

**MENGEN KÖMÜRLERİNİN FLOTASYON İLE
ZENGİNLEŞTİRİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**THE INVESTIGATION OF BENEFICIATION OF MENGEN
COAL BY FLOTATION**

CEREN BÜYÜKYILDIZ

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

MADEN Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2008

MENGEN KÖMÜRLERİNİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Ceren Büyükyıldız

ÖZ

Bu çalışmada, Mengen linyit kömürlerinin ağır ortam konsantresine flotasyon ile zenginleştirme yöntemi uygulanarak alınabilecek en kaliteli ürün araştırılmıştır.

Çalışmaların ilk aşamasında Mengen linyitlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesi amaçlı ağır ortam ve flotasyon ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda elde edilen veriler, Mengen linyitlerinin kükürt içeriğinin fiziksel zenginleştirme yöntemleriyle ayıramayacağını göstermiştir.

Ağır sıvı deneylerinin sonuçlarından faydalanılarak belirlenen, $1,5 \text{ g/cm}^3$ ortam yoğunluğunda yapılan yerçekimi ile zenginleştirme sonrası elde edilen ürünün kül içeriği %6, kalorifik değeri ise 6857 kcal/kg'dır.

Öncelikle farklı koşullarda yapılan seri flotasyon deneyleri ile Mengen linyitlerinin flotasyonu için optimum koşullar belirlenmiş (-106 mikron besleme tane boyu, toplayıcı olarak 4160 g/ton dozajında gazyağı, köpürtücü olarak 40 g/ton dozajında MIBC ve çamyacı karışımı, 5 dakika flotasyon süresi) ve ağır ortam siklonunda zenginleştirilen ürünün kalorifik değerinin artırılması amaçlı yapılan flotasyon deneyleri bu koşullarda icra edilmiştir. Ağır ortam ile zenginleştirilmiş ürüne uygulanan flotasyon sonucu %6,66 kül ve 6923 kcal/kg kalorifik değere sahip ürün elde edilmiştir. Tüvenan cevhere ve ağır ortam ürününe uygulanan flotasyon konsantreleri ile ağır ortam ürünü karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma sonucunda flotasyon yönteminin Mengen linyitlerinin zenginleştirilmesinde ağır ortam yönteminden daha efektif sonuç vermediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Linyit, flotasyon, ağır ortam, kömür

Danışman: Dr. N. Metin CAN, Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

THE INVESTIGATION OF BENEFICIATION OF MENGEN COAL BY FLOTATION

Ceren Büyükyıldız

ABSTRACT

In this study the best product obtained by flotation as a beneficiation method from the dense medium concentrate of Mengen lignite was investigated.

First, flotation and dense medium concentration tests were performed in order to decrease the sulphur content of lignite. The data obtained from these tests showed that the sulphur can not be separated by physical concentration methods.

The product obtained from the gravity concentration test performed at 1,5 g/cm³ medium density, determined upon the sink-float test results, has 6% ash content and 6857 kcal/kg calorific value.

First, for the flotation of Mengen lignite, the optimum conditions were determined (-106 micron flotation feed particle size, 4160 g/ton dosage of kerosen as collector, 40 g/ton dosage of MIBC and pine oil mixture as frother, 5 minutes flotation time) by a set of flotation tests performed at different conditions and the flotation tests were performed at these optimum conditions in order to increase the calorific value of the product which is concentrated at dense medium cyclone. The product which is obtained from the flotation, applied to the product concentrated by dense medium, has 6,66% ash content and 6923 kcal/kg calorific value. The concentrates of flotation tests which were applied to run of mine ore and dense medium product were compared with the dense medium product, as a consequence of this comparison it was determined that for the beneficiation of Mengen lignite, flotation method is not more effective than dense medium method.

Keywords: Lignite, flotation, dense medium, coal

Advisor: Dr. N. Metin CAN, Hacettepe University, Department of Mining Engineering, Mineral Processing Section

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması esnasında başta hiçbir yardımı esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. N. Metin CAN'a, tez deneylerinin icra edilmesinden başlayarak, son güne kadar gösterdikleri her türlü destek ve danışmanlıklarından ötürü Sayın Prof. Dr. Ş. Levent ERGÜN ve Sayın Prof. Dr. Özcan Y. GÜLSOY'a,

Yüksek lisans eğitimim süresince her zaman bilgisinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ'ye

Tez deneylerinin yapılması esnasında laboratuvar çalışmalarında gösterdikleri yardımlardan ötürü Sayın Dr. İ. Bengü ÇELİK, Sayın Araş. Gör. A. Seyfi ERDEM ve Sayın Araş. Gör. Derya KALYON'a,

Hayatımın her aşamasında yanımda bulunan ve bugünlere gelmemi sağlayan annem Gülistan BÜYÜKYILDIZ ve 1994 senesinde kaybettiğim ancak hep benimle olduğunu hissettiğim babam Tacettin BÜYÜKYILDIZ'a,

Tüm lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca hep yanımda olan, bu çalışmanın başından sonuna kadar her anında yardımları ve verdiği manevi destek için arkadaşım Can Olgaç ŞENGÜL'e,

Birlikte büyüdüğüm ve hayatımın sonuna kadar yanımda olacağını bildiğim, gösterdiği ilgi ve bu tezin hazırlanmasında sarfettiği emek için kardeşim kadar yakın biricik arkadaşım Yankı BAŞARAN'a,

Aldığım lisans ve yüksek lisans eğitimi dahil olmak üzere, sağladığı ekipman ve bu çalışmanın gerçekleşmesinde emeği geçen tüm Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği personeline teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kömür Oluşumu	3
2.2. Kömür İçerisindeki Bileşenler	3
2.3. Kömür Türleri ve Sınıflandırılması	5
2.4. Türkiye Kömür Potansiyeli	6
2.5. Linyitlerin Özellikleri	7
2.5.1. Linyitlerde Su	8
2.5.2. Linyitlerde Kül	9
2.5.3. Linyitlerin Isıl Değeri	9
2.6. Mengen Linyit Havzası	10
2.7. Kömürün Zenginleştirilmesi	10
2.7.1. Ağır Ortam Yöntemi ile Zenginleştirme (İri Tane Boyutlu [+10mm ve 10-12mm arası] Kömür Zenginleştirme Yöntemi)	11
2.7.2. Flotasyon ile Zenginleştirme (İnce Tane Boyutlu [2,0-0,5 mm ve 0,5 mm altı] Kömür Zenginleştirme Yöntemi)	12
2.8. Türkiye’de Linyit Flotasyonu Üzerine Yapılan Çalışmalarda Mevcut Durum	16
3. MALZEME VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR	18
3.1. Deneylerde Kullanılan Cevher	18
3.2. Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Deneyler	20
3.2.1. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneyleri	20
3.2.2. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri	20

3.3.	Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltilmesine Yönelik Yapılan Deneyler.....	22
3.3.1.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneyleri.....	22
3.3.2.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam deneyi.....	22
3.3.3.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri.....	22
3.3.3.1.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlenmesi	23
3.3.3.2.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesi.....	23
3.3.3.3.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun koşullarda dağıtıcı ilavesinin etkisinin incelenmesi	26
3.3.4.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyonu	26
4.	DENEYSEL SONUÇLAR.....	28
4.1.	Mengen Kömürüne Ait Numunelerin Karşılaştırılması.....	28
4.2.	Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları.....	30
4.2.1.	Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneylerinin sonuçları.....	30
4.2.2.	Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları.....	31
4.3.	Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltilmesine Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları.....	31
4.3.1.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneylerinin sonuçları	31
4.3.2.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam deneyinin sonucu...	32
4.3.3.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları	32
4.3.3.1.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlenmesi	32
4.3.3.2.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları	34
4.3.3.3.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun dağıtıcı dozajının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları	35
4.3.4.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin sonucu	36

5.	DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	38
5.1.	Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Ağır Sıvı ve Flotasyon Deneyleri	38
5.2.	Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltilmesine Yönelik Yapılan Deneyler	41
5.2.1.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır sıvı ve ağır ortam deneylerinin sonuçlarının değerlendirilmesi	41
5.2.2.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçlarının değerlendirilmesi	42
5.2.2.1.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlendiği deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi	42
5.2.2.2.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi	46
5.2.2.3.	Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun dağıtıcı dozajının belirlendiği deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi	51
5.2.3.	Isıl değer in yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin sonucunun değerlendirilmesi	54
5.3.	Elde Edilen Sonuçların Genel Değerlendirilmesi	55
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
6.1.	Sonuçlar	57
6.2.	Öneriler	58
	KAYNAKLAR DİZİNİ	59
	EKLER	61
	ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Üç farklı Mengen kömürü numunesinin tane boyu dağılımları	18
Şekil 4.1. Üç numunenin kuru kül içeriklerinin tane boyuna göre değişimi	28
Şekil 4.2. Üç numunenin kuru alt ısı değerlerinin tane boyuna göre değişimi	29
Şekil 4.3. Üç numunenin kuru kükürt içeriklerinin tane boyuna göre değişimi	29
Şekil 5.1. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kül içerikleri.....	38
Şekil 5.2. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kuru alt ısı değerleri	39
Şekil 5.3. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kuru kükürt içeriği	39
Şekil 5.4. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri ürünlerinin yüzen ve batan miktarları	40
Şekil 5.5. Mengen kömürü yıkanabilirlik eğrileri.....	41
Şekil 5.6. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan miktarları	43
Şekil 5.7. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin kül değerleri	44
Şekil 5.8. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin alt ısı değerleri.....	44
Şekil 5.9. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin kükürt değerleri	45
Şekil 5.10. Toplayıcı dozajının kömür kinetik davranımına etkisi.....	46
Şekil 5.11. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarının toplayıcı dozajı ile değişimi	47
Şekil 5.12. Ürünlerin alt ısı değerlerinin toplayıcı dozajı ile değişimi	47
Şekil 5.13. Tane boyunun zamana bağlı yüzen ürün miktarına etkisi	48
Şekil 5.14. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarlarının flotasyon besleme tane boyu ile değişimi	49
Şekil 5.15. Ürünlerin alt ısı değerlerinin tane boyu ile değişimi	49
Şekil 5.16. -106 µm numuneye uygulanan flotasyon ürününe ait kül, kalorifik değer ve yüzen miktar eğrileri.....	50
Şekil 5.17. Dağıtıcı dozajının kömür kinetik davranımına etkisi	51
Şekil 5.18. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarının dağıtıcı dozajı ile değişimi.....	52
Şekil 5.19. Ürünlerin alt ısı değerlerinin dağıtıcı dozajı ile değişimi	52

Şekil 5.20. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin yüzen ürün miktarlarının karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.21. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin ürün kül miktarlarının karşılaştırılması.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Numune 1'e ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri.....	19
Çizelge 3.2. Numune 2'ye ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri.....	19
Çizelge 3.3. Numune 3'e ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri.....	19
Çizelge 3.4. Pirit flotasyonu deney koşulları	21
Çizelge 3.5. Toplayıcı seçimi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları	24
Çizelge 3.6. Optimum toplayıcı dozajının belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları.....	25
Çizelge 3.7. Flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları.....	25
Çizelge 3.8. Optimum dağıtıcı dozajının belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları.....	26
Çizelge 3.9. Ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin koşulları	27
Çizelge 4.1. Numune 1 için 1,3 g/cm ³ yoğunlukta yıkama sonuçları	30
Çizelge 4.2. Numune 2 için 1,3 g/cm ³ yoğunlukta yıkama sonuçları	30
Çizelge 4.3. Numune 3 için 1,3 g/cm ³ yoğunlukta yıkama sonuçları	31
Çizelge 4.4. Mergen kömürü yıkanabilirlik verileri.....	32
Çizelge 4.5. Ağır ortam test sonucu.....	32
Çizelge 4.6. Mergen kömürlerinin flotasyonu için uygun toplayıcının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları.....	33
Çizelge 4.7. 1378 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.8. 2773 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.9. 4160 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.10. -500µm numuneye uygulanan test sonuçları	35
Çizelge 4.11. -300µm numuneye uygulanan test sonuçları	35
Çizelge 4.12. -106µm numuneye uygulanan test sonuçları	35
Çizelge 4.13. 500 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları	36
Çizelge 4.14. 1000 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları	36
Çizelge 4.15. 1500 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları	36

Çizelge 4.16. Ağır ortam konsantresine uygulanan flotasyon deneyi sonuçları	37
Çizelge 5.1. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin yüzen ürün miktarları ve kül içerik değerleri	53

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca enerji, ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en temel araçlarından biri olmuştur. Gerek ulusal gerekse uluslararası alanda üzerinde en çok durulan konulardan biri olan enerji, uluslar için giderek artan yaşamsal niteliği ile zaman zaman sıcak çatışmalara varan sorunlara yol açmıştır. Günümüzde enerji kıtlığı gelişmiş ülkeler için yaşam kalitesinin düşmesi, gelişmekte olan ülkeler için ise yoksulluk anlamına gelmektedir.

Dünya elektrik enerjisi üretiminde kömürün kullanımı, diğer birincil kaynaklara göre her zaman daha yüksek oranlarda olmuştur. Son yıllarda, elektrik üretiminde, özellikle doğal gazın kullanımı artmaktadır. Bununla beraber, diğer kaynaklara nazaran dünya üzerinde daha yaygın ve bol miktarlarda bulunması nedeniyle daha kolay erişilebilir olması, daha kolay taşınabilme ve daha emniyetli depolanabilme özellikleri ve temiz kömür teknolojilerinin hızlı gelişimi göz önüne alındığında kömür, gelecekte de önemini yitirmeyecek bir kaynaktır.

Ekonomik kalkınmada enerjinin rolü düşünüldüğünde, enerji kaynaklarından petrolün dışa bağımlılığı ve doğal gaz gibi diğer kaynakların yetersiz rezervleri nedeniyle, Türkiye için kömür çok önemlidir. Linyit kömürü, bilindiği üzere her geçen gün önemini bir kat daha arttıran vazgeçilmez enerji kaynaklarından birisidir. Başta elektrik üretimi ve termik santrallerde olmak üzere, ısınma amacıyla konutlarda, çeşitli enerji üretimi için de sanayide kullanılmaktadır. Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) yeni hesaplarına göre ülkemiz 9,3 milyar ton linyit rezervine sahiptir. Bu rezervin büyük bir kısmı ise yüksek kül, kükürt ve nem içeriklidir. Hava kirliliği standartları, kömür içindeki safsızlıkların azaltılmasını zorunlu hale getirmiştir. Çeşitli kullanım alanlarında kısmi farklılıklar göstermekle birlikte, kömürde safsızlık olarak bulunan kül, kükürt, nem, uçucu madde, fosfor ve alkali içeriğinin az olması istenmektedir. Kömürün özellikle sert linyitlerin genel olarak ev, sanayi ve termik santral yakıtı olarak kullanılmadan önce, mevcut safsızlıkların giderilmesi ve belirli tane iriliğinde piyasaya arz edilmeleri zorunluluk halini almıştır. Belirtilen bu özellikler kömür hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri kullanılarak sağlanabilmektedir. Kömür hazırlama günümüzde, kömürün yerden

ıkarılmasıyla kullanılması arasında vazgeçilmez bir işlem olarak görülmekte ve uygulanmaktadır.

Ülkemiz kömürlerinin kl ve piritik kükürt içeriğinin azaltılmasına yönelik çalışmalarda ortaya çıkan en önemli sorun, kömür içindeki kül ve piritik kükürdün genellikle ince tane boyutlarında serbestleşmesidir. Çok ince tane boyutlarında serbestleşen gangin uzaklaştırılmasında kullanılan yerçekimiyle zenginleştirme yöntemlerinde verimliliğin az olması ve ilerleyen yeraltı mekanizasyonu sebebiyle artan ince tane boyu fraksiyonları flotasyon çalışmalarının yapılmasını zorunlu kılmıştır. Büyük kömür rezervlerine sahip bu sahaların kl ve piritik kükürdünün temizlenmesi, ülke ekonomisi ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması açısından gereklidir. Her ülkede olduğu gibi, ülkemizin kalkınmasında da enerjinin, dolayısıyla enerji hammaddelerinin önemi büyüktür. Bu kapsamda teknolojik açıdan sorunlu görülen büyük kömür yataklarından numuneler alınarak mineralojik ve kimyasal özellikleri bakımından değerlendirilmesi, seçilen numunelerin fiziksel temizleme yöntemlerine uygunluğunun ağır sıvı testleriyle incelenmesi, bu sahalarda flotasyon çalışmaları yapılarak verimin arttırılması ve ince kömür kaybının önlenmesi endüstrimize büyük kazanç sağlayacaktır. %20'den az kl içeren linyitlerin toplam rezerv içindeki payı %3.73'tür. Toplam linyit rezervinin sadece %3.70'i %1'den az kükürt içerirken %20'den az nem içeren linyit oranı %15.14'tür. Isıl değeri 4000 kcal/kg' dan fazla olan linyitlerin rezervdeki payı sadece ise sadece %1.83'tür.

Bu alışma kapsamında, değinilen hususlar sebebiyle Bolu Mengen linyitlerinin flotasyonla zenginleştirilmesi incelenmiştir. Yüksek kükürt (%12) ve kl (%15) içeriğinin düşürülmesi ve düşük kalorifik değerinin (6200 kcal/kg) arttırılmasına yönelik flotasyon ve ağır ortam sonrası flotasyonun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Gün geçtikçe fiyatı artan ithal kömüre gerek direk gerekse harmanlanabilecek kömür kalitesinde ürün alternatifi elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kömür Oluşumu

Kömür, gerçekte değişik oranlarda organik ve inorganik yapı ve bileşenler içeren tortul bir kayadır. Doğada yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbiriyle tam anlamda özdeş iki kömür oluşumuna rastlamak hemen hemen imkansızdır. Bu nedenle yataktan yatağa uygulanacak zenginleştirme yöntemleri de değişmektedir.

Kömürü meydana getiren ana elaman karbondur. Bunun oluşumu karbon çevrimine bağlıdır. Kömür çevrimi bataklıklarda başlar. Kömürleşmenin başlıca kaynakları bitkiler ile havadan ve yüzeysel sulardan alınan CO₂' dir. Mağma az da olsa CO₂, CO, CH₄ içerir ve hidrotermal-pnömatolitik ve volkanik etkenler süreçlerinde gaz, buhar ve çözeltilerle karbon çevrimine katılırlar. Hava ve sudaki CO' in önemli bölümünü bitkiler özümlemeler, yaşamları için gerekli olan yapılarında tutarlar, artığı solunum yoluyla geriye döner, doğal denge korunur. Ancak, sanayi gazlarının bu dengeyi bozucu payını unutmamak gerekir. CO₂' nin suda çözünen bölümü karbonatlı kayalarda ve organik tortullarda birikir. Bunlar başkalaşım sonucu tekrar çevirime katılırlar.

Kömür, uygun ortamlarda, bataklıklarda, bozunma ve çürümeden kurtulan, bitki kalıntı birikimlerinin zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşur. Kömürleşmede genelde iki evre benimsenir. Biyokimyasal evre, turbalaşma; dinemokimyasal veya başkalaşma evresi ise kömürleşmedir (Kibici, 1985).

2.2. Kömür İçerisindeki Bileşenler

Kömür içindeki bileşenler inorganik ve kömürleşme sonrası kömüre karışan mineraller olarak iki gruba ayrılır. Kömür içindeki inorganik bileşenler, ana hammaddesi olan değişik maserallerin yanı sıra nem ve kükürt olabilir. Bu tip bileşenler aynı zamanda kömürün kalori değerini de düşürürler. Ayrıca kömürün üretimi sırasında ve kömürleşme sonrası kömüre karışan mineraller de kömürün içerisindeki organik bileşenler olarak ele alınabilir (Özpeker, 1988).

Kömürleşme esnasında safsızlığı oluşturan mineraller kökenlerine göre 3' e ayrılır.

- Aşınma Kökenli Mineraller: Havzaya turba oluşumu sırasında dışarıdan taşınan killi mineraller ve kuvarstır.

- Bitkisel Kökenli Mineraller: Bunlar bataklık bitkilerinin bünyelerindeki inorganik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu da bitkinin türüne, dokusuna, yetiştiği toprağa ve iklime bağlı olarak değişmektedir. Kömürde istenmeyen elementlerin başında gelen kükürt % 1-2 oranında bitkilerin beslenmeleri için gerekli olup, bu nedenle bünyede yer almaktadır. Bunun dışında bataklık bitkilerinin odunsu dokularında alümina ve silika derişimi yüksektir. Bitki kökenli olan mineral madde demir, fosfor, kalsiyum ve magnezyumca zengindir. Bunlar bitki hayatı için gerekli olan elementlerdir.

- Kimyasal Kökenli Mineraller: Bu mineraller de bataklığın sulu çözeltisindeki karışımda bulunurlar. Bunların kökeni yine bataklık çevresindeki kayalar olup yeraltı ve yerüstü suları ile iyonlar halinde havzaya taşınmaktadır. Aynı zamanda bitkinin bünyesinde olup, suda çözünebilir maddelerde çözeltiye katılırlar. Pirit ve karbonatlar bu tür oluşumlardır (Bentli vd., 1998).

Kömürün zenginleştirilerek bu minerallerin tümünün atılması mümkün olmamaktadır. Kömürün bünyesine dağılmış bulunan (kristal) mineraller turba kökenli olup, bunların zenginleştirme yöntemi ile uzaklaştırılması mümkün değildir. Ancak mercekleşme mevcut ise serbestleşme tane boyutunda ayırma olabilir. Bu boyutu sağlamak ise maliyeti arttıran bir unsurdur. Kömürün organik yapısına dağılmış olan mineraller ise fiziksel yöntemlerle kömürden ayrılabilir (Önal, 1991).

Kömürleşme sonrası kömüre karışan mineral maddeler grubu ise karbonat ve sülfid mineralleri ile yan kayalardır. Karbonat ve sülfid mineralleri tektonik hareketler sonucu oluşan kırık ve çatlaklardan sızan sular ile yan kayalar üretim esnasında taban – tavan ve ara kesmelerden kömüre karışmaktadır. Yan kayaların serbest olmaları nedeniyle kömürden ayrılmaları kolaydır (Kemal, 1987).

2.3. Kömür Türleri ve Sınıflandırılması

Kahverengi amorf organik maddelerden (hümitik maddeler) ve bitkisel kalıntılardan oluşan turbanın, kahverengi kömür (linyit, alt bitümlü kömür), taşkömürü (bitümlü kömür) ve antrasit basamaklarından geçerek meta-antrasite dönüşmesine kömürleşme denilmektedir. Bir kömürün kömürleşme derecesi "rank" ile ifade edilir. Görünüm ve bazı fiziksel özelliklere göre kömürler turba, linyit, taşkömürü ve antrasit olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflama kolay ve pratik olduğundan günlük hayatta çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Stach vd., 1982).

1. Turba

2. Linyit

(a) Yumuşak Linyit

i. Toprağımsı Linyit

ii. Şisti Linyit

(b) Sert Linyit

i. Mat Linyit

ii. Parlak Linyit

3. Taşkömürü

4. Antrasit

Kömürlerin nem, uçucu madde oranlarına bağlı olarak karbon ve kalorifik değerlerini esas alan birkaç endüstriyel sınıflama geliştirilmiştir. Bu sınıflamalarda kömürlerin makroskopik özellikleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Amerika'da geliştirilen ASTM (American Society for Testing and Materials) kömür sınıflaması Çizelge 2.1.'de görülmektedir.

Çizelge 2.1. Kömürlerin ASTM sınıflaması

% Bağlı Karbon ^a			% Uçucu Madde ^a		Kalorifik değer ^b		
Sınıf	Grup	Eşit veya daha büyük	Daha küçük	Daha büyük	Eşit veya daha küçük	Eşit veya daha büyük	Daha küçük
Antrasit	Meta-Antrasit	98	-	-	2	-	-
	Antrasit	92	98	2	8	-	-
	Semi-Antrasit	86	92	8	14	-	-
Bitümlü kömür	Düşük-uçucu madde	78	86	14	22	-	-
	Orta-uçucu madde	69	78	22	31	-	-
	Yüksek-uçucu madde A	-	-	-	-	7720	-
	Yüksek-uçucu madde B	-	-	-	-	7220	7720
	Yüksek-uçucu madde C	-	-	-	-	6380	7220
Alt bitümlü kömür	Alt bitümlü kömür A	-	-	-	-	5830	6380
	Alt bitümlü kömür B	-	-	-	-	5270	5830
Linyit	Linyit A	-	-	-	-	3500	4610
	Linyit B	-	-	-	-	-	3500

^a Kuru, mineral maddeden bağımsız

^b Nemsiz, mineral maddeden bağımsız, kcal/kg

2.4. Türkiye Kömür Potansiyeli

Dünya kömür rezervleri içerisinde en yüksek paya sahip olan ülke %25,4 oranıyla ABD'dir. ABD'yi %15,9'luk oranla Rusya Federasyonu, %11,6'lık oranla Çin takip etmektedir. Türkiye ise dünya kömür rezervleri içinde %0,4 gibi küçük bir paya sahip olmasına rağmen kömür madenleri stratejik yönden hala önemlerini korumaktadır. Türkiye'nin bugünkü koşullarda 68 yıllık kömür rezervi olduğu bilinmektedir. Türkiye kömür rezervinin yaklaşık olarak 9,3 milyar tonunu linyit oluştururken, taş kömürü rezervimiz ise 1,1 milyar ton dolaylarındadır (Gülsoy). Linyit rezervlerimizin belirli kabuller doğrultusunda statik ömrü 156 yıl, dinamik ömrü ise 80 yıl olarak hesaplanmaktadır (Yılmaz vd., 2003).

2.5. Linyitlerin Özellikleri

Linyit kömürleri turbalarla taşkömürleri arasında geniş bir bant oluştururlar. Kömürleşme derecelerine göre değişik oranlarda orjinal nem içerirler. Bu nemlilik kömürleşme derecesine bağlı olarak %20 ile %60 arasında değişir. Az nem içeren linyit kömürleri hem biyokimyasal hem de jeokimyasal kömürleşmenin etkisi azalmakta ve yumuşak linyitlerde yok denecek seviyeye inmektedir.

Linyitler dış görünüşlerine göre sert ve yumuşak linyitler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yumuşak linyitler %40 ile %60 arası orjinal neme sahip linyitlerdir. Yumuşak linyitler çok az mukavemete sahiptirler. Değişik türlerin mukavemeti 2,7 ile 9,4 kg/cm³ arasında ölçülmüştür. Ocaktan çıkarılarak depolandıkları takdirde zamanla tamamen toz haline gelirler. Su ile temasa geçtiklerinde önemli ölçüde su alarak şişerler ve dağılırlar. Bu bakımdan yumuşak linyitlerin ocaktan çıkarıldıkları şekilde ev yakıtı olarak kullanılmaları mümkün değildir.

Bazı tür yumuşak linyitler bağlayıcısız olarak yeterli sağlamlıkta biriket vermektedir. Bu tür yumuşak linyitlerden elde edilen biriketler ev yakıtı olarak kullanılmaktadır. Biriketlemeye uygun olmayan yumuşak linyitler ise elektrik üretiminde ve sanayi yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Sert linyitler yumuşak linyitlerden sonra başlayarak taşkömürü sınırına kadar geniş bir alana yayılan kömür türleridir. Verilen isimden de anlaşıldığı gibi bu tür kömürler yumuşak linyitlere göre daha fazla parça sağlamlığına sahiptir (75 kg/cm²'ye kadar).

Sert linyitlerin kullanım alanı yumuşak linyitlere göre daha fazladır. Her şeyden önce bu linyitlerin karbon oranları ve ısı değerleri yumuşak linyitlere göre daha fazladır. Parça mukavemetinin daha fazla, tozlanmanın da daha az olması sert linyitlerin kullanım alanını arttıran diğer önemli etken olmaktadır (Kemal, 1987).

Lombart, linyitlerin kuru ve külsüz numuneler üzerinde yapılan elementer analiz ortalamalarını şöyle belirtmektedir

C: % 65 – 75;

H: %5 (%8'e kadar);

O: %25 civarında

Linyitlerde sabit karbon ve oksijen miktarı ters orantılı olarak azalır veya artar. Patteisky ve Tichmüller, sabit karbonun %77 oranını linyitlerle taş kömürleri arasında bir sınır olarak kabul etmektedir (Nakoman, 1971).

Kömür için çok zararlı bir madde olan kükürt, karbon, hidrojen ve oksijen molekülleri ile bağlantılı bir şekilde bulunur. Yanma sırasında SO₂ halinde çıkar. Yanmayan kükürt küllerinde sülfatlar veya demir bileşikleri (markazit ve pirit) halinde kalır. Kükürtün yüksek oranlarda mevcudiyeti kömürlerin özellikle stoklama sırasında ani olarak yanmalarına yol açar. Ocaklarda suyla meydana getirdiği sülfirik asit ızgaralarda önemli zararlara sebep olur.

2.5.1. Linyitlerde Su

Linyitlerde su miktarı genellikle %8 ile %65 arasında değişmektedir. Hidrasyon suyu turbalara nazaran daha az olmakla beraber, elimine edilemez. Gözenek ve kılcal boşluklardaki su oranı çok önemlidir. Bu sonuncunun büyük bir kısmı kurutma yoluyla bertaraf edilebilir.

Genellikle su içeriği kömürleşme derecesi yükseldikçe azalır ve kömürlerin kalorifik değerlerini düşüren faktörlerden biridir (Nakoman, 1971).

2.5.2. Linyitlerde Kül

Endüstriyel yönden külü üretim ve bünye külü olarak ayırmak gerekir. Bünye külü kapsamına inorganik kısımlar ile kömürün oluşması anında çökelen mineral maddeler girmektedir. Bünye külünün miktarını önemli oranlarda azaltmak maddi olarak imkansızdır.

Üretim külü ise kömürün çıkartılması sırasında komşu detritik kayalardan karışan döküntüler, ara kesmeler ve kongresyonlar tarafından üretilir. Bu külü yıkama ile atmak mümkündür.

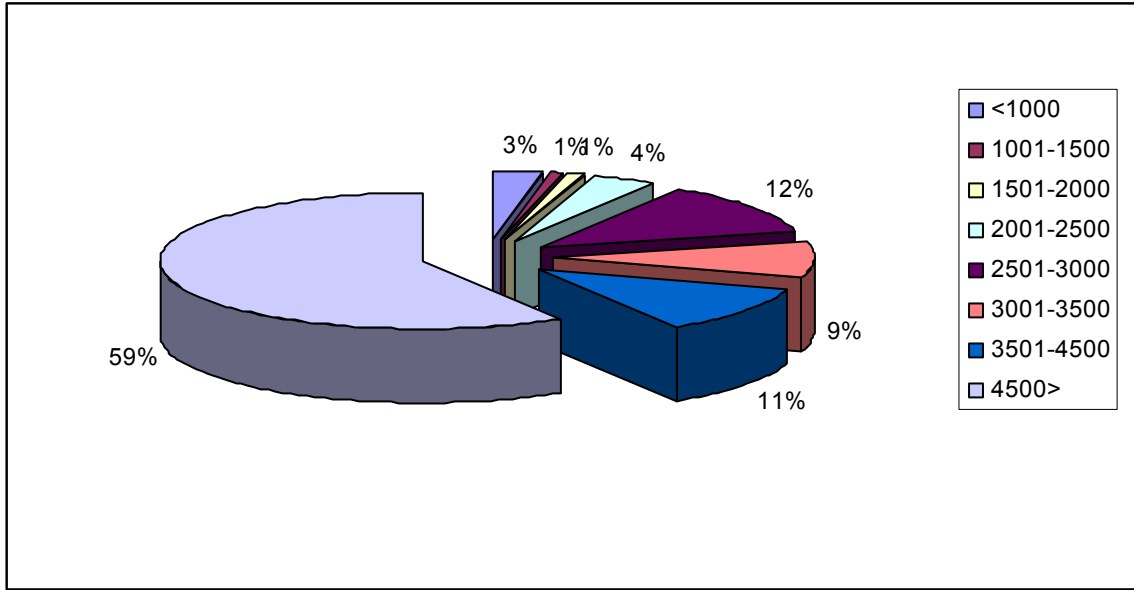
Çoğunlukla külde en fazla olan maddeler silis, kalsiyum ve demirdir. Bazen alüminyum oksit de aşırı oranlarla bulunabilir (Sarı, 1995).

2.5.3. Linyitlerin Isıl Değeri

Türkiye’de ekonomik yönden önemli olan linyit yataklarından bazıları kalorifik değerleri göz önünde tutularak şöyle sıralanabilir;

- 1.200 kcal/kg ve daha az kalorifik değerdeki yataklar: Kangal, Beyşehir ve Elbistan linyitleridir.
- 2.200-3000 kcal/kg değerindeki yataklar: Beypazarı, Yatağan, Demirhanlı, Seyitömer ve Saray linyitleridir.
- 3.300-4000 kcal/kg ısı gücüne sahip yataklar: Kavacık, Çan (Duraliağa ve Bayraklı) Harmanlı, Malkara, Erciş ve Ağaçlı havzalarında bulunan kömürlerdir.
- 4.400-5000 kcal/kg kalorifik değerlerdi havzalar: Merkeşler, Mengen, Devecikonağı, Burmu, Bodurga, Baklaya, Başpınar ve Soma kömürleridir.
- 5.500 kcal/kg ve daha fazla ısı değeri gösteren yataklar: Tunçbilek ve Gediz linyitleridir (Sarı, 1995).

Türkiye linyit rezervlerinin kalorifik dağılımını gösterir grafik Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye linyit rezervlerinin kalorifik dağılımı

2.6. Mengen Linyit Havzası

Mengen Linyit Havzası ülkemizin yaş itibariyle en yaşlı linyit kömürü havzaları arasındadır. Bolu ili Mengen ilçesinin 25 km batısından başlayan bu kömürlü saha 1-25 km genişliğinde, 50-60 km uzunluğundadır. Mengen havzasında MTA (Maden Tetkik Arama) tarafından yapılan sondajlarla toplam 50.000.000 ton kömür rezervi tespit edilmiştir. Havzadan 40 yıldır kömür çıkarılmaktadır. Bugünkü teknoloji ile üretim devam edecek olursa havzada 2-3 yüzyıl daha kömür üretimi yapılabilir (<http://www.mengen.gov.tr/mengen.asp?azi=ekonomi.asp>).

2.7. Kömürün Zenginleştirilmesi

Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) hesabına göre yaklaşık olarak 9,3 milyar tona denk gelen linyit rezervimizin büyük bir kısmı yüksek kül, kükürt ve nem içeriklidir. Hava kirliliği standartları kömür içindeki safsızlıkların azaltılmasını zorunlu hale getirmiştir. Çeşitli kullanım alanlarında kısmi farklılıklar göstermekle birlikte kömürde safsızlık olarak bulunan kül, kükürt, nem, uçucu madde, fosfor ve alkali içeriğinin az olması istenmektedir. Kömürün özellikle sert linyitlerin genel olarak ev, sanayi ve termik santral yakıtı olarak kullanılmadan önce mevcut safsızlıkların giderilmesi ve belirli tane iriliğinde piyasaya arz edilmeleri zorunluluk halini

almıştır. Belirtilen bu özellikler kömür hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri kullanılarak sağlanabilmektedir. Kömür hazırlama günümüzde, kömürün yerden çıkarılmasıyla kullanılması arasında vazgeçilmez bir işlem olarak görülmekte ve uygulanmaktadır (Güney vd., 1997).

Kömür zenginleştirme tesislerinin kömür teknolojisinin hizmete girmesinden bu yana 150 yılı aşan bir süre geçmiş ve uygulama alanı bulan veya bulmayan çok sayıda kömür zenginleştirme tekniği geliştirilmiştir. Bu değişik teknikler içinde 150 – 0,5 mm arası için Baum - Batac jigleri ve ağır ortam tamburları, 0,5 mm'nin altı ise flotasyon ile geniş ölçüde uygulama alanı bulmuşlardır (Önal, 1988).

2.7.1. Ağır Ortam Yöntemi ile Zenginleştirme (İri Tane Boyutlu [+10mm ve 10- 12mm arası] Kömür Zenginleştirme Yöntemi)

Kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan en yaygın yöntem kömür ile mineral maddeler arasındaki özgül ağırlık farkına dayalı yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemidir. Bu yöntemde ayırma ortamı su ya da su ile ağır bir katının karışımından oluşan ağır bir ortam olmaktadır (Çelik, 2006).

Kömürün yıkanabilirlik özelliklerinin tespiti amacıyla yapılan yüzdürme-batırma testleri kurulması planlanan bir kömür yıkama tesisinin tasarımı için gerekli çalışmaların ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu testler kömürün farklı yoğunluk fraksiyonlarında dağılımı hakkında bilgi vermesi yanında söz konusu kömürün yıkama işlemine tabii tutulması sonucunda elde edilebilecek ürünlerin miktarı ve kül oranları hakkında teorik bir bilgi vermektedir. Bu verilerin teorik olması nedeniyle çoğu zaman uygulamada farklılıklar çıkmaktadır. Oysa tesiste kullanılan cihazların ayırma performanslarının bilinmesi durumunda, yıkanması düşünülen kömürden elde edilecek temiz kömür ve şist miktarlarının önceden gerçeğe yakın değerler ile tahmini mümkün olabilmektedir. Ayrıca kurulu bulunan cihazın ayırma sınır yoğunlukları değiştirilerek elde edilecek temiz kömür miktarları ve kül oranlarının tahmin edilebilmesi de mümkündür (Burt, 1984; Ateşok, 1986; Osborne, 1988; Deniz, 2004). Kömür yıkama cihazının ayırma performansı ekipmanın yapısına ve çalışma şartlarına, ayırma ortamına, besleme miktarına, beslenen kömürün külüne, kömür boyutuna ve dağılımına bağlıdır (Kemal, 1987).

Ağır ortam yöntemiyle zenginleştirilecek kömürün tane boyutunun genel olarak statik ayırıcılarda 6 mm' den iri ve dinamik ayırıcılarda 6 mm'den ince olması istenir. Ferrosilikonun pahalı olması nedeniyle genellikle lavvarlarda ağır ortam ünitelerinde, ağır ortam süspansiyonlarını elde etmek için 45 µm'nin altına öğütölen manyetit kullanılmaktadır. İşletme giderlerinin yükselmemesi açısından manyetitin ağır ortam ayırıcısı ürünleri olan temiz kömür ve artık ürünlerinden geri kazanılması gerekmektedir. Bunun sağlanması için bu ürünler bir seri elek üzerinden geçirilmektedir. Bu elekler yay elek ve süzme-yıkama elekleri olup genelde yay elek altına geçen ürün çok yüksek oranlarda manyetit içerdüğinden devreye geri beslenmektedir. Ürünler üzerine yapışmış olan manyetit taneleri ise yıkama eleği üzerinde basınçlı su ile yıkanmakta bu esnada manyetit ile birlikte ürünler içerisinde bulunan ince malzemeler de elek altına geçmektedir. Yıkama eleği altı bu malzeme manyetik ayırıcılardan geçirilerek, geri kazanılan manyetit devreye beslenmektedir (Çelik, 2006).

2.7.2. Flotasyon ile Zenginleştirme (İnce Tane Boyutlu [2,0-0,5 mm ve 0,5 mm altı] Kömür Zenginleştirme Yöntemi)

Ağır ortam yönteminin yanında giderek popölaritesi artan diğer bir yaygın yöntem, kömür madenciliğinde artan mekanize kazı yöntemleri nedeniyle, miktarları yükselen çok ince kömürlerin zenginleştirilmesinde uygulanan flotasyondur. Kömür üretiminde tam mekanize sistemin gelişmesinden önce 2,5 mm'nin altındaki ince taneler artık olarak kullanım dışı bırakılırken günümüzde artan enerji ihtiyacı ve kömür fiyatlarının yüksek olması sebebiyle ince kömürlerin kazanılmasında yeni yöntemlerin uygulanmasını zorunlu kılmıştır (Bayazıt, 2000; Çelik, 2006).

Flotasyon gravimetrik yollarla zenginleştirilmesi mümkün olmayan ince taneli cevherlere köpükle cevher yüzdürme işleminin yapıldığı bir zenginleştirme yöntemidir. Mineral tanelerinin fizikokimyasal yüzey özelliklerinin değişiminden yararlanılmaktadır. Flotasyon fizikokimyasal, yüzey kimyası ve kolloidler kimyası esaslarına dayalı özellik farklarına göre cevheri oluşturan çeşitli mineraller ve gang birbirinden ayrılır.

Flotasyon yöntemi sülfürlü, oksitli, suda az ya da çok eriyen tuzlara (florit, bor), polar olmayan minerallere (kükürt, kömür, elmas v.b.) uygulanmaktadır.

Ülkemiz kömürlerinin kül ve piritik kükürt içeriğinin azaltılmasına yönelik çalışmalarda ortaya çıkan en önemli sorun, kömür içindeki kül ve piritik kükürtün genellikle ince tane boyutlarında serbestleşmesidir. Çok ince tane boyutlarında serbestleşen gangın uzaklaştırılmasında kullanılan gravite yöntemlerinde verimliliğin genellikle az olması, flotasyon yöntemine gerek duyulmasına sebep olan başka bir etmendir (Bayazıt, 2000).

Flotasyon yöntemi günümüzde toz kömürün zenginleştirilmesinde (-0,5 mm) en çok kullanılan yöntemlerden biri olmasına rağmen, bu boyuttaki kömür pulvarize yakıt veya briket yapılarak kullanılabilir. Kömür doğal hidrofobik (su iten) özellikte olduğundan palpa ilave edilecek hidrokarbon yağı ve köpürtücü sayesinde kömür parçacıkları yüzeyindeki atomların yüzeyleri ince bir hidrokarbon tabakası ile kaplanır ve hava kabarcıklarına yapışarak köpükle birlikte konsantre olarak alınırlar (Önal, 1991). Ancak kömür her ne kadar doğal yüzebilirlik özelliğine sahip olsa da verimin artırılması ve kül değerinin düşürülmesi için flotasyon çeşitli reaktif ve şartlarla kontrol edilir (Bayazıt, 2000). Flotasyon işlemi kömüre üç amaçla uygulanır:

- Şlam (-0,5 mm boyutlu) kömürü kazanarak kül ve kükürt oranı düşük bir ürün elde etmek,
- Lavvardan atılan ve siyah su denilen proses suyunu temizleyerek çevre kirliliğini azaltmak,
- Kömür içindeki çeşitli maseralleri ayırarak koklaşabilir bir ürün üretmektir (Kemal, 1999).

Kömür türlerine göre flotasyon özelliği sırasıyla koklaşma özelliği olan orta uçuculu kömürler, düşük uçucu madde içeren taşkömürleri, yüksek uçucu madde içeren taşkömürleri, antrasitler ve linyitler şeklinde sıralanmaktadır. Kömür oksitlendikçe flotasyon zorlaşmaktadır. Genellikle havada kalmış ve yüzeyi okside olmuş kömürlere ters flotasyon yöntemi önerilmektedir. Zenginleştirilecek kömürün tane boyutu, kömürün petrografik yapısı, palpta katı oranı, ortamın pH'sı, kullanılan

reaktiflerin cinsi ve miktarı, flotasyon makinesinin tipi gibi parametreler kömür flotasyonunu etkilemektedir.

Kömür heterojen bir madde olup yüzeyi de anizotropik bir özellik gösterir. Anizotropik yüzeyler iki kısımdan meydana gelmektedir. Birincisi Van der Waals bağlarının kırılmasıyla meydana gelen hidrofobik (su sevmeyen) yüzeyler, ikincisi ise iyonik ve kovalent bağlarının kırılmasıyla meydana gelen hidrofilik (su seven) kısımlardır. Yani kömür yüzeyi hemen hemen hidrofob özelliği gösteren kısımların olduğu kadar kimyasal bağlarının kırılmasıyla ortaya çıkmış ve hidrofillik özellik gösteren oksit grupları ve inorganik safsızlıklar da içermektedir. Kömürün yüzeyindeki negatiflik hidrofilik özelliği gösteren bu kısımlardan ileri gelmektedir. Kömür flotasyonunda toplayıcılar emülsiyeye edilmiş halde veya direkt olarak palpa ilave edilirler. Oluşan yağ damlacıkları, kömür yüzeyini bir film şeklinde kaplayarak, yüzeyi daha hidrofobik yapar ve hava kabarcığı ile tane arasındaki adhezyon (yapışma) kuvvetini arttırmırlar. Yapılan çalışmalarda, hava kabarcığı-kömür teması sağlandığında yağın üç faz temas hattı boyunca yayıldığı ve adhezyon kuvvetini arttırdığını göstermiştir (Kemal, 1999).

Yeni üretilen bir kömürün, oksidasyona uğramış kömürden daha iyi yüzdüğü bilinmektedir. Kömürün yüzeyinde oksitlenme neticesinde -OH (hidroksil), -COOH (karboksil) ve C=O (karbonil) gibi oksijen ihtiva eden polar grupların oluştuğu saptanmıştır (Cebeci, 2002). Normal atmosfer sıcaklığında bile havanın oksijeni kömür yüzeyini oksitleyerek flotasyon yeteneğini azaltmaktadır. Oksitlenme düşük kömürleşme dereceli kömürlerde daha fazladır. Buna paralel olarak da, düşük kömürleşme dereceli kömürlerin (linyit, turba) flotasyon yeteneği azdır (Kemal, 1999).

Değişik kömürlerle yapılan çalışmalarda, flotasyonun yapıldığı nötr pH' da kömür yüzeylerinin negatif yüklü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kömür yüzeyindeki oksidasyon derecesinin artması, zeta potansiyelinin negatif değerini arttırdığı belirlenmiştir. Linyit kömürleri üzerinde yürütülen çalışmalarda ise şarjın sıfır noktasının (ZPC, zero point of charge) pH 2-5 civarında olduğu tespit edilmiştir (Aplan, 1991). Farklı hidrokarbon yağlar ve endüstriyel ölçekte kullanılan yağlarla yapılan çalışmalarda yüzey yükünün pH'a bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

Mazot, fuel oil ve bunların değişik oranlardaki karışımları ile yapılan çalışmalarda karışımdaki fuel oil miktarı arttıkça şarjın sıfır noktasının daha yüksek pH değerine kaydığı tespit edilmiştir.

Bütün katılarda olduğu gibi kömürün de doğal yüzme özelliği temas açısıyla belirlenir. Genellikle yüksek kömürleşme derecesindeki kömürlerde temas açısı 10°-20° arasında değişirken, düşük kömürleşme derecelerindekilere 0°'ye kadar düşmektedir. Saf su içerisinde çeşitli kömür yüzeylerinde 20°-65° arasında değişen temas açılarının ölçüldüğü belirtilmiştir (Atak, 1982). Kömürün nem miktarı flotasyonu ters yönde etkilemektedir. Linyitten antrasite doğru gidildikçe nem miktarı azalır. Buna bağlı olarak da kömürün yüzebilme yeteneği artar. Kömürün kül miktarının flotasyon üzerine etkisi fazladır. Mineral maddeler (inorganikler) suda kolaylıkla ıslanabilir özellik gösterdiklerinden, kömürün kül miktarı arttıkça doğal yüzebilirlik ve temas açısı azalır (Ateşok, 1986).

Flotasyon palpında kömür taneleriyle yağ damlacıklarının birbiriyle etkileşimi çarpışma yoluyla olur. Çarpışma olayının olması ve bunun sonucunda kömür taneleriyle yağ damlacığının adhezyonunun sağlanması, kömür yüzeyi üzerinde hidrofobik bir film oluşması için yeterli koşul değildir. Bunun için yağ damlacığı veya damlacıklarının kömür yüzeyi üzerinde yayılması gerekmektedir. Aksi takdirde yüzebilirlik çok düşük olmaktadır (Moxon, 1987). İyi bir flotasyon işleminin için gerekli koşullar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çok iyi emülsiyeye edilmiş yağ,
- Partikül-yağ damlacığı çarpışmasının arttırılması,
- Yağ damlacığı ve kömür taneleri arasında oldukça düşük elektriksel itme enerjisi,
- İyi bir difüzyon işlemi için yağların yüzey ve su ile olan ara yüzey geriliminin yeterince düşük olması,
- Yağ viskozitesinin, emülsiyon ve yüzey yayılmasının kolaylıkla olduğu ancak por (gözenek) doldurma eğiliminin arttığı değere kadar düşürülmesi gibi özelliklerdir.

Bu özelliklerin değişik yağların belli karışımlarda bulunduğu belirtilmektedir (Morris, vd., 1988; Ghiani vd., 1989) Kömürden piritik kükürt ve külün azaltılması amacıyla pervane hızının, hava miktarının ve köpürtücü miktarının düşük olması gerektiği,

flotasyon devrelerinin uzunluk ve hacimce uygun bir şekilde düzenlenmesi ve buna bağlı olarak köpük yüksekliğinin iyi ayarlanması gerektiği bildirilmektedir (Roberts, 1982; Morris, 1988; Aplan, 1991).

2.8. Türkiye’de Linyit Flotasyonu Üzerine Yapılan Çalışmalarda Mevcut Durum

Enerjinin günümüzde dünya çapındaki önemi göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizde de linyit kömürlerinin çeşitli yöntemlerle zenginleştirilebilirliğine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında, Türkiye linyitlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesini içeren çalışmalar şu şekildedir;

- Sarıkaya ve Özbayoğlu (1984), Erzurum Aşkale linyitlerindeki piritik kükürdü azaltmak amacıyla iki aşamalı flotasyon gerçekleştirmişlerdir.
- Demirefin (1988), Çayırhan linyitleri üzerinde flotasyonla piritik kükürdün azaltılmasına yönelik ayrıntılı çalışmaları vardır.
- Yamık ve Tosun (1994), Seyitömer linyitlerinin kolon flotasyonu ile zenginleştirilebilirliği üzerinde çalışmıştır.
- Sarı (1995), Denizli Çivril yöresi linyit kömürlerinin kolon flotasyonu yöntemi ile piritik kükürdünden arındırılmasını ve aynı zamanda klasik flotasyon yöntemi ile mukayesesini araştırmıştır.
- Deniz (1996), Denizli Çivril yöresi linyit kömürlerinin flotasyon yöntemi ile piritik kükürdünden arındırılmasını araştırmıştır.
- Bayazıt (2000), Soma ince ufalanmış linyit kömürlerinin flotasyon ile zenginleştirilebilirliği üzerinde çalışmıştır.
- Ateşok ve Çelik (2000), zayıf yüzebilirliğe sahip Soma linyitlerinin flotasyonundan önce kuru öğütme aşamasında katkı maddesi ilave

edilerek, zenginleştirilmesinin artırılmasına yönelik olarak yeni bir metot denemişlerdir.

- Deniz, Dinler ve Güneş (2000), Mihalıççık-Eskişehir linyit kömürlerinin yerçekimi yöntemleri ile zenginleştirilememesinin ardından, flotasyon yöntemi ile zenginleştirme olanağını araştırmışlardır.
- Demirbaş (2001), kolon flotasyonu ve diğer bazı yöntemler ile , linyitlerin demineralizasyon ve desülfürizasyonunu incelemiştir.
- Cebeci (2001), değişik reaktiflerle Yozgat Ayrıdam linyitlerinin yüzebilirliğinin artırılmasını araştırmıştır.
- Doğan (1984) ve Göktepe (2002), piritik kükürdü bakteri liçi+flotasyon ile azaltmaya çalışmıştır.
- Ceylan ve Küçük (2003), Türkiye linyitlerinin (Beypazarı, Gölbaşı ve Kangal linyitleri) temizlenmesinde ağır ortam ve köpük flotasyon yöntemlerinin etkinliğini araştırmıştır.
- Şapçı (2004), Çan linyit kömürlerinin flotasyon ile zenginleştirilebilirliğini ve fizibilitesini incelemiştir.
- Bentli ve Kaya (2004), hava standartları nedeniyle stoklanmak zorunda kalınan, Kütahya-Değirmisiaz -0,5 mm linyit kömürünün modifiye flotasyon hücrelerinde zenginleştirilmesi üzerine çalışmıştır.
- Çelik (2006), Garp Linyit İşletmeleri (GLİ), Tunçbilek lavvarından sağlanan linyit kömürleri üzerinde, ince kömürlerin temizlenmesinde köpük flotasyonu ve ağır ortam siklonlarının entegrasyonunu incelemiştir.
- Kelebek, Demir, Şahbaz, Uçar, Çınar, Karagüzel ve Öteyaka (2008), dodecylamin, gazyağı ve pH'nın Tunçbilek linyitlerinin flotasyonu üzerine etkisini çalışmışlardır.

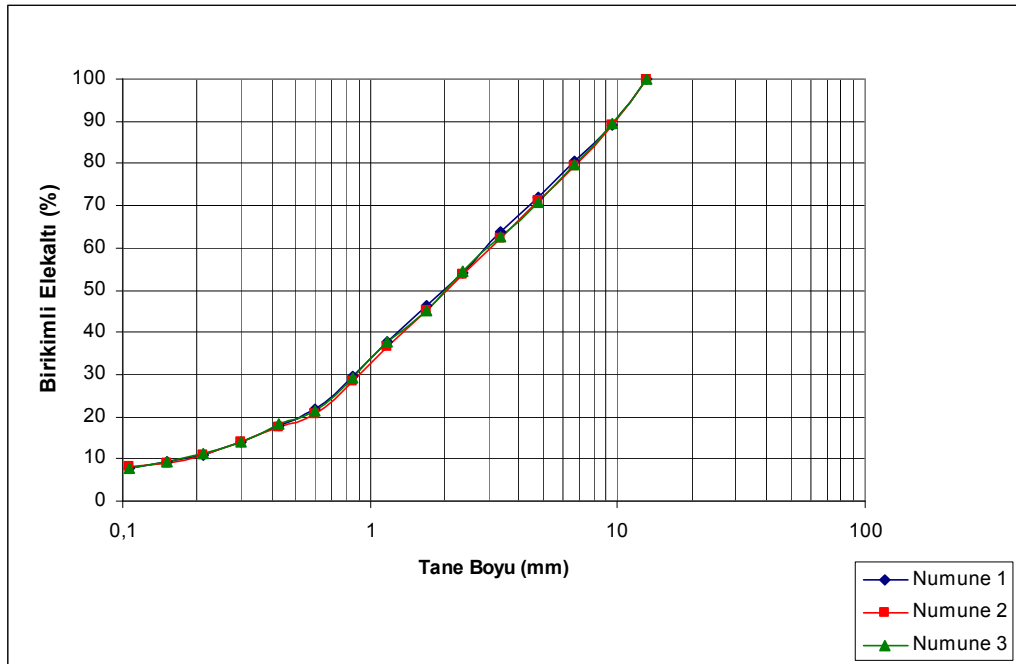
3. MALZEME VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Deneysel Kullanılan Cevher

Deneysel kullanılan linyit kömürü, Bolu ilinin Mengen ilçesinde yapılan numune alma çalışmaları sonucu elde edilmiştir. Bölgenin üç farklı kesiminden alınan numunelerin ilk olarak boyut dağılımları belirlenmiş ve ardından fraksiyonel bazda kimyasal analizleri yapılmıştır.

Elek analizi numuneleri, kömürlerin ayrı ayrı harmanlanması ve konileme dörleme yöntemiyle temsili numuneler alınmasıyla hazırlanmıştır. Mengen linyit kömürlerinin tane boyu dağılımını belirlemek amacıyla, üç kömür numunesine elek analizi uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre belirlenen tane boyu dağılımını gösteren grafik Şekil 3.1.'de verilmektedir.

Tane boyu dağılımları belirlenen numunelerin, farklı boyut fraksiyonlarının bileşimlerini belirlemek üzere nem, kül, kükürt ve ısı değer analizleri (alt ısı değer; A.I.D., üst ısı değer; Ü.I.D.) yapılmıştır. Üç numunenin analiz değerleri sırasıyla, Çizelge 3.1., Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Üç farklı Mengen kömürü numunesinin tane boyu dağılımları

Çizelge 3.1. Numune 1'e ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri

Fraksiyon (mm)	Nem (%)	Kuru Kül (%)	Orijinal Ü.I.D. (Kcal/kg)	Orijinal A.I.D. (kcal/kg)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	4,35	19,82	6191	5937	6471	6233	12,02
-4,75+2,36	4,96	15,99	6210	5943	6531	6282	11,94
-2,36+0,600	6,13	12,83	6318	6038	6726	6467	12,27
-0,600+0,106	4,77	9,51	6695	6410	7025	6756	12,36
-0,106	5,38	27,44	4910	4674	5189	4974	9,42
Ham Numune	8,52	18,54	5751	5479	6287	6045	11,96

Çizelge 3.2. Numune 2'ye ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri

Fraksiyon (mm)	Nem (%)	Kuru Kül (%)	Orijinal Ü.I.D. (Kcal/kg)	Orijinal A.I.D. (kcal/kg)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	4,54	25,40	5674	5435	5940	5718	10,74
-4,75+2,36	4,90	15,26	6304	6035	6626	6375	12,02
-2,36+0,600	5,39	12,43	6460	6182	6830	6570	12,32
-0,600+0,106	4,14	11,16	6571	6293	6855	6591	12,14
-0,106	4,47	24,16	5420	5178	5674	5448	9,99
Ham Numune	7,82	26,21	5250	5001	5695	5476	11,46

Çizelge 3.3. Numune 3'e ait fraksiyonel ve ham numune analiz değerleri

Fraksiyon (mm)	Nem (%)	Kuru Kül (%)	Orijinal Ü.I.D. (Kcal/kg)	Orijinal A.I.D. (kcal/kg)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	4,85	24,10	5622	5378	5906	5680	10,94
-4,75+2,36	5,22	15,96	6142	5874	6476	6227	11,85
-2,36+0,600	4,92	13,45	6313	6039	6644	6387	11,94
-0,600+0,106	4,74	11,93	6369	6091	6681	6419	11,81
-0,106	4,06	26,85	5268	5035	5491	5274	9,57
Ham Numune	7,59	19,31	5982	5715	6473	6234	11,61

3.2. Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Deneyler

3.2.1. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneyleri

Saf kömür tanelerinin yoğunluğunun $1,3 \text{ g/cm}^3$ olduğu göz önünde bulundurularak, bu yoğunlukta yüzecek tanelerin pirit içeriği yok denecek kadar az olacağından, üç ayrı kömür numunesinden $-13,2 \text{ mm} + 4,75 \text{ mm}$, $-4,75 \text{ mm} + 2,36 \text{ mm}$, $-2,36 \text{ mm} + 0,6 \text{ mm}$ ve $-0,6 \text{ mm} + 0,106 \text{ mm}$ fraksiyonlarında kömür numuneleri hazırlanmış ve bu numuneler çinko klorür (ZnCl_2) kullanılarak hazırlanan $1,3 \text{ g/cm}^3$ yoğunlukta çözeltiye ayrı ayrı yüzdürme batırma işlemine tabi tutulmuştur. Her testten sonra yüzen ve batan ürünler kurutulmuş, nem, kül, kükürt ve ısı değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri

Deneylerde numunelerin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak sadece 1 Numaralı numuneye flotasyon testleri uygulanmıştır. Pirit flotasyonu, pirit yüzeylerinin bakır sülfat (CuSO_4) ile aktive edilerek ksantat tipi toplayıcılarla (potasyum amil ksantat;KAX, sodyum isopropil ksantat;SIPX) yüzdürülmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneylerde köpürtücü olarak metil izobütil karbinol(MIBC) ve çamyacı (%50 + %50 karışım halinde) kullanılmış ve tüm deneylerde pH sürekli izlenmiş, pH değişimlerine %1 derişime sahip sülfirik asit (H_2SO_4) çözeltisi ile müdahale edilerek 5,5'e ayarlanmıştır. Tane boyunun etkisini görmek amacıyla flotasyon numuneleri $-500 \mu\text{m}$ ve $-212 \mu\text{m}$ 'ye öğütülerek iki ayrı grupta hazırlanmıştır. Farklı tane boyundaki numunelere, toplayıcı, canlandırıcı ve köpürtücü dozajları değiştirilerek farklı flotasyon sürelerinde testler yapılmıştır. Bu deneylerde toplayıcı miktarı maksimum miktarda pirit yüzdürülebilecek şekilde seçilmiştir. Deney sonucunda elde edilen yüzen ve batan ürünler kurutulmuş, tartılmış ve nem, kül, kükürt, ısı değer analizleri yapılmıştır. Çizelge 3.4.'de Mengen kömürlerine uygulanan pirit flotasyonu test koşulları görülmektedir.

Flotasyon deneyleri Denver DR12 tipi flotasyon makinesinde, 2,5 lt'lik hücrede, 1200 dev/dk karıştırma hızında yapılmıştır. Deneyler boyunca gerekli olan havanın

sağlanması amacıyla kompresör kullanılmış ve hava miktarı tüm deneyler boyunca bir akış ölçer yardımı ile 4 lt/dk'da sabit tutulmuştur.

Çizelge 3.4. Pirit flotasyonu deney koşulları

Parametreler	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney7
Tane Boyu (µm)	-500	-500	-500	-212	-212	-212	-212
Rotor Hızı (rpm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
pH	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Toplayıcı	KAX	KAX	KAX	KAX	KAX	KAX	KAX+SIPX
Toplayıcı Dozajı (g/t)	100	300	300	300	500	700	1000(Kax) + 500(SIPX) + 500(SIPX) + 500(SIPX)
Toplayıcı Koşullandırma Süresi (dakika)	5	5	5	5	5	5	1 + 1 + 1 + 1
Canlandırıcı	CuSO ₄	CuSO ₄	CuSO ₄	CuSO ₄	CuSO ₄	CuSO ₄	CuSO ₄
Canlandırıcı Dozajı (g/t)	50 + 50	200	200	200	200	200	1000 + 500 + 500
Köpürtücü	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı	MIBC + Çamyağı
Köpürtücü Dozajı (g/t)	30 + 30	60 + 60	60 + 60	90	90	90	1000 + 500 + 500
Köpürtücü Koşullandırma Süresi (dakika)	1 + 1	1 + 1	1 + 1	1	1	3	5 + 1 + 1
Flotasyon Süresi (dakika)	13	13	13	13	13	13	28

3.3. Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltilmesine Yönelik Yapılan Deneyler

3.3.1. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneyleri

Çalışmanın bu kısmında Mengen kömürlerinin yerçekimiyle zenginleştirme yöntemi ile ısıl değerinin yükselme durumunu araştırmak amacıyla detaylı ağır sıvı testleri yapılmıştır. Karakterizasyon alışmaları sonucu üç numunenin özelliklerinin birbirlerine çok benzer olduğunun görülmesi nedeniyle üç numune eşit oranlarda karıştırılıp 0,5 mm açıklıklı elekten elenerek tane boyu fraksiyonu -13,2+0,5 mm olmak üzere tek bir yüzdürme-batırma numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numune, çinko klorür ile 0,1 g/cm³ aralıklarla 1,3 ile 1,9 g/cm³ yoğunluklar arasında hazırlanan çözeltelerde yüzdürme batırma testlerine tabi tutulmuş ve alınan ürünler kurutulularak, nem, kül, ısıl değer ve kükürt analizleri yapılmıştır.

3.3.2. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam deneyi

Ağır sıvı testinden elde edilen sonuçların uygulamada kullanılacak ağır ortam ayırması ile uyumunu incelemek amacıyla 1, 2 ve 3 Numaralı numunelerden hazırlanmış olan karışım, ortam yoğunluğu 1,55 g/cm³ değerine ayarlanmış laboratuvar ağır ortam ayırma düzeneğinde yıkamaya tabi tutulmuştur. Bu amaçla -13,2 mm fraksiyonu içinden, ağır ortama uygun olmayan – 0,5 mm fraksiyonu elenerek ayrılmış ve -13,2 + 0,5 mm ağır sıvı testi uygulanmıştır.

3.3.3. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri

Mengen kömürlerinin ısıl değerinin arttırılmasına yönelik yapılan flotasyon deneylerinde, kükürt içeriği değişen kömür tanelerinin yüzme hızlarının da farklı olabileceği hipoteziyle kinetik testler yapılarak kömür yüzdürülmüş, her zaman aralığında ürünlerin kimyasal analizleri yapılmıştır. Çalışmanın bu kısmında ilk olarak, Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı seçimi ve seçilen toplayıcı ile en iyi flotasyon koşullarının (optimum toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyu) belirlenmesi olmak üzere çalışmalar yapılmıştır. Ardından

belirlenen optimum koşullarda ağır ortam ürününe ve ağır ortam ile zenginleştirilemeyen -500 µm fraksiyonuna flotasyon testleri uygulanmıştır.

3.3.3.1. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlenmesi

Mengen kömürlerinin flotasyonunda kullanılmak üzere en uygun toplayıcının seçilmesine yönelik çalışmalar için 1 No'lu numune 500 µm'nin altına öğütülmüş, numuneye kömür flotasyonunda kullanılan farklı toplayıcı kimyasallar kullanılarak flotasyon testleri uygulanmıştır.

Farklı toplayıcıların etkisinin incelendiği deneyler iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada etkisi incelenecek toplayıcı sisteme ilave edilerek bir ürün alınmış, daha sonra sisteme bir kömür toplayıcısı olan gaz yağı ilavesi ile ikinci bir yüzen ürün elde edilmiştir. Sistemde pH'ya müdahale edilmemiş, doğal pH değerinde flotasyon gerçekleştirilmiştir. Her deneyde birinci aşamada 5 dakika toplayıcı, 1 dakika köpürtücü ile koşullandırma yapılmıştır. İkinci aşamada ise gaz yağı ile ilaveten 1 dakika koşullandırılmıştır. Birinci aşamada toplam 10 dakika, ikinci aşamada ise 3 dakika köpük sıyırılmıştır. Köpük sıyırma süresi köpükte kömür gelmeyen en uzun süre olarak belirlenmiştir. Genellikle birinci aşamada 10 dakika, 2. aşamada 3 dakika olmak üzere toplamda 13 dakika sıyırma bu işlem için bütün deneylerde yeterli olmuştur. Flotasyon işleminde her aşamada yüzen ürünler kurutulup tartılmış, kül, ısı değer ve kükürt analizlerine tabi tutulmuştur. Toplayıcı seçimi için yapılan flotasyon deneylerinin koşulları Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

3.3.3.2. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesi

Mengen kömürleri için en uygun toplayıcının seçilmesinin ardından, optimum toplayıcı dozajı ve optimum flotasyon besleme tane boyunu belirlemek üzere Mengen kömürlerine kinetik flotasyon testleri uygulanmıştır.

Optimum toplayıcı dozajını belirlemek üzere 500 µm altına öğütülmüş numunelere aynı koşullarda toplayıcı dozajı değiştirilerek kinetik flotasyon testleri yapılmıştır. Toplayıcı olarak önceki çalışmalarda seçilmiş olan gazyağı kullanılmış, başlangıç toplayıcı miktarı olarak yine toplayıcı seçimi için yapılan deneylerde kullanılan toplam gazyağı miktarı olan 1387 g/t seçilmiştir. Toplayıcı dozajı 2773 g/t ve 4160 g/t olacak şekilde artırılarak toplayıcı dozajının etkisi incelenmiştir. Deney sonucunda belirli zaman aralıklarında elde edilen bütün konsantre ve artık analiz edilerek, kül, uçucu madde, sabit karbon ve ısıl içerikleri belirlenmiştir. Mengen kömürlerinin flotasyonu için optimum toplayıcı dozajının belirlenmesine yönelik yapılan kinetik testlerin koşulları Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.5. Toplayıcı seçimi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları

Aşama	Koşul	Deney1	Deney2	Deney3	Deney4	Deney5
1. Aşama	pH	7,14	6,81	6,78	6,84	7,30
	Toplayıcı	Oleat	Floinor SM15	Flotinor FS2	Hostaflot LIP	Gazyağı
	Toplayıcı Dozajı (g/t)	3000	500	500	500	693,33
	Köpürtücü	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı
	Köpürtücü Dozajı (g/t)	20	20	20	20	20
	Flotasyon Süresi (dk)	10	10	10	10	10
2. Aşama	Toplayıcı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı
	Toplayıcı Dozajı (g/t)	693,33	693,33	693,33	693,33	693,33
	Köpürtücü	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı	MIBC + Çamyacı
	Köpürtücü Dozajı (g/t)	20	20	20	20	20
	Flotasyon Süresi (dk)	3	3	3	3	3
Toplam	Toplayıcı Dozajı (g/t)	3693,33	1193,33	1193,33	1193,33	1386,67
	Köpürtücü Dozajı (g/t)	40	40	40	40	40
	Flotasyon Süresi (dk)	13	13	13	13	13

Çizelge 3.6. Optimum toplayıcı dozajının belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları

Koşul	Deney1	Deney2	Deney3
Tane Boyu (μm)	-500	-500	-500
Toplayıcı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı
Toplayıcı Dozajı (g/t)	1387	2773	4160
Köpürtücü	MIBC+Çamyağı	MIBC+Çamyağı	MIBC+Çamyağı
Köpürtücü Dozajı (g/t)	40	40	40
Flotasyon Süresi (dk)	15	15	15+5

Toplayıcı dozajının flotasyona etkisinin ortaya konulmasının ardından flotasyon besleme tane boyunun etkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalara geçilmiştir. Flotasyon besleme tane boyu $-500\mu\text{m}$, $-300\mu\text{m}$ ve $-106\mu\text{m}$ olacak şekilde öğütülerek üç farklı flotasyon numunesi hazırlanmış ve bu inceliklerdeki numunelere benzer koşullarda kinetik flotasyon testleri uygulanmıştır. Flotasyon çalışmalarında toplayıcı dozajı olarak en yüksek verimin elde edildiği 4160 g/t değeri kullanılmıştır. Kinetik kömür flotasyonu testlerinde yüzen ürün miktarının flotasyon süresine bağlı değişimi incelenmiştir. Mengen kömürlerinin flotasyonu için flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesine yönelik yapılan kinetik testlerin koşulları Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları

Koşul	Deney1	Deney2	Deney3
Tane Boyu (μm)	-500	-300	-106
Toplayıcı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı
Toplayıcı Dozajı (g/t)	4160	4160	4160
Köpürtücü	MIBC+Çamyağı	MIBC+Çamyağı	MIBC+Çamyağı
Köpürtücü Dozajı (g/t)	40	40	40
Flotasyon Süresi (dk)	20	20	20

3.3.3.3. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun koşullarda dağıtıcı ilavesinin etkisinin incelenmesi

Çalışmanın bu kısmında, Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun koşulların belirlenmesinin ardından, bu koşullarda sisteme başlangıçta farklı dozajlarda dağıtıcı ilave edilerek bir seri flotasyon deneyi yapılmış ve deneylerin sonuçları incelenerek, dağıtıcı kullanılmasının gerekli olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu kapsamda dağıtıcı olarak farklı dozajlarda (500, 1000 ve 1500 g/ton) sodyum silikat (Na_2SiO_3) kullanılmıştır. Dağıtıcı dozajının etkisinin incelendiği deneylerin koşulları Çizelge 3.8.'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Optimum dağıtıcı dozajının belirlenmesi için yapılan kinetik flotasyon deneylerinin koşulları

Koşul	Deney1	Deney2	Deney3
Tane Boyu (μm)	106	106	106
Toplayıcı	Gazyağı	Gazyağı	Gazyağı
Toplayıcı Dozajı (g/t)	4160	4160	4160
Köpürtücü	MIBC+Çamyacı	MIBC+Çamyacı	MIBC+Çamyacı
Köpürtücü Dozajı (g/t)	40	40	40
Dağıtıcı	Na_2SiO_3	Na_2SiO_3	Na_2SiO_3
Dağıtıcı Dozajı (g/t)	500	1000	1500
Flotasyon Süresi (dk)	5	5	5

3.3.4. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyonu

Laboratuvarda yapılan ağır ortam testinden elde edilen konsantre -106 μm 'ye öğütülerek, belirlenen optimum koşullarda flotasyona tabi tutulmuştur. Deney sonucunda elde edilen konsantreler ve artık analiz edilerek, nem, kül, uçucu madde, bağlı karbon, kükürt ve ısıl değer içerikleri belirlenmiştir. Bu konsantreye uygulanan kinetik flotasyon test koşulları Çizelge 3.9.'da verilmektedir.

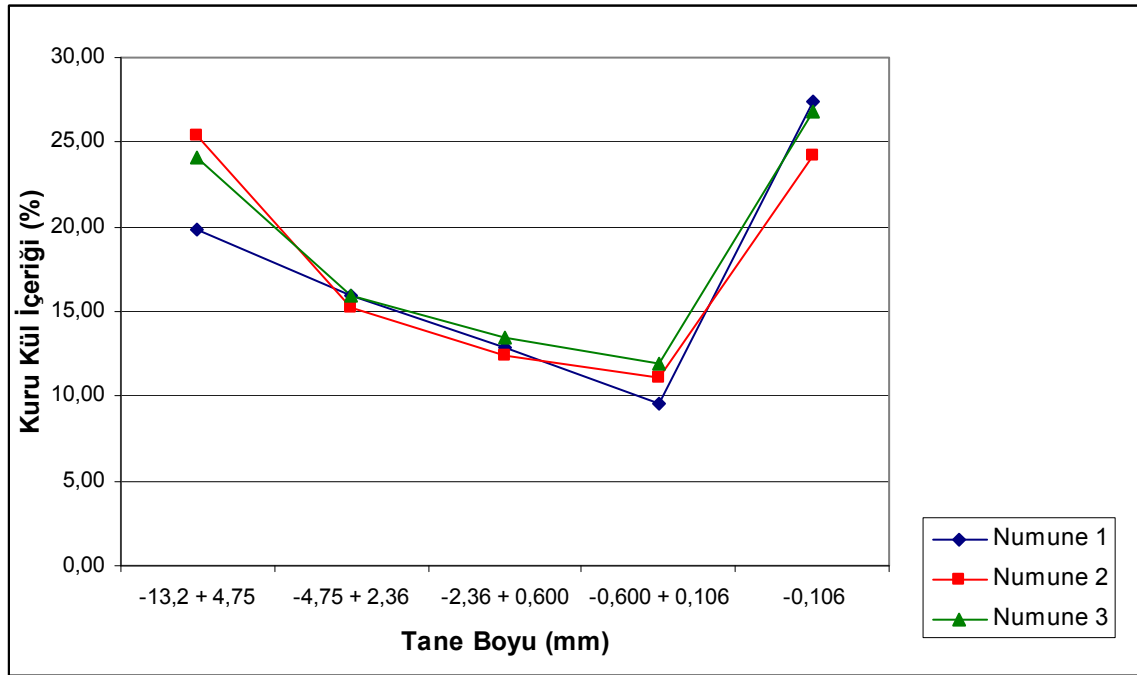
Çizelge 3.9. Ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin koşulları

Koşul	Deney
Tane Boyu (μm)	-106
Toplayıcı	Gazyağı
Toplayıcı Dozajı (g/t)	4160
Köpürtücü	MIBC+Çamyağı
Köpürtücü Dozajı (g/t)	50
Flotasyon Süresi (dk)	5

4. DENEYSEL SONUÇLAR

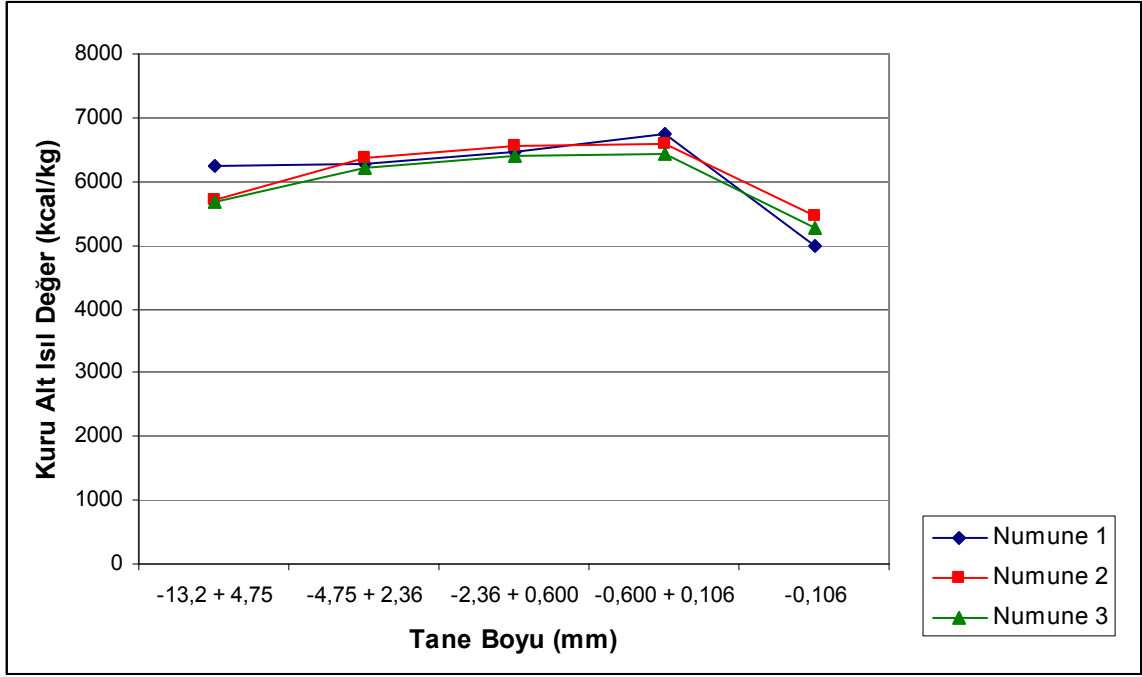
4.1. Mengen Kömürüne Ait Numunelerin Karşılaştırılması

Deneyisel çalışmaların birinci aşamasında üç Mengen kömürü numunesinin tane boyut dağılımlarının belirlenmesi için elek analizi yapılmış ve farklı boyut fraksiyonlarının nem, kül, ısıl değer ve kükürt içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen analiz değerlerinden yola çıkarak numunelerin tane boyuna göre kuru kül, kuru alt ısıl değer ve kuru kükürt değerlerinin değişimi incelenmiştir. Üç Mengen kömürü numunesinin tane boyuna göre kuru kül, kuru alt ısıl değer ve kuru kükürt değerlerinin değişimini gösteren grafikler Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir.

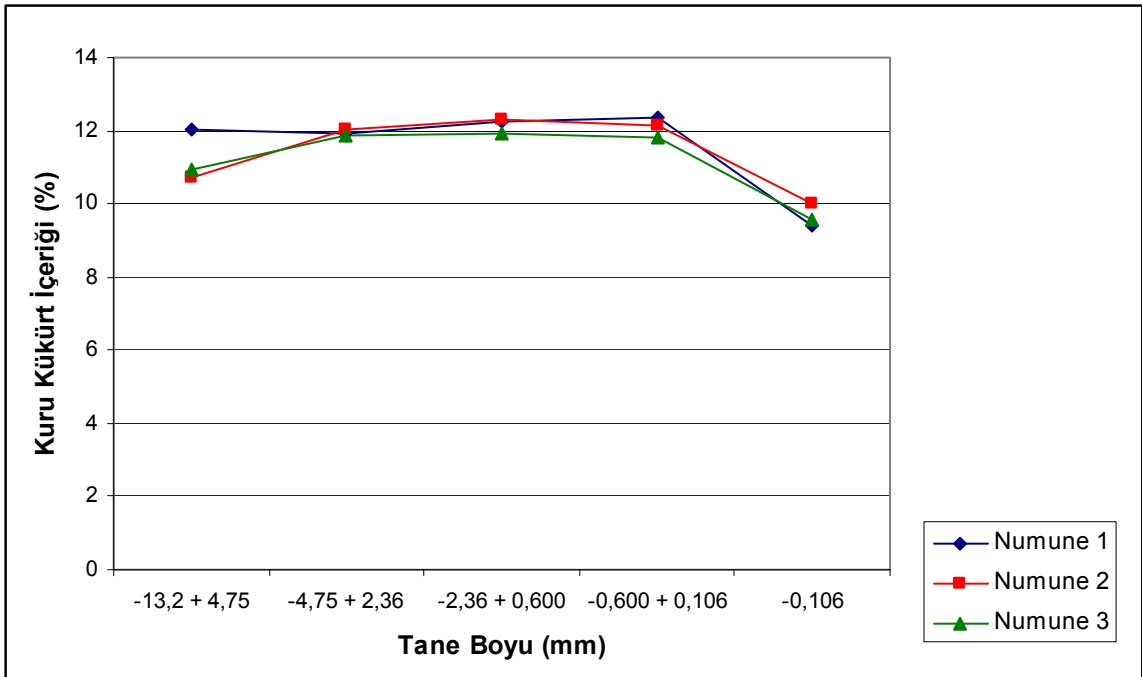


Şekil 4.1. Üç numunenin kuru kül içeriklerinin tane boyuna göre değişimi

Fraksiyonel kül içeriği eğrisine bakıldığında, kül değerinin tane boyu incelidikçe azaldığı ve en ince fraksiyonda kül içeriğinin yükseldiği görülmektedir. Buna paralel olarak fraksiyonel alt ısıl değer eğrisinde ısıl değerinin incelen tane boyuyla yükseldiği ancak en ince fraksiyonda düştüğü görülmektedir. Bu durum, kömürde bulunan kilin tane boyu en ince fraksiyona birikmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.2. Üç numunenin kuru alt ısıl değerlerinin tane boyuna göre değişimi



Şekil 4.3. Üç numunenin kuru kükürt içeriklerinin tane boyuna göre değişimi

Numunelerin fraksiyonel kükürt içeriği eğrilerine bakıldığında kuru kül içeriğindeki değişimin tersi, yani incelen tane boyuyla kükürt içeriğinin arttığı ve en ince fraksiyonda kükürt içeriğinin azaldığı görülmektedir. Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve

Şekil 4.3. incelendiğinde numunelerin fraksiyonel kömür analiz değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

4.2. Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları

4.2.1. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneylerinin sonuçları

Mengen linyit kömürlerinin içerdiği kükürt miktarının düşürülmesine yönelik, üç numunenin farklı tane boyu fraksiyonlarına 1,3 g/cm³ yoğunluğunda ağır sıvı testleri uygulanmıştır. Numune 1, Numune 2 ve Numune 3'e uygulanan ağır sıvı testlerinin sonuçları Çizelge 4.1., Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Numune 1 için 1,3 g/cm³ yoğunlukta yıkama sonuçları

Fraksiyon (mm)	Yoğunluk (g/ml)	Ağırlık (%)	Kuru Kül (%)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	1,3 Yüzen	16,01	2,93	7735	7447	12,98
	1,3 Batan	83,99	23,03	6230	6001	11,84
-4,75+2,36	1,3 Yüzen	8,48	2,94	7763	7475	12,04
	1,3 Batan	91,52	17,20	6417	6171	11,94
-2,36+0,600	1,3 Yüzen	12,71	2,96	7684	7396	12,24
	1,3 Batan	87,29	14,27	6587	6332	12,28
-0,600+0,106	1,3 Yüzen	37,55	2,62	7728	7439	12,55
	1,3 Batan	62,45	13,65	6602	6345	12,24

Çizelge 4.2. Numune 2 için 1,3 g/cm³ yoğunlukta yıkama sonuçları

Fraksiyon (mm)	Yoğunluk (g/ml)	Ağırlık (%)	Kuru Kül (%)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	1,3 Yüzen	12,81	3,22	8094	7806	12,10
	1,3 Batan	87,19	28,66	5623	5412	10,54
-4,75+2,36	1,3 Yüzen	11,70	3,10	7715	7427	11,94
	1,3 Batan	88,30	16,87	6482	6235	12,03
-2,36+0,600	1,3 Yüzen	77,89	4,22	7477	7193	13,06
	1,3 Batan	22,11	41,36	4551	4377	9,71
-0,600+0,106	1,3 Yüzen	47,24	2,80	7615	7327	12,64
	1,3 Batan	52,76	18,64	6174	5932	11,69

Çizelge 4.3. Numune 3 için 1,3 g/cm³ yoğunlukta yıkama sonuçları

Fraksiyon (mm)	Yoğunluk (g/ml)	Ağırlık (%)	Kuru Kül (%)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Kuru A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
-13,2+4,75	1,3 Yüzen	8,52	3,16	7669	7381	12,81
	1,3 Batan	91,48	26,05	5742	5522	10,77
-4,75+2,36	1,3 Yüzen	12,14	3,03	7658	7370	12,08
	1,3 Batan	87,86	17,75	6313	6069	11,82
-2,36+0,600	1,3 Yüzen	76,69	4,54	7357	7073	12,69
	1,3 Batan	23,31	42,75	4300	4130	9,48
-0,600+0,106	1,3 Yüzen	44,51	2,26	7474	7184	12,28
	1,3 Batan	55,49	19,69	6045	5806	11,43

4.2.2. Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları

Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinde, toplayıcı miktarı maksimum miktarda pirit yüzdürülebilecek şekilde seçilmiştir. Deney sonucunda elde edilen yüzen ve batan ürünler kurutulmuş, tartılmış ve nem, kül, kükürt, ısı değer analizleri yapılmıştır. Pirit flotasyonuna ait detaylı deney sonuçları EK 2’de verilmiştir.

4.3. Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltilmesine Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları

4.3.1. Isıl değerinin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneylerinin sonuçları

Kükürt içeriği düşürülemeyen Mengen kömürlerinin yerçekimiyle zenginleştirme ile ısı değerinin yükseltilmesini araştırmak amacıyla yapılan detaylı ağır sıvı testlerinden elde edilen kömür yıkanabilirlik verileri Çizelge 4.4.’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Mengen kömürü yıkanabilirlik verileri

Yoğunluk (g/cm ³)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birikimli Yüzen		
					Ağırlık (%)	Kül (%)	Kükürt (%)
1,3 Yüzen	7,83	2,81	11,52	1,3	7,83	2,81	11,52
1,3B-1,4Y	67,73	5,07	12,53	1,4	75,56	4,83	12,43
1,4B-1,5Y	8,78	16,05	13,05	1,5	84,34	6,00	12,49
1,5B-1,6Y	2,67	30,41	11,28	1,6	87,01	6,75	12,45
1,6B-1,7Y	1,72	44,26	9,69	1,7	88,73	7,48	12,40
1,7B-1,8Y	1,81	50,03	7,53	1,8	90,53	8,33	12,30
1,8B-1,9Y	0,86	57,62	7,49	1,9	91,39	8,79	12,26
1.9 Batan	8,61	73,63	2,50	Toplam	100,00	14,37	11,42
Toplam	100,00	14,37	11,42				

4.3.2. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam deneyinin sonucu

Ağır sıvı testinden elde edilen sonuçların uygulamada kullanılacak ağır ortam ayırması ile uyumunu incelemek amacıyla yapılan deneyin sonuçları çizelge 4.5.'de verilmektedir.

Çizelge 4.5. Ağır ortam test sonucu

Ürün	Ağırlık (%)	Nem (%)	Kuru Kül (%)	Kuru Ü.I.D.	Kuru A.I.D.	Toplam Kuru Kükürt (%)
Yüzen	85	2,67	7,43	7132	6857	12,25
Batan	15	12,90	53,67	2987	2849	6,72
Besleme	100	4,21	14,37	6510	6256	11,42

4.3.3. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları

4.3.3.1. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlenmesi

Mengen kömürlerinin flotasyonu için farklı toplayıcıların etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mengen kömürlerinin flotasyonu için uygun toplayıcının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları

Flotasyon Verileri			Kuru Analiz Değerleri				
Deney No	Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)
D deney 1	Yüzen1	40,26	9,43	53,12	6921	6652	12,72
	Yüzen2	30,37	10,19	54,39	6908	6641	11,47
	Top.Yüzen	70,63	9,76	53,66	6915	6647	12,18
	Batan	29,37	27,81	47,76	5455	5241	10,26
	Besleme	100,00	15,06	51,93	6486	6234	11,62
D deney 2	Yüzen1	22,10	18,91	49,80	6174	5933	10,81
	Yüzen2	59,29	8,20	54,67	7060	6787	12,42
	Top.Yüzen	81,39	11,11	53,34	6819	6555	11,98
	Batan	18,61	33,29	47,99	5026	4828	9,67
	Besleme	100,00	15,23	52,35	6486	6234	11,55
D deney 3	Yüzen1	5,29	14,42	51,00	6014	5760	10,88
	Yüzen2	44,04	6,97	54,47	7176	6899	12,25
	Top.Yüzen	49,34	7,77	54,10	7051	6777	12,10
	Batan	50,66	22,70	50,34	5830	5601	11,03
	Besleme	100,00	15,33	52,19	6433	6181	11,56
D deney 4	Yüzen1	53,89	9,84	53,67	6906	6638	11,99
	Yüzen2	22,64	8,61	54,86	7030	6759	12,54
	Top.Yüzen	76,54	9,48	54,02	6943	6674	12,16
	Batan	23,46	33,36	47,22	5010	4812	9,76
	Besleme	100,00	15,08	52,43	6489	6237	11,59
D deney 5	Yüzen1	59,12	7,79	54,20	7085	6811	12,15
	Yüzen2	10,25	10,13	54,46	6839	6572	12,41
	Top.Yüzen	69,37	8,14	54,24	7049	6776	12,19
	Batan	30,63	29,51	48,06	5302,00	5093,00	10,16
	Besleme	100,00	14,69	52,35	6514,00	6260,00	11,57

4.3.3.2. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları

Mengen kömürlerinin flotasyonu için uygun toplayıcının belirlenmesinin ardından optimum toplayıcı dozajının belirlenmesine yönelik kinetik flotasyon deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde toplayıcı dozajı, uygun toplayıcının seçilmesine yönelik yapılan deneylerde uygulanan 1378 g/t kullanılarak başlanılmış ve 2773 g/t, 4160 g/t olarak artırılarak devam edilmiştir. 1387g/t, 2773 g/t ve 4160g/t toplayıcı dozajlarıyla yapılan kinetik test sonucunda elde edilen nihai kümülatif yüzen ürün ve batan kısmın özellikleri sırasıyla Çizelge 4.7., 4.8. ve 4.9.'da görülmektedir. Detaylı analiz sonuçları EK 3, EK 4, EK 5 ve EK 6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.7. 1378 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	57,39	10,72	52,53	38,58	6949	6678
Batan	42,61	27,84	47,92	28,97	5705	5477
Toplam	100,00	18,01	50,56	34,48	6419	6166

Çizelge 4.8. 2773 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	67,10	10,44	52,50	38,83	6914	6643
Batan	32,90	33,48	46,95	25,26	5487	5272
Toplam	100,00	18,02	50,67	34,37	6445	6192

Çizelge 4.9. 4160 g/t toplayıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	87,06	11,68	53,52	36,79	6921	6653
Batan	12,94	61,24	42,18	6,99	3444	3298
Toplam	100,00	18,09	52,05	32,94	6471	6219

Mengen kömürünün flotasyonunda kullanılacak olan toplayıcı için en uygun dozajın belirlenmesinin ardından, optimum tane boyunun saptanmasına yönelik yapılan deneylere geçilmiştir. Flotasyon besleme tane boyunun -500µm, -300µm, ve -106µm olacak şekilde öğütülerek hazırlandığı bu kinetik deneylerin kümülatif bazda nihai yüzen ve batan ürünlerinin özellikleri sırasıyla Çizelge 4.10., Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. -500µm numuneye uygulanan test sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	87,06	11,68	53,52	36,79	6921	6653
Batan	12,94	61,24	42,18	6,99	3444	3298
Toplam	100,00	18,09	52,05	32,94	6471	6219

Çizelge 4.11. -300µm numuneye uygulanan test sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	92,22	11,51	53,19	37,26	6917	6649
Batan	7,78	75,62	36,92	0,32	2073	1963
Toplam	100,00	16,49	51,92	34,39	6540	6284

Çizelge 4.12. -106µm numuneye uygulanan test sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	95,47	12,75	53,21	36,20	6902	6637
Batan	4,53	92,78	23,00	0,00	680	612
Toplam	100,00	16,38	51,84	34,56	6620	6364

4.3.3.3. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun dağıtıcı dozajının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları

Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun koşulların (toplayıcı türü, toplayıcı dozajı, flotasyon besleme tane boyu) belirlenmesinin ardından, dağıtıcı kullanılmasının flotasyon performansına etkisinin gözlenmesi amacıyla yapılan

deneylerin sonuçları sırasıyla Çizelge 4.13., Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.15.'de verilmektedir. Detaylı analiz sonuçları EK 7 ve EK 8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.13. 500 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	84,02	10,03	52,25	37,72	6801,98	6534,76
Batan	15,98	41,62	40,47	17,90	4134,61	3961,23
Toplam	100,00	15,08	50,37	34,55	6375,60	6123,38

Çizelge 4.14. 1000 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	85,40	9,45	53,04	37,51	6886,72	6617,79
Batan	14,60	45,44	39,28	15,28	3804,97	3642,92
Toplam	100,00	14,71	51,03	34,26	6436,66	6183,34

Çizelge 4.15. 1500 g/t dağıtıcı dozajı deney sonuçları

Flotasyon Verileri		Kuru Analiz Verileri				
Numune	Ağırlık (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
Yüzen	82,62	9,89	52,86	37,25	6796,69	6529,05
Batan	17,38	38,86	41,57	19,57	4408,83	4227,25
Toplam	100,00	14,92	50,90	34,18	6381,56	6128,89

4.3.4. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin sonucu

Laboratuarda yapılan ağır ortam testinden elde edilen konsantrenin flotasyona tabi tutulması sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16.'da verilmektedir.

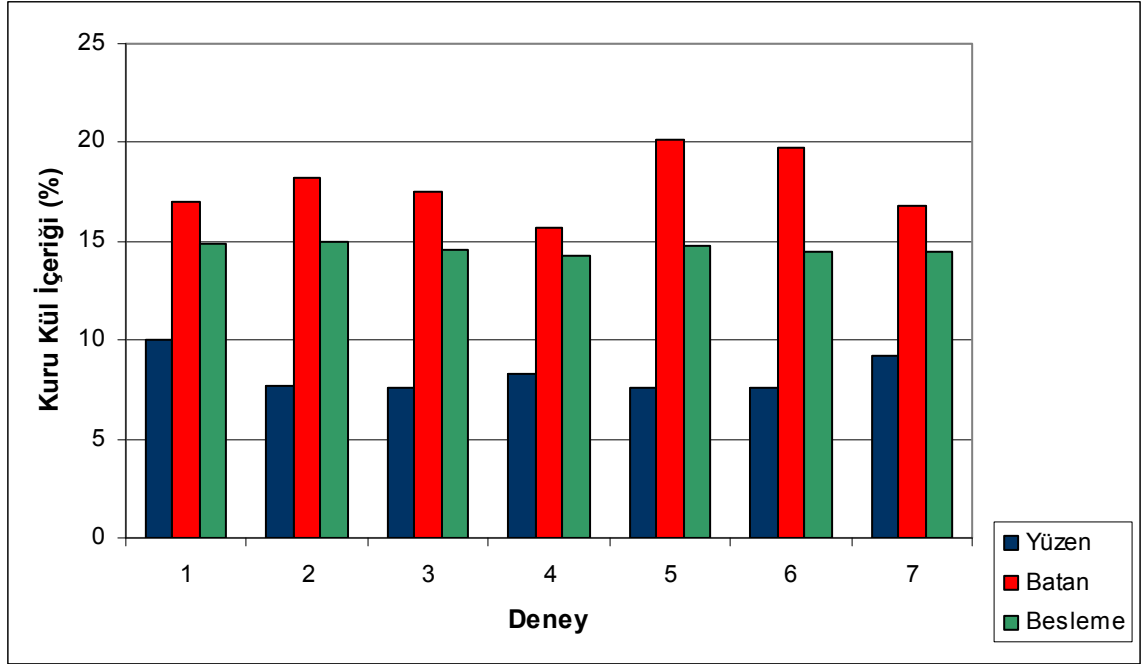
Çizelge 4.16. Ağır ortam konsantresine uygulanan flotasyon deneyi sonuçları

Numune	Ağırlık (%)	Nem (%)	Kuru Kül (%)	Kuru Uçucu Madde (%)	Kuru Bağlı Karbon (%)	Kuru Ü.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kuru Kükürt (%)
Yüzen	96,70	2,57	6,44	53,90	36,37	7015	11,95
Batan	3,30	3,02	30,25	45,84	23,90	4910	9,13
Besleme	100,00	2,67	7,43	55,41	37,16	6928	12,25

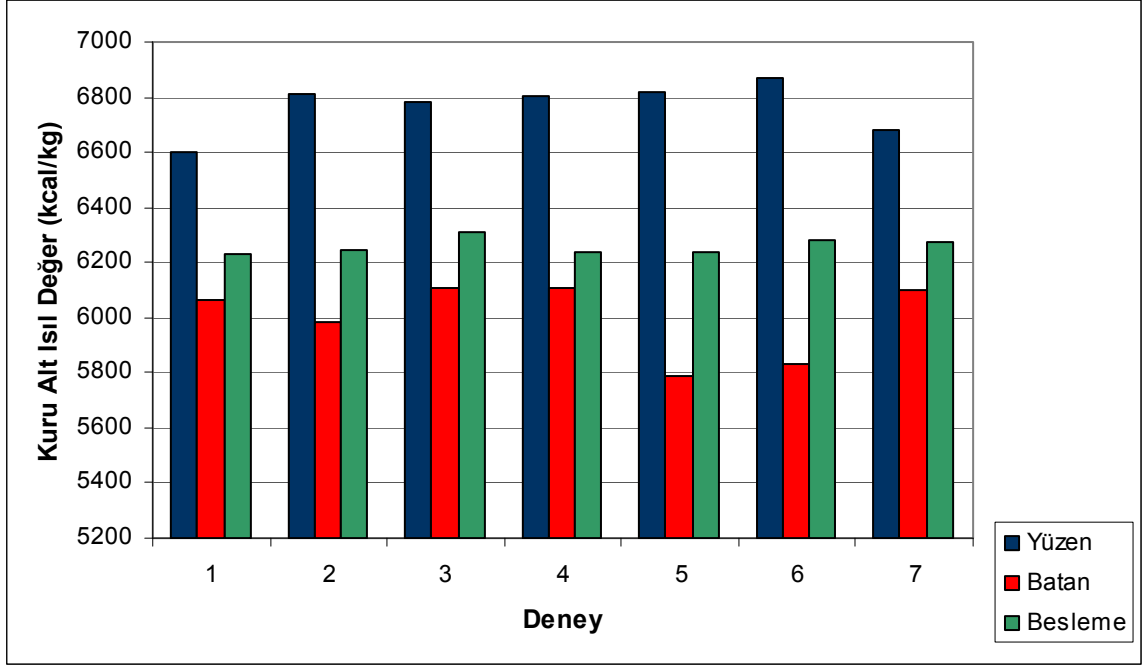
5. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Mengen Linyit Kömürlerinin Kükürt İçeriğinin Düşürülmesine Yönelik Yapılan Ağır Sıvı ve Flotasyon Deneyleri

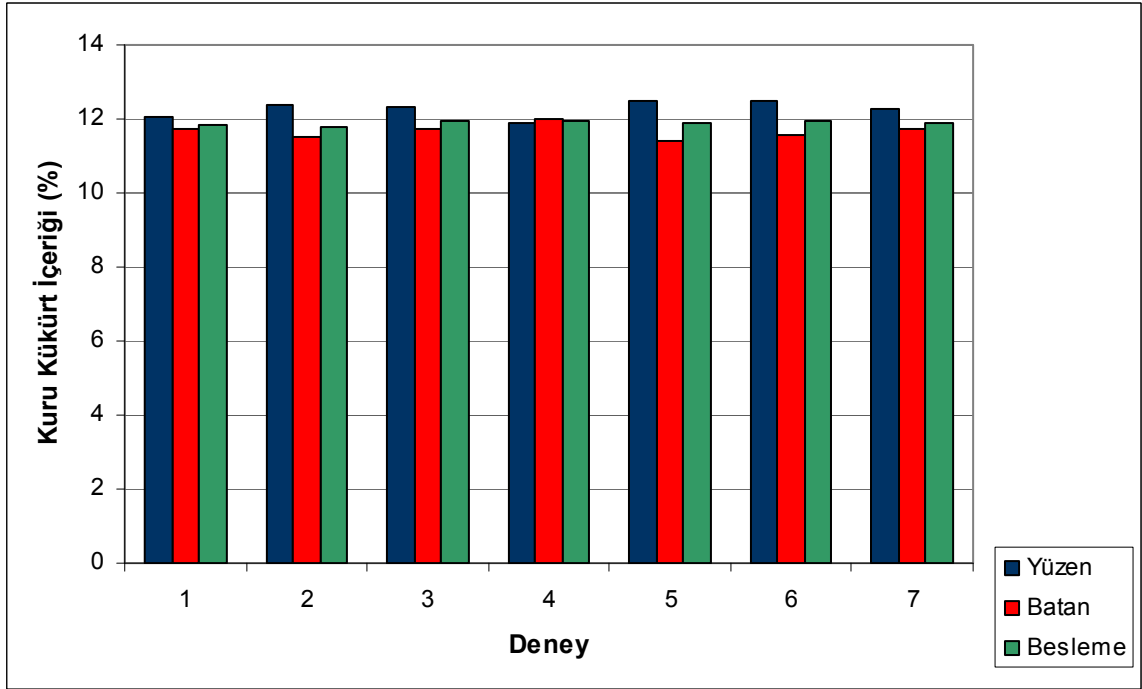
Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik olarak birinci aşamada ağır sıvı deneyleri ve ikinci olarak flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deney sonuçları incelendiğinde (EK 2) aşırı flotasyon koşullarında dahi yüzen ve batan ürünler açısından kükürt içeriğinde önemli bir değişim elde edilememiştir. Isıl değerler açısından da yüzen ve batan ürünler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Sonuçların değerlendirilmesi amacıyla, yüzen ve batan ürünlerin kül, alt ısıl ve kükürt değerleri beslemeye göre grafiğe işlenmiştir. Bu ilişkiler sırasıyla Şekil 5.1., Şekil 5.2., ve Şekil 5.3.'de verilmektedir. Deneylerdeki yüzen ve batan ürün miktarlarının grafiksel gösterimi ise Şekil 5.4.'de verilmiştir.



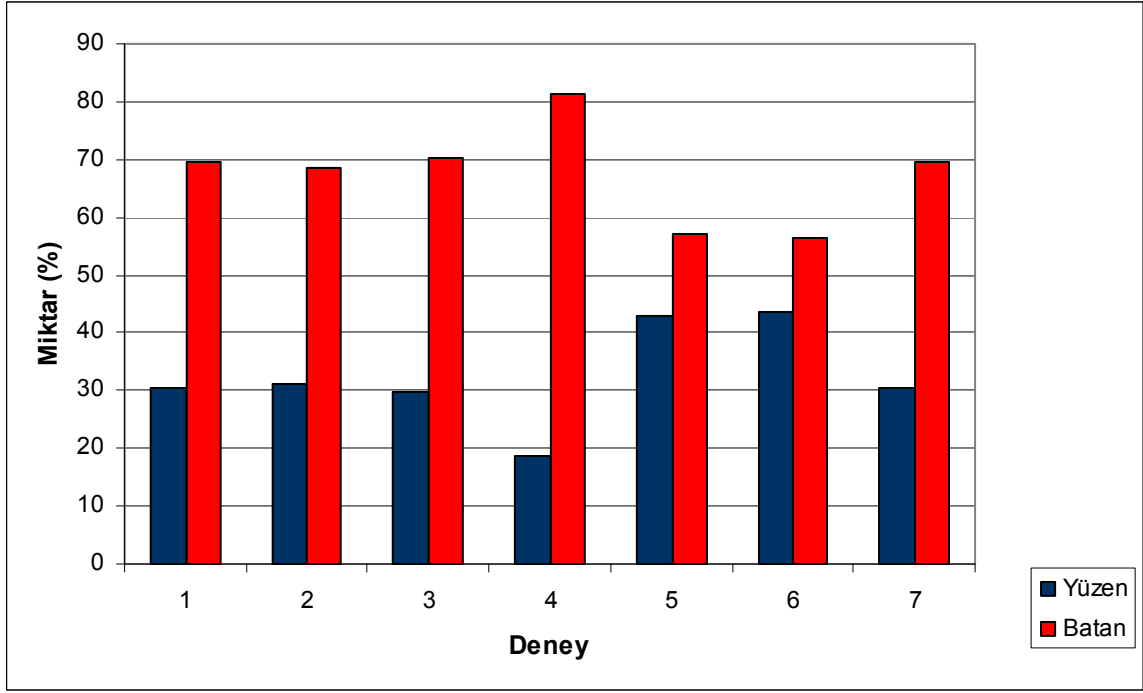
Şekil 5.1. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kül içerikleri



Şekil 5.2. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kuru alt ısıl değerleri



Şekil 5.3. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri beslemesi ve ürünlerinin kuru kükürt içeriği



Şekil 5.4. Mengen kömürlerinin kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan flotasyon deneyleri ürünlerinin yüzen ve batan miktarları

Ürünlerin kül ve alt ısıl değerleri incelendiğinde, beslemeye oranla yüzen ürünlerin kül değerlerinin düşük ve buna bağlı alt ısıl değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Fakat hem yüzen hem de batan ürünün ısıl değerleri oldukça yüksek düzeyde kalmıştır. Aynı deneylerde yüzen ve batan miktarlar (Şekil 5.4.) incelendiğinde, ağırlıkça %40'a varan bir miktarın yüzdüğü görülmektedir. Bu da ciddi oranda kömür kaybı anlamına gelmektedir. Ürünler toplam kükürt açısından (Şekil 5.3.) incelendiğinde aşırı toplayıcı miktarlarında dahi toplam kükürtte en fazla %1 oranında bir azalma kaydedilmiştir.

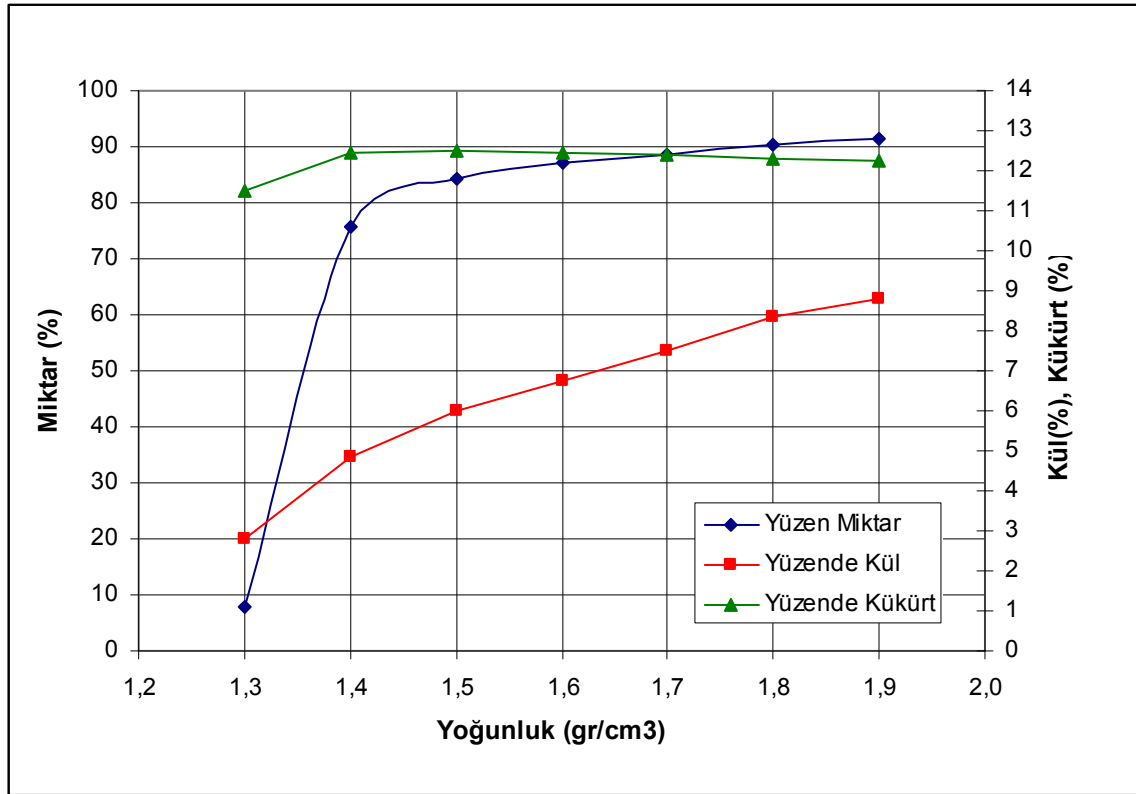
Kükürt içeriğinin düşürülmesine yönelik yapılan ağır sıvı deneylerinin sonuçlarında da görüldüğü gibi (Çizelge 4.1., Çizelge 4.2., Çizelge 4.3.) farklı fraksiyonlarda alınan ürünlerin kükürtlere düşmemiştir. Bunun üzerine numuneler üzerinde daha detaylı analizler yapılmış ve bu analizler sonucunda numunenin piritik kükürt içeriğinin %1,32 olduğu saptanmıştır. Ağır sıvı ve flotasyon deneyleri ve detaylı analiz sonuçlarına bağlı olarak kömürün yapısında organik olarak bulunan kükürt içeriğinin düşürülemeyeceği kesinlik kazanmıştır. Ancak kükürdün düşmemesine karşın, yerçekimiyle zenginleştirme sonrası elde edilen ürünün kül değerlerinin

düşmesi ve ısı değerinin artması sebebiyle Mengen kömürlerinin kül değerlerinin düşürülüp ısı değerlerinin artırılmasına yönelik çalışmalarla devam edilmiştir.

5.2. Mengen Linyit Kömürlerinin Isıl Değerinin Yükseltmesine Yönelik Yapılan Deneyler

5.2.1. Isıl değerinin yükseltmesine yönelik yapılan ağır sıvı ve ağır ortam deneylerinin sonuçlarının değerlendirilmesi

Kükürt içeriği düşürülemeyen Mengen kömürlerinin yerçekimiyle zenginleştirme ile ısı değerinin yükseltmesini araştırmak amacıyla detaylı ağır sıvı testleri yapılmıştır. Bu testlerden elde edilen kömür yıkanabilirlik verileri ile yıkanabilirlik eğrileri çizilerek Şekil 5.5.'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Mengen kömürü yıkanabilirlik eğrileri

Şekil 5.5.'de verilen yıkanabilirlik eğrileri incelendiğinde ortam yoğunluğu 1,5 g/cm³ değerinin üzerine çıktığı zaman yüzen ürün miktarında önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Buna karşın kül miktarında artış olmaktadır. Ortam yoğunluğu 1,4

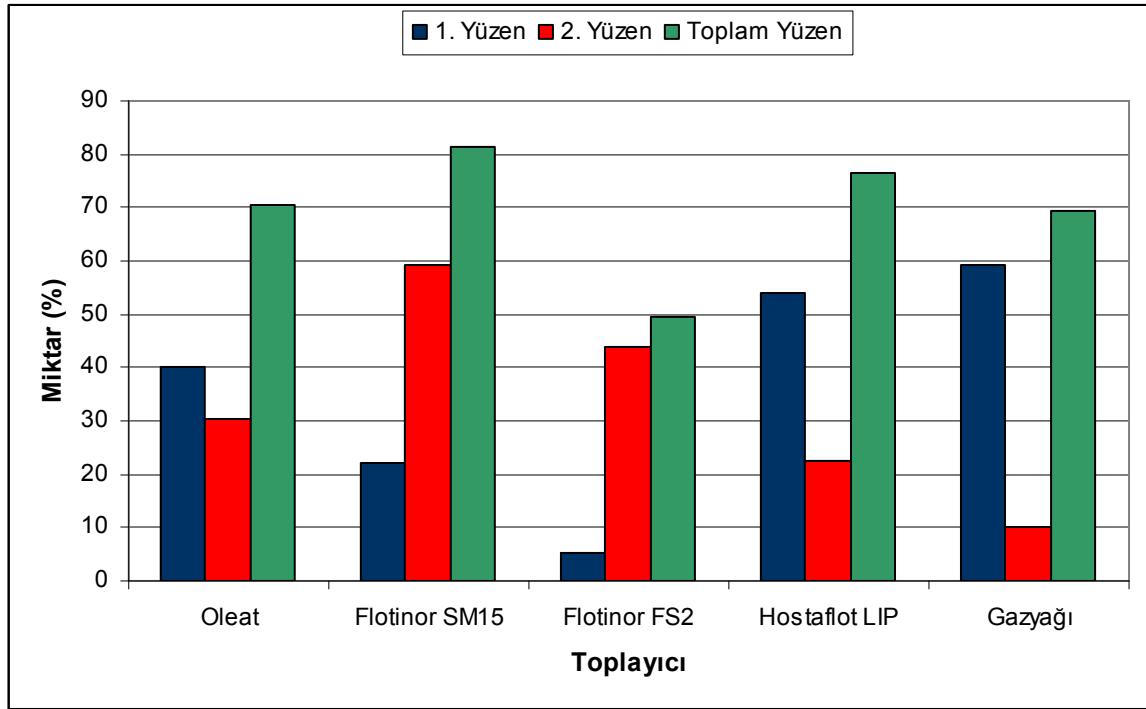
g/cm³'ün altına düşerse ürünün kül içeriği önemli oranda azalmakta, fakat yüzen ürün miktarı da kabul edilemez değerlere düşmektedir. Yüzen ürün kükürt miktarı da yıkama yoğunluğuna bağlı önemli bir değişim göstermemektedir. Daha önceki bulgulara paralel olarak kömürün kükürt içeriğinin ağır ortamla düşürülemeyeceği bu verilerle de doğrulanmıştır.

Ağır ortam deneyinin sonuçlarını veren çizelge (Çizelge 4.5.) incelendiğinde 1,55 g/cm³ ortam yoğunluğunda yüzen miktarın ağırlıkça %85 olduğu görülmektedir. Bu yıkama yoğunluğu için hem ağır sıvı testlerinden, hem de ağır ortam testlerinden elde edilen yüzen ürün kül içerikleri de benzer olmuştur. Şekil 5.5.'de verilmiş olan yıkanabilirlik eğrisi incelendiğinde ağır ortam testi sonucu ve yıkanabilirlik eğrilerinden elde edilen değerlerin benzer olduğu görülmektedir. Bu da yıkanabilirlik sonucunda elde edilen verilerden doğrudan uygulamaya geçilebileceğini göstermektedir.

5.2.2. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan flotasyon deneylerinin sonuçlarının değerlendirilmesi

5.2.2.1. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının belirlendiği deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi

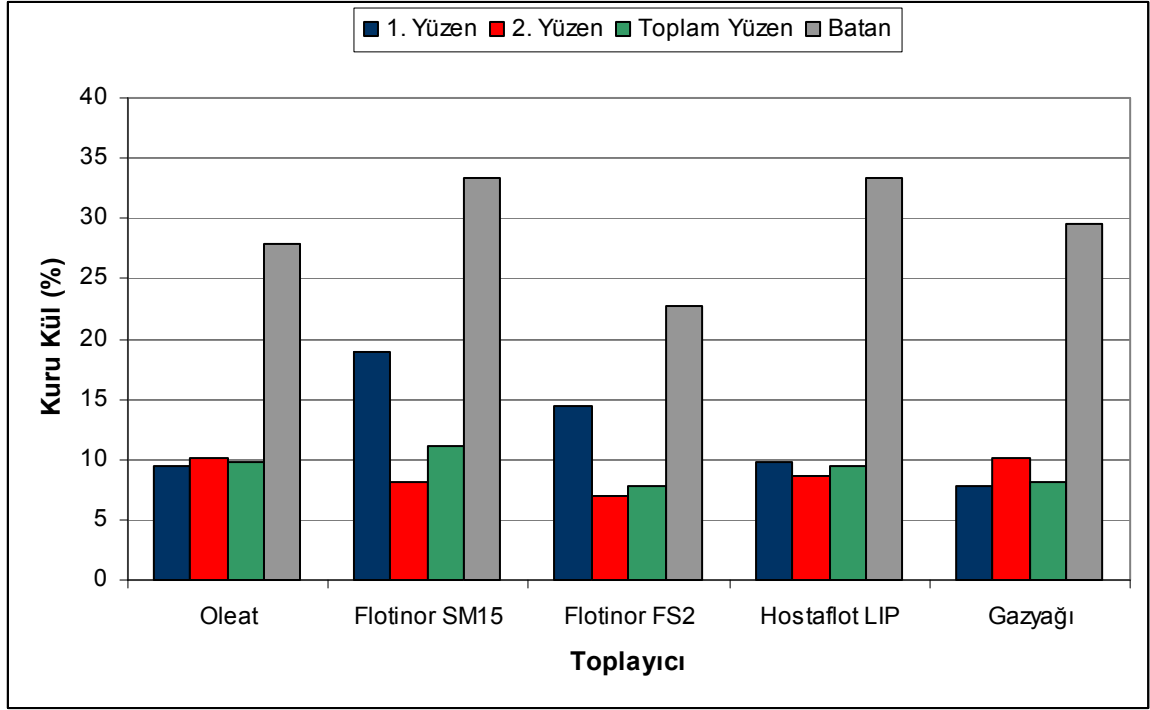
İki aşama flotasyonda her iki aşamada yüzen ürün miktarları ve toplam yüzen ürün miktarının toplayıcı tipi değiştirilen deneyler arasındaki değişimi Şekil 5.6.'da verilmektedir.



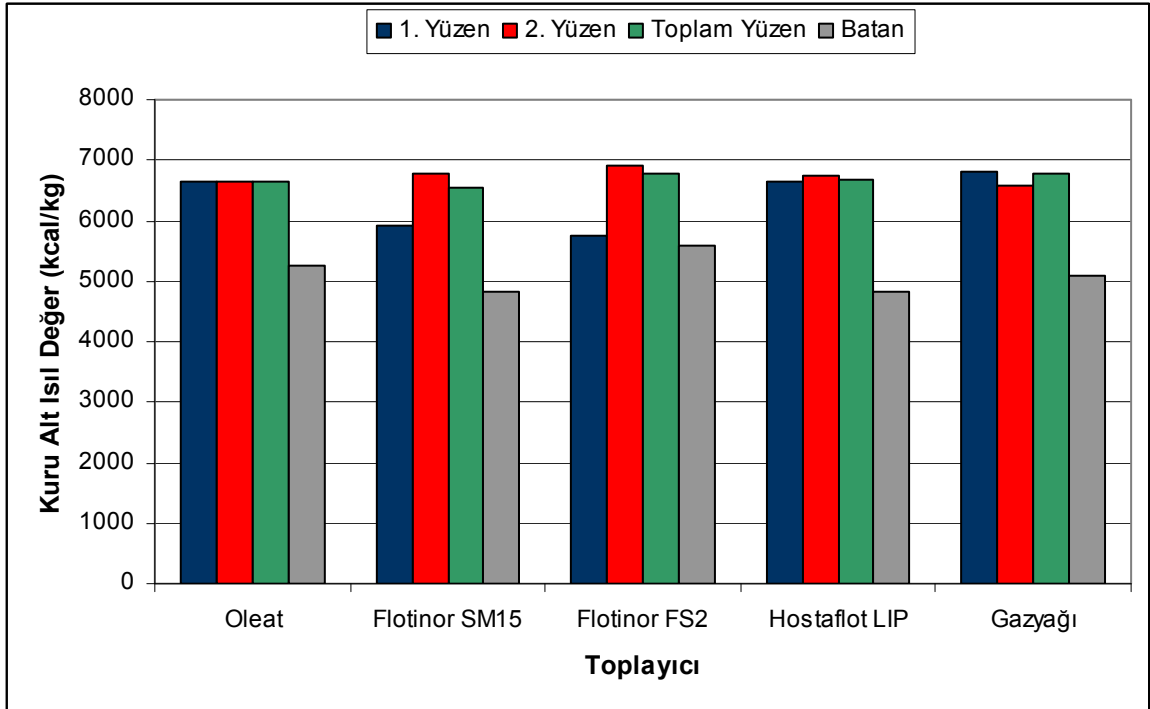
Şekil 5.6. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan miktarları

Burada kullanılmış olan toplayıcı kimyasallar farklı çalışmalarda kullanılmış olan toplayıcılar arasından seçilmiştir. Toplam bazda Flotınor SM15 ve gazyağı kullanılan deneyde en çok yüzen ürün alınmıştır. Flotasyonun ilk aşamasında sadece gaz yağı kullanılan deneyde en yüksek oranda ürün almak mümkün olmuştur. Bütün flotasyonlarda ikinci aşamada gaz yağı eklemesi yapılmış ve mümkün olduğunca kömür verimde artış hedeflenilmiştir. Özellikle ilk aşamada kullanılan toplayıcı kimyasallar gaz yağına oranla daha düşük verim elde edilmesine neden olmaktadır.

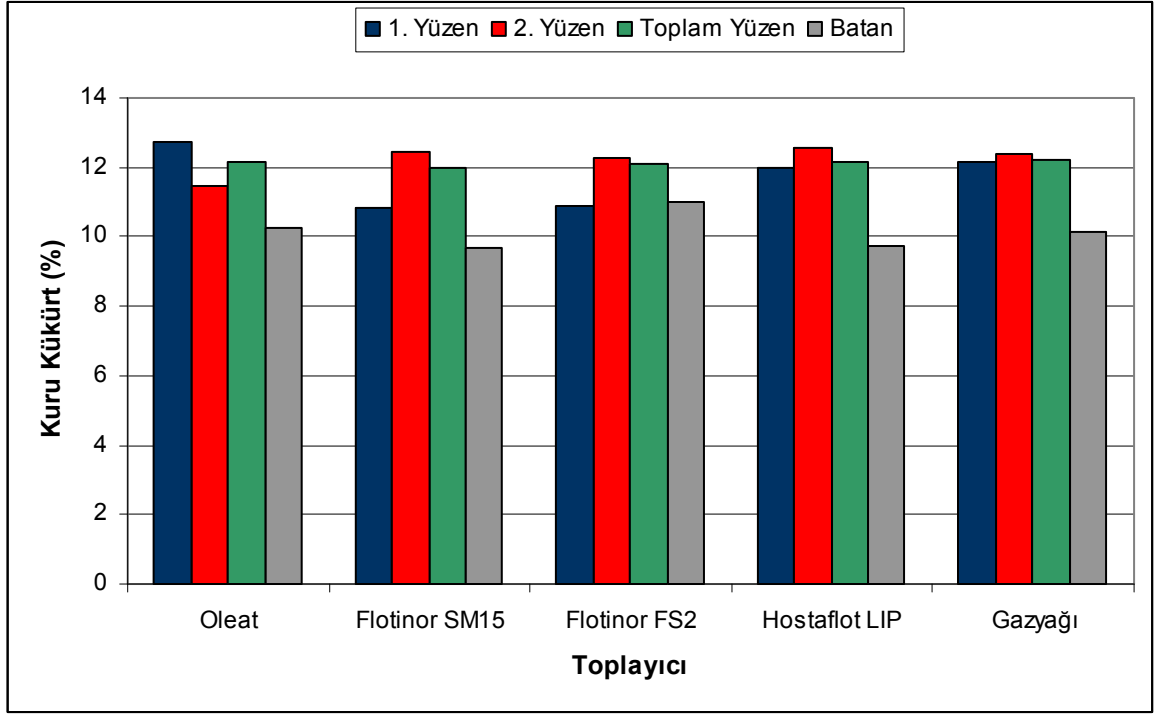
Yüzen ürünlerin kül, alt ısıl değer ve kükürt dağılımları arasındaki ilişki ise sırasıyla Şekil 5.7., 5.8. ve 5.9.'da verilmektedir.



Şekil 5.7. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin kül değerleri



Şekil 5.8. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin alt ısıl değerleri



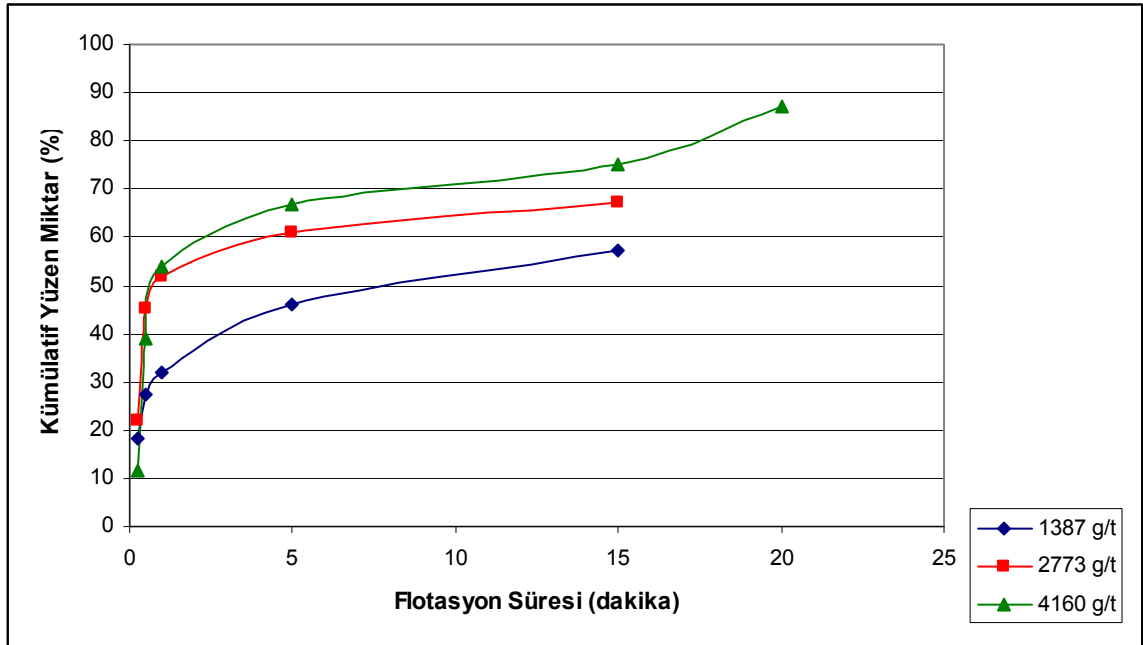
Şekil 5.9. Farklı toplayıcılarda alınan yüzen ve batan ürünlerin kükürt değerleri

Şekil 5.7. ve 5.8. incelendiğinde yüzen ürün bazında bakılırsa en düşük kül ve en yüksek alt ısıl değer içeriğinin sadece gaz yağı kullanılan deneyde elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.9.'da ise yüzen ürünlerin kükürt içeriklerinde önemli bir değişiklik olmadığı anlaşılmaktadır. Diğer bir ifade ile; yüzen ve batan ürünlerde kükürt ayrılamamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde bütün toplayıcılar ile yüzen ürün kükürt içeriğinde bir miktar artış olduğu anlaşılmaktadır. Bunun temel nedeni daha önce de değinildiği gibi kükürtün saf kömür bünyesinde olması ve kömürün alındığı ürüne taşınmasıdır. Bu nedenle ekonomik olarak diğer toplayıcılardan daha avantajlı olması ve yüzen üründe külün en düşük olmasını sağlayan sadece gazyağı kullanılan deney koşulları kinetik flotasyon testi çalışmalarında da baz olarak alınmıştır.

5.2.2.2. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı dozajı ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi

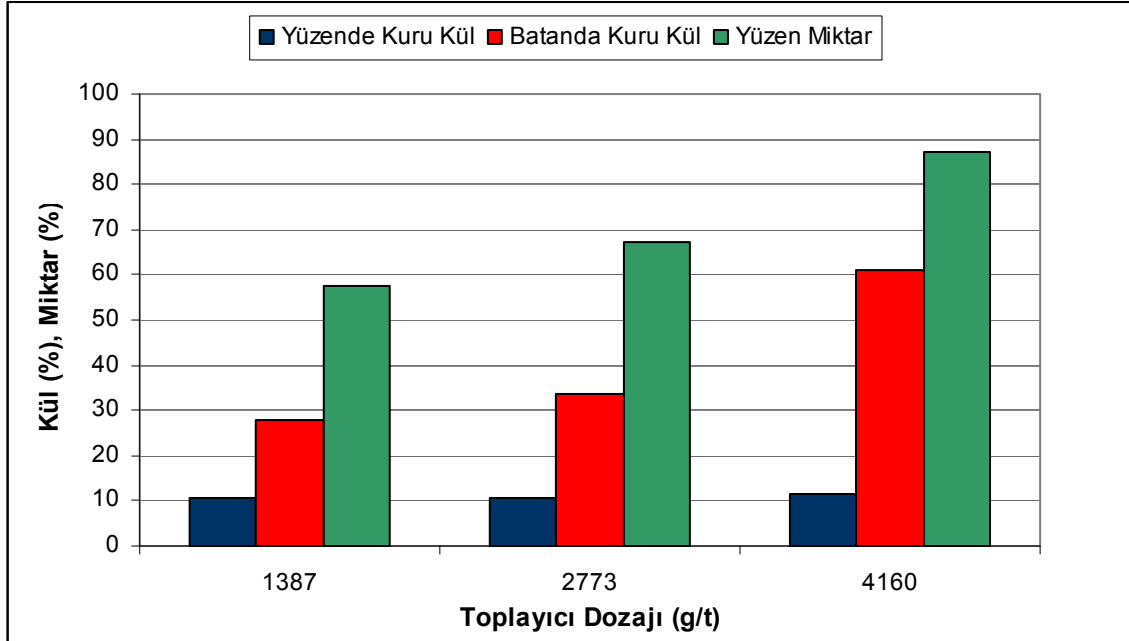
Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcı olarak gazyağının belirlenmesinin ardından toplayıcı dozajının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda flotasyon süresine bağlı olarak yüzen ürün miktarları kümülatif bazda Şekil 5.10.'da verilmektedir.



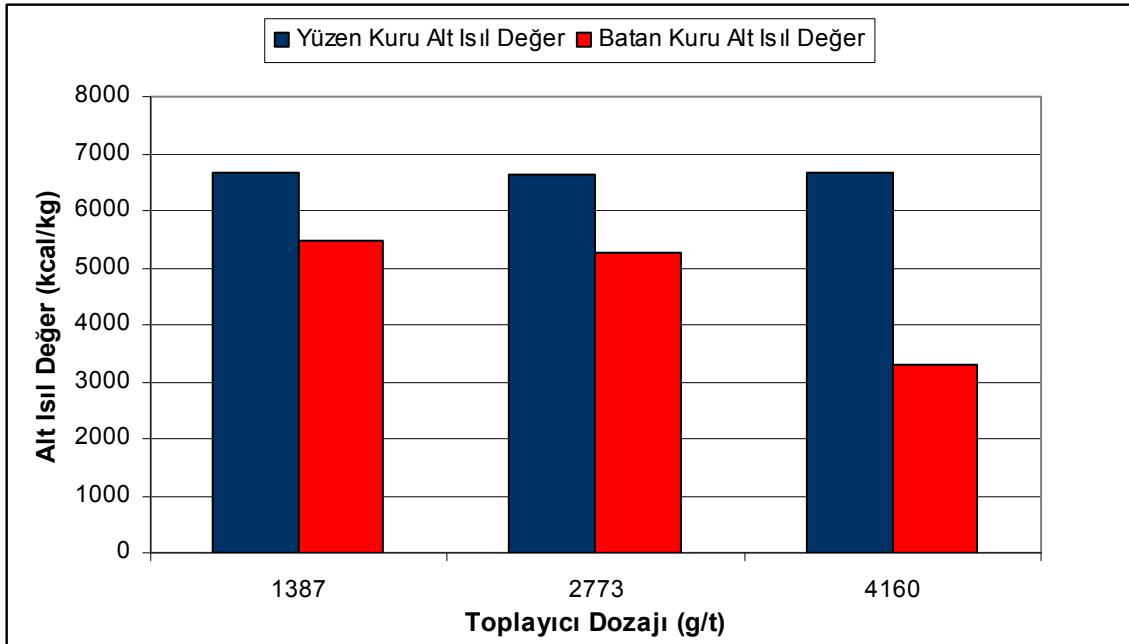
Şekil 5.10. Toplayıcı dozajının kömür kinetik davranımına etkisi

Şekil incelendiğinde kullanılan toplayıcı miktarı arttıkça yüzen ürün miktarının ve yüzme hızının da arttığı anlaşılmaktadır. Yüksek miktarda toplayıcı kullanılan deneyde flotasyonun sonunda (15. dakikada) tekrar toplayıcı eklendiğinde yüzen ürün miktarında artış olduğu gözlenmektedir. Buda kömürün mümkün olduğunca yüksek verimle yüzdürülmesi için aşırı toplayıcı kullanılması gerektiğinin önemli bir göstergesidir. Yüzme hızının yüksek olduğu koşulda (4160 g/t toplayıcı) kül içeriği bir miktar yükselmiştir. Fakat burada dikkat edilmedi gereken nokta, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi flotasyon süresi ile alınan ürün miktarının artmasına karşın 5 dakika flotasyon sonrasında alınan ürün kül içeriğinde önemli bir değişikliğin olmamasıdır.

Deney sonuçlarına ait veriler, alınan ürün kalitesi ve yüzen ürün miktarı bazında değerlendirilmiştir. Ürünlerdeki kül miktarı ve miktarların dozaj ile değişimi gösteren grafik Şekil 5.11.'de ve ürünlerin alt ısıl değerlerinin toplayıcı dozajı ile değişimini gösteren grafik Şekil 5.12.'de görülmektedir.



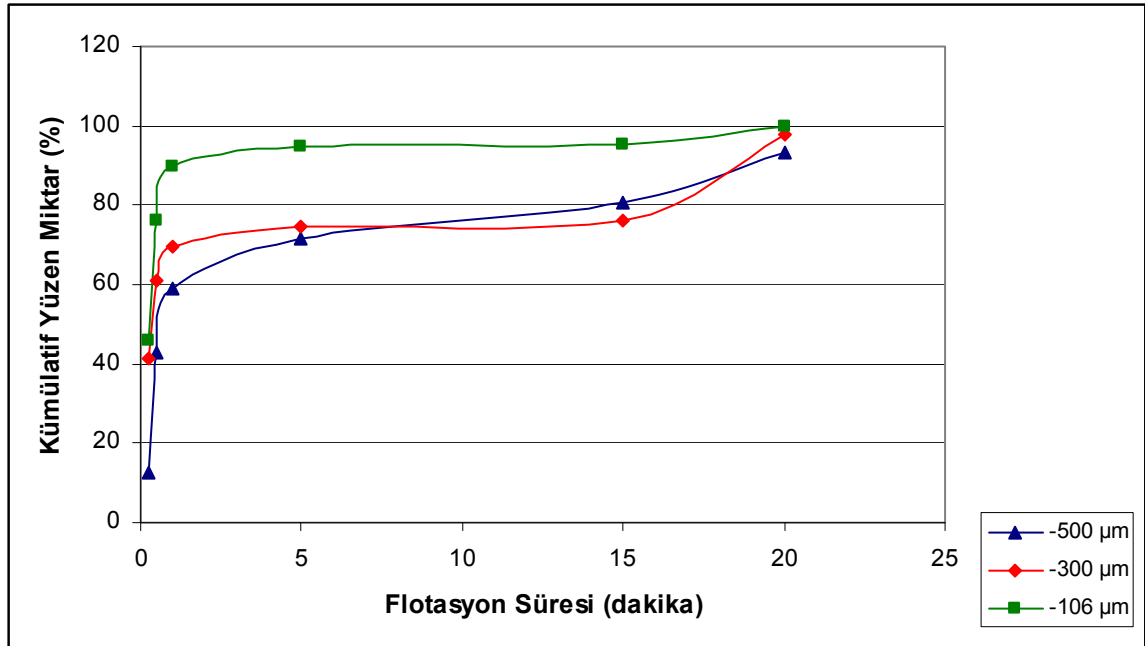
Şekil 5.11. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarının toplayıcı dozajı ile değişimi



Şekil 5.12. Ürünlerin alt ısıl değerlerinin toplayıcı dozajı ile değişimi

İlişkilere bakıldığında yüzen ürünlerin kül içerikleri ve alt ısıl değerlerinde ciddi bir değişiklik bulunmamaktadır. Fakat atık olarak nitelendirilen batan ürünlerin kül ve alt ısıl değerlerine bakıldığında, toplayıcı dozajı arttıkça kül değerlerinde yükselme ve buna bağlı olarak alt ısıl değerlerinde düşme görülmektedir. Yüzen ürün miktarlarına bakıldığında ise, toplayıcı dozajı artışıyla yüzen ürün miktarı da buna paralel olarak artmaktadır. Sonuç olarak yüzen ürün kalitelerinde değişme olmamasına rağmen en yüksek miktarda ürünün elde edildiği ve atık kalitesinin de en düşük olduğu 4160 g/t toplayıcı dozajı Mengen kömürlerinin flotasyonu için en iyi sonuçların elde edildiği dozaj olarak saptanmıştır.

Mengen kömürünün flotasyonunda kullanılacak olan toplayıcı için en uygun dozajın belirlenmesinin ardından, optimum tane boyunun saptanmasına yönelik yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ile çizilen kömürün flotasyon süresine bağlı yüzme davranımı ağırlıkça kazanım olarak gösteren grafik Şekil 5.13.'de verilmektedir.

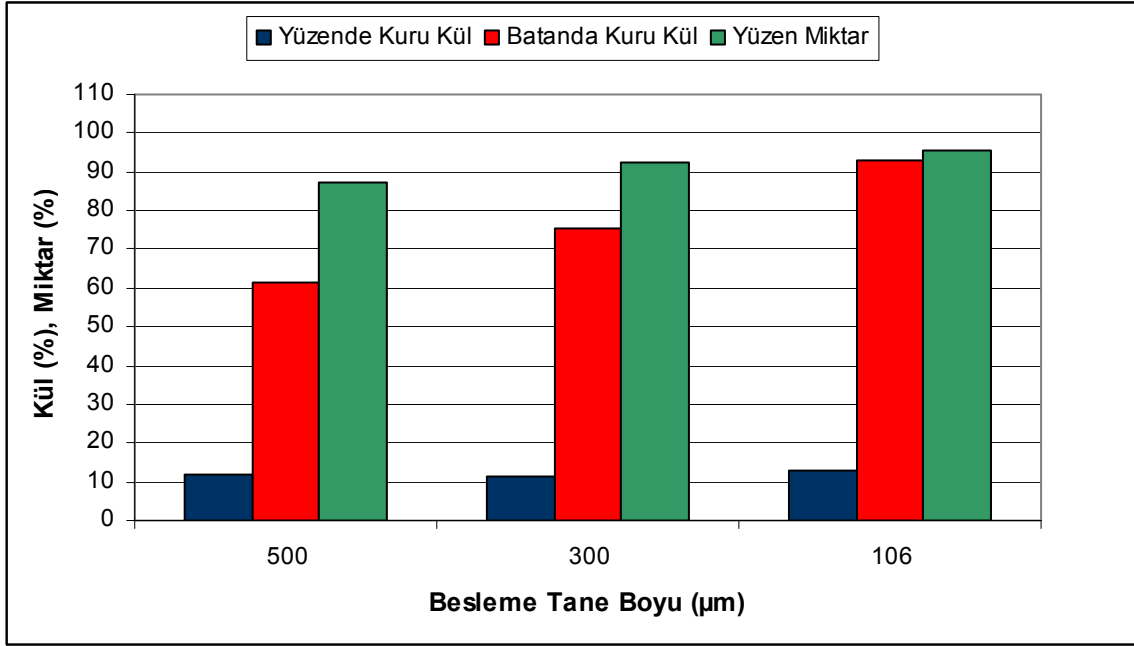


Şekil 5.13. Tane boyunun zamana bağlı yüzen ürün miktarına etkisi

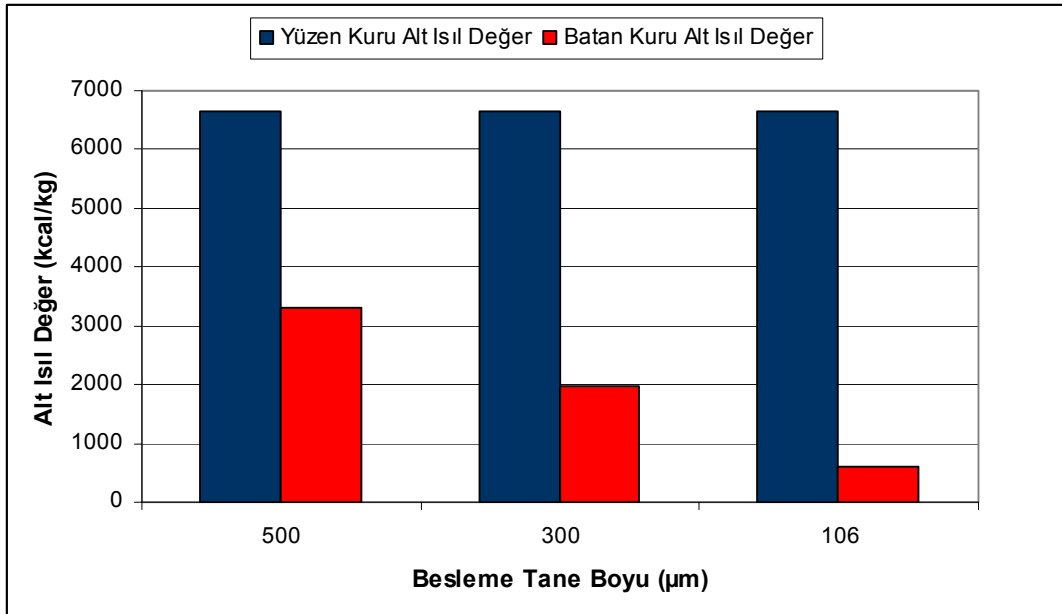
Sonuçlar incelendiğinde yüzen ürün miktarının zamana bağlı olarak -106 µm fraksiyonu için diğer inceliklerdeki beslemelere oranla daha hızlı arttığı görülmektedir. Diğer bir ifade ile ince tane boyunda kömür daha hızlı yüzmektedir. Buna karşın yüzen ürünün kül içeriği artmaktadır. Bu sonuçlara göre, flotasyonun

çok hızlı olduğu ve buna bağlı olarak da gerekli hücre hacminin azalacağını söylemek mümkündür.

Deney sonuçlarına ait veriler dozaj çalışmasında olduğu gibi ürün kalitesi ve yüzen miktar bazında değerlendirilmiştir. Ürünlerin kül ve yüzen miktarlarının tane boyu ile değişimi Şekil 5.14.'de, ürünlerin alt ısı değerlerinin tane boyu ile değişimi ise Şekil 5.15.'de görölmektedir.



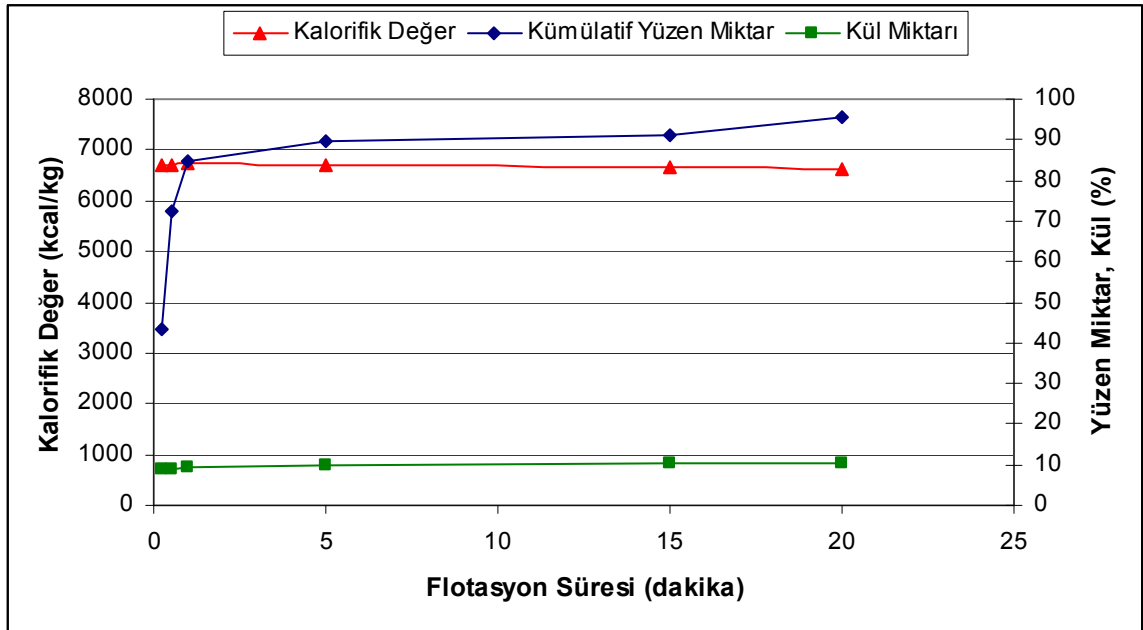
Şekil 5.14. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarlarının flotasyon besleme tane boyu ile değişimi



Şekil 5.15. Ürünlerin alt ısı değerlerinin tane boyu ile değişimi

İlişkilere bakıldığında toplayıcı dozajı ilişkilerinde olduğu gibi değişen tane boyuyla yüzen ürünlerin kül içerikleri ve alt ısıl değerlerinde ciddi bir değişiklik bulunmadığı görülmektedir. Fakat tane boyu inceldikçe atık olarak nitelendirilen batan ürünlerin kül içeriğinin yükseldiği ve buna bağlı olarak alt ısıl değerlerinin düştüğü görülmektedir. Tane boyu inceldikçe alınan ürün miktarı da yükselmektedir. Yüzen ürün kalitelerinde değişme olmamasına rağmen en yüksek miktarda ürünün elde edildiği ve atık kalitesinin en düşük olduğu -106µm tane boyu Mengen kömürlerinin flotasyonu için uygun besleme tane boyu olarak belirlenmiştir.

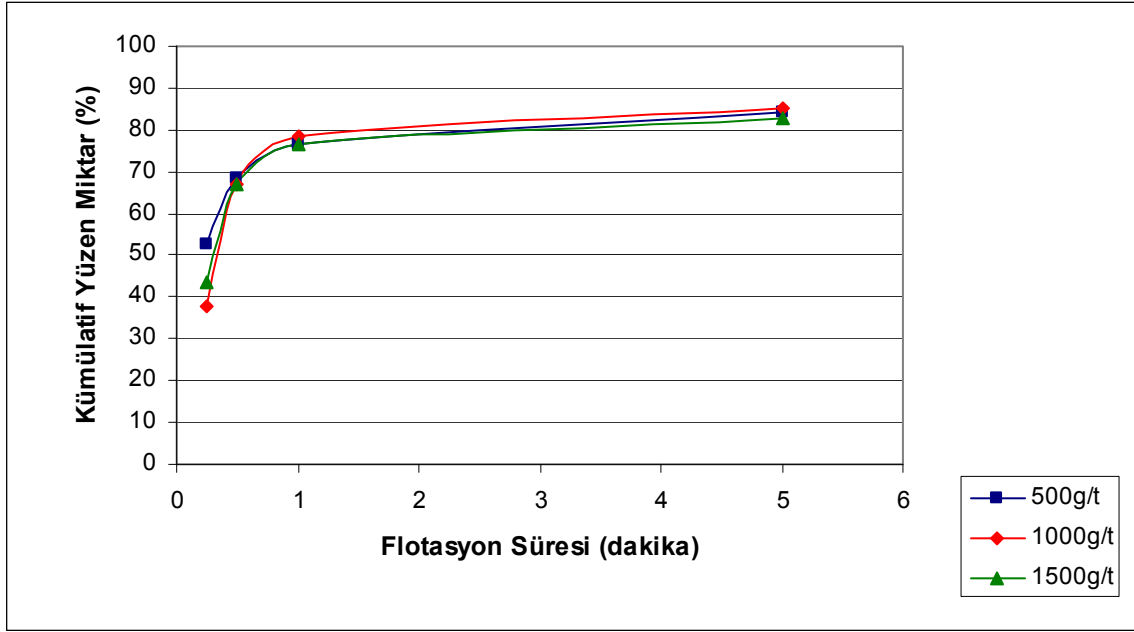
Şekil 5.16., -106µm fraksiyonunda yapılan flotasyon test sonuçlarına ait ürün için zamana karşı kül, kalorifik değer ve yüzen miktarı göstermektedir. Şekil incelenecek olursa, artan flotasyon süresi ile ürünün kül ve kalorifik değerinde kaydadeğer bir değişim olmadığı görülmekle beraber 5. dakikada beslemenin %90'ının yüzdüğü ve sonrasında bu değerde ciddi bir değişim olmadığı gözlenmek suretiyle optimum flotasyon süresi 5 dakika olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.16. -106 µm numuneye uygulanan flotasyon ürününe ait kül, kalorifik değer ve yüzen miktar eğrileri

5.2.2.3. Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun dağıtıcı dozajının belirlendiği deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi

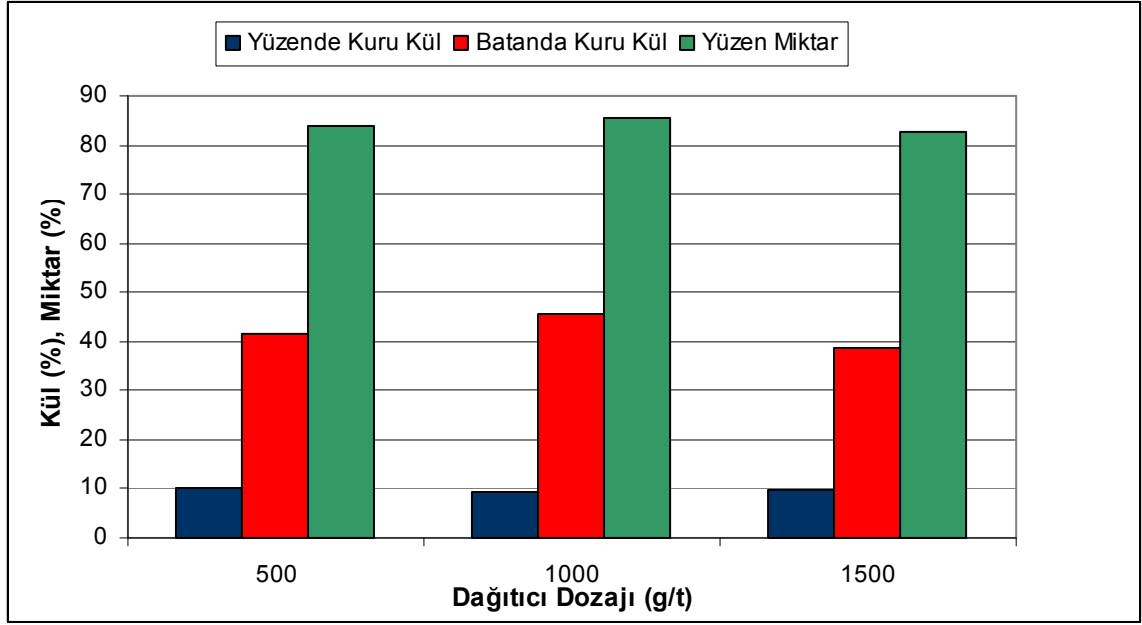
Mengen kömürlerinin flotasyonu için en uygun toplayıcının, toplayıcı dozajının ve flotasyon besleme tane boyunun belirlenmesinin ardından dağıtıcı dozajının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda flotasyon süresine bağlı olarak yüzen ürün miktarları kümülatif bazda Şekil 5.17’de verilmektedir.



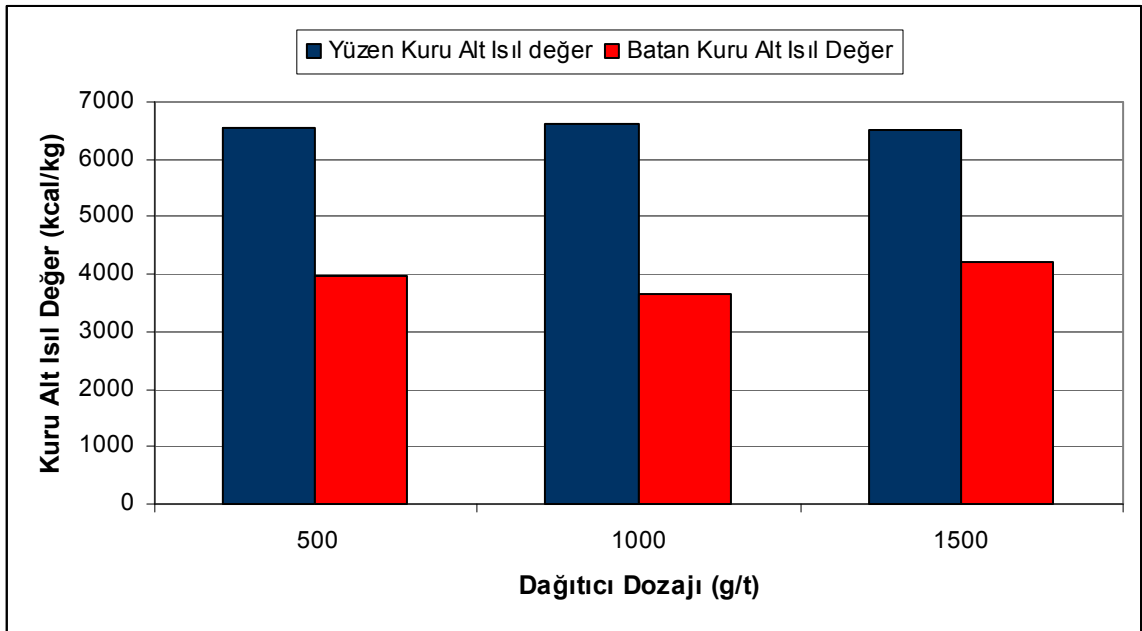
Şekil 5.17. Dağıtıcı dozajının kömür kinetik davranımına etkisi

Flotasyon deneylerinde dağıtıcı kullanılmasının gerekliliği ve kullanılması durumunda dozajının belirlenmesine yönelik yapılan deneylerin sonuçları göstermektedir ki, dağıtıcı dozajının değiştirilmesi durumunda kümülatif olarak yüzen ürün miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Dağıtıcı dozajında yapılan artış, flotasyon kinetiğini etkilememiş ve her üç durumda da aynı zaman aralıklarında eşit miktarlarda ürün yüzdüğü tesbit edilmiştir.

Deney sonuçlarına ait veriler, alınan ürün kalitesi ve yüzen ürün miktarı bazında değerlendirilmiştir. Ürünlerdeki kül miktarı ve miktarların dağıtıcı dozajı ile değişimi gösteren grafik Şekil 5.18.’de ve ürünlerin alt ısıl değerlerinin dağıtıcı dozajı ile değişimini gösteren grafik Şekil 5.19.’da görülmektedir.



Şekil 5.18. Ürünlerin kül değerlerinin ve miktarının dağıtıcı dozajı ile değişimi



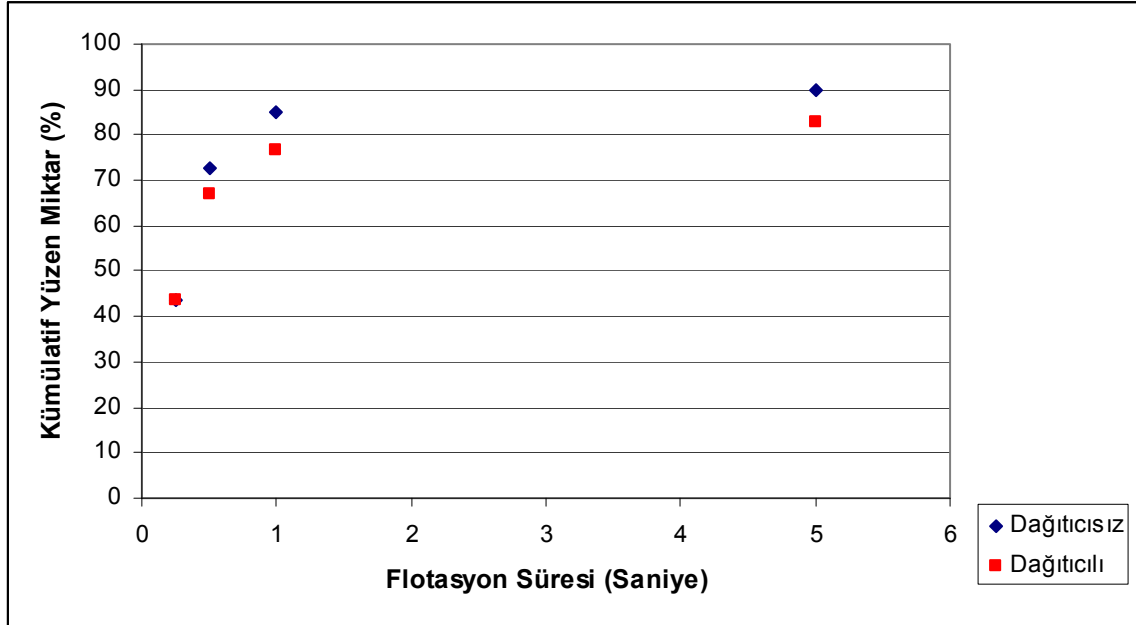
Şekil 5.19. Ürünlerin alt ısı değerlerinin dağıtıcı dozajı ile değişimi

Şekil 5.17. ve Şekil 5.18. incelenecek olursa, yüzen ürün miktarında olduğu gibi (Şekil 5.16.), ürünlerin kül içerikleri ve alt ısı değerleri de dağıtıcı dozajının artması ile bir değişiklik göstermemiştir. Dağıtıcı dozajı değişiminin kendi içinde değerlendirilmesine ek olarak dağıtıcı kullanılmayan deneylerle kıyaslaması yapılmıştır. Optimum koşullarda dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin yüzen ürün miktarı ve kül içerikleri açısından sayısal olarak

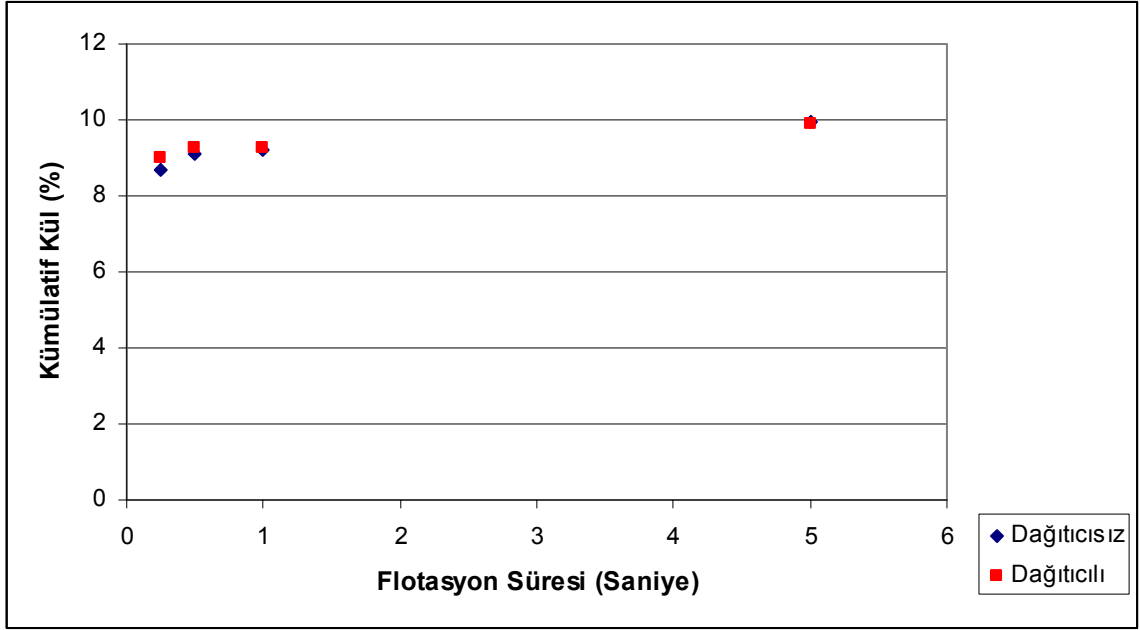
karşılaştırılması Çizelge 5.1.'de, grafiksel gösterimi ise Şekil 5.20. ve Şekil 5.21.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin yüzen ürün miktarları ve kül içerik değerleri

Flotasyon Süresi (dakika)	Yüzen Ürün Miktarı		Yüzen Kül	
	Küm. Yüzen Miktar (%)		Kümülatif Kül (%)	
	Dağıtıcısız	Dağıtıcılı	Dağıtıcısız	Dağıtıcılı
0,25	43,55	43,64	8,70	9,00
0,5	72,54	67,10	9,11	9,27
1	84,92	76,53	9,20	9,24
5	89,77	82,62	9,94	9,89



Şekil 5.20. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin yüzen ürün miktarlarının karşılaştırılması



Şekil 5.21. Dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan flotasyon deneylerinin ürün kül miktarlarının karşılaştırılması

Mengen kömürleri için en uygun koşullarda, dağıtıcı ilavesiyle ve dağıtıcı kullanılmadan yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları incelendiğinde, kümülatif yüzen miktar ve kül açısından dağıtıcı kullanılmasını gerektiren bir farklılık görülmemektedir. Aksine, Çizelge 5.1. incelenecek olursa, 5. dakikanın sonundaki flotasyon sonuçları göstermektedir ki; dağıtıcı kullanılan ve kullanılmayan deneylerde elde edilen yüzen ürünler eşit miktarda kül içermelerine rağmen, dağıtıcı kullanılmayan deneyde yüzen ürün miktarı kümülatif bazda %7,15 daha fazladır. Bu durumdan yola çıkılarak Mengen kömürlerinin flotasyonunda dağıtıcı kullanılmasının gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır.

5.2.3. Isıl değerin yükseltilmesine yönelik yapılan ağır ortam ürünü flotasyon deneyinin sonucunun değerlendirilmesi

Ağır ortam konsantresine uygulanan flotasyon deneyi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.16.), ağır ortam ayırımında safsızlıkların çok büyük bölümü uzaklaştırılmış olduğundan malzemenin hemen hemen tamamı yüzen ürüne gelmektedir. Ürün kalitesinde de önemli bir değişim olmadığından ağır ortam uygulamasından sonra flotasyon yapılmasına gerek olmadığı anlaşılmıştır.

5.3. Elde Edilen Sonuçların Genel Değerlendirilmesi

Mengen linyit kömürlerinin ağır ortam sonrası flotasyon ile zenginleştirme çalışmalarında ilk olarak piritik kükürdünün düşürülmesine yönelik deneyler yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında farklı koşullarda gerek ağır ortam sonuçları, gerekse flotasyon deneyleri sonrasında kükürt içeriği düşürülememiştir. Yapılan detaylı analizler göstermiştir ki, Mengen linyitlerinin bünyesinde yaklaşık olarak %12 oranında bulunan kükürtten fiziksel yöntemler ile ayrılabilir olan piritik kükürt miktarı sadece %1,32 oranında bulunmaktadır. Bu sebeple Mengen kömürlerindeki kükürdün ağır ortam veya flotasyon ile uzaklaştırılması mümkün görünmemektedir.

Kükürt içeriği düşürülemeyen Mengen kömürlerinin yerçekimiyle zenginleştirme ile ısı değerinin yükseltilmesini araştırmak amacıyla yapılan ağır sıvı testi sonuçlarında en uygun ortam yoğunluğu, 1,3 g/cm³ yoğunlukta ve altında alınan ürün miktarının %8 gibi çok düşük bir değer altında kalması, 1,5 g/cm³ ve üzerinde ise alınan ürün miktarının çok değişmemesi ve buna bağlı olarak kül miktarının artması sebebiyle 1,5 g/cm³ olarak saptanmıştır. Saptanan koşullarda laboratuvar ölçekli ağır ortam siklonunda yapılan test sonu %85 verimle 6857 kcal/kg kuru alt ısı değere sahip ürün elde edilmiştir.

Mengen linyitlerinin zenginleştirilmesine yönelik olarak yerçekimi ile zenginleştirmeye ek olarak flotasyon yöntemi ile de zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda farklı numunelere (elenmiş besleme, öğütülmüş besleme ve ağır ortam siklonu ürünü), farklı koşullarda yapılmış flotasyon testleri sonucu ağır ortam siklonundan alınan ürünün 106µm altına öğütülüp, toplayıcı olarak 4160 g/ton gazyağı, köpürtücü olarak 40 g/ton dozajında eşit oranda karıştırılmış MIBC ve çamyacı, flotasyon süresi olarak 5 dakika optimum flotasyon koşulları olarak belirlenmiştir. Ayrıca optimum koşulların belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda denenen dağıtıcı ilavesinin yüzen ürünlerdeki kül miktarında herhangi bir düşüşe sebep olmamasına rağmen dağıtıcısız olarak yapılan deneylerde daha fazla yüzen ürün elde edilmesi, deneylerde dağıtıcı kullanılmamasına karar verilmiştir.

Optimum koşullarda öğütölmüş beslemeye uygulanan flotasyon testi sonucu, beslemenin yaklaşık olarak %90 verimle, %10 kül ve 6637 kcal/kg kalorifik değere sahip ürün alınmıştır. Yine optimum koşullarda yerçekimi ile zenginleştirme sonrası ürüne yapılan test sonucunda %82 verimle %6,66 kül ve 6923 kcal/kg kalorifik değere sahip ürün elde edilmiştir.

Yıkanabilirlik eğrilerine bakıldığında, 1,9 g/cm³ ortam yoğunluğunda yaklaşık olarak %91 verimle ürün alındığında dahi, ürünün kül değeri ham cevhere uygulanan flotasyon sonucunda elde edilen ürünün kül değerinin altında kalmaktadır. Bunun yanında, yine yerçekimi ile zenginleştirme sonrası flotasyon deneyleri sonucu alınan %6,66 küllü aynı ürünü, 1,6 g/cm³ ortam yoğunluğunda yaklaşık olarak %87 verimle almak mümkün görünmektedir. Dolayısıyla, her iki flotasyon alternatifi için de, gerek ürün kalorifik değerleri gerekse ürün verimleri göz önünde bulundurulduğunda flotasyon yöntemine nazaran işletme giderleri daha düşük olan yerçekimiyle zenginleştirme yönteminin Mengen linyitlerinin zenginleştirilmesi için daha uygun bir yöntem olduğu saptanmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Mengen linyit kömürlerinin ağır ortam ile zenginleştirilmesinin ardından flotasyon uygulanarak varılabilecek noktanın araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Mengen linyit kömürlerine yapılan flotasyon deneyleri ve detaylı analizler, Mengen kömürlerinin piritik kükürdünün %1,32 olduğunu göstermiştir. Kömürün içerisinde %12 oranında bulunan kükürt fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılmaz.
- Mengen linyitlerinin ısı değerini yükseltmek amacıyla yapılan yerçekimi ile zenginleştirme yönteminde uygulanacak olan en uygun ortam yoğunluğu $1,5 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Bu yoğunlukta ağır ortam siklonunda yapılan test sonucunda %85 verimle 6857 kcal/kg kuru alt ısı değere sahip ürün elde edilmiştir.
- Yapılan çalışmalar, $-106\mu\text{m}$ tane boyunda, dağıtıcı ilave edilmeden, toplayıcı olarak 4160 g/ton dozajında gazyağı ve köpürtücü olarak 40 g/ton dozajında eşit oranda MIBC ve çamyacağının kullanıldığı 5 dakika süreyle uygulanan flotasyonların Mengen linyitleri için en optimum flotasyon koşulları olduğunu göstermiştir. Bu koşullarda uygulanan flotasyon sonucu %90 verimle, %10 kül ve 6637 kcal/kg kalorifik değere sahip ürün elde edilmiştir.
- Ağır ortam ile zenginleştirilen ürüne, belirlenmiş optimum koşullarda flotasyon uygulanması sonucu, %82 verimle %6,66 kül ve 6923 kcal/kg kalorifik değere sahip ürün elde edilmiştir.
- Yapılan bu çalışma göstermiştir ki, Mengen linyitlerine flotasyon uygulanmasına veya yerçekimi ile zenginleştirme ürününün flotasyona tabi tutulmasına gerek yoktur. Sadece yerçekimi ile zenginleştirme sonucu elde edilen ürün, flotasyon ürününden daha iyi özelliklere sahiptir.

6.2. Öneriler

Kömür fiyatlarının her geçen gün artışının devam etmesi ve dünya çapında enerji açığının giderek artması, ülkemiz açısından yüksek kaliteli kömür üretimini önemli kılmaktadır. Bu kapsamda, yapılan çalışmalar göstermektedir ki; Mengen kömürlerinden, belirlenen koşullarda zenginleştirme uygulandığı takdirde çok uygun kalorifik değerlere sahip ürünler elde edilebilmektedir.

Ancak fiziksel yöntemlerle kükürt içeriğinde herhangi bir düşüş sağlanamaması, Mengen linyitlerinin kimyasal yöntemlerle zenginleştirilmesi gerektiğinin bir göstergesidir. Enerjinin giderek değerini arttırdığı günümüzde, yüksek değerli kömür elde edilebilecek bu tarz kaynakların, kimyasal yöntemlerle zenginleştirilmesinin araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aplan, F., F., Arnold, B., J., 1991, Flotation, Coal Preparation, Part 2: Wet Fine Particle Concentration, (Ed) Leonard, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, Colorado, 450-485

Atak, S., 1982, Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İTÜ Maden Fak., İstanbul, 222

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

Bayazıt, G., 2000, Soma İnce Ufalanmış Linyit Kömürlerinin Flotasyonla Zenginleştirilebilirliği, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilimdalı, İzmir, 12-16

Bentli, İ., Yamık, A., Köse, R., Erdoğan, N., 1998, EV Yakıtı Olarak Kullanılan Aydın-Şahinali Linyit Kömürlerinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması, Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Bartın, 122-124

Burt., R., O., 1984, Gravity Concentration Technology, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 33-51

Cebeci, Y., 1996, Endüstriyel ölçekte Kullanılan Yağlarla Linyit Kömürlerinin Flotasyonu ile İlgili Bir Çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Maden Bilim ve Teknolojisi Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, Sivas, 55-62

Cebeci, Y., 2002, The Investigation of Floatability Improvement of Yozgat Ayrıdam Lignite Using Various Collectors, Fuel, Volume 81, 281-289

Çelik, H., 2006, İnce Kömürlerin Temizlenmesinde Köpük Flotasyonu ve Ağır Ortam Siklonlarının Entegrasyonu, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 2, 93-106

Deniz, V., Umucu Y., 2004, Soma Buruyar Şirketinin Ağır-Ortam Tamburu ve Siklonunda Kömür Yıkama Performans Çalışması, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 161-162

Ghiani, M., Carhini, P., Ciccu, R., Satta, F., 1989, Oils as Collectors in Low-Rank Coal Flotation, Advances in Coal and Mineral Processing Using Flotation, (Ed) Chander&Klimpel, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc. Littleton, Colorado, 266-270

Gülsoy, Ö., Y., Kuru Kömür Zenginleştirme Yöntemlerinin Önemi

Güney, A., Ateşok, G., Önal, G., Atak, S., 1997, Türkiye Linyitlerine Uygulanması Gereken İyileştirme Yöntemleri, 4. Kömür Teknolojisi ve Kullanım Semineri, TKİ OAL Müessesesi Çayırhan Tesisleri, (Ed) Önal ve Ateşok, Ankara, 85-105

Kemal, M., 1987, Kontur Teknolojisi, DEÜ Müh-Mim Fakültesi Yayını, MM/MAD-90 EY401, İzmir, 91-133

<http://www.mengen.gov.tr/mengen.asp?azi=ekonomi.asp>

Kemal, M., 1987, Kömür Teknolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi, MM/MAD 87 EY 33, İzmir, 82-161

Kemal, M., 1999, Kömür Teknolojisi, DEÜ Müh-Mim Fakültesi, Yayın No: 33, İzmir, 372

Kibici, Y., 1985, Kömür Jeolojisi, Anadolu Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Yayınları, No:73, Eskişehir

Morris, R., M., Matthesius, G., A., 1988, Froth Flotation of Coal Fines: The Influence of Turbulance on Cell Performance, Journal of South African Institute of Mineral and Metallurgy, Vol. 88, No. 12, 385-391

Moxon, N., T., 1987, Insoluble oils in Coal Flotation, The effect of Surface Spreading and Pore Penetration, Inter Journal of Mineral Processing, Vol. 21, 261-267

Nakoman, E., 1971, Kömür, MTA Yayınları Eğitim Serisi, No:8, Ankara, 348

Osborne, D., G., 1988, Coal Preperation Technology, Graham&Torman, Vol.1, Chapter 5, London, 179-188

Önal, G., ve Atak., S., 1988, Kömür Hazırlama ve Tesisleri, KÖMÜR Kimyası ve Teknolojisi, (Ed) Kural, 143-168

Önal G., Atak, S., 1991, Kömür Hazırlama ve Tesisleri, Kömür, (Ed) Kural, İstanbul, 236-274

Önal, G., 1991, Kömür Hazırlama Teknolojisindeki Gelişmeler, 290-293

Özpeker, I., 1988, Kömürün Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması, İstanbul, 7-58

Roberts, T., Firth, B., A., Nicol, S., K., 1982, Amodified Laboratory Cell for the Flotation of Coal, International Journal of Mineral Processing, Vol.9, 191-200

Sarı, A., 1995, Denizli Çivril Yöresi Linyit Kömürlerinin Kolon Flotasyonu Yöntemiyle Piritik Kükürdünden Arındırılması ve Klasik Flotasyonla Mukayesesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 3-6

Stach, E., Mackowsky, M. T., Teichmüller, M., Taylor, G. H., Chandra, D., Teichmüller, R., 1982, Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebruder Borntraeger, Berlin, 535

Yılmaz, A., O., Arıoğlu, E., 2003, Elektrik Üretiminde Linyit Sektörümüzün Yeri ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), Türkiye 18. Uluslar arası Madencilik Kongresi, Ed. Özbayoğlu, G., TMMOB Maden Müh. Odası, Ankara, 203-211

EKLER

EK 1. ÜÇ FARKLI MENGEN KÖMÜRÜ NUMUNESİNİN ELEK ANALİZLERİ

Tane Boyu (mm)	Numune 1		Numune 2		Numune 3	
	Ağırlık (%)	Birikimli Elekaltı (%)	Ağırlık (%)	Birikimli Elekaltı (%)	Ağırlık (%)	Birikimli Elekaltı (%)
-18+13,2	0,00	-	0,00	-	0,00	-
-13,2+9,5	10,81	100,00	10,73	100,00	10,45	100,00
-9,5+6,7	8,57	89,19	9,89	89,27	9,91	89,55
-6,7+4,75	8,65	80,62	8,30	79,38	8,96	79,63
-4,75+3,35	8,05	71,97	8,76	71,08	8,09	70,67
-3,35+2,36	10,01	63,92	8,60	62,32	8,22	62,58
-2,36+1,7	7,75	53,91	8,59	53,72	9,13	54,35
-1,7+1,18	8,34	46,16	8,55	45,13	7,63	45,22
-1,18+0,850	8,41	37,82	8,22	36,58	8,30	37,59
-0,85+0,600	7,70	29,41	7,74	28,36	7,82	29,29
-0,600+0,425	3,75	21,71	3,08	20,62	3,32	21,48
-0,425+0,300	4,07	17,96	3,68	17,54	4,01	18,16
-0,300+0,212	2,87	13,89	2,93	13,85	2,94	14,14
-0,212+0,150	1,77	11,02	1,83	10,92	2,02	11,20
-0,150+0,106	1,37	9,25	0,84	9,09	1,52	9,19
-0,106	7,88	7,88	8,25	8,25	7,67	7,67

EK 2. MENGEN KÖMÜRÜNÜN KÜKÜRT İÇERİĞİNİN DÜŞÜRÜLMESİNE YÖNELİK YAPILAN FLOTASYON DENEYLERİNİN SONUÇLARI

Deney	Numune	Ağırlık (%)	Kuru Analiz Değerleri				
			Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Ü.I.D. (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)
1	Yüzen	30,53	9,97	52,82	6865	6598	12,05
	Batan	69,47	16,98	52,16	6314	6067	11,75
	Besleme	100,00	14,84	52,36	6482	6229	11,84
2	Yüzen	31,31	7,69	54,53	7086	6812	12,39
	Batan	68,69	18,24	51,48	6226	5983	11,51
	Besleme	100,00	14,94	52,44	6495	6243	11,79
3	Yüzen	29,73	7,62	54,45	7057	6783	12,34
	Batan	70,27	17,51	51,73	6355	6110	11,75
	Besleme	100,00	14,57	52,54	6564	6310	11,92
4	Yüzen	18,53	8,31	53,24	7076	6804	11,88
	Batan	81,47	15,67	52,19	6358	6108	11,98
	Besleme	100,00	14,31	52,39	6491	6237	11,96
5	Yüzen	43,02	7,55	54,80	7097	6822	12,49
	Batan	56,98	20,17	50,96	6028	5791	11,41
	Besleme	100,00	14,74	52,61	6488	6235	11,88
6	Yüzen	43,46	7,63	54,85	7143	6869	12,51
	Batan	56,54	19,78	51,32	6068	5830	11,55
	Besleme	100,00	14,50	52,86	6535	6281	11,96
7	Yüzen	30,32	9,18	47,08	6953	6683	12,25
	Batan	69,68	16,84	45,35	6347	6100	11,74
	Besleme	100,00	14,52	45,88	6531	6277	11,89

EK 3. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN TOPLAYICI DOZAJI VE FLOTASYON BESLEME TANE BOYUNUN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 1)

Koşul			Orijinal Analiz Değerleri								
Tane Boyu (µm)	Toplayıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Ağırlık (%)	Nem (%)	Uçucu Madde (%)	Kül (%)	Bağlı Karbon (%)	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Karbon (%)
-500	1387	0,25	18,16	2,90	50,67	7,01	39,42	6928	6881	10,79	75,02
-500		0,50	9,03	3,35	50,60	8,17	37,88	6800	6746	11,03	73,67
-500		1	4,58	3,29	49,22	11,36	36,13	6486	6423	10,83	70,45
-500		5	14,37	3,51	50,99	9,79	35,71	6535	6474	11,38	71,19
-500		15	11,25	3,25	51,74	8,90	36,11	6677	6621	11,65	72,49
-500		Batan	42,61	3,32	46,33	22,34	28,01	5516	5420	10,01	60,74
-500	2773	0,25	21,92	3,23	50,81	7,22	38,74	6815	6765	11,12	74,97
-500		0,50	23,38	3,14	50,84	8,15	37,87	6739	6687	11,33	73,18
-500		1	6,38	3,13	49,71	10,37	36,79	6473	6414	10,93	71,42
-500		5	9,21	3,64	50,48	10,03	35,85	6485	6423	11,38	70,33
-500		15	6,20	3,44	52,03	8,90	35,63	6578	6521	11,62	71,81
-500		Batan	32,90	4,17	44,99	26,63	24,21	5258	5142	9,47	56,24
-500	4160	0,25	11,62	2,49	51,41	7,25	38,85	6950	6906	10,65	76,30
-500		0,50	27,50	2,82	52,42	7,78	36,98	6864	6816	11,49	74,05
-500		1	14,71	2,86	52,16	8,55	36,43	6806	6755	11,63	72,63
-500		5	12,84	3,09	50,12	13,90	32,89	6324	6255	11,03	68,12
-500		15	8,35	2,98	53,40	8,87	34,75	6739	6686	11,99	72,62
-500		20	12,03	2,87	52,41	11,87	32,85	6505	6444	11,97	70,35
-500		Batan	12,94	2,72	41,03	49,45	6,80	3350	3179	7,28	39,16

EK 4. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN TOPLAYICI DOZAJI VE FLOTASYON BESLEME TANE BOYUNUN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 2)

Koşul			Kuru Analiz Değerleri				
Tane Boyu (µm)	Toplayıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Bağlı Karbon (%)	Ü.I.D (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
-500	1387	0,25	7,22	52,18	40,60	7135	6859
-500		0,50	8,45	52,35	39,19	7036	6764
-500		1	11,75	50,89	37,36	6707	6445
-500		5	10,15	52,84	37,01	6773	6506
-500		15	9,20	53,48	37,32	6901	6632
-500		Batan	23,11	47,92	28,97	5705	5477
-500	2773	0,25	7,46	52,51	40,03	7042	6768
-500		0,50	8,41	52,49	39,10	6957	6685
-500		1	10,71	51,32	37,98	6682	6417
-500		5	10,41	52,39	37,20	6730	6464
-500		15	9,22	53,88	36,90	6812	6543
-500		Batan	27,79	46,95	25,26	5487	5272
-500	4160	0,25	7,44	52,72	39,84	7127	6853
-500		0,50	8,01	53,94	38,05	7063	6790
-500		1	8,80	53,70	37,50	7006	6736
-500		5	14,34	51,72	33,94	6526	6271
-500		15	9,14	55,04	35,82	6946	6676
-500		20	12,22	53,96	33,82	6697	6437
-500		Batan	50,83	42,18	6,99	3444	3298

EK5. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN TOPLAYICI DOZAJI VE FLOTASYON BESLEME TANE BOYUNUN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 3)

Koşul			Orijinal Analiz Değerleri								
Tane Boyu (µm)	Toplayıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Ağırlık (%)	Nem (%)	Uçucu Madde (%)	Kül (%)	Bağlı Karbon (%)	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Karbon (%)
-500	4160	0,25	11,62	2,49	51,41	7,25	38,85	6950	6906	10,65	76,30
-500		0,50	27,50	2,82	52,42	7,78	36,98	6864	6816	11,49	74,05
-500		1	14,71	2,86	52,16	8,55	36,43	6806	6755	11,63	72,63
-500		5	12,84	3,09	50,12	13,90	32,89	6324	6255	11,03	68,12
-500		15	8,35	2,98	53,40	8,87	34,75	6739	6686	11,99	72,62
-500		20	12,03	2,87	52,41	11,87	32,85	6505	6444	11,97	70,35
-500		Batan	12,94	2,72	41,03	49,45	6,80	3350	3179	7,28	39,16
-300	4160	0,25	38,06	2,87	52,06	7,57	37,50	6881	6833	11,25	74,38
-300		0,50	18,43	3,12	52,14	7,87	36,87	6832	6781	11,59	73,75
-300		1	8,18	2,93	51,56	9,08	36,43	6676	6623	11,20	72,66
-300		5	5,00	3,19	47,64	16,63	32,54	6066	5988	10,26	64,94
-300		15	1,45	2,94	49,35	15,96	31,75	6107	6033	11,07	68,48
-300		20	21,10	3,21	51,32	11,38	34,09	6495	6432	11,60	69,67
-300		Batan	7,78	2,32	36,06	61,31	0,31	2025	1822	4,89	26,19
-106	4160	0,25	43,55	3,03	52,29	8,44	36,24	6775	6723	11,33	73,36
-106		0,50	28,99	3,17	51,77	9,41	35,65	6690	6634	11,35	71,96
-106		1	12,38	3,14	51,78	9,42	35,66	7047	6991	11,34	71,94
-106		5	4,85	3,23	46,24	22,21	28,32	6137	6042	9,82	61,48
-106		15	1,26	3,02	41,10	36,58	19,31	4250	4114	9,00	51,61
-106		20	4,44	3,31	51,19	15,36	30,14	6109	6034	11,13	66,30
-106		Batan	4,53	2,24	22,48	75,28	0,00	665	421	3,17	12,51

EK 6. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN TOPLAYICI DOZAJI VE FLOTASYON BESLEME TANE BOYUNUN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 4)

Koşul			Kuru Analiz Değerleri				
Tane Boyu (µm)	Toplayıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Bağlı Karbon (%)	Ü.I.D (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
-500	4160	0,25	7,44	52,72	39,84	7127	6853
-500		0,50	8,01	53,94	38,05	7063	6790
-500		1	8,80	53,70	37,50	7006	6736
-500		5	14,34	51,72	33,94	6526	6271
-500		15	9,14	55,04	35,82	6946	6676
-500		20	12,22	53,96	33,82	6697	6437
-500		Batan	50,83	42,18	6,99	3444	3298
-300	4160	0,25	7,79	53,60	38,61	7084	6810
-300		0,50	8,12	53,82	38,06	7052	6779
-300		1	9,35	53,12	37,53	6878	6608
-300		5	17,18	49,21	33,61	6266	6020
-300		15	16,45	50,84	32,71	6292	6044
-300		20	11,76	53,02	35,22	6710	6448
-300		Batan	62,77	36,92	0,32	2073	1963
-106	4160	0,25	8,70	53,92	37,37	6987	6716
-106		0,50	9,72	53,46	36,82	6909	6641
-106		1	9,73	53,46	36,82	7275	7007
-106		5	22,95	47,78	29,27	6342	6113
-106		15	37,71	42,38	19,91	4382	4197
-106		20	15,89	52,94	31,17	6318	6068
-106		Batan	77,00	23,00	0,00	680	612

EK 7. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN DAĞITICI DOZAJININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 1)

Koşul			Orijinal Analiz Değerleri							
Tane Boyu (µm)	Dağıtıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Ağırlık (%)	Nem (%)	Uçucu Madde (%)	Kül (%)	Bağlı Karbon (%)	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Karbon (%)
-106	500	0,25	52,67	2,06	51,39	9,30	37,25	6749	11,29	76,62
-106		0,50	15,81	2,03	51,08	10,31	36,58	6689	11,34	75,79
-106		1	7,90	2,29	51,16	9,68	36,87	6406	11,25	75,98
-106		5	7,63	2,57	49,56	12,45	35,42	6225	10,70	73,15
-106		Batan	15,98	2,53	39,45	40,57	17,45	4030	7,80	47,01
-106	1000	0,25	37,47	2,25	52,07	8,11	37,57	6800	11,31	77,24
-106		0,50	29,31	2,93	51,72	9,11	36,24	6739	11,36	76,1
-106		1	11,81	2,87	52,32	8,31	36,5	6697	11,28	75,77
-106		5	6,80	2,98	47,81	17,14	32,07	6062	10,49	70,61
-106		Batan	14,60	2,68	38,23	44,22	14,87	3703	7,51	45,11
-106	1500	0,25	43,64	3,13	51,46	8,72	36,69	6804	11,32	77,09
-106		0,50	23,46	2,68	51,91	9,52	35,89	6701	11,35	75,86
-106		1	9,43	2,88	51,42	8,76	36,94	5885	11,27	76,65
-106		20	6,09	2,9	47,61	17,46	32,03	5795	10,25	69,97
-106		Batan	17,38	2,65	40,47	37,83	19,05	4292	8,20	50,1

EK 8. MENGEN KÖMÜRÜNÜN FLOTASYONU İÇİN UYGUN DAĞITICI DOZAJININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI (KISIM 2)

Koşul			Kuru Analiz Değerleri				
Tane Boyu (µm)	Dağıtıcı Dozajı (g/t)	Flotasyon Süresi (dakika)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Bağlı Karbon (%)	Ü.I.D (kcal/kg)	A.I.D. (kcal/kg)
-106	500	0,25	9,50	52,47	38,03	6891	6622
-106		0,50	10,52	52,14	37,34	6828	6562
-106		1	9,91	52,36	37,73	6556	6289
-106		5	12,78	50,87	36,35	6389	6130
-106		Batan	41,62	40,47	17,90	4135	3961
-106	1000	0,25	8,30	53,27	38,43	6957	6684
-106		0,50	9,38	53,28	37,33	6942	6673
-106		1	8,56	53,87	37,58	6895	6623
-106		5	17,67	49,28	33,06	6248	6004
-106		Batan	45,44	39,28	15,28	3805	3643
-106	1500	0,25	9,00	53,12	37,88	7024	6754
-106		0,50	9,78	53,34	36,88	6886	6618
-106		1	9,02	52,94	38,04	6060	5789
-106		5	17,98	49,03	32,99	5968	5724
-106		Batan	38,86	41,57	19,57	4409	4227

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ceren BÜYÜKYILDIZ
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Yılı : 1983
Medeni Hali : Bekar
Eğitim :
Lise 1998 - 2001 Milli Piyango Anadolu Lisesi
Lisans 2001 - 2005 Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
Yabancı Dil : İngilizce
İş Tecrübesi : 2007 - 2008 Labris Madencilik ve San. Ltd. Şti.
2008 - Sabuncular Madencilik San. Ve Tic. A.Ş.