur' ne de uymaktadır.



No. 1 — Bu mikrofoto vitrit şeritlerinin kömürlü şiste intikalini gösterir. Gayet küçük küllü parçacıklara dikkat edilmesi gerekir. Takriben 35 misli büyütülmüştür. (Foto H. Kleinsorge)

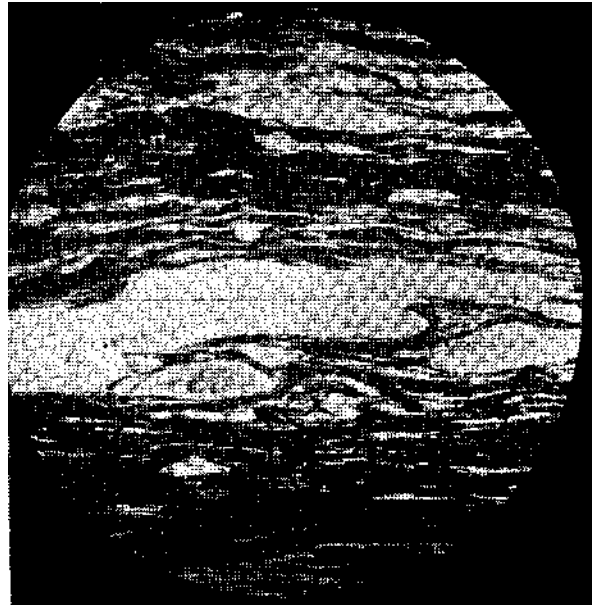
Figure 1. — Microphotographie (H. Kleinsorge) montrant le passage d'un lit de vitrain à un lit de schiste charbonneux. Prière d'apprécier la dimension souvent minuscule des particules cendreuses.

(gr. approx. 35 fois).

No. 2. — Bu mikrofoto muhtelif kalınlıktaki ve nisbeten temiz kömür şeritleriyle çok küllü duritli şist tabakacıkların münavebe ile birbirlerini takip ettiklerini gösterir. Takriben 35 defa büyütülmüştür. (Foto H. Kleinsorge)

Figure 2. — Microphotographie (H. Kleinsorge) permettant de constater la succession rapide et absolument irrégulière de lits de charbon relativement pur et de schiste à durain très cendreux.

(gr. approx. 35 fois).



Lc« propriétés du charbon sub - bitumineux de Tavfanh, vilâyet de KUtahya, Turquie

Par Georges LADAME, Dr. és. Sc.

La région est desservie par la ligne Balikesir - Kütahya et la mine de Tavşanlı est située une quinzaine de km. au Nord de la station du même nom.

L'Anatolie occidentale est riche en charbons qui se rattachent tous au Néogène inférieur (1). Il existe en fait dans toute cette vaste province de grosses ressources en combustibles. Elles sont du reste en voie d'exploration et même d'exploitation.

Le degré de maturité des charbons de Sôke, Cumaovası, Soma, Tavşanlı, Seyitômer, etc. n'a jamais été précisé à ce jour. On sait qu'il ne s'agit pas de lignites terreux, s'apparentant aux Braunkohle de l'Allemagne, mais, à première vue, d'un type de charbon que l'on rencontre en Bohême, dans les Alpes Autrichiennes (Glanzbraunkohle) et sporadiquement en Suisse.

Je me suis demandé à quel point les éruptions volcaniques qui ont rapidement succédé dans cette partie de l'Anatolie aux dépôts lignitifères du Néogène sont peut-être responsables de l'évolution prise par ces charbons et plus particulièrement par celui de Tavşanlı- On peut certes s'imaginer que ces laves et ces tufs andésitiques ne se sont pas formés sans entraîner quelque élévation du degré géothermique régional. La conséquence éventuelle en aurait été l'accélération de l'auto-métamorphisme des constituants du lignite.

(1) P. Arni, Das Braunkohlenbecken von Tavşanlı, 1942, rap. manuscrit, archives Institut M. T. A., Ankara.

J'ai été récemment chargé d'examiner si le charbon de Tavşanlı est susceptible d'être lavé par un procédé quelconque: J'ai constaté alors au cours de mes recherches qu'il est doté d'un degré de flotabilité absolument remarquable pour un lignite.

J'ai éprouvé à ce moment le besoin de préciser à quel point ce charbon est plus évolué qu'un lignite ordinaire et cela m'a conduit à la détermination de ses caractéristiques les plus importantes.

LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHÎMÎQUES DU CHARBON DE TAVŞANLI

La consistance de ce charbon est **ferme**: III est **compact**, nullement terreux.

Il se compose d'une alternance de lits généralement très fins de durain, de vitrain et de schistes charbonneux.

Le vitrain peut être relativement pur. Le durain est chargé de macrospores et de cuticules; il est fréquemment cendreux. Le schiste charbonneux est une association généralement un peu pyriteuse de différents constituants charbonneux et d'argile. L'analyse des cendres donne une idée de la composition de cette argile.

Voici p. ex. l'analyse des cendres de l'échantillon "c" (v. tableau No. 3):

53,26	%	SiO ²
21,64	%	Al ² O ³
13,01	%	Fe ² O ³
2,89	%	CaO
5,84	%	MgO
0,47	%	S

Le charbon de Tavşanlı comprend toujours une grande proportion de schiste charbonneux qui en déprécie la qualité. Comme on doit en juger d'après les microphotographies (v. figures 1 et 2), les particules qui composent le schiste sont minuscules. Elles ne dépassent que rarement 0,5 mm. et sont de ce fait pratiquement inaccessibles aux procédés de lavage industriels.

La cassure du charbon de Tavşanlı est normalement plate. Le vitrain se délite en fragments parallépipédiques, tandis que le durain présente une cassure conchoïdale.

Le plus fondamental de clivage coïncide tout naturellement avec celui de la schistosité. Un 2_d plan, perpendiculaire au premier, est tout autant développé. Le 3_c plan de clivage, qui est perpendiculaire aux 2 précédents, n'apparaît pas immédiatement sur le charbon frais.

L'expérience du slacking (2) proposée en 1922 par Campbell permet de subdiviser les charbons en observant leur désagrégation spontanée, lorsqu'on les expose successivement à l'humidité et au sec. Ce savant a remarqué que la houille résiste parfaitement à l'immersion dans l'eau et à la dessiccation, tandis qu'un lignite se délite dans un délai plus ou moins prolongé.

J'ai opéré comme suit avec 2 échantillons de Tavşanlı de qualité moyenne (18 % cendres): Ils ont été immergés durant 3 à 4 heures dans l'eau à 20°, puis sèches pendant 10 à 12 heures dans une atmosphère maintenue entre 15° et 45°.

(2) **W. Gothan**, dans Beyschlag - Krusch - Vogt, Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine (Kohle), III, Bd. T.I. Berlin, 1937.

L'expérience a été répétée durant exactement 30 jours, sans interruption aucune.

Après 8 jours, les 2 clivages principaux se mettent à jouer sans qu'il y ait désagrégation.

Après 10 jours, les 2 clivages majeures s'entre'ouvrent légèrement et le 3e plan de clivage commence à se manifester par quelques fissurations capillaires en zigzag. L'émiettement acquis représente les 5 % du poids initial des deux morceaux de charbon soumis au "slacking".

Après 20 jours, la situation n'a plus guère évolué.

Après 80 jours, j'interromps mes observations, car le phénomène paraît stabilisé. L'émiettement total atteint 8 %.

Cette expérience a démontré que le charbon de Tavşanlı présente un slacking de caractère très atténué.

La couleur de ce charbon est gris-noir. Le vitrain a un éclat brillant comparable à celui de la houille, tandis que le durain est mat, de couleur gris foncé. On obtient sur la plaque de porcelaine un trait brun foncé.

La dureté du vitrain est supérieure à celle du durain, car ce constituant est généralement impur. Le vitrain est friable, dépourvu de plasticité.

J'ai déterminé les poids spécifiques apparents de nombreux échantillons pour construire les courbes de lavabilité du charbon de Tavşanlı. On sait que ces caractéristiques sont établies expérimentalement en immergeant les échantillons successivement dans un certain nombre de liqueurs (lessives de $ZnCl_2$, bromoforme, etc.) dont les densités s'échelonnent entre 1,25 et 1,90.

Dans les classes granulométriques

Inférieures à 15 mm. les courbes sont pratiquement dépourvues de paliers et la teneur en cendres augmente graduellement, même dans les poussières, inférieurs à 2 mm.

Le charbon se compose à partir de la densité de 1,30 en proportion croissante de schiste carbonneux. A la densité de 1,50 correspond, p. ex. une teneur de 18 % de cendres. C'est le poids spécifique moyen du charbon de Tavşanlı.

TABLEAU No. 1

Poids spécifiques apparents du* charbon de Tavşanlı

Poids spécifiques apparents	Teneur en cendres	Qualité du charbon
d = 1,26	4,68 %	Vitrain
d = 1,28	5,97 %	Durain
d = 1,30	9,59 %	Charbon zone
d = 1,32	13,76 %	Alternance de schiste et de vitrain.

La **porosité** d'un charbon est exprimée en cm³ par 100 g. de substance et définie par la relation suivante:

$$\text{Porosité} = \frac{s - s'}{s \cdot s'} \cdot 100 \text{ cm}^3$$

s = poids spécifique réel

s' = poids spécifique apparent

La détermination de "s" se fait sur l'échantillon pulvérisé au mortier d'agate, tandis que celle de "s'", est effectuée sur quelques petits fragments. On emploie dans les deux cas un pycnomètre et

TABLEAU No. 2

Porosités relatives de charbons de différentes origines

Origine	Description	Poids spéc. réel = s	Poids spéc. app. = s'	Porosité
Tavşanlı	Schiste carbonneux	1,647	1,525	4,86
İd.	İd.	1,661	1,536	4,96
Yerköy	Lignite, véritable xylain	1,729	1,644	2,96
Kozlu	Houille rubanée	1,599	1,542	2,31
Amasra	Houille rubanée	1,670	1,525	5,69
İd.	Houille riche en fusain	1,629	1,519	4,45

de l'alcool de densité connue.

La porosité du charbon de Tavşanlı est, à qualité égale (teneur en cendres = poids spécifique), comparable à celle de la houille d'Amasra (bassin de Zonguldak). W. Petraschek estime que cette caractéristique est un critère non dépourvu d'intérêt pour évaluer le degré de maturité des charbons (3). Les opinions varient cependant encore sur sa signification exacte.

Le charbon de Tavşanlı donne un **coke pulvérulent**, noir. Il brûle avec une **flamme longue, non éclairante**.

J'ai réalisé avec succès les essais qualitatifs usuels: La présence de **lignine** a été démontrée par le traitement à l'acide nitrique dilué et le traitement à chaud dans une lessive de soude caustique a décelé la présence de **dérivés humiques**.

L'extraction au mélange alcool - benzol a donné selon les échantillons de 2,17 % à 2,81 % de **bitume**.

La **possibilité d'agglomérer** un charbon dépend de 3 groupes de facteurs: le premier tout au moins concerne certaines propriétés propres au charbon de sorte que des essais de briquetage peuvent

(3) W. Petraschek, dans Entstehung, Veredlung und Verwertung der Kohle, p. 8, publié par K. A. Redlich, J. C. Breini et H. Tropsch, Berlin 1930.

contribuer à nous les faire connaître.

Citons parmi les facteurs particuliers au charbon, sa porosité, son humidité et son hygroscopicité, la proportion relative et le caractère colloïdal de ses constituants, sa capillarité, etc.

On distingue par ailleurs un groupe de facteurs influencés par la préparation préalable à laquelle on soumet le charbon avant l'agglomération et enfin la série des facteurs propres au procédé de briquetage mis en oeuvre.

Mes essais ont été réalisés à ces pressions variant entre 200 et 2000 kg/cm², tout en agissant sur d'autres conditions essentielles, telles p. ex. la température, le choix des liants, l'humidité, la répartition granulométrique de l'échantillon soumis au briquetage, etc.

Je me suis aperçu en définitive que le charbon de Tavşanlı ne réagit nullement comme un Braunkohle terreux allemand, qui est aggloméré par simple compression à 1500 kg/cm². Notre charbon exige l'emploi d'un liant et un certain degré d'humidité. L'obtention de briquettes résistant à l'immersion dans l'eau n'a pas réussi.

À l'agglomération ce charbon s'est révélé être peu ou point plastique, peu hygroscopique et la libération de phénomènes de tensions superficielles (forces capillaires) n'a pu être constatée.

CLASSEMENT DU CHARBON DE TAVŞANLI

L'analyse (v. tableau No. 3) fournira nombre d'éléments précieux pour la définition d'un charbon: On sait d'une façon générale que sa maturation se manifeste par l'accroissement de la teneur en carbone et du rapport $\frac{C}{H}$ et inversement par la diminution des teneurs en

oxygène et en matières volatiles.

Dans le diagramme de Hickling (4), nos échantillons moyens "b", et "c", à 75 % C et 13 % O, correspondent à un charbon sub-bitumineux typique.

H. Apfelbeck (5) a représenté l'évolution des charbons dans un diagramme ternaire qui lui permet de tenir compte des valeurs de C, O et H. Les 4 échantillons "b", "c", "d" et "e" de Tavşanlı correspondent aux types de charbons que cet auteur a qualifiés d'intermédiaires, tels p. ex. les charbons de Petrozseny (Transylvanie) et de Szilagyi (Budapest). On s'est longtemps demandé s'il fallait les considérer comme des lignites ou des houilles, à une époque où l'on n'avait pas encore admis l'existence de tous les termes de passage, sans égard à l'âge géologique de la formation charbonnifère.

De 6 à 7 % d'eau de constitution (v. tableau No. 3) est une teneur relativement élevée, qui montre bien que l'évolution du charbon de Tavşanlı est loin d'avoir atteint le degré de maturité d'une houille.

On est arrivé dans cette question de systématique à plus de précision en établissant un classement basé sur certains indices considérés comme discriminatifs. Le fait néanmoins qu'un nombre exagéré de ces indices ont été successivement introduits par divers savants montre, hélas, que l'on est loin d'être parvenu à une entente réunissant tous les suffrages.

J'ai établi quelques-uns de ces indices et je les ai réunis pour plus de commodité dans un tableau No. 4. On par-

(4) W. A. Bone and G. W. Himus, Coal, its Constitution and Uses, p. 35, London, 1936.

(5) H. Apfelbeck, dans Entstehung, Veredlung und Verwertung der Kohle, p. 22/61, publié par K. A. Redlich, J. C. Breini et H. Tropsch, Berlin, 1930.

TABLEAU N. 3 Résultats d'analyses de quelques échantillons du charbon de Tavşanlı.

Catégorie de charbon	(1) Poussières cendreux "a" 0-2 mm.		(2) Echantillons moyens "b" au-dessus de 2 mm. "c" au-dessus de 2 mm.				(3) Echantillon "d" durain		(3) Echantillon "e" vitrain	
	a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.	
Analyse immédiate	a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.	
Humidité résiduelle	9,33 %		16,00 %		14,67 %		10,33 %		12,02 %	
Cendres	39,84	43,90 %	19,90	23,65 %	15,37	18,00 %	5,35	5,97 %	4,08	4,68 %
Mat. combustibles	50,83		64,10		69,96		84,32		83,90	
Coke	66,84	73,18	54,60	65,11	55,50	65,13	53,80	60,00	53,48	61,34
Carbone fixe	27,00	29,28	34,70	41,51	40,13	47,13	48,45	54,03	49,40	56,66
Mat. volatiles	23,83	26,82	29,40	34,84	29,80	34,87	35,87	40,00	34,50	38,66
Analyse élémentaire	a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.	
C	35,64 %	70,13 %	48,01 %	74,80 %	52,40 %	74,85 %	66,03 %	78,30 %	66,88 %	79,71 %
H	2,81	5,54	3,56	5,64	3,96	5,65	4,59	5,44	4,21	5,02
N	0,68	1,33	1,13	1,76	1,26	1,80	1,68	2,00	1,34	1,60
O	11,08	21,82	10,76	16,80	11,74	16,75	11,50	13,64	10,95	13,05
S	0,62	1,18	0,64	1,00	0,60	0,95	0,52	0,62	0,52	0,62
Essai de carbonisation (cornue de Fischer)	a.d.h.		a.d.h.		a.d.h.					
H ² O total	15,16 %		22,83 %		20,24 %					
H ² O de constitution	5,83	6,42 %	6,83	8,14 %	5,57	6,46 %				
Mat. volatiles	6,60	7,29	9,24	10,88	8,05	9,41				
Goudron à basse temp.	3,24	3,27	5,35	6,38	5,67	6,65				
Résidu à basse temp.	75,00	82,77	62,58	74,60	66,04	77,48				
Extraction au mélange benzol - alcool										
Bitume	2,62 %		1,87 %		2,19 %					
Pouvoir calorifique (formule de Dulong)	a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.		a.d.c.h.	
	3247	6400	4436	6930	4900	7010	6210	7380	6180	7370
Points de fusion des cendres	1125°		1125°		1110°		1150°		1080°	
	1180°		1180°		1160°		1170°		1115°	

Remarques: a.d.h. signifie "après déduction de l'humidité" a.d.c.h. signifie "après déduction des cendres et de l'humidité."

vient ainsi à serrer de plus près cet intéressant problème de systématique en ce qui concerne le charbon de Tavşanlı.

Voici la définition des 4 différents indices dont l'usage est le plus répandu (2):

1. — **Dowling** a basé son classement sur le calcul du "split volatile ratio" et a mis à profit l'observation de phénomènes de slacking pour distinguer les charbons de qualité intermédiaire.

$$\text{Indice Dowling} = \frac{\text{C fixe} + 1/2 \text{ mat. volatiles}}{\text{Humidité} + 1/2 \text{ mat. volatiles}}$$

2. — **Wong** s'est inspiré du "fuel ratio" de Campbell, dont la formule originale ne saurait être appliquée aux lignites du moment qu'elle ne tient nullement compte de l'humidité de ces charbons peu évolués.

$$\text{Indice Wong} = \frac{\text{C fixe}}{\text{Humidité} + \text{mat. volatiles}}$$

3. — Campbell a suggéré plus récemment un classement basé sur le calcul du quotient $\frac{c}{h}$ d'après les valeurs de C et H fournies par l'analyse élémentaire. Ce même quotient est d'ailleurs à la base du classement du U. S. Geological Survey et du Bureau of Mines des USA.

$$\text{Indice Campbell} = \frac{c}{h}$$

4. — Wieluch a cherché une formule dans laquelle interviennent toutes les valeurs pour C, H, N et O déterminées par l'analyse élémentaire.

$$\text{Indice Wieluch} = 1 - \frac{24h + 2,1o + 3,8n}{7,2c}$$

TABLEAU No. 4

Principaux indices établis pour le charbon de Tavşanlı, avec les éléments du calcul

	« a » Poussières	« b » Échantillons	« c » moyens	« d » Durain	« e » Vitrain
Carbone fixe	27,00 %	34,70 %	40,13 %	48,45 %	49,40 %
Mat. volatiles	23,83	29,40	29,80	35,87	34,50
Humidité	9,33	16,00	14,67	10,33	12,02
Cendres	39,84	19,90	15,40	5,35	4,08
C	70,13	74,80	74,85	78,30	79,71
H	5,54	5,64	5,65	5,44	5,02
N	1,33	1,76	1,80	2,00	1,60
O	21,82	16,80	16,75	13,64	13,05
Les indices de					
Dowling	1,83	1,46	1,64	2,35	2,28
Wong	0,83	0,77	0,90	1,05	1,06
Campbell	13,85	13,30	13,30	14,40	16,00
Wieluch	0,43	0,47	0,47	0,53	0,56

Discussion des indices:

1) D'après Dowling le charbon de Tavşanlı doit être classé dans un groupe "D", entre les lignites et le cannel-coal, un groupe intermédiaire qui est caractérisé comme suit:

split volatile ratio = 1,8 à 2,5
 humidité — 6 à 20 %
 stacking positif

2) D'après Wong, notre charbon est

un charbon sub bitumineux ou ligniteux bitumineux, correspondant à son groupe "BC", caractérisé par un fuel ratio=0,9 à 1,3.

3) Selon Campbell, nous avons à faire à un charbon bitumineux dont l'indice se maintient entre 12,5 et 14,4, en moyenne.

4) Wieluch départage les houilles et les lignites à l'indice 0,50. Les houilles

ont des indices supérieurs à 0,50 et les lignites un indice inférieur. On constate que le charbon de Tavşanlı est à cheval sur les deux groupes.

J'ai classé par ordre de maturité croissante dans les tableaux No. 3 et 4 les 5 échantillons du charbon de Tavşanlı dont j'ai présenté les analyses et les indices: Ceci ressort avant tout des résultats de l'analyse élémentaire et par répercussion des pouvoirs calorifiques calculés d'après la formule de Dulong,

$$p.c = 81. c + 290 (h - \frac{o}{8}) + 25. s - 6. aq$$

p.c. = pouvoir calorifique

c, h, o, s = valeurs obtenues dans l'analyse élémentaire pour C, H, O, S
aq = humidité résiduelle de l'échantillon

Il est en effet intéressant de constater l'augmentation des teneurs en carbone et la diminution des teneurs en oxygène de l'échantillon "a" à l'échantillon

"e". S'agit-t-il réellement d'un phénomène de maturation différenciée ou simplement du fait que les particules charbonneuses qui sont accumulées dans les poussières proviennent de débris végétaux de caractère particulier?

Il faudrait multiplier les analyses et pousser l'étude pétrographique de ces charbons pour s'en rendre compte plus exactement.

Il ressort de toutes façons clairement de ce qui précède que le charbon néogène de Tavşanlı a perdu certaines des propriétés propres aux lignites.

C'est n'est déjà plus un lignite, mais un **charbon intermédiaire** plus évolué pour lequel l'appellation de **charbon sub-bitumineux** me paraît appropriée. Elle est conforme à la nomenclature en usage dans les pays anglo-américains.

Ankara, Août 1944

