

# TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

## The sixth coal congress of TURKEY

### HAVA KİRLİLİSİNİ AZALTMAK AMACIYLA İSİNMA DA KULLANILAN LİNYİTLERİN YIKANABİLİRLİBİ

### ÜJASHABILITY OF LIGNITES TO BE U5ED FDR DOMESTIC HEATING PURPOSES AND REDUCE AIR POLLUTION

Melih AKALIN (\*)  
Zafer ÖZ (\*\*)

#### ÖZET

Türkiye'de havza madenciliği yapılabilen büyük rezervli linyit sahalarımızdan ısınma ve sanayi için kaliteli yakıt üretimi amacıyla linyitlerimize briketleme yıkama, kurutma gibi kömür zenginleştirme işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada 12 büyük linyit sahamızda linyitlerimizin yıkanabilirlikleri incelenerek sonuçları verilmiştir. Linyit yıkanabilirliğinde farklı özelliklere uygun değişik proses belirlenmesi gerektiğinden teknolojik yıkama yöntemlerin de bir incelemesi sunulmuştur.

Bu çalışmanın san bölümünde ise özellikle hava kirliliği alan illerimizin katı yakıt ihtiyacının ve sanayinin kaliteli katı yakıt talebini karşılayabilmek üzere Sama-Eynez linyitinin yıkanarak kullanımının önemi ve bir lavvar tesisinin gerekliliği, üzerinde durulmuştur. Bu sunuşla ilgili her Kurum ve araştırmacının linyit yıkanabilirliği konusunda bundan sonraki yapacağı çalışmalarında bir esas teşkil edilmesine yardımcı olunmak istenmiştir.

#### ABSTRACT

In Lignite deposits of Turkey where it's possible to employ mining techniques it is necessary to perform coal upgrading processes such as briquetting, washing and drying to produce higher quality fuels for household and industrial consumption. 5-

In the present study washability characteristics of 12 major lignite deposits were examined.

A short survey nf technological uashing processes is also given since lignites with different characteristics require different washing processes.

In the end of this study the impatance of washed Soma-Eynez lignite to be consumed in provinces with air-pollutionand in industry is stressed and the necessity for a coal washery plant in the region is mentioned, with the aim of assisting all interested researchers and organisations wishing to work on lignite washability.

(\*) Kımyük.Müh.TKİ Gen.Md. Kömür Teknolojisi Şub. Müdürü ANKARA

(\*\*) Kim.Müh. TKİ Gen. Md.Kömür Teknolojisi Şub.Müd. ANKARA

## GİRİŞ

Türkiye'de üretilen linyitler termik santral, ısınma ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. 1973 yılı krizinden sonra özellikle enerji sektöründe elektrik üretimi için linyitler büyük önem kazanmış ancak ısınma ve sanayi sektörü ihtiyacına uygun kalitede linyit temininde zorluklar çekilmiştir. Bu sebeple hem pahalı alternatif yakıtların kullanımı hem de çevre kirliliği sorunu artan tüketime paralel olarak gelişmiştir. İlk önceleri yeterli üretim hedeflerini sağlamak üzere başlatılan çalışmalar giderek kalitenin artırılması konularında ağırlık kazanmıştır. (1)

Linyitlerimizde her birinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun gerekli zenginleştirme işlemlerinin tespiti ise yeterli AR-GE çalışmalarının laboratuvar, alott hatta endüstriyel boyutta yapılması, daha sonra en verimli ve ekonomik prosesin amaca uygun olarak seçilmesi ile mümkündür. Bu çerçevede linyitlerimizin yıkanabilirliği konusu bu çalışmada açıklanmaktadır.

Netice olarak temiz katı yakıtların üretiminin artırılmasında ülkemizdeki çevre sorunları yönünden de ele alınması, diğer bir ifadeyle kullanıma uygun yakıt geliştirilmesi ile kaynakların optimum kullanılması hedefi de düşünülmelidir. Bu çalışmada ısınmada ve sanayide hava kirliliğini azaltmada en verimli bir yakıt geliştirilmesi hususunda büyük linyit havzalarımızda linyitlerin yıkanabilirliği ve özellikle Soma-Eynez linyitinin yıkanmasının bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

### 1. LİNYİTLERİMİZİN YIKANABİLİRLİĞİNİN SAHA BAZINDA İNCELENMESİ

Genel olarak Türkiye'de bulunan linyitler de orjinal halde nem, kül, kükürt safsızlık miktarı çok olduğundan doğrudan ısınmada ve sanayide kullanılması halinde büyük sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca üretilen kömürlerimizde bu sebeple verimli kullanılmamaktadır. Bu çalışmada belli rezerv büyüklüğüne sahip ve yüksek üretim miktarları gerçekleştirilen linyit sahalarımız esas olmak üzere linyitlerimizin yıkanabilirlik özelliklerinin laboratuvar ve pilot çaplı etüdlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle 12 büyük linyit sahasından alınan kömürlerin yıkanabilirlik eğrileri elde edilmiştir. Çalışmada yer alan sahalar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1. Bingöl-Karlıova Linyit sahası
2. Beypazarı-A Sektörü Linyit sahası
3. Konya-Beyşehir Linyit sahası
4. Bolu-Göynük Linyit sahası
5. Çanakkale-Çan I Linyit sahası
6. Çanakkale-Çan III Linyit sahası
7. Sivas-hangal Linyit sahası
8. Muğla-Sekköy Linyit sahası
9. Muğla-Bağyaka Linyit sahası
10. IG.Tunçbilek Açık Ocak Linyit sahası
11. Tunçbilek Kapalı Ocak Linyit Sahası
12. Soma-Eynez Linyit sahası

### 2. LİNYİTLERİMİZİN YIKANABİLİRLİĞİNİN TEKNBLOJİK İNCELENMESİ

Bu çalışmada kömürlerin yıkanabilirliğini incelemek üzere yaygın olarak kullanılan + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisi dikkate alınmıştır. Deneysel çalışmalarla elde edilen yıkanabilirlik eğrisinde her bir linyit sahası için bu eğri çizilmiştir.

ÇİZELGE 1: TÜRKİYE LİNYİTLERİNİN SAHA BAZINDA YIKAMA EĞRİLERİNE GÖRE VARILAN LİTYUM VE KANABILİRLİK ŞARTLARININ İNCELEMESİ (2,1.-12)

SAHA ADI	5u (%)	Kul C<)	KİMYASAL ÖZELLİKLERİ						Van.S.	Kul S.	Top.S.	YIKP,NMA ÖZELLİĞİ		
			Uç.Md. <%)	S.Kar. (%)	AJD Cfal/VÇ	0ID ftal/kq	Av-Yağ. qr/cm3	Rand. <%)				Atık (50	Kulu	
<b>1 Bingöl-harlıova</b>														
-Orjinal Öz.	45	25	*P	1J	1550	1-300	0,1	0,3	0,4					
-Yıkama/a giren	13	40	?	20	28DD	305D	0,1	0,4	0,5					
-Yıkama? çıkan	1ü	37	20	22	3570	3650				1,45	09	53		
<b>2 Beypazarı-A Sek.</b>														
-Orjinal Dz.	21	33	24	22	2700	2900	3,D	1,5						
-Yıkama/s QIIHI	10	37	31.	19	2620	2830	2,4	2,6	5,0					
-Yıkamaş çıkan	10	35	1,2	23	3310	3560				1,64	90	77		
<b>3 Konya-Bevşehir</b>														
-Orjinal az.	41	39	13	7	920	1120	0,5	0,5	1,0					
-Yıkama/a giren	9	51		15	1450	1590	D,a	0,6	1,6					
-Yıkamaş çıkan	9	22	tı3	26	3690	3940				1,43	10	52		
<b>4 Bolu-Goynuk</b>														
-Orjinal Öz.	25	27	2b	22	2760	3080	0,9	0,9	1,2					
-Yıkama araya giren	1D	32	31	27	3420	3650	1,1	1,0	2,1					
-Yıkamaş çıkan	1D	24	41	35	4370	4630				1,62	77	66		
<b>5 Çanakkale-Çan I</b>														
Orjinal 02	25	12	36	35	371.0	4340	3,7	4,0	7,7					
-Yıkama/a giren	10	6	36	46	6410	6690	1,6	1,1	2,9					
-Yıkamaş çıkan	1C	7	36	1.7	647D	6780				1,4B	Q4	4 4		
<b>6 Çanakkale Çan II</b>														
-Orjinal öz.	33	16	27	2 it	3130	3770	3,1	2,3	5,4					
-Yıkama/a giren	6	40	26	26	3060	3270	2,6	2,0	4,a					
-Yıkamaş çıkan	8	15	4u	37	50D0	52B0				1,32	16	44		
<b>7. Sivas-Kanqal</b>														
Orjinal nz.	53	18	1B	11	1560	172D	1 fl	0 a	2,6					
-Yıkama/a giren	12	23	1,2	23	4130	4400				1,42	16	37		
<b>fl. Muqla-sekkoy</b>														
-Orjinal öz.	35	23	32	10	23D0	26D0	2,1	1,6	3,9					
-Yıkama/a giren	9	32	44	15	2930	3170	3 D	2,k	5,4					
-Yıkamaş çıkan	9	25	5D	16	367Q	412D				1,56	65	53		
<b>9. Muqla-Bagyaka</b>														
-Orjinal DZ.	33	25	2B	11.	2220	254D	1,3	1,0	2,3					
-Yıkama/a giren	10	33	37	20	3160	3390	1,7		3,1					
-Yıkamaş çıkan	10	20	46	24	4390	4670				1,50	65	65		
<b>ID.TunçbllPk A.Ocak</b>														
-Orjinal öz.	16	33	27	19	2640	2860	0,6	1,3	1,9					
-Yıkama/a giren	16	30	27	19	2640	2860	0,6	1,3	1,9					
-Yıkamaş çıkan	17	19	32	32	4460	4770	0,7	1,3	2,6	1,45	47	66		
<b>II.Tunçblllek K.Ocak</b>														
-Orjinal DZ.	11	4a	26	15	2160	235D	0,5	1,5	2,0					
-Yıkama/a giren	11	46	26	15	2160	2350	0,5	1,5	2,0					
-Yıkamaş çıkan	9	19	31	42	4300	46D0	0,7	1,4	2,1	1,50	34	70		
<b>12.Soma-Evne;</b>														
-Orjinal h.	13	25	30	32	3650	4100	0,7	0,4	1,1					
-Yıkama/a giren	13	25	30	32	3650	4100	0,7	0,4	1,1					
-Yıkamaş çıkan	13	10	3	4n	520"	550D			0,a	1,70	79	74		

+ G,10 yoğunluk dağılım eğrisi, herhangi bir yoğunluğun G,10 birim alt ve 0,10 birim üstündeki yoğunlukları arasında bulunan toplam kömürün ağırlık yüzdesini verir. Kömürün yıkanabileceği en düşük yoğunluk bu eğriyle belirlenir. Buna göre + D,1G yoğunlukta bulunan madde miktarıyla kömürlerin yıkanmasındaki zorluk derecesi saptanır. Ayırma yoğunluğuna yakın madde miktarı arttıkça kömürün temizlenmesi zorlaşır. Bu kritere göre + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisinde %1D madde miktarına karşı gelen yoğunluk bir tesisin çalışabileceği en düşük yoğunluk değerini göstermektedir. Çizelge 2 de ayırma yoğunluğuna yakın madde oranına göre ayırma güçlük dereceleri verilmektedir. (3)

Çizelge 2: + 0,10 YOĞUNLUK SINIRLARI İÇİNDEKİ YÜZDE AĞIRLIK MİKTARLARINA GÖRE AYIRIM KRİTER TABLOSU

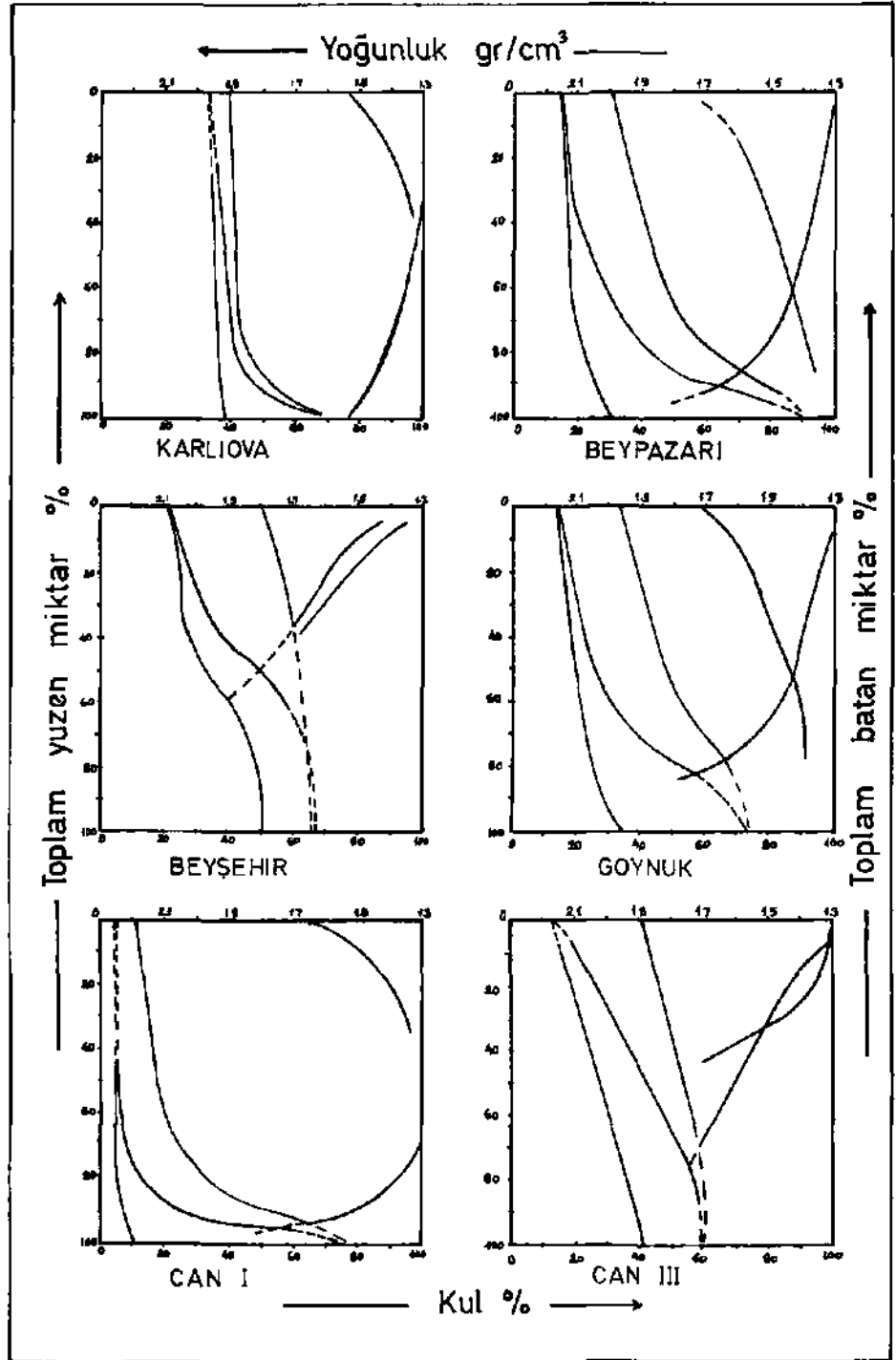
+ 0,10 Yoğunluk Dağılım Değerleri (%)	Ayırım Olasılığı
0-7	Kalay
7-1G	Orta
10-15	Zor
15-20	Çok zor
20-25	Son derece zor
25	Mümkün değil

### 3. YIKANABİLİRLİK BULGULARI

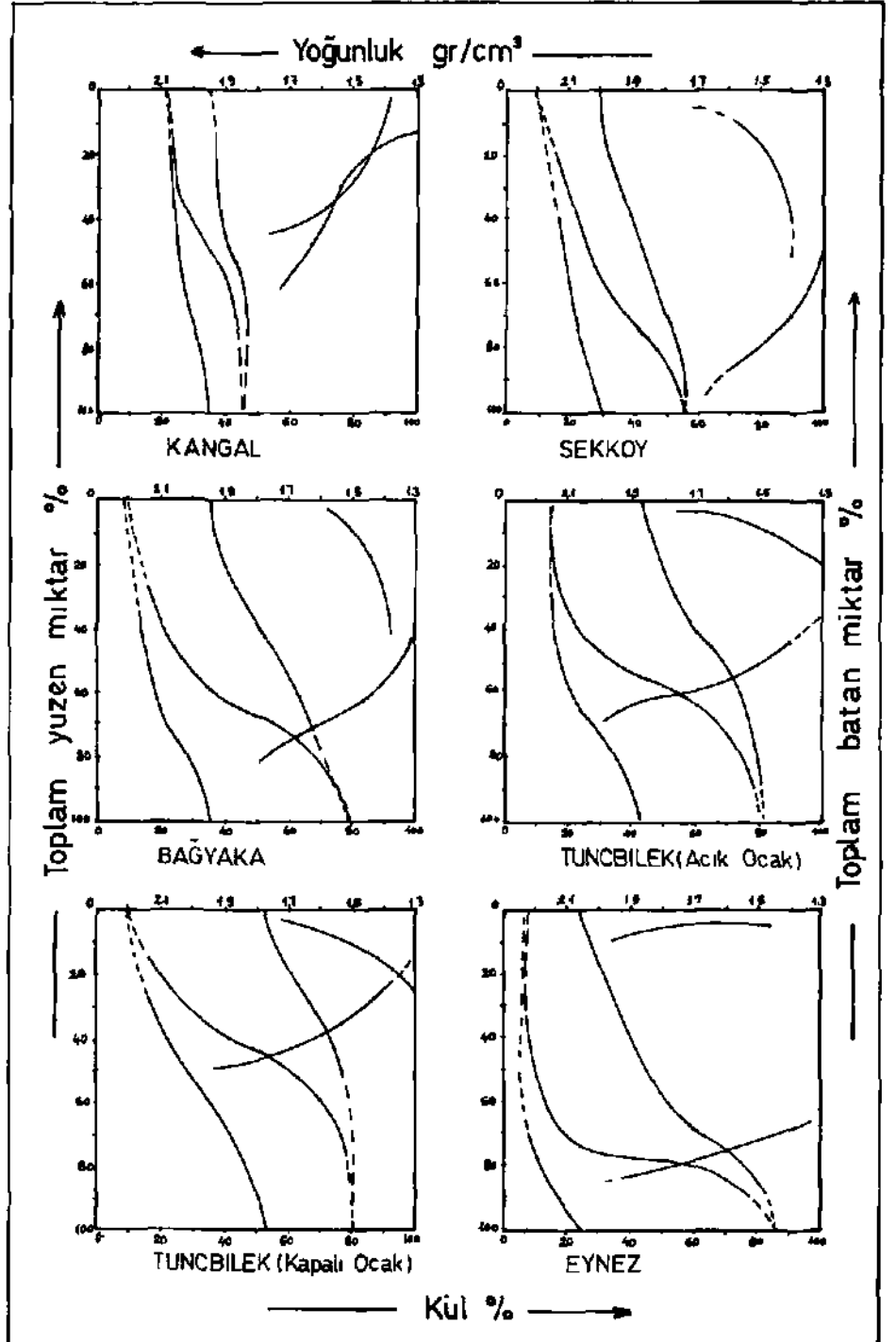
Belirtilen linyit sahalarına ait yıkama eğrileri çizilerek Şekil 1 ve Şekil 2 de verilmiştir. Yıkama eğrilerinin çıkarıldığı yüzde-batma deney sonuçları tebliğde ayrıca yer verilmemiştir (2). Bu tebliğde esas olarak bu verilere göre değerlendirme yapılmasına ve bir netice çıkarılmasına çalışılmıştır.

Çalışılan linyit sahalarının yıkama eğrilerine göre optimum yıkanabilirlik şartlarının bir incelemesi de Çizelge 1 de verilmiştir. Bu çizelgede + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisine göre minimum çalışılacak yoğunluk değeri olan %1D madde dağılım miktarına karşılık gelen yoğunluklardaki yıkama durumu dikkate alınmıştır. Ancak bu yoğunlukların üstünde olan alternatif yıkama durumları da yoğunluk eğrisine göre seçilebilir. Çizelgede belirtilen optimum şartlar aynı zamanda ayırma olasılığına esasa değerler olduğundan kritik değerleri göstermektedir- Bu optimum şartlarda yıkama özelliği verilirken yıkamaya giren tuvenan ve çıkan temiz kömür numunelerdeki kimyasal özellikler DF açıklanmaktadır. Ancak yıkamaya giren ve çıkan numunelerdeki nem yüzdesi havada kuru değere indirgenmiştir. Bunun nedeni, sadece kül yüzdesindeki değişimi göstermek içindir. Yıkamış kömürdeki su ve kül değerleri haricindeki diğer analiz değerleri bir kıyaslama yapma amacıyla hesapla bulunmuştur. Ayrıca çalışılan numune ile karşılaştırma yapmak üzere orjinal bazda saha ortalama değerleri de bulunmaktadır.

Şekil-1 Yıkama Eğrileri



Şekil-2 Yıkama Eğrileri



+ 0,10 Yoğunluk dağılım kriterine göre yıkanabilirlik çalışması yapılan 12 linyit sahasının zor yıkanabilirlikten kolaya doğru bir incelemesinde çizelge 3 de düzenlenmiştir.

Çizelge 3: + 0,10 YOĞUNLUK DAĞILIM KRİTERİNE GÖRE LİNYİT SAHALARININ YIKANABİLİRLİK DURUMU

SAHA ADI	+ 0,10 YOĞUNLUK DAĞILIM DEĞERİ	AYIRMA OLASILIK
1 Hingöl-Karlıova	22,16	Mümkün değil
2 Beypazarı-A Sektörü	17,82	Çok zor
3 Konya-Beyşehir	18,82	Çok zor
k Bolu-Göynük	11,73	Zor
5 Çanakkale Çan-I	7,86	Orta
6 Çanakkale-Çan-III	25,09	Mümkün değil
7. Sivas-Kangal	7,71	Orta
8 Muğla-Sekkü	a, Sit	Orta
9 Muğla-Bağyaka	6,53	Orta
10. Tunçbilek-Açık ocak	5,70	Kolay
11. Tunçbilek-Kapalı ocak	6,60	Kolay
12. Soma Eyz	5,50	Kolay

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Saha bazında linyitlerimizi, yıkanabilirlik eğrileri ve + 0,10 yoğunluk dağılım kriteri sınıflandırmasına göre değerlendirdiğimizde aşağıdaki sonuçlar ifade edilebilmektedir.

- 4.1. Bingöl Karlıova linyitinde külün bünye külü halinde olup, çnk ince dağılması nedeni ile yıkamayla kül miktarının düşürülemediği mevcut yöntemlerle yıkamanın mümkün olmadığı görülmektedir.
- 4.2. Konya-Beyşehir linyitinde külün bünye külü niteliğinde olması ile %10 randımanla temiz kömür eldesi ve atığın külünün çok yüksek olmaması nedeni ile yıkanabilirlik özelliğinin çok zor olduğu bulunmuştur. Beyşehir linyiti pratik olarak yıkanamamaktadır.
- 4.3, Beypazarı A sektörü ve Bolu-Göynük linyitlerinde sırasıyla %90 ve %77 randımanla yıkanması durumunda orjinal kömür külünün çok fazla düşürülemediği görülmektedir-Esasen her iki kömür de zor yıkanabilen kömür niteliğindedir. Beypazarı linyitinin yüksek kükürt içirmesi. Göynük linyitinin iki farklı ürün elde edilecek miktarda rezerve sahip almaması nedeni ile kömür ve mikst amaçlı bir yıkamada yapılamamaktadır.
- k k. Farklı özelliğe sahip iki sahasıyla Çanakkale-Çan I ve III linyitlerinden Çan I linyiti orjinal halde yüksek ısıl değerli ve kükürtlü olması nedeni ile hava kirliliği olmayan yerlerde doğrudan kullanılmaktadır. Çan I linyiti %80 randımanla kül miktarı çok az düşürüldüğünden yıkama elverişli olmamaktadır. Kül ve kükürt kömür irine dağılmış durumdadır. Çan III linyitinde kül yıkamayla düşürülmekle beraber yıkama randımanının %16 olması ile ekonomik bir ürün eldesi yapılamamaktadır. Ayrıca yıkanabilirlik durumunda zar yıkanan linyit sınıfındadır.
- k 5, Sivas-Kangal linyiti orta derecede yıkanabilen bir kömürdür. %15 randımanla %23 küllü kaliteli bir ürün elde edilebilmektedir-Yıkama randımanının düşük olması nedeni ile ekonomik olabilmesi halinde %37 kuru kül içeren atığın termik santralde ve yıkanmış ince temiz kömüründe ya katkısız briketlenerek ısınmaya veya doğrudan sanayiyeverilmesi mümkün görülmektedir. Kömür külü

büyük oranda bünye külü clup, yıkama çalışmaları ince kömür üzerinde yapılmış ve serbestleşme yaratılmıştır. Netice olarak, Kangal linyiti ile ileri araştırma yapılması gerekmektedir. Zira katkısız briketlemede, bu kömürle olumlu netice vermektedir.

Muğla Bölgesi SEKKÖY VE BAĞYAKA linyitleri Drta derecede yıkanabilen kömürlerdir. Bölgede mevcut termik santrallerden SEKKÖY linyitine dayalı 2x210 Mw güçlü termik santrale 17ÜG Kcal/Kg ısı değerli olarak yılda 3.8SD.DÜD ton, BAĞYAKA linyitine dayalı 1x210 Mw güçlü termik santrale 20Q0 Kcal/Kg. ısı değerli olarak yılda 1.75Ü.GDG ton kömür tüketimi olmaktadır. Mevcut termik santrallerin ihtiyacını karşılayarak ve rezerv miktarında dikkate alınarak özellikle SEKKÖY linyitinin iki ürün amaçlı bir lavvar tesisi planlanmaktadır. amacılı ileri etüdler yapılmalıdır. Alternatif olarak üretilecek kömürün, parça ürününe dayalı bir lavvar tesisi planlanması, toz kömüründe doğrudan termik santrale verilmesi pratik bir uygulama olarak kabul edilebilir. Yapılan çalışmada ortalama %1D rutubet ve %20 kül ile 4DG0 Kcal/Kg ısı değerli yıkanmış kömürü SEKKÖY'de %Ö5, BAĞYAKA da %65 randımanla elde edilmesi mümkün görülmüştür. Ancak atığın külleri sırasıyla %53 ve %65 olup, çuk yüksek olmamaktadır. Bölgede dikkat edilecek diğer husus linyitlerdeki yüksek kükürt miktarının etkisidir.

k.7. Tunçbilek bölgesi linyiti kolay yıkanabilen bir karaktere sahiptir. Mevcut lavvar tesisinin eski olması ve üretilen tüm kömürü işleyemeyecek kapasitede olması nedeniyle kapasitenin artırılması ve iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Alternatif olarak, Tunçbilek Linyitinin iki ürün amaçlı bir lavvarda yıkanması daha optimum çözüm görünmektedir. Çünkü bölgede 2x150 Mw gücünde 21ÜG Kcal/Kg. ısı değerli yılda 1 950.DQ0 ton kömür tüketen termik santral mevcuttur. Ayrıca üretimin büyük aranda kapalı ocağa ait almasında kömürün temizlenmesini şart tutmaktadır. Üretim sırasında karışan yan kayaçlar fazla olmaktadır. Burada da alternatif olarak sadece parça kömür yıkayan bir lavvar planlaması düşünülebilir. Yıkama randımanının Açık Dcakta %U7, Kapalı Dcakta %3k olması nedeniyle düşük olup, atığın termik santralde değerlendirilmesi ve sadece parça kömür yıkamasına geçilmesi faydalı görünmektedir.

4.8. Soma-Eynez linyiti Ülkemizde en kolay yıkanabilen kükürt oranı düşük ve yüksek rezervi olan kömürümüzdür. Ancak yeraltı üretimi gerektiğinden yan kayaç karışımında yüksek almaktadır. Bölgede eski ve küçük kapasiteli bir lavvar tesisi olmakla beraber Eynez linyitine dayalı değildir. Ülkemiz kaliteli linyit ihtiyacı özellikle Hava Kirliliği olan illerimizde alternatif yakıt ihtiyacı, Eynez linyitinin üretim artışı ve yıkanarak yüksek kaliteli ve standart yakıt olarak pazarlanmasıyla çözülebileceği görülmektedir. Yıkandığında ortalama %1D küllü, %Q,4 yanar kükürtlü 52G0 Kcal/Kg. ısı değerli bir linyiti %79 randımanla Eynez Linyitine dayalı olarak üretimi mümkün bulunmuştur. Ayrıca atığın kül ot'arı yüksek olup, %7k dür. Konu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir.

Yukarıda netice elde edebileceğimiz linyit sahalarımızın yıkanabilirlik yönünden genel bir incelemesi verilmiştir. Bundan sonra yapılabilecek çalışmalara ışık tutulmuştur. Ancak ileri etüdler sonunda nihai çözümler alabilecektir.



## 5. LİNYİT YIKAMASINDA UYGULANAN TEKNOLOJİK YÖNTEMLER

Kömürler fiziksel özellikleri, damarların yapısı ve üretim metnduna bağlı olarak farklı boyut ve safsızlıklara sahiptirler. Ancak tüketim sektörlerinin talebine uygun olarak kömürlerin belirli ısı değer ve parça büyüklüğüne getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, kömür teknolojisi içinde kömür hazırlama, yıkama, briketleme, kurutma ve karbonizasyon işlemleri kömürün yapısı ve karakteristiğine bağlı olarak uygulanır. Bu çalışmada linyitlerimizin yıkanabilirliği incelenmekle beraber yıkanabilirliğe ve kullanım amacına göre yıkama yöntemleride genel olarak araştırılmıştır. Yıkanabilen linyitlere uygun belirlenecek yıkama teknolojilerinde amaç, linyitlerden kül ve rutubeti uzaklaştırarak ısı değeri yükseltmek kükürdü uzaklaştırarak çevre kirliliği ve korozyonu önlemek ve tüketime uygun parça büyüklüğünde standart tip kaliteli linyit üretmektedir. Genel olarak kömür yıkama ve zenginleştirme yöntemlerinin bir değerlendirmesi aşağıda verilmiştir. (13,1<sup>^</sup>,15)

### 5.1. El Ayıklaması ile Zenginleştirme Yöntemi.

Madenciliğin ilk başlangıcından beri kullanılan ve en eski cevher hazırlama yöntemi olarak bilinen elle ayıklama yöntemi kriblaj tesisleri halinde uygulanmaktadır. Bazen nihai zenginleştirme yöntemi olarak bazende zenginleştirme tesisleri öncesinde parça kömürün temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Linyit üretimi sırasında, linyit damarlarının taban ve tavan kayaları ile birlikte yantaş olarak dağılabilen kum, kil gibi malzemelerde kömür içine karışabilmektedir. Bu yöntemde genellikle 4G cm.nin altına kırılan tüvenan kömürde sadece parça halinde çok büyük kayalar elle ayıklanarak temizlenebilmektedir. İnce kömürde bulunan yabancı malzemeler ayrılamamaktadır. Ayrıca tesis verimi insan faktörüne bağlı olduğundan düşük olmaktadır.

### 5 2. Jig ile Yıkama Yöntemi

Kömür yıkama teknolojilerinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemlerden suyun püfsasyon hareketi ile kömür yoğunluğuna göre tabakalaşma oluşturulur. Baum jig ve Batac tipi jigler en çok bilinen gruplarıdır. Jiglerde su hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Suyun hareketi ile kömür ve kömürle beraber olan safsızlıklar yoğunluklarına göre farklı tabakalar teşkil edilir. Tabakalaşma sonucunda dibе çöken yüksek küllü atıklar otomatik olarak jig teknesine alınır ve buradan elevatörlerle üniteden atılırlar. Yüzen kısımda bulunan temiz kömür ise su ile taşarak alınır.

Basınçlı hava, Baum jiginde jig eleği yanındaki hava odasından verilirken, Batac jiginde elek altına yerleştirilen hava odalarından sağlanır. Geliştirilmiş tiplerde aynı jigten birden fazla bölümden farklı ürünler almak mümkündür.

Jig yöntemi, ince ve parça kömüre ayrı ayrı olmak üzere B,5-2B0 mm. ebadlı her boyutlu kömürün yıkanarak zenginleştirilmesinde uygulanmaktadır.

### 53. Ağır Drtam Tamburu ile Yıkama Yöntemi

Kullanılan bu yöntemde, yoğunluğu temiz kömürde istenilen kül yüzdesine göre ayarlanmış ortamda yoğunluk farkına göre kömürün yüzmesi ve şistin batması sağlanarak zenginleştirme yapılır. Ağır ortam sıvısının hazırlanmasında genellikle temizleme ve yeniden kazanabilme

kolaylığı nedeniyle manyetit süspansiyonu tercih edilir.

Kömür ve ağır ortam sıvısı, ağır ortam ünitesine devamlı olarak beslenir. Yüzen kısım (lave) taşma yoluyla, batan kısım (mikst ve şist) ünite dibinden alınarak, birlikte gelen ağır ortam sıvısının ayrılması için ayrı ayrı süzme eleklerine verilir. Elek altına geçen ağır ortam sıvısı yeniden kullanılmak üzere tambura dönerken elek üstü yıkanmış kömürde tasnif eleklerine gönderilir. Tasnif eleklerinde süzülen kirli ağır ortam sıvısı temizlenip yoğunluğu ayarlandıktan sonra tambura beslenir.

Daha pahalı ancak daha hassas ayırmayı sağlayan ağır ortam tamburunda 1D-2DD mm. ebatlı parça kömürler yıkanabilmektedir.

#### 5 U. Ağır Ortam Siklonları ile Yıkama Yöntemi

Ağır ortam tamburlarının parça kömüre uygulandığı proseslerde genel olarak küçük tane boyutlu kömürlerin yıkanmasında ağır ortam siklonları kullanılır. Bu yöntemde, ayırma yoğunluğuna ayarlanan sıvı içinde kömürün merkezkaç kuvvet altında daha verimli yıkanabilmesi mümkündür. Siklonun üstünden daha hafif olan kömür alınırken altından şist veya mikst kısım elde edilir. Ağır ortam siklonları tek kademeli olduğu gibi daha temiz ürün almak veya birkaç ürün elde etmek (mikst) amacıyla çok kademeli olarakta uygulanabilmektedir. İnce kömürlerin yıkanmasında jig yönteminin geliştirilmesi ile daha pratik ve kalay olması nedeniyle bu yöntem tercih edilmektedir.

Ağır ortam siklonlarında **0,5-ZD** mm ebadlı ince kömürler yıkanabilmektedir.

#### 5 5. Su Siklonları ile Yıkama Yöntemi

Bu yöntem son zamanlarda geliştirilerek ağır ortam siklonlarının yerine uygulanmasına çalışılmaktadır. Su siklonlarında ağır ortam sıvısı yerine su kullanılmaktadır. Ayırma verimini arttırmak amacıyla uygun dizayn değişiklikleri yapılmıştır. Genellikle Siklonun alt konik bölümü daha geniş açılı tutulur ve kömürün yukarıdan temiz alınması için heslenen malzemeyle karışmaması amacıyla bir iç silindirik çeper ilave edilir.

D,5-2Dmm ebadlı kömürlerin yıkanabildiği su siklonlarında küçük çapta olanlarında daha iyi netice alınabilmektedir.

Elde edilecek temiz kömürün giren kömüre oranı az ise tek kademeli bir su siklonu yeterli almaktadır. Ancak ürün oranı fazla ise bu defa iki veya çok kademeli su siklonları kullanılabilir. Bununla birlikte ilk yıkama işleminde su siklonu kullanılarak, 2 aşamada ağır ortam siklonunda batan ürünün yıkanmasıyla ince kömürlerin daha verimli ve ekonomik yıkanması söz konusudur.

#### 5 6. Sarsıntılı Masalar ile Yıkama yöntemi

Kömür yıkama yöntemlerinden en eski olanıdır. İnce kömür yıkamasını sağlayan bu yöntem, sarsıntılı masalar üzerinde yoğunluk farkına göre kömür ve safsizliklerin akışkan bir ortamda tabakalaşma esasına dayanır. Parça büyüklüğüne ve yoğunluğuna göre ürünler farklı kuşaklardan alınır. Çok hassas olmayan bu yıkama yöntemi Ü,5-1Q mm ebatlı ince kömürün yıkanmasında kullanılır.

#### **b, 7. Sabit Dluklar ile Yıkama Yöntemi**

Yaygın olmamakla beraber bu yöntemde, duz veya dairesel oluklarda ince kömürün yoğunluk farkına ve merkezkaç kuvvet etkisine göre yıkanması saz konusudur.

#### **5 S. Flotasyon ile Yıkama Yöntemi**

Toz kömür olarak adlandırılan D-D,5 mm ebadlı kömürlerin yıkanmasında uygulanan bir yöntemdir. Genellikle köpük flotasyonu sistemi tercih edilir. Ru yöntemde, kömür taneleri pülp içinde oluşturulan hava kabarcıkları içinde flotasyon teknelerinden taşma suretiyle alınırlar. İstenen ayırma ulaşmak için çok sayıda batarya ve reaktif gerektiğinden pahalı ve işletmesi znr bir yöntemdir. Bu yöntem daha çok değerli mineraller için uygulanmaktadır.

#### **5 9. Toz Kömür Kazanım ve Arıtma Yöntemi**

D-D.5 mm. ebatlı toz kömür, miktar olarak çok fazla olmadığı veya doğrudan termik santrallarda olduğu gibi kullanılabilmesi durumunda uygulanan bir yöntemdir. Çevre kirliliğini önlemek üzere gerekli olan bu yöntemde, toz kömür geri kazanılır.

Burada, yıkama ünitelerinden gelen su içinde bulunan toz kömürler (slam), şlam tankında toplanır ve dibe çöken şlam elevatörlerle alınarak taz kömür siklonuna verilir. Siklon üst ürünü şlam tankına geri gönderilirken alt ürün G,35 mm'ye elendikten sonra elek altı arıtma ünitesine elek üstüde kurutularak kullanılmak üzere genellikle termik santrallara sevk edilir.

Arıtma ünitesine ise ya çökeltme havuzlarında yada siklonlar yoluyla geri kazanım yapılarak temiz suyun tesiste yeniden kullanımı mümkündür.

#### **6. LİNYİT YIKAMA PROSESİNİN TESPİTİNDE GEREKLİ HUSUSLAR**

Genel olarak cevher zenginleştirme amacıyla kurulan yıkama tesislerinde istenilen en iyi katlitede konsantrenin maksimum miktarda üretilmesi arzu edilir. Eğer cevherin kendisi çak değerli ve ayırma olasılığı kolay yıkanabilir özellikte ise en iyi kalitede konsantrenin üretilmesi ve atığın cevher içermemesi istenir. Ancak, linyitlerimizin yıkama eğrileri incelendiğinde Soma-Eynez ve Tunçbilek linyitleri dışındaki linyitlerimizin orta, zar, çok zor hatta yıkanamaz nitelikte olduğu görülmektedir. Bu durumda gelişmiş yıkama üniteleri seçilse dahi atığa kömür kaçacağı olacak ve elde edilecek temiz kömürde çok kaliteli olmayacaktır.

Diğer taraftan bir lavvar tesisinin ekonomik olarak kurulabilmesi için 2-3 milyon tan/yıl gibi minimum girdi kapasitesine ihtiyaç vardır. Bu kapasitede üretim yapan linyit sahalarımız ise çalışmamızda yer alan ve genellikle termik santralların bulunduğu sahalardır. Bu sahalarda yeterli ısınma ve sanayi sektörü talebinin bölgede alması halinde termik santralların ihtiyacı olan kalite ve miktarda kömürü ikinci ürün olarak üretebilecek ve temiz konsantreninde parça halindeki kısmının ısınmada, ince boyuttaki kısmında sanayide değerlendirilmesini verecek bir yıkama tesisinin kurulması yararlı olabilecektir. Dolayısı ile bu tip bir lavvar tesisinde şist şeklinde bir atık atılmayacağından orta derecede hatta zor yıkanabilen kömürlerde kaçak olmayacaktır. Burada, lavvar tesisi uygun ayırıcı ve standart ürün veren bir tesis

konumunda olacaktır. Ancak kolay yıkanabilen ve çok kaliteli konsantre veren linyitlerde ise klasik lavvar tesisi prosesi uygulanabilir.

Bu çalışmada gerek linyitlerimizin yıkanabilirliğinin incelenmesi gerekse yıkama yöntemlerinin incelenmesi yukarıda verilen görüş doğrultusunda ileri araştırma yapılmasına imkan sağlamak üzere ele alınmıştır. Ancak alternatif yaklaşım ve önerilerin burada izah edilen yaklaşımı dikkate alması yararlı olacaktır.

Linyitlere uygun seçilecek yıkama yöntemlerinde en iyi teknoloji seçimini teknik olarak belirlemek üzere tuvenan kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerini baz alarak aşağıdaki kriterlere göre bir karşılaştırmayı yapmak gerekmektedir. (14.16)

- 6 1. Temiz kömür verimi
- 5,2. Hatalı ve doğru ayrılmış malzemeler
- 6 3. kül hatası
- 6.4. Randıman hatası
- 6 5. Hata faktörü (Ep değeri)
- S.6. Hata alanı
- 6 7. Hassasiyet faktörü

#### **1 TÜRKİYEDE LİNYİT YIKAMA TESİSLERİ VE SDMA LAVAR TESİSİ**

Ülkemiz yıkanabilen linyitlerinden Soma-Merkez yeraltı linyitlerinin yıkandığı lavvar tesisi 1952 yılında, Tunçbilek açık ocak ve kapalı ocak linyitlerinin yıkandığı lavvar tesisi 1958 yılında kurulmuştur. Bunlardan Tunçbilek lavvar tesisi 1968 yılında tevsi edilmiştir. Halen eskiyen bu tesislerden Soma Lavvarı, rezerv miktarı azalan merkez ocak yeraltı linyitlerini %6E randımanla yıkayarak yılda 760.000 ton linyiti ortalama %35 külden %17-ZG küle yıkayarak 500.000 ton yıkanmış linyit üretmektedir. Tunçbilek lavvarı ise tuvenan üretimi giderek yüksek küllü yeraltı linyite dayalı olmak üzere halen yılda 1,3 milyon tonu yeraltından ve 1,9 milyon tonu açık ocaklardan sağlanan toplam 3.20D.000 ten linyiti %46 randımanla ortalama %37-4B külden 9619-Z2 küle yıkayarak 1.500.000 ton yıkanmış linyit üretmektedir (17).

Üretilen yıkanmış kömürler esas olarak ısınma ve sanayi ihtiyacı için tüketilmekle beraber ortalama 35D0 hcal/hg ısı değerli ince boyutlu yıkanmış kömürlerden Soma da 150.C00 ton ve Tunçbilekte 490.000 ton linyit toplam 149 MU gücünde termik santrallarda kullanılmaktadır. Ancak ülke ekonomisi yönünden elektrik ihtiyacının yeterli karşılanması ve sanayide linyitin daha verimli kullanılabilmesi nedeniyle eski termik santralların devre dışı kalması ile ince lave linyitlerin sanayide tüketilmesi faydalı görülmektedir.

Diğer taraftan uygulanan proses işlemleri her iki lavvarda kısaca şöyledir.

Tunçbilek lavvar tesisi tuvenan linyiti önce 0-150 mm ebata getirerek bunun 18-150 mm ebatlı parça kömürünü toplam 400 ton/saat kapasiteli iki adet ağır ortam tamburundan (2x200), 0-18 mm ebatlı ince kömürünü ise toplam 300 ton/saat kapasiteli iki adet ağır ortam siklonunda (2x75) ve bir adet jıg de (1x150) yıkamaktadır. Buna göre giren linyitin %55'i iri kömür, %45'i ince kömür olarak işlem görmektedir.

Soma Lavvar tesisi, linyiti G-1G0 mm ebatlı Dİarak yıkamaktadır. +100 mm.lik tuvenan linyit doğrudan satışa giderken lavvara giren linyit 0-18 mm ince ve 18-100 mm parça ebatlı olmak üzere iki ayrı jig sisteminde yıkanır. 59 ton/saat kapasiteli olan ue 1B-1QD mm parça kömürü yıkayan jİg'den alınan ara ürün (mikst) k tan/saat kapasiteli kırıcıda kırılarak serbestleştirilir ve ince yıkayan jig'de tekrar yıkanır. 0-18 mm ebatlı ince kömürü ve kırılmış miksti yıkayan jig'in kapasitesi ise 67 ton/saat'tir. Parça kömür yıkama jig'inden alınan 18-10G mm temiz kömür satış silosuna, ince kömür yıkama jiginden alınan temiz kömür ise 0-10 mm, 10-18 mm ve +18 mm ebatlarına ayrılarak, 10-18 mm ve +18 mm ebatlı olan yıkanmış kömürlerde satış silosuna gönderilir. D-1D mm lik ince yıkama ürünü ise setin tankına beslenir. Bir konveyör vasıtasıyla süspansiyon halde bulunan setin tankında yüzen killi kısım tikner havuzuna verilir. Çöken D-1G mm ebatlı kömürlü kısım bir tulumba vasıtasıyla alınarak 0,5 mm delik çaplı şlam eleğinden geçirilerek 0,5-10 mm ebatlı ürün 50 tan/saat kapasiteli kurutucularda kurutularak satış silosuna gönderilir. Elek altı tekrar setin tanka beslenir. Tikner havuzunda süspansiyon ortam yardımıyla yüzdürülen killi kısım hir tulumba vasıtasıyla sahadaki kirli su havuzlarına, çöken kısımda bir tulumba ile alınarak sahadaki şlam havuzlarında çöktürülür. Havuzlardan taşan su Hakırçayına verilmektedir. Tesisten atılan taş ve şist 300 ton'luk silolarına ve ardındanda havai hat ile orta harman yerine ve kamyonlarla şist harman yerine gönderilmektedir. Soma Merke2 lavvarına ait akım şeması Şekil 3 de verilmektedir (18).

#### **A. SGM A EYNEZ LAUUAR TESİSİ ÇALIŞMALARI**

Türkiye'de özellikle hava kirliliğİ sorunu olan başta Ankara ili olmak üzere toplam 2B ilde kaliteli yakıt ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca sanayininde kaliteli ince kömüre ihtiyacı vardır. Har iki sektörün yarattığı hava kirliliğİ önlemek üzere diğer alternatif enerji kaynakları yanısıra her zaman için talebi olacak düşük kükürtlü ve yüksek ısıl değerli katı yakıt ihtiyacınında karşılanması gerekmektedir. Yakma sistemlerinin kömüre dayalı olarak geliştirilmesi, doğal gazın heryere ve her birisine ulaşmadaki zorluğu, elektrik, ithal kömür kullanımının pahalı ve temininin zararlı olması nedeniyle artan nüfus ve sanayi talebinin karşılanması için uygun katı yakıt geliştirme zorunluğ u vardır.

Bu çalışmada açıklanan Türkiye linyitlerinin yıkanabilirliğİ sonuçları ile linyit rezerv ve üretim programları dikkate alındığında Soma-Eynez linyitleri kaliteli yakıt temininde uygun bir kaynak olma durumundadır.

Halen Eynez havzasında devam eden rezerv tespit çalışmalarında bilinen ilk tespitlere göre, KM2 (Ana damar) alarak adlandırılan ve yeraltı işletme sistemiyle alınabilecek kaliteli ve kalın kömür damarının, 125 milyon tonu görünür olmak üzere toplam 156 milyon ton rezervi bulunduğu, ancak bu rezervin etüdüler sonucunda 280 milyon ton'a çıkabileceğİ ifade edilmektedir. Halen havzada 70G.0D0 ton/yıl planlanan üretim prajesinin tevsi ve havza madenciliğİ esasına göre yıllık üretimin arttırılması ile kaliteli kömür temini mümkün olabilecektir. Belirlenen ilk rezerv miktarının kalitesi ise ortalama 2900-3300 Hcal/hg ısı değerli, % 15-17 rutubetli ve %3u-35 küllü bir tuvenan üretimin yapılmasını verebileceğİ öngörülmektedir. Yeraltı üretiminde %50-6Q oranında bir ufalanma ve yan kayac karışımının olması nedeniyle standart boyutta ve taş, şist atılması ile yüksek kaliteli bir katı yakıtın üretimi zorunlu olmaktadır.

Yıkabilirtik çalışmasında daha önce yapılan açıklamamızda belirtildiği üzere yıkama eğrisi yerilen ve kolay yıkabilir karakterde alan Eynez linyiti ile yapılan yüzme-batma deneylerinde %25 küllü ve D-5D mm ebatlı örnek üzerinde, 1,7(1 yzdzürme yoğunluğunda %\*?3 randımanla 5ÉD küllü yıkanmış kömür üretebilmektedir. Bayie bir yıkama ile ısı değer 385G Kcal/kg'dan 52DD'e çıkarılabilecektir. Ancak %3D-35 küle sahip kömür beslemesi halinde kömür yıkama gerekliliği tiaha da açık almaktadır.

Diğer taraftan Eynez linyitine dayalı bir lavvar tesisi kurulması halinde elde edilecek yıkanmış kömürün şehirlerin ısınmadan dolayı oluşan hava kirliliğini azaltacak etkileride yapılan bir çalışmayla ortaya konmuştur. Mevcut Eynez Linyit üretiminden krible +30 mm. ebatlı parça kömürün kimyasal analizinde %16 kul, %12 nem ile ttSDD Kcal/kg ısı değerli ve %D,h yanar kükürt içerdiği ve bu haliyle saba ve kaloriferde yakma testinde duman ve kükürt gazları yönünden alternatif yakıtlara göre verimli ve avantajlı olduğu bulunmuştur. Üstten yakmalı, kovalı sobalarda ve yarım silindirik kalorifer kazanda yakma testinde Eynez kömürü kükürt emisyonu Tunçbilek yıkanmış kömürüne göre 1A oranında daha az almaktadır. Esasen arjinal bazda kükürt içeriği en az olan yakıtlardandır. Ayrıca tutuşma sıcaklığının düşük ve yanma sonucunda külünde curuflaşma almaması nedeniyle yanma verimi sabada %71-7\*t ve kaloriferde % 68-71 olarak oldukça yüksek bulunmuştur.

Eynez linyitinin parça kısmının ısınmada ve toz kısmının sanayide kullanımı halinde hava kirliliğini azaltacak alternatif bir' yakıt üretimi yapılmış alacaktır. Bu nedenle uygun bir proses seçimi ile bir yıkama tesisinin Eynezde kurulması büyük yararlar sağlayacaktır.



## KAYNAKLAR

1. Akalın, M, Kömür Teknolojisinde AR-GE Çalışmaları ve Ulusal-Uluslararası İşbirliği, Türkiye 4. Enerji Kongresi, İzmir,1986, S.47.
2. Akalın, M., Öz,Z., Türkiye Linyitlerinin Yıkabilirlikleri Hakkında Araştırma ve Değerlendirme Raporu, TKİ Kurumu, Ankara, 1987 .
3. Özbayoğlu,G., Çelebi, \*J., Çayırhan linyitlerinin Temizlenme Olanaklarının incelenmesi, Madencilik Dergisi, Ankara, 1984, Cilt XXIII -
4. Doğan,H., Şahin ,<, Ünlü,M., Bolu Göynük linyiti Yıkabilirlik ve Bitümlü şistlerden Bitümce Zengin Konsantre Elde etme çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1986-
5. Yücel,F. M., Saraçoğulları M-, Sivas Kangal Linyitlerinin Briketlenerek Değerlendirilmesi, MTA Gn.Md, Ankara, 1984 .
6. Yücel, F.M., Saraçoğulları , M. , Bingöl Karlıova Linyitinin Ev Yakıtı olarak Değerlendirilmesi. MTA Gn.Md., Ankara ,1984.
7. Doğan, h., Şahin, -J., Unlu, M., Muğla Bağyaka ve Milas-Sekköy Linyitlerini Yıkama çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1986 .
8. Aksoy , S., Doğan , H-, Şahin, -J., Beypazarı linyitlerinin fiziksel Yöntemlerle Külünden Arındırılması çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1984 .
9. Saraçoğulları , M., Beyşehir, Iğın ve Ermenek Kömürlerinin Bağlayıcısız Briketlenmesi ve Yanma Özelliklerinin incelenmesi, MTA Gn.Md.Ankara, 1986.
10. Yücel, F.M., Saraçoğulları, M., Maraş Elbistan Linyitinin Ev Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, MTA Gn.Md., Ankara, 1985.
11. Aksoy ,S., Bektimuroğlu, O., Doğan, H-, Özden, Ü., Parmaksızoğlu, A., Çan Linyitlerinin Kül ve Kükürtten Fiziksel Yöntemlerle Arındırılması, MTA Gn.Md. Ankara, 1981.
12. Kemal,M., Efes,Z., Özden, U., Özer,İ., Avcı,M., UsumijA., Yücel, F.M., Şahin, S., Saraç, S., Saraçoğulları, M., Parmaksızoğlu, A., Çalışma Raporu, MTA Gn.Md., Ankara, 1980.
13. önal, G., Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, İstanbul, 1980.
14. Ateşok, G., Kömür Hazırlama, İstanbul, 1986.
15. önal, G., Kömür Hazırlama Teknolojisindeki Gelişmeler, Türkiye 3. Kömür Kogresi, Zonguldak, 1982., S.289 .
16. Yalçın, T., Kömür Yıkama Lawarlarında Proses Değerlendirme Yöntemleri, Türkiye 1.Kömür Kogresi Zonguldak, 1978, S.637.
17. Ermişoğlu, >I., Caguplugil,-J., öz, Z., GLİ Tunçbilek Bölgesi Lavvarına Verilen Kömürlerin Etüdü ve yeniden Değerlendirilmesi, Türkiye S.Kömür Kongresi, Zonguldak ,1986, S.463.
18. TKİ Kurumu, Teknolojik Araştırma Raporları Ankara, 1987.