

T.C.
DICLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKİRDAĞ-MALKARA LİNYİT KÖMÜRÜNÜN
YIKANABİLME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Özge ŞABAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI)

DIYARBAKIR
TEMMUZ-2008

AMAÇ

Bu çalışma, 2006-2008 yılları arasında Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Tekirdağ ili Malkara ilçesinde bulunan linyit niteliğindeki kömür sahası, bu araştırmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu araştırmanın amacı; kömürün yıkanabilme özelliklerinin belirlenmesi ve tespit edilen yıkama verilerinin değerlendirilerek bu kömür üzerinde uygulanabilecek yıkama yönteminin seçimidir.

ÖZET

Bu çalışma, Tekirdağ Malkara yöresinde bulunan linyit kömürünün yıkanabilme özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kömürlerin özellikleri şöyledir; havada kuru halde %2,95 nem, %20,23 kül, %36,39 uçucu madde, %3,52 kükürt ve 4754 kcal/kg'lık üst ısıl değerine sahiptir.

Yıkanabilme özelliklerinin tespiti için; -50+20 mm, -20+4,75 mm,-4,75+0,5 mm tane fraksiyonlarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır. Yıkama deneylerinde ağır ortam olarak $ZnCl_2$ kullanılmıştır. Yıkanabilme sonuçlarının değerlendirilmesinde; yoğunluk dağılımı, temiz kömür miktarı, yıkama kolaylığı ve yıkanabilme derecesi kullanılmıştır.

Yıkama sonuçlarına göre; kömür numunesi en iyi -4,75+0,5 mm tane boyutunda ve 1,7 g/cm³ yoğunluklu ağır ortamda yıkanabilmektedir. Tane boyutu azaldıkça yıkama kolaylığı artmaktadır.

SUMMARY

This study was made to determine the washability properties of lignite coal from Tekirdağ-Malkara region. The properties of the coal used in the studies were as follows; the upper coal seam contained % 2.76 moisture, %20,23 ash, %36,39 volatile matter, %3,52 sulphur and 4754 kcal/kg gross calorific value.

Float and sink experiments have been made to determine the washability properties of the -50+20 mm, -20+4,75 mm and -4,75+0,5 mm size fractions. $ZnCl_2$ was used in sink and float experiments. Density distribution, clean coal amount, washing convenience and washability degree have been used in utilizing the coal cleaning characteristics.

According to washing results; optimum washing density and particule size of the coal sample are $1,7 \text{ g/cm}^3$ heavy media and -4,75+0,5 mm particule size. While the particule size is reducing, washability is increasing.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
AMAÇ	i
ÖZET	ii
SUMMARY	iii
1. GİRİŞ	1
2.KÖMÜR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kömürün Oluşumu	3
2.2. Kömürün Sınıflandırılması	4
2.3. Kömürün Kimyasal Özellikleri	5
2.3.1. Oksidasyon	5
2.3.2. Çözücülerde Erime	6
2.3.3. Hidrojenasyon	6
2.3.4. Koklaşma	6
2.4. Kömürün Fiziksel Özellikleri	6
2.4.1. Yoğunluk	6
2.4.2. Gözeneklilik	7
2.4.3. Serlik	7
2.4.4. Yansıtma	7
2.4.5. Özgül Isı	7
2.4.6. Isıl İletkenlik	8
2.5. Kömür Petrografisi	8
2.5.1. Kömürlerin Makropetrografik Yapıcıları	8
2.5.1.1. Vitren	8
2.5.1.2. Düren	8
2.5.1.3. Füzen	8

2.5.1.4. Klaren	9
2.5.2. Kömürün Mikropetrografik Yapıcıları	9
2.5.2.1. Vitrinit Grubu Maseraller	9
2.5.2.2. Liptinit Grubu Maseraller	9
2.5.2.3. İneritit Grubu Maeraller	9
2.5.3. Mineraller ve İz Elementler	10
2.6. Kömür Türleri	11
2.6.1. Turba	11
2.6.2. Linyit	12
2.6.3. Taş Kömürü	12
2.6.4. Antrasit	12
2.6.5. Grafit	13
2.7. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar	13
2.7.1. Kömürün Nem İçeriği	13
2.7.2. Kömürün Uçucu Madde İçeriği	14
2.7.3. Kömürün Külü	14
2.7.4. Kömürün Kükürt İçeriği	15
3. KÖMÜRLERİN YIKANABİLME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	16
3.1. Yüzdürme- Batırma Deneyleri	16
3.2. Kömür Yıkama Eğrileri	17
3.3. Yıkanabilme Derecesi	19
3.4. Önceki Çalışmalar	20
4. LİNYİT	24
4.1. Türkiye’ de ki Linyit Oluşumları	24
4.2. Linyit Rezervleri	24
4.3. Linyit Üretimi	27

4.4. Linyit Tüketimi	27
5. MALZEME VE YÖNTEM	28
5.1. Kullanılan Numune	28
5.2. Genel Jeoloji	28
5.3.Yöntem	31
5.3.1. Kimyasal Analiz	31
5.3.2. Petrografik Analiz	32
5.3.3. Kırma – Eleme	33
5.3.4. Öğütme – Eleme	33
5.3.5. Yüzdürme Batırma	33
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	34
6.1. Analiz Sonuçları	34
6.1.1. Kimyasal Analiz Sonuçları	34
6.1.2. Petrografik Analiz Sonuçları	34
6.2. Elek Analizi Sonuçları	35
6.3. Yüzdürme – Batırma Deney Sonuçları	35
7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇ	48
KAYNAKLAR	50
ÇİZELGE LİSTESİ	53
ŞEKİL LİSTESİ	54
ÖZGEÇMİŞ	55

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Prof. Dr. Fikri KAHRAMAN' a, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Dicle Üniv. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümünden Arş.Gör. Dr. Halime ABAKAY' a, kimyasal analizlerin yapılması konusunda yardımcı olan Dicle Üniv. Fen Edebiyat Fak. Kimya Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Zahir DÜZ' e, eğrilerin çiziminde yardımcı olan Dicle Üniv. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümünden Arş.Gör. Felat DURSUN'a, çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Dicle Üniv. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümünden Arş.Gör. Kamuran MUŐ' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam süresince destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili aileme ve Mesut AKYÜZ' e en derin şükranlarımı sunarım.

1.GİRİŞ

Enerji kaynaklarının, insanlar ve insanların oluşturduğu toplumların ekonomik, sosyal ve yaşam düzeylerinin artışında önemli bir yeri bulunmaktadır. Bunun için enerji kaynakları devletlerin politikalarına temel olmuştur. Enerji kaynağını elinde bulunduranlar bu önemli kaynağın imkanlarından çok yönlü yararlanmışlardır.

Halen dünyanın enerji ihtiyacının %70'i fosil yakıtlardan kömür, petrol ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Petrol ve doğalgaz kömüre göre daha hızlı gelişmekte ve daha hızlı tükenmektedir. Eldeki veriler 21. yüzyıl ortalarından önce doğalgazın sonrada petrolün tükeneceğini göstermektedir. (Türkiye Linyit potansiyeli ve ülke ekonomisi açısından önemi seminer bildirileri, Mart 1995) Kimyasal yapı olarak petrol ve doğalgazla aynı özelliklere sahip kömür rezervleri ise dünyanın uzun yıllar ihtiyacını karşılayacak miktarda bulunmaktadır. Kömür teknolojisindeki gelişmeler, bugüne kadar yapılan uygulamalar ve elde edilen başarılar petrol ve doğalgazın yerini alabilecek başka türde enerji kaynağını göstermektedir. Çünkü fosil yakıtlar sadece ısı, elektrik üretimi, motorlu araçlarda kullanılması dışında ham madde olarak ta kullanılabilme özelliği bulunmaktadır. Bu da ancak kömürle mümkün olmaktadır.

Petrol ve doğalgaz kaynakları kısıtlı olan ülkemizde kömürün enerji üretiminde çok önemli bir yeri vardır. Türkiye'de Zonguldak ve çevresinde bulunan TTK tarafından işletilen taşkömürü dışında çeşitli bölgelere yayılmış değişik özelliklerde ve farklı kömürleşme derecesi gösteren linyit yatakları bulunmaktadır. Yer altı ve yerüstü üretim yöntemleriyle üretilen linyitler, genellikle termik santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülmekte ve ev yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Linyitin bünyesinde bulunan organik ve mineral orijinli maddeler nedeniyle ayrıca üretim aşamasında karışan yan kayaçlardan dolayı külü artmakta buna bağlı olarak kalorisi düşmektedir. Kömürdeki kül oranı arttıkça, kömürün yanması zorlanmakta ve belirli bir kül oranından sonra tamamen durmaktadır. Ayrıca fazla kül kömür nakliye masraflarını arttırmaktadır. Günümüzde, büyük şehirler başta olmak üzere birçok ilde yaşanan hava kirliliğinin kaynağı olarak linyit kömürleri gösterilmekte ve bu linyit kömürlerinin kullanılmaması için kamuoyu oluşturulmaktadır. Ülkemiz linyit kömürleri rezervimizin %1,54'lük kısmı %10-15 arasında, %2,19 kısmı ise %15-20 arasında kül içermektedir. (2000'li yıllara doğru Linyit sektörümüz sempozyumu 14-15 Kasım 1994- Ankara) Bu nedenle ülkemiz linyitlerini genel olarak kül içeriği yüksek, ısı değeri düşük olarak tanımlamak mümkündür. Bu özellikleri nedeniyle de öngörülen parametrelere uymamakta,

kullanımı sınırlandırılmakla kalmayıp yasaklanmaktadır. Bu yasaklar sonucu olarak da yerli linyit kömürlerinin yerini ithal linyit kömürleri, doğalgaz ve diğer enerji kaynakları almaktadır. Fosil yakıtlar bakımından en fazla rezerve sahip olduğumuz linyit kömüründen daha fazla yararlanmak, ülke ekonomisi açısından kaçınılmazdır. Bu durum ise linyit kömürünün kullanıma sunulmadan önce zenginleştirilmesi ile mümkün olacaktır .

Kömür temizleme teknolojilerinden en yaygın olanı kömürün yıkanarak mineral madde içeriğinin azaltılmasıdır. İnorganik maddeleri kömürden ayırmakla, kömürün kül yüzdesi düşürülür ve yanabilir kısım oranı yükseltilir. Böylece ısıl değer yükseldiği gibi, taşıma nakli, ısıtılması, ocak ve stok nemini boşuna işgal etmesi önlenir. Bu fiziksel ayırma işlemi ile kül içeriği tüvenan kömürden daha az olan yıkanmış kömür elde edilir. Kömürün yıkanabilirlik verilerine dayanarak fiziksel yolla kömürün hangi ölçüde temizlenebileceği veya belli bir kalitede kömür elde etmek için verimin ne olacağı (kömürün ne kadarının yüzen temiz kömür olarak ayrılacağı) belirlenebilir. Kömürlerin yıkanabilme özelliklerini gösteren yıkanabilirlik eğrileri kömürün bu yolla ne ölçüde temizlenebildiğinin bir göstergesi olmaktadır. Ayrıca bu verilerin incelenmesi sonucu kömürün fiziksel yöntemle temizlenmesinin kolay veya zor olduğuna karar vermek mümkündür.

2. KÖMÜR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Kömürün Oluşumu

Kömür, uygun ortamlarda, bataklıklarda bozunma ve çürümeden kurtulan, bitkisel kalıntı birikimlerinin, zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşan bir enerji değişimidir (ÖZPEKER, 1991). Kömürü oluşturan ana element karbondur. Bunun yanında hidrojen ve oksijen, az miktarda kükürt ve azot içermektedir.

Kömürleşmenin başlıca kaynakları; bitkiler, havadan veya yüzeysel sulardan alınan CO₂ ' dir. Hava ve sudaki CO₂ 'in önemli bir bölümünü bitkiler özümlemeler, yaşamları için gerekli olanları yapılarında tutarlar, artığı solunum yoluyla geriye döner. CO₂ 'in suda çözünen bölümü, karbonatlı kayaçlarda ve organik tortularda birikir. Bunların başkalaşması sonucu tekrar çevrime katılır (KURAL,1991) Bitkilerin yapısında bulunan selülozlar (C₆H₁₀O₅) ve linyinler (C₃H₃₄O₁₁) kömür oluşumunda ana rolü oynamaktadır. Vaks ve reçineler kömürleşme esnasında probitüminalleri oluşturmaktadır. Yumurta akı maddesi ise parçalanarak, kömür içinde azot, kükürt, fosfor kaynağı yaratmaktadır.

Kömürleşme; turbalaşma ve kömürleşme olmak üzere iki evreden meydana gelir. Turbalaşma; biyokimyasal olayların yoğun olarak görüldüğü evredir. Bu evre, bitkilerin serbest oksijen etkisinde kalarak çürüyüp bozulmalarını takiben aerobik bakterilerin ve bazı mantarların, bitki bileşenlerini bozup, CO₂, metan, amonyak, su gibi gaz ve sıvı bileşiklere ayrıştırmasını kapsar. Turbalıkta çökelen organik maddeler, bakteri faaliyetleri sonucu, hidroliz, oksitlenme ve indirgenme süreçlerini içeren biyokimyasal değişikliklere uğrarlar ve böylece turba gelişir. Turba oluşumu sırasında, önce organik maddelerden hümik asitler meydana gelir. Hümik asitlerin asidik karakterlerini kaybetmesi sonucu hüminler oluşur. Hümin ve bozunmakta olan organik madde (odun), turba olarak isimlendirilmektedir. Turba oluşturan bataklıklar, genelde, akarsu taşkın düzlüklerinde, deltalarda, göllerde ve sahil düzlükleri ile lagünlerde oluşabilir (KURAL,1998). Kömürleşme evresi; turbanın jeolojik ve kimyasal etmenlerin etkisi ile çeşitli derecelerdeki kömürlere dönüştüğü evredir. Kömürleşmenin ilerlemesinde rol oynayan etmenler; havadaki bitkisel malzeme miktarı ve cinsi, sıcaklık, süre, basınç ve tektonik olaylardır. Sıcaklık ve basınç, genel olarak, kömür üzerinde bulunan tabakalar tarafından oluşturulmaktadır. Bu bakımdan aynı kömür yatağında, derinlere indikçe kömürleşmenin daha ileri seviyelere gittiğini görmek mümkündür.

(KEMAL VE ARSLAN, 1999)

2.2. Kömürün Sınıflandırılması

Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelerden üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'na birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak sert ve kahverengi kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır:

- a) Sert Kömürler: Islak ve külsüz bazda 5700 Kcal/Kg'ın üzerinde kalorifik değerdedir. Uçucu madde içeriği, kalorifik değer ve koklaşma özelliklerine göre alt sınıflara ayrılırlar.
- b) Kahverengi Kömürler: Islak ve külsüz bazda 5700 Kcal/Kg'ın altında kalorifik değerdedir. Toplam nem içeriği ve kalorifik değere göre alt sınıflara ayrılırlar.

Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması (DPT, 2001)

A.SERT KÖMÜRLER	B. KAHVERENGİ KÖMÜRLER
1. KOKLAŞABİLİR KÖMÜRLER (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede)	1. ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER (4165-5700 Kcal/Kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)
2.KOKLAŞMAYAN KÖMÜRLER a)Bitümlü Kömürler b)Antrasit	2. LİNYİT (4165 Kcal/Kg'ın altında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Çizelge 2.2. Genel Sınıflamada Yer Alan Kömürlerin Tanıtıcı Özellikleri (DPT, 2001)

LİNYİT	ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	ANTRASİT
Kahverengi	Siyah	Koyu Siyah	Parlak Siyah
Kırılğan	Kurutma sonunda ince Parçalar ve toz halinde ufalanma	Bloksu Kırılma	Merceksi Kırılma
Masif,odunsu veya üniform kilsli doku	Masif	Bantlı ve kompakt	Sert ve dayanıklı
Isı değeri 4610 Kcal/Kg altında	Isı değeri 4610-6390 Kcal/Kg arası	Isı değeri 5390-7700 Kcal/Kg arasında	Isı değeri 7000 Kcal/Kg üzerinde
Uçucu madde ve nem içeriği yüksek	Uçucu madde ve nem içeriği bitümlülerden daha yüksek	Uçucu madde ve nem içeriği düşük	Uçucu madde ve nem içeriği düşük
Sabit karbon içeriği düşük	Sabit karbon içeriği bitümlülerden düşük	Sabit karbon içeriği yüksek	Sabit karbon içeriği yüksek

2.3. Kömürün Kimyasal Özellikleri

Kömür yapı ve bileşim bakımından homojen bir madde olmadığı için, kömürleşen kısımlara ve kömürleşme sürecine bağlı olarak, yapısal bakımdan büyük farklar gösterir(DEMLİ, 1994).

2.3.1. Oksidasyon

Kömürler, havanın oksijeni etkisinde oldukça yavaş gelişen bir oksitlenmeye uğrarlar. Gözenekliliği fazla olan ve büyük oranlarda kükürt içeren kömürler kolayca oksitlenirler. Kömürleşme derecesi arttıkça, kömürlerin oksitlenmeye karşı dirençleri de artar.

2.3.2. Çözücülerde Erime

Kömürler, bazı organik çözücülerde çözünerek değişik kimyasal özellikler gösteren bileşiklere ayrılırlar. Bu özelliklerinden kömürleri meydana getiren maddelerin incelenmesinde çok yararlanılmaktadır.

2.3.3. Hidrojenasyon

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yapılagelen çeşitli deneylerde araştırmacılar, hidrojenasyon yolu ile kömürleri sıvı hale getirmeyi başardılar. Hidrojenasyon olayının mekanizmasını araştıran yazarlar, bunun kömürün termik olarak reaktif parçalara ayrılmasından ibaret olduğunu öne sürmektedirler(İRİCAN, 2005).

2.3.4. Koklaşma

Kömürleşmesi belirli bir düzeye erişmiş olan kömürler ısıtılınca önce yumuşarlar sonra şişerek gaz çıkartırlar ve daha sonra tekrar sertleşirler. Sertleşme sonucunda oluşan çok gözenekli, oldukça hafif ve gri renkli kütleye kok kömürü; kömürün kok haline geçmesi olayında koklaşma denilmektedir. Her kömür cinsi koklaşmaya elverişli değildir. Genellikle taşkömürleri seviyesinde olgunlaşmış ve ampirik olarak H/O oranı 0.59'a eşit veya bu değerden büyük kömürler ısı tesiriyle şişer ve koklaşır.

2.4. Kömürün Fiziksel Özellikleri

2.4.1. Yoğunluk

Kömürün kullanımını etkileyen özelliklerden biri olan yoğunluk; yığın yoğunluğu, görünür yoğunluk ve gerçek yoğunluk olmak üzere üç farklı şekilde ifade edilmektedir (Kural, 1998)

Yığın yoğunluğu, belirli bir hacmi dolduran kömürün ağırlığından yararlanılarak hesaplanmaktadır. Bu yoğunluk, ağırlığı bilinen bir kömür yığınının depolanacağı alanın büyüklüğünü veya belirli hacimdeki tepkime kabına konulabilecek kömür miktarını belirlemektedir. Görünür yoğunluk; ağırlığın görünür hacme bölünmesiyle bulunur. Görünür yoğunluk kömürün karbon içeriğine bağlı olarak değişir (SCHOBERT, 1987). Gözeneksiz katının birim hacminin ağırlığı olarak tanımlanan gerçek yoğunluk, kömürün ağırlığının gerçek hacmine bölünmesiyle hesaplanır. Kömürün gerçek yoğunluğu yaşına bağlı olarak değişmektedir.

Linyitlerin gerçek yoğunluğu, 1.3-1.5 g/cm³ arasında değişmektedir. Kömürleşme derecesi aynı olan kömürlerin yoğunlukları arasındaki farkın nedeni, içerdikleri mineral madde miktar ve türlerindeki farklılıklardır (KURAL, 1998).

2.4.2. Gözeneklilik (Porozite)

Jeolojik devirlerde meydana gelmiş olan kömürler, tamamen masif bir yapıya sahip olmayıp, boyutları mikron ile milimetre arasında değişen boşluklar içerirler. Bu mikroskopik boşluklar, kılcal kanallar halinde olabildikleri gibi küresel veya gayet düzensiz şekillerde de olabilirler.

Kömürün gözenekliliğinin fazla olması halinde atmosferik oksijenle temas yüzeyi artacağından depolandığında oksitlenmelere yol açar. Bu sebeple gözenekliliğin tetkik ve tayini ekonomik ve emniyet bakımından önemlidir (İRİCAN, 2005).

2.4.3. Sertlik

Kömürleşme dereceleri farklı olan kömürlerin, Mohs sertlik ölçeğinde aldıkları yaklaşık değerler şöyledir (SCHOBERT, 1987);

- Linyitler için 1 ile 3 arasında
- Bitümlü kömürler için 2.5 ile 3.0 arasında
- Antrasitler için 3 ile 4 arasında

2.4.4. Yansıtma (Refleksiyon)

Yansıtma, parlatılmış bir yüzeye dik olarak gelen ışığın yansıtılan yüzdesi olarak ifade edilir. Kömürlerin ışığı yansıtma özellikleri doğrudan doğruya kömürleşme derecesine bağlıdır. Yansıtma indeksi, kömürleşme derecesiyle doğru orantılıdır. Son zamanlarda yansıtma değeri, kömürleşme derecesini belirlemek için en çok kullanılan parametredir (İRİCAN, 2005).

2.4.5. Özgül Isı

Özgül ısı, birim kütlenin ısı kapasitesi olarak tanımlanabilir. Kömürün özgül ısısının en çok kullanıldığı yer, koklaştırma prosesi için gereken ısının hesaplanmasıdır. Kömürün özgül ısısı, standart kalorimetrik yöntemlerle saptanabilir.

Kömürün karbonizasyon derecesi, özgül ısısını önemli ölçüde etkilemektedir. Nem içeriğinin artması, özgül ısısında büyük ölçüde artışa neden olmaktadır. Kömürün uçucu madde içeriği ile sıcaklığının artması da özgül ısısında artışa neden olmaktadır (MERRICK, 1987).

2.4.6. Isıl İletkenlik

Bir maddenin ısı iletkenliği, ısı enerjisini sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye iletme özelliğidir ve birim alandan, birim zamanda, birim kalınlıktaki bir derecelik sıcaklık farkı nedeniyle iletilen ısı birimini gösteren bir katsayı ile ifade edilir. Maddelerin ısı iletkenlik katsayılarını ölçmek için geliştirilmiş olan ASTM 177 nin kömüre uygulanması oldukça zordur, çünkü bu yöntemde ölçüm yapabilmek için düz bir yüzeye sahip, büyük kömür örneklerine gereksinim vardır. Kömürün ısı iletkenliğinin ölçülmesinde ASTM C 518 kullanılır. Bu yöntemde; numunenin ısı iletkenliği, içinden aynı kararlılıkta ısı akışı olan bir ısı akım metresinininki ile kıyaslanmak suretiyle saptanmaktadır. Uçucu maddesinin, nem içeriğinin ve yoğunluğunun artmasıyla, kömürün ısı iletkenliği artmaktadır (KURAL, 1998).

2.5. Kömür Petrografisi

Kömür organik ve inorganik bileşenlerden oluşur. Kömürün makropetrografik organik bileşenlerine “Litotip” mikropetrografik organik bileşenlerine ise “Maseral” denir.

2.5.1. Kömürlerin Makropetrografik Yapıcıları

Kömürler makroskopik olarak, yataklanmaya dik kesitlerde parlak, yarı parlak, mat veya ince bantlar halindedir. Bu karakteristik bantlar onların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimi gösterir. Çıplak gözle görülebilen bu bantlı bileşenlere litotip denilir.

2.5.1.1. Vitren

Kömürlerde makroskopik olarak tanınabilen, ince, siyah, camsı homojen bant olup, kalınlığı 3-10 mm'den daha fazladır (WARD, 1992). Bu litotip, eli boyamamaktadır ve genellikle çok kırılğan olup, tabakalanmaya dik yöndeki çatlaklarıyla karakteristiktir.

2.5.1.2. Düren

Sert, mat, eli boyamayan kompakt kömür bantıdır. Bant kalınlığı vitren gibi 3-10 mm'den daha fazladır.

2.5.1.3. Füzün

Odun kömürüne benzer şekilde, yumuşak ve tozlu bir görünüme sahiptir. Çoğunlukla mercekler şeklinde kömür içinde bulunur ve sürüldüğünde eli boyayan tek kömür litotipidir.

2.5.1.4. Klaren

Diğer litotiplerin(vitren, düren ve/veya füzen) ince bantlarının ardalanmasından oluşur. Bant kalınlığı 3-10 mm'den azdır. Parlak, çizgisel, bazen merceksi, çok küçük, ince taneli litotiptir.

2.5.2. Kömürün Mikropetrografik Yapıcıları

Kömürde biçim ve yapısı mikroskobik olarak tanımlanabilen en küçük organik birimlere, inorganik kayalardaki minerallere benzediklerinden dolayı organik yapıcı, maseral adı verilmektedir. Maseraller biçim ve yapıları ile kömürleşme süresinde korunmuş olan kömürleşmiş bitki kalıntılarıdır.

2.5.2.1. Vitrinit Grubu Maseraller

Vitrinit grubu, kahverengi kömür-linyitlerde hüminit olarak isimlendirilmektedir. Bu grup, çoğu kömürün en önemli bileşenidir. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarından oluşur ve bunlar; odun, periderm, yaprak mesofil dokularını ve bazı hücre dolgularını içermektedir. Vitrinitler %77-96 karbon, %1-6 hidrojen,%1-16 oksijen içerir. Uçucu madde oranları %2-45'tir. Yoğunlukları 1.3-1.8 gr/cm³ tür. Grup içinde kollinit, telinit, vitrodetrinit ve pseudovitrinit maseralleri bulunmaktadır (ÖZPEKER, 1991).

2.5.2.2. Liptinit Grubu Maseraller

Protein, selüloz ve diğer hidrokarbonların bakterilerle bozulması sonucu oluşan gruptur. Hidrojen içerikleri vitrinitten daha yüksektir. Isı artışı ile kimyasal yapılarındaki parçalanmalar çok hızlı olmakta ve özellikle bitümlü kömürlerde ani bir değişiklik göstermektedir. Yansıyan ışıkta koyu renkte gözükürler. Kütinit, resinit, eksudatinit, sporinit, alginit, suberinit ve lipodetrinit maseralleri bu gruba dahildir (ÖZPEKER, 1991).

2.5.2.3. İneritit Grubu Maseraller

Aynı kömürde, diğer iki maseral grubundan daha yüksek yansıtma değerine, karbon içeriğine ve daha az uçucu madde ve hidrojen içeriğine sahiptir. Bu maseral grubu, daha ziyade bataklık ortamında oksitlenmiş veya yanmış organik maddelerden meydana gelmiştir. Parlak kesitlerde, beyaz veya çok açık gri olarak görülür. Mikrinit, makrinit, semifüzinit, sklerotinit ve inertodetrinit maseralleri ineritit grubu maserallerdir. Bu gruptaki maserallerin çoğu, kömürleşme sırasında çok az değişikliğe uğrarlar. Çünkü bunlar daha önceden kömürleşme geçirmişlerdir (KURAL, 1991).

2.5.3. Mineraller ve İz Elementler

Kömürün inorganik bileşenleri mineraller ve iz öğelerdir. Kömürün mineral bileşenleri ve iz öğelerin üç kaynağı vardır:

- . İlksel öğeler ve mineraller
- . Birincil Mineraller
- . İkincil Mineraller

İlksel öğeler ve mineraller, kömürleşecek bitkilerin yapısında bileşen olarak bulunan minerallerdir. Bitkilerin kök, gövde, sap, yaprak, spor gibi organlarında çeşitli öğeler birikmektedir. Bu öğeler turbalaşma ve kömürleşme evrelerinde, biyokimyasal ve kimyasal tepkimelerin etkisiyle bileşiklere çevrilir ve zenginleşir.

Turbalaşma evresinde bitki kalıntıları bataklıklarda birikirken, yağmurlu evrelerde sular ve rüzgarlarla taşınan mineral ve öğeler kömür içinde birincil mineral birliklerini oluştururlar. Bunlar kömürleşme sürecinde değişen koşullarda duraylı olabilen minerallerdir.

İlksel ve birincil evre mineral ve öğelerinden gelen koşullarda duraylı kalamayanlarla, yüzeysel veya hidrotermal kökenli akışkanlara bağlı gelen öğeler, kömür katmanlarının kırık, çatlak ve gözenekleri içinde yeni mineral bileşenleri oluşturabilirler. Bunlar ikincil mineralleşmelerdir (ÖZPEKER, 1991).

Çizelge 2.3. Kömürde gözlenen minerallerin oluşum evreleri (ÖZPEKER, 1991)

Mineral Kümesi	Eş oluşumlu birincil		Ard olumlu ikincil	
	Taşınma	Eş oluşum	Çatlaklarda	Dönüşüm
Killer	İllit,serizit Kaolen, kıltaşı			İllit, klorit
Karbonatlar		Siderit,ankerit topları,dolomit	Ankerit,kalsit dolomit	Siderit-pirit dönüşümü
Sülfürler		Pirit topları, Melnikovit, Sfalerit topları	Pirit Markasit Sfalerit	
Diğerleri	Kuvars taneleri Apatit, rutil Turmalin, ortoz	Kalsedon,kuvars Hematit,fosforit Apatit	Götit Lepidokrosit Kuvars	

2.6. Kömür Türleri

2.6.1. Turba

Bitkilerin kısmende hayvansal artıkların ve yer altı su düzeyinin üzerinde yosunlar ve bataklık sazlarının su dibinde çökerek, su altında hava ile ilişkisi kesilmiş bir ortamda yıllarca çürüyüp birikmesinden oluşan en genç kömür türüdür (URL 2). Turbalarda odunsu yapıyı görmek mümkündür. Turbaların önemli bazı özellikleri şöyledir;

- Sulandırılmış alkalide muamele edildiğinde, lif, dal parçaları kalır.
- Elle sıkıldığında su kaybeder.
- Serbest selüloz içerir.
- %75'in üzerinde orijinal nem içerir.
- Turbalarda çıplak gözle ayrışmamış ve şekilleri bozulmamış bitkisel artıklar görülebilir.

Turbalar, havada kurutulduktan sonra yakıt olarak kullanıldığı gibi, düşük küllü olanları, yarıkok ve aktif kömür yapımında da kullanılmaktadır(KEMAL ve ASLAN,1999). Turbadan sonra linyit oluşur. Turba ile linyit arasındaki sınır kesin değilse de ikisini ayırt edebilmek için bazı ölçütler kullanılabilir.

Çizelge 2.4. Linyit ile turbayı ayıran ölçütler (ÖZPEKER, 1991)

	Turba	Linyit
Rutubet %	>75	<75
Karbon %	<60	>60
Serbest Selüloz	Var	Yok
Kesilebilirlik	Evet	Hayır

2.6.2. Linyit

Linyit kömürleri, turbalarla taşkömürleri arasında geniş bir bant oluştururlar. Kömürleşme derecesine göre, değişik oranlarda orijinal nem içerirler.

Linyit kömürleri dış görünüşlerine göre, yumuşak ve sert linyitler olmak üzere ikiye ayrılır. Yumuşak linyitler, %35-75 arasında orijinal neme sahip linyitlerdir. Yumuşak linyitler çok az parça sağlamlığına sahiptir. Ocaktan çıkarılarak depolandıkları takdirde, zamanla tamamıyla toz haline gelirler. Su ile temasa geçtiklerinde önemli ölçüde su alarak şişerler ve dağılırlar. Bu bakımdan yumuşak linyitlerin ocaktan çıkarıldıkları şekilde, ev yakıtı olarak kullanılmaları mümkün değildir. Bazı tür yumuşak linyitler, bağlayıcısız olarak yeterli sağlamlıkta briket vermektedir. Bu tür yumuşak linyitlerden elde edilen briketler, ev yakıtı olarak kullanılmaktadır. Briketlenmeye elverişli olmayan yumuşak linyitler ise, elektrik üretiminde ve sanayi yakıtı olarak kullanılmaktadır. Sert linyitler ise yumuşak linyitlere göre daha fazla parça sağlamlığına sahiptir (75 kg/cm^2 'ye kadar). Linyitleri taşkömürlerinden ayıran özellikler şöyledir;

- Linyitin porselendeki çizgisi genellikle kahve renkli, taşkömürününki siyahtır.
- Seyreltilmiş alkalide kaynatıldığında; linyit humik asit çıkışı dolayısıyla koyu renk verirken, taşkömürü renk vermez.
- Kaynayan benzolde ekstraksiyona tabi tutulduğunda; linyit koyu sarı ekstrakt verir ve ekstrakt fluoresans vermezken, taşkömürü fluoresans veren ekstrakt verir.
- Higroskopik nem; linyitlerde %7'nin üzerinde, taşkömürlerinde %7'nin altındadır (KEMAL ve ASLAN, 1999).

2.6.3. Taş Kömürü

Taş kömürlerin orijinal nemi oldukça azdır (%1-2) ve karbon oranları yüksektir. Gerek nem oranlarının az olması gerekse de daha sağlam yapıya sahip olmaları nedeni ile taşkömürleri taşıma ve depolamada parça büyüklüklerini önemli ölçüde korurlar. Diğer kömür türlerine göre daha yüksek ısı değerine sahip olan taşkömürleri, birçok kullanım alanına sahiptir.

Taşkömürleri, kömürleşme derecelerine göre değişik özelliklere sahiptir. Az kömürleşmeye uğramış, genç taşkömürüyle (uçucu madde oranı %36 'nın üzerinde) ileri kömürleşmeye uğramış taşkömürleri (uçucu madde oranı %18' in altında) koklaşma özelliğine sahip değildir. Genel olarak uçucu madde oranı %18-36 (saf kömürde) arasında olan taş kömürleri belirli oranda koklaşma özelliğine sahiptir. Bu aradaki kömürler yeterli koklaşma özelliğine sahip olduklarında, kok üretiminde kullanılmaktadır (SCHÜTZE, 1997).

2.6.4. Antrasit

Güçlkle tutuşan, koku ve duman çıkarmadan yanan, yüksek kalori değerine sahip kömür türüdür. Demir siyah rengi, yarı metalik parlaklığı ile tanınır. Katılık ve yoğunluğu diğer kömürlerden fazladır. Parmak üstünde leke bırakmaz. Kısa mavi renkli bir alevle yanar.

Antrasitin ısı değeri taşkömürü kadar fazla değildir. Çünkü yüksek sıcaklıklara hızla çıkamaz. Buna karşın, toz ve is oluşturmadığı ve uzun süreli yandığı için ev yakıtı olarak çok aranır (KURAL, 1991).

2.6.5. Grafit

Grafit, dokunumu yağsı, yumuşak ve ince levhalar halinde bükülme özelliğine sahiptir. Rengi siyah ve gri, çizgi rengi kül rengindedir. Sertliği 1, yoğunluğu 2 gr/cm³ tür. Doğada; kristal, pul ve amorf diye tanımlanan şekilleri mevcut olup, en iyi formu kristal grafitir ve tenörü en yüksek olanıdır. Doğada daha ziyade metamorfik zonalarda şistler ve mermerlerle birlikte ve magmatik kayaların yakınlarında bulunmakta ve daha ziyade rejijonal metamorfizma alanlarında daha geniş rezervlere ve yüksek tenörlere sahip olabilmektedirler. Grafitin doğadaki yatak şekilleri; filon, damar, adese bazen de dissemine şekildedir.

Özellikleri nedeni ile grafitin kullanım alanları çok geniştir. Yumuşaklığı nedeniyle, kurşun kalem yapımı ve hareketli metal aksamlarının yağlanması işlemlerinde, ateşe ve asitlere karşı dayanıklılığı nedeniyle de döküm ve refrakter sanayinde, pota ve laboratuvar malzemeleri imalinde kullanılır. Siyah renkli ateşe dayanıklı boyalar da genellikle grafitten

yapılır. İyi elektrik iletkenliği dolayısı ile elektrot, motor fırçaları, pil çubukları ve elektronik aletlerin imalinde kullanılmaktadır. Grafit ayrıca lastik, araba balataları, kibrit ve motor yağlarında katkı malzemesi olarak ta kullanılmaktadır. Türkiye’ de grafiti ham olarak tüketen sanayi dalları kurşun kalem ve döküm sanayidir. Boya yapımcıları ve demir çelik fabrikaları ithal grafit ve ürünlerini kullanmaktadırlar. Döküm sanayinde kullanılan grafitte % 60-70 oranında sabit karbon istenilmektedir. Kurşun kalem sanayinde ise bu oran % 95’ in üzerindedir. Grafit, sentetik olarak ta yapılabilmektedir. Petrol kok’ u veya antrasit aglomeraları elektrik fırınlarında 4000 C de ısıtılarak yapay grafit elde edilir (DPT, 2001).

2.7. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar

Kömürün içerdiği ve gerek kullanımı gerekse kömür yıkamada önem taşıyan safsızlıklar; nem, kül, kükürt olmak üzere üç grupta toplanmaktadır.

2.7.1. Kömürün Nem İçeriği

Ocak çıkışında, taş kömürü %1-3, sert linyitler %20-30, yumuşak linyitler %40-60, turbalarda ise %60’ ın üzerinde nem içerirler. Kömürün ocak çıkışında içerdiği nem miktarı kömürleşme derecesi arttıkça azalmaktadır. Kömürün içerdiği nem miktarı oldukça önemlidir ve kömürün tüm mekanik ve fiziksel özellikleri içerdiği nem miktarı ile, özellikle de kömüre ne şekilde bağlı olduğu ile ilgilidir denebilir. Nem kömürde iki şekilde bulunur:

Bünye nemi: Adsorpsiyon ve kapiler kuvvetlerle, yani fiziksel olarak, kömüre bağlı olan su, bünye nemini oluşturur.

Kaba nem: Kömür yüzeyinde tutulan suya kaba nem denir ve kömür yüzeyindeki boşlukları doldurur (KURAL,1991).

2.7.2. Kömürün Uçucu Madde İçeriği

Kömür oksijensiz ortamda ısıtıldığında kimyasal olarak değişikliğe uğrar ve kömürden, çoğunluğu hidrojen, karbon monoksit, metan ve diğer hidrokarbonlar gibi yanıcı gazlardan oluşan katran buharları ve karbon dioksit ile su buharı gibi yanmayan gazları da içeren “uçucu madde” çıkışı olur. Kaba ve bünye nemleri uçucu maddeye dahil edilmez; ancak kömürün ayrışması sonucu oluşan su buharı, uçucu madde içinde yer alır. Değişik yaşlardaki kömürlerin uçucu maddelerinin bileşimleri ve miktarları da önemli farklılıklar gösterir; kömürün yaşı arttıkça içerdiği uçucu maddenin miktarı ve uçucu madde içerisindeki yanmayan gaz miktarı azalır (MITCHELL,1968).

2.7.3. Kömürün Külü

Kömür yandığında kalan külün kaynağı içerdiği mineral maddelerdir. Kömürün mineral maddesi ile külü, ne içerik ne de miktar bakımından aynı değildir. Kömür yandığı zaman, içerdiği mineral maddelerin şu temel değişikliklere uğraması sonucu kül oluşur:

- Hidrat suyu kaybı
- Karbonatların parçalanması
- Sülfürlerin parçalanması
- Alkali metal klorürlerin uçucu hale gelmesi
- Kömürün yanması sonucu oluşan metal oksitlerin, organik ve piritik kükürdün bir kısmını kükürt trioksit halinde tutması
- Eğer sıcaklık yeterince yüksek ise, oksitler, silikatlar ve serbest silikanın tepkimeye girerek yeni bileşikler oluşturması.

Külün kökeni kömürün içerdiği mineral maddeler olduğundan, özellikleri mineral maddenin bileşimine ve oksidasyonun gerçekleştirildiği şartlara bağlıdır (ATEŞOK,1986).

2.7.4. Kömürün Kükürt İçeriği

Kükürt kömürde anorganik ve organik olmak üzere iki türde bulunmaktadır. Anorganik kükürt kömürde, sülfat piritik ve elementer kükürt şekillerinde olabilmektedir. Kalsiyum, demir, bakır ve magnezyum tuzları halinde bulunabilen sülfat kükürdü gevşek kristaller halindedir. Kömürün içerdiği sülfat kükürdünün miktarı oldukça azdır; fakat hava ile temas ettikçe yüzeysel bozunmayla artar. Sülfat kükürdü suda çözüldüğünden kömürün kükürttten arındırılması konusunda önemli bir sorun yaratmamaktadır.

FeS_2 kömürde pirit ve markazit olarak iki mineral halinde bulunur. Kömürde markazit az, pirit ise daha çok bulunduğundan genellikle piritik kükürt ismi kömürün toplam pirit ve markazit içeriğini ifade etmek için kullanılır. İri taneli piritler; kömürde damarlar, mercekleler, yumru ve küreler ile piritleşmiş bitki dokusu olmak üzere dört şekilde bulunabilir. Kömürde iri taneli piritlerin dışında ancak mikroskop yardımı ile saptanabilen büyüklükte piritlerde bulunabilmektedir (KURAL,1991).

Elementer kükürt kömürde çok seyrek olarak bulunur. İkincil değişimler sonucu oluştuğu sanılmaktadır (ÖZBAYOĞLU,1982). Piritin oluşumu esnasında, onun çok yakınında, birkaç moleküler mesafede meydana çıkmaktadır (RENDA, 2000). Bazı kömürlerde %0,15' e kadar elementer kükürt içeriği tespit edilmiştir. Diğer kükürt türlerine

göre önemsiz sayıldığından kükürttten arındırmada göz önüne alınmamaktadır (ÖZBAYOĞLU, 1982).

Kömürde hidrokarbon yapıya bağlı olarak bulunan tüm kükürde organik kükürt denir. Organik kükürt bileşikleri kömürde asıl yapının bir parçası olarak düzgün dağılmış halde bulunurlar. Bu tür kükürdün kökeni, kömürü oluşturan bitkisel maddelerin proteinlerinin içerdiği amino asitlerdir (BORON,1986).

Kükürt yanabilen bir madde olduğundan kömürün ısı değerini azaltıcı bir etki yapmaz; ancak, çevre kirliliğine neden olması ve yakma sistemlerine korozif etkisi nedeniyle kömürden uzaklaştırılması gerekmektedir.

3. KÖMÜRLERİN YIKANABİLME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bir kömürün kullanımdan önce yıkanıp yıkanmayacağını veya nasıl yıkanacağı öncelikle pazarlama veya işletilme amaçlarına bağlıdır. Ancak, kömür yapısında çok fazla miktarda inorganik madde içeriyorsa, maden olarak ham kömürün içerdiği mineral maddesinin azaltılması genellikle zorunludur. Kırma ile kömür, kısmen de olsa mineral maddece zengin ve saf kömürce zengin parçalara ayrılır. Bu parçaların yüzdürülerek saf kömürce zengin ağır atıklardan ayrılması, bugün kullanılmakta olan kömür yıkama tekniğinin temelini oluşturur (DEMLİ, 1994).

Kömürlerin yıkanabilme özelliklerinin incelenmesi yüzdürme-batırma adı verilen deneyler ve bu deneylerden alınan sonuçların değerlendirilmesi yoluyla yapılır. Kömür örneğinin ağırlık yüzdelerinin ölçülmesiyle, farklı özgül ağırlıklarda olan sıvılardaki yüzebilirliği belirlenir. Uygun aralıklarla seçilen farklı yoğunluktaki ağır sıvıların hazırlanmasından sonra, kömür numunesi ya en düşük, ya da en yüksek yoğunluktan başlayarak her bir ağır sıvıda yüzdürme-batırma işlemine tabi tutulur. Yüzdürme-batırma deneylerinde organik sıvılar; düşük viskoziteleri, uçucu olmaları ve şisti etkilemeleri gibi nedenlerle 0.5 mm' den küçük taneli kömürlerde yapılan yüzdürme-batırma deneylerinde özellikle tavsiye edilir (ATEŞOK, 1986).

Yüzdürme-batırma deneylerinde en çok kullanılan sıvılar CaCl_2 ve ZnCl_2 tuzlarının sudaki çözeltileridir. İnorganik tuzların ucuz olmaları nedeniyle özellikle iri taneli kömürlerin yıkanmasında kullanılır. Yalnız bu çözeltilerle elde edilecek en yüksek özgül ağırlık 1,92' dir. İnorganik tuzlar ucuz olmalarına karşı uygulamada bazı sorunlar yaratmaktadır. Bu çözeltilerin viskoziteleri organik sıvılardan çok yüksektir. Bu durum ince taneli kömürlerin yıkanması sırasında tanelerin batmasını zorlaştırmakta ve ayırımı etkilemektedir. İnorganik tuzların çözeltilerinin kullanımında dikkat edilmesi gereken nokta yüzdürme-batırma deneyi sonunda kömürlerin suyla iyice yıkanması gerekliliğidir. Aksi halde kömürün gözeneklerini doldurmuş olan çözelti hatalı sonuçlara neden olacaktır (DEMLİ, 1994).

3.1. Yüzdürme- Batırma Deneyleri

Yüzdürme-batırma deneyleri laboratuarda kömürlerin değişik boyutlarda, istenilen özgül ağırlıklarda hazırlanmış inorganik sıvılarıyla yıkanmasıyla elde edilen ayrılmadır. Bu deney için kömür önce kırılır ve istenilen boyut aralığındaki kesim elenerek alınır. En düşük yoğunluktan başlaması durumunda, kömür numunesi önce en düşük yoğunluklu ağır sıvı içine konulur. Kömür numunesinde bulunan ve yoğunluğu bu sıvının yoğunluğundan daha az olan

taneler yüzer, daha fazla olanlar batar. Böylece, sırayla bütün yoğunluklarda aynı işlem tekrarlanır. Deneyin yüksek yoğunluktan başlanması durumunda, kömür numunesi önce en yüksek yoğunluklu ağır sıvıya konulur. Bu defa her bir yoğunlukta batanlar bir kenara alınıp, yüzenler bir alt yoğunluktaki sıvıya beslenir. Genellikle, kömür numunesinin en düşük yoğunlukta yüzen oranı fazla olduğu zaman en düşük yoğunluktan, en yüksek yoğunlukta batan oranı fazla olduğu zaman ise en yüksek yoğunluktan başlanması işlemlerde kolaylık sağlar. Her iki durumda da aynı sonuçlar elde edilir.

3.2. Kömür Yıkama Eğrileri

Yıkanebilirlik eğrileri, yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçların ve elek analizinin birleştirilmesiyle oluşturulur. Bu verilerden yararlanarak oluşturulan çizelgelerden yıkama eğrileri çizilir. Bu amaçla çizilen eğrilere “Kömür yıkama eğrileri” adı verilir. Bunlar aynı eksen sistemi üzerinde çizilen 5 adet eğriden oluşmaktadır.

- 1)Yüzen eğrisi
- 2) Batan eğrisi
- 3) Parça külü eğrisi
- 4) Yoğunluk eğrisi
- 5) $\pm 0,1$ yoğunluk malzeme eğrisi (Dağılım eğrisi)

Yüzen eğrisi; yüzen kısmın kümülatif kül oranını vermektedir. Eğrinin, x eksenini kestiği nokta, tuvenan kömürün külünü vermektedir. Batan eğrisinde başlangıç noktası brüt kömürün külünü göstermekte; eğri, kümülatif olarak batan kısımların külünü ifade etmektedir. Parça külü eğrisi; herhangi bir yoğunlukta yüzdürülen kömürde bulunabilecek maksimum küllü parçanın külünü gösterir. Bu eğri; herhangi bir ara yoğunlukta yüzen kömür miktarını veya belirli orandaki kömür için gerekecek ayırma yoğunluğunu saptamada kullanılır. $\pm 0,1$ dağılım eğrisi, yoğunluğun $\pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ değişimi ile yüzen kömür miktarında ve yapısında olabilecek değişimleri göstermektedir (KURAL,1998).

Yıkama eğrilerinden yararlanılarak şu bilgiler elde edilmektedir;

- a) Herhangi bir ayırma yoğunluğunda hangi kalitede ne miktar temiz kömür ve şist elde edilebileceği bulunabilir.
- b) Gereksinim duyulan bir kömür kalitesi için ayırma yoğunluğu saptanabilmektedir.
- c) Herhangi bir ayırma yoğunluğunda yapılan ayırmanın kolay veya zor olacağı konusunda fikir edinilebilmektedir (ABAKAY, 2001).

Bir kömüre ait yüzdürme-batırma deney verilerinden yararlanılarak çizilen yıkanabilirlik eğrilerinden ayırmanın kolay veya zor olacağı; yoğunluk, parça külü ve $\pm 0,1$ yoğunlukta malzeme eğrilerinin görünümlerinden tespit edilebilmektedir. Bu üç eğri yukarıdan aşağı doğru uzanımlarında bir veya iki noktada ani bir kıvrım yaparak eğimlerini azaltıp yatay veya yataya yakın konuma gelmeleri diğer bir deyişle düzlükler oluşturmaları bu yıkamanın kolay olacağını göstermektedir. Aksine bu eğriler düzlükler oluşturmayıp yumuşak bir eğimle yukarıdan aşağıya doğru uzayıp gidiyorlarsa yani eğimleri dik ise bu yıkamanın zor olacağını göstermektedir (ÜNLÜ,1992). Bu üç eğrinin oluşturdukları düzlükler ayırmanın yapılabileceği yoğunluk aralığını göstermektedir. Bu aralıkta ayırma yoğunluğuna yakın malzeme miktarı en azdır ve ayırma kolay olmaktadır. Çizelge 3.1.' de ayırma yoğunluğuna yakın malzeme miktarına göre ayırma kolaylığını göstermektedir (ÜNLÜ, 1992).

Çizelge 3.1. Ayırma Yoğunluğuna Yakın Malzeme Miktarına Göre Kömürün Yıkama Kolaylığı (ÜNLÜ, 1992)

$\pm 0,1$ Yoğunlukta Malzeme Miktarı (%)	Yıkama Kolaylığı
0-7	Kolay
7-10	Orta zor
10-15	Zor
15-20	Çok zor
20-25	Aşırı zor
>25	Olanaksız

Laboratuarda yüzdürme-batırma deneyleri hassas olarak yapılabildiğinden, yıkama eğrileri bir kömürdeki ayırma işleminden elde edilebilecek en iyi sonuçları gösterir. Tanecik kömür için göz önünde tutulması gerekenlerden biri de elde edilen ayırmadaki özgül ağırlıktır. Bu değer, yoğunlukla optimum arıtma derecesini yaklaşık olarak verir (LOWRY,1963).

Yıkama eğrileri kömürün yıkama yoğunluğu, yıkama sonunda elde edilecek ürünlerin miktarı ve külü, yıkama verimi ve proses seçimi hakkında bilgiler verir. Bu bakımdan proses seçiminde ve proses sonucu elde edilecek ürünlerin özelliklerin saptanmasında yıkama eğrilerinin yapısı çok önemlidir.

3.3. Yıkanabilme Derecesi

Yıkama eğrileri sadece temiz kömür miktarı/külü, temiz kömür miktarı/yıkama yoğunluğu gibi kömür bağımlı ilişkilerini göstermektedir. Bu nedenle çeşitli kömürler arasındaki yıkanabilme özelliklerinin karşılaştırılmasında kullanılmazlar. Çeşitli kömürler arasındaki yıkanabilme özelliklerinin karşılaştırılmasında temiz kömür miktarı, külü ve yıkama yoğunluğu kadar tüvenan kömür külünde dikkate alınması gerekmektedir. Bütün bu parametreleri dikkate alan “Yıkanabilme Numarası (W_N)” adı verilen bir bağıntı geliştirilmiştir.

Yıkanabilme numaraları, kömür hazırlamacılara çeşitli kömürler arasındaki yıkanabilme özelliklerinin yanı sıra, bir tüvenan kömürün yıkama öncesinde kırılması gerekli üst tane boyunun ve yıkama prosesinin seçiminde yardımcı olmaktadır. Çizelge 3.1. ‘ de yıkanabilme numaralarına göre üst tane boyutu ve yıkama prosesi seçiminin ne olabileceği verilmiştir. Yıkanabilme derecesi ve numarası bağıntıları aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$N = (a-b/a) \times w$$

$$W_N = (N_{opt} / b_{opt}) \times 10$$

Burada;

N = Yıkanabilme derecesi (%)

w = Temiz kömür miktarı (%)

a = Tüvenan kömür külü (%)

b = Temiz kömür külü (%)

W_N = Yıkanabilme numarası

N_{opt} = Optimum yıkanabilme derecesi (%)

b_{opt} = Optimum yıkanabilme derecesindeki temiz kömür külü (%)

Yıkanabilme derecesi eğrisi belirli ayırma yoğunluklarında hesaplanan yıkanabilme derecesi değerlerinin yine o yoğunluklara karşılık gelecek şekilde işaretlenmesi ile çizilmektedir. Bu eğriden yıkanabilme derecesinin maksimum olduğu (N_{opt}) nokta bulunmaktadır. Bu belirlemeden sonra kömürün yıkanabilme numarası hesaplanabilmektedir (ÜNLÜ,1992).

Çizelge 3.2. Yıkanabilme Numaralarına Göre Üst Tane Boyutu ve Yıkama Prosesi Seçimi (ÜNLÜ,1992)

No	Yıkanabilme Numarası Aralığı	Üst Tane Boyutu	Yıkama Prosesi
1	50 ve daha yukarısı	250-750 mm arası herhangi bir tane boyutu	+0.5mm kömür için Baum jig veya +5mm kömür için ağır ortam tamburu ve -5mm için sallantılı masa
2	20-49 arası	150-50 mm arası herhangi bir tane boyutu	+15mm kömür için ağır ortam tamburu ve -15mm kömür için feldspat jigi veya 15-0.5mm kömür için ağır ortam siklonu
3	10-19 arası	30-15 mm arası herhangi bir tane boyutu	+0.5 mm kömür için ağır ortam siklonu ve eşiti diğer bir ayırma cihazı
4	9 ve daha aşağısı	10 mm veya daha aşağı	

3.4. Önceki Çalışmalar

Abakay (2001); Diyarbakır-Hazro yöresinde alt bitümlü kömür yatağında bulunan; üst kömür damarı ve alt kömür damarının yıkanabilme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yüzdürme-batırma deneyleri yapmıştır. Buna göre; üst kömür damarının yıkanabilirlik eğrileri incelendiğinde kömürün yıkanabilirliğinin iyi olmadığı, kömürün düşük ayırma yoğunluklarında yüzen temiz kömür miktarının az olduğu bu nedenle uygulamada yüksek yıkama yoğunluklarında kömürün yıkanması gerektiği belirtilmiştir. Alt kömür damarının yıkanabilirlik eğrileri incelendiğinde ise üst kömür damarına kıyasla daha kötü bir yıkama özelliğine sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Kömürün yıkanabilme numarası 7,16 olarak bulunmuş ve bu yıkama numarasına göre kömürün uygulamada kırılacağı üst tane boyutu 9 mm 'nin altında olup yıkama prosesi olarak + 0,5 mm kömür için ağır ortam siklonu kullanılabileceği belirtilmiştir.

Arslan ve Çiçek (1998); Hütaş tarafından üretilen Eynez köyü kömür ocağından üretilen kömürün ağır ortamda yıkanma şartlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda bu kömürlerin $1,6 \text{ g/cm}^3$ 'den yukarı yoğunluklarda yıkamaya uygun olduğu, kömürün yıkanabilme özelliği orta seviyede olmasına rağmen ağır ortam sistemi ile kazanım verimi %

90'nın üzerine çıktığı, kömürün yıkanabilme özelliği iyi olmamasına rağmen ağır ortam ile çalışılan aygıtlarla bu kömürlerden kaliteli ürün elde etmenin mümkün olduğu belirlenmiştir. 50-20 mm ve 20-10 mm fraksiyonları için uygun olan 1,7 g/cm³ yoğunlukta temiz kömür kazanım veriminin %95'i geçtiği bu nedenle ağır ortam tamburunun oldukça yüksek bir performans ile yıkama yaptığını ortaya çıkarmışlardır.

Ateşok ve arkadaşları (1994) yaptıkları çalışmada; laboratuvar ölçekli zenginleştirme deney sonuçları ile Keles ve Saray bölgesindeki kömür üretim rakamları dikkate alınarak oluşturulan Saray tüvenan kömür ile Keles tüvenan kömürleri üzerinde ağır ortam sistemi, jig ve spiral ile pilot ölçekli zenginleştirme çalışmaları yapmışlardır. Zenginleştirme çalışmaları sonucunda, Keles tüvenan kömürden girene göre %58,9 oranında %14,3 kül içerikli ve kuru baza göre üst ısıl değeri 4935 kcal/kg olan bir temiz kömür %71,6 yanabilir verimle kazanılırken, Saray tüvenan kömürden girene göre % 51,3 oranında, % 15,5 kül içerikli ve kuru baza göre üst ısıl değeri 4890 kcal/kg olan bir temiz kömür % 64 yanabilir verimle kazanılmıştır.

Bentli (1993); Aydın-Şahinali linyitlerinin -50+20 mm boyutundaki kömürlerinin zenginleştirilerek ev yakıtı olarak değerlendirilmesi amacı ile bir çalışma gerçekleştirmiştir. Laboratuvarında, -50+15 mm ve -15+4,8 mm jig; -4,8+2,8 mm, -2,8+1,7 mm, -1,7+0,6 mm fraksiyonları ise sallantılı masada zenginleştirilerek optimal deney sonuçları araştırılmıştır. Sonuçta, % 24,62 küllü, % 1,59 kükürt, 3408 kcal/kg alt ısıl değere sahip beslenen kömür, % 15,56 küllü, % 1,21 kükürt içerikli ve 3884 kcal/kg alt ısıl değere sahip lave kömürü % 95,40 yanabilir verim ile kazanılmıştır. Deney sonuçlarından Aydın-Şahinali kömürünün daha yüksek kalori, kül ve kükürt miktarının düşük bir lave şekline getirilerek ev yakıtı olarak kullanılmasının mümkün olabileceği ortaya çıkmıştır.

Cebeci ve arkadaşları (1996); Yozgat-Ayrıdam linyitlerine elle ayıklama, ağır ortam, jig, sarsıntılı masa ve flotasyon ile yaptıkları zenginleştirme çalışmaları sonucunda düşük kül (% 13-14) ve kükürt (% 0,73 – 1.32) içerikli temiz kömürlerin üretebileceğini ortaya çıkarmışlardır. Üretilen toplam konsantrenin kuru kömür bazında % 13,70 kül, % 1,15 kükürt içerdiği ve 6231 kcal / kg üst ısıl değere sahip olduğu bulunmuştur. Yanabilir kısmın % 80, 83 'ünün konsantrede kazanıldığı bu çalışma neticesinde Ayrıdam kömürlerinin fiziksel yöntemlerle zenginleştirilebileceğini ortaya çıkarmışlardır.

Demli(1994) ; Beypazarı ve Soma linyitlerinin yıkanabilme özelliklerinin belirlenmesi amacı ile bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, Beypazarı linyitinin kükürt içeriği kuru temelde % 5,09 kül içeriği, kuru temelde % 39,08 olarak belirlenmiştir. Yıkama sonucunda 1,50 özgül ağırlıkta kükürt % 1,27 olarak ve % 54,23 verimle, % 27,20 küllü temiz kömür

elde edilmiştir. Beypazarı linyitinde düşük verimden dolayı yıkama yolu ile fazla bir iyileştirme sağlanamamıştır. Soma linyitinde kükürt içeriği ise kuru temelde % 1,17 kül içeriği % 28,08 olarak belirlenmiştir. Yıkama sonucunda 1,50 özgül ağırlıkta kükürt % 1,07 olarak ve % 79,12 verimle % 24,70 küllü temiz kömür elde edilebildiği ortaya çıkmıştır. Yıkama eğrileri değerlendirildiğinde Soma linyitinin yıkanabilen bir kömür olduğu sonucuna varılmıştır.

Deniz ve arkadaşları (2000); Eskişehir-Mihallıç Koyunağlı köyü % 40,14 küllü kömürlerinin zenginleştirilebilirliğini araştırmışlardır. Kömür örneğinin yoğunluğuna göre zenginleşip zenginleşmediği tespiti için yüzdürme-batırma testleri yapmışlardır. Yüzdürme-batırma testleri sonucu kömür örneğinin yıkanabilirliğinin zor olduğu bu nedenle flotasyon yöntemi ile zenginleştirmeyi araştırmışlardır.

Kaytaş ve arkadaşları (1992); Çayırhan Bölgesi kömürlerinin yapısal özelliklerini belirleyerek elle ayıklama, yüzdürme-batırma, jig ve sarsıntılı masa ile zenginleştirme deneyleri yapmışlardır. Çayırhan Bölgesi kömürlerine farklı zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması ile; % 40 oranında % 20,50 kül içeren temiz bir kömür % 29,4 oranında, % 44,81 kül içeren ara ürün ve % 30,6 oranında % 75,85 kül içeren artık elde edilmiştir. Temiz kömür (5053 kcal/kg) ev yakıtı ve sanayide kullanılabilir, ara ürün (3100 kcal/kg) termik santralde yakılabilir ve artık (850 kcal/kg) ise atılabilir nitelikte ürünler elde edilmiştir.

Keskin ve Çuhadaroğlu (1994); Merzifon yöresi linyit kömür ocaklarının Taban Damar Kömürünün yıkanabilirlik özelliğini araştırmışlardır. Kömürün gerek fiziksel özellikleri gerekse $\pm 0,10$ düzeyinde farklı yoğunlukta malzeme miktar dağılımını belirleyen eğrideki verilere göre zenginleştirme yöntemi olarak jig yöntemi kullanılmıştır.

Önal ve arkadaşları (1998); Yeniköy (İstanbul) kömür sahasında üretimi yapılan orta ve üst kata ait kömür damarlarından alınan numunelerin boyut dağılımı ve yıkanabilirlik özelliklerini belirlemişlerdir. Numuneler üzerinde elle ayıklama ve aktararak dağıtma deneyleri sonucu bu kömürlerin boyuta göre sınıflandırma ve aktararak dağıtma ile zenginleştirilebileceğini ortaya çıkarmışlardır. Üst kat numunesi, 24 saat ıslatıp 5 dakika aktararak dağıtıktan sonra dağılmış malzeme 3,36 mm açıklıklı elekten elendiğinde elek üstünden giren malzemenin % 37,6'sı oranında % 22,12 kül içerikli ve yanabilir verimi % 60,6 lave elde edilmiştir. Kil katmanlarını pek içermeyen orta kat numunesini ise elemanın yeterli olacağı ve numune 3,36 mm açıklıklı elekten elendiğinde elek üstü olarak ağırlıkça verim % 90,7 , yanabilir verim % 95,5 ve kül içeriği % 17,05 olan lave elde edilmiştir.

Toroğlu (1990); Amasra bölgesinde üretim faaliyeti sürdürülen üç kömür sahasından alınan temsili numunelerin yıkanabilme, flotasyon ile zenginleştirme, kömür kül içeriğinin

koklaşma özellikleri üzerine etkilerinin saptanması ve kömür karışımlarının koklaştırılmasında karışıma ilave edilebilecek maksimum Amasra kömürü miktarının saptanması ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Amasra, Kurucaşile ve Azdavay kömürlerinin kül içeriği metalurjik kok üretimi için çok yüksek değerde olduğu için bu iri boyutlu kömürlerin (-100 + 0,5 mm boyut aralığı) fiziksel yöntemlerle, 0,5 mm altı kömürlerin ise flotasyon ile zenginleştirilmesi olanağını araştırmıştır.

Tuncalı ve arkadaşları (2002); Trakya bölgesindeki kömürlerin yıkanabilirlik özelliklerini araştırmıştır. Boyut küçültme ile, Trakya bölgesine ait 30 sahadan alınan örneklerden 24'ü değerlendirilebilir bulunmuştur. Yıkama sonuçlarına göre ise, derlenen örneklerin seçilen yıkama boyutlarında (60-0,5 mm) iyileşebilir özellikler göstermiştir. Bu oran Trakya' nın tüm rezervleri göz önüne alındığında, hemen hemen tamamına yakın bölümünün yıkama çalışmaları ile çevreye duyarlı yakıt elde edilebileceğini göstermiştir.

4. LİNYİT

4.1. Türkiye’ de ki Linyit Oluşumları

Türkiye’ de linyit yatakları; genellikle, Alpin dağ oluşum hareketlerinin etkisi sonucu oluşmuş, dağ silsileleri arasındaki çöküntü havuzlarında gelişmiştir. Anadolu’ daki oluşumlara denizin etkisi yoktur. Trakya’ daki linyit yataklarının bazıları denizle irtibatlı özellik gösterirler. Türkiye’ de linyitler genel olarak, Paleozoik ve Mesozoik yaşlı kayaların oluşturduğu, temel üzerine çökelmiş, 2-65 milyon yıl önce oluşan Tersiyer yaşlı sedimentler içinde yer alır. Türkiye’ de yaklaşık 8.4 milyar ton linyit rezervi tespit edilmiştir (GÖKMEN vd, 1993) Çizelge 4.1.’ de Türk linyitlerinin orijinal temele göre ortalama analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Türk Linyitlerinin Orijinal Temele Göre Ortalama Analiz Sonuçları
(BEKER, 1998)

Özellikler	Değişim Aralığı	Ortalama
Nem (%)	15-52	41
Kül	14-42	22
Uçucu Madde	16-38	26
Sabit Karbon	11-39	20
Toplam Kükürt (%)	0,8-0,5	1,8
Isıl Değer (kcal/kg)	950-4500	1818

4.2. Linyit Rezervleri

Türkiye, yaklaşık 8,305 milyar ton linyit rezervi ile Avrupa ülkeleri arasında beşinci sıradadır. Linyit kömürlerine yurdumuzun birçok yöresinde rastlanmaktadır. En önemli linyit sahaları Afşin Elbistan, Tunçbilek, Soma, Seyitömer, Muğla, Çan, Beypazarı, Bursa Orhaneli, Sivas Kangal, Erzurum havzaları oluşturmaktadır. Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup ısı değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Toplam rezervlerimizin ancak %14’ ünün nem içeriği %20’ nin altında olup, diğerleri yüksek oranda su içermektedir. Ortalama nem içeriği ise %41,8 dolayındadır. Düşük kül içerikli rezervimiz çok azdır. Linyitlerimizin %85’inin kül içeriği %20’ nin üzerindedir. Tüm rezervlerimizin %66’ sının

kükürt içeriği %2' den azdır. Linyitlerimizin ısıl değerleri 600 ile 6000 kcal/kg arasında değişmektedir. Isıl değeri 2500 kcal/kg' dan az olan kömürler tüm linyit potansiyelimizin %66,5' unu oluşturmaktadır .

Sert linyitlerin nem içeriği genellikle %20' nin altındadır. Sert linyit türündeki rezervlerimizi yıkayarak kül oranını düşürmek ve böylelikle ısıl değerini yükseltmek mümkündür. Tunçbilek, Soma ve Çan linyitleri bu gruba girer. Nem içeriği %40' ın üzerinde olan linyitler, yumuşak linyit grubuna girmektedir. Elbistan linyitleri dışında kalan linyitlerimizin tozlanma oranı %30-40 arasında değişmektedir. Ocaklardan alınan kömür, tüketicilere demiryolu veya karayolu taşıtları ulaştırılmaktadır. Linyitlerimiz stoklama esnasında yanma özelliği göstermelerinden dolayı yaz aylarında fazla üretim yapılmayıp, sonbahar ve kış aylarında yoğun bir üretim yapılmaktadır. Türkiye' de üretilen linyit kömürlerinin büyük kısmı elektrik enerjisi üretiminde, yakıt, konut ısınması ve bir kısmı da sanayide hammadde olarak kullanılmaktadır (KURAL, 1993).

Bölgeler bazında linyit rezervleri ve ortalama kimyasal özellikleri Çizelge 4.2' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Türkiye' de Linyit Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı ve Ortalama Kimyasal Özellikleri (DPT, 2001)

BÖLGELER	Rezerv (10 ⁹ ton)	Nem	Kükürt	Kül	AID (kcal/kg)
KUZEY-BATI ANADOLU (Kütahya-Balıkesir-Bursa-Manisa- Çanakkale)	1,80	20	1,7	20	3500
GÜNEY-ORTA ANADOLU (Adana-K.Maraş)	3,50	50	2	20	1200
İÇ ANADOLU (Ankara-Konya-Çorum-Yozgat- Sivas)	1.45	30	3.2	25	3000
GÜNEY BATI (Aydın-Muğla-Denizli-Afyon)	0,90	30	2	20	2500
TRAKYA (Tekirdağ-Edirne-İstanbul)	0,40	30	3	20	2500
DOĞU ANADOLU (Bingöl-Erzincan-Erzurum-Van)	0.20	20	1,2	20	3000
Toplam	8,25	36,5	2,1	21	2240

4.3. Linyit Üretimi

Türkiye’ de linyit üretimi ağırlıklı olarak Kamu Kuruluşları tarafından yapılmaktadır. TKİ Kurumu ve EÜAŞ sahalarından yapılan üretim Türkiye toplam linyit üretiminin yaklaşık %90’ ını oluşturmaktadır. Yıllar itibariyle Türkiye linyit üretim miktarları satılabilir bazda Çizelge 4.3.’ de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Türkiye Linyit Üretimi (1000 ton)

Yıl	TKİ	EÜAŞ	ÖZEL	TOPLAM
1999	38.643	21.142	5.234	65.019
2000	39.198	19.595	2.061	60.854
2001	33.609	22.637	3.326	59.572
2002	30.661	16.531	4.468	51.660
2003	25.684	15.645	4.839	46.168
2004	24.349	13.806	5.554	43.709

Kaynak: DPT,2006

4.4.Linyit Tüketimi

1999-2004 yılları arası Türkiye linyit tüketimi Çizelge 4.4.’ de verilmiştir. TKİ tarafından üretilen linyit kömürünün büyük kısmı ve EÜAŞ tarafından üretilen kömürlerin tamamı termik santrallerde tüketilmektedir.

Çizelge 4.4. Türkiye Linyit Tüketimi

Yıl	Linyit Tüketimi (1000 ton)
1999	64.049
2000	64.384
2001	61.010
2002	52.039
2003	46.051
2004	46.226

Kaynak: DPT, 2004

5. MALZEME VE YÖNTEM

5.1. Kullanılan Numune

Ülkemizin bilinen kömür yatakları içinde Trakya Bölgesi kömürleri önemli bir yer tutmaktadır. Trakya tersiyer havzası kömürleri araştırmacılar tarafından buldukları yer dikkate alınarak, Istranca Masifi eteklerinde yer alan kömürler ile Keşan, Malkara, Uzunköprü ve Meriç yöresinde yer alan kömürler şeklinde gruplandırılmıştır. Havzada kömür oluşumu Oligosen yaşlı Danişment formasyonu içinde, Istranca Masifi eteklerinde bir veya iki damar halinde, Güney Trakya' da (Keşan- Malkara) ise çok sayıda damarlar halinde bulunmaktadır. Kömürlerin kalite değerleri sahalara göre değiştiği gibi aynı sahalardaki farklı damarlarda da değişim göstermektedir. Günümüzde Trakya Tersiyer Havzası kömürlerinin büyük bölümü özel sektör tarafından işletilmekte olup rezerv 520 751 000 ton civarındadır .

Deneylerde kullanılan numune Tekirdağ iline bağlı Malkara ilçesi-İbrice köyü kömür yatağından temin edilmiştir. 56/8 ruhsat sayılı bu yatak, Pullukçu Kömür İşletmesi tarafından işletilmektedir.

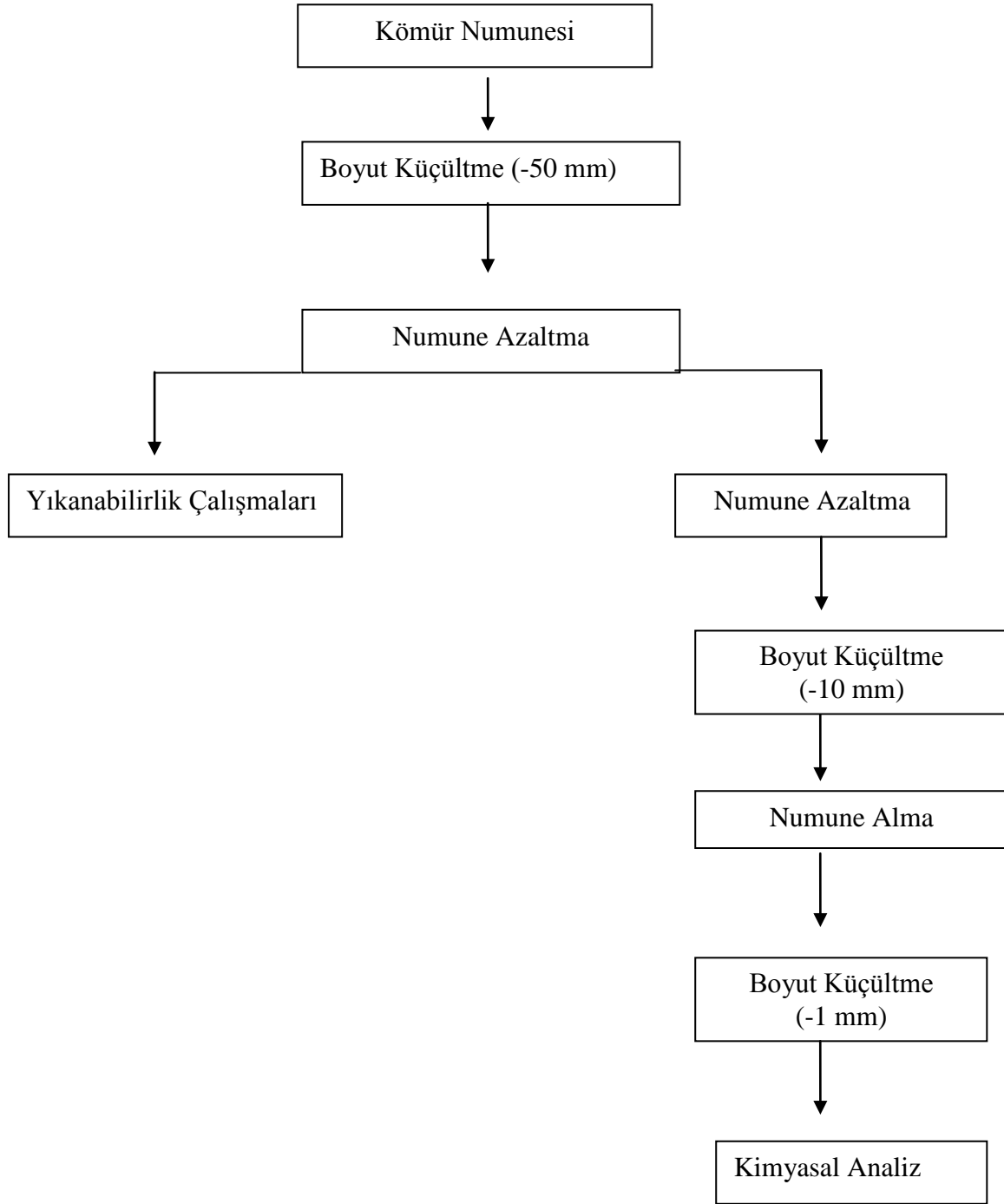
5.2. Genel jeoloji

Trakya Bölgesinde gnaysların oluşturduğu Istranca masifi, doğu-batı uzanımlı olarak yüzeyler ve temeli oluşturur. Üzerinde yer alan Mesozoyik birimleri; Triyas, Jura ve Kretase yaşlı kayaç topluluktan ile temsil edilmektedir. Triyas' a ait şistler düşey ve yanal olarak mermerler ile geçişlidir. Yan metamorfik kireçtaşlarından oluşan Jura yaşlı birimler üzerinde ise konglomera, kireçtaşı, kalkerli kumtaşı, tuf ve kumtaşından oluşan Kretase yaşlı birimler yer alır. Senozoyik; tabandan tavana doğru Eosen, Oligosen- ve Miyosen yaşlı kayaçlarla temsil olunmaktadır. Eosen çökelleri altta konglomera ile başlamakta ve istif yukarı doğru kumtaşı, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarıyla devam etmektedir. Eosen çökelleri üzerinde yer alan Oligosen yaşlı çökeller altta beyaz-gri renkli kumtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıltaşı, oolitli-fosilli kireçtaşı ve killi kireçtaşı ile başlar. Bunun üzerine ise ince tabakalı, laminar, beyaz-bej renkli kumtaşı, silttaşı ardalanmış sarı renkli kumtaşı ve yeşil renkli killer gelir. Daha üstte Trakya Tersiyer Havzasında kömür içeren sanmsı gri, gri, kahverengimsi gri renklerde kumtaşı, milttaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşan kömürlü birim yer alır. İlk kez Boer (1954) tarafından Danişment formasyonu olarak adlandırılan birim Tekirdağ, Silivri arası Keşan kuzeyinden Malkara kuzeyine kadar geniş bir alanda, Uzunköprü ve Meriç yöresinde, ayrıca Saray civarında yüzeylenmektedir. Kömür içeren

Danişment formasyonu üzerine kanal dolgusu özelliği gösteren çakıltaşı, kıltaşı ve silttaşı gelmektedir. Oligosen yaşlı birimlerin en üst düzeylerinde tuf, andezit ve aglomeralar yer almaktadır. Miyosen çökelleri tabanında beyaz, sanmsı beyaz, çapraz tabakalanmalı kil ve çakıltaşı mercekli gevşek tutturulmuş kumtaşlan, üstte ise kırmızı, kahverengi, kötü boylanmak, genellikle iyi tutturulmamış çakıltaşı ve kumtaşlan gözlenmektedir.

56/8 ruhsatlı sahada yapılan sondajlar ile bölgede ayırt edilebilen üniteler :

- a) Alt Oligosen Sedimanları : Bir “taban marn serisi” ile bir linyit ihtivalı “gre-marn serisi” şeklinde tasni edilmiştir. Marn serisi içine de kumlu patiler karıştığından arazi üzerinde iki serinin hududunu tayin etmek zordur. Araştırma sondajında taban marn serisine erişilememiştir. Muhtemelen 20-30 m. daha derindedir. Bu araştırma sondajı ve kısmen diğer derin sondajlarla tabandan tavan doğru geçilen damarların sayısı 6 dır. Bu damarlar değişik kalınlıkta ve genelde devamlıdırlar. Açılan bütün sondajlarda “gre-marn” serisi içinde tuf horizonları müşade edilir. En alt kömür damarınının kısmen hemen üstünde kısmende hemen altında bulunan çok fosilli kaolinize olmuş tuf horizonu damar korelasyonunda iyi bir klavuz horizon vazifesi görmüştür. Yapılan araştırmalar sonucunda bütün damarlar oligosen yaşındadır.
- b) Muhtemel Pliosen : Pliosen, bazen çakıllar ihtiva eden fena tabakalanmış marnlar, çabuk harabolan yumuşak greler ve gevşek, nadiren konglomera görünümlü çakıllar ile temsil edilmiştir.
- c) Vadi Alivyonları



Şekil 5.1. Laboratuarda Uygulanan Numune Hazırlama Akım Şeması

5.3. Yöntem

5.3.1. Kimyasal Analiz

Kömür numuneleri üzerinde aşağıdaki analizler yapılmıştır.

a) Nem Analizi:

1- Kaba Nem Tayini:

Kömür numunesi, bir levha üzerine koni biçiminde dökülür ve koninin tepesi düzlenir. Nem örneği olarak en az 10 parça alınır. Kömür numunesi 40 °C 'lık ayarlı etüvde 24 saat bekletilir. Son ağırlık ile ilk ağırlık arasındaki farkın yüzdesi ile kaba nem tespit edilir (SEVİNÇ, 1997).

$$\% \text{ Kaba Nem} = (a-b/a) \times 100$$

a = ilk Tartım b = Son Tartım

2- Bünye Nemi Tayini:

Kaba nemi alınmış kömür numunesi 0,2 mm elekten geçecek şekilde öğütülüp elekten geçirilir. Sabit tartımlı bir vezin kabına 5 gr civarında kömür bırakılır. 105 °C 'de etüvde 2 saat bekletilen kömür numunesi etüvden çıkarılarak yeniden tartılır. Son ağırlık ile ilk ağırlık arasındaki farkın yüzdesi ilk ağırlığa bölünerek bünye nemi tespit edilir (SEVİNÇ, 1997).

$$\% \text{ Bünye Nemi} = (a-b/a) \times 100$$

a = İlk Tartım b = Son Tartım

Kaba neme bünye nemi eklenerek kömür numunesinin toplam nemi hesaplanır.

a) Kül Analizi:

ASTM 3174 standardına göre öğütülmüş kömür numunesinden 1 gr alınır ve 750 °C 'de 4 saat fırında bekletilmiş porselen krozenin içine bırakılır. Kömür numunesi önce açıkta yakılır. Sonra 750 °C 'deki fırında 4 saat bekletilir. Fırından çıkarılıp desikatörde soğutulup tartımı alındıktan sonra aşağıdaki formüle göre kül oranı hesaplanır (SAYDUT, 1999).

$$\% \text{ K\u00fcl} = (a/b) \times 100$$

a = Kalan K\u00fcl A\u011frılı\u011fı

b = K\u00f6m\u00fcr Numunesinin A\u011frılı\u011fı

b) U\u00e7ucu Madde Analizi:

ASTM 3175 standardına g\u00f6re \u00f6\u011f\u00fct\u00fclm\u00fc\u015f k\u00f6m\u00fcr numunesinden 1,0000 gram alınır ve 900 °C de 7 dakika fırında bekletilmif porselen krozenin i\u00e7ine bırakılır. K\u00f6m\u00fcr numunesi \u00f6nce a\u00e7ıkta yakılır. Sonra 950±20 °C 'deki fırında 6 dakika bekletilir. Fırından \u00e7ıkarılarak desikat\u00f6rde so\u011futulur. Tartımı alındıktan sonra a\u015a\u011fıdaki form\u00fcele g\u00f6re u\u00e7ucu madde oranı hesaplanır (SAYDUT, 1999).

$$\% \text{ U\u00e7ucu Madde} = (a-b/a) \times 100$$

a = Kalan Madde A\u011frılı\u011fı

b = K\u00f6m\u00fcr Numunesinin A\u011frılı\u011fı

d) Sabit Karbon Analizi:

% Sabit Karbon = 100 – (K\u00fcl + U\u00e7ucu Madde + Nem) form\u00fcl\u00fc kullanılarak hesaplanır.

e) K\u00fc k\u00fcr Analizi:

K\u00f6m\u00fcr numunesinde ki k\u00fc k\u00fcr t\u00fcrlerinin tayini, Maden Tetkik ve Arama Genel M\u00fcd\u00fcr l\u00fc\u011f\u00fc, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi' ne yaptırılmıştır.

f) Isıl De\u011fer Analizi:

K\u00f6m\u00fcr numunelerinin kalori de\u011ferlerinin tayini, kalorimetre cihazı kullanılarak Dicle \u00dcniversitesi Fen- Edebiyat Fak\u00fcltesi Kimya B\u00f6l\u00fcm\u00fc laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

5.3.2. Petrografik Analiz

K\u00f6m\u00fcr numunelerinin petrografik analizi Maden Tetkik ve Arama Genel M\u00fcd\u00fcr l\u00fc\u011f\u00fc, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi' ne yaptırılmıştır. K\u00f6m\u00fcr \u00f6rneklerinin yansıma \u00f6l\u00e7\u00fcm leri ve de\u011ferlendirmelerinde MPVSP Leitz marka cihaz kullanılmıştır.

5.3.3. Kırma-Eleme

Kömür numunelerinin kırma işleminde laboratuvar tipi Çeneli kırıcı (Retsch BB1/A) kullanıldı. Kömür örnekleri -50 mm altına indirildi ve numune azaltma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sınıflandırma numunesi 20 mm, 4,75 mm, 0,5 mm 'lik elekler kullanılarak eleme yapıldı.

5.3.4. Öğütme-Eleme

Kömür numuneleri kimyasal analiz için, halkalı değirmen kullanılarak 0,2 mm altına indirildi.

5.3.5. Yüzdürme-Batırma

Kömür numunelerinin yüzdürme-batırma işlemleri, -50 + 20 mm, -20 + 4,75 mm, -4,75 + 0,5 mm boyut gruplarında 10 litrelik kovalarda $ZnCl_2$ çözeltilerinde yapılmıştır. $ZnCl_2$ belirli miktarlarda suda çözündürülerek 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8 g/cm^3 yoğunluklu çözeltiler hazırlanmıştır. Numuneler öncelikle 1.8 g/cm^3 yoğunluktaki çözeltiye konup bu yoğunlukta yüzen malzeme süzgeçlerle alınarak 1.3 g/cm^3 yoğunluktaki çözeltiye kadar devam edilmiştir. Numuneler tekrar su ile yıkanarak kömür yüzeyindeki $ZnCl_2$ giderilmiştir. $ZnCl_2$ 'den arındırıldıktan sonra kurutularak tartılmış ve daha sonra kül analizleri yapılmıştır.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Analiz Sonuçları

6.1.1. Kimyasal Analiz Sonuçları

Çizelge 6.1. Tekirdağ-Malkara Tüvenan Kömürün Kimyasal Analiz Sonuçları

Analiz Edilen Bileşen	Havada Kuru Kömür	Tam Kuru Kömür
Nem %	Kaba Nem = 2,95 Bünye Nemi = 5,43 Toplam Nem = 8,38	–
Kül %	20,28	20,78
Uçucu Madde %	36,39	40,24
Sabit Karbon	34,95	35,65
Kükürt %	Piritik Kükürt = 0,85 Sülfatik Kükürt = 0,25 Organik Kükürt = 1,19 Toplam Kükürt = 2,29	–
Üst Isı Değeri kcal/kg	4754	4739
Karbon %	48	–

6.1.2. Petrografik Analiz Sonuçları

Örneğin Rmax değeri % 0,535 olarak ölçülmüş olup, örnek bileşenleri aşağıdaki gibidir.

Hüminit : % 75

Liptinit (Sporinit) : % 5

İnertinit (Makrinit) : % 4

Pirit (Franboidal) : % 7

Kil v.s. Silikat mineralleri : % 9

6.2. Elek Analizi Sonuçları

Kullanılan numuneye elek analizi uygulanarak tanelerin boyut dağılımı incelenmiştir. Boyut aralıklarında ki kül, kükürt ve kalori değerleri Çizelge 6.2.' de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Tekirdağ-Malkara Tüvenan kömürün boyut aralıklarında ki Kül, Kükürt ve Kalori Değerleri

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık %	Kül %	Toplam Kükürt %	Üst Isı Değeri Kcal/kg
-50 + 20	42,25	23,02	1,66	4908
-20 + 4,75	35	19,75	1,62	4798
-4,75 + 0,5	22,75	18,13	1,44	4292
Toplam	100	20,76	1,59	4739

6.3. Yüzdürme-Batırma Deney Sonuçları

Çizelge 6.2.' de verilen elek analizleri esas alınarak her bir boyut aralığına ayrı ayrı yüzdürme-batırma deneyleri uygulanmıştır. Tane sınıfı yıkanabilirlik analiz bulgu değerleri çizelge 6.3., çizelge 6.4., çizelge 6.5. ve tüvenan kömürün hesaben birleştirilmiş analiz sonuçları ise çizelge 6.6.' da gösterilmiştir. Yıkanabilirlik eğrileri ise şekil 6.1., şekil 6.2., şekil6.3 ve şekil6.4'de verilmiştir.

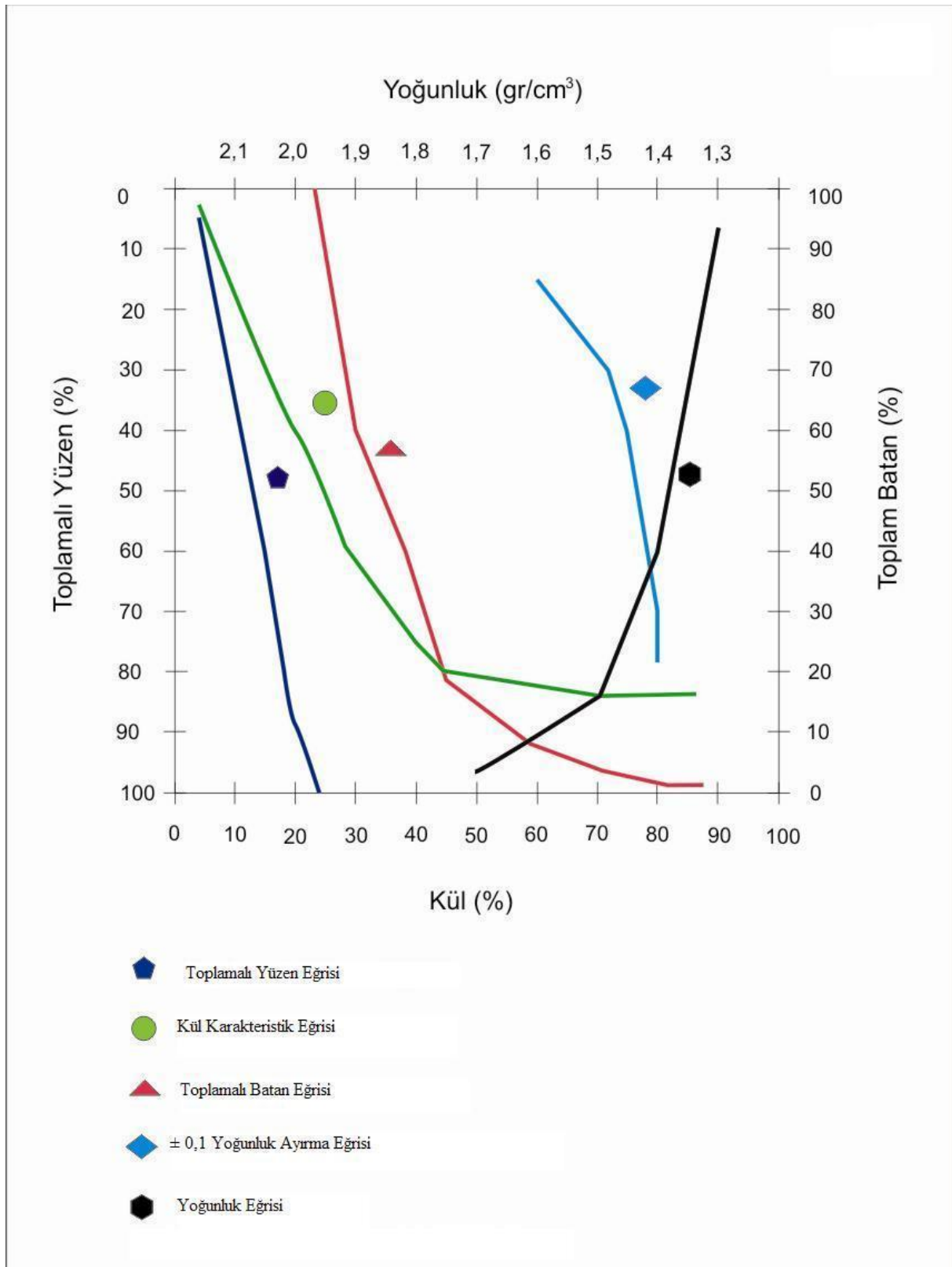
Çizelge 6.3. Tekirdağ-Malkara Kömürünün -50+20 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu

Yoğunluk	Yüzen Malda			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			Y*	±0,1 Yoğunluk Ayırma Değeri
	% Ağ.	% Kül	% İçerik	% Ağ.	%İçerik	% Kül	% Ağ.	%İçerik	%Kül		
1,3 Yüzen	6,54	9,78	63,96	6,54	63,96	9,78	100	2346,71	23,46	3,27	-
1,3-1,4	55,32	17,35	959,80	61,86	1023,76	16,54	93,46	2282,75	24,42	34,2	77,5
1,4-1,5	22,18	24,44	542,07	84,04	1565,83	18,63	38,14	1322,95	34,68	72,95	26,25
1,5-1,6	4,07	40,16	163,45	88,11	1729,28	19,62	15,96	780,88	48,92	86,07	14,22
1,6-1,7	10,15	46,38	470,75	98,26	2200,03	22,38	11,89	617,43	51,92	93,18	-
1,7 Batan	1,74	84,30	146,68	100	2346,71	23,46	1,74	146,68	84,29	99,13	-
Toplam	100	23,46	2346,71								

* $A_1 + A_2 / 2$

A_1 = Yüzde Ağırlık

A_2 = Bir sonraki yoğunluğun yüzde ağırlığı



Şekil 6.1. Tekirdağ-Malkara Kömürü -50+20 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri

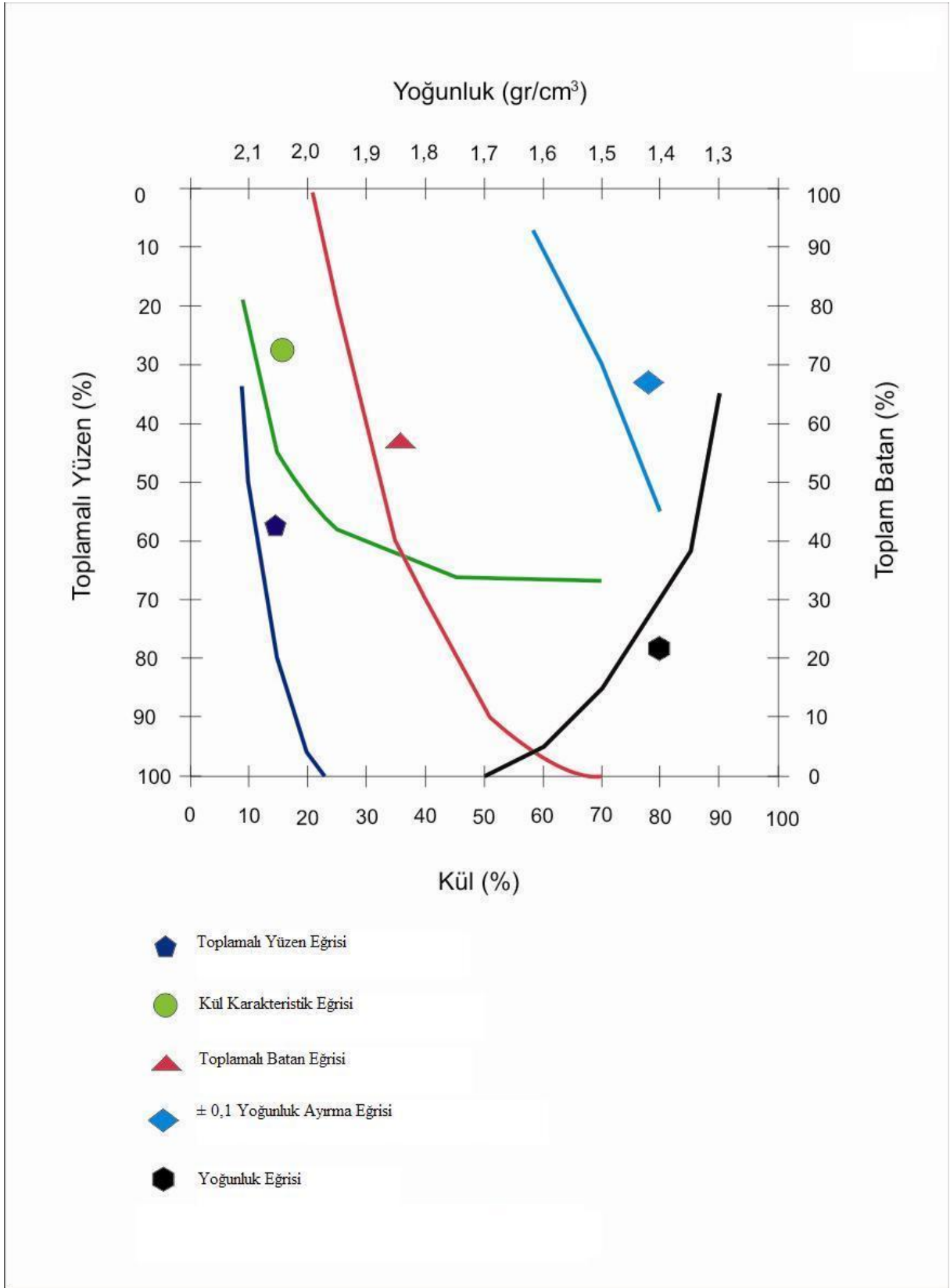
Çizelge 6.4. Tekirdağ-Malkara Kömürünün -20 +4,75 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu

Yoğunluk	Yüzen Malda			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			Y*	±0,1 Yoğunluk Ayırma Değeri
	% Ağ.	% Kül	% İçerik	% Ağ.	%İçerik	% Kül	% Ağ.	%İçerik	%Kül		
1,3 Yüzen	34,19	8,75	299,16	34,19	299,16	8,75	100	2111,06	21,11	17,09	-
1,3-1,4	27,76	15,46	429,16	61,95	728,32	11,75	65,81	1811,19	27,52	48,07	53,42
1,4-1,5	25,66	30,40	780,06	87,61	1508,38	17,21	38,05	1382,74	36,34	74,78	31,98
1,5-1,6	6,32	40,87	258,29	93,93	1766,67	18,80	12,39	602,68	48,64	90,77	10,77
1,6-1,7	4,45	52,22	232,37	98,38	1999,04	20,31	6,07	344,39	56,73	96,15	-
1,7 Batan	1,62	69,15	112,02	100	2111,06	21,11	1,62	112,02	69,14	99,19	-
Toplam	100	21,11	2111,06								

$$A_1 + A_2 / 2$$

A₁ = Yüzde Ağırlık

A₂ = Bir sonraki yoğunluğun yüzde ağırlığı



Şekil 6.2. Tekirdağ-Malkara Kömürü -20+4,75 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri

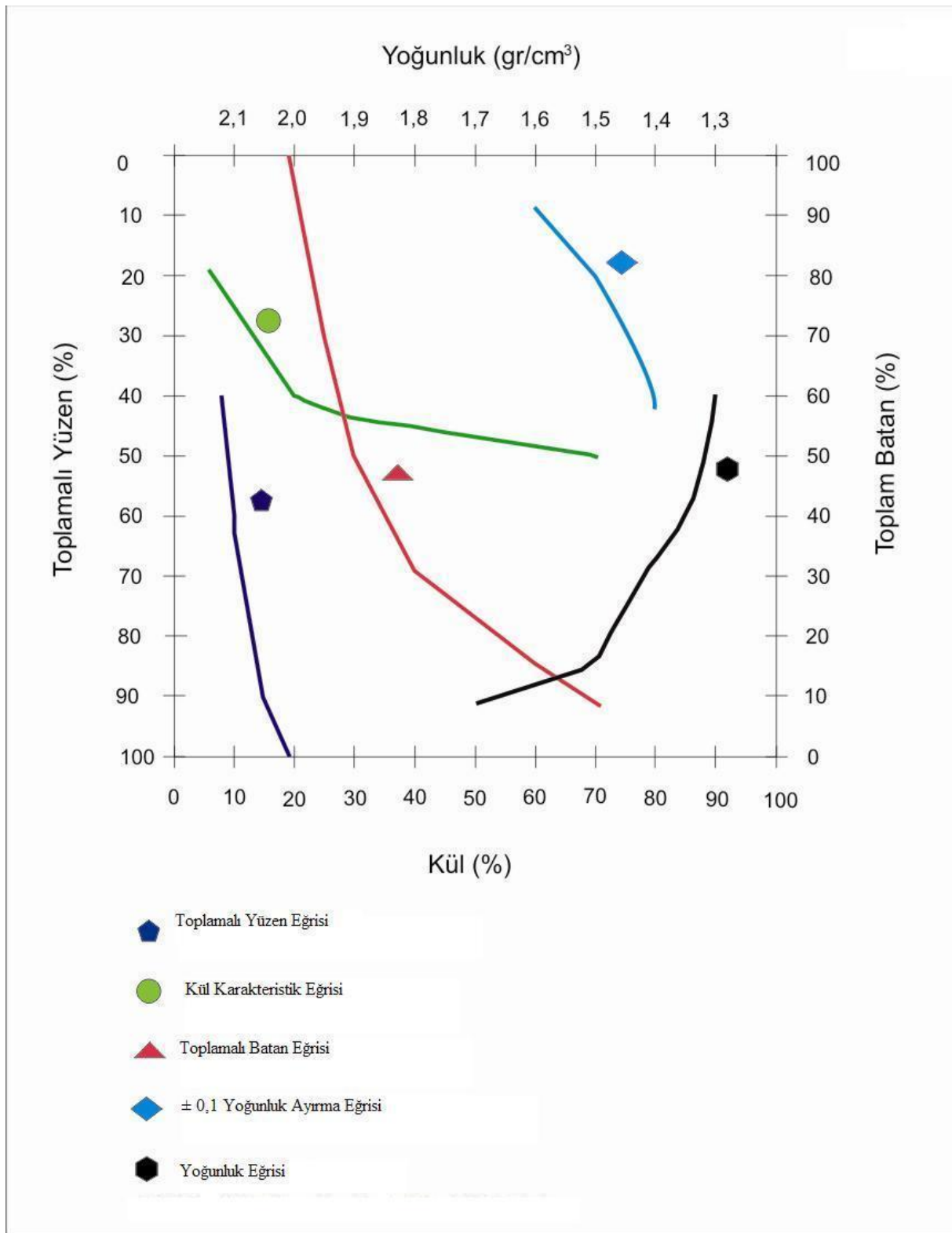
Çizelge 6.5. Tekirdağ-Malkara Kömürünün -4,75 +0,5 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu

Yoğunluk	Yüzen Malda			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			Y*	±0,1 Yoğunluk Ayırma Değeri
	% Ağ.	% Kül	% İçerik	% Ağ.	%İçerik	% Kül	% Ağ.	%İçerik	%Kül		
1,3 Yüzen	39,09	7,65	299,03	39,09	299,03	7,65	100	1973,78	19,73	19,54	-
1,3-1,4	26,15	14,60	381,79	65,24	680,82	10,43	60,91	1674,75	27,49	52,16	42,87
1,4-1,5	16,72	18,21	304,47	81,96	985,29	12,02	34,76	1292,96	37,19	73,6	20,6
1,5-1,6	3,88	29,34	113,83	85,84	1099,12	12,80	18,04	988,49	54,79	83,9	8,53
1,6-1,7	4,65	42,28	196,60	90,49	1295,72	14,31	14,16	874,66	61,76	88,16	-
1,7 Batan	9,51	71,30	678,06	100	1973,78	19,73	9,51	678,06	71,29	95,24	-
Toplam	100	19,73	1973,78								

$$A_1 + A_2 / 2$$

A₁ = Yüzde Ağırlık

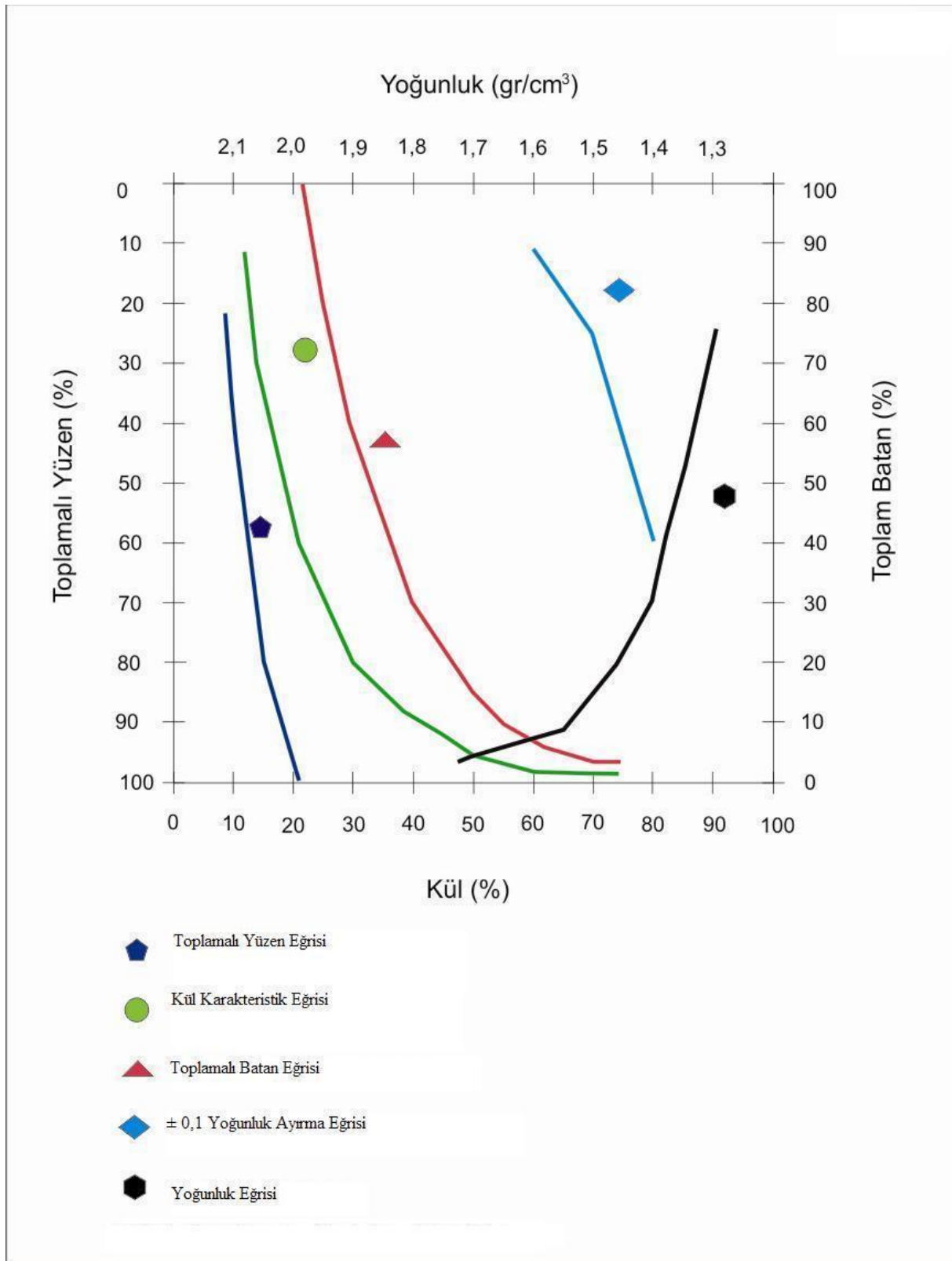
A₂ = Bir sonraki yoğunluğun yüzde ağırlığı



Şekil 6.3. Tekirdağ-Malkara Kömürü -4,75+0,5 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri

Çizelge 6.6. Tekirdağ-Malkara Kömürünün Değişik Boyut Grupları İle Yapılan Yüzdürme-Batırma Deneylerinin Girene Göre Değerleri ve Elde Edilen Lave Miktarları ve Yanabilir Verimleri

Yoğunluk							Toplam		Yanabilir Verim
	-50 + 20		-20 + 4,75		-4,75 + 0,5		Miktar (%)	Kül (%)	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)			
1,3 Yüzen	2,76	9,78	11,96	8,75	8,89	7,65	23,61	8,45	26,92
1,3-1,4	23,37	17,35	9,71	15,46	5,95	14,60	39,03	16,46	40,72
1,4-1,5	9,38	24,44	8,98	30,40	3,80	18,21	22,16	25,78	20,64
1,5-1,6	1,72	40,16	2,21	40,87	0,89	29,34	4,82	38,48	4,70
1,6-1,7	4,28	46,38	1,55	52,22	1,06	42,28	6,92	47,06	5,76
1,7 Batan	0,74	84,30	0,56	69,15	2,16	71,30	3,46	73,72	1,26
(-50 + 0,5)	42,25	20,68	35	19,75	22,75	18,13	100	19,77	100



Şekil 6.4. Tekirdağ-Malkara Kömürü -50+0,5 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri

Çizelge 6.8.Tekirdağ-Malkara Kömürünün $1,6 \text{ gr/cm}^3$ 'de yüzdürülmesi durumunda elde edilecek temiz kömür, artık miktarları ve kül, kükürt, kalori değerleri

Tane Boyutu (mm)	Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	Kalori (kcal/kg)
-50 + 20	Temiz Kömür	88,11	19,62	1,58	6376
	Artık	11,89	51,92	2,24	1013
	Toplam	100	23,46	1,65	4908
-20 + 4,75	Temiz Kömür	93,93	18,80	1,56	6244
	Artık	6,07	56,73	2,19	1210
	Toplam	100	21,10	1,60	4798
-4,75 + 0,5	Temiz Kömür	85,84	12,80	1,39	6234
	Artık	14,16	61,76	1,78	1106
	Kömür	100	19,73	1,44	4292

Çizelge 6.9. Kömür Numunesinin Yıkanabilme Numarasının Hesabı

Yoğunluk Aralığı	%Ağ	%Kül	$\sum \% Ağ$	$\sum \% Ağ \times \%Kül$	$\frac{\sum \% Ağ \times \%Kül}{\sum \% Ağ}$
1.3 Yüzen	23,6	8,4	23,6	198,2	8,4
1,3-1,4	39,1	16,4	62,7	839,4	13,4
1,4-1,5	22,1	25,7	84,8	1407,4	16,6
1,5-1,6	4,9	38,5	89,7	1595,9	17,8
1,6-1,7	6,9	47,1	96,6	1920,8	19,8
1,7 Batan	3,4	73,7	100	2171,3	21,7

$$N = (a-b/a) \times w \quad W_N = (N_{opt} / b_{opt}) \times 10$$

Burada;

N = Yıkanabilme derecesi (%)

w = Temiz kömür miktarı (%)

a = Tüvenan kömür külü (%)

b = Temiz kömür külü (%)

W_N = Yıkanabilme numarası

N_{opt} = Optimum yıkanabilme derecesi (%)

b_{opt} = Optimum yıkanabilme derecesindeki temiz kömür külü (%)

$$N_{1,3} = 34,45$$

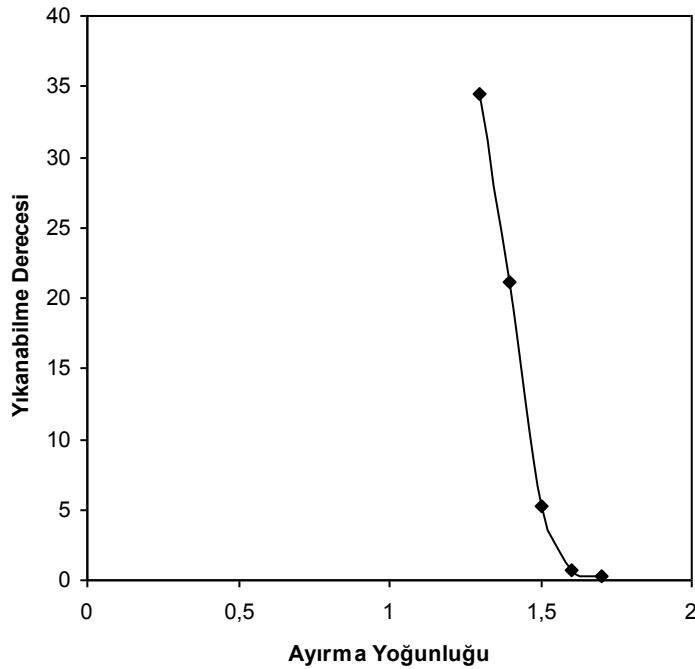
$$N_{1,5} = 5,30$$

$$N_{1,4} = 21,11$$

$$N_{1,6} = 0,78$$

$$N_{1,7} = 0,30$$

$$W_N = (34,45 / 8,4) \times 10 = 41,01$$



Şekil 6.5. Kömür Yıkanabilme Derecesi Eğrisi

7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇ

Tekirdağ- Malkara-İbrice linyit kömür numunesi, kuru baza göre % 20,28 kül içermekte olup, kalorifik değeri 4754 kcal/kg' dır. Kimyasal analizler, tuvenan kömürün elek fraksiyonlarında, kül içeriklerinin, tane boyutunun küçülmesi ile azaldığını göstermiştir (Çizelge 6.2).

Yıkama çalışmasında kömür numuneleri suda ıslatıldıklarında çok az miktarda ufalanmışlardır. Bu gözlemden kömürün yıkama için yeterli parça sağlamlığına sahip olduğu sonucuna varılabilir.

-50+20 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme batırma testlerinden söz konusu tane sınıfının; 1,3 g/cm³' de yıkanması ile %6,54 oranında %9,78 küllü temiz kömür, 1,4 g/cm³' de yıkanması ile %61,86 oranında %16,54 küllü temiz kömür, 1,5 g/cm³' de yıkanması ile %84,04 oranında %18,63 küllü temiz kömür, 1,6 g/cm³' de yıkanması ile %88,11 oranında %19,62 küllü temiz kömür, 1,7 g/cm³' de %98,26 oranında %22,38 küllü temiz kömür elde edilebileceği tespit edilmiştir. Ancak -50+20 mm tane boyutunda; 1,6-1,7 g/cm³ yoğunluk değerlerinden daha düşük yoğunluklarda $\pm 0,1$ yoğunluk değerleri oldukça yüksektir. Bu durum, söz konusu yoğunluk değerlerinde herhangi bir ayırım yapmanın çok zor hatta imkansız olduğunu göstermektedir. 1,6-1,7 g/cm³ yoğunluk aralığında ise $\pm 0,1$ yoğunluk değerine göre ayırmanın zor olacağı görülmektedir. Şekil 6.1.'de ki yıkama eğrilerinden de görüldüğü gibi, kül karakteristik eğrisinin dike yakın bir şekilde olması yıkamanın iyi olmayacağını göstermektedir.

-20+4,75 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme batırma testlerinden söz konusu tane sınıfının; 1,3 g/cm³' de yıkanması ile %34,19 oranında %8,75 küllü temiz kömür, 1,4 g/cm³' de yıkanması ile %61,95 oranında %11,75 küllü temiz kömür, 1,5 g/cm³' de yıkanması ile %87,61 oranında %17,21 küllü temiz kömür, 1,6 g/cm³' de yıkanması ile %93,93 oranında %18,80 küllü temiz kömür, 1,7 g/cm³' de yıkanması ile %98,38 oranında %20,31 küllü temiz kömür elde edilebileceği tespit edilmiştir. -20+4,75 mm tane boyutunda $\pm 0,1$ yoğunluk değerlerinin düşük yoğunluk değerlerinde yüksek olmasına karşılık, 1,6 g/cm³' de 10,77 olup, bu yoğunlukta yapılacak bir yıkama işleminin kolay-zor arası olacağı görülüyor. Bu tane boyutunda düşük küllü ürünler 1,5 g/cm³' den küçük yoğunluk değerlerinde elde edileceği görülmektedir.

-4,75+0,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme batırma testlerinden söz konusu tane sınıfının; 1,3 g/cm³' de yıkanması ile %39,09 oranında %7,65 küllü temiz kömür, 1,4g/cm³'de yıkanması ile %65,24 oranında %10,43 küllü temiz kömür, 1,5 g/cm³' de

yıkanması ile %81,96 oranında %12,02 küllü temiz kömür, $1,6 \text{ g/cm}^3$ de yıkanması ile %85,84 oranında %12,80 küllü temiz kömür, $1,7 \text{ g/cm}^3$ de yıkanması ile %90,49 oranında %14,31 küllü temiz kömür elde edilebileceği tespit edilmiştir. $-4,75+0,5 \text{ mm}$ tane boyutunda düşük yoğunluk değerlerinde $\pm 0,1$ yoğunluk değerleri yüksek olduğundan yıkama işleminin zor olacağı ortaya çıkmaktadır. $1,6 \text{ g/cm}^3$ de ise $\pm 0,1$ yoğunluk değeri 8,53 olup, bu yoğunlukta bu boyutta yapılan yıkama işleminin daha kolay olacağını göstermektedir. Ayrıca Şekil 6.3.' de ki yıkama eğrilerinden de görüldü gibi parça külü eğrisi yataya yakın bir görüntü çizmektedir ve bu durum yıkama işleminin kolay olacağını göstermektedir. Tekirdağ-Malkara kömürü üzerinde yapılan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda her bir boyut için optimum ayırma yoğunluğu olan $1,6 \text{ gr/cm}^3$ de yapılacak bir ayırmada elde edilecek temiz kömür ve artık miktarları ile kül, kükürt ve kalori değerleri Çizelge 6.8' de verilmiştir.

Kömür numunesinin tane boyutu küçüldükçe yıkanabilirlik olanakları kolaylaşmaktadır. Ayrıca; tane boyutu küçüldükçe serbestleşme arttığından kül içeriği de düşmektedir.

Kömür numunesi için yıkanabilme numarası 3 fraksiyon ($-50+20 \text{ mm}$, $-20+4,75 \text{ mm}$, $-4,75+0,5 \text{ mm}$) yüzdürme batırma deney sonuçlarının tek fraksiyonda ($-50+0,5 \text{ mm}$) birleştirilerek yapılmıştır. Çizelge 7.2.' de yıkanabilme numarası ve derecesinin hesaplanması verilmiştir.

Kömür numunesinin yıkanabilme numarası 41,01 olarak hesaplanmıştır. Buna göre; + 15 mm kömür için ağır ortam tamburu ve - 15 mm kömür için feldspat jigi veya $15-0,5 \text{ mm}$ kömür için ağır ortam siklonu ile yıkama çalışması yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

ABAKAY, H., 2001. Diyarbakır-Hazro Taş Kömürünün Yıkanabilme Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Böl., DİYARBAKIR

ATEŞOK, G., 1986. Kömür Hazırlama, İstanbul Teknik Üniversitesi, İSTANBUL

BEKER, Ü.G., 1998. Kömürün Kullanım Alanları, (ORHAN KURAL. Editör), 325-337, İSTANBUL

DEMLİ,F., 1994. Beypazarı ve Soma Linyitlerinin Yıkanabilme Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Böl., ANKARA

DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI (DPT), 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu Raporu, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ANKARA

İRİCAN, A., 2005. Kömür ve Kömür Analizleri, Staj Çalışma Raporu, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

KEMAL, V., ARSLAN,V., 1999. Kömür Teknolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, No:33, İZMİR

KURAL, O., 1998. Kömür Özellikleri Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, Özgün Ofsat Matbaası, İSTANBUL

KURAL, O., 1991. Diğer Önemli Karbonlu Maddelerin Tanıtılması, Ed: Kural, O., Kömür, Kurtiş Matbaası, İZMİR, 842-865

LOWRY, H.H., ed., 1963, Chemistry of coal utilization suppl. vol., Wiley, New York, pp. 325-334

MİTCHELL, L., 1968, Coal Preperation, Seeley W. Mudd Series, AIME

ÖZPEKER, I., 1991. Kömür Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması, Kurtiş Matbaası, İZMİR, 8-74

RENDA, D.,2000, Temiz Kömür Üretiminde Yeni Bir Teknoloji, Editörler: Önal, G., ve Dinçer, H., Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri V, 14-15 Nisan, 153-163

SAYDUT,A., 1999. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Asfaltit ve Linyitlerinden Fiziksel İşlemlerle Kül ve Kükürdün Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fak. Kimya Böl., DİYARBAKIR.

SCHOBERT, H.H., 1987, Coal the Enrgy Source of the Past and Future, American chemical society, Washington.

SCHÜTZE,M., 1997, Methods of Cleaning Different Rank and Types of Coal, Adding Value to Coal Conferance, Rotterdam, The Netherlands, June, Preprint-II

SEMERKANT, O., 1987. Sert Linyitlerin Aydın-Şahinali Kömürü Örneğinde Yıkanabilme Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fak. Maden Mühendisliği Böl., İZMİR

SEVİNÇ, M., 1997. Madenler için Kimyasal Analiz Yöntemleri. Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İSTANBUL

ŞAHİNOĞLU, E., 2006. Müzret Kömürünün Yağ Aglomerasyonu ile Temzilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fak. Maden Mühendisliği Böl., TRABZON

YENİDİNÇ, E., 1988. Kozlu Kömür Damarlarının Flotasyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ZONGULDAK

WARD, R.C., 1992. Coal Geology and Coal Technology, Blackwell Scientific Publications

URL-1, [http:// www.mta.gov.tr/muze/mineroloji/yeralti.asp](http://www.mta.gov.tr/muze/mineroloji/yeralti.asp)

URL-2, [http:// www.tki.gov.tr/tki_hakkında/kömur_petrografisi](http://www.tki.gov.tr/tki_hakkında/kömur_petrografisi)

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması	4
Çizelge 2.2. Genel Sınıflamada Yer Alan Kömürlerin Tanıtıcı Özellikleri	5
Çizelge 2.3. Kömürde gözlenen minerallerin oluşum evreleri	11
Çizelge 2.4. Linyit ile turbayı ayıran ölçütler	12
Çizelge 3.1. Ayırma Yoğunluğuna Yakın Malzeme Miktarına Göre Kömürün Yıkama Kolaylığı	19
Çizelge 3.2. Yıkabilme Numaralarına Göre Üst Tane Boyutu ve Yıkama Prosesi Seçimi	21
Çizelge 4.1. Türk Linyitlerinin Orijinal Temele Göre Ortalama Analiz Sonuçları	25
Çizelge 4.2. Türkiye’ de Linyit Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı ve Ortalama Kimyasal Özellikleri	26
Çizelge 4.3. Türkiye Linyit Üretimi	27
Çizelge 4.4. Türkiye Linyit Tüketimi	27
Çizelge 6.1. Tüvenan Kömürün Kimyasal Analiz Sonuçları	34
Çizelge 6.2. Tüvenan kömürün boyut aralıklarında ki Kül, Kükürt ve Kalori Değerleri	35
Çizelge 6.3. -50+20 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu	36
Çizelge 6.4. -20 +4,75 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu	38
Çizelge 6.5. -4,75 +0,5 mm Tane Boyutu Yüzdürme Batırma Değerlendirme Tablosu	40

Çizelge 6.6. Değişik Boyut Grupları İle Yapılan Yüzdürme-Batırma Deneylerinin Girene Göre Değerleri ve Elde Edilen Lave Miktarları ve Yanabilir Verimleri	42
Çizelge 6.7. -50 + 0.5 mm Boyut Grubuna Ait Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçlarının Hesaben Birleştirilmiş Şekli	43
Çizelge 6.8. Tekirdağ-Malkara Kömürünün 1,6 gr/cm ³ 'de yüzdürülmesi durumunda elde edilecek temiz kömür, artık miktarları ve kül, kükürt, kalori değerleri	45
Çizelge 6.9. Kömür Numunesinin Yıkanabilme Numarası Hesabı	46

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 5.1. Laboratuarda Uygulanan Numune Hazırlama Akım Şeması	30
Şekil 6.1. -50 + 20 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri	37
Şekil 6.2. -20 + 4,75 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri	39
Şekil 6.3. -4,75+ 0,5 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri	41
Şekil 6.4. -50+ 0,5 mm Tane Boyutu Yıkanabilirlik Eğrileri	44
Şekil 6.5. Yıkanabilme Derecesi Eğrisi	47

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Balıkesir’ de doğdum. İlk ve orta öğrenimimi sırasıyla Amasya ve Van’ da tamamladım. 2000 yılında Erciş Süper Lisesi’ nden mezun oldum. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde lisans eğitimimi tamamlayıp, 2005 yılında mezun oldum. Aynı yıl Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi oldum. Halen bu görevi sürdürmekteyim.