

ADİYAMAN-GÖLBAŞI LİNYİTİNİN YIKAMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Investigation of the Washing Possibilities of Adıyaman-Gölbaşı Lignite

Geliş (received) 29 Mayts (May) 2008; Kabul (accepted) 16 Eylül (September) 2008

Halime ABAKAY TEMEL(*)
Volkan BOZKURT (**)

ÖZET

Bu çalışmada, Adıyaman-Gölbaşı linyitinin yıkama olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla deneysel çalışmalar, kuru bazda %29,47 kül, %46,15 uçucu madde, %24,38 sabit karbon, %2,78 toplam kükürt ve 4271 kcal/kg üst ısı değerine sahip linyit numunesi üzerinde yapılmıştır. Öncelikle Adıyaman-Gölbaşı linyitinin yıkanabilme özellikleri incelenmiştir. Yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda linyit numunesinin yıkanabilirliğinin iyi olmadığı belirlenmiştir. Daha sonra flotasyon, aglomerasyon ve agloflotasyon yöntemleri ile Adıyaman-Gölbaşı linyitinin kül ve kükürt içeriklerinin düşürülmesi araştırılmış ve deneysel sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Adıyaman-Gölbaşı Linyiti, Yüzdürme-Batırma Testi, Flotasyon, Aglomerasyon, Agloflotasyon

ABSTRACT

In this study, the washing possibilities of Adıyaman-Gölbaşı lignite were investigated. For this purpose, experimental studies were performed with the lignite sample having 29.47% ash, 46.15% volatile matter, 24.38% fixed carbon, 2.78% total sulfur and 4271 kcal/kg gross calorific value, all on dry basis. First, the washability properties of Adıyaman-Gölbaşı lignite were examined. As a result of sink and float experiments, it was determined that the washability of lignite sample was not satisfactory. Then, the desulfurization and deashing of Adıyaman-Gölbaşı lignite were investigated and the experimental results were presented.

Keywords: Adıyaman-Gölbaşı Lignite, Sink-Float Test, Flotation, Agglomeration, Aggloflotation

(*)Dr., Dicle Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Böl., 21280 Diyarbakır, habakay@dicle.edu.tr
(**) Prof. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Böl., 26480, Eskişehir

1. GİRİŞ

Linyit kömürleri içerdikleri yüksek kükürt, kül ve nem oranları ile çevre şartları bakımından büyük sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle linyitlerin kullanımı esnasında çevreye verdikleri olumsuzlukların giderilmesi gerekmektedir (Renda, 2000).

Kömür jeolojik devirler boyunca dönüşüme uğrayarak, yüksek bir kalari değeri kazanmış bitki artıklarından oluşan, farklı fiziksel ve kimyasal özellikteki katı organik yakıtlara verilen isimdir (Yaman vd., 1998). Kömür ısınma ve ısıtma amacı ile termik santrallerde, konutlarda, sanayi ve kazan fırınlarında ve ulaşımda kullanılmakta olup enerji hammaddelerinin en önemlilerinden biridir. Kömürde bulunan en önemli safsızlıklar, inorganik maddeler, kükürt ve nemdir (Önal ve Atak, 1988).

Kömür hazırlamanın amaçları; mineral maddeleri ve nemi uzaklaştırarak ısı değeri yükseltmek, kükürdü uzaklaştırarak çevre kirliliği ve korozyonu önlemek ve kömürü teknolojinin istediği boyut gruplarına ayırmaktır (Demli, 1994). Kömür yıkanabilirlik verilerine göre fiziksel yöntemler ile kömürün ne ölçüde temizlenebileceği veya belli bir kalitede kömür elde etmek için verimin ne olacağı belirlenebilmektedir (Önal ve Güney, 1998).

Flotasyon yöntemi toz kömürün (-0,5 mm) zenginleştirilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir (Önal ve Atak, 1991). Çok ince kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan yöntemlerden biri de yağ aglomerasyonudur. Yağ aglomerasyonu yönteminde yağ emülsiyonu içine çok ince kömür tanecikleri atıldığında, kömür tanecikleri yağ zerrecikleri etrafında toplanarak aglomere olmakta ve dağınık durumdaki gangtan eleme veya flotasyon yolu ile ayrılmaktadır. Yağ aglomerasyonunda en çok kullanılan yağlar; pentan, heptan, gazyağı gibi hafif yağlar ve dizel yağı, kreosot, fuel oil gibi orta yağlar şeklinde olup, bu yağlar ayrı ayrı veya karışım halinde kullanılmaktadır. Yağın, su içinde dağıtılarak ince partiküller halinde emülsiyon haline getirilmesi ise yüksek devirli karıştırıcılarla sağlanmaktadır (Kemal ve Arslan, 2000).

Agloflotasyon yöntemi kullanılarak önemli miktarda pirilik kükürt uzaklaştırılabilmektedir. Bazı araştırmacılar, beslenen kömürün kükürt

içerdiği ve piritin serbestleşmesine bağlı olarak pirilik kükürdü yaklaşık olarak %60-85 oranında uzaklaştırmıştır (Pawlak et al., 1985; Capes, 1991).

Bu çalışmada, Adıyaman-Gölbaşı linyitinin yıkama özellikleri irdelenerek flotasyon, aglomerasyon ve agloflotasyon yöntemleri ile Adıyaman-Gölbaşı linyitinin kül ve kükürt içeriklerinin azaltılabilecek olanakları araştırılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Deneyisel çalışmalar, Adıyaman ili, Gölbaşı ilçesinde bulunan Soykan kömür işletmesinden alınan temsili linyit örneği üzerinde yapılmıştır. Temsili linyit örneğinin kimyasal, başlıca element ve X-Ray analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 1, Çizelge 2 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Adıyaman-Gölbaşı Linyitinin Kimyasal Analiz Sonuçları (Abakay Temel, 2007)

Bileşen	orjinal kömür	havada kuru kömür	tam kuru kömüre
Nem,%	48,66	14,15	
Kül,%	15,13	25,30	29,47
Uçucu Madde,%	23,69	39,61	46,14
Sabit Karbon,%	12,52	20,94	24,39
üst Isı Değeri, kcal/kg	2193	3667	4271
Alt ısı Değeri, kcal/kg	1650	3417	4062
Toplam Kükürt, %	1,43	2,39	2,78
Pirilik Kükürt,%	0,65	1,09	1,27
Sülfat Kükürt,%	0,11	0,18	0,21
Organik Kükürt,%	0,67	1,12	1,30

a 10S °C'de kurutulmuş

Çizelge 2. Adıyaman-Gölbaşı Linyitinin Başlıca Element Analiz Sonuçları (Abakay Temel, 2007)

Bileşen	(%)
Al ₂ O ₃	11,50
SiO ₂	32,55
Fe ₂ O ₃	5,80
TiO ₂	0,70
CaO	18,50
Nap	0,50
Kp	0,70
MgO	5,10
P2O5	0,70
MnO	0,10
Cr ₂ O ₃	0,20
BaO	0,80
SO ₃	15,98
Ateşte kayıp	6,87

Çizelge 3. Adıyaman-Gölbaşı Linyitinin Elek-Kül Analizi (Abakay Temel, 2007)

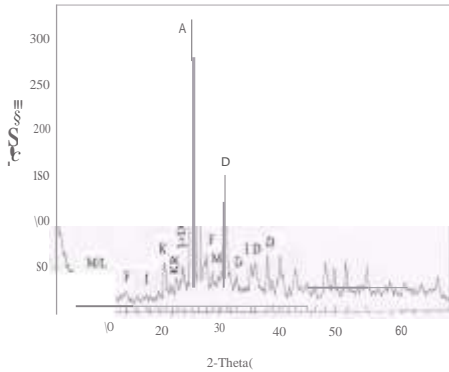
Tane Boyutu (mm)	Ağırlık(%)	Kül (%)
-50+20	60,41	29,61
-20+4,75	30,63	29,36
-4,75+0,5	7,87	28,97
-0,5+0,3	0,31	27,45
-0,3+0,1	0,38	27,81
-0,1+0,053	0,18	27,17
-0,053+0,038	0,02	32,73
-0,038	0,20	32,06
Toplam	100,00	29,47

2.2. Yöntem

Adıyaman-Gölbaşı linyitinin yüzdürme-batırma deneyleri -50+20 mm, -20+4,75 mm ve -4,75+0,5 mm tane boyutlarında ZnCl₂ çözeltileri kullanılarak yapılmıştır. Karıştırma ve şlam atma deneyleri ve aglomerasyon deneyleri FRAMO-Geratetechnik, LR20 tipi mekanik karıştırıcı ile yapılmıştır. Deneyler 1 litrelik beherde gerçekleştirilmiştir.

Flotasyon deneyleri Denver laboratuvar tipi flotasyon cihazı ile yapılmıştır. Deneylerde 1 litrelik flotasyon hücresi kullanılmıştır. Toplayıcı olarak yağlı toplayıcılar (gazyağı, mazot, %80 gazyağı + %20 fuel oil, %80 mazot + %20 fuel oil, %80 gazyağı + %20 orfom, %80 gazyağı + %20 moly, %80 gazyağı + %20 phil flo.), çeşitli reaktifler (2-etil hegzanol, dodesil amin, dodesil sülfat), oleik asit (yağ asidi grubundan) ve Aero 825 (sülfonat grubu reaktif) kullanılmıştır. Moly bir apolar hidrokarbon olup molibdenitin yan ürün olarak kazanıldığı tesislerde molibdenit için son derece etkilidir. Moly mazot, gazyağı ve fuel oil'in yerini mükemmel şekilde almıştır. Phil flo. flotasyonda kullanılan fuel oil, gazyağı ve diğer benzer yağlardan daha düşük miktarlarda kullanılarak iri taneli partiküllerin flotasyonunu artırarak verimin yükselmesini sağlamaktadır. Orfom, molibden için çok etkili bir flotasyon yağdır. Bastırıcı olarak Na₂SiO₃ ve kalgon (sodyum heksametafosfat) kullanılmıştır. Köpürtücü olarak çamyacı, MIBC, Aerofroth 88, Aerofroth 65 ve Aerofroth 76 A kullanılmıştır.

Aglomerasyon deneylerinde bağlayıcı olarak gazyağı, mazot, %50 mazot + %50 fuel oil, ayçiçek yağı, mısır yağı, %50 mazot + %50 orfom, %50 mazot + %50 moly ve %50 mazot + %50 phil flo. kullanılmıştır. Farklı tuzların aglomerasyon



Şekil 1. Adıyaman-Gölbaşı linyitinin X-Ray analiz sonuçları (A:Anhidrit, K:Kuvars, D:Dolomit, F:Feldspat, I:Illit, KR:Kristobalit, M: Mika) (Abakay Temel, 2007).

Adıyaman-Gölbaşı linyitinin tane boyut dağılımı ve tane boyutuna göre kül içeriğinin (kuru bazda) değişimi Çizelge 3'de verilmiştir.

Agloflotasyon çalışmalarında Şırnak ili, No:1 ocağından alınan asfaltit örneği ve Diyarbakır ili, Hazro ilçesinden alınan kömür örneği kullanılmıştır. Şırnak asfaltitli kuru bazda %44,8 kül ve %6 kükürt içermektedir. Hazro kömürü kuru bazda %25,27 kül ve %7 kükürt içermektedir.

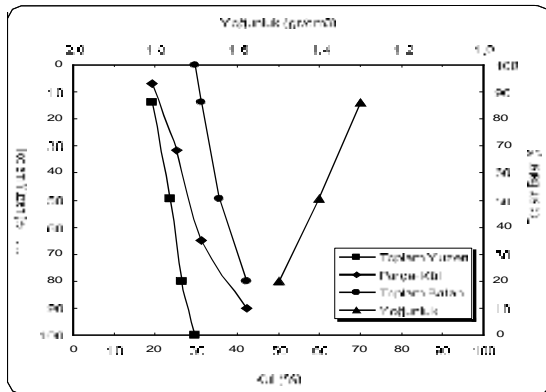
üzerindeki etkisini araştırmak amacı ile NaCl, MgCl₂ ve FeCl₃ tuzları kullanılmıştır. Deniz suyu ve göl suyunun flotasyon ve aglomerasyon üzerindeki etkisini araştırmak amacı ile İzmir'den alınan Ege denizi suyu, Van'dan alınan sodalı göl suyu, Zonguldak-Kdz. Ereğli'den alınan Karadeniz suyu ve Mersin'den alınan Akdeniz suyu kullanılmıştır.

Agloflotasyon deneylerinde, aglomerasyon aşamasında FRAMO-Geratedechnik, LR20 tipi mekanik karıştırıcı ve flotasyon aşamasında Denver Laboratuvar tipi flotasyon cihazı kullanılmıştır. Deneylerde 1 litrelik flotasyon hücresi kullanılmıştır. Agloflotasyon deneyleri üç aşamada yapılmıştır. 1. aşamada, şırnak asfaltiti/Hazro kömürünün aglomerasyonu yapılmış, 2. aşamada, 1. aşamadan elde edilen şırnak asfaltitin/Hazro kömürünün aglomeratları (konsantre) şlamdan uzaklaştırılmış linyite ilave edilmiştir. Daha sonra Adıyaman-Gölbası linyiti flotasyonunda belirlenen optimum toplayıcı ve köpürtücü miktarları ilave edilmiştir. 3. aşamada ise sistemde oluşan aglomeratlar flotasyon yöntemi ile kazanılmıştır. Flotasyon deneyleri doğal pH, pH 6, pH 7 ve pH 8'de yapılmıştır. Flotasyon, aglomerasyon ve agloflotasyon deneylerinde pH ayarlamasında, NaOH ve HCl kullanılmıştır.

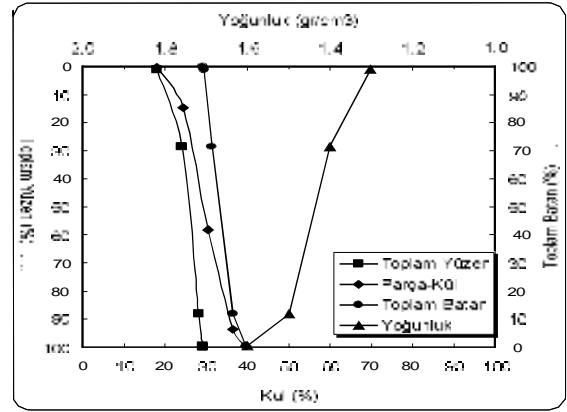
3. BULGULAR

3.1. Yüzdürme-batırma

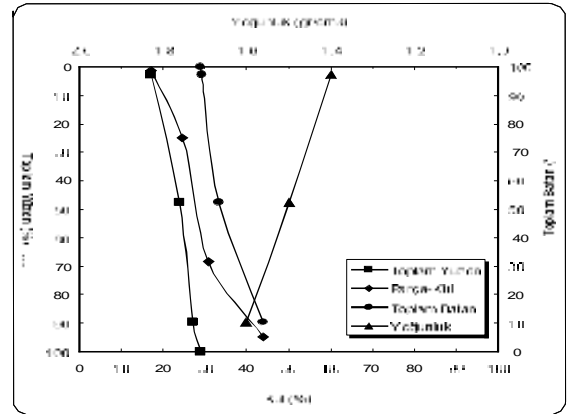
Adıyaman-Gölbası linyitinin yıkanabilme özelliklerini belirlemek amacı ile -50+20 mm, -20+4,75 mm ve -4,75+0,5 mm boyut sınıflarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır. Yıkanabilirlik eğrileri şekil 2, 3 ve 4'de verilmiştir.



Şekil 2. Adıyaman-Gölbası linyiti -50+20 mm tane boyutu yıkanabilirlik eğrileri.



Şekil 3. Adıyaman-Gölbası linyiti -20+4,75 mm tane boyutu yıkanabilirlik eğrileri.



Şekil 4. Adıyaman-Gölbası linyiti -4,75+0,5 mm tane boyutu yıkanabilirlik eğrileri.

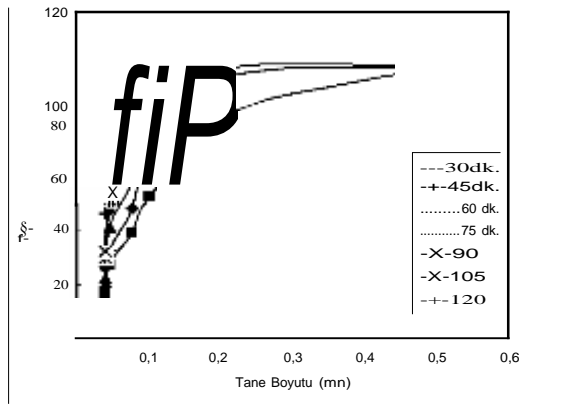
Yüzdürme-batırma deney sonuçlarına göre -50+20 mm tane boyutunda; 1,4 g/cm³ de $\pm 0,1$ yoğunluk ayırma değeri %66,39'dur. -20+4,75 mm tane boyutunda; 1,4 g/cm³ de $\pm 0,1$ yoğunluk ayırma değeri %87,23 ve 1,5 g/cm³ de $\pm 0,1$ yoğunluk ayırma değeri %71,04'dür. -4,75+0,5 mm tane boyutunda; 1,5 g/cm³ de $\pm 0,1$ yoğunluk ayırma değeri %86,77'dir. Ayırma yoğunluğuna yakın madde miktarının ayırım üzerindeki etkisi göz önüne alınarak Özbayoğlu ve Bilgen (1997) tarafından oluşturulan çizelgeye göre her üç tane boyutu için $\pm 0,1$ yoğunluk ayırma değeri 25'den büyük olmakta ve bu da ayırımın mümkün olmadığını göstermektedir. Linyit içerisinde çok ince boyutlarda kilin bulunması ve her üç tane boyutunda serbestleşmenin olmaması nedeni ile tane boyutu küçüldükçe yıkanabilme özelliğinde bir iyileşme olmamıştır.

3.2. Karıştırma ve şlam atma

Adıyaman-Gölbası linyiti üzerinde yapılan ön

deneylerde şlam uzaklaştırmanın aglomerasyon ve flotasyon üzerinde olumlu etkisinin görülmesinden dolayı aglomerasyon ve flotasyon çalışmalarından önce karıştırma ve şlam atma aşamasının optimum koşulları araştırılmıştır.

Adıyaman-Gölbaşı linyili üzerinde yapılan elek analizi fraksiyonlarının mikroskopta incelenmesi sonucu Adıyaman-Gölbaşı linyitinin, 0,1 mm'nin altında serbestleştiği belirlenmiştir. -0,1 + 0,053 mm tane boyutunda piritin % 80'nin üzerinde, -0,053 + 0,038 mm tane boyutunda piritin % 90'nin üzerinde ve -0,038 mm tane boyutunda piritin % 95'in üzerinde serbestleştiği belirlenmiştir. Adıyaman-Gölbaşı linyiti, farklı sürelerde öğütüldükten sonra elek analizine tabi tutulmuştur. Öğütme testlerinin toplu sonuçları Şekil 5' de verilmiştir.



Şekil 5. Adıyaman-Gölbaşı linyitinin öğütme testlerinin toplu sonuçları.

Adıyaman-Gölbaşı linyiti, su ortamında karıştırılarak 0,038 mm'lik elek ile elenmiş, katı oranının, NaOH ve HCl'in karıştırma ve şlam atma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Linyit numunesi, 75 dakika öğütüldükten sonra (%88'i -0,1 mm) karıştırma ve şlam atma deneylerinde kullanılmıştır. Optimum karıştırma ve şlam atma koşulları şu şekilde belirlenmiştir: katı oranı %10, koşullandırma süresi 20 dakika, elek 0,038 mm, karıştırma hızı 1800 devir/dakika. Optimum karıştırma ve şlam atma koşullarında %28,29 kül içeren + 0,038 mm'lik kısım, %75,24 yanabilir verimle elde edilmiştir.

3.3. Flotasyon

Kömür içinde çok ince partiküller şeklinde kilin bulunuşu kömürün flotasyon verimini azaltmakta ve reaktif tüketimini artırmaktadır.

Bu durum kömür partiküllerinin yüzeyinin çok ince bir kil tabakası ile kaplanmasına yol açarak kömürü hidrofilik yapmaktadır. Bu nedenle hava kabarcıkları ve kömür partikülleri arasındaki adhezyon (yapışma) kuvveti azalmakta ve flotasyon daha fazla güçleşmektedir (1/ven and Sun, 1981; Öney, 1993).

Bu nedenle, öncelikle optimum karıştırma ve şlam atma koşulları kullanılarak linyit numunesinden şlam uzaklaştırıldıktan sonra flotasyon yöntemi kullanılmıştır. Öğütme süresinin, pH'ın, katı oranının, toplayıcı türü ve miktarının, bastırıcı türü ve miktarının ve köpürtücü türü ve miktarının flotasyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Optimum flotasyon koşulları şu şekilde belirlenmiştir: öğütme süresi 90 dakika, katı oranı %20, pH 6, toplayıcı (%80 Mazot + %20 Fuel oil) miktarı 3 kg/ton, köpürtücü (MIBC) miktarı 0,5 kg/ton, bastırıcı miktarı 0 g/ton, köpük alma süresi 3 dakika.

Çeşme suyunda (pH 7,5) optimum karıştırma ve şlam atma koşullarında, şlam uzaklaştırıldıktan sonra optimum flotasyon koşullarında çeşme suyu, Ege denizi suyu ve sadalı göl suyunda üç aşamalı temizleme flotasyonu yapılmıştır. Ayrıca karıştırma ve şlam atma işlemi yapılmadan, optimum flotasyon koşulları kullanılarak üç aşamalı temizleme flotasyonu yapılmıştır. Farklı su ortamlarında yapılan flotasyon çalışmalarının toplu sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Flotasyon Çalışmalarının Toplu Sonuçları

Flotasyon ortamı	Konsantre			
	Ağ. (%)	Kül (%)	T. kükürt (%)	Y. verim (%)
Çeşme suyunda (şlamdan uzaklaştırılmış)	23,33	15,04	1,19	27,59
Çeşme suyunda (şlamdan uzaklaştırılmamış)	12,17	22,11	2,25	13,44
Sadalı göl suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	12,44	17,67	1,08	14,25
Ege denizi suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	14,29	17,23	1,05	16,46

Flotasyondan önce şlamın uzaklaştırılması linyit yüzeyinde mikran mertebesinde bulunan

kilin uzaklaştırılması ve suda çok az çözünen minerallerin linyit numunesinden uzaklaştırılarak flotasyon üzerindeki etkisinin ortadan kaldırılması açısından flotasyon sonuçları üzerinde olumlu bir etki yapmıştır. Şlamın uzaklaştırılması kül ve toplam kükürt içeriği daha düşük olan konsantrenin elde edilmesini sağlamıştır.

Flotasyonda deniz suyu veya diğer artık suların kullanımındaki ana neden temiz su eksikliğidir. Ayrıca tuzlu ortamda yapılan flotasyonda, tanecikler çevresindeki elektriksel çift tabaka sıkıştırılmakta ve böylece hidrofobik yüzey alanlarının açılmasına yol açmaktadır. Bu alanlar daha sonra hidrofobik bağ ile partikülleri ve kabarcıkları çekebilmektedir. Bazı araştırmacılar, elektriksel çift tabakanın sıkışması sonucu zeta potansiyelinin azaldığını ve bunun sonucu kabarcık ve partikül arasındaki uzun mesafeli itici elektriksel kuvvetlerin azaltıldığını bildirmişlerdir (Yang et al., 1988; Yoon and Sabey, 1988).

Çeşme suyunda şlam uzaklaştırılmadan yapılan flotasyon deney sonucunda elde edilen konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri 4167 kcal/kg'dır. Çeşme suyunda şlam uzaklaştırılarak yapılan flotasyon deney sonucunda elde edilen konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri 5040 kcal/kg'dır. Ege denizi suyunun tuzluluk oranı sodalı göl suyu ve çeşme suyuna göre daha yüksektir. Flotasyon ortamında Ege denizi suyunun kullanımı toplam kükürt değeri daha düşük olan konsantrelerin elde edilmesini sağlamıştır.

3.4. Aglomerasyon

Optimum karıştırma ve şlam atma koşulları kullanılarak linyit numunesinden şlam uzaklaştırıldıktan sonra aglomerasyon yöntemi kullanılmıştır. pH, katı oranı, bağlayıcı türü ve miktarı ve elek boyutunun aglomerasyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Adıyaman-Gölbaşı linyiti için optimum aglomerasyon koşulları şu şekilde belirlenmiştir: pH 6, katı oranı %10, bağlayıcı (%50 Mazot + %50 fuel oil) oranı %20, elek 0,106 mm.

Optimum karıştırma ve şlam atma koşullarında, şlam uzaklaştırıldıktan sonra göl suyu, deniz suyu ve farklı tuz ortamlarında optimum aglomerasyon koşullarında aglomerasyon deneyleri yapılmıştır. Ayrıca karıştırma ve şlam atma işlemi yapılmadan, Adıyaman-Gölbaşı linyitinin optimum aglomerasyon koşulları kullanılarak aglomerasyonu yapılmıştır.

Farklı su ortamlarında yapılan aglomerasyon çalışmalarının toplu sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Aglomerasyon Çalışmalarının Toplu Sonuçları

Aglomerasyon ortamı	Konsantre			
	Ağ. (%)	Kül (%)	T. kükürt (%)	Y. verim (%)
Çeşme suyunda (şlam uzaklaştırılmış)	68,95	16,60	1,33	80,03
Çeşme suyunda (şlam uzaklaştırılmamış)	47,71	27,48	2,62	49,06
300 mg/lt NaCl ortamında (şlamdan uzaklaştırılmış)	67,07	15,21	1,31	79,15
200 mg/lt MgCl ₂ ortamında (şlamdan uzaklaştırılmış)	67,98	15,44	1,27	80,00
200 mg/lt FeCl ₃ ortamında (şlamdan uzaklaştırılmış)	67,86	14,89	1,45	80,38
Sodali göl suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	67	18,25	1,20	76,23
Karadeniz suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	66,11	17,81	1,22	75,62
Akdeniz suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	66,07	17,23	1,13	76,11
Ege denizi suyu (şlamdan uzaklaştırılmış)	66,55	17,96	1,17	75,99

Aglomerasyon çalışmaları sonucunda, aglomerasyondan önce şlamın uzaklaştırılması, aglomerasyon sonuçları üzerinde olumlu bir etki yapmıştır. Şlamın uzaklaştırılması ile kül ve toplam kükürt içeriği daha düşük olan konsantre elde edilmiştir. Çeşme suyu yerine aglomerasyon ortamında göl suyu ve deniz suyunun kullanılması, toplam kükürt değeri daha düşük olan konsantreler elde edilmesini sağlamıştır. Aglomerasyon ortamında deniz suları ve göl suyunun kullanımı, hidrofilik linyit taneleri üzerinde hidratlanmış katyonların adsorpsiyonundan dolayı elde edilen yanabilir verim, çeşme suyunda şlam uzaklaştırıldıktan sonra yapılan aglomerasyonda elde edilen yanabilir verim değerinden düşük olarak elde edilmiştir.

Karadeniz, tuzluluk oranı (%18) az olan bir

denizdir. Ege denizi, tuzluluk oranı (%39) yüksek bir denizdir. Akdeniz dünya denizleri içinde oldukça yüksek (%39) tuzluluk oranına sahip bir denizdir (www.aof.edu.tr). Sodalı göl suyunun, tuzluluk oranı %19, pH'sı ise 9.8'dir (http://tr.wikipedia.org). Deniz sularında tuzluluk oranı arttıkça elde edilen konsantrelerin kül içeriği ve toplam kükürt içeriğinde azalma elde edilmiştir. Deniz sularında elde edilen konsantrelerin kül içeriği ve toplam kükürt içeriği açısından şu sıralama yapılabilir: Karadeniz > Ege denizi > Akdeniz. Aglomerasyon ortamında tuzun kullanımı, çeşme suyuna göre daha düşük kül içerikli konsantrelerin kazanımını sağlamıştır.

Çeşme suyunda şlam uzaklaştırılmadan yapılan aglomerasyon deney sonucunda elde edilen konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri 4073 kcal/kg'dır. Çeşme suyunda şlam uzaklaştırılarak yapılan aglomerasyon deney sonucunda elde edilen konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri ise 5035 kcal/kg'dır.

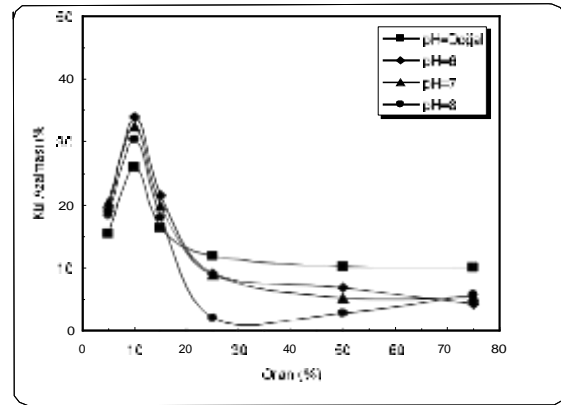
3.5. Agloflotasyon

Agloflotasyon çalışmalarında kullanılan Şırnak asfaltiti aglomeratları, Şırnak asfaltiti için belirlenen optimum aglomerasyon koşulları kullanılarak elde edilmiştir. Şırnak asfaltiti aglomeratlarının kül ve toplam kükürt içeriği sırasıyla %36,81 ve %3,12'dir.

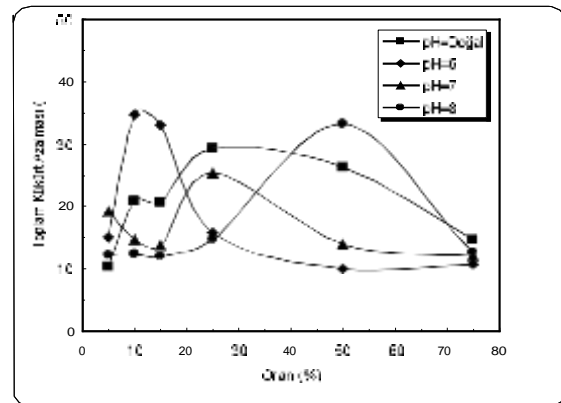
Şırnak asfaltitinin aglomeratları, farklı oranlarda şlamdan uzaklaştırılmış Adıyaman-Gölbaşı linyiti ile karıştırılması durumunda elde edilen malzemelerin özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir. Agloflotasyon deney sonuçları sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı Oranlarda Şırnak Asfaltitinin Aglomeratları İle Karıştırılan Şlamdan Uzaklaştırılmış Adıyaman-Gölbaşı Linyiti İle Oluşturulan Malzemelerin Özellikleri

Şırnak asfaltiti aglomerat oranı (%)	Kül (%)	Toplam kükürt (%)	Doğal pH
5	28,58	2,74	6,80
10	29,02	2,76	6,88
15	29,45	2,78	6,91
25	30,31	2,82	7,03
50	32,48	2,92	7,13
75	34,64	3,02	7,20



Şekil 6. Şırnak asfaltiti aglomeratları ile yapılan agloflotasyondaki kül azalması.



Şekil 7. Şırnak asfaltiti aglomeratları ile yapılan agloflotasyondaki toplam kükürt azalması.

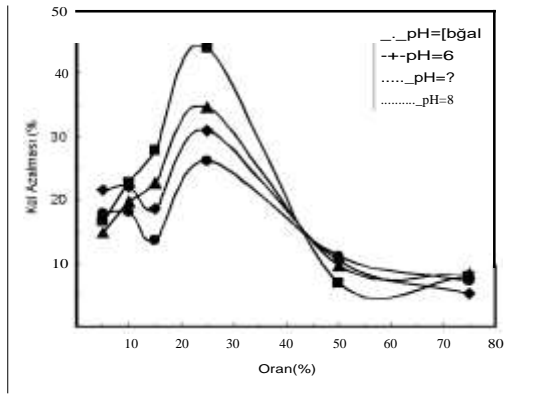
Şekil 6 ve Şekil 7'de görüldüğü gibi en iyi sonuç pH 6'da %10 Şırnak asfaltiti aglomeratları oranında elde edilmiştir. pH 6'da %10 Şırnak asfaltiti aglomeratları oranında yapılan deney sonucunda %74,74 ağırlık oranında konsantre, %19,15 kül, %1,80 toplam kükürt ve %85,13 yanabilir verimle kazanılmıştır. Toplam kükürt azalması %34,78 ve kül azalması %34,01 şeklinde olmuştur. Konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri 4904 kcal/kg'dır.

Agloflotasyon çalışmalarında kullanılan Hazro kömürü aglomeratları, Hazro kömürü için belirlenen optimum aglomerasyon koşulları kullanılarak elde edilmiştir. Hazro aglomeratlarının kül ve toplam kükürt içerikleri sırasıyla %17,14 ve %3,09'dur (Abakay Temel ve Ayhan, 2006). Hazro kömürünün aglomeratları, farklı oranlarda şlamdan uzaklaştırılmış Adıyaman-Gölbaşı linyiti ile karıştırılması durumunda elde edilen malzemelerin özellikleri Çizelge 7'de verilmiştir.

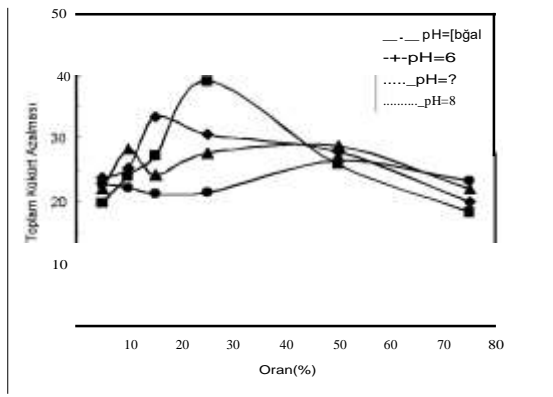
Agloflotasyon deney sonuçları sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.

Çizelge 7. Farklı Oranlarda Hazro Kömürünün Aglomeratları ile Karıştırılan Şlamdan Uzaklaştırılmış Adıyaman-Gölbaşı Linyiti ile Oluşturulan Malzemelerin Özellikleri

Hazro kömürü aglomerat oranı (%)	Kül (%)	Toplam kükürt (%)	Doğal pH
5	27,60	2,74	7,01
10	27,05	2,76	7,06
15	26,50	2,78	7,09
25	25,40	2,81	7,11
50	22,65	2,91	7,15
75	19,89	3,00	7,19



Şekil 8. Hazro kömürü aglomeratları ile yapılan agloflotasyondaki kül azalması.



Şekil 9. Hazro kömürü aglomeratları ile yapılan agloflotasyondaki toplam kükürt azalması.

Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi en iyi sonuç doğal pH'da (7,11) %25 Hazro kömürü aglomeratları oranında elde edilmiştir. Doğal pH'da %25 Hazro kömürü aglomeratları oranının yapılan deney sonucunda %75,31 ağırlık oranında konsantre, %14,23 kül, %1,71 toplam kükürt ve %86,59 yanabilir verimle kazanılmıştır. Toplam kükürt azalması %39,15 ve kül azalması %43,98 şeklinde olmuştur. Konsantrenin kuru bazda alt ısı değeri 5393 kcal/kg'dır.

Hem Şırnak asfaltili hem de Hazro kömürü aglomeratlarının yüksek oranlarda kullanımının, kül azalması üzerinde olumlu biretkisi olmamıştır. Ayrıca, Şırnak asfaltili ve Hazro kömürü aglomeratlarının oranı arttıkça doğal koşullarda elde edilen konsantre miktarları da artmaktadır.

4. SONUÇLAR

Adıyaman-Gölbaşı linyili üzerinde yapılan yıkanabilirlik çalışmaları sonucunda linyit numunesinin yıkanabilirliğinin iyi olmadığı belirlenmiştir.

Flotasyon ve aglomerasyondan önce şlamın uzaklaştırılması; linyit yüzeyinde mikran mertebesinde bulunan kilin uzaklaştırılmasını ve suda çok az çözünen minerallerin linyit numunesinden uzaklaştırılarak flotasyon ve aglomerasyon üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmıştır. Şlamın uzaklaştırılması kül ve toplam kükürt içeriği daha düşük olan konsantrelerin elde edilmesini sağlamıştır.

Adıyaman-Gölbaşı linyitinin hidrofilitik yapısı nedeni ile flotasyon ortamında yüzdürülmesi için yüksek miktarlarda toplayıcı (3 kg/ton %80 Mazot + %20 Fuel oil) ve köpürtücü (0,5 kg/ton MIBC) kullanılması gerekmektedir.

Çeşme suyuna göre aglomerasyon ortamında göl suyu ve deniz suyunun kullanımı, toplam kükürt değeri daha düşük olan konsantrelerin elde edilmesini sağlamıştır. Deniz sularında elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında kül içeriği ve toplam kükürt içeriği açısından şu sıralama yapılabilir: Karadeniz > Ege denizi > Akdeniz. Aglomerasyon ortamında tuzun kullanımı, çeşme suyuna göre daha düşük kül içerikli konsantrelerin kazanımını sağlamıştır.

Adıyaman-Gölbaşı linyitinin agloflotasyonu Şırnak asfaltili ve yarı taşkömürü niteliğindeki

Hazro kömüründen elde edilen aglomeratlar kullanılarak yapılmıştır. Agloflotasyon deneyleri sonucunda elde edilen konsantrelerin ağırlık, kül ve toplam kükürt değerlerinin kullanılan aglomeratın içeriği ile önemli şekilde değiştiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

Abakay Temel H. ve Ayhan F.D., 2006; "Desulfurization and deashing of Hazro coal by selective oil agglomeration in various water mediums", *Energy&Fuels*, **20**, 2052-2055.

Abakay Temel, H. 2007; "Adıyaman-Gölbası Linyitinin Değerlendirilme Olanaklarının Araştırılması", Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, s.181.

Capes, C.E., 1991; "Oil Agglomeration Process Principles and Commercial Application for Fine Coal Cleaning", *Coal Preparation, Colorado, Society for Mining, Metallurgy and Exploration*, part 4.

Demli, F., 1994; "Beypazarı ve Soma Linyitlerinin Yıkabilme Özelliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Kimya Müh. Bölümü, Ankara.<http://tr.wikipedia.org>)

Deniz Kemal, M. Ve Arslan, V., 2000; "Toz Kömür Zenginleştirilmesindeki Yeni Gelişmeler", *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri V.*, (G. Önal, H. Dinçer, editör), Ankara, 139-152.

Önal, G. ve Atak, S., 1988; "Kömür Hazırlama ve Tesisleri", *Kömür Kimyası & Teknolojisi* (O. Kural, editör), 143-168.

Önal, G. ve Atak, S., 1991; "Kömür Hazırlama ve Tesisleri", *Kömür* (O. Kural, editör), 236-274.

Önal, G. ve Güney, A., 1998; "Kömür Hazırlama Yöntemleri ve Tesisleri", *Kömür* (O. Kural, editör), 269-295.

Öney, Ö., 1993; "The enrichment of Zonguldak fine coal by flotation", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniv., İzmir.

Özbayoğlu, G. ve Bilgen, S., 1997; "Türkiye'de kömür yıkama tesisleri", *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri IV*, Yurt Madenciliğini

Geliştirme Vakfı, 107-123.

Pawlak, W., Goddard, R., Janiak, J., Turak, A., Ignasiak, B., 1985; "Oil Agglomeration of Low-rank Coals", Tenth Annual EPRI Contractor's Conference on Clean Liquid and Solid Fuels, California, 1-20.

Renda, D. 2000; "Temiz Kömür Üretiminde Yeni Bir Teknoloji", *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri V.*, (G. Önal, H. Dinçer, editör), Ankara, 153-163.

Wen, W.W. and Sun, S.C., 1981; "An electrokinetic study on the oil flotation of oxidized coal", *Separation Science Technology*, **16**, 1491-1521. www.aof.edu.tr

Yaman, S. ve Küçükbayrak, S., 1998; "Kömürün İçerdiği Mineral Maddenin Kullanımına Etkileri" (O. Kural, editör), İstanbul, 139-149.

Yang, G.C.C., Markuszewski, R., Wheelock, T.D., 1988; "Oil agglomeration of coal in inorganic salt solutions", *Coal Preparation*, **5**, 133-146.

Yoon, R.H. ve Sabey, J.B., 1988; "Coal flotation in inorganic salt solutions", *Coal Preparation Technology Volume 1*, (Ed:D.G. Osborne), London.