

TEKNİK NOT

LİNYİTLERİN KURU ZENGİNLEŞTİRMESİNDE TABLA TÜRÜ HAVALI AYIRICININ İŞLEM DEĞİŞKENLERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Investigation of the Effect of Operational Parameters of Table-Type Air Separator in Dry Concentration of Lignite

Geliş (received) 06 Ağustos (August) 2009; Kabul (accepted) 20 Kasım (November) 2009

Murat Kademli (*)
Derya Kalyon (**)
Özcan Yıldırım Gülsoy (***)

ÖZET

Bu çalışmada, laboratuvar ölçekli tabla türü havalı bir ayırıcı deney düzeneği kurulmuş ve Yeniköy - Hisarönü linyit yatağından elde edilen numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Ayırıcı etkisi olduğu düşünülen tabla eğimi, besleme hızı ve tabla frekansı parametreleri 3 farklı kademede denenecek, toplam 27 farklı deney koşulunda çalışma yapılmıştır. En başarılı sonuçların elde edildiği 9 koşulda, Soma – Eynez yatağından alınan numuneler üzerinde deneyler tekrarlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda, genel olarak besleme hızı ve tabla eğimindeki artışın ağırlık veriminde ve yanabilir veriminde artışa, buna karşın atılan toplam kül miktarı ve temiz kömür kalori değerlerinde ise düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda tabla frekansındaki artışın, besleme hızı ve eğimin etkisinin zıt yönünde davranım gösterdiği belirlenmiştir. Yeniköy – Hisarönü ve Soma – Eynez linyit numuneleri ile yapılan deneyler sonucunda E_p ve ayırım yoğunluğu (d_{50}) değerleri sırasıyla, 0,165 ve 1,67 g/cm³ ile 0,19 ve 1,67 g/cm³ olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalı Ayırıcı, Linyit, Kuru Zenginleştirme

ABSTRACT

In this study, a laboratory-scale, table-type air separator was set up and experiments were conducted with Yeniköy – Hisarönü lignite samples. Three principal parameters which were thought to influence the separation, namely, the table slope and frequency, and feed rate were tested at three levels in a total of 27 different experimental conditions. Experiments were re-applied on Soma – Eynez lignite samples under nine most successful experimental conditions which were determined after Yeniköy - Hisarönü tests, and the results were compared with each other.

As a result of the investigation, it has been observed that the feed rate and the table slope usually tend to increase weight recovery and combustion recovery while they decrease the total amount of waste ash and clean coal calorific values. It has also been observed that the effect of increasing the table frequency contradicts with that of the feed rate and slope. Results of experiments show that E_p value and separation density (d_{50}) were calculated as 0,165 and 1,67 with Yeniköy – Hisarönü lignite sample, 0,19 and 1,67 with Soma – Eynez lignite sample.

Keywords: Air Separator, Lignite, Dry Concentration

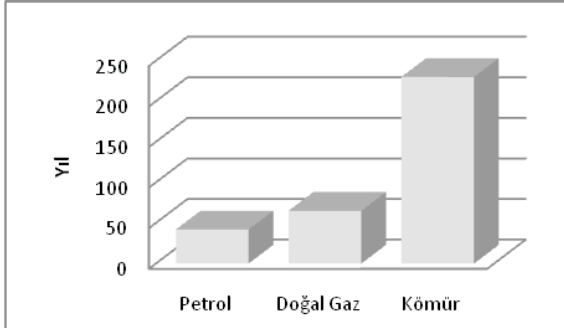
* Öğr.Gör.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe Meslek Yüksekokulu Müd. ANKARA, kademli@hacettepe.edu.tr

** Arş.Gör., Hacettepe Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, ANKARA

*** Prof.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, ANKARA

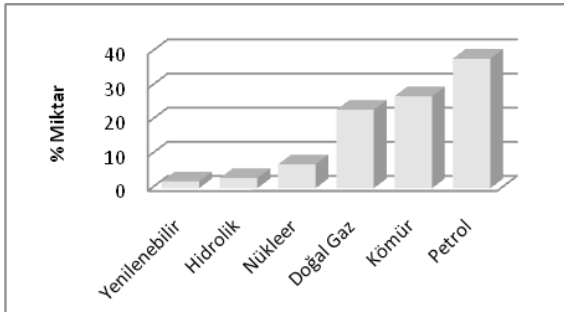
1.GİRİŞ

Kömür ana element olarak karbon, hidrojen ve oksijenin birleşiminden oluşan, yanabilen sedimanter organik bir kayadır. Kömür günümüzde en önemli enerji kaynağıdır ve yakın gelecekte de bu özelliğini sürdürmeye devam edecektir. Enerji kaynaklarının kullanımı dünya gelir dağılımının değişmesine neden olmaktadır. Bu kaynaklar içinde kömür, rezerv ömrü bakımından birinci ve tüketimin karşılanması bakımından ikinci en önemli enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların tükeniş süresi Şekil 1'de verilmektedir (Tüylüoğlu vd, 2004; Arslan vd, 2004).



Şekil 1. Dünya fosil kaynaklarının tahmini tükeniş süresi.

Enerji üretimi anlamında hammadde olarak göz önüne alındığında ise kömürün petrolden sonra ikinci sırada olduğu görülmektedir. Dünya enerji tüketiminde kaynak payları Şekil 2'de verilmektedir (Arslan vd, 2004).



Şekil 2. Dünya birincil ticari enerji tüketiminde kaynak payları.

Türkiye'de bulunan linyitlerde orijinal halde kül içerikleri genel de yüksek olduğundan ısınmada ve sanayide kullanılması halinde büyük sorunlarla karşılaşmaktadır. Özellikle hava ve çevre kirliliğini önleyici kanunların katı standartları karşısında enerji gereksinimlerinin karşılanması

için etkili kömür temizleme teknolojilerinin uygulanması zorunlu hale gelmiştir.

Kömürün temizlenmesi, birlikte bulunduğu yan taşların kömürden ayıklanması anlamına gelmektedir. Bu yan taşlar silikatlı kayalar ve karbonatlı kayalar olabileceği gibi, kükürt, bazen de kömür bünyesindeki kükürdün artmasına neden olan sülfürlü demir mineralleri (Pirit, FeS₂) olabilir.

Kömürden yan taşların ayrılması, kömürün yoğunluğu ile yan taşların yoğunluğu arasındaki farktan yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Ortam yoğunluğunu kömür ve yan taşın yoğunlukları arasında ayarlamak amacıyla ince öğütülmüş manyetit (5.2 gr/cm³), su ile istenilen oranda karıştırılır. Bu işlemlerde yüksek miktarda su kullanımı, ayırma işlemini takiben suyun kömürden ayrılması ayrıca su ile kömür yapısında bulunan ince tanelerin oluşturduğu çamurun da atık barajlarında depolanması gerekmektedir.

Bazı bölgelerde su sıkıntısının bulunması, çamurların depolanmasından çıkan çevresel sorunlar, işletme maliyetinin düşük olması, susuzlandırma için ek devre gerektirmemesi gibi sebepler nedeniyle kuru yöntemlerle kömürlerin temizlenmesi, günümüzde önem kazanmaya başlamıştır. Çok yaygın olmamakla birlikte endüstriyel olarak uygulanan kuru kömür zenginleştirme yöntemleri mevcuttur.

Bazı özel durumlarda kömürün içerdiği demir sülfür yapısı ısı işlemleriyle değiştirilerek manyetik alınganlığı artırılmakta ve manyetik ayırma ile ayrılabilir (Liu ve Lin, 1976; De Jong vd, 2003; Arslan, 2006).

Genellikle baca gazlarından toz tutma amacıyla yaygın olarak kullanılan elektrostatik ayırma yöntemi, 3 mm'nin altında kömürün yan taştan ayrılması amacıyla kullanılmaktadır (Donnelly, 1999; Maoming vd, 2003; Trigwell vd, 2003).

Kömürün kuru ayırımında en geniş uygulama alanı bulan yöntem, akışkan yatak sistemleridir. 1930'ların başlarında Fraser hava-kum prosesinde havayı 1,68 mm' den küçük boyuttaki kumu akışkanlaştırmak üzere kullanmış ve böylece ağır ortam ayırmasını oluşturmuştur (Osborne, 1988; Alderman, 2001).

Ancak günümüzde kullanılan akışkan yatak

sistemlerde ince öğütülmüş (38µm) manyetit yatak oluşturmada kullanılmaktadır. Oluşturulan yatak içine kömürle karışık yan taş beslenmekte ve akışkan yatağın yoğunluğundan ağır olan yan taşlar oluşan yatağın dibine çökerken, kömür üst kısımda toplanmaktadır (Fan vd, 2003; Xu ve Guan, 2003; Chen ve Yang, 2003; Zhenfu vd, 2008).

Tabla türü havalı ayırıcılarda ise ayırım yüzeyinin alt tarafından sisteme sağlanan basınçlı hava ile yataklanma oluşturulurken sisteme bağlanan bir tahrik motoru ve destek üniteleri sayesinde sarmal bir hareket kazandırılan tanelerin yoğunluk farkından faydalanarak ayrılmaları sağlanmaktadır (Donnelly, 1999).

Kuru zenginleştirme yöntemlerinde sisteme su sağlanması, tesisten çıkan kirli suyun atılması ve geri kazanımı için gereksinim yoktur. Bu yüzden, İnce ve sulu tesis atıkları için atık havuzları ortadan kalkmaktadır. Kuru ayırma işlemi sırasında kömürün nem oranı artmaz. Kuru yöntemlerde elde edilen üründe tozlaşma ve ufalanma daha küçük oranlarda gerçekleşmektedir. Su olmayan bölgelerde tesis kurulmasına imkân yaratır. Kış günlerinde yaş yöntemlerde görülen donma problemleri yaşanmaz. Ancak, ayırma verimleri yaş yöntemlere kıyasla düşüktür. Özellikle ince boyutlarda kuru kömürün elenmesi problem yaratabilir. Kırma, eleme ve diğer ayırma işlemlerinde toz oluşmakta ve bu nedenle sistemlerin kapalı yapılması ve toz giderme ünitesi gerektirmektedir (Arslan, 2006).

Bu çalışmada, literatürde tabla türü havalı ayırıcı olarak tanımlanan ayırıcıya benzer şekilde tasarlanan, deney düzeneği ile iki farklı linyit yatağından alınan numunelere uygulanabilirliği ve işlem değişkenlerinin ayırım performansına etkisi ortaya konulmaktadır. Ayrıca, iki numune ile elde edilen sonuçlar Tromp eğrileri kullanılarak karşılaştırılmaktadır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Deney Düzeneği

Literatür incelemesi sonucunda, linyit ve yan taşların birbirinden kuru zenginleştirme ile ayrılabilmesi için yurt dışında kullanım alanı bulmuş tabla türü havalı ayırıcılara benzer şekilde deney düzeneği tasarlanmıştır.

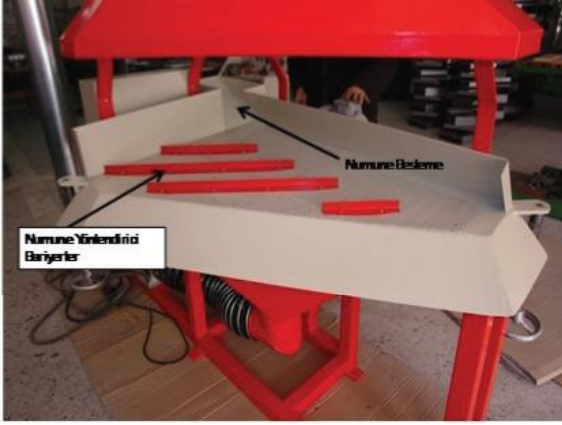
Deney düzeneği, yüzeyinde numune akışını

sağlayacak şekilde titreşim veren tahrik mekanizması ve akışkan yatağın oluşturulması amacıyla sisteme hava sağlanması için eklenen bir fana sahiptir. Deney düzeneğinin genel görünümü Şekil 3'de verilmektedir. Düzenek, dörtgen bir yamuk yüzey ve bu yüzey üzerinde 3 mm çapında hava geçişine imkân sağlayan eşit dağıtılmış delikli alana sahiptir. Ayrıca, tabla yüzeyinin eğimini ayarlayabilmek ve verilecek tahrik'in tabla yüzeyine aktarılabilmesi için tabla altına yerleştirilmiş amortisörler mevcuttur. Düzenek çelik profillerden oluşan bir gövde üzerine yerleştirilmiş ve yere sabitlenmesi sağlanmıştır. Beslenen numunenin tabla yüzeyindeki hareketlerinin kontrol edilebilmesi amacıyla tabla yüzeyine yönlendirici bariyerler yerleştirilmiştir. Şekil 4'de tabla yüzeyi, yönlendirici bariyerler ve düzeneği taşıyan profiller görülmektedir.

Tabla frekansı ve fan tarafından sağlanacak havanın kontrol edilebilmesi için eklenen iki adet elektronik motor frekans kontrol cihazı Şekil 5'de görülmektedir. Ayrıca, düzeneğe hız kontrollü titreşimli besleyici Şekil 6'da görüldüğü biçimde yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneği genel görünüm.



Şekil 4. Deney düzeneği tabla düzeyi



Şekil 5. Deney düzeneği kontrol sistemi



Şekil 6. Deney düzeneği besleme sistemi.

2.2. Deney Numuneleri

Deneylerde kullanılan Yeniköy – Hisarönü ve Soma – Eynez linyit numunelerinin tam analizleri sırasıyla, Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmektedir.

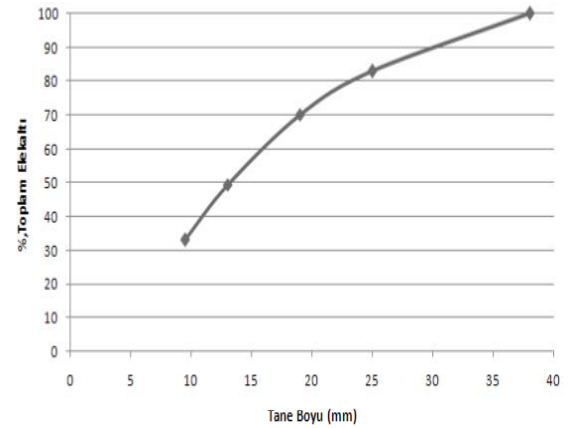
Çizelge 1. Yeniköy-Hisarönü Linyit Numunesi Tam Analizi

Analiz Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz
Toplam Nem	6,98	-----
%, Kül	42,56	45,75
%, Uçucu Madde	37,59	40,41
%, Toplam Kükürt	2,54	2,73
Üst Isıl Değer (Kkal/kg)	1666	1791
Alt Isıl Değer (Kkal/kg)	1474	1630

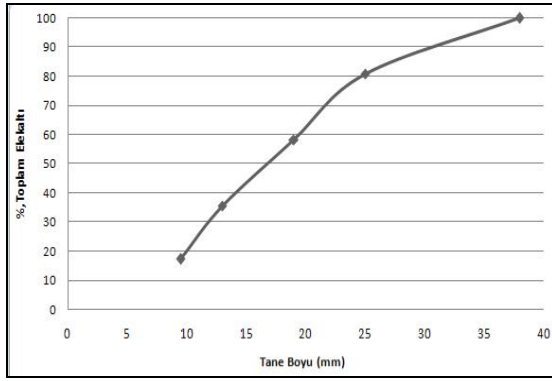
**Numune özellikle uzun süre bekletilmiştir.*

Çizelge 2. Soma-Eynez Numunesi Analiz Sonuçları

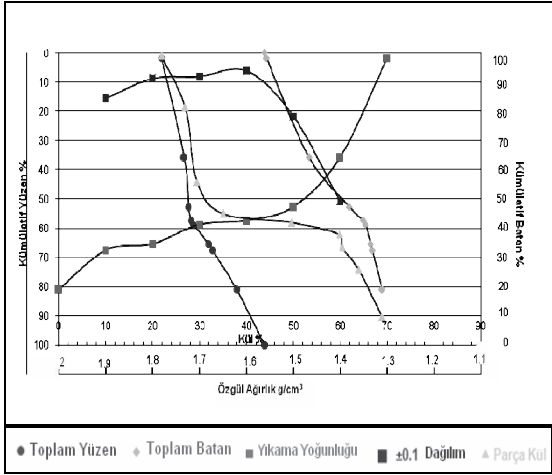
Analiz Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz
Toplam Nem	14,53	-----
%, Kül	31,57	36,94
%, Uçucu Madde	34,45	41,04
%, Toplam Kükürt	2,04	2,43
Üst Isıl Değer (Kkal/kg)	2622	3068
Alt Isıl Değer (Kkal/kg)	2375	2881



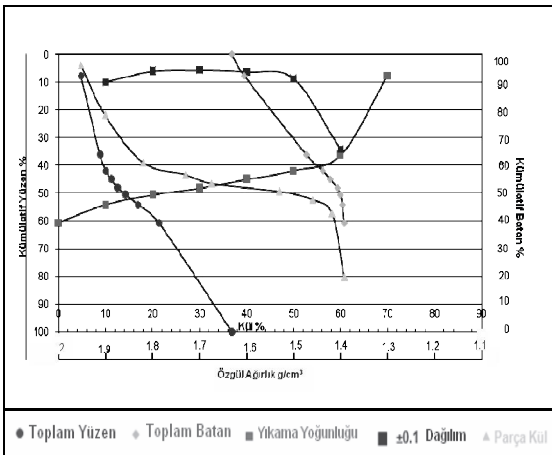
Şekil 7. Yeniköy-Hisarönü linyit numunesi tane boyu dağılımı.



Şekil 8. Soma-Eynez numunesi tane boyu dağılımı.



Şekil 9. Yeniköy-Hisarönü numunesi yıkanabilirlik eğrileri.



Şekil 10. Soma-Eynez numunesi yıkanabilirlik eğrileri.

2.3. Deneysel Koşullarının Tespiti

Düzenek çalışır duruma getirilmesi ve işlem değişkenlerinin tanımlanabilmesi için ön deneyler yapılmış, incelenecek parametreler tabla eğimi, tabla frekansı ve besleme hızı olarak belirlenmiştir.

Tüm parametrelerin birbirleri ve zenginleştirme işlemi ile ilişkilerini ortaya koymak açısından her bir parametrenin en az 3 değişik kademede incelenmesi gerekli görülmüştür. Belirlenen deney parametreleri Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Deneysel Parametreleri

Parametre	Tabla Eğimi	Besleme (ton/saat- m ²)	Tabla Frekansı (Hz)
1.kademe	0,15 (8,5°)	1,32	39
2.kademe	0,21 (11,8°)	1,68	42
3.kademe	0,26 (14,6°)	2	45

Yeniköy – Hisarönü linyit numunesi kullanılarak yapılan deneylerde 3 farklı parametrenin 3 farklı kademede incelenmesi sonucunda, 27 farklı koşul denenmiştir. En başarılı sonuçların elde edildiği 9 koşulda Soma – Eynez linyit numunesi üzerinde deneyler tekrarlanmıştır.

Düzenek yeni tasarlandığından ve ilk çalışmalar olması nedeni ile besleme neminin olumsuz etkisinin öncelikle ortadan kaldırılması amacıyla, numuneler uzun süreli bekletilmiş ve nem oranının düşmesi sağlanmıştır. Çizelge 4 ve 5'de sırasıyla, Yeniköy – Hisarönü ve Soma – Eynez numuneleri ile yapılan deneylerin koşulları verilmektedir.

Çizelge 4. Yeniköy – Hisarönü Numunesi Deney Koşulları

Deney No	Tabla Eğimi	Besleme Hızı (ton/saat- m ²)	Tabla Frekansı (Hz)
1	0,15	1,32	45
2	0,15	1,32	42
3	0,15	1,32	39
4	0,15	1,68	45
5	0,15	1,68	42
6	0,15	1,68	39
7	0,15	2	45
8	0,15	2	42
9	0,15	2	39
10	0,21	1,32	45
11	0,21	1,32	42
12	0,21	1,32	39
13	0,21	1,68	45
14	0,21	1,68	42
15	0,21	1,68	39
16	0,21	2	45
17	0,21	2	42
18	0,21	2	39
19	0,26	1,32	45
20	0,26	1,32	42
21	0,26	1,32	39
22	0,26	1,68	45
23	0,26	1,68	42
24	0,26	1,68	39
25	0,26	2	45
26	0,26	2	42
27	0,26	2	39

Çizelge 5. Soma – Eynez Numunesi ile Tekrarlanan Deney Koşulları

Deney No	Tabla Eğimi	Besleme (ton/saat -m ²)	Tabla Frekans
1	0,15	1,32	45
2	0,15	1,32	42
3	0,15	1,32	39
4	0,15	1,68	45
5	0,15	1,68	42
6	0,15	1,68	39
7	0,15	2	45
8	0,15	2	42
9	0,15	2	39

2.4. Deneylerin Yapılışı

Hazırlanan Linyit numuneleri, titreşimli besleyici yardımı ile daha önceden belirlenen parametrelere uygun olarak tabla yüzeyine beslenmiş ve tabla yüzeyinden dökülen numuneler ön deneyler sırasında belirlenen bölümlerden temiz kömür ve atık olarak iki parça halinde alınmıştır. Her deney koşulunun denenmesinden önce gerekli parametre değişiklikleri yapılmış,

numune eksilmeleri tamamlanmış, düzeneğe ve numune kapları temizlenerek sistem yeniden çalıştırılmıştır. Elde edilen temiz kömür ve atık numuneleri tartılıp, bölücü yardımıyla bölünerek en az 1 kg olacak şekilde numuneler alınmış, 250 µm boyutuna kadar merdaneli kırıcı ve halkalı değirmen yardımı ile öğütülmüştür. Elde edilen tüm temiz kömür ve atık numunelerinin kül içeriği, kalori değerleri ve nem içerikleri analiz edilmiştir. Şekil 11'de Yeniköy - Hisarönü numunesi ile yapılan 5. deney sonucunda elde edilen numuneler gösterilmektedir.



Şekil 11. Deney 5 - temiz kömür ve atık

3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deney düzeneğinin verimli bir şekilde çalışması için parametrelerin en uygun koşullara ayarlanması son derece önem taşımaktadır. Bu sebeple, parametrelerin ayırma olan etkilerinin incelenmesi ve en başarılı koşulların tespit edilmesi amacıyla yanabilir verim ve toplam atılan kül oranlarına karşılık tabla eğimi, tabla frekansı ve besleme hızının etkilerinin incelenebileceği grafikler verilmektedir.

Ayrıca her deney koşulunda elde edilen alt ısı değerleri Kkal/kg olarak grafikte deney koşulunu temsil eden noktaların üzerine yerleştirilmiştir. Bu sayede her deney koşulunda elde edilen yanabilir verim, toplam atılan kül oranı ve elde edilen alt ısı kalorisi değerleri bir arada değerlendirilebilmektedir. Aşağıdaki şekillerde düz çizgi ile ifade edilenler yanabilir verimi, uzun kesikli çizgi ile ifade edilenler ağırlık verimini ve kesikli çizgi ile ifade edilenler toplam atılan kül oranını göstermektedir.

3.1. Yeniköy-Hisarönü Numunesi Sonuçları

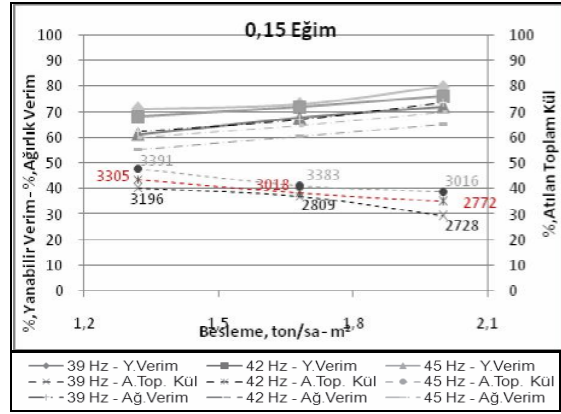
Tabla eğiminin, yanabilir verim ve atılan toplam kül miktarına etkisinin incelenmesi amacıyla, 2 ton/saat - m², 1,68 ton/saat - m² ve 1,32 ton/saat-m² besleme miktarlarında ve 39 Hz, 42 Hz ve 45 Hz tabla frekansı koşullarında elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 12 ile 20 arasında verilmektedir. Elde edilen temiz kömürlere ait analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6. Yeniköy-Hisarönü Numunesi Analiz Sonuçları

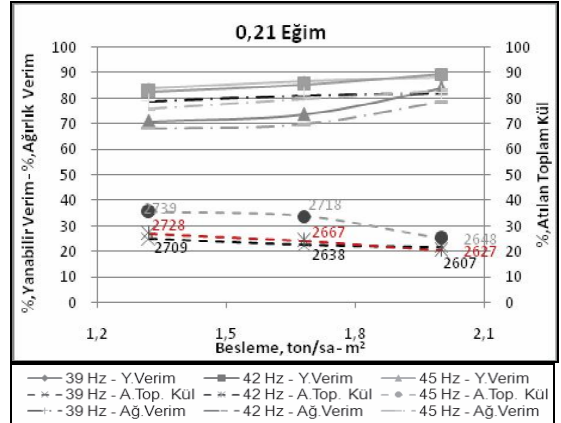
s. no	1	2	3	4	5	6	7
	Alt Isıl Kal	% Mkon	%Kkül	%Akül	%Yan. Verim	% Top. At. Kül	Atık Kalori
1	3391	55,4	38,04	51,40	61,30	52,10	786
2	3305	59,8	36,25	52,53	68,08	47,99	642
3	3196	62,5	36,31	53,82	71,08	45,87	606
4	3383	60,5	37,41	52,09	67,62	46,76	702
5	3018	64,9	37,94	53,20	71,92	42,44	686
6	2809	66,9	38,83	52,45	73,08	39,46	696
7	3016	65,1	38,03	53,14	72,04	42,15	622
8	2772	69,7	38,74	54,10	76,25	37,26	611
9	2728	73,8	39,41	54,93	79,85	32,71	589
10	2739	68,1	41,61	49,10	71,01	35,60	1086
11	2728	75,9	39,04	55,84	82,62	30,59	541
12	2709	78,9	40,44	53,31	83,92	25,56	626
13	2718	69,8	40,85	51,28	73,73	35,20	882
14	2667	79,8	40,08	54,49	85,39	25,02	513
15	2638	81,2	40,31	53,91	86,55	23,03	488
16	2648	78,8	40,21	52,08	84,13	25,09	543
17	2627	83,2	39,80	56,82	89,44	21,69	410
18	2607	82,1	39,79	55,91	88,27	22,75	458
19	2552	84	40,04	57,98	89,94	21,08	426
20	2570	81,7	39,87	56,24	87,73	23,39	487
21	2505	84,8	40,72	56,02	89,77	19,35	479
22	2492	86,9	39,45	57,48	93,96	17,11	406
23	2368	88,1	41,49	55,81	92,05	15,09	484
24	2417	84,1	40,86	54,86	88,82	19,82	669
25	2365	85,5	41,19	55,46	89,79	18,28	694
26	2279	88,9	41,27	56,52	93,23	14,26	432
27	2079	87,8	42,49	54,68	90,17	15,16	710

Burada;

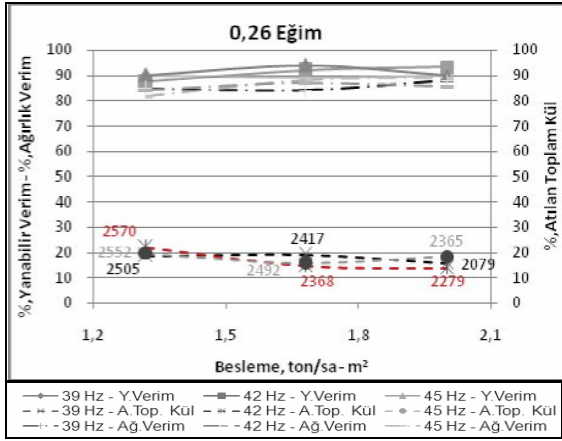
- 1) Temiz kömür Alt Isıl Kalori Değeri (Kkal/kg)
- 2) Temiz kömür Ağırlığı (%)
- 3) Temiz kömür Kül Oranı (%)
- 4) Atık Kül Oranı (%)
- 5) Yanabilir Verim (%)
- 6) Toplam Atılan Kül Oranı (%)
- 7) Atık Alt Isıl Kalori Değeri (Kkal/kg)' dir.



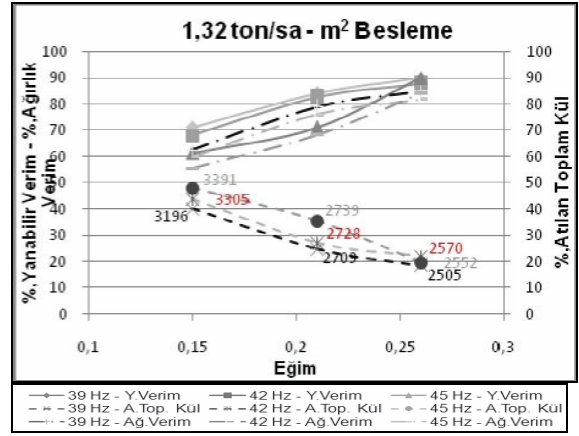
Şekil 12. Besleme – yanabilir verim, ağırlık verim, atılan top kül oranı (0,15 Eğim).



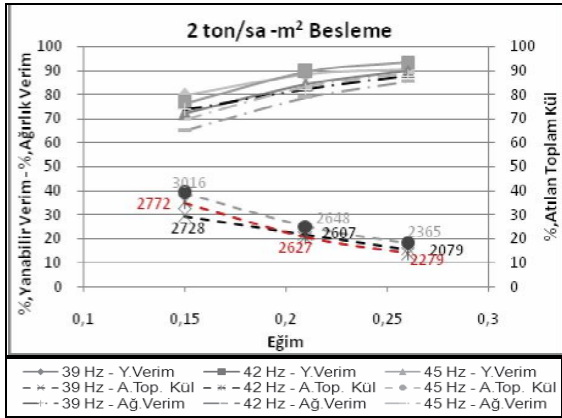
Şekil 13. Besleme – yanabilir verim, ağırlık verim, atılan top kül oranı (0,21 Eğim).



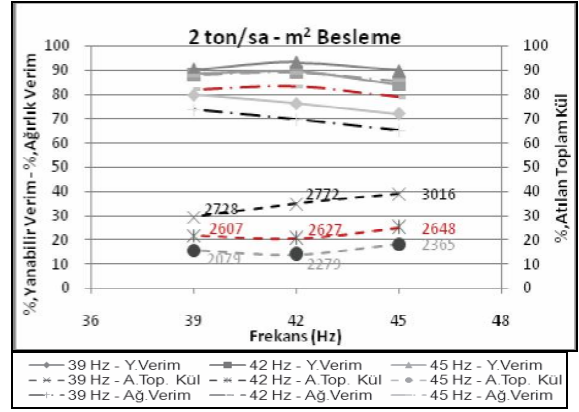
Şekil 14. Besleme – yanabilir verim, ağırlık verim, atılan top kül oranı (0,26 Eğim).



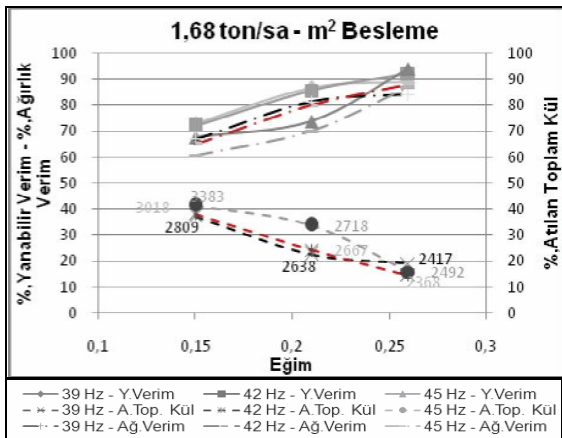
Şekil 17. Tabla eğimi – yanabilir verim, atılan toplam kül oranı (1,32 ton/saat - m²).



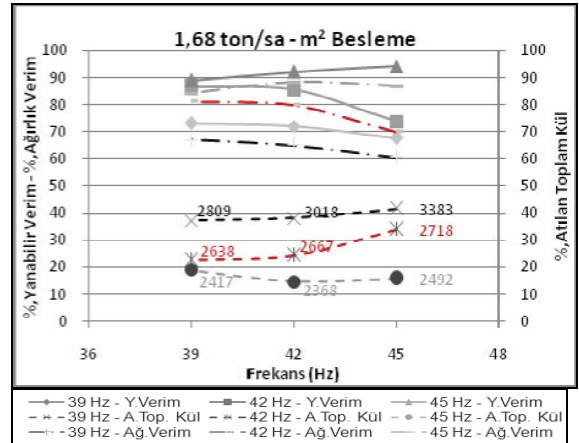
Şekil 15. Tabla eğimi – yanabilir verim, atılan toplam kül oranı (2 ton/saat - m²).



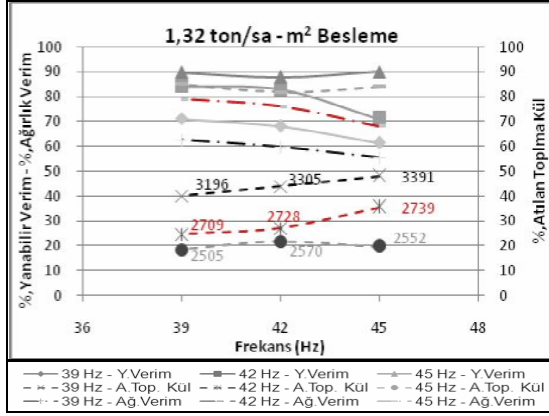
Şekil 18. Tabla frekansı – yanabilir verim, toplam atılan kül oranı (2 ton/saat - m²).



Şekil 16. Tabla eğimi – yanabilir verim, atılan toplam kül oranı (1,68 ton/saat - m²).



Şekil 19. Tabla frekansı – yanabilir verim, toplam atılan kül oranı (1,68 ton/saat - m²).



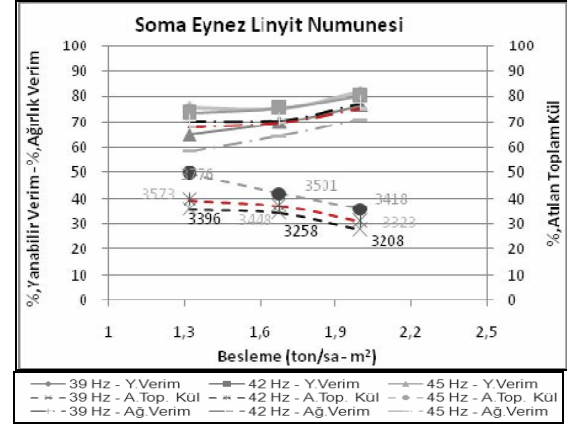
Şekil 20. Tabla frekansı - yanabilir verim, toplam atılan kül oranı (1,32 ton/saat - m²)

3.2. Soma-Eynez Numunesi Sonuçları

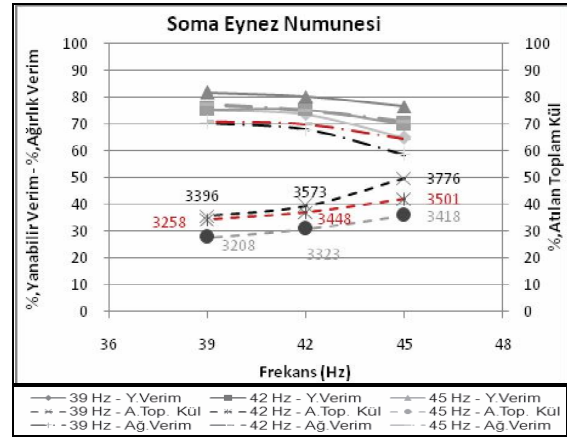
Yeniköy – Hisarönü linyit numunesine uygulanan koşullarının tamamlanmasının ardından elde edilen sonuçlara göre en başarılı sonuçların elde edildiği tabla eğimi 0,15 (8,5°) olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, tabla eğimi parametresi 0,15 (8,5°) olarak sabitlenmiştir. Besleme hızı ve tabla frekansı parametrelerinin 3 farklı kademe de denenmesi ile oluşturulan 9 deney koşulu Soma – Eynez linyit numuneleri üzerinde tekrar edilmiştir. Besleme hızının ve tabla frekansının etkisi Şekil 21 ve 22’de, elde edilen numunelerin analiz sonuçları ise Çizelge 7’de verilmektedir.

Çizelge 7. Soma-Eynez Numunesi Analiz Sonuçları

s. no	Alt Isıl Kal	% Mkon	%Kkül	%Akül	%Yan. Verim	% Top. At.Kül	Atık Kalori
1	3776	58,5	30,20	44,18	64,81	49,55	1241
2	3573	67,8	31,66	45,14	73,55	39,28	1156
3	3396	70,3	32,49	44,31	75,33	35,57	1258
4	3501	64,4	31,79	43,62	69,73	41,97	1298
5	3448	69,8	31,98	45,29	75,36	36,97	1054
6	3258	70,7	33,01	43,21	75,18	34,22	1125
7	3418	70,9	32,09	45,53	76,43	35,81	995
8	3323	75,1	32,77	45,74	80,14	30,78	845
9	3208	77,2	33,42	44,74	81,59	27,57	1015



Şekil 21. Soma – Eynez linyit numunesi besleme hızının etkisi.



Şekil 22. Soma – Eynez linyit numunesi frekansın etkisi.

Parametrelerin ayırım üzerindeki etkilerinin ortaya koyulabilmesi için çizilen grafikler incelendiğinde, her iki numunede de toplam atılan kül oranı ile yanabilir verim ve ağırlık verimi arasında zıt bir davranım olduğu açıkça görülmektedir. Ayırıcının çalışma koşulları, zenginleştirme işlemi sonucunda elde edilecek temiz kömürün kullanılacağı yakma ünitesinin gereksinimleri göz önüne alınarak ayarlanmalıdır.

4.PERFORMANS ANALİZİ

Deneylerde kullanılan Yeniköy–Hisarönü, Soma–Eynez linyit numuneleri ile yapılan deneyler sonucunda, iki numune için de deney koşulları 0,15 eğim, 45 Hz tabla frekansı ve 1,32

ton/saat-m² besleme hızı olarak sabit tutularak deneyler tekrar edilmiş elde edilen temiz kömür numunelerine yüzme - batma testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarla, iki deney numunesinin beslemesine ait yüzme-batma test sonuçları kullanılarak tromp eğrileri çizilmiş, E_p değerleri ve ayırım yoğunlukları (d₅₀) hesaplanmıştır. Numunelere ait yüzme – batma test sonuçları sırasıyla Çizelgeler 8 ve 9'da tromp eğrileri ise Şekil 23 ve 24'de verilmektedir. E_p değerleri Formül 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_p = \frac{(d_{25} - d_{75})}{2} \quad (1)$$

E_p : Hata Faktörü

d₂₅: %25 dağılım faktörüne gelen yoğunluk

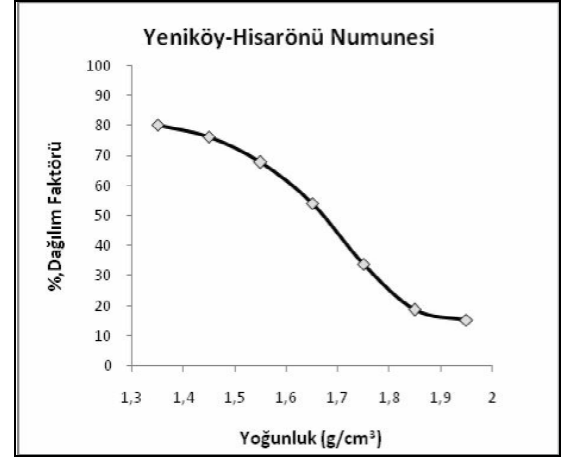
d₇₅: %75 dağılım faktörüne gelen yoğunluk

d₅₀: ayırım yoğunluğu' nu

ifade etmektedir.

Çizelge 8. Yeniköy-Hisarönü Numunesi Yüzme Batma Test Sonuçları

Temiz kömür				Besleme			
Yoğ. (g/cm ³)	Ort. Yoğ. (g/cm ³)	Miktar (%)	Kül (%)	Beslemeye Göre (%)	Miktar (%)	Kül (%)	Dağ. Faktör
1,3	/	12,20	5,8	7,48	7,60	4,72	/
1,3-1,4	1,35	39,32	11,2	24,11	28,66	7,90	84,12
1,4-1,5	1,45	7,21	19,8	4,42	5,67	20,99	77,95
1,5-1,6	1,55	3,31	27,2	2,03	3,07	28,97	66,12
1,6-1,7	1,65	2,76	32,5	1,69	3,18	36,57	53,15
1,7-1,8	1,75	1,53	47,4	0,94	2,48	52,02	37,90
1,8-1,9	1,85	1,50	54,0	0,92	3,54	59,08	25,99
1,9-2,0	1,95	1,97	62,0	1,21	6,50	62,19	18,62
2	/	28,05	65,9	17,20	39,30	64,80	/
Top.		100	29,6	61,32	100	36,83	

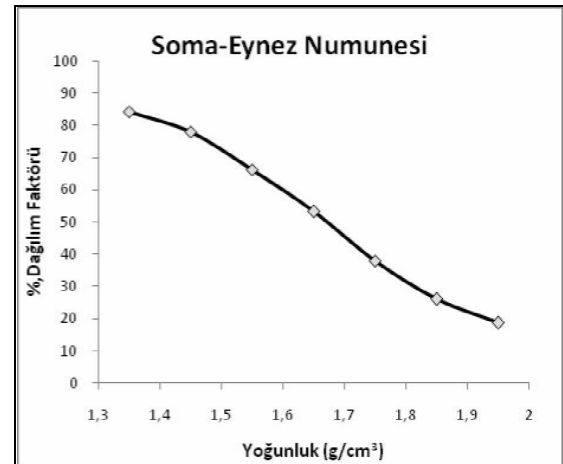


Şekil 23. Yeniköy-Hisarönü numunesi tromp eğrisi

Çizelge 9. Soma-Eynez Numunesi Elde Edilen Sonuçlar

Temiz kömür				Besleme			
Yoğ. (g/cm ³)	Ort. Yoğ. (g/cm ³)	Miktar (%)	Kül (%)	Beslemeye Göre (%)	Miktar (%)	Kül (%)	Dağ. Faktör
1,3	/	2,64	21,4	1,48	1,82	21,9	/
1,3-1,4	1,35	48,30	28,6	27,11	33,80	26,9	80,21
1,4-1,5	1,45	23,13	29,9	12,98	17,03	29,4	76,22
1,5-1,6	1,55	5,68	35,4	3,19	4,71	35,0	67,73
1,6-1,7	1,65	1,38	49,9	0,77	1,43	49,6	54,07
1,7-1,8	1,75	3,99	59,7	2,24	6,64	59,8	33,77
1,8-1,9	1,85	0,69	60,1	0,39	2,09	60,4	18,66
1,9-2,0	1,95	3,63	63,8	2,04	13,42	63,9	15,20
2	/	10,28	68,9	5,77	19,06	68,9	/
Top.		100	36,2	56,13	100,0	43,8	

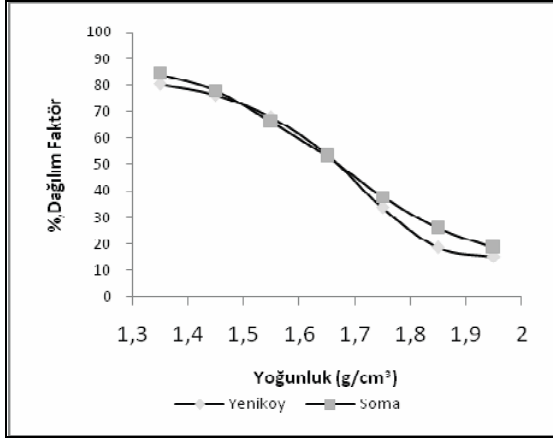
Yeniköy-Hisarönü linyit numunesi ile elde edilen E_p değeri 0,165 ve ayırım yoğunluğu (d₅₀) 1,67 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 24. Soma-Eynez numunesi tromp eğrisi

Soma-Eynez linyit numunesi ile elde edilen E_p değeri 0,19 ve ayırım yoğunluğu (d_{50}) 1,67 olarak gerçekleşmiştir.

İki farklı numune ile aynı koşullarda yapılan deneyler sonucunda Yeniköy-Hisarönü linyit numunesi ile elde edilen ayırımın Soma-Eynez linyit numunesi ile elde edilene göre daha yüksek performansa sahip olduğu Şekil 25'de görülmektedir.



Şekil 25. Yeniköy-Hisarönü ve Soma-Eynez linyit numuneleri tromp eğrileri karşılaştırması

Yeniköy – Hisarönü linyit numunesi ile yapılan 27 adet deney sonucunda en yüksek kalori değeri 3391 Kkal/kg, 55,4 ağırlık verimi ve % 61,30 yanabilir verim oranları elde edilmiştir. Ancak genel olarak, 3000 Kkal/kg ile 3500 Kkal/kg alt ısı değerler aralığında %72 ile %63 oranlarında yanabilir verim ve %70 ile %55 oranlarında ağırlık verimi elde edilebilmektedir. Ayrıca atık alt ısı kalori değerlerinin 1000 Kkal/kg 'nin altında kullanılamaz değerlerde olması önemlidir.

Soma – Eynez linyit numunesi ile yapılan deneylerde en yüksek kalori değeri 3776 Kkal/kg, ağırlık verimi % 58,5 ve yanabilir verim % 64,81 ile elde edilmiştir. Deneyler incelendiğinde 3200 Kkal/kg ile 3776 Kkal/kg alt ısı değerler aralığında %81 ile %64 oranlarında yanabilir verim ve %77 ile %58 oranlarında ağırlık verimi elde edilebildiği görülmektedir. Besleme alt ısı kalori değerinin 2881 Kkal/kg olduğu göz önüne alındığında ayırım performansının çok yüksek olduğu söylenemez. Ancak, Soma – Eynez linyit numunesinin yıkanabilirlik eğrileri incelenerek kömür bünyesindeki külün düşük yoğunluklarda bile oldukça yüksek oranlarda bulunduğu göz

önüne alındığında elde edilen sonuçların önemli olduğu söylenebilir.

İki numune ile aynı koşullarda yapılan deneyler sonucunda elde edilen E_p ve d_{50} değerleri dikkate alındığında, yaş yöntemlere göre ayırım performanslarının düşük olduğu gözlenmektedir. Ancak, literatürdeki kuru kömür temizleme yöntemleri incelendiğinde havalı jigler için yaklaşık E_p değerlerinin 0,25-0,3 arası olduğu, havalı masa ve FCM ve FGX gibi havalı ayırıcılarda ise 0,15-0,25 arasında değiştiği görülmektedir.

5.SONUÇLAR

Yapılan ön deneyler sonucunda ayırım üzerinde etkisi olan değişkenler, tabla frekansı, tabla eğimi ve besleme hızı olarak tespit edilmiştir. İşlem değişkenleri incelendiğinde, besleme hızı ve eğimdeki artışın ayırım performansını kötü yönde etkilediği ve eğimin ayırım üzerinde besleme hızına göre daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Frekans artışı ise ayırımı olumlu yönde etkilemektedir.

İki numune ile aynı koşullarda yapılan deneyler sonucunda elde edilen E_p ve d_{50} değerleri dikkate alındığında, yaş yöntemlere göre ayırım performanslarının düşük olduğu gözlenmektedir. Ancak, havalı jigler, havalı masalar gibi kuru zenginleştirme yöntemleri dikkate alındığında ayırım performansının daha iyi olduğu ve daha düşük E_p değerleri elde edildiği görülmektedir.

Ayırıcının özellikle 40 mm' nin altında kömürün temizlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir. İnce boydaki ağır mineraller (yan taş) genellikle temiz ürüne kaçabilmektedir. İri boyda taşlar son derece başarılı olarak ayırılmaktadır.

Tabla türü havalı ayırıcı deney düzeneği ile yapılan deneyler sonucunda, ince tane boyundaki yan taşların temiz kömür ile karışmasına rağmen yakma ünitesinin ihtiyaçları doğrultusunda kullanılabileceği görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu (MAG) tarafından "Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerinin Destekleme Programı" kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Alderman, J. K., 2001; "Improving Power Plant Performance and Reducing Emissions Through The Use of Pneumatic Dry Cleaning For Low Rank Coal", SME Annual Meeting, Feb. s:26-28, Denver, Colorado.

Arslan, V., Kemal, M., 2004; " Kömür Hazırlama ve Türkiye deki Uygulamalar", Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 217-227, Zonguldak.

Arslan, V., 2006; " Kuru Kömür Hazırlama Yöntemleri", Madencilik, **45(3)**, 9-18.

Chen, Q. and Yang, Y., 2003; "Development of Dry Benefication of Coal in China", Coal Preparation, **23**, 3 -12.

De Jong, T.P.R., Mesina, M.B. ve Kuilman, W.,2003; "Electromagnetic De-Shaling Of Coal", Physical Separation in Science and Engineering, **12(4)**, 223–236.

Donnelly, J., 1999; "Potential Revival of Dry Cleaning of Coal", The Australian Coal Review, October, 26-30.

Fan, M., Chen, Q., Zhao, Y., Luo, Z. And Guan, Y., 2003; "Fundamentals of Magnetically Stabilized Fluidized Bed for Coal Separation", Coal Preparation, **23**, 47-55.

Liu, Y.A. and Lin, C.J., 1976; "Assessment of Sulfur and Ash Removal from Coals by Magnetic Separation", IEEE Transactions on Magnetics, **MAG 12(5)**, 498-502.

Maoming, F., Qingru, C., Yuemin, Z., Zuenfu, L., Xixi, Z., Xiuxiang, T., Guohua, Y., 2003; "Fine coal dry classification and separation", The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, **3(2)**, 196 -201 .

Osborne, D.G., 1988; Coal Preparation Technology, Graham & Trotman Ltd.

Trigwell, S., Tennal, K. B., Mazumder, M. K. And Lindquist, D. A., 2003; "Precombustion Cleaning of Coal by Triboelectric Separation of Minerals" Particulate Science and Technology, **21**, 353-364.

Tüylüoğlu, Ş., Ofluoğlu, G., 2004; "Dünya

ve Türkiye'deki Kömür ve Kalkınma: Ekonomik Göstergelerin Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi", Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 87-101.

Xu, S. and Guan, Y., 2003; "Numerical Simulation and Experimental Validation of Magnetic Medium Performance in Air-Dense Medium Fluidized Bed (ADMFB)", Coal Preparation, **23**, 57-65.

Zhenfu L., et al., 2008, "Density – dependent separation of dry fine coal in vibrated fluidized bed", Powder Technology, **187**, 119 -123.