

Koyunağılı (Mihalıççık) Linyitlerinin Yıkanabilirliğinin Araştırılması

Zeyni ARSOY¹, Hakan ÇİFTÇİ*¹, Bahri ERSOY¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar

(İlk Gönderim / Received: 05.10.2018, Kabul / Accepted: 31.12.2018, Online Yayın / Published Online: 31.12.2018)

Anahtar Kelimeler

Linyit,
Kömür,
Kömür yıkama,
Yüzdürme batırma.

Özet: Bu çalışmada, Koyunağılı (Mihalıççık/Eskişehir) linyitlerinin yıkanabilirliği incelenmiştir. Yapılan kısa analiz sonuçlarına göre tüvenan linyit numunesinin kuru bazda %53,47 kül, %18,59 karbon ve 2720 kcal/kg'lık alt ısıl değeri (AID) verdiği ve ASTM standardına göre "liniyit B" grubu kömür sınıfına dahil olduğu tespit edilmiştir. Linyit numunesi üç farklı tane boyut grubuna (-90+20, -63+20, -45+20 mm) ayrılarak her bir grup için yüzdürme-batırma deneyleri ayrı ayrı yapıldı. Deneylerde ZnCl₂ tuzu kullanılarak hazırlanan 1,4-1,5-1,6-1,7 ve 1,8 g/cm³ yoğunluğa sahip ağır ortamlar kullanıldı. Temiz kömür elde etmek için gerekli olan optimum ağır ortam yoğunluğunun her grup için 1,6 g/cm³ olduğu belirlendi ve her bir tane boyut grubu için ayrıca yıkanabilme numarası (W_N) hesaplanarak en yüksek yıkanabilme numarası (12,22) -45+20 mm grubu için bulundu.

Investigation of the Washability of the Koyunağılı (Mihalıççık) Lignites

Keywords:

Lignite,
Coal,
Coal washing,
Flotation sinking.

Abstract: In this study, washability properties of Koyunağılı (Mihalıççık / Eskişehir) lignites were examined. According to the results of the short analysis, raw lignite sample can be defined as "lignite B" group coal according to ASTM standards with its %53,47 dry base ash, % 18,59 carbon and 2720 kcal/kg lower calorific value. The lignite sample was divided into three different particle size groups (-90+20, -63+20, -45+20 mm) and flotation-sinking tests were performed for each group. Heavy medias with a density of 1,4-1,5-1,6-1,7-1,8 g/cm³ prepared using the ZnCl₂ salt were used. The optimum heavy media density required to obtain clean coal was determined to be 1.6 g/cm³ for each group. In addition, the washability number (WN) was calculated for each group and the highest washability number (12,22) was found for the group -45+20 mm.

*İlgili yazar: hakanciftci86@gmail.com

1. GİRİŞ

Maden ocaklarından üretilmiş ham kömürler beraberinde genellikle pirit, kalsit, silikat, karbonat, sülfat ve karmaşık yapıli mineraller bulundurur ve bu minerallerin tamamına kül adı verilir. Kül oranı yüksek olan kömürler düşük kaliteli kömür olarak

adlandırılır ve bu kömürler yanma sonrası geriye çevresel sorunlara yol açan kül minerallerini bırakır. Isı enerjisi olarak kullanılan yüksek kül oranlı kömürler öncelikle kömür yıkama tesislerinde (lavvar) kül minerallerinden mümkün derece arındırılırlar. Lavvar tasarımı öncesinde de kömürün

yıkabilirlik testinin laboratuvar ölçekte yapılması gerekmektedir. Düşük kaliteli kömürün yıkabilirliği bir dizi yüzdürme ve batırma testinin sonuçlarını gösteren eğriler ile ifade edilir (Mir, 2014). Kömürün yıkabilirlik testi ile kömür damarlarının kalite ve kapsamı, lavvar tesis tasarımı, proses tesis verimi ve yıkama sonrası elde edilecek olan temiz kömür kalitesinin değerlendirilmesi yapılır (Galvin, 2006; Keskin, 1988).

Temiz kömürün özgül ağırlığı 1,2-1,35 g/cm³ iken kül minerallerin özgül ağırlıkları 1,6 – 2,6 g/cm³ değer aralığında olduğu bilinmektedir (Singh, 2015). Parça kömür ve kül minerallerinin özgül ağırlıkları arasında bu şekilde belirgin fark olması sebebiyle kömür yıkama işlemleri yoğunluk farkından yararlanılarak yapılmaktadır. Kömür yıkama proseslerinde yüksek yoğunluklu kül mineralleri ağır ortam banyolarında batırılırken daha düşük yoğunluğa sahip kömür taneleri yüzdürülerek ayırma işlemi yapılır. Tüm bu süreç yüzdürme-batırma olarak adlandırılır. Yüzdürme – batırma deneyleri kömür ile kül minerallerinin yoğunlukları arasında seçilen değişik yoğunluklardaki ağır ortam banyoları ile yapılır. Laboratuvar ölçekteki testlerde ağır ortam olarak genellikle çinko klorür çözeltisi kullanılırken, lavvar tesislerinde kullanılan ağır ortam süspansiyonları ise genellikle su ve öğütülmüş manyetit minerallerinden hazırlanır. Kömür yıkama işlemleri sonucunda tüvenan kömürden genellikle temiz kömür (lave), ara ürün (mikst) ve atık (şist) olarak üç ürün elde edilmektedir (Önal ve Güney, 1998).

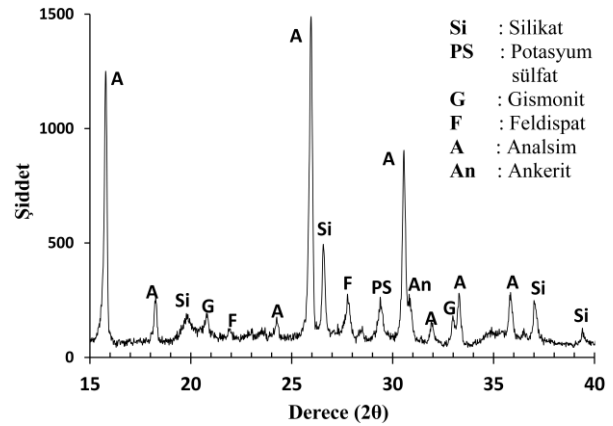
Bu çalışmada, temiz kömür üretimi için Koyunağılı (Mihalıççık/Eskişehir) linyitlerinin yıkabilirliği yüzdürme-batırma deneyleri ile araştırılmıştır. Çalışma kapsamında stok sahasından alınan numuneler farklı tane boyut gruplarına (-90+20, -63+20, -45+20 mm) bölündü ve her bir boyut grubu için farklı yoğunlukta ağır ortamlarda (1,4-1,5-1,6-1,7-1,8 g/cm³) yüzdürme batırma deneyleri yapıldı. Yapılan deneylerden elde edilen veriler ve hesaplamalar ile Mihalıççık linyitlerinden temiz kömür elde etmek için optimum boyut grubu ve ağır ortam yoğunluğu belirlenmeye çalışıldı.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Deneylerde kullanılan tüvenan linyit kömürü numuneleri, Eskişehir ili Mihalıççık ilçesine bağlı Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş. ye ait Koyunağılı lavvarının stok sahasından alındı. Numunenin mineralojik analizi Shimadzu marka XRD-6000 model X ışınları difraksiyonu cihazında yapılmış olup elde edilen X-Işını spektrumu Şekil 1’de verilmiştir. Buna göre, tüvenan numune içerisinde kömürden başka kül mineralleri olarak analsim, gismonit, feldispat, ankerit ve kil mineralleri tespit edilmiştir.

Numunenin kimyasal içeriğini belirlemek için Rigaku marka ZSX primus II model XRF cihazı kullanılmış olup sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Linyit numunesinin beklendiği gibi %46,43 gibi yüksek seviyede ateş zayıyatının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, numune içeriğindeki yüksek SiO₂ ve Al₂O₃ oranları numunede kil minerallerinin olduğu anlamına gelir ve bu sonuç XRD analizi ile de uyum içerisindedir.



Şekil 1. Tüvenan kömürün XRD spektrumu.

Tablo 2’de ayrıca numuneye ait kısa analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 1-2’deki veriler linyit numunesinin önemli miktarlarda inorganik safsızlık içerdiğini göstermektedir. Alt ısıl değer orijinal bazda 2123 kcal/kg olarak tayin edilmiştir ve bu değer teshin (evde kullanım) amaçlı kullanım için çok düşük olarak kabul edilir. Ayrıca yüksek kükürt

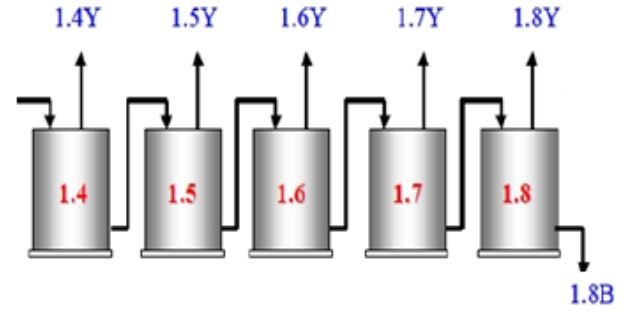
değeri de ciddi hava kirliliğine neden olduğundan bu kömürün ham şekilde şehir merkezlerinde kullanımı uygun değildir. Mevcut ham kömür sadece termik santrallerde yakıt amaçlı kullanılmalı veya teshin kullanımı için yıkama işlemleri ile bünyesinde bulunan safsızlıklar giderilerek yüksek kaliteli kömür elde edilmelidir.

2.2. Metot

Yüzdürme – batırma deneyleri 10 litrelik kovalarda -90+20 mm, -63+20 mm ve -45+20 mm boyut grupları için ayrı ayrı yapıldı. Belirli miktarlarda ZnCl₂ tuzu suda oz nd r lerek 1,4-1,5-1,6-1,7 ve 1,8 g/cm³ yoğunluklu ozelti hazırlandı ve bu ozelti deneylerde ağır ortam olarak kullanıldı.

şekil 2’de de g r ld ği gibi yüzdürme-batırma testleri 1,4 g/cm³ yoğunluktaki ağır ortam ile başlatıldı. Bu ozeltide yüzen ürünler alınırken batan ürünler bir üst yoğunluktaki

ortama eklenerek aynı işleme son ağır ortamda (1,8 g/cm³) test yapılıncaya kadar devam edildi. Yüzdürme-batırma deneyleri sonunda katı yüzeyinde adsorplanarak biriken çinko ve klor iyonlarını uzaklaştırmak için numuneler su ile birkaç defa yıkandıktan sonra kurutularak analizler için hazır hale getirildi.



şekil 2. Yüzdürme-batırma testi diyagramı ve ağır ortam yoğunlukları, Y: yüzen  r n, B: batan  r n.

Tablo 1. Tüvenan kömür numunesinin kimyasal analiz sonuçları.

Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃	K ₂ O	A.Z.
Miktar (%)	24,10	8,36	6,04	5,55	2,71	1,69	3,91	1,11	46,43

*A.Z. : Ateş zaiyatı

Tablo 2. Tüvenan linyit numunesinin kısa analiz sonuçları.

Kısa Analiz	Orjinal Baz	Havada Kuru	Kuru Baz	ASTM Standart
Toplam nem (%)	18,13	3,45	0,00	D 3302-07
K�l (%)	43,78	51,63	53,47	D 3174-04
Uçucu madde (%)	22,87	26,97	27,93	D 3175-07
Sabit karbon (%)	15,22	17,95	18,59	D 3172
Toplam kükürt (%)	2,20	2,60	2,69	D 3177-02
Üst ısıl değer (kcal/kg)	2337	2756	2854	D 5865-07 ve ISO 1928
Alt ısıl değer (kcal/kg)	2123	2607	2720	D 5865-07 ve ISO 1928

3. BULGULAR

3.1 -45+20 mm Grubu Deney Sonuçları

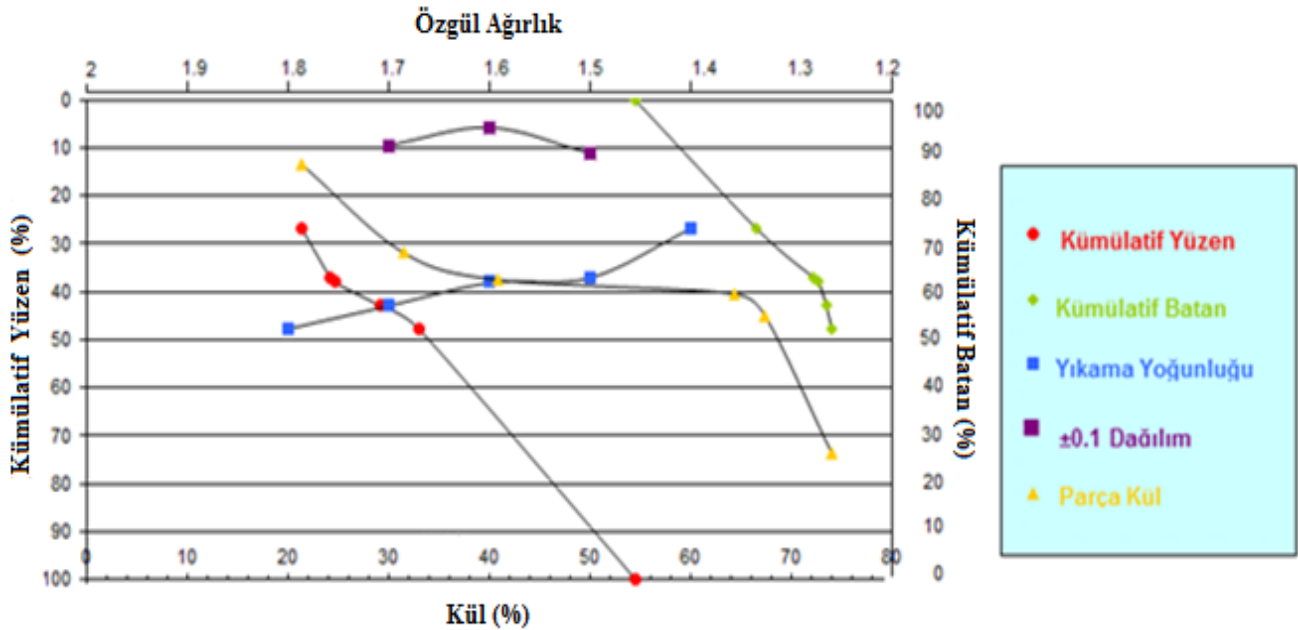
-45+20 mm tane boyut grubuna ait yüzdürme-batırma test sonuçları Tablo 3’de, yüzdürme-batırma eğrileri ise Şekil 3’de verilmiştir. 1,6-1,7 g/cm³ yoğunluklarında $\pm 0,1$ yoğunluk değerleri sırasıyla 5,8 ve 9,6 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, söz konusu yoğunluk değerlerinde yapılacak ayırmaların kolay olacağını göstermektedir (Ateşok, 2008). Ayrıca, Şekil 3’deki yıkama eğrilerinden de görüldüğü gibi parça kül eğrisinin yatay bir şekilde olması ayırma işleminin kolay olduğunu

göstermektedir. Bu tane boyut grubu için yapılan testlerde düşük küllü yüzen ürünler 1,6 g/cm³ ve daha küçük yoğunluk değerlerinde elde edileceği görülmektedir. 1,5 g/cm³ yoğunluklu ağır ortamda yapılacak olan ayırmanın da orta güçlükte olacağı belirlenmiştir. Buna göre, -45+20 mm tane boyut grubundaki kömüre uygulanan yüzdürme - batırma deneyleri sonucunda; optimum ayırma yoğunluğu 1,6 g/cm³ olarak seçilmiş olup bu yoğunlukta yapılacak yıkama sonucunda tüvenan kömürden %24,75 kül içeriğine sahip ve kütlece %38,03 temiz kömür elde edilebilir.

Tablo 3. -45+20 mm grubu yüzdürme-batırma test sonuçları.

Ağır Ortam Yoğunluğu (g/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Kümülatif Yüzen			Kümülatif Batan			± 0.1 Yoğ. Malzeme	
	Miktar (%P)	Kül (%C)	PxC (%)	$\Sigma P \downarrow$	$\Sigma PxC \downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P \downarrow}$	$\Sigma P \downarrow$	$\Sigma PxC \downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P \downarrow}$	Yoğunluk (g/cm ³)	± 0.1 Yoğ. Malz. Miktarı (%)
1,4 Yüzen	26,73	21,49	574,43	26,73	574,43	21,49	100	5495,83	54,96	1,4	-
1,4- 1,5	10,27	31,6	324,53	37	898,96	24,3	73,27	4921,4	67,17	1,5	11,3
1,5- 1,6	1,03	40,87	42,1	38,03	941,06	24,75	63	4596,87	72,97	1,6	5,8
1,6- 1,7	4,79	64,38	308,38	42,82	1249,4	29,18	61,97	4554,77	73,5	1,7	9,6
1,7- 1,8	4,81	76,48	367,87	47,63	1617,3	33,96	57,18	4246,39	74,26	1,8	-
1,8 Batan	52,37	74,06	3878,5	100	5495,8	54,96	52,37	3878,52	74,06	-	-

P: Miktar (%), C: Kül İçeriği (%)



Şekil 3. -45+20 mm grubu yüzdürme-batırma eğrileri.

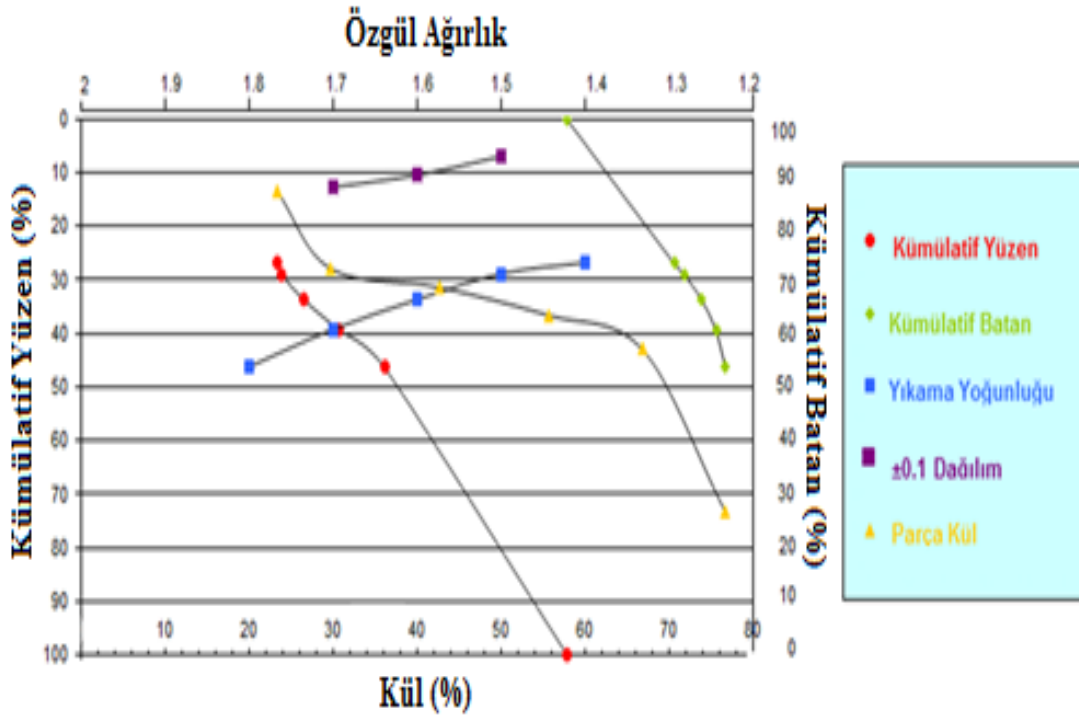
3.1 -63+20 mm Grubu Test Sonuçları

Tablo 4 ve Şekil 4’de -63+20 mm tane boyut grubuna ait yüzdürme-batırma testlerinde elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tablo 4’de görüleceği üzere 1,5-1,6 g/cm³ yoğunluklarında $\pm 0,1$ yoğunluk değerlerinin sırasıyla 6,9 ve 10,4 olduğu hesaplanmıştır. Şekil 5’deki parça-kül eğrisinin de yataya yakın konumda olması söz konusu yoğunluk değerlerinde yapılacak ayırmaların kolay olacağı anlamına gelir

(Ateşok 2008). -63+20 mm tane boyut grubu için yapılan testlerde düşük küllü yüzen ürünler 1,6 g/cm³ ve daha küçük yoğunluk değerlerinde elde edileceği görülmektedir. Buna göre, -63+20mm tane boyut grubundaki kömüre uygulanan yüzdürme batırma deneyleri sonucunda optimum ağır ortam yoğunluğu 1,6 g/cm³ olarak kabul edilirse, bu yoğunlukta yapılacak kömür yıkaması sonucunda tüvenan kömürden % 25,97 kül içeriğine sahip ve kütleye % 33,76 miktarında temiz kömür elde edilebilir.

Tablo 4. -63+20 mm grubu yüzdürme-batırma test sonuçları.

Ağır Ortam Yoğunluğu (g/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Kümülatif Yüzen			Kümülatif Batan			±0.1 Yoğ. Malzeme	
	Miktar (%P)	Kül (%C)	PxC (%)	$\Sigma P \downarrow$	$\Sigma PxC \downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P \downarrow}$	$\Sigma P \downarrow$	$\Sigma PxC \downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P \downarrow}$	Yoğunluk (g/cm ³)	±0.1 Yoğ. Malz. Miktarı (%)
1,4 Yüzen	26,86	23,42	609,06	26,86	609,06	22,68	100	5778,25	57,78	1,4	-
1,4- 1,5	2,08	29,79	61,96	28,94	671,02	23,19	73,14	5169,19	70,68	1,5	6,9
1,5- 1,6	4,82	42,69	205,77	33,76	876,79	25,97	71,06	5107,23	71,87	1,6	10,4
1,6- 1,7	5,58	55,71	310,86	39,34	1187,7	30,19	66,24	4901,46	74	1,7	12,62
1,7- 1,8	7,04	66,9	470,98	46,38	1658,6	35,76	60,66	4590,6	75,68	1,8	-
1,8 Batan	53,62	76,83	4119,6	100	5778,3	57,78	53,62	4119,62	76,83	-	-



Şekil 4. -63+20 mm grubu yüzdürme-batırma eğrileri.

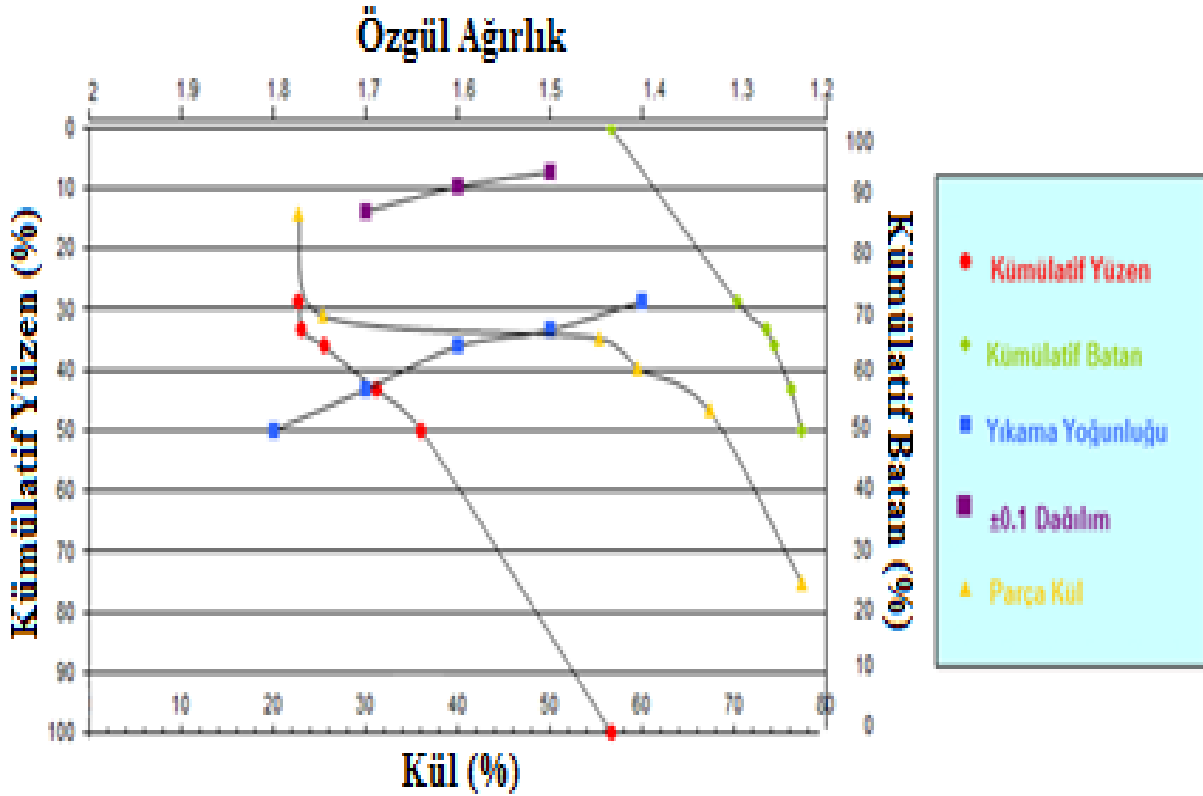
3.3 -90+20 mm Grubu Test Sonuçları

Kömür yıkama testlerinde kullanılan en iri tane boyut grubuna (-90+20 mm) ait yüzdürme-batırma test sonuçları Tablo 5’de, yüzdürme-batırma eğrileri ise Şekil 5’de verilmiştir. 1,5-1,6 g/cm³ yoğunluklarında $\pm 0,1$ yoğunluk değerleri sırasıyla 7,45 ve 9,86 olarak hesaplanmış olup diğer tane boyut gruplarında olduğu gibi bu grup için de 1,5-1,6 g/cm³ yoğunluğunda yapılacak ayırmaların kolay olacağı tespit edilmiştir.

Parça kül eğrisinin de yatay bir şekilde olması (Şekil 5) ayırma işleminin kolay olduğunu göstermektedir. Bu tane boyut grubu için düşük küllü yüzen ürünler 1,7 g/cm³’den küçük yoğunluk değerlerinde elde edilir. Buna göre, -90+20mm tane boyutlarındaki kömüre uygulanan yüzdürme batırma deneyleri sonucunda optimum ayırma yoğunluğu 1,6 g/cm³ olarak seçilecek olursa bu yoğunluktaki ağır ortamda yapılan zenginleştirme sonucunda, %25,81 kül içeriğine sahip ve kütleye %36,12 miktarında temiz kömür elde edilebilir.

Tablo 5. -90+20 mm grubu yüzdürme-batırma test sonuçları.

Ağır Ortam Yoğunluğu (g/cm ³)	Yoğ. Aralığı Malzeme			Kümülatif Yüzen			Kümülatif Batan			±0.1 Yoğ. Malzeme	
	Mikar (%P)	Kül (%C)	PxC (%)	$\Sigma P\downarrow$	$\Sigma PxC\downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P}\downarrow$	$\Sigma P\downarrow$	$\Sigma PxC\downarrow$	$\frac{\Sigma PxC}{\Sigma P}\downarrow$	Yoğunluk (g/cm ³)	±0.1 Yoğ. Malz. Mik. (%)
1,4 Yüzen	28,67	22,79	653,39	28,67	653,39	22,8	100	6627,42	66,27	1,4	-
1,4- 1,5	4,81	25,41	122,22	33,48	775,61	23,2	71,33	5027,92	70,49	1,5	7,45
1,5- 1,6	2,64	55,36	156,71	36,12	932,32	25,8	66,52	4905,7	73,75	1,6	9,86
1,6- 1,7	7,22	59,61	430,38	43,34	1362,7	31,4	63,88	4748,99	74,34	1,7	14,03
1,7- 1,8	6,81	67,36	458,72	50,15	1821,4	36,3	56,66	4318,61	76,22	1,8	-
1,8 Batan	49,85	77,43	3859,9	100	5681,3	56,8	49,85	3859,89	77,43	-	-



Şekil 5. -90+20 mm grubu yüzdürme-batırma eğrileri.

Yıkabilme numarası, çeşitli kömürler arasındaki yıkabilme özelliklerinin karşılaştırılmasında, tüvenan kömürün yıkama öncesinde getirilmesi gereken üst boyutunu ve yıkama prosesinin belirlenmesinde kullanılır. Yıkabilirlik numarası arttıkça kömürün yıkabilirliği de artar (Holuszko and Grieve, 1991; Zhang ve diğ., 2011; Nasir ve diğ., 2012). Yıkabilirlik veriminin değerlendirilmesinde yıkabilirlik numarası (W_N) kullanılır. Yıkabilirlik numarasının hesaplanmasında ise Eşitlik 1-2 kullanılır (Sarkar and Das, 1974; Sanders and Brooks, 1986; Ünlü, 1990; Ayhan ve Temel, 2008).

$$N = \left(\frac{a-b}{b} \right) x w \quad (1)$$

$$W_N = \frac{N_{Opt.}}{b_{Opt.}} x 10 \quad (2)$$

Burada; N: yıkabilme derecesi (%), w: temiz kömür miktarı (%), a: tüvenan kömür külü (%), b: temiz kömür külü (%), W_N : yıkabilme numarası, $N_{Opt.}$: optimum yıkabilme derecesi (%) ve $b_{Opt.}$: optimum yıkabilme derecesindeki temiz kömürün külü (%).

Tablo 6'ya göre, en yüksek yıkabilme numarası W_N : 12,22 olarak -45 + 20 mm grubu için bulunmuştur. Bununla birlikte, tane boyutu arttıkça yıkabilme numarasının azaldığı görülmektedir. Yani boyut arttıkça kömürün yıkabilirliği zorlaşmaktadır. Bu durum iri boyutlardaki parçaların kömür ve kil tanelerinden oluşması ve tam serbestleşmenin olmaması ile açıklanabilir.

Tablo 6. Kömür numunelerinin optimum yıkabilme dereceleri ve yıkabilme numaraları.

Özellikler	Boyut Grubu, (mm)		
	-45+20	-63+20	-90+20
Opt.Yıkabilme Derecesi, $N_{opt.}$ (%)	35,64	30,34	31,44
Opt.Yıkama Yoğunluğu, (g/cm ³)	1,60	1,60	1,60
Temiz Kömür Mik. (%)	42,82	39,34	43,34
Kül, (%)	29,18	30,19	31,44
Yıkabilme Num., W_N	12,22	10,05	9,66

4. SONUÇ

Eskişehir-Mihalıçcık linyitlerine $ZnCl_2$ tuzu ile hazırlanmış ağır ortamlarda yapılan yüzdürme-batırma testleri sonucunda her üç grup için de optimum ayırma yoğunluğu 1,6 g/cm³ olarak seçilebilir. Bu yoğunluk değerinde yapılacak ayırmaların kolay olacağı tespit edilmiştir. 1,6 g/cm³ ağır ortam yoğunluğunda yapılacak olan kömür yıkama proseslerinde -90+20 mm grubu için kütlece %36,12 miktarında %25,81 kül içerikli temiz kömür, -63+20 grubu için kütlece %33,76 miktarında %25,97 kül içerikli temiz kömür ve -45+20 grubu için de kütlece %38,76 miktarında %24,75 kül içerikli temiz kömür elde edilebilir. 17/05/2007 tarihinde yayınlanan 26522 sayılı resmî gazetede "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" Madde 4'de Sınır Değerlerinin Aşılmadığı İl ve İlçelerde Kullanılacak Yerli Kömürlerin Özellikleri belirtilmiştir. Elde edilen kül içerikleri belirtilen sınır değer (Maksimum %30) altında olduğu için il ve ilçelerde bulunan evlerde ve işletmelerde kullanılmaya uygun olduğu söylenebilir.

Hesaplanan en yüksek yıkabilme numarası 12,22 olarak -45 + 20 mm grubu için bulunmuş ve buna göre Mihalıçcık linyitleri için en uygun yıkama boyutunun -45 + 20 mm olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- Ateşok G. (2014). Kömürün Özellikleri. In: Cevher Hazırlama El Kitabı. Önal G., Ateşok G., Perek K.T. (eds), Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları, İstanbul, 263-284.
- Ayhan F.D., Temel A.H. (2008). Eskişehir-Mihalıçcık Linyitinin Yıkabilme Özelliklerinin Araştırılması. *Madencilik Dergisi*, 47 (4), 35-42.
- Galvin K.P. (2006) Options for Washability Analysis of Coal-A Literature Review. *Coal Preparation*, 26(4), 209-234.

- Holuszko E., Grieve D.A. (1991). Washability characteristics of British Columbia Coals, Mineral Resources Division, British Columbia, 371-379.
- Keskin Y. (1988). Kömür Hazırlama Yöntemleri. TTK Kurumu Genel Müdürlüğü İnsan Gücü Eğitim Şube Müdürlüğü Yayınları, Zonguldak, 232.
- Mir F. (2014). Washability Characteristics of Low Volatile Pakistani Coking Coal by Crushing. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 2, 502-506.
- Nasir N., Kucerik J., Mamood Z. (2012). A study on the washability of the Azad Kashmir (Pakistan) Coal Field. *Fuel Processing Technology*, 99, 75-81.
- Önal G., Güney A. (1998). Kömür hazırlama yöntemleri ve tesisleri (edt. Orhan KURAL), İstanbul, 269 – 297.
- Sanders G.J., Brooks G.F. (1986). Preparation of the Gondwana coals, 1. Washability characteristics. *International Journal of Coal Preparation*, 3, 105 – 132.
- Sarkar G.G., Das H.P. (1974). A word pattern of the optimum ash levels on cleans from the washability data of typical coal seams. *Fuel*, 53, 73 – 75.
- Singh A.K., Banerjee P.K., Singh P.K., Das A. (2015). Study of washability characteristics of coals from Seam-IX of Jamadoba Colliery of the Jharia basin India. *Energy Exploration & Exploitation*, 33(2), 181–202.
- Ünlü M. (1990). Linyitlerimizin Yıkanabilme Özellikleri ve Yıkanma Olanakları. 3. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, İstanbul.274-286.
- Zhang Q., Tian Y., Qui Y., Cao J. ve Xiao T., (2011). Study on the washability of the Kaitai coal, Guizhou Province Chani. *Fuel Processing Technology*, 92(3), 692-698.