

**TKİ - GLİ MÜESSESESİ ÖMERLER KÖMÜR HAZIRLAMA
TESİSİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**PERFORMANCE EVALUATION OF TKİ-GLİ ÖMERLER
COAL WASHING PLANT**

CAN OLGAÇ ŞENGÜL

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

MADEN Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2008

TKİ - GLİ MÜESSESESİ ÖMERLER KÖMÜR HAZIRLAMA TESİSİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Can Olgaç Şengül

ÖZ

Bu çalışmada, TKİ/GLİ Müessesesine ait Ömerler lavvarının performansı değerlendirilmiştir. Performans değerlendirme kapsamında fraksiyonel yıkanabilirlik değerleri kullanılmıştır. Bu sebeple lavvarda akışlardan temsili numuneler alınmış, alınan numunelere elek analizi yapılmış, elek fraksiyonlarına yüzdürme batırma testleri uygulanmış ve test sonucu elde edilen numunelere kül, kalorifik değer ve kükürt analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler üzerinde madde denklığı çalışmaları yürütülmüş ve her bir ekipman için fraksiyonel tromp eğrileri çizilmiş, fraksiyonel E_p ve ρ_{50} değerleri hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda Ağır Ortam Teknesi'nde farklı fraksiyonların kesme yoğunlukları yaklaşık olarak $1,8 \text{ g/cm}^3$, 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda $1,7 \text{ g/cm}^3$ ve 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda $1,9 \text{ g/cm}^3$ olduğu saptanmıştır. Ayrıca 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda 2,36 mm'den ince tanelerde kesme yoğunluğunun $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'e yükseldiği gözlenmiştir. Ağır Ortam Teknesi'nde farklı fraksiyonların E_p değerleri 0,040–0,065 değerleri arasında salınmaktayken, 1.ve 2.Ağır Ortam Siklonu'nda E_p değerleri genel olarak 0,02 değerinde seyretmekle birlikte ince boylarda 0,04 değerlerine kadar yükseldiği saptanmıştır. Ekipmanlara ait fraksiyonel E_p değerlerinin, ekipmanların karakteristik E_p sınırları içinde olduğu ve 1. Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda rastlanan kesme noktası kaymasının, ürün kalitesine olumsuz bir etkisi bulunmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Kömür Hazırlama, Performans Değerlendirme, Tromp Eğrisi, Yıkanabilirlik Eğrisi

Danışman : Doç. Dr. A. Hakan Benzer, Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

PERFORMANCE EVALUATION OF TKİ-GLİ ÖMERLER COAL WASHING PLANT

Can Olgaç Şengül

ABSTRACT

In this study, TKİ/GLİ Ömerler coal washing plant's performance was evaluated. In the scope of performance evaluation, fractional washability values were used. For this purpose, representative samples were taken from the flows at the washing plant, screen analyses were performed to these samples, sink float tests were applied to particle size fractions and ash, calorific value and sulphur content analyses were performed to the samples which were obtained from sink float tests. Mass balance studies were carried out with the data which were obtained from the tests and fractional tromp curves were graphed, fractional E_p and ρ_{50} values were calculated for each equipment.

At the end of the study, cut density of different fractions were determined as approximately $1,8 \text{ g/cm}^3$ for Dense Medium Vessel, approximately $1,7 \text{ g/cm}^3$ for Primary Stage Dense Medium Cyclone and approximately $1,9 \text{ g/cm}^3$ for Secondary Stage Dense Medium Cyclone. Also, for Primary Stage Heavy Medium Cyclone, it was observed that for the particles finer than $2,36 \text{ mm}$, cut density increases to $1,9 \text{ g/cm}^3$. It was determined while E_p values for different fractions at Dense Medium Vessel range between $0,040$ – $0,065$ and for Dense Medium Cyclone E_p values generally stay at $0,02$ value and also increase up to $0,04$ for fine sizes. It was also determined, the fractional E_p values stay in the range of characteristic E_p values of the equipments and the cut point deviation which was observed at Primary Stage Dense Medium Cyclone has no negative effect on the product quality.

Keywords: Coal preparation, performance evaluation, tromp curve, washability curve

Advisor: Assoc. Prof. Hakan BENZER, Hacettepe University, Department of Mining Engineering, Mineral Processing Division

TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarının bütün imkanlarından yararlanmamı sağlayan bölüm başkanı Prof. Dr. Erhan TERCAN'a, tez boyunca desteğini, bilgi birikimini benden esirgemeyen ve yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. A. Hakan BENZER' e, gerek numune alma, gerekse diğer çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan ve maddi, manevi beni ve çalışmalarımı hep desteklemiş, yol göstermiş olan Prof. Dr. Ş. Levent ERGÜN' e, yine çalışma kapsamında gerek numune alma, gerekse diğer çalışmalar esnasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Prof. Dr. Özcan Y. GÜLSOY' a, bu tezde en az benim kadar emeği olan ve çalışmanın en zor ve sıkıntılı kısımlarında en az benim kadar gayret göstermiş olan Araş. Gör. Okay ALTUN' a ve yine laboratuvar çalışmalarımda destek ve yardımlarını esirgemeyen laboratuvar teknisyeni Mustafa YILMAZ ve laboratuvar teknikeri Işın ASLIYÜKSEK' e, yüksek lisans dönemi boyunca yeri geldiğinde hocalık, yeri geldiğinde ağabeylik, ablalık ve yeri geldiğinde dostluklarını gördüğüm Cevher Hazırlama Anabilim Dalı öğretim üyesi ve araştırma görevlisi kadrosuna, numune almada sağladığı kolaylık ve barınma vb. gibi konularda sağladığı imkanlarla bizi eksiksiz ağırlayan, ve tez kapsamındaki analiz yükünü üstlenen TKİ/GLİ Müdürlüğü' ne, öğrenim hayatım boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen ve bana bu tezi yapma imkanı sunmuş olan aileme ve yüksek lisans dönemi boyunca bütün kalbiyle yanımda olmuş olan Ceren BÜYÜKYILDIZ' a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KÖMÜR HAZIRLAMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER	2
2.1. Kömür Hazırlama Ekipmanları ve Birim İşlemleri	3
2.1.1. Su Ortamlı Ayırıcılar	4
2.1.1.1. Jigler	4
2.1.1.2. Su Siklonları	6
2.1.1.3. Spiraller	7
2.1.2. Ağır Ortamlı Ayırıcılar	8
2.1.2.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları	9
2.1.2.2. Santrifüj Tip Ağır Ortam Ayırıcıları	11
2.1.3. Flotasyon	13
3. AĞIR SIVI TESTLERİ VE YIKANABİLİRLİK EĞRİLERİ	14
4. YERÇEKİMİYLE ZENGİNLEŞTİRME EKİPMANLARINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRME	18
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	23
5.1. Numune Alma	23
5.2. Tane Boyu Dağılımlarının Belirlenmesi	24
5.3. Yüzdürme Batırma Testleri	25
6. PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI	38
6.1. Madde Denkliği Çalışmaları	38
6.2. Ekipmanların Performanslarının Belirlenmesi	41
6.2.1. Ağır Ortam Teknesi Performansı	41
6.2.2. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Performansı	43
6.2.3. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu Performansı	48
7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	53
8. SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR DİZİNİ	58
EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kömür hazırlamada kullanılan kömür ekipmanları ve birim işlemleri	4
Şekil 2.2. Baum jig.....	6
Şekil 2.3. Batac jig.....	6
Şekil 2.4. Spiral zenginleştirici ve kesit görünümü.....	8
Şekil 2.5. Ağır ortam teknesi yandan ve arkadan görünüşü	9
Şekil 2.6. Santrifüj tipi ağır ortam ayırıcısı	12
Şekil 3.1. Ağır sıvı test düzeneği	14
Şekil 3.2. Yıkanabilirlik eğrileri.....	16
Şekil 4.1. Partisyon eğrisi	18
Şekil 4.2. Düzeltilmiş partisyon eğrisi	21
Şekil 5.1. Konveyörün sıyırılmasıyla numune alınması	23
Şekil 5.2. Akışların kesilmesiyle numune alınması	23
Şekil 5.3. Örneklenen akışlar.....	24
Şekil 5.4. Akışlara ait tane boyu dağılımları	25
Şekil 5.5. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -150+100 mm fraksiyonu	26
Şekil 5.6. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -100+50 mm fraksiyonu.....	26
Şekil 5.7. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -50+30 mm fraksiyonu.....	26
Şekil 5.8. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -30+18 mm fraksiyonu.....	27
Şekil 5.9. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -150+100 mm fraksiyonu.....	27
Şekil 5.10. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -100+50 mm fraksiyonu.....	27
Şekil 5.11. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -50+30 mm fraksiyonu.....	28
Şekil 5.12. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -30+18 mm fraksiyonu.....	28
Şekil 5.13. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu	29
Şekil 5.14. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu	29
Şekil 5.15. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu	29
Şekil 5.16. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu	30
Şekil 5.17. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu	30
Şekil 5.18. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu	30
Şekil 5.19. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri 1+0,5 mm fraksiyonu	31
Şekil 5.20. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu	31

Şekil 5.21. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu	31
Şekil 5.22. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu	32
Şekil 5.23. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu	32
Şekil 5.24. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu	32
Şekil 5.25. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu	33
Şekil 5.26. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu	33
Şekil 5.27. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu	33
Şekil 5.28. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu	34
Şekil 5.29. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu	34
Şekil 5.30. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu	34
Şekil 5.31. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu	35
Şekil 5.32. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu	35
Şekil 5.33. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu	35
Şekil 5.34. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu	36
Şekil 5.35. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu	36
Şekil 5.36. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu	36
Şekil 5.37. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu	37
Şekil 6.1. Örnekleme döneminde akışlara ait tonajlar	39
Şekil 6.2. Madde denkliği sonucu ölçülen hesaplanan değerler arasındaki ilişki..	40
Şekil 6.3. Madde denkliği sonucu mutlak hataya ait kümülatif %frekans dağılımı	40
Şekil 6.4. -100+50 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	41
Şekil 6.5. -50+30 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	41
Şekil 6.6. -30+18 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	42
Şekil 6.7. Ağır Ortam Teknesi partiyon eğrilerinin karşılaştırılması.....	42
Şekil 6.8. Ağır Ortam Teknesi tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi.....	42
Şekil 6.9. Ağır Ortam Teknesi indirgenmiş partiyon eğrileri	43
Şekil 6.10. Ağır Ortam Teknesi tane boyu Ep ilişkisi	43
Şekil 6.11. -18+13,2 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	44
Şekil 6.12. -13,2+9,5 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	44
Şekil 6.13. -9,5+6,7 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	44
Şekil 6.14. -6,7+4,75 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	45
Şekil 6.15. -4,75+2,36 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	45
Şekil 6.16. -2,36+1 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	45

Şekil 6.17. -1+0,5 mm fraksiyonu partiyon eğrisi	46
Şekil 6.18. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu partiyon eğrilerinin karşılaştırılması ..	46
Şekil 6.19. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonunda tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi	47
Şekil 6.20. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu indirgenmiş partiyon eğrileri.....	47
Şekil 6.21. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonunda tane boyu Ep ilişkisi.....	48
Şekil 6.22. -18+13,2 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	48
Şekil 6.23. -13,2+9,5mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	49
Şekil 6.24. -9,5+6,7 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	49
Şekil 6.25. -6,7+4,75 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	49
Şekil 6.26. -4,75+2,36 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	50
Şekil 6.27. -2,36+1 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi.....	50
Şekil 6.28. -1+0,5mm Fraksiyonuna Ait Performans Eğrisi	50
Şekil 6.29. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu performans eğrilerinin karşılaştırılması	51
Şekil 6.30. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi	51
Şekil 6.31. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu indirgenmiş partiyon eğrileri.....	52
Şekil 6.32. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu tane boyu Ep ilişkisi.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Yıkanabilirlik çizelgesi.....	15
Çizelge 3.2. Ayrım yoğunluğunda $\pm 0,10$ özgül ağırlık eğrisinden okunan değer ve ayrım zorluğu ilişkisi	17
Çizelge 5.1. Elek analizinde kullanılan elek açıklıkları.....	24
Çizelge 6.1. Ağır ortam teknesi için hesaplanan ρ_{50} ve E_p değerleri.....	41
Çizelge 6.2. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu için hesaplanan ρ_{50} ve E_p değerleri	44
Çizelge 6.3. 2.Kademe Ağır Ortam siklonuna ait ρ_{50} ve E_p değerleri.....	48

1. GİRİŞ

Enerji, ülkelerin refahı ve kalkınması için gerekli önemli unsurlardan biridir. Dünya enerji üretimine hammadde olarak petrol, doğalgaz ve kömür olmak üzere genellikle fosil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Enerji hammaddelerinde aranan özellikler göz önünde bulundurulduğunda, rezerv açısından diğer kaynaklara oranla oldukça baskın olması, ekonomik olarak üretilebilirliği, teminindeki güvenilirlik, fiyat istikrarı, çevresel kabul edilebilirliği, depolanması ve nakliyesindeki kolaylık gibi avantajları ile kömür diğer enerji kaynaklarının yanında bir adım öne çıkarmaktadır (Anaç, 2003; Tamzok vd., 2005 ; Ersoy, 2007).

Bütün bu avantajlarının yanında, ülkemizde kömür dışındaki diğer enerji kaynaklarının sınırlı olması, ülkemizde bulunan kömür rezervlerini daha da önemli bir hale getirmektedir. Ülkemizde bulunan kömür rezervlerinin büyük oranda düşük kaliteli linyit kömürlerinden oluşması, ocak üretimi ve üretim sonrası kömür hazırlama yöntemlerinin en doğru şekilde seçilmesi, seçilen yöntemlerle işletilen ocaklar ve kömür hazırlama tesislerinin en verimli şekilde çalıştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım, elimizde bulunan ve yerine tekrar koyamayacağımız bu stratejik kaynakların ülke menfaatleri açısından en iyi şekilde kullanılması için de önem arz etmektedir.

Kömür hazırlama tesislerinin verimli şekilde çalışıp çalışmadığının tayini, kömür yıkama ekipmanları üzerinde yapılan performans değerlendirme çalışmalarıyla belirlenebilmektedir. Endüstriyel ölçekte ekipmanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, son dönemde gelişen bilgisayar teknolojileri ve geliştirilen güçlü matematiksel modeller ile ekipmanların verimsizliklerine yönelik unsurlar sayısal olarak ifade edilebilmekte ve çözümlerine yönelik olarak ekipmanlar sanal ortamda çalıştırılmak suretiyle verimlerinin yükseltilmesine yönelik olarak çalışmalar yürütülebilmektedir.

Tez kapsamında, 295 milyon ton toplam kömür rezervi ile Türkiye linyit rezervinin yaklaşık %4.6'sını oluşturan ve 4.200.000 ton/yıl tüvenan üretiminin gerçekleştirildiği TKİ/GLİ Müessesesine ait Ömerler Lavvar'ı üzerinde performans değerlendirme çalışmaları yapılmıştır.

2. KÖMÜR HAZIRLAMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Günümüzde kömür, üretildikten sonra doğrudan kullanıma sunulamamaktadır. Sanayi ve ısınma amaçlı kullanıma uygun boyutlarda, havayı en az kirleten, külü, kükürtü azaltılmış ve kalorisi yükseltilmiş olarak kullanıma sunulabilmektedir. Bütün bu istenilen nitelikleri sağlamak için kömürün sınıflandırılması ve bünyesinde bulundurduğu safsızlıklarından fiziksel ve fizikokimyasal yöntemler kullanılarak arındırılması işlemlerinin tümü kömür hazırlama olarak adlandırılmaktadır.

Kömür kalitesi temelde nem, kül ve kükürt içerikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir. Bu içeriklerin düşürülmesiyle kömürün kalorifik değeri artırılmakta ve kalitesi yükseltilmektedir.

Kül, kömürün yanmasının ardından yanmayan maddelerden oluşan artık olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi kömür organik bir maddedir ve bütün kömürler organik olmayan maddeler içermektedirler. Kömürlerde bünye külü (%2-3) ve harici kül olmak üzere iki tür kül bulunmaktadır. Kömürü oluşturan bitkilerden gelen inorganik maddelerin oluşturduğu bünye külünün fiziksel yöntemlerle ayrılması mümkün değilken, kil, şist, kumtaşı, kireçtaşı v.b. kömüre kömürleşme veya kömürleşme sonrası karışan yabancı maddelerden oluşan harici külün ise kömür hazırlama yöntemleriyle ayrılması mümkündür.

Kül dışında, kömürde safsızlık olarak nitelendirilen bir diğer içerik ise kükürttür. Kükürt kömür bünyesinde organik, inorganik ve sülfat kükürtü olmak üzere 3 farklı formda bulunmaktadır. Kömürün organik yapısının bir parçası olan organik kükürtün kömür hazırlama yöntemleriyle ayrılması mümkün olmamaktadır. Kömürdeki kükürtün çok az bir kısmını oluşturan sülfat kükürtü, jips (CaSO_4) veya hava ile uzun süre temas sonucu demir sülfat (FeSO_4) olarak bulunmaktadır. Piritik kükürt ise, pirit ve markasit minerallerine bağlı olarak bulunur ve kömür içerisinde bantlar, damarlar, merccekler, küresel veya dissemine tanecikler halinde türlü şekil ve biçimlerde dağılıbilirler. Piritik kükürt, kömürden serbestleştiği takdirde flotasyon veya diğer zenginleştirme yöntemleriyle kömürden temizlenebilir. Bazı kömür yapılarında bu uç yapıya ek olarak yine kömür hazırlama yöntemleriyle ayrılması mümkün olmayan elementer kükürte de rastlanabilmektedir (DPT, 2001).

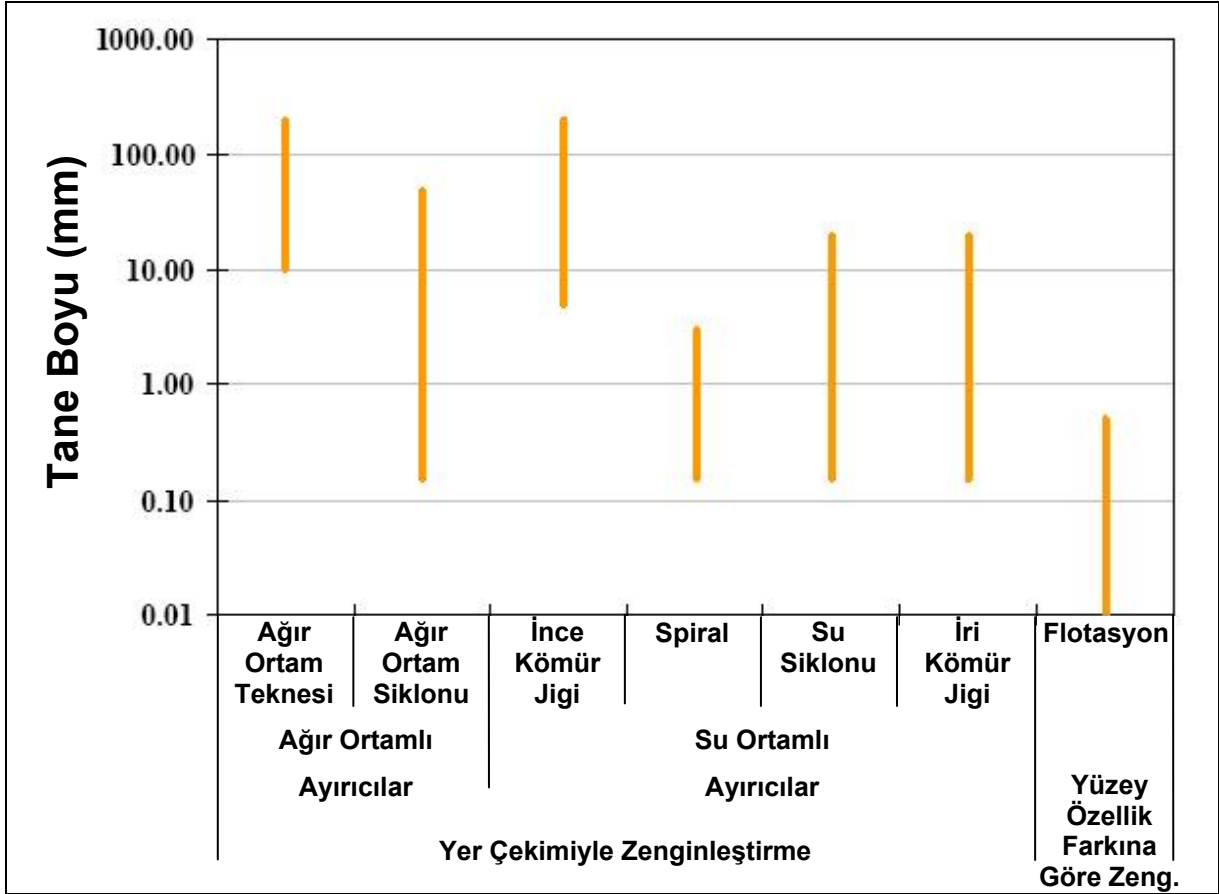
Kömür bünyesinden ayrılabilir nitelikteki safsızlıkların arındırılması, çeşitli kömür hazırlama yöntemlerinin uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kömür hazırlamada en yaygın olarak kullanılan yöntem yer çekimiyle zenginleştirme ve flotasyondur. İstenmeyen minerallerin uzaklaştırılması için kömür hazırlama kapsamında manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, havalı masa ve oluklar, yağ aglomerasyonu vs. gibi bir takım yöntemler bulunmakta fakat yaygın olarak kullanılmamaktadırlar (Sönmez, 1999).

Yerçekimiyle zenginleştirme, minerallerin yoğunluk farklılıklarına dayalı bir ayırım yöntemidir. Saf kömürün özgül ağırlığının $1,3 \text{ g/cm}^3$, kömürdeki harici külü oluşturan minerallerin ortalama özgül ağırlığının $2,5 \text{ g/cm}^3$ ve piritik kükürtün özgül ağırlığının $4,8 \text{ g/cm}^3$ olması sebebiyle ayırımın diğer yöntemlerdekilere nazaran oldukça kolay olması, kömür hazırlamada yerçekimiyle zenginleştirmeyi tercih edilen yöntem haline getirmiştir.

İnce tane boylarında ise yerçekimiyle zenginleştirme dışında flotasyon yöntemi de yaygın olarak kullanılan başka bir yöntemdir. Flotasyon, minerallerin yüzey özelliklerindeki farklılıklarından yararlanılarak zenginleştirilmesini sağlayan fizikokimyasal bir ayırım yöntemidir. Özellikle ince tane boyunlarında serbestleşen ve yerçekimiyle zenginleştirmenin yetersiz olduğu yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1. Kömür Hazırlama Ekipmanları ve Birim İşlemleri

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



Şekil 2.1. Kömür hazırlamada kullanılan kömür ekipmanları ve birim işlemleri

2.1.1. Su Ortamlı Ayırıcılar

2.1.1.1. Jigler

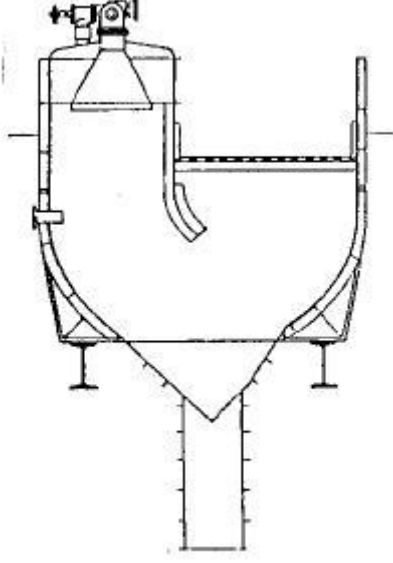
Jigler, iri kömür yıkama ekipmanları arasında en eski ve en çok kullanılan ekipmanlardan biridir. Jig ile yıkama prensibi, akışkan içindeki farklı yoğunluktaki minerallerin, akışkanın dikey ekseninde yukarı aşağı hareketiyle oluşturulan emme basma hareketiyle farklı yoğunluktaki tanelerin yatak içinde tabakalaşması mantığına dayanır. Akışkanın yukarı doğru hareketiyle düşük yoğunluğa sahip parçalar yüksek yoğunluktaki tanelere nazaran daha fazla yükselir ve kömür şist tabakalarının üzerinde yer alır. Suyun aşağı doğru hareketinde ise yüksek yoğunluklu taneler düşük yoğunluklu tanelerden daha hızlı çöker ve şist taneleri kömür tanelerinin altına çöker. Bu iki hareket sonucu malzeme yatağı üstte kömür altta şist taneleri olmak üzere iki farklı tabakaya ayrılır.

Jiglerde herhangi bir ağır ortam veya katı süspansiyonu oluşturulmaksızın doğrudan ortam olarak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla ağır ortam yoğunluğunun kontrolü veya süspansiyon malzemesinin geri kazanımı gibi ekstra bir gereksinim bulunmamaktadır. Jigler ile 200 mm'e kadar olan tane boylarında ayırım yapılabilmekte ve ağır minerallerin ayırımında 150 µm inceliklere kadar verimli, 75 µm inceliklere kadar da kabul edilebilir ayırım elde edilebilmektedir. Bunun yanında tek bir jig 750 t/s gibi çok yüksek kapasitelerde ve çok geniş bir yoğunluk yelpazesinde çalıştırılabilmektedir.

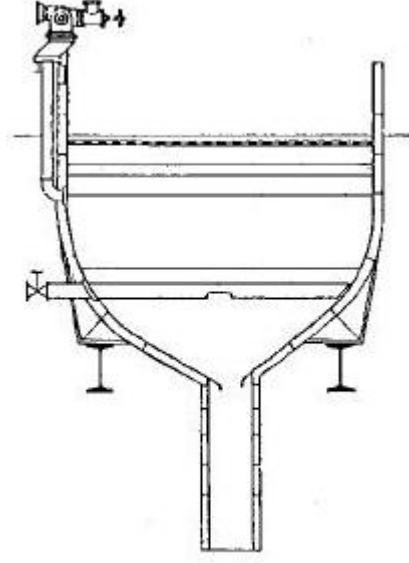
Bütün bu avantajlarının yanında geniş tane boyuna sahip veya ayırım yoğunluğuna yakın özgül ağırlıkta %10'dan fazla malzeme içeren beslemelerde jiglerin verimli olarak çalıştırılmasında sorunlar yaşanmaktadır. Yine düşük yoğunluklardaki veya ince tane boylarındaki ayırımlarda jigler efektif olarak çalıştırılamamaktadır.

Besleme tonajı, besleme boyut dağılımı ve besleme kimyasal bileşimi gibi içeriklerin iyi kontrol edilmesi jiglerin başarılı bir şekilde çalıştırılmasında önem teşkil etmektedir. Jig yatağındaki hareketliliğin kontrolü, sabit frekansta ve güçte emme ve basma sağlanması, oluşturulan yatağın düzgün bir şekilde dağılması ve yatak kalınlığı kontrolü yine jiglerde etkin bir ayırımın sağlanmasında önem arz etmektedir.

En yaygın olarak kullanılan jig tipleri Batac ve Baum jigleridir. Son 15-20 yılda geliştirilen jiglerde ve özellikle Batac jiglerinde Baum jiglerde görülen sakıncaların çoğu ortadan kaldırılmıştır (Osborne, 1988). Baum jigler, içi su dolu U şekilli bir haznenin içindeki suyun hava basıncıyla yatağa dakikada 40-60 atımlık emme basma yapmasıyla çalıştırılmaktadır (Şekil 2.2). Baum jiglerin U şekilli olmasından ötürü yatağın farklı bölgelerinde farklı basınç değerlerinin oluşması, dolayısıyla emme basma kuvvetinin yatak boyunca düzenli olarak dağılmaması ve bu durumun ayırım performansına olumsuz yönde etki etmesi sebebiyle Batac jiglerde bir çok farklı hazne yapılmış ve her bir hazneye hava ile emme basma mekanizması yerleştirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. Baum jig



Şekil 2.3. Batac jig

2.1.1.2. Su Siklonları

Boyuta göre sınıflandırma işlemlerinde tercih edilen su siklonları 1950'lerin başında ince kömür zenginleştirilmesi için kullanılmaya başlanmıştır. Su siklonları, genelde 5-150 μm arası boyutundaki tanelerin zenginleştirilmesinde başarıyla kullanılmaktadır (Özdağ, 1993; Yıldırım vd., 1995). Siklonlarda düşük ve yüksek yoğunluktaki malzemeleri birbirinden ayırmak için santrifüj kuvveti kullanılmaktadır. Verimlerinin diğer su ortamı zenginleştirme ekipmanlarına nazaran daha düşük olduğu düşünülse de, kullandıkları uygulamaya göre siklonların birçok avantajı bulunmaktadır.

Temelde yatırım maliyetleri oldukça düşük olmakla beraber çok yüksek kapasiteye sahip ekipmanlardır. Ebatları oldukça küçük olduğundan az yer kaplamakta ve herhangi bir ek ortama ihtiyaç duymaksızın kolay işletilebilirliğe, düşük işletme ve bakım maliyetine sahiplerdir. Bütün bu avantajların yanında genelde yüksek yoğunlukta ayırım gerçekleştirilebilmektedir ve ayırım verimleri de diğer ekipmanlara nazaran düşüktür.

Su siklonları görünüşte sınıflandırma amaçlı kullanılan siklonlara nazaran konik kısımları daha geniş açılı ve hafif minerallerin alındığı parça gövdenin içine doğru

yaklaşık siklonun silindirik gövdesinin uzunluğuna eşit uzunlukta uzanacak şekilde imal edilmektedir.

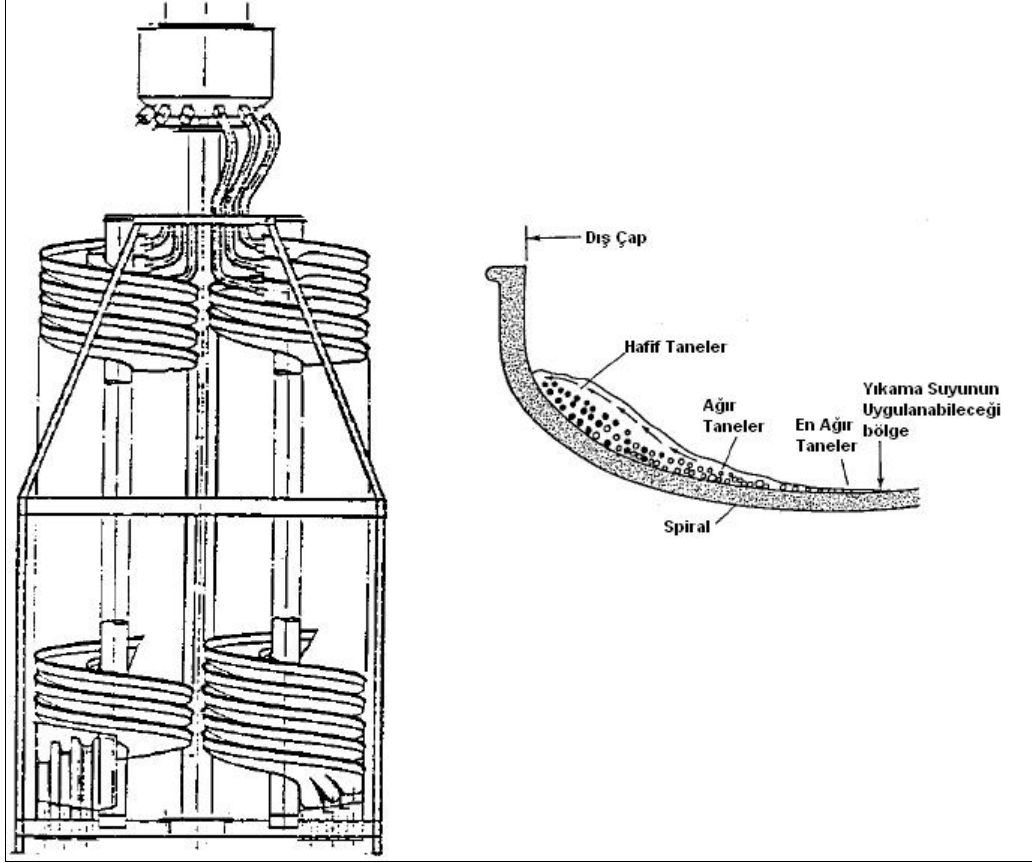
Siklonların ayırım karakteristiklerini belirleyen dizayn parametreleri gövde geometrisi (uzunluk ve çap), besleme, alt ve üst akış borularının çapları ve konik kısmın açısıdır. Ayırım karakteristiklerini etkileyen işletme parametreleri ise besleme debisi ve basıncı, palp yoğunluğu, ince malzeme miktarı, tane boyu ve alt akışa giden malzeme yüzdesidir.

2.1.1.3. Spiraller

Spiraller uzun yıllardır kömür hazırlamada kullanılan ekipmanlardır. Kömür hazırlamada kullanılan spiraller, mineral endüstrisinde kullanılan spirallerle aynı ayırım prensibine sahiptir. Tasarımdaki temel farklılık spiral oluşun eğimi olup kömür zenginleştirmede kullanılan spirallerin eğimi daha düşüktür. Başlangıçta dökme demirden imal edilen spiraller, son yıllarda kömür hazırlama için hafif olarak dizayn edilmiştir. Birçoğu kauçuk veya poliüretan kaplanmış fiberglasdan imal edilmiştir.

Yeni dizayn edilmiş bu spiraller hafif ve montajı kolay olan ekipmanlardır. Sallantılı masalara denk bir verimle çalışmaktadırlar. Herhangi bir motor veya pompa ile besleme ihtiyacı bulunmamaktadır. İşletme ve bakım maliyetleri düşük olmakla beraber ikiz veya üçüz tipleriyle kapasiteleri rahatlıkla yükseltilebilmektedir. Tane boyuna daha az duyarlı bir ekipman olması ince boylarda bir alternatif olan su siklonlarına nazaran tercih edilme sebebi olmaktadır.

Spirallerin performansları genel olarak kömürün karakteristiklerine bağlı olmakla birlikte besleme hızı performansı etkileyen en önemli parametredir. Tipik kapasitesi saatte 2-4 tondur ve düşük tonajlar düşük kesme yoğunluğunda çalışmasında sebep olur. Besleme pülp yoğunluğu spirallerin performansını etkileyen bir başka parametredir. Genel olarak %20-40 katılarda çalışmalarına rağmen %45'lere kadar çalıştırılabilmektedirler. Spiral atıklarının pülp yoğunluğu genellikle %30 ile %60 arasındadır.



Şekil 2.4. Spiral zenginleştirici ve kesit görünümü

2.1.2. Ağır Ortamlı Ayırıcılar

Yoğunluk, kömür ve safsızlıkları arasındaki en büyük ayırt edici özelliktir. Ortam yoğunluğu kömür ve safsızlıkları arasındaki bir yoğunluğa ayarlandığında, kömür ve safsızlıklarının ayrımı oldukça kolay olmaktadır.

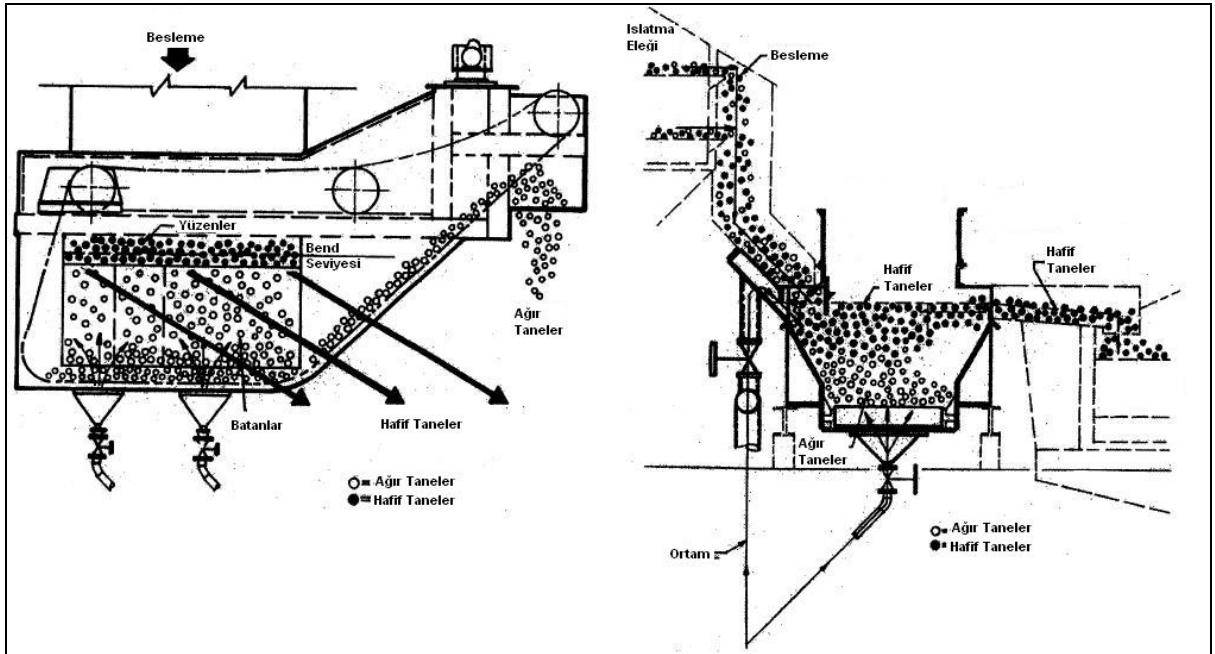
Ağır ortamlı ayırıcılar, ortam yoğunluğunun değişen pazar talebine veya değişen kömür besleme kalitelerine göre ayarlanabilme konusunda sağladığı esneklik sebebiyle tercih edilmektedir. Ağır ortamlı ayırıcılarla, iyi yoğunluk kontrolünün sağlanmasıyla yüksek miktarda ayırım yoğunluğuna yakın özgül ağırlığa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

Ağır ortam ayrımı oldukça geniş bir tane boyuna uygulanabilmektedir. Üst limiti yaklaşık olarak 300 mm fakat pratikte uygulanan aralık 1 mm ile 150 mm arasındadır. Genellikle 6 mm'in üstündeki tane boylarında statik ayırıcılar (Özbayoğlu, 1994), 6 mm'in altındaki tane boylarında ise santrifüj tipi ayırıcılar kullanılmaktadır. Santrifüj kuvvetinin uygulandığı ağır ortam ayırıcılarında, ortam akışkanlığı düşürülebildiği için

statik ayırıcılara göre daha ince boydaki kömürler yıkanabilmektedir (Önal ve Güney 1998). Ayrıca ince tane boylarının daha uzun sürede çökmesi sebebiyle statik ağır ortam ayırıcıları bu boylarda çok efektif olamamaktadır.

2.1.2.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları

Ağır ortam teknelerinde, sınıflandırılmış ve ıslatılmış besleme tekneye bir taraftan beslenmekte ve ağır tanelerin ince ürüne kaçmasını engellemek üzere taneleri ağır ortamın için yönlendiren bir kesmeyle ortamın içine alınmaktadır. Ortamın içine alınan tanelerden ince olanlar yüzerek ortamla dolu bir bendin içinde toplanırken batan ağır taneler bir konveyör yardımıyla ortamdaki uzaklaştırılmaktadır.



Şekil 2.5. Ağır ortam teknesi yandan ve arkadan görünüşü

Teknelerde ortamın yaklaşık %90'ı teknenin üstünden beslenirken, %10'u da alttaki girişlerden beslenmektedir. Alttan yapılan ortam beslemesi, ağır olarak dipte toplanan malzemeyi hareketlendirerek burada sıkışmış olabilecek temiz kömür tanelerine yüzme şansı vermekle birlikte tekne içinde manyetit çökmesini de engellemektedir. Ayrıca teknenin orta kısmında toplanmak suretiyle ağır tanelerin batmasını engelleyen ortam yoğunluğuna yakın özgül ağırlıktaki taneleri dağıtarak ağır tanelerin tekneden uzaklaşmasını kolaylaştırmaktadır.

Teknelerin performansları, beslenen ortam miktarı veya hızından etkilenmektedir. Ortam teknelere çok hızlı beslendiğinde, ayırım yoğunluğuna yakın veya ince ve ağır taneler çökme şansı bulamadan temiz ürüne kaçmaktadır. Teknelerin maksimum kapasiteleri hazne uzunluğuyla doğru orantılıdır ve yaklaşık kapasiteleri 80 t/s/m'dir. İnce tanelerin çökme hızlarının iri tanelere göre daha yavaş olması sebebiyle tane boyu inceldikçe ağır ortam teknelerinin kapasiteleri düşmektedir. Bunun yanında yüksek ayırım yoğunluklarında çalışılması, ortam viskozitesinin artması ve dolayısıyla tanelerin daha yavaş çökmesi sebebiyle tekne kapasitesini düşüren bir diğer etkidir. Ağır mineralleri çeken konveyörün kapasitesi sınırlı olduğundan batan ürün miktarının fazla olduğu beslemelerde, kapasite olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca ayırım yoğunluğuna yakın tane miktarının fazla olduğu beslemelerde, bu tanelerin ortam içinde yüzen veya batan ürüne yavaş hareket etmelerinden ötürü kapasite düşmektedir.

Tekne tiplerine bakıldığında Daniel Banyosu'nda da ağır mineraller zincirli bir konveyörler ortamdaki uzaklaştırılmaktadır ve temiz kömür, ortamla birlikte ekipmandan ayrılmaktadır. Yukarı yönde güçlü bir manyetit akışı vardır. Ara ürünün yüksek olduğu beslemelerde iyi performans göstermektedir. Tromp Banyosu'nda derinlikle artan ortam yoğunluğu, ara ürün kalitesinde ürün alınmasına sebep olmaktadır ve statik ayırım gerçekleştirilmektedir. Wemco Ayırım Konisi, manyetit ilk kez kullanıldığı ekipman olmakla birlikte, birim ağırlık kömür başına daha fazla ortam gereksinimi duyan bir ekipmandır. Kapasitesi 10-300 t/s arasında değişmektedir. Uzun durma süresi ince veya ayırım yoğunluğuna yakın yoğunluktaki tanelerin ayırımı için avantaj sağlamakla birlikte günümüzde çok fazla kullanımı bulunmamaktadır. F.M.C. firmasının tarafından üretilmiş olan Zincir Kasnaklı (Link-Belt) Banyo'larda ise ağır mineraller ortamdaki yine zincirli konveyör ile taşınmakta ve yukarı yönde hafif manyetit akışı sağlanmaktadır. DSM Banyosu'nda ise iki ürün de aynı sıyırıcıyla alınmakta ve birim ağırlık kömür başına daha az ortam kullanılmaktadır. 360 t/s kapasitelerde çalıştırılan DSM Banyosu, Roberts & Schaefer Co. tarafından üretilmiştir. Ridley-Scholes Banyosu, daha ince manyetit kullandığından diğer ekipmanlara nazaran daha stabil bir ortam sağlamaktadır. Suyun çapraz akışı manyetit ortam içinde çökmesini engellemektedir. Ağır mineraller ortamdaki yine konveyör ile uzaklaştırılırken, karıştırma etkisini azaltmak üzere bant konveyör, besleme hızı ile aynı hızda çalıştırılmaktadır. Sığ Tromp Teknesi, iki farklı ortam

yoğunluğunda çalışabildiğinden 3 farklı ürün üretmektedir. Akış ve itici plakalar sayesinde ürünler ortamdaki uzaklaştırılır. McNally Pittsburgh Mfg. firması tarafından üretilmiştir. Drewboy Banyosu'nun diğer banyo tiplerinden farkı, az sayıda hareketli parçası olduğundan aşınma problemlerinin daha az yaşanmasıdır.

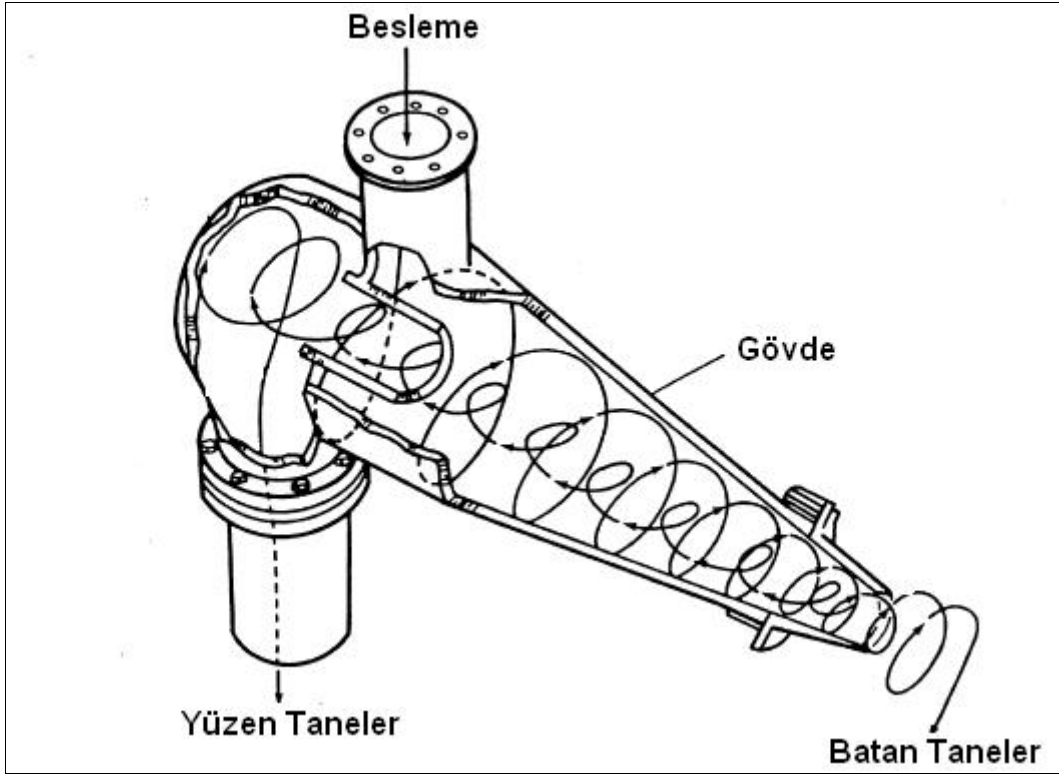
Ağır ortam tamburlarında teknelerden farklı olarak ortamda çöken ağır minerallerin ortamdaki uzaklaştırılması, ayırımın gerçekleştiği haznenin etrafında dönen ve iç yüzeyinde taşıyıcı kovalar bulunan bir tambur sayesinde taşınması ve bir hazneye dökülerek ortamdaki uzaklaştırılmasıyla gerçekleşmektedir. Yüzen taneler ise tamburun uç kısmında ortamla birlikte döküldüğü bir haznedeki alınır. Tamburlar 500 t/s kapasitelere çıkabilirken en yaygın olarak kullanılan tipleri Wemco, Neldco ve Teska Tamburları'dır.

2.1.2.2. Santrifüj Tip Ağır Ortam Ayırıcıları

Santrifüj tip ağır ortam ayırıcıları, 1-50 mm boyları arasında çalışabilmektedir fakat bu tip ayırıcılar toz kömürlerin yıkanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Sokaskı, 1979). Santrifüj tip ağır ortam ayırıcılarıyla 1,3-1,8 g/cm³ ayırım yoğunluklarında oldukça keskin ayrımlar yapılabilmektedir fakat ayırma yoğunluğunun 1,3 g/cm³'ten düşük olduğu durumlarda, ayarlanan yoğunluktaki ufak değişiklikler verimde yüksek kayıplara sebep olmaktadır. Ayırma yoğunluğunun 1,9 g/cm³'ün üzerinde olduğu durumlarda ise viskozitenin artması sebebiyle ayırım kontrolü ve ağır ortamın geri kazanılması oldukça zor olmaktadır (Ruff, 1979, Leonard, 1979). Santrifüj tip ağır ortam ayırıcıları, çalışma basıncının düşük olması için yatay olarak çalıştırılmaktadır. İncelen besleme tane boyuyla ayırım yoğunluğu yükselir ve siklon apeksine doğru yoğunluk artar.

Santrifüj tip ağır ortam ayırıcılarından DMS siklonu 0,1-40 mm boyutları arasında efektif olarak çalışabilmektedir. Çalışma prensibi olarak standart sınıflandırma siklonuna benzemektedir ve hafif ürün üst akıştan, ağır ürün alt akıştan alınmaktadır. Bu ekipmanda tane boyunun etkisi diğer santrifüj tip ayırıcılara nazaran daha belirgin olduğundan, diğer santrifüjlü ağır ortam ayırıcılarına nazaran daha düşük keskinlikte ayrımlar gerçekleşmektedir. Vorsyl Ayırıcısı 0.5-30 mm arasında efektif olarak çalışabilirken, ekipmanda konik kısım bulunmamasıyla birlikte tamamen silindirik olarak

dizayn edilmiştir. Dynawhirpool ayırıcısının ise santrifüj hareketini kontrolde kendine özgü bir metodu bulunmaktadır. Çalışma prensibi ağır ortam siklonlarına benzeyen Larcodems, Dyna-Whirlpool ayırıcısının benzeridir (Acarkan ve Önal 1994). Larcodems -100+0,5 mm boyutlarındaki kömürlerde 250 t/s kapasiteyle kullanılabilir (Cammack, 1987 ; Acarkan ve Önal 1994).



İnce kömür yıkamada yüksek ayırım verimlerine ulaşmak için santrifüj kuvveti önemli bir değişkendir. Santrifüj kuvvetinin büyüklüğü ekipman geometrisi (gövde çapı ve besleme giriş alanı) ve çalışma basıncına bağlıdır. Küçük çaptaki siklonlar ince kömür yıkamada keskin bir ayırım göstermektedir fakat küçük çap, düşük kapasite anlamına gelmektedir. Bunun yanında küçük çaplı siklonlarda apeks tıkanması problemiyle karşılaşılabilir ve daha ince manyetit kullanma ihtiyacı duyulabilmektedir. Büyük çaptaki siklonlarda ise küçük çaplı siklonlara nazaran kapasite ve tıkanma problemleri yaşanmazken gerekli santrifüj kuvvetinin sağlanabilmesi için yüksek basınçlarda çalıştırılmaları gerekmektedir.

2.1.3. Flotasyon

Flotasyon, kömür madenciliğinde artan mekanize kazı yöntemleri nedeniyle, miktarları yükselen ince kömürlere uygulanan ve genel olarak kabul görmüş zenginleştirme metodudur. (Bayazıt, 2000 ; Çelik, 2006). Flotasyon, havanın seçimli olarak bir veya birden fazla katıya adhezyonuyla, suyun seçimli olarak başka katı veya katılara adhezyonuna dayanan fizikokimyasal bir zenginleştirme prosesidir. Flotasyon ile ayırım, kömürün doğal hidrofob olması ve kül, kükürt içeren minerallerin doğal hidrofil olmasından yararlanılarak gerçekleştirilir.

İnce boyda kömür satışında problemler yaşanması, susuzlandırma giderleri, ince tanelerde düşük verim, yüksek kil içerikli yapılarda problemlerli bir süreç haline gelmesi gibi sebeplerden ötürü flotasyon günümüzde hala kömür zenginleştirmede yaygın kullanılan metodlar arasında yer almamaktadır.

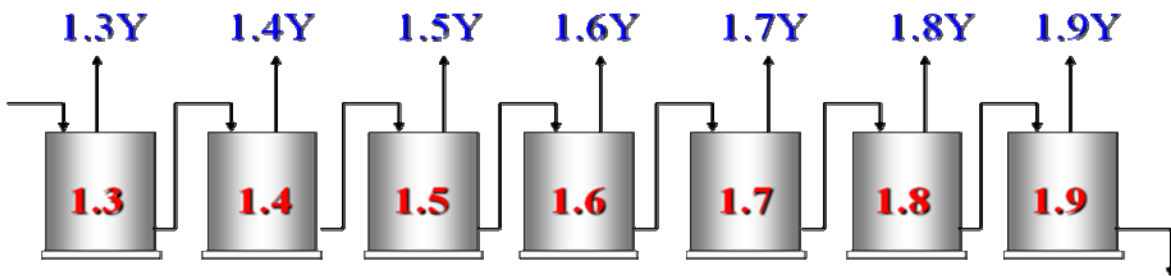
Kömür flotasyonunda kullanılan reaktifler arasında, genellikle köpürtücü olarak çam yağı gibi alkoller veya metil izobutil karbinol (MIBC), 40-200g/ton miktarlarında kullanılmaktadır. Kömür doğal hidrofob bir yapıya sahip olmasında rağmen, çoğu uygulamada toplayıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Kömür flotasyonunda genelde toplayıcı olarak kerosen veya dizel benzin, 200-1000 g/ton dozajlarında kullanılmaktadır. Oksitlenmiş kömürlerde daha fazla toplayıcı kullanılması gerekmektedir. Kömür flotasyonu uygulamalarında bastırıcı ve canlandırıcı gibi ek reaktifler kullanılabildiği gibi özellikle killi yapılarda sodyum silikat gibi dağıtıcı reaktifler de kullanılmaktadır.

3. AĞIR SIVI TESTLERİ VE YIKANABİLİRLİK EĞRİLERİ

Ağır sıvı testleri, kömür karakterizasyonu belirlemede kullanılan önemli bir yöntemdir. Ağır sıvı testleri sonucunda elde edilen veriler, ideal koşullarda istenilen ayırım yoğunluğunda elde edilecek ürünü, miktar ve kalite bakımından saptamaya yönelik olarak bilgi verdiği gibi, tanelerin yerçekimiyle zenginleştirme ekipmanları içindeki davranımını da karakterize ettiğinden yerçekimiyle zenginleştirme ekipmanlarının performansını değerlendirmede kullanılan en önemli araçtır.

Kömür ve yantaşları arasındaki yoğunluk farkı oldukça yüksektir. Kırılmış bir kömür kayacı, farklı tane boylarında farklı oranlarda serbestlik göstereceğinden, farklı yoğunluktaki kayaçları farklı oranlarda içeren tanelerden meydana gelmektedir. Bu durum, kömür yapısında farklı yoğunluklardaki tanelerden meydana gelen bir dağılım oluşturmaktadır. Kömür yapısı içinde farklı yoğunluk aralıklarına denk gelen kömür ve yantaşlarından oluşan tanelerin miktar ve kalite bakımından değerlendirilebilmesi için ağır sıvı testleri yapılmaktadır.

Ağır sıvılar, çeşitli ağır organik sıvılarla veya çinkoklorür, çinkokadmiyum gibi bileşiklerin kullanılmasıyla hazırlanır. Kömür, istenen yoğunluk aralıklarına (genellikle $0,1 \text{ g/cm}^3$ aralıklarla $1,3\text{-}2,0 \text{ g/cm}^3$ arasında) ayarlanan ve özgül ağırlıklarına göre büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe sıralanmış sıvılardan, düşük özgül ağırlıklı sıvıdan başlandıysa batan kısımla, yüksek özgül ağırlıklı sıvıdan başlandıysa yüzen kısımla devam etmek suretiyle bütün sıvılarda yüzen ve batan yoğunluk fraksiyonları ayrılır (Şekil 3.1). Ayrılan fraksiyonlar, çözelti artığı kalmayacak şekilde yıkanır, kurutulur ve tartılır. Fraksiyonların analizlerinin de elde edilmesiyle bütün yoğunluk fraksiyonlarının miktar ve kalitesi belirlenmiş olur.



Şekil 3.1. Ağır sıvı test düzeneği

Ağır sıvı testlerinin tamamlanmasıyla kömürün yıkanabilirlik eğrilerini elde etmek için gerekli veriler elde edilmiş olur. Yıkanabilirlik eğrileri, istenilen kalitedeki kömürün yapı içinde hangi yoğunluk aralığında olduğunun belirlenmesinde kullanılır. Çizelge 3.1'de yüzdürme batırma testleri sonucu hazırlanmış tipik bir yıkanabilirlik çizelgesi görölmektedir.

Çizelge 3.1. Yıkanabilirlik çizelgesi

1. Yoğunluk (g/cm ³)	2. Ağırlık (%)	3. Kül (%)	4. Birim Kül	Birikimli Yüzen			Birikimli Batan			11. Parça Kül	12. ±0,1 Yoğunluk
				5. Ağırlık (%)	6. Birim Kül	7. Kül (%)	8. Ağırlık (%)	9. Birim Kül	10. Kül (%)		
1,3 Yüzen	8,62	9,17	0,79	8,62	0,79	9,17	100,00	45,70	45,70	4,31	
1,3B – 1,4Y	15,47	17,21	2,66	24,09	3,45	14,33	91,38	44,91	49,14	16,36	33,26
1,4B – 1,5Y	10,90	29,36	3,20	34,99	6,65	19,01	75,91	42,24	55,65	29,54	33,55
1,5B – 1,6Y	15,70	37,81	5,93	50,68	12,59	24,83	65,01	39,04	60,06	42,84	27,40
1,6B – 1,7Y	6,03	53,42	3,22	56,71	15,81	27,87	49,32	33,11	67,14	53,70	22,52
1,7B – 1,8Y	11,83	57,89	6,85	68,54	22,65	33,05	43,29	29,89	69,05	62,63	28,46
1,8B – 1,9Y	10,73	69,23	7,43	79,27	30,09	37,95	31,46	23,04	73,24	73,91	
1,9 Batan	20,73	75,32	15,61	100,00	45,70	45,70	20,73	15,61	75,32	89,64	
Toplam	100,00	45,70									

Yıkanabilirlik çizelgesi kolonlarında;

Kolon 1, isteğe göre hazırlanmış ağır sıvı özgül ağırlıkları

Kolon 2, her bir özgül ağırlıkta yüzen ürün miktarları yüzdesi

Kolon 3, her aralıkta yüzen ürünlerin analizle bulunan kül içerikleri

Kolon 4, (Kolon 2 x Kolon 3) / 100

Kolon 5, kümülatif olarak yüzen ürünlerin ağırlık yüzdesi (Kolon 2'nin kümülatifi)

Kolon 6, kümülatif olarak yüzen üründeki kül miktarı (Kolon 4'ün kümülatifi)

Kolon 7, (Kolon 6 / Kolon 5) x 100

Kolon 8, kümülatif olarak batan ürünlerin ağırlık yüzdesi (Kolon 2'nin batana göre kümülatifi)

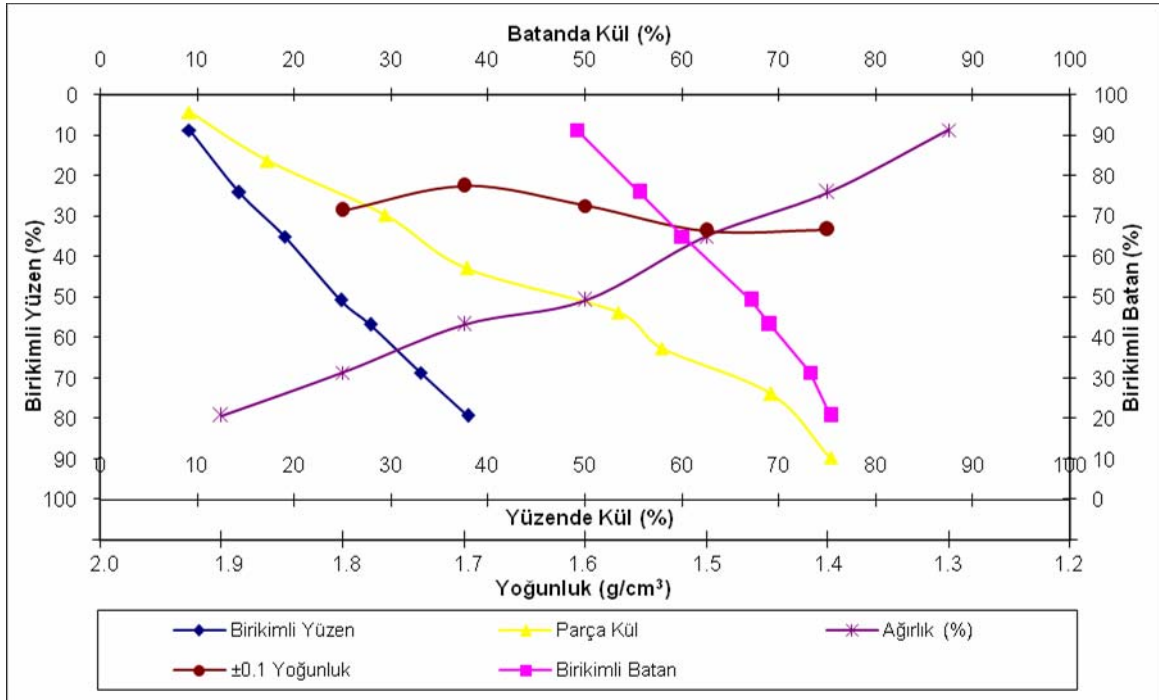
Kolon 9, kümülatif olarak batan üründeki kül miktarı (Kolon 4'ün batana göre kümülatifi)

Kolon 10, (Kolon 9 / kolon 8) x 100

Kolon 11, kolon 5'in bir önceki değeri ile kolon 2'nin yarısının toplamı ($Z=X+Y/2$) olarak hesaplanmaktadır.

Kolon12, söz konusu yoğunluktan bir önceki yoğunlukta yüzen miktar ile bir sonraki yoğunlukta yüzen miktar farkının $1,9 \text{ g/cm}^3$ yoğunlukta yüzen miktara göre yüzde oranı olarak hesaplanmaktadır.

Yıkanabilirlik eğrileri, ağır sıvı testlerinden elde edilen verilerle çizilen 5 adet eğriden oluşmaktadır. Bunlar, "özgül ağırlık eğrisi", "yüzen üründeki kümülatif kül eğrisi", "batan üründeki kül eğrisi", "parça kül eğrisi" ve " $\pm 0,10$ özgül ağırlık eğrisi"dir. Şekil 3.2'de hesaplanmış kolonlardan elde edilen verilerle çizilmiş tipik yıkanabilirlik eğrileri görülmektedir.



Şekil 3.2. Yıkanabilirlik eğrileri

Herhangi bir ayırım yoğunluğunda;

- kömür verimini belirlemek amacıyla özgül ağırlık eğrisinden (%Ağırlık),
- yüzen üründeki kül miktarının belirlenmesinde yüzen üründeki kümülatif kül eğrisinden (Birikimli Yüzen),

- batan üründeki kül miktarının belirlenmesinde *batan üründeki kümülatif kül eğrisinden (Birikimli Batan)*,
- ayırım yoğunluğundaki sapmanın ürün kül miktarına olan etkisinin belirlenmesinde *parça kül eğrisinden*,
- ayırım yoğunluğundaki $0,1 \text{ g/cm}^3$ sapmanın kömür verimine olan etkisinin belirlenmesinde $\pm 0,10$ özgül ağırlık eğrisinden yararlanılır.

Çizilen ilk üç eğri elde edilen ürünlerin nitelikleri hakkında bilgi verirken, son iki eğri, özellikle yerçekimiyle zenginleştirmede proses kontrolünün gerektirdiği hassasiyet ve ayırım kolaylığına yönelik olarak bilgi vermektedir. Çizelge 3.2' de istenen ayırım yoğunluğunda $\pm 0,10$ özgül ağırlık eğrisinden okunan değer ayırım zorluğuna ilişkin verdiği fikir verilmektedir (Ergün, 2003 ; Orhan 2003).

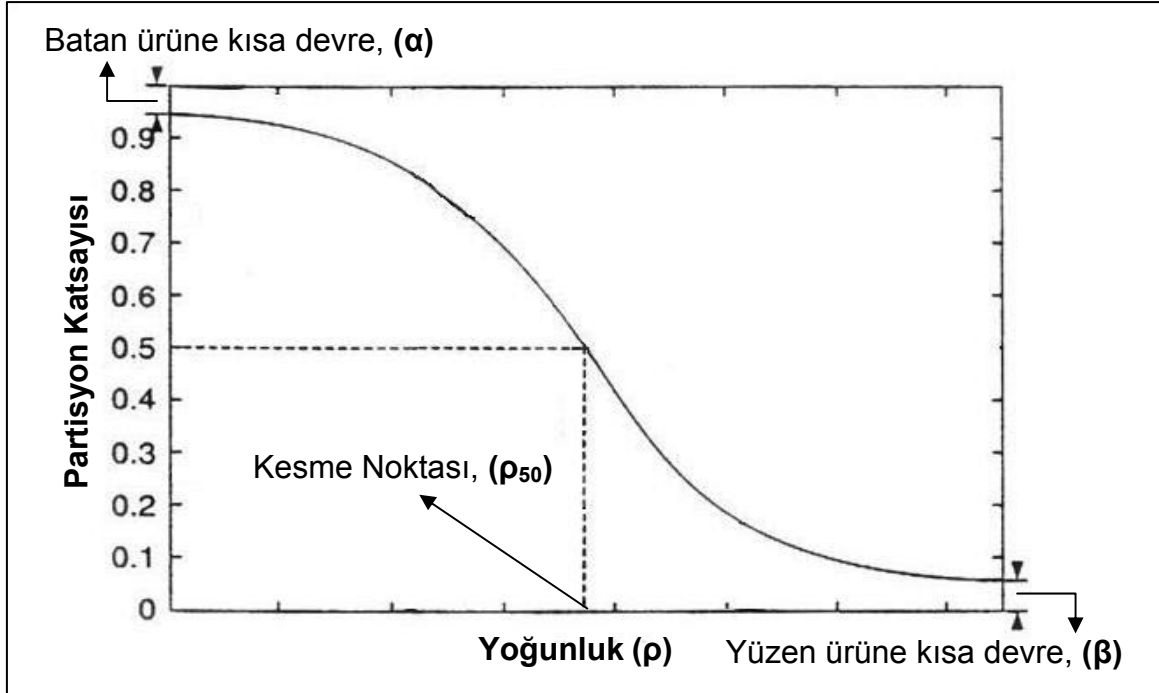
Çizelge 3.2. Ayırım yoğunluğunda $\pm 0,10$ özgül ağırlık eğrisinden okunan değer ve ayırım zorluğu ilişkisi

$\pm 0,10 \text{ SG}$ Aralığındaki Değişim (%)	Ayırım Zorluğu
0-7	Basit
7-10	Orta derecede zor
10-15	Zor
15-20	Çok zor
20-25	Aşırı zor
>25	Korkunç zor

4. YERÇEKİMİYLE ZENGİNLEŞTİRME EKİPMANLARINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Yerçekimiyle zenginleştirme ekipmanlarının performansını etkileyen bir çok parametre bulunmaktadır. Fakat bunlar arasında performans değerlendirme için temelde bilinmesi gereken 4 fiziksel faktör bulunmaktadır. Bunlar, ayırım yoğunluğu, ayırım etkinliği, beslemenin alt akıma kısa devre yapan kısmı ve beslemenin üst akıma kısa devre yapan kısmıdır.

Yerçekimiyle zenginleştirme ekipmanlarının ayırım performansını belirlemek üzere geliştirilmiş matematiksel araçlar arasında yukarıda belirtilen ayırım parametreleri net bir şekilde sayısal olarak saptanabildiği için performans değerlendirmede yaygın olarak *partisyon eğrileri* kullanılmaktadır. Partisyon eğrisi, beslemedeki farklı yoğunluktaki tanelerin yüzen ve batan ürünlere ne şekilde dağıldığını ifade etmeye yarayan bir araçtır. Tane yoğunluğuna karşı partisyon katsayısının çizilmesiyle elde edilmektedir. Herhangi bir yoğunluktaki tanelerin, yüzen veya batan ürüne giden malzeme miktarının, beslemede o yoğunluğa sahip toplam malzeme miktarına oranı, partisyon katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.1’ de tipik bir partisyon eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.1. Partisyon eğrisi

Ayırım yoğunluğu (Kesme Noktası), 0,5 değerindeki partiyon katsayısına denk gelen yoğunluk değeridir. Başka bir deyişle yüzen veya batan ürüne gitme olasılığı eşit olan tanelerin yoğunluğunu niteler.

Ağır ortamlı ayırıcılarda, ortam yoğunluğunun ayırma yoğunluğuna eşit olduğu düşünülse de pratikte ortam yoğunluğu gerçek ayırım yoğunluğuna eşit olmamaktadır. Statik bir ağır ortam banyosunda kesme yoğunluğu ortam yoğunluğuna eşit olmakta fakat sürekli sistemlerde düşük veya yüksek yoğunluktaki tanelerin ortam akışına zıt yönde hareket etmesine bağlı olarak ortam yoğunluğuyla ayırım yoğunluğu arasında bir fark oluşmaktadır.

Ağır ortam siklonlarında ortam, ekipmanın içersine teğetsel olarak girip, ortamın büyük bir kısmı ekipmanı siklonun orta eksenindeki girdap bulucu yoluyla üst akımdan terk ettiğinden orta ekseninde yukarı doğru bir akış bulunmaktadır. Siklonda ortam yoğunluğundan ağır olan ve ortamı alt akımdan terk etmesi gereken bir tane ise, alt akıma doğru hareket etmek için orta ekseninden yukarı doğru olan bu ortam akışından ötürü ekstra bir kuvvete (ağırlılığa) ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple ortam yoğunluğu baz alınarak alt akımdan alınması beklenen tanelerin bir kısmı hafif ürüne kaçmakta, başka bir deyişle kesme noktası ortam yoğunluğundan daha yüksek bir yoğunluk değerine eşit olmaktadır. Bu durum, kesme noktası kayması olarak adlandırılmaktadır.

Hafif tanelerin ortam ağırlılığına zıt yönde hareket ettiği, yani hafif üründe yer almak için ekstra bir kuvvete ihtiyaç duyduğu sistemlerde, kesme noktası ortam yoğunluğundan küçük olmaktadır. Fakat tambur tip ayırıcıların ortamın çeşitli kuvvetlerle çökmesini engellemek amacıyla genellikle bu kuvvetlere zıt yönde bir akış oluşturacak şekilde tasarlandıklarından, bu durum pratikte çok rastlanılan bir durum değildir. Ayrıca kesme noktası kayması tane boyu irileştikçe azalmakta ve bir kaç milimetreden iri tanelerde kesme noktası kayması ihmal edilmektedir. Dolayısıyla iri tanelerin beslendiği ağır ortam tamburlarında, kesme noktası kayması olmadığı kabul edilmektedir.

Kesme noktası kaymasına sebep olan bir başka faktör ise özellikle santrifüj tipi ayırıcılarda rastlanan süspansiyon içersinde ortamın çökmesidir. Bu durum üst ve alt

akımlar arasında bir yoğunluk farklı oluşturmakta ve bu yoğunluk farklı arttıkça da kesme noktası kayması artmaktadır.

Performans değerlendirmede kullanılan partiyon eğrileriyle gerçek ayırım yoğunluğu(ρ_{50}) belirlenebildiğinden, bu değer ortam yoğunluğuyla kıyaslanabilmekte ve kesme noktasındaki kayma da rahatlıkla görülebilmektedir.

Kısa devre akışları olarak, partiyon eğrisinin üst asimptotunun 1 olmadığı durumlar beslemedeki en hafif tanelerin bir kısmının hiç ayırma uğramadan ağır ürüne ve alt asimptotunun 0 olmadığı durumlar ise beslemedeki en ağır tanelerin hiç ayırma uğramadan hafif ürüne kaçak yaptığını miktarca göstermektedir. Kaçakların sıfıra indirildiği durumda hesaplanan partiyon katsayılarına düzeltilmiş partiyon katsayısı ve bu katsayılarla çizilen yeni partiyon eğrisine ise düzeltilmiş partiyon eğrisi olarak adlandırılmaktadır.

Eşitlik 4.1' de düzeltilmiş partiyon katsayısı ile gerçek partiyon katsayısı ve kısa devreler arasındaki ilişki görülmektedir.

$$R_c = \beta + (1 - \alpha - \beta) \times R \quad (4.1)$$

Burada,

R_c : Düzeltilmiş partiyon katsayısı

β : Hafif ürüne kaçak miktarı

α : Ağır ürüne kaçak miktarı

R : Gerçek partiyon katsayısı

Kısa devre miktarları tane boyuna bağlıdır. Tane boyu incelidikçe kısa devre miktarı artmaktadır ve batan ürüne kısa devre yapan kısım, alt akıma giden su miktarına eşit olarak kabul edilmektedir.

Ayrım etkinliği, imperfeksiyon veya E_p ile ifade edilmektedir. Eşitlik 4.2' de imperfeksiyon ve E_p arasındaki ilişki verilmektedir.

$$I = \frac{\rho_{25} - \rho_{75}}{2\rho_{50}} = \frac{E_p}{\rho_{50}} \quad (4.2)$$

Burada,

ρ_{25} : 0,25 partiyon katsayısına karşılık gelen yoğunluk değeri

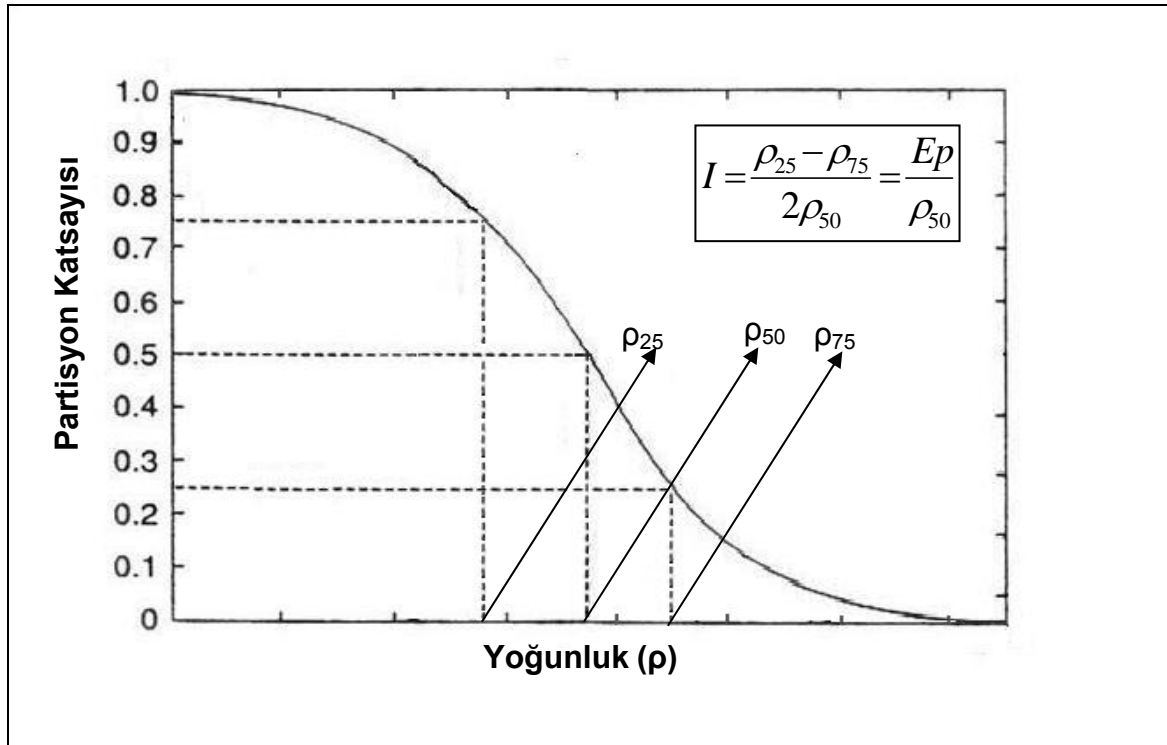
ρ_{75} : 0,75 partiyon katsayısına karşılık gelen yoğunluk değeri

ρ_{50} : 0,50 partiyon katsayısına karşılık gelen yoğunluk değeri

E_p : Ekart olasılığı

I : İmperfeksiyon

İmperfeksiyon veya E_p , kısa devre akışlarından bağımsız olduğu için düzeltilmiş partiyon eğrilerindeki veriler temel alınarak hesaplanmaktadır. Şekil 4.2' de düzeltilmiş partiyon eğrisi ve imperfeksiyon veya E_p hesabı için gerekli $\rho_{(x)}$ grubu gösterilmektedir.



İmparfeksiyon temelde ideal bir ayırmadan sapmayı ifade etmektedir. Saptamada kullanılan değerler eğrinin yarısını ifade etse de bu gösterim genel olarak kabul görmüştür. İdeal bir ayırmada, kesme noktasından düşük yoğunluktaki tanelerin partision katsayılarının 1, kesme noktasından yüksek yoğunluktaki tanelerin partision katsayılarının 0 olması gerekmektedir. Ayrımlarda, incelen tane boyuyla ve ağır ortam siklonlarında büyüyen siklon çapıyla imperfeksiyon artmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Performans değerlendirme kapsamında yapılan çalışmalar, Ömerler Lavvarı'nın örneklenmesi, örneklenen akışların tane boyu dağılımlarının belirlenmesi ve her bir fraksiyona yapılan yüzdürme batırma testlerini içermektedir.

5.1. Numune Alma

Lavvar örneklenmesi, tesisin kararlı durumda çalıştığından emin olduğu koşullarda başlatılmıştır. Numunelerin temsili olması açısından söz konusu akışın en iri boyu göz önünde bulundurularak yeterli miktarlarda numuneler alınmıştır. Konveyör üzerinden alınan numuneler konveyörün belirli bir bölümünün tamamen sıyırılmasıyla (Şekil 5.1), boğaz veya boru akışları ise akışta cevherin ağırlıklı bulunduğu bölgenin veya tamamının kesilmesiyle alınmıştır (Şekil 5.2).

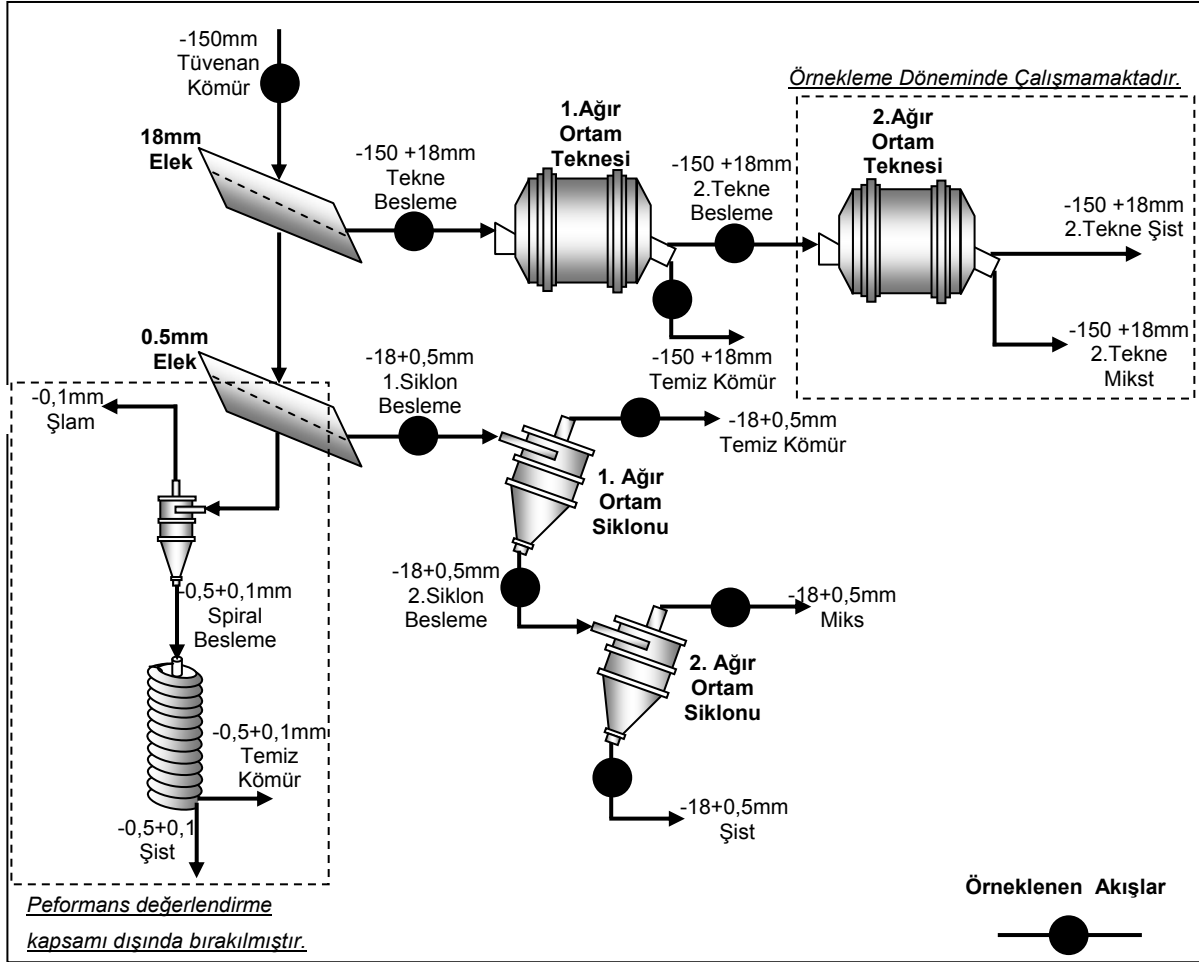


Şekil 5.1. Konveyörün sıyırılmasıyla numune alınması



Şekil 5.2. Akışların kesilmesiyle numune alınması

Ömerler Lavvarı'nda mekanik koşulların elverdiği bütün akışlardan temsili numuneler alınmıştır ancak örnekleme döneminde lavvarın iri kömür yıkama devresinde bulunan bir teknenin arızada olması sonucu iri yıkama devresinde tek tekneyle yıkama yapılmakta olduğundan iri yıkama devresi bir tekne etrafındaki akışlardan numune alınarak örneklenebilmiştir. Zenginleştirme spirali ise performans değerlendirme ve sonuçlarına yönelik olarak çok fazla müdahaleye açık bir ekipman tipi olmadığından çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır. Lavvar örnekleme esnasında akım şeması üzerinde numune alınan akışlar Şekil 5.3'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Örneklenen akışlar

5.2. Tane Boyu Dağılımlarının Belirlenmesi

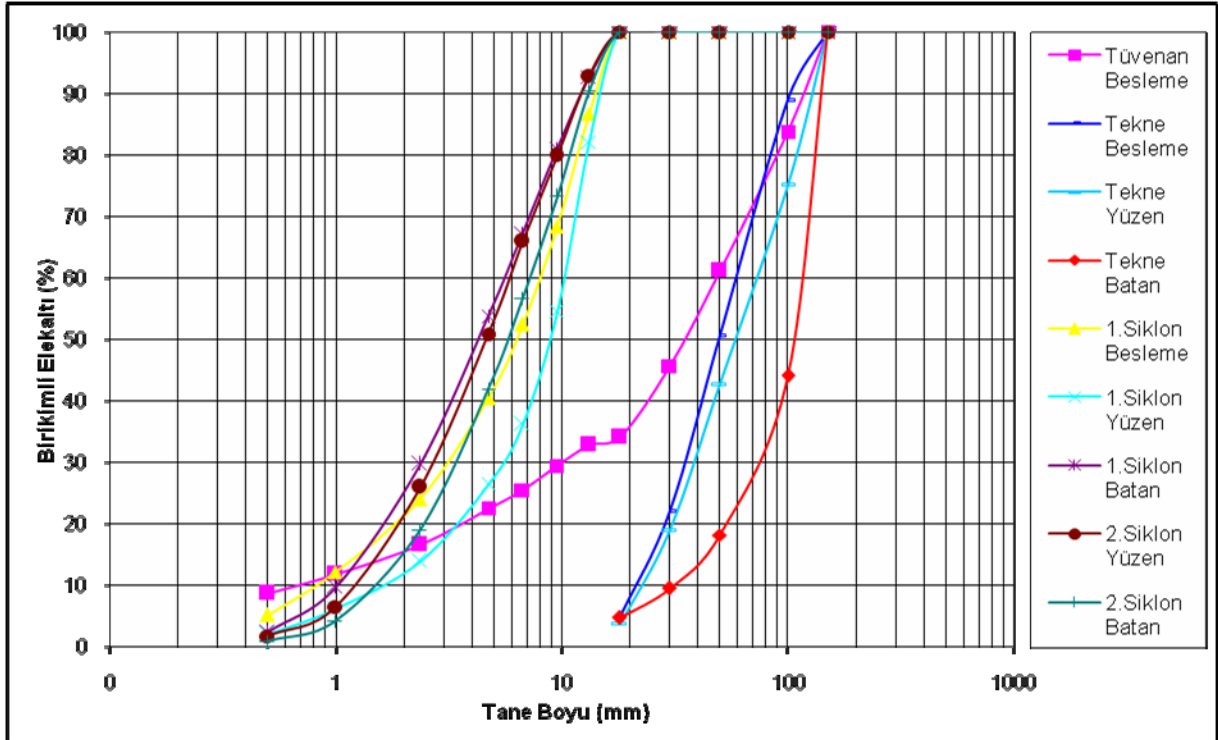
Tane boyu dağılımının belirlenmesi, iri ve ince ürün miktarlarının tayini, farklı tane boylarının farklı yıkanma davranımı göstermesi gibi sebeplerden ötürü önem teşkil etmektedir. Bu sebeple lavvardan alınan bütün numunelere elek analizi yapılmıştır. Boyut dağılımının belirlenmesinde en iri boy 150 mm olmak üzere $\sqrt{2}$ elek serisi kullanılarak 0,5 mm boyutuna kadar inilmiştir. Kullanılan elek açıklıkları Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Elek analizinde kullanılan elek açıklıkları

150mm	18mm	9,5mm	2,36mm
100mm	13,2mm	6,7mm	1,0mm
50mm	30mm	4,75mm	0,5mm

Numunelerin boyut dağılımları 18 mm'den iri tanelerin tamamı elenerek, 18 mm'den ince taneler ise temsili olarak konileme dörtleme yöntemiyle bölünmek suretiyle

eleme işlemine tabi tutulmuştur. Akışlara ait boyut dağılımları Şekil 5.4' de verilmektedir. Ayrıntılı elek analizi sonuçları ise Ekler' de sunulmuştur.



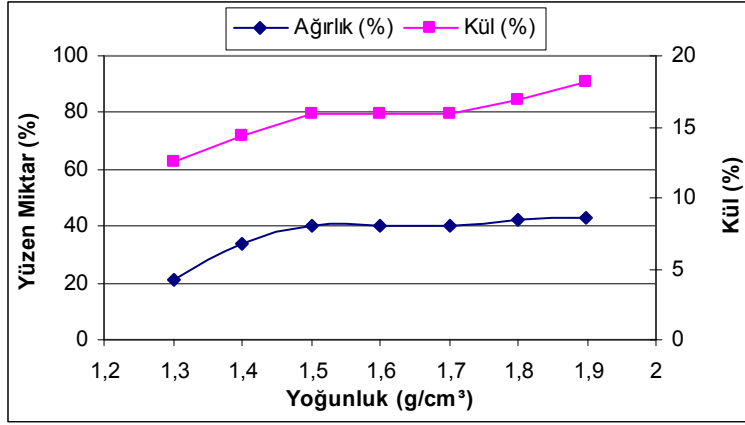
Şekil 5.4. Akışlara ait tane boyu dağılımları

5.3. Yüzdürme Batırma Testleri

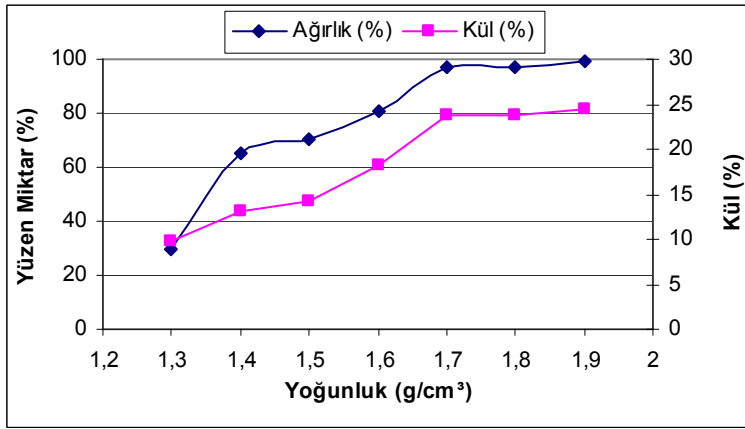
Ömerler Lavvarı'ndan alınan numunelerin tane boyu dağılımları belirlenmesinin ardından, kömürün fraksiyonel bazda yıkanabilirliğinin belirlenebilmesi için elek analizlerinden alınan her boyut fraksiyonuna ayrı ayrı yüzdürme batırma testleri uygulanmıştır.

Testlerde kullanılan ağır ortam çözeltileri çinko klorür ile hazırlanmış ve $0,1 \text{ g/cm}^3$ aralıklarla $1,3-1,9 \text{ g/cm}^3$ aralığındaki ortam yoğunlukları kullanılmıştır. Testlerden alınan bütün ürünler ayrı ayrı yıkanmış, kurutulmuş, tartılmış ve bu numunelere nem, kül, kalorifik değer ve kükürt analizleri yapılmıştır.

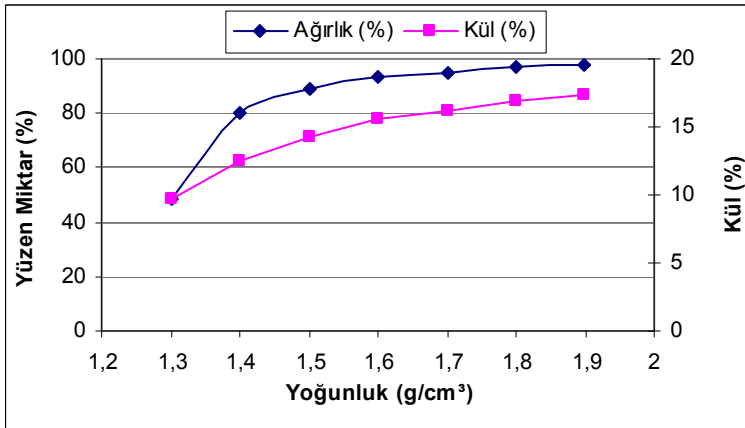
Yapılan çalışma sonucu ekipmanların yüzen ve batan ürünlerine ait oluşturulmuş yıkanabilirlik eğrileri ayırım yoğunluğu ve ayırım performansına yönelik olarak fikir vermektedir. Ağır Ortam Teknesi'nin yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.5–Şekil 5.8' de verilmektedir.



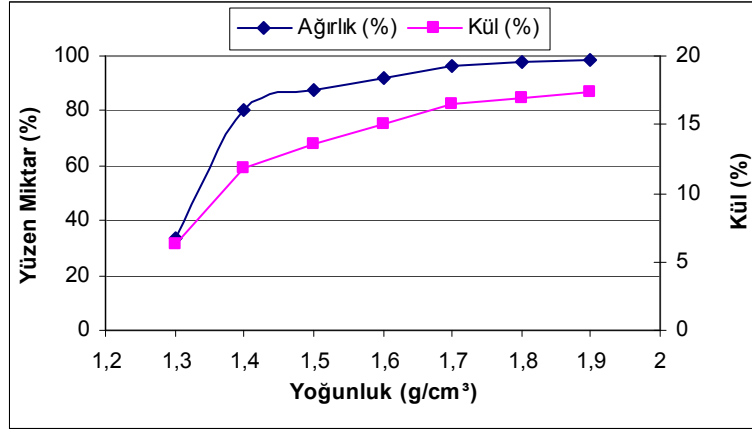
Şekil 5.5. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -150+100 mm fraksiyonu



Şekil 5.6. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -100+50 mm fraksiyonu

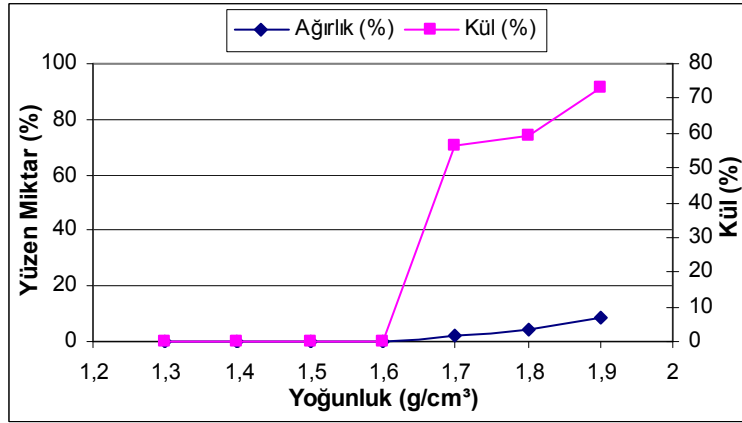


Şekil 5.7. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -50+30 mm fraksiyonu

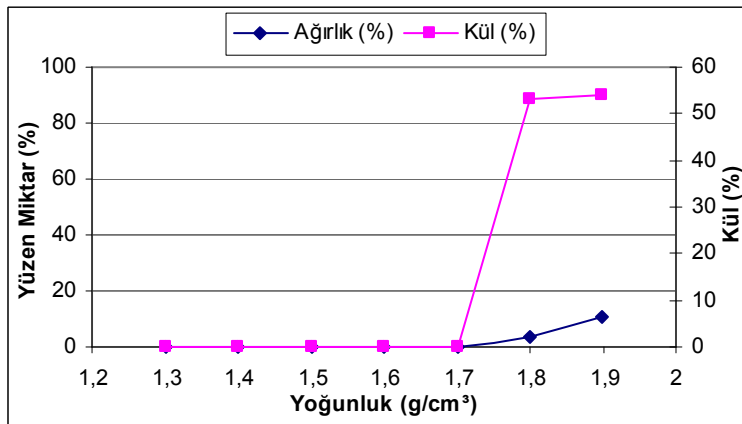


Şekil 5.8. Ağır Ortam Teknesi yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -30+18 mm fraksiyonu

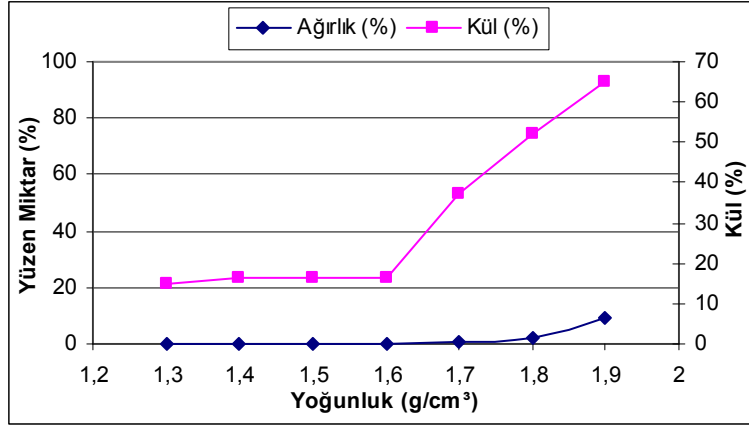
Ağır Ortam Teknesi'nin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.9– Şekil 5.12' de verilmektedir.



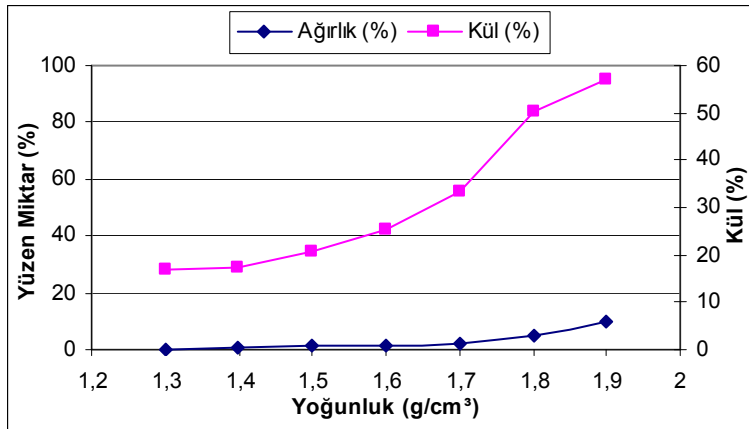
Şekil 5.9. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -150+100 mm fraksiyonu



Şekil 5.10. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -100+50 mm fraksiyonu



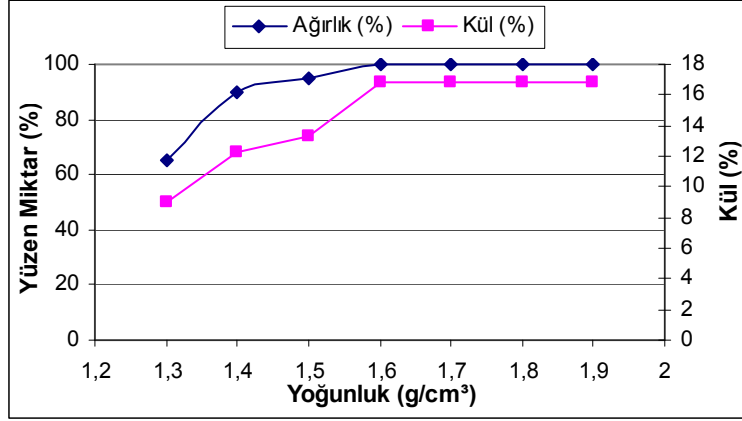
Şekil 5.11. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -50+30 mm fraksiyonu



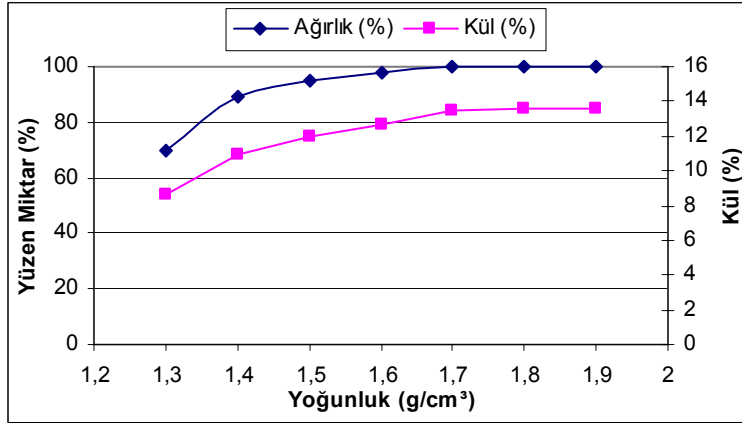
Şekil 5.12. Ağır Ortam Teknesinin batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -30+18 mm fraksiyonu

Ağır Ortam Teknesi'nin yüzen ve batan ürünlerinin yıkanabilirlik eğrilerine bakıldığında ayırım yoğunluğunun yaklaşık olarak $1,8 \text{ g/cm}^3$ olduğu anlaşılmaktadır. Yüzen üründe $1,8 \text{ g/cm}^3$ 'den ağır tanelerin, batan ürünlerde ise $1,8 \text{ g/cm}^3$ 'den hafif tanelerin miktarları oldukça azalırken yüzen üründe -150+100 mm fraksiyonunda diğerlerinden farklı olarak malzemenin yaklaşık %56 gibi yüksek bir oranda $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'den ağır taneler içermesi oldukça düşündürücüdür.

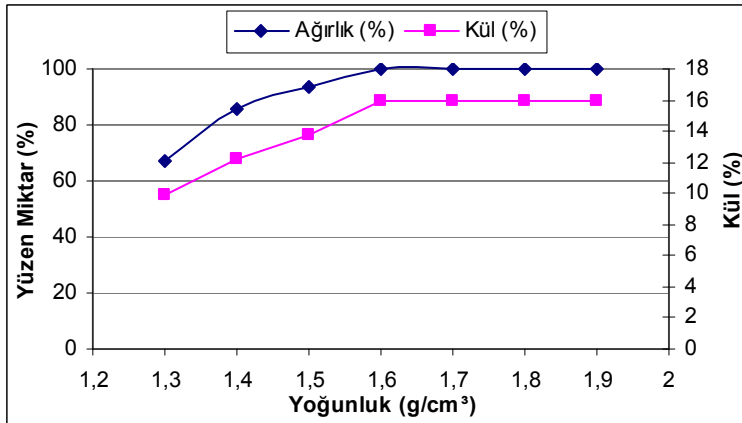
1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.13–Şekil 5.19’ da verilmektedir.



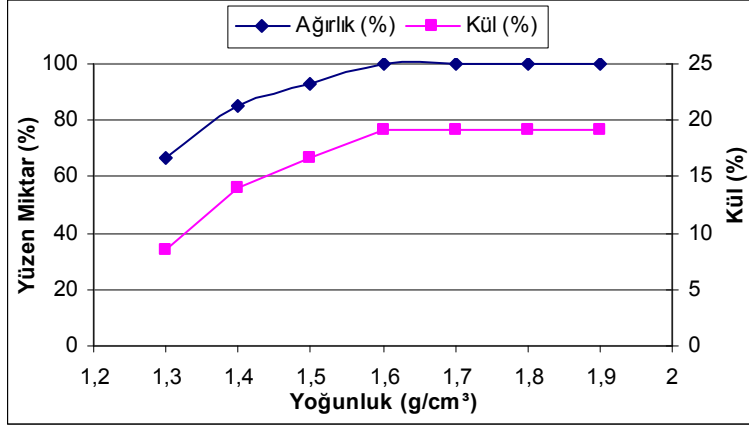
Şekil 5.13. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu



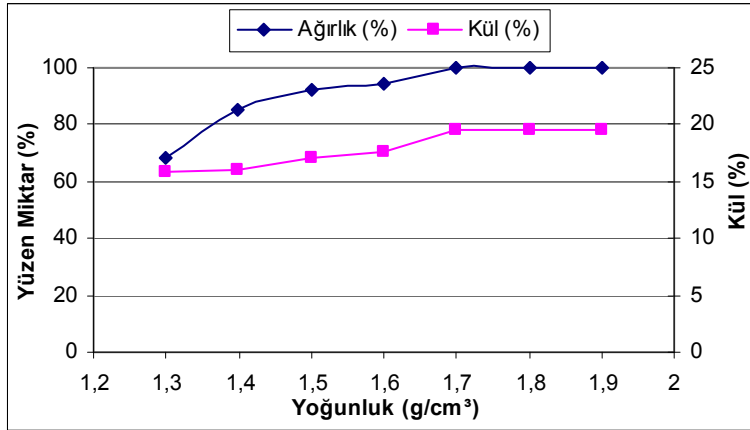
Şekil 5.14. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu



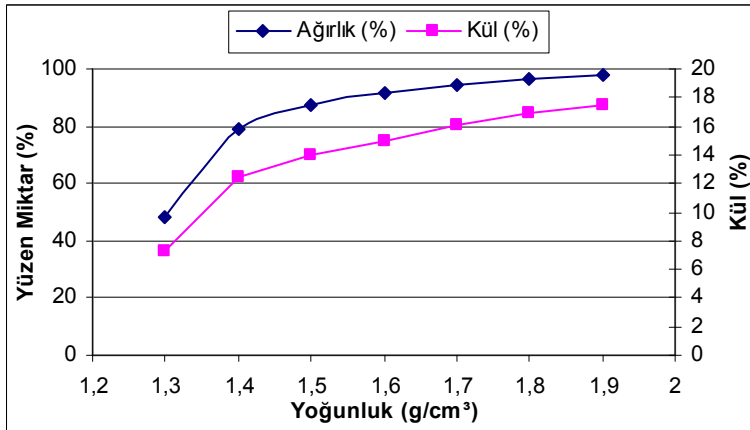
Şekil 5.15. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu



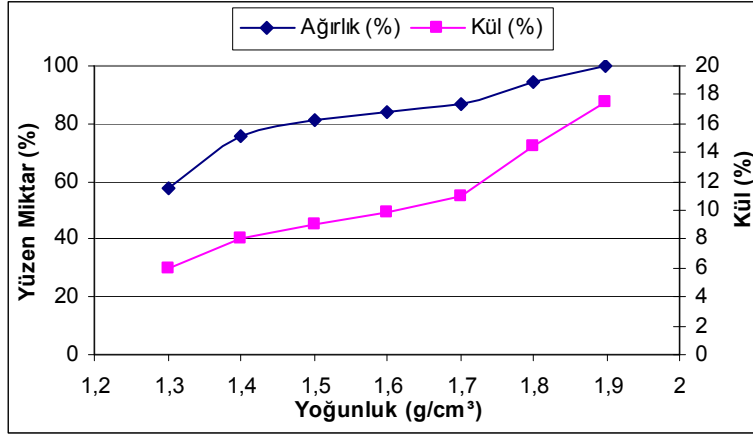
Şekil 5.16. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu



Şekil 5.17. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu

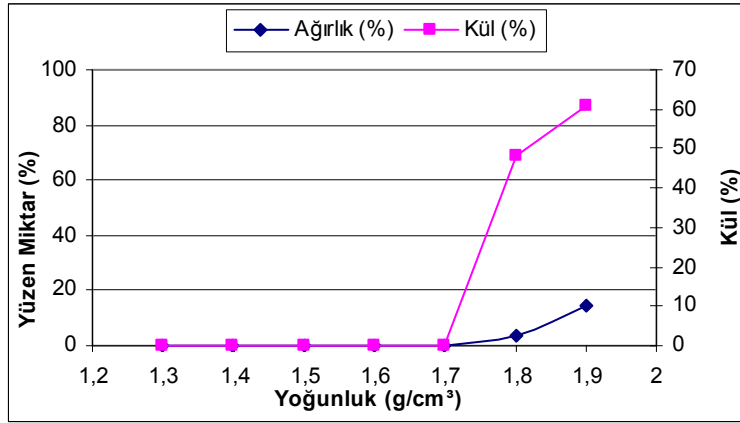


Şekil 5.18. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu

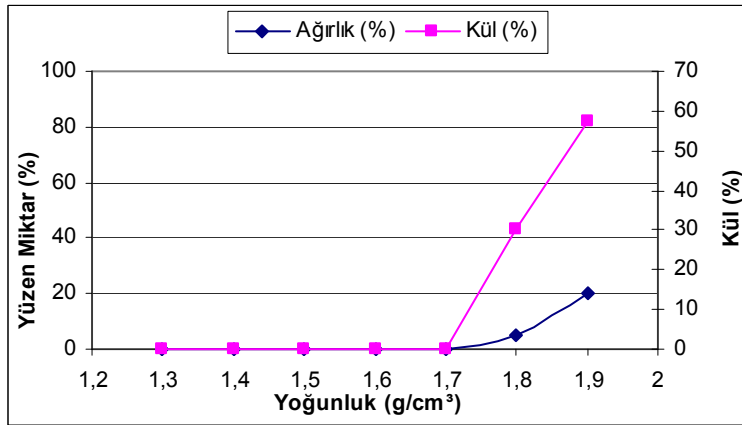


Şekil 5.19. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri 1+0,5 mm fraksiyonu

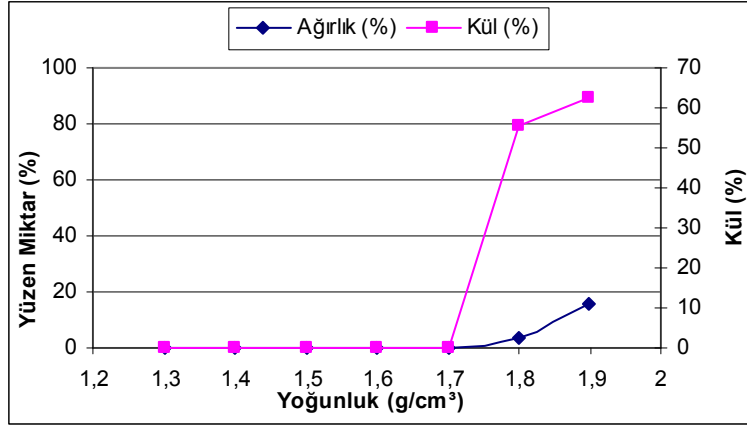
1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nun batan ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.20–Şekil 5.26' da verilmektedir.



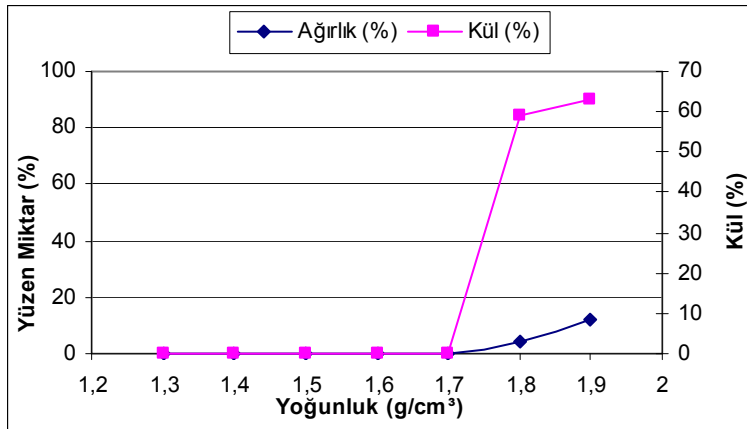
Şekil 5.20. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu



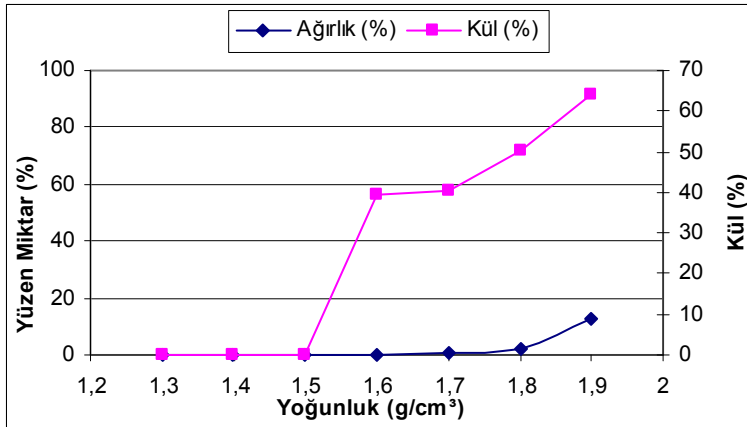
Şekil 5.21. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu



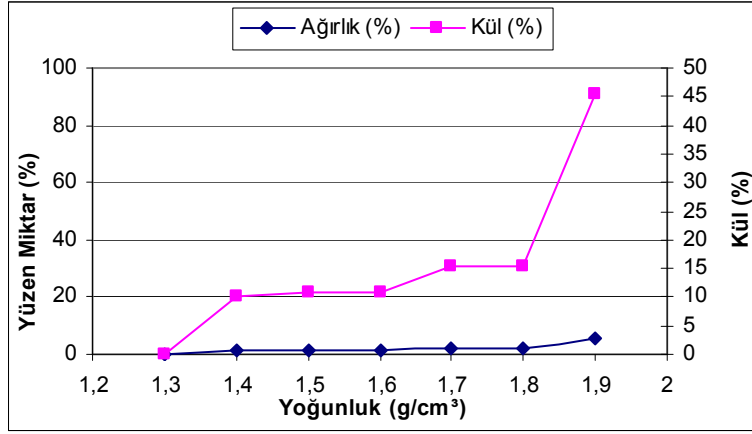
Şekil 5.22. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu



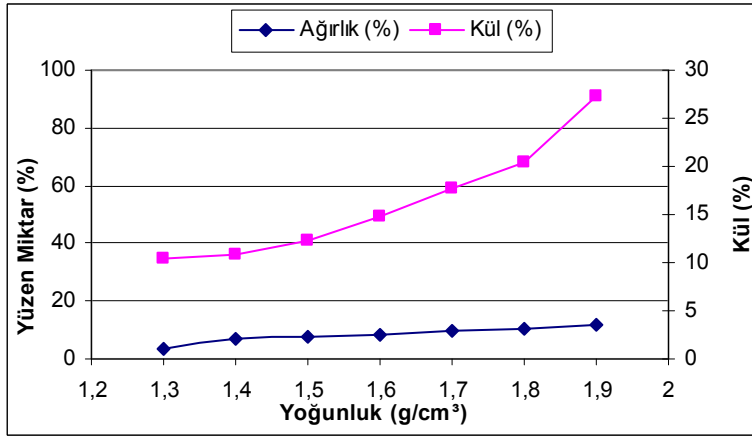
Şekil 5.23. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu



Şekil 5.24. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu

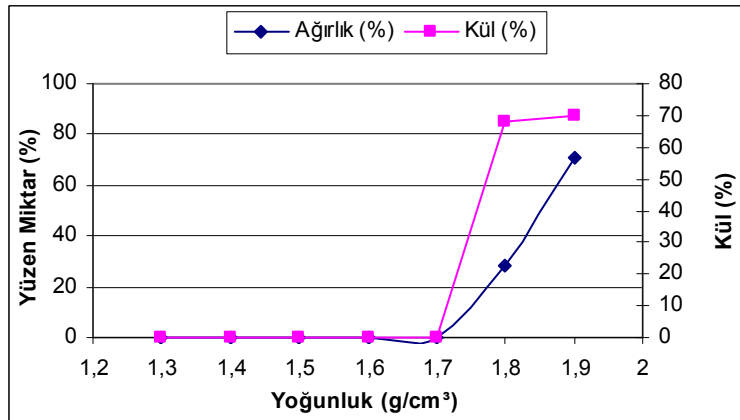


Şekil 5.25. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu

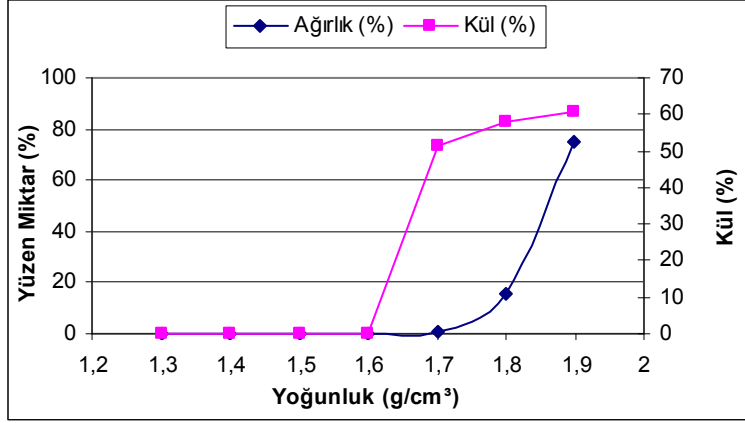


Şekil 5.26. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu

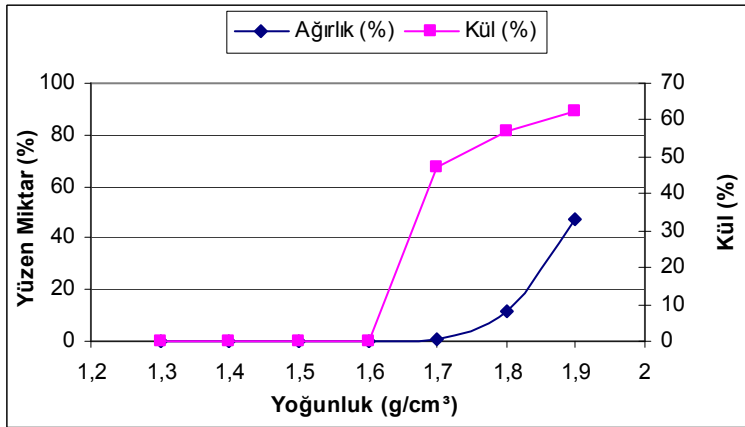
2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nun yüzen ürününün fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.27–Şekil 5.33' de verilmektedir.



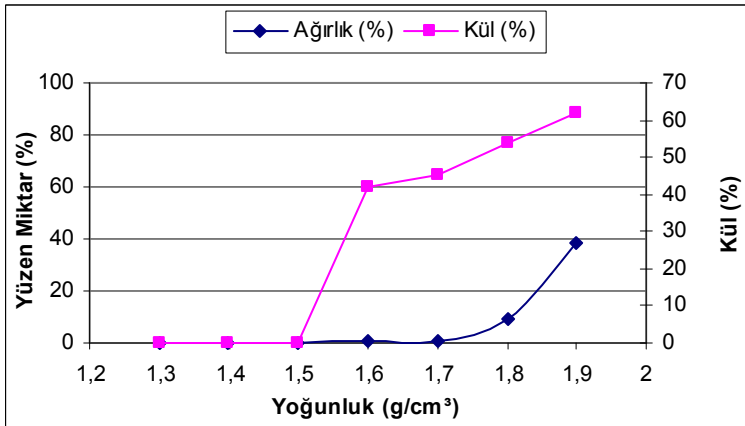
Şekil 5.27. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -18+13,2 mm fraksiyonu



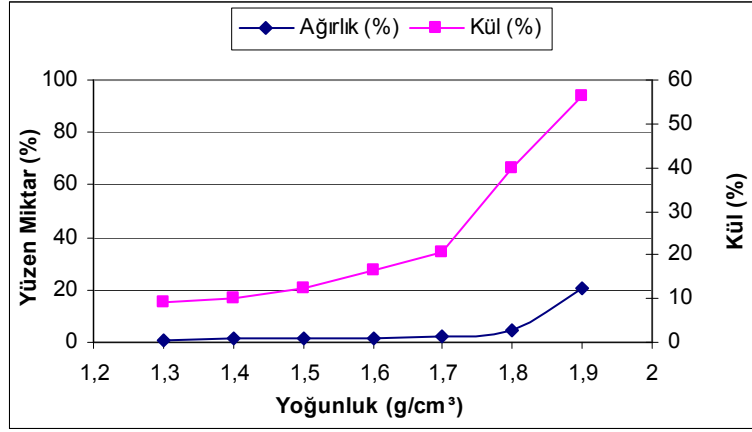
Şekil 5.28. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu



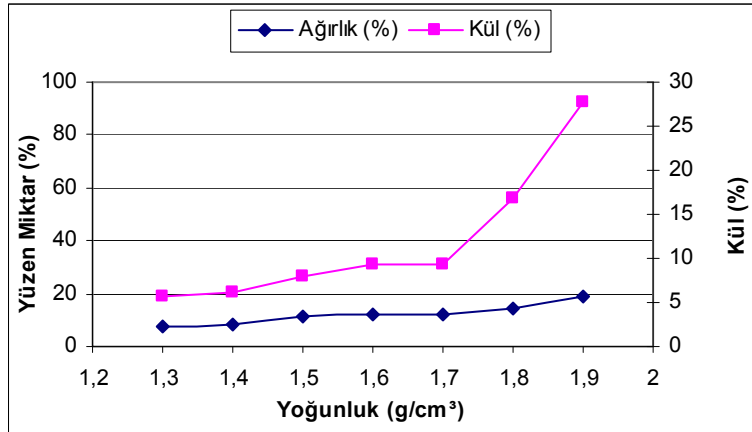
Şekil 5.29. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -9,5+6,7 mm fraksiyonu



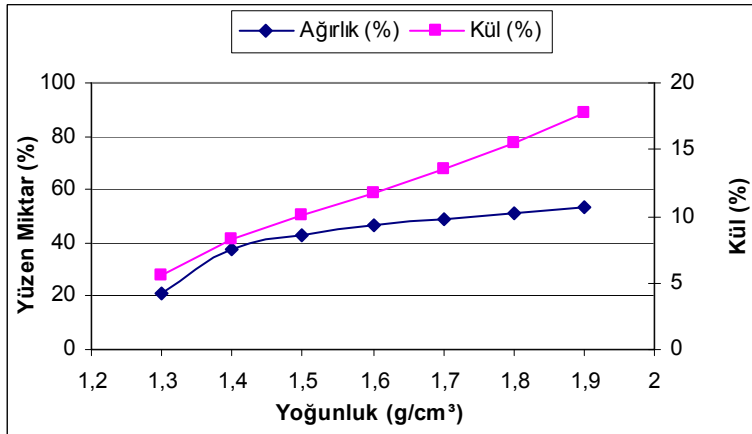
Şekil 5.30. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -6,7+4,75 mm fraksiyonu



Şekil 5.31. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu

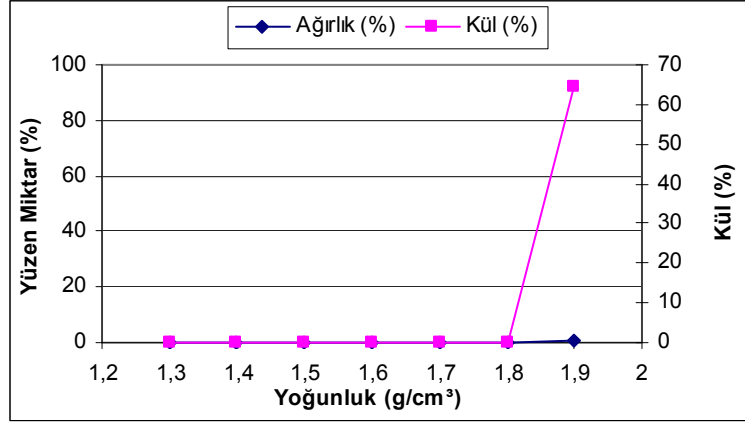


Şekil 5.32. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu

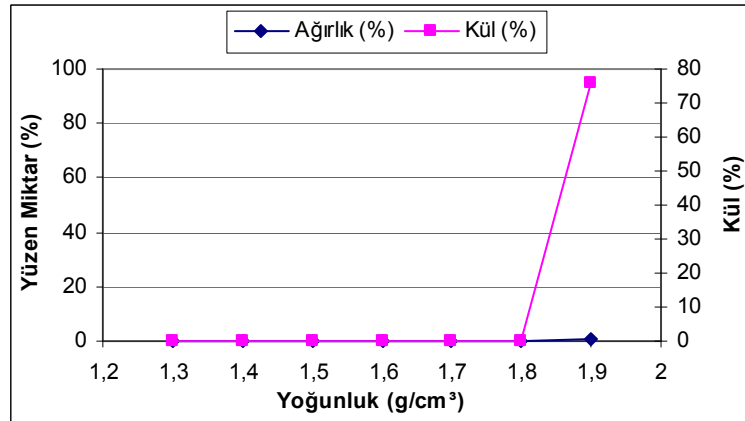


Şekil 5.33. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu yüzen ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu

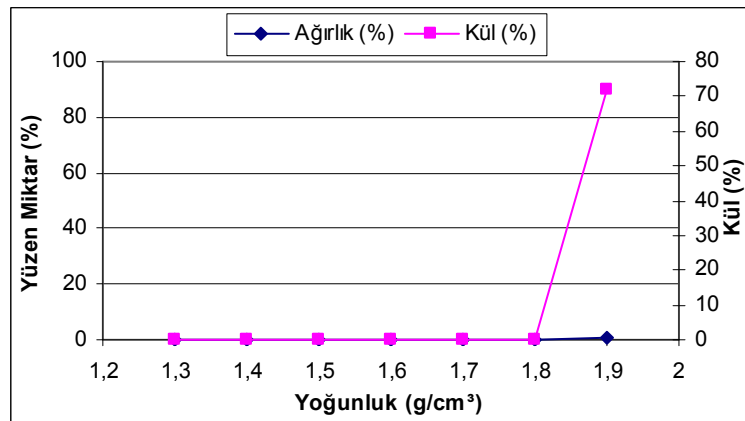
2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nun batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri Şekil 5.34–Şekil 5.37' de verilmektedir. Bu ekipman için $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'de yüzen ürüne rastlanan fraksiyonların grafikleri sunulmuştur.



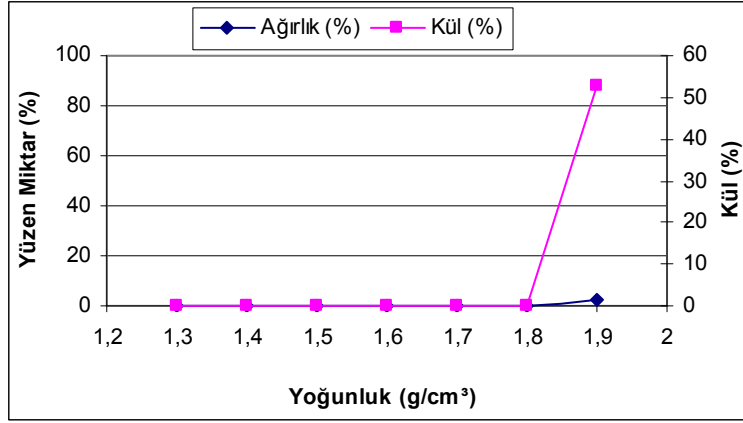
Şekil 5.34. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -13,2+9,5 mm fraksiyonu



Şekil 5.35. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -4,75+2,36 mm fraksiyonu



Şekil 5.36. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -2,36+1 mm fraksiyonu



Şekil 5.37. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu batan ürünü fraksiyonel yıkanabilirlik eğrileri -1+0,5 mm fraksiyonu

Siklon verilerine bakıldığında, 1. Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda ayırım yoğunluğunun yaklaşık olarak $1,7 \text{ g/cm}^3$ olduğu anlaşılmaktadır. Fakat özellikle 2,36 mm' den ince fraksiyon ürünlerine bakıldığında yüzen üründe ayırım yoğunluğundan yüksek yoğunluktaki tanelere rastlanmakta ve aynı şekilde batan üründe de $1,7 \text{ g/cm}^3$ 'den hafif tanelere rastlanmaktadır. Bu durum özellikle ince boylarda ayırım performansının bir miktar düştüğünün göstergesidir.

2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na ait verilere bakıldığında ayırım yoğunluğunun $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'den yüksek olduğu gözlenmekte ve yüzen ürünlerde özellikle bir önceki kademedeki ince boylarda kaçırılan hafif tanelerin yakalandığı gözlenmektedir. Batan üründe ise yine $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'den hafif tanelere neredeyse hiç rastlanmaması, bu kademedeki ayırım performansının iyi olduğunun bir göstergesidir. Bütün akışlara ait yıkanabilirlik çizelgeleri Ekler kısmında sunulmuştur.

6. PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

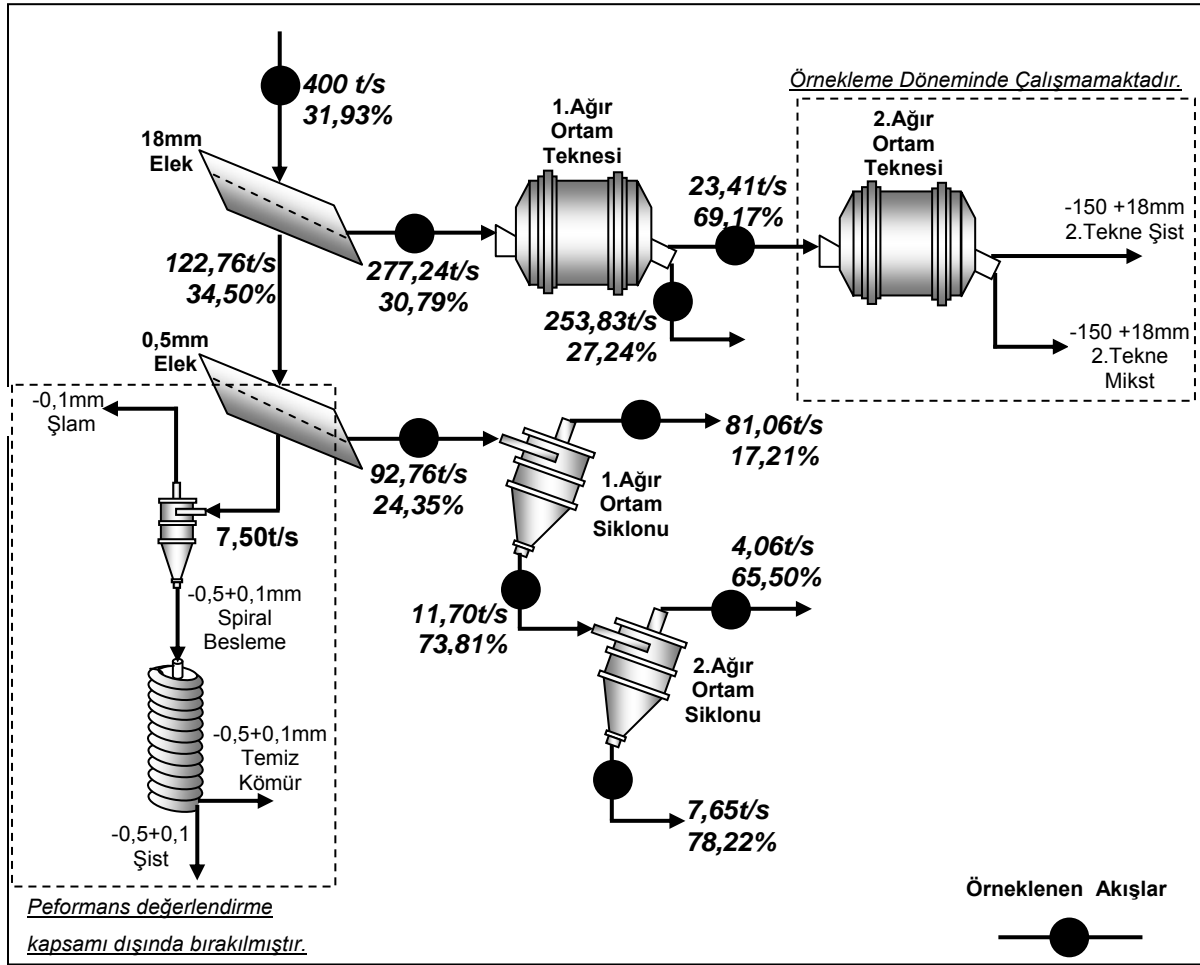
Performans değerlendirme çalışmaları, verilerin madde denkliğiyle istatistiksel olarak düzeltilmesi ve ardından ekipmanların partiyon eğrilerinin çizilmesiyle performanslarının ortaya koyulması olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

6.1. Madde Denkliği Çalışmaları

Numune alınan dönemde Ömerler Lavvarı'nda her koldaki akış miktarlarının hesaplanması amacıyla madde denkliği çalışmaları yürütülmüştür. Numune alma ve analizler sırasında yapılan kaçınılmaz hatalar, ham veriler kullanılarak bir kütle denkliğini oluşturmayı imkansız hale getirmektedir. Bu nedenle, kütle denkliğini sağlamak için ham veriler JKSimMet yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak düzeltilmiştir.

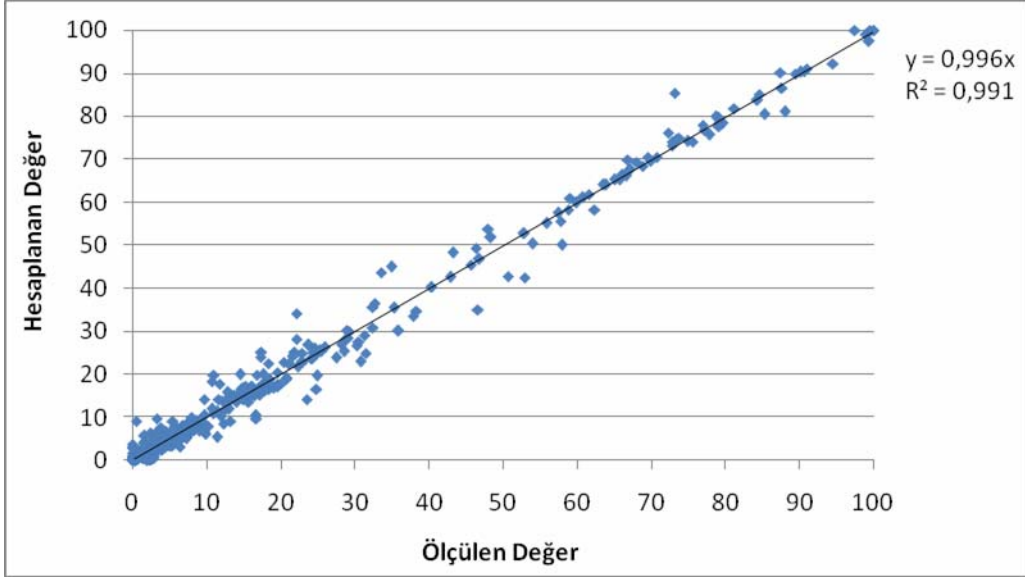
Fraksiyonel performans eğrilerini elde edebilmek için her fraksiyonda yüzen ve batan miktarların kendi içinde denklik göstermesi, fraksiyonel olarak değerlendirme yapılacağından tane boyu dağılımlarının kendi içinde denklik göstermesi ve söz konusu ekipmanların zenginleştirme ekipmanları olduğu düşünüldüğünde ayrımı gerçekleşen içeriğin yani kül değerlerinin de kendi içinde denklik göstermesi gerekmekte ve bu oransal bütünün ekipmanlar etrafındaki toplam tonajda da miktarca denklik göstermesi gerekmektedir. Günümüzde, tane boyu fraksiyonu miktarları, bu fraksiyonlara ait farklı yoğunlukta yüzen miktarlar ve bu yoğunlukta yüzen ürünlere ait kül değerlerinin hepsini birden madde denkliğine oturtabilecek bir yöntem bulunmamaktadır. Bu sebeple bütün verilerde madde denkliğini sağlamak amacıyla JKSimMet yazılımında çeşitli denemeler yapılmıştır.

Çeşitli denemeler sonucunda siklon ve tekne devreleri etrafındaki akışlarda toplam fraksiyonel kül, toplam yüzen batan miktarlar ve toplam fraksiyonel kül değerleri kullanılarak en doğru tonaj ve boyut dağılımları belirlenebilmiştir. Uygulanan yöntem sonucu örnekleme döneminde Ömerler Lavvarı'ndaki akışlara ait hesaplanan tonaj ve %kül değerleri Şekil 6.1'de gösterilmektedir.

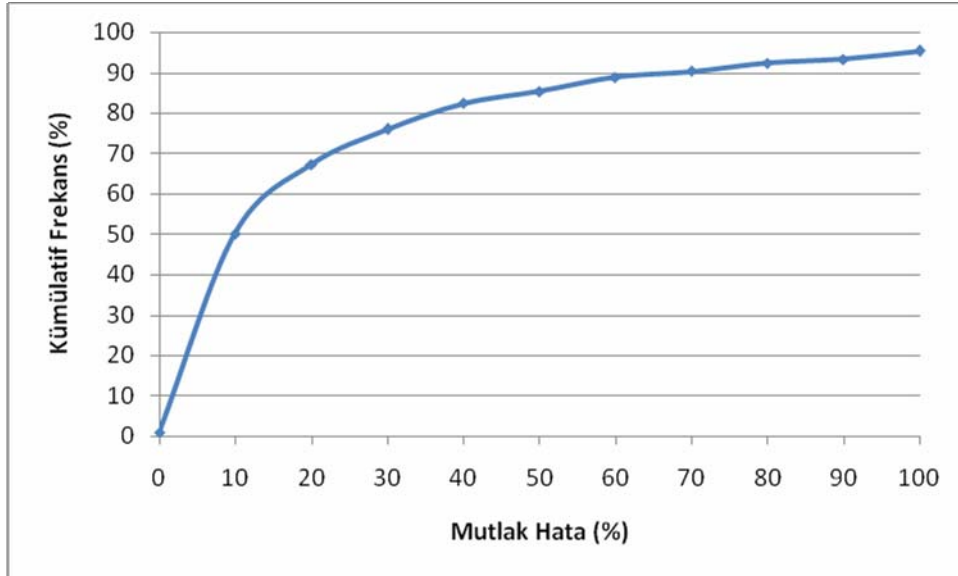


Şekil 6.1. Örnekleme döneminde akışlara ait tonajlar

Belirlenen bu tonaj değerleri ve düzeltilen boyut dağılım değerleri kullanılarak her fraksiyon için en doğru tonajlar hesaplanmış ve bu değerlerin standart sapmaları sıfır verilmek suretiyle her bir fraksiyon için ayrı ayrı fraksiyonel yüzen batan miktarlarda madde denklığı sağlanmıştır. Bu yöntemle Ağır Ortam Tamburu ve 1. ve 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu devrelerine ait tüm değerlerde madde denklığı sağlanırken tekne devresinde -150+100 mm fraksiyonuna ait farklı yoğunlukta yüzen miktarlar malesef madde denklığıne oturtulamamıştır. Madde denklığı sonucu hesaplanan ve deneysel çalışmalarda ölçülen değerler arası ilişki Şekil 6.2'de, hesaplanan değerlerin mutlak hata kümülatif frekans dağılımı ise Şekil 6.3'de gösterilmektedir.



Şekil 6.2. Madde denkliği sonucu ölçülen hesaplanan değerler arasındaki ilişki



Şekil 6.3. Madde denkliği sonucu mutlak hataya ait kümülatif %frekans dağılımı

Şekil 6.3'e bakıldığında özellikle yüksek mutlak hata değerlerine yaklaşıldıkça eğri eğiminin düştüğü ve toplam veri miktarına oranla verilerin %80'inin %35 mutlak hata değerinin altında bir hatayla hesaplandığı görülmektedir. Özellikle madde denkliği sonrası yüksek mutlak hata ile hesaplanmış veriler %0,1 ve altındaki değerlere sahip verilerdir. Dolayısıyla yüksek hata oranlarına sahip verilerin toplam akışlara olan etkisi göz ardı edilebilir niteliktedir. Verilerin %80'inin kabul edilebilir mutlak hata ile hesaplanmış olması ve yüksek hata değerlerinin toplam akış verilerini etkilemeyecek düzeylerde değerlere sahip olması sebebiyle madde denkliği başarılı olarak nitelendirilmiş ve hesaplanan veriler performans değerlendirmede kullanılmıştır.

6.2. Ekipmanların Performanslarının Belirlenmesi

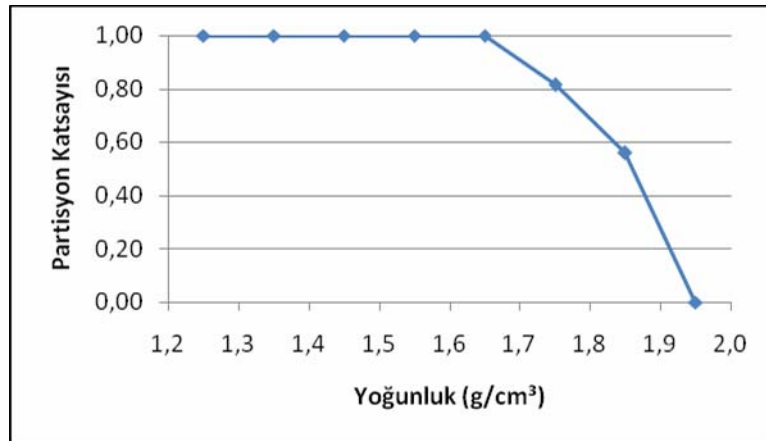
Madde denklği sonucu hatalardan arındırılmış veriler kullanılarak, fraksiyonel yüzen miktar değerleri kullanılarak Ağır Ortam Teknesi, 1. Ağır Ortam Siklonu ve 2. Ağır Ortam Siklonu için fraksiyonel performans eğrileri çizilmiştir.

6.2.1. Ağır Ortam Teknesi Performansı

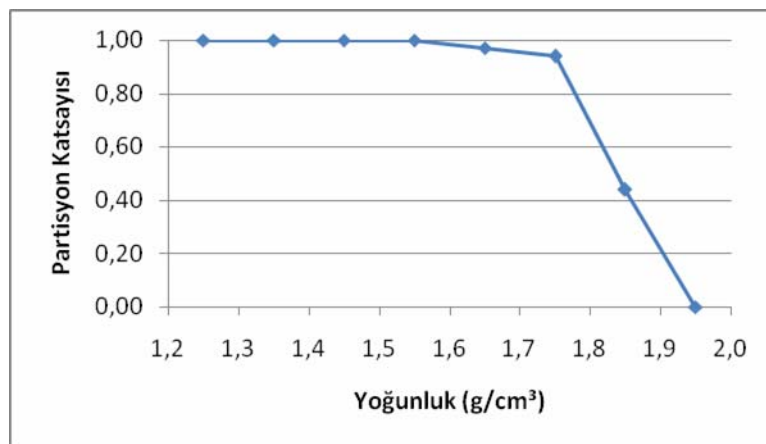
Ağır ortam teknesi fraksiyonel performans eğrileri Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da, fraksiyonlar için hesaplanan ρ_{50} ve E_p değerleri Çizelge 6.1' de verilmektedir.

Çizelge 6.1. Ağır ortam teknesi için hesaplanan ρ_{50} ve E_p değerleri

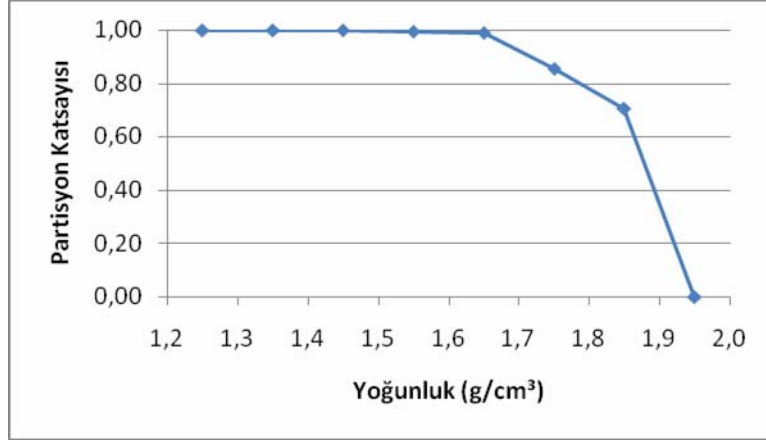
Ortamalama Tane Boyu (mm)	70,71	38,73	23,24
ρ_{50} (g/cm ³)	1,864	1,839	1,888
E_p	0,065	0,046	0,042



Şekil 6.4. -100+50 mm fraksiyonu partision eğrisi

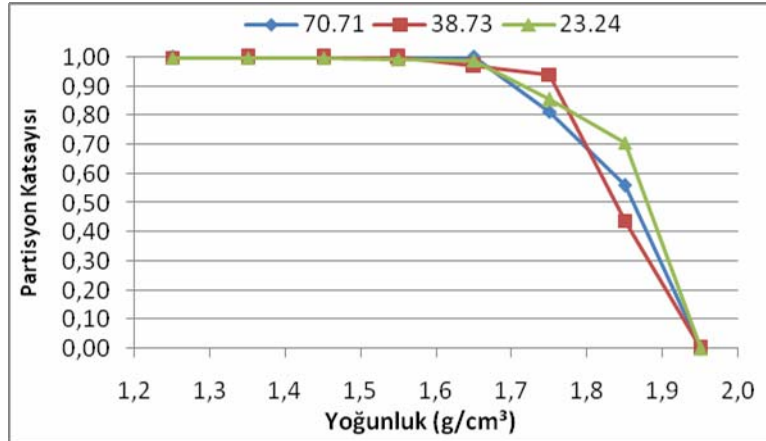


Şekil 6.5. -50+30 mm fraksiyonu partision eğrisi

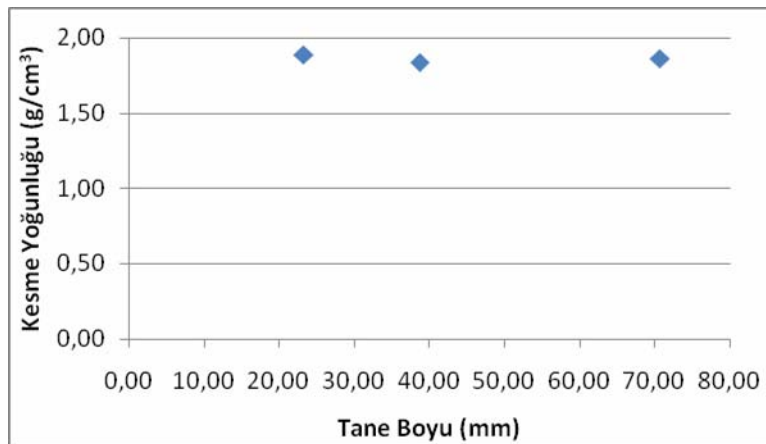


Şekil 6.6. -30+18 mm fraksiyonu partision eğrisi

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de sırasıyla Ağır Ortam Teknesi'ne beslenen fraksiyonların partision eğrilerinin karşılaştırılması ve tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi görülmektedir. Şekillere bakıldığında fraksiyonların kesme yoğunlukları 1,8 g/cm³ dolaylarında seyretmektedir. Bu durum Ağır Ortam Teknesi'nde kesme noktasında büyük bir kayma olmadığını göstermektedir.

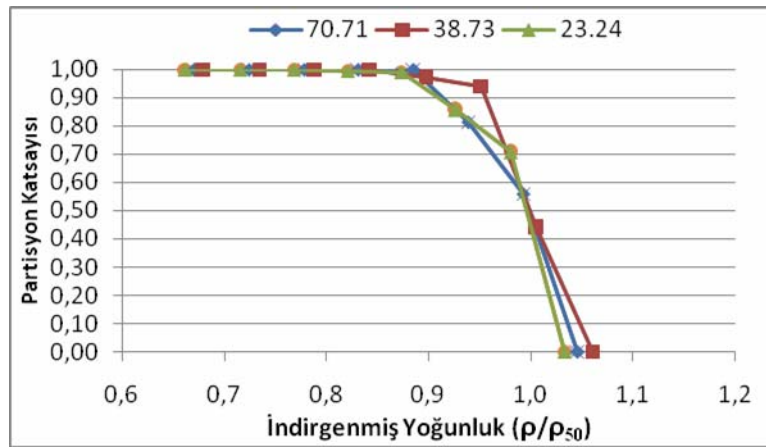


Şekil 6.7. Ağır Ortam Teknesi partision eğrilerinin karşılaştırılması

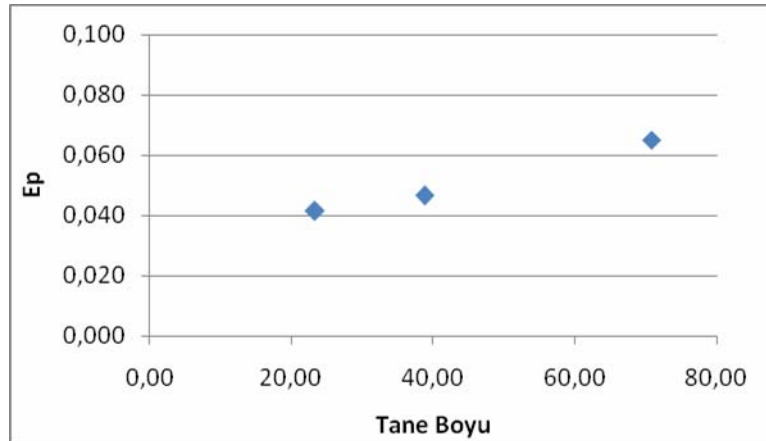


Şekil 6.8. Ağır Ortam Teknesi tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi

Şekil 6.9 ve Şekil 6.10' da sırasıyla Ağır Ortam Teknesi'ne beslenen fraksiyonların indirgenmiş partiyon eğrileri ve tane boyu E_p ilişkisi görülmektedir. Literatür bilgilerine göz önünde bulundurulduğunda, E_p 'nin incelen tane boyuyla yükselmesi beklenmektedir. Fakat Ağır Ortam Teknesi verilerine bakıldığında bu durumun tersi ortaya çıkmıştır. Aslen -50+30 mm ve -30+18 mm fraksiyonlarının E_p değerlerine bakıldığında çok da büyük bir fark görülmemektedir. Fakat irileşen tane boyuyla numune alma ve ölçümlerin hassasiyetinin düşmesinden kaynaklanan ufak oynamalar, hesaplanan E_p değerlerinde büyük değişimlere sebep olmaktadır. Bu sebeple iri boyda E_p bir miktar yüksek gözükmemektedir.



Şekil 6.9. Ağır Ortam Teknesi indirgenmiş partiyon eğrileri



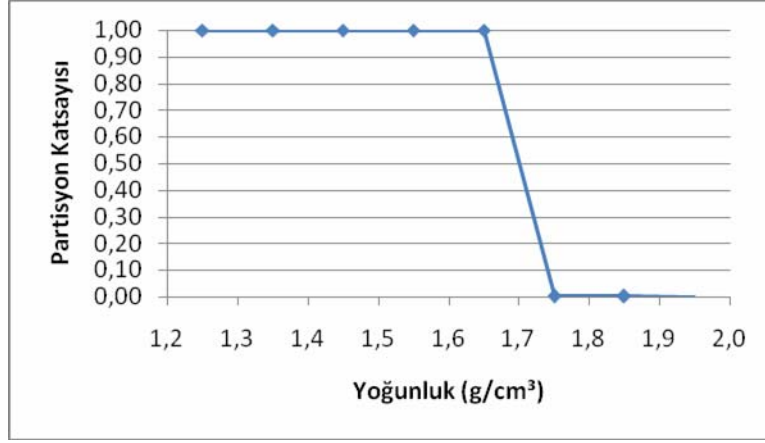
Şekil 6.10. Ağır Ortam Teknesi tane boyu E_p ilişkisi

6.2.2. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Performansı

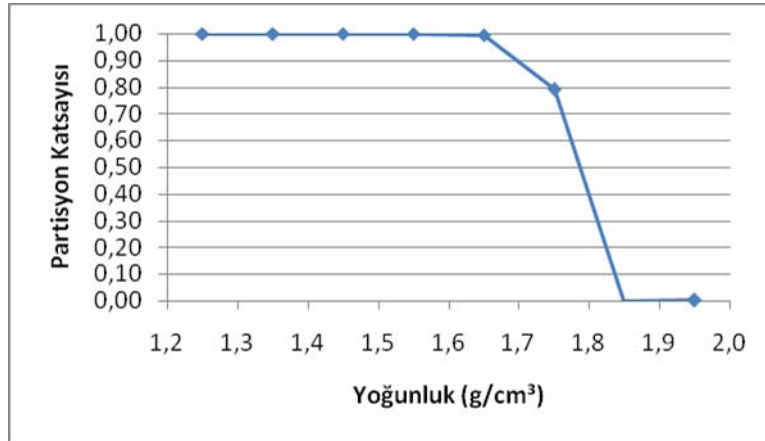
1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na beslenen fraksiyonların performans eğrileri Şekil 6.11–Şekil 6.17'de gösterilmekte, fraksiyonlara ait hesaplanan E_p ve ρ_{50} değerleri Çizelge 6.2'de verilmektedir.

Çizelge 6.2. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu için hesaplanan ρ_{50} ve E_p değerleri

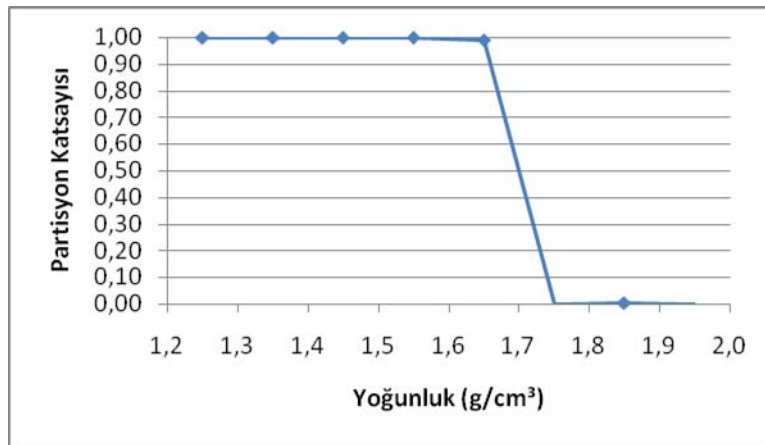
Ortalama Tane Boyu (mm)	15,41	11,20	7,98	5,64	3,35	1,54	0,71
ρ_{50} (gr/cm ³)	1,70	1,79	1,70	1,70	1,70	1,89	1,91
E_p	0,022	0,030	0,022	0,023	0,022	0,040	0,024



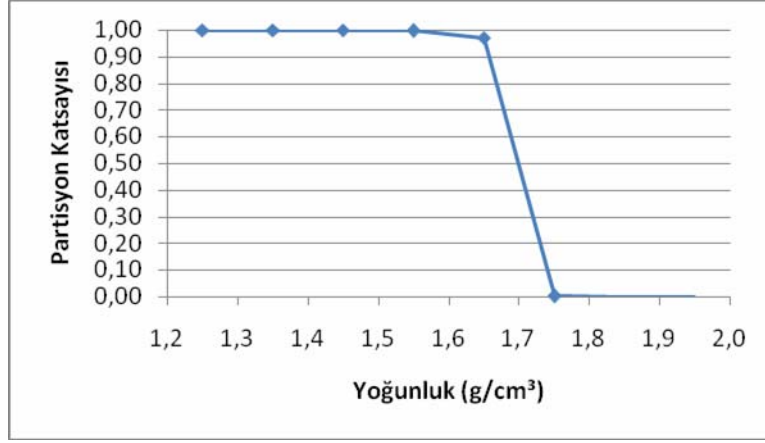
Şekil 6.11. -18+13,2 mm fraksiyonu partisyon eğrisi



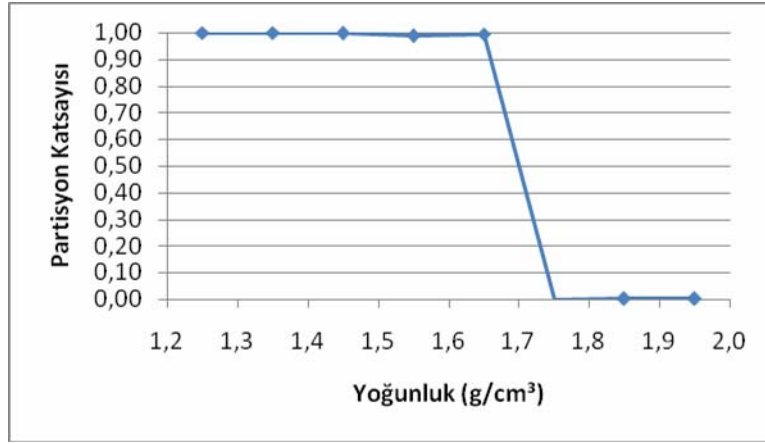
Şekil 6.12. -13,2+9,5 mm fraksiyonu partisyon eğrisi



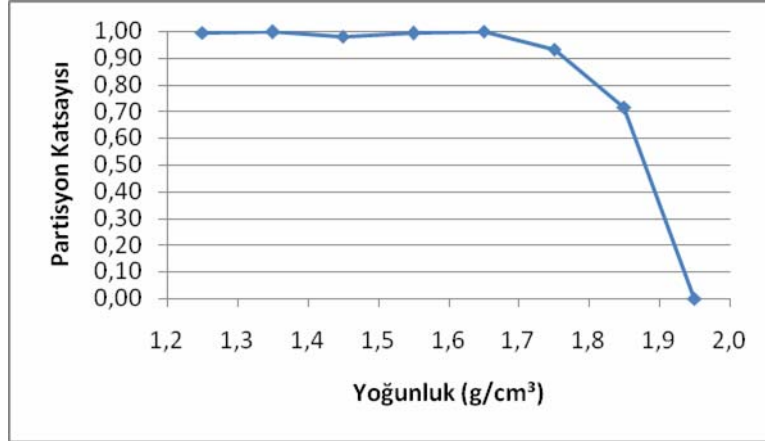
Şekil 6.13. -9,5+6,7 mm fraksiyonu partisyon eğrisi



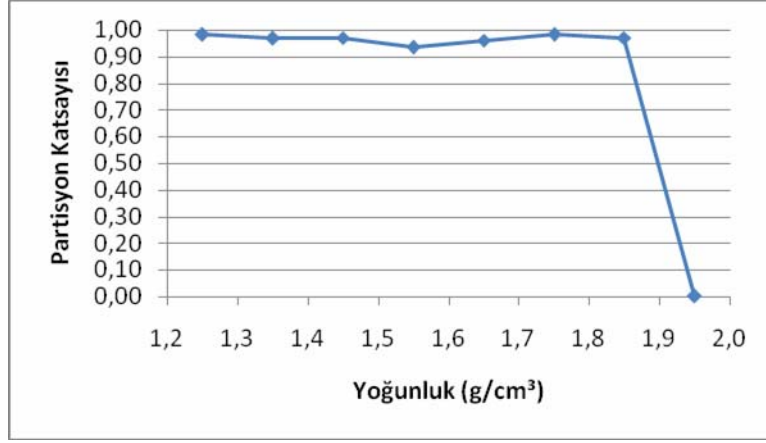
Şekil 6.14. -6,7+4,75 mm fraksiyonu partisyon eğrisi



Şekil 6.15. -4,75+2,36 mm fraksiyonu partisyon eğrisi

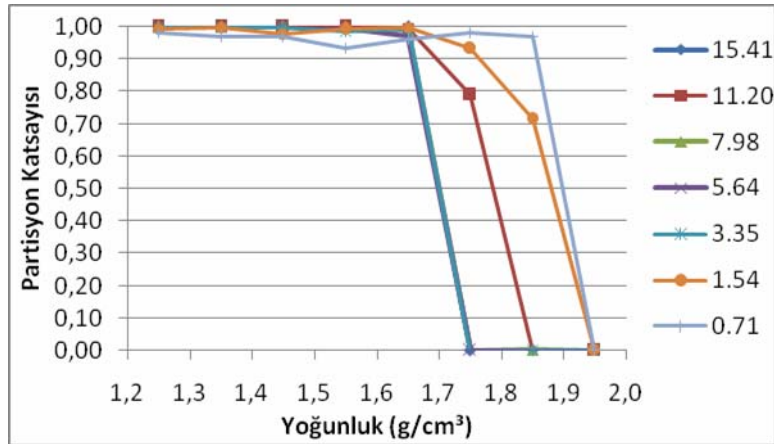


Şekil 6.16. -2,36+1 mm fraksiyonu partisyon eğrisi

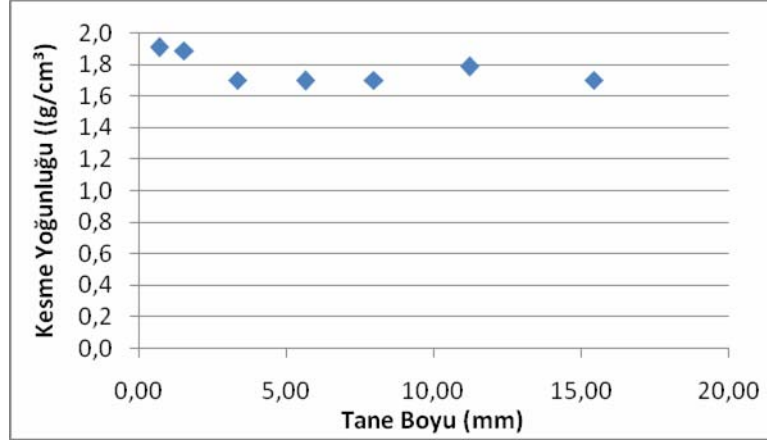


Şekil 6.17. -1+0,5 mm fraksiyonu partiyon eğrisi

Şekil 6.18 ve Şekil 6.19' da sırasıyla 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na beslenen tane boylarının partiyon eğrilerinin karşılaştırılması ve tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi görülmektedir. Şekillere bakıldığında incelen tane boyuyla partiyon eğrilerinin yüksek yoğunluk değerlerine ötelendiği ve kesme yoğunluğunun yükseldiği görülmektedir. Kesme yoğunluğunun iri boylarda 1,7 g/cm³ değerlerinde seyrederken özellikle -2,36+1 mm ve -1+0,5 mm fraksiyonlarında 1,9 g/cm³ değerlerine çıktığı görülmektedir. Bu durum incelen tane boyuyla kesme yoğunluğu kaymasının artması ve ürüne külce zengin ağır tanelerin kaçması anlamına gelmektedir.

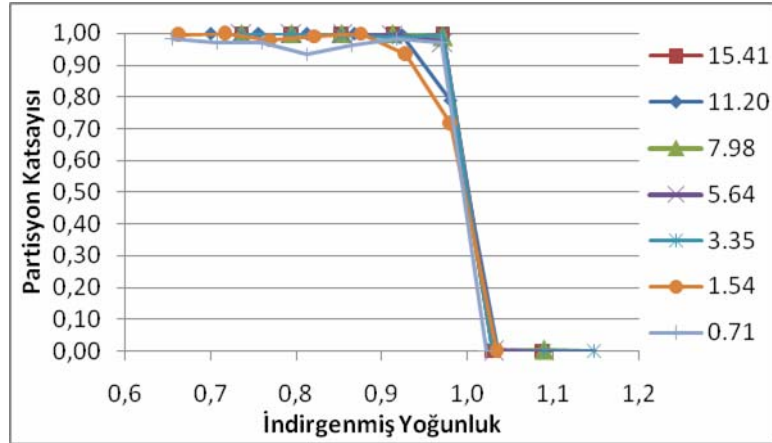


Şekil 6.18. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu partiyon eğrilerinin karşılaştırılması

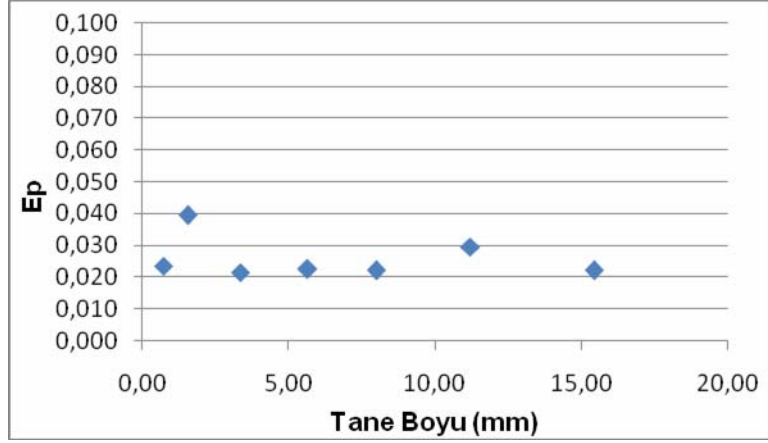


Şekil 6.19. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonunda tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi

Şekil 6.20 ve Şekil 6.21 sırasıyla 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda indirgenmiş partiyon eğrilerini ve tane boyu Ep ilişkisini göstermektedir. Şekillere bakıldığında genel olarak partiyon eğrilerinin üst üste bindiği ve ep değerlerinin çok fazla değişim göstermediği söylenebilmekle birlikte yine ince boylara doğru sapmanın bir miktar artarak Ep'nin yükseldiği görülmektedir. Hernekadar kömür yıkama ekipmanlarında Ep'nin ürün kalitesini çok fazla etkilemediği bilinse de, Ep'nin yükselmesi performansı olumsuz yönde etkileyen bir etmen olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 6.20. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu indirgenmiş partiyon eğrileri



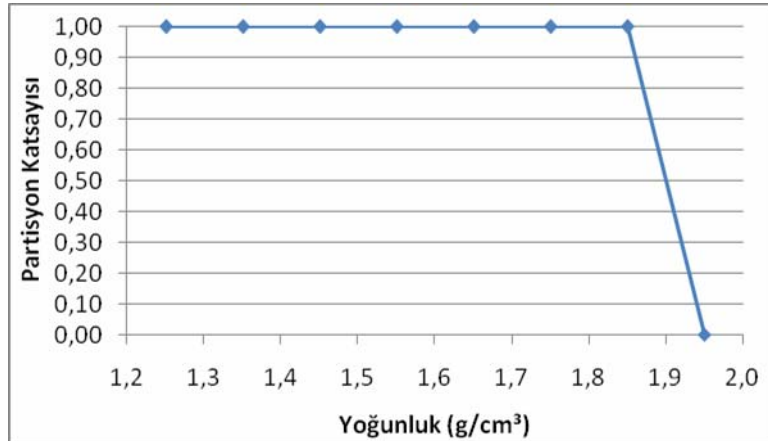
Şekil 6.21. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonunda tane boyu Ep ilişkisi

6.2.3. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu Performansı

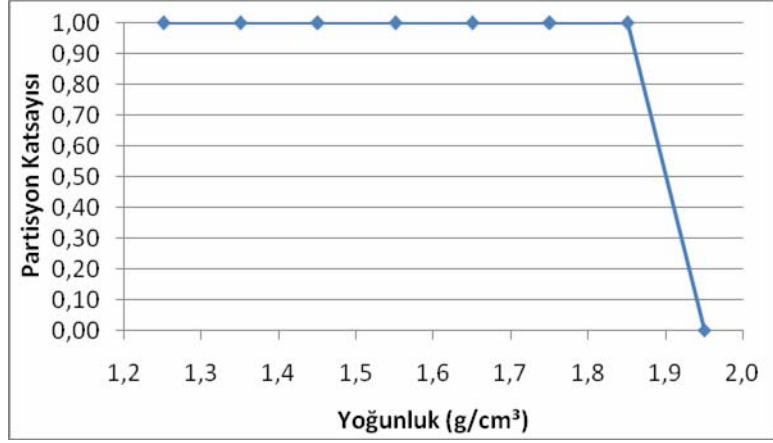
2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na beslenen fraksiyonlara ait partiyon eğrileri Şekil 6.22–Şekil 6.28'de, fraksiyonlara ait hesaplanan ρ_{50} ve Ep değerleri ise Çizelge 6.3'de verilmektedir.

Çizelge 6.3. 2.Kademe Ağır Ortam siklonuna ait ρ_{50} ve Ep değerleri

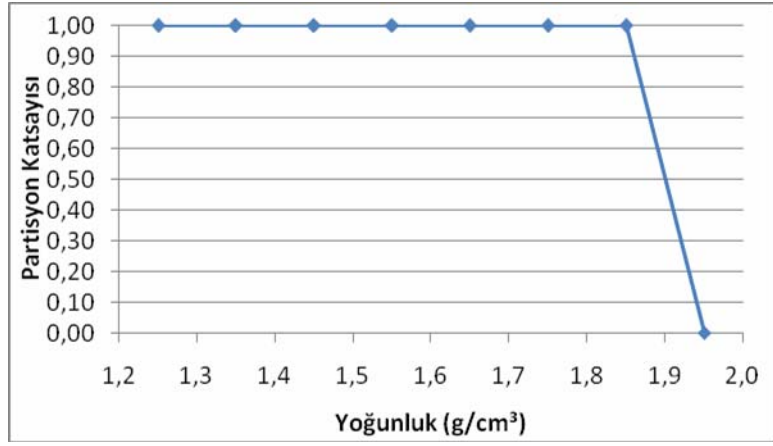
Ortalama Tane Boyu (mm)	15,41	11,20	7,98	5,64	3,35	1,54	0,71
ρ_{50}	1,91	1,91	1,91	1,91	1,88	1,89	1,90
Ep	0,023	0,023	0,023	0,023	0,040	0,034	0,027



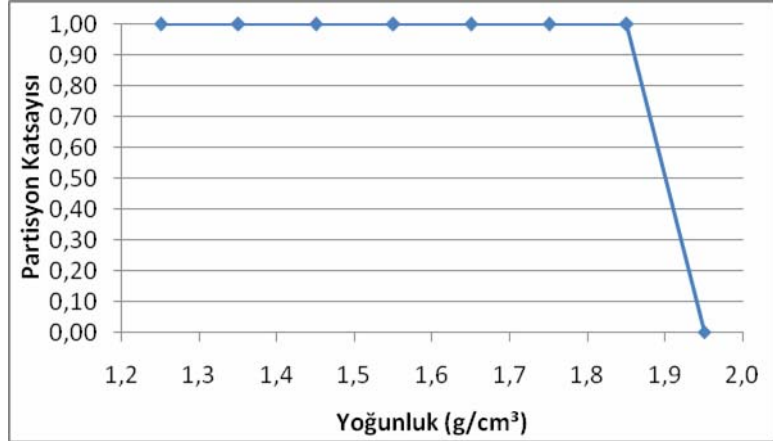
Şekil 6.22. -18+13,2 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



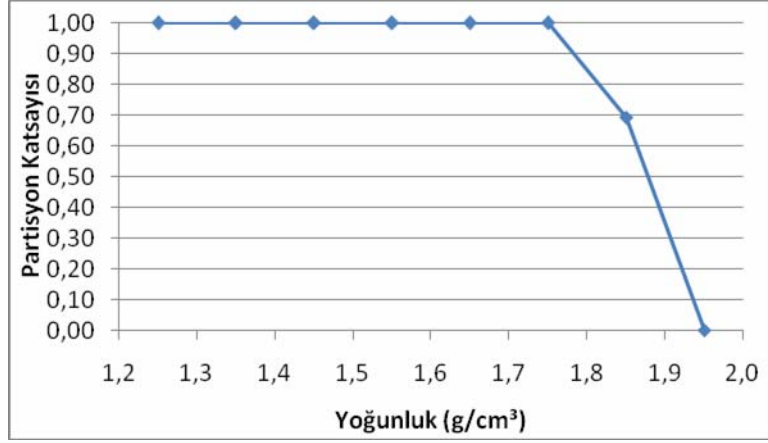
Şekil 6.23. -13,2+9,5mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



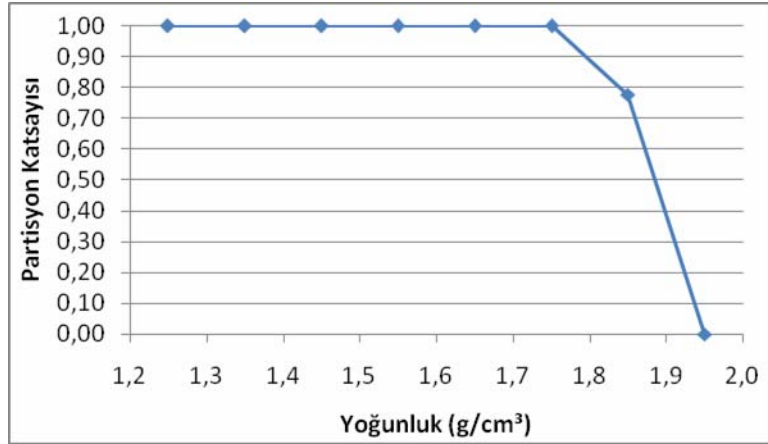
Şekil 6.24. -9,5+6,7 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



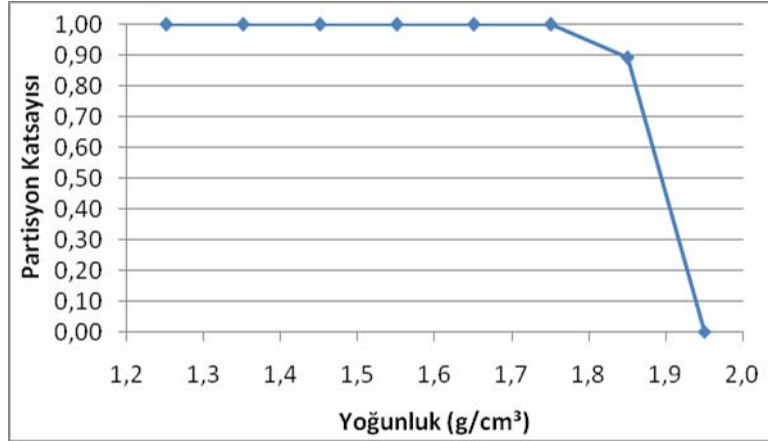
Şekil 6.25. -6,7+4,75 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



Şekil 6.26. -4,75+2,36 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



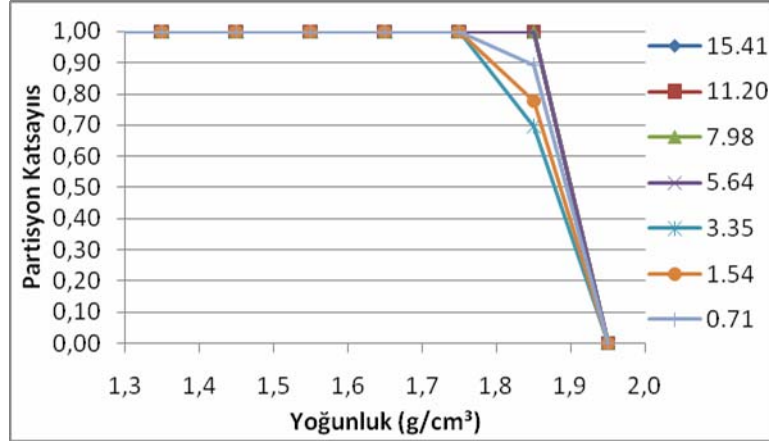
Şekil 6.27. -2,36+1 mm fraksiyonuna ait performans eğrisi



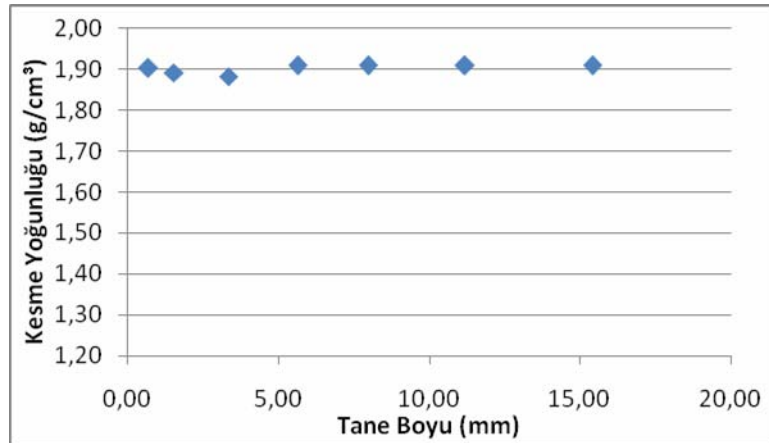
Şekil 6.28. -1+0,5mm Fraksiyonuna Ait Performans Eğrisi

Şekil 6.29 ve Şekil 6.30'da sırasıyla 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na beslenen fraksiyonlara ait performans eğrilerinin karşılaştırılması ve tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi görülmektedir. Her iki şekilden de görüldüğü gibi kesme yoğunluğu değerlerinde büyük bir değişim görülmemektedir. Her fraksiyonun kesme yoğunluğu yaklaşık olarak $1,9 \text{ g/cm}^3$ değerlerinde seyretmektedir. Bu durum kesme noktası

kaymasının 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda görülmediği ve ağır tanelerin temiz ürüne kaçarak ekipman performansını olumsuz yönde etkileyen bir durumun söz konusu olmadığına göstergesidir.

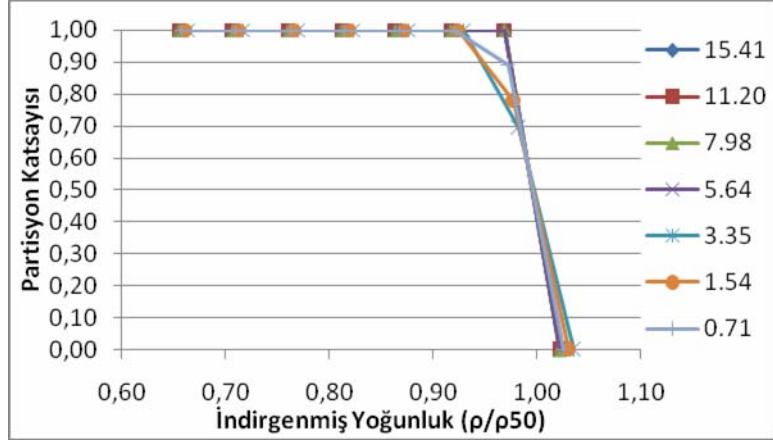


Şekil 6.29. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu performans eğrilerinin karşılaştırılması

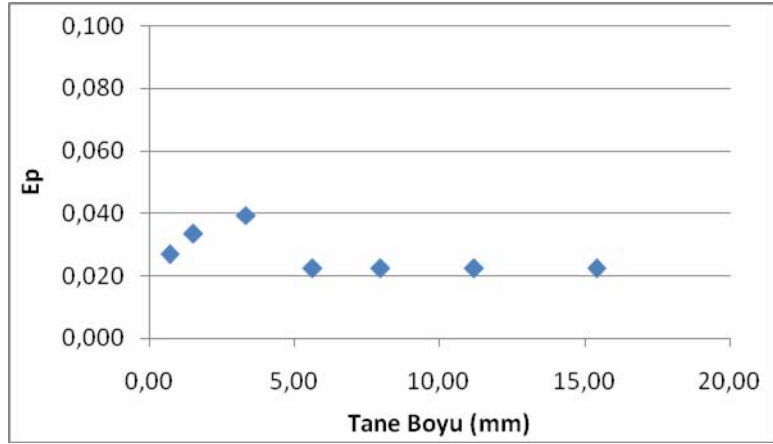


Şekil 6.30. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu tane boyu kesme yoğunluğu ilişkisi

Şekil 6.31 ve Şekil 6.32' de sırasıyla 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda farklı fraksiyonlara ait indirgenmiş performans eğrileri ve tane boyu Ep ilişkisi görülmektedir. Şekillere bakıldığında performans eğrilerinin büyük oranda çakıştığı görülmektedir fakat 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na benzer bir şekilde 0,02 değerinde seyreden Ep değeri ince tane boylarında sapma göstererek bir miktar yükseldiği görülmektedir.



Şekil 6.31. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu indirgenmiş partisyon eğrileri



Şekil 6.32. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu tane boyu Ep ilişkisi

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma sonunda fraksiyonel olarak yüzdürme batırma testleri uygulanan Ömerler Lavvarı'nda farklı boydaki tanelerin ağır ortam içindeki davranımına yönelik veriler elde edilmiş ve ekipmanların performansları net bir şekilde ortaya koyulmuştur.

Ağır Ortam Tenkesi'nde kesme yoğunluğunun ortam yoğunluğu olan $1,8 \text{ g/cm}^3$ 'e hemen hemen eşit olduğu ve kesme noktası kaymasının bu ekipmanda görülmediği saptanmıştır. Literatürde, ağır ortam teknelerine ait Ep değerleri kesme yoğunluğuna göre değişmekle birlikte $0,025-0,085$ arasında değer almaktadır Teknede farklı tane boylarının Ep değerlerinde ufak sapmalar olduğu fakat performansı olumsuz yönde etkileyecek miktarlarda bir sapmanın gerçekleşmediği, teknelerde beklenen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür.

1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda ayırım yoğunluğu $1,7 \text{ g/cm}^3$ olan ortamda gerçekleşen ayırma yönelik olarak iri tanelerde bu değerden çok fazla sapma gözlenmezken, özellikle $2,36 \text{ mm}$ ' den ince tanelerde kesme noktası kayması olduğu ve bu fraksiyonlarda kesme noktasının yaklaşık olarak $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'e yükseldiği saptanmıştır. 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda fraksiyonel kesme yoğunluğu değerlerinin bütün tane boylarında yaklaşık olarak ortam yoğunluğu olan $1,9 \text{ g/cm}^3$ olduğu saptanmıştır. Bu durum, 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda kesme noktası kayması olmadığını göstermiştir.

Literatürde ağır ortam siklonlarına ait Ep değerleri genellikle $0,03$ olarak yer almaktadır. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda Ep değerlerinin fraksiyonel bazda $0,02$ değerlerinde olduğu ve ince boylarda bu değerde bir miktar artış olduğu, fakat performansı ciddi olarak etkileyecek büyüklüklerde olmadığı görülmüştür. Yine farklı fraksiyonlar için Ep değerlerinin yaklaşık olarak $0,02$ olarak hesaplandığı 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda, özellikle $4,75 \text{ mm}$ 'den ince tane fraksiyonlarında yine performansı olumsuz yönde etkilemeyecek miktarlarda Ep değerlerinin bir miktar yükseldiği saptanmıştır.

Ömerler Lavvarı'nda kül miktarı temiz kömürde maksimum %21 ve ara üründe maksimum %67 oranlarında istenmektedir. Madde denkliği sonucu tekne ürününün

kül değeri %27,24 olarak hesaplanmıştır. Numune alma döneminde, İkinci Kademe Ağır Ortam Teknesi'nin arızalı olması sebebiyle Birinci Kademe Ağır Ortam Teknesi ile malzeme kaybını engellemek amacıyla yüksek yıkama yoğunluğunda çalışılıyor olması, tekne ürünü üzerine yorum yapmayı zorlaştırmaktadır.

Siklon devresine bakıldığında 1.Ağır Ortam Siklonu ürününün kül içeriği %17.21 ve 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu ürününün kül içeriği 65,42 olarak saptanmıştır. 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda özellikle -2,36+1 mm ve -1+0,5 mm fraksiyonlarında kesme yoğunluğunun yaklaşık 1,9 g/cm³'e yükselmesi, sözkonusu fraksiyonların yıkanabilirlik eğrilerine bakıldığında (Şekil 5.33, Şekil 5.34) 1,9 g/cm³ yoğunluğunda dahi alınan fraksiyonel ürünlerin kül değerlerinin %15'in altında kalması sebebiyle ürün kalitesi üzerine olumsuz bir etki yaratmamaktadır.

1.Kademe Ağır Ortam Siklonu ürününde %17,21 oranında bulunan kül, üründe izin verilebilir kül miktarlarından oldukça düşüktür. Bu durum, gerekenin altında bir yıkama yoğunluğunda çalışıldığı ve alınabilecek temiz kömür miktarından feragat etmek anlamına gelmektedir. Çalışma yoğunluğunun izin verilen kül değerlerinde ürün alınabilecek değerlere çıkarılmasıyla 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'ndan alınan ürün miktarının artırılabilmesi açıktır. Fakat bu durum, 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'na daha yüksek kül içerikli malzeme verilmesine sebep olacaktır. Zaten ara üründe izin verilen kül sınırlarında ürün veren 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nun mevcut durumdan daha yüksek kül içerikli besleme yıkadığı durumda verdiği ürünün kül miktarında bir artış veya alınan ürün miktarında büyük oranda bir düşüş gözlenmesi söz konusudur. Varsayımlarla ilgili ayrıntılı optimizasyon çalışmalarının net bilgi verebileceği bu koşul, performans ile ilgili olumsuz bir durum olarak nitelendirilmek yerine, özellikle termik santrale verilmek üzere taahhüt edilen üretim miktarlarını sağlamak üzere 2. Kademe Ağır Ortam Siklonu'ndan ara ürün alınabilmesi için yapılmış bir müdahale olarak nitelendirilebilir.

8. SONUÇLAR

- Ağır Ortam Teknesi'nde farklı fraksiyonların kesme yoğunlukları yaklaşık olarak $1,8 \text{ g/cm}^3$ tür ve farklı fraksiyonlarda kesme noktası kayması bulunmamaktadır.
- Ağır Ortam Teknesi'nde farklı fraksiyonların Ep değerleri 0,040–0,065 değerleri arasında salınmaktadır.
- 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda kesme yoğunluğu yaklaşık olarak $1,7 \text{ g/cm}^3$ olmakla beraber, $-2,36+1 \text{ mm}$ ve $-1+0,50 \text{ mm}$ fraksiyonlarında kesme noktası kayması bulunmakta ve bu fraksiyonlarda kesme yoğunluğu $1,9 \text{ g/cm}^3$ 'e yükselmektedir.
- 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda fraksiyonel Ep değerleri genel olarak 0,02 değerinde seyretmekle birlikte özellikle ince boylarda 0,02-0,04 değerleri arasında salınmaktadır.
- 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda farklı fraksiyonlara ait kesme yoğunluğu yaklaşık olarak $1,9 \text{ g/cm}^3$ olmakla beraber bu ekipmanda farklı fraksiyonlarda kesme noktası kayması bulunmamaktadır.
- 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda farklı fraksiyonlara ait Ep değerleri, 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda olduğu gibi genel olarak 0,02 değerlerinde seyretmekle beraber ince fraksiyonlarda 0,02–0,04 arasında değerler almaktadır.
- Ekipmanlara ait fraksiyonel Ep değerleri, ekipmanların karakteristik Ep sınırları arasında bulunmakta ve ürün kalitelerine olumsuz yönde etki etmeyecek değerlerdedir.
- Kesme noktası kaymasının rastlandığı tek ekipman olan 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu'nda kaymanın söz konusu olduğu fraksiyonların yıkanabilirlik özelliklerinden ötürü bu ekipmandaki kesme noktası kaymasının ürün kalitesine olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.

- Ürün kalitelerine yönelik olarak özellikle Ağır Ortam Teknesi %27,42, 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu %17,21 ve 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu %65,42 oranında kül içeren ürün vermektedir. Tekne devresinde, 2.Kademe Ağır Ortam Teknesi'nin numune alma döneminde arızalı olması sebebiyle tek tekneden elde edilen verilerden ürün kalitesine yönelik olarak bir sonuca varmak doğru olmayacaktır. Siklon devresi ürün kalitelerine yönelik olarak, 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu ara üründe izin verilen sınırlarda ürün verirken, 1.Kademe Ağır Ortam Siklonu istenilen kül miktarından oldukça düşük küllü ürün vermektedir. Bu durumun, oldukça düşük miktarda ve ara üründe izin verilen sınırlara yakın kalitede ürün veren 2.Kademe Ağır Ortam Siklonu'ndan ara ürün alınabilmesi için gerçekleştirildiği düşünülmüştür.

9. ÖNERİLER

Kömür hazırlama, oldukça geniş tane boyuna uygulanan bir zenginleştirme sürecidir. Bu sebeple özellikle iri boyda kömür yıkama ekipmanlarının performanslarının değerlendirilmesinde numune alma miktarlarındaki yeterlilik, hassasiyetle yaklaşılması gereken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. İri boyda numune alma miktarındaki ufak yetersizlikler, yıkanabilirlik eğrilerinin gerçeği yansıtmasında kişiyi büyük yanılgılara sürüklemeye yetmektedir. Günümüzde özellikle fraksiyonel yıkanabilirliklerin tümünü bütün bir tesis için madde denklğine oturtacak bir araç olmadığı da göz önünde bulundurulduğunda bu durum performans değerlendirme esnasında da kişiyi doğrudan uzaklaştırmak adına oldukça büyük problemlerin doğmasına sebep olabilmektedir.

Bunun yanında, ağır sıvı testleri esnasında sıvı yoğunluklarının titizlikle kontrol edilmesi ve yüzen ve batan miktarların her fraksiyon için aynı titizlikle toplanması önem arz etmektedir. Özellikle yüzen ve batan miktarların azaldığı yoğunluk fraksiyonlarında hata yapma riskinin artması, madde denklği esnasında kimi zaman bu hataların düzeltilmesi yerine daha da artırılması olarak sonuçlanabilmektedir. Madde denklğindeki ufak oynamalar, hernekadar ürün kalitesine çok büyük bir etkisi olmadığı bilinse de, ekipman Ep değerlerini ciddi oranlarda değiştirmektedir. Dolayısıyla bu durum, ekipman Ep'lerini net bir şekilde ortaya koymada dikkat edilmesi gereken bir husus olarak ortaya çıkmaktadır. Bu konuyla ilintili olarak, performans değerlendirmede madde denklğinin önemi belki de çalışmanın en hassas noktası olarak baş göstermektedir.

Kömür yıkama tesisleri, özellikle sürece müdahale ve dolayısıyla farklı kalitede ürün almaya yönelik olarak verdiği esneklik sebebiyle dönemsel olarak değişik koşullarda ve dolayısıyla farklı performanslarda çalışan ekipmanlardır. Bu sebeple performans değerlendirmede tek bir döneme ait oluşturulmuş veri tabanı üzerine çalışmaktansa, farklı dönemlerde elde edilmiş veri tabanları üzerinde ekipmanların dönemsel performanslarını ortaya koymak, kömür yıkama ekipmanlarının performanslarını değerlendirmede önemli olan başka bir noktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acarkan, N., Önal, G., 1994, Kömür Hazırlamadaki Yeni Gelişmeler, Kömür Kalitesinin İyileştirilmesi, Kömürün Kullanımı, Kömür Zenginleştirme Tesislerinin Kurulması, İşletimi ve Denetimi Meslek İçi Eğitim Semineri, İTÜ Vakfı, İstanbul, 102-114
- Anaç, S., 2003, Enerji Politikalarında Kömürün Yeri, İstanbul
- Bayazıt, G., 2000, Soma İnce Ufalanmış Linyit Kömürlerinin Flotasyonla Zenginleştirilebilirliği, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, İzmir, 12-16
- Cammack, P., 1987, The Larcodems - A New Dense Medium Separator for 100-0,5mm Raw Coal, Aufbereitungs-Technik, No: 8, 427-435
- Çelik, H., 2006, İnce Kömürlerin Temizlenmesinde Köpük Flotasyonu ve Ağır Ortam Siklonlarının Entegrasyonu, Fen ve Mühendislik Dergisi, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayını, Cilt:8, Sayı:2, 93-106
- Ergün, L., 2003, Simülasyonla Lavvar Tasarımı, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1-17
- Ersoy, M., 2007, Dünya ve Türkiye Kömür Sektöründe Yaşanan Gelişmeler, Ankara
- Leonard, J., W., 1979, Coal Preparation, The American Institute of Mining and Metallurgy and Pet. Eng. Inc.
- Luttrell, G.H., Virginia Polytechnic Institute And State University, Coal Preparation Course Notes, U.S.A., Sessions 15, 17, 19
- Madencilik ÖİK Raporu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu, 2001, DPT: 2605 - ÖİK: 616, Ankara, 6-11
- Orhan, 2003, Kömür Hazırlama Ekipmanlarının Modellenmesi, 1-6
- Osborne D. G., 1988, Efficiency Testing of Gravity Concentrators, Coal Preparation Technology, Vol. 1, London, Graham & Trotman Limited, 387-412
- Önal, G., Güney, A., 1998, Kömür Hazırlama Yöntemleri ve Tesisleri , Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, Ed. Kural, Özgün Ofset Matbaacılık, 269-295
- Özbayoğlu, G., 1994, Kömür Zenginleştirme Yöntemleri, Cevher Hazırlama El Kitabı, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, Ed. Önal, G. ve Ateşok, G., İstanbul, 349-367
- Özdağ, H., 1993, Cevher Hazırlama 1, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Eskişehir, 151

Sokaski, Sands, Mc Morris, 1991, Part 2: Wet Fine Particle Concentration Section 1: Dense Media, Coal Preparation, Ed: Herval J.D., Leonard J.W., 5th Edition, 380-395

Sönmez, B., 1999, Kömür Hazırlama Tesislerinin Simülasyonu İçin Bilgisayar Paket Programının Geliştirilmesi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 18-23

Tamzok, N., Torun M., 2005, Türkiye Enerji Politikaları İçersinde Kömürün Önemi, TMMOB V. Enerji Sempozyumu, TMMOB, Ankara, 1-9

Yıldırım, İ, Kaytaz, Y., Önal, G., 1995-b, Seramik Killerinin Zenginleştirilmesinde Siklon Parametrelerinin Araştırılması, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ed. Köse ve Kızıl, 21-22 Nisan, İzmir, 151-161

EKLER

EK 1. LAVVAR BESLEMESİ -150+100 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	37,07		
1,3 Yüzen	9,31	11,87	1,3	9,31	11,87	90,69	39,66	4,66	
1,3B-1,4Y	32,61	17,41	1,4	41,92	16,18	58,08	52,16	25,62	77,57
1,4B-1,5Y	22,39	19,36	1,5	64,32	17,29	35,68	72,74	53,12	31,58
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	64,32	17,29	35,68	72,74	64,32	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	64,32	17,29	35,68	72,74	64,32	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	64,32	17,29	35,68	72,74	64,32	9,30
1,8B-1,9Y	6,60	64,06	1,9	70,91	21,64	29,09	74,71	67,62	
1,9 Batan	29,09	74,71	2,0	100,00	37,07			85,46	
	100,00	37,07							

EK 2. LAVVAR BESLEMESİ -100+50 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	30,79		
1,3 Yüzen	31,68	15,04	1,3	31,68	15,04	68,32	38,09	15,84	
1,3B-1,4Y	36,13	19,26	1,4	67,82	17,29	32,18	59,22	49,75	50,00
1,4B-1,5Y	5,11	33,68	1,5	72,93	18,44	27,07	64,05	70,37	10,38
1,5B-1,6Y	3,45	39,92	1,6	76,38	19,41	23,62	67,56	74,65	10,38
1,6B-1,7Y	5,11	54,29	1,7	81,49	21,60	18,51	71,23	78,93	6,60
1,7B-1,8Y	0,33	57,75	1,8	81,82	21,75	18,18	71,48	81,66	1,21
1,8B-1,9Y	0,67	63,33	1,9	82,49	22,08	17,51	71,79	82,16	
1,9 Batan	17,51	71,79	2,0	100,00	30,79			91,25	
	100,00	30,79							

EK 3. LAVVAR BESLEMESİ -50+30 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	29,37		
1,3 Yüzen	47,95	14,94	1,3	47,95	14,94	52,05	42,66	23,97	
1,3B-1,4Y	21,62	23,43	1,4	69,57	17,58	30,43	56,32	58,76	32,95
1,4B-1,5Y	7,21	36,42	1,5	76,77	19,35	23,23	62,50	73,17	12,93
1,5B-1,6Y	4,10	41,42	1,6	80,88	20,47	19,12	67,02	78,82	6,40
1,6B-1,7Y	1,50	50,33	1,7	82,37	21,01	17,63	68,44	81,62	5,77
1,7B-1,8Y	3,55	56,35	1,8	85,92	22,47	14,08	71,48	84,15	5,83
1,8B-1,9Y	1,55	64,73	1,9	87,47	23,22	12,53	72,32	86,70	
1,9 Batan	12,53	72,32	2,0	100,00	29,37			93,74	
	100,00	29,37							

EK 4. LAVVAR BESLEMESİ -30+18 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	24,63		
1,3 Yüzen	47,03	8,55	1,3	47,03	8,55	52,97	38,91	23,52	
1,3B-1,4Y	24,08	17,78	1,4	71,12	11,68	28,88	56,53	59,08	32,91
1,4B-1,5Y	5,16	32,83	1,5	76,28	13,11	23,72	61,68	73,70	9,87
1,5B-1,6Y	3,61	39,99	1,6	79,89	14,32	20,11	65,58	78,08	7,84
1,6B-1,7Y	3,35	49,62	1,7	83,24	15,74	16,76	68,77	81,56	6,96
1,7B-1,8Y	2,84	55,36	1,8	86,08	17,05	13,92	71,50	84,66	6,33
1,8B-1,9Y	2,78	63,62	1,9	88,86	18,51	11,14	73,47	87,47	
1,9 Batan	11,14	73,47	2,0	100,00	24,63			94,43	
	100,00	24,63							

EK 5. LAVVAR BESLEMESİ -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	29,08		
1,3 Yüzen	46,48	8,68	1,3	46,48	8,68	53,52	46,80	23,24	
1,3B-1,4Y	14,08	16,13	1,4	60,56	10,41	39,44	57,75	53,52	29,51
1,4B-1,5Y	11,27	33,56	1,5	71,83	14,04	28,17	67,43	66,20	19,67
1,5B-1,6Y	5,63	37,84	1,6	77,46	15,77	22,54	74,83	74,65	9,84
1,6B-1,7Y	2,82	55,33	1,7	80,28	17,16	19,72	77,61	78,87	6,56
1,7B-1,8Y	2,82	60,68	1,8	83,10	18,64	16,90	80,43	81,69	6,56
1,8B-1,9Y	2,82	67,69	1,9	85,92	20,25	14,08	82,98	84,51	
1,9 Batan	14,08	82,98	2,0	100,00	29,08			92,96	
	100,00	29,08							

EK 6. LAVVAR BESLEMESİ -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	26,95		
1,3 Yüzen	51,83	11,00	1,3	51,83	11,00	48,17	44,12	25,92	
1,3B-1,4Y	17,80	18,22	1,4	69,63	12,85	30,37	59,30	60,73	27,27
1,4B-1,5Y	5,76	29,39	1,5	75,39	14,11	24,61	66,31	72,51	10,30
1,5B-1,6Y	3,14	40,44	1,6	78,53	15,16	21,47	70,09	76,96	7,27
1,6B-1,7Y	3,14	48,54	1,7	81,68	16,45	18,32	73,78	80,10	6,06
1,7B-1,8Y	2,09	61,19	1,8	83,77	17,57	16,23	75,41	82,72	5,45
1,8B-1,9Y	2,62	66,05	1,9	86,39	19,03	13,61	77,21	85,08	
1,9 Batan	13,61	77,21	2,0	100,00	26,95			93,19	
	100,00	26,95							

EK 7. LAVVAR BESLEMESİ -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	27,66		
1,3 Yüzen	46,79	8,95	1,3	46,79	8,95	53,21	44,12	23,39	
1,3B-1,4Y	19,27	17,57	1,4	66,06	11,46	33,94	59,19	56,42	31,52
1,4B-1,5Y	7,34	28,53	1,5	73,39	13,17	26,61	67,64	69,72	11,96
1,5B-1,6Y	2,75	39,74	1,6	76,15	14,13	23,85	70,86	74,77	7,07
1,6B-1,7Y	3,21	48,68	1,7	79,36	15,53	20,64	74,31	77,75	7,07
1,7B-1,8Y	2,75	55,66	1,8	82,11	16,87	17,89	77,18	80,73	5,98
1,8B-1,9Y	2,29	64,02	1,9	84,40	18,16	15,60	79,12	83,26	
1,9 Batan	15,60	79,12	2,0	100,00	27,66			92,20	
	100,00	27,66							

EK 8. LAVVAR BESLEMESİ -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	28,44		
1,3 Yüzen	45,63	10,41	1,3	45,63	10,41	54,38	43,57	22,81	
1,3B-1,4Y	20,63	16,50	1,4	66,25	12,31	33,75	60,12	55,94	32,58
1,4B-1,5Y	6,25	27,37	1,5	72,50	13,60	27,50	67,56	69,38	11,36
1,5B-1,6Y	3,13	39,87	1,6	75,63	14,69	24,38	71,11	74,06	6,82
1,6B-1,7Y	2,50	49,65	1,7	78,13	15,81	21,88	73,57	76,88	6,06
1,7B-1,8Y	2,50	56,09	1,8	80,63	17,06	19,38	75,82	79,38	5,30
1,8B-1,9Y	1,88	63,32	1,9	82,50	18,11	17,50	77,16	81,56	
1,9 Batan	17,50	77,16	2,0	100,00	28,44			91,25	
	100,00	28,44							

EK 9. LAVVAR BESLEMESİ -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	35,58		
1,3 Yüzen	45,33	14,86	1,3	45,33	14,86	54,67	52,75	22,67	
1,3B-1,4Y	17,33	22,01	1,4	62,67	16,84	37,33	67,03	54,00	28,93
1,4B-1,5Y	6,00	37,06	1,5	68,67	18,60	31,33	72,77	65,67	12,40
1,5B-1,6Y	4,00	55,56	1,6	72,67	20,64	27,33	75,28	70,67	7,44
1,6B-1,7Y	2,00	57,23	1,7	74,67	21,62	25,33	76,71	73,67	6,61
1,7B-1,8Y	3,33	62,26	1,8	78,00	23,36	22,00	78,90	76,33	7,44
1,8B-1,9Y	2,67	74,4	1,9	80,67	25,04	19,33	79,52	79,33	
1,9 Batan	19,33	79,52	2,0	100,00	35,58			90,33	
	100,00	35,58							

EK 10. LAVVAR BESLEMESİ -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	34,09		
1,3 Yüzen	46,85	13,63	1,3	46,85	13,63	53,15	52,12	23,42	
1,3B-1,4Y	13,96	26,39	1,4	60,81	16,56	39,19	61,28	53,83	26,29
1,4B-1,5Y	6,76	26,6	1,5	67,57	17,56	32,43	68,51	64,19	12,57
1,5B-1,6Y	3,15	36,82	1,6	70,72	18,42	29,28	71,92	69,14	8,00
1,6B-1,7Y	3,15	45,99	1,7	73,87	19,60	26,13	75,05	72,30	7,43
1,7B-1,8Y	2,70	55,68	1,8	76,58	20,87	23,42	77,29	75,23	6,29
1,8B-1,9Y	2,25	60,83	1,9	78,83	22,01	21,17	79,04	77,70	
1,9 Batan	21,17	79,04	2,0	100,00	34,09			89,41	
	100,00	34,09							

EK 11. LAVVAR BESLEMESİ -1+0,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	35,20		
1,3 Yüzen	38,33	14,5	1,3	38,33	14,50	61,67	48,07	19,17	
1,3B-1,4Y	19,17	17,13	1,4	57,50	15,38	42,50	62,03	47,92	33,33
1,4B-1,5Y	5,83	23,8	1,5	63,33	16,15	36,67	68,11	60,42	13,33
1,5B-1,6Y	4,17	37,64	1,6	67,50	17,48	32,50	72,01	65,42	11,11
1,6B-1,7Y	4,17	45,43	1,7	71,67	19,10	28,33	75,92	69,58	7,78
1,7B-1,8Y	1,67	49,93	1,8	73,33	19,80	26,67	77,55	72,50	4,44
1,8B-1,9Y	1,67	61,61	1,9	75,00	20,73	25,00	78,61	74,17	
1,9 Batan	25,00	78,61	2,0	100,00	35,20			87,50	
	100,00	35,20							

EK 12. 1.AĞIR ORTAM TEKNESİ BESLEMESİ -150+100 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	43,25		
1,3 Yüzen	4,35	9,76	1,3	4,35	9,76	95,65	44,77	2,18	
1,3B-1,4Y	32,87	24,72	1,4	37,22	22,97	62,78	55,27	20,79	59,78
1,4B-1,5Y	14,57	32,11	1,5	51,80	25,54	48,20	62,28	44,51	26,31
1,5B-1,6Y	6,31	37,66	1,6	58,11	26,86	41,89	65,98	54,95	15,90
1,6B-1,7Y	6,31	40,84	1,7	64,42	28,23	35,58	70,44	61,26	12,48
1,7B-1,8Y	3,60	64,78	1,8	68,01	30,16	31,99	71,08	66,21	18,84
1,8B-1,9Y	11,36	70,27	1,9	79,37	35,90	20,63	71,52	73,69	
1,9 Batan	20,63	71,52	2,0	100,00	43,25			89,68	
	100,00	43,25							

EK 13. 1.AĞIR ORTAM TEKNESİ -100+50 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	32,43		
1,3 Yüzen	28,71	9,79	1,3	28,71	9,79	71,29	41,54	14,36	
1,3B-1,4Y	22,10	18,70	1,4	50,81	13,67	49,19	51,81	39,76	44,99
1,4B-1,5Y	12,30	28,70	1,5	63,11	16,59	36,89	59,51	56,96	18,24
1,5B-1,6Y	1,65	35,61	1,6	64,76	17,08	35,24	60,63	63,94	6,41
1,6B-1,7Y	3,25	38,71	1,7	68,01	18,11	31,99	62,86	66,39	12,61
1,7B-1,8Y	6,39	41,1	1,8	74,40	20,09	25,60	68,29	71,21	11,05
1,8B-1,9Y	2,06	60,63	1,9	76,46	21,18	23,54	68,96	75,43	
1,9 Batan	23,54	68,96	2,0	100,00	32,43			88,23	
	100,00	32,43							

EK 14. 1.AĞIR ORTAM TEKNESİ BESLEMESİ -50+30 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	24,21		
1,3 Yüzen	53,93	8,80	1,3	53,93	8,80	46,07	42,25	26,96	
1,3B-1,4Y	17,27	16,32	1,4	71,19	10,62	28,81	57,80	62,56	25,21
1,4B-1,5Y	4,60	29,60	1,5	75,80	11,78	24,20	63,16	73,50	10,02
1,5B-1,6Y	4,09	43,06	1,6	79,88	13,38	20,12	67,24	77,84	7,93
1,6B-1,7Y	2,79	50,19	1,7	82,68	14,62	17,32	69,99	81,28	6,20
1,7B-1,8Y	2,59	55,50	1,8	85,27	15,86	14,73	72,54	83,97	4,71
1,8B-1,9Y	1,50	65,30	1,9	86,76	16,71	13,24	73,36	86,01	
1,9 Batan	13,24	73,36	2,0	100,00	24,21			93,38	
	100,00	24,21							

EK 15. AĞIR ORTAM TEKNESİ BESLEMESİ -30+18 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	22,91		
1,3 Yüzen	52,98	10,61	1,3	52,98	10,61	47,02	36,77	26,49	
1,3B-1,4Y	22,14	16,77	1,4	75,12	12,43	24,88	54,56	64,05	31,93
1,4B-1,5Y	6,71	33,85	1,5	81,83	14,18	18,17	62,21	78,48	10,81
1,5B-1,6Y	3,06	40,75	1,6	84,89	15,14	15,11	66,56	83,36	5,68
1,6B-1,7Y	2,07	50,89	1,7	86,96	15,99	13,04	69,05	85,93	4,12
1,7B-1,8Y	1,66	58,91	1,8	88,62	16,79	11,38	70,52	87,79	3,76
1,8B-1,9Y	1,74	65,36	1,9	90,36	17,73	9,64	71,45	89,49	
1,9 Batan	9,64	71,45	2,0	100,00	22,91			95,18	
	100,00	22,91							

EK 16. AĞIR ORTAM TEKNESİ YÜZENİ -150+100 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	46,82		
1,3 Yüzen	21,38	12,50	1,3	21,38	12,50	78,62	56,15	10,69	
1,3B-1,4Y	12,65	17,38	1,4	34,03	14,31	65,97	63,59	27,71	43,47
1,4B-1,5Y	6,06	24,90	1,5	40,10	15,92	59,90	67,51	37,06	14,08
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	40,10	15,92	59,90	67,51	40,10	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	40,10	15,92	59,90	67,51	40,10	4,66
1,7B-1,8Y	2,01	38,01	1,8	42,10	16,97	57,90	68,53	41,10	6,89
1,8B-1,9Y	0,96	67,83	1,9	43,06	18,10	56,94	68,54	42,58	
1,9 Batan	56,94	68,54	2,0	100,00	46,82			71,53	
	100,00	46,82							

EK 17. AĞIR ORTAM TEKNESİ YÜZENİ -100+50 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	24,57		
1,3 Yüzen	29,29	9,84	1,3	29,29	9,84	70,71	30,67	14,64	
1,3B-1,4Y	35,90	15,68	1,4	65,19	13,06	34,81	46,13	47,24	41,53
1,4B-1,5Y	5,43	29,43	1,5	70,63	14,32	29,37	49,22	67,91	15,43
1,5B-1,6Y	9,92	46,49	1,6	80,55	18,28	19,45	50,61	75,59	26,62
1,6B-1,7Y	16,57	50,35	1,7	97,12	23,75	2,88	52,11	88,83	16,65
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	97,12	23,75	2,88	52,11	97,12	2,42
1,8B-1,9Y	2,41	51,81	1,9	99,53	24,43	0,47	53,66	98,32	
1,9 Batan	0,47	53,66	2,0	100,00	24,57			99,76	
	100,00	24,57							

EK 18. AĞIR ORTAM TEKNESİ YÜZENİ -50+30 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	18,54		
1,3 Yüzen	48,38	9,65	1,3	48,38	9,65	51,62	26,87	24,19	
1,3B-1,4Y	31,43	16,80	1,4	79,81	12,47	20,19	42,54	64,10	41,41
1,4B-1,5Y	8,98	30,30	1,5	88,79	14,27	11,21	52,34	84,30	14,06
1,5B-1,6Y	4,74	41,50	1,6	93,53	15,65	6,47	60,29	91,16	6,18
1,6B-1,7Y	1,29	52,95	1,7	94,83	16,16	5,17	62,13	94,18	3,48
1,7B-1,8Y	2,10	52,85	1,8	96,93	16,95	3,07	68,48	95,88	2,82
1,8B-1,9Y	0,65	67,44	1,9	97,58	17,29	2,42	68,76	97,25	
1,9 Batan	2,42	68,76	2,0	100,00	18,54			98,79	
	100,00	18,54							

EK 19. 1.TEKNESİ YÜZENİ -30+18 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	18,16		
1,3 Yüzen	33,54	6,31	1,3	33,54	6,31	66,46	24,14	16,77	
1,3B-1,4Y	46,65	15,71	1,4	80,19	11,78	19,81	43,98	56,86	55,03
1,4B-1,5Y	7,53	32,94	1,5	87,72	13,60	12,28	50,74	83,95	12,12
1,5B-1,6Y	4,41	42,50	1,6	92,12	14,98	7,88	55,36	89,92	8,84
1,6B-1,7Y	4,30	48,16	1,7	96,42	16,46	3,58	64,00	94,27	5,72
1,7B-1,8Y	1,34	55,57	1,8	97,76	16,99	2,24	69,02	97,09	2,06
1,8B-1,9Y	0,69	64,24	1,9	98,45	17,32	1,55	71,16	98,10	
1,9 Batan	1,55	71,16	2,0	100,00	18,16			99,23	
	100,00	18,16							

EK 20. AĞIR ORTAM TEKNESİ BATANI -150+100 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	65,68		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	65,68	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	65,68	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	65,68	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	65,68	0,00	27,49
1,6B-1,7Y	2,42	56,14	1,7	2,42	56,14	97,58	65,92	1,21	50,88
1,7B-1,8Y	2,06	62,39	1,8	4,47	59,01	95,53	65,99	3,44	72,51
1,8B-1,9Y	4,32	87,6	1,9	8,79	73,06	91,21	64,97	6,63	
1,9 Batan	91,21	64,97	2,0	100,00	65,68			54,39	
	100,00	65,68							

EK 21. AĞIR ORTAM TEKNESİ BATANI -100+50 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	73,17		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	73,17	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	73,17	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	73,17	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	73,17	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	73,17	0,00	34,78
1,7B-1,8Y	3,67	53,21	1,8	3,67	53,21	96,33	73,93	1,83	100,00
1,8B-1,9Y	6,88	54,70	1,9	10,55	54,18	89,45	75,41	7,11	
1,9 Batan	89,45	75,41	2,0	100,00	73,17			55,28	
	100,00	73,17							

EK 22. AĞIR ORTAM TEKNESİ BATANI -50+30 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	72,28		
1,3 Yüzen	0,25	14,93	1,3	0,25	14,93	99,75	72,42	0,13	
1,3B-1,4Y	0,09	20,38	1,4	0,35	16,42	99,65	72,47	0,30	1,05
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,35	16,42	99,65	72,47	0,35	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,35	16,42	99,65	72,47	0,35	6,97
1,6B-1,7Y	0,63	48,36	1,7	0,97	37,03	99,03	72,62	0,66	23,00
1,7B-1,8Y	1,44	62,56	1,8	2,42	52,28	97,58	72,77	1,69	89,20
1,8B-1,9Y	6,59	69,5	1,9	9,01	64,88	90,99	73,01	5,71	
1,9 Batan	90,99	73,01	2,0	100,00	72,28			54,50	
	100,00	72,28							

EK 23. AĞIR ORTAM TEKNESİ BATANI -30+18 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	72,88		
1,3 Yüzen	0,34	16,85	1,3	0,34	16,85	99,66	73,07	0,17	
1,3B-1,4Y	0,67	17,54	1,4	1,01	17,31	98,99	73,45	0,67	8,22
1,4B-1,5Y	0,13	44,82	1,5	1,14	20,55	98,86	73,49	1,08	4,11
1,5B-1,6Y	0,27	45,83	1,6	1,41	25,36	98,59	73,56	1,28	7,53
1,6B-1,7Y	0,47	57,14	1,7	1,88	33,31	98,12	73,64	1,65	34,93
1,7B-1,8Y	2,96	60,88	1,8	4,85	50,16	95,15	74,04	3,36	80,82
1,8B-1,9Y	4,98	63,36	1,9	9,83	56,85	90,17	74,63	7,34	
1,9 Batan	90,17	74,63	2,0	100,00	72,88			54,91	
	100,00	72,88							

EK 24. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	30,33		
1,3 Yüzen	59,07	15,89	1,3	59,07	15,89	40,93	51,16	29,54	
1,3B-1,4Y	10,68	23,66	1,4	69,75	17,08	30,25	60,87	64,41	17,67
1,4B-1,5Y	4,98	34,24	1,5	74,73	18,22	25,27	66,12	72,24	8,84
1,5B-1,6Y	2,85	44,01	1,6	77,58	19,17	22,42	68,93	76,16	9,24
1,6B-1,7Y	5,34	53,06	1,7	82,92	21,35	17,08	73,89	80,25	9,24
1,7B-1,8Y	2,85	61,96	1,8	85,77	22,70	14,23	76,28	84,34	6,43
1,8B-1,9Y	2,85	67,87	1,9	88,61	24,15	11,39	78,38	87,19	
1,9 Batan	11,39	78,38	2,0	100,00	30,33			94,31	
	100,00	30,33							

EK25. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	22,37		
1,3 Yüzen	63,43	10,13	1,3	63,43	10,13	36,57	43,60	31,71	
1,3B-1,4Y	12,79	21,92	1,4	76,21	12,11	23,79	55,26	69,82	19,94
1,4B-1,5Y	5,63	32,88	1,5	81,84	13,54	18,16	62,19	79,03	10,25
1,5B-1,6Y	3,84	43,78	1,6	85,68	14,89	14,32	67,12	83,76	6,37
1,6B-1,7Y	2,05	52,09	1,7	87,72	15,76	12,28	69,63	86,70	4,99
1,7B-1,8Y	2,56	58,7	1,8	90,28	16,97	9,72	72,51	89,00	4,99
1,8B-1,9Y	2,05	65,67	1,9	92,33	18,05	7,67	74,33	91,30	
1,9 Batan	7,67	74,33	2,0	100,00	22,37			96,16	
	100,00	22,37							

EK 26. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	21,22		
1,3 Yüzen	59,88	8,76	1,3	59,88	8,76	40,12	39,82	29,94	
1,3B-1,4Y	14,37	19,29	1,4	74,25	10,80	25,75	51,27	67,07	22,70
1,4B-1,5Y	6,29	30,11	1,5	80,54	12,31	19,46	58,11	77,40	10,20
1,5B-1,6Y	2,99	41,7	1,6	83,53	13,36	16,47	61,09	82,04	6,58
1,6B-1,7Y	2,99	48,65	1,7	86,53	14,58	13,47	63,86	85,03	5,92
1,7B-1,8Y	2,40	56,83	1,8	88,92	15,72	11,08	65,38	87,72	4,93
1,8B-1,9Y	2,10	65,21	1,9	91,02	16,86	8,98	65,42	89,97	
1,9 Batan	8,98	65,42	2,0	100,00	21,22			95,51	
	100,00	21,22							

EK27. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	21,71		
1,3 Yüzen	62,35	7,67	1,3	62,35	7,67	37,65	44,95	31,17	
1,3B-1,4Y	12,15	19,79	1,4	74,49	9,65	25,51	56,93	68,42	19,28
1,4B-1,5Y	5,26	29,44	1,5	79,76	10,95	20,24	64,07	77,13	9,42
1,5B-1,6Y	3,24	40,73	1,6	83,00	12,11	17,00	68,52	81,38	6,73
1,6B-1,7Y	2,83	50,59	1,7	85,83	13,38	14,17	72,10	84,41	5,83
1,7B-1,8Y	2,43	55,84	1,8	88,26	14,55	11,74	75,47	87,04	4,93
1,8B-1,9Y	2,02	64,08	1,9	90,28	15,66	9,72	77,84	89,27	
1,9 Batan	9,72	77,84	2,0	100,00	21,71			95,14	
	100,00	21,71							

EK 28. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	22,92		
1,3 Yüzen	57,82	9,19	1,3	57,82	9,19	42,18	41,73	28,91	
1,3B-1,4Y	12,68	15,15	1,4	70,50	10,26	29,50	53,16	64,16	22,41
1,4B-1,5Y	7,08	28,01	1,5	77,58	11,88	22,42	61,10	74,04	12,37
1,5B-1,6Y	3,83	37,28	1,6	81,42	13,08	18,58	66,02	79,50	7,69
1,6B-1,7Y	2,95	45,56	1,7	84,37	14,21	15,63	69,88	82,89	6,02
1,7B-1,8Y	2,36	53,15	1,8	86,73	15,27	13,27	72,85	85,55	4,35
1,8B-1,9Y	1,47	56,28	1,9	88,20	15,96	11,80	74,92	87,46	
1,9 Batan	11,80	74,92	2,0	100,00	22,92			94,10	
	100,00	22,92							

EK 29. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	24,46		
1,3 Yüzen	50,68	7,62	1,3	50,68	7,62	49,32	41,77	25,34	
1,3B-1,4Y	20,36	18,71	1,4	71,04	10,80	28,96	57,98	60,86	31,22
1,4B-1,5Y	6,33	27,55	1,5	77,38	12,17	22,62	66,50	74,21	11,11
1,5B-1,6Y	3,17	36,79	1,6	80,54	13,14	19,46	71,34	78,96	7,94
1,6B-1,7Y	3,62	50,28	1,7	84,16	14,74	15,84	76,15	82,35	5,29
1,7B-1,8Y	0,90	53,39	1,8	85,07	15,15	14,93	77,53	84,62	1,59
1,8B-1,9Y	0,45	59,67	1,9	85,52	15,38	14,48	78,09	85,29	
1,9 Batan	14,48	78,09	2,0	100,00	24,46			92,76	
	100,00	24,46							

EK 30. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BESLEMESİ -1+0,50 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	24,58		
1,3 Yüzen	35,00	4,03	1,3	35,00	4,03	65,00	35,64	17,50	
1,3B-1,4Y	30,83	13,07	1,4	65,83	8,26	34,17	56,01	50,42	47,00
1,4B-1,5Y	8,33	22,47	1,5	74,17	9,86	25,83	66,83	70,00	11,00
1,5B-1,6Y	0,83	37,94	1,6	75,00	10,17	25,00	67,79	74,58	3,00
1,6B-1,7Y	1,67	46,45	1,7	76,67	10,96	23,33	69,31	75,83	8,00
1,7B-1,8Y	5,00	52,89	1,8	81,67	13,53	18,33	73,79	79,17	8,00
1,8B-1,9Y	1,67	64,30	1,9	83,33	14,54	16,67	74,74	82,50	
1,9 Batan	16,67	74,74	2,0	100,00	24,58			91,67	
	100,00	24,58							

EK31. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	16,76		
1,3 Yüzen	65,04	8,95	1,3	65,04	8,95	34,96	31,30	32,52	
1,3B-1,4Y	24,93	20,76	1,4	89,97	12,22	10,03	57,50	77,51	29,54
1,4B-1,5Y	4,61	33,13	1,5	94,58	13,24	5,42	78,21	92,28	10,03
1,5B-1,6Y	5,42	78,21	1,6	100,00	16,76	0,00	0,00	97,29	5,42
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	100,00	16,76	0,00	0,00	100,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	100,00	16,76	0,00	0,00	100,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	100,00	16,76	0,00	0,00	100,00	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	16,76			100,00	
	100,00	16,76							

EK 32. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	13,62		
1,3 Yüzen	69,84	8,62	1,3	69,84	8,62	30,16	25,19	34,92	
1,3B-1,4Y	19,57	19,14	1,4	89,41	10,92	10,59	36,35	79,62	25,31
1,4B-1,5Y	5,75	27,91	1,5	95,15	11,95	4,85	46,36	92,28	8,44
1,5B-1,6Y	2,69	39,72	1,6	97,85	12,71	2,15	54,67	96,50	4,49
1,6B-1,7Y	1,80	54,51	1,7	99,64	13,47	0,36	55,46	98,74	2,15
1,7B-1,8Y	0,36	55,46	1,8	100,00	13,62	0,00	0,00	99,82	0,36
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	100,00	13,62	0,00	0,00	100,00	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	13,62			100,00	
	100,00	13,62							

EK33. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	15,99		
1,3 Yüzen	66,93	9,89	1,3	66,93	9,89	33,07	28,33	33,47	
1,3B-1,4Y	18,52	20,66	1,4	85,45	12,22	14,55	38,09	76,19	26,46
1,4B-1,5Y	7,94	30,85	1,5	93,39	13,81	6,61	46,77	89,42	14,55
1,5B-1,6Y	6,61	46,77	1,6	100,00	15,99	0,00	0,00	96,69	6,61
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	100,00	15,99	0,00	0,00	100,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	100,00	15,99	0,00	0,00	100,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	100,00	15,99	0,00	0,00	100,00	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	15,99			100,00	
	100,00	15,99							

EK 34. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	19,07		
1,3 Yüzen	66,84	8,56	1,3	66,84	8,56	33,16	40,26	33,42	
1,3B-1,4Y	18,42	33,58	1,4	85,26	13,97	14,74	48,61	76,05	25,79
1,4B-1,5Y	7,37	47,35	1,5	92,63	16,62	7,37	49,87	88,95	14,74
1,5B-1,6Y	7,37	49,87	1,6	100,00	19,07	0,00	0,00	96,32	7,37
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	100,00	19,07	0,00	0,00	100,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	100,00	19,07	0,00	0,00	100,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	100,00	19,07	0,00	0,00	100,00	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	19,07			100,00	
	100,00	19,07							

EK35. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	19,52		
1,3 Yüzen	68,05	15,93	1,3	68,05	15,93	31,95	27,18	34,02	
1,3B-1,4Y	17,01	16,40	1,4	85,06	16,02	14,94	39,45	76,56	24,07
1,4B-1,5Y	7,05	29,19	1,5	92,12	17,03	7,88	48,63	88,59	9,54
1,5B-1,6Y	2,49	40,47	1,6	94,61	17,65	5,39	52,40	93,36	7,88
1,6B-1,7Y	5,39	52,40	1,7	100,00	19,52	0,00	0,00	97,30	5,39
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	100,00	19,52	0,00	0,00	100,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	100,00	19,52	0,00	0,00	100,00	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	19,52			100,00	
	100,00	19,52							

EK 36. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	18,40		
1,3 Yüzen	48,00	7,22	1,3	48,00	7,22	52,00	28,72	24,00	
1,3B-1,4Y	31,33	20,55	1,4	79,33	12,48	20,67	41,12	63,67	40,14
1,4B-1,5Y	8,00	29,10	1,5	87,33	14,01	12,67	48,71	83,33	12,24
1,5B-1,6Y	4,00	37,02	1,6	91,33	15,01	8,67	54,10	89,33	7,48
1,6B-1,7Y	3,33	47,29	1,7	94,67	16,15	5,33	58,36	93,00	5,44
1,7B-1,8Y	2,00	53,19	1,8	96,67	16,92	3,33	61,46	95,67	3,40
1,8B-1,9Y	1,33	58,46	1,9	98,00	17,48	2,00	63,46	97,33	
1,9 Batan	2,00	63,46	2,0	100,00	18,40			99,00	
	100,00	18,40							

EK37. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -1+0,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	17,46		
1,3 Yüzen	57,97	5,91	1,3	57,97	5,91	42,03	33,38	28,99	
1,3B-1,4Y	17,39	15,00	1,4	75,36	8,01	24,64	46,36	66,67	23,19
1,4B-1,5Y	5,80	23,18	1,5	81,16	9,09	18,84	53,49	78,26	8,70
1,5B-1,6Y	2,90	31,41	1,6	84,06	9,86	15,94	57,51	82,61	5,80
1,6B-1,7Y	2,90	44,44	1,7	86,96	11,01	13,04	60,41	85,51	10,14
1,7B-1,8Y	7,25	56,08	1,8	94,20	14,48	5,80	65,83	90,58	13,04
1,8B-1,9Y	5,80	65,83	1,9	100,00	17,46	0,00	0,00	97,10	
1,9 Batan	0,00	0,00	2,0	100,00	17,46			100,00	
	100,00	17,46							

EK 38. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	73,44		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	73,44	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	73,44	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	73,44	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	73,44	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	73,44	0,00	26,67
1,7B-1,8Y	3,92	47,94	1,8	3,92	47,94	96,08	74,48	1,96	100,00
1,8B-1,9Y	10,78	65,82	1,9	14,71	61,05	85,29	75,58	9,31	
1,9 Batan	85,29	75,58	2,0	100,00	73,44			57,35	
	100,00	73,44							

EK39. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	74,96		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	74,96	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	74,96	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	74,96	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	74,96	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	74,96	0,00	25,00
1,7B-1,8Y	5,08	30,02	1,8	5,08	30,02	94,92	77,36	2,54	100,00
1,8B-1,9Y	15,23	66,83	1,9	20,30	57,63	79,70	79,37	12,69	
1,9 Batan	79,70	79,37	2,0	100,00	74,96			60,15	
	100,00	74,96							

EK 40. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	72,79		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	72,79	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	72,79	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	72,79	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	72,79	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	72,79	0,00	21,43
1,7B-1,8Y	3,30	55,71	1,8	3,30	55,71	96,70	73,38	1,65	100,00
1,8B-1,9Y	12,09	64,46	1,9	15,38	62,59	84,62	74,65	9,34	
1,9 Batan	84,62	74,65	2,0	100,00	72,79			57,69	
	100,00	72,79							

EK41. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	77,80		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	77,80	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	77,80	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	77,80	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	77,80	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	77,80	0,00	34,78
1,7B-1,8Y	4,30	59,21	1,8	4,30	59,21	95,70	78,63	2,15	100,00
1,8B-1,9Y	8,06	64,73	1,9	12,37	62,81	87,63	79,91	8,33	
1,9 Batan	87,63	79,91	2,0	100,00	77,80			56,18	
	100,00	77,80							

EK 42. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	73,77		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	73,77	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	73,77	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	73,77	0,00	2,38
1,5B-1,6Y	0,30	39,26	1,6	0,30	39,26	99,70	73,87	0,15	4,76
1,6B-1,7Y	0,30	41,39	1,7	0,60	40,33	99,40	73,97	0,45	16,67
1,7B-1,8Y	1,80	53,29	1,8	2,40	50,05	97,60	74,35	1,50	95,24
1,8B-1,9Y	10,18	67,33	1,9	12,57	64,04	87,43	75,17	7,49	
1,9 Batan	87,43	75,17	2,0	100,00	73,77			56,29	
	100,00	73,77							

EK43. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	75,57		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	75,57	0,00	
1,3B-1,4Y	1,36	10,19	1,4	1,36	10,19	98,64	76,47	0,68	31,25
1,4B-1,5Y	0,34	13,82	1,5	1,70	10,92	98,30	76,68	1,53	6,25
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	1,70	10,92	98,30	76,68	1,70	6,25
1,6B-1,7Y	0,34	38,29	1,7	2,04	15,48	97,96	76,82	1,87	6,25
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	2,04	15,48	97,96	76,82	2,04	62,50
1,8B-1,9Y	3,40	63,39	1,9	5,44	45,42	94,56	77,30	3,74	
1,9 Batan	94,56	77,3	2,0	100,00	75,57			52,72	
	100,00	75,57							

EK 44. 1.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -1+0,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	69,56		
1,3 Yüzen	3,42	10,38	1,3	3,42	10,38	96,58	71,65	1,71	
1,3B-1,4Y	3,42	11,42	1,4	6,84	10,90	93,16	73,86	5,13	35,71
1,4B-1,5Y	0,85	22,57	1,5	7,69	12,20	92,31	74,34	7,26	14,29
1,5B-1,6Y	0,85	37,73	1,6	8,55	14,75	91,45	74,68	8,12	14,29
1,6B-1,7Y	0,85	47,00	1,7	9,40	17,68	90,60	74,94	8,97	14,29
1,7B-1,8Y	0,85	49,68	1,8	10,26	20,35	89,74	75,18	9,83	21,43
1,8B-1,9Y	1,71	69,15	1,9	11,97	27,32	88,03	75,30	11,11	
1,9 Batan	88,03	75,30	2,0	100,00	69,56			55,98	
	100,00	69,56							

EK45. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	70,77		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	70,77	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	70,77	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	70,77	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	70,77	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	70,77	0,00	39,58
1,7B-1,8Y	28,15	68,08	1,8	28,15	68,08	71,85	71,82	14,07	100,00
1,8B-1,9Y	42,96	71,05	1,9	71,11	69,87	28,89	72,96	49,63	
1,9 Batan	28,89	72,96	2,0	100,00	70,77			85,56	
	100,00	70,77							

EK 46. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	63,78		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	63,78	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	63,78	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	63,78	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	63,78	0,00	0,61
1,6B-1,7Y	0,45	51,41	1,7	0,45	51,41	99,55	63,84	0,23	21,21
1,7B-1,8Y	15,38	58,17	1,8	15,84	57,98	84,16	64,87	8,14	99,39
1,8B-1,9Y	58,82	61,74	1,9	74,66	60,94	25,34	72,15	45,25	
1,9 Batan	25,34	72,15	2,0	100,00	63,78			87,33	
	100,00	63,78							

EK47. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	66,59		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	66,59	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	66,59	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	66,59	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	66,59	0,00	0,93
1,6B-1,7Y	0,44	46,98	1,7	0,44	46,98	99,56	66,68	0,22	25,23
1,7B-1,8Y	11,45	57,51	1,8	11,89	57,12	88,11	67,87	6,17	99,07
1,8B-1,9Y	35,24	64,05	1,9	47,14	62,30	52,86	70,42	29,52	
1,9 Batan	52,86	70,42	2,0	100,00	66,59			73,57	
	100,00	66,59							

EK 48. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	67,09		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	67,09	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	67,09	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	67,09	0,00	1,10
1,5B-1,6Y	0,42	41,93	1,6	0,42	41,93	99,58	67,20	0,21	2,20
1,6B-1,7Y	0,42	48,36	1,7	0,84	45,15	99,16	67,28	0,63	23,08
1,7B-1,8Y	8,44	54,79	1,8	9,28	53,91	90,72	68,44	5,06	97,80
1,8B-1,9Y	29,11	64,78	1,9	38,40	62,15	61,60	70,17	23,84	
1,9 Batan	61,60	70,17	2,0	100,00	67,09			69,20	
	100,00	67,09							

EK49. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	68,87		
1,3 Yüzen	0,88	9,17	1,3	0,88	9,17	99,12	69,40	0,44	
1,3B-1,4Y	0,29	12,87	1,4	1,18	10,10	98,82	69,57	1,03	2,82
1,4B-1,5Y	0,29	22,15	1,5	1,47	12,51	98,53	69,71	1,32	2,82
1,5B-1,6Y	0,29	35,2	1,6	1,76	16,29	98,24	69,81	1,62	2,82
1,6B-1,7Y	0,29	47,88	1,7	2,06	20,80	97,94	69,88	1,91	14,08
1,7B-1,8Y	2,65	54,93	1,8	4,71	40,00	95,29	70,29	3,38	90,14
1,8B-1,9Y	16,18	61,27	1,9	20,88	56,48	79,12	72,14	12,79	
1,9 Batan	79,12	72,14	2,0	100,00	68,87			60,44	
	100,00	68,87							

EK50. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	66,10		
1,3 Yüzen	7,26	5,60	1,3	7,26	5,60	92,74	70,84	3,63	
1,3B-1,4Y	0,99	10,83	1,4	8,25	6,23	91,75	71,48	7,76	22,81
1,4B-1,5Y	3,30	12,23	1,5	11,55	7,94	88,45	73,70	9,90	21,05
1,5B-1,6Y	0,66	32,45	1,6	12,21	9,27	87,79	74,01	11,88	3,51
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	12,21	9,27	87,79	74,01	12,21	12,28
1,7B-1,8Y	2,31	57,29	1,8	14,52	16,91	85,48	74,46	13,37	35,09
1,8B-1,9Y	4,29	63,99	1,9	18,81	27,65	81,19	75,01	16,67	
1,9 Batan	81,19	75,01	2,0	100,00	66,10			59,41	
	100,00	66,10							

EK 51. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU YÜZENİ -1+0,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	45,69		
1,3 Yüzen	20,73	5,60	1,3	20,73	5,60	79,27	56,17	10,37	
1,3B-1,4Y	17,07	11,38	1,4	37,80	8,21	62,20	68,47	29,27	40,91
1,4B-1,5Y	4,88	24,04	1,5	42,68	10,02	57,32	72,25	40,24	15,91
1,5B-1,6Y	3,66	32,40	1,6	46,34	11,79	53,66	74,97	44,51	11,36
1,6B-1,7Y	2,44	45,28	1,7	48,78	13,46	51,22	76,38	47,56	9,09
1,7B-1,8Y	2,44	56,43	1,8	51,22	15,51	48,78	77,38	50,00	9,09
1,8B-1,9Y	2,44	66,18	1,9	53,66	17,81	46,34	77,97	52,44	
1,9 Batan	46,34	77,97	2,0	100,00	45,69			76,83	
	100,00	45,69							

EK52. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -18+13,2 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	77,16		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	0,00	0,00	100,00	77,16	0,00	
1,9 Batan	100,00	77,16	2,0	100,00	77,16			50,00	
	100,00	77,16							

EK 53. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -13,2+9,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	79,02		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	79,02	0,00	100,00
1,8B-1,9Y	0,44	64,45	1,9	0,44	64,45	99,56	79,08	0,22	
1,9 Batan	99,56	79,08	2,0	100,00	79,02			50,22	
	100,00	79,02							

EK54. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -9,5+6,7 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	79,22		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	0,00	0,00	100,00	79,22	0,00	
1,9 Batan	100,00	79,22	2,0	100,00	79,22			50,00	
	100,00	79,22							

EK 55. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -6,7+4,75 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	78,70		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	0,00
1,8B-1,9Y	0,00	0,00	1,9	0,00	0,00	100,00	78,70	0,00	
1,9 Batan	100,00	78,70	2,0	100,00	78,70			50,00	
	100,00	78,70							

EK56. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -4,75+2,36 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	79,08		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	79,08	0,00	100,00
1,8B-1,9Y	0,62	76,16	1,9	0,62	76,16	99,38	79,10	0,31	
1,9 Batan	99,38	79,10	2,0	100,00	79,08			50,31	
	100,00	79,08							

EK 57. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -2,36+1 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	77,02		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	77,02	0,00	100,00
1,8B-1,9Y	0,96	71,87	1,9	0,96	71,87	99,04	77,07	0,48	
1,9 Batan	99,04	77,07	2,0	100,00	77,02			50,48	
	100,00	77,02							

EK 58. 2.KADEME AĞIR ORTAM SİKLONU BATANI -1+0,5 mm FRAKSİYONU YIKANABİLİRLİK ÇİZELGESİ

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		Birikimli Batan		Parça Kül	±0,1 Yoğunluk
				Ağırlık (%)	Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)		
						100,00	84,34		
1,3 Yüzen	0,00	0,00	1,3	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	
1,3B-1,4Y	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	0,00
1,4B-1,5Y	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	0,00
1,5B-1,6Y	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	0,00
1,6B-1,7Y	0,00	0,00	1,7	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	0,00
1,7B-1,8Y	0,00	0,00	1,8	0,00	0,00	100,00	84,34	0,00	100,00
1,8B-1,9Y	2,50	52,81	1,9	2,50	52,81	97,50	85,15	1,25	
1,9 Batan	97,50	85,15	2,0	100,00	84,34			51,25	
	100,00	84,34							

EK117. ÖMERLER LAVVARI AKIŞLARINA ELEK ANALİZİ SONUÇLARI KÜMÜLATİF % ELEKALTI DEĞERLERİ

Tane Boyu (mm)	Lavvar Besleme	1.Kademe Ağır Ortam Siklon Beslemesi	1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Yüzen Ürünü	1.Kademe Ağır Ortam Siklonu Batan Ürünü	2.Kademe Ağır Ortam Siklonu Yüzen Ürünü	2.Kademe Ağır Ortam Siklonu Batan Ürünü	Tane Boyu (mm)	1.Kademe Ağır Ortam Tekne Beslemesi	1. Kademe Ağır Ortam Tekne Yüzen Ürünü	1.Kademe Ağır Ortam Teknesi Batan Ürünü
150	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	150	100,00	100,00	100,00
100	83,78	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	89,02	75,17	44,10
50	61,13	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50	50,69	42,75	18,18
30	45,61	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	30	22,12	18,98	9,46
18	34,11	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18	4,94	3,68	4,69
13,2	32,83	86,74	82,08	92,70	92,95	90,41				
9,5	29,38	68,37	54,54	81,03	79,96	73,22				
6,7	25,38	52,37	36,13	67,29	65,92	56,71				
4,75	22,45	40,42	26,42	53,76	50,81	41,87				
2,36	16,59	24,00	13,82	29,68	25,98	18,99				
1	11,77	12,05	6,20	9,70	6,47	4,21				
0,5	8,68	5,07	2,00	2,45	1,72	0,87				

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Can Olgaç ŞENGÜL
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Yılı : 1983
Medeni Hali : Bekar
Eğitim :
Lise : 1997 – 2000 Özel Arı Fen Lisesi
Lisans : 2001 - 2005 Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
Yabancı Dil : İngilizce
İş Tecrübesi : 2007 - ... Sabuncular Madencilik San. ve Tic. A.Ş.