

Kömür Petrografisi Teknikleri ve Endüstriyel uygulamaları

The Techniques and Industrial Applications of Coal Petrography

İbrahim BÜZKAN (*)

ÖZET

Bu çalışmada, kömürün tüm sektörlerde en ideal şekilde kullanımını sağlamaya yardımcı olan kömür petrografisi ve kullanım alanları açıklanmaktadır. Günümüzde kömür petrografisi; enerji santralleri, briket ve kok fabrikaları, doğal gaz ve petrol aramaları, jeolojik araştırmalar, kömür madenciliği v.b. gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

ABSTRACT

In this article, coal petrography and its applications which assist towards the optimum usage of coal by many industries are explained. At present, coal petrography is being employed for various purposes such as for power stations, briquet and coke industries, natural gas and oil explorations, geological investigations, coal mining and ect...

(*) Arş.Gör., H.Ü. Zonguldak Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü

1. GİRİŞ

Kömür petrografisi farklı terminoloji ile Avrupa ve Amerika'da başlamıştır. 1919'da modern kömür petrografisi İngiltere'de MARIE STOPES tarafından kurulmuştur. STOPES bitümlü kömürlerde gözle görülebilen bantlı 4 adet makropetrografik yapıyı ilk kez uluslararası bir yayın olarak yayımlamıştır. 1920'de THIESSEN Amerika'da diğer bir petrografik sistemi ortaya koymuştur. İngiliz sistemi, yansıyan ışıkta parlatma blokları "üzerine iken, Amerikan sistemi ince kesit üzerine kuruldu. Bu iki sistem terminolojinin karışmasına ve birçok yanlış anlaşılmalara neden olmuştur. Günümüzde kömürlerin uluslararası sınıflamalarında ve mikrobileşenlerin belirlenmesinde, yansıyan ışıktaki çalışmalar esas olarak alınır. Terminolojide de STOPES-HEERLEN sistemi olarak adlandırılır. Burada konu edilen bu sistem ve kullanımındır(Wolf, 1978).

2. KÖMÜR PETROGRAFİSİ KULLANIM TEKNİKLERİ

Kömür; havanın oksijeni ile doğrudan doğruya yanabilen, % 55-95 arasında serbest ya da bileşim halinde karbon içeren, bitki kalıntılarından oluşan, organik yanıcı bir sedimenttir(Nakoman, 1971).

Kömürün makroskopik özelliklerinden biri farklı bantlı görünüşüdür. Yataklanmaya dik kesitlerde parlak, yarı parlak, mat ya da ince bantlıdır ve genelde eklem (clearcut) sınırları, kalınlıkta birkaç inch'e kadar değişir. Aynı zamanda bu karakteristik bantlar, onların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farkı gösterir. Çıplak gözle görülebilen bu bantlı bileşenlere litotip adı verilir(Stach ve diğ., 1982; Artüz, 1974) (Çizelge 1). Litotipler sırası ile;

Çizelge 1. Kömürlerin Petrografik Elemanları (Artüz, 1974; Berkowitz, 1979; Buzkan, 1985; International Com. for Coal Pet., 1963; Muir, 1976; Murchison ve diğ., 1968; Stach ve diğ., 1982).

MAKROSKOBİK BİLEŞENLER	MİKROSKOBİK BİLEŞENLER			
Litotipler	Maseraller		Mikrolitotipler	
Band h Bileşenler	Maseral	Maseral Grup ve Semboller	Mikrolitotip Grup	Mikrolitotiplerde Bileşen Maseral Ana Grupları
Vitren (Parlak Köm.)	Kollinit Telinit Vitrodetrinit Pseudovitrit	Vitrit (V)	Vitrit	V > 95 %
Füsen (Fosil O.K.)	Makrinit Mikrinit Semifusinit Füsinit Sklerotinit inertodetrinit	İnertinit (I)	İnertit	I > 95 %
	Kütinit Resinit Eksudatinit Eksudatinit Alginit Suberinit Liptodetrinit	Eksinit (EV) (Liptinit)	Liptit	E > 95 %
Klaren (Yarı Par. K.) Düren (Mat Kömür)	Tüm Maseralleri Kapsar		Klarit Durit Duraklarit(VI) Klarodürüt(IV) Klarovitrit (EV)	V + E > 95 % I + E > 95 % V + E + I > 5 % I + E + V > 5 % E + I + V > 5 %

Vitren: Kompakt ve homojen bir yapıda olup en parlak kömür tipidir. Camsı görünüşte, konkoidal küpler şeklinde kırılır, eli boyamaz. Bantlarının kalınlığı genellikle 3-5 mm arasındadır.

Klaren: Vitrene göre daha az parlak, kompakt ve parlaklığı vitren-düren oranına göre değişen kömür tipidir. Bantlaşma yüzeylerine dik çok sayıda çatlakları olan en yaygın kömür tipidir.

Düren: Mat siyah ya da kahverengimsi siyah renkte, masif bir kömür tipidir. Çok serttir, kırıldığında düzgün yüzeyler içermeyen taneler halinde ayrılır. Vitren ve klarenden daha ender olarak bulunurlar.

Füsen: Odun kömürünü andıran ipliksi yapısı, siyah ve grimsi rengi, kırıldığında eli boyayan, çok kırılabilir ve toz haline gelebilen bir banttır. Boşluklarında içerdiği minerallerden dolayı sertlik kazanabilmektedir.

Kömürlerde üç ana bileşen ayrılabilir: — Parafinler ve reçineler, — Humus maddeler, — Oksitlenmiş parçalar (karbonlaşma sürecinde inert olarak davranırlar).

Mikroskopta yansıyan ışıkta kömürün üç ayrı bileşeni gözlemlenebilir. Bu botanik kökenli mikrobileşenlere (kömürde görülebilen en küçük birimler) maseral denir. Üç maseral grubu farklı kimyasal kompozisyonda olduklarından, ışığı yansıtırma güçleri ile ayrılırlar. En koyu bileşenler (lipinit olarak adlandırılan) hidrojen zengin reçineler ve parafinlerden oluşurlar. Orta parlaklıktaki (vitrit olarak adlandırılan) bileşenler humus maddelerdir (linyitlerde hüminit olarak adlanır). Karbonca zengin olanlar ise en parlaktırlar ve inertit olarak adlanırlar.

Üç maseral grubu şekillerine göre bölünmüş basit maseralleri içerirler. Maserallerin morfolojisi botanik kaynaklarla olan ilişkilerini gösterir. Bu kaynak inertinit grubu hariç terminoloji için kullanılır.

Bu maseraller birçok şekillerde birbirleriyle karışmışlardır. Bu karışımlara mikrolitotip adı verilir. Bitümlü kömürlerde yaklaşık 50 mikrondan birkaç yüz mikrona kadar değişen boyutta mikro bantlardan oluşan maseral grupları oluşmaktadır (Stach ve diğ., 1982).

2.1. Kömür Örneklerinin Alınması

Genel olarak örnekleme üç türlü yapılmaktadır: — Kömür damarlarında yerinde örnekleme; sondaj karotlarında, kanal örneklerinden v.d., — İşletilen kömür madeninde; işletmenin durumu hakkında karar vermek için yapılan örnekleme, — Koklaşma ve briketleme gibi süreçlerde; malzeme hazırlanmasında ya da çıkan ürünlerin kalite kontrolü için örnekleme.

2.2. Kömür Örneklerinin Petrografik Analiz İçin Hazırlanması

Alınan kömür örnekleri önce maksimum 8-9 cm boyuta kadar bir çeneli kırıcıda kırılır ve azaltılır. Azaltılan örnek etüvde 50°C'de yaklaşık bir gün iyice kurutulur. Hava sıcaklığı elverişli ise havada da kurutulabilir. Bu bir kok örneği ise, kurutma işlemi önce yapılır ve hacimce 2:1 oranında sulandırılmış sentetik reçine ile porlar kenetlendikten sonra 8-9 cm'ye kırma işlemi yapılmalıdır.

Kurutulmuş örnek, yapılacak parlatmanın boyutlarına bağlı olarak 1-5 mm'ye kadar yine çeneli kırıcıda kırılır.

Maksimum tane boyutu ile parlatma boyutları arasındaki ilişki:

Maksimum Tane Boyutu (mm)	Parlatma Boyutu (mm)	Minimum örnek Sayısı (Adet)
5	55x55	5
3	35x35	3
1	25x25	1

İstenen tane boyutuna indirgenen kömür belirli bir orana kadar azaltılarak 3:1 oranında sentetik reçine ile iyice harmanlanıp özel silis plastik kalıplara ya da hazırlanmış olan alüminyum kalıplara dökülerek sertleştirilir. Bu işlemler atmosferik şartlarda olmaktadır. Reçinesiz basınç altında da sertleştirme yapılabilir.

Sertleşen örnekler ortadan ikiye ayrılarak kesilir. Kesilen bu yüzeyler önce aşındırılır sonra da parlatılır.

Aşındırma ve parlatma evreleri:

	Aşındırma		
	Elle	Mekanik	Parlatma
ön Aşındırma	SİC 55	Grit 240	I Krom Oksit Mekanik
I	SİC 150		II Alumina I
II	SİCF.F	Grit 400	III Alumina 2 elle
Düzeltme I	SİC 500		IV Alumina 3
Düzeltme II	SİC 1200	Grit 600	

En son parlatma aşamasından sonra parlatmaların üzerindeki tozlar ultrasonikte temizlenerek iyice kurulanmalı ve yumuşak bir temizlik kağıdına sarılmalıdır.

Parlatmaların üzerinde mümkün olduğu kadar çizik olmaması istenir. Çünkü kömürleşme derecesi (rank) ölçümlerinde çizikler yanılmalara neden olmaktadır.

Alınan örnekler istenirse $d < 1,5$ ve $d > 1,5$ olmak üzere yüzdürme ile ikiye ayrılarak bu ayrı yoğunluklarda çalışılabilir (Buzkan, 1985).

2.3. Petrografik Analiz

2.3.1. Maseral Analizi

Maseraller mikroskobik olarak şekillerinden ve ışığı yansıtmalarından tanımlanırlar. Görünüş ve fiziksel karakteristiklerine göre 3 ana gruba ayrılırlar. Bir kömür örneğinin maseral kompozisyonunu tayin etmek için en az 500 adet maseral sayılmalıdır (4 cm²'lik alanda).

Üç ana maseral grubu vitrinit (linyitlerde hüminit), eksinit ya da liptinit), inertinit maseralleri köken ve oluşumlarındaki esasa göre bölümlenmişlerdir (Çizelge 1).

2.3.2. Mikrolitotip Analiz

Bitümlü kömürlerde maseral grupları 50 mikrondan birkaç yüz mikrona kadar değişen kalınlıkta, mikro bantlar şeklinde tanımlanabilen birliklerden oluşmaktadırlar. Çizelge 1'de mikrolitotip grupları görülmektedir.

Mikrolitotiplerin sınıflandırılmasında iki önemli kural vardır:

- Minimum bant genişliği 50 mikrondur.
- Maseral birliklerinin % 5'den az olanlar için sayılmama koşulu ki, bu % 5 kuralı olarak adlandırılır.

Mikrolitotip analizinin yapıldığı alan 50 mikronluk 20 nokta oküleri ile belirlenmiştir,

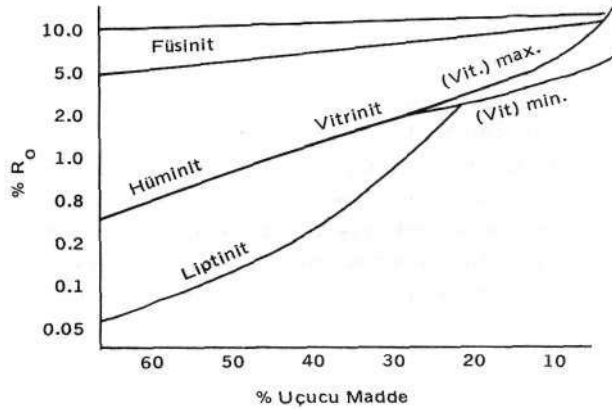
Mikrolitotip analizde parlatma blokunda (1 mm'lik taneler içeren) 4 cm²'lik alanda en az 500 adet sayım yapılmalıdır.

2.3.3. Yansıtma (Refleksiyon) Ölçümü

Maseral ve mikrolitotip analizler için kullanılan parlatma bloku, aynı zamanda yansıtma ölçümünde de kullanılmaktadır. Kömürleşme derecesi (rank) gelenek olarak kimyasal analizlerle belirlenir. Nem, uçucu madde, karbon ve hidrojen içeriği kömürleşme derecesi hakkında bilgi vermektedir. Uçucu madde hariç, çeşitli parametreler ile derinliğin sıkı bir korelasyonu gözlenmektedir. Bu parametreler Vitrit'te % 30'dan fazla uçucu madde içeren düşük ranklarda geçerli değildirler. Bu nedenle en geçerli yöntem yansıtma ölçümüdür.

Çizelge 2, değişik parametrelerin farklı kömürleşme derecelerine uygulanabilirliklerini göstermektedir. Her bir parametrenin ayrı bir sınırı vardır. Bu bilgileri kimyasal analizlerle olduğu gibi yansıtma ölçümleri ile de elde etmekteyiz. Kömürleşme derecesinin saptanmasında kimyasal analizler belirli miktarda saf kömür gerektirirken, yansıtma (refleksiyon) ölçümlerinde kayaçlardaki çok küçük kömürlü enklüzyonlar (kapanımlar) kullanılabilir. Özellikle bu etkinliği, yöntemine geniş bir uygulanabilirlik kazandırmaktadır. Yöntem kömürleşme süresince maserallerin kazandığı parlaklığı gözlemeyi esas almaktadır. Vitrinitin parlak -

lığı kimyasal kompozisyonunun dzenli değiğimi- ne (k6m6rleğmeye) bağlı olarak s6rekli değiğik (Şekil 1). Bu nedenle, yalnız vitrinit (h6minit) ma- seralleri yansıtma 6l6mlerinde kullanılır. Zaten kimyasal araştırmalarda, k6m6rleğme 6alışmaları en fazla, dikkatle se6ilmiş parlak k6m6rlerde (vit- ren) yapılmaktadır (Stach ve diğ., 1982).



Şekil 1. K6m6rleğme derecesi (% R₀, % uçucu madde) ile maseraller arasındaki ilişki (Tissot ve Weite, 1982).

Çizelge 2. S.S.C.B., Alman (DİN) ve Amerikan (ASTM) Standartlarına G6re K6m6rleğ- menin Farklı B6l6mleri (3).

K6m6rleğme Derecesi	Yansıtma Derecesi	Yansıtma Derecesi	U. Mad. %	Har. Mad. %	Orjinal Renk	Kalori Bli. / 10 kcal/kg	Değişik Parametrelerin Uygulanabilirliği
S.S.C.B.	ALMAN DİN	AMERİKAN ASTM	R ₀	h _h	h _v		
	Turba	Turba	02	66			
			04	64			
B1	Yumuşak	Linyit	D3	60	75		
B2	Mal	A11 C	56		75	7300 (4000)	
B3	Parlak	B6lum B	52		75	8900 (5500)	
D	Astevli	C	48	73	25	9900 (7000)	
		A	04				
		B	48		10		
G	G6zli-Astevli	Yakıt Uğuculu B6lum	05	44			
		A	07	40			
J	G6zli	Yakıt Uğuculu B6lum	08	40			
		A	10	36			
K	Yakıt	Bit6m	12	32			
		Uğuculu	14	28	67	15500 (9650)	
		Osusuk	16	24			
OS	Az yakıt	Bit6m	18	20			
		Uğuculu	18	16			
T	Yakıt	Yakıt	20	12			
		Antrasit	22	8			
PA	Antrasit	Antrasit	24	8	91	15500 (9650)	
		Antrasit	26	4			
A	Meta-	Meta-A	28	4			
		Antrasit	30	4			

Bu tip araştırmalar için temel aygıt, binok6ler t6pl6 yansıtıcı ışık mikroskopudur. Mikroskopta ışık yolunda bir fotom6ltipler vardır. Aygıt camlar- la ya da yansıtması bilinen yapay kristal'lerle kalibre edilir. 6l6len alan yaklaşık 5 mm 6apındadır ve 40'lık yağ immersiyon objektifi kullanılmaktadır (ZEISS 40'lık, LEITZ 60'lık). Sedimanlara sağılmış az miktardaki, k6çük organik malzemede k6m6rleğme derecesi 6l6mlerinde, bu fakt6r 6ok 6nemlidir.

2.3.4. Floresans Mikroskopisi

K6m6r petrografisinde kullanılan en yeni y6n- tendir. Amaç, spor ve floresans 6zelliklerinin k6m6rleğme s6recindeki değiğimini g6rmektir. G6n6- m6zde değişik floresans renkleri 6l6mlenmektedir. Bu y6ntemle direkt olarak k6m6r ya da kayaçlardan hazırlanan parlatma bloklarında pollen, spor ve diğer lipoid maddeleri araştırmak m6mk6nd6r. Aynı zamanda, y6ntem, 6l6len maddelerin kalınlıkları- na bağlı olmayan bir avantaja da sahiptir.

Aygıt temelde yansıtma 6l6mlerindeki aygıtın aydır. Yalnızca birkaç eleman değişir ya da eklenir. 400-700 nm dalga boyundaki 6l6mleri belir- leyebilmektedir.

K6m6rleğme artarken karakteristik bir Şekilde floresans rengi değişmektedir. Turbalardaki spori- nitler 400-500 nm, linyitler, subbit6mler ve bit6m- lerdeki sporinitler maksimum 560-580 nm'de flo- resans ile karakterize edilirler. Y6ksek uğuculu A-B orta uğuculu bit6ml6 k6m6rlerde sporinitler 630- 670 nm arasında bir maksimuma sahiptirler. Y6k- sek uğuculu k6m6rlerin B/C sınırında 2 maksimum olur. % 28'den az uçucu madde içeren k6m6rler- de, sporinitlerin floresans 6l6mleri bu aygıtlarla m6mk6n değildir.

K6m6rleğme derecesinde renk değişimleri 6ok zayıftır ve tayfın kırmızı b6l6mlerine doğru renk değişir. Bu durum, kırmızı ışık kullanılan fotom6l- tipler ile 6l6lememektedir. 66nk6 tayfın kırmızı b6l6m6nde duyarlılık 6ok d6ř6kt6r. Bazı mineral- ler floresans ışıktan etkilenmekte ve bozulmakta- dırlar (6zellikle kil mineralleri)(Wolf, 1978; Stach ve diğ., 1982).

Bu y6ntemle bozunmayı tayin etmek kolaydır. Yalnız 30 dk'lık s6rede, bir dalga boyu (546 nm) bozunma 6l6lebilmektedir.

0,5-1,3 arasındaki vitrinit yansıtmasına bağlı olarak floresans yoğunluğu azalmakta ve pozitif bozunmadan negatif bozunmaya dönüşüm gözlenmektedir.

3. KÖMÜR PETROGRAFİSİNİN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

3.1. Linyitler

Temel enerji kaynaklarından olan linyitlerin en verimli şekilde kullanımı gereklidir. Kaliteli linyitleri enerji santrallerinde yakmak ekonomik değildir. Kömür petrografisinin makroskobik yöntemleri işletmede kömür değerlendirilmesinde dolaysız olarak yardımcı olabilmektedir.

Çeşitli kömür tipleri değişik teknik süreçlerde kullanılmaktadır. Jelleşmesi düşük derecede olsun ya da olmasın kömürler briketleme için uygundur. Kömürlerin petrografik bileşimleri ile kullanımları arasında ilişki vardır.

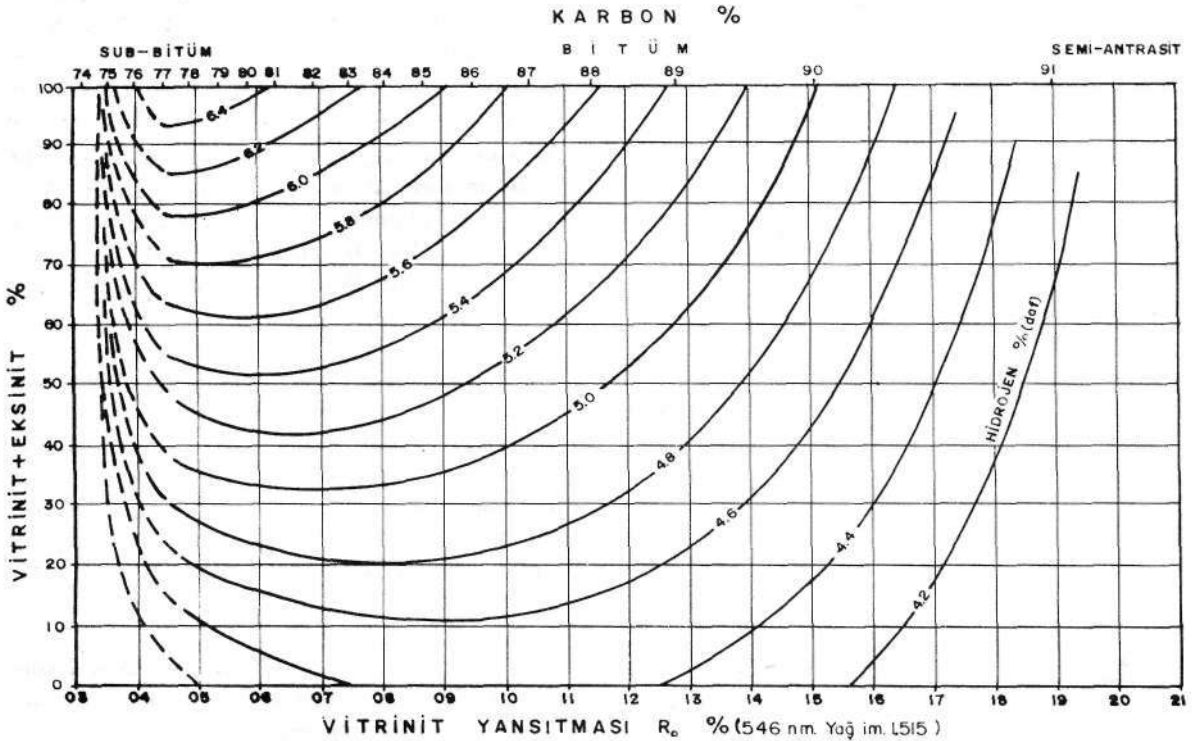
Tersiyel linyitlerinden katran ya da zift gibi herhangi bir bağlayıcı malzeme kullanılmaksızın, basınç altında briket üretilebilmektedir. Bu kömür tanelerinin bağlantısı mikro-bileşenlerin elastikliği

ile olmaktadır. Basınç kalktıktan sonra kömür taneleri az bir miktar genişmekte ve bu durum onları kaynaştırmaktadır. Kaynaşma derecesi briketlerin kalitesine ve tıkcılığına etki eder. Bu durum petrografik yöntemlerle gözlenebilmektedir. Taneler arasındaki plastik olmayan jelleşmiş bileşenler birbirleri ile çok fazla ilişkili iseler, briket düşük kaliteli olmaktadır. Bu nedenle böyle araştırmalarla, en iyi karışımlar elde edilerek briketlemeye gidilmelidir.

Düşük kaliteli linyitleri elektrik üretimi için santrallarda yakmak uygundur. Fakat iyice öğütülen tanelerin yakılmasının kontrolünde bile bazı zorluklar vardır. Kömürlerin değişik fraksiyonlarının mikroskopik araştırmaları; jelleşen ve jelleşmeyen malzemenin tane boyutlarında odunsu kırıkların en büyük tane boyutunda zenginleştiğini göstermektedir. Kömür bileşenlerinin farklı öğütülme özellikleri santrallarda yakma birimlerini etkiler. Büyük odunsu kalıntılar tutuşmadan bacadan dışarı atılabilmektedirler.

3.2. Bitümlü Kömürler ve Kok

İyi kaliteli koklaşan kömürler (uçucu madde içeriği % 19-33 arasında) oldukça enderdirler. Bu nedenle metalurjik amaçlar için, farklı kömürleş-



Şekil 2. Vitrinit yansıtması, vitrihit + eksinit maseralleri, karbon ve hidrojen (daf) bileşenleri arasındaki ilişki (7).

me derecesine sahip kömürü karıştırmak gerekmektedir. Hiç bir koklaşma kapasitesi olmayan kömürlerle yeterli uçucu madde içeren kömürleri karıştırarak istenilen standartta kok elde etmek mümkündür. Daha önce bahsedilen mikroskopik yöntemler burada gerekli bilgiyi vermektedir. Kömür tipi analizi olarak adlandırılan kömür karışımlarının kömürleşme derecesi analizi, en iyi şekilde kömür karışımlarını ve özelliklerini belirlemede kullanılır. Kömür tipi analizi bilgileri Çizelge 2'de görülmektedir. Şekil 2, vitrinit yansıtması, karbon ve vitrinit + eksinit içeriğinden oluşan önemli bir reflektogramdır.

Kok kalitesi birkaç kömür özelliği ile belirlenebilmektedir. Kömürleşme derecesi yanında maseral kompozisyonu, özellikle kok porozitesine etki eder. Vitrinit ve eksinit (liptinit) reaktiftirler, inertinit terimden anlaşılacağı gibi tamamen etkisizdir. Bu nedenle maseral analizi günlük kok üretiminin kontrolü için gereklidir. Maseral kompozisyonu ve yansıtma ölçümü, kok sağlamlığını hesaplama parametresidirler.

Kok petrografisi kömür petrografisinin özel bir bölümüdür. Kok ve koklaşma sırasında oluşan kristallerime tipindeki porların şeklini ve boyutunu bilmek kullanım yönünden önem kazanmaktadır.

3.3. Kömürleşme Derecesi (Rank)

Çalışmalarının Jeolojik Uygulamaları

Normal olarak diyajenez ve kayaçların metamorfizması, kayaç fasiyesi olarak açıklanır. Fakat fosil organik madde diyajenezinin mineral madde den daha önce başladığı bilinmektedir. Bu nedenle diyajenezin birinci periyodunda kömürleşmenin, bozulmalara karşı minerallerin değişiminden çok daha duyarlı bir parametre olduğu gözlenmektedir. Kömürleşme derecesi ölçümleri birçok şekillerde kullanılabilir.

Kömür havzalarında yapılan kömürleşme çalışmaları bakir sahaların kullanılmasına kılavuzluk eder ve havzanın jeolojik tarihindeki olaylar hakkında bilgi verirler. Rank haritasından bakir sahalar hakkında yorumlar yapılabilmektedir (Tissot ve Weite, 1978).

Ayrıca bu haritalar bölgedeki jeolojik yapılar hakkında bilgi vermektedir. Senklinal ve antiklinaler, "isovoles" olarak ifade edilen uçucu madde eğrileri ile gösterilebilirler. Antiklinalerde senklinalerden daha düşük bir kömürleşme olduğu açık-

ça görülmektedir. Olayın açıklaması havzanın jeolojik gelişimi ile belirtilebilmektedir. Çökmeden sonra kömür, birlikte bulunduğu sediman havzasının çökmesiyle aşağıya doğru gömülmektedir. Bu sürede kömür ısınır ve kömürleşme sahasına birikir. Bu süreçten sonra kıvrılma ve yükselmeler olmaktadır. Daha sonraki bir zamanda havza tekrar gömülmekte ve kalın bir sedimanla örtülmektedir. Son küçük kömürleşme süreci, antiklinal ve senklinalerde kömürleşme farklılıklarına neden olan harekette gelişmektedir. Çünkü her ikisi arasındaki derinlik farkı değişik sıcaklık oluşumu için yeterli olmaktadır. Daha sonraki kömürleşme ikinci bir ısı sonucu olabilmektedir. Buralarda derinlere gömülmüş bir magma ile ısı oluşabilmektedir. Optik olarak kömürleşme analizleri geliştiğinde kömür içermeyen sahalarda da benzer haritalar yapılabilecektir. Böylece çok küçük organik kapanımlarında kömürleşmesi belirlenebilecektir. Kömürleşme derecesi eğrileri kısmen tektonik yapılara karşılık gelmektedir.

Sedimanların diyajenezi ve metamorfizması, normal olarak her kayaç fasiyesinde tipik minerallerin oluşumu ile karakterizedir. Aynı zamanda metamorfizma basamakları yeni oluşan illit minerallerinin kristallik derecesi ile açıklanabilmektedir. Sedimanlarda kömürleşme çalışmalarının sonuçları diyajenezin tamamen farklı iki parametresini karşılaştırmaya uygundur. Sonuçlar ikili bir ilişkiyi göstermektedir; jeosenkliniklerde uzun zaman gerektiren rejyonel metamorfizma derine gömülme ile oluşmaktadır. Bu faktör illitlerde büyüme değişikliği verir, illit kristallikleri çok güzel gelişir. Buna paralel olarak kömürleşme derecesi de artar. Böylece illit kristallik derecesi ve kömürleşme arasındaki ilişki, yer altında ya da geçmişteki olaylar hakkında bilgi vermekte ve jeolojik tarihin açıklanmasını mümkün kılmaktadır.

3.4. Doğal Gaz-Petrol Oluşumu ve Kömürleşme

Kömürleşme derecesi ve petrol-gaz oluşumu arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki "karbon oran teorisi" olarak adlandırılmaktadır. Teori, kömür havzalarının bitişinde petrol sahaları oluşmuş olan Doğu Amerika'daki gözlemlerle geliştirilmiştir. Damarlarda ve kayaçlarda izole edilmiş bitki kalıntılarının kömürleşmesine zaman ve sıcaklık neden olmaktadır. Sıcaklık gömülme derinliğine ve jeotermal gradyana bağlıdır. Belli bir sıcaklıkla, belli derinlikte, belirli bir kömürleşme derecesi ile belli bi-

zaman sonra kömür oluşur. Özde, petrol oluşumu da aynı şekildedir. Bu LANDES (1967) tarafından geliştirilmiştir. LANDES jeotermal gradyana bağlı olarak farklı derinlikte ilk defa 90°C dolayında petrol oluştuğu fikrini ortaya koymuştur. Gömülme arttıkça ve sedimanlar ısındıkça daha hafif petrol oluşmaktadır, böylece hidrokarbon molekülleri daha da küçülür. Sonunda yalnız en küçük molekül hacmine sahip CH₄ gazlı hidrokarbonlar oluşur.

Farklı sahalarda gaz-petrol oluşumunun başlama ve durma sınırları bir ölçüde değişmektedir. Bu ısının sürekliliğine ve kerojen tipine bağlıdır. Aşağıdaki nedenler başlama sınırı olabilmektedir,

- Ana kayada ilk petrol oluşumu,
- Petrol göçünün başlaması,
- Ekonomik yatakların oluşumu.

Oluşumun durma sınırı kömürlerde % 28 uçucu maddeden daha büyük rank olmaktadır. Yeniden kömürleşme süreçleri önemli miktarda gaz oluşturabilmektedir^ nternational Com. For Coalpet, 1963).

Aşağı Saksonya havzasında kömürleşme, havzanın merkezine doğru artmaktadır. Havzanın merkezinde Alt Kretase kömürleri antrasitleşmekte ve organik madde Bramsche Masifinin killi, kumlu kayaları ile sınırlanmaktadır. Yüksek derecede kömürleşme gösteren sahalarda petrol ve sıvı gaz yatakları henüz gözlenmemiştir. Büyük petrol ve sıvı gaz yatakları özellikle % 0,7'den az ortalama vitrinit yansıtmasına sahip sahalarda yakınlarında bulunurlar, birçok küçük petrol ve sıvı gaz yatakları % 1,0 {% 33 uçucu madde) yansıtma içeren sahalardadır. Yalnız, birkaç petrol ve gaz yatağının da % 1,3 (% 27 uçucu madde) yansıtmaya kadar ulaşan sahalarda oluştuğu gözlenmiştir.

Yeniden kömürleşme süreçleri büyük miktarlarda gaz üretebilmektedir. Bugün Hollanda'daki gaz yatakları Karbonifer kömür damarlarının Üst Kretasede yeniden kömürleşmesi sonucu oluşmuşlardır.

Petrol ve gaz yatakları hakkındaki bu iki örnek kömürün diyajenezi ve petrol-gaz kökeni arasındaki yakın ilişkiyi açıklamaktadır.

Kil minerallerinin kristallik derecesi sedimanter kayaların porozitesine ve bu nedenle de petrol ve gaz göçüne etkir. Diğer taraftan çeşitli kil minerallerinin kristallik derecesi ve türü, organik maddenin olmadığı sondajlarda sedimanter kayaların diyajenezi hakkında bilgi verebilmektedir.

Minerallerden daha önce organik madde diyajenezinin başladığı bilinmektedir. Diyajenezin ilk

safhasında, kömürleşme kayac metamorfizmasından çok daha duyarlı bir parametredir. Bitümlü kömürden antrasite kadar kil minerallerinin kristalleşmesi değişmektedir.

3.5. Sıvılaştırma (Hidrojenasyon)

Son yıllarda kömürün hidrojenleşmesi sırasındaki davranışını petrografik yöntemlerle belirleyen birçok çalışma yapılmıştır. Yaklaşık son 40 yıldır yapılan çalışmalarda, yüksek uçucu maddeli kömürlerin vitrinit ve eksinitleri, mineral madde ve inertinitlere göre daha reaktif oldukları görülmektedir. Koklaşma göstermeyen psödovitrinitlerin çok kolay hidrojenlenebildiği belirlenmiştir. Alifatik yapıdaki, yüksek hidrojen ve uçucu madde içeriğine sahip Cannel ve Boghead kömürleri çok farklı sıvılaştırma ürünleri vermektedir. Sporinit, alginite ve resinitce zengin olanı petrole dönüşmezken, vitrinitçe zengin olanı mükemmel ürünler vermiştir. Bol pirit içeren linyitler zengin sıvılaştırma ürünleri vermektedirler(Stach ve diğ., 1982).

Sıvılaştırma yöntemleri hidrojen eklenmesi ve karbon atımı şeklinde olmaktadır. Bunların başlıcaları:

Hidrojen Eklenmesi	Karbon Atımı
a. Fischer-Tropsch (F-T) sentezi	a. Karbonazisyon
b. Bulamaç halinde	b. Super-kritik özütlenme
— Solvent-refined coal (SRC-I.SRC-II)	
— Solvent-refined lignite (SRL)	
— Exxon donör solvent (EDS)	
— National-coal board (NCB)	
— Co steam	
— Consol synthetic fuel (CSF)	
— Clean-coke	
c. Tek aşamalı tezgenli hidrojenleme	
— Synthoil	
— H-coal	
— Modern Alman Teknolojisi	
— Conoco	
i. Hidrokarbonizasyon	
— Coalcon	
— Clean-coke	

3.6. Kendiliğinden Yanma

Kömür damarlarında tektonik olarak oluşan zonlarda inertinit hücrelerini dolduran kaolinit miktarı azalmaktadır. Mostralardan süzülen sular, kırıklardaki ve porlardaki kaoliniti çözmekte; taşıyarak yeniden depolanmaktadır. İnertinitçe zengin kömürlerden killi malzemenin taşınması ile (çok fazla serbest gaz depolanması için) porozite oranındaki artma kömür dayanımının azalması ile kömür ve gazın kendiliğinden patlamaya yakınlığını artırdığının bir göstergesidir (Botz ve Hart, 1983).

Kömür damarlarının kendiliğinden yanmaya yakınlığında vitrinitin büyük etkisi olmaktadır. Kömürleşme derecesindeki artma kendiliğinden yanmaya yakınlığı artırmaktadır. Avustralya'da % 1,08-1,35 vitrinit yansıtması gösteren Bowen kömür damarında sığ derinliklerde kendiliğinden yanma görülmemektedir, fakat 250 m derinlikte % 1,25 vitrinit yansıtmasında kendiliğinden yanma görülmektedir. Minimum vitrinit yansıtması % 1,2 olduğunda kendiliğinden yanma başlayabilmektedir. Burada yerel olarak, kendiliğinden yanmanın derinlik sınırı 180 m olmaktadır (Williams ve Rogis, 1980).

3.7. Kazılabilirlik

Kömür dayanımı ve sertliği, petrografik bileşenler kadar yapısal özellikleri ile de değişmektedir. Yapısal özellikler arasında; mikro ve makro çatlaklar, eklem sistemleri, düren ve mineral madde içeriğinin kalınlığı, faylanmalar, taban ve tavan kayaların özellikleri sayılabilir.

Eklem doğrultuları ile kömür damarının kesme yüzeylerinin konumları arasında ilişki vardır. DeneySEL çalışmalar kazı yönü ile eklem sistemlerinin ana doğrultuları arasında 25-30° bir açı bulunmasının (özellikle kömür sabanları açısından) en uygun durum olduğunu ortaya koymaktadır.

Litotip olarak kömürlerin sertliği füsün, klaren, vitren ve düren şeklinde artmaktadır. Düren tipi kömürlerde füsinit hücre boşluklarını dolduran mineral maddeler kazılabilirliği zorlaştırmaktadır.

4. SONUÇ

Günümüzde Uluslararası Kömür Petrografisi Komisyonu tarafından geliştirilen kömür petrografisi tekniklerinden kömürlerin kullanıldığı her alanda yaygın bir biçimde yararlanılmaktadır. Kömür petrografisinin başlıca uygulama alanlarını; enerji santralleri, briket ve kok fabrikaları, jeolojik problemlerin çözümü, doğal gaz ve petrol aramaları, sıvılaştırma problemlerinin çözümü, kömür damarlarında kendiliğinden yanma ve kazılabilirlik etkenlerinin araştırılması olarak sıralayabiliriz.

KAYNAKLAR

- ARTÜZ, S., 1974; Zonguldak-Kozlu Bölümündeki (Westfaliyen A) Haçipetro Kömür Damarının Petrografik İncelenmesi, I.U. Fen Fakültesi, İstanbul.
- BERKOWITZ, N., 1979; An Introduction to Coal Technology, Academic Press. London.
- BOTZ, W.R. - HART, G.H., 1983; Mineralogical, Petrographical and Geochemical Investigations of Outbursting in Australian Coal Mines, Proc. Australas. Inst. Min. Metall. No. 286, s. 41-49.
- BUZKAN, İ., 1985; Kömür Petrografisi Kullanım Teknikleri, H.O. Zong. Müh. Fakültesi Seminerler Dizisi (Yayımlanmamış), Zonguldak. »
- INTERNATIONAL COM. FOR COALPET., 1963; International Glossary For Coal Petrology, Verlag, Paris.
- MUIR, W., 1963; Coal Exploration Proceedings of First International Coal Exploration Symposium, London.
- MURCHISON, D. - WESTOLL, S., 1968; Coal and Coal Bearing Strata, Elsevier Publishing Company, New York.
- NAKOMAN, E., 1971; Kömür, M.T.A. Enstitüsü Eğitim Serisi No. 8, Ankara.
- STACH, E. ve diğerleri, 1982; Textbook of Coal Petrology, Gebrüder borntraeger, Berlin.
- TISSOT, B.P. - WELTE, "D.H., 1978; Petroleum Formation and Occurrence, Springer-Verlag, New York.
- WILLIAMS, R.J. - ROGIS, J., 1980; An Analysis of the Geological Factors Leading to Outburst-Prone Conditions at Collinsville, Queensland, in Symposium on the Occurrence, Prediction and Control of Outbursts in Coal Mines, s. 99-110.
- WOLF, M., 1978; Coal Pétrographie Courses, Ankara.