

# Çayırhan Bölgesi Kömürlerinin Değerlendirilmesi

## Study of the Coal of the Çayırhan Region

Yalçın KAYTAZ (\*)

İhsan TOROĞLU (\*\*)

Adnan ALT AŞ (\*\*\*)

### ÖZET

Bu çalışmada, Çayırhan Bölgesi kömürlerinin yapısal özellikleri belirlenmiş, standart kömür analizleri ve boyut analizleri yapılmış ve boyuta göre kül ve kükürt dağılımları saptanmıştır. Daha sonra yas elemeyi izleyerek elle ayıklama, yüsdürme-batırma, Jig ve sarsıntılı masa ile zenginleştirme deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek en uygun akım şeması tesbit edilmiştir.

Çayırhan Bölgesi kömürlerine farklı zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması sonucunda; % 40 oranında % 20.50 kül içeren temiz bir kömür, % 29.4 oranında % 44.81 kül içeren araürün ve % 30.6 oranında % 75.85 kül içeren artık elde edilmektedir. Temiz kömür (5053 kcal/kg) ev yakıtı (teshin) ve sanayide kullanılabilir, araürün (3100 kcal/kg) termik santralde yakılabilir ve artık (850 kcal/kg) ise atılabilir nitelikler taşımaktadır.

### ABSTRACT

In this study, first the structural properties of coals from Çayırhan Region, then standard coal analyses and particle size analyses were carried out. According to particle size analyses, the ash and sulphur distribution of this coal was determined. After wet screening, hand-picking, float and sink, and shaking table experiments the results were evaluated and a suitable flowsheet was suggested.

By applying different beneficiation methods to Çayırhan coals; a clean coal assaying 20.50 % ash with a 40 % yield, a middling assaying 44.81 % ash with a 29.4 % yield, and a refuse assaying 75.85 % ash with a yield 30.6 % have been obtained. The clean coal (5053 kcal/kg) could be used in industry and at homes, whereas the middling (3100 kcal/kg) could be used in coal fired power plants. The refuse (850 kcal/kg) has no useful property.

(\*)Doç.Dr. I.T.O. Maden Fak., Âyazaga/İstanbul

(\*\*)Y.DocDr. H.tî. Zonguldak Müh. Fak. 67100 Zonguldak

(\*\*\*)Ârs.Gör. I.T.U. Maden Fak., Âyazaga/İstanbul

## 1.GİRİŞ

Deneysel çalışmalar, Çayırhan Bölgesi kömürlerdeki kü-kürt oluşumunun incelenmesi, çeşitli boyutlarda kül ve kü-kürt dağılımının tesbiti, değişik boyut gruplarında yüzdürme-batırma yapılarak kömür yıkama eğrilerinin çizilmesi, boyuta ve renk farkına göre ayırma ile zenginleştirme» yoğunluk farkına göre zenginleştirme hedefine yönelik olarak yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda, bölgeye ait tavan ve taban kömürlerinden alınan temsili numunelerin standart kömür analizleri, mineralojik analizler, elle ayıklama, yüzdürme-batırma, jig ve sarsıntılı masa ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Zenginleştirme deneylerinde ev yakıtı (teshin) veya sanayide kullanmaya uygun temiz bir kömür, termik santrale beslenecek özellikte bir ara ürün ve atılabilecek özellikte yüksek kül içeren bir artığın elde edilmesi hedeflenmiş ve sonuçlar değerlendirilerek en uygun proses tesbit edilmiştir.

## 2.DENEYLERE ESAS OLAN NUMUNELERİN ALINMASI

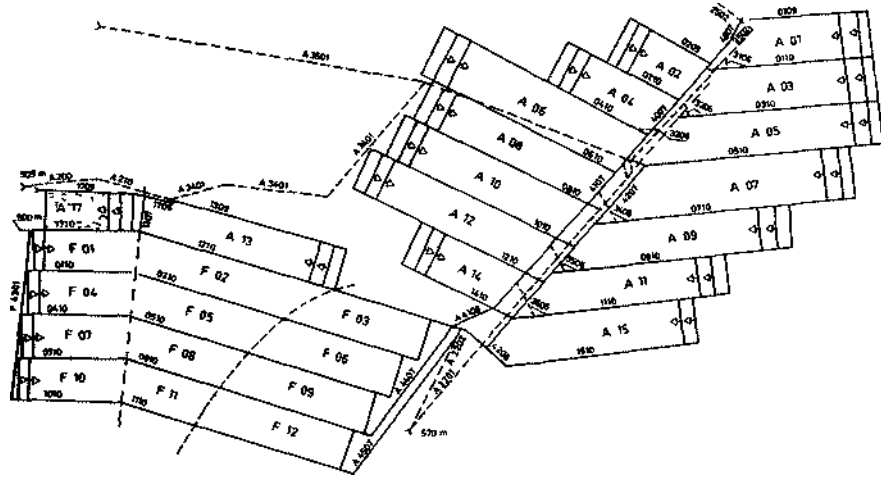
Numuneler Çayırhan bölgesinde üretim yapılan A-17 panosunun tavan ve taban damarlarından alınmıştır. A-17 panolarının tavan ve taban ayak boyları yaklaşık 200 metre olup, tavan damar kalınlığı ortalama 1.52 metre, taban damar kalınlığı ise ortalama 1.72 metredir (1). Şekil 1 'de üretim yapılan A sahasındaki pano ve ayakların planı verilmektedir.

## 3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tavan ve taban damarlarından alınan tuvenan kömür numunelerinin ayrı ayrı standart analizi yapılmış» kömürlerin mineralojik özellikleri saptanmış ve kömürün içerdiği kül ve kükürdün kaynağı araştırılmıştır. Daha sonra tavan ve taban damar tuvenan kömürlerinin ayrı ayrı yaş elek analizleri, boyuta göre kül ve kükürt dağılımları belirlenmiştir.

+100 mm boyut grubu iri kömürlere el ile ayıklama yöntemi uygulanmıştır. -100+0.5 mm boyut grubu kömürlerin yikanabilme özelliklerini saptamak amacıyla çeşitli boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar hesaben birleştirilmiştir. -10+0.5 mm. boyut grubu kömürün jig ve -0.5+0.1 mm boyut grubu kömürün ise sarsıntılı masa ile zenginleştirilebi İme olanakları araştırılmıştır.

Tavan ve taban damarlarından yapılan üretimlerin eşit olduğu varsayılarak, elle ayıklama, yüzdürme-batırma ve sarsıntılı masa deneylerinin sonuçları birleştirilerek değerlendirilmiş ve Çayırhan Bölgesi kömürler için en uygun proses akım şeması tesbit edilmiştir.



Sekil 1. I sahasındaki pano ve ayaklar ( 2 ).

### 3.1. Kömürlerin Kimyasal özellikleri

Tavan ve taban damarlarından alınan tuvenan kömür numunelerinin standart kömür analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

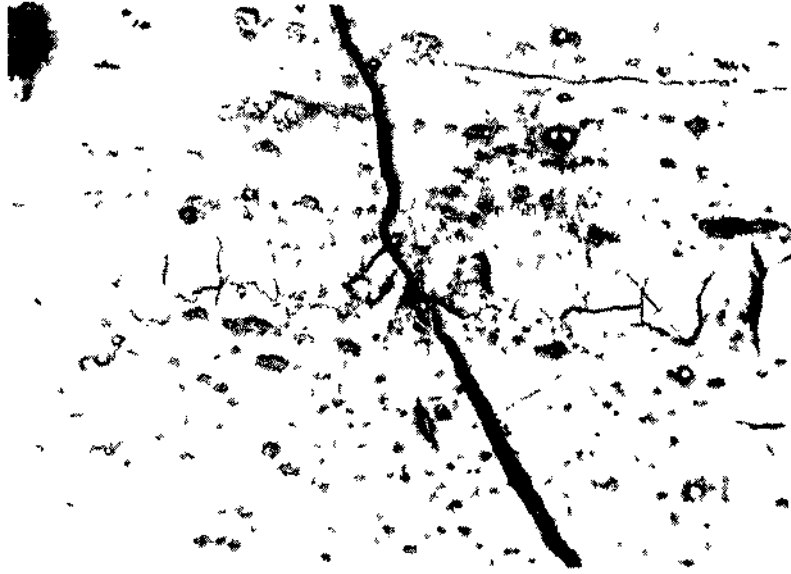
Çizelge 1. Çayırhan Kömürlerinin Standart Kömür Analizleri

ELEMEN	TAVAN DAMAR			TABAN DAMAR		
	Orjinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür	Orjinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem (%)	22.46	12.75	-	21.90	12.90	-
Kül (%)	33.68	37.89	43.43	36.04	40.19	46.14
Uçucu Madde (%)	25.20	28.36	32.51	24.76	27.61	31.70
Sabit Karbon (%)	18.66	21.00	24.06	17.30	19.30	22.16
Toplam Kükürt (%)	4.67	5.25	6.03	3.79	4.22	4.85
Alt Isıl Değpr.Kcal/kg	2274	2653	3152	2109	2439	2912
Üst Isıl Değsr.Kcal/lqg	2567	2888	3310	2398	2674	3070

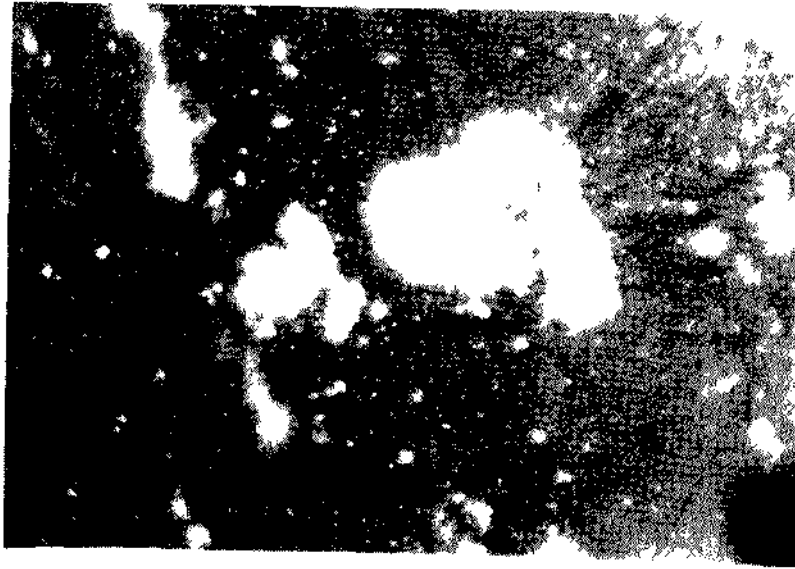
### 3.2. Kömürlerin Yapısal Özellikleri

Kömürler genellikle parlak ve mat siyah renkli olup. siyah renkli şist bantları ile ara katkılıdır. Taban kömürlerinin sert, tavan kömürlerinin ise daha kırılğan bir yapıda oldukları gözlenmiştir.

Kil mineralleri kömür içinde çoğunlukla sferoid şekilli kümeler halinde bazen de merceksi yapıda izlenmektedir. Jips, özellikle tabaka yüzeylerinde ve kömür içindeki kırık ve çatlaklarda saydam, levha şekilli ve ikizli kristallerine yaygın bir şekilde rastlanılmaktadır. Yer yer tabakalaşmaya dik yönde gelişen kırık ve çatlaklarda kalsit kristalleri izlenmektedir. Pirit, yarı şekilli, şekilli kübik kristaller halinde 5-100 mikron arasında değişen boyutlarda gözlenmekte, melnikovit'e ise ince taneli kristal yığılımlarından oluşan kümeler halinde yaygın bir şekilde rastlanılmaktadır (Resim 1 ve 2).



Resim 1 Tabakalaşma ile uyumlu pirit ve melnikovit yığılımları (1 cm = 100 mikron)



Resim 2. Kömür içinde pirit ve melnikovit kümeleri (1 cm = 100 mikron)

### 3.3. Kömürlerin Boyut ve Boyuta Göre Kül ve Kükürt Dağılımları

Tavan ve taban kömürlerinin yas elek analizi yapılmış, boyut analizleri ve boyuta göre kül ve kükürt dağılımları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizejge 2'den de izlendiği gibi tavan ve taban kömür numunelerinin yas elek analizi sonucunda tane boyutu küçüldükçe kül içeriğinin önce arttığı, daha sonra biraz azaldığı ve 0.5 mm altında ise tekrar yükseldiği görülmektedir. Kül içeriğinin tavan kömürünün -50+19 mm ve taban kömürünün -30+19 mm boyut aralığında bir miktar artması kesici-yükleyicinin ara kesme ile tavan ve taban tasını bu boyuta kesmesinden ileri gelmektedir.

### 3.4. Zenginleştirme Deneyleri

Tavan ve taban kömürlerinin +100 mm boyut grubuna el ile ayırma uygulanmıştır.

-100+10 mm ve -10+0.5 mm boyut grubu tavan ve taban kömürü ile ayrı ayrı yuzdürme-batırma deneyleri yapılmış, daha sonra yıkama eğrileri çizilmiştir. Laboratuvar ölçeğinde -100+10 mm boyut grubu kömürün zenginleştirilememesi nedeniyle yuzdürme-batırma deney sonuçları bu boyut grubunun değerlendirilmesinde esas alınmıştır.

-10+0.5 mm boyut grubu kömürler jikle, -0.5+0.1 mm boyut grubu kömürler ise sarsıtılı masa ile zenginleştirilmiştir. Tamamı 0.5 mm altında bulunan temsili örnekler ile yapılan flotasyon deneylerinde başarılı sonuçlar alınamamıştır.

-0.1 mm boyut grubu kömürün kül içeriğinin çok yüksek ve miktarının az olmasından dolayı herhangi bir zenginleştirme işlemine tabi tutulmamıştır.

Çizelge 2. Tavan ve Taban Kömürünün Yas Elek Analizi Sonuçları

Boyut Aralığı mm	T a v a n D a m a r				T a b a n D a m a r			
	Miktar *	Kül % <sup>*</sup>	Kükürt %	Yanabilir Verim X	Miktar % <sup>*</sup>	Kül % <sup>*</sup>	Kükürt %	Yanabilir Verim %
+ 100	13.4	36.60	5.64	15.0	27.2	43.36	4.64	28.6
-100+ 50	11.0	39.42	5.65	11.7	20.1	45.40	4.83	20.4
- 50 + 30	11.1	48.40	5.48	10.1	9.7	48.49	4.26	9.3
- 30 + 19	12.6	56.27	6.19	9.7	10.0	48.61	3.96	9.5
- 19 + 13	9.3	42.70	6.13	9.4	7.1	51.15	5.39	6.4
- 13 + 10	5.9	36.81	6.01	6.6	4.9	46.10	5.17	4.9
- 10 + 6	10.2	34.25	6.28	11.8	5.0	45.84	4.59	5.0
- 6 + 3.36	8.0	36.85	6.56	8.9	4.0	46.35	5.67	4.0
-3.36+1.0	8.6	38.37	6.17	9.3	6.6	42.20	4.71	7.1
- 1.0+0.1	2.5	38.80	6.15	2.7	1.2	37.91	4.81	1.4
-0.5 +0.1	2.5	45.22	5.87	2.4	1.6	45.74	4.54	1.6
- 0.1	4.9	71.65	6.08	2.4	2.6	63.73	5.10	1.8
<b>TOPLAM</b>	<b>100.0</b>	<b>43.20</b>	<b>5.98</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>46.11</b>	<b>4.70</b>	<b>100.0</b>

\* Kuru esasta

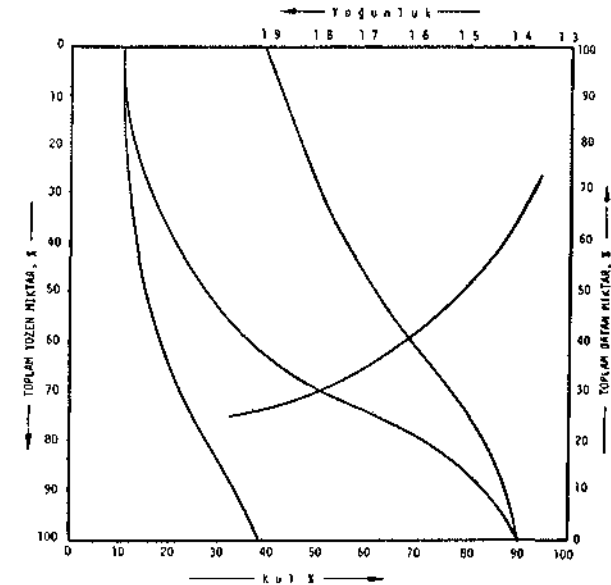
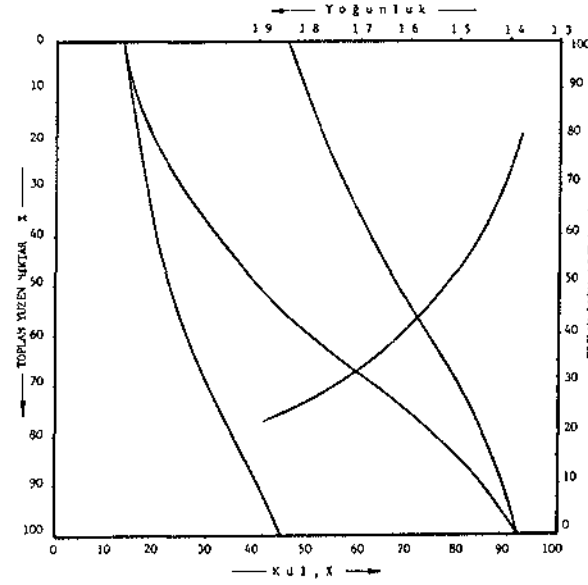
### 3.5\* Tavan ve Taban Kömür Harmanı için En Uygun Zenginleştirme Prosesinin Saptanması

Çayırhan Bölgesi tavan ve taban kömürleri üzerinde yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda bu iki kömürün karıştırılarak tek bir lavvarda yıkanmasının mümkün olduğu görülmüştür.

Tavan ve taban damarlarından üretilen kömür miktarının yaklaşık birbirine eşit olduğu tarafımızdan gözlenmiş ve işletme ilgilileri tarafından »» doğrulanmıştır. Bu nedenle ileride üretilmesi planlanan diğer panolarda da durumun aynı olacağı varsayılarak, yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları birleştirilmiş, sonuçta Çayırhan kömürlerinin zenginleştirilmesi için en uygun proses seçilmiştir. Tavan ve taban kömür harmanının zenginleştirme deneyleri sonuçları Şekil 3 ve 4'de ve Çizelge 3,4,5,6 ve 7'de verilmiştir. Çayırhan Bölgesi kömürleri için önerilen akım şeması Şekil 4'de görülmektedir.

Çizelge 7'den de izlendiği gibi, Çayırhan tavan ve taban harman kömürün zenginleştirme deneylerinden elde edilen benzer ürünlerin harmanlanması ile, % 44.58 kül içeren tuvenan kömürden % 40.0 oranında % 20.50 küllü temiz kömür, % 29.4 oranında % 44.81 küllü araürün ve % 30.6 oranında % 76.86 küllü artık elde edilmektedir. Gerektiğinde ayırma yoğunluğu ayarlanarak termik santrallere beslenebilir özellikte araürün elde edilebilir. Ayrıca araürün boyut küçültme işlemi uygulandıktan sonra tekrar zenginleştirilebilir.





YOĞUNLUK ARALIGI gr/cm <sup>3</sup>	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen			Toplam Batan		
	Miktar % H-	Kul % K-	Mzk	Miktar % EM <sup>1</sup>	Mzk % M <sup>2</sup>	Kul % S <sup>3</sup>	Miktar % EM <sup>1</sup>	Mzk % M <sup>2</sup>	Kul % S <sup>3</sup>
1.35	19.6	16.02	313.99	19.6	313.99	16.02	100.0	4618.29	46.18
+1.35 1.45	23.2	25.54	592.53	42.8	906.52	21.18	82.4	4334.30	53.54
+1.45 1.60	10.8	42.02	205.94	59.6	1612.46	27.05	67.2	3111.77	64.89
+1.60 1.75	10.7	55.54	54.28	70.3	2206.74	3.39	40.4	3005.83	70.40
+1.75 1.90	6.7	66.15	443.21	77.0	2549.95	34.41	29.7	411.55	81.21
+1.90	23.0	65.50	360.34	100.0	4618.29	46.18	23.0	368.34	85.58
TOPLAM	100.0	46.18							

Sekil 2 Tavan ve taban komur harmanının -100+10 mm boyut grubu hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları

YOĞUNLUK ARALIGI gr/cm <sup>3</sup>	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen			Toplam Batan		
	Miktar % H-	Kul % K-	Mzk	Miktar % EM <sup>1</sup>	Mzk % M <sup>2</sup>	Kul % S <sup>3</sup>	Miktar % EM <sup>1</sup>	Mzk % M <sup>2</sup>	Kul % S <sup>3</sup>
1.35	26.2	13.29	374.78	48.2	374.78	13.29	100.0	791.59	39.82
+1.35 1.45	16.4	18.88	309.63	44.6	654.41	15.35	71.8	3636.81	50.23
+1.45 1.60	15.0	30.24	471.74	60.2	1156.5	19.21	55.4	3291.18	59.52
+1.60 1.75	8.4	45.12	379.01	68.6	1335.6	22.38	29.8	234.44	70.39
+1.75 1.90	5.9	58.86	347.27	74.5	992.43	25.27	31.4	445.43	77.31
+1.90	25.5	82.32	2099.16	100.0	791.59	39.82	25.5	2091.16	82.32
TOPLAM	100.0	39.81							

Sakil 3 Tavan ve taban komur harmanının -100+5 mm boyut grubu hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları

Cizelge 3. Tavan ve Taban Komur Harmanının Yas Elek Analizi Sonuçları

Tane Boyutu -mm-	Miktar		Kul <sup>*</sup> %	Kukurt <sup>*</sup> %	Yanabilir Verim %
	%	%			
+ 100	20.3	41.55	5.14	24.1	
-100 + 10	50.7	46.18	5.22	49.2	
-10 + 0.5	23.1	39.70	5.48	25.1	
-0.5 + 0.1	2.1	45.30	5.21	2.2	
-0.1	3.8	68.77	5.79	2.1	
TOPLAM	100.0	44.58	5.28	100.0	

\* Kuru esasta

Cizelge 5 Tavan ve Taban Komur harmanının -10+0.5 mm boyut Grubu Jig ile Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

URUNLER	Miktar.%		Kul <sup>*</sup> %	Kukurt <sup>*</sup> %	Yanabilir Verim %	
	Deneye Gore	Tuvenana Gore			Deneye Gore	Tuvenana Gore
Temiz Komur	44.2	10.2	16.57	5.62	61.2	15.4
Araurun	27.7	6.4	37.98	5.66	28.5	7.1
Artık	28.1	6.5	77.81	5.10	10.3	2.6
TOPLAM	100.0	23.1	39.70	5.48	100.0	25.1

\* Kuru esasta

Cizelge 4 Tavan ve Taban Komur Harmanının Elle Ayıklama Deneyi Sonuçları

URUNLER	Miktar,%		Kul <sup>*</sup> %	Kukurt <sup>*</sup> %	Yanabilir Verim,%	
	Deneye Gore	Tuvenana Gore			Deneye Gore	Tuvenana Gore
Temiz Komur	60.4	12.3	27.27	4.70	75.2	16.1
Artık	36.9	8.0	63.34	5.81	24.8	5.3
TOPLAM	100.0	20.3	41.55	5.14	100.0	21.4

\* Kuru esasta

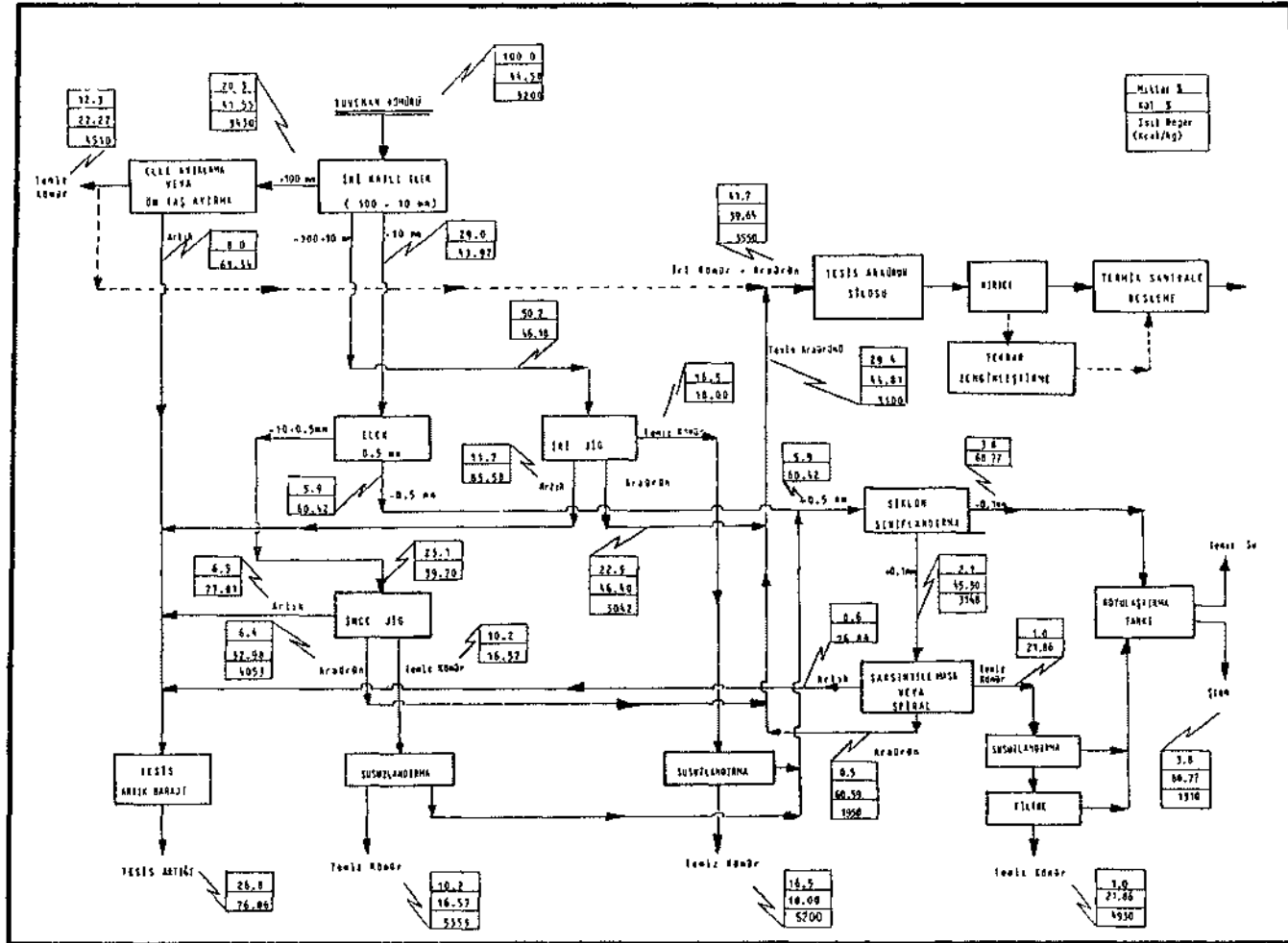
Cizelge 6. Tavan ve Taban Komur Harmanının -0.5+0.1 mm boyut Grubu Sarsıntılı Masa ile Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

URUNLER	Miktar %		Kul <sup>*</sup> %	Kukurt <sup>*</sup> %	Yanabilir Verim %	
	Deneye Gore	Tuvenana Gore			Deneye Gore	Tuvenana Gore
Temiz Komur	50.7	1.0	21.66	4.84	72.4	1.6
Araurun	22.6	0.5	60.59	4.90	16.3	0.4
Artık	26.7	0.6	76.88	6.18	11.3	0.2
TOPLAM	100.0	2.1	45.30	5.21	100.0	2.2

\* Kuru esasta

Cizelge 7. Tavan ve Taban Kömürü ile Yapılan Zenginleştirme Deneyleri ve Toplu Sonuçları

Tane Boyutu -mm-	Zenginleştirme Yöntemi	ÜRÜNLER	Miktar,%		Kül %	Kükürt %	Yanabilir Verim,%		Ust Isıl Değer (Kuru Esasda) kcal/kg
			Deneye Göre	Tuvenana Göre			Deneye Göre	Tuvenana Göre	
+100	Elle Ayıklama veya Ön Taş Ayırma	Temiz Kömür	60.4	12.3	27.27	5.70	75.2	16.1	4510
		Artık	39.6	8.0	63.34	5.81	24.8	5.3	--
		TOPLAM	100.0	20.3	41.55	5.14	100.0	21.4	3430
-100 + 10	İri Jig	Temiz Kömür	32.5	16.5	18.00	5.16	49.5	24.4	5216
		Araürün	44.5	22.5	46.40	5.27	44.3	21.8	3042
		Artık	23.0	11.7	85.58	5.19	6.2	3.0	--
		TOPLAM	100.0	50.7	46.18	5.22	100.0	49.2	--
-10 + 0.5	İnce Jig	Temiz Kömür	44.2	10.2	16.57	5.62	61.2	15.4	5353
		Araürün	27.7	6.4	37.98	5.66	28.5	7.1	4053
		Artık	28.1	6.5	77.81	5.10	10.3	2.6	--
		TOPLAM	100.0	23.1	39.70	5.48	100.0	25.1	--
-0.5 + 0.1	Sarsıntılı Masa veya Spiral	Temiz Kömür	50.7	1.0	21.86	4.84	72.4	1.6	4930
		Araürün	22.6	0.5	60.59	4.90	16.3	0.4	--
		Artık	26.7	0.6	76.86	6.18	11.3	0.2	--
		TOPLAM	100.0	2.1	45.30	5.21	100.0	2.2	3145
- 0.1	-	Şlam	100.0	3.8	68.77	5.79	100.0	2.1	1310
Tavan ve Taban	Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	40.0		20.50	5.05	57.5		5053
		Araürün	29.4		44.81	5.52	29.3		3100
		Artık	30.6		75.85	5.33	13.2		850
		TOPLAM	100.0		44.58	5.28	100.0		3200



Şekil 4. OAL Çayırdan kömürünün zenginleştirilmesi için önerilen tesis akım şeması.

#### 4. SONUÇLAR

1. Tavan damardan üretilen orjinal kömürün nem içeriği % 22.46, kül içeriği % 43.43 (kuru esasta), toplam kükürt içeriği % 6.03 (kuru esasta) ve alt ısıl değeri 3040 kcal/kg'dır.

2. Taban damardan üretilen orjinal kömürün nem içeriği % 21.90, kül içeriği % 46.14 (kuru esasta), toplam kükürt içeriği % 4.85 (kuru esasta) ve alt ısıl değeri 2800 kcal/kg'dır.

3. Kömürler genellikle parlak ve mat siyah renkte olup, siyah renkli şist bantları ile ara katkılıdır. Mikroskopik incelemeler sonucunda kömürlerde pirit, melnikovit (jel pirit), jips, serizit, kalsit, kuvars ve kil grubu mineraleri gözlenmiştir.

4. üretim bandından alınan tuvenan damar kömür numuneleri, aynı damarın oluk numunelerinden daha fazla kül içermektedir. Kül içeriğinin artması, mekanizasyona bağlı olarak tavan ve taban taşının kömüre karışmasından ileri gelmekte olup, yıkama ile bu safsızlıklar kömürden kolayca ayrılabilir.

5. Bugünkü üretim düzeyi 6000 ton/gün olan Çayırhan kömürünün +100 mm boyut grubu % 20.3'tür. Bu gibi üretim kapasitesi yüksek tesislerde el ile ayırma yöntemine bir seçenek ağır ortam yöntemidir ( 3 ). Bu bakımdan ağır ortam Drewboy teknesi Çayırhan kömürleri içinde önerilebilir.

6. Tayan ve taban kömürlerin karıştırılması ile oluşturulan harman kömürün farklı yöntemlerle zenginleştirilmesi sonucunda elde edilen aynı özellikteki ürünlerin birleştirilmesi ile. tuvenan kömürün % 40.0 oranında % 20.50 kül içeren temiz kömür, % 29.4 oranında *k* 44.81 kül içeren ara-ürün ve % 30.6 oranında % 75.85 kül içeren artık elde edilmektedir.

7. Zenginleştirme ürünlerinde yapılan minerolojik incelemeler ve kimyasal analizler sonucunda, kükürt dağılımının önemli derecede farklılık göstermediği ve kükürtün hem kömür hem de mineral madde (inorganik kısım) içerisinde eşit mertebede bulunduğu ve fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile kömürdeki kükürtün uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Temiz kömürler % 4.22 ile % 6.07 arasında değişen oranlarda toplam kükürt içermektedir.

#### 5.KAYNAKLAR

- 1 . . . . .Çayırhan Bölgesi Kömürlerin Değerlendirilmesi ile ilgili Araştırma Projesi, İTÜ Rektörlüğü, Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, 1990.
2. Tatar, C. ve Tatar, D., OAL'de Mekanize Kömür Madenciliğinde Oluşan Toz ve Gürültünün ölçümleri ile Bunların Fizyolojik Etkileri. Türkiye 7. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1990.
3. Lambert, J.L., Deshaling Of ROM Coal By heavy Medium Drewboy Vessel., II. International Mineral Processing Symposium., October 4-6, Izmir, Turkey, 1986 pp. 735-750.