

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURU YÖNTEMLE KÖMÜR
ZENGİNLEŞTİRMENİN TÜRK KÖMÜRLERİNE
UYGULANMASI

Uğur TEKİR

Kasım, 2010

İZMİR

**KURU YÖNTEMLE KÖMÜR
ZENGİNLEŞTİRMENİN TÜRK KÖMÜRLERİNE
UYGULANMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi
Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Anabilim Dalı**

Uğur TEKİR

**Kasım, 2010
İZMİR**

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

UĞUR TEKİR tarafından PROF. DR. VEDAT ARSLAN yönetiminde hazırlanan “KURU YÖNTEMLE KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRMENİN TÜRK KÖMÜRLERİNE UYGULANMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Vedat ARSLAN

Danışman

Prof. Dr. Üner İPEKOĞLU

Tez İzleme Komite Üyesi

Prof. Dr. Mehmet POLAT

Tez İzleme Komite Üyesi

Prof. Dr. Volkan BOZKURT

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Mehmet TANRIVERDİ

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora çalıőmamı yaptığım süre boyunca, bana her zaman destek olan mesleki gelişimime bilgi ve tecrübesiyle katkı sağlayan ve daima olumlu yaklaşımlarıyla beni yönlendiren danışmanın Sayın Prof. Dr. Vedat ARSLAN'a teşekkür ederim.

Doktora çalıőmalarım süresince, çalıőmalarımı yönlendiren ve katkıda bulunan doktora tez izleme komitesi üyeleri hocalarım Prof. Dr. Üner İPEKOGLU ve Prof. Dr. Mehmet POLAT'a teşekkür ederim.

Çalıőmalarım boyunca bana sabır gösteren ve destek veren eşim Gökben TEKİR'e, sevgi ve ilgileriyle beni bugünlere getiren, eğitim ve yaşamım için hiçbir maddi ve manevi desteği esirgemeyen annem Bahriye TEKİR, babam Nazif TEKİR ve kardeşim Ümit TEKİR'e teşekkür ederim.

DeneySEL çalıőmalarımın her aşamasında bana teknik destek veren değerli SEAŞ çalıőanlarına, laboratuvarlarını açarak deneylerimi yapmama izin veren E.L.İ'ye teşekkür ederim.

Uğur TEKİR

KURU YÖNTEMLE KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRMENİN TÜRK KÖMÜRLERİNE UYGULANMASI

ÖZ

Yüksek kül ve nem oranına sahip düşük kaliteli kömürlerin büyük çoğunluğu termik santrallerde yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir. Yüksek kül oranı, termik santrallerde kömürün hazırlama, taşıma, yakma ve kül barajlarına atılmasına kadar olan işlemlerin maliyetini arttırmaktadır. Maliyetleri azaltmanın yolu kömürün kül içeriğinin azaltılmasına bağlıdır.

Yaş yıkama ile kömürün kül oranındaki düşüşe bağlı olarak ısı değerindeki artışın büyük bölümü kömürün yüzey nemi artışı ile kaybedilmektedir. Düşük kalitedeki kömürlerin çoğunda yan kayaç olarak bulunan kil mineralleri, yaş yöntemle yıkamayı olumsuz etkilemektedir. Yıkama işlemi sonucunda oluşan sulu atıkların kimyasal maddeler kullanılarak büyük havuzlarda dinlendirilmesi ile suyun geri kazanımı ek bir maliyet getirmektedir. Yıkama tesisinden çıkan ince taneli atıklar stoklandıkları alanlarda çevresel sorunlara neden olmaktadır.

Termik santrallerde verimli bir kazan işletmeciliği için kazana verilen kömürlerin kalitesinin değişkenlik göstermemesi kazan dizayn değerlerine uygun stabil kömür verilmesi istenmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde kömürün kül oranının kazan dizayn değerlerinin altına indirilmemesinin gerektiği sadece kömürle birlikte bulunan serbest haldeki taşların atılmasının yeterli olacağı anlaşılmaktadır.

Tüvenan kömürlerin kuru yöntemlerle zenginleştirilmesi sonucu kül miktarının bir miktar düşmesi kömürlerin hazırlama, taşıma ve atıkların depolama maliyetlerinin de azalmasına neden olacaktır. Ayrıca partikül madde, kükürt ve civa gibi emisyonların azalması ile atıkların çevre mevzuatlarına uygunluğu sağlanacaktır.

Son yıllarda kuru yöntemle kömür zenginleştirme teknolojisinin gelişmesi, yaş yöntemlere alternatif olarak, bu yöntemin tekrar gündeme gelmesini sağlamıştır. Özellikle zenginleştirme işleminde havanın kullanılması yaş yöntemlerde kullanılan suyun neden olduğu sorunların ortadan kalkmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinin tarihsel gelişimi, mevcut teknolojik durumu ve ticari uygulamaları hakkında detaylı bilgi verilecektir. Ayrıca son yıllarda zenginleştirme ekipmanlarının performansını arttırmak için yapılan teknolojik çalışmalar değerlendirilecektir.

Deneysel çalışmalar kapsamında, soma kömür havzasında bulunan üç farklı kömür ocağına ait kömürlerin kuru yöntemlerle zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Testlerde, gıda sektöründe bakliyatın içerisindeki taşı ayıklamak üzere kullanılan cihazın özelliklerine göre imal edilen pilot ölçekli cihaz kullanılmıştır. -10 mm tane iriliğinin altına kırılan kömürler 10-5, 5-3 ve 3-1 fraksiyonlarına elenerek ayrı ayrı zenginleştirme testlerine tabi tutulmuştur.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde kuru yöntemle kömür zenginleştirmenin uygulanabilir olduğu ve özellikle termik santralde yakılmak üzere üretilen kömürlerin içerisinde serbest halde bulunan taşların atılması ile maliyetlerin azalacağı ve santral veriminin artacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kömür Hazırlama, Kuru Kömür Zenginleştirme Yöntemleri, Linyit

APPLICATION OF DRY COAL BENEFICATION METHODS TO TURKISH COALS

ABSTRACT

Substantial amount of low quality coals with high ash and moisture contents are burned in power plants to produce electricity. High ash ratio increases such operational costs as preparation, transportation and burning of the coal together with disposing of the ash to dams in power plants. Lowering the costs is directly related to lowering the ash content of the coal.

As the ash content of the coal is lowered by wet washing, a large amount of the heating value of the coal is also lost with the increases in the surface moisture of the coal. Clay which is present in low quality coals as a gangue mineral, affects wet washing performance adversely. The fine waste from the washing process needs to be rested in large pools with using some chemicals before reuse. Because of that, recycling the water requires extra costs. Fine grained wastes disposed from washing plants also cause significant environmental problems at points of disposal.

For an efficient boiler management in power plants, it is demanded that the coal used must have uniformity, and use of stable coals in accordance with the boiler design values is necessary. When evaluated from this perspective, it is clear that a lowering of the ash content below the boiler design parameters is not necessary, that a reduction of the ash content by removing the free gangue minerals may suffice.

Lowering the ash ratio of raw coals directly using dry methods will also lower the preparation, loading and transportation costs of the coals. Furthermore, gangue produced will be more environmentally acceptable due to lower emissions of particulates, mercury and sulphur.

Recent developments in dry coal processing technology as an alternative to wet methods have brought this method to be on the agenda again. Use of air in coal beneficiation eliminates the problems caused by water used in wet methods.

In this study a detailed background will be presented about the historical development, the current technological status and the commercial practises of dry coal processing. More recent technological studies to improve the performance of the beneficiation equipments will also be evaluated.

Within the scope of experimental studies, amenability of various coals from three seperate mines in Soma mining basin to dry coal processing is investigated. A Pilot-scale equipment was fabricated for this purpose. The device works with the same principle as that used in food sector to remove stones from grains. Coals crushed below -10 mm are sieved into 10-5, 5-3 and 3-1 fractions, and were subjected to beneficiation tests separately.

When the results obtained are evaluated, it is seen that dry coal processing is applicable and eliminating the stones from coals aimed for power plants will reduce the costs and improve the efficiency of power plants.

Keywords: Coal Preparation, Dry Coal Cleaning Methods, Lignite

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOKTORA TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ - KURU YÖNTEMLE KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME	3
2.1 Genel	3
2.2 Gravite Esaslı Zenginleştirme Yöntemleri.....	3
2.2.1 Havalı Ağır Ortam Cihazları.....	4
2.2.2 Havalı Masalar	6
2.2.3 Havalı Jigler	24
2.3 Gravite Dışındaki Fiziksel Özellik Farkına Dayalı Zenginleştirme Yöntemleri.....	31
2.3.1 Bradford Kırıcısı	32
2.3.2 Berrisford Ayırıcısı	33
2.3.3 Elle ve Otomatik Ayırma	34
2.3.4 Manyetik Ayırma Yöntemleri	35
2.3.5 Elektriksel Özelliğe Dayalı Yöntemler	41
BÖLÜM ÜÇ – DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	43
3.1 Genel Bilgi	43
3.2 İmalatı Yapılan İnce Kömür Zenginleştirme Test Cihazı.....	44
3.3 İmalatı Yapılan İri Kömür Zenginleştirme Test Cihazı	47
3.4 Malzeme.....	50

3.4.1 Numune Alma	50
3.4.2 Numune Hazırlama	50
3.5 Metot ve Test Yöntemleri	51
3.5.1 Kimyasal Analiz Yöntemleri	51
3.5.2 Yüzdürme Batırma Testi	51
3.6 Deneysel Çalışmalar ve Sonuçların Değerlendirilmesi.....	53
3.6.1 Elek Analizi Sonuçları	53
3.6.1.1 Karanlıkdere Kömürünün Elek Analizi Sonuçları	54
3.6.1.2 Geventepe Kömürünün Elek Analizi Sonuçları.....	56
3.6.1.3 Işıklar Kömürünün Elek Analizi Sonuçları.....	57
3.6.2 Yüzdürme Batırma Testi Sonuçları.....	59
3.6.2.1 Karanlıkdere Kömürüne Ait Yüzdürme Batırma Testi Sonuçları	59
3.6.2.2 Geventepe Kömürüne Ait Yüzdürme Batırma Testi Sonuçları ...	62
3.6.2.3 Işıklar Kömürüne Ait Yüzdürme Batırma Testi Sonuçları	64
3.6.3 Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları.....	66
3.6.3.1 Karanlıkdere Kömürüne Ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları	67
3.6.3.2 Geventepe Kömürüne Ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları	72
3.6.3.3 Işıklar Kömürüne Ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları	76
3.6.3.4 -10 mm, -8 mm ve -6 mm Tane İriliğindeki Kömürlerin Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları.....	80
3.6.3.5 +10 mm Tane İriliğindeki Kömürlerin Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları	83
BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR.....	85
KAYNAKLAR	101
EKLER.....	104

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Türkiye’de 10,7 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Bu rezervin % 69,5’i 2000 kcal/kg’ın altında ısıl değere sahiptir (Elektrik Üretim Anonim Şirketi, 2008). Isıl değerinin düşüklüğü nedeniyle kömürlerin büyük çoğunluğu termik santrallerde yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir.

Tüvenan olarak termik santral tarafından teslim alınan kömürler, santral içerisinde bulunan tesislerde kömür hazırlama işlemlerine tabi tutulmaktadır. Yüksek kül oranına sahip kömürler kırıcı zırhları ve çekiçlerinin, elek yüzeylelerinin kısa zamanda aşınmasına neden olmaktadır. Kömür hazırlama işlemlerinden geçen kömürler öğütölmek üzere değirmenlere oradan da yakılmak üzere kazanlara beslenmektedir. Bu işlemler esnasında yüksek kül oranına sahip kömürler değirmenlerde ve kazan borularında aşınmalara, curuflaşma ve birikme problemlerine, santralin düşük yükte çalışmasına, iç ihtiyacın artmasına dolayısıyla üretim kayıplarına neden olmaktadır (Alderman ve Snoby, 2001).

Yüksek kül oranı, termik santrallerde kömürün hazırlama, taşıma, yakma ve kül barajlarına atılmasına kadar olan işlemlerin maliyetini arttırmaktadır. Maliyetleri azaltmanın yolu kömürün kül içeriğinin azaltılmasına bağlıdır.

Yaş yıkama ile kömürün kül oranındaki düşüşe bağlı olarak ısıl değerindeki artışın büyük bölümü kömürün yüzey nemi artışı ile kaybedilmektedir. Düşük kalitedeki kömürlerin çoğunda yan kayaç olarak bulunan kil mineralleri, yaş yöntemle yıkamayı olumsuz etkilemektedir. Ayrıca sulu ortamda zenginleştirme işlemine tabi tutulan kömürler daha sonra stokta kuruma esnasında çok büyük oranda ufalanmaya maruz kalmakta ve kayıpların yanında yükleme aktarma işlemleri zorlaşmaktadır.

Yıkama işlemi sonucunda oluşan sulu atıkların kimyasal maddeler kullanılarak büyük havuzlarda dinlendirilmesi ile suyun geri kazanımı ek bir maliyet getirmektedir. Yıkama tesisinden çıkan ince taneli atıklar stoklandıkları alanlarda çevresel sorunlara neden olmaktadır. Tesislerde zenginleştirme işlemi için büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyulmaktadır. Kömür rezervinin bol bulunduğu bölgelerde yeterli suyun bulunmaması ve kışın sert geçtiği bölgelerde suyun donması tesislerin çalıştırılmamasına neden olmaktadır.

Kömür yıkama tesislerinin kurulması ve işletilmesi ek bir maliyet yükü olarak algılanmakta, ayrıca çevre ve diğer etkenlerden dolayı kömür yıkama işlemine termik santrallerde kullanılan kömürler açısından pek sıcak bakılmamaktadır. Ancak zenginleştirme yoluyla kömürün kül ve kükürt oranını düşürmenin termik santral işletmeciliği açısından birçok avantajı bulunmaktadır. Kömür yıkamanın getireceği ilave maliyet yükü, değirmen ve kazanların bakım ve onarım giderlerinin düşmesi ile dengelenebilmektedir.

Termik santrallerde verimli bir kazan işletmeciliği için kazana verilen kömürlerin kalitesinin değişkenlik göstermemesi kazan dizayn değerlerine uygun stabil kömür verilmesi istenmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde kömürün kül oranının kazan dizayn değerlerinin altına indirilmemesinin gerektiği sadece kömürle birlikte bulunan serbest haldeki taşların atılmasının yeterli olacağı anlaşılmaktadır.

Tüvenan kömürlerin kuru yöntemlerle zenginleştirilmesi sonucu kül miktarının bir miktar düşmesi kömürlerin hazırlama, taşıma ve atıkların depolama maliyetlerinin de azalması neden olacaktır. Ayrıca partikül madde, kükürt ve civa gibi emisyonların azalması ile atıkların çevre mevzuatlarına uygunluğu sağlanacaktır.

BÖLÜM İKİ

KURU YÖNTEMLE KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME

2.1 Genel

Kuru yöntemle kömür zenginleştirmenin gelişimine bakıldığında, birçok aygıt ve yöntemi kapsadığı görülmektedir. Kuru ayırma yöntemleri, kömür ile yan kayaç arasındaki yoğunluk, sertlik, esneklik, ufalanma direnci, renk, elektriksel özellik ve manyetik duyarlılık gibi fiziksel özelliklerin farklılığından yararlanmaktadır. (Alderman ve Snoby, 2001).

Yoğunluk farkına göre zenginleştirmenin yapıldığı kuru yöntemler havayı kullandığı için bunlar havalı yöntemler olarak da adlandırılmaktadır. Bunun dışındaki yöntemler, diğer fiziksel özellikleri ya da bunların kombinasyonlarını temel almaktadır.

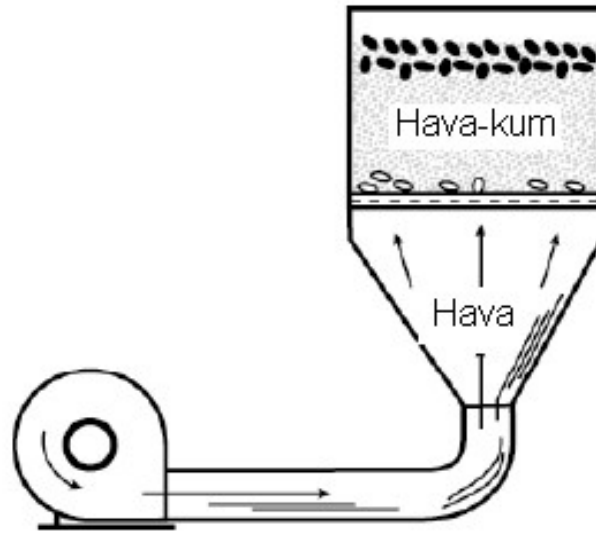
Bu bölümde, kuru kömür zenginleştirme yöntemleri, gravite esaslı ve gravite dışındaki fiziksel yöntemler olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirilmiştir. Ayrıca kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinin tarihsel gelişimi, mevcut teknolojik durumu ve ticari uygulamaları hakkında detaylı bilgi verilerek, son yıllarda zenginleştirme ekipmanlarının performansını arttırmak için yapılan teknolojik çalışmalar değerlendirilmiştir.

2.2 Gravite Esaslı Zenginleştirme Yöntemleri

Kuru ayırma yöntemlerinin büyük çoğunluğu ayırma ortamını ve kuvvetlerini oluşturmak için havayı kullanmaktadır. Bu pnömatik yöntemler, havalı ağır ortam cihazları, hava masaları ve hava jigi olarak gruplandırılabilir. Bunların içerisinde ticari açıdan en yüksek kullanım şansına hava jigleri sahiptir (Alderman ve Snoby, 2001; Donnelly, 1999).

2.2.1 Havalı Ağır Ortam Cihazları

1930'ların başında Fraser hava-kum prosesinde havayı 12 meş altı kumu akışkanlaştırmak üzere kullanmış ve böylece ağır ortam ayırmasını oluşturmuştur. Bu ekipmanın çalışma prensibi Şekil 2.1'de görülmektedir. 50-10 mm kömürün temizlenmesinde verimli olarak kullanılabilirdiği belirtilmektedir. Her 1 ton kömür için 3 ton civarında sistemde kum dolaştırılmakta ve ton başına yaklaşık 1,5 kg kum kaybı olduğu belirtilmektedir (Alderman ve Snoby, 2001).

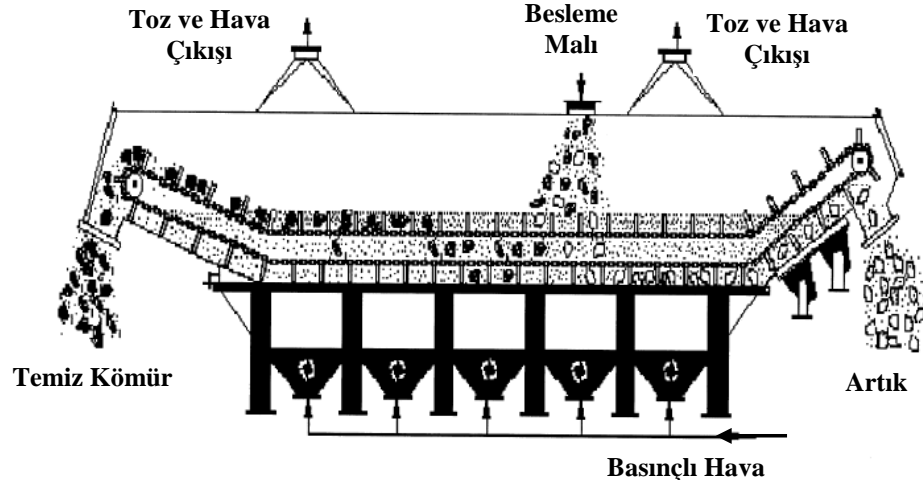


Şekil 2.1 Fraser hava-kum ayırıcısı (Alderman ve Snoby, 2001).

Son yıllarda ABD ve Çin'de havalı ağır ortam ayırması üzerine çalışmalar yapılmıştır. ABD'deki çalışmalarda, laboratuvar ölçeğinde havalı manyetiteli ağır ortam cihazı imal edilmiş ve testler yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda cihazın ayırma performansının iyi olabilmesi için besleme malının dar tane iriliğinde olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Alderman ve Snoby, 2001).

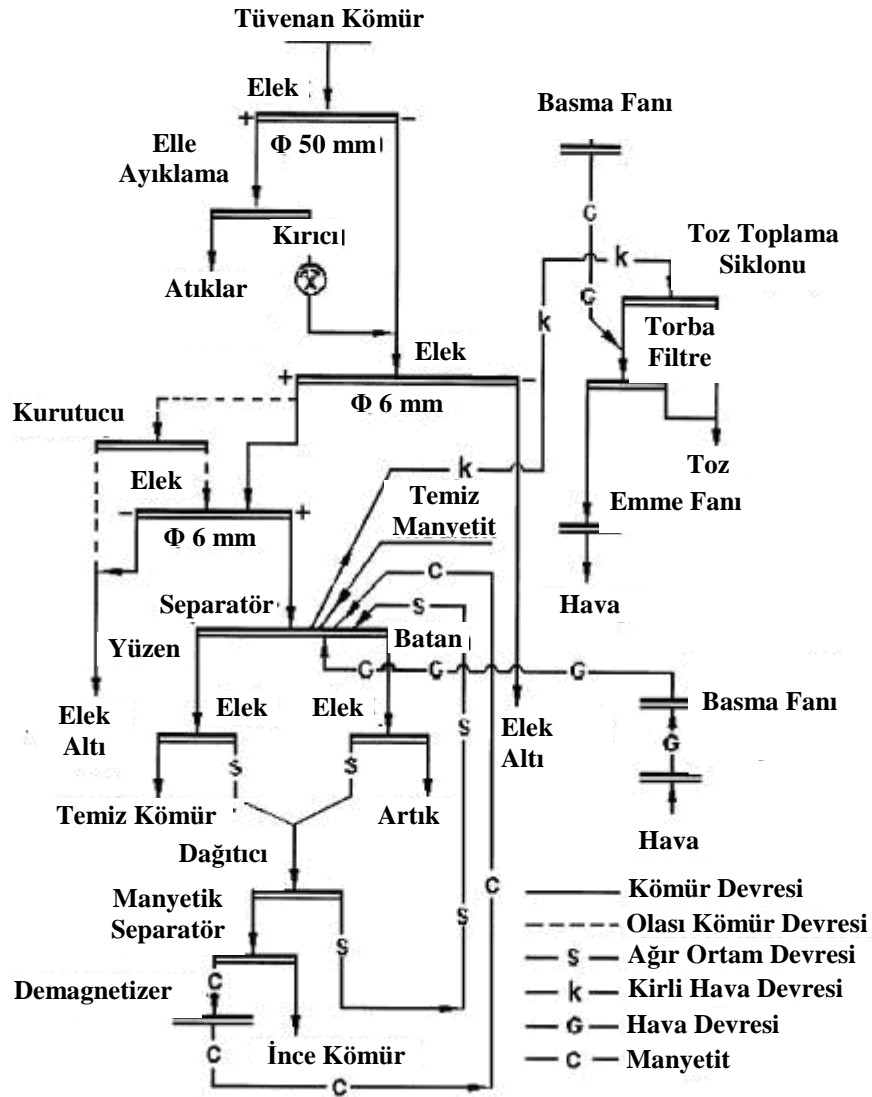
Çin'de, Maden ve Teknoloji Üniversitesinde Fan ve diğer. (2003) imalatını gerçekleştirdikleri 50 t/h kapasiteli havalı manyetiteli ağır ortam cihazı ile 50-6 mm tane iriliğindeki kömürleri test etmişlerdir (Şekil 2.2). Havalı ağır ortamı oluşturabilmek için termik santrallarda yanma sonucu oluşan uçucu külleri manyetik zenginleştirmeye tabi tutmuşlardır. Buradan elde ettikleri manyetit (Fe_3O_4) ve

hematit (Fe_2O_3) minerallerini besleme malı ile cihazın içerisine vererek hava ile bu minerallerin askıda kalması sağlanarak ağır ortam oluşturulmuştur. Cihaz içerisine verilen manyetit ve hematit miktarına göre ağır ortamın yoğunluğu $1,3$ ila 2 g/cm^3 arasında değişebilmektedir (Chen ve Yang, 2003).



Şekil 2.2 Hava-manyetitli ağır ortam ayırıcısı (Chen ve Yang, 2003).

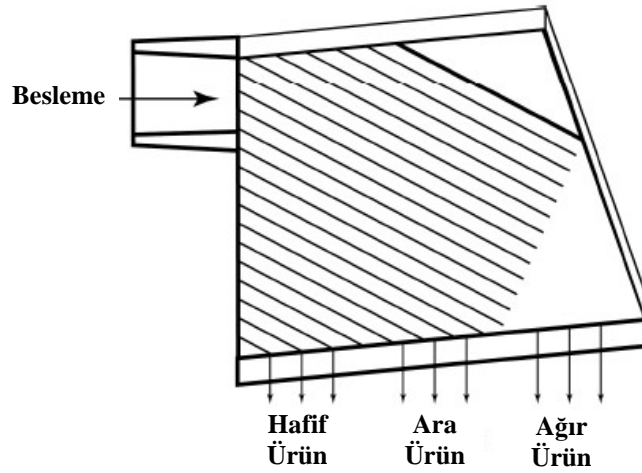
Yapılan testlerde, 50 t/h kapasiteli cihaza kül oranı % 21,48 olan tüvenan kömür beslenmiştir. Zenginleştirme işlemi sonucunda kül oranı sırası ile % 9,8 ve % 79 olan temiz kömür ve artık elde edilmiştir. Verimin % 85 olduğu belirtilen bu çalışmada cihazın E_p değerinin de 0,05-0,07 arasında olduğu belirtilmektedir. Bu cihazın akım şeması Şekil 2.3'de verilmektedir (Alderman ve Snoby, 2001; Chen ve Wei, 2003; Fan ve diğer., 2003; Xu ve Guan, 2003).



Şekil 2.3 Havalı ağır ortamla kömür temizleme devresi (Chen ve Yang, 2003).

2.2.2 Havalı Masalar

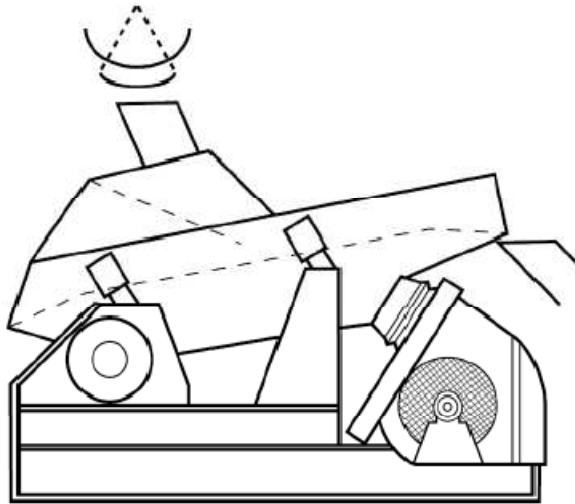
Hava ile çalışan gravite esaslı yöntemlerin bir diğeri olan hava masaları ilk olarak 1924'lerin başında New Mexico ve Oklahoma'da Sutton, Sutton ve Steele masası (3-S) olarak kurulmuştur. Şekil 2.4'de verilmiş olan 3-S masası şekil ve çalışma prensibi olarak Deister masalarına benzemektedir. Ancak farkı su yerine hava kullanılmasıdır (Alderman ve Snoby, 2001).



Şekil 2.4 Havalı masanın şematik görünümü (Alderman ve Snoby, 2001).

Elek yüzeyi üzerine monte edilen çıtalar, artığı yönlendirmek için kullanılmaktadır. Havalı masada besleme malı kalitesi stabil olmalı, dar tane aralığında besleme yapılmalıdır. Çalışma şartlarının hassaslığı gereği kapasitesi düşüktür.

Saxon cleaner, çalışma prensibi gıda sektöründe taş ayıklayıcı (destoner) olarak kullanılan cihaza benzemektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Saxon cleaner (Alderman ve Snoby, 2001).

Titreşimli ve eğimli elek üzerine dökülen malzemenin içindeki yüksek yoğunluktaki taneler vibrasyonun etkisi ile yukarı doğru taşınırken hava ile akışkanlaştırılmış olan düşük yoğunluğa sahip taneler graviteninde etkisiyle birlikte eleğin alt ucuna yönelerek cihazdan atılmaktadır.

2008 yılında Amerika’da Kentucky Üniversitesi Uygulamalı Enerji Merkezinde araştırmacı olarak görev yapan D.P. Patil başkanlığında, -6,35 mm (- ¼ inç) ince tane iriliğindeki kömürlerin kuru yöntemlerle zenginleştirilebilirliğini araştırmak üzere bir çalışma ekibi kurulmuştur. Üniversitenin öncülüğünde kurulan çalışma ekibinde bir kömür firması ve gıda sektöründe taş ayıklama işi yapan Bratney firması bulunmaktadır.

Patil ve diğer. (2008), Bratney firmasına ait havalı masa tipi cihazı kullanılarak Dotiki ve Warrior kömür havzalarına ait yüksek küllü kömürlerin zenginleştirilebilirliğini araştırmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında her iki kömür havzasını temsil edecek şekilde tüvenan kömür numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler -6,35 mm’nin altına kırılarak elek analizine tabi tutulmuştur.

Elek analizi sonucunda oluşan, -¼ inç-6 mesh, 6-14 mesh ve -14 mesh fraksiyonlarından kimyasal analizler için numuneler alınmıştır.

Kentucky’nin batısında bulunan iki kömür havzasından (Dotiki ve Warrior) alınan numunelerin tane iriliğine göre kimyasal analiz sonuçları Tablo 2.1’de verilmektedir.

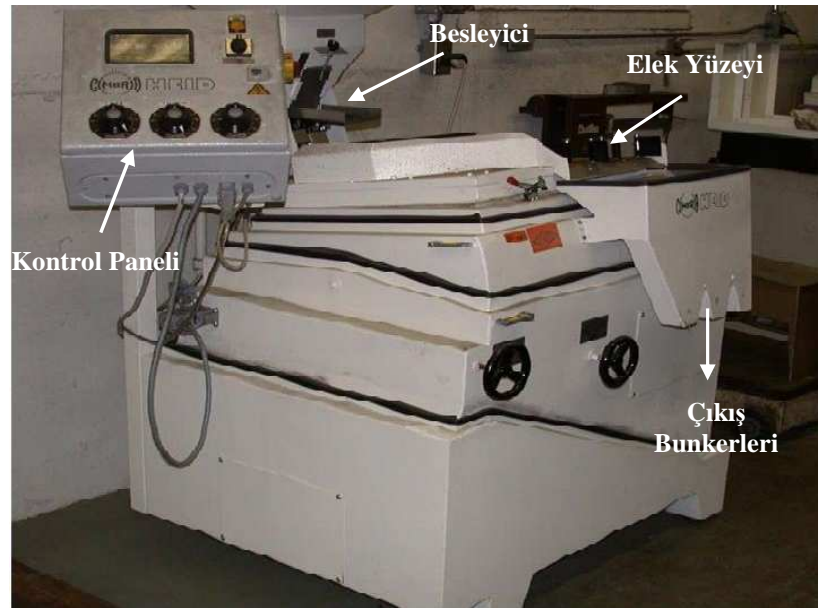
Tablo 2.1 Dotiki ve Warrior kömür havzalarına ait tüvenan kömürlerin kimyasal özellikleri (Patil, 2008).

Kömür Havzası	Tane İriliği	Orijinal Baz					
		Nem %	Kül %	Uçucu Madde %	Sabit Karbon %	Toplam Kükürt %	Piritik Kükürt %
Dotiki	¼ inç-6 mesh	3,54	29,17	30,23	37,06	3,92	2,55
	6-14 mesh	3,65	24,41	31,97	39,97	4,19	2,75
	-14 mesh	4,08	21,18	33,26	41,48	4,11	2,30
Warrior	¼ inç-6 mesh	4,66	22,48	33,27	39,59	3,69	2,05
	6-14 mesh	5,17	21,62	33,48	39,73	3,68	1,84
	-14 mesh	6,49	23,09	32,69	37,73	3,63	1,84

Tablo 2.1’de verilen sonuçlara göre Dotiki kömür havzasına ait ¼ inç-6 mesh tane iriliğindeki kömürlerin kül oranının % 29,17 olduğu ve diğer fraksiyonlara göre az da olsa yüksek olduğu görülmektedir. Bu verilere göre tane iriliği azaldıkça kömürün kül oranının azaldığı söylenebilir. Ayrıca ortalama piritik kükürt oranının % 2,53 olduğu ve toplam kükürdün tüm fraksiyonlara dengeli olarak dağıldığı görülmektedir.

Warrior kömür havzasına ait sonuçlara bakıldığında, kül oranlarının tüm fraksiyonlarda birbirine çok yakın değerlerde olduğu ve ortalama kül oranının % 22 olduğu görülmektedir. Kömürün toplam ve piritik kükürt değerleri incelendiğinde, % 2,05 oranı ile en yüksek piritik kükürt oranının ¼ inç-6 mesh fraksiyonunda olduğu görülmektedir.

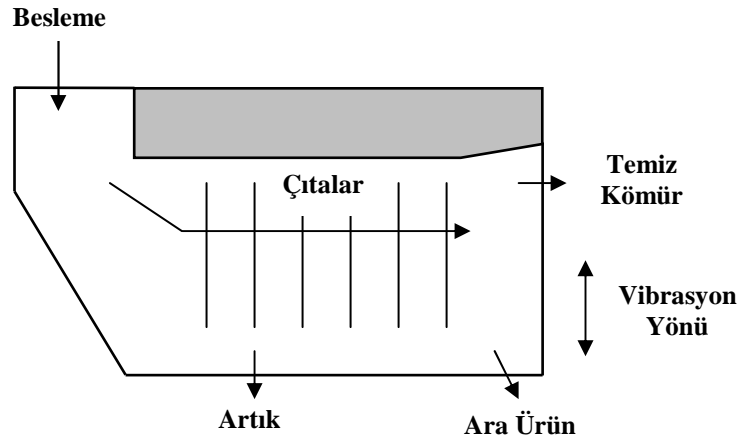
Çalışmanın bundan sonraki aşamasında testlere geçilmiştir. Bratney firması tarafından bakliyatın içerisindeki taşları ayıklamak için kullanılan havalı masa tipi cihazın (Şekil 2.6) çalışma parametrelerinde değişiklik yapılarak cihaz kömür için uygun hale getirilmiştir. Masa üzerinde bulunan eleğin açıklığı -14 mesh tane iriliğindeki kömürleri zenginleştirmeye uygun olmadığından testlerde, ¼ inç-6 mesh ve 6-14 mesh tane iriliğindeki kömürler kullanılmıştır.



Şekil 2.6 Laboratuvar tipi havalı masa (Patil, 2008).

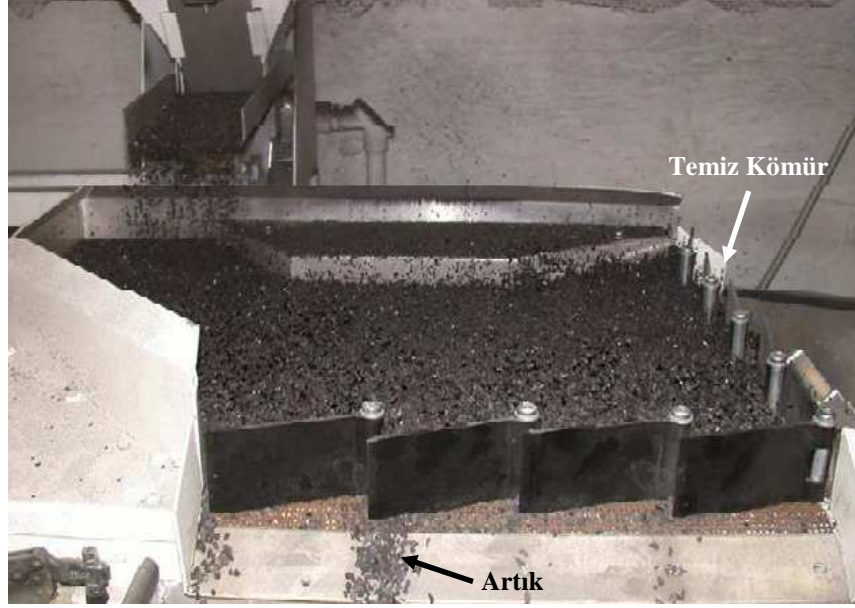
Testlerin yapıldığı cihaz, enine ve boyuna açıları değiştirilebilen, üzerine malzemenin beslendiği eleğin bulunduğu dikdörtgen şekilli masadan oluşmaktadır. Eleğin altında bulunan fanlar sayesinde malzeme akışkanlaştırılmaktadır. Malzemenin elek üzerindeki hareketi frekansı 30-50 Hz arasında değişebilen vibratör motor yardımıyla sağlanmaktadır. Cihazın hemen yanına monte edilen kontrol panelinden besleme malı miktarı, vibratör motorun frekansı ve hava miktarları ayarlanabilmektedir (Patil, 2008).

Titreşimli besleyici ile elek üzerine beslenen kömürler vibrasyon ve havanın etkisiyle hareket etmektedirler. Cihazın eğimi ve elek üzerine monte edilmiş olan çıtalar yardımıyla yönlendirilen kömürlerin içerisinde bulunan yüksek yoğunluktaki malzemeler eleği en kısa yoldan terk ederken yoğunluğu düşük olan taneler elek üzerinde en uzun mesafeyi kat ederek eleğin diğer ucunda bulunan bunkerlere dökülmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Havalı masanın üstten şematik gösterimi (Patil, 2008).

Şekil 2.8'de temiz kömür ve artığın cihazı hangi noktadan terk ettiği görülmektedir. Ayrı ayrı bunkerlerde biriktirilen artık ve temiz kömürden numuneler alınarak kimyasal analizler yapılmıştır.



Şekil 2.8 Testler esnasında masa üzerinden alınan görüntü (Patil, 2008).

Her iki kömür havzasına ait test ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 2.2’de verilmektedir. Tablodaki verilere bakıldığında, Dotiki kömürüne ait her iki fraksiyonda yapılan testlerde elde edilen temiz kömür veriminin % 80 olduğu ve kül oranlarının da % 12 olduğu görülmektedir. Testler öncesinde toplam kükürt oranı % 4,19 olan 6-14 mesh fraksiyonunun, testler sonrasındaki toplam kükürt oranı % 1,4’e düşmüştür.

Tablo 2.2 Dotiki ve Warrior kömür havzalarına ait zenginleştirme testleri sonuçları (Patil, 2008).

Kömür Havzası	Tane İriliği	Orijinal Baz				
		Besleme Malı Kül Oranı %	Temiz Kömür Kül Oranı %	Toplam Kükürt %	Temiz Kömür Toplam Kükürt %	Kömür Kazanma Verimi %
Dotiki	¼ inç-6 mesh	29,17	12	3,92	1,5	80
	6-14 mesh	24,41	12	4,19	1,4	80
Warrior	¼ inç-6 mesh	22,48	10	3,69	2,83	78
	6-14 mesh	21,62	9	3,68	2,80	86

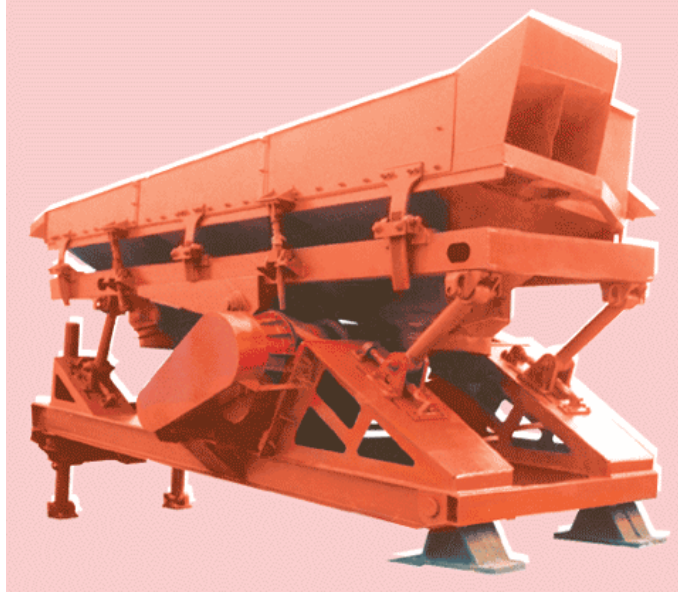
Tablo 2.2’deki Warrior kömür havzasına ait test sonuçları incelendiğinde, en iyi sonuçların 6-14 mesh fraksiyonunda yapılan testlerden elde edildiği, temiz kömür kül oranının % 9 ve kömür kazanma veriminin % 86 olduğu görülmektedir. Toplam kükürt oranları, Dotiki kömürlerindeki kadar düşmese de, % 3,68 olan değer zenginleştirme testleri sonucunda % 0,88 azalarak % 2,80 olmuştur.

Patil ve diğeri. (2008) yaptıkları çalışmalar sonucunda, Dotiki ve Warrior kömür havzasına ait ¼ inç-14 mesh tane iriliğindeki kömürlerin havalı masa tipi cihaz ile verimli bir şekilde zenginleştirilebildiğini tespit etmişlerdir. Söz konusu zenginleştirme yöntemi ocaktan çıkan kömürlere uygulanacak olursa kömür içerisinde bulunan taşlar azalacağından, hem taşımadan hem de daha sonra kömüre uygulanabilecek proseslerden kar edilebileceği tahmin edilmektedir.

Çalışma prensibi farklı olan diğeri bir havalı masa tipi cihazda Çin'de TJMMC firması tarafından geliştirilmiştir. Firma yetkilileri, uzun zamandır üzerinde çalıştıkları cihaza FX pnömatik kömür zenginleştirme adını vermişlerdir. Cihaz üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler, zenginleştirme işleminin gerçekleştiği bölüm, toz tutma ve hava kaynağının sağlandığı bölümler olarak adlandırılmaktadır (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Cihaz ile yapılan testlerde, 25-80 mm tane iriliğinde veya 6-80 mm tane iriliğinde olup çoğunluğu ince kömür tanelerinden oluşan tüvenan kömürlerinin, kül ve kükürt oranlarının önemli miktarlarda azaltılabildiği tespit edilmiştir (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Zenginleştirme işleminin gerçekleştirildiği masanın görüntüsü Şekil 2.9'da verilmektedir. Resimdeki masanın üst noktasından besleyici ile aşınmaya dayanıklı saç eleğin üzerine beslenen kömür taneleri, eleğe alttan verilen havanın etkisinde kalarak akışkanlaşmaktadır. Masanın eksantrik hareketi ve elek üzerine 7-12° açılarla eşit mesafede konumlandırılmış çıtalar yardımıyla yönlendirilen taneler yoğunluklarına göre masanın farklı noktalarında bulunan bunkerlere dökülmektedirler. Elek üzerine yerleştirilmiş olan çıtaların yükseklikleri besleme malı tarafından eleğin diğeri ucuna doğru gidildikçe azalmaktadır (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).



Şekil 2.9 Zenginleştirme işleminin gerçekleştirildiği havallı masa (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Tablo 2.3’de firma tarafından imalatı gerçekleştirilen FX pnömatik kömür zenginleştirme cihazının farklı modellerinin teknik özellikleri verilmektedir (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Tablo 2.3 FX pnömatik kömür zenginleştirme ünitesinin teknik özellikleri (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Teknik Özellikler					
Model	FX-1	FX-3	FX-6	FX-9	FX-12
Kapasite, t/h	10-15	25-40	40-70	70-100	100-150
Besleme Malı Tane İriliği, mm	6-50	6-50	6-50	6-75	6-75
Masanın Alanı, m²	1,2	3,15	6,3	9,6	12,6
Masanın Ayarlanabilen Açıları (Boyuna)	4-11	4-11	4-11	4-11	4-11
Masanın Ayarlanabilen Açıları (Enine)	3-10	3-10	3-10	4-11	4-11
Toplam Elektrik Gücü, kW	28	75	150	250	380

Tabloda en gelişmiş cihaz olan FX-12’nin 150 ton/h kapasitede olduğu görülmektedir. Şekil 2.10’da tesis olarak görüntüsü verilen FX-12, 12,6 m² elek alanına sahiptir. Toz tutma ünitesinin de bulunduğu tesiste motorların toplam gücü 380 kW’tır (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).



Şekil 2.10 FX-12 pnömatrik kömür zenginleştirme tesisi (Series pneumatic coal cleaning system, b.t).

Dünya’da endüstriyel boyutta en çok kullanılan havalı masa tipi, 1995 yılında Çin’de Tangshan Shenzhou firması tarafından tasarlanan FGX kuru kömür zenginleştirme cihazıdır. Firma laboratuvar ölçeğinde yapımını gerçekleştirdiği cihaz üzerinde çalışmalar yaparak teknolojisini geliştirmiş ve patentini almıştır (Fgx septech, b.t).

Son sekiz yılda Çin’in 25 bölgesinde 611 tane FGX kuru kömür zenginleştirme tesisi kurulmuş ve bunların yıllık toplam kapasitesi 170 milyon tona ulaşmıştır. Çin’in haricinde, ABD, Rusya, Güney Afrika, Kore, Endonezya, Ukrayna, Moğolistan ve Filipinler’de de FGX kuru kömür zenginleştirme tesisleri bulunmaktadır. Hindistan, Avustralya ve İran’dan gelen yoğun talepler sonucunda firma bu ülkelere ait kömürlerin endüstriyel anlamda testlerini gerçekleştirdiğini ve en kısa sürede bu ülkelerde de tesislerin kurulacağını belirtilmektedir (Fgx septech, b.t).

Bu tesislerin en çok yeraltı ve açık ocak işletmeciliği ile üretilen kömürlerin içerisinde bulunan serbest taşları atmak için maden sahasının hemen içerisine kurulduğu görülmektedir. Böylece ocakta üretim esnasında kömüre karışan serbest taşların herhangi bir yükleme ve taşıma işlemine tabi tutulmadan maden sahası içerisinde kalması sağlanmaktadır (Fgx septech, b.t).

Çin’de 20 adet kömür yıkama tesisinden önce ön temizleme ünitesi olarak kurulmuş tesislerde bulunmaktadır. Lavvar tesisinin kapasitesini artırarak kömür yıkama maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadır (Fgx septech, b.t).

Kömür rezervinin çok olduğu fakat suyun bulunmadığı ve kışın sert geçtiği kömür üretim sahalarının içerisine kurulan tesislerde mevcuttur. Termik santral sahası içerisine kurulan tesislerde, düşük kalorili kömürler kazana beslenmeden önce zenginleştirilmektedir. Serbest haldeki taşın atılması ile kırıcı ve değirmenlerde aşınmaların azaldığı dolayısıyla maliyetlerin azaldığı belirtilmektedir (Fgx septech, b.t).

Besleme malı tane iriliği 0-80 mm olan FGX kuru kömür zenginleştirme cihazlarının 10 farklı modeli bulunmaktadır (Dry separator, b.t).

Tablo 2.4 FGX kuru kömür zenginleştirme cihazının modelleri ve teknik özellikleri (Dry separator, b.t).

Teknik Özellikler						
Model	Besleme Malı Tane İriliği, mm	Kapasite, t/h	Max. Yüzey Nemi, %	Masanın Alanı, m²	Verim, %	Toplam Elektrik Gücü, kW
FGX-1	0-60	8-10	<9	1	>90	25
FGX-2	0-60	18-20	<9	2	>90	60
FGX-3	0-80	25-30	<9	3	>90	74
FGX-6	0-80	50-60	<9	6	>90	147
FGX-9	0-80	75-90	<9	9	>90	274
FGX-12	0-80	90-120	<9	12	>90	328
FGX-18A	0-80	150-180	<9	9x2	>90	500
FGX-24A	0-80	180-240	<9	12x2	>90	656
FGX-24	0-80	180-240	<9	24	>90	790
FGX-48A	0-80	350-480	<9	24x2	>90	1560

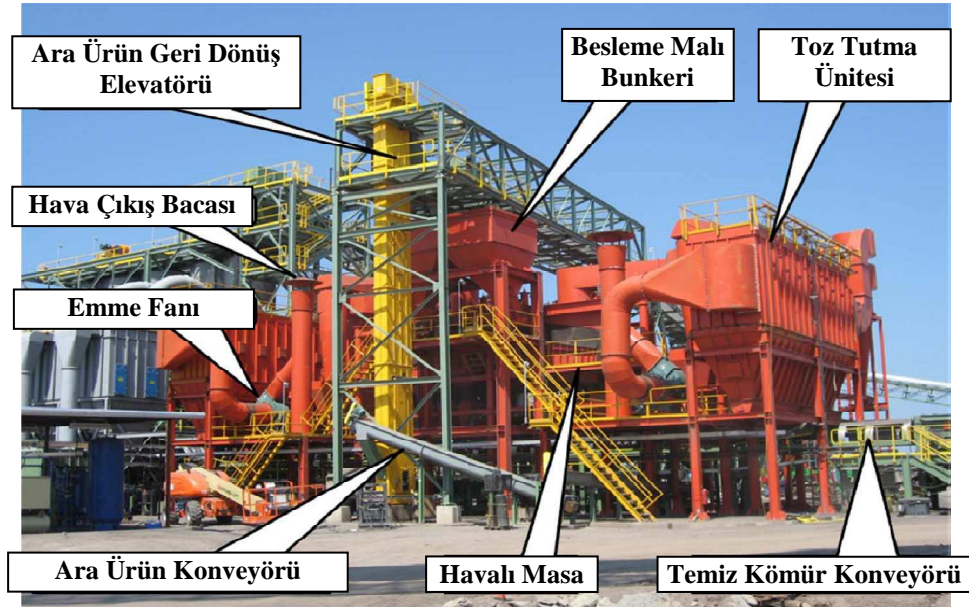
Tesis kapasitelerinin 10-480 t/h arasında değiştiği görülen FGX modellerinin verimleri % 90’ın üzerindedir. Şekil 2.11’de Güney Afrika’da çalışmakta olan FGX-

12 kuru kömür zenginleştirme tesisi görülmektedir. 120 ton/h kapasiteli tesis 300 m²'lik alana kurulmuştur (Dry separator, b.t).



Şekil 2.11 Güney Afrika'da kurulmuş olan FGX-12 kuru zenginleştirme tesisinin görüntüsü (Korte, 17 Temmuz 2009).

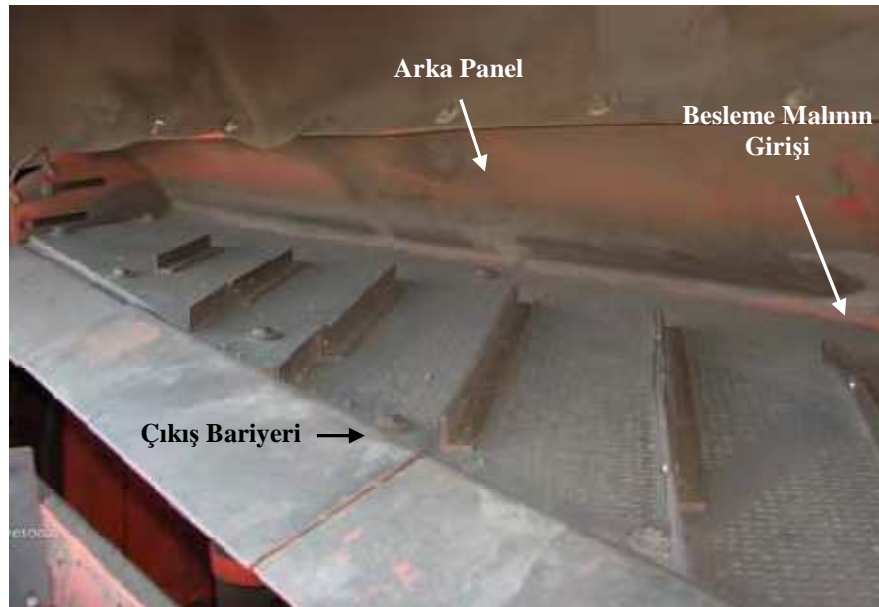
FGX tesislerinin kolay işletilebildiği, bakım maliyetlerinin düşük olduğu, ton başına işletme maliyetlerinin çoğu zaman 0,5-0,6 \$ aralığında olduğu ve ilk kurulum maliyetlerinin aynı kapasitedeki yıkama tesislerinin 1/5-1/10'u kadar olduğu belirtilmektedir (Fgx septeck, b.t).



Şekil 2.12 Amerika'da kurulmuş olan FGX-48 kuru zenginleştirme tesisinin görüntüsü (Fgx air table, b.t).

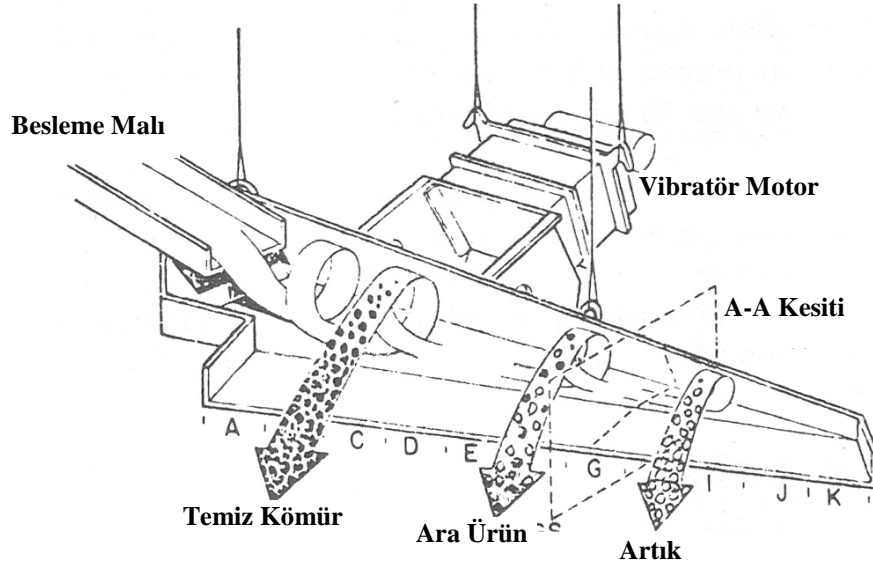
Zenginleştirme işlemi esnasında, ayırma sınır yoğunluğunun (d_{50}) $1,85 \text{ g/cm}^3$ 'ün üzerinde olduğu ve ayırma hassasiyeti (E_p) değerlerinin de 0,2-0,3 aralığında olduğu belirtilmektedir (Fgx septech, b.t).

Tüvenan kömürler bir besleyici yardımıyla Şekil 2.13'de görülen saç eleğin üzerine beslenmektedir. Elek tabanına oturan taneler vibrasyonun etkisiyle çıkış bariyerlerine çarparak ayırımın gerçekleştirildiği masanın arka tarafına açılı olarak konumlandırılmış olan panele doğru yönlendirilir. Arka panelin, tanelerin hareketini yönlendirmesi ile tekrar çıkış bariyerine doğru yol alan tanelerin içerisindeki düşük yoğunluktaki kömürler çıkış bariyerini aşarak masa üzerinden ayrılmaktadır.



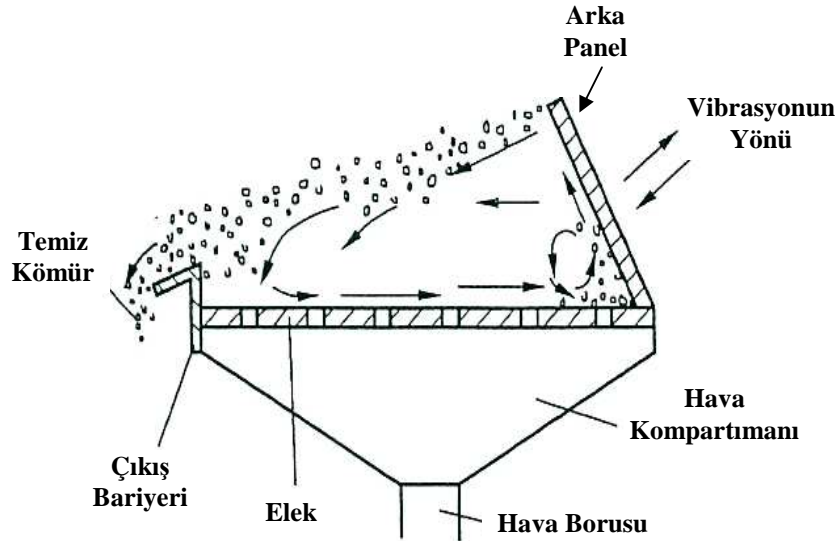
Şekil 2.13 Fgx havalı masaya ait görüntü (Honaker, 2007a).

Şekil 2.14'de tanelerin yoğunluk farkına bağlı olarak masayı hangi noktadan terk ettikleri görülmektedir. Masanın şekli, elek altından verilen havanın miktarı, vibrasyonun şiddeti ve genliği, elek üzerine yerleştirilen çıtaların konumu, masanın enine ve boyuna ayarlanabilen eğimi gibi cihazın çalışma parametrelerinin etkisinde kalan taneler masa üzerinde helisel hareket yaparak eleğin farklı bölümlerinde bulunan bunkerlere dökülmektedir.



Şekil 2.14 Ayrımın gerçekleştiği masanın şematik görünümü (Honaker, 2007b).

Şekil 2.15’de helisel harekete maruz kalan tanelerin hareket yönü görülmektedir. Elek içerisine beslenen tanelerin belli bir süre sonra yoğunluk farkına bağlı olarak tabakalaştığı ve tabakanın üst tarafında bulunan hafif kömür tanelerinin çıkış bariyerini aşarak masayı terk ettiği görülmektedir.



Şekil 2.15 Fgx havalı masanın A-A kesiti (Honaker, 2007b).

Çıkış bariyerinin yüksekliği ayarlanabilmektedir. Böylece Yatak kalınlığı kontrol edilerek temiz kömüre atığın karışması önlenmektedir. Ayarlanabilen hava miktarı ile malzemenin iyice gevşemesi ve akışkan hale gelmesi sağlanmaktadır. Eleğin eğimi hem enlemesine hem de boylamasına ayarlanabilmektedir. Elek üzerine

yerleştirilen çıtaların yüksekliği ve konumu tanelerin hareketini etkilemektedir. Eleğe verilen vibrasyonun genliği ve şiddeti ayarlanabilmektedir. Örneğin, kül oranı yüksek olan kömürlerin zenginleştirilmesinde vibrasyon genliğinin artırılması gerektiği yapılan testler sonucunda tespit edilmiştir (Fgx septech, b.t).

FGX kuru kömür zenginleştirme tesisi kolay monte edilebilir çelik konstruksiyondan oluşmaktadır. Tesisin kurulacağı yer tespit edildikten sonra zemine atılacak beton üzerine yaklaşık bir ay kadar sürede kurulabilmektedir. Suyun kullanılmadığı tesislerde, atık sorunları yaşanmamakta ve tesisten çıkan tozlar iki kademededen oluşan toz tutma üniteleri tarafından tutulmaktadır (Fgx septech, b.t).

GJ de Korte (2009) yaptığı çalışmada, Güney Afrika Mpumalanga ili sınırları içerisindeki Exxaro's NBC madeninden üretilen kömürleri 10 t/h kapasiteli FGX cihazında test etmiştir (Şekil 2.16). Test de kullanılan kömürler cihaza beslenmeden önce 50 mm'nin altına kırılmıştır. Eleğin üzerine beslenen kömür miktarını kontrol edebilmek için vibratörlü besleyici kullanılmıştır.



Şekil 2.16 10 t/h kapasiteli FGX test cihazı (Korte, 2009).

Şekil 2.17’de test sonunda kömür ile artığın elek üzerindeki konumu görülmektedir.



Şekil 2.17 Testler sonunda elde edilen ürünlerin masa üzerindeki dağılımı (Korte, 2009).

Tablo 2.5’de test sonucunda elde edilen değerler verilmektedir. Verimin yaş yıkamaya kıyasla düşük olduğu görülmektedir. GJ de Korte (2009), yüksek yoğunlukta yapılan zenginleştirme ile tüvenan kömürün kül oranının % 46,3’ten % 30,6’ya düştüğünü, termik santrale beslenen kömürlerin kalitesinin iyileşmesiyle birlikte santral veriminin de artacağını belirtmektedir (Korte, 2009).

Tablo 2.5 NBC kömürlerine ait test sonuçları (Korte, 2009).

Besleme Malı Kül Oranı, %	46,3
Temiz Kömür Kül Oranı, %	30,6
Artığın Kül Oranı, %	60,2
Temiz Kömür Ağ. %	46,8
D₅₀	1,797
E_{pm}	0,267
Organik Verim, %	68,6

GJ de Korte (2009) çalışmasının sonunda, enerji üretiminde kullanılan kömürlerin söz konusu yöntemle zenginleştirilmesi ile tüvenan kömürün içerisinde bulunan temiz taşların atılmasıyla santralin çevresel etkilerinin ve Güney Afrika’nın yollarında taşınan kömür miktarlarının azalacağı belirtilmiştir.

Kentucky Üniversitesinden R. Honaker ve arkadaşları (Development of a Novel Dry Coal Processing technology, 2006), endüstriyel teknoloji geliştirme programı kapsamında bir proje başlatmışlardır. Proje ekibi içerisinde, Virginia Teknik Üniversitesi, Massey Enerji, Peabody Enerji, Falkirk Maden Şirketi'de bulunmaktadır. Amerika'da kullanılan kömürlerin % 20'si proje ekibi içerisindeki üç maden şirketi tarafından üretilmektedir.

Bu projede, kuru zenginleştirme işleminin, kömür üretim prosesine adaptasyonu ile tüvenan kömür içerisinde bulunan yüksek yoğunluktaki minerallerin atılması sonucu kömürün kullanıma sunulmadan önce yükleme ve taşımadan elde edilecek net kar araştırılmıştır.

FGX kuru zenginleştirme cihazının Amerika'daki mümessili olan Eriez imalat şirketinin teknik desteğini alan proje ekibi, çalışmalarında firmanın temin ettiği pilot ölçekli 5 t/h kapasiteli cihazını kullanmıştır.

Proje ekibi tarafından, Batı Virginia, Kuzey Dakota, Texas ve New Mexico'daki kömür Havzalarının her birinin 4-5 farklı damarından alınan numunelerin testleri yapılmıştır. Testlerde kullanılan linyit, yarı-bitümlü ve bitümlü kömürlerin içerisindeki yüksek yoğunluktaki mineral madde miktarları % 5-60 arasında değişmektedir (Development of a Novel Dry Coal Processing technology, 2006).

Batı Virginia'daki Merkez Appalachia yeraltı ocağına ait % 60 küllü Bitümlü kömürlerle FGX cihazında 15 ayrı test yapılmıştır. Cihazın çalışma parametrelerinde değişiklikler yapılarak yeniden teste tabi tutulan kömürlerden elde edilen sonuçlar Tablo 2.6'da verilmektedir. Tablodaki veriler incelendiğinde, sonuçların tekrarlanabilir olmadığı ancak 15. teste kömürün kül oranının % 12,63'e düşürülebildiği görülmektedir.

Tablo 2.6 Merkez Appalachia yeraltı ocağına ait test sonuçları (Honaker, 2007b).

Test No	Besleme Malı Kül Oranı, %	Temiz Kömür Kül Oranı, %	Ara Ürün Kül Oranı, %	Atık Kül Oranı, %	Ağ, %
1	50,00	19,46	83,38	89,03	53,5
2	51,69	34,05	87,08	89,51	66,5
3	54,88	29,09	78,19	87,75	48,4
4	48,27	25,75	80,42	89,92	55,9
5	51,58	25,97	78,41	91,37	58,8
6	46,70	17,87	68,21	88,34	44,5
7	50,84	16,84	55,11	87,30	34,6
8	54,33	15,53	62,70	87,02	34,0
9	38,05	29,02	82,04	89,80	58,5
10	50,18	19,69	78,26	90,09	51,1
11	45,88	34,50	86,30	91,09	66,7
12	49,93	12,88	72,51	90,13	46,10
13	47,14	13,96	57,02	88,90	37,3
14	51,69	14,78	71,90	87,95	43,4
15	47,87	12,63	73,30	89,38	42,9

2. ve 11. test sonuçlarına bakıldığında artık ve ara ürün kül oranlarının çok yüksek olduğu ve elde edilen temiz kömür oranının da % 66,5 ve % 66,7 olduğu görülmektedir. En yüksek atık miktarı % 33,5 ile 2. testte elde edilmiştir.

Proje ekibi tarafından cihaz tekrar 2. testteki çalışma parametrelerine ayarlanmıştır. Aynı kömürü kullanılarak 4 test daha yapan proje ekibi elde ettiği atık ve ara ürün miktarlarını tarttıktan sonra $1,6 \text{ g/cm}^3$ yoğunlukta yüzdürme işlemine tabi tutmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 2.7’de verilmektedir.

Tablo 2.7 $1,6 \text{ g/cm}^3$ ’de yapılan yüzdürme batırma sonuçları (Honaker, 2007b).

Test No	Ara Ürün ve Artık Miktarı, %		Artık Miktarı, %	
	Besleme Malına Göre Batan Miktar, %	Besleme Malına Göre Yüzen Miktar, %	Besleme Malına Göre Batan Miktar, %	Besleme Malına Göre Yüzen Miktar, %
1	50,7	3,71	35,9	1,51
2	49,5	2,82	33,0	0,90
3	55,1	3,72	36,6	1,32
4	52,4	2,73	36,4	0,78

Tablodaki sonuçlardan, 4. testte $1,6 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda yüzdürme işlemine tabi tutulan artığın içerisinde besleme malına göre % 0,78 kaçak olduğu görülmektedir. Artık içerisindeki kaçak miktarının düşük olması zenginleştirme işleminin yüksek yoğunluklarda gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Besleme malına göre artık ve içerisindeki kaçak miktarları % 36,4 ve % 0,78 kabul edilerek maliyet analizleri yapılmıştır (Tablo 2.8). Maliyet analizleri, 500 t/h kapasiteli FGX kuru zenginleştirme tesisinin bir yıl çalışacağı düşünülerek yapılmıştır.

Tablo 2.8 1 ton malzemenin taşınmasına karşılık gelen maliyet analizi (Honaker, 2007b).

Tesis Kapasitesi t/h	500	1 mil için Taşıma Maliyeti	0,30 \$/ton
B.M Göre Artık Miktarı, %	36,4	Taşıma Mesafesi, mil	20
1 saatte Elde Elden Artık Miktarı, t/h	$500 \times 0,364 = 182$	1 ton için Toplam Taşıma Maliyeti,	6 \$
Tesisin Yıllık Çalışma Saati, h	6000	Bir yıl için Taşımadan Elde Edilecek Net Kar, \$	$1,092,000 \times 6 = 6.552.000$
1 Yılda Elde Elden Artık Miktarı, t	$182 \times 6000 = 1,092,000$		

Tesisin yılda 250 gün çalışmasına göre hesap yapıldığında yılda 1.092.000 ton serbest taşın herhangi bir yükleme ve taşıma işlemine maruz kalmadan maden sahasının içerisinde kalacağı görülmektedir. Kömürle birlikte temiz taşlarında maden sahasından 20 mil uzağa taşınacağı düşünülür ve 1 ton kömürü 1 mil uzaklıktaki mesafeye taşımının maliyeti 0,30 \$ olarak alınırsa bir yılın sonunda 6.552.000 \$ boşuna harcanacaktır. Temiz taşların maden sahasında kalması ile hesaplanan miktar kadar yıllık kar olacaktır.

Tablo 2.9 Genel Maliyet analizi (Honaker, 2007b).

1 saatte Elde Elden Artık Miktarı, t/h	182	FGX için İşletme Maliyeti	0,50 \$/ton
B.M Göre Artıktaki Kömür Miktarı, %	0,78	FGX'in Bir Yıllık İşletme Maliyeti	$0,50 \$ \times 500 \times 6000 = 1.500.000 \$$
1 saatte Artıkla Birlikte Atılan Kömür Miktarı, t	$182 \times 0,0078 = 1,42$	Sonuç	
Tesisin Yıllık Çalışma Saati, h	6000	Taşımadan Elde Edilen Kar,	6,55 milyon \$
1 Yılda Elde Elden Artık Miktarı, t	$1,42 \times 6000 = 8518$	Kömür Kaybından Dolayı Edilen Zarar,	-0,43 milyon \$
1 ton Kömürün Satış Fiyatı,	50 \$	İşletme Maliyeti,	-1,50 milyon \$
Artıktaki Kömür Nedeniyle Bir Yılda Edilen Zarar,	$8518 \times 50 = 425.880 \$$	Net Kâr	4,62 milyon \$

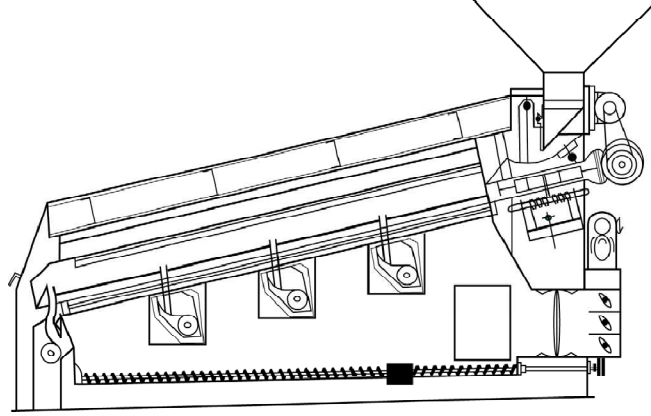
Tablo 2.9'daki değerlerden 1 saatte tesisten 182 ton artık çıktığı ve bunun içinde besleme malına göre % 0,78 oranında kaçak yani kömür olduğu görülmektedir. 1 saatte artıkla birlikte atılan kömür miktarı hesaplandığında bu değerin 1,42 ton olduğu görülmektedir. Yine tesisin bir yılda 6000 saat çalışacağı varsayılırsa 1 yılda artıkla birlikte atılacak kömür miktarı 8518 ton olacaktır. Kömürün 1 tonu 50 \$ ise 1 yılda 425.880 \$'lık zararımız olacaktır.

Yukarıdaki maliyetlerin yanında birde 500 t/h kapasiteli FGX kuru kömür zenginleştirme tesisinin yıllık işletme maliyetini hesap etmek gerekecektir. 1 ton kömürün söz konusu tesiste zenginleştirilmesinin maliyeti 0,50 \$'dır. Bu değeri tesis kapasitesi ile daha sonrada yıllık çalışma saati ile çarparsak tesisin yıllık maliyetinin 1.500.000 \$ olduğunu bulunmaktadır.

Sonuç olarak, net karımızı hesap edebilmek için artıkların taşınmamasından dolayı elde edeceğimiz kardan, artıktaki kömür kaçağından dolayı elde ettiğimiz zarar ve tesisin bir yıllık işletme maliyeti çıkarılmalıdır. Hesaplamalar yapıldığında Tablo 2.9'da da görüldüğü gibi net karımız 4,62 milyon \$ olmaktadır.

2.2.3 Havalı Jigler

Gravite esaslı çalışan havalı ayırıcılardan nc grubu havalı jigler oluşturmaktadır. Havalı jiglerin ilki sayılabilecek Şekil 2.18'de verilen "Stump AirFlow Jig" 1932'de Earl Stump tarafından geliştirilmiştir. Makina eğimli, titreşimli ve elek Őeklindeki yüzeyden oluşmaktadır. 2.5 kPa civarındaki basınçlı hava delikli yzeeye alttan verilmekte ve altta yoğunluğu yüksek taş, üstte hafif olanlar (kömür) olmak üzere tabakalaşma meydana gelmektedir.



Şekil 2.18 Stump AirFlow Jigi (Alderman ve Snoby, 2001).

Artık, yataktan elek yüzeyi boyunca yerleştirilmiş üç boşaltma ünitesi ile alınmaktadır. Yüzeyin sonunda dördüncü bir boşaltma sistemi ara ürün için yerleştirilmiştir. Çok sayıda taş çıkış düzeneği olması, yatak kalınlığının ve artık içeriğinin az olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle de besleme ve çıkış bölgeleri arasında direnç farklılıkları meydana geldiği için elek yüzeyi altına seramik topraklar konularak havanın kısa devre yapması engellenmeye çalışılmaktadır. Seramik toprakların oluşturduğu tabakanın kalınlığı besleme tarafından çıkış tarafına doğru artmaktadır (Alderman ve Snoby, 2001).

İlk cihazlar sadece 0,46 m x 0,61 m genişliğindedir. Ancak zamanla dizaynlar gelişmiş ve Super AirFlow makinaları 2,4 m genişlik ve 50-0 mm besleme için 135 t/h kapasiteye ulaşmıştır (Alderman ve Snoby, 2001).

1930'ların sonunda, seramik toprakların altında oluşan hava basıncı yardımıyla elde edilen mekanik hareketin havalı jige ait atık atma sistemini otomatik olarak devreye alması konusunda çalışmalar yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda böyle bir dizayn değişikliğinin verimli olmadığı görülmüş ve bundan sonra yapılan cihazlarda tekrar manuel kontrole geçilmiştir (Alderman ve Snoby, 2001).

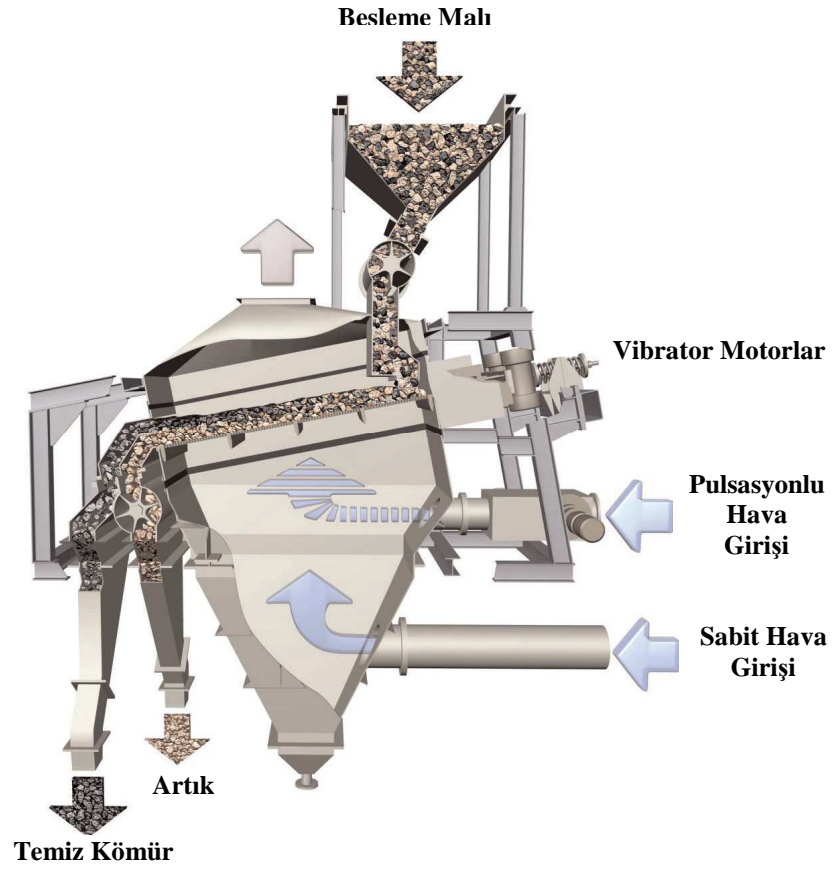
1979 yılında Amerika'nın Pennsylvania eyaletinde bulunan iki kömür hazırlama tesisindeki AirFlow Jig'lerinin performans testleri yapılmıştır. Kapasiteleri 135 t/h olan jiglerin, besleme malı tane irilikleri 25-0 mm ve 50-0 mm'dir. Yapılan testler

sonucunda, yaş yöntemlere göre artığa giden kömürün çok büyük miktarlarda olduğu tespit edilmiştir (Alderman ve Snoby, 2001).

Kapasitenin yüksekliği nedeniyle kuru yöntemler içerisinde en popülerleri havalı jigler olmuştur. Ancak, daha düşük küllü kömür eldesinin hedeflenmesi nedeniyle, yaş yöntemlere geçiş olmuş ve ABD’de son havalı jig 1990’da devre dışı bırakılmıştır (Alderman ve Snoby, 2001; Donnelly, 1999).

Havalı jiglerin gelişmiş bir modeli Allair jig’dir. Şekil 2.19’da görülen AllAir jig’de hava tüm jig yüzeyine dengeli dağılmakta ve ürün çıkışları sadece jig sonundaki tek noktadan olmaktadır. Bu sayede jig üzerinde uygun engelli çöküş klasifikasyonu ve ara boşluklardan sızma ayrışması düzgün bir şekilde gerçekleşebilmektedir.

Allmineral firması tarafından tasarlanıp üretimi yapılan Allair jig ile su kullanılmadan linyit ve taş kömürünün kül ve kükürt oranları azaltılabilmektedir. Söz konusu cihazın en büyük avantajı, düşük maliyetlerle kömür kalitesinde ciddi artışların sağlanabilmesidir (Horn ve Short, 2003).



Şekil 2.19. Allair Jigi (Horn ve Short, 2003).

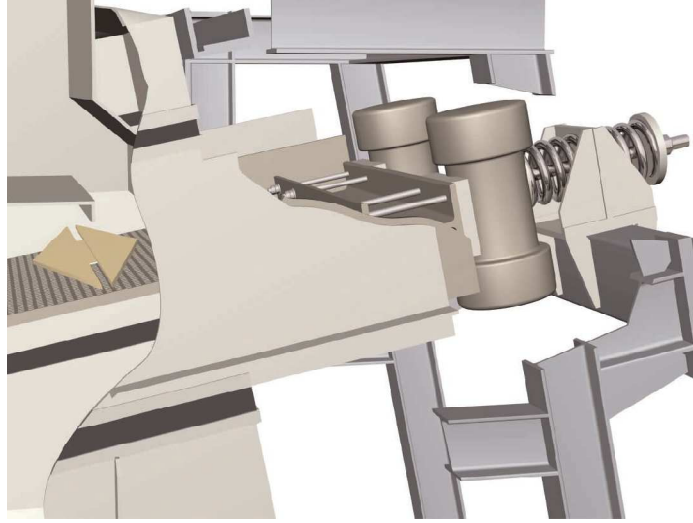
Endüstriyel boyutta ilk tesis 2002 yılının Eylül ayında Amerika'da Ohio eyaletinde bulunan Holmes Kireçtaşı Firmasına kurulmuştur. Şekil 2.20'de görülen 50-0 mm tane iriliğindeki taş kömürlerin zenginleştirildiği tesisin kapasitesi 100 t/h'dir (Horn ve Short, 2003).



Şekil 2.20 100 t/h kapasiteli Allair Jig tesisi (Horn ve Short, 2003).

Allair jig, geleneksel sulu jig'in tasarım ve çalışma prensiplerine göre dizayn edilmiştir. Tüvenan kömürün içerisinde, tane iriliği birbirine yakın fakat farklı yoğunluğa sahip taneler bulunmaktadır. Allair jig'de, tanelerin birbirlerine sürtünmeleri engellenerek aynı özgül yoğunluğa sahip olanların tabakalaşması sağlanmaktadır. Sulu jigler'de tabakalaşma ise, elek üzerine beslenen tanelerin suya verilen emme ve basma hareketi ile sağlanır (Weinstein ve Snoby, 2007).

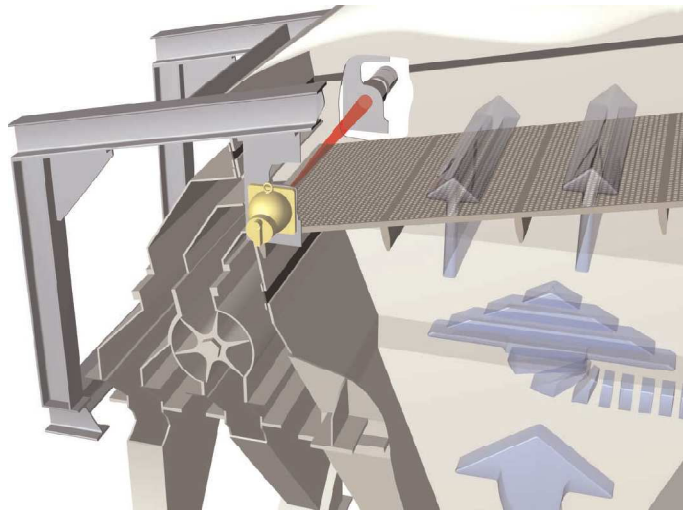
Yıldız tipi besleyici ile elek üzerine taneler dengeli bir şekilde beslenmektedir. Eleğin altından verilen biri sabit diğeri pulsasyonlu olan havanın etkisinde kalan taneler tabakalaşmaya başlamaktadır. Sabit hava ile tabakanın sürekli gevşek kalması sağlanırken belli aralıklarla jig içerisine verilen pulsasyonlu hava ile tanelerin yukarıya doğru hareket etmesi sağlanır. Kısa bir süre sonra altta yoğun üstte hafif tanelerden oluşan bir tabakalaşma oluşmaktadır. Elek üzerinde oluşan bu yatağın jig'in çıkış tarafına doğru hareketi, eleğe vibratör motorlar tarafından (Şekil 2.21) verilen vibrasyon yardımıyla gerçekleşmektedir (Horn ve Short, 2003).



Şekil 2.21 Eleğe titreşim veren vibratör motorlarının görüntüsü (Allair Jig, b.t).

Eleğe vibratör motorlar ile verilen vibrasyonun genliği ve hızı, eleğin eğimi, bir valf ile kontrol edilen pulsasyonlu havanın genliği tabakalaşmayı etkileyen en önemli faktörlerdir (Allair Jig, b.t).

Yoğunluk analizi sensörü ile tabakalaşmış tanelerin ara yüzeyinin yoğunluk değerleri düzenli bir şekilde ölçülerek bilgisayara aktarılmaktadır (Şekil 2.22). Yoğunluk analizi sensörü tarafından ara yüzeyden ölçülen değerlerde bir artış olduğunda eleğin sonuna dizayn edilmiş olan yıldız tipi çıkarıcı devreye girerek yoğunluğu yüksek olan tanelerin jig içerisinde atılması sağlanmaktadır (Allair Jig, b.t).



Şekil 2.22 Yoğunluk sensörünün görüntüsü (Allair Jig, b.t).

Allair jig'e beslenen tanelerin dağılımı ve yoğunlukları net bir tabakalaşmanın olmasını etkileyen faktörlerdir. Jig'de verimli bir ayırım gerçekleştirebilmek için mümkün olan en iyi tabakalaşmayı sağlamak gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için besleme malının özelliklerine göre Jig'in işletme parametreleri ayarlanabilmektedir (Horn ve Short, 2003).

2002 yılı başlarında Amerika'da, Allmineral Firması ile Holmes Kireçtaşı Firması'nın yetkilileri 6 ay süre ile 50 t/h kapasiteli pilot ölçekli Allair jig cihazında taş kömürün zenginleştirilebilirliğini araştırmışlardır. Testler sonunda cihazın verimli çalıştığına ikna olan Holmes Firması yetkilileri, 100 t/h kapasiteli tesisin alımı için Allmineral Firmasına siparişte bulunmuşlardır. 2002 yılının Eylül Ayında devreye giren tesis halen çalışmaktadır. Piyasanın talep ettiği kalitedeki kömürün kolaylıkla sağlanabildiği tesiste, torba filtreler tarafından tutulan tozlarda kalitesine göre değerlendirilmektedir (Horn ve Short, 2003).

Aşağıdaki tablo'da Holmes Firmasına ait 100 t/h kapasiteli tesisin işletilmesi sırasında alınan numunelerin sonuçları verilmektedir. Tablo 2.10'daki verilerden tesise beslenen 50-0 mm tane iriliğindeki taş kömürünün kül oranının % 15,22 olduğu görülmektedir. Nem oranı % 5,92 olan kömürün toplam kükürt oranı da % 4,24'dir.

Tablo 2.10 100 t/h kapasiteli Allair Jig tesisinin işletme sonuçları (Horn ve Short, 2003).

Tane İriliği, 50x0 mm					
	Ağ, %	Nem, %	Kül, %	Toplam Kükürt, %	Kalori, kJ/kg
Besleme Malı	100	5,92	15,22	4,24	26480
Temiz Kömür	88	5,83	10,93	3,23	28287
Artık	8	5,40	60,77	15,43	7833
Toz	4	9,02	18,56	3,96	24028

Zenginleştirme işlemi sonunda ağırlıkça % 88 oranında elde edilen temiz kömürün kül oranı % 10,93 değerindedir. Ağırlıkça % 8 ve % 4 oranında artık ve toz elde edilmiştir. Toplam kükürt oranı yaklaşık % 25 azalarak % 3,23 değerine düşmüştür.

Holmes Firması'na 100 t/h kapasiteli tesis kurulmadan önce testler yapmak üzere Allmineral Firması tarafından temin edilen 50 t/h kapasiteli pilot ölçekli cihazda zenginleştirme işlemine tabi tutulan linyit kömürünün sonuçları Tablo 2.11'de verilmektedir (Horn ve Short, 2003).

Tablo 2.11 50 t/h kapasiteli pilot ölçekli Allair Jig cihazında yapılan test sonuçları (Horn ve Short, 2003).

Tane İrliği, 50x0 mm					
	Ağ, %	Nem, %	Kül, %	Toplam Kükürt, %	Kalori, kJ/kg
Besleme Malı	100	29,91	20,09	0,95	13939
Temiz Kömür	69	32,40	12,73	0,88	15497
Artık	9	19,75	59,33	1,70	4563
Toz	22	26,27	27,09	0,87	12885

Taş kömürüne kıyasla daha fazla nem içeriğine sahip olan kömürün besleme malı nem oranı % 29,91'dir. Ağırlıkça % 69 oranında ve % 12,73 kül oranında temiz kömürün elde edildiği testte, artık ve toz oranları da sırası ile % 9 ve % 22 olarak gerçekteleşmiştir. Toplam kükürt oranındaki azalmanın taş kömüründeki değerlere ulaşmadığı % 0,95 olan değerin yaklaşık % 7 azalarak % 0,88 değerine düştüğü görülmektedir.

2.3 Gravite Dışındaki Fiziksel Özellik Farkına Dayalı Zenginleştirme Yöntemleri

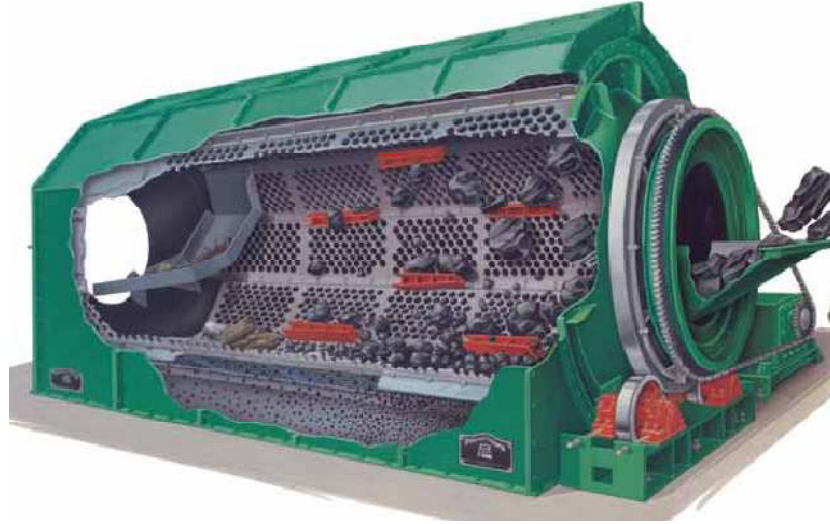
Gravite dışındaki kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinde, kömür ile yan kayacın sertlik, renk, esneklik, elektriksel özellik, manyetik duyarlılık, sürtünme direnci gibi fiziksel özelliklerindeki farklılığından yararlanılmaktadır.

Aşağıda geçmişte kullanılmış yada günümüzde kullanılmakta olan söz konusu cihazların tarihsel gelişimi, çalışma yöntemleri ve teknolojik gelişmeleri hakkında bilgi verilecektir.

2.3.1 Bradford Kırıcısı

1893 yılında endüstriyel kullanıma giren, bugün Rotary Breaker olarak ta bilinen Bradford kırıcısında, kömür ve yan kayacın kırılmalık farkından yararlanılarak selektif kırma gerçekleştirilmektedir (Alderman ve Snoby, 2001).

Kırıcı içine giren iri tüvenan kömür taneleri raflar tarafından üst noktaya kadar kaldırılır ve buradan sert plaka yüzeylere düşmesi sağlanır. Yan kayaca göre daha kırılmalık olan kömür ufalanarak plakalardaki deliklerden aşağı düşerken (Şekil 2.23), iri boyutta kalan yan kayac kırıcı çıkışından dışarı atılır. (Alderman ve Snoby, 2001). Bradford kırıcısı ülkemizdeki bazı tesislerde mevcuttur.



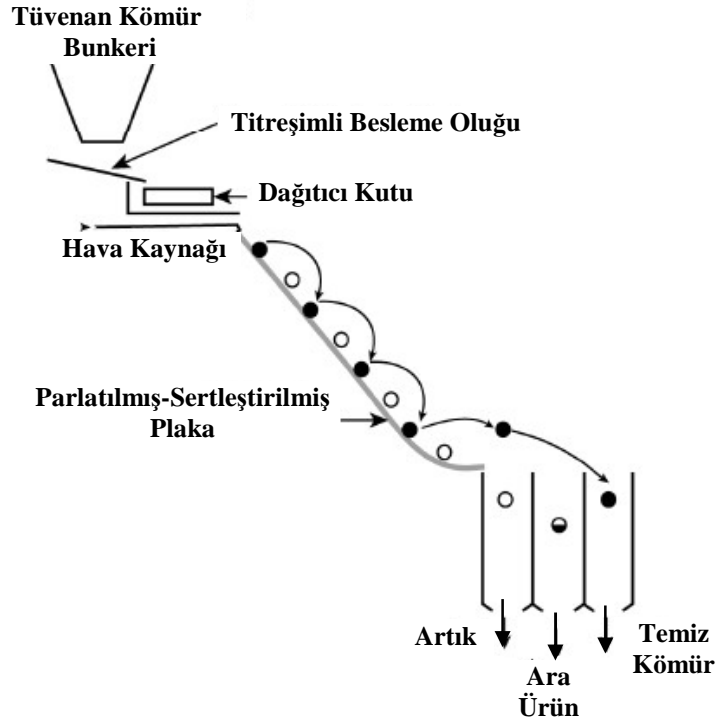
Şekil 2.23 Bradford tipi döner kırıcı (Handbook of crushing, b.t).

Bradford kırıcısı dışında kömür ve yan kayac arasındaki aşınma ve kırılmalık benzeri özelliklerden yararlanarak bir ön temizleme sağlayan çeşitli yöntemler üzerinde araştırmalar sürdürülmüştür. Bunlardan kömür ve yan kayacın aşınma farklılığına dayalı aygıtlar 1868'de imal edilmeye başlanmıştır. 1898'de imal edilen Pardee spirali, 1903'te imal edilen Langerfield separator bunların önemlileridir (Alderman ve Snoby, 2001).

2.3.2 Berrisford Ayırıcısı

Berrisford ayırıcısı 1925'te ortaya çıkan ve sadece sürtünme katsayısı farkından değil aynı zamanda esneklik ve özgül ağırlık farkından da yararlanarak kömür ve yan kayacın birbirinden ayrılması için gerekli ortamın oluşturulduğu bir cihazdır (Alderman ve Snoby, 2001).

Şekil 2.24'de görüldüğü gibi Berrisford ayırıcısı parlatılmış bir cam plakadan oluşmaktadır. Mineral maddeler bu yüzeyden aşağı doğru daha düşük hızlarda kayma eğilimi gösterirken, daha az direnç gösteren kömür tanecikleri aşağı doğru daha hızlı yol alırlar. Sonuç olarak, aşağıya doğru daha hızlı yol alan kömür tanecikleri Şekil 2.24'de gösterildiği gibi ayrı hareket ederek yan taşından ayrılırlar. Teorisinden de anlaşıldığı üzere her taneciğin cam plaka ile temas etmesi gerekmektedir. Bu nedenle de kapasitesi oldukça düşüktür (Alderman ve Snoby, 2001).



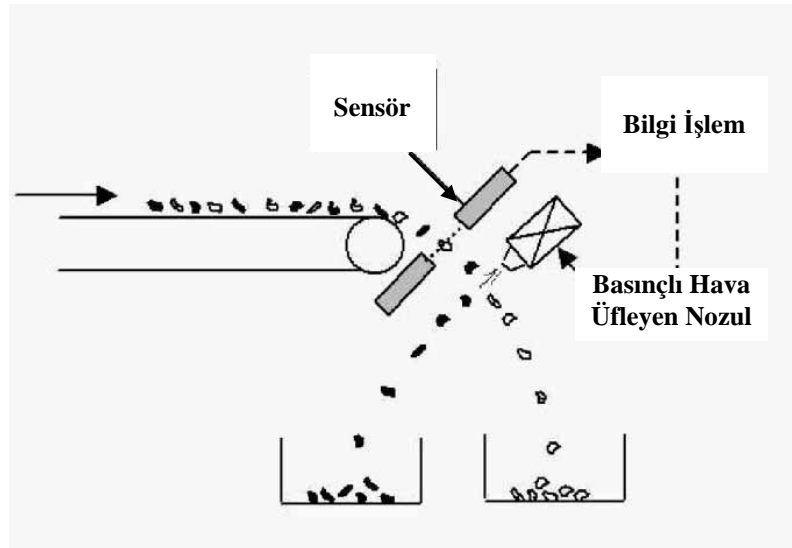
Şekil 2.24 Berrisford Ayırıcısı (Alderman ve Snoby, 2001).

2.3.3 Elle ve Otomatik Ayıklama

Parça olarak kullanılan ve renk farkı ile kolay ayrılabilen tüm cevherlerde olduğu gibi kömürde de ayıklama ile zenginleştirme uygulanmıştır. Ayıklama elle ve otomatik olmak üzere iki yolla yapılabilmektedir.

Elle ayıklama günümüzde düşük yatırım gideri nedeniyle bazı işletmelerde hala uygulanmaktadır. Otomatik ayıklamada ise bu amaçla geliştirilmiş çeşitli aygıtlar mevcuttur.

Otomatik ayıklama 20. yüzyıl başlarından sonra araştırılmaya başlanmış bir yöntemdir. Çalışmalar, elektrik, x-ışını, optik tanımlama, elektromanyetik tanımlama gibi yöntemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Geliştirilmiş ve patent alınmış birçok yöntem vardır. Ancak bunlar çeşitli sorunlar nedeniyle uygulamada yer bulamamışlardır. Otomatik ayıklayıcının çalışma prensibi Şekil 2.25’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.25 Otomatik ayıklama sisteminin şematik görünüşü.

2.3.4 Manyetik Ayırma Yöntemleri

Manyetik ayırma ile kömürün kül oranının düşürülmesi çalışmalarında iki yol izlenmiştir. Birinci yöntemde bazı ön hazırlıklardan sonra doğrudan manyetik alanda kömürün kül oranı düşürülmeye çalışılmıştır. İkinci yol ise kömürün ya tamamen ısıl işleme tabi tutulması (karbonizasyon), ya da mikro dalga ile seçimli mineral madde etkileşiminden sonra manyetik ayırma işlemidir (Liu ve Lin, 1976).

Birinci yöntemde mineral maddelerin organik yapılı kömüre nazaran daha fazla manyetik duyarlılığa sahip olmasından yararlanılmaktadır. İnce kömür bir akım halinde güçlü bir manyetik alandan geçirilirken mineral maddelerin bir kısmı manyetik alana doğru yönleneren kömürden ayrılabilir. Bu teknoloji ticari olarak kullanım şansı bulamamıştır (Alderman ve Snoby, 2001; Liu ve Lin, 1976).

Araştırmacılar manyetik ayırmada verimi artırabilmek için çalışmalar yapmışlardır. Piriti, kömürden ayırabilmek için yüksek alan şiddetli manyetik separatörler kullanılmıştır. Ayırma işleminin zor gerçekleştiği güçlü mıknatıslara ve geniş manyetik alanlara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir. Ayırma verimini arttırmak için kömürle birlikte bulunan düşük manyetik hassasiyete sahip (paramanyetik) pirit taneleri yüksek manyetik hassasiyetli tanelere dönüştürülmektedir. Piritin manyetik hassasiyetini yükseltmek için ısıtılması gerekmektedir. Piritle birlikte kömürde ısınacağından piroliz işlemi sonucu enerji kaybı olacaktır. Bu sorunu çözebilmek için en iyi yöntem pirit tanelerinin selektif olarak ısıtılmasıdır. Bunu gerçekleştirebilmek için piritin kömüre göre elektromanyetik enerjiyi daha iyi absorplaması ve daha hızlı ısınması gerekmektedir. Başka bir yolda kömür içerisindeki pirit tanelerinin bir bölümünün selektif olarak ısıtılarak manyetik hassasiyeti daha yüksek olan pirotite tanelerine dönüştürmektir. Blumh ve diğer. (1986) radyo frekans alanını kullanarak pirit tanelerini selektif olarak ısıtmışlardır. Bu işlemin sonunda pirotite dönüşen pirit oranının % 1 olduğunu hesaplamışlardır (Blumh ve diğer., 1986).

Mikrodalga ile selektif olarak ısıtılan piritin kısa sürede manyetik monoklinik pirotite dönüştüğü görülmüştür. Bu işlemde sonra da manyetik ayırmaya tabi

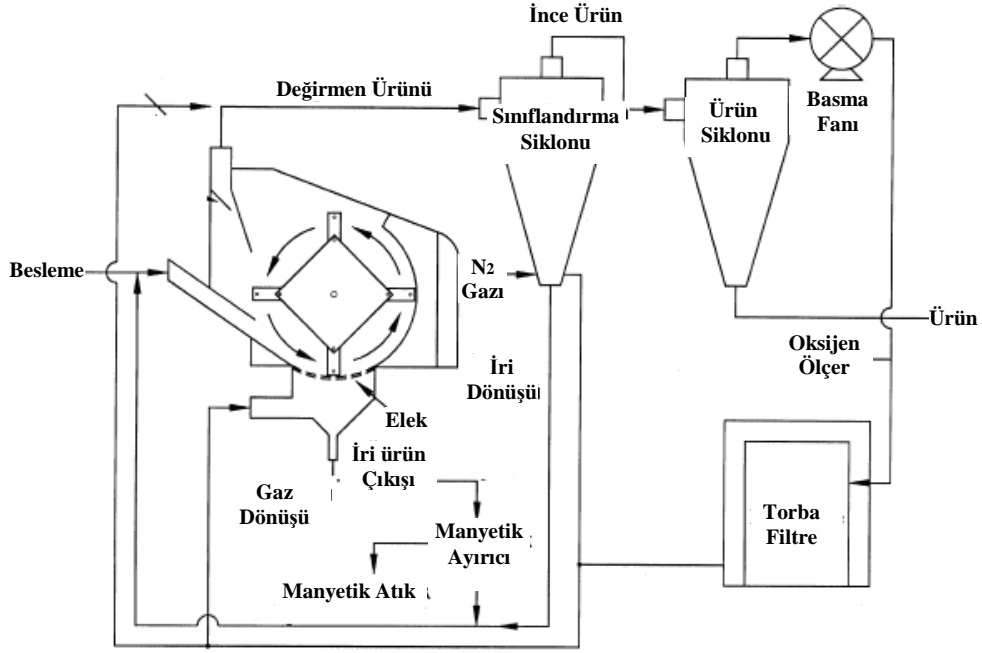
tutularak kömürün desülfürizasyonu tamamlanmaktadır (Bluhm ve diğer., 1986; Kelland ve diğer., 1988).

Bazı araştırmacılar ise yüksek alan şiddetli separatörleri kullanarak denemeler yapmışlardır. Maxwell ve Kelland (1978) söz konusu manyetik ayırıcıların sulu ortamda başarılı bir şekilde piriti ayırabildiğini ancak kuru yöntemle ayırmanın çok zor olduğunu belirtmişlerdir (Kelland, 1982; Liu ve Lin, 1976; Maxwell ve Kelland, 1978).

Son zamanlarda kömür zenginleştirmede manyetik yöntemlerin kullanıldığı yeni bir metot geliştirilmiştir. Adına MagMill prosesi verilen bu yöntem, değirmende öğütülemeyen mineral maddelerden oluşan zenginleştirilmiş bir hava akımının kuru manyetik ayırıcıdan geçirilmesi ile manyetik minerallerin atıldığı, zenginleştirilen kömür tanelerinin istenilen tane iriliğine öğütülmek üzere tekrar değirmene beslendiği bir sistemden oluşmaktadır (Oder, 2002).

Oder (2002) makalesinde, 90 kg/h kapasiteli ilk prototip MagMill prosesinin dizaynı ve çalışması hakkında bilgi vermektedir. Şekil 2.26'daki Alpha prototip MagMill olarak adlandırılan ilk sistem çekiçli değirmenden ve ExportTech firmasına ait 90 kg/h kapasiteli paramanyetik ayırıcıdan oluşmaktadır (Oder, 2002).

Söz konusu sistemde, mineralce zengin akım sisteme eklenmiş bir manyetik ayırıcıya gönderilmekte paramanyetik mineraller ayrıldıktan sonra manyetik olarak temizlenmiş akım tekrar değirmene dönmektedir.



Şekil 2.26 Alpha Prototip MagMill Prosesinin şematik görünüşü (Oder, 2002).

Sistemin güvenliği için sınıflandırma siklonunun alt akımının çıkışına azot gazı verilmektedir. İşletme parametrelerinden, besleme malı miktarı, değirmenden çıkan iri tane oranı, manyetik ayırıcıdan çıkan atık miktarı, hava akımı içerisindeki oksijen miktarı, prodesten çıkan ürün miktarı, saf azot miktarı ve hava akımının basıncı sürekli olarak ölçülerek kontrol edilmektedir (Oder, 2002).

Oder ve diğer. (2008) makalelerinde, ticari ölçekli ilk MagMill ünitesinden elde ettikleri sonuçları raporlandırmışlardır. Vicksburg'da Detroit Edison Enerji petrokok öğütme işletmesine ek ünite olarak kurulan MagMill prosesinde testler yapılmıştır. Selektif olarak kuru elemanın yapıldığı ve manyetik ayırıcıdan oluşan MagMill ünitesi işletme içerisinde bulunan değirmenlere entegre edilmiştir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27 Değirmenlere entegre edilen MagMill ünitesi (Oder ve diğer., 2008).

Şekil 2.27’de görülen portakal renkli konstrüksiyon, içerisinde separatörlerin bulunduğu MagMill ünitesidir. Ünite, 3 t/h kapasiteli CE Raymond bilyalı değirmene bağlanmıştır (Oder ve diğer., 2008).

Testlerde, bilyalı değirmenden çıkan 8 x 100 mesh tane iriliğindeki kömürler, MagMill ünitesine zenginleştirilmek üzere beslenmiştir. + 8 mesh ve – 100 mesh tane iriliğindeki kömürler tekrar değirmene gönderilmiştir. Tablo 2.12’de testte tabii tutulan Freeport tüvenan kömürlerinin kimyasal analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 2.12 Freeport tüvenan kömürlerinin analiz sonuçları (Oder ve diğer., 2008).

Kül Oranı, %	27,75
Toplam Kükürt Oranı, %	2,01
Isıl Değeri, Btu/Lb	10,810
Temiz Kömür Ağ. %	46,8
Civa, µg/g	0,3
Karbon, %	60,72
Hidrojen, %	3,94
Azot, %	1,1
Kükürt, %	2,01
Oksijen, %	4,47
Sülfatık Kükürt, %	0,01
Piritik Kükürt, %	1,46
Organik Kükürt, %	0,54

Değirmenin öğütme ortamında yoğunlaşan, yüksek mineral madde oranına sahip tanelerden numune alabilmek için değirmen zırhının üzerine iki adet numune alma kapağı açılmıştır. Bu kapaklardan borular yardımıyla alınan numuneler separatörlere aktarılmaktadır. Değirmenin geri dönüş yükünün besleme malı içerisindeki oranında değişiklikler yapılarak gerçekleştirilen testler esnasında değirmen içerisinden alınan numunelerin analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 2.13’de verilmektedir.

Tablo 2.13 Bilyalı değirmenden alınan numunelerin analiz sonuçları (Oder ve diğer., 2008).

Geri Dönüş Yükünün Besleme Malı İçerisindeki Oranı, %	88	80	48	37	Tüvenan Kömür
Kül Oranı, %	63	59	58	57	28
Toplam Kükürt, %	5,6	7,8	4,9	5,5	2
HGI		49			63

Değirmenden alınan numuneler daha sonra bir elekte elenerek önce permanent manyetik bant separatöründen sonrada Para Trap. Manyetik separatörden geçirilmektedir.

Tablo 2.13’deki sonuçları değerlendiren Oder ve arkadaşları geri dönüş yükünün besleme malı içerisindeki oranını % 36’ya ayarlayarak değirmen rejime girdikten sonra besleme malından, değirmen içerisindeki ortamdaki, birinci ve ikinci manyetik ayırıcının atığından ve MagMill ünitesinden çıkan üründen numuneler almışlardır. Aldıkları numunelerin analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 2.14’de verilmektedir.

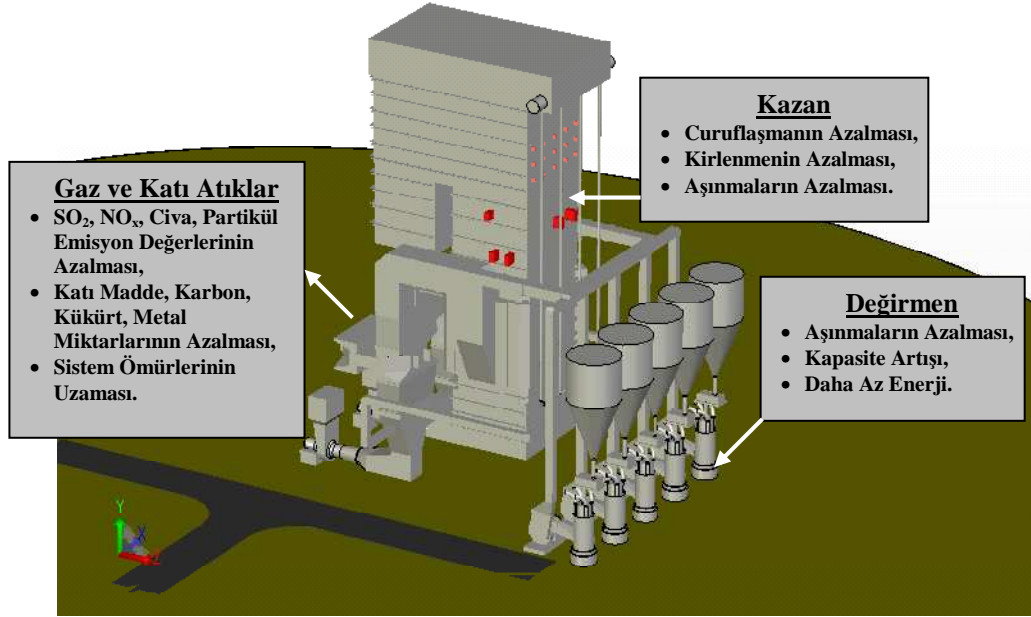
Tablo 2.14 Freeport tüvenan kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları (Oder ve diğer., 2008).

	Ağ. %	Kül, %	Toplam Kükürt, %	Piritik Kükürt, %	Civa, µg/g
Besleme Malı	100	28	2	1,5	0,3
Değirmenin içerisindeki ortamdaki Ürün	36	56	5,5	5,1	0,7
Birinci Manyetik Ayırıcının Atığı	9,8	73	2,3	2,0	0,5
İkinci Manyetik Ayırıcının Atığı	9,3	54	6,8	6,0	1,1
MagMill Prosesinden Çıkan Ürün	80,9	19	1,4	0,9	0,2

MagMill prosesinden çıkan ürünün % 70’inin 200 mesh’in (0.074 mm) altında olduğu ve kül oranının % 19 olduğu tespit edilmiştir. Kömür içerisinde bulunan,

toplam kükürt oranının % 30, piritik kükürt oranının % 40 ve civarında % 33 civarında azaldığı görülmektedir.

Oder ve diğer. (2008), MagMill prosesinin Şekil 2.28'de görülen santralin değirmenlerine entegre edilmesi durumunda elde edilecek avantajları özetlemişlerdir.



Şekil 2.28 termik santrallerde değirmenlere entegre edilen MagMill ünitesi (Oder ve diğer., 2008).

Kömür içerisinde istenmeyen minerallerin azaltılması ile katı atık ve gaz emisyonlarının azalacağı, öğütme için gerekli enerjinin azalacağı, öğütme veriminin artacağı, değirmen zırhlarının ve kömürün temas ettiği yüzeylerin ömürlerinin artacağı belirtilmektedir. Bunun yanında, piritik kükürt, iz metallere civa miktarlarının da azalacağı ve en önemlisi kazan içerisinde aşınmaların, curuflaşma ve kirlenmenin azalacağı belirtilmektedir (Oder ve diğer., 2008).

2.3.5 Elektriksel Özelliğe Dayalı Yöntemler

Kömür ve yankayacın elektriksel özellik farklarından yararlanarak kömür külünü azaltabilmek amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla elektrodinamik ve elektrostatik ayırıcılar denenmiştir. Elektrodinamik ayırıcılar -2 mm kömürler için uygun olurken elektrostatik ayırma ise -0,25 mm kömüre uygun olmaktadır (Donnelly, 1999; Fan ve diğer., 2003).

Elektrodinamik ayırıcılarla çalışmalar -3 mm ile 0,1 mm aralığında sürdürülmüştür. Vitrinitçe zengin kömürlerde oldukça iyi ayırımlar sağlanırken, daha genç kömürlerde de belli bir başarı sağlandığı belirtilmektedir. Kömürün dar tane aralığında sınıflandırılması, şlamdan arındırılması ve havada kuru hale getirilmesi gerekmektedir. Pratikte bu aşamalar çok pahalı ve zor işlemler içermektedir (Donnelly, 1999; Fan ve diğer., 2003).

Elektrostatik ayırmada, ayırma kademesinden önce, tanecikler elektrostatik olarak mutlaka yüklenmelidir. Kömürdeki organik kökenli fazlardan mineral maddelerin ayrılması, bu iki fazın farklı tip ayırıcılarda farklı şekilde şarj olma ve şarj taşımalarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu şekilde iki farklı elektrostatik yöntem mevcuttur. Bunlardan birisi elektriksel direnci kullanırken diğeri yüzey yapısındaki elektriksel farklılıkları kullanmaktadır (Trigwell ve diğer., 2003).

Tanecikleri yüklemek için kullanılabilir değişik metotlar mevcuttur. Bunlar; iletken yüklemesi, iyon bombardımanı ve sürtünme ile yüklenme (triboelektrifikasyon)'dir. Şarj metodundan bağımsız olarak, kazanılabilen maksimum yük yoğunluğu ve tanecik yüzey alanı tanecik üzerinde oluşan yük miktarını sınırlandırmaktadır. Elektrostatik ayırmanın başarılı olabilmesi için taneciğe etki eden elektrostatik güçlerin yerçekimi ve taneler arası etkileşim kuvvetlerini yenmesi gerekmektedir (Trigwell ve diğer., 2003).

Elektrostatik ayırıcılarda toz kömür bir elektrik alandan geçirilir ve burada farklı yüklenmeler meydana gelir. Negatif ve pozitif yüklenmiş tanecikler zıt olarak

yüklenmiş elektrotlara doğru yönelirler. Ürünler bölücülerle birbirinden ayrılır. Bu yöntemde sonuçlar oldukça kötüdür ve ticari uygulama şansı görülmemektedir (Donnelly, 1999; Fan ve diğer., 2003).

Elektrostatik zenginleştirme yöntemlerinde araştırılan diğer bir uygulama şekli ise triboelektrostatik ayırımdır. Bu yöntemde öğütülmüş kömür bir boru içerisinde pnömatik olarak taşınırken türbülans oluşmakta ve taneler çarpışma etkisine maruz kalarak taneler üzerinde bipolar yük oluşturmaktadır. Çarpışma etkisi tanecikler arasında ve tanecikle yüzey arasında oluşmaktadır. Bu etkiler titreşimli ya da akışkan yataklı besleyici ile gaz veya mekanik yöntemle taşınma esnasında oluşmaktadır. Kömür bu ortamda pozitif yükü yüklenirken, mineral maddeler üzerinde negatif yük oluşmaktadır. Yükleme işleminden sonra ise bir elektrostatik ayırıcı ile ayırım gerçekleştirilmektedir (Jiang ve Tao, 2003; Trigwell ve diğer., 2003).

BÖLÜM ÜÇ

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Genel Bilgi

Deneysel çalışmalar kapsamında, Türkiye’de uygulaması olmayan kuru yöntemle kömür zenginleştirmenin Türk Kömürlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla literatürden elde edilen bilgiler değerlendirilerek Türk Kömürlerine uygun kuru zenginleştirme cihazları modellenmiş ve pilot çapta 2 adet test cihazı yapılmıştır.

0-10 mm ince kömürü zenginleştirmek üzere havalı masa tipi bir cihaz imal edilirken, 10-50 mm iri kömürü zenginleştirmek üzere de havalı jig benzeri bir cihaz imal edilmiştir.

İnce ve iri kömürleri zenginleştirmek üzere imal edilen cihazlar, farklı firmalar tarafından geliştirilmiş ve endüstride kullanılmakta olan cihazların teknik özellikleri ve çalışma parametreleri hakkında detaylı çalışmalar yapıldıktan sonra modellenerek Soma Termik Santrali’nin atölye imkanları kullanılarak imal edilmiştir. Söz konusu cihazlar üzerinde ön testler yapılmış olup testler esnasında tespit edilen eksiklikler değerlendirilerek cihazlar üzerinde modifikasyonlara gidilmiş ve cihazlar kömür zenginleştirme testleri için uygun hale getirilmiştir.

İmalatı yapılan cihazlar Soma Termik Santrali Kömür Hazırlama Servisi’nde uygun bir alana kurulmuştur. Bir dizi testler için hazır hale getirilen cihazlarda Soma Termik Santrali’na ait kazanlarda yakılmak üzere E.L.İ. tarafından Soma Kömür Havzasının değişik bölgelerinden üretilen kömürlerin zenginleştirilebilirliği test edilmiş ve elde edilen sonuçlar bu çalışmada değerlendirilmiştir.

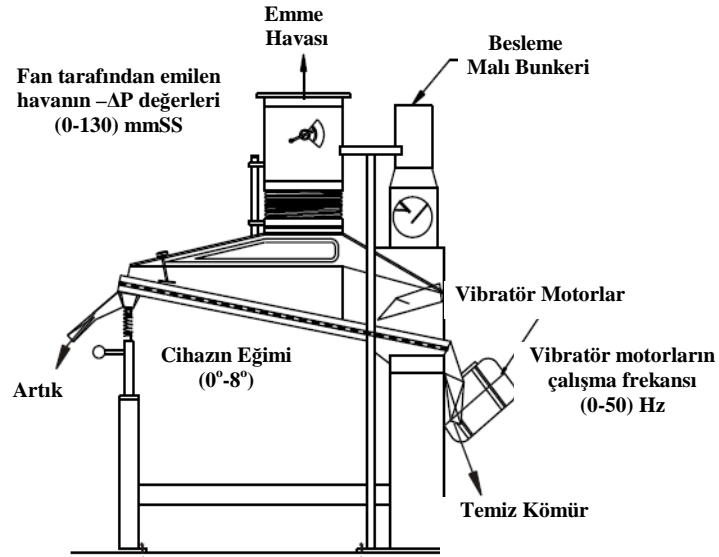
3.2 İmalatı Yapılan İnce Kömür Zenginleştirme Test Cihazı

İmalatı yapılan ince kömür zenginleştirme test cihazı gıda endüstrisinde destoner olarak bilinen bakliyat ayıklama aygıtının teknik özellikleri ve çalışma prensibine göre tasarlanmıştır. Şekil 3.1’de görülen destoner (taş ayıklama cihazı), 1 mm açıklığa sahip titreşimli bir taban eleğine sahiptir. Elek üzeri dışarıdan hava giriş çıkışı engellenecek şekilde kapalı bir hacme alınmış ve üstten hava emen bir fana bağlanmıştır. Eleğin alt ucuna malzemenin dökülebileceği şekilde bir besleme sistemi dizayn edilmiştir.



Şekil 3.1 İmalatı yapılan destoner (taş ayıklama) cihazının resmi.

Titreşimli ve eğimli elek üzerine dökülen malzemenin içindeki yüksek yoğunluktaki taneler vibrasyonun etkisi ile yukarı doğru taşınırken hava ile akışkanlaştırılmış olan düşük yoğunluğa sahip taneler graviteninde etkisiyle birlikte eleğin alt ucuna yönelerek cihazdan atılmaktadır.



Şekil 3.2 Destoner (taş ayıklama) cihazının çalışma prensibinin şematik gösterimi.

İmalatı tamamlanan cihaz üzerinde ilk yapılan testler sonucunda bir takım sorunların olduğu tespit edilmiştir. Daha verimli bir zenginleştirme işlemi gerçekleştirebilmek için söz konusu cihazda modifikasyonların gerekli olduğuna ve ilave ekipmanlara ihtiyaç olduğuna karar verilmiştir.

Cihaz üzerinde yapılan modifikasyon çalışmalarını maddeler halinde özetlemek gerekirse;

- 1- Cihaz içerisinde bulunan taban eleğinin üst kısmına çıtalar yerleştirilerek tanelerin emiş havasının etkisinden kurtulmadan cihazdan atılmaları sağlanmıştır.
- 2- Eleğin vibrasyonunu sağlayan 0,5 HP gücündeki vibratör motorun yanına aynı güçte bir vibratör motorun daha montajı yapılmıştır. Eleğe aynı açıda ve hızda vibrasyon veren motorların enerji bağlantı uçları ters bağlanarak vibratör motor içerisinde bulunan ve vibrasyonu sağlayan ağırlıkların ters yönde dönmesi sağlanmıştır. Yapılan bu değişikliklerle elek içerisine giren tanelerin elek tabanına daha düzenli yayılması sağlanmıştır.
- 3- Emiş fanının motoruna ve vibratör motorlara hız kontrol üniteleri bağlanarak, cihaz içerisinde istenilen vakumun sağlanabilmesine ve eleğe verilen vibrasyonun istenilen düzeyde tutulabilmesine olanak sağlanmıştır.

4- Emiş havasına kapılan taneleri tutmak amacıyla cihaz ile fan arasına toz tutma siklonu yerleştirilmiştir. Böylece zenginleştirme işlemi esnasında emme havasına kapılan taneler fana gelmeden önce toz tutma siklonu tarafından tutulmaktadır.

Cihaz üzerinde yapılan modifikasyonlar sonucunda pilot çapta tesise dönüşen bu ekipmanların santral içerisinde uygun bir çalışma alanına montajı yapılmıştır. Şekil 3.3’de görüntüsü verilen 3 ton/h kapasiteli pilot çaptaki tesis 1,2 m²’lik bir taban eleğinden, 0,5 HP gücünde 2 adet vibrator motordan, 50 cm çapında toz tutma siklonundan, 20 HP güçlük motor ile vakumun sağlandığı bir fandan oluşmaktadır.



Şekil 3.3 Pilot çapta imalatı yapılan tesisin görüntüsü.

3.3 İmalatı Yapılan İri Kömür Zenginleştirme Test Cihazı

İmalatı yapılan iri kömür zenginleştirme test cihazı, farklı firmalar tarafından modellenip geliştirilmiş olan ve endüstride kullanılmakta olan havalı jiglerin teknik özellikleri ve çalışma prensibine göre tasarlanmıştır.



Şekil 3.4 İmalatı gerçekleştirilen havalı jigın görüntüsü.

Şekil 3.4’de görülen cihazın üst tarafında bulunan bunkerden beslenen taneler bunker altında bulunan çarklı besleyici yardımıyla düzenli bir şekilde cihazın içindeki eleğin üzerine dökülmektedir. Eleğin vibrasyonu iki adet 0,15 Kw’lık vibrator motor ile sağlanmaktadır. Eleğe verilen vibrasyon ile elek üzerine düşen taneler çıkış kapısına doğru hareket etmektedirler. Bu esnada eleğin altından verilen biri sabit diğeri pulsasyonlu olan havanın etkisi altında kalan taneler çıkış kapısına doğru yol alırken tabakalaşmaktadır. Tabakalaşma neticesinde elek tabanına yayılan yüksek yoğunluktaki taneler ve bu tabakanın üzerinde biriken düşük yoğunluktaki taneler çıkış kapısına monte edilmiş olan bir plaka tarafından ayrılmaktadır. Ayrılan taneler ayrı ayrı bunkerlerin içerisine biriktirilmektedir.

Havalı jig üzerinde ilk test çalışmaları yapılmıştır. Test çalışmaları sonucunda eksiklikler ve ilave edilmesi gereken ekipmanlar tespit edilmiştir.

Cihaz üzerinde yapılan modifikasyon çalışmalarını maddeler halinde özetlemek gerekirse;

1- Sabit hava girişi cihazın yan tarafından değil eleğe hava tam dik gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Böylece pulsasyonlu havanın etkisiyle hareketlenen malzeme engelli çöküş klasifikasyonu yaparken elek altından gelen sabit hava tarafından dike yakın bir açıda etkilenmekte ve tanelerin tabakalaşması daha kolay olmaktadır.



Şekil 3.5 Eleğe alttan verilen pulsasyonlu hava sisteminin görüntüsü.

2- 90 cm uzunluğundaki eleğin alt tarafına eşit genişlikte olmak üzere iki adet konik şekilli hücre yapılmıştır. Bu hücrelerin her birine hem sabit hava hemde pulsasyonlu hava girişi bağlanmıştır. Yapılan bu değişiklikler ile her bir hücreye verilebilecek pulsasyonlu ve sabit hava miktarları kolaylıkla ayarlanabilecektir. Şekil 3.5’de görüldüğü gibi 15 bar basınca sahip bir kompresörden kırmızı hortum ile cihazın hemen altına monte edilmiş olan manometreye gelen hava buradan geçtikten sonra elektronik olarak kumanda edilen valflere ulaşmaktadır. Valflere elektronik bir kart

tarafından verilen komut sayesinde cihazın alt bölümünde bulunan iki ayrı konik hücre üzerine monte edilen havalı pistonlara açma kapama hareketi verilmektedir.

3- Basma fanı motruna ve vibratör motorlarına hız kontrol üniteleri bağlanarak, cihaz içerisine verilen havanın ve eleğe verilen vibrasyonun kontrol altında tutulmasına olanak sağlanmıştır.



Şekil 3.6 Pilot çapta imalatı yapılan tesisin görüntüsü.

Şekil 3.6'da görüntüsü verilen ve yapılan son modifikasyonlarla imalatı tamamlanan 1 t/h kapasiteli pilot çaptaki cihaz, 0,25 HP'lık 2 adet vibratör motordan, 900x400 mm boyutlarında bir elekten ve 35 HP gücündeki bir basma fanında oluşmaktadır. Bir dizi testler yapmak üzere hazır hale getirilen cihaz Soma Termik Santrali Kömür Hazırlama Servisi'nde uygun bir alana kurulmuştur.

3.4 Malzeme

Deneysel çalışmalarda Soma Termik Santralı 1-4 ünitelerine ait kazanlarda yakılmak üzere E.L.İ. tarafından Karanlıkdere, Işıklar ve Geventepe ocaklarından üretilen kömürler kullanılmıştır. Türkiye'deki kömür rezervlerinin büyük bir bölümü oluşturan Soma kömürü % 20 civarındaki nem oranı ile ASTM sınıflandırmasına göre Yarıbitümlü-A sınıfına girmektedir.

3.4.1 Numune Alma

Soma Termik Santralı 1-4 ünitelerine ait kazanlarda yakılmak üzere Karanlıkdere, Işıklar ve Geventepe ocaklarından gelen kömürlerden, kömür hazırlama tesisleri içerisinde bulunan otomatik numune alma sistemleri ile bir hafta süre ile numuneler alınarak biriktirilmiştir. Bir haftalık numune alma süresi içerisinde her günün sonunda numune kaplarında biriken kömürler kaplardan boşaltılarak geldiği bölgeye göre ayrı ayrı torbalanmıştır.

3.4.2 Numune Hazırlama

Bir hafta boyunca her bir bölge için ayrı ayrı biriktirilen kömürlerin tamamı laboratuvarında bulunan çeneli kırıcıda kırılmıştır. Kırma işleminden sonra kömürlerin tamamı elek analizine tabi tutulmuştur. Eleme işlemi sonucu oluşan her bir fraksiyonun tartımı alınarak % ağırlığı tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere hazır hale getirilen kömürlerin her bir fraksiyonundan kimyasal analiz ve yüzdürme-batırma testlerinde kullanmak üzere alınan numuneler etiketlenip torbalanmıştır.

3.5 Metot ve Test Yöntemleri

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere numunesi alınan kömürlere bir dizi analiz ve testler yapılmıştır. Bu bölümde söz konusu kömürlere uygulanan kimyasal analiz ve testlerin ayrıntıları sunulmaktadır. İlk olarak Otomatik numune alma cihazları ile standartlara uygun olarak alınan numunelerin tamamı 10 mm'nin altına kırılmıştır. Kırma işlemi termik santrale ait Kimya laboratuvarında bulunan Retsch marka laboratuvar tipi çeneli kırıcı ile gerçekleştirilmiştir. Kırılan kömürlerin tamamı 10, 5, 3, 1 mm'lik laboratuvar tipi eleklerde elenerek boyut analizine tabi tutulmuştur. Elek analizi sonucu oluşan her bir fraksiyon elektronik tartıda ayrı ayrı tartılarak ağırlık değerleri kaydedilmiştir. Kimyasal analiz ve Yüzdürme-batırma testlerinde kullanılmak üzere alınan numuneler etiketlendikten sonra 3 kg'lık naylon torbaların içerisine konularak torbaların ağızları hava almayacak şekilde bağlanmıştır.

3.5.1 Kimyasal Analiz Yöntemleri

Kimyasal Analizlerde kullanılmak üzere torbalanan kömürler fraksiyonlara göre ayrı ayrı torbalardan boşaltılarak nem, kül ve ısı değerinin tayini için analizlere tabi tutulmuştur. Kömür numunelerine ASTM standartlarına uygun olarak; nem (ASTM standart D 3173-73), kül (ASTM standart D 3174-73) ve ısı değeri (ASTM standart D 2015-66) tayinleri yapılmıştır.

3.5.2 Yüzdürme-Batırma Testi

Yüzdürme-batırma testleri ile kömürün yıkanabilirliği tespit edilmektedir. Yüzdürme-batırma testlerinin yapılabilmesi için çinko klorür çözeltisi kullanılarak 1,3 ila 1,8 g/cm³ aralığında farklı yoğunluklara sahip çözeltiler oluşturulmaktadır. Farklı yoğunluğa sahip sıvılarda teste tabi tutulan kömürlerin miktarlarına ve kimyasal analiz sonuçlarına göre yüzdürme-batırma tabloları oluşturulmaktadır. Oluşturulan tablodaki verilerden yararlanarak çizilen kömür yıkanabilirlik eğrileri ile kömür yıkanabilirliğin temel göstergeleri olan ara ürün miktarları ve $\pm 0,1$ yoğunluk

farkı değerleri birlikte değerlendirilerek kömürün yıkanabilirliği hakkında yorumlar yapılmaktadır.

Kömür yıkanabilirlik eğrilerinden kömürün yıkanabilirlik özelliği, kümülatif yüzen ve batan ağırlık miktarları ile kl oranları ve olası yıkama yoğunluğunda oluşacak ürün miktarları ve kalitesi tespit edilebilmektedir.

Çizilen kömür yıkanabilirlik eğrileri arasında kömür içindeki mineral madde dağılımının nasıl olduğunu gösteren ve kömür yıkanabilme özelliğini en iyi karakterize eden eğri, kl karakteristik eğrisidir. Kl karakteristik eğrisine göre kömürün yıkanabilirliği sayısal verilerle değerlendirilememekte, sadece çizilen eğrinin yapısına bakılarak kömürün yıkanabilirliği hakkında yorumlar yapılabilmektedir.

Kömürün olası yıkama yoğunluğundaki $\pm 0,1$ yoğunluk farkı değerleri ve ara ürün miktarları kömürün yıkanabilme özelliğini ortaya koyan diğer önemli verilerdir. Kömürün yıkanabilme özelliğinin iyi olabilmesi için $\pm 0,1$ yoğunluk farkı değerlerinin 10'dan küçük olması gerekmektedir. Bu değer % 15'i geçtiği zaman kömürün yıkanabilirliği zorlaşmaktadır. Yüzdürme-batırma testlerinde genelde $1,5 \text{ g/cm}^3$ 'te yüzen malzeme temiz kömür, $1,5-1,8 \text{ g/cm}^3$ fraksiyonuna ara ürün, $1,8 \text{ g/cm}^3$ 'te batanda artık olarak değerlendirilir. Ara rn miktarı da % 15'i geçtikten sonra kömürün yıkanabilirliği zorlaşmaktadır.

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere Soma Termik Santralı Kömür Hazırlama Servisinde bulunan otomatik numune alıcılar tarafından alınan kömür numuneleri Yüzdürme-batırma testlerine tabi tutulmuştur. Söz konusu kömürlere yapılan testlerin tamamı E.L.İ.'ye ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

3.6 Deneysel Çalışmalar ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Ülkemizde kömür rezervlerinin büyük kısmını oluşturan düşük kalorili linyitler, termik santrallerde yakılarak ekonomik olarak değerlendirilmekte ve enerjiye dönüştürülmektedir. Ege Linyitleri İşletmesine (ELİ) ait farklı ocaklardan üretilen düşük kalorili linyitler SEAŞ Genel Müdürlüğüne bağlı olan Kömür Hazırlama Servisine bant veya kamyonlarla taşınmaktadır.

Kömür Hazırlama Servisi tarafından, ELİ ile SEAŞ arasında yapılan kömür alım protokolünde belirtilen yerlerde teslim alınan kömürlere Cevher Hazırlama İşlemi uygulanmaktadır.

Cevher hazırlama işlemleri kapsamında kömürler kırıcılarda kırılarak 0-30 mm tane boyutuna indirilmektedir. Kırma işleminden sonra kömürler bant nakli ile numune alma istasyonuna taşınmaktadır. Numune alma istasyonunda otomatik olarak numunesi alınan kömürler transfer bantları ile taşınarak kömür stok makinaları (stacker) ile stoklanmaktadır. Stoktan kömürlerin kazan üstü bunkerlerine beslenmesi yine aynı makinalarla gerçekleştirilmektedir.

SEAŞ 1-4 ünitelerinin kazanları Soma merkez ocaklara ait kömür özelliğine göre dizayn edilmiştir. Bu durumda kazanlarda yakılan kömürlerin orijinal baz nem değerinin % 18-20, kuru baz kül değerinin de % 40-42 arasında olması istenmektedir. 1-4 üniteleri kazan tasarım değerine karşılık gelen bu özelliklere sahip kömüründe orijinal bazdaki kalori değeri 2160 ila 2640 arasında olmaktadır.

3.6.1 Elek Analizi Sonuçları

1-4 ünitelerinde yakılmak üzere Karanlıkdere, Geventepe ve Işıklar bölgelerinden gelen kömürlerden kömür hazırlama tesisleri içerisinde bulunan otomatik numune alma sistemleri ile 1 hafta süre ile numuneler alınmıştır. Alınan kömürler numune alma yöntemlerine göre azaltılarak laboratuarda bulunan çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra 10, 5, 3, 1 mm'lik eleklerde elenerek boyut analizine tabi tutulmuştur. Eleme

sonucu oluşan fraksiyonlardan numuneler alınarak nem, kül ve ısı değerini tespit etmek için analizler yapılmıştır.

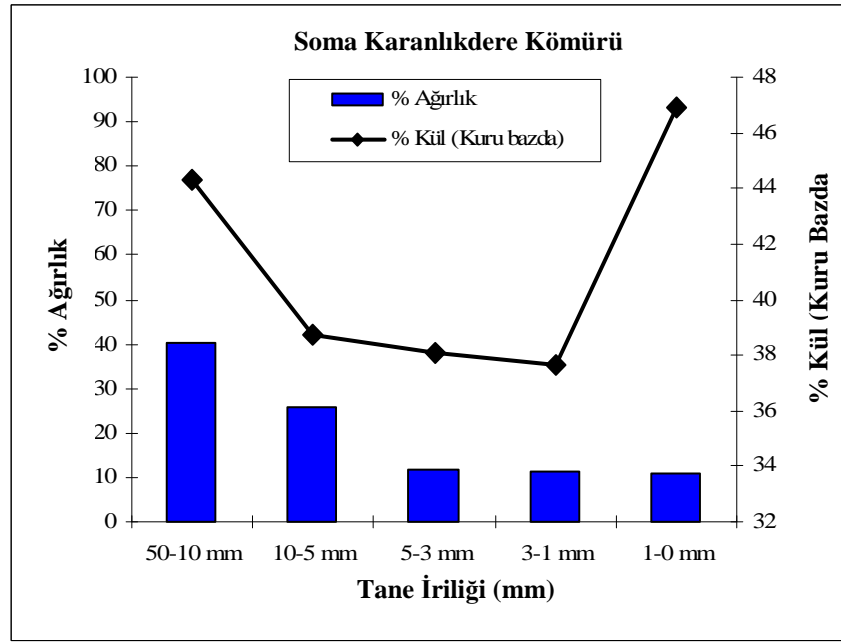
Analiz sonuçlarına göre sırası ile Karanlıkdere, Geventepe ve Işıklar kömürlerinin tane iriliği dağılımı ve kimyasal özelliklerini gösteren tablolar ve şekiller oluşturulmuştur.

3.6.1.1 Karanlıkdere Kömürünün Elek Analizi Sonuçları

Soma Karanlıkdere kömürü için Tablo 3.1 ve Şekil 3.7 birlikte değerlendirildiğinde, 1 hafta boyunca alınan ve naylon torbaların içerisinde muhafaza edilen kömürlerin nem kaybına uğramadığı ve nem oranının ortalama % 19,03 olduğu görülmektedir. Kömürün kırmaya karşı fiziksel mukavemetin olduğu ve buna bağlı olarak kırma işlemi sonucunda fazla ufalanmadığı görülmektedir. Bu nedenle kırma işleminden sonra elek analizine tabi tutulan kömürün büyük çoğunluğunun iri boyutta kaldığı ve % 40,44'ünün + 10 mm üzerinde olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 3.1 Soma Karanlıkdere Kömürü elek analizi sonuçları.

Tane İriliği (mm)	Soma-Karanlıkdere kömürü						
	Ağırlık, %	Σ Ağırlık, %	Orijinal Baz			Kuru Baz	
			Nem, %	Kül, %	Kalori	Kül, %	Kalori
50-10	40,44	100,00	18,40	36,15	2065	44,30	2663
10-5	25,70	59,56	18,72	31,46	2623	38,70	3362
5-3	11,62	33,86	19,40	30,71	2667	38,10	3450
3-1	11,29	22,24	20,10	30,07	2687	37,63	3510
1-0,0	10,95	10,95	20,55	37,29	1867	46,94	2501
Toplam	100,00		19,03		2327	41,68	

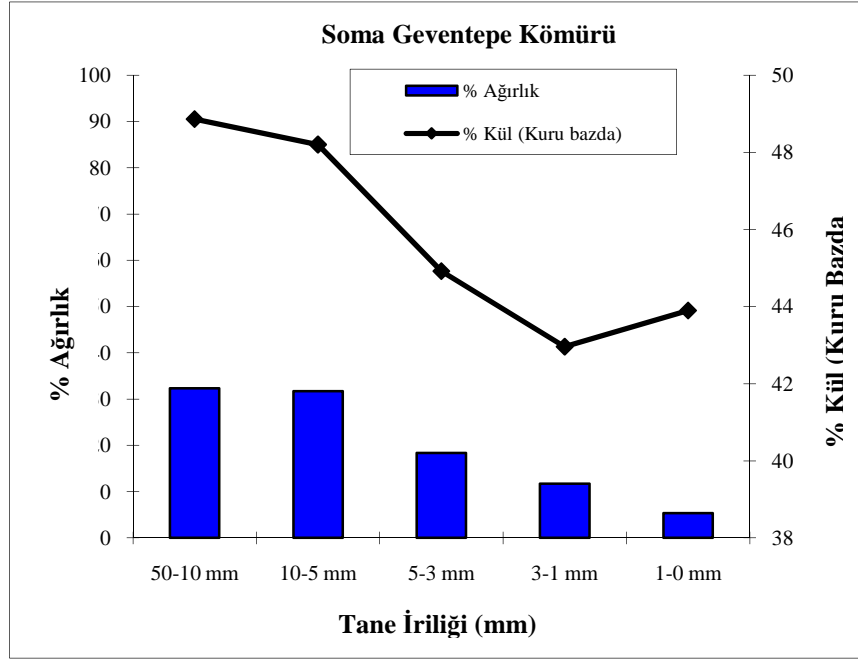


Şekil 3.7 Soma Karanlıkdere Kömürü elek fraksiyonu oranları ve kül dağılımları.

Kömürün fraksiyonel kül dağılımları incelendiğinde, tane iriliğindeki düşüğe bağlı olarak kömürün kül oranının azalarak 3-1 mm fraksiyonunda kuru bazda en düşük değer olan % 37,63'e düştüğü görülmektedir. Bu oran -1 mm fraksiyonunda tekrar artarak kuru bazda % 46,94 değerine ulaşmaktadır.

Kömürün ısı değerinin tane iriliğine göre değişimine bakıldığında, 1 mm fraksiyonuna kadar kömürün kül oranındaki azalmaya bağlı olarak ısı değerinin arttığı ve 3-1 mm fraksiyonunda orijinal bazda en yüksek değer olan 2687 kcal/kg'a ulaştığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Soma 1-4 ünitelerine ait kazanlarda yakılmak üzere E.L.İ tarafından Karanlıkdere kömür havzasından üretilip santrale teslim edilen kömürlerin orijinal bazda ortalama kalori değerinin 2327 olduğu ve bu değer optimum kazan tasarım değeri olan 2400 kcal/kg'a çok yakın olduğu görülmektedir. Bu veriler karanlıkdere kömürlerinin termik santral kazanlarından yük alabilmek için yeterli kaliteye sahip olduğu göstermektedir.



Şekil 3.8 Soma Geventepe Kömürü elek fraksiyonu oranları ve kül dağılımları.

Kömürün ısı değerinin tane iriliğine göre değişimine bakıldığında, tane iriliğindeki düşüğe bağlı olarak kül oranının azalması ile birlikte kömürün ısı değerinin arttığı, 3-1 mm fraksiyonunda orijinal bazda en yüksek değer olan 2237 kcal/kg'a ulaştığı görülmektedir.

Sonuç olarak, orijinal bazda ortalama ısı değeri 1843 kalori olan Soma Geventepe kömürleri, santrale teslim edildikten sonra kırma ve eleme işlemlerinden geçirilse dahi herhangi bir iyileştirmenin olmayacağı ancak kömürün santrale teslim edilmeden önce zenginleştirme işlemine tabi tutulması ile santral kazanlarının tasarım değerlerine ulaşacağı tahmin edilmektedir.

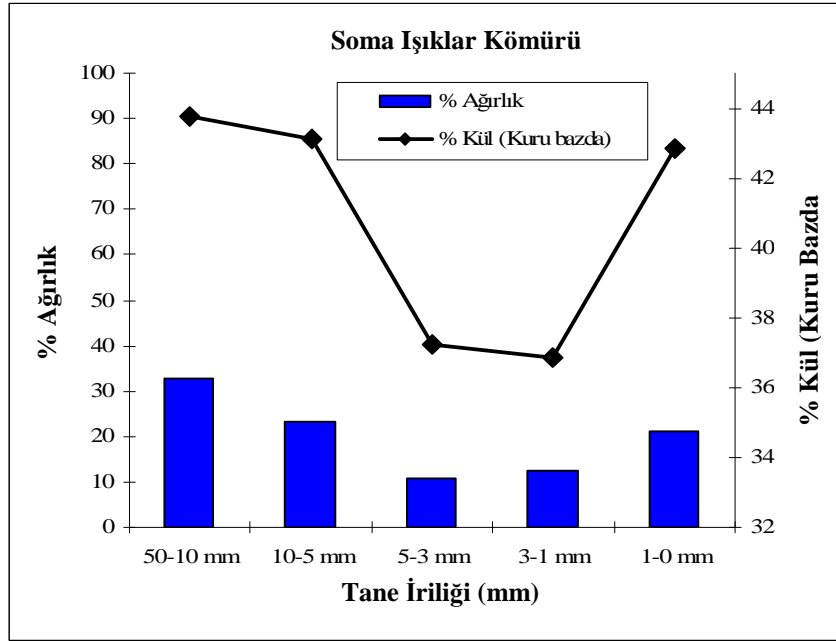
3.6.1.3 Işıklar Kömürünün Elek Analizi Sonuçları

Soma Işıklar kömürü için oluşturulan Tablo 3.3 ve Şekil 3.9 birlikte değerlendirildiğinde, karanlıkdere ve geventepe kömürlerine kıyasla ışıklar kömürünün kırılması esnasında daha fazla miktarda ince boyutlu malzemenin oluştuğu görülmektedir. Buna bağlı olarak kömür ile mineral maddenin fiziksel davranışını ortaya koyan fraksiyonel kül dağılımlarında azda olsa bir farklılık

olduğu, iri boyutta kuru bazda % 43,78 olan kül oranının azalarak 3-1 mm fraksiyonunda % 36,87'e düştüğü ve sonra tekrar artarak -1 mm fraksiyonunda % 42,84'e yükseldiği görülmektedir.

Tablo 3.3 Soma Işıklar Kömürü elek analizi sonuçları.

Tane İriğiği (mm)	Soma-Işıklar kömürü					Kuru Baz	
	Ağırlık, %	Σ Ağırlık, %	Orijinal Baz			Kül, %	Kalori
			Nem, %	Kül, %	Kalori		
50-10	32,76	100,00	16,80	36,43	2077	43,78	2615
10-5	23,03	67,24	18,46	35,14	2208	43,10	2700
5-3	10,92	44,21	19,14	30,09	2244	37,21	2914
3-1	12,28	33,29	19,55	29,66	2359	36,87	3074
1-0,0	21,01	21,01	20,01	34,27	2067	42,84	2730
Toplam	100,00		18,45	34,15	2158	41,84	



Şekil 3.9 Soma Işıklar Kömürü elek fraksiyonu oranları ve kül dağılımları.

Orijinal bazda ortalama ısı değeri 2158 kalori olan Işıklar kömürünün ısı değerinin tane iriliğine göre değişimine bakıldığında, tane iriliğindeki düşüşe bağlı olarak kül oranının azalması ile kömürün ısı değerinin arttığı ve bu oranın 3-1 mm fraksiyonunda 2359 kcal/kg değerine ulaştığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Soma Işıklar kömürünün ısı değerinin santral kazanlarının minimum tasarım değeri olan 2160 kcal/kg'a yakın bir değerde olduğu ancak tek başına santrale verilmesi durumunda, ekonomik ömrünü doldurmuş olan kazanlarda yük almanın zor olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda Soma Işıklar kömürünün stok sahasında bulunan kömür stok makinaları ile diğer bölgelerden gelen yüksek kalorili kömürler ile harmanlandıktan sonra kazanlarda yakılmak üzere hazır hale getirilmesi gerekmektedir.

3.6.2 Yüzdürme-Batırma Testi Sonuçları

Karanlıkdere, Geventepe ve Işıklar bölgelerine ait kömürlere yapılan elek analizi sonucu oluşan fraksiyonların her birinden yüzdürme batırma testlerinde kullanılmak üzere numuneler alınmıştır.

Alınan numunelerin testleri E.L.i'ye ait laboratuarlarda yapılmıştır. Yoğunlukları 1,3 g/cm³ ila 1.8 g/cm³ arasında değişen sıvılarda yüzdürme batırma testine tabi tutulan kömürler su ile yıkandıktan sonra kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan kömürlerin tartımı alındıktan sonra kül ve nem değerlerini tespit etmek üzere numuneler alınarak kimyasal analizler yapılmıştır.

Yüzdürme batırma testi ve kimyasal analiz sonuçlarına göre aşağıdaki tablolar oluşturulmuş ve kömürlerin yıkanabilirliği değerlendirilmiştir.

3.6.2.1 Karanlıkdere Kömürünü ait Yüzdürme-Batırma Testi Sonuçları

Tablo 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilen Soma Karanlıkdere kömürlerine ait fraksiyonel yüzdürme-batırma testi sonuçlarından, tane iriliği düştükçe mineral maddenin azalmasına bağlı olarak tüvenan kömür kül oranının azda olsa azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.4 Soma Karanlıkdere Kömürü 10-5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	26,69	6,06	26,69	6,06	100,00	38,66	13,35
1,3 - 1,4	9,56	12,71	36,25	7,81	73,31	50,53	31,47
1,4 - 1,5	5,64	25,31	41,89	10,17	63,75	56,20	39,07
1,5 - 1,6	4,10	31,88	45,99	12,10	58,11	59,20	43,94
1,6 - 1,7	3,82	39,58	49,81	14,21	54,01	61,28	47,90
1,7 - 1,8	2,41	45,03	52,22	15,63	50,19	62,93	51,02
1,8 Batan	47,78	63,83	100,00	38,66	47,78	63,83	76,11
Toplam	100,00	38,66					

Tablolardan kömürün tane iriliği düştükçe serbestleşmesinin arttığı, 10-5 mm fraksiyonunda 1,5 g/cm³'te yüzen kömür miktarının % 41,89 iken bu oranın 3-1 mm fraksiyonunda % 49,95 oranına yükseldiği görülmektedir.

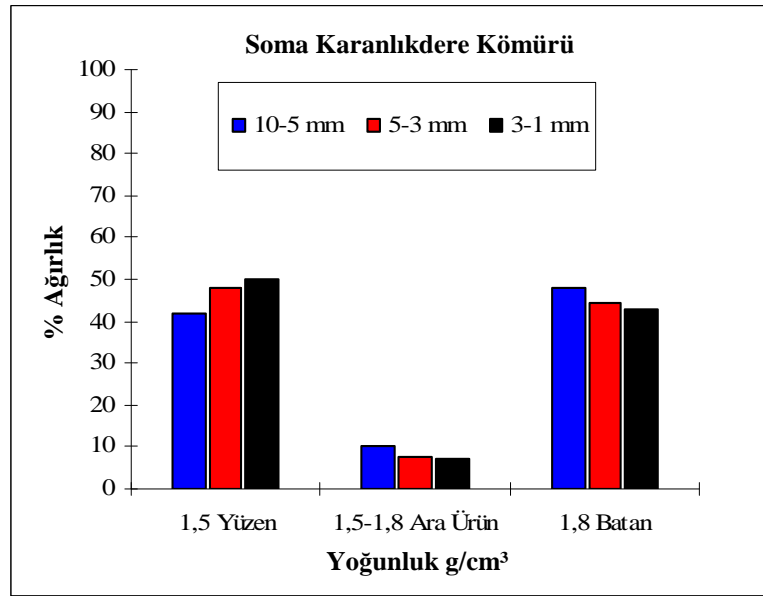
Tablo 3.5 Soma Karanlıkdere Kömürü 5-3 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	29,66	5,73	29,66	5,73	100,00	37,14	14,83
1,3 - 1,4	13,14	13,60	42,80	8,15	70,34	50,38	36,23
1,4 - 1,5	5,15	24,81	47,95	9,94	57,20	58,83	45,38
1,5 - 1,6	3,71	33,69	51,66	11,64	52,05	62,20	49,81
1,6 - 1,7	2,39	41,20	54,05	12,95	48,34	64,39	52,86
1,7 - 1,8	1,70	51,90	55,75	14,14	45,95	65,59	54,90
1,8 Batan	44,25	66,12	100,00	37,14	44,25	66,12	77,88
Toplam	100,00	37,14					

Tablo 3.6 Soma Karanlıkdere Kömürü 3-1 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	23,17	4,71	23,17	4,71	100,00	37,01	11,59
1,3 - 1,4	21,50	13,55	44,67	8,96	76,83	46,76	33,92
1,4 - 1,5	5,28	24,50	49,95	10,61	55,33	59,66	47,31
1,5 - 1,6	3,44	35,55	53,39	12,21	50,05	63,37	51,67
1,6 - 1,7	2,32	42,19	55,71	13,46	46,61	65,42	54,55
1,7 - 1,8	1,49	53,44	57,20	14,50	44,29	66,64	56,46
1,8 Batan	42,80	67,10	100,00	37,01	42,80	67,10	78,60
Toplam	100,00	37,01					

Bununla birlikte, kömürün yıkanabilme özelliğinin göstergesi olan fraksiyonel ara ürün miktarları dağılımı Şekil 3.10'da verilmektedir. Ara ürün miktarı % 15'i geçtiği zaman kömür yıkanabilirliği kötü kabul edilmektedir. Bu duruma göre soma karanlıkdere kömürünün fraksiyonel ara ürün miktarları tane iriliğindeki düşüşe paralel olarak azda olsa azaldığı ve 10-5 mm fraksiyonunda % 10,33 olan değer azalarak 3-1 mm'de % 7,25'e düştüğü görülmektedir. Ara ürün miktarlarına göre kömürlerin yıkanabilirliği değerlendirilecek olursa her fraksiyonda kömürün yıkanabilirliğinin iyi olduğu söylenebilir.



Şekil 3.10 Soma Karanlıkdere Kömürünün tane iriliği fraksiyonlarına göre temiz kömür (1,5 g/cm³ yüzen), ara Ürün (1,5 g/cm³-1,8 g/cm³) ve artık (1,8 g/cm³ batan) miktarları dağılımları.

Yıkanabilme özelliğini ortaya koyan diğer bir özellikte $\pm 0,1$ g/cm³ yoğunluk farkı değerleridir. Soma Karanlıkdere kömürlerinin her fraksiyon için ayrı ayrı yıkanabilme özelliğini ortaya koyabilmek için Tablo 3.7'deki veriler hesaplanmıştır. Kömürün yıkanabilme özelliğinin iyi olabilmesi için $\pm 0,1$ g/cm³ yoğunluk farkı değerlerinin 10'dan küçük olması gerekmektedir. Tablodaki değerler incelendiğinde, 1,5 g/cm³ ve üzeri yoğunluklarda bu değerlerin 10'dan küçük olduğu görülmektedir. Bu duruma göre bu yoğunluklarda kömürlerin yıkanabilme özelliğinin iyi olduğu söylenebilir.

Tablo 3.7 Soma Karanlıkdere Kömürü $\pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk farkı değerleri.

Yoğunluk g/cm^3	$\pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk farkı değerleri		
	10-5	5-3	3-1
1,4	15,20	18,29	26,78
1,5	9,74	8,86	8,72
1,6	7,92	6,10	5,76
1,7	6,23	4,09	3,81

Soma Karanlıkdere kömürlerinin yıkanabilirliğini tespit etmek amacıyla oluşturulan tablolardan elde edilen verilerin tamamı birlikte değerlendirildiğinde, kömürüne ait her üç fraksiyonunda $1,5 \text{ g/cm}^3$ 'ün üzerindeki yoğunluklarda kolay yıkanabilir olduğu görülmüştür.

3.6.2.2 Geventepe Kömürünü ait Yüzdürme-Batırma Testi Sonuçları

Soma Geventepe kömürünün yıkanabilirliği tespit etmek amacıyla yapılan fraksiyonel yüzdürme-batırma testi sonuçları Tablo 3.8, 3.9 ve 3.10'da verilmektedir. Tablolardan, tüvenan kömürün tane iriliği düştükçe kömürün kül oranının azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.8 Soma Geventepe Kömürü 10-5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm^3	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		$y=a_0+a_1/2$
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	4,38	4,82	4,38	4,82	100,00	47,95	2,19
1,3 - 1,4	11,47	12,45	15,85	10,34	95,62	49,93	10,12
1,4 - 1,5	10,77	25,30	26,62	16,39	84,15	55,04	21,24
1,5 - 1,6	8,21	35,46	34,83	20,89	73,38	59,40	30,73
1,6 - 1,7	7,25	44,85	42,08	25,02	65,17	62,42	38,46
1,7 - 1,8	5,96	53,40	48,04	28,54	57,92	64,61	45,06
1,8 Batan	51,96	65,90	100,00	47,95	51,96	65,90	74,02
Toplam	100,00	47,95					

Farklı fraksiyonlardaki kömürlerin belli bir yoğunlukta yıkama işlemine tabi tutulması durumunda tane iriliğindeki değişime bağlı olarak temiz kömür miktarının da değişeceği görülmektedir. Örneğin, her üç fraksiyonunda $1,6 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda yıkandığı düşünülürse, tane iriliğindeki düşüşe paralel olarak elde edilecek yüzen kömür miktarları sırası ile % 34,83, % 43,62, % 48,78 olacağı görülmektedir.

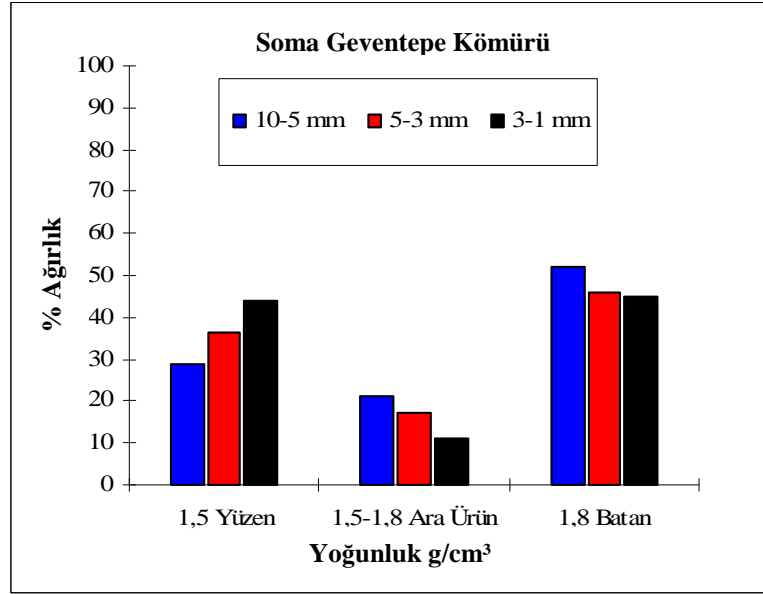
Tablo 3.9 Soma Geventepe Kömürü 5-3 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	8,01	4,90	8,01	4,90	100,00	44,71	4,01
1,3 - 1,4	18,75	14,68	26,76	11,75	91,99	48,17	17,39
1,4 - 1,5	9,80	23,26	36,56	14,84	73,24	56,75	31,66
1,5 - 1,6	7,06	35,40	43,62	18,17	63,44	61,92	40,09
1,6 - 1,7	5,76	46,80	49,38	21,51	56,38	65,24	46,50
1,7 - 1,8	4,54	55,53	53,92	24,37	50,62	67,34	51,65
1,8 Batan	46,08	68,50	100,00	44,71	46,08	68,50	76,96
Toplam	100,00	44,71					

Tablo 3.10 Soma Geventepe Kömürü 3-1 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	7,79	4,43	7,79	4,43	100,00	42,42	3,90
1,3 - 1,4	22,57	13,65	30,36	11,28	92,21	45,63	19,08
1,4 - 1,5	13,83	27,26	44,19	16,28	69,64	56,00	37,28
1,5 - 1,6	4,59	35,80	48,78	18,12	55,81	63,12	46,49
1,6 - 1,7	3,92	45,60	52,70	20,16	51,22	65,57	50,74
1,7 - 1,8	2,43	58,26	55,13	21,84	47,30	67,22	53,92
1,8 Batan	44,87	67,71	100,00	42,42	44,87	67,71	77,57
Toplam	100,00	42,42					

Soma Geventepe kömürlerinin tane iriliğindeki değişime bağlı olarak yıkanabilirliği değerlendirmek üzere ara ürün miktarlarının dağılımını gösteren Şekil 3.11'deki değerler incelendiğinde, 10-5 mm fraksiyonunda % 26,62 olan ara ürün miktarlarının, 3-1 mm fraksiyonunda % 10,94'e düştüğü görülmektedir. Buna göre kömürün tane iriliğindeki azalmaya bağlı olarak serbestleşmesinin arttığı, 10-5 ve 5-3 fraksiyonlarında kötü olan yıkanabilirliğinin 3-1 mm fraksiyonunda iyileştiği söylenebilir. Bu sonucu Tablo 3.11'de verilen $\pm 0,1$ yoğunluk farkı değerlerinin tane iriliğindeki düşüşe paralel olarak azalması ve 3-1 mm fraksiyonunda % 8,51'e düşmesi teyit etmektedir.



Şekil 3.11 Soma Geventepe Kömürünün tane iriliği fraksiyonlarına göre temiz kömür (1,5 g/cm³ yüzen), ara ürün (1,5 g/cm³-1,8 g/cm³) ve artık (1,8 g/cm³ batan) miktarları dağılımları.

Tablo 3.11 Soma Geventepe Kömürü $\pm 0,1$ g/cm³ yoğunluk farkı değerleri.

Yoğunluk g/cm ³	$\pm 0,1$ g/cm ³ yoğunluk farkı değerleri		
	10-5	5-3	3-1
1,4	22,24	28,55	36,40
1,5	18,98	16,86	18,42
1,6	15,46	12,82	8,51
1,7	13,21	10,30	6,35

Soma Geventepe kömürlerinin yıkanabilirliğini tespit etmek amacıyla oluşturulan tablolar birlikte değerlendirildiğinde, kömürlerin 10-5 ve 5-3 mm fraksiyonlarında, 1,6 g/cm³ ve üzeri yoğunluklarda yıkanabilirliğinin orta düzeyde olduğu, 3-1 mm fraksiyonunda ise daha kolay yıkanabilir olduğu söylenebilir.

3.6.2.3 Işıklar Kömürünü ait Yüzdürme-Batırma Testi Sonuçları

Soma Işıklar kömürüne ait yüzdürme-batırma testi sonuçları değerlendirilmiştir. Söz konusu kömürlerin fraksiyonel test sonuçlarının derlendiği Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14'e bakıldığında, tane iriliğindeki düşüşe bağlı olarak mineral madde oranının düştüğü ve tüvenan kömürün kül oranının da azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.12 Soma Işıklar Kömürü 10-5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	12,28	5,10	12,28	5,10	100,00	42,95	6,14
1,3 - 1,4	13,32	11,60	25,60	8,48	87,72	48,25	18,94
1,4 - 1,5	6,87	22,72	32,47	11,49	74,40	54,81	29,04
1,5 - 1,6	4,17	34,65	36,64	14,13	67,53	58,08	34,56
1,6 - 1,7	4,64	43,92	41,28	17,48	63,36	59,62	38,96
1,7 - 1,8	3,43	52,35	44,71	20,15	58,72	60,86	43,00
1,8 Batan	55,29	61,39	100,00	42,95	55,29	61,39	72,36
Toplam	100,00	42,95					

Tablo 3.13 Soma Işıklar Kömürü 5-3 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

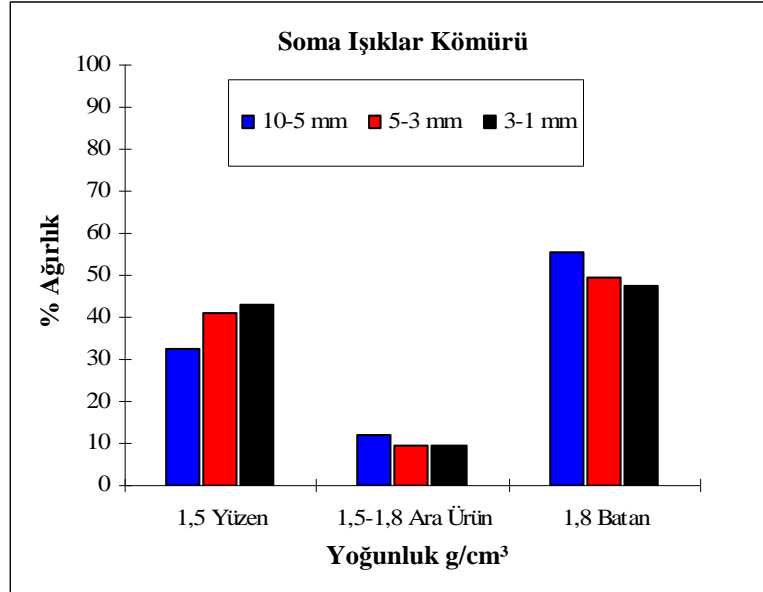
Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	15,99	4,42	15,99	4,42	100,00	38,03	8,00
1,3 - 1,4	16,35	10,50	32,34	7,49	84,01	44,42	24,17
1,4 - 1,5	8,53	22,44	40,87	10,61	67,66	52,62	36,61
1,5 - 1,6	3,57	32,26	44,44	12,35	59,13	56,98	42,66
1,6 - 1,7	3,42	37,80	47,86	14,17	55,56	58,56	46,15
1,7 - 1,8	2,61	48,45	50,47	15,94	52,14	59,93	49,17
1,8 Batan	49,53	60,53	100,00	38,03	49,53	60,53	75,24
Toplam	100,00	38,03					

Tablo 3.14 Soma Işıklar Kömürü 3-1 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma testi sonuçları.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
1,3 Yüzen	15,02	4,80	15,02	4,80	100,00	36,89	7,51
1,3 - 1,4	17,91	11,46	32,93	8,42	84,98	42,56	23,98
1,4 - 1,5	10,12	23,41	43,05	11,95	67,07	50,87	37,99
1,5 - 1,6	3,55	35,21	46,60	13,72	56,95	55,75	44,83
1,6 - 1,7	3,68	41,72	50,28	15,77	53,40	57,11	48,44
1,7 - 1,8	2,40	47,40	52,68	17,21	49,72	58,25	51,48
1,8 Batan	47,32	58,80	100,00	36,89	47,32	58,80	76,34
Toplam	100,00	36,89					

Tablolardaki ve Şekil 3.12’de verilen sonuçlara göre her fraksiyon için kömürün yıkanabilirliği ayrı ayrı incelendiğinde, tane iriliğindeki düşüşe bağlı olarak ara ürün miktarlarının azaldığı ve bu oranların 10-5 mm fraksiyonunda % 12,24 iken 3-1 mm’de % 9,63 olduğu görülmektedir. Bu verilerle birlikte Tablo 3.15’de hesaplanan fraksiyonel $\pm 0,1$ yoğunluk farkı değerleri birlikte değerlendirildiğinde, $1,6 \text{ g/cm}^3$ ve

üzeri yoğunluklardaki her fraksiyonda kömürün yıkanabilme özelliğinin iyi olduğu söylenebilir.



Şekil 3.12 Soma Işıklar Kömürünün tane iriliği fraksiyonlarına göre temiz Kömür (1,5 g/cm³ yüzen), ara ürün (1,5 g/cm³-1,8 g/cm³) ve artık (1,8 g/cm³ batan) miktarları dağılımları.

Tablo 3.15 Soma Işıklar Kömürü $\pm 0,1$ g/cm³ yoğunluk farkı değerleri.

Yoğunluk g/cm ³	$\pm 0,1$ g/cm ³ yoğunluk farkı değerleri		
	10-5	5-3	3-1
1,4	20,19	24,88	28,03
1,5	11,04	12,10	13,67
1,6	8,81	6,99	7,23
1,7	8,07	6,03	6,08

Soma Işıklar kömürlerinin yıkanabilirliğini tespit etmek amacıyla oluşturulan tablolar birlikte değerlendirildiğinde, her üç fraksiyonda da 1,6 g/cm³'ün üzerindeki yoğunluklarda kömürlerin kolay yıkanabilir olduğu söylenebilir.

3.6.3 Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

Elek analizi ile fraksiyonlara ayrılan kömürler imalatı tamamlanan cihazlarda zenginleştirme işlemine tabi tutulmuştur. İlk testler 0-10 mm ince tane iriliğindeki kömürlerde yapılmıştır. 10-5, 5-3 ve 3-1 mm fraksiyonlarına ayrılmış olan kömürler

ayrı ayrı cihaza beslenerek zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Zenginleştirme işlemi esnasında atık ve temiz kömür bunkerlerine gelen malzemeler incelenerek cihazın çalışma parametrelerinde değişiklikler yapılmış ve cihaz belli bir süre sonra rejime girdikten sonra hem atıktan hem de temiz kömürden numuneler alınmıştır.

Zenginleştirme işlemi bittikten sonra atık ve temiz kömür bunkerlerinde ayrı ayrı biriken taş ve temiz kömürler tartılmak üzere çuvallanmıştır. Tartımı alınan taş ve kömürlerden cihazın ayırma performansını tespit etmek için numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin yüzdürme-batırma testleri E.L.İ'ye ait laboratuarda kimyasal analizler ise Soma Termik Santralına ait kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.6.3.1 Karanlıkdere Kömürüne ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

Soma Karanlıkdere kömürleriyle yapılan kuru zenginleştirme testlerinin sonuçları Tablo 3.16, 3.17 ve 3.18'de verilmektedir. 10-5 mm fraksiyonu ile yapılan testler sonucunda elde edilen verilen derlendiği tablo 3.16 incelendiğinde, aynı vakum değerlerinde ($-\Delta P = 60 \text{ mmSS}$) cihazın eğimi arttırıldıkça temiz kömür miktarlarının arttığı bununla birlikte % kül oranlarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre cihazın eğimi 4^0 'ye ayarlanarak yapılan testlerde, % 28,76 kül oranı ile % 48,42 olan temiz kömür miktarı artarak 6^0 'de % 20,20 kül oranı ile % 56,65 değerine ulaşmıştır.

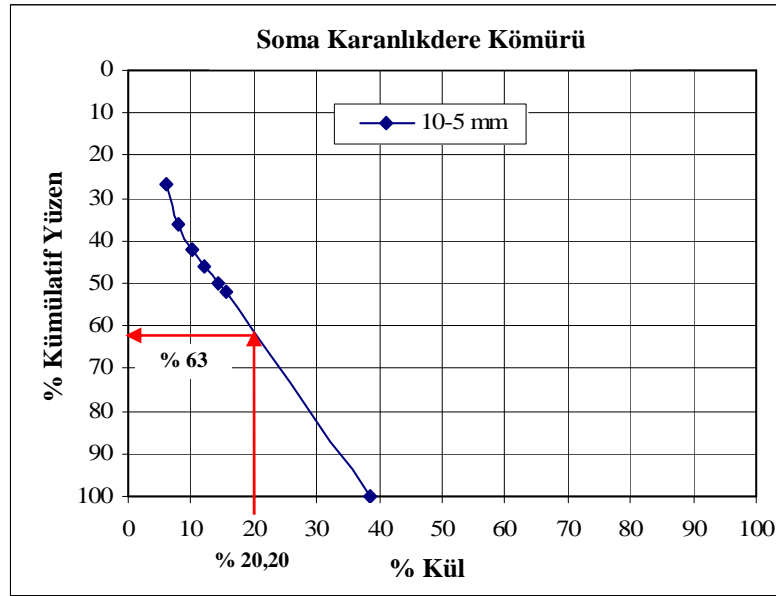
Tablo 3.16 10-5 mm tane iriliğindeki Soma Karanlıkdere Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 10-5 mm										
Eğim	- ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4^0	60	40	49,42	28,76	49,52	48,85	2,06	18,24	100,00	38,70
5^0	60	40	52,65	25,84	45,07	53,14	2,28	22,19	100,00	38,70
6^0	60	40	56,65	20,20	39,60	68,80	3,75	24,21	100,00	38,70
7^0	60	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

Yine aynı fraksiyonda yapılan testler esnasında cihazın eğimi arttıkça toz miktarlarının azda olsa arttığı, 4^0 eğimde % 2,06 olan değer aynı vakum değerinde cihazın eğimi 6^0 'ye çıkarıldığında % 3,75 olduğu gözlenmektedir. Cihazın eğimi arttıkça elek içerisine giren kömürlerin emiş ağzına daha yakın olmasından dolayı bu sonucun ortaya çıktığı düşünülmektedir.

10-5 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için yüzdürme batırma testi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak söz konusu fraksiyona ait kümülatif yüzen değerlerin gösterildiği Şekil 3.13 çizilmiştir.

Bu şekil üzerinde % 20,20 kül değerinden kümülatif yüzen eğrisine bir dik çıkıldığında sonrada x eksenine bir paralel çizildiğinde elde edilmesi gereken teorik kümülatif yüzen miktarının % 63 olduğu bulunmaktadır. Fiili değer olan % 56,65 bu değere bölünmesi ile kömür kazanma verimi hesaplanmaktadır. Buna göre 10-5 mm fraksiyonunda yapılan testlerde kömür kazanma veriminin % 89,92 olduğu hesaplanmaktadır.



Şekil 3.13 Soma Karanlıkdere Kömürü 10-5 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

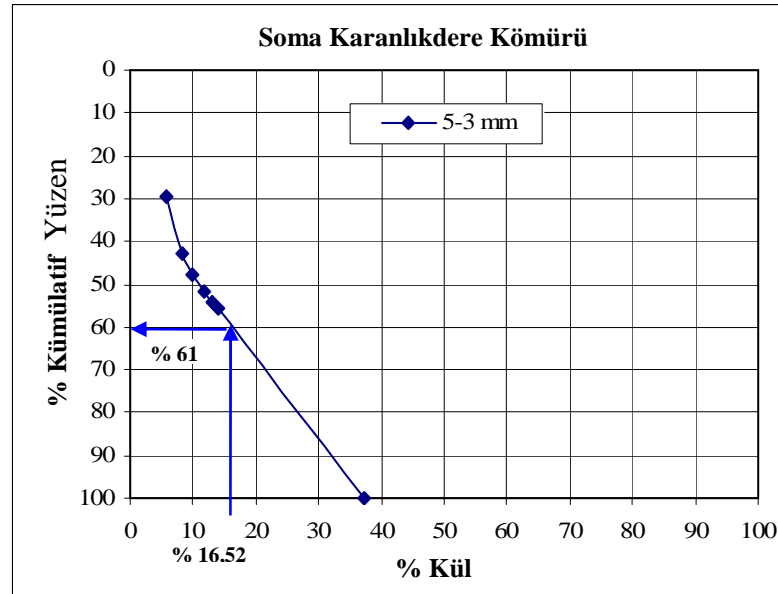
Tablo 3.17’de 5-3 mm fraksiyonunda yapılan testlerin sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlara göre cihazın eğimi arttıkça aynı vakum değerlerinde temiz kömür miktarlarının arttığı ve % kül değerlerinin de azaldığı görülmektedir.

Toz değerlerinin, 10-5 mm fraksiyonunda olduğu gibi aynı çalışma parametrelerinde sadece cihazın eğimi arttığında bir miktar artmaktadır.

Tablo 3.17 5-3 mm tane iriliğindeki Soma Karanlıkdere Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 5-3 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
4 ⁰	60	40	47,65	28,50	49,90	49,20	2,45	19,50	100,00	38,10
5 ⁰	60	40	49,15	22,83	47,70	54,42	3,15	20,82	100,00	38,10
6 ⁰	60	40	55,20	16,52	40,55	67,70	4,25	25,34	100,00	38,10
7 ⁰	60	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

5-3 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek Şekil 3.14 çizilmiştir. % 16,52 kül oranı ile elde edilen % 55,20 fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.14'ten bulunan teorik miktar olan % 61'e bölündüğünde kömür kazanma verimi % 90,49 olarak bulunmaktadır.



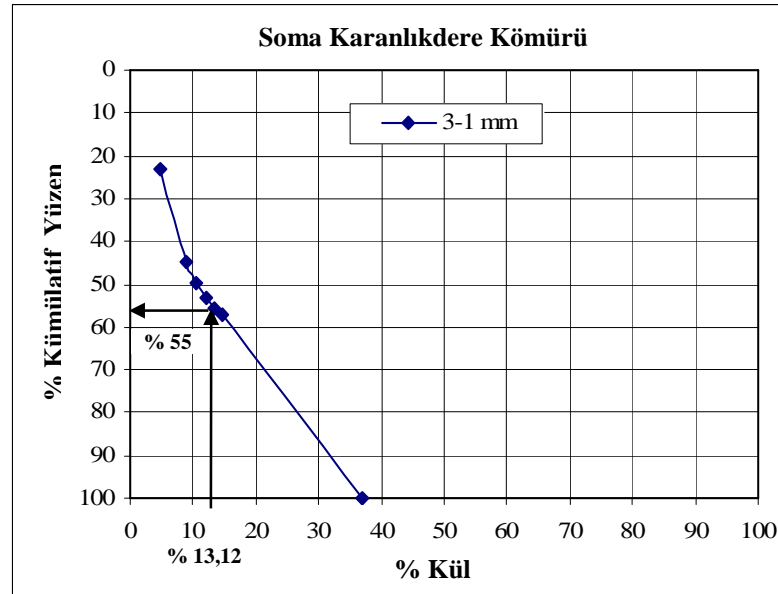
Şekil 3.14 Soma Karanlıkdere Kömürü 5-3 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

3-1 mm fraksiyonu ile yapılan testler sonucunda elde edilen verilen derlendiği Tablo 3.18 incelendiğinde, testler esnasında 60 mmSS vakum değerinde malzemenin büyük çoğunluğunu fan tarafından emildiği gözlenerek bu değer (-ΔP =40 mmSS) indirildiği, cihazın eğimi artırıldıkça temiz kömür miktarlarının arttığı bununla birlikte % kül oranlarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre cihazın eğimi 4⁰'ye ayarlanarak yapılan testlerde, % 28,67 kül oranı ile % 39,48 olan temiz kömür miktarı artarak 6⁰'de % 13,12 kül oranı ile % 53,11 değerine ulaşmıştır.

Tablo 3.18 3-1 mm tane iriliğindeki Soma Karanlıkdere Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 3-1 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4 ⁰	40	40	39,48	28,67	56,20	45,22	4,32	20,15	100,00	37,63
5 ⁰	40	40	48,05	23,45	46,45	54,80	4,50	23,10	100,00	37,63
6 ⁰	40	40	53,11	13,12	39,94	69,70	6,95	26,68	100,00	37,63
7 ⁰	40	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

Toz miktarlarının ise vakum değerinin azalmasına rağmen düşmediği ve % 6,95 değerine yükseldiği görülmektedir. 3-1 mm fraksiyonuna ait kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için kümülatif yüzen eğrisinin çizildiği Şekil 3.15 oluşturulmuştur.

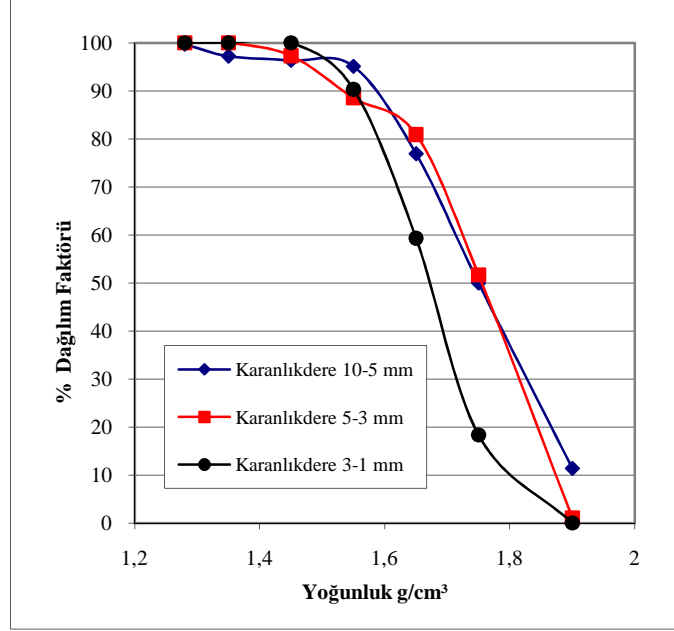


Şekil 3.15 Soma Karanlıkdere Kömürü 3-1 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

3-1 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için % 53,11 olan fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.15'den bulunan teorik miktar olan % 55'e bölünmüş ve kömür kazanma verimi % 96,56 olarak bulunmuştur.

Soma Karanlıkdere kömürüne ait her üç fraksiyon için kuru zenginleştirme işleminde elde edilen performansı değerlendirmek üzere Şekil 3.16'da verilen tromp

eğrileri oluşturulmuştur. Tane iriliğindeki değişime bağlı olarak cihazın ayırma performansı değerlendirildiğinde, 3-1 mm tane iriliğindeki kömüre ait eğrinin dike daha yakın olduğu ve eğrinin uçlarında bükülmenin olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.16 Soma Karanlıkdere Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

Çizilen tromp eğrileri ile birlikte Tablo 3.19'da Soma Karanlıkdere kömürlerine ait kuru zenginleştirme testleri sonucunda hesaplanan E_p ve ayırma sınır yoğunlukları değerlendirildiğinde; tane iriliğindeki düşüğe bağlı olarak E_p değerlerinin ve ayırma sınır yoğunluklarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuçlara bağlı olarak tane iriliği düştükçe ayırma performansının arttığı söylenebilir.

Tablo 3.19 Soma Karanlıkdere Kömürleri İçin elde edilen ayırma sınır yoğunlukları ve E_p değerleri.

Tane İriliği (mm)	D_{50} (g/cm³)	E_p
10-5	1,75	0,095
5-3	1,77	0,07
3-1	1,69	0,05

Karanlıkdere kömürü için oluşturulan tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, tane iriliği düştükçe besleme malı kül oranının ve temiz kömür miktarlarının azaldığı görülmektedir. Bunun yanında, ayrı ayrı fraksiyonlarda yapılan testlerde cihazın eğimi arttıkça temiz kömür miktarının arttığı ve kül oranının azaldığı görülmektedir.

Tane iriliği düştükçe ve her fraksiyonda yapılan testlerde cihazın eğimi arttırıldıkça % toz miktarının arttığı görülmektedir. Bunu paralel olarak elde edilen tozun % kül değeri de artmaktadır. Tane iriliğindeki azalmaya bağlı olarak kömür kazanma verimlerinin arttığı görülmektedir.

3.6.3.2 Geventepe Kömürüne ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

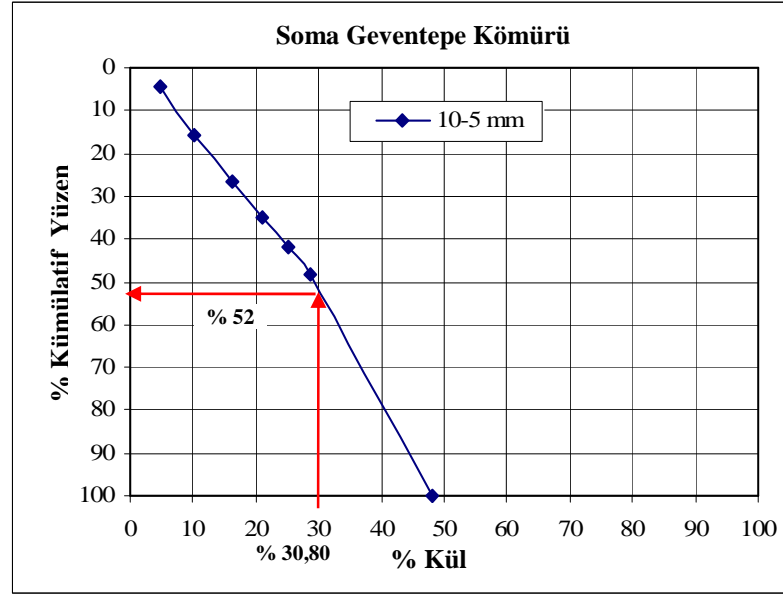
Soma Geventepe kömürleriyle yapılan kuru zenginleştirme testlerinin sonuçları Tablo 3.20, 3.21 ve 3.22’de verilmektedir. 10-5 mm fraksiyonu ile yapılan testler sonucunda elde edilen verilen derlendiği Tablo 3.20 incelendiğinde, aynı vakum değerlerinde ($-\Delta P = 80 \text{ mmSS}$) cihazın eğimi arttırıldıkça temiz kömür miktarlarının arttığı bununla birlikte % kül oranlarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre cihazın eğimi 4^0 ’ye ayarlanarak yapılan testlerde, % 40,80 kül oranı ile % 34,79 olan temiz kömür miktarı artarak 6^0 ’de % 30,80 kül oranı ile % 43,42 değerine ulaşmıştır.

Tablo 3.20 10-5 mm tane iriliğindeki Soma Geventepe Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriği 10-5 mm										
Eğim	- ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4^0	80	40	34,79	40,80	60,15	50,68	5,12	28,30	100,00	48,20
5^0	80	40	37,07	34,30	55,70	56,30	7,23	33,22	100,00	48,20
6^0	80	40	43,42	30,80	47,16	69,32	9,42	39,20	100,00	48,20
7^0	80	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

Yine aynı fraksiyonda yapılan testler esnasında cihazın eğimi arttııkça toz miktarlarının azda olsa arttığı, 4^0 eğimde % 5,12 olan değerin aynı vakum değerinde cihazın eğimi 6^0 ’ye çıkarıldığında % 8,42 olduğu gözlenmektedir.

10-5 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için yüzdürme batırma testi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak söz konusu fraksiyona ait kümülatif yüzen değerlerin gösterildiği Şekil 3.17 çizilmiştir.



Şekil 3.17 Soma Geventepe Kömürü 10-5 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

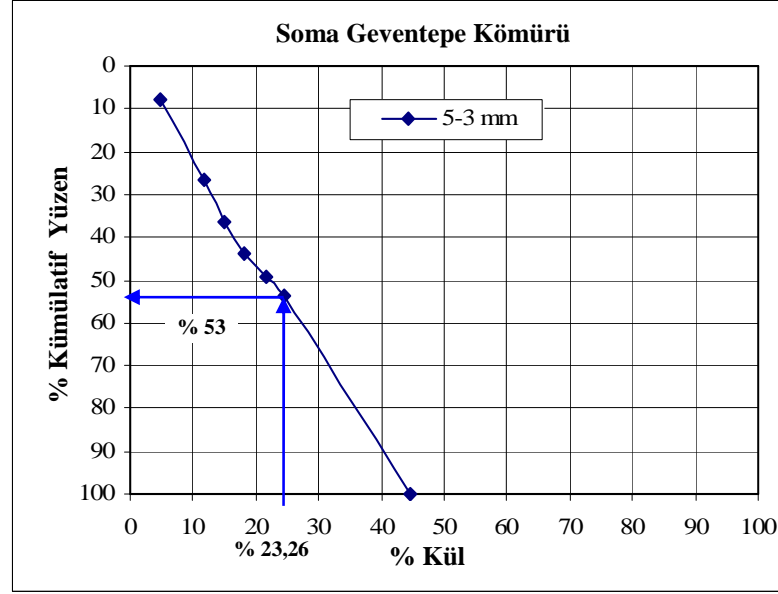
Bu şekil üzerinde % 30,80 kül değerinden kümülatif yüzen eğrisine bir dik çıkıldığında sonrada x eksenine bir paralel çizildiğinde elde edilmesi gereken teorik kümülatif yüzen miktarının % 52 olduğu bulunmaktadır. Fiili değer olan % 43,42 bu değere bölünmesi ile kömür kazanma verimi hesaplanmaktadır. Buna göre 10-5 mm fraksiyonunda yapılan testlerde kömür kazanma veriminin % 83,50 olduğu hesaplanmaktadır.

Tablo 3.21’de 5-3 mm fraksiyonunda yapılan testlerin sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlara göre cihazın eğimi arttıkça aynı vakum değerlerinde temiz kömür miktarlarının arttığı ve % kül değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Toz değerlerinin, 10-5 mm fraksiyonunda olduğu gibi aynı çalışma parametrelerinde sadece cihazın eğimi arttığında bir miktar artmaktadır.

Tablo 3.21 5-3 mm tane iriliğindeki Soma Geventepe Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 5-3 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Mali	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4 ⁰	80	40	40,76	38,47	53,63	48,50	5,61	28,85	100,00	44,92
5 ⁰	80	40	44,95	32,00	47,15	57,13	7,90	32,48	100,00	44,92
6 ⁰	80	40	45,51	23,26	42,08	71,27	12,41	38,78	100,00	44,92
7 ⁰	80	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

5-3 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek Şekil 3.18 çizilmiştir. % 23,26 kül oranı ile elde edilen % 45,51 fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.18'den bulunan teorik miktar olan % 53'e bölündüğünde kömür kazanma verimi % 85,87 olarak bulunmaktadır.



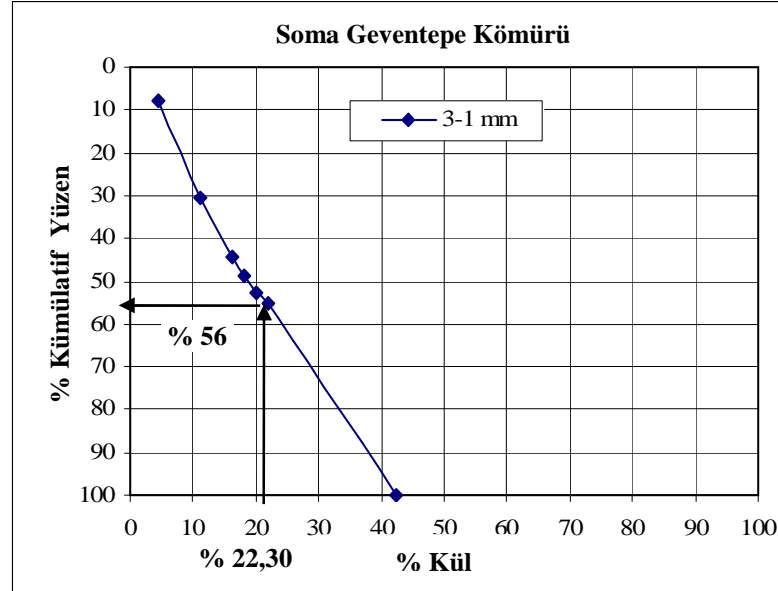
Şekil 3.18 Soma Geventepe Kömürü 5-3 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

3-1 mm fraksiyonu ile yapılan testler sonucunda elde edilen verilen derlendiği Tablo 3.22 incelendiğinde, testler esnasında 80 mmSS vakum değerinde malzemenin büyük çoğunluğunu fan tarafından emildiği gözlenerek bu değer ($-\Delta P = 60 \text{ mmSS}$) indirildiği, cihazın eğimi arttırıldıkça temiz kömür miktarlarının arttığı bununla birlikte % kül oranlarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre cihazın eğimi 4^0 ye ayarlanarak yapılan testlerde, % 35,65 kül oranı ile % 39,21 olan temiz kömür miktarı artarak 6^0 de % 22,30 kül oranı ile % 50,32 değerine ulaşmıştır.

Tablo 3.22 3-1 mm tane iriliğindeki Soma Geventepe Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

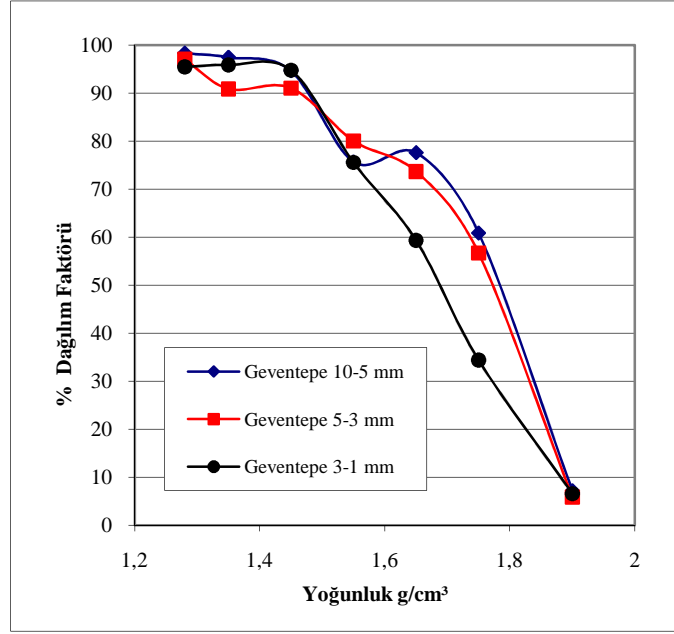
Tane İriliği 3-1 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4 ⁰	60	40	39,21	35,65	51,74	49,21	9,05	35,81	100,00	42,96
5 ⁰	60	40	45,76	28,30	45,03	57,85	9,21	36,22	100,00	42,96
6 ⁰	60	40	50,32	22,30	36,21	72,41	13,47	39,80	100,00	42,96
7 ⁰	60	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

3-1 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için % 50,32 olan fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.19'dan bulunan teorik miktar olan % 56'ya bölünmüş ve kömür kazanma verimi % 89,86 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.19 Soma Geventepe Kömürü 3-1 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

Şekil 3.20'de çizilen tromp eğrileri ile birlikte Tablo 3.23'de Soma Geventepe kömürlerine ait kuru zenginleştirme testleri sonucunda hesaplanan E_p ve ayırma sınır yoğunlukları değerlendirildiğinde; tane iriliğindeki düşüğe bağlı olarak E_p değerlerinin ve ayırma sınır yoğunluklarının azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.20 Soma Geventepe Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

Tablo 3.23 Soma Geventepe Kömürleri için elde edilen ayırma sınır yoğunlukları ve Ep değerleri.

Tane İriliği (mm)	D_{50} (g/cm ³)	Ep
10-5	1,79	0,15
5-3	1,78	0,12
3-1	1,72	0,12

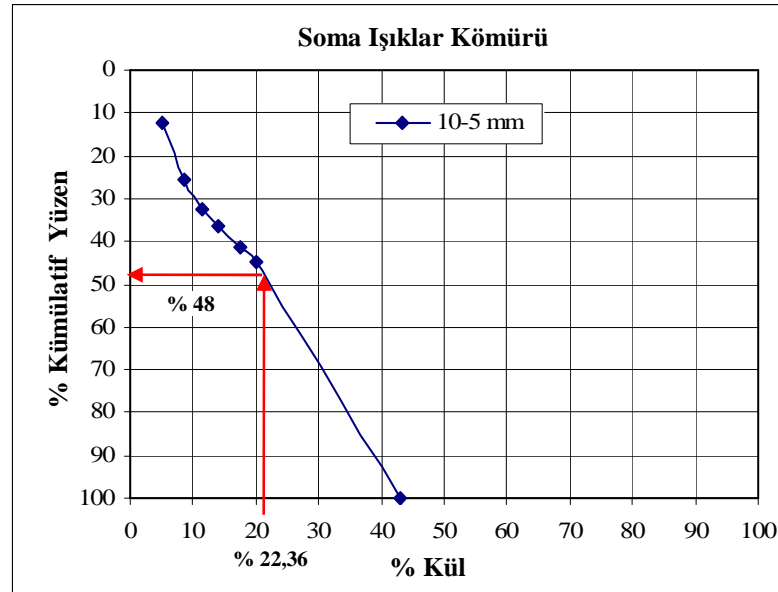
3.6.3.3 Işıklar Kömürüne ait Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

Tablo 3.24, 3.25 ve 3.26'da Soma Işıklar kömürleriyle yapılan kuru zenginleştirme testlerinin sonuçları verilmektedir. 10-5 mm fraksiyonu ile yapılan testlerde vakum değeri $-\Delta P = 80 \text{ mmSS}$ olarak ayarlanmıştır. Aynı vakum değerinde cihazın eğimi arttıkça temiz kömür bunkerlerine dökülen malzeme miktarın arttığı görülmektedir. Bu duruma göre cihazın eğimi 4^0 iken % 28,05 olan temiz kömür miktarı eğim 6^0 çıkarıldığında artarak % 42,11 değerine ulaşmaktadır. Cihazın eğimi arttırıldıkça yoğunluğu düşük olan kömür taneleri temiz kömür bunkerlerine yönelmektedir.

Tablo 3.24 10-5 mm tane iriliğindeki Soma Işıklar Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 10-5 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
4 ⁰	80	40	28,05	41,14	65,25	45,38	5,70	28,18	100,00	43,10
5 ⁰	80	40	30,87	30,42	62,38	52,46	6,75	30,65	100,00	43,10
6 ⁰	80	40	42,16	22,36	48,15	64,25	9,69	33,20	100,00	43,10
7 ⁰	80	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

Zenginleştirme işlemi esnasında oluşan toz miktarının 6⁰ eğimde en yüksek değer olan % 9,69 olduğu görülmektedir. 10-5 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için Şekil 3.21 oluşturulmuştur.



Şekil 3.21 Soma Işıklar Kömürü 10-5 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

% 42,16 olan fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.21'den bulunan teorik miktar olan % 48'e bölünmüş ve kömür kazanma verimi % 87,83 olarak bulunmuştur.

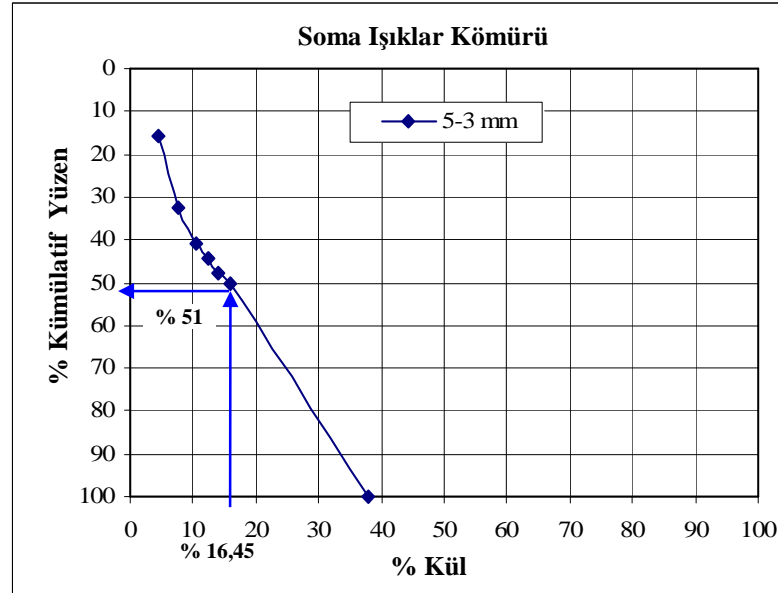
5-3 mm fraksiyonu ile yapılan testler sonucunda elde edilen verilen derlendiği Tablo 3.25 incelendiğinde, testler esnasında 80 mmSS vakum değerinde malzemenin büyük çoğunluğunu fan tarafından emildiği gözlenerek bu değer (-ΔP =60 mmSS) indirildiği, cihazın eğimi artırıldıkça temiz kömür miktarlarının arttığı bununla

birlikte % kül oranlarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuca göre cihazın eğimi 4^0 'ye ayarlanarak yapılan testlerde, % 29,30 kül oranı ile % 30,09 olan temiz kömür miktarı artarak 6^0 'de % 16,45 kül oranı ile % 46,15 değerine ulaşmıştır.

Tablo 3.25 5-3 mm tane iriliğindeki Soma Işıklar Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

Tane İriliği 5-3 mm										
Eğim	-ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4^0	60	40	30,09	29,30	61,21	41,61	8,70	29,60	100,00	37,21
5^0	60	40	33,99	26,30	55,06	45,15	10,95	31,15	100,00	37,21
6^0	60	40	46,15	16,45	40,33	63,03	13,52	34,12	100,00	37,21
7^0	60	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

5-3 mm fraksiyonuna ait kömür kazanma verimini hesaplamak üzere aşağıdaki Şekil 3.22 oluşturulmuştur.



Şekil 3.22 Soma Işıklar Kömürü 5-3 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

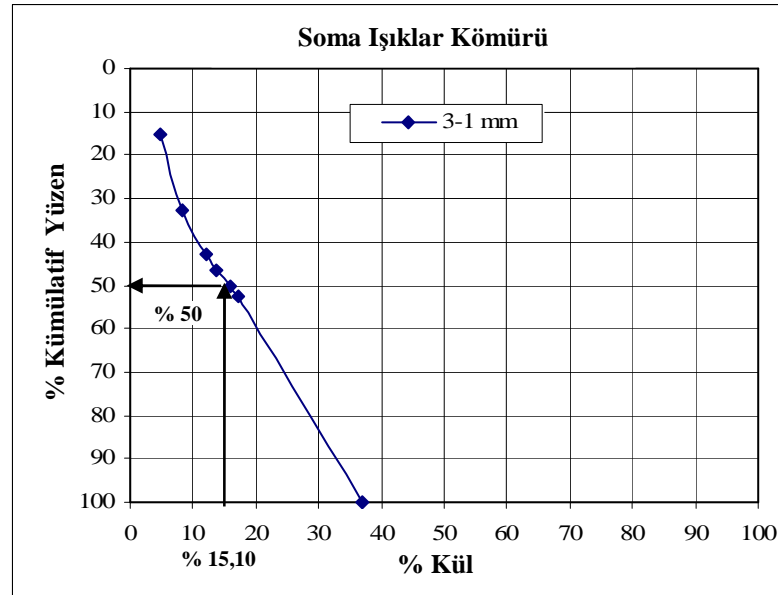
Yapılan testler sonucunda % 16,45 kül oranında elde edilen fiili temiz kömür miktarının % 46,15 olduğu görülmektedir. Bu değer aynı kül oranındaki teorik kömür miktarı olan % 51'e bölünmesiyle kömür kazanma verimi % 90,49 olarak bulunmuştur.

3-1 mm fraksiyonu ile yapılan testlerden elde edilen sonuçların derlendiği Tablo 3.26 incelendiğinde, cihazın vakum değerinin $-\Delta P = 60 \text{ mmSS}$ olduğu görülmektedir. Diğer fraksiyonlarda olduğu gibi aynı vakum değerinde cihazın eğimi arttırıldıkça temiz kömür miktarın arttığı, kül oranlarının azaldığı ve toz miktarlarının arttığı görülmektedir.

Tablo 3.26 3-1 mm tane iriliğindeki Soma Işıklar Kömürü zenginleştirme testi sonuçları.

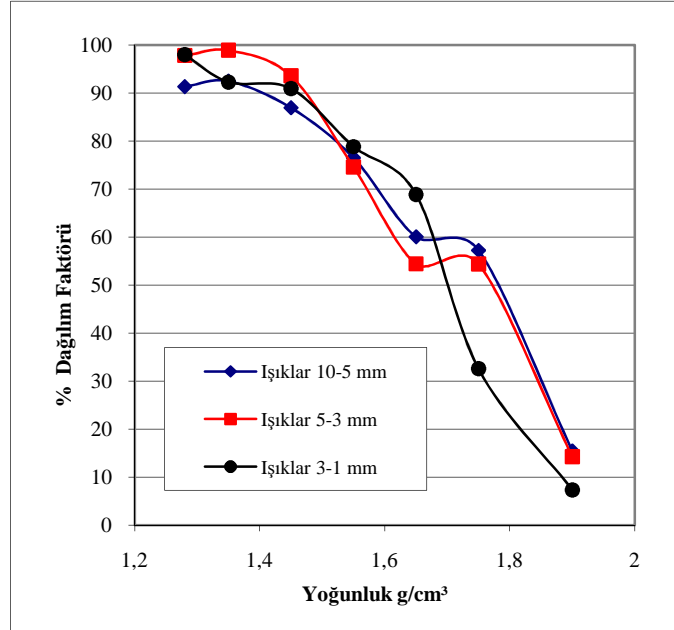
Tane İriliği 3-1 mm										
Eğim	- ΔP (mmSS)	Vibro motor (Hz)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	% Kül	%Ağ.	% Kül
4 ⁰	60	40	34,05	27,26	55,50	42,38	10,45	23,21	100,00	36,87
5 ⁰	60	40	40,44	22,15	46,72	51,25	12,84	28,18	100,00	36,87
6 ⁰	60	40	45,00	15,10	41,30	64,20	13,70	32,45	100,00	36,87
7 ⁰	60	50	Taş bunkerine malzeme gelmiyor.							

3-1 mm fraksiyonunda yapılan testler sonucunda kömür kazanma verimini hesaplayabilmek için % 45 olan fiili temiz kömür miktarı Şekil 3.23'den bulunan teorik miktar olan % 50'ye bölünmüş ve kömür kazanma verimi % 90 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.23 Soma Işıklar Kömürü 3-1 mm fraksiyonuna ait kümülatif yüzen değerleri.

Soma Işıklar kömürlerine ait tromp eğrilerinin çizildiği Şekil 3.24 ile ayırma sınır yoğunlukları ve Ep değerlerinin verildiği Tablo 3.27 birlikte değerlendirildiğinde, tane iriliği düştükçe ayırma sınır yoğunlukları ve Ep değerlerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.24 Soma Işıklar Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

Tablo 3.27 Soma Işıklar Kömürleri için elde edilen ayırma sınır yoğunlukları ve Ep değerleri.

Tane İriliği (mm)	D ₅₀ (g/cm ³)	Ep
10-5	1,77	0,155
5-3	1,78	0,15
3-1	1,69	0,09

3.6.3.4 -10 mm, -8 mm ve -6 mm tane iriliğindeki Kömürlerin Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

Fraksiyonel olarak yapılan kuru zenginleştirme testlerinden sonra her bir bölgeye ait kömür için -10 mm, -8 mm ve -6 mm tane iriliklerinde de testler yapılmıştır. Daha önceki testlerden elde edilen tecrübeler değerlendirilerek cihazın çalışma parametreleri ayarlandıktan sonra testlere geçilmiştir. -10 mm tane iriliğindeki Soma Karanlıkdere, Geventepe ve Işıklar kömürleriyle yapılan kuru zenginleştirme testlerinin sonuçları Tablo 3.28'de verilmektedir. Testlerin tamamında Eleğin titreşimini sağlayan vibrotor motorlarının frekansları 40 Hz ve eleğin eğimi 6° olarak

ayarlanmıştır. Karanlıkdere kömürü ile yapılan testlerde cihazın vakum değeri $-\Delta P = 60 \text{ mmSS}$ olarak ayarlanırken Geventepe ve Işıklar kömürleriyle yapılan testlerde bu değer $-\Delta P = 80 \text{ mmSS}$ olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3.28 -10 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Eğim	- ΔP (mmSS)	Temiz Kömür		Artık		Toz	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	6 ⁰	60	52,98	17,52	33,60	69,10	13,42	25,21
Geventepe	6 ⁰	80	44,79	23,15	38,41	72,11	16,80	38,22
Işıklar	6 ⁰	80	38,95	18,59	39,60	65,30	21,45	31,34

Tablo 3.28 incelendiğinde, fraksiyonel olarak yapılan testlerden elde edilen sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında her bir bölgeye ait kömür için toz miktarlarının arttığı gözlenmektedir. -8 mm tane iriliğindeki kömürlere yapılan test sonuçlarının verildiği Tablo 3.29'daki değerler incelendiğinde, tane iriliği düştükçe her bir bölgeye ait kömür için toz miktarlarının daha da arttığı görülmektedir.

Tablo 3.29 -8 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Eğim	- ΔP (mmSS)	Temiz Kömür		Artık		Toz	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	6 ⁰	60	45,10	16,45	36,48	68,41	18,42	26,90
Geventepe	6 ⁰	80	32,11	21,18	45,3	73,54	22,59	32,18
Işıklar	6 ⁰	80	32,55	17,10	42,00	66,13	25,45	26,34

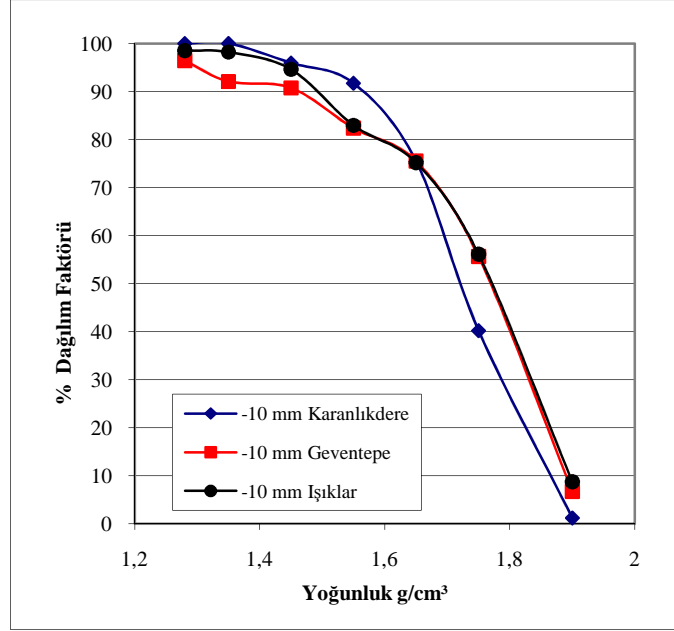
Her üç bölgeye ait kömürlerde -6 mm tane iriliğinde yapılan testlerde vakum değerleri azaltılmıştır. Zenginleştirme testi sonuçlarının verildiği Tablo 3.30'a bakıldığında toz miktarlarının her üç kömür içinde % 20 civarında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.30 -6 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Eğim	- ΔP (mmSS)	Temiz Kömür		Artık		Toz	
			%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	6 ⁰	40	41,28	14,52	38,60	67,40	20,12	22,4
Geventepe	6 ⁰	60	35,70	20,22	43,90	72,35	20,40	30,22
Işıklar	6 ⁰	60	40,90	16,41	39,60	65,60	19,50	23,30

Her üç kömüre ait testlerde temiz kömürün ve artığın % kül oranları fraksiyonel olarak yapılan testlerdeki değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir. Fraksiyonel olarak yapılan testlerde tane iriliğinin düşmesine bağlı olarak serbestleşmenin arttığı ve

buna bağı olarak temiz kömür kül oranlarının azaldığı tespit edilmişti. Benzer bir durum yapılan son testlerde de gözlenmektedir.



Şekil 3.25 -10 mm Soma Bölgesi Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

Testler esnasında cihaz rejime girdikten sonra besleme malı, temiz kömür ve artıktan alınan numunelere yüzdürme batırma testi yapılarak elde edilen veriler değerlendirilerek oluşturulan Şekil 3.25 ve Tablo 3.31'deki verilere bakıldığında, özellikle daha önceki fraksiyonel testlerden de tespit edildiği gibi yıkanabilirliği Geventepe ve Işıklar bölgesi kömürlerine göre daha iyi olan Karanlıkdere kömürleriyle yapılan testlerde E_p değerinin 0,08 olduğu görülmektedir. Her üç bölgeye ait kömürlerde de ayırma sınır yoğunluğunun $1,8 \text{ g/cm}^3$ değerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.31 -10 mm Soma Kömürleri için elde edilen ayırma sınır yoğunlukları ve E_p değerleri.

Kömürün Bölgesi	$D_{50} (\text{g/cm}^3)$	E_p
Karanlıkdere	1,73	0,08
Geventepe	1,77	0,10
Işıklar	1,77	0,095

3.6.3.5 +10 mm tane iriliğindeki Kömürlerin Kuru Kömür Zenginleştirme Testi Sonuçları

-50+10 mm üzerindeki kömürleri kuru yöntemle zenginleştirilebilirliğini test etmek amacıyla imalatı gerçekleştirilen pilot ölçekteki havalı jig cihazında denemeler yapılmıştır. Yapılan ön testlerde cihaza ait çalışma parametreleri üzerinde değişiklikler yapılarak en uygun çalışma değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre test yapmaya hazır hale getirilen cihaz üzerinde öncelikle -50+10 mm kömürlerin zenginleştirilebilirliği denenmiş ve sonuçlar Tablo 3.32 derlenmiştir.

Tablo 3.32 -50 + 10 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Pulsasyon Sayısı/dk.	Temiz Kömür		Artık	
		%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	45	48,22	20,18	51,78	66,48
Geventepe	50	53,82	32,60	46,18	62,23
Işıklar	50	52,01	27,47	47,99	64,10

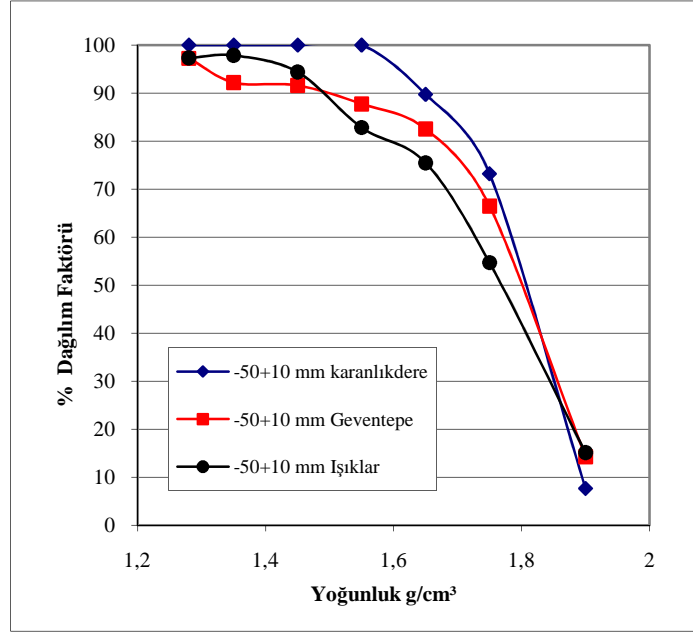
Tablo 3.32, Tablo 3.33 ve Tablo 3.34'deki sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; Karanlıkdere kömürleriyle yapılan testlerde en iyi sonuçların -50+30 mm tane iriliğinde elde edildiği görülmektedir. Benzer durumun Geventepe kömürleri içinde geçerli olduğu söylenebilir.

Tablo 3.33 -50 + 30 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Pulsasyon Sayısı/dk.	Temiz Kömür		Artık	
		%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	35	42,44	17,29	57,56	67,31
Geventepe	45	49,00	27,80	51,00	61,58
Işıklar	45	45,46	24,04	54,54	64,19

Tablo 3.34 -30 + 10 mm tane iriliğindeki Soma Bölgesi Kömürlerinin zenginleştirme testi sonuçları.

Kömürün Bölgesi	Pulsasyon Sayısı/dk.	Temiz Kömür		Artık	
		%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül
Karanlıkdere	35	51,00	22,11	49,00	63,80
Geventepe	45	55,34	29,42	44,66	59,16
Işıklar	45	54,12	27,09	45,88	60,93



Şekil 3.26 -50+10 mm Soma Bölgesi Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

-50+10 mm tane iriliğindeki kömürler ile yapılan testler esnasında Besleme malı, temiz kömür ve artıktan alınan numunelere yüzdürme batırma testi yapılarak elde edilen veriler değerlendirilerek oluşturulan Şekil 3.26 ve Tablo 3.35'deki verilere bakıldığında, Karanlıkdere kömürleriyle yapılan testlerde Ep değerinin diğer bölgelere ait kömürlere göre daha iyi olduğu ve bu değer 0,075 olduğu görülmektedir. Karanlıkdere ve Geventepe kömürleriyle yapılan testlerde ayırma sınır yoğunluğunun 1,8 g/cm³ ve daha üzeri olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.35 -50 +10 mm Soma Bölgesi Kömürleri için elde edilen ayırma sınır yoğunlukları ve Ep değerleri.

Kömürün Bölgesi	D ₅₀ (g/cm ³)	Ep
Karanlıkdere	1,82	0,075
Geventepe	1,80	0,095
Işıklar	1,77	0,11

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Kuru yöntemlerle kömür zenginleştirme işlemlerinin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Bu alanda daha önce birçok farklı yöntem kullanılmış ayrıca farklı modellerde cihazlarda geliştirilmiştir. Özellikle iri boyuttaki kömürlerin zenginleştirilmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Geçtiğimiz yüzyılın sonlarında yeraltı madenciliğinde kullanılan makinaların gelişmesi ile birlikte üretilen kömürlerin tane iriliğinin azalması ve daha düşük küllü kömür elde etme isteği kuru yöntemle kömür zenginleştirme tesislerinin kapanmasına neden olmuştur.

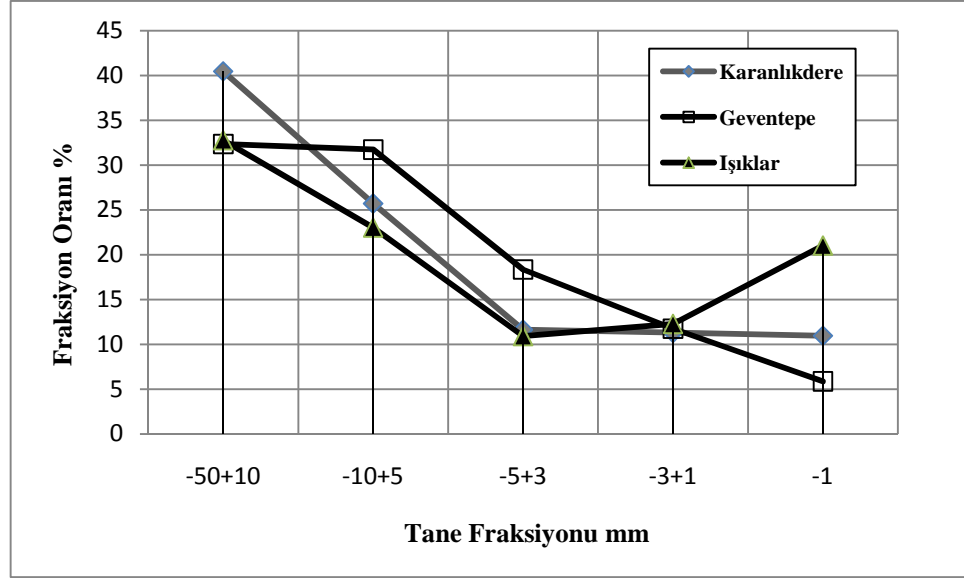
Son yıllarda Dünya’da su rezervlerinin azalması, kömürün bol bulunduğu bölgelerde suyun bulunmaması, kışın sert geçtiği bölgelerde suyun donması ile tesislerin devre dışı kalması, yaş yöntemle zenginleştirmenin yapıldığı tesislerden çıkan sulu atıkların çevreye ve yeraltı sularına verdiği zararların artması kuru yöntemle zenginleştirmenin, yaş yöntemlere alternatif olarak, tekrar gündeme gelmesini sağlamıştır.

Yaş yöntemlerde kömürün kül oranının azalmasına bağlı olarak elde edilen ısı değer artışı kömürün nem oranındaki artışla kaybedilmektedir. Düşük kalitedeki kömürlerin çoğunda yan kayaç olarak bulunan kil mineralleri, yaş yöntemle yıkamayı olumsuz etkilemektedir. Ayrıca sulu ortamda zenginleştirme işlemine tabi tutulan kömürler daha sonra stokta kuruma esnasında çok büyük oranda ufalanmaya maruz kalmakta ve kayıpların yanında yükleme aktarma işlemleri zorlaşmaktadır. Yıkama işlemi sonucunda oluşan sulu atıkların kimyasal maddeler kullanılarak büyük havuzlarda dinlendirilmesi ile suyun geri kazanımı ek bir maliyet getirmektedir.

Kuru yöntemle kömür zenginleştirme teknolojisinin gelişmesi, zenginleştirme işleminde özellikle havanın kullanılması, yaş yöntemlerde suyun neden olduğu sorunların ortadan kalkmasına neden olmuştur.

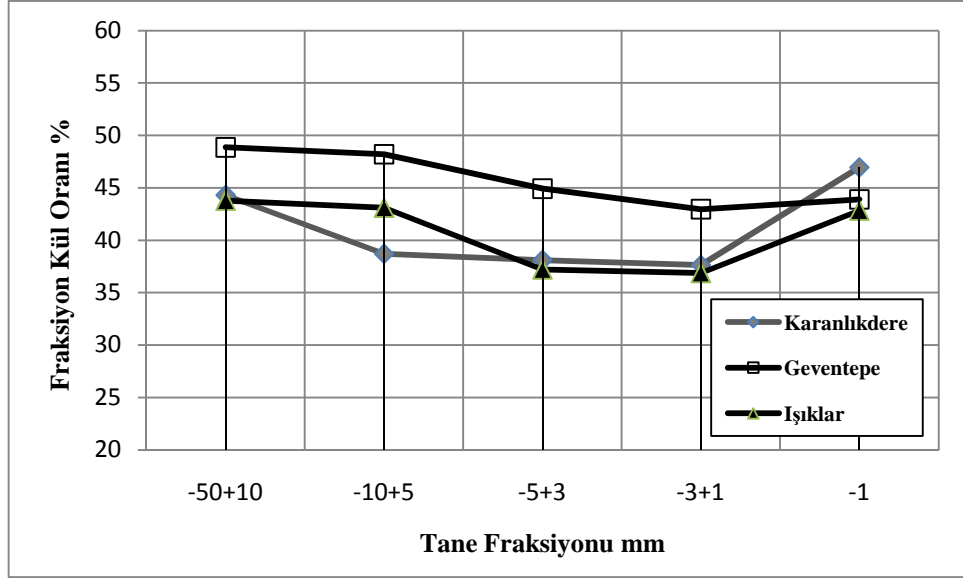
Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

- Deneysel çalışmalar kapsamında, Türkiye’de uygulaması olmayan kuru yöntemle kömür zenginleştirmenin Türk Kömürlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla literatürden elde edilen bilgiler değerlendirilerek Türk Kömürlerine uygun kuru zenginleştirme cihazları modellenmiş ve pilot ölçekli 2 adet test cihazı yapılmıştır.
- 0-10 mm ince kömürü zenginleştirmek üzere havalı masa tipi bir cihaz imal edilirken, 10-50 mm iri kömürü zenginleştirmek üzere de havalı jig benzeri bir cihaz imal edilmiştir.
- Deneysel çalışmalarda Soma Termik Santrali 1-4 ünitelerine ait kazanlarda yakılmak üzere E.L.İ. tarafından Karanlıkdere, Geventepe ve Işıklar ocaklarından üretilen kömürler kullanılmıştır.
- Bir hafta süre ile santral sahası içerisinde bulunan otomatik numune alıcılar yardımıyla her bir ocaktan gelen kömürlerin numuneleri ayrı ayrı alınmıştır. Alınan numunelerin tamamı -50 mm’nin altına kırıldıktan sonra 10, 5, 3, 1 mm’lik eleklerde elenerek fraksiyonlara ayrılmıştır.
- Test numunelerinin elek analizi sonuçlarının verildiği Şekil 4.1 değerlendirildiğinde; her üç tüvenan kömürün kırılma özelliğinin belli oranda farklı olduğu görülmektedir. Karanlıkdere ve Geventepe kömürleri daha iri boyutta kalmaya meylederken, aynı şartlarda kırılan Işıklar kömürünün -1 mm fraksiyonu diğer kömürlere nazaran %10 daha fazla olmuştur. Bu davranış farklılığı kömürlerin oluşum süreçlerine bağlıdır. Kömür ayırma işlemi açısından da bu özellik dikkate alınması gereken bir durumdur.



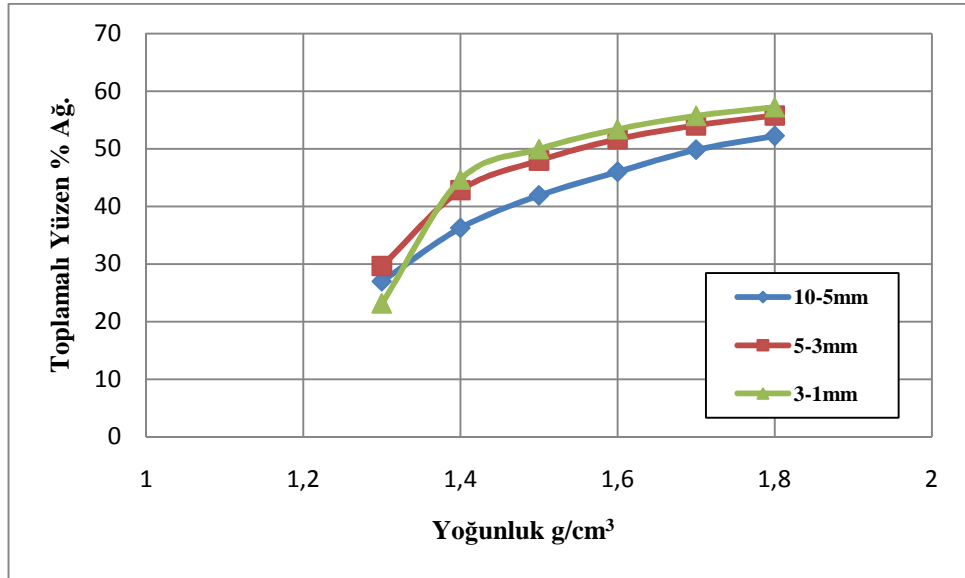
Şekil 4.1 Testlerde kullanılan numunelerin tane iriliği fraksiyonlarındaki dağılımları.

- Şekil 4.2’de verilen kırma işlemi ile oluşan sonuçları kül oranları açısından ele alacak olursak, aşağıda verilen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Kömürlerin her üçünde de görece olarak iri fraksiyona göre ara fraksiyonlarda daha düşük olan kül oranları -1 mm fraksiyonlarında tekrar yükselmektedir. Bu durum özellikle Karanlıkdere ve Işıklar kömürlerinde dikkat çekici şekildedir. Buradan kömür yan kayacının ufalanmaya karşı belli bir mukavemetinin olduğu ancak ufalanmasının ise büyük oranda aşınma ile meydana geldiği sonucunu çıkarmak mümkündür. Bu tür kayaçlar ise genelde yoğunluğu daha yüksek kayaçlar olduğundan, ayırma işleminde de olumlu sonuç elde edilmesi açısından beklentiyi yükseltmektedir. Bu özelliği Işıklar ve Karanlıkdere kömürleri için söylemek mümkündür.



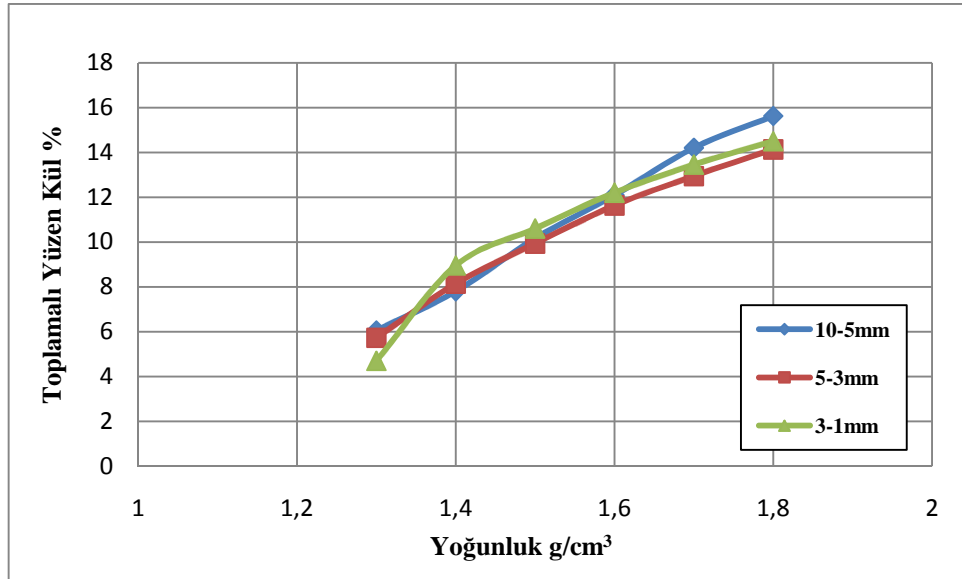
Şekil 4.2 Test numunelerinin tane iriliği fraksiyonlarındaki kül (kuru bazda) oranları dağılımları.

- Kömür yıkanabilme özelliğinin yanında kömürün belli bir yıkama yoğunluğunda vereceği ürün miktar ve kül oranı da kömür özelliğine göre değişiklik gösterebilmektedir. Aşağıda Karanlıkdere kömürüne ait, farklı tane iriliklerindeki kömürler bu açıdan değerlendirilmektedir.



Şekil 4.3 Soma Karanlıkdere Kömürlerinin belli bir yoğunlukta yıkanması durumunda elde edilebilecek ürün miktarları.

- Şekil 4.3’de verilen tüvenan kömürden belli bir yoğunlukta elde edilebilecek ürün miktarları incelendiğinde, tane iriliği düştükçe elde edilebilecek ürün miktarının arttığı görülmektedir. Bu sonuç tane boyutu düştükçe serbestleşmenin arttığının ya da yan taş kırılabilirliğinin azalması nedeniyle ince boyutta yan taşın azalmasından kaynaklanmaktadır. Elek analizlerinin sonuçları her iki durumun da söz konusu olabileceğini göstermektedir.
- Aynı sonuçları bu sefer Şekil 4.4’de verilen temiz kömür kül oranları açısından değerlendirdiğimizde ise, aynı yoğunluk için belirgin bir farklılığın ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu durum aslında tane boyutu küçülmesinin mineral madde içeriğini pek değiştirmedini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla kömür bünyesel külünde fazla bir değişim, tane boyutu değişimi ile birlikte meydana gelmemektedir.



Şekil 4.4 Soma Karanlıkdere Kömürlerinin yoğunluk değişimine bağlı olarak elde edilecek kül oranları.

Tablo 4.1 Karanlıkdere kömürüne ait kuru kömür zenginleştirme testi sonuçları.

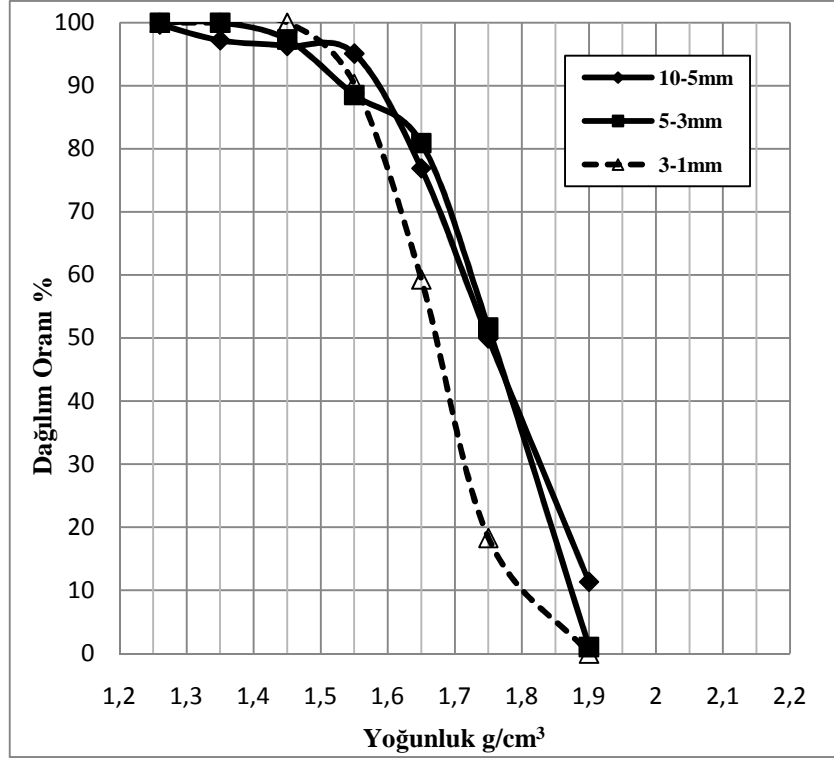
Tane İriliği (mm)	Karanlıkdere Kömürü								Kömür Kazanma Verimi
	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı		
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%
10-5	56,65	20,20	39,60	68,80	2,06	18,24	100,00	38,70	89,92
5-3	55,20	16,52	40,55	67,70	4,25	20,82	100,00	38,10	90,49
3-1	53,11	13,12	39,94	69,70	6,95	26,68	100,00	37,63	96,56

- Tablo 4.1’de verilmekte olan karanlıkdere kömürü ile ilgili yapılan kuru zenginleştirme sonuçları değerlendirildiğinde; tane iriliği düştükçe kömür kazanımının iyileştiğini göstermektedir. Tane iriliği düştükçe kül oranında meydana gelen önemli düşüslere rağmen verimlerde de artış olması, kömür-mineral madde serbestleşmesinin arttığının bir göstergesidir. Ayrıca siklonda tutulan tozlardaki kül oranları da dikkate alındığında, yan kayaçta fazla ufalanma olmadığı ve yan kayaç ile kömür arasındaki yoğunluk farkının her üç fraksiyonda efektif ayırma açısından olumlu etkisinin kendisini gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.2 Karanlıkdere kömürüne ait D_{50} ve E_p değerleri.

Tane İriliği (mm)	D_{50} (g/cm ³)	E_p
10-5	1,75	0,095
5-3	1,77	0,07
3-1	1,69	0,05

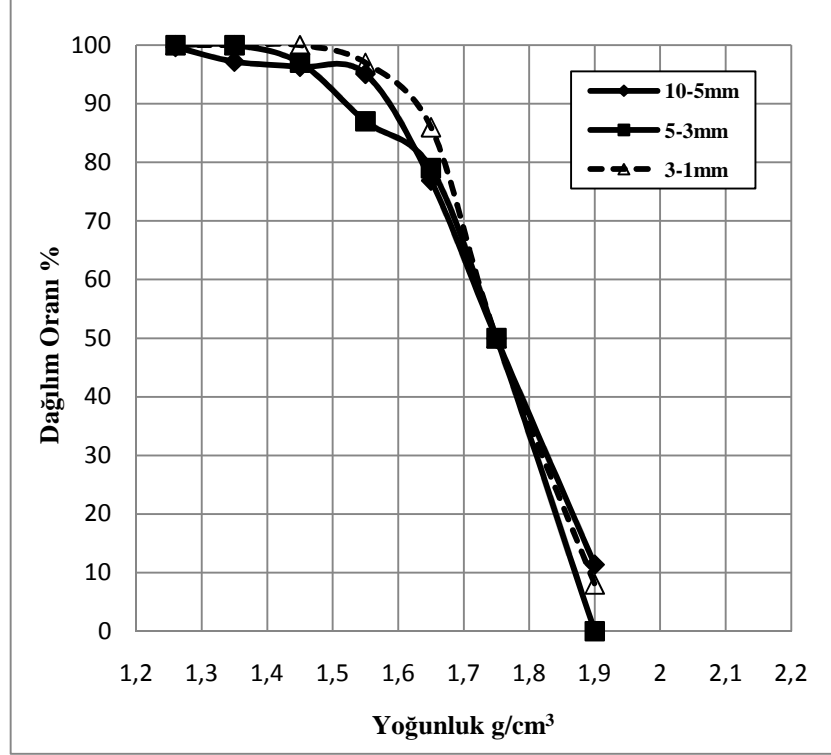
- Tablo 4.2’de verilen Ayırma tane iriliklerine bakıldığında, havalı ayırma ekipmanlarından beklenildiği gibi yüksek ayırma yoğunluklarının elde edildiği görülmektedir. E_p değerleri, ayırma işleminin her üç boyut içinde oldukça yüksek performans ile elde edildiği göstermektedir. Ancak E_p değerler tromp eğrisinin d_{75} ile d_{25} değerleri arasında kalan kısımlarını dikkate aldığından, tromp eğrisinin uç noktalarını da E_p değeri ile birlikte göz önünde tutmak yanılıya düşmemek açısından şarttır.



Şekil 4.5 Soma Karanlıkdere Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

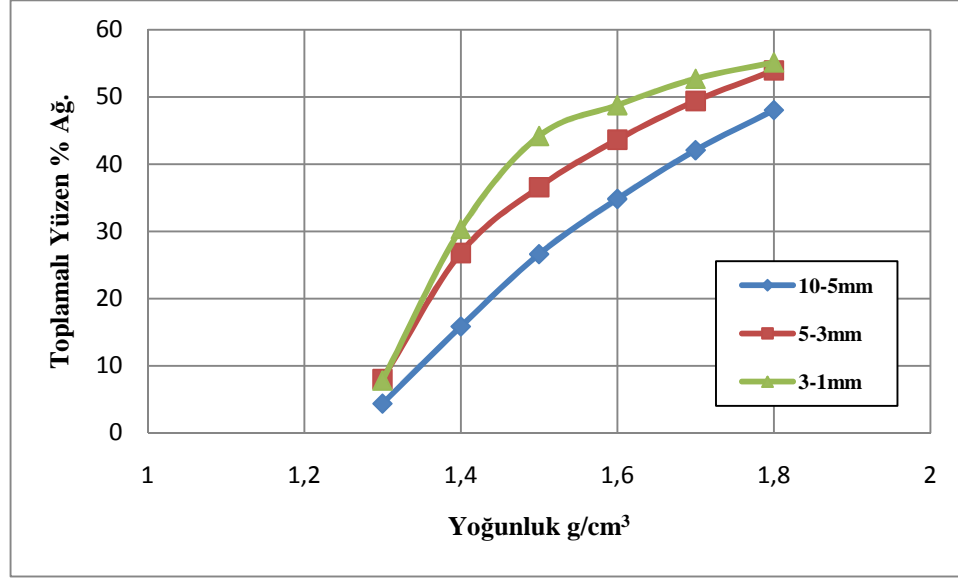
- Bu düşünce doğrultusunda Şekil 4.5’de verilen Tromp eğrileri E_p değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde, en iyi E_p değerine sahip 3-1 mm fraksiyonuna ait tromp eğrisinin uç noktalarının da iyi bir ayırım performansını işaret ettiği görülmektedir. Ancak diğer iki fraksiyonda, yan taş ayırımı açısından bir sorun görülmezken, eğrinin düşük yoğunluklu fraksiyonların ayırım verimini işaret eden üst kısmında kömür kaçaklarını ifade eden değerler görülmektedir. Özellikle 5-3 mm fraksiyonuna ait tromp eğrisinde bir ara plato görülmesi test esnasında yakın yoğunluktaki malzemenin ekipman içerisinde bir miktar yığılma gösterdiğini ve çıkışa yönelmekte geç kaldığını göstermektedir. Bunun sonucu olarak da bir miktar düşük yoğunluk fraksiyonunun atığa kaçtığını söylemek mümkündür.
- Elde edilen Tromp eğrilerini kıyaslayabilmek için eğrileri aynı yıkama yoğunluğunda değerlendirmek en doğru yol olmaktadır. Bu amaçla eğri kaydırma için yeniden hesaplama yapılarak eğrilerin hepsi 1.75 g/cm^3 ayırma

yoğunluğuna taşınmış ve buna göre değerlendirme yapılmıştır. Şekil 4.6’da söz konusu eğriler verilmektedir.



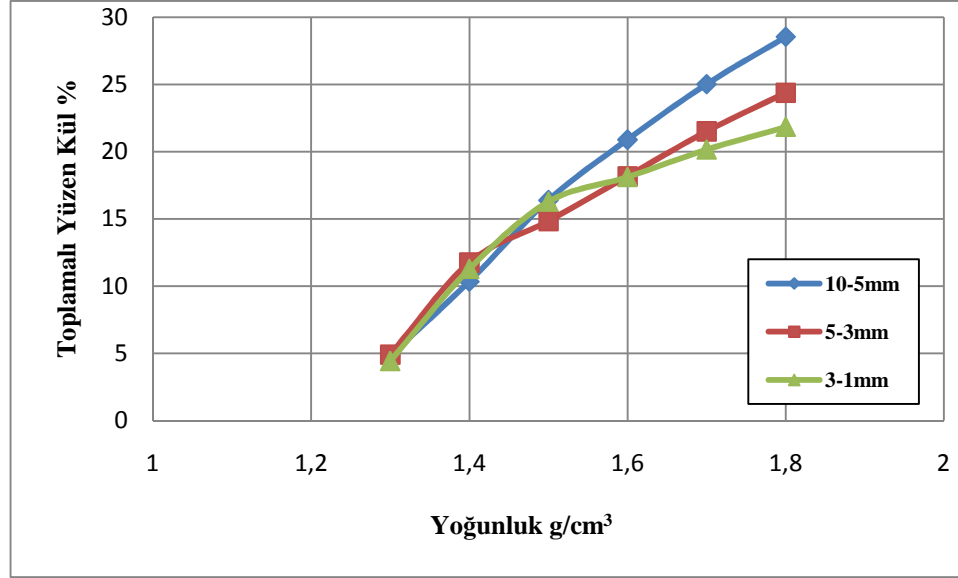
Şekil 4.6 Soma Karanlıkdere Kömürleri için yeniden düzenlenmiş olan tromp eğrileri.

- Şekil 4.6 incelendiğinde; yukarıda da belirtildiği gibi her üç fraksiyon içinde yüksek ayırma yoğunluğunda taş atma işlemi performansı iyi görülürken, 10-5 mm ve 5-3 mm fraksiyonlarında, Tromp eğrilerinin üst kısımlarında meydana gelen platolardan, temiz kömür ürünün sistemden çıkışında geciktiği ve bu nedenle de bir miktar taşa karıştığı anlaşılmaktadır. Bu duruma genelde yakın yoğunlukta malzemeler sebep olmaktadır. Ancak sonuçlar genel olarak ele alındığında, aygıt ayırma performansının Karanlıkdere kömürü için oldukça yüksek olduğunu, bu nedenle de başarılı bir ayırmanın gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.7 Soma Geventepe Kömürlerinin belli bir yoğunlukta yıkanması durumunda elde edilebilecek ürün miktarları.

- Geventepe kömürlerinin belli bir yoğunlukta yıkanması durumunda elde edilebilecek ürün miktarlarının değerlendirildiği Şekil 4.7 incelendiğinde; tane iriliği düştükçe elde edilebilecek ürün miktarının arttığı görülmektedir. Örneğin her üç fraksiyonun 1,6 g/cm³ yoğunluğunda yıkandığı düşünülürse elde edilecek ürün miktarlarının tane iriliğindeki düşüğe bağlı olarak % 34,83'ten %48,78'e arttığı görülmektedir.



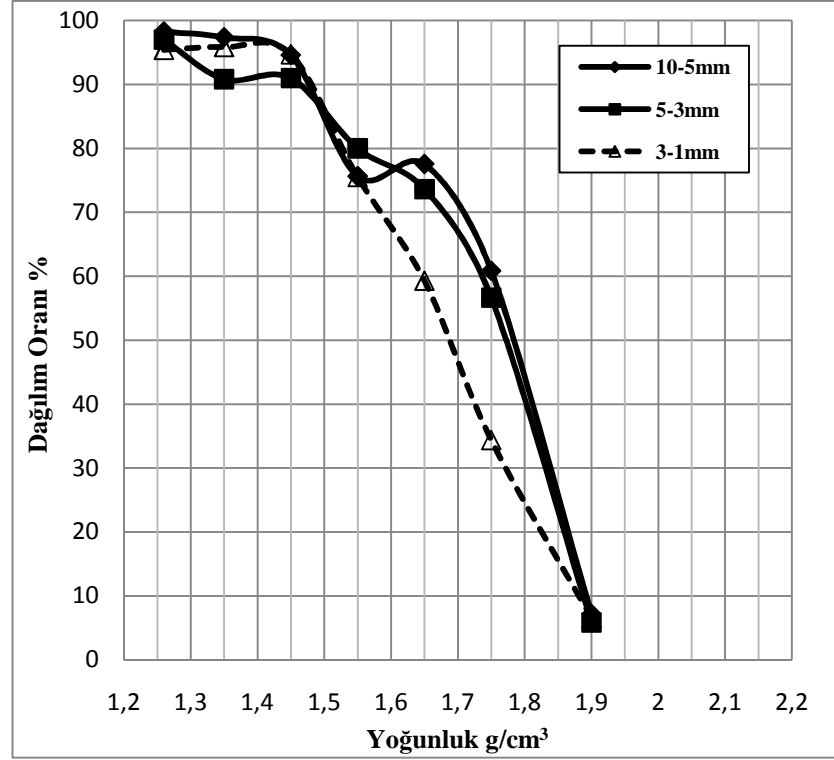
Şekil 4.8 Soma Geventepe Kömürlerinin yoğunluk değişimine bağlı olarak elde edilecek kül oranları.

- Yoğunluk değişimine bağlı olarak elde edilebilecek temiz kömür kül oranlarının verildiği Şekil 4.8 incelendiğinde; özellikle yüksek yoğunluklarda yapılacak zenginleştirme işlemlerinde tane iriliği düştükçe daha az küllü kömür elde edileceği görülmektedir. Bu durum tane iriliği düştükçe mineral madde dağılımında azda olsa azalmanın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3 Geventepe kömürüne ait kuru kömür zenginleştirme testi sonuçları.

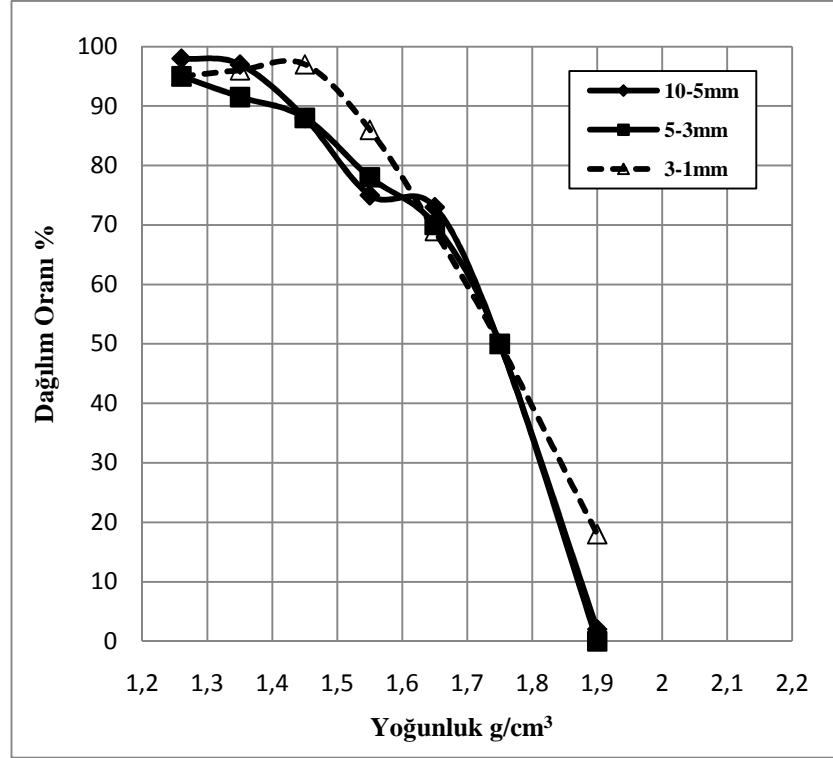
Geventepe Kömürü									Kömür Kazanma Verimi %
Tane İriliği (mm)	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı		
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
10-5	43,42	30,80	47,16	69,32	9,42	39,20	100,00	48,20	83,50
5-3	45,51	23,26	42,08	71,27	12,41	38,78	100,00	44,92	85,87
3-1	50,32	22,30	36,21	72,41	13,47	39,80	100,00	42,96	89,86

- Tablo 4.3’de verilmekte olan Geventepe kömürlerine ait kuru zenginleştirme sonuçlarına bakıldığında; tane iriliği düştükçe kömür kazanma verimlerinin arttığı görülmektedir. Siklonda tutulan toz oranlarına bakıldığında zenginleştirme işlemi esnasında yan kayacın ufalandığını ve fan tarafından emilerek tozun kül oranını arttırdığı gözlenmektedir.



Şekil 4.9 Soma Geventepe Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

- Şekil 4.9'da Geventepe Kömürüne ait çizilmiş olan tromp eğrileri ve Tablo 4.4'de verilen ayırma sınır yoğunluğu ve Ep değerleri birlikte değerlendirildiğinde; en iyi Ep değerlerine sahip 3-1 ve 5-3 mm fraksiyonlarının üst bölümlerinde yani eğrinin düşük yoğunluklu bölümlerinde kaçakların olduğu görülmektedir. Yine aynı verilerden 10-5 mm fraksiyonunda ise kaçak oranlarının daha yüksek yoğunluklarda arttığı görülmektedir.

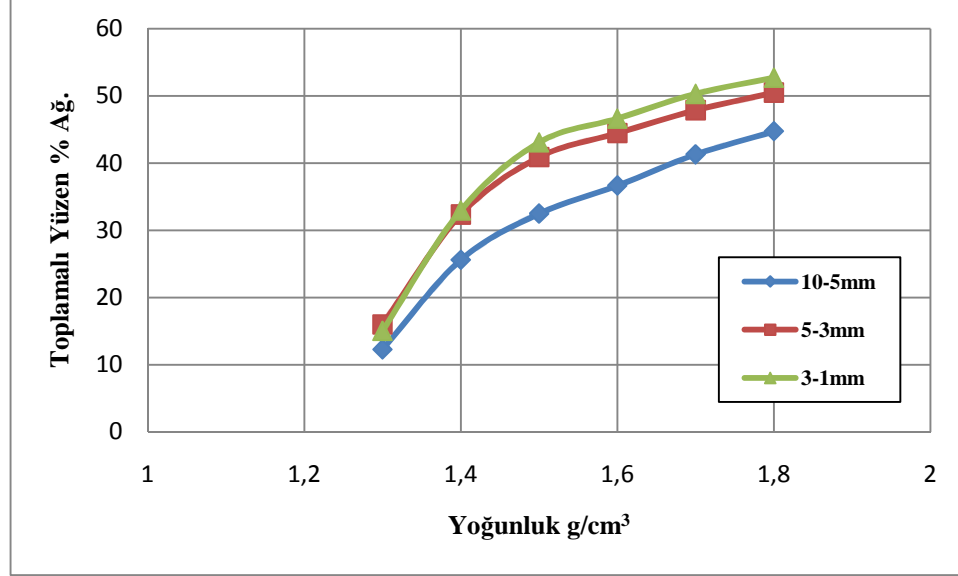


Şekil 4.10 Soma Geventepe Kömürleri için yeniden düzenlenmiş olan tromp eğrileri.

- Şekil 4.10'da yeniden düzenlenmiş olan tromp eğrilerine bakıldığında yukarıda da belirtildiği gibi özellikle 10-5 mm fraksiyonunda temiz kömür ürününün taşa karıştığı görülmektedir.

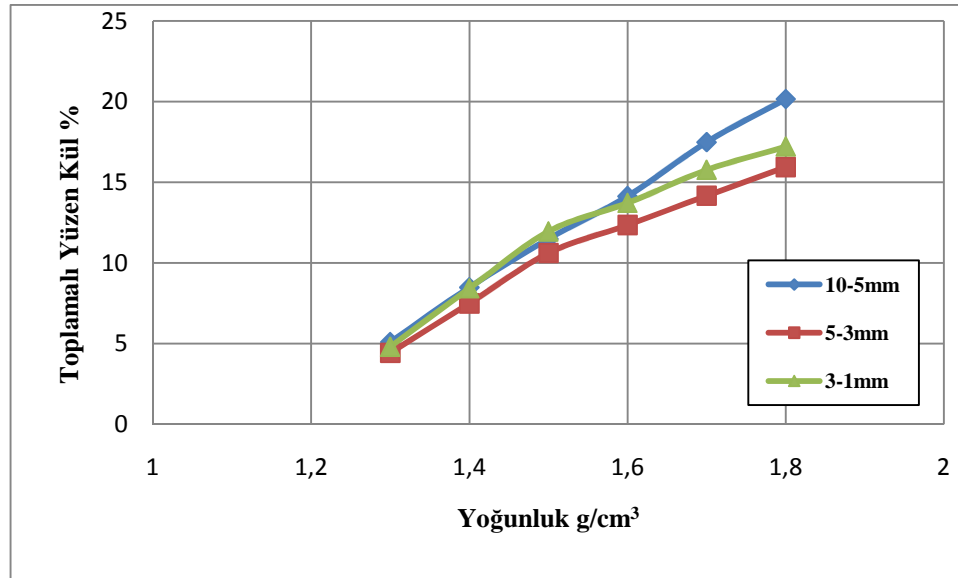
Tablo 4.4 Geventepe kömürüne ait D_{50} ve E_p değerleri.

Tane İriliği (mm)	D_{50} (g/cm³)	E_p
10-5	1,79	0,15
5-3	1,78	0,12
3-1	1,72	0,12



Şekil 4.11 Soma Işıklar Kömürlerinin belli bir yoğunlukta yıkanması durumunda elde edilebilecek ürün miktarları.

- Şekil 4.11’de verilen tüvenan kömürden belli bir yoğunlukta elde edilebilecek ürün miktarları incelendiğinde, tane iriliği düştükçe elde edilebilecek ürün miktarının arttığı görülmektedir. Özellikle 5-3 mm’den sonra bu miktarın belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu sonuç tane boyutu düştükçe serbestleşmenin arttığının göstermektedir.



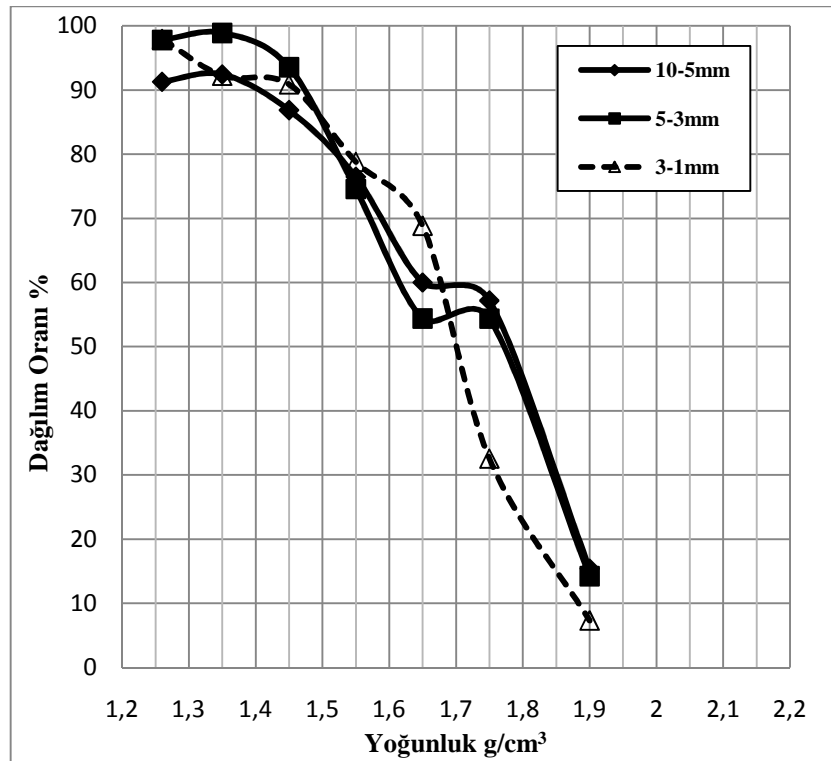
Şekil 4.12 Soma Işıklar Kömürlerinin yoğunluk değişimine bağlı olarak elde edilecek kül oranları

- Yoğunluk değişimine bağlı olarak elde edilebilecek ürünün kül oranlarının verildiği Işıklar kömürüne ait Şekil 4.12'deki sonuçlar Şekil 4.11'deki sonuçlarla paralellik arz etmektedir. Tane iriliği düştükçe serbestleşmenin artması özellikle 5 mm'nin altındaki fraksiyonlarda kül oranlarının azalmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.5 Işıklar kömürüne ait kuru kömür zenginleştirme testi sonuçları.

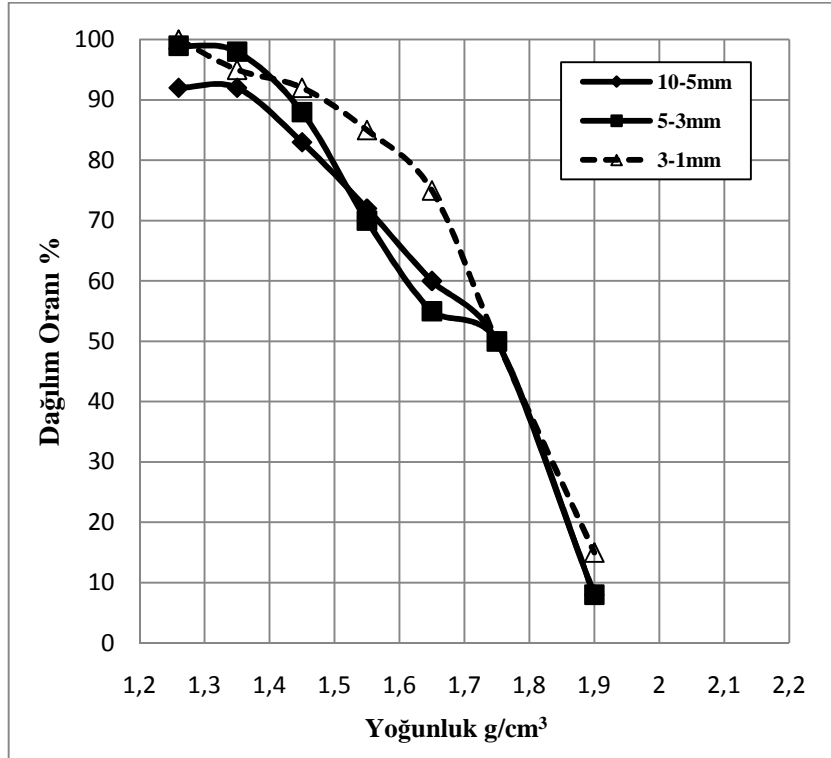
Tane İriliği (mm)	Işıklar Kömürü								Kömür Kazanma Verimi %
	Temiz Kömür		Artık		Toz		Besleme Malı		
	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	%Ağ.	%Kül	
10-5	42,16	22,36	48,15	64,25	9,69	33,20	100,00	43,10	87,83
5-3	46,15	16,45	40,33	63,03	13,52	34,12	100,00	37,21	90,49
3-1	45,00	15,10	41,30	64,20	13,70	32,45	100,00	36,87	90

- Tablo 4.5'de verilmekte olan Işıklar kömürü ile ilgili yapılan kuru zenginleştirme sonuçları değerlendirildiğinde; tane iriliği düştükçe kömür kazanma veriminin arttığı görülmektedir. Tane iriliği düştükçe kül oranında meydana gelen önemli düşüslere rağmen verimlerde de artış olması, kömür-mineral madde serbestleşmesinin arttığına bir göstergesidir.



Şekil 4.13 Soma Işıklar Kömürleri için elde edilen tromp eğrileri.

- Işıklar kömürlerine ait Şekil 4.13 ve Tablo 4.6'daki değerler incelendiğinde; en iyi Ep değerlerinin elde edildiği 3-1 mm fraksiyonuna ait tromp eğrisine bakıldığında özellikle düşük yoğunluklarda kömür kaçaklarının olduğu görülmektedir. Diğer iki fraksiyonda da kaçakların yüksek yoğunluklarda olduğu görülmektedir. Benzer bir durum Işıklar kömürleri için yeniden düzenlenmiş olan ve Şekil 4.14'de verilen grafiklerde de görülmektedir.



Şekil 4.14 Soma Işıklar Kömürleri için yeniden düzenlenmiş olan tromp eğrileri.

Tablo 4.6 Işıklar kömürüne ait D_{50} ve E_p değerleri.

Tane İriliği (mm)	D_{50} (g/cm ³)	E_p
10-5	1,77	0,155
5-3	1,78	0,15
3-1	1,69	0,09

Yaş yöntemlere alternatif olarak son yıllarda kuru kömür zenginleştirme yöntemleri tekrar gündeme gelmiştir. Özellikle termik santral kömürlerinin içerisinde bulunan serbest haldeki taşların, yüksek yoğunluklarda ayırımın gerçekleştirildiği ($d_{50} > 1,85 \text{ g/cm}^3$) kuru yöntemlerle zenginleştirilmesi ile işletme ve bakım maliyetlerinin azalacağı tahmin edilmektedir. Ancak bunun için ön araştırmaların iyi yapılması ve sistem dizaynının iyi belirlenmesi gerekmektedir. Termik santrallerde yakılmak üzere üretilen kömürlerde çok düşük kül oranları hedeflenmediğinden, ürün kontrolü açısından daha toleranslı olmak mümkündür. Termik santrale beslenecek kömürde, dizayn değerlerine göre çok yüksek oranda ısı değerlerine ulaşılması istenmemektedir. Önemli olan stabil kalitede, sistemde aşınmalara neden olan sert yantaşı azaltılmış ve nispeten daha kuru bir kömür elde etmektir. Bu açıdan bakıldığında, kuru yöntemlerin termik santrale beslenecek kömürlerin iyileştirilmesinde kullanılabilme imkanı artmaktadır.

Sonuç olarak, ülkemizde termik santralde yakılmak üzere üretilen kömürlerin değerlendirilmesi açısından kuru yöntemle zenginleştirme, termik santral verimini artırmak için önemli bir alternatif olabilecektir. Ancak sistemin işletme giderlerinin daha az olması ve tesisin çalışma kolaylığı açısından termik santral sahası içerisinde tesis kurulması daha avantajlı olacaktır. Böylece nemli kömürler için gerekli kurutma havası termik santral atık ısısından sağlanabilecektir. Yöntemin ekonomikliği, harmanlama tesislerinin de birlikte değerlendirileceği bir işletme optimizasyonu ile daha da artacaktır.

KAYNAKLAR

Alderman, J. K. ve Snoby, R. J. (26-28 Şubat 2001). *Improving power plant performance and reducing emissions through the use of pneumatic dry cleaning for low rank coal*. SME Annual Meeting, Denver, Colorado.

Allair Jig, (b.t). 5 Mayıs 2005, <http://www.allmineral.com.de>.

Bluhm, D. D., Fanslow, G. E. ve Nelson, S. O. (1986). Enhanced magnetic separation of pyrite from coal after microwave heating. *IEEE Transaction On Magnetism*, 22, 1887-1990.

Chen, Q. ve Wei, L. (2003). Coal dry beneficiation technology in China. *China Particuology*, 1 (2) 52-56.

Chen, Q. ve Yang, Y. (2003). Development of dry beneficiation of coal in China. *Coal Preparation*, 23, 3-12.

Donnelly, J., (1999). Potential Revival of Dry Cleaning of Coal. *The Australian Coal Review October*, 26-30.

Dry separator, (b.t). 10 Ocak 2010, <http://www.xuanmeitd.cn/FGX%20AD.htm>

Development of a Novel Dry Coal Processing technology, (2006). 15 Nisan 2008, <http://www.eere.energy.gov/industry>.

Elektrik Üretim Anonim Şirketi. (2008). *Yıllık Rapor*. 3 Şubat 2009, http://www.euas.gov.tr/_EUAS/Images/Birimler/apk/YILLIK%20RAPORLAR/2008_yillikrapor.pdf

Fan, M., Chen, Q., Zhao, Y., Luo, Z. ve Guan, Y. (2003). Fundamentals of a magnetically stabilized fluidized bed for coal separation. *Coal Preparation*, 23, 47-55.

Fgx septech, (b.t). 10 Ağustos 2009, <http://www.fgxseptech.com/Applications/t21>.

Fgx air table, (b.t). 17 Ocak 2010, http://www.asiapacificpartnership.org/pdf/Coalmining/expo_vegas/240_TPH_Air_Table_USA.pdf.

Handbook of crushing, (b.t). 20 Ekim 2009, <http://www.penncrusher.com>.

Honaker, R. Q. (22-24 Ağustos 2007a). *Coarse dry coal cleaning*. 10 Mart 2008, http://www.fe.doe.gov/international/Publications/Coal_Beneficiation_Workshop/7th_HONAKAR_drycleaning-India.pdf.

Honaker, R. Q. (27 Ağustos 2007b). *Coal preparation plant advancements*. 12 Mart 2008, <http://www.miningusa.com/pem/PPT/Honaker.pdf>.

Horn, A. ve Short, M. (2003). Dry beneficiation of lignite and hard coal with the allair-jig, *Surface Mining*. 55, 2-6.

Jiang, X. ve Tao, D. (2003). Enhancement of dry triboelectric separation of fly ash using seed particles. *Coal Preparation*, 23, 67-76.

Kelland, D. R. (1982). A review of HGMS methods of coal cleaning. *IEEE Transaction On Magnetics*, 18, 841-846.

Kelland, D. R., Lai-Fook, M., Maxwell, E., Takayasu, M., Jacobs, I. S. ve McConnell, M. D. (1988). HGMS coal desulfurization with microwave magnetization enhancement. *IEEE Transaction On Magnetics*, 22, 2434-2436.

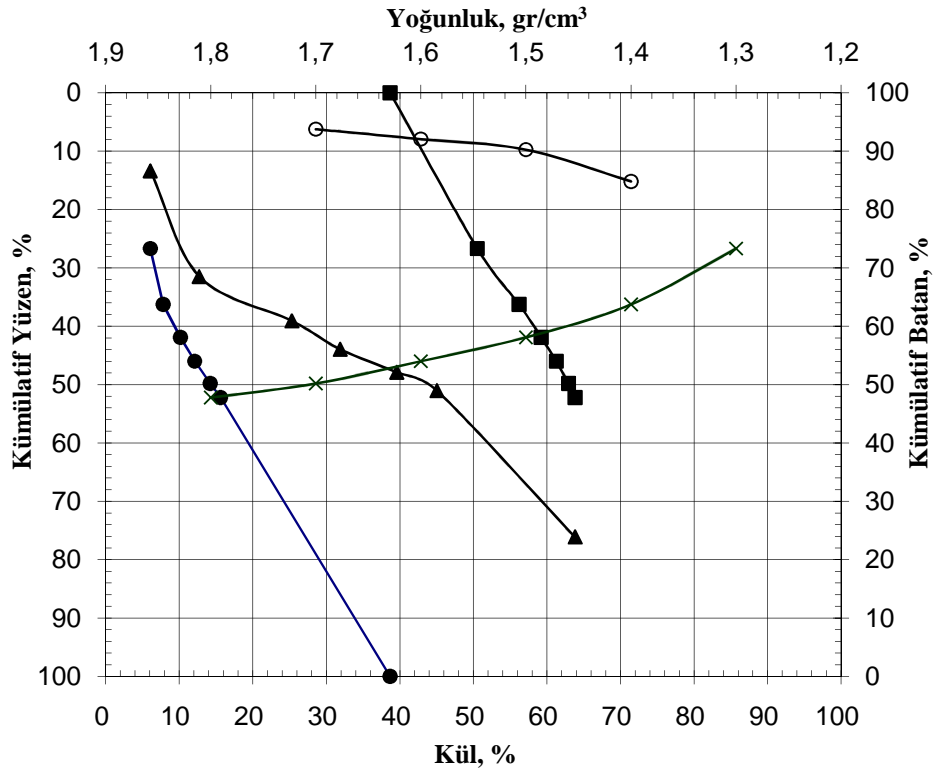
Korte, G.J. (17 Temmuz 2009). *High-density processing of coal*. 10 Eylül 2009, http://www.sacoalprep.co.za/Conference2009/18_High%20density%20processin%20of%20coal_J%20de%20Korte.pdf.

- Liu, Y. A. ve Lin, C. J. (1976). Assessment of sulfur and ash removal from coals by magnetic separation. *IEEE Transaction On Magnetics*, 12, 538-550.
- Maxwell, E. ve Kelland, D. R. (1978). High gradient magnetic separation in coal desulfurization. *IEEE Transaction On Magnetics*, 14, 482-487.
- Oder, R. R. (2002). An evaluation of the Alpha Prototype MagMill™ for dry coal cleaning. *Coal Preparation*, 22, 323-341.
- Oder, R. R., Hurst, R. ve Jamison, R. E. (2008). *Emissions reduction and plant efficiency improvement using the MagMill™*. Annual International Pittsburg Coal Conference. 1-7.
- Patil, D. P. (2008). *Development of dry fine coal processing technique*. Final Report. 9 Temmuz 2009, <http://www.energy.ky.gov/NR/ronlyres/7024F5C9-9A42-4503-A839-0ED764896CDE/0/Patil.pdf>.
- Series pneumatic coal cleaning system*, (b.t). 2 Kasım 2007, <http://www.tsjhgs.com/en/pro/pro07.htm>.
- Trigwell, S., Tennal, K. B., Mazumder, M. K. ve Lindquist, D. A. (2003). Precombustion cleaning of coal by triboelectric separation of minerals. *Particulate Science and Technology*, 21, 353-364.
- Weinstein, R. ve Snoby, R. (2007). Advances in dry jigging improves coal quality. *Mining Engineering*. January 2007, 29-34.
- Xu, S. ve Guan, Y. (2003). Numerical simulation and experimental validation of magnetic medium performance in Air-Dense Medium Fluidized Bed (ADMFB). *Coal Preparation*, 23, 57-65.

EKLER**TESTLERDE KULLANILAN KÖMÜRLERE AİT TABLO VE EĞRİLER**

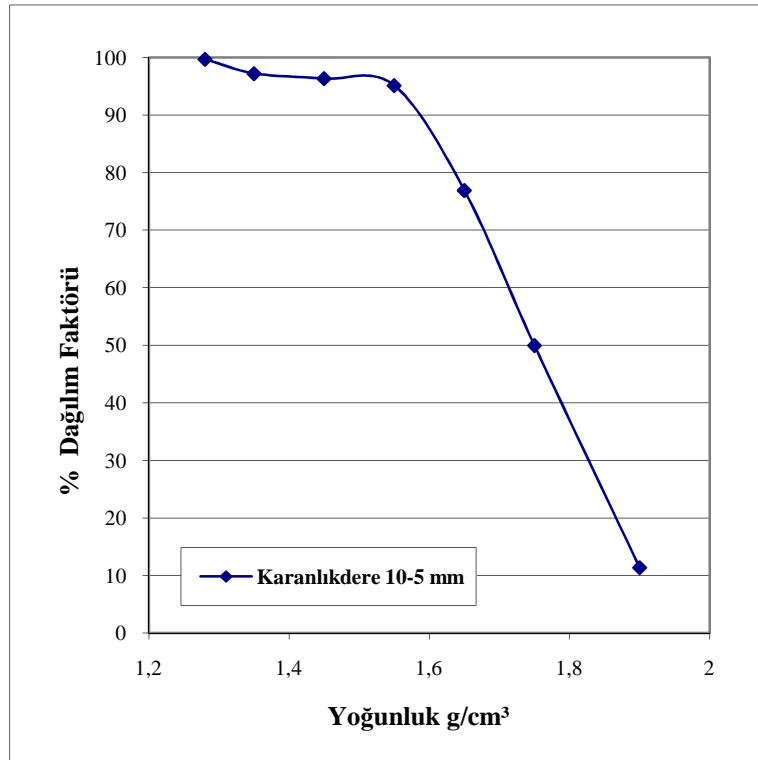
Tablo 1. Soma Karanlıkdere Kömürü 10-5 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	26,69	6,06	26,69	6,06	100,00	38,66	13,35	
1,3 - 1,4	9,56	12,71	36,25	7,81	73,31	50,53	31,47	15,20
1,4 - 1,5	5,64	25,31	41,89	10,17	63,75	56,20	39,07	9,74
1,5 - 1,6	4,10	31,88	45,99	12,10	58,11	59,20	43,94	7,92
1,6 - 1,7	3,82	39,58	49,81	14,21	54,01	61,28	47,90	6,23
1,7 - 1,8	2,41	45,03	52,22	15,63	50,19	62,93	51,02	
1,8 Batan	47,78	63,83	100,00	38,66	47,78	63,83	76,11	
Toplam	100,00	38,66						



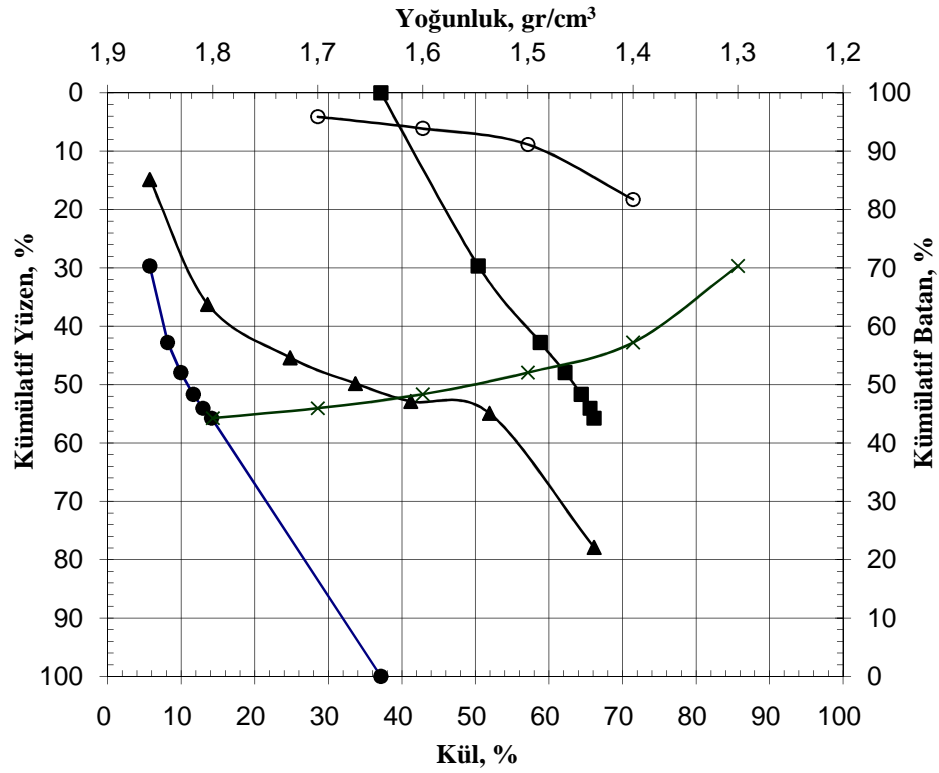
Tablo 2. Soma Karanlıkdere Kömürü 10-5 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	26,69	6,06	36,97	5,94	0,17	5,41	22,12	0,07	22,19	99,69
1,3 - 1,4	9,56	12,71	15,15	10,42	0,65	11,28	9,07	0,26	9,33	97,20
1,4 - 1,5	5,64	25,31	20,90	21,36	1,19	24,20	12,51	0,48	12,99	96,32
1,5 - 1,6	4,10	31,88	12,12	34,21	0,93	34,67	7,25	0,37	7,63	95,10
1,6 - 1,7	3,82	39,58	4,69	38,74	2,10	41,47	2,81	0,84	3,65	76,90
1,7 - 1,8	2,41	45,03	2,31	51,22	3,45	51,45	1,38	1,39	2,77	49,95
1,8 Batan	47,78	63,83	7,86	64,12	91,51	68,30	4,70	36,75	41,45	11,35
Toplam	100,00	38,66	100,00	20,43	100,00	65,84	59,84	40,16	100,00	



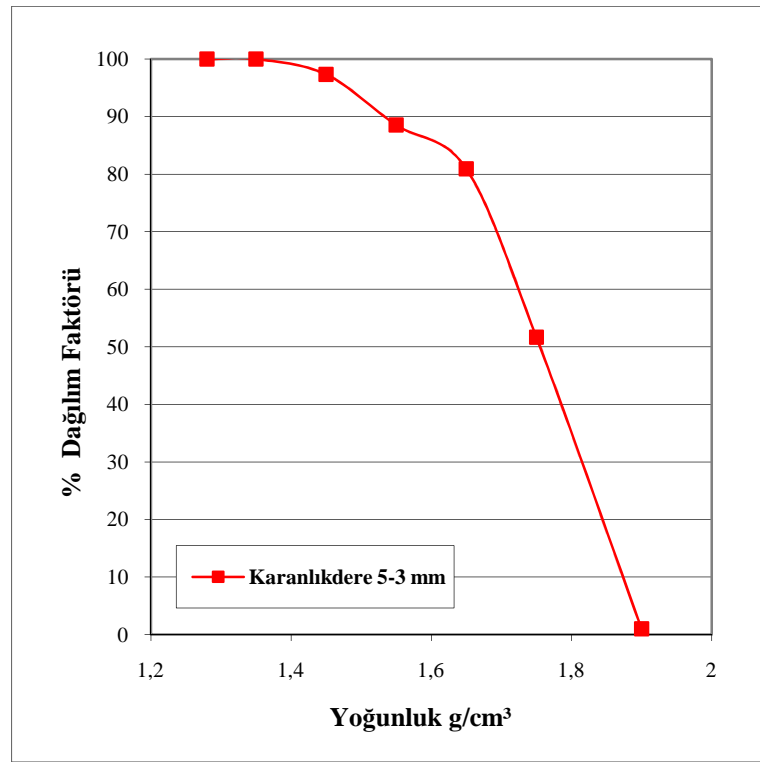
Tablo 3. Soma Karanlıkdere Kömürü 5-3 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	29,66	5,73	29,66	5,73	100,00	37,14	14,83	
1,3 - 1,4	13,14	13,60	42,80	8,15	70,34	50,38	36,23	18,29
1,4 - 1,5	5,15	24,81	47,95	9,94	57,20	58,83	45,38	8,86
1,5 - 1,6	3,71	33,69	51,66	11,64	52,05	62,20	49,81	6,10
1,6 - 1,7	2,39	41,20	54,05	12,95	48,34	64,39	52,86	4,09
1,7 - 1,8	1,70	51,90	55,75	14,14	45,95	65,59	54,90	
1,8 Batan	44,25	66,12	100,00	37,14	44,25	66,12	77,88	
Toplam	100,00	37,14						



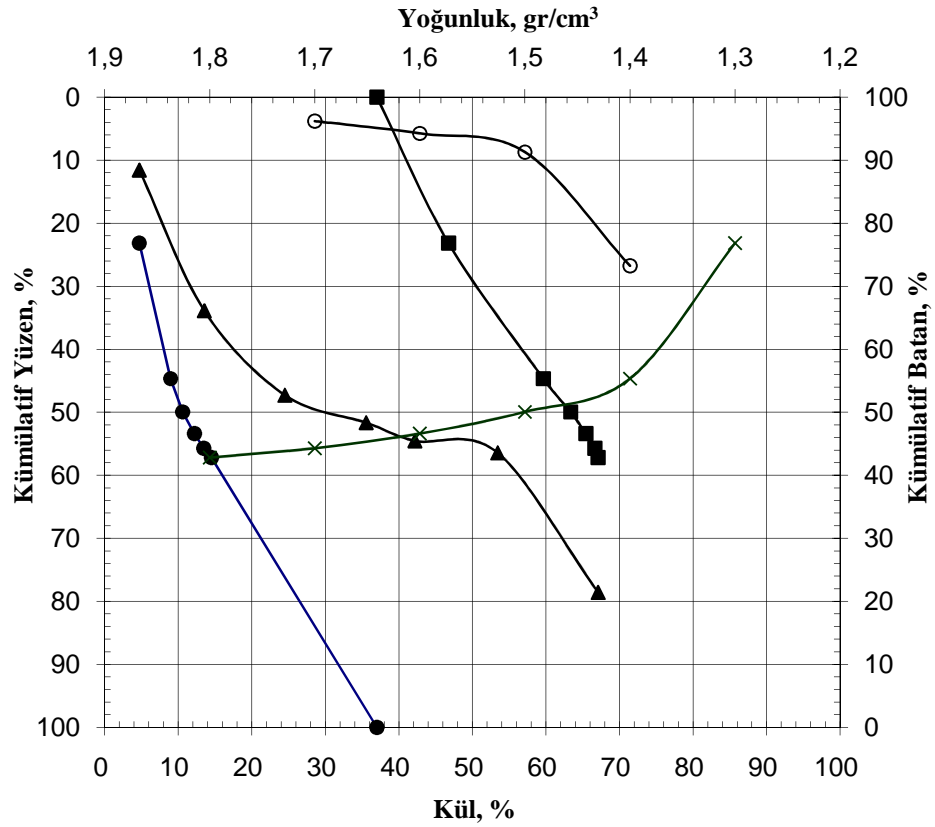
Tablo 4. Soma Karanlıkdere Kömürü 5-3 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Mah		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
							Temiz Kömür	Artık		
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Ağ.	% Ağ.	
1,3 Yüzen	29,66	5,73	42,10	5,17	0,00	0,00	25,01	0,00	25,01	100,00
1,3 - 1,4	13,14	13,60	15,25	12,60	0,00	0,00	9,06	0,00	9,06	100,00
1,4 - 1,5	5,15	24,81	23,03	23,16	0,93	23,78	13,68	0,38	14,06	97,32
1,5 - 1,6	3,71	33,69	12,02	34,51	2,28	34,61	7,14	0,93	8,07	88,53
1,6 - 1,7	2,39	41,20	4,84	38,39	1,67	43,29	2,88	0,68	3,55	80,92
1,7 - 1,8	1,70	51,90	2,11	50,21	2,89	50,18	1,25	1,17	2,43	51,66
1,8 Batan	44,25	66,12	0,65	65,38	92,23	68,90	0,39	37,44	37,82	1,02
Toplam	100,00	37,14	100,00	16,92	100,00	66,73	59,41	40,59	100,00	



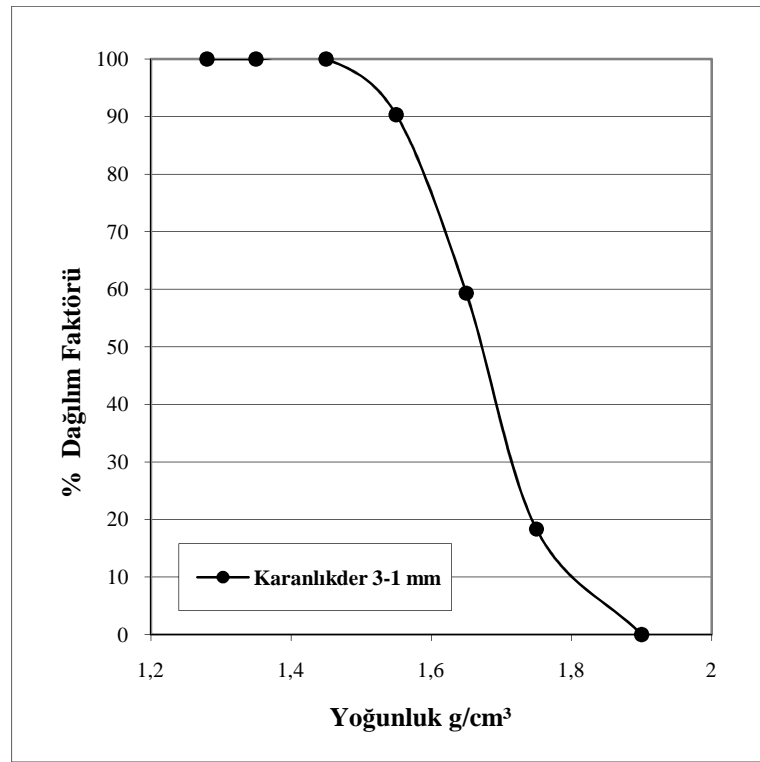
Tablo 5. Soma Karanlıkdere Kömürü 3-1 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	23,17	4,71	23,17	4,71	100,00	37,01	11,59	
1,3 - 1,4	21,50	13,55	44,67	8,96	76,83	46,76	33,92	26,78
1,4 - 1,5	5,28	24,50	49,95	10,61	55,33	59,66	47,31	8,72
1,5 - 1,6	3,44	35,55	53,39	12,21	50,05	63,37	51,67	5,76
1,6 - 1,7	2,32	42,19	55,71	13,46	46,61	65,42	54,5	3,81
1,7 - 1,8	1,49	53,44	57,20	14,50	44,29	66,64	56,46	
1,8 Batan	42,80	67,10	100,00	37,01	42,80	67,10	78,60	
Toplam	100,00	37,01						



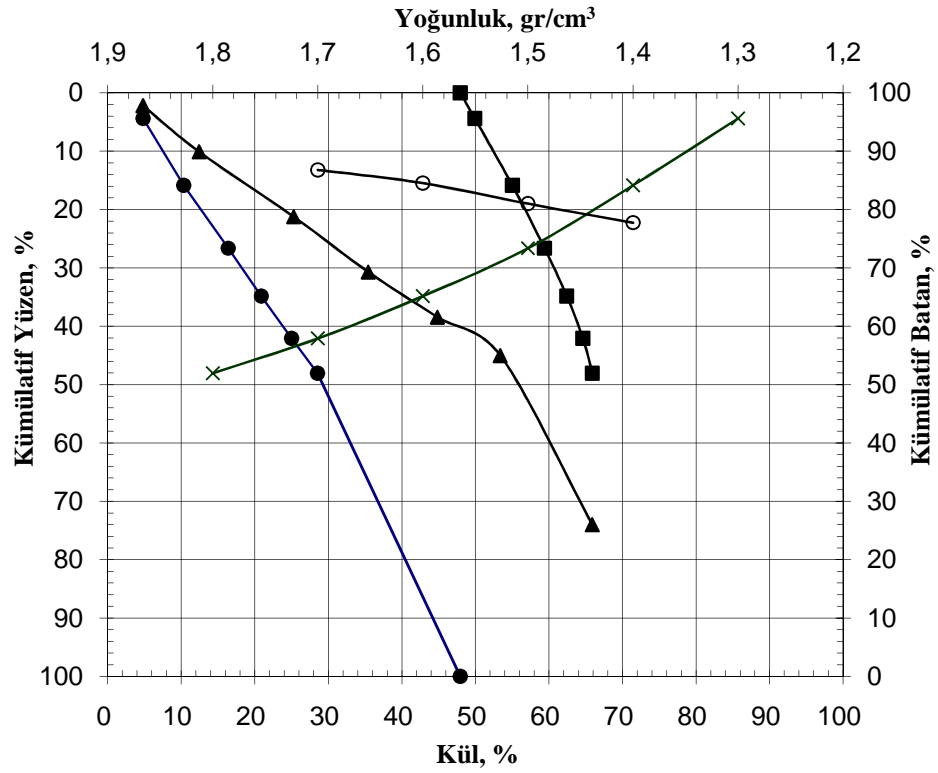
Tablo 6. Soma Karanlıkdere Kömürü 3-1 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Mah		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	23,17	4,71	15,25	4,62	0,00	0,00	9,02	0,00	9,02	100,00
1,3 - 1,4	21,50	13,55	49,30	11,88	0,00	0,00	29,18	0,00	29,18	100,00
1,4 - 1,5	5,28	24,50	21,03	23,77	0,00	0,00	12,45	0,00	12,45	100,00
1,5 - 1,6	3,44	35,55	10,02	33,59	1,56	34,50	5,93	0,64	6,57	90,30
1,6 - 1,7	2,32	42,19	3,59	38,79	3,57	43,72	2,12	1,46	3,58	59,31
1,7 - 1,8	1,49	53,44	0,81	48,93	5,23	53,68	0,48	2,13	2,61	18,34
1,8 Batan	42,80	67,10	0,00	0,00	89,64	68,65	0,00	36,59	36,59	0,00
Toplam	100,00	37,01	100,00	16,71	100,00	66,44	59,18	40,82	100,00	



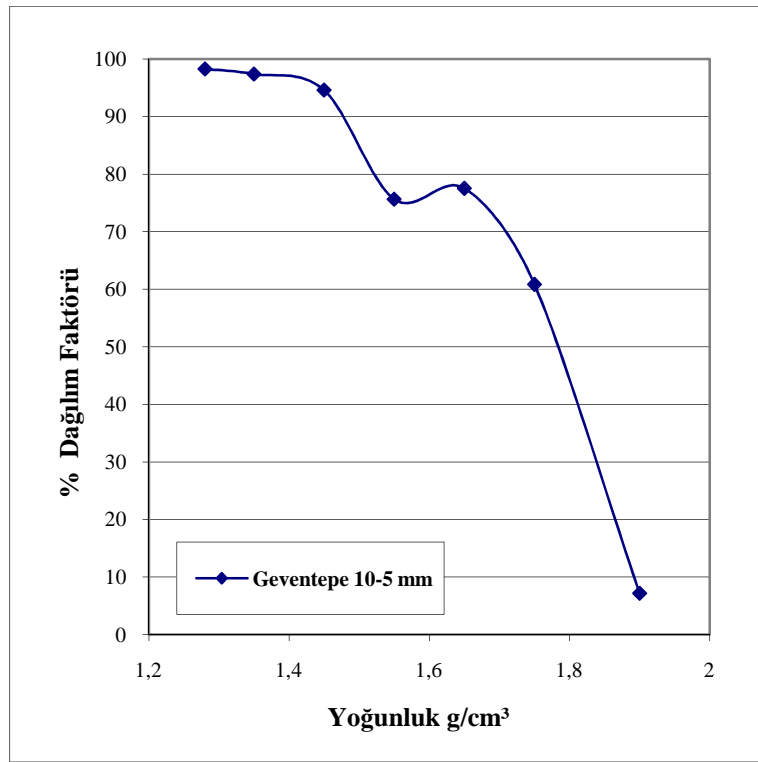
Tablo 7. Soma Geventepe Kömürü 10-5 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	4,38	4,82	4,38	4,82	100,00	47,95	2,19	
1,3 - 1,4	11,47	12,45	15,85	10,34	95,62	49,93	10,12	22,24
1,4 - 1,5	10,77	25,30	26,62	16,39	84,15	55,04	21,24	18,98
1,5 - 1,6	8,21	35,46	34,83	20,89	73,38	59,40	30,73	15,46
1,6 - 1,7	7,25	44,85	42,08	25,02	65,17	62,42	38,46	13,21
1,7 - 1,8	5,96	53,40	48,04	28,54	57,92	64,61	45,06	
1,8 Batan	51,96	65,90	100,00	47,95	51,96	65,90	74,02	
Toplam	100,00	47,95						



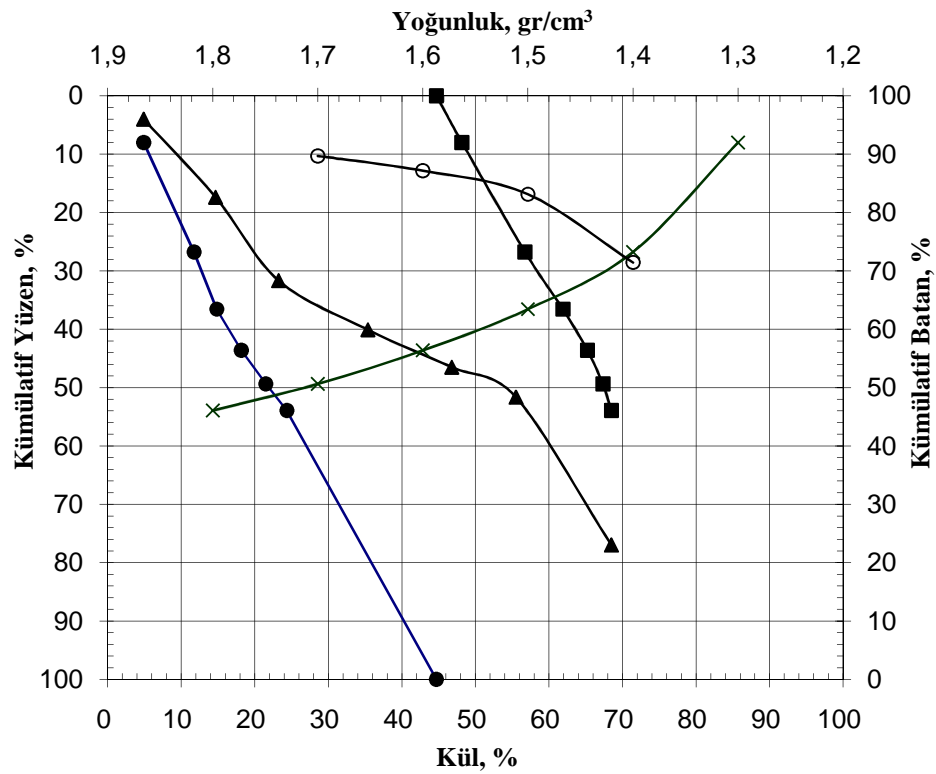
Tablo 8. Soma Geventepe Kömürü 10-5 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	4,38	4,82	13,11	5,47	0,21	5,74	6,29	0,11	6,40	98,29
1,3 - 1,4	11,47	12,45	26,00	12,61	0,64	11,78	12,48	0,33	12,81	97,40
1,4 - 1,5	10,77	25,30	21,80	24,58	1,15	23,08	10,46	0,60	11,06	94,59
1,5 - 1,6	8,21	35,46	13,59	36,30	4,04	34,32	6,52	2,10	8,62	75,64
1,6 - 1,7	7,25	44,85	8,87	43,83	2,37	45,70	4,26	1,23	5,49	77,55
1,7 - 1,8	5,96	53,40	9,43	53,16	5,60	53,40	4,53	2,91	7,44	60,85
1,8 Batan	51,96	65,90	7,20	65,41	85,99	70,53	3,46	44,72	48,17	7,17
Toplam	100,00	47,95	100,00	27,90	100,00	66,46	48,00	52,00	100,00	



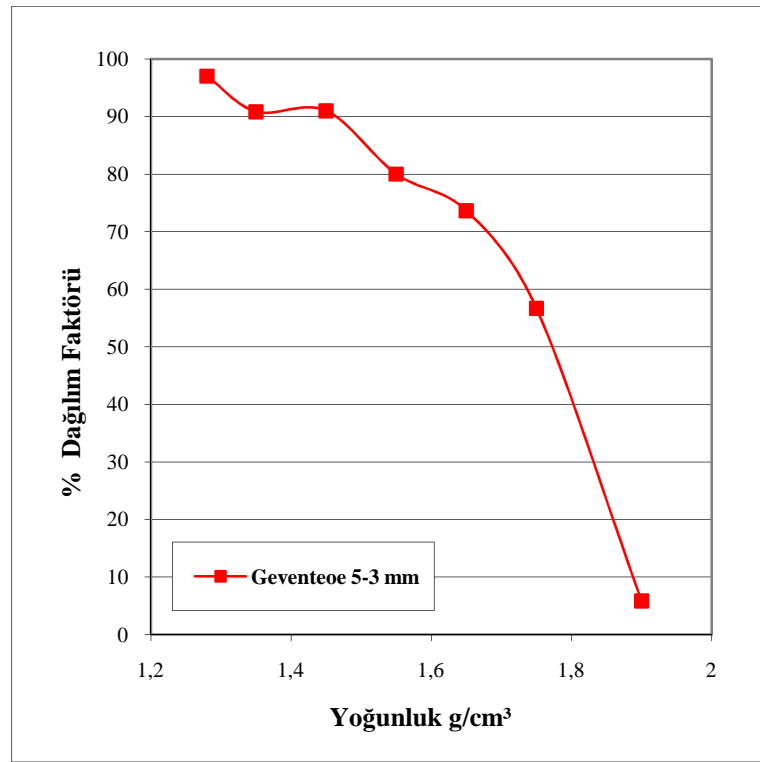
Tablo 9. Soma Geventepe Kömürü 5-3 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	8,01	4,90	8,01	4,90	100,00	44,71	4,01	
1,3 - 1,4	18,75	14,68	26,76	11,75	91,99	48,17	17,39	28,55
1,4 - 1,5	9,80	23,26	36,56	14,84	73,24	56,75	31,66	16,86
1,5 - 1,6	7,06	35,40	43,62	18,17	63,44	61,92	40,09	12,82
1,6 - 1,7	5,76	46,80	49,38	21,51	56,38	65,24	46,50	10,30
1,7 - 1,8	4,54	55,53	53,92	24,37	50,62	67,34	51,65	
1,8 Batan	46,08	68,50	100,00	44,71	46,08	68,50	76,96	
Toplam	100,00	44,71						



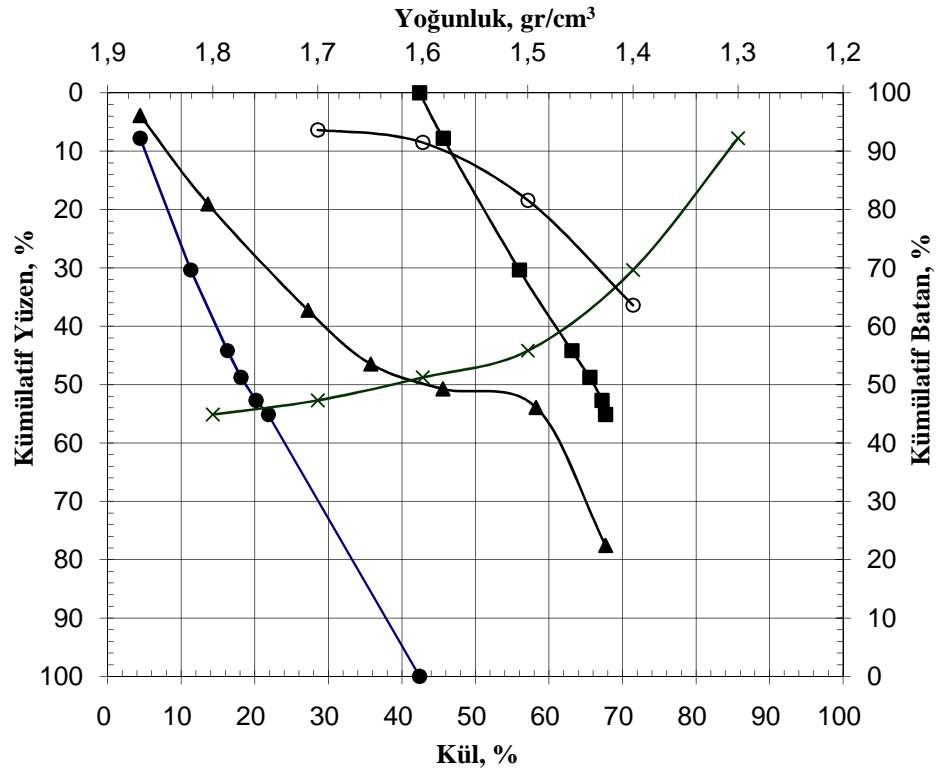
Tablo 10. Soma Geventepe Kömürü 5-3 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	8,01	4,90	17,45	4,61	0,49	4,13	8,33	0,26	8,58	97,02
1,3 - 1,4	18,75	14,68	26,37	11,52	2,43	12,81	12,59	1,27	13,86	90,83
1,4 - 1,5	9,80	23,26	21,03	22,74	1,90	24,22	10,04	0,99	11,03	91,00
1,5 - 1,6	7,06	35,40	17,01	35,28	3,88	34,60	8,12	2,03	10,15	80,01
1,6 - 1,7	5,76	46,80	5,78	42,52	1,89	44,17	2,76	0,99	3,75	73,63
1,7 - 1,8	4,54	55,53	6,60	51,21	4,61	53,69	3,15	2,41	5,56	56,66
1,8 Batan	46,08	68,50	5,76	65,66	84,80	68,33	2,75	44,33	47,07	5,84
Toplam	100,00	44,71	100,00	24,25	100,00	63,39	47,73	52,27	100,00	



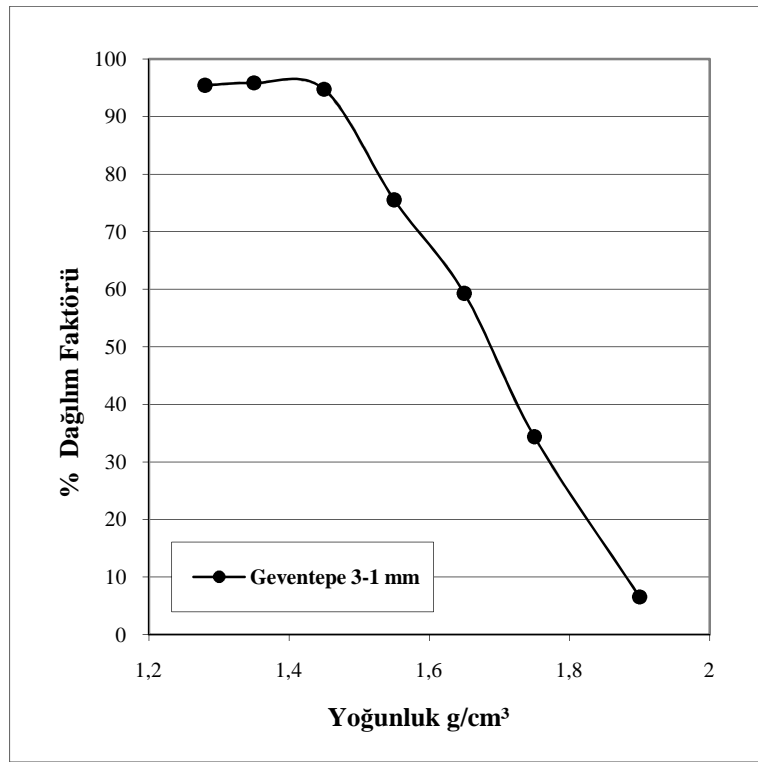
Tablo 11. Soma Geventepe Kömürü 3-1 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	7,79	4,43	7,79	4,43	100,00	42,42	3,90	
1,3 - 1,4	22,57	13,65	30,36	11,28	92,21	45,63	19,08	36,40
1,4 - 1,5	13,83	27,26	44,19	16,28	69,64	56,00	37,28	18,42
1,5 - 1,6	4,59	35,80	48,78	18,12	55,81	63,12	46,49	8,51
1,6 - 1,7	3,92	45,60	52,70	20,16	51,22	65,57	50,74	6,35
1,7 - 1,8	2,43	58,26	55,13	21,84	47,30	67,22	53,92	
1,8 Batan	44,87	67,71	100,00	42,42	44,87	67,71	77,57	
Toplam	100,00	42,42						



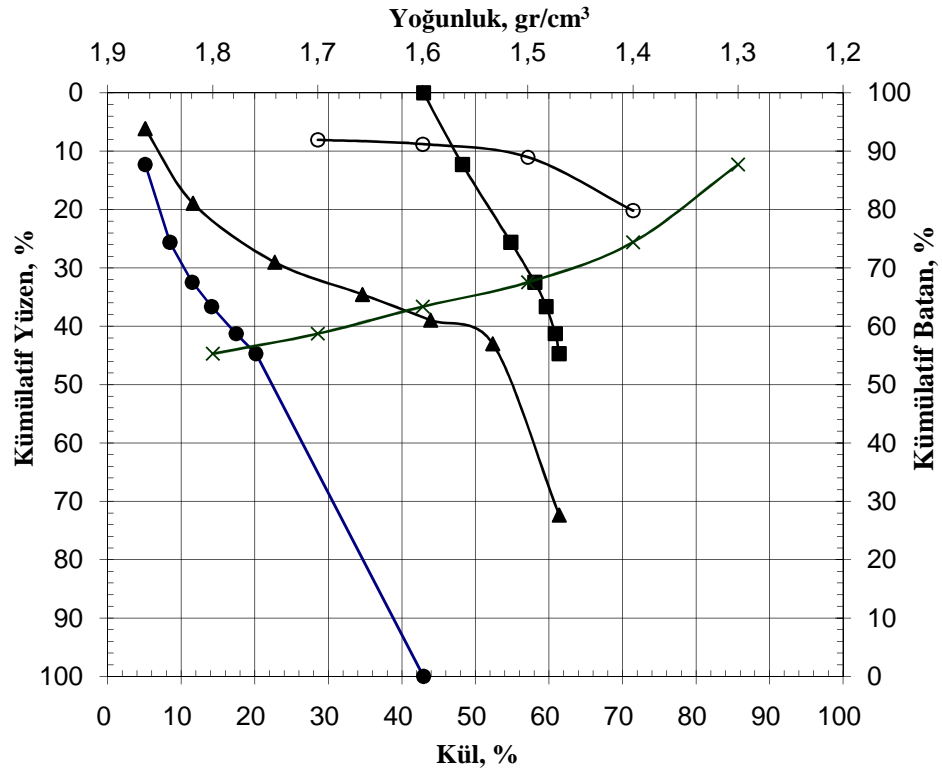
Tablo 12. Soma Geventepe Kömürü 3-1 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	7,79	4,43	18,30	5,29	0,89	5,02	9,24	0,44	9,68	95,44
1,3 - 1,4	22,57	13,65	37,81	12,82	1,67	11,61	19,08	0,83	19,91	95,85
1,4 - 1,5	13,83	27,26	21,03	23,88	1,19	25,73	10,61	0,59	11,20	94,74
1,5 - 1,6	4,59	35,80	8,12	35,37	2,68	34,69	4,10	1,33	5,43	75,54
1,6 - 1,7	3,92	45,60	5,59	45,61	3,91	46,00	2,82	1,94	4,76	59,30
1,7 - 1,8	2,43	58,26	3,45	52,40	6,71	53,19	1,74	3,32	5,06	34,38
1,8 Batan	44,87	67,71	5,70	66,10	82,95	69,41	2,88	41,08	43,96	6,54
Toplam	100,00	42,42	100,00	21,81	100,00	63,39	50,47	49,53	100,00	



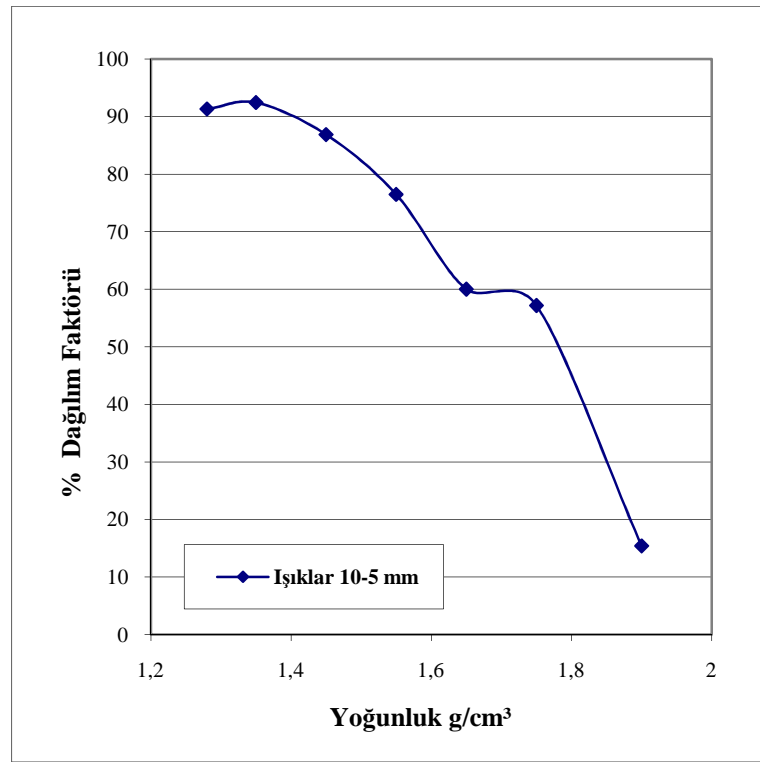
Tablo 13. Soma Işıklar Kömürü 10-5 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	12,28	5,10	12,28	5,10	100,00	42,95	6,14	
1,3 - 1,4	13,32	11,60	25,60	8,48	87,72	48,25	18,94	20,19
1,4 - 1,5	6,87	22,72	32,47	11,49	74,40	54,81	29,04	11,04
1,5 - 1,6	4,17	34,65	36,64	14,13	67,53	58,08	34,56	8,81
1,6 - 1,7	4,64	43,92	41,28	17,48	63,36	59,62	38,96	8,07
1,7 - 1,8	3,43	52,35	44,71	20,15	58,72	60,86	43,00	
1,8 Batan	55,29	61,39	100,00	42,95	55,29	61,39	72,36	
Toplam	100,00	42,95						



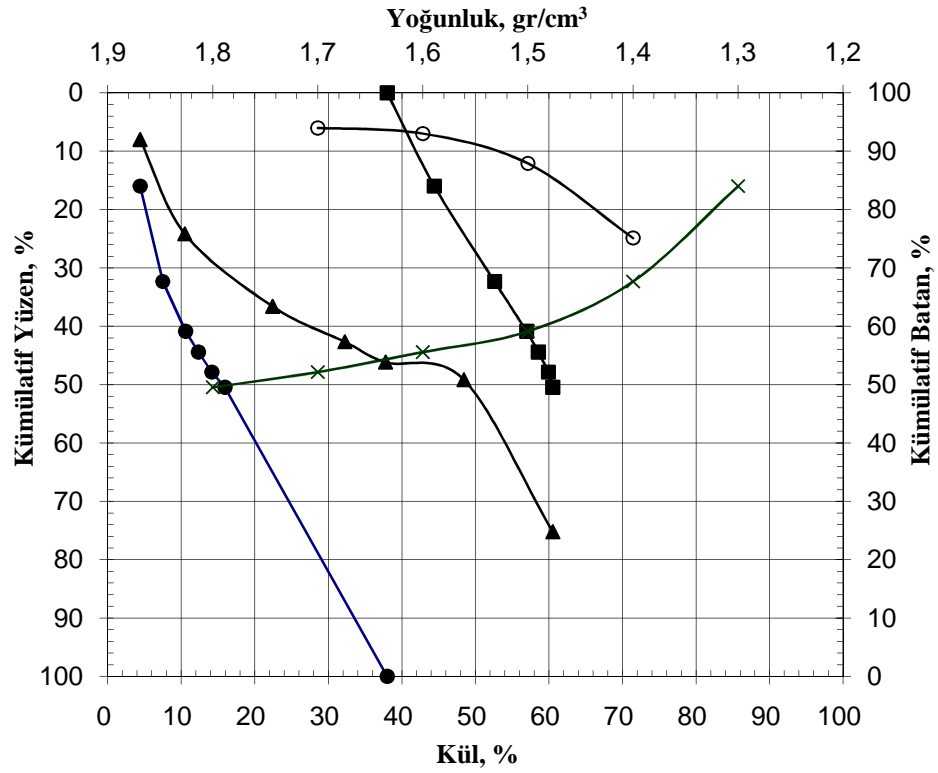
Tablo 14. Soma Işıklar Kömürü 10-5 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	12,28	5,10	17,58	4,73	1,63	5,09	8,67	0,83	9,50	91,30
1,3 - 1,4	13,32	11,60	31,25	11,21	2,49	13,60	15,41	1,26	16,67	92,43
1,4 - 1,5	6,87	22,72	11,43	20,91	1,68	22,00	5,64	0,85	6,49	86,88
1,5 - 1,6	4,17	34,65	11,08	34,19	3,32	34,67	5,46	1,68	7,15	76,46
1,6 - 1,7	4,64	43,92	5,35	38,80	3,47	44,39	2,64	1,76	4,40	60,01
1,7 - 1,8	3,43	52,35	8,03	47,40	5,85	53,00	3,96	2,96	6,93	57,19
1,8 Batan	55,29	61,39	15,28	62,93	81,56	64,81	7,54	41,33	48,87	15,42
Toplam	100,00	42,95	100,00	26,01	100,00	59,44	49,32	50,68	100,00	



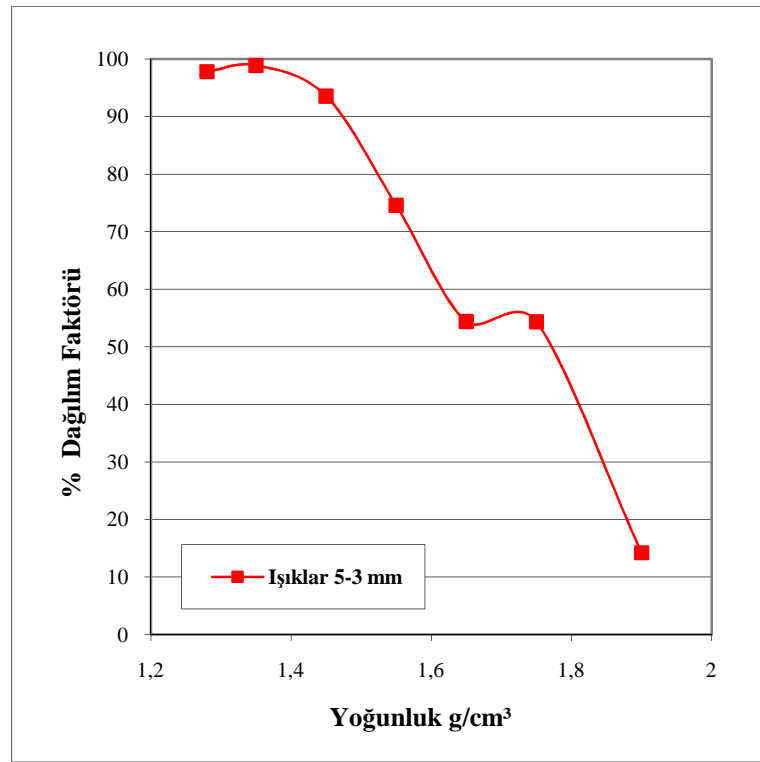
Tablo 15. Soma Işıklar Kömürü 5-3 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	15,99	4,42	15,99	4,42	100,00	38,03	8,00	
1,3 - 1,4	16,35	10,50	32,34	7,49	84,01	44,42	24,17	24,88
1,4 - 1,5	8,53	22,44	40,87	10,61	67,66	52,62	36,61	12,10
1,5 - 1,6	3,57	32,26	44,44	12,35	59,13	56,98	42,66	6,99
1,6 - 1,7	3,42	37,80	47,86	14,17	55,56	58,56	46,15	6,03
1,7 - 1,8	2,61	48,45	50,47	15,94	52,14	59,93	49,17	
1,8 Batan	49,53	60,53	100,00	38,03	49,53	60,53	75,24	
Toplam	100,00	38,03						



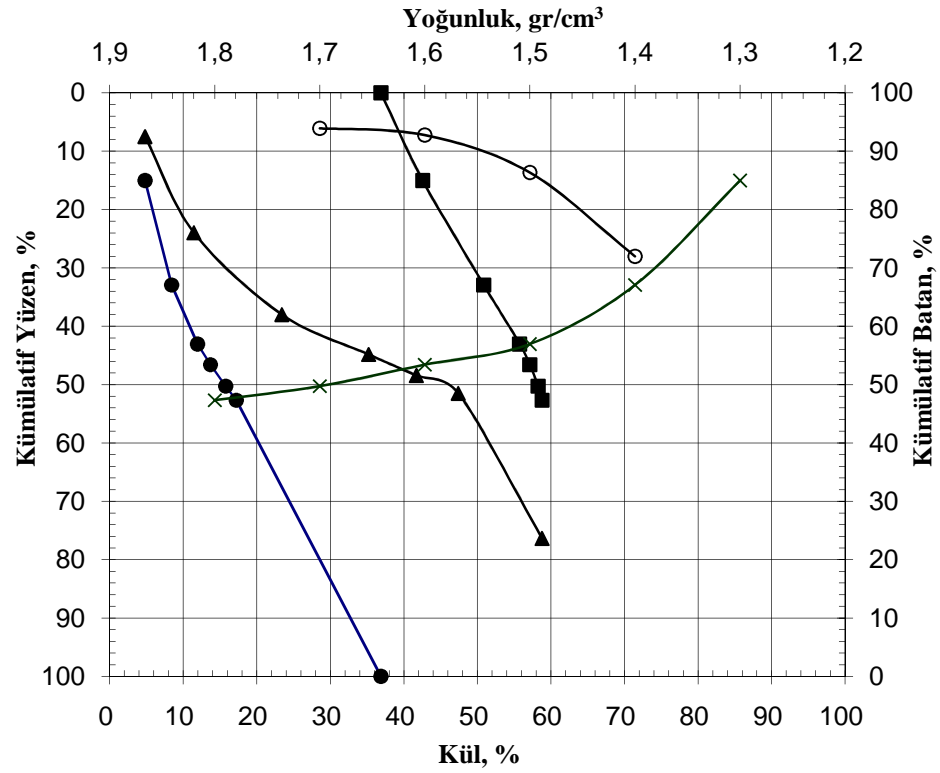
Tablo 16. Soma Işıklar Kömürü 5-3 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	15,99	4,42	19,88	4,30	0,62	4,62	11,52	0,26	11,78	97,79
1,3 - 1,4	16,35	10,50	33,65	10,25	0,52	11,41	19,50	0,22	19,72	98,89
1,4 - 1,5	8,53	22,44	17,99	21,30	1,71	23,30	10,43	0,72	11,14	93,55
1,5 - 1,6	3,57	32,26	8,13	34,11	3,82	34,59	4,71	1,61	6,32	74,57
1,6 - 1,7	3,42	37,80	3,99	38,78	4,61	42,50	2,31	1,94	4,25	54,39
1,7 - 1,8	2,61	48,45	6,61	52,00	7,65	55,20	3,83	3,22	7,05	54,35
1,8 Batan	49,53	60,53	9,75	62,60	81,07	64,30	5,65	34,09	39,74	14,22
Toplam	100,00	38,03	100,00	22,00	100,00	60,12	57,95	42,05	100,00	



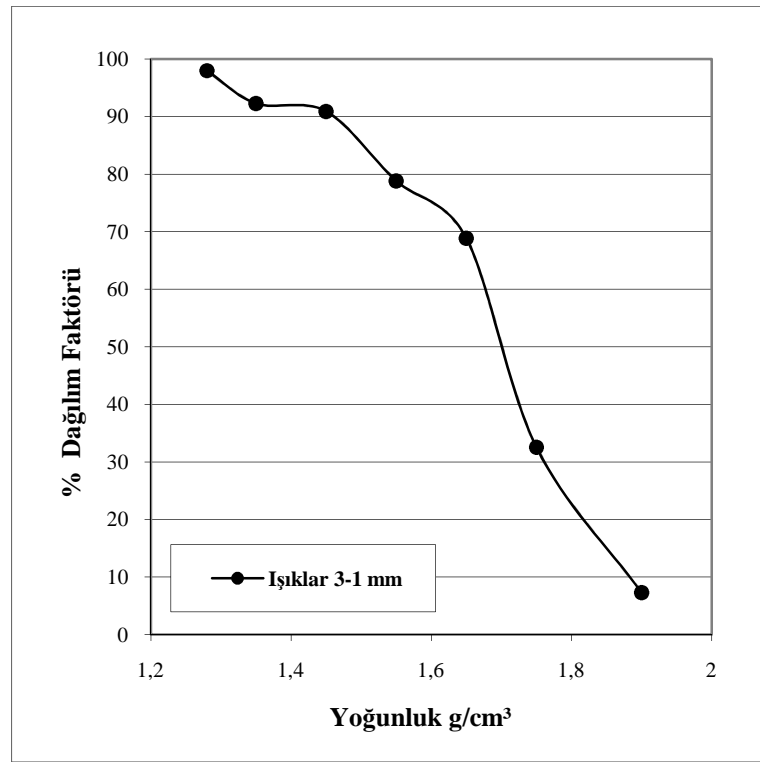
Tablo 17. Soma Işıklar Kömürü 3-1 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	15,02	4,80	15,02	4,80	100,00	36,89	7,51	
1,3 - 1,4	17,91	11,46	32,93	8,42	84,98	42,56	23,98	28,03
1,4 - 1,5	10,12	23,41	43,05	11,95	67,07	50,87	37,99	13,67
1,5 - 1,6	3,55	35,21	46,60	13,72	56,95	55,75	44,83	7,23
1,6 - 1,7	3,68	41,72	50,28	15,77	53,40	57,11	48,44	6,08
1,7 - 1,8	2,40	47,40	52,68	17,21	49,72	58,25	51,48	
1,8 Batan	47,32	58,80	100,00	36,89	47,32	58,80	76,34	
Toplam	100,00	36,89						



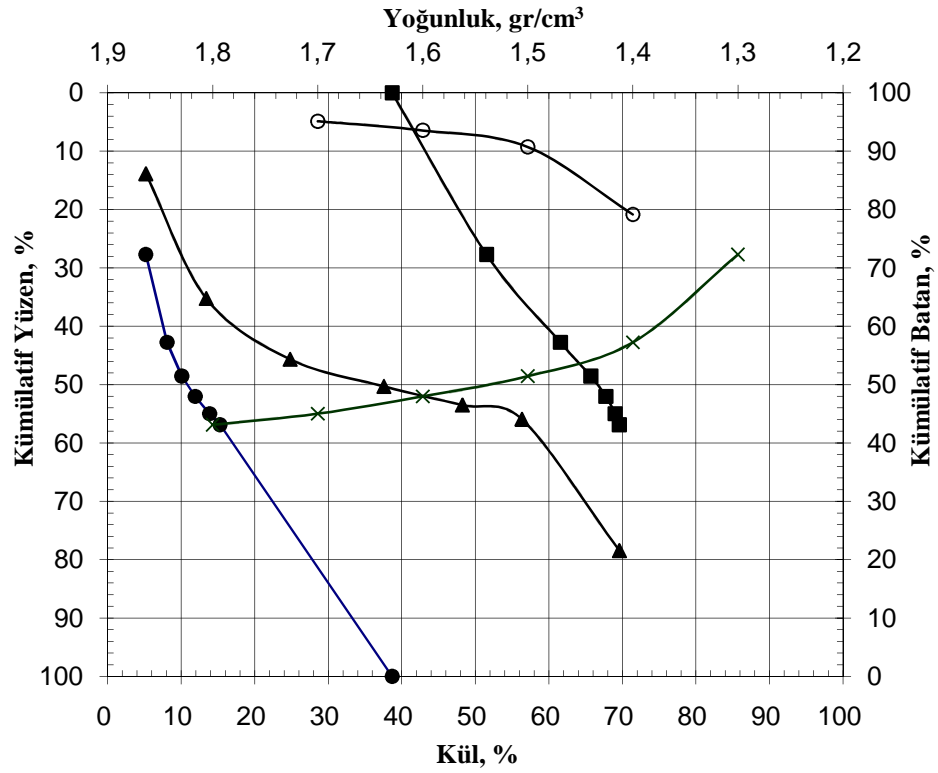
Tablo 18. Soma Işıklar Kömürü 3-1 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	15,02	4,80	28,77	4,92	0,74	5,43	15,93	0,33	16,26	97,97
1,3 - 1,4	17,91	11,46	30,44	11,35	3,17	11,84	16,85	1,42	18,26	92,25
1,4 - 1,5	10,12	23,41	23,49	25,85	2,92	23,05	13,00	1,30	14,31	90,89
1,5 - 1,6	3,55	35,21	3,96	35,24	1,32	33,69	2,19	0,59	2,78	78,81
1,6 - 1,7	3,68	41,72	4,35	39,02	2,44	44,90	2,41	1,09	3,50	68,85
1,7 - 1,8	2,40	47,40	3,95	51,76	10,15	53,40	2,19	4,53	6,72	32,55
1,8 Batan	47,32	58,80	5,04	60,49	79,26	64,17	2,79	35,39	38,18	7,31
Toplam	100,00	36,89	100,00	19,13	100,00	58,91	55,35	44,65	100,00	



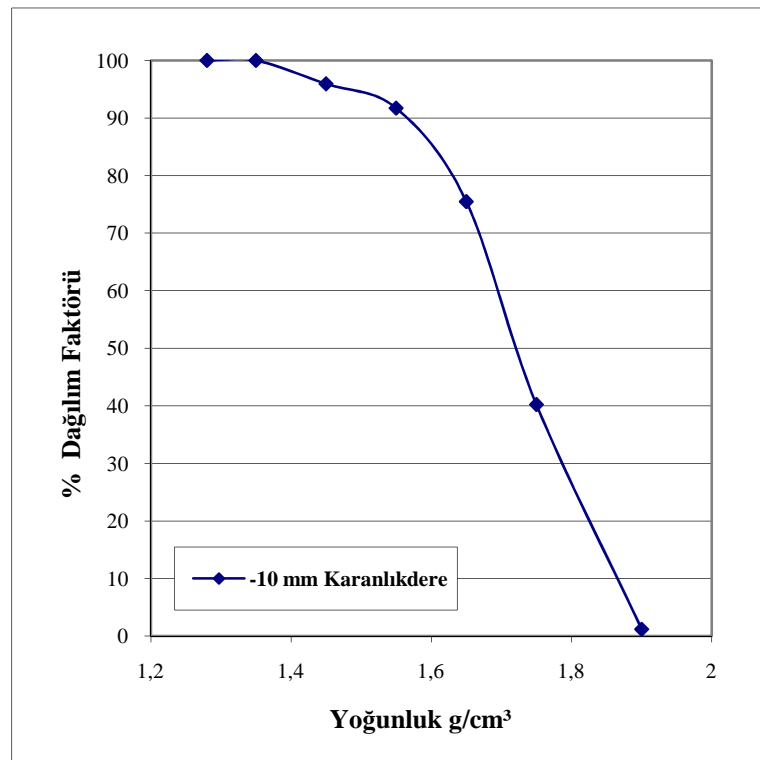
Tablo 19. Soma Karanlıkdere Kömürü -10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	27,71	5,19	27,71	5,19	100,00	38,69	13,86	
1,3 - 1,4	15,05	13,41	42,76	8,08	72,29	51,54	35,24	20,85
1,4 - 1,5	5,80	24,81	48,56	10,08	57,24	61,56	45,66	9,27
1,5 - 1,6	3,47	37,57	52,03	11,91	51,44	65,70	50,30	6,43
1,6 - 1,7	2,96	48,24	54,99	13,87	47,97	67,74	53,51	4,86
1,7 - 1,8	1,90	56,34	56,89	15,29	45,01	69,02	55,94	
1,8 Batan	43,11	69,58	100,00	38,69	43,11	69,58	78,45	
Toplam	100,00	38,69						



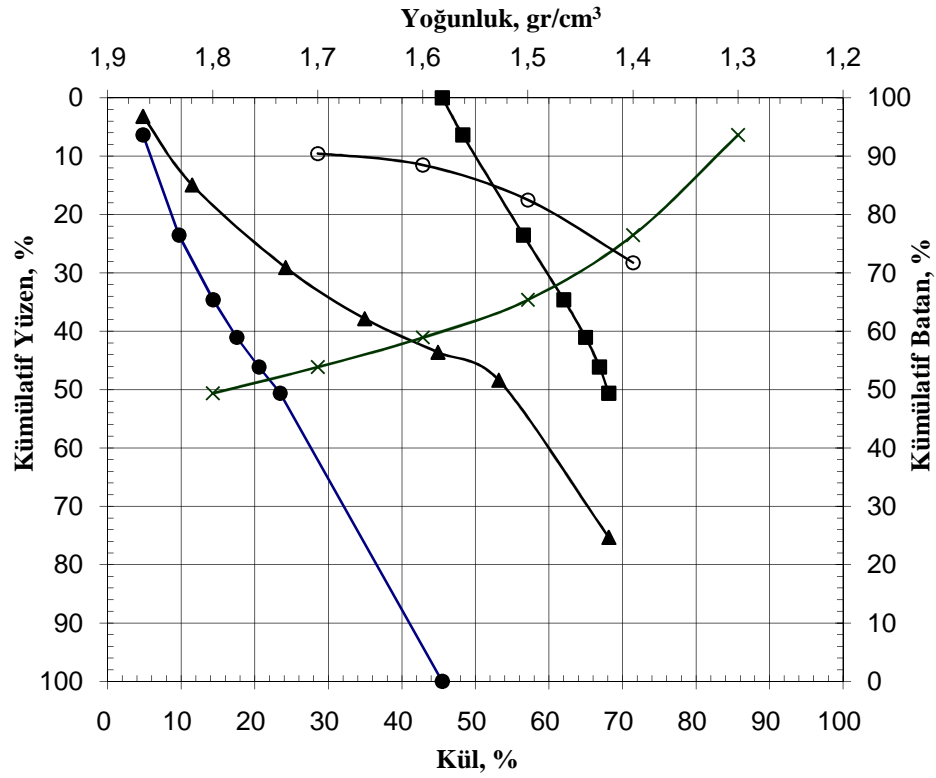
Tablo 20. Soma Karanlıkdere Kömürü -10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	27,71	5,19	15,10	4,39	0,00	0,00	8,63	0,00	8,63	100,00
1,3 - 1,4	15,05	13,41	46,10	11,20	0,00	0,00	26,35	0,00	26,35	100,00
1,4 - 1,5	5,80	24,81	21,03	22,10	1,19	24,25	12,02	0,51	12,53	95,93
1,5 - 1,6	3,47	37,57	10,02	35,19	1,21	35,60	5,73	0,52	6,25	91,70
1,6 - 1,7	2,96	48,24	4,84	45,75	2,10	49,59	2,77	0,90	3,67	75,46
1,7 - 1,8	1,90	56,34	2,11	54,28	4,19	54,27	1,21	1,79	3,00	40,19
1,8 Batan	43,11	69,58	0,80	66,41	91,31	68,25	0,46	39,11	39,57	1,16
Toplam	100,00	38,69	100,00	17,97	100,00	66,35	57,16	42,84	100,00	



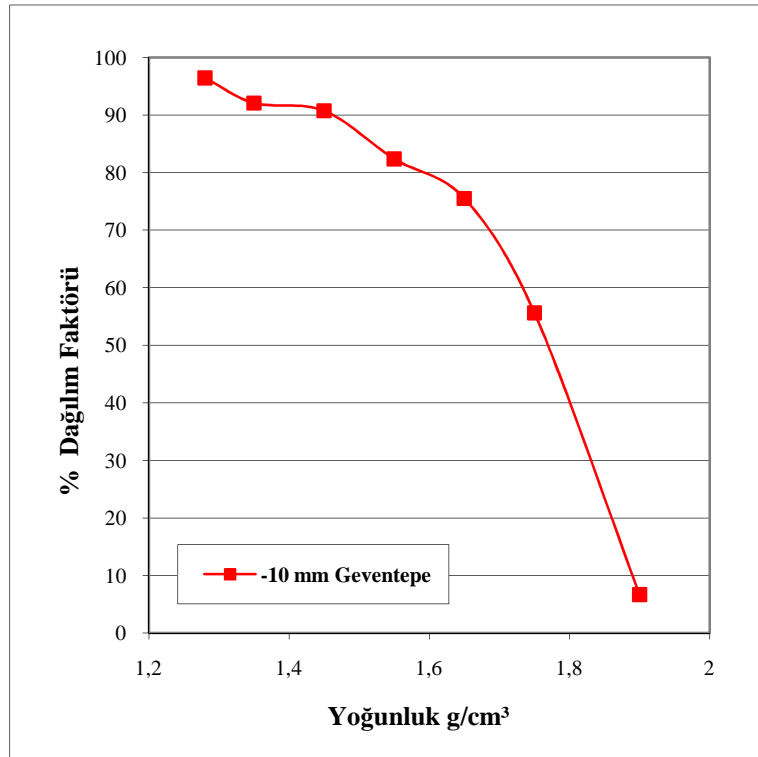
Tablo 21. Soma Geventepe Kömürü -10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	6,35	4,82	6,35	4,82	100,00	45,52	3,18	
1,3 - 1,4	17,19	11,51	23,54	9,71	93,65	48,28	14,95	28,27
1,4 - 1,5	11,08	24,20	34,62	14,34	76,46	56,54	29,08	17,52
1,5 - 1,6	6,44	34,94	41,06	17,57	65,38	62,02	37,84	11,52
1,6 - 1,7	5,08	44,90	46,14	20,58	58,94	64,98	43,60	9,56
1,7 - 1,8	4,48	53,16	50,62	23,47	53,86	66,88	48,38	
1,8 Batan	49,38	68,12	100,00	45,52	49,38	68,12	75,31	
Toplam	100,00	45,52						



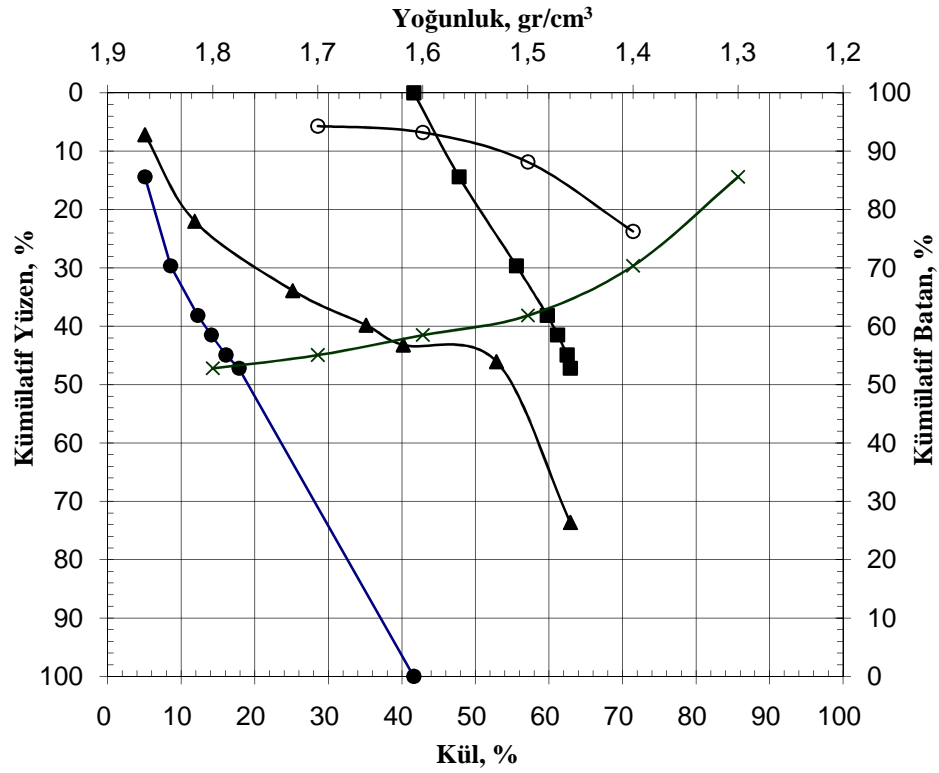
Tablo 22. Soma Geventepe Kömürü -10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	6,35	4,82	16,50	4,90	0,61	5,08	8,25	0,31	8,55	96,43
1,3 - 1,4	17,19	11,51	27,41	12,10	2,36	14,30	13,70	1,18	14,88	92,07
1,4 - 1,5	11,08	24,20	21,05	22,46	2,15	25,96	10,52	1,08	11,60	90,73
1,5 - 1,6	6,44	34,94	15,00	35,50	3,21	36,80	7,50	1,61	9,10	82,37
1,6 - 1,7	5,08	44,90	6,16	43,00	2,00	46,34	3,08	1,00	4,08	75,49
1,7 - 1,8	4,48	53,16	7,90	55,72	6,30	59,22	3,95	3,15	7,10	55,63
1,8 Batan	49,38	68,12	5,98	66,80	83,37	70,82	2,99	41,69	44,68	6,69
Toplam	100,00	45,52	100,00	25,22	100,00	65,81	50,00	50,00	100,00	



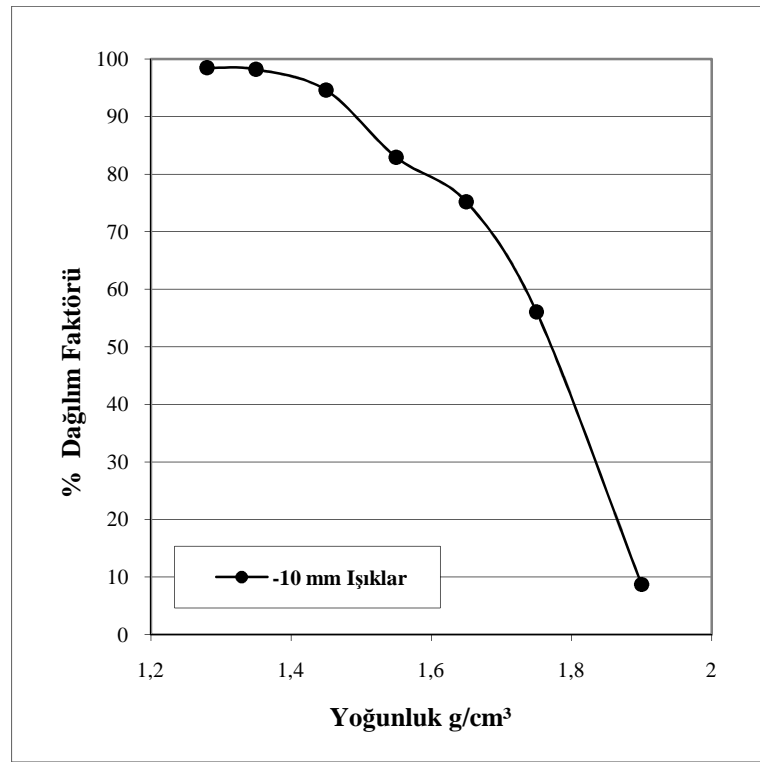
Tablo 23. Soma Işıklar Kömürü -10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	14,40	5,06	14,40	5,06	100,00	41,64	7,20	
1,3 - 1,4	15,24	11,83	29,64	8,54	85,60	47,79	22,02	23,74
1,4 - 1,5	8,50	25,16	38,14	12,24	70,36	55,58	33,89	11,86
1,5 - 1,6	3,36	35,13	41,50	14,10	61,86	59,77	39,82	6,78
1,6 - 1,7	3,42	40,18	44,92	16,08	58,50	61,18	43,21	5,70
1,7 - 1,8	2,28	52,85	47,20	17,86	55,08	62,48	46,06	
1,8 Batan	52,80	62,90	100,00	41,64	52,80	62,90	73,60	
Toplam	100,00	41,64						



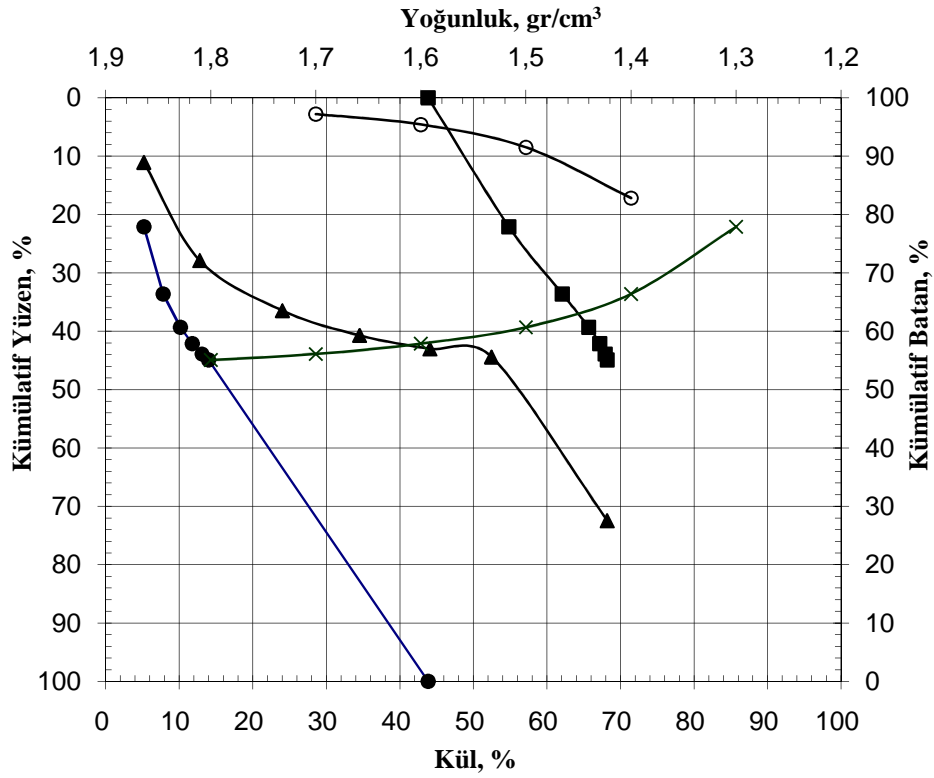
Tablo 24. Soma Işıklar Kömürü -10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	14,40	5,06	23,44	4,82	0,41	5,09	12,54	0,19	12,53	98,50
1,3 - 1,4	15,24	11,83	30,90	9,03	0,65	12,66	16,53	0,30	16,83	98,20
1,4 - 1,5	8,50	25,16	18,60	23,30	1,22	25,47	9,95	0,57	10,52	94,61
1,5 - 1,6	3,36	35,13	9,25	36,12	2,19	35,65	4,95	1,02	5,97	82,93
1,6 - 1,7	3,42	40,18	5,66	37,82	2,15	43,96	3,03	1,00	4,03	75,18
1,7 - 1,8	2,28	52,85	4,75	53,10	4,28	56,16	2,54	1,99	4,53	56,08
1,8 Batan	52,80	62,90	7,40	63,11	89,10	68,38	3,96	41,43	45,39	8,72
Toplam	100,00	41,64	100,00	20,93	100,00	65,47	53,50	46,50	100,00	



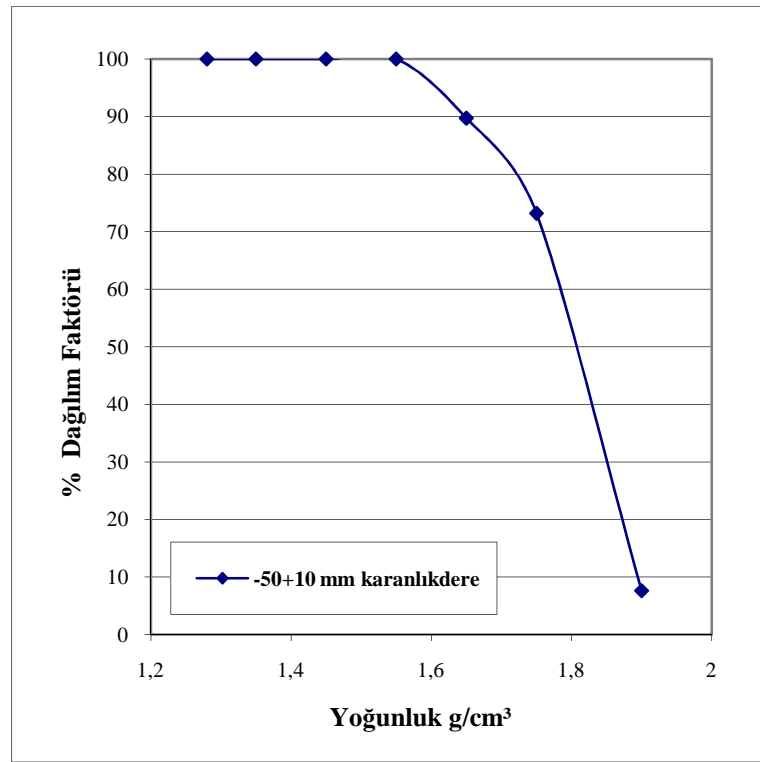
Tablo 25. Soma Karanlıkdere Kömürü -50 +10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	22,12	5,21	22,12	5,21	100,00	43,85	11,06	
1,3 - 1,4	11,49	12,80	33,61	7,80	77,88	54,83	27,87	17,19
1,4 - 1,5	5,70	24,05	39,31	10,16	66,39	62,10	36,46	8,50
1,5 - 1,6	2,80	34,55	42,11	11,78	60,69	65,67	40,71	4,59
1,6 - 1,7	1,79	44,10	43,90	13,10	57,89	67,18	43,01	2,81
1,7 - 1,8	1,02	52,48	44,92	13,99	56,10	67,91	44,41	
1,8 Batan	55,08	68,20	100,00	43,85	55,08	68,20	72,46	
Toplam	100,00	43,85						



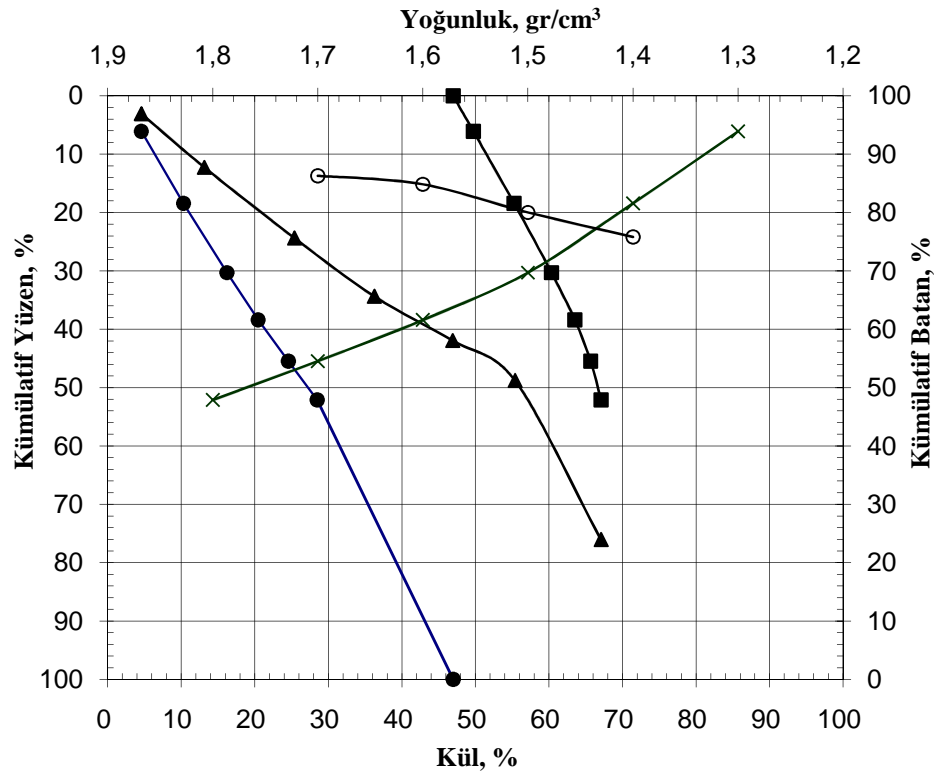
Tablo 26. Soma Karanlıkdere Kömürü -50 +10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Mah		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	22,12	5,21	27,60	4,82	0,00	0,00	13,42	0,00	13,42	100,00
1,3 - 1,4	11,49	12,80	35,50	11,16	0,00	0,00	17,26	0,00	17,26	100,00
1,4 - 1,5	5,70	24,05	13,59	23,42	0,00	0,00	6,61	0,00	6,61	100,00
1,5 - 1,6	2,80	34,55	5,65	30,16	0,00	0,00	2,75	0,00	2,75	100,00
1,6 - 1,7	1,79	44,10	4,80	41,40	0,52	45,72	2,33	0,27	2,60	89,73
1,7 - 1,8	1,02	52,48	4,30	47,33	1,49	51,16	2,09	0,77	2,86	73,20
1,8 Batan	55,08	68,20	8,56	65,81	97,99	66,93	4,16	50,34	54,50	7,64
Toplam	100,00	43,85	100,00	19,83	100,00	66,58	48,63	51,37	100,00	



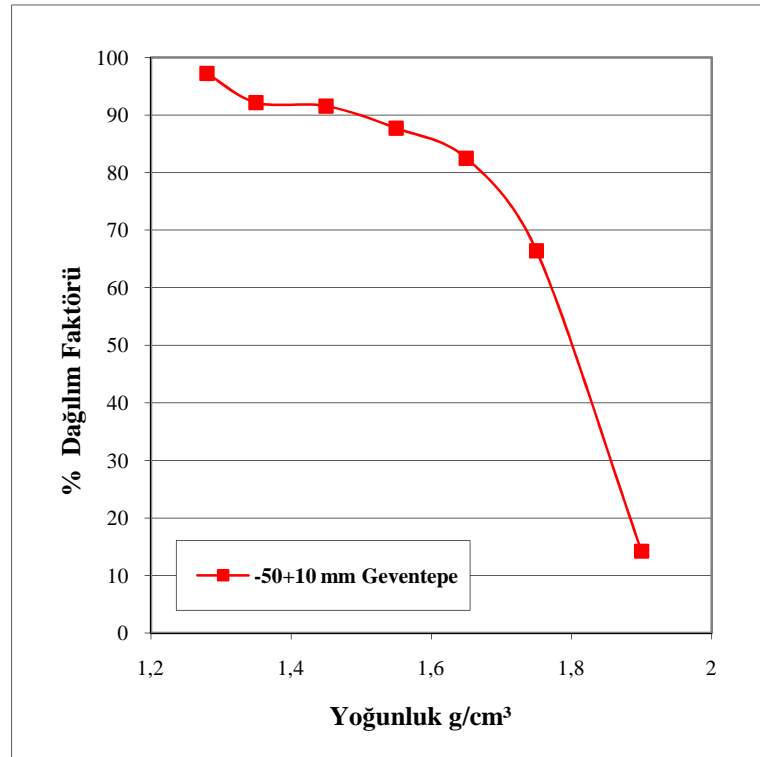
Tablo 27. Soma Geventepe Kömürü -50 +10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	6,10	4,58	6,10	4,58	100,00	46,98	3,05	
1,3 - 1,4	12,32	13,15	18,42	10,31	93,90	49,74	12,26	24,20
1,4 - 1,5	11,88	25,40	30,30	16,23	81,58	55,26	24,36	19,99
1,5 - 1,6	8,11	36,27	38,41	20,46	69,70	60,36	34,36	15,16
1,6 - 1,7	7,05	46,92	45,46	24,56	61,59	63,53	41,94	13,70
1,7 - 1,8	6,65	55,40	52,11	28,50	54,54	65,67	48,79	
1,8 Batan	47,89	67,10	100,00	46,98	47,89	67,10	76,06	
Toplam	100,00	46,98						



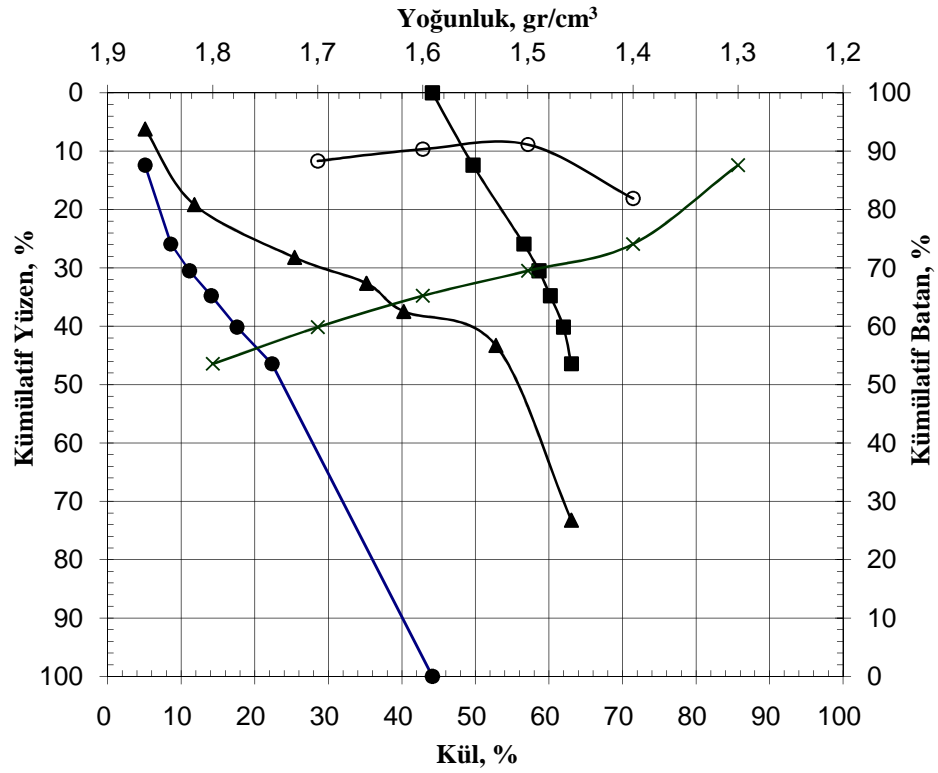
Tablo 28. Soma Geventepe Kömürü -50 +10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	6,10	4,58	13,01	5,61	0,41	5,25	6,81	0,20	7,00	97,21
1,3 - 1,4	12,32	13,15	22,60	14,40	2,11	15,48	11,82	1,01	12,83	92,16
1,4 - 1,5	11,88	25,40	21,04	22,28	2,13	24,95	11,01	1,02	12,02	91,55
1,5 - 1,6	8,11	36,27	12,88	35,51	1,98	37,81	6,74	0,94	7,68	87,71
1,6 - 1,7	7,05	46,92	7,21	44,37	1,68	47,60	3,77	0,80	4,57	82,48
1,7 - 1,8	6,65	55,40	10,26	57,72	5,69	58,20	5,37	2,71	8,08	66,42
1,8 Batan	47,89	67,10	13,00	68,40	86,00	68,02	6,80	41,01	47,81	14,22
Toplam	100,00	46,98	100,00	31,26	100,00	64,24	52,31	47,69	100,00	



Tablo 29. Soma Işıklar Kömürü -50 +10 mm Yüzdürme Batırma Tablosu ve Eğrileri.

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Malda		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=a ₀ +a ₁ /2	± 0,1
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül		
1,3 Yüzen	12,40	5,09	12,40	5,09	100,00	44,16	6,20	
1,3 - 1,4	13,51	11,79	25,91	8,58	87,60	49,69	19,16	18,09
1,4 - 1,5	4,58	25,42	30,49	11,11	74,09	56,60	28,20	8,86
1,5 - 1,6	4,28	35,19	34,77	14,08	69,51	58,65	32,63	9,65
1,6 - 1,7	5,37	40,26	40,14	17,58	65,23	60,19	37,46	11,67
1,7 - 1,8	6,30	52,81	46,44	22,36	59,86	61,98	43,29	
1,8 Batan	53,56	63,06	100,00	44,16	53,56	63,06	73,22	
Toplam	100,00	44,16						



Tablo 30. Soma Işıklar Kömürü -50 +10 mm Tromp Tablosu ve Eğrisi.

Yoğunluk g/cm ³	Besleme Malı		Temiz Kömür		Artık		B. M. Göre		B. M. Hesapla	Dağılım Faktörü
	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	% Ağ.	% Kül	Temiz Kömür	Artık		
1,3 Yüzen	12,40	5,09	15,12	4,93	0,48	5,09	8,07	0,22	8,29	97,30
1,3 - 1,4	13,51	11,79	28,16	10,40	0,71	12,90	15,03	0,33	15,36	97,84
1,4 - 1,5	4,58	25,42	18,80	23,80	1,28	26,45	10,03	0,60	10,63	94,38
1,5 - 1,6	4,28	35,19	9,26	36,14	2,20	34,40	4,94	1,03	5,97	82,81
1,6 - 1,7	5,37	40,26	5,64	37,71	2,10	46,60	3,01	0,98	3,99	75,45
1,7 - 1,8	6,30	52,81	10,02	53,80	9,51	54,34	5,35	4,43	9,78	54,66
1,8 Batan	53,56	63,06	13,00	63,19	83,72	67,10	6,94	39,04	45,98	15,09
Toplam	100,00	44,16	100,00	27,23	100,00	63,53	53,37	46,63	100,00	

