

*Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 Mayıs 2000, Zonguldak-Kdz. Ereğli, Türkiye  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Turkish Coal Congress, 23-26 May 2000, Zonguldak-Kdz. Ereğli, Türkiye*

## **MİHALIÇCIK (ESKİŞEHİR) KÖMÜRLERİNİN ZENGINLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

### **INVESTIGATION OF CONCENTRATION POSSIBILITIES OF COALS OF MİHALIÇCIK DISTRICT(ESKİŞEHİR)**

**Vedat DENİZ, Elif DİNLER ve A. Namık GÜNEŞ, Süleyman Demirel Üniversitesi,  
Maden Müh. Bölümü, 32260, İsparta**

#### **ÖZET**

Bu çalışmada, Eskişehir-Mihalıççık Koyunağlı Köyü % 40.14 küllü kömürlerinin zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Öncelikle, kömür örneğinin yoğunluğa göre zenginleşip, zenginleşmediği tespit için yüzdürme-batırma testleri yapılmıştır. Yüzdürme-Batırma testleri sonucu yıkanabilirliği zor olduğu ortaya çıkmış ve bu nedenle yoğunluğa göre zenginleştirme işleminden vazgeçilip, flotasyon yöntemiyle zenginleştirilmesi araştırılmış ve en uygun şartlarda, kaba flotasyon sonucunda % 22.54 kül değerindeki temiz kömür % 51.84 yanabilir verimle elde edilmiştir. Kaba flotasyon sonucunda, elde edilen ön konsantreye bir kademe temizleme ve artığa bir kademe süpürme yapıldığında ise elde edilen konsantrenin kül oranı % 18.22'ye indirilmiş ve kömürün yanabilir verimi % 54.64 olarak elde edilmiştir.

#### **ABSTRACT**

In this study, concentration possibility of coals, containing 40.14% ash, located at Koyunağlı village in Mihalıççık( Eskişehir) was investigated. Firstly, Sink-Float tests on the coal sample were performed for the determination of concentration by gravity method. As a result of sink-float tests, it was found that it is difficult to concentrate with gravity method. Therefore, suitability of the flotation methods for concentration of coal sample was investigated. In optimum conditions of rougher flotation concentrate, containing 22.54 % ash with combust recovery 51.84% were obtained. Final concentrate by means of one each stage cleaning and scavenging to rougher concentrate and rougher tailing acquired rougher flotation was obtained 18.22% ash with 54.64% combust recovery.

## 1. GİRİŞ

Linyit kömürü, bilindiği üzere her geçen gün önemini bir kat daha artıran vazgeçilmez enerji kaynaklarından birisidir. Başta elektrik üretimi ve termik santrallerde olmak üzere, ısınma amacıyla konutlarda, çeşitli enerji üretimi için de sanayide kullanılmaktadır (Köktürk ve Narin, 1994).

Linyit madenciliğinde, linyitlerin büyük çoğunluğunun kalitelerinin düşük oluşu ve bu düşük kaliteli linyitlerin üretimi, dünya enerji piyasalarındaki gelişmelere bağlı olarak değişecektir (Deniz vd., 1996). Mevcut linyitlerimizin özelliklerinin iyi bilinmesi ve tüketim amacına uygun hangi tür linyitlerin kullanılabilceğinin saptanması önem arz etmektedir. Başta ısınma olmak üzere, sanayii ve termik santral gibi alanlarda linyite duyulan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum ise, mevcut potansiyelin ülke ekonomisine uygun bir şekilde kazandırılmasıyla mümkündür (Semerkant v.d, 1988).

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 ve Atak, 1988).

Kömürlerin flotasyon yeteneği; kömürleşme derecesi, kül yüzdesi, rutubet miktarı ve yüzey oksidasyonu gibi özelliklere bağlı olarak değişir. Kömürün yapısı bakımından doğal olarak hidrofob özellikle olmasına rağmen, kül ve rutubet bu hidrofobluğu azaltabilir. Kömürün bu hidrofob özelliği nedeniyle, yalnızca alkol veya fenol tipi köpürtücü reaktiflerle (izo-oktanol, kresilik asit, çamyacı gibi) yüzdürülebilir. Fakat flotasyon verimini yükseltmek amacıyla çoğunlukla nötr hidro karbon yağlarında (gazyağı, mazot, keros«n v.b.) kullanılması gerekmektedir ( Önal ve Atak, 1988).

Linyit rezervlerimi % 63'ü ısıl değerleri düşük kömürlerden oluşmaktadır ( Yamık vd., 1995). Bu tür kömürlerden birisi olan Mihallıççık(Eskişehir) linyit kömürlerinin kül değerlerinin düşürülerek kalitesinin artırılmasına çalışılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

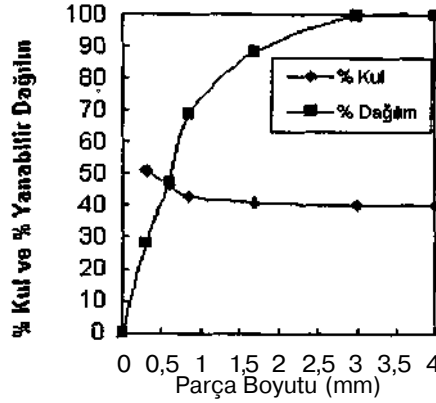
### 2.1. Numunenin Alındığı yer ve Özellikleri

Eskişehir Mihallıççık Koyunağlı köyü kömür işletmelerinden alınan kömür numunesinin kimyasal analizi Çizelge 1 'de verilmiştir.

Kömür örneğinin makroskopik ve mikroskopik incelenmesi sonucunda, fiziksel ve fiziko-kimyasal yöntemlerle atılması güç ve kömür oluşumu esnasında kömür içerisine dağılmış olan silikatlı ve karbonatlı mineraller ile kömür oluşumu sonrası ince bir şekilde dağılmış olan ( ortalama boyutu 3 mm) jips minerallerinin olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, jips mineralinin serbest hale gelebilecek olan boyuta (-3 mm) ufalanmıştır. Ufalanmış numunenin elek analizi ve kül değerleri Çizelge 2'de, grafiksel gösterimi ise Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Kömür numunesinin Kimyasal Analiz Değerleri.

Eleman	H. Kuru Kömür	Kuru Kömür
Rutubet(%)	10.82	—
Kül (%)	40.14	45.01
S. Karbon (%)	27.06	30.34
U. Madde(%)	21.98	24.65
T. Kükürt (%)	1.61	1.79
A.I.D. (kcal/kg)	2945	3375
Ü.I.D. (kcal/kg)	3195	3980



Şekil 1 Numunenin % Kül ve % Yanabilir Dağılımı.

Çizelge 2 Ufalanan numunenin Elek Analizi ve Kül Değerleri.

Elek Boyutu mm	Miktar %	Kül %	Y. Dağılım %	Kümülatif Elek Altı		
				Miktar(%)	Kül(%)	Y. Dağılım(%)
+3	0.38	34.47	0.42	100.00	40.14	100.00
-3+1.7	10.20	33.24	11.37	99.62	40.16	99.58
-1.7+0.850	17.33	33.02	19.39	89.42	40.95	88.21
-0.850+0.600	18.82	32.82	21.12	72.09	42.86	68.82
-0.600+0.300	18.80	37.83	19.53	53.27	46.40	47.70
-0.300	34.47	51.08	28.17	34.47	51.08	28.17
Toplam	100.00	40.14	100.00			

## 2.2. Yüzdürme -Batırma Testleri

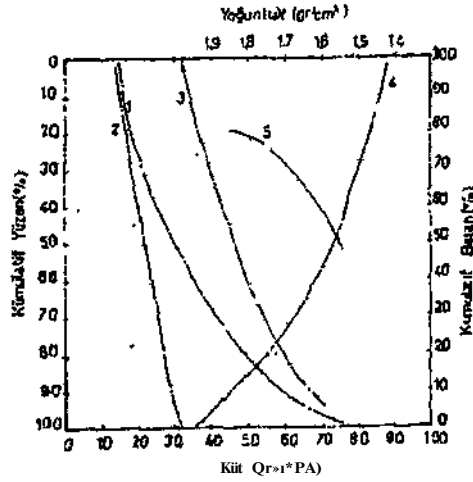
Öncelikle, numunenin yoğunluğa göre zenginleştirilebilirliğinin belirlenebilmesi için, iki ayrı fraksiyonda (+ 0.850 ve -0.850+0.300 mm) yüzdürme-batırma testleri gerçekleştirilmiş olup test sonuçları Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3 +0.850 mm Boyutundaki numunenin Yüzdürme-Batırma Sonuçları.

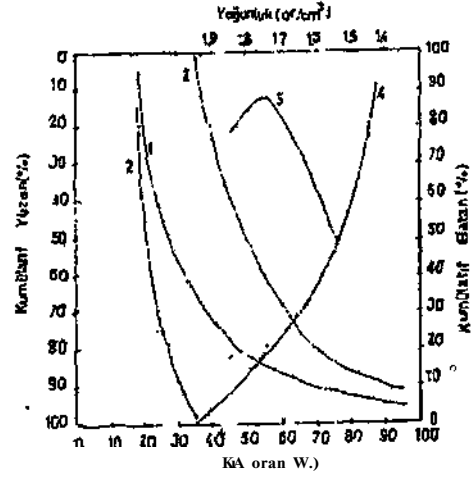
Yoğunluk gr/cm <sup>3</sup>	Miktar %	Kül %	YÜZEN		BATAN		Kül Karek. Değerleri	±0.1 Değerleri
			Miktar	Kül	Miktar	Kül		
-1.45	13.90	15.48	13.90	15.48	100.00	33.12	6.96	
-1.55	31.06	20.78	44.96	19.14	86.10	35.97	29.43	51.80
-1.65	20.74	32.83	65.70	23.46	55.04	44.54	55.33	35.27
-1.75	14.53	43.73	80.23	27.13	34.30	51.62	72.97	23.96
-1.85	9.43	48.38	89.66	29.37	19.77	57.42	84.95	19.77
+1.85	10.34	65.67	100.00	32.12	10.34	65.67	94.83	
Toplam	100.00	33.12						

Çizelge 4 -0.850+0.300 mm Boyutundaki numunenin Yüzdürme-Batırma Sonuçları.

Yoğunluk gr/cm <sup>3</sup>	Miktar %	Kül %	YÜZEN		BATAN		Kül Kar. Değerleri	±0.1 Değerleri
			Miktar	Kül	Miktar	Kül		
-1.45	19.77	18.83	19.77	18.83	100.00	35.32	9.89	
-1.55	32.76	23.07	52.53	21.47	80.23	39.39	36.15	50.22
-1.65	17.46	33.12	69.99	24.38	47.47	50.64	61.26	26.74
-1.75	9.28	42.72	79.27	26.53	30.01	60.84	74.63	11.70
-1.85	2.42	49.16	81.69	27.09	20.73	68.95	80.48	20.73
+1.85	18.31	71.57	100.00	35.32	18.31	71.57	90.85	
Toplam	100.00	35.32						



Şekil 2 + 0.850 mm Boyutundaki numunenin Yüzdürme-Batırma Eğrileri.



Şekil 3 -0.850+0.300 mm Boyutundaki Numunenin Yüzdürme-Batırma Eğrileri

Şekil 2 ve Şekil 3 'de görüldüğü üzere Yüzdürme-Batırma eğrilerinden kül karakteristik eğrisi ve  $\pm 0.1$  yoğunluk eğrisinden de görüleceği üzere kömürün yıkanabilirliği çok zor olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yoğunluğa göre zenginleştirme yönteminin uygulanması mümkün gözükmediğinden, zenginleştirme için kömürün boyutu da dikkate alındığında flotasyon yönteminin uygun olabileceği düşünülmüş ve bu nedenle flotasyon testlerine geçilmiştir.

### 2.3. Flotasyon Testleri

Flotasyon testleri öncesinde, -3 mm'lik numunenin flotasyon için uygun boyuta getirilmesi amacıyla öğütme işlemlerine geçilmiş ve -0.600, -0.425, -0.300 ve -0.150 mm'lik boyutların altına öğütülen numuneler üzerinde flotasyon testleri yapılmıştır.

#### 2.3.1. En Uygun Parça Boyutunun Tespiti

En uygun parça boyutunun tespiti için yapılan testlerde, çalışma şartları aşağıdaki şekildedir. Bu şartlarda elde edilen test sonuçları Şekil 4'de verilmiştir.

Katı oranı	: % 10	Toplayıcı Kondüsyon Süresi	: 5 dk
Karıştırma Hızı	: 1500 dv/dk	Köpürtücü Miktan( Dow Froth)	: 2800 g/t
pH	: 6 (doğal)	Köpürtücü Kondüsyon Süresi	: 5 dk
Islatma Kondüsyon süresi	: 15 dk	Köpük alma Süresi	: 3 dk
Toplayıcı Miktan ( Gazyağı)	: 3000 g/t		

Şekil 4'de görüleceği üzere en uygun sonuç -0.600 mm'lik boyut fraksiyonda gerçekleşmiş ve sonraki deneylerde bu boyuttaki numuneler üzerinde yapılmıştır.

### **2.3.2. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti**

En uygun Gazyağı miktarının tespiti için 1000 - 2000- 3000 ve 4000 g/ton miktarlarda gazyağı denemeleri yapılmıştır. Test sonuçları Şekil 5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en uygun gazyağı miktar 3000 g/ton olarak tespit edilmiştir.

### **2.3.3. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti**

En uygun köpürtücü miktarının tespiti için 700 -1400 -2100 ve 2800 g/ton köpürtücü miktarları testlerde kullanılmış ve test sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre en uygun köpürtücü miktar 700 g/ton olarak tespit edilmiştir.

### **2.3.4. En Uygun Gaz Yağı Sonrası Kondüsyonlama Süresinin Tespiti**

Kondüsyonlama süresi için 2.5 - 5 - 7.5 - 10.5 ve 12.5 dakikalık sürelerde kondüsyon testi yapılmış ve test sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'den de görüleceği üzere 2.5 dakikalık süre yeterli görülmüştür.

### **2.3.5. En Uygun Flotasyon Süresinin Tespiti**

Flotasyon süresinin tespiti için 2 - 4 - 6 ve 8 dakikalık sürelerde köpük alınmış ve test sonuçları Şekil 8'de gösterilmiştir. Test sonuçlarına bağlı olarak en uygun flotasyon süresi 8 dk olarak kabul edilmiştir.

### **2.3.6. En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti**

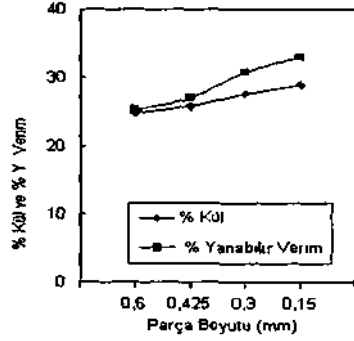
Karıştırma hızının tespiti için yapılan testlerde 1400 - 1500 - 1600 ve 1700 dv/dk'lık karıştırma hızları test edilmiş ve sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre en uygun karıştırmanın 1600 dv/dk'da olduğu tespit edilmiştir.

### **2.3.7. En Uygun Islatma Kondüsyon Süresinin Tespiti**

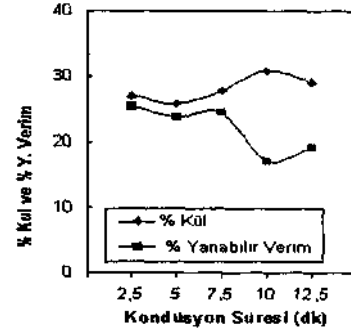
Kömür ile jips minerallerinin pulp içerisinde iyi bir şekilde dağılması için belirli bir süre su ile ıslatılması gerekmektedir. Bu nedenle, en uygun ıslatma kondüsyon süresi tespiti için 5- 10 - 15- 20 ve 25 dk'lık sürelerde denemeler yapılmış ve sonuçları Şekil 10'da verilmiştir. Buna göre; en uygun ıslatma kondüsyon süresi 15 dk olarak tespit edilmiştir.

### 2.3.8. En Uygun pH Tespiti

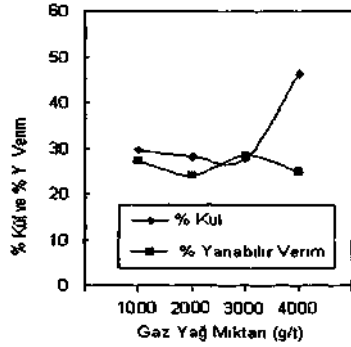
Yapılan çalışmalarda pH'yı düşürmek için HCl, yükseltmek için CaO kullanılmış ve testler, pH: 5 - 6 - 7 ve 8'de yapılarak sonuçları Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11'den de en uygun sonuç doğal pH olan 6'dır.



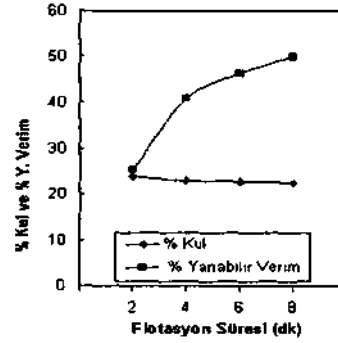
Şekil 4 Parça Boyutuna Bağlı olarak %Kül ve % Y. Verim eğrileri.



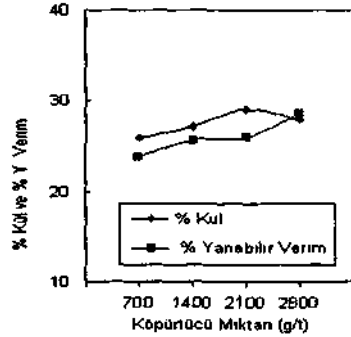
Şekil 7 Gazyağı Kondüsyon süresine bağlı olarak %Kül ve Y. Verim eğrileri.



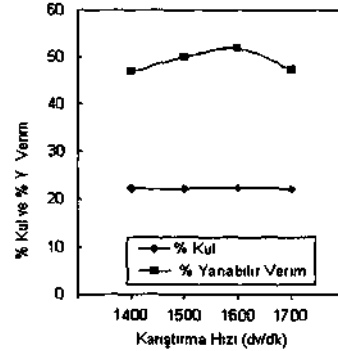
Şekil 5 Gazyağı miktarına bağlı olarak %Kül ve % Y. Verim eğrileri.



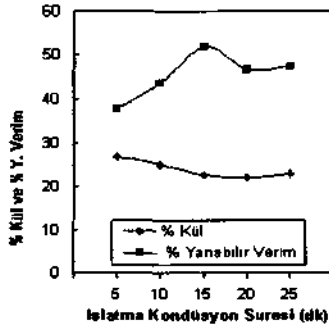
Şekil 8 Flotasyon süresine bağlı olarak %Kül ve % Y. Verim eğrileri.



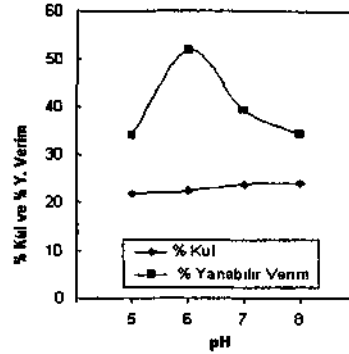
Şekil 6 Köpürtücü miktarına bağlı olarak %Kül ve %Y. Verim eğrileri.



Şekil 9 Karıştırma hızına bağlı olarak %Kül ve % Y. Verim eğrileri.



Şekil 10 Islatma kondüsyon süresine göre %Kül ve %Y. Verim eğrileri.



Şekil 11 pH'ya bağlı olarak %Kül ve %Y. Verim eğrileri.

#### 2.4. Optimum Test Sonuçlarında Deney Koşulları

Flotasyon testlerinde optimum koşullar şu şekilde tespit edilmiştir.

Katı oranı	: % 10	Toplayıcı Kondüsyon Süresi	: 2.5 dk
Karıştırma Hızı	: 1600 dv/dk	Köpürtücü Miktarı( Dow Froth):	700 g/t
pH	: 6 (doğal)	Köpürtücü Kondüsyon Süresi	: 5 dk
Islatma Kondüsyon süresi	: 15dk	Köpük alma Süresi	: 8 dk
Toplayıcı Miktarı ( Gazyağı):	3000 g/t	Parça Boyutu	: - 0.600 mm

Optimum koşullarda yapılan flotasyon testlerinde ilk olarak elde edilen kaba konsantreye 1 temizleme ugulayarak, Ara Ürün -1 ve Konsantre, Kaba artığa ise 1 süpürme işlemi tabii tutularak Ara Ürün-2 ve Artık elde edilmiştir. Temizleme ve Süpürme işlemindeki deney koşulları aşağıdaki gibi kabul edilerek uygulanmıştır.

	Temizleme Flotasyonu	Süpürme Flotasyonu
Gazyağı Miktarı	6000 g/ton	12000 g/ton
Gazyağı Kondüsyon süresi	5dk	2.5 dk
Köpürtücü miktar	1400 g/ton	2800 g/ton
Köpürtücü Kondüsyon süresi	5dk	5dk
Köpük alma süresi	5dk	5dk

Bu şartlarda elde edilen Flotasyon test sonuçları Çizelge 5 'de verilmiştir. Ara Ürünlerin dağıtılmalanıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da ki gibi olmaktadır.

Çizelge 5 Optimum test şartlarında yapılan flotasyon sonuçları.

Ürünler	Miktar %	Kül %	Y. Verim (%)
N. Konsantre	13.22	18.22	18.06
Ara Ürün 1	26.84	24.67	33.78
Ara Ürün 2	6.59	25.18	8.23
Nihai Artık	53.35	55.20	39.93
Besleme	100.00	40.14	100.00

Çizelge 6 Optimum koşullarda yapılan Nihai sonuçlar.

Ürünler	Miktar %	Kül %	Y. Verim (%)
N. Konsantre	40.75	18.22	55.64
Nihai Artık	59.25	55.20	44.36
Besleme	100.00	40.14	100.00

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Eskişehir-Mihalıççık kömürlerinin, öncelikle yoğunluğa göre zenginleştirilmesi amaçlanmış daha sonra yoğunluğa göre zenginleştirilmenin mümkün olmadığı ortaya çıktığından flotasyon yöntemiyle zenginleştirilmesine karar verilmiştir.

Yoğunluğa göre zenginleştirme işleminin gerçekleşmemesinin sebebi yüzdürme-batırma testleri sonucunda kül karakteristik eğrisinin dike yakın çıkması ve  $\pm 0.1$  yoğunluk değerlerinin 10'un üzerinde çıkmasındandır.

Yoğunluğa göre zenginleştirme işleminin gerçekleşmemesi ve kömür bünyesi içerisinde jips gülü diye tabir edilen jips kristallerinin ince bir şekilde dağılması sonucu kömürün flotasyon yöntemiyle zenginleştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, öncelikle, kömürün hangi boyutta zenginleştirilmesi gerektiği araştırılmış ve bu boyutun 0.600 mm'nin altına indirilmesiyle mümkün olacağı ortaya çıkmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda; toplayıcı miktarı, kondüsyonlama süreleri, pH değeri, köpük alma süresi parametreleri denenmiş ve optimum sonuçlar elde edilmiştir.

Optimum deney şartlarında, kaba flotasyon işlemi % 40.14'lük küllü beslemeden, % 22.54 küllü konsantre elde edilmiş ve bir temizleme ve bir süpürme işleminden sonra elde edilen konsantrenin kül oranı % 18.22'ye inmiştir.

Bu çalışmada; kömür flotasyonunda toplayıcı olarak gaz yağı kullanılmış, fakat kerosen, mazot, fueloil ve diğer nötr hidrokarbon yağların etkisinin ne olacağı ise denenmemiştir. Bundan sonraki çalışmalarda da, bu tür reaktiflerin denenmesinin yararlı olacağı görüşüne varılmıştır.

### KAYNAKLAR

**Deniz, V., Kibici, Y., Yamık, A. ve Çilek, E.C.** (1996) Çivril(Denizli) Linyitlerinden Flotasyon ile Kükürdün Uzaklaştırılması, *Türkiye 10. Kömür Kongresi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 20-24 Mayıs, 93-102 s.

**Köktürk, A. ve Narin, R.** (1994), Linyit Rezervleri Kullanma İmkanları ve Arama politikaları, *2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 14-15 Kasım, 43-58 s.

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

**Semer Kant, O., Ergin, Z. ve Kemal, M.** (1988), Ege Bölgesindeki Linyitlerin Özellikleri ve Üretim-Tüketim Potansiyeli, *5. Mühendislik Haftası, Akdeniz Üniv. İsparta Müh. Fak. Dergisi*, 104-124 s.

**Yamık, A., Güneş, N., Deniz, V. ve Bayat, O.** (1995), Tavas (Denizli) Yöresi Linyit kömürlerinin Zenginleştirilmesi, *GEOSOUND Yerbilimleri Bilim&Teknoloji Dergisi*, Sayı:26, 167-174 s.