

EV YAKITI OLARAK KULLANILAN AYDIN-ŞAHİNALI LİNYİT KÖMÜRLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF CONCENTRATION OF AYDIN-SAHİNALI LIGNITES USING FOR HOUSE-HOLD FUEL

Ismail BENTLİ, Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Kütahya
Ahmet YAMIK, Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Kütahya
Ramazan KÖSE, Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Kütahya
Necmettin ERDOĞAN, Kütahya Manyezit İşletmesi A.Ş., Kütahya

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde önemli hava kirliliği arz eden linyitlerimizin, uygun bir yöntemle zenginleştirilerek yakılması hedeflenmiştir. Bu amaçla ev yakıtı olarak kullanılan Aydın-Şahinali linyitlerinden alınan temsili numune üzerinde seri laboratuvar deneyleri yapılmıştır, tik aşamada yüzdürme-batırma deneyleri ile kömürün yıkanabilirliği saptanmıştır. İkinci aşamada tane boyutuna bağlı olarak jig ve sallantılı masada zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Jig deneyleri -50+15 mm ve -15 +4.8 mm tane boyutlu; sallantılı masa deneyleri ise -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm ve -1.7 +0.6 mm tane boyutlu tunenan kömüre uygulanmıştır.

Jig deneylerinde en iyi sonuç -50 +15 mm tane boyutunda 20 mm genlikte; -15 +4.8 mm tane boyutunda 5 mm genlikte elde edilmiştir. Sallantılı masa deneylerinde ise en iyi sonuç -4.8 +2.8 mm tane boyutunda 250 tit/dk sarsıntı hızı ve 3° eğimde; -2.8 +1.7 mm tane boyutunda 300 tit/dk sarsıntı hızı ve 1.86° eğimde; -1.7 +0.6 mm tane boyutunda ise 350 tit/dk sarsıntı hızı ve 1.86° eğimde elde edilmiştir.

ABSTRACT

In this study includes investigation of effective burning of Aydın-Sahinali lignite which are used for house-hold fuel. As a first step, float-sink tests were applied for all size of coal to be concentrated. Second step jigging and shaking table tests were carried out concerning the particle size, for -50 +15 mm and -15 +4.8 mm size jigging, -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm and -1.7 +0.6 mm size shaking table methods were applied and optimum test conditions were investigated. By jigging, in coarse size high stroke, but in fine size low stroke; by shaking table in coarse size lower velocity and higher slope, but in fine size higher velocity rate and smaller slope, good results were obtained.

1. GİRİŞ

Ülkemiz linyit rezervi 8.3 milyar tondur. Bir çok araştırmacının belirttiği gibi linyit kömürü rezervinin büyük bir kısmı yüksek kül ve kükürt içerikli, düşük ısı değere sahip özelliktedir (Anon, 1995). Ülkemizde yıllık ortalama 45 milyon ton linyit üretimi yapılmakta ve bunun %59 'u termik santrallarda, %18 'i ev yakıtı olarak, %21 'i de sanayi sektöründe tüketilmektedir (Kural 1991, Yamık ve diğ. 1995, Ünlü 1990).

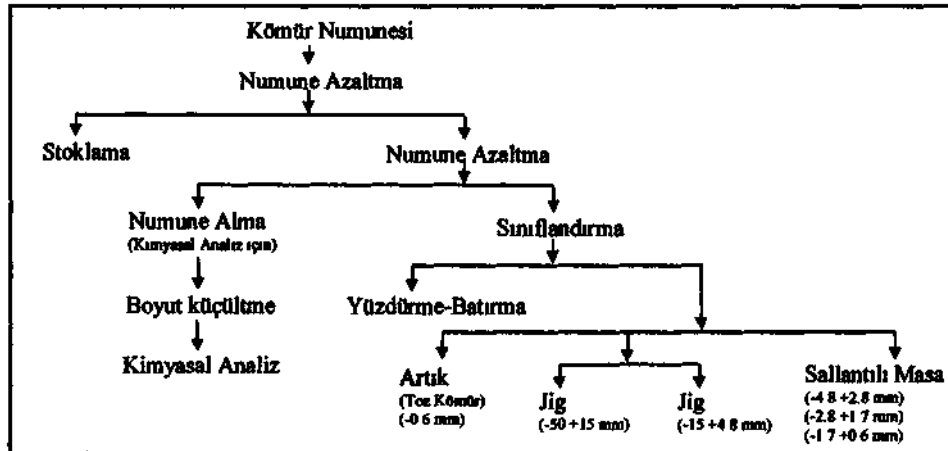
Ülke ekonomisi açısından mevcut kaynaklardan en iyi şekilde faydalanma zorunluluğu vardır. Avrupa'da ev yakıtı olarak kullanılan kömürlerin tümü zenginleştirme işleminden sonra kullanıma sunulmaktadır. Çevre kirliliğinin günümüzde ortaya çıkardığı olumsuz etkisi de göz önüne alındığında, enerji kaynakları içinde en fazla rezerve sahip linyit kömürlerinin zenginleştirme işleminden sonra kullanıma sunulması gerekir (Ateşok 1995, Cebeci ve ark. 1994).

Ülkemizde tunenan kömür kullanımına hava kirliliğini önlemek amacıyla bazı kısıtlamalar getirilmiştir. Bu sebepten dolayı yıkanmış kömür, biriket kömür, doğal gaz veya ithal kömür kullanımına gidilmiştir. Linyit kömürlerinin zenginleştirilerek kullanıma sunulması sonucu hava ve çevre kirliliği önlenecek, bunun yanında doğal gaz ve ithal kömüre olan dışa bağımlılık azalacaktır. Bu çalışma ile Aydın-Şahinali linyitlerindeki kül ve kükürdün azaltılması amaçlanmıştır, konu ile ilgili literatür bilgilerden yararlanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır (Önal 1982, Kemal 1987).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

Deneylerde kullanılan Aydın-Şahinali linyitlerinden temsili numune alma işlemi, işletmede kömürün taşındığı bantdan belirli zaman aralıklarında yapılmıştır. Yaklaşık 50 kg alınan numuneye, laboratuvarında uygulanan deney akım şeması Şekil 1 'de gösterilmiştir. Ayrıca temsili numunenin standart kömür analizi havada kuru baza göre Çizelge 1 'de verilmiştir.



Şekil 1. Laboratuvarında uygulanan zenginleştirme akım şeması

Çizelge 1. Havada kuru baza göre deneylerde kullanılan kömürün kimyasal analizi

Analiz	
Nem(%)	13.36
Kül(%)	24.83
Toplam Kükürt (%)	1.59
Uçucu Madde (%)	24.01
Sabit Karbon (%)	36.21
Alt Isıl Değer (A.I.D. kcal/kg)	3408
Üst Isıl Değer (Ü.I.D kcal/kg)	3780

Zenginleştirme akım şemasına bağlı olarak deneylerde kullanılan kömürlerin boyuta göre kül, kükürt ve kalori değerlerinin değişimi Çizelge 2 'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere, kömürün nem içeriğine göre Aydın-Şahinali linyit kömürleri sert parlak linyit sınıfına girmektedir.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan kömürün boyuta göre kül, kükürt ve kalori değerinin değişimi

Elek Açıklığı (mm)	Miktar (%)	KOI (%)	Nem (%)	Toplam S(%)	A.I.D (kcal/kg)	I.E.A. % Miktar	E.E.A. % Kül	Z.E.A. A.I.D
+25	24.53	29.01	12.33	1.66	3180	100.00	24.84	3408
-25 +20	18.37	26.32	13.10		3307	75.47	23.48	3482
-20+15	23.04	23.38	14.18		3482	57.10	22.57	3538
-15+12	11.80	22.78	13.63	1.55	3588	34.06	22.02	3576
-12+10	5.95	21.14	13.88		3592	22.26	21.61	3570
-10+4.8	10.12	19.68	14.70		3637	16.31	21.78	3562
-4.8 +2.8	2.61	19.74	13.93	1.10	3652	6.19	25.22	3440
-2.8+1.7	1.19	21.23	12.92	0.80	3604	3.58	29.21	3286
-1.7+0.6	1.07	24.05	10.24	0.91	3415	2.39	33.19	3127
-0.6	1.32	40.59	8.29	1.14	2894	1.32	40.59	2894
Toplam	100.00	24.84	13.36	1.59	3408			

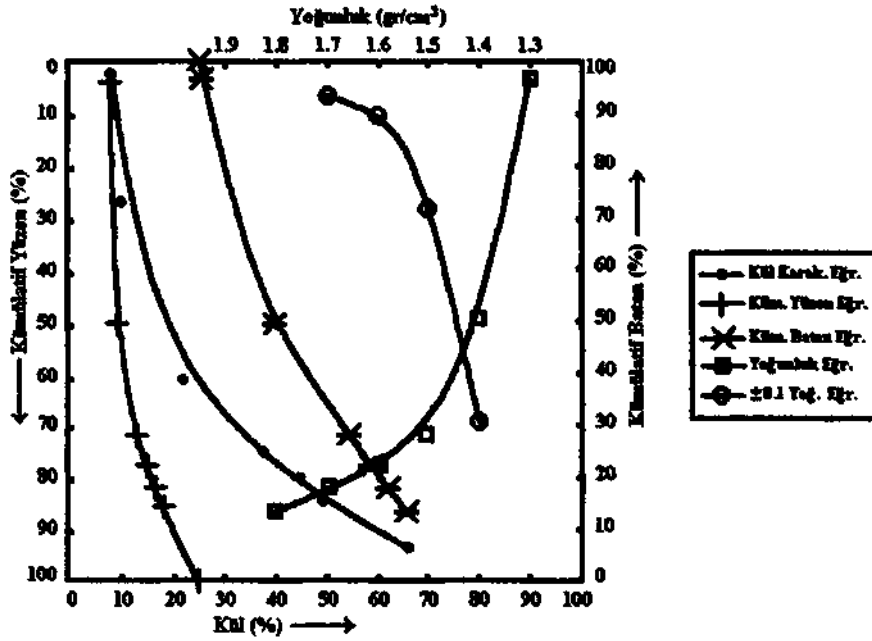
2.2. Yüzdürme-Batırma Deneyleri

Tunen kömüre Çizelge 2 'de verilen elek boyutlarında yüzdürme-batırma deneyleri uygulanmıştır. Yapılan deneylerden tane boyutuna göre yüzdürme-batırma eğrilerinin birbirine benzer olduğu görülmüştür. -50 +1.7 mm tane boyutlarının birleştirilmesi ile elde edilen yüzdürme-batırma değerleri Çizelge 3 'de eğrileri ise Şekil 2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3 'de elde edilen sonuçlardan; -50 +1.7 mm boyutundaki tunen kömürün ± 0.1 yoğunluk eğrisinden, 1.6 gr/cm^3 yoğunlukta yıkama işleminin zor olduğu ancak, aynı boyutun 1.7 gr/cm^3 yoğunlukta yıkanması ile bu işleminin kolaylaştığı görülmektedir. Buradan, kömürün 1.7 gr/cm^3 yoğunlukta yıkanması neticesinde % 81.39 'unun, % 16.33 küllü kömür olarak üretilebileceği saptanmıştır.

Çizelge 3. -50 +1.7 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.

Yoğunluk (gr/cm ³)	Yüzen Malzeme		Kümülatif Yüzen		Kümülatif Batan		y=q ₁ +q ₂ /2	±0.1 Yoğ. Eğrisi
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)		
-1.3	2.99	7.84	2.99	7.84	100.00	24.73	1.50	—
+1.3-1.4	46.50	9.45	49.49	9.35	97.01	25.25	26.24	68.32
+1.4-1.5	21.82	21.12	71.31	12.95	50.51	39.80	60.40	27.66
+1.5-1.6	5.82	37.31	77.13	14.79	28.69	54.00	74.22	10.08
+1.6-1.7	4.26	44.23	81.39	16.33	22.87	58.25	79.26	8.75
+1.7-1.8	4.49	48.85	85.88	18.03	18.61	61.46	83.64	—
+1.8	14.12	65.47	100.00	24.73	14.12	65.47	92.94	—
Toplam	100.00	24.63						



Şekil 2. Tunenan Kömürün hesapla birleştirilmiş -50 +1.7 mm tane boyutu yüzdürme-batırma eğrileri

2.3. Yöntem Seçimi

Yöntem seçimi Çizelge 2 'ye göre kömürün tane boyutuna bağlı olarak, kül ve kalori değerleri göz önünde tutularak saptanmıştır. Buna göre; -50 +15 mm ve -15 +4.8 mm boyutlarının jig yöntemi ile zenginleştirilmesi, -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm ve -1.7 +0.6 mm boyutlarının ise sallantılı masa yöntemi ile zenginleştirilmesi uygun görülmüş ve optimum değerlerin saptanması için deneylere geçilmiştir.

Çizelge 2 'de görüleceği üzere, -0.6 mm tane boyutunun %40.59 kül içermesi ve kalori değerinin de 2894 kcal/kg olması nedeniyle herhangi bir zenginleştirme işlemine tabi tutulmamıştır. Bu boyutun termik santral, tuğla ve şeker fabrikalarında doğrudan değerlendirilmesi önerilmiştir.

2.3.1. Jig deneyleri

İri boyutlu tüvanan kömür Harz tipi pistonlu laboratuvar jiginde zenginleştirme deneylerine tabi tutulmuştur. Deneylerde numune jige düzenli bir şekilde beslenmiş, jig eleğinin 1. ve 2. bölmesinden şist 3. bölmesinden ve taşan kısımdan lave kömür alınmıştır. Çalışmalarda jigin genliği 5 mm, 10 mm, 15 mm ve 20 mm olarak değiştirilmiş ve en iyi genlikte kömür yıkanması araştırılmıştır. Jig yöntemiyle -50 +15 mm ve -15 +4.8 mm boyutunda yapılan deney sonuçları Çizelge 4 'de verilmiştir. Çizelge 4 'de görüldüğü gibi -50 +15 mm boyutunda 20 mm genlikte, -15 +4.8 mm boyutunda ise 5 mm genlikte başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4. -50 +15 mm ve -15 +4.8 mm boyutlarında yapılan jig deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Genlik (mm)	Ürünler	Beslemeye Göre Miktar (%)	Deneye Gire. Göre Miktar (%)	Toplam Kükürt (%)	Kül (%)	Kalori A.I.D (kcal/kg)	Yanabilir Verim (%)	
-50+15	5	Lave	57.07	86.55	1.31	21.24	3605	92.48	
		Şist	8.87	13.45	3.91	58.79	1494	7.52	
	10	Lave	49.84	75.58	1.27	20.03	3675	82.00	
		Şist	16.10	24.42	2.87	45.66	2225	8.00	
	15	Lave	52.78	80.05	1.19	19.82	3680	87.08	
		Şist	13.16	19.95	3.55	52.25	1881	12.92	
	20	Lave	54.91	83.27	1.25	15.84	3890	95.08	
		Şist	11.03	16.73	3.70	78.30	490	4.92	
		Besleme	65.94	100.00	1.66	26.29	3321	100.00	
	-15+4.8	5	Lave	24.87	89.24	1.21	15.89	3890	95.37
Şist			3.00	10.76	4.37	66.17	1260	4.63	
10		Lave	24.17	86.73	1.28	15.59	3905	93.02	
		Şist	3.70	13.27	3.31	58.62	1660	6.98	
15		Lave	23.89	85.71	1.14	17.18	3840	90.20	
		Şist	3.98	14.29	4.00	46.01	2210	9.80	
20		Lave	24.83	89.11	1.42	17.45	3830	93.47	
		Şist	3.04	10.89	2.62	52.80	1782	6.53	
			Besleme	27.87	100.00	1.55	21.30	3607	100.00

2.3.2. Sallantılı Masa Deneyleri

Sallantılı masa deneyleri, laboratuvarında Wifley tipi sallantılı masada gerçekleştirilmiştir. -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm, -1.7 +0.6 mm tane boyutları ayrı ayrı sallantılı masaya beslenmiş, değişken parametrelerden masa hızı ve eğimi için optimum değerler araştırılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 5 ve 6 'da verilmiştir.

Çizelge 5. -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm ve -1.7 +0.6 mm boyutlarında yapılan sallantılı masa hızı deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Sarıntı Hızı (tüt/dk)	Ürünler	Beslemeye Göre Miktar (%)	Deneye Gire. Göre Miktar (%)	Toplam Kükürt (%)	Kül (%)	Kalori A.I.D (kcal/ks)	Yanabilir Verim (%)
-4.8 +2.3	250	Lave	2.19	84.06	1.04	15.04	3960	88.98
		Şist	0.42	15.94	1.42	44.53	2027	11.02
	300	Lave	1.83	70.03	1.22	13.75	4040	75.25
		Şist	0.78	29.97	0.82	33.74	2745	24.75
	360	Lave	1.86	71.25	1.35	15.34	3950	75.16
		Şist	0.75	28.75	0.48	30.64	2913	24.84
	Besleme	2.61	100.00	1.10	19.74	3652	100.00	
-2.8 +1.7	250	Lave	0.97	81.89	0.75	14.48	3980	88.91
		Şist	0.22	18.11	1.03	51.75	1904	11.09
	300	Lave	1.03	86.22	0.89	14.13	4000	93.99
		Şist	0.16	13.78	0.24	65.65	1126	6.01
	360	Lave	1.00	84.43	0.72	13.93	4000	92.75
		Şist'	0.19	15.57	1.23	60.82	1485	7.75
	Besleme	1.19	100.00	0.80	21.23	3604	100.00	
-1.7+0.6	250	Lave	0.86	80.37	0.79	17.22	3840	87.60
		Şist	0.21	19.63	1.40	52.01	1675	12.40
	300	Lave	0.86	80.43	0.87	15.68	3920	89.29
		Şist	0.21	19.57	1.07	58.45	1340	10.71
	360	Lave	0.88	82.18	0.95	15.34	3940	91.60
		Şist	0.19	17.82	0.73	64.22	994	8.40
	Besleme	1.07	100.00	0.91	24.05	3415	100.00	

Çizelge 6. -4.8 +2.8 mm, -2.8 +1.7 mm ve -1.7 +0.6 mm boyutlarında yapılan sallantılı masa eğim deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Masa Eğimi	Ürünler	Beslemeye Göre Miktar (%)	Deneye Gire. Göre Miktar (%)	Toplam Kükürt (%)	Kül (%)	Kalori A.I.D (kcal/kg)	Yanabilir Verim (%)
-4.8 +2.8	1.86°	Lave	1.99	76.21	1.15	15.66	3920	80.08
		Şist	0.62	23.79	0.94	32.81	2793	19.92
	2.43°	Lave	2.19	84.06	1.04	15.04	3960	88.98
		Şist	0.42	15.94	1.42	44.53	2027	11.02
	3.00°	Lave	2.27	87.14	0.98	14.46	3995	92.87
		Şist	0.34	12.86	1.91	55.52	1328	7.13
	Besleme	2.61	100.00	1.10	19.74	3652	100.00	
-2.8 +1.7	1.86°	Lave	1.06	88.72	0.83	13.86	4020	97.02
		Şist	0.13	11.28	0.56	79.20	332	2.98
	2.43°	Lave	1.03	86.22	0.89	14.13	4000	93.99
		Şist	0.16	13.78	0.24	65.65	1126	6.01
	3.00°	Lave	1.06	89.38	0.82	16.51	3890	94.74
		Şist	0.13	10.62	0.63	60.95	1197	5.26
	Besleme	1.19	100.00	0.80	21.23	3604	100.00	
-1.7+0.6	1.86°	Lave	0.92	85.63	0.90	14.37	3980	96.54
		Şist	0.15	14.37	0.97	81.73	50	3.46
	2.43°	Lave	0.88	82.18	0.95	15.34	3940	91.60
		Şist	0.19	17.82	0.73	64.22	994	8.40
	3.00°	Lave	0.82	77.08	0.75	16.16	3880	85.09
		Şist	0.25	22.92	1.45	50.58	1851	14.91
	Besleme	1.07	100.00	0.91	24.05	3415	100.00	

Çizelge S 'de görüldüğü gibi sallantılı masada; -4.8 +2.8 mm boyutunda 250 tit/dk, -2.8 +1.7 mm boyutunda 300 tit/dk ve -1.7 +0.6 mm boyutunda 350 tit/dk 'lık sarsıntı hızlarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6 'da görüldüğü gibi sallantılı masada; -4.8 +2.8 mm boyutunda 3° eğimde, -2.8 +1.7 mm ve -1.7+0.6 mm boyutlarında 1.86° eğimde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Jig ve sallantılı masada yapılan deneylerin optimum değerlerin birleştirilmesi ile oluşturulan sonuçlar Çizelge 7 'de verilmiştir. Yapılan bütün deney sonuçları havada kuru baza göre hesaplanmıştır.

Çizelge 7. Jig + Sallantılı masa deney sonuçları

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	A.I.D (kcal/kg)	Yanabilir Verim
Lave	84.03	15.56	1.21	3884	95.40
Şist	14.65	76.59	3.59	678	4.60
Besleme	98.68	24.62	1.59	3408	100.00

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Aydın-Şahinali linyitlerinin kimyasal analiz sonuçlarından, toplam nem miktarına göre sert parlak linyit sınıfına girdiği saptanmıştır. Sert parlak linyitlerin yıkanabilirlik özellikleri iyidir.

Yapılan elek analizleri sonucu, -0.6 mm boyutundaki malzeme miktarının az olması ve külünün yüksek çıkması nedeniyle zenginleştirme deneylerine tabi tutulmamıştır. Bu boyut kömür sanayide çimento, kiremit, şeker fabrikası gibi sanayi dallarında değerlendirilmektedir.

Yüzdürme-batırma deneyleri sonucu elde edilen yıkama eğrilerinden, kömürün düşük yoğunluklarda yıkanabilirliğinin zor olduğu tespit edilmiştir.

Deneylerde literatür verilerine uygun olarak iri boyutlu kömür için jig yöntemi, ince boyutlu kömürlere ise sallantılı masa yöntemi uygulanmıştır. Jig ile zenginleştirmede iri boyutta yüksek genlikte, ince boyutta düşük genlikte; Sallantılı masa ile zenginleştirmede iri boyutta düşük hız ve fazla eğimde, ince boyutta yüksek hız ve az eğimde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Jig+sallantılı masa kombinasyonu sonucu %24.62 küllü, %1.59 toplam kükürt, 3408 kcal/kg alt ısıl değere sahip tüvanan kömürden optimal olarak; %15.56 kül, %1.21 toplam kükürt içerikli, 3884 kcal/kg alt ısıl değere sahip lave kömür %95.4 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Aydın-Şahinali linyit kömürlerden, düşük kül ve kükürt içerikli, daha yüksek kalorifik değere sahip lave kömür üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Anon (1994), Linyitlerin iyileştirilmesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı, *2000 'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, pp 137-161.

Kural, O. (1991), Linyit ve kullanım alanları, *Komur*, Editör Orhan Kural, İstanbul, pp 294-332.

Yamık, A., Güneş, N., Deniz, V. (1995), Tavas (Denizli) Yöresi Linyit Kömürlerinin Zenginleştirilmesi, *Yerbilimleri*, Sayı 26, Haziran, pp 167-173.

Ünlü, M. (1990), Linyitlerimizin Yıkabilme Özellikleri ve Yıkama Olanakları, III. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu Makaleleri, İstanbul, pp 274-286.

Cebeci, Y., Aydoğan, S., Özkan, A. (1996), Yozgat-Ayındam Linyitlerinin Zenginleştirilebilirliğinin İncelenmesi, *Türkiye 10 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, 1996, pp 79-92.

Ateşok, G., Önal, G., Yıldırım, I., Acarkan, N., Gürkan, V., Altaş, A. (1994), Keleş ve Saray kömürlerinin Pilot Ölçekli Teknolojik Araştırması, *Türkiye 9 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, pp 185-200.

Önal, G. (1982), Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, *İTUyayınevi*, İstanbul pp 1-128.

Kemal, M. (1987), Kömür Teknolojisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Muh -Mim Fakültesi MM/MAD 87 EY87*, İzmir, pp 82-162.

Bentli t. (1994), Aydın-Şahinali Linyitlerinin kalorilik değerlerinin artırılması, *SDU Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, İsparta, 102 sayfa