



Orijinal Araştırma / Original Research

SEKKÖY (TKİ-GELİ) KÖMÜR HAZIRLAMA TESİSİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF SEKKÖY (TKİ-GELİ) COAL WASHING PLANT PERFORMANCE

Zehra Altınçelep^{a, *}, Oktay Bayat^b

^a Atatürk Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, ERZURUM

^b Çukurova Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, ADANA

Geliş Tarihi / Received : 22 Mart / March 2017

Kabul Tarihi / Accepted : 15 Mayıs / May 2017

Anahtar Sözcükler:

Kömür,
 Performans değerlendirme,
 Tromp eğrisi,
 Drewboy teknesi,
 Larcodem ayırıcısı.

Keywords:

Coal,
 Performance evaluation,
 Tromph curve,
 Drewboy,
 Larcodem.

ÖZ

Bu çalışmada, TKİ-GELİ Müessesine ait Sekköy Lavvarının performansı değerlendirilmiştir. Performans değerlendirmesinde fraksiyonel yıkanabilirlik değerleri kullanılmıştır. Lavvarda; Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısındaki tüvanan kömür, yüzen mal (lave, temiz kömür) ve batan malzemedan (şist) temsili numuneler alınmış, alınan numunelere elek analizi yapılmış, elek fraksiyonlarına yüzdürme-batırma testleri uygulanmış ve her test sonucu elde edilen ürünlerin kül analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler ile her bir ekipman (Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısı) için fraksiyonel Tromp eğrileri çizilmiş, fraksiyonel Ep ve d50 değerleri hesaplanmıştır. Drewboy teknesinin kesme yoğunluğu yaklaşık olarak 1,5 g/cm³, Larcodem ayırıcısında ise yaklaşık olarak 1,8 g/cm³ olduğu saptanmıştır. Drewboy teknesinin Ep değeri 0,050 iken Larcodem ayırıcısının Ep değeri ise 0,225 olduğu saptanmıştır. Drewboy teknesinden elde edilen fraksiyonel Ep değerinin sınırlar içinde olduğu (0,12<Ep) ancak Larcodem ayırıcısında ise gözlenen kesme noktası kaymasının ürün kalitesine olumsuz etkisi olduğu saptanmıştır.

ABSTRACT

In this study, TKİ-GELİ Sekköy coal washing plant's performance was evaluated. Fractional washability values were used for the performance evaluation. For this purpose, representative samples were taken from pre-determined points on the flowsheet at the washing plant and then screen analyses, sink and float tests and ash analyses were done to the sized particles. Fractional Tromph curves were drawn for each equipment (Drewboy and Larcodem) and fractional Ep and d50 values were calculated. Cut of density was determined as approximately 1.5 g/cm³ for Drewboy and approximately 1.8 g/cm³ for Larcodem. It was determined that Ep value was 0.050 for Drewboy while Ep value was 0.225 for Larcodem. It can be said that fractional Ep value was in the limit (0.12<Ep) for Drewboy but it was higher than the acceptable limit for Larcodem showing that higher cut point deviation has a negative effect on the product quality for this equipment.

* İlgili yazar: zaltincelep@cu.edu.tr

GİRİŞ

Ülkemizde bulunan kömür rezervinin önemli bir kısmının düşük kaliteli linyit kömürlerinden oluşması, maden ocağından yapılan üretim yöntemi ve üretim sonrası kömür hazırlama yöntemlerinin en doğru şekilde seçilmesi, seçilen yöntemlerle işletilen ocaklar ve kömür hazırlama tesislerinin en verimli şekilde çalıştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Kömür bünyesinden ayrılabilir nitelikteki safsızlıkların arındırılması, çeşitli kömür hazırlama yöntemlerinin uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kömür hazırlamada en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri yoğunluk farkına (gravite) göre zenginleştirmedir (Sönmez, 1999). Saf kömürün özgül ağırlığının $1,3 \text{ g/cm}^3$ az olması, kömürdeki harici külü oluşturan minerallerin ortalama özgül ağırlığının $2,5 \text{ g/cm}^3$ ve piritik kükürdün özgül ağırlığının $4,8 \text{ g/cm}^3$ olması sebebiyle ayırımın diğer yöntemlerdekilere nazaran oldukça kolay olması, kömür hazırlamada yoğunluk farkına göre zenginleştirmeyi en çok tercih edilen yöntem haline getirmiştir.

Kömür hazırlamada talebe göre farklı boyutlarda ve farklı kalitelere kömür üretilmektedir. Özellikle yoğunluğa dayalı zenginleştirme süreçlerinde, tane boyu kritik bir parametredir. Dolayısıyla farklı tane boylarında, kömürün yapısı da göz önünde bulundurularak çeşitli avantajlarından ötürü farklı tip zenginleştirme ekipmanları ve farklı ortamlar kullanılmaktadır. Kömür yıkama ekipmanları genel olarak su ortamlı ve ağır ortamlı yıkama ekipmanları olarak ikiye ayrılmakta, bu ekipmanlar ise kendi içlerinde iri ve ince kömürde kullanılan ekipmanlar olarak farklı gruplara ayrılmaktadır (Horsfall, 1980).

İri boyutlu mineral tanelerinin, aralarındaki özgül ağırlık farklılığına dayanılarak, ağır bir akışkan ortam içerisinde, yüzme ve batma yoluyla birbirinden ayrılması ile yapılan zenginleştirme işlemine, ağır-ortam veya ağır-sıvı ayırması ile zenginleştirme denilmektedir (Hacıfazlıoğlu, 2013).

Ağır ortamlı ayırıcılar, ortam yoğunluğunun değişen pazar talebine veya değişen kömür besleme kalitelerine göre ayarlanabilme konusunda sağladığı esneklik sebebiyle tercih edilmektedir. Ağır ortamlı ayırıcılarla, iyi yoğunluk kontrolünün sağlanmasıyla yüksek miktarda ayırım yoğunluğuna yakın özgül ağırlığa sahip mineral içeren beslemelerde bile keskin ayrımlar yapılabilir (Şengül, 2008).

Ağır ortam ayırımı oldukça geniş bir tane boyuna uygulanabilmektedir. Üst limiti yaklaşık olarak 300 mm fakat pratikte uygulanan ise 150-1 mm'dir. Genellikle 6 mm'den daha iri tane iriliğine sahip kömürler için statik ayırıcılar, 6 mm'den daha ince kömürler için ise santrifüj tipi ayırıcılar kullanılmaktadır (Özbayoğlu, 1994). Merkezkaç (santrifüj) kuvvetinin uygulandığı ağır ortam ayırıcılarında ağır ortamın akışkanlığı düşürülebildiği için statik ayırıcılara göre daha ince tane boyutundaki kömürler yıkanabilmektedir (Önal ve Güney, 1998). Ayrıca ince tane boyutlarındaki malzemenin daha uzun sürede çökmesi sebebiyle statik ağır ortam ayırıcıları ince tane boyutlarında çok efektif çalışmamaktadır.

Ülkemizdeki kömür yıkama tesislerinin tamamına yakını iri tane boyutlu kömürü (-150+20 mm) ya "Ağır Ortam Tamburu" ile ya da "Drewboy teknesi" ile yıkanmaktadır (Hacıfazlıoğlu, 2009). Drewboy teknesi, genellikle iri tane boyutlu (-800+18 mm) ve fazla miktarda yüzen ürün veren (şisti az olan) tüvanan kömürler için uygundur. Şist atımı yatayla belli bir açı yaparak dönen bir tekerlek vasıtasıyla sağlanır ve saatte 450 ton kömür yıkanabilmektedir (Hacıfazlıoğlu, 2013).

Larcodem ayırıcısı ise eğimli (30°) bir silindirin ucundan ağır ortam süspansiyonu bir pompa ile basınçlı (0,5-1 atm) olarak verilirken, diğer uçtan tüvanan kömür beslemesi yapılır. Süspansiyonun oluşturduğu santrifüj kuvvetlerin etkisi ile şist cihazın çeperlerinden hareket ederek girdap kapını bölümünden alınır. Temiz kömür ise çeperlere değmeden beslemenin yapıldığı uçtan alınır. Bu cihaza 100 mm boyutuna kadar kömür beslemesi yapılabilir. Kömür beslemesi ve manyetit ayrı noktalarından verilmektedir (Hacıfazlıoğlu, 2013).

Kömür hazırlama tesislerinin verimli şekilde çalışıp çalışmadığının tayini, kömür yıkama ekipmanları üzerinde yapılan performans değerlendirme çalışmalarıyla belirlenebilmektedir (Şengül, 2008). Bu çalışmada, TKİ-GELİ Müessesesine ait Sekköy Kömür Hazırlama tesisinde (Lavvar) bulunan Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısının kömür yıkama performansları değerlendirilmiştir.

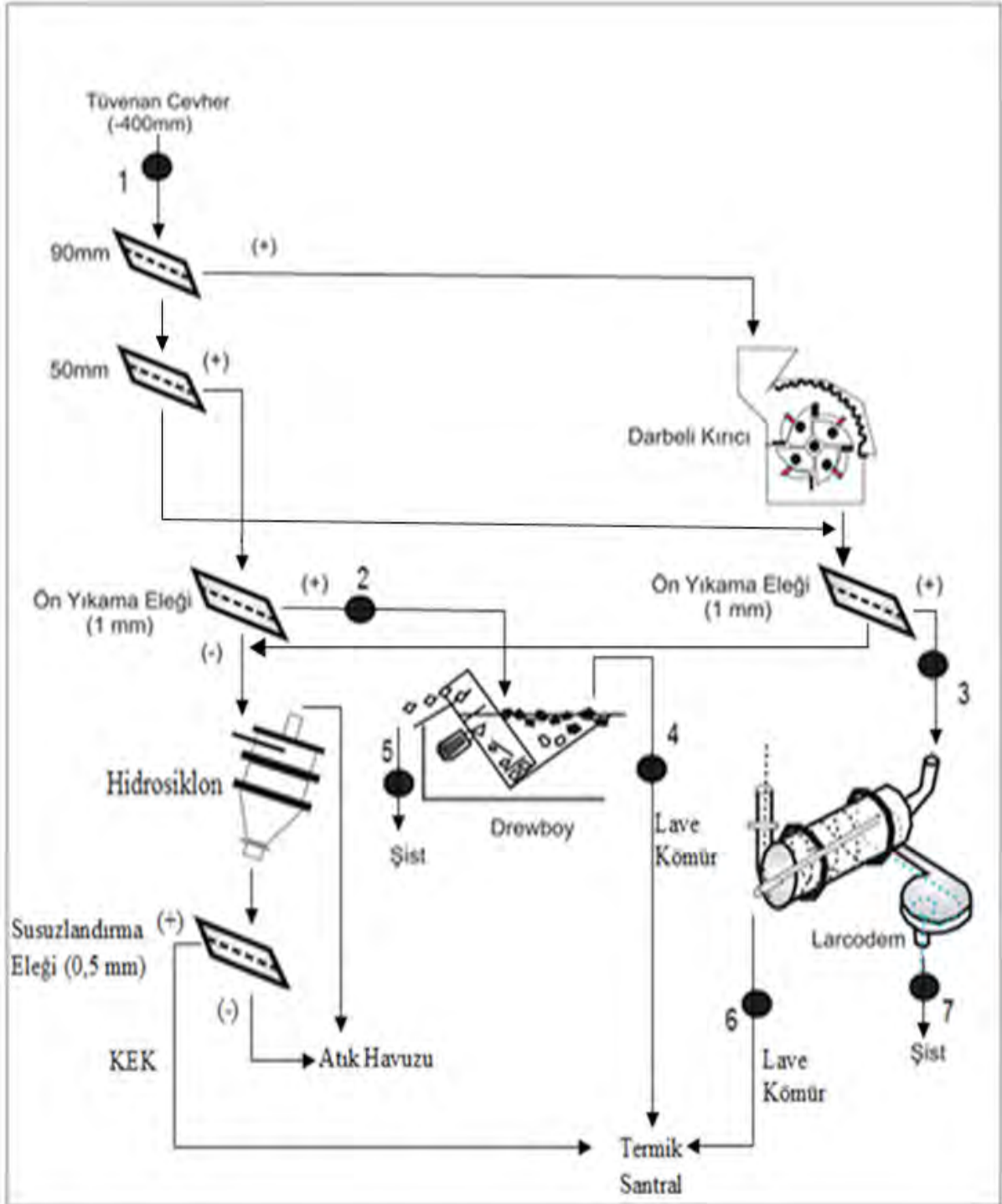
1. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

1.1. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan tüvanan kömür, temiz kömür ve artık (şist) numuneleri Muğla ili Milas ilçesinde bulunan TKİ-GELİ Müessesesi Sekköy kömür

hazırlama tesisinden temin edilmiştir. Bu yıkama tesisinden elde edilen temiz kömür Yeniköy Termik Santraline verilmektedir. Deneysel çalışma için Şekil 1'de belirtilen 7 farklı noktadan yaklaşık 700 kg numune alınmıştır. Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama

Laboratuvarına getirilen bu numuneler ile yüzdürme-batırma testleri, elek analizleri ve kimyasal analizler yapılmıştır. Tesiste kullanılan Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısının resimleri Foto 1-2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sekköy kömür hazırlama tesisi akım şeması ve numune alma noktaları (Altınçelep, 2013)



Foto 1. Drewboy teknesi (Altınçelep, 2013)

Performans değerlendirmesi için yapılan çalışmalar kapsamında; alınan örneklerle yüzdürme-batırma testleri yapılmış ve elde edilen temiz kömür (lave) ve şist ürünlerin kuru kül değerleri tespit edilmiştir. Sekköy kömür yıkama tesisine beslenen tüvanan kömürün özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir ve tüvanan kömürün özelliklerinin Türkiye'de üretilmekte olan linyit kömürlerinin genel ortalama değerlerine yakın olduğu görülmektedir.

Kömür numunelerinin fraksiyonel bazda yıkanabilirliğinin belirlenebilmesi için -90+50 mm ve -50+1 mm tane fraksiyonundaki malzemelere ayrı ayrı yüzdürme-batırma testleri uygulanmıştır. Testlerde kullanılan ağır ortam çözeltileri için çinko klorür kullanılmıştır.

Çizelge 1. Tüvanan kömür analiz sonuçları

Bileşen	Kuru bazda
Kül (%)	42,34
Toplam Kükürt (%)	2,19
Uçucu Madde (%)	41,65
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	2003,76
Üst Isıl Değer (kcal/kg)	2290,24
Sabit Karbon (%)	16,01

Kömür yıkama cihazlarının performansını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Ancak



Foto 2. Larcodem ayırıcısı (Altınçelep, 2013)

bunlar arasında performans değerlendirme için temelde bilinmesi gereken 4 fiziksel faktör bulunmaktadır. Bunlar; ayırma yoğunluğu, ayırma etkinliği, beslemenin alt akıma kısa devre yapan kısmı ve beslemenin üst akıma kısa devre yapan kısmıdır (Şengül, 2008). Performans değerlendirmede yaygın olarak partiyon eğrileri (tromp eğrisi) kullanılmaktadır. Partiyon eğrisi, beslemedeki farklı yoğunluktaki tanelerin yüzen ve batan ürünlere ne şekilde dağıldığını ifade etmeye yarayan bir araçtır. Tane yoğunluğuna karşı partiyon katsayısının çizilmesiyle elde edilmektedir. Bu eğriden yararlanılarak, farklı yıkama cihazları arasında mukayese yapılabildiği gibi, aynı yıkama cihazında uygulanan farklı yıkama koşulları da kıyaslanabilir. Ayırma yoğunluğu (kesme noktası), 0,5 değerindeki partiyon katsayısına denk gelen yoğunluk değeridir. Başka bir deyişle, yüzen veya batan ürüne gitme olasılığı eşit olan tanelerin yoğunluğunu göstermektedir (Şengül, 2008). İdeal bir ayırmada, partiyon eğrisi, düşey bir çizgiye dönüşmektedir. Ayırma derecesi idealden uzaklaştıkça, eğri yataya doğru kaymaktadır. Ayırma etkinliği, hata faktörü veya E_p ile ifade edilmektedir. E_p değeri, malzemenin %25'nin konsantreye gittiği yoğunluktan (d_{25}), %75'nin konsantreye gittiği yoğunluğun (d_{75}) çıkarılması ve ondan sonra da ikiye bölünmesiyle bulunmaktadır. Ayırma etkinliği (E_p) ne kadar düşük olursa, ayırma hassasiyeti o kadar yüksek demektir (Ateşok, 1986). E_p değeri aşağıda verilen (1) numaralı formül ile hesaplanmaktadır.

$$E_p = (d_{25} - d_{75}) / 2 \quad (1)$$

Yoğunluk farkı ile çalışan yıkama cihazlarında, genellikle düşük yoğunlukta yapılan ayırmalar yüksek yoğunlukta yapılan ayırmalara nazaran daha hassas olmaktadır. Bu nedenle dağılım eğ-

risinin özelliği, yani cihazın ayırma hassasiyeti, ayırma yoğunluğuna göre değişmektedir (Ateşok, 1986). Ayırma yoğunluğundan ötürü hassasiyet farklılığını gidermek için hassasiyet faktörü (I) kullanılmaktadır. Bu değer aşağıda verilen (2) numaralı formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Hassasiyet Faktörü (I)} = E_p / d_{50} \quad (2)$$

d_{50} = Ayırma yoğunluğu

Hassasiyet faktörü, bilhassa değişik ayırma yoğunluklarında çalışan cihazların karşılaştırılmasında en uygun kriterdir. Ayırma verimi açısından değerlendirme yapıldığında ise iki yönden bakmak gerekmektedir. Birincisi eğrinin dike yakın olup olmaması, ikincisi ise E_p değeridir. Tromp eğrisi ne kadar dike yakın olursa, ayırma o kadar iyi gerçekleşmiş demektir. İyi bir yıkama işlemi olması için E_p değerinin 0,1'in altında olması gerekmektedir (Ateşok, 1986).

2. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

2.1. Yüzdürme-Batırma Testleri

Sekköy kömür yıkama tesisinde tüvanan linyit kömürü kırma ve eleme işlemleri sonrası -90+50 mm tane boyutu Drewboy teknesine ve -50+1 mm ise Larcodem ayırıcısına beslenmektedir. Her iki cihaza beslenen kömürlerin kül ve kükürt değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Cihazlara beslenen kömürün kül ve kükürt oranları (kuru bazda)

Tane İriliği (mm)	Kül (%)	Kükürt (%)
-90+50	41,76	2,25
-50+1	43,35	2,06

Çizelge 2'de görüldüğü gibi Drewboy teknesine beslenen kömürün (-90+50 mm) kül oranı %41,76 olarak tespit edilmiştir. Bu cihaza beslenen kömürün yıkanabilirlik özellikleri incelenmiş

ve yıkama eğrileri Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Drewboy teknesine beslenen kömürün yıkanabilirliği yorumlandığında yıkama yoğunluğunun 1,6 g/cm³ olduğu belirlenmiştir.

Larcodem ayırıcısına beslenen tüvanan kömürün (-50+1 mm) kül oranı ise %43,35 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Bu yıkama cihazına beslenen kömürün yıkanabilirlik özellikleri de incelenmiş ve yıkama eğrileri Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Larcodem ayırıcısına beslenen kömürün yıkanabilirliği yorumlandığında yıkama yoğunluğunun 1,5-1,6 g/cm³ seçilebileceğini söylemek mümkündür.

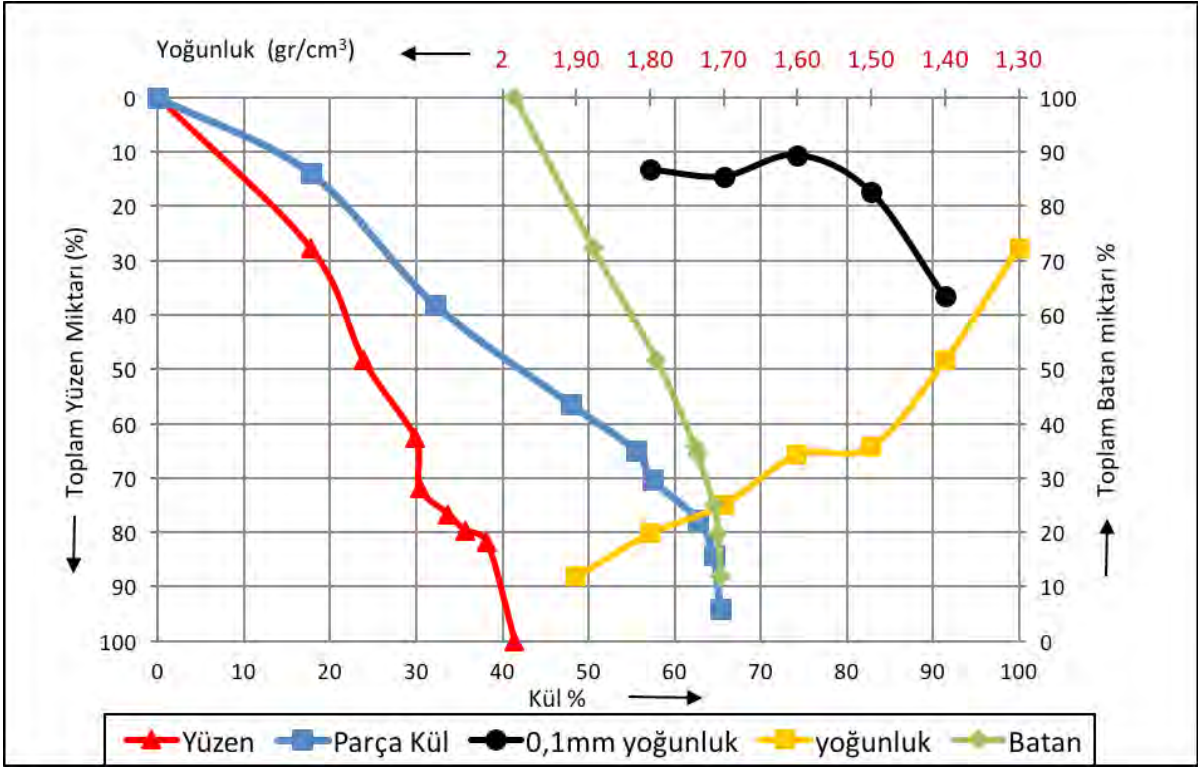
2.2. Cihazların Performans Ölçümü

Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısının performans eğrileri (tromp eğrileri) çizilmiştir (Şekil 4). Drewboy teknesinin kesme yoğunluğu 1,5 g/cm³ civarında seyretmektedir. Bu durum Drewboy teknesinin kesme noktasında büyük bir kayma olmadığını göstermektedir. Drewboy teknesi için hesaplanan d_{50} ve E_p değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi E_p değeri sınırlar ($E_p < 0,12$) içindedir. Elde edilen veriler incelendiğinde Drewboy teknesinde kömür yıkama işlemi oldukça yüksek bir performansla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tromp eğrisinin dike yakın bir şekilde olması da ayırmanın oldukça iyi olduğunu bir göstergesidir.

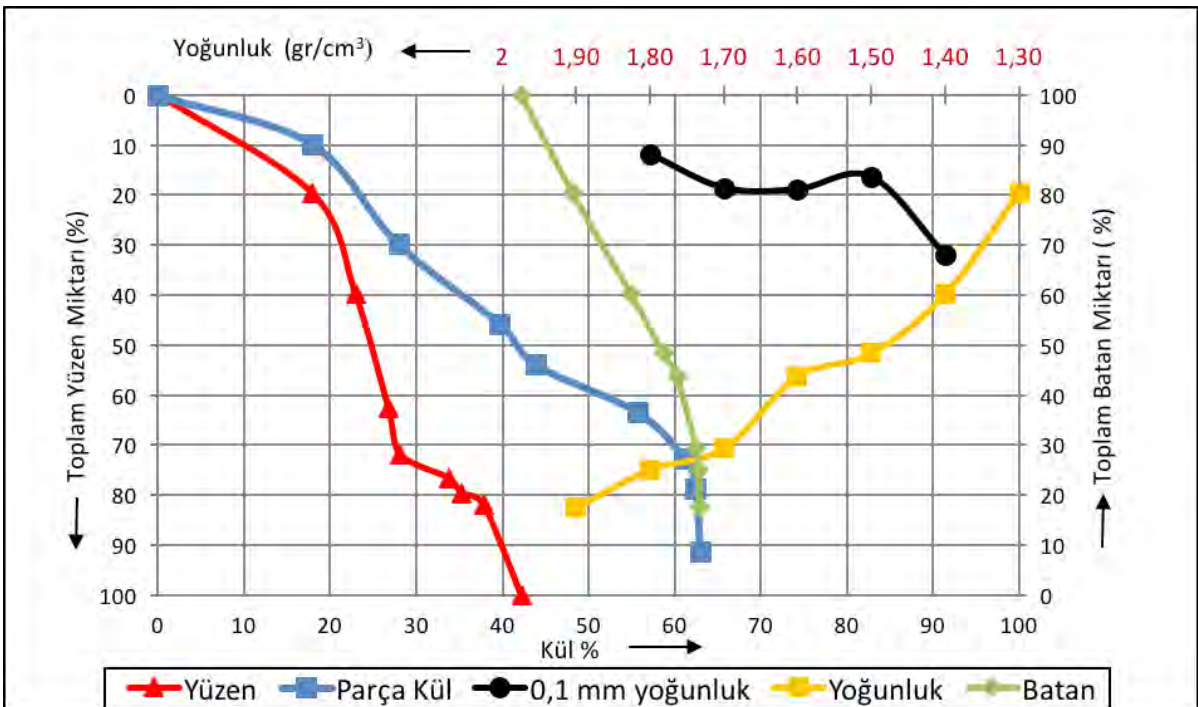
Larcodem ayırıcısının kesme yoğunluğu 1,8 g/cm³ dolaylarında seyretmektedir. Yıkama işleminin 1,6-1,7 g/cm³ ayırma yoğunluğunda yapılması beklendiğinden bu durumun Larcodem ayırıcısının kesme noktasında büyük bir kayma olduğunu göstermektedir. Larcodem ayırıcısı için hesaplanan d_{50} ve E_p değeri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi Larcodem ayırıcısında kömür yıkama işlemi oldukça düşük bir performansla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca tromp eğrisinin de yatık olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu durum performansta düşüş olduğunu bir göstergesidir.

Çizelge 3. Yıkama cihazlarının hesaplanan d_{50} ve E_p değerleri

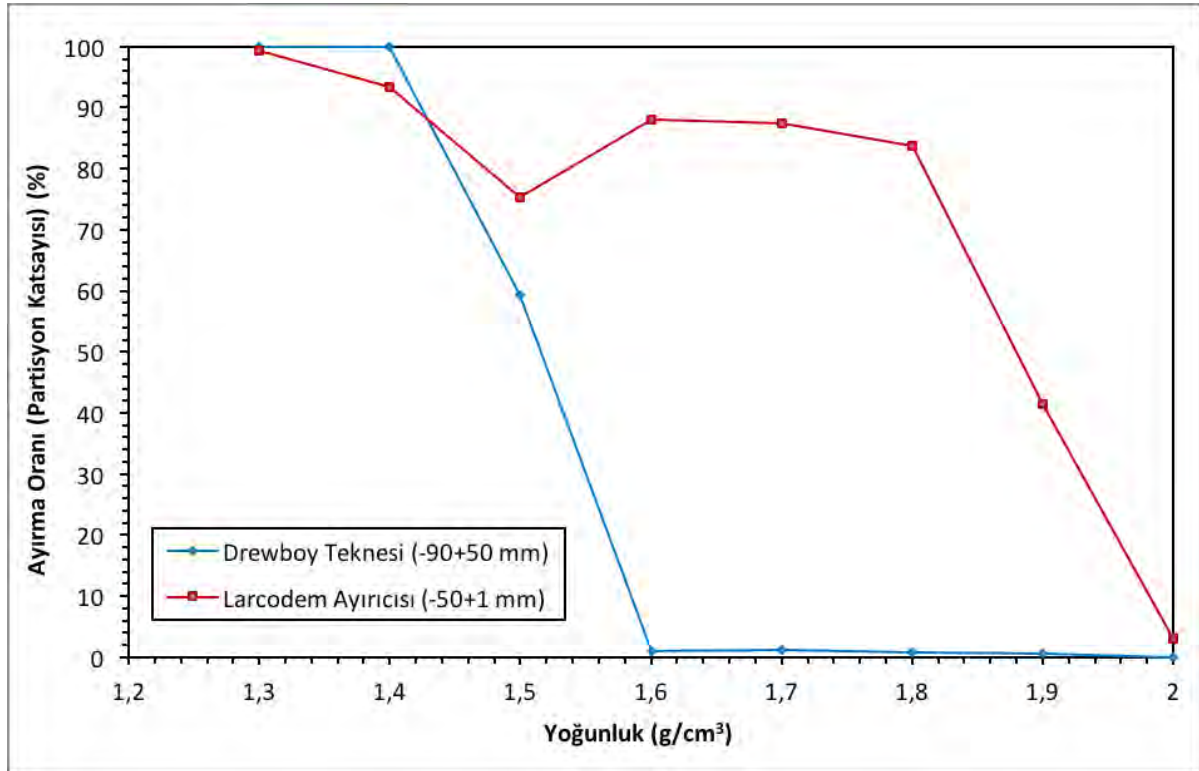
	Drewboy Teknesi (-90+50 mm)	Larcodem Ayırıcısı (-50+1 mm)
d_{50} (g/cm ³)	1,520	1,883
E_p	0,050	0,225



Şekil 2. Drewboy teknesine beslenen tüvanan kömürün (-90+50 mm) yüzdürme-batırma eğrileri



Şekil 3. Larcodem ayırıcısına beslenen tüvanan kömürün (-50+1 mm) yüzdürme-batırma eğrileri



Şekil 4. Yıkama cihazlarının performansına yönelik tromp eğrileri

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında TKİ-GELİ Müessesesi Sekköy lavvarındaki Drewboy teknesi ve Larcodem ayırıcısının mevcut çalışma durumunu da irdelemek amacı ile bu cihazlara beslenen kömür, temiz kömür (lave) ve artıktan (şist) temsili numuneler alınmıştır. Bu numunelere yüzdürme-batırma testleri uygulanmıştır. Her iki cihazın kömür yıkama performansı ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Drewboy teknesine beslenen kömürün kül değeri %41,76'dır. Bu cihazda yapılan yıkama işlemi ile 1,6 gr/cm³ yıkama yoğunluğunda %30,39 küllü temiz kömür elde edilebileceği görülmektedir.
- Larcodem ayırıcısına beslenen kömürün kül değeri %35,77'dir. Bu cihazda yapılan yıkama işlemi ile 1,6 gr/cm³ yıkama yoğunluğunda %28,17 küllü temiz kömür elde edilebileceği görülmektedir.
- Tromp'a göre performans değerlendirmesi, Drewboy teknesinde kesme yoğunluğu yakla-

şık olarak 1,5 g/cm³'tür ve kesme noktasında kayma bulunmamaktadır. Drewboy teknesinin E_p değeri ise 0,050'dir. Bu ekipmana ait fraksiyonel E_p değeri, ekipmanların karakteristik E_p sınırları arasında bulunması nedeniyle temiz kömür kalitesine olumsuz yönde bir etki etmeyeceği görülmektedir.

- Larcodem ayırıcısında ise kesme yoğunluğu yaklaşık olarak 1,883 g/cm³'tür ve bu durum kesme noktasında büyük bir kayma olduğunu göstermektedir. Larcodem ayırıcısının E_p değeri 0,225'dir. Larcodem ayırıcısındaki yıkama veriminin (performansının) düşük olduğu görülmektedir. Bu cihazın çalışma parametrelerindeki değişimlerden daha fazla oranda etkilendiği ve çalıştırma parametrelerinin yeniden belirlenmesi gerektiği söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, MMF2012YL26 No'lu Proje desteğinden dolayı Çukurova Üniversitesi BAP birimine, TKİ-GELİ ve Zafer Madencilik Ltd. Şti.'ne numune temini ve laboratuvar imkanları için teşekkürü bir borç bilmektedir.

KAYNAKLAR

Altınçelep, Z., 2013. TKİ-GELİ Müessesesi Sekköy Kömür Hazırlama Tesisinin Performansının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, S 125.

Ateşok, G., 1986. Kömür Hazırlama. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul, 158-167.

Hacıfazlıoğlu, H., 2009. Türkiye'den Patentli Kömür Yıkama Cihazı: Çift Makaralı Ağır Ortam Ayırma Sistemi. Madencilik Bülteni, cilt.91, ss.108, 2009.

Hacıfazlıoğlu, H., 2013. Kömür Hazırlama. Ders Notu, Basılmamış.

Horsfall, D. W., 1980. Coal Preparation and Usage. Coal Publications Ltd., Johannesburg, South Africa.

Önal, G., Güney, A., 1998. Kömür Hazırlama Yöntemleri ve Tesisleri. Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. Ed. Kural, Özgün Ofset Matbaacılık, 269-295.

Özbayoğlu, G., 1994. Kömür Zenginleştirme Yöntemleri. Cevher Hazırlama El Kitabı. Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, Ed. Önal, G. ve Ateşok, G., İstanbul, 349-367.

Sönmez, B., 1999. Kömür Hazırlama Tesislerinin Simülasyonu İçin Bilgisayar Paket Programının Geliştirilmesi. H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.

Şengül, C. O., 2008. TKİ-GELİ Müessesesi Ömerler Kömür Hazırlama Tesisinin Performansının Değerlendirilmesi. H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.