

SEYİTÖMER LİNYİTLERİ MARN STOK
KÖMÜRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Derlen BAL

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak – 2008

SEYİTÖMER LİNYİTLERİ MARN STOK
KÖMÜRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Derlen BAL

DUMLUPUNAR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof.Dr. Ahmet AYDIN

Ocak – 2008

KABUL ve ONAY SAYFASI

Derlen BAL'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Seyitömer Linyitleri Marn Stok Kömürlerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

25/02/2008.

Üye : Prof.Dr. Ahmet AYDIN

Üye : Doç.Dr. Turan BATAR

Üye : Yrd.Doç.Dr. İsmail BENTLİ

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

SEYİTÖMER LİNYİTLERİ MARN STOK KÖMÜRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Derlen BAL

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2008

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AYDIN

ÖZET

Yapılan bu çalışma sekiz ana başlık altında toplanmıştır. Birinci bölüm giriş olup, kömürün tanımı, sınıflaması ve kullanım teknolojisini kapsayan ikinci bölüm, kömürün dünyada mevcut durumunun anlatıldığı üçüncü bölüm, Türkiye'deki mevcut durumun anlatıldığı dördüncü bölümdür. Beşinci bölümde kömür hazırlama yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiş olup, altıncı bölümde Seyitömer Linyitleri kömürleri ve özellikleri anlatılmıştır. Yedinci bölümde deneysel çalışmalar anlatılmış, son bölümde ise bu çalışmaların sonuçları irdelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Deneysel çalışmalarda kullanılan Marn Stok kömürlerinin kimyasal özellikleri şöyledir: %28,50 Nem, %45.50 Kül, %13,24 Uçucu Madde, %12,76 Sabit Karbon, Alt Isıl Değer 1.585 kcal/kg, Üst Isıl Değer 1.675 kcal/kg'dır. Bu özelliklerine göre Seyitömer Marn Stok kömürleri yumuşak linyit sınıfına girmektedir.

Deneysel çalışmalarda Marn Stok kömürlerinin tüm elek fraksiyonları yapılmış ve bu fraksiyonların yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlardan zenginleştirme yöntemi seçilmiştir. 63+31,5 mm, 31,5+16 mm, 16+12,5 mm, 12,5+4 mm jig; 16+12,5 mm, 12,5+4 mm, 4+2 mm, 2+1 mm fraksiyonları ise sallantılı masada zenginleştirilerek optimal deney sonuçları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jig, Kalori, Kül, Marn Stok, Sallantılı masa, Yüzdürme - Batırma

EVALUATION OF SEYITOMER LIGNITES MARN STOCK COALS

Derlen BAL

Mining Engineering, Master of Science Thesis, 2008

Super Visor: Prof. Dr. Ahmet AYDIN

ABSTRACT

This working, having been prepared, is collected under 8 main title. First part is introduction and second part contains definition, classifying, usage technology of coal. Coal's present state is explained in third part. It is explained coal's present state in Turkey in fourth part. It is given general informations about preparation techniques of coal in fifth part. In sixth part, it is explained Seyitömer lignites, coals and features. In seventh part, it is explained experimental workings. This workings' outcomes is examined and presented suggestions in final part.

Marn Stock coals' chemical features that used in experimental workings, is in that way: 28,50 % Humidity, 45,50 % Ash, 13,24 % Volatile Material, 12,76 % Stable Carbon. The Lower Thermic Value is 1.585 kcal/kg. The Higher Thermic Value is 1,675 kcal/kg. According to this features, Seyitömer Marn Stock coals is in soft lignite category.

Marn Stock coals' every sifter fractions were made and this fractions 'flotation-immersion experiments were made. Enrichment method was chosen from this experiments' outcome. 63+31,5 mm, 31,5+16 mm, 16+12,5 mm, 12,5+4 mm jigs; 16+12,5 mm, 12,5+4 mm, 4+2 mm, 2+1 mm fractions were enriched on shaking tables and optimal experiment outcomes were searched.

Keywords: Ash, Calorie, Flotation – Immersion Jig, Marn Stock, Shaking Table

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yoğun uğraşlar sonucunda ortaya çıkan bu tez çalışması boyunca her türlü desteği benden esirgemeyen, üstün bilgi ve birikimiyle yol göstererek, çalışmanın başarıyla sonuçlanmasını sağlayan değerli danışmanım **Prof. Dr. Ahmet AYDIN**'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmalarımın deneysel kısmında ve analizlerin yapılmasında yaptıkları yardımlar nedeniyle SLİ bünyesinde çalışan Maden Mühendisi **Serkan VURAN**'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Çalışmalarına yardımcı olan Maden mühendisliği bölümü son sınıf öğrencilerinden **Mahir Egemen KADERLİ**, **Burcu Hatice ÜNAL** ve **Özlem SÖNMEZ**'e teşekkür ederim.

Son olarak, bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem **Mehri BAL** ve babam **Mehmet BAL**'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yardımlarını esirgemeyen kardeşim **Özden BAL**'a teşekkür ederim.

Derlen BAL
Maden Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Kömürlerin Tanım Ve Sınıflandırılması.....	3
2.1.1 Taşkömürü.....	4
2.1.2 Kahverengi kömürler (Brown Coal).....	4
2.2 Kömürün Kullanımı ve Teknolojisi.....	6
2.2.1 Kömürün içerdiği safsızlıklar	6
2.2.2 Kömürün petrografik içeriği.....	7
3. DÜNYADA MEVCUT DURUM.....	9
3.1 Genel.....	9
3.1.1 Dünya kömür rezervleri.....	9
3.1.2 Dünya linyit üretimleri	11
3.1.3 Dünya linyit tüketimi.....	14
3.1.4 Avrupa’da linyit madenciliği.....	16
4. TÜRKİYE’DE MEVCUT DURUM.....	17
4.1 Linyitin Bulunuşu ve Bölgeler.....	17
4.2 Linyit Rezervleri ve Özellikleri	19
4.3 Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar	20
4.3.1 Mevcut kapasiteler ve kullanım oranları	20
4.3.2 Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.....	24
4.3.2.1 Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (ELİ).....	25
4.3.2.2 Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (ÇLİ).....	26
4.3.2.3 Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (GELİ)	26
4.3.2.4 Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (YLİ)	27
4.3.2.5 Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (GLİ)	27
4.3.2.6 Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (İLİ)	28
4.3.2.7 Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (SLİ).....	28
4.3.2.8 Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (BLİ).....	29
4.3.3 Elektrik Üretim Anonim Şirketi	29
4.4 Kömür Üretim Yöntemleri.....	30
4.4.1 Açık işletme yöntem ve teknolojileri	30
4.4.2 Yeraltı işletme yöntemi ve teknolojisi.....	31
4.5 Kömür Hazırlama Teknolojileri.....	32
4.6 Briketleme.....	35
4.7 Ürün Standartları	36

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
4.8 Kömür Madenciliği ve Çevre	38
4.9 Kömür Madenciliği ve Çevre Sorunları.....	38
5. KÖMÜR HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ.....	40
5.1 Kömür Hazırlama	40
5.2 Kömürün Yıkanabilme Özelliği.....	42
5.3 Kömür Zenginleştirme Yöntemleri.....	42
5.3.1 Elle ayıklama.....	44
5.3.2 Ağır ortam ayırması ile zenginleştirme	44
5.3.2.1 Çöktürme metoduna göre ayırım yapan ağır ortam ayırıcıları	49
5.3.2.2 Santrifüj kuvvetten yararlanarak çalışan aygıtlar	55
5.3.3 Düşey hareketli akışkan ortamda zenginleştirme	59
5.3.3.1 Jiglerde tabakalaşmaya neden olan olaylar	61
5.3.3.2 Jiglerin yapısı ve ayırmaya etki eden faktörler	68
5.3.3.3 Jiglerin sınıflandırılması	72
5.3.4 Sallantılı masalarda kömür yıkama	76
5.3.5 İnce kömürlerin zenginleştirilmesi	78
5.3.6 Kömür flotasyonu.....	79
5.4 Kömürün Kurutulması ve Kullanıma Hazır Hale Getirilmesi	82
6. SEYİTÖMER LİNYİTLERİ İŞLETMESİ	83
6.1 Genel Bilgiler.....	83
6.2 Seyitömer Kömür Havzasının Jeolojik Yapısı.....	84
6.3 Üretim Prosesi	84
6.3.1 Dekapaj.....	85
6.3.2 İstihsal faaliyeti (Kömür-Kazı).....	85
6.4 Rezerv Durumu ve Kuruluşun Ekonomik Ömrü	86
6.5 Kuruluşun Sektördeki Yeri, Değeri, Önemi, Ağırlığı Ve Ülke Ekonomisine Katkısı	87
6.6 Çevreyle Uyum Durumu.....	87
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	88
7.1 Daha Önce Marn Stok Kömürleri İle Yapılmış Çalışmalar.....	88
7.2 Numune Alma ve Hazırlama	89
7.3 Numune Alma.....	89
7.4 Numune Azaltma ve Hazırlama.....	89
7.5 Kömür Numunesinin Özellikleri	90
7.6 Elek Analizi	91
7.7 Yüzdürme Batırma Deneyleri.....	93
7.8 Yıkama Yöntemi Seçimi.....	110
7.9 Zenginleştirme Deneyleri	111
7.9.1 Jig deneyleri	112
7.9.2 Sallantılı masa deneyleri	116
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	123
KAYNAKLAR DİZİNİ	125

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1 Kömür değerlendirmenin aşamaları [30]	41
5.2 Üç ürünlü Chance Konisi	50
5.3 Wemco ağır ortam konisi	51
5.4 Barvoys tipi ağır ortam ayırıcısı.....	52
5.5 DSM (Dutch State Mines)Teknesi	52
5.6 Drewboy ağır ortam ayırıcısı	54
5.7 Wemco ağır ortama tamburu uygulama şekli	54
5.8 Ağır Ortam siklonunun şematik görünüşü	56
5.9 Su siklonu (trikon)	57
5.10 Dyna-Whirpool ayırıcısı ve yıkama devresi.....	58
5.11 Tri-Flo ayırıcısı	58
5.12 Larcodems	59
5.13 Ara boşluklardan sızma.....	64
5.14 İki mineralli bir sistem	65
5.15 Jiglemede üç mekanizmanın tanelere uygulanışı.....	66
5.16 Bir jigin harmonik harekete sahip devresi.....	67
5.17 Farklı boyut ve yoğunluklara sahip tanelerin davranışı	67
5.18 Jig içinde oluşan tabakalar ve mineral tanelerinin hareketleri	69
5.19 Harz tipi pistonlu jigin genel görünümü	73
5.20 Sallantılı masanın şematik görünüşü [25].....	77
6.1 Seyitömer linyit sahası yer bulduru haritası.....	83
7.1 Numune azaltma ve hazırlama (Konileme-Dörtleme) yöntemi	90
7.2 Kümülatif elek altı eğrisi.....	93
7.3 Yüzdürme-batırma deneylerinin en düşük yoğunluktan başlayarak yapılışı	94
7.4 -63+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri	97
7.5 -63+31,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri	100
7.6 -31,5+16 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri	103
7.7 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri	106
7.8 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri	109
7.9 Laboratuarda yapılan zenginleştirme deneyleri prensip akım şeması.....	111
7.10 Marn stok kömürleri için önerilen akım şeması.....	122

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Uluslararası genel kömür sınıflandırması	4
2.2 Genel sınıflandırmada yer alan kömürlerin tanıtıcı özellikleri	5
2.3 Çeşitli Ranklarda (Kömürleşme Derecesi) kömür özellikleri	5
2.4 Amerikan Standardı kömür sınıflaması (ASTM, 1981).....	6
2.5 Kömürün petrografik içeriği	8
3.1 Dünya birincil enerji tüketimleri (Milyon tep).....	9
3.2 2004 Yılı itibariyle dünya kömür rezervleri (Milyon Ton).....	10
3.3 Bölgeler ve ülkeler itibari ile kömür üretimleri (2000-2004) (Milyon tep)	12
3.4 Dünya kahverengi kömür (Linyit) üretimleri (Milyon Ton).....	13
3.5 Kullanım alanlarına göre OECD ülkelerinde linyit tüketimi (Milyon Ton)	15
3.6 Bazı OECD ülkelerinde elektrik üretimi ve ısınma amaçlı linyit tüketimi	15
4.1 Türkiye’de linyit rezervlerinin bölgesel dağılımı ve ortalama kimyasal özellikleri	19
4.2 Linyit sektöründe üretim yapan kamu ve özel sektör kuruluşları	21
4.3 Kamu kuruluşları sahalarında kömür üretim yapan özel sektör firmaları.....	24
4.4 Türkiye’deki dragline kapasiteleri	31
4.5 Isıtmada kullanılan linyitlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri (TS 5788).....	37
4.6 Tane büyüklüğü dağılımı (TS 5788).....	37
5.1 Kömürün külünden ve kükürdünden temizlenmesi için kullanılan zenginleştirme yöntemleri.....	43
5.2 Taggart konsantrasyon kriterine bağlı olarak ayırma derecesi ve uygulanacak zenginleştirme yöntemleri.....	46
5.3 Ağır ortam ayırmada ağılaştırıcı olarak kullanılan mineraller	48
5.4 Jig zenginleştirmesinde kullanılabilir genlik ve hız koşulları	71
6.1 Seyitömer Linyitleri İşletmesi kömür hazırlama tesisleri	86
7.1 Seyitömer marn stok kömürlerinin özellikleri	90
7.2 Kümülatif elek çizelgesi.....	91
7.3 Tüvenan kömür elek analizinin nem, kül ve ısı değerleri	92
7.4 ± 0.1 Yoğunluktaki malzeme yüzdeleri ve ayırmanın güçlük veya kolaylık derecesi ..	94
7.5 -63+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları	96
7.6 -63+31,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları	99
7.7 -31,5+16 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları	102
7.8 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları	105
7.9 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları	108

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
7.10 -63+31,5 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları	113
7.11 -31,5+16 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları	114
7.12 -16+12,5 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları	115
7.13 -12,5+4 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları	116
7.14 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	117
7.15 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	118
7.16 -4+2 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	119
7.17 -2+1 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	120

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
V_{TA}	Ağır mineralin terminal hızı (cm/sn)
V_{TH}	Hafif mineralin terminal hızı (cm/sn)
δ_A	Ağır mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)
δ_H	Hafif mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)
δ	Akışkan ortamın özgül ağırlığı (gr/m^3)
d_A	Ağır mineralin boyutu (çap, mm)
d_H	Hafif mineralin boyutu (çap, mm)
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
G.L.İ.	Garp Linyitleri İşletmesi
E.L.İ.	Ege Linyitleri İşletmesi
S.L.İ.	Seyitömer Linyitleri İşletmesi
A.I.D.	Alt Isıl Değer
A.S.T.M.	American Socitety For Testing Materials
T.S.E.	Türk Standartları Enstitüsü
O.E.C.D.	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
T.K.İ.	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
S.S.C.B.	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
B.L.İ.	Bursa Linyitleri İşletmesi
Ç.L.İ.	Çan Linyitleri İşletmesi
G.E.L.İ.	Güney Ege Linyitleri İşletmesi
I.L.İ.	Ilgın Linyitleri İşletmesi
Y.L.İ.	Yeniköy Linyitleri İşletmesi
M.T.A.	Maden Tetkik Arama
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş.
MİGEM	Maden İşleri Genel Müdürlüğü
S. K. Md.	Silopi Kontrol Müdürlüğü

1. GİRİŞ

2000 yılı itibariyle Ülkemizin linyit rezervleri 8,4 milyar, yıllık kömür üretimimiz 63 milyon ton civarındadır. Yapılan ileriye dönük enerji projeksiyonlarından linyit talebimizin her yıl artarak 2010 yılında 120 milyon, 2020 yılında da 192 milyon tona çıkacağı hesaplanmıştır.

Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) yeni hesaplarına göre ülkemiz 9,3 milyar ton linyit rezervine sahiptir. Bu rezervin büyük bir kısmı ise yüksek kül, kükürt ve nem içeriklidir[1]. Hava kirliliği standartları kömür içindeki safsızlıkların azaltılmasını zorunlu hale getirmiştir. Çeşitli kullanım alanlarında kısmi farklılıklar göstermekle birlikte, kömürde safsızlık olarak bulunan kül, kükürt, nem, uçucu madde, fosfor ve alkali içeriğinin az olması istenmektedir [2]. Kömürün özellikle sert linyitlerin genel olarak ev, sanayi ve termik santral yakıtı olarak kullanılmadan önce, mevcut safsızlıkların giderilmesi ve belirli tane iriliğinde piyasaya arz edilmeleri zorunluluk halini almıştır. Belirtilen bu özellikler kömür hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri kullanılarak sağlanabilmektedir. Kömür hazırlama günümüzde, kömürün yerden çıkarılmasıyla kullanılması arasında vazgeçilmez bir işlem olarak görülmekte ve uygulanmaktadır [3].

Ekonomik kalkınmada enerjinin rolü düşünüldüğünde, enerji kaynaklarından petrolün dışa bağımlılığı ve doğal gaz gibi diğer kaynakların yetersiz rezervleri nedeniyle, Türkiye için kömür çok önemlidir. Linyitlerimizin kullanımı ise beraberinde hava kirliliğine karşı önlemler almayı gerektirmektedir [4].

Enerjinin temiz, ucuz ve güvenli bir şekilde temini, kalkınmanın en önemli parametrelerden biri olarak hemen tüm dünya ülkelerinin gündeminde olan bir konudur. Dünya ülkeleri kalkınabilmek için, bir taraftan çevre kirliliği nedeniyle uluslararası hukuk düzenlemeleri geliştirirken diğer yandan en ucuz ve temiz enerji türleri konusunda AR-GE çalışmalarını sürdürmekte, diğer yandan yaratılan yeni teknolojilerin pazarlanmasına girmekte, ancak ne olursa olsun enerjisiz kalmamak için enerjinin kesintisiz tedariki konusunda ticari, politik ve hatta askeri çabalar göstermektedirler. Bunların yanı sıra, "sürdürülebilir kalkınma" kavramının dünya gündeminde yerini aldığı görülmekte, enerji kaynakları arasındaki rekabet sürerken yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyeti ve geleceği tartışılmakta, enerji kaynakları kıt olan ülkeler hangi enerji kaynaklarına hangi oranda öncelik vermek gerektiği üzerinde politika üretmektedir.

Seyitömer bölgesinde kömürler üst seviyeden alta doğru B1, B2, B3 kömürleri olarak tanımlanmakta ve B1, B2 kömürleri B3 kömürlerine oranla daha kaliteli görünmektedir.

Ocaklardaki üretim de özellikle teshin amaçlı olarak B1 ve/veya B2 seviyelerinden yapılmış ve B3 kömürleri çoğunlukla üretilmeden bırakılmıştır. Çünkü tüvenan olarak üretilen kömüre katılan B3 miktarındaki artış ağırlıkça %15'ten fazla olduğu zaman karışım kalitesi termik santral için şartname değerinde belirtilen değer altında kalmaktadır. Bununla birlikte eski dönemlerde üretim sonucu çıkarılarak satılamayan stok kömür olarak adlandırılan düşük kaliteli yaklaşık 2.000.000 ton kömür stoğuda bulunmaktadır.

Seyitömer Marn Stok kömürlerinin zenginleştirilmesi sonucunda içerdiği kül miktarının azaltılıp, buna karşılık ısı değerinde artış sağlanması ürünün tüketiciler tarafından daha verimli bir şekilde kullanılması ve aynı zamanda çevre kirliliği sorununa belli ölçülerde çözüm getirmesi açısından önemlidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kömürlerin Tanım Ve Sınıflandırılması

Kömür; çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip maden ve kayadır. Diğer içerikleri ise kül teşkil eden inorganik bileşikler ve mineral maddelerdir. Bazı kömürler ısıtılınca ergir ve plastik hale gelirler. İşlemler sonucunda katran, likör ve çeşitli gazlar elde edilebilmektedir.

Kömürleşme süreci ve yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler yönünden kömürler çok çeşitlilik gösterirler. Bu durum birçok ülkede kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde sınıflandırılmasını zorunlu kılmıştır.

Kömür üretimi, kullanımı ve teknolojisinde ileri ülkeler öncelikle kendi kömürlerinin özelliklerine göre bir sınıflama yaptıkları gibi uluslararası genel bir sınıflama için ortak standartlar da geliştirmişlerdir. Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelerden üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'nca birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak, kömürler sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt-bitümlü ve linyit) kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır:

- **Sert Kömürler (Taşkömürü-Hard Coal):** Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) üzerinde kalorifik değere haiz olan kömürdür. Uçucu madde içeriği, kalorifik değer ve koklaşma özelliklerine göre alt sınıflara ayrılır.
- **Kahverengi kömürler (Brown Coal):** Nemli ve külsüz bazda 24 MJ/kg (5700 Kcal/kg) altında kalorifik değere haiz olan kömürdür. Toplam nem içeriği ve kalorifik değere göre alt sınıflara ayrılırlar.

Kömür üretimi ve ticaretinde IEA/OECD tarafından bu iki kategori kullanılmaktadır. IEA/OECD kömür istatistiklerinde 1978 yılından itibaren kömür pazar analizleri ve tahminlerinde bu iki kategori alt sınıflara bölünmektedir.

2.1.1 Taşkömürü

Koklaşabilir Kömür: Yüksek fırınlarda kullanılabilir kalitede koklaşma özelliğine sahiptir. Metalurjik kömür olarak adlandırılır.

Diğer bitümlü kömürler ve Antrasit: Koklaşabilir kömür olarak sınıflandırılmayan taşkömürüdür. Buhar kömürü (steam coal) olarak da adlandırılır. Şlam, mikst ve düşük kalitede diğer ürünler de bu sınıfa dahildir.

2.1.2 Kahverengi kömürler (Brown Coal)

Yarı bitümlü kömür: 17-24 MJ/kg (4.165-5.700 Kcal/kg) arasında kalorifik değere haiz olan kömürdür.

Linyit: 17 MJ/kg (4165 Kcal/kg) altında kalorifik değere haiz olan kömürdür.

Uluslararası genel kömür sınıflandırması Tablo 2.1’de, genel sınıflamada yer alan kömürlerin tanıtıcı özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Uluslararası kömür sınıflamasında kabul edilen diğer bir sınıflama işlemi ise Kömür Rank Sınıflamasıdır (Kömürleşme Derecesi sınıflaması). Bu sınıflamada karbon içeriği temel değişkendir. Yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürlerde uçucu madde içeriği, düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerde ise kalorifik değer baz alınarak sınıflandırma yapılmıştır. Tablo 2.3’te kömür rank sınıflaması ve özellikleri, Tablo 2.4’te ise Amerikan Standardı kömür sınıflaması verilmektedir.

Tablo 2.1 Uluslararası genel kömür sınıflandırması[5]

A. TAŞKÖMÜRÜ	B. KAHVERENGİ KÖMÜRLER
1. KOKLAŞABİLİR KÖMÜRLER (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede)	1. ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER (4.165-5.700 Kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)
2. KOKLAŞMAYAN KÖMÜRLER a- Bitümlü Kömürler b- Antrasit	2. LİNYİT (4.165 Kcal/kg’ın altında ısıl değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Tablo 2.2 Genel sınıflandırmada yer alan kömürlerin tanıtıcı özellikleri[6]

KAHVERENGİ KÖMÜRLER		TAŞKÖMÜRÜ	
LİNYİT	ALT BİTÜMLÜ	BİTÜMLÜ	ANTRASİT
Kahverengi	Siyah	Koyu siyah	Parlak siyah
Kırılgan, çabuk toz Halinde ufalanma	Oksidasyonla veya kurutma sonucunda ince parçalar ve toz halinde ufalanma	Blok şeklinde kırılma	Merceksi kırılma
Masif, odunsu veya Üniform kilsli doku	Masif	Bantlı ve kompakt	Sert ve dayanıklı
Isıl Değer: 4610 Kcal/kg'ın altında	Isıl Değer: 4610-6390 Kcal/kg arasında	Isıl Değer: 5390-7700 Kcal/kg arasında	Isıl Değer: 7.000 Kcal/kg'ın üstünde
Uçucu madde miktarı ve nem içeriği yüksek	Uçucu madde ve nem içerikleri bitümlü kömürlerden daha yüksek	Uçucu madde miktarı ve nem içeriği düşük	Uçucu madde miktarı ve nem içeriği düşük
Düşük karbon içeriği	Sabit karbon içeriği bitümlü kömürlerden düşük	Sabit karbon içeriği yüksek	Sabit karbon içeriği yüksek

Tablo 2.3 Çeşitli Ranklarda (Kömürleşme Derecesi) kömür özellikleri[7]

RANK (Kömürleşme Derecesi)	UÇUCU MADDE İÇERİĞİ (% Ağırlık, ıslak-külsüz)	KARBON İÇERİĞİ (% Ağırlık, ıslak-külsüz)	KALORİFİK DEĞER (Btu/Lb, Mineral maddesiz)	NEM İÇERİĞİ (% Ağırlık)
1. Linyit	69-44	76-62	8.300-6.300	52-30
2. Alt Bitümlü	52-40	80-71	11.500-8.300	30-12
3. Bitümlü				
a) Yüksek uçuculu-B	50-29	86-76	13.000-10.500	15-2
b) Yüksek uçuculu-C				
c) Yüksek uçuculu-A	49-31	88-78	14.000	5-1
d) Orta uçuculu	31-22	91-86	14.000	5-1
e) Düşük uçuculu	22-14	91-86	14.000	5-1
4. Antrasit	14-2	99-91	14.000	5-1

Tablo 2.4 Amerikan Standardı kömür sınıflaması (ASTM, 1981) [8]

SINIF	ALT GRUP	Sabit Karbon Sınırları* (%)		Uçucu Mineral Madde Sınırları* (%)		Isıl Değer (KCal/Kg)	
		>=	<	>	<=	>=	<
ANTRASİT	1.Meta-antrasit	98			2	7780	
	2.Antrasit	92	98	2	8	7780	
	3.Semi-Antarasit	86	92	8	14	7780	
BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	1.Düşük uçuculu	78	86	14	22	7780	
	2.Orta uçuculu	69	78	22	31	7780	
	3.Y. uçuculu-A		69	31		7780	
	4.Y. uçuculu-B		69	31		7220	7780
	5.Y. uçuculu-C		69	31		5835	7220
ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	1.Alt Bitümlü A		69	31		5835	6390
	2.Alt Bitümlü B		69	31		5275	5835
	3.Alt Bitümlü C		69	31		4610	5275
LİNYİT	1.Linyit A		69	31		3500	4610
	2.Linyit B		69	31			3500

(*) Kuru mineral maddesiz bazda.

2.2 Kömürün Kullanımı ve Teknolojisi

Kömür, termik santrallerde elektrik enerjisi üretiminde, konutlarda, sanayide, ulaşımda ve ısınma amaçlarıyla kullanılır. Ayrıca, kömürlerden asilleştirme ve teknolojik yöntemlerle birçok ürün elde edilebilir. Bu yöntemlerden başlıcaları; koklaştırma, sıvılaştırma ve gazlaştırmadır.

2.2.1 Kömürün içerdiği safsızlıklar

Kömürün içerdiği ve gerek kullanım gerekse kömür yıkamada önem taşıyan safsızlıklar üç grupta toplanmaktadır: Nem, Kül, Kükürt.

Nem: Kömür, yerindeyken, kuru ve yağlı gözükmeye karşın, su ile doygunudur. Bu nem varlığı, yatak nemi olarak adlandırılır. Nem, kömürün yüzeyinde olduğu gibi, kömür içindeki çatlak ve gözeneklerde de bulunabilir. Taşkömürleri, orijinal bazda, genellikle % 10'un altında nem içerirken, linyitler, kalitesine bağlı olarak % 55'lere kadar ulaşan oranlarda nem içerebilirler.

Kül: Bütün kömürler organik olmayan maddeler içerirler. Kömürün yanmasından sonra, yanmayan maddelerden oluşan artığa kül denir. Külün büyük bir kısmı kimyasal bileşim olarak silisyum, alüminyum ve demir oksitlerinden ibarettir. Kömürlerde iki türlü kül bulunur: Bünye külü ve harici kül (istihsal külü – üretim külü). Bünye külü, kömürü oluşturan bitkilerden gelen inorganik maddelerdir ve kömürdeki toplam külün % 2-3' ünü oluştururlar. Harici kül ise, kömürü oluşturan bitkilerin dışında kömüre karışan yabancı maddelerdir. Bu maddeler, kömüre, kömürleşme esnasında karışabileceği gibi, kömürleşmeden sonra da kömür damarları içindeki çatlak ve kırıklar boyunca girebilir. Bu yabancı maddeler kil, şist, kumtaşı, kireçtaşı ve benzerleri olabilir. Bunlar, kömür içinde mikroskopik parçalar halinde bulunabileceği gibi, damarlar ve/veya tabakalar halinde de bulunabilir. Yabancı maddeler, tüvenan kömüre, üretim esnasında tavan ve taban yan taşlarından da karışabilir. Bunların hepsi harici külü oluştururlar. Bünye külü, kömürden, yıkama yöntemleriyle uzaklaştırılmazken, harici kül, kömür yıkama yöntemleriyle belli bir oranda azaltılabilir.

Kükürt: Bütün kömürler az miktarda da olsa, kükürt içerirler. Kömürlerde bulunan kükürt üç formda olabilir: Organik, inorganik ve sülfat kükürtü. Bunlara ek olarak bazı kömürlerde elementer kükürtle karşılaşmıştır. Organik kükürt, kömürün organik materyalinin bir parçasıdır. Bu nedenle, kömürden fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Sülfat kükürtü, kömürde toplam kükürtün çok az bir kısmını oluşturur. Jips (CaSO_4) halinde bulunduğu gibi, kömürün hava ile uzun süre teması sonucu FeSO_4 olarak da bulunabilir. Piritik kükürt ise, pirit ve markasit minerallerine bağlı olarak bulunur. Kömür içerisinde bantlar, damarlar, merccekler, küresel veya dissemine tanecikler halinde türlü şekil ve biçimlerde dağılırlar. İster gözle görülebilir (makroskobik), ister mikroskobik olsun piritik kükürt, kömürden serbestleştiği taktirde flotasyon veya diğer zenginleştirme yöntemleriyle kömürden temizlenebilir.

2.2.2 Kömürün petrografik içeriği

Kömürün petrografik içeriği, koklaştırma, sıvılaştırma ve gazlaştırma alanlarında büyük önem kazanır. Bir taşkömürü numunesine gözle bakıldığında parlak ve donuk bantlardan oluştuğu gözlenir. Parlak bantlar vitren ve klaren iken, donuk bantlar durain ve füzendir. Bunların hepsine kömür kayacı anlamına gelen litotip denir. Litotipler de maserallerden oluşurlar. Maseraller, kömürleri oluşturan en küçük mikroskobik birimlerdir ve az veya çok homojen yapıya sahiptirler. İnorganik kayaçların en küçük birimleri olan minerallere benzetilebilirler. Tablo 2.5'te Stopes-Harleen kömür kayaç ve maseralleri sınıflandırılması verilmiştir. Maseraller bir araya gelip maseral gruplarını oluştururlar. Maseral grupları da gözle

değil, sadece mikroskop altında görülebilirler. Vitrinit, inertenit ve eksinit terimleri bu maseral gruplarına verilen adlardır. Dört kömür kayacından sadece vitren ve füzen bir maseral veya maseral grubundan oluşur. Örneğin, vitren tamamen vitrinit ve füzen de tamamen inertenitdir.

Tablo 2.5 Kömürün petrografik içeriği[8]

Makroskopik	Mikroskopik	
Kömür kayaçları Litotip	Maseral grupları	Maseraler
Vitren	Vitrinit	Kollinit, Tellinit
Klaren	Vitrain çok, eksinit ve inertenit az bulunur	Kollinit, Tellinit, Sporonit, Kutinit, Alganit, Resinit, Fusinit, Mikrinit, Skeleronit, Semi-Fusinit
Düren	İnertenit çok, vitrinit ve eksinit az bulunur	Fusinit, Mikrinit, Skeleronit, Semi-Fusinit, Kollinit, Tellinit, Sporonit, Kutinit, Alganit, Resinit
Füzen	İnertenit	Fusinit

3. DÜNYADA MEVCUT DURUM

3.1 Genel

Dünya toplam birincil enerji tüketimi, 2004 yılında 10.224,4 milyon ton petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Toplam tüketimin kaynaklara göre dağılımında % 36,78 ile petrol ilk sırada yer almaktadır. Daha sonra % 27,17 ile kömür ve % 23,67 ile doğalgaz sıralanmaktadır. Tablo 3.1’de Dünya birincil enerji tüketimleri verilmektedir.

Tablo 3.1 Dünya birincil enerji tüketimleri (Milyon tep)[9]

Birincil Enerji Kaynağı	2003 Yılı Tüketimi	2004 Yılı Tüketimi
Petrol	3.641,8	3.767,1
Doğalgaz	2.343,2	2.420,4
Kömür	2.613,5	2.778,2
Nükleer Enerji	598,2	624,3
Hidro-elektrik	604,1	634,4
Toplam	9.800,3	10.224,4

3.1.1 Dünya kömür rezervleri

Dünya kömür rezervlerinin ülkeler ve kömür türleri itibariyle dağılımları 2004 yılı değerleriyle Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi 909.064 milyon ton kömür rezervinin % 55,66’sı antrasit ve bitümlü kömürler, % 47,34’ü linyit ve alt bitümlü kömürlerdir.

Tablo 3.2 2004 Yılı itibariyle dünya kömür rezervleri (Milyon Ton)[9]

Bölgeler/Ülkeler	Antrasit ve Bitümlü	Alt Bitümlü ve Linyit	Toplam	Toplamdaki Pay (%)	Rezerv/ Üretim Oranı (Yıl)
ABD	111.338	135.305	246.643	27,1	245
Kanada	3471	3.107	6.578	0,7	100
Meksika	860	351	1.211	0,1	135
Toplam Kuzey Amerika	115.669	138.763	254.432	28,0	235
Brezilya	-	10.113	10.113	1,1	**
Kolombiya	6.230	381	6.611	0,7	120
Venezüella	479	-	479	0,1	53
Diğer Güney ve Orta Amerika	992	1.698	2.690	0,3	**
Toplam Güney ve Orta Amerika	7.701	12.192	19.893	2,2	290
Bulgaristan	4	2.183	2.187	0,2	84
Çek Cumhuriyeti	2094	3.458	5.552	0,6	90
Fransa	15	-	15	-	17
Almanya	183	6.556	6.739	0,7	32
Yunanistan	-	3.900	3.900	0,4	55
Macaristan	198	3.159	3.357	0,4	240
Kazakistan	28.151	3.128	31.279	3,4	360
Polonya	14.000	-	14.000	1,5	87
Romanya	22	472	494	0,1	16
Rusya Fed.	49.088	107.922	157.010	17,3	**
İspanya	200	330	530	0,1	26
Türkiye	278	3.908	4.186	0,5	87
Ukrayna	16.274	17.879	34.153	3,8	424
İngiltere	220	-	220	-	9
Diğer Avrupa& Avrasya	1.529	21.944	23.473	2,6	341
Toplam Avrupa ve Avrasya	112.256	174.839	287.095	31,6	242
Güney Afrika	48.750	-	48.750	5,4	201
Zimbabve	502	-	502	0,1	154
Diğer Afrika	910	174	1.084	0,1	490
Ortadoğu	419	-	419	-	399
Toplam Afrika ve Ortadoğu	50.581	174	50.755	5,6	204
Avustralya	38.600	39.900	78.500	8,6	215
Çin	62.200	52.300	114.500	12,6	59
Hindistan	90.085	2.360	92.445	10,2	229
Endonezya	740	4.228	4.968	0,5	38
Japonya	359	-	359	*	268
Yeni Zelanda	33	538	571	0,1	115
Kuzey Kore	-	300	300	0,1	21

Tablo 3.2. (devam)

Pakistan	-	3.050	3.050	0,3	**
Güney Kore	-	80	80	*	25
Tayland	-	1.354	1.354	0,1	67
Vietnam	150	-	150	*	6
Diğer Asya Pasifik	97	215	312	*	34
Toplam Asya-Pasifik	192.564	104.325	296.889	32,7	101
DÜNYA TOPLAMI	478.771	430.293	909.064	100	164
OECD	172.363	200.857	373.220	41,1	180
Eski SSCB	94.513	132.741	227.254	25,0	**
Diğer Gelişen Pazar Ekonomileri	211.895	96.695	308.590	33,9	102

* %0,05'ten az ** 500 yıldan fazla

3.1.2 Dünya linyit üretimleri

2000–2004 yılları bölgeler ve ülkeler bazında kömür (antrasit, bitümlü, alt-bitümlü ve linyit gibi ticari katı yakıtlar toplamı) üretimleri Mtep (Milyon Ton Eşdeğer Petrol) olarak Tablo 3.3’de verilmektedir. 2004 yılında yaklaşık 2,7 milyar tep olan Dünya toplam kömür üretiminin % 36,2’si Çin, % 20,8’i ABD, % 7,3’ü Avustralya, % 6,9’u Hindistan, % 5’i ise Güney Afrika tarafından gerçekleştirilmiştir. Ülkemizin Dünya toplam kömür üretimi içindeki payı ise, 10,2 milyon tep üretim miktarı ile % 0,4’tür. 2003 yılı ile kıyaslandığında 2004 yılında Dünya toplam kömür üretimi % 7,2 oranında artış göstermiştir.

Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre 2003 yılında Dünya toplam kömür üretimi 4.923,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin 4.037,5 milyon tonu taşkömürü, 886,4 milyon tonu kahverengi kömürlerdir (alt bitümlü-lyinyit).

2003 yılında Dünya linyit üretimi 886,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. En yüksek üretim 179,1 milyon ton ile Almanya’da yapılmıştır. Almanya’yı, 78,4 milyon ton ile ABD ve Rusya, 68,3 milyon ton ile Yunanistan, 64,6 milyon ton ile Avustralya ve 60,9 milyon ton ile Polonya izlemektedir (Tablo 3.4).

Tablo 3.3 Bölgeler ve ülkeler itibari ile kömür üretimleri (2000-2004) (Milyon tep)

Bölgeler/Ülkeler	2000	2001	2002	2003	2004	2003/2004 Değişim (%)	Top. Pay (%) 2004
ABD	556,6	587,3	565,6	549,3	567,2	3,3	20,8
Kanada	37,1	37,6	34,9	32,2	34,9	8,3	1,3
Meksika	5,4	5,4	5,2	4,6	4,3	-6,3	0,2
Toplam K. Amerika	608,1	630,3	605,7	586,0	606,3	3,5	22,2
Brezilya	2,9	2,1	1,9	1,8	1,6	-6,5	0,1
Kolombiya	24,9	28,5	25,7	32,5	35,8	9,9	1,3
Venezüella	5,6	5,5	5,7	5,0	6,6	32,2	0,2
Diğer G. ve Orta Amerika	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	-48,7	*
Toplam G. ve Orta Amerika	33,9	36,7	33,7	39,6	44,1	11,5	1,6
Bulgaristan	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	0,1	0,2
Çek Cumhuriyeti	25,0	25,4	24,3	24,2	23,5	-3,1	0,9
Fransa	2,3	1,5	1,1	1,3	0,5	-63,9	*
Almanya	56,5	54,1	55,0	54,1	54,7	1,1	2,0
Yunanistan	8,2	8,5	9,1	9,5	9,5	-0,8	0,3
Macaristan	2,9	2,9	2,7	2,8	2,9	4,1	0,1
Kazakistan	38,5	40,7	37,8	43,3	44,4	2,5	1,6
Polonya	71,3	71,7	71,3	71,4	669,8	-2,2	2,6
Romanya	6,4	7,1	6,7	7,2	6,9	-4,4	0,3
Rusya Fed.	115,8	121,5	114,8	124,9	127,6	2,2	4,7
İspanya	8,0	7,6	7,2	6,8	6,7	-2,0	0,2
Türkiye	13,9	14,2	11,5	10,5	10,2	-3,0	0,4
Ukrayna	42,2	43,8	43,0	41,5	41,9	1,0	1,5
İngiltere	19,0	19,4	18,2	17,2	15,3	-11,2	0,6
Diğer Avrupa ve Avrasya	14,2	14,4	15,3	15,9	16,4	2,8	0,6
Toplam Avrupa ve Avrasya	428,7	437,3	422,4	435,0	434,4	-0,1	15,9
Toplam Ortadoğu	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	1,0	*
Güney Afrika	126,6	126,0	124,1	133,9	136,9	2,2	5,0
Zimbabve	2,8	2,9	2,6	2,0	2,1	6,9	0,1
Diğer Afrika	1,2	1,2	1,4	1,3	1,4	6,3	*
Toplam Afrika	130,7	130,1	128,1	137,1	140,3	2,3	5,1
Avustralya	166,2	179,8	184,0	189,5	199,4	5,2	7,3
Çin	501,8	555,1	713,4	873,4	989,8	13,3	36,2
Hindistan	157,0	160,3	168,1	175,9	188,8	7,4	6,9
Endonezya	47,4	56,9	63,6	69,4	81,4	17,3	3,0
Japonya	1,7	1,8	0,8	0,7	0,7	-4,3	*
Yeni Zelanda	2,2	2,4	2,7	3,2	3,0	-9,6	0,1
Pakistan	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	-3,3	*
Güney Kore	1,9	1,7	1,5	1,5	1,4	7,0	0,1

Tablo 3.3. (devam)

Tayland	5,1	5,6	5,6	5,4	5,8	0	0,2
Vietnam	6,4	7,2	8,6	10,7	14,8	38,6	0,5
Diğer Asya Pasifik	19,3	19,7	19,0	19,3	19,7	2,5	0,7
Toplam Asya Pasifik	910,5	992,1	1169,0	1350,4	1506,3	11,5	55,1
DÜNYA TOPLAMI	2112,4	2227,0	2359,2	2548,7	2732,1	7,2	100

(1) Taşkömürü ve linyit gibi ticari katı yakıtlar, * %0.05'ten az.

Tablo 3.4 Dünya kahverengi kömür (Linyit) üretimleri (Milyon Ton)[36]

Ülkeler	2000	2001	2002	2003
Avustralya	67,4	65,0	68,6	64,6
Avusturya	1,2	1,2	1,4	1,2
Kanada	35,4	36,3	37,0	35,6
Çek Cum.	50,3	51,0	48,9	50,3
Fransa	0,3	0,3	0,1	0,0
Almanya	167,7	175,4	181,8	179,1
Yunanistan	63,9	66,3	70,5	68,3
Macaristan	14,0	13,9	13,0	13,2
Yeni Zelanda	0,2	0,2	0,2	0,3
Polonya	59,5	59,6	58,2	60,9
Slovak Cum.	3,6	3,4	3,4	3,1
İspanya	12,2	12,2	12,3	11,2
Türkiye	60,9	59,6	51,1	46,3
ABD	80,5	72,6	74,8	78,4
OECD Toplam	617,1	617,0	621,3	612,2
Hindistan	24,2	24,8	26,0	25,3
Kore	7,2	7,4	7,1	7,4
Malezya	0,3	0,5	0,3	0,3
Myanmar	0,1	0,1	0,1	0,1
Tayland	17,7	19,6	19,6	18,8
Diğer Asya Ülkeleri	4,2	4,3	4,4	4,4
Arnavutluk	-	-	0,1	0,1
Bulgaristan	26,3	26,5	25,9	27,1

Tablo 3.4. (devam)

Romanya	29,0	33,2	30,4	32,6
Bosna-Hersek	5,3	4,7	5,4	4,9
Makedonya	7,5	8,1	7,6	7,5
Sırbistan	34,2	32,5	35,8	40,1
Slovenya	4,5	4,1	4,7	4,9
Eski Yugoslavya	51,6	49,5	53,4	57,4
Estonya	11,7	11,8	12,4	14,7
Kazakistan	2,4	2,7	3,0	3,6
Kırgızistan	0,3	0,4	0,4	0,3
Rusya	87,8	83,3	74,0	78,4
Ukrayna	1,1	0,8	0,8	0,7
Özbekistan	2,5	2,7	2,5	2,4
Eski Sovyetler Birliği	105,9	101,7	93,0	100,2
İsrail	0,4	0,4	0,5	0,5
OECD Dışı Toplam	267,1	268,0	260,7	274,2
Dünya Toplamı	884,1	885,0	882,0	886,4

Üretiminin hemen hemen tamamı açık ocaklardan gerçekleştirilen linyit kömürleri büyük oranda elektrik üretiminde kullanılırken, bazı ülkelerde endüstride ve ev ısınmasında da kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde elektrik üretiminin yarısından fazlası linyit kömürü ile gerçekleştirilmektedir (Çek Cumhuriyeti, bazı Eski Yugoslavya Ülkeleri ve Yunanistan).

3.1.3 Dünya linyit tüketimi

Dünyada linyit kömürü ağırlıklı olarak elektrik enerjisi ve ısı üretimi amaçlı olarak tüketilmektedir. Ayrıca bazı sanayi sektörlerinde, konut, ticari ve kamu hizmetlerinde kullanılmaktadır. Tablo 3.5’de OECD ülkelerinde sektörler bazında linyit tüketimleri ve Tablo 3.6’da bazı ülkelerde elektrik ve ısı amaçlı linyit kömürü tüketim miktarları verilmiştir.

Tablo 3.5 Kullanım alanlarına göre OECD ülkelerinde linyit tüketimi (Milyon Ton)[36]

Kullanım Alanı	1978	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002
Elektrik ve Isı	427,96	454,32	569,77	602,63	565,42	582,17	588,04	588,95
Patent Yakıt	136,09	141,72	144,66	110,57	24,43	13,13	12,85	12,55
Sanayi	53,84	53,44	63,74	48,92	14,84	15,16	11,47	10,63
Konut, Ticari ve Kamu Hiz.	31,80	33,22	46,46	38,06	14,59	8,09	5,41	6,75
Enerji Dışı Kullanım	0,83	0,82	0,88	0,67	0,14	0,16	0,17	0,15
Toplam	666,47	697,41	843,22	815,50	629,74	627,58	626,05	626,45

Tablo 3.6 Bazı OECD ülkelerinde elektrik üretimi ve ısınma amaçlı linyit tüketimi (Milyon Ton)[36]

Ülkeler	2001	2002
Almanya	165,2	170,8
ABD	66,3	70,3
Yunanistan	66,7	68,2
Avustralya	64,2	67,8
Polonya	59,2	57,7
Türkiye	52,8	41,9
Kanada	41,0	41,6
Çek Cum.	41,9	40,7
İspanya	12,1	13,0
Macaristan	13,4	12,7
Slovak Cum.	3,6	2,7
Avusturya	1,5	1,4
Fransa	0,3	0,2
OECD (30) Toplam	588,0	588,9

3.1.4 Avrupa'da linyit madenciliği

Dünya kahverengi kömür (linyit) üretiminin çoğunluğunun yapıldığı Avrupa'da linyit, taşkömürü ile kıyaslandığında önemli, ucuz ve yerli bir enerji kaynağıdır. Linyit üretiminin çoğunluğu açık ocaklardan üretilmektedir. Üretimin tamamına yakını elektrik üretiminde, bazı ülkelerde de küçük miktarlarda endüstride ve ısınmada kullanılmaktadır.

Birkaç ülkede (Çek Cumhuriyeti, bazı Eski Yugoslavya Ülkeleri ve Yunanistan) elektrik üretiminin yarısından fazlası, Almanya, Macaristan ve Polonya'da elektrik üretiminin önemli bir bölümü linyitten sağlanmaktadır.

4. TÜRKİYE’DE MEVCUT DURUM

Türkiye’de linyit kömürü ağırlıklı olarak elektrik üretiminde ve ısı üretimi amaçlı olarak teshin ve sanayide kullanılmaktadır. Kullanım alanı olarak birincil enerji kaynaklarından olduğundan, linyit sektörünün Türkiye’deki mevcut durumunun öncelikli olarak Türkiye birincil enerji üretim ve tüketimi bazında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde 2004 yılında toplam birincil enerji arzı 87,58 milyon ton petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Bu arzın kaynaklara göre dağılımına bakıldığında; 32.922 bin tep ile petrol (% 37,6) ilk sırayı alırken, 29.190 bin tep ile katı yakıtlar (% 33,3), 20.292 bin tep ile doğalgaz (% 23,2) sıralanmaktadır. Katı yakıtlar içerisinde yer alan taşkömürü arzı 11.803 bin tep (% 13,47) ve linyit arzı 9.841 bin tep (% 11,23) olarak gerçekleşmiştir. Taşkömürü arzı içindeki yerli üretim 1.011 bin tep (1.881 bin ton) ve ithalat 10.506 bin tep’dir (16.427 bin ton). Yerli linyit üretimi 9.276 bin tep (43.709 bin ton) olmuştur.

Linyit üretimi, 1970’li yıllarda görülen petrol krizlerine bağlı olarak elektrik üretimi amaçlı linyit işletme yatırımlarının başlatılması ile birlikte artışa geçmiştir. 1970 yılında yaklaşık 5,8 milyon ton olan üretim 1998 yılında 65,2 milyon ton ile en yüksek değere ulaşmıştır. 2004 yılında linyit üretimi 43,7 milyon ton olmuştur. 1999 yılından itibaren başlayan üretim azalması, yerli linyitlerimizin elektrik üretimi amaçlı kullanımlarındaki azalma ile paralel olmaktadır. 2004 yılında 149.982,1 GWh olarak gerçekleşen elektrik üretiminin 22.470,5 GWh’lık bölümü linyit yakıtlı termik santrallerden üretilmiştir. Toplam üretim içindeki pay % 15’dir.

Türkiye’de linyit üretimi, hem yeraltı hem açık ocak işletmecilik yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Linyit rezervlerinin % 74’ü kamu sektörünün, kalan % 26’sı özel sektörün kontrolünde olup linyit üretiminin % 90’ı kamu sektörü, % 10’u özel sektöre aittir (2004 yılı).

4.1 Linyitin Bulunuşu ve Bölgeler

İlk defa 1899’da Balıkesir’de başlayan linyit üretimi, taşkömürü ile rekabet edemediğinden sürekli hale getirilememiştir. Karesi Sancağında Balya ve Karaydın Anonim Osmanlı Şirketi’ne ait Soma ocaklarından gerçekleştirilen linyit üretimi Birinci Dünya Savaşından hemen önce ancak 40.000 ton olarak yapılabiliştir.

Kilyos ve Karaburun arasındaki Aaçlı Linyitleri, Trakya’da Kırımandıra ve Ergene iftliğinde bulunan linyitler Harbiye Nezareti Levazım Dairesi tarafından 1915 yılında işletmeye alınmıştır.

Savaş sırasında Almanlar tarafından işletilen Aaçlı linyit ocaklarından 1913’te 38.000 ton, 1917’de 312.000 tona kadar üretim yapılmıştır. 1917’de Soma ve Aaçlı’da yapılan linyit üretimi 520.000 tona, 1918’de 333.000 tona, 1919’da 180.000 tona gerilemiştir. Aynı dönemlerde Bursa, Biga, Nazilli ve Keşan’daki linyit üretimi 20-30 binton arasında gerçekleşmiştir.

Cumhuriyetin kurulmasından sonra 1927 yılında Amasya-eltekte ve Manisa-Soma’da başlayarak birer ikişer yıl ara ile Tavşanlı ve Yerköy’de ilkel araaçlarla özel sektör tarafından linyit üretimi yapılmıştır. Daha sonra 1938 yılında Kütahya-Emet yakınındaki Değirmisaz sahasında, 1939 yılında Manisa-Soma ve Tavşanlı-Tunçbilek sahaslarında Etibank tarafından linyit üretimi yapılmıştır. Aynı yıl Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) faaliyete geçmiştir. 1957 yılına kadar Etbank’ın bir şubesi olarak yürütölen linyit işletmeciliği 1957 yılında TKİ’ye devredilmiştir. TKİ Kurumuna ait sahalardan 1989 yılında Sivas-Kangal, 1995 yılında Afşin-Elbistan, 2000 yılında ise Çayırhan sahaslarının EÜAş’ye devri ile linyit üreten kamu kuruluşu sayısı TKİ ve EÜAş olmak üzere ikiye yükselmiştir.

Asıl linyit arama faaliyetlerine 1935 yılında MTA'nın kurulmasıyla başlanmıştır. Etüt alışmaları, 1950 yılına kadar genel jeolojik etütler şeklinde yürütölmö olup, bu tarihten sonra çalışmalar, sondajlı aramalarla, sistemli ve uzun vadeli projeler şeklinde yürütölmöştür. 1967 yılına kadar nispeten iyi kaliteli kömürlerin etüt ve arama çalışmaları yapılmıştır. 1967 yılında ölkemizin en büyük kömür yatağı olan Elbistan Havzası’nın ortaya çıkması, düşük kaliteli kömürlerin termik santrallerde kullanılmasının gündeme gelmesi ile kömür arama çalışmaları hız kazanmıştır. Sondaj alışmaları 1965 ve 1984 yılları arasında MTA Genel Müdürlöğü uhdesinde artarak devam etmiştir. 1985 yılında yayınlanan 3213 sayılı Maden yasanının yürürlöğe girmesiyle sondaj faaliyetlerinde hızla düşöş ölmöş ve bu durum 2005 yılına kadar devam etmiştir. Linyit rezervlerimizin büyük bölöümü 1975-1990 yılları arasında bulunmuştur. 3213 sayılı yasanın bazı maddelerini değiştiren 5717 sayılı yasanın getirdikleri ile arama faaliyetleri canlanmıştır. 2005 yılı itibariyle başlatılan Linyit Rezervlerinin Geliştirilmesi Projesi çerçevesinde sondaj çalışmaları yeniden hız kazanmaya başlamış ve bu çalışmalar 2006 yılı başı itibariyle “Türkiye Maden ve Jeotermal Kaynak Rezervlerinin Geliştirilmesi ve Yeni Sahaların Bulunması Projesi” kapsamında sürdürölmektedir.

Linyit rezervleri Türkiye geneline yayılmış olup, Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde bulunmaktadır. Genel olarak Türkiye linyit yatakları Alp Orojenezinin etkisiyle oluşmuş dağ silsilelerinin arasında sıkışan çöküntü havzalarında gelişmiştir ve çökelim yaşları Eosen ve Geç Pliyosen arsında değişmektedir. Havzalar içinde linyitler çökelim ortamlarına bağlı olarak oldukça farklı kimyasal özellikler sunmaktadır. Bölgeler bazında linyitlerin dağılımı ve kimyasal özellikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Tabloya göre linyit rezervi açısından en zengin bölgenin Güney-Orta Anadolu olduğu görülmektedir. En yüksek ısıl değere sahip linyitler ise Kuzey-Batı Anadolu'da bulunmaktadır.

Tablo 4.1 Türkiye'de linyit rezervlerinin bölgesel dağılımı ve ortalama kimyasal özellikleri

BÖLGELER	REZERV (10⁹Ton)	NEM (%)	KÜKÜRT (%)	KÜL (%)	ISIL DEĞER (KCal/Kg)
KUZEY-BATI ANADOLU BÖLGESİ (Kütahya-Balıkesir- Bursa-Manisa-Çanakkale)	1,8	20	1,7	20	3.500
GÜNEY-ORTA ANADOLU BÖLGESİ (Adana-K.Maraş)	3,7	50	2,0	20	1.200
İÇ ANADOLU BÖLGESİ (Ankara-Konya-Çankırı- Çorum-Yozgat-Sivas)	1,4	30	3,2	25	3.000
GÜNEY BATI ANADOLU BÖLGESİ (Aydın-Muğla-Denizli- Isparta-Burdur-Afyon)	0,9	30	2,0	20	2.500
TRAKYA BÖLGESİ (Tekirdağ-Edirne-Kırklareli-İstanbul)	0,35	30	3,0	20	2.500
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ (Bingöl-Erzincan- Erzurum-Van)	0,15	20	1,2	20	3.000
TOPLAM	8,3	36,5	2,1	21	2.240

4.2 Linyit Rezervleri ve Özellikleri

Ülkemiz, çok sınırlı doğal gaz ve petrol rezervine karşın, linyit rezervi bakımından zengindir. Linyit rezervleri ülke geneline yayılmıştır. Hemen hemen bütün coğrafi bölgelerde ve 37 ilde linyit rezervlerine rastlanılmaktadır. MTA, TKİ ve EÜAŞ verilerine göre yapılan

değerlendirmeye göre 2005 yılı itibariyle linyit rezervinin 8,22 milyar ton olduğu belirlenmiştir. 2005 yılı itibariyle TKİ Kurumuna ait sahalarda 2,47 milyar ton, EÜAŞ'ne ait sahalarda 3,65 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Linyit rezervlerinin yaklaşık % 29'u TKİ, % 45'i EÜAŞ ve % 26'sı ise özel sektör elindedir. Ülkemizin en büyük linyit rezervine sahip olan Afşin-Elbistan havzasındaki rezervin TKİ tarafından yapılan amenajman planlaması sonucu yaklaşık 1 milyar ton daha arttığı rapor edilmiştir. Ancak, Elbistan havzasındaki MTA tarafından yapılan arama ve sondaj faaliyetleri devam ettiğinden gerçek rezerv bu çalışmalar sonucunda netlik kazanacaktır.

Genel olarak, ülkemiz linyitlerinin kalitesi düşüktür. Toplam linyit rezervinin % 0,84'ü 4.000 Kcal/kg'dan yüksek, % 5,16'sı 3.001-4.000 Kcal/kg aralığında, % 24,5'i 2.001-3.000 Kcal/kg aralığında, % 66,32'si 1.000-2.000 Kcal/kg aralığında ve % 3,18'i ise 1.000 Kcal/kg'dan azdır.

4.3 Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar

Türkiye'de linyit üretiminin büyük bölümü kamu kuruluşları eliyle gerçekleştirilmektedir. 1978 yılında yürürlüğe giren 2172 Sayılı Yasa'ya dayalı olarak aynı yıl ülkedeki linyit ve asfaltit sahalarının büyük bölümü devletleştirilmiş, böylece Türkiye'de kömür madenciliği büyük bölümüyle devlet kontrolüne geçmiştir. 1983 yılında yürürlüğe giren 2840 Sayılı Yasa ile, devletleştirilen linyit madenlerinden bir bölümünün eski sahiplerine iadesi sağlanmışsa da devletin kömür madenciliği alanındaki ağırlığı halen devam etmektedir. Maden İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılı itibariyle işletme ruhsatlı kömür sahası sayısı 341'dir.

4.3.1 Mevcut kapasiteler ve kullanım oranları

Türkiye'de halen faaliyet gösteren ve 2004 yılı itibariyle tüvenan üretim miktarları 20.000 ton/yıl düzeyinin üzerinde olan ve kömür işletme ruhsatlı kömür sahalarında üretim yapan kamu ve özel sektör kuruluşları Tablo 4.2.a'da verilmiştir. Tabloda kamu kuruluşlarına ait sahalarda sözleşme karşılığı üretim yapan özel sektör firmaları yer almamaktadır. Bu şekilde üretim yapan özel sektör kuruluşları Tablo 4.2.b'de verilmiştir. 2004 yılı tüvenan üretim miktarları ve proje kapasite değerleri dikkate alındığında toplam kapasitenin 80 milyon ton/yıl üzerinde olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 4.2 Linyit sektöründe üretim yapan kamu ve özel sektör kuruluşları

Sektörde Üretim Yapan Kuruluşlar		İşletme	2004 Yılı Üretimi (Tüvenan Ton)	Kapasite (Ton/yıl)	
Kamu Kuruluşları					
1	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu	ELİ	Soma	9.344.918	14.000.000
			Çan	682.108	2.300.000
		GLİ	Tavşanlı	5.207.000	5.500.000
			İlgın	309.055	500.000
		SLİ	Seyitömer	4.403.115	7.500.000
			Orhaneli + Keles	527.271	2.000.000
		GELİ	Yatağan	3.058.000	4.000.000
			Milas	4.801.589	10.500.000
		Diğer		154.895	1.000.000
		Toplam		28.487.951	47.300.000
2	Elektrik Üretim A.Ş.	Elbistan		6.153.150	17.000.000
		Kangal		3.410.617	3.800.000
		Çayırhan		4.198.346	4.500.000
		Toplam		13.762.113	25.300.000

Tablo 4.2 (devam)

Özel Sektör Kuruluşları					
	Ruhsat Sahibi Adı-Soyadı- Ünvanı	İl	İlçe	2004 Yılı Üretimi (Tüvenan Ton)	Kapasite (Ton/yıl)
3	Adıyaman Gölbaşı Kömür İşl. A.Ş.	Adıyaman	Gölbaşı	104.956	155.000
4	Akçelik Maden.Tic Ve San A.Ş.	İstanbul	Eyüp	82.478	100.000
5	Akyüz Ve Atalay Mad. Tic.Ltd.Şti	İstanbul	Çatalca	25.747	40.000
6	Amasya İl Özel İdare Müdürlüğü	Amasya	Taşova	201.297	250.000
7	Atay Holding A.Ş.	Aydın	Merkez	400.576	430.000
8	Atılal Madencilik Ltd.Şti.	Kütahya	Gediz	50.822	60.000
9	Bükköy Mad.Tur.Ve Tic. A.Ş.	Manisa	Akhisar	20.435	25.000
10	Canel Mad.Tic.Ve San.A.Ş.	İstanbul	Eyüp	103.645	120.000
11	Doğan Madencilik San. ve Tic. A.Ş.	Yozgat	Sorgun	24.248	900.000
12	Ergören Mad. San. Ve Tic. Ltd. Şti.	İstanbul	Şile	178.760	200.000
13	İrfan Pullukcu	Tekirdağ	Malkara	80.000	100.000
14	Kalan Mad. San. ve Tic. A.Ş.	Çanakkale	Çan	28.192	50.000
15	Karabeyler Mad. San.ve Tic. Ltd. Şti	Balıkesir	Kepsut	92.790	100.000
16	Karaelmas Madencilik Ltd. Şti.	Kütahya	Gediz	26.000	100.000
17	Kömür İşletmeleri A.Ş	Karaman	Başyayla	53.188	60.000
18	Köprü Mad.San.ve Tic.A.Ş.	Edirne	Keşan	23.636	25.000
19	Kut Mad. A.Ş	İstanbul	Eyüp	46.776	200.000
20	Kutman Ticaret Ltd.Şti.	İstanbul	Eyüp	103.335	150.000
21	Linfa Madencilik A.Ş	Balıkesir	Gönen	68.181	80.000
22	Mil-Ten Müt. Haf ve Tic. Ltd. Şti.	İstanbul	Çatalca	125.579	350.000
23	Piriştine Mad.Tic.Ltd.Şti	Balıkesir	Dursunbey	33.780	122.000
24	Sert Holding A.Ş.	Manisa	Soma	540.000	550.000

Tablo 4.2 (devam)

25	Soma Kömür İşl.A.Ş.	Manisa	Soma	561.959	1.000.000
26	Söke Şekerler Mad. Tic.Ltd.Şti	Aydın	Söke	46.248	100.000
27	Şah Metal Madencilik Tic Lt.Şti	Balıkesir	Dursunbey	113.954	175.000
28	Şen Mdn San.Tic A.Ş.	Balıkesir	Dursunbey	176.671	200.000
29	Tire Linyit San. ve Tic.A.Ş.	İzmir	Tire	27.500	30.000
30	Tümsan İnş.Mad. San.ve Tic.Ltd.Şti.	Eskişehir	Mihalıççık	40.848	50.000
31	Uygunlar Mad. ve Tic. A.Ş.	İstanbul	Eyüp	23.994	45.000
32	Ünsa Mad.Turz.Enerji	Kütahya	Gediz	148.425	150.000
33	Yanarelmas Mad.Nak.Paz.Ltd.Şti.	Bolu	Mengen	39.800	40.000
34	Yeni Çeltek Kömür ve Mad. A.Ş.	Amasya	Merzifon	81.400	130.000
35	Yeni Çeltek Kömür ve Mad. A.Ş.	Yozgat	Sorgun	107.565	150.000
36	Yeniköy Maden İşl.ve Tic.Ltd.Şti.	İstanbul	Çatalca	34.745	50.000
37	Yılmaz Mad. San.ve Tic.Aş.	Çorum	İskilip	25.232	30.000
38	Yunus Madencilik Kömür İsl.Ltd.Sti	Edirne	Süloğlu	26.000	30.000
	Toplam			3.868.762	6.347.000
	Genel Toplam			46.118.826	78.947.000

Not: Özel sektör kuruluşları üretim ve kapasite değerleri MİGEM verilerinden elde edilmiştir. Üretimleri 20.000.ton/yıl üzerinde olan firmalar listeye dahil edilmiştir.

Tablo 4.3 Kamu kuruluşları sahalarında kömür üretim yapan özel sektör firmaları

Firma Adı	Üretim Yeri	Sözleşme Türü	Kapasite (Ton/yıl)	2004 Yılı Üretimi (Ton)	2005 Yılı Üretimi (Ton)
Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu					
Ş. Şimşek	Görmes-Manisa	Rödevans	2.600	2.643	-
Uyar	Soma-Manisa	Rödevans	300.000	80.286	275.174
Kömür A.Ş.	Balya-Balıkesir	Rödevans	100.000	51.701	101.430
Duraksan	Balya-Balıkesir	Rödevans	10.000	8.218	7.226
Aydın	Ören-Muğla	Rödevans	5.000	4.224	4.417
Aşkale Çimento	Oltu-Erzurum	Rödevans	28.000	12.995	-
Çelikler	Dodurga-Çorum	Rödevans	300.000	303.579	289.867
Bilgin	Malkara-Tekirdağ	Rödevans	3.000	3.444	895
K.A. Madencilik	Mengen-Bolu	Rödevans	3.000	3.018	-
Şırnak Valiliği	Merkez-Şırnak*	Rödevans	750.000	721.900	737.703
Ceytaş	Silopi-Şırnak*	Rödevans	100.000	8.271	-
İmbat	Soma-Manisa	Rüçhan Hakkı- Rödevans	1.500.000	57.634	1.639.945
Soma A.Ş.	Soma-Manisa	Rüçhan Hakkı- Rödevans	1.000.000	-	234.005
Park Teknik	Tunçbilek-Kütahya	Hizmet Alımı	550.000	-	215.505
Elektrik Üretim A.Ş.					
Demir Export	Kangal-Sivas	Hizmet Alımı	3.800.000	3.410.617	4.798.685
Park Teknik	Çayırhan-Ankara	Hizmet Alımı	2.700.000	2.682.167	2.631.277
Park Termik	Çayırhan-Ankara	İşletme H.D.	1.800.000	1.560.179	1.709.556

* Asfaltit sahalarıdır.

4.3.2 Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu

Üretimlerini tamamen termik santraller ile ısınma ve sanayinin talebine bağlı olarak gerçekleştiren TKİ Kurumu Ülkemizin en büyük linyit üreticisi durumundadır. Halen, TKİ'nin gerçekleştirdiği projelerle kömür ihtiyacı karşılanan termik santrallerin üretim kapasiteleri, Türkiye'nin toplam elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık % 21'ini oluşturmaktadır.

TKİ Kurumu Ankara’da bulunan Genel Müdürlük Merkez Teşkilatı ve taşrada 4 Müessese Müdürlüğü, 4 İşletme Müdürlüğü, 1 Kontrol Müdürlüğü ve 3 Kontrol Başmühendisliği ile faaliyetlerini sürdürmektedir.

Taşrada bulunan Müessese, İşletme, Kontrol Müdürlükleri ve Kontrol Başmühendisliklerinin yerleşim yerleri şunlardır:

- BLİ : Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Orhaneli / BURSA
- ÇLİ : Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Çan / ÇANAKKALE
- ELİ : Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü Soma / MANİSA
- GELİ : Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü Yatağan / MUĞLA
- GLİ : Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü Tavşanlı / KÜTAHYA
- İLİ : Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Ilgın / KONYA
- SLİ : Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü Seyitömer / KÜTAHYA
- YLİ : Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Milas / MUĞLA
- SK Md.: Silopi Kontrol Müdürlüğü Silopi / ŞIRNAK
- Saray Kontrol Başmühendisliği Saray / TEKİRDAĞ
- Göynük Kontrol Başmühendisliği Göynük / BOLU
- Dodurga Kontrol Başmühendisliği Dodurga / ÇORUM

Kurum uhdesinde 87 adet linyit, 2 adet asfaltit ve 3 adet bitümlü şist olmak üzere 92 adet ruhsatlı saha bulunmakta olup bu sahalarda 2005 yılı itibariyle toplam 2.468.256.000 ton linyit, ve asfaltit rezervi tespit edilmiştir. Kuruma ait ruhsatlı sahalarda kömür arama çalışmalarına 2005 yılından itibaren yeniden hız verilmiştir.

Kuruma bağlı İşletmelerde kömür üretimi açık ocak ve yeraltı ocaklarından yapılmaktadır. Üretilen kömürlerin ağırlıklı bir kısmı Termik Santrallere verilmekte ve ayrıca teshine satış yapılmaktadır.

4.3.2.1 Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (ELİ)

Müessese Müdürlüğü olarak faaliyet gösteren işletmenin merkezi Soma’da olup, Manisa’ya 90 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ’ye ait, yaklaşık 20,6 bin hektarlık alanı kapsayan Soma, Deniz ve Eynez sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanlarda, alt ısıl değeri 1500–3340 Kcal/kg olan ve yaklaşık % 63’ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 572 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

İşletmenin yıllık proje üretim kapasitesi, 14 milyon ton düzeyindedir. 1.034 MW (2x22, 6x165) gücündeki Soma Termik Santrali ünitelerine yakıt temin etmekte ve halen satışlarının % 35 i olmak üzere piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

2005 yılı verilerine göre üretimin yaklaşık % 70-75'nin yapıldığı açık ocak üretim çalışmalarında ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. Ayrıca, üretimin yaklaşık % 2-5'i yeraltı işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, bu oranın artırılması yönünde son yıllarda etüt ve proje çalışmaları yoğunlaştırılarak devam etmektedir.

2000–2004 dönemi, 1 ton kömür için ortalama 8,12 m³ dekapaj yapılan İşletmede, % 65'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 50–90 milyon m³ arası dekapaj yapılmaktadır. Ayrıca, satış öncesi kömür kalitelerini iyileştirmek amacıyla Soma'da kömür ayıklama ve lavvar tesisleri bulunmaktadır.

4.3.2.2 Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (CLİ)

Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren İşletme Müdürlüğünün merkezi Çan'a 1 km, Çanakkale'ye 76 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 2,4 bin hektarlık alanı kapsayan Çan linyit sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısıl değeri 2.000-3.000 Kcal/kg olan ve tamamı açık ocak işletmeciliği ile alınabilecek toplam 89 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır. İşletmenin yıllık üretim kapasitesi 2,3 milyon ton olarak projelendirilmiştir. 2004 yılında tamamlanarak deneme çalışmalarına başlanılan 2x160 MW gücündeki akışkan yataklı Çan Termik Santralinin yıllık 1,8 milyon ton kömür ihtiyacının bu işletmeden karşılanması ve piyasaya 0,5 milyon ton kömür satılması hedeflenmektedir.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. Çan Tevsii Projesiyle, yıllık 1 ton kömür için ortalama 12 m³ yapılması hesaplanmıştır. Yine, yaklaşık % 50'si müteahhit eliyle olmak üzere yıllık 27 milyon m³ dekapaj yapılması öngörülmektedir.

4.3.2.3 Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (GELİ)

Müessese Müdürlüğü olarak faaliyet gösteren İşletmenin merkezi Yatağan'a 8 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 14,1 bin hektarlık alanda yer alan Tınaz, Bağyaka ve Eskihisar bölümlerinde üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısııl değeri 1.500-2.670 Kcal/kg olan 158 milyon ton linyit rezervi bulunmakta, diğer sahalarla birlikte, yaklaşık % 54'ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 164 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Yıllık proje üretim kapasitesi, 5,4 milyon ton düzeyindedir. 3x210 MW gücündeki Yatağan termik Santraline yakıt temin etmekte ve halen satışlarının tamamına yakını (% 98'i) termik santrallere olmak üzere, piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır. Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. 2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 5,25 m³ dekapaj yapılan İşletmede, % 50'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 20-25 milyon m³ arası dekapaj yapılmaktadır.

4.3.2.4 Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (YLİ)

Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı olarak faaliyet gösteren İşletme müdürlüğünün merkezi Milas'a 23 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 19,8 bin hektarlık alanı kapsayan Milas-Gürceğiz'deki Sekköy, İkizköy, Hüsamlar ve Karacahisar sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısııl değeri 1650-2260 Kcal/kg olan yaklaşık % 51'i yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 267 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır. Üretim kapasitesi, İşletme toplamı 7,4 milyon ton olarak projelendirilmiştir. Üretilen kömürlerin hemen hemen tamamı 2x210 MW gücündeki Yeniköy ve 3x210 MW gücündeki Kemerköy Termik santrallerine verilmektedir. Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 2,57 m³ dekapaj yapılan İşletmede, % 45-65 civarında müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 20-25 milyon m³ arası dekapaj yapılmaktadır.

4.3.2.5 Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (GLİ)

Müessese Müdürlüğü olarak faaliyet gösteren işletmenin merkezi Tavşanlı'da olup, Kütahya'ya 45 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 13,5 bin hektarlık alanı kapsayan Tunçbilek sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanda, alt ısııl değeri 2560 Kcal/kg olan yaklaşık % 83'ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 305 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesi, yeraltı işletme projeleri toplamı 2,35 milyon ton olmak üzere 6,1 milyon ton düzeyindedir. Toplam 429 MW (2x32, 1x65, 2x150) gücündeki Tunçbilek Termik Santrallerine yakıt temin etmekte ve halen satışlarının % 60 olmak üzere piyasanın (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

Ayrıca, satış öncesi kömür kalitelerini iyileştirmek amacıyla Tunçbilek ve Ömerler'de kömür ayıklama ve lavvar tesisleri bulunmaktadır. Üretimin yaklaşık % 85-90'ının yapıldığı açık ocak üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. Yeraltı İşletmeciliği uygulanan Tunçbilek'de göçertmeli dönümlü klasik uzun ayak sistemi, Ömerler'de ise göçertmeli dönümlü tam mekanize uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Yeraltı işletmeciliği üretiminin % 10-15 olan oranının artırılması yönünde son yıllarda etüt ve proje çalışmaları yoğunlaştırılarak devam etmektedir. 2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 14,16 m³ dekapaj yapılan İşletmede, % 65'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 60-70 milyon m³ arası dekapaj yapılmaktadır.

4.3.2.6 Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (İLİ)

Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı olarak faaliyet gösteren İşletme Müdürlüğü'nün merkezi Ilgın'a 24 km, Konya'ya 112 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 5,6 bin hektarlık alanı kapsayan Ilgın-Gölyaka sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanda kömür rezervi tükenmek üzeredir.

Ancak, Ilgın Linyit oluşumunun rezervinin geliştirilmesi ve yeni rezerv bulunmasına yönelik sondaj çalışmaları yapılmıştır. Ilgın-Çavuşlu sahasında 2004 yılında yapılan sondaj çalışmaları sonucunda 8,165 milyon ton olarak tespit edilen rezerve ait proje çalışmaları tamamlanmış olup, işletmeye geçme çalışmaları devam etmektedir.

Halen işletmenin üretim yaptığı alanda, alt ısı değeri 2.180 Kcal/kg olan yıllık yaklaşık 300 bin ton kömür üretilerek yörenin kömür talebi karşılanmaktadır. Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. 2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 0,42 m³ dekapaj yapılan İşletmede, kömür üstünün tamamen açılması nedeniyle ana dekapaj faaliyetleri sona ermiştir.

4.3.2.7 Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (SLİ)

Müessese Müdürlüğü olarak faaliyet gösteren işletmenin merkezi Seyitömer'de olup Kütahya'ya 28 km mesafededir. İşletme, ruhsatları TKİ'ye ait, yaklaşık 6,9 bin hektarlık toplam

alanı kapsayan Seyitömer sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanda, alt ısıl değeri 2080 Kcal/kg olan toplam 167 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesi 7,5 milyon ton düzeyinde olan İşletme, 4x150 MW gücündeki Seyitömer Termik Santrali'ne yakıt temin etmekte ve piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır. Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. 2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 2,57 m³ dekapaj yapılan İşletmede önümüzdeki yıllarda yapılacak 20-25 milyon m³ dekapajın % 30-50'sinin müteahhit imkanları ile yaptırılması planlanmaktadır.

4.3.2.8 Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (BLİ)

Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesine bağlı olarak faaliyet gösteren İşletme Müdürlüğü'nün merkezi Orhaneli'ye 18 km, Bursa'ya 55 km mesafededir. İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 15,8 bin hektarlık alanı kapsayan Orhaneli-Gümüşpınar ile Keles-Harmanalanı linyit sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanlarda, alt ısıl değeri 1900-2500 Kcal/kg olan 67 milyon ton rezerv bulunmaktadır. Halen işletilmesi ekonomik olmayan Davutlar sahası ile rezerv miktarı 106 milyon ton olmaktadır. Yıllık üretim kapasitesi 2,3 milyon ton olan bu işletme, 210 MW gücündeki Orhaneli Termik Santrali'ne yakıt temin etmekte ve piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. 2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 8,9 m³ dekapaj yapılan İşletmede % 50'lere varan müteahhit dekapajı ile yıllık toplam 15-20 milyon m³ dekapaj yapılmaktadır.

4.3.3 Elektrik Üretim Anonim Şirketi

Devletimizin enerji ve ekonomi politikasına uygun olarak, verimlilik ve kârlılık esasına göre üretim faaliyetlerinde bulunan Şirket, ülkemiz elektrik ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayarak bugün 10.000'in üzerinde çalışanı ile enerji alanında dünyanın ve ülkemizin önde gelen kuruluşları arasında yer almaktadır. Ayrıca Elektrik Üretim Anonim Şirketi gerektiğinde santrallerin enerji üretiminde kullanılan veya kullanılacak olan yakıt ve diğer hammadde sahalarını işletmek veya işletirmekle de görevlendirilmiştir.

Elektrik enerjisini verimli, kaliteli, sürekli, çevreye saygılı ve düşük maliyetli bir şekilde üretmek ve görevlendirilmesi halinde en uygun üretim tesisini kurmak” amaç ve misyonuyla hareket eden EÜAŞ;

- Elektrik üretiminde yerli kaynak kullanımına önem gösterilmesini,
- Kaliteli ve ucuz elektrik üretimi için, verimlilik ve tasarruf tedbirlerinin uygulanmasını,
- Elektrik enerjisinin, tüm tüketicilere yeterli, kaliteli, sürekli ve düşük maliyetli bir şekilde sunulmasını,
- Avrupa Birliği müktesebatına uyum çerçevesinde, serbestleştirilme çalışmalarına katkıda bulunulmasını,
- Serbest piyasa mantığı çerçevesinde, kendisinde kalacak olan santrallerin en optimum şekilde işletilmesini hedeflemektedir.

Bu hedefler doğrultusunda, EÜAŞ Genel Müdürlüğü, çalışanlarıyla bir bütün halinde, Türk halkının refahını artırma ve ülkemizin sürdürülebilir kalkınması için çevreye saygılı, kaliteli, ucuz, güvenilir şekilde üretim yapan bir elektrik üretim şirketi olmayı ilke edinmiştir. EÜAŞ bünyesinde bulundurduğu 5.047 MW gücünde kömüre dayalı termik santral ile ülkemizin en büyük kömür tüketicisi kuruluşudur.

4.4 Kömür Üretim Yöntemleri

4.4.1 Açık İşletme Yöntem ve Teknolojileri

Türkiye linyit üretiminin yaklaşık % 90'ı açık işletme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Açık İşletmelerde kullanılan iş makinelerindeki son yıllardaki gelişen teknolojiye paralel olarak büyük gelişmeler olması, kapasitelerin artması, açık işletme üretimlerinde büyük artışların olmasını sağlamıştır. Açık İşletmelerde üretim sistemleri, sürekli ve süreksiz üretim sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

a. Sürekli Sistem

Sürekli Üretim Sistemi; kazı, yükleme ve nakliyatın kesintisiz olarak yapıldığı bir sistemdir ve büyük işletmelerde tercih nedenidir. Bu sistemde, döner kepçeli ekskavatör ve zincirli ekskavatör, surface miner gibi kazıcı-yükleyici makineler ve nakliye sistemi olarak da bant-konveyör, aktarıcı konveyör ve demiryolu nakliyatı kullanılmaktadır. EÜAŞ-Elbistan açık işletmesinde herbiri 3.000 m³/saat kazı-yükleme kapasitesinde 6 adet döner kepçeli ekskavatör

ile her biri 5.600 m³/saat malzeme dökme kapasitesine sahip 5 adet dökücü, teorik kapasitesi 10.500 ton/saat olan 50 km uzunlukta bant konveyör hattı bulunmaktadır.

b. Süreksiz Sistem

Bu sistemde kullanılan iş makineleri çok çeşitlilik göstermekte, genel olarak orta ve küçük ölçekli işletmelerde uygulanmaktadır. En yaygın sistemler, ekskavatör-kamyon, ekskavatör-yükleyici-kamyon, dragline-ekskavatör-kamyon sistemleridir. Ülkemizde linyit açık işletmelerinde mevcut dragline kapasiteleri Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Türkiye'deki dragline kapasiteleri

İşletme	Kapasiteler
Tunçbilek	20 yd ³ ve 40 yd ³ (2 adet)
Seyitömer	70 yd ³
Yatağan	65 yd ³
Sekköy	32 yd ³ (2 adet)
Tınaz	30 yd ³
Orhaneli	33 yd ³
Kangal	65 yd ³

Kaynak : TKİ

TKİ'nin çeşitli üretim bölgelerinde kepçe kapasiteleri 1-20 yd³ arasında değişen ekskavatörler (elektrikli ve hidrolik), 0,7-10,3 m³ arasında değişen yükleyiciler ve 35-170 short ton kapasiteli, çeşitli markada çok sayıda kamyon çalışmaktadır. Özel sektörde kullanılan iş makineleri düşük kapasitelidir. EÜAŞ'ne bağlı Sivas-Kangal'da 25 yd³'lük ekskavatör de mevcuttur. Günümüzde değişen teknolojiye paralel olarak, dünyada ekskavatör kapasiteleri 70 yd³'e, dragline kapasiteleri ise 220 yd³'e çıkmıştır. Kazılan malzemenin taşınmasında, kapasitesi 350 short tona ulaşan kamyonlar açık işletmelerde kullanılmaktadır. Açık işletmeye uygun rezervlerin derinlikleri arttıkça, yüksek verimle çalışan büyük iş makinelerinin kullanımlarının artması kaçınılmaz bir gerçektir.

4.4.2 Yeraltı işletme yöntemi ve teknolojisi

Yeraltı işletme yöntemleri, açık işletme yöntemleri ile kıyaslandığında çok çeşitlilik göstermektedir. Türkiye kömür madenciliğinde yeraltı üretim yöntemleri kazı arınının durumuna göre; uzun kazı arınlı (uzun ayak, diyagonal ayak), dar kazı arınlı (tavan ayak, taban ayak), topuklu (göçertmeli topuklu, dolgulu topuklu, çapraz topuklu, travers ayak, arakatlı topuklu ayak), oda yöntemleri (oda - topuk yöntemi, tali katlı göçertme) ve blok yöntemleri

olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar içinde en yaygın uygulama alanı bulan uzun ayak işletmeciliğidir ve ilerletimli veya dönümlü ve göçertmeli veya dolgu uzun ayak olarak uygulanmaktadır.

TKİ'nin; GLİ-Tunçbilek, ELİ-Eynez ve EÜAŞ-Çayırhan Sahalarında mekanize uzun ayak işletmeciliği yapılmaktadır. Çayırhan İşletmesi'nde 220 metre ayak ve 1.200-1.800 metre pano uzunluğundaki tam mekanize iki panodan bir yılda 1,8 milyon ton kömür üretimi planlanmıştır. Tunçbilek Bölgesi'nde 7-8 metre kalınlığındaki kömür damarının 2,8 metrelik kısmı 90 metre uzunluğundaki arın kazısı olarak mekanize kazı ile üretilmekte, taban ayak arkasında kalan kömür göçertilerek alınmaktadır. Aynı yöntem ELİ Soma-Eynez'de uygulanmaktadır. Ancak buradaki ayak uzunluğu 30-50 metre arasında değişmektedir.

Yeraltı kömür madenciliğinde tam mekanize üretime geçilmesi ile, üretimin artırılması, maliyet içindeki işçilik payının azalması ve genel maliyetin düşürülmesi, verimlilik ve emniyetin artırılması sonucunda yeraltı kömür üretiminin ülke ekonomisine katkısının artırılması hedeflenmiştir.

4.5 Kömür Hazırlama Teknolojileri

Kömür hazırlama teknolojilerinde özellikle 0,5 mm'nin üzerindeki kömür boyutu için gelişimler tamamlanmış ve birbirinin alternatifi çeşitli yöntemler ortaya konmuştur. Bu yöntemlerde temel prensipler aynı ancak aygıt dizayn farklılıkları söz konusudur. 0,5 mm'den ince boyuta sahip kömürlerin değerlendirilmesi için, alternatif yöntemlerin gelişim süreci ise devam etmektedir. Burada endüstriyel uygulamada yer alabilmek ekonomikle ilişkili olmaktadır. Teknolojik olarak uygulanabilirliği kanıtlanmış birçok yöntem mevcuttur.

Kömürün değerlendirilmesinde izlenecek yolun seçimi en önemli aşamadır. Kömür özellikleri, kömürün olası kullanım alanındaki beklentiler, kömüre uygulanacak prosesin seçimi açısından yol göstericidir. Seçilecek proses, kömür kalitesinin yanında maliyetler açısından da önemli olmaktadır. Yatırımcı burada seçim yaparken, maksimum ekonomik faydayı sağlamayı hedeflerken, uymak zorunda olduğu limit değerleri de göz önüne almak zorundadır.

Kömür hazırlama işlemlerinde teknoloji seçiminde kömürün değeri de önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de toz kömürlerle, iri kömürler arasında fiyatlandırma açısından önemli farklar vardır. Toz kömür fiyatları daha düşüktür. Kömür yıkama prosesleri açısından bakıldığında ise, toz kömür yıkama proseslerinin maliyeti daha yüksektir. Buna ayrıca termal kurutmanın da eklenmesi gerekirse, o zaman toz kömür hazırlama maliyetleri daha da yükselmektedir. Kömür hazırlamaya karar verirken cevap verilmesi gereken bazı sorular vardır.

- Kömür hangi miktara kadar, dolayısıyla da hangi kül oranına kadar kazanılacaktır?
- Maliyetler ne olacaktır?
- Ve yatırımcı bundan ne fayda sağlayacaktır?

Bu sorular cevaplandırılırken, aynı zamanda uygun aygıt kullanımı da önemlidir. Kömür hazırlama tesisi seçilirken ve kurulurken dikkat edilmesi gereken belli kurallar vardır.

- Öncelikle kömür özellikleri çok iyi tespit edilmelidir. Böylece kömürün türü, yaş yöntemlerle yıkamaya uygun olup olmadığı, tane iriliği dağılımı, yıkama sonrası olası ürün kaliteleri ve miktarları hakkında bilgi üretmek mümkün olacaktır.
- Tesis kapasitesi seçiminde kömür rezervi yanında, üretim kapasitesi, üretimin mevsimsel şartlardan etkilenme durumu, hedef piyasanın büyüklüğü ve yıkama maliyetleri göz önüne alınmalıdır.
- Yıkama yöntemi ve aygıt seçiminde de, ilk yatırım tutarının büyüklüğü, aygıtın verimliliği, çalışma şartlarının kontrol edilebilirliği, kömür yıkanabilme özelliği, ürün kalitesindeki sınırlamalar önemli faktörler olmaktadır.

Tüm bunlara ilaveten yatırımcının mali gücü, kapasiteyi büyük tutma olanakları, bunlara bağlı olarak otomatik kontrol sistemlerini tesise kurabilme gibi etkenler bir kömür hazırlama tesisi kuruluşunda akla gelen ilk sorular olmalıdır.

Türkiye’de kömür hazırlama işlemleri 1990’lı yıllara kadar üzerinde pek durulmayan, sadece kamu tarafından kurulan tesislerle gündeme gelen, özel sektör tarafından hiç değerlendirmeye alınmayan bir konu olmuştur. Bu sürece kadar özel sektörde ve devlet eliyle işletilen bir çok linyit sahasında sadece eleme işlemleriyle piyasaya kömür verilmiştir. Değişen şartlar gereği giderek artan çevresel baskılar ve ithal kömürün getirdiği rekabet ortamı, devletin yanında özel sektör firmalarını da kömür yıkama konusuna eğilmeye itmiştir. Ancak burada, özel sektör açısından en önemli sorun deneyimsizlik ve yatırım maliyetlerini düşük tutma kaygısı ile yeterli araştırmaları yapmadan bu işe girişmeleri olmuştur. Özel sektörce kurulan tesislerin çoğunluğu belirli bir projelendirme doğrultusunda, bilimsel verilere dayalı olarak kurulan tesisler olmamış, genelde kopyalama esaslı, kömüre uygunluğu araştırılmamış tesisler kurulmuştur. Bu nedenle istenen verimler elde edilememiştir. Bilgi eksikliğinden de, kömür ne olursa olsun yıkandığında kaliteli bir ürün ortaya çıkacağı beklentisi ile bir çok yanlış yatırım yapılmıştır.

Ülkemizdeki kömür hazırlama uygulamaları, birçok alanda olduğu gibi kamu işletmeleri tarafından başlatılmıştır. İlk tesisler 1950'li yıllarda kurulmuş ve uzun yıllar sadece bu tesislerle kalınmıştır.

Linyit kömürlerinin yıkanması için kurulmuş olan tesislere baktığımızda, ilk tesisin 1952 yılında kurulan Soma Lavvarı olduğu görülmektedir. Bu lavvar 1994 yılında verimsizliği nedeniyle devre dışı bırakılmıştır. İkinci linyit lavvarı Tunçbilek kömürleri için 1958 yılında kurulmuştur. 700 t/s kapasiteli bu tesiste iri kömürler ağır ortam tamburunda, ince kömürlerin, yarısı ağır ortam siklonunda, yarısı feldispat yataklı jigde yıkanmaktadır. 1984 yılında toz kömürü kazanmak ve atık suların arıtılması amaçları doğrultusunda 0,1-0,5 mm kömürün kazanıldığı bir sistem ilave edilmiştir. Kuruluş tarihi oldukça eski olan bu tesis, 2005 yılında iyileştirme yatırımları yapılması kaydı ile hizmet alımı yoluyla çalıştırılmaktadır.

Tunçbilek Lavvarının eskimesi ve ihtiyaca cevap verememesi nedeniyle, 1992 yılında ağır ortam esaslı Ömerler Lavvarının yapımına başlanmış ve 1993 yılında devreye alınmıştır. Tesis kapasitesi 600 t/s'tir. İri kömür ağır ortam teknesinde, ince kömür ağır ortam siklonlarında yıkanmakta, 0,1-0,5 mm kömürde spirallerde kazanılmaktadır. Merkezi kontrol odasından çalıştırılabilen modern bir tesistir. Modern bir tesis olması nedeniyle verim yüksek, işçilik giderleri düşüktür.

Yukarıda bahsedilen tesisler, kamunun kendi yatırımlarıdır. Bunun dışında zaman zaman müteahhit firmalara yap işlet modeliyle kömür yıkattırılmıştır. Bu tesislerden halen çalışmalarını tamamlamış olan Soma'daki 600 t/s kapasiteli ağır ortam esaslı tesis yerine 800 t/saat kapasiteli yeni bir tesis devreye girmiştir. Tesiste 5 yıllık süreçte en az 20.000.000 ton tüvenan kömür yıkanacak ve 4.400 Kcal/kg alt ısı değerli sanayi ve teshin amaçlı kömür ile % 10 oranında termik santral amaçlı kömür elde edilecektir. Bunların dışında önceki yıllarda Tunçbilek ve Dodurga'da da bu tip uygulamalar yapılmıştır.

Kamu dışındaki kömür hazırlama uygulamalarında ise, basit bir kaç tesis dışında yıllarca sadece kribraj uygulanmış, ancak 1990'lı yıllarla birlikte kömür yıkama tesisleri gündeme gelmeye başlamıştır. Bu amaçla ilk yapılan tesislerde jig esaslı yıkama yöntemleri seçilmiş ve ilk kurulan jigler yerli imalat Bendelari jigleri olmuştur. Söz konusu jigler düşük kapasiteli ve yıkama verimi düşük jiglerdir. Daha sonra yine ilk yerli imalat Baum Jigi 50 t/s kapasite ile Aydın Linyit'te kurulmuş ve buradaki sistemin başarı sağlamasıyla, yerli Baum jigleri hızla yayılmış, Soma Buruyar, Soma Hüstaş, Soma İmbat, Soma Uyar, Soma Kömürleri A.Ş., Eski Çeltik Kömür İşletmesi, Balıkesir ve İstanbul havzası kömürlerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Bunların dışında bir kaç başarısız denemede olmuş, ancak, kömür özelliklerinin iyi tesbiti ve doğru projelendirme ile Baum jiglerinin yerli küçük sanayi kuruluşlarınca kolaylıkla imal edilebilir olduğu görülmüştür. Baum jiginde sorun yaşayan tesislerdeki problemlerin ana kaynağı kömür özelliklerinin iyi tesbit edilememesi ve jigin imalat parametrelerinin teorisiyle uygun seçilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu dönemde herkesin jige yönelmesinin nedeni, yerli imkanlarla üretilebilir olması ve ağır ortam esaslı tesislerin, kömür yıkama konusunda yeterli bilgi birikim olmayan sektörde, çok karmaşık bir işlem olarak algılanmasıdır.

Ağır ortam uygulamaları, 1993 yılında başlayan yap işlet modelli mobil lavvar uygulamaları ile ilgi çekmeye başlamış ve 1994 yılında Park Firması tarafından Soma'da kurulmuş olan 300 t/s kapasiteli tesise daha sonra kapasite artırımı amacıyla ilave edilen tesisler, işletmeyi yürüten yerli firma tarafından kendi imkanları ile imal edilmiştir. Bu süreçlerde, ağır ortam esaslı tesislerin çok karmaşık bir şey olmadığı ve yerli imkanlarla üretiminin zor olmadığı görülünce, özel kömür işletmeleri ağır ortam esaslı tesis kurma imkanlarını araştırmaya başlamışlardır. İmalatçı anlamında yeterli bilgi birikimi oluştuktan sonra hızla bu yönde yatırımlar oluşmaya başlamış ve küçük kapasiteli kömür işletmeleri de ağır ortam esaslı tesisleri tercih etmeye başlamıştır. Şu anda bu şekilde kurulmuş bir çok tesiste linyit kömürleri ve Zonguldak'ta son yıllarda kurulmaya başlayan tesislerde taşkömürleri de yıkanmaya başlamıştır. Genelde küçük kapasiteli olan özel sektör lavvarlarının bir kaç dışında tamamına yakını yerli sanayi imkanları ile üretilmiştir. Bu da ülkemiz açısından bu sektördeki gelişimin bir göstergesidir. Aynı zamanda yerli imalatçının varlığı sektöre rekabet getirmiş ve yatırım maliyetleri oldukça düştüğü için, yatırımlar da hızlanmıştır.

Soma-Eynez'de faaliyet gösteren İmbat Madencilik En. Tur. San ve tic A.Ş.'ne ait olan lavvarda ince ve iri boyut olmak üzere iki ayrı devrede zenginleştirme yapılmaktadır. İnce boyutlu ürün siklonlarda, iri boyutlu ürün ise Drewboy (ağır mayi ortam) ile zenginleştirilmektedir. Tesisin kapasitesi 550 ton/saattir. Soma-Geventepe'de faaliyet gösteren Soma A.Ş.'ne ait tesisin kapasitesi 550 ton/saat olup, ince ve iri devre olmak üzere iki ayrı devrede kömür yıkama işlemi yapılmaktadır. İnce devrede siklonlar ve iri devrede Drewboy kullanılmaktadır. Halen her iki tesiste de TKİ Kurumuna hizmet verilmektedir.

4.6 Briketleme

1954 yılında, 22.000 ton/yıl kapasiteli Ankara briket tesisi, linyit, taş kömürü ve kok tozunun değerlendirilmesi amacıyla TKİ tarafından kurulmuştur. Tesiste % 10 zift ve % 90 toz kömürün karıştırılarak preslenmesi ve ısı işlemiyle briket yapılmıştır. Tesis, ekonomik ömrünü

doldurduğundan ve Ankara'da TKİ'nin kömür dağıtım biriminin kaldırılmasından sonra 1992 yılında devre dışı bırakılmıştır.

1969 yılında TKİ tarafından işletmeye alınan Erzurum Briket Fabrikası, Aşkale ve Oltu toz kömürlerinin değerlendirilmesi amacıyla kurulmuştur. 30.000 ton/yıl kapasiteli tesiste % 10 zift ve % 90 toz kömür karıştırılarak briket elde edilmektedir.

Özel sektörece, devletin briketlemeyi vergi indirimiyle teşvik etmesi sonucu 1982 yılında, 150.000 ton/yıl kapasiteli Vize (top kömür) Briket Fabrikası tesis edilmiş ve bu tesiste Vize kömürleri zift, sülfite likörü gibi bağlayıcılarla briketlenmiştir. Ancak, maliyetlerin yüksekliği ve işletme sorunları nedeniyle tesis, 1985 yılında kapatılmıştır.

TKİ Kurumu bünyesinde bulunan tek briketleme tesisi ELİ Müessese Müdürlüğündedir. Tesisin kapasitesi 35 ton/saat olup 2004 yılında devreye alınmıştır. Soma'da faaliyet gösteren diğer bir briketleme tesisi Örs Madencilik Şirketine aittir. Tesisin kapasitesi 70 ton/saat (3 adet pres) olup, yapıştırıcı madde olarak melas kullanılmakta, 0,5-10 mm kömür briketlenerek torbalanmaktadır.

Taşkömüründe ise, 1939 yılında, Zonguldak'ta, 0-0,5 mm boyutlu yıkanmış kömürlerin zift bağlayıcı kullanılarak briketlenmesi amacıyla, 134.000 ton/yıl kapasiteli briket tesisi yapılmıştır. Tesis, 1987 yılına kadar çalıştırılmış ve bu tarihten sonra devre dışı bırakılmıştır. Briket tesislerinin ilk yatırım maliyetleri yüksek olup, ısı işlem devresi en önemli yatırım kalemini oluşturmaktadır. Türk linyitlerinin katkılı ve katkısız briketlenmesi yönünde MTA, Üniversiteler ve yurt dışından bazı kuruluşlarca çeşitli araştırmalar yapılmış olmakla birlikte, yatırım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle önemli bir gelişme sağlanamamıştır.

Türkiye'de ithal kömür, asfaltit ve yerli kömürlere dayalı bir çok briket tesisi kurulmuştur. Bu tesislerin bulunduğu şehirlerin başlıcaları İstanbul, Kocaeli, Yalova, Erzincan, Maraş, Şırnak, Erzurum, Kütahya ve Çorum'dur.

4.7 Ürün Standartları

TS 5788 Linyit Isıtmada kullanılan standardına göre linyit; kuru külsüz bazda ısı değeri en fazla 7000 Kcal/kg, vitrinit refleksiyonu 0,6 $R_{m_{oil}}$ 'den küçük, çizgi rengi kahverengi olan ve linyin reaksiyonunda (kömür+N/10 HNO₃) sarı-kırmızımsı kahverengi, hümin reaksiyonunda (kömür+N/10, KOH) koyu kahve renginde bir süzüntü oluşturan tabii katı yakıt olarak tarif edilmektedir.

Bu standard kapsamındaki linyitler Tablo 4.5’de verilen özelliklere göre sınıf I ve sınıf II olmak üzere iki sınıftır. Her sınıf linyit Tablo 4.6’te verilen tane büyüklüklerine göre, parça linyit ve ceviz linyit olmak üzere iki tiptir.

Tablo 4.5 Isıtmada kullanılan linyitlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri (TS 5788)

Özellikler	Sınıf 1	Sınıf 2
Isı değeri (Kcal/kg) en az (satışa sunulan kömürde)	4000	3500
Yanar Kükürt % Kütlece, en çok (kuru bazda)	1,3	1,7

Tablo 4.6 Tane büyüklüğü dağılımı (TS 5788)

Tip	Tane Büyüklüğü (mm)		Miktar % Kütlece
	Parça Linyit	+150	
-150+18		En az	70,0
-18		En fazla	10,0
Ceviz Linyit	+50	En fazla	10,0
	-50+18	En az	80,0
	-18	En fazla	10,0

Ülkemizde kömürler işlem gördükleri zenginleştirme yöntemlerine göre de aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadırlar.

- Tüvenan Kömür : Hiçbir zenginleştirme işlemine tabi tutulmaksızın, ocaktan üretildiği şekilde piyasaya arz edilen kömürdür.
- Krible Kömür : Eleme işleminden geçirilerek boyutlandırılmış kömürdür.
- Lave Kömür : Elenmiş ve yıkama işlemine tabi tutulmuş kömürdür.

Kömürlerin kimyasal özellikleri, üretildikleri ocaklara göre farklılaştığı gibi, uygulanan zenginleştirme işlemlerine göre de farklılık göstermektedirler. Yıkanmış kömürlerin kalorifik değerleri, krible ve tüvenan kömürden daha yüksek, kül ve kükürt içerikleri ise daha düşüktür.

4.8 Kömür Madenciliği ve Çevre

Son yıllarda, fosil yakıtlar denilen (milyonlarca yıl öncesinden canlıların fosilleşmeleri sonucu oluşan; kömür, petrol, doğal gaz, gibi) yakıtların aşırı ve düzensiz kullanımı sonucu ortaya çıkan atık gazların, dünya atmosferinde yarattığı ısınmanın (sera etkisi) bilimsel araştırmalar sonucu belirlenmesi, dünyamızın gelecekte çok daha büyük çevre sorunlarıyla karşı karşıya kalacağına işareti olmuştur. Günümüzde, bu konuda atılan adımlarla, tüm dünya ülkeleri kendi üzerlerine düşen çalışmalarını yapmak ve bazı önlemleri almak zorunda kalmıştır.

Kömürün kullanımı; özellikle sanayinin gelişmesi ile paralel olarak artmış ve pek çok yeni sanayilerin de kurulmasına öncülük etmiştir. 20. yüzyılın sonlarına doğru, kömüre alternatif olarak üretilen diğer enerji kaynaklarından dolayı kömür ötelenmiş ve sorgulanır hale gelmiştir. Özellikle 1960'lı yıllardan sonra, sanayideki bilinçsiz ve aşırı kullanımıyla ortaya çıkardığı sorunlar nedeniyle kötülenmiş, ancak 1973 yılındaki petrol krizi ve alternatif olarak gösterilen diğer enerji hammadde rezervlerinin, kömüre göre daha önce tükeneceği gerçeğine karşılık, kömürün “vazgeçilmez bir enerji kaynağı” olduğu anlaşılmıştır. Ancak, bu önemli kaynağın; üretimi öncesi, üretimi sırası ve tüketimi sonrasında oluşturduğu çevre sorunları da, bu gelişmeye paralel olarak artış göstermiştir.

Bu sorunlar; başlangıçta yerel boyutta, dar kapsamlı ve oldukça kolay giderilebiliyor iken, günümüzde, gerek kentlerin ve endüstrilerin ihtiyacının artması ve gerekse yerini alabilecek alternatif enerji kaynaklarının yeterince üretilmemesi ve kömür madenciliğinin % 70'inin açık ocaklardan gerçekleştirilmesi gibi nedenlerden dolayı, çok daha geniş alanları etkiler hale gelmiştir.

4.9 Kömür Madenciliği ve Çevre Sorunları

Bütün dünyada hızla gelişen çevre bilinci, doğal çevrenin korunması konusunda ciddi atılımların yapılmasını zorlamaktadır. Ayrıca ülkemizin de taraf olduğu ve imza attığı ve imza atmaya planladığı uluslararası sözleşmeler de, bu gelişmeyi bir zorunluluk haline getirmiştir. Kömür madenciliği de, diğer endüstriyel faaliyetlerin yanında, çevrenin bozulmasında rol oynamaktadır. Kömür madenciliği faaliyetlerinde, özellikle maden ocaklarının işletilmesinde alternatif yer seçimi olmadığından, çoğu durumda, tarım ve orman alanlarının içinde, yerleşim

ve endüstri alanlarının altında veya yanı başında madencilik yapılması, zorunlu hale gelmektedir.

Kömür madenciliği faaliyetlerinin çevreye olan etkilerini, dört ana başlıkta incelemek mümkündür.

5. KÖMÜR HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ

5.1 Kömür Hazırlama

Kömür çok kez ocaktan üretildiği gibi tüketilemez. Çeşitli teknolojilerin kullandığı kömür tipleri, özellikleri bakımından değişiklik gösterir. Bu özellikler arasında maksimum ve minimum tane boyutu, kül, kükürt ve rutubet oranı, kalori değeri, uçucu kısım oranı ve koklaşma yeteneği gibi önemli faktörler sayılabilir [11]. Kömürün sınıflandırılması, yıkanması, kurutulması ve belli bir kullanım için hazır hale getirilmesi gibi işlemler “kömür hazırlama” adı altında toplanmaktadır. Kömürler fiziksel özellikleri, damarların yapısı ve üretim metoduna bağlı olarak farklı boyut ve safsızlıklar içerirler. Ancak tüketim sektörünün talebine uygun olarak kömürlerin belirli ısıl değer ve parça büyüklüğüne getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kömür teknolojisi içinde kömür hazırlama, birikitleme, kurutma ve karbonizasyon işlemleri kömürün yapısı ve karakteristiğine bağlı olarak değişir. Yıkatabilen linyitlere uygun belirlenecek yıkama teknolojilerinden amaç, linyitlerden kül ve nemi uzaklaştırarak çevre kirliliğini ve korozyonu önlemek ve tüketiciye uygun parça büyüklüğünde standart tip kaliteli linyit üretmektedir.

Kömürün genel olarak kullanımı öncesinde, mevcut safsızlıkların giderilmesi ve özellikle belirli tane sınıflarında piyasaya arz edilmeleri gerekir. Günümüzde çeşitli kullanım alanlarında farklılıklar göstermekle beraber, genel olarak kömürde aşağıdaki özellikler istenmektedir.

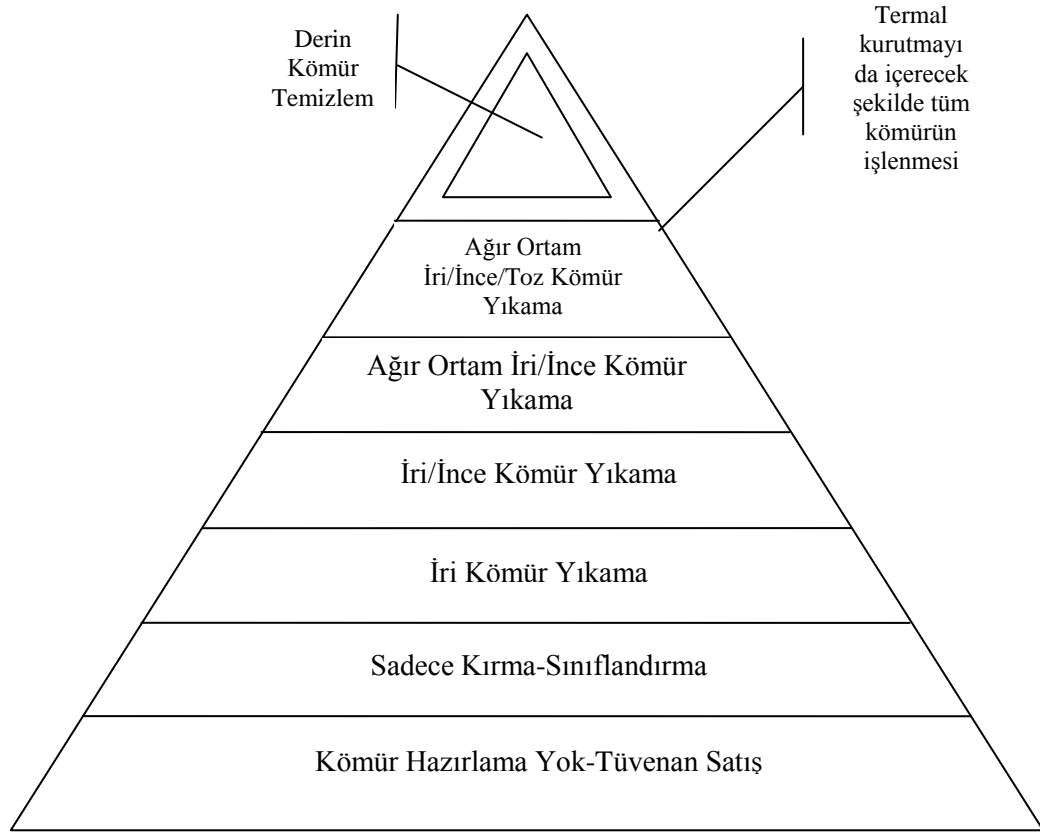
- Düşük kül oranı,
- Düşük nem içeriği,
- Düşük kükürt, fosfor ve alkali içeriği,
- Belirli tane iriliği, kalorifik değer,
- Uçucu kısım oranı,
- Koklaşma yeteneği.

Kömür hazırlama işlemleri; “lavvar” adı verilen kömür yıkama tesislerinde uygulanır. Kömür hazırlama işlemlerine geçmeden önce, kömürün yıkanabilme özelliğini saptamak üzere bazı laboratuvar deneyleri yapılır [11].

Kömürün değerlendirilmesinde izlenecek yolun seçimi en önemli aşamadır. Kömür özellikleri, kömürün olası kullanım alanındaki beklentiler, kömüre uygulanacak prosesin seçimi açısından yol göstericidir. Şekil 5.1’de verilen şema kömür değerlendirmede tercih edilebilecek aşamaları şematize etmektedir. Buradan da görüldüğü gibi, seçilecek proses, kömür kalitesinin

yanında maliyetler açısından da önemli olmaktadır. Yatırımcı burada seçim yaparken, maksimum ekonomik faydayı sağlamayı hedeflerken, uymak zorunda olduğu limit değerleri de göz önüne almak zorundadır [30].

Kömür hazırlama işlemlerinde teknoloji seçiminde kömürün değeri de önemli rol oynamaktadır. Türkiye’de toz kömürlerle, iri kömürler arasında fiyatlandırma açısından önemli farklar bulunmaktadır. Toz kömürlerin satış fiyatları, iri kömürlere oranla daha düşüktür. Kömür yıkama açısından bakıldığında ise, toz kömür yıkama proseslerinin maliyeti daha yüksektir. Buna ayrıca termal kurutma da eklemek gerekiyorsa, o zaman toz kömür hazırlama maliyetleri daha da yükselmektedir. [30].



Şekil 5.1 Kömür değerlendirilmenin aşamaları [30]

5.2 Kömürün Yıkanabilme Özelliği

Kömürlerin yıkanabilme özellikleri laboratuarda yapılan yüzdürme-batırma deneyleri ile saptanır. Bu deneyler kömür ve şist yoğunlukları arasında seçilen değişik yoğunluklarda hazırlanmış, ağır sıvı banyolarında yapılır. Deney öncesinde, kömürün kullanım alanları dikkate alınarak, ASTM veya TSE standartlarına uygun eleklerle boyuta göre sınıflandırma yapılır. Çeşitli boyut gruplarına ayrılan kömürlerin ayrı ayrı yüzdürme-batırma deneyleri yapılır. Ağır sıvı olarak genelde farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çinko klorür çözeltileri kullanılır. Hazırlanacak yoğunluklar kömürün cinsine ve deneylerin özelliğine göre seçilir. Çinko klorür ile $1,90 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğa kadar ağır sıvı yapmak mümkündür. Bunun üzerindeki yoğunluklarda karbon tetra klorür, bromoform gibi ağır organik sıvıların karışımı kullanılır. İnce boyutlu kömürle yapılacak yüzdürme- batırma deneylerinde, yalnızca yoğunluğun etkin olmayacağı, viskoz hareketlerinin ve flokülasyonun sonuçları değiştirebileceği dikkate alınmalıdır. Bu boyut grubu ile deney yapmak gerekiyorsa tercihen viskozitesi düşük olan organik ağır sıvılar kullanılmalıdır [12].

Farklı boyutlarda elenen kömür düşük yoğunluktan yükseğe doğru hazırlanan banyolarda, ayrı gruplar halinde yüzdürülür. İlk banyoda yüzen kömür ayrılarak batan kısım bir sonraki banyoya beslenir. Böylece bütün banyolarda yüzen ve son banyoda batan kısım olmak üzere elde edilen ürünler yıkanıp kurutulduktan sonra tartılır ve kül analizleri yapılarak her bir boyut grubu için ayrı ayrı yüzdürme-batırma çizelgeleri oluşturulur. Yüzdürme-batırma deneyleri sonunda, kullanılan ağır sıvı adedinden bir fazlası kadar ürün elde edilmiş olur [13].

5.3 Kömür Zenginleştirme Yöntemleri

Kömür yıkama yöntemleri, kömürün özelliğine ve yıkanacak kömürün tane iriliğine bağlı olarak değişir. Kömürde bulunan kül ve kükürdün temizlenmesi için kullanılan yöntemler çizelge 5.1'de gösterilmektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, kömür zenginleştirmede kuru yöntemlerin yaş yöntemlere nazaran daha az tercih edildiği görülmektedir [14]. Kömür flotasyonu, kömürün ayıklanması, yoğunluk yöntemleriyle kömürün değerlendirilmesi günümüzde pratik olarak kullanılan geçerli yöntemlerden sayılabilir. Kömürün kimyasal liçi, manyetik zenginleştirilmesi gibi çeşitli özel konular da pratik hale getirilmeye çalışılmaktadır. Kömür zenginleştirme yöntemleri bazen flotasyon, fakat genel olarak yoğunluk farkına göre zenginleştirme yöntemine bağlı olarak yapılan işlemlerdir. Kömür zenginleştirme tesislerinin gelişimiyle ekonomik ve teknolojik nedenlerden dolayı değerlendirilemeyen kül ve kükürt oranları yüksek olan çok sayıdaki kömür yatakları değerlendirme imkânı bulmuştur [15]. Özellikle gelişmiş ülkelerin uyguladığı çevre kanunlarında, doğanın kirlenmesini önleyecek bir

takım kısıtlamalar vardır. Temiz yakıt tüketiminin zorunlu kılındığı bu yöntemler kömür yıkamanın önemini artırmıştır. Dünyada son 15 yılda temiz kömür üretimi konusunda çalışmalar yoğunlaştırılmış ve yeni teknolojilerin arayışına gidilmiştir. Kömür yıkama yöntemleri iri ve ince kömürde olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Kömür hazırlamada ince kömür deyimini 0,5 mm'nin altındaki boyutlardaki kömürler için kullanılır. Diğer bir sınıflama ise, - 0,6 mm ince, 6-0,6 mm orta boy, + 6 mm ise iri kömür olarak adlandırılmıştır [16].

Tablo 5.1 Kömürün külünden ve kükürdünden temizlenmesi için kullanılan zenginleştirme yöntemleri

Fiziksel Yöntemler	Yoğunluk farkına göre	İri tane boyutlu (+20 mm)	Yaş yöntemler	-Jig -Ağır ortam - Oluk
			Kuru yöntemler	-Havalı jig
		Orta tane boyutlu (-20+2mm ve -2+0,5 mm)	Yaş yöntemler	-İnce kömür jigi -Ağır ortam jigi -Oluk -Sallantılı masa -Su siklonu -Hidroseparator
			Kuru yöntem	-Havalı jig -Sallantılı masa
	Manyetik ve elektrostatik özelliklere göre	-Manyetik ayırma -Elektrostatik ayırma		
Fiziko kimyasal yöntemler	Yüzey özelliklerinden yararlanarak ayırma	Toz kömür (-0,5+0mm)	-Flokülasyon -Flotasyon -Selektif aglomerasyon	
Kimyasal yöntemler	-Kömürün kostik liçi	NaOH, KOH ile		
	-Oksitleme liçi			

5.3.1 Elle ayıklama

Kömürün sabit veya hareketli bir yüzey üzerinde genel görünüm (renk, parlaklık, şekil, ağırlık) farklarından yararlanarak yan taştan ayrılmasıdır. Sabit masalar, döşeme, ızgara ve elek yüzeyleri gibi sabit yüzeyler kullanılsa da bu işlem için daha çok bant, zincirli oluk, dönen masalar gibi hareketli yüzeyler tercih edilir. Başarılı bir ayıklama yapmak için, kömür elenmiş, mümkünse yıkanmış ve yakın boyutlara sınıflandırılmış olmalıdır. İşçilerin çalışma verimini yükseltmek bakımından, çevre aydınlık ve rahat olmalı, kolay taşınamayacak büyüklükte (400 mm.'den büyük) ve seçilemeyecek kadar küçük (60-75 mm.'den küçük) parçalar banda beslenmemelidir. Kriblaj bantları genişliği, işçilerin tek taraftan çalışması halinde 60 cm., çift taraftan çalışması halinde ise 120 cm. civarında olmalıdır. İşçiler arasındaki mesafe 180 cm. civarında seçilmelidir. Kriblaj bantlarının hızı, tane boyutuna bağlı olarak 0,1-0,2 m./sn. civarında tutulmalıdır. Kriblaj işleminde miktarı fazla olan malzemenin bant ile taşınması sağlanmalıdır. Bu malzeme kömürün yapısına göre temiz kömür veya şist olabilir. Az miktarda bulunan malzeme ise (temiz kömür, şist veya mikst) seçilerek oluklar yardımıyla nakil bantlarına gönderilir. Temiz kömür “krible” adıyla krible silosuna, taş “şist” adıyla taş silosuna gönderilirken, mikstler kırıldıktan sonra elek altı ile birlikte yıkama tesisinde işleme sokulur[11].

Linyit üretimi sırasında, linyit damarlarının taban ve tavan kayaçları ile birlikte yan taş olarak değişebilen kum, kil gibi malzemeler de kömür içine karışabilmektedir. Bu yöntemde genellikle -40 mm.'ye kadar olan boyuttaki kömürler elle ayıklanarak temizlenebilmektedir. İnce kömürde bulunan yabancı malzemeler bu yöntemle ayrılamamaktadır. Ayrıca tesis verimi insan faktörüne bağlı olduğundan düşük olmaktadır.

5.3.2 Ağır ortam ayırması ile zenginleştirme

İri boyutlu mineral taneleri arasındaki özgül ağırlık farklılığına dayanılarak, ağır bir akışkan ortam içerisinde, yüzme ve batma yoluyla birbirinden ayrılması ile yapılan zenginleştirme işlemine, ağır ortam veya ağır sıvı ayırması ile zenginleştirme yada yüzdürme-batırma ile zenginleştirme denilmektedir. Son derece basit bir yöntem olan ağır ortam ayırması, belirli özgül ağırlıkta akışkan içeren bir banyoya atılan mineral tanelerinden özgül ağırlığı, akışkan özgül ağırlığından büyük olanların batması, küçük olanların yüzmesi esassına dayanmaktadır. Ağır ortam ya özgül ağırlığı yüksek bir sıvıdan oluşmakta yada küçük boyutlu bir katının su içinde süspansiyon halinde tutulması ile elde edilmektedir [13].

Ağır ortam ayırmasında tüvenan kömürü oluşturan temiz kömür ve atıkların (şist, vb.) birbirinden ayrılmasında etkili olan faktörleri ikiye ayırmak mümkündür.

1. Yerçekimi Kuvveti
2. Ortamın Direnci

Burada tanımlanan yerçekimi kuvveti parçanın kütlesi ile orantılı olarak, çökmeyi oluşturan kuvvet ise ortamın viskozitesinden oluşan direnç, diğer bir deyişle kaldırma kuvvetidir. Ağır ortam banyolarında genellikle laminer akış koşulları söz konusudur. Bu nedenle kömür ve şist tanelerinin ortamdaki hareketi Stokes yasasına uyum sağlar.

$$\text{Laminer Akışta Stokes Yasası} \quad : \quad \frac{V_{TA}}{V_{TH}} = \left[\frac{\delta_A - \delta \times d_A^2}{\delta_H - \delta \times d_H^2} \right] \quad [1]$$

$$\text{Türbülans Akışta Newton Yasası} \quad : \quad \frac{V_{TA}}{V_{TH}} = \left[\frac{\delta_A - \delta \times d_A^2}{\delta_H - \delta \times d_H^2} \right]^{1/2} \quad [2]$$

Burada;

V_{TA} : Ağır mineralin terminal hızı (cm/sn)

V_{TH} : Hafif mineralin terminal hızı (cm/sn)

δ_A : Ağır mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)

δ_H : Hafif mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)

δ : Akışkan ortamın özgül ağırlığı (gr/m^3)

d_A : Ağır mineralin boyutu (çap, mm)

d_H : Hafif mineralin boyutu (çap, mm)

Hacimleri eşit, buna karşın özgül ağırlığı $1,4 \text{ gr/cm}^3$, $1,6 \text{ gr/cm}^3$, $1,7 \text{ gr/cm}^3$, $1,9 \text{ gr/cm}^3$, $2,2 \text{ gr/cm}^3$ olan kömür ve şist tanelerini, özgül ağırlığı $1,7 \text{ gr/cm}^3$ olan bir ağır ortam banyosuna bıraktığımızda bunlardan $1,4 \text{ gr/cm}^3$ ve $1,6 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlıkta olanların yüzdüğünü, $1,9 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,2 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlıkta olanların ise battığını izleyebiliriz. Bu uygulamada $1,7 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlıkta olan taneler, eşdeğer yoğunluktaki banyoda denge halinde, diğer bir deyimle askıda kalacaktır. Bu açıklamadan anlaşılacağı üzere, durgun bir ağır ortam banyosunda taneler belirli bir boyuta kadar ağırlık farkına göre ayırma tabi tutulurlar. Durgun ağır ortam banyolarında alt limit 10 mm. olarak kabul edilebilir. Daha küçük boyutlarda ağır ortam

ayırması yapılabilmesi için, ağır ortam siklonları kullanılarak santrifüj kuvvetinin etkisiyle 0,5 mm. boyuta kadar ayırım yapılabilir [13].

Diğer yöntemlerde olduğu gibi, ağır ortam yönteminde de konsantrasyon kriteri (K) oldukça önemlidir. Türbülans akıştaki eşit çökme oranı Taggart tarafından zenginleştirme (konsantrasyon) kriteri olarak tariflenmiştir. Konsantrasyon kriterinin değeri, özgül ağırlık farkı ile zenginleştirmenin hangi boyutlarda ve hangi yöntemle uygulanabileceği hakkında hakkında genel bir fikir vermektedir [13].

Tablo 5.2 Taggart konsantrasyon kriterine bağlı olarak ayırma derecesi ve uygulanacak zenginleştirme yöntemleri [13]

Taggart Konsantrasyon Kriteri	Ayırma Derecesi	Uygulanan Zenginleştirme Yöntemi
$K > 2,50$	Çok küçük boyutlara kadar kolay ayırma yapılabilir.	Serbestleşme boyutuna bağlı olarak tüm gravite yöntemleri uygulanabilir.
$2,50 > K > 1,75$	0,1 mm.'ye kadar kolay ayırma yapılabilir.	Serbestleşme boyutuna bağlı olarak tüm gravite yöntemleri uygulanabilir.
$1,75 > K > 1,50$	Ayırma güçtür, Alt uygulama boyutu 1 mm.'dir.	Ağır ortam ve jig ile zenginleştirme yöntemleri uygulanabilir.
$1,50 > K > 1,25$	Ayırma oldukça güçtür, Uygulama boyutu 1-5 cm.'dir.	Ağır ortam ve jig ile zenginleştirme yöntemleri uygulanabilir.
$K < 1,25$	Ekonomik ayırma mümkün değildir.	Akışkanın özgül ağırlığı artırılarak ayırma yapılabilir.

Konsantrasyon kriteri şu formülle hesaplanır.

$$K = \frac{\delta_A - \delta}{\delta_H - \delta} \quad [3]$$

Burada;

- δ_A : Ağır mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)
 δ_H : Hafif mineralin özgül ağırlığı (gr/m^3)
 δ : Akışkan ortamın özgül ağırlığı (gr/m^3)

Ağır ortamda zenginleştirme yapılırken, elde edilecek temiz kömürün hangi düzeyde olması isteniyorsa, laboratuarda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden yararlanılarak, çizilen kümülatif kömür eğrisi üzerinde, istenilen külü verecek yoğunluğu seçerek kullanmak yeterlidir.

Ağır ortam ayırması ile zenginleştirme yönteminin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- Seçilecek herhangi bir yoğunlukta kesin ayırma sağlanabilir. Belirli bir yoğunlukta yıkanan kömürden en az kayıpla en yüksek verim elde edilir.
- Beslenen kömürde, seçilen ayırma yoğunluğuna +0,1 oranında farklı yoğunlukta yakın olan malzeme miktarının fazlalığı, ayırma verimliliğini olumsuz yönde etkilemez.
- Ayırma yoğunluğu, gravite kontrol ünitesi tarafından çok hassasiyetle sürekli olarak dengelenir.
- Büyük boyutta kömür yıkamaya elverişlidir (350 mm.'ye kadar).
- Yüksek kapasite ve az yer işgal etmesi nedeni ile işletme masrafları azdır.
- Yoğunluğu kolaylıkla değiştirilerek piyasa talebine uygun külde kömür hazırlamayı sağlar. Gerek beslemede gerekse kömür karakteristiğinde meydana gelecek dalgalanmalar lave kömür kalitesini etkilemez.
- Konsantrasyon kriteri düşük olan kömürlerin yıkanmasını sağlar [15].

Kömürün yıkanabilme özelliğinin tayininde laboratuarlarda organik sıvılar ve inorganik tuzların çözeltileri ağır ortam olarak kullanılırken, işletmelerde tercih edilmeyip bunların yerine ağır ortam süspansiyonlarının kullanımı tercih edilir. Organik sıvılar ve inorganik tuzlar şunlardır:

- a) Organik tuzlar; tolken, ksilon, karbontetraklorür, etilendibromit, metilenbromür, bromofrom, tetrabrometandır.
- b) İnorganik tuzlar ise; CaCl_2 ve ZnCl_2 gibi tuzların sudaki çözeltileridir.

Organik sıvılar ve inorganik tuzların çözeltileri malzemenin fiziksel özelliğine ve yapılacak testin hassasiyetine göre laboratuvar ve pilot çaptaki çalışmalarda kullanılır [18].

İşletmelerde ve endüstriyel çalışmalarda ağır ortam süspansiyonlarının kullanılması tehlikesiz ve geri kazanımının kolay yapılabilmesi, aynı zamanda maliyetinin de düşük olması, büyük yıkama ünitelerini ağır ortam süspansiyonları ile çalışacak şekilde dizayn edilmesine neden olmaktadır.

Ağır ortam süspansiyonu elde etmek için ağırlaştırıcı olarak Tablo 5.3.'deki minerallerin kullanılmaları mümkündür.

Tablo 5.3 Ağır ortam ayırmada ağırlaştırıcı olarak kullanılan mineraller [19]

Mineral	Yoğunluk (gr/cm ³)
Metelik Olanlar	
<u>Manyetik Olanlar</u>	
Ferrosilikon % 15	6,8
Manyetit	5,1
Hematit	5,2
<u>Manyetik Olmayanlar</u>	
Kurşun	7,5
Pirit	4,9-5,2
Metelik Olmayanlar	
Barit	4,25
Yüksek Fırın Cürufu	2,5-3,0
Flotasyon Artığı Şlam	2,3-2,6

Kömür yıkamada kullanılan çeşitli ağır ortam ayırıcıları geliştirilmiştir. Bunlar ayırmada etkili olan fiziksel esasa göre,

- Çöktürme metoduna göre ayırma,
- Santrifüj kuvvetinden yararlanarak ayırım

yapan ayırıcılar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

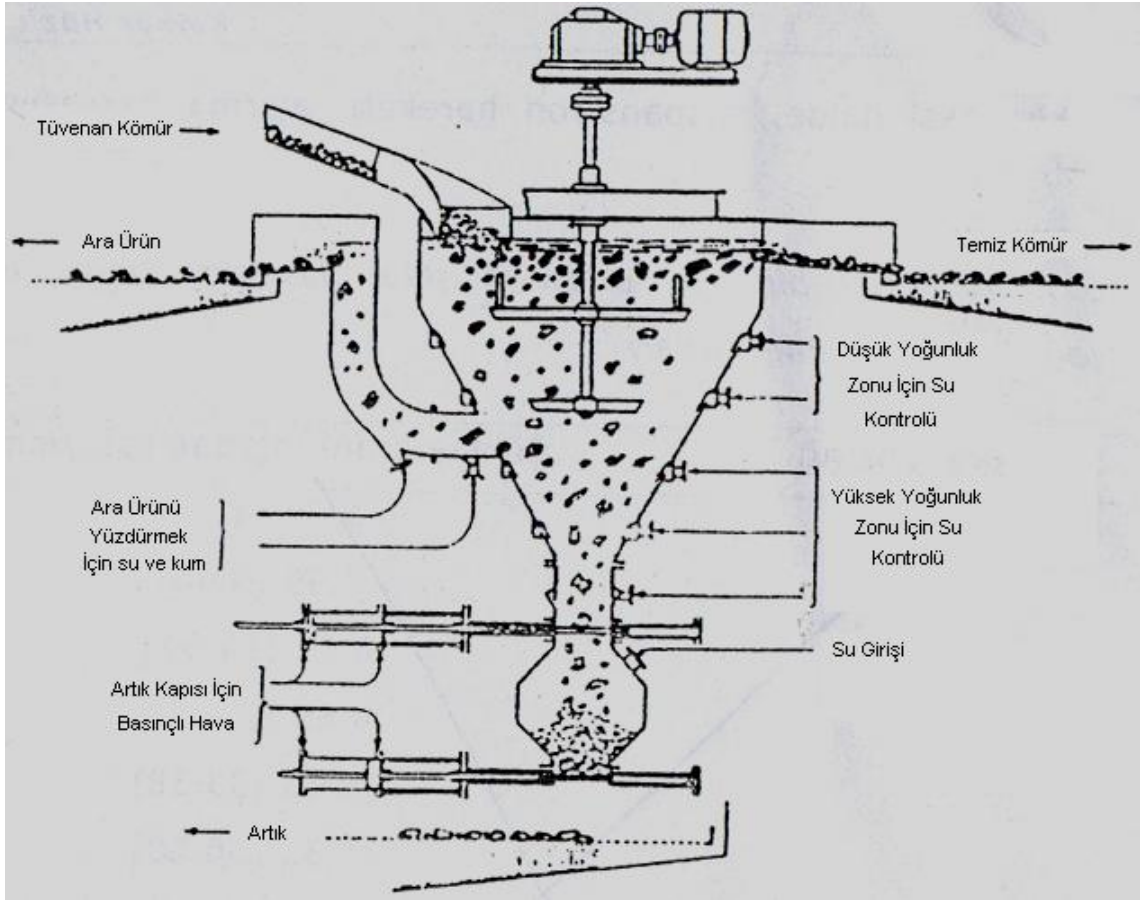
5.3.2.1 Cöktürme metoduna göre ayırım yapan ağır ortam ayırıcıları

Çöktürme esasına göre çalışan ağır ortam ayırıcıları, ayırıcı içindeki süspansiyonun akış durumuna göre de aşağıdaki gruplara ayrılmaktadır:

- a) Ayırıcı içinde kayda değer akım olmayanlar,
- b) Ayırıcı içinde akım olanlar,
 - Sadece yatay akımlı olanlar,
 - Yatay ve yukarı akımlı olanlar,
 - Yatay ve aşağı akımlı olanlar.

İçinde kayda değer akım olmayan ayırıcılarda ağırlaştırıcının çökmemesi için çok ince öğütülmüş ağırlaştırıcı kullanılması gerekmektedir. Yani süspansiyon stabil olmalıdır. İçinde akım olan ayırıcılarda ise süspansiyon daha geç çökmesi, ağırlaştırıcının tane iriliğinin biraz daha iri taneli olmasını sağlar [19].

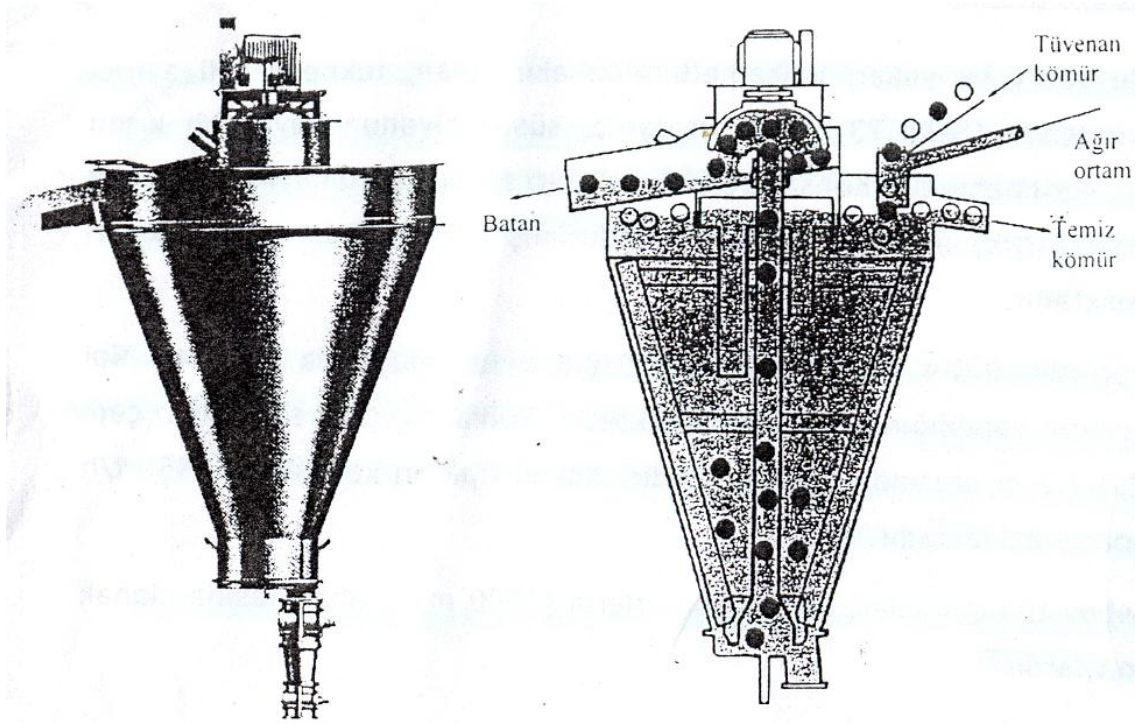
Çöktürme esasına göre çalışan ağır ortam ayırıcıları, ayırıcı şekline göre tekne, konik ve tromel şekilli ayırıcılar olmak üzere üç gruba ayrılır. Günümüzde ağır ortam oluşturmak için genellikle manyetit kullanılmaktadır. Ancak kum prosesi olarak da adlandırılan Chance Konisi, ağır ortam için kum kullanımıyla farklıdır. Bu proseste -150 +6 mm. kömür, ağır ortam oluşturmak için kum kullanılan konik yapıdaki tekneye beslenir (Şekil 5.2.) Konik gövde üzerinde farklı seviyelerde su giriş vanaları vardır ve bu vanaların her birinin ayrı yoğunluk kontrol valfleri vardır. Buradan verilen sular ve ortamdaki kumun yarattığı yoğunlukta batan ve yüzen kısım ayrılmakta, yüzen kısmın üstten taşıma yoluyla alınmaktadır. Yüzen kısım ile birlikte koniden ayrılan kum yıkama eleklerinde tekrar kazanılmaktadır. Batan kısmı almak için, tabanda basınçlı hava kontrollü iki kapı vardır [20].



Şekil 5.2 Üç ürünlü Chance Konisi

Ağır ortam oluşturmak için manyetit kullanılan proseslere bakıldığında, bunlarda standart bir uygulama yöntemi olmadığı görülür. Genelde her aygıtın geliştirilmesine bağlı bir uygulama şekli ve özel yıkama karakteristikleri olduğu görülmektedir.

- **Koni Tipi Ayırıcılar:** Bu tip ayırıcıların en karakteristik örneği Wemco tarafından geliştirilmiş olan koni tipi yıkayıcıdır. Koni şeklindeki bu ayırıcının ortasında, ağır ortamı karıştırmak ve yüzen kömürleri yukarıya çıkışını kolaylaştırmak için, bir karıştırma mekanizması vardır. Batan kısım ise koni dibinde toplanmakta ve buradan basınçlı hava ile 14 inç (35,6 cm.) çaplı boru içerisinde yukarıya çıkarılarak dışarıya alınmaktadır (Şekil 5.3).

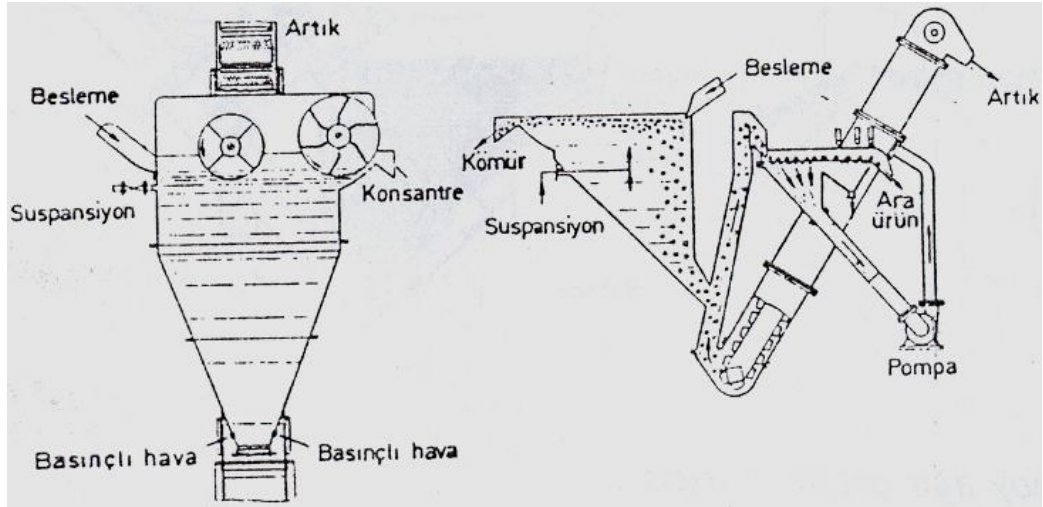


Şekil 5.3 Wemco ağır ortam konisi

Koni içerisinde bulunan büyük miktardaki ağır ortam stabilitenin çok yüksek olmasını sağlamaktadır. Aygıtın geometrisi nedeniyle çok yavaş çöken yakın yoğunluktaki malzeme için yeterli çökme süresi de sağlanmaktadır. Wemco konisi 4 inç'e kadar kömürleri yakabilse de, en çok uygulandığı boyut 3 inç ile 10 mesh arasındadır. Bu aygıtların koni çapları 0,9-6,1 m. arasında ve kapasiteleri de 10-300 t/saat'dir [20].

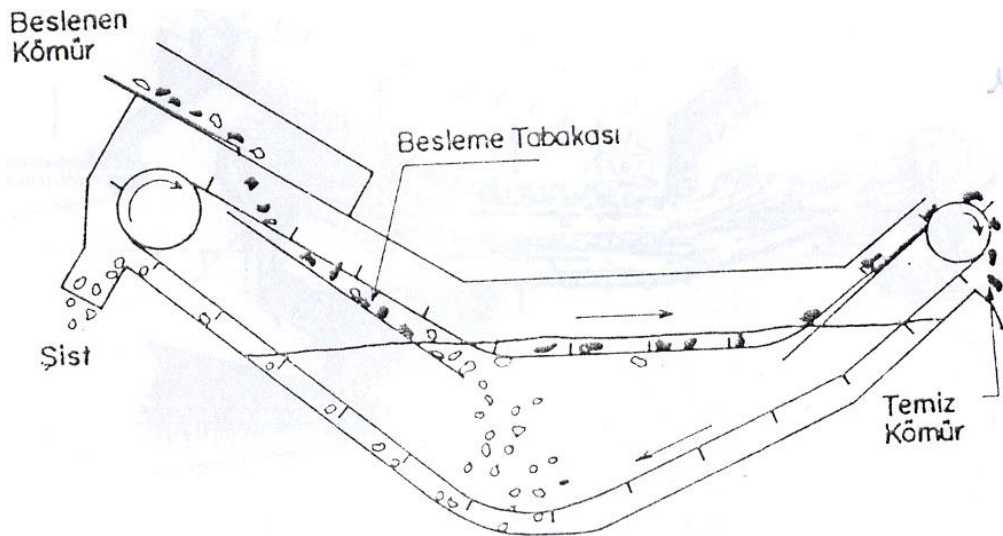
- **Tekne Tipi Ayırıcılar:** Endüstriyel çapta kullanılan tekne tipli yıkayıcılar arasında Tromp, DMS, Link Belt, Barvov, DSM, OCC ve Heyl ve Patterson ayırıcıları sayılabilir.

a. Barvoys Ayırıcısı: Üst kısımları tekne ve alt kısımları konik şekilli olan bu ayırıcılarda, süspansiyon, yüzeyden 1 m. kadar alttan verilmektedir. Konsantre çarklar yardımı ile üstten alınırken, artık alttan uygun transport elemanları ile alınmaktadır. Şekil 5.4.'de görüldüğü gibi iki ve üç ürünli Barvoys tipi ayırıcılar geliştirilmiştir. Bu Ayırıcılar daha ziyade iri kömür yıkanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 5.4 Barvoys tipi ağır ortam ayırıcısı

b. DSM Tekne Ayırıcısı: Derinliği fazla olmayan bir tekne ve bu tekne içinde hareket eden konveyörden (zincirli) ibarettir (Şekil 5.5). Zincirli konveyör üst kısımdan yüzen kömürü tekne dışına çıkarırken, alt kısımdan da artığın atılmasını sağlamaktadır. Eski tiplerinde tekne ve 25 cm/sn. hızla hareket eden zincirli konveyör genişliği 1–2,4 m. arasında değişmektedir. Konveyör genişliği ayırıcı kapasitesini tayin etmektedir. Tekne tipi bu ayırıcılarda da, ayırıcı içinde kayda değer bir süspansiyon akışı yoktur. Bunlarda, süspansiyon eksilince veya yoğunluk değişince otomatik olarak ayarlanmaktadır [20].

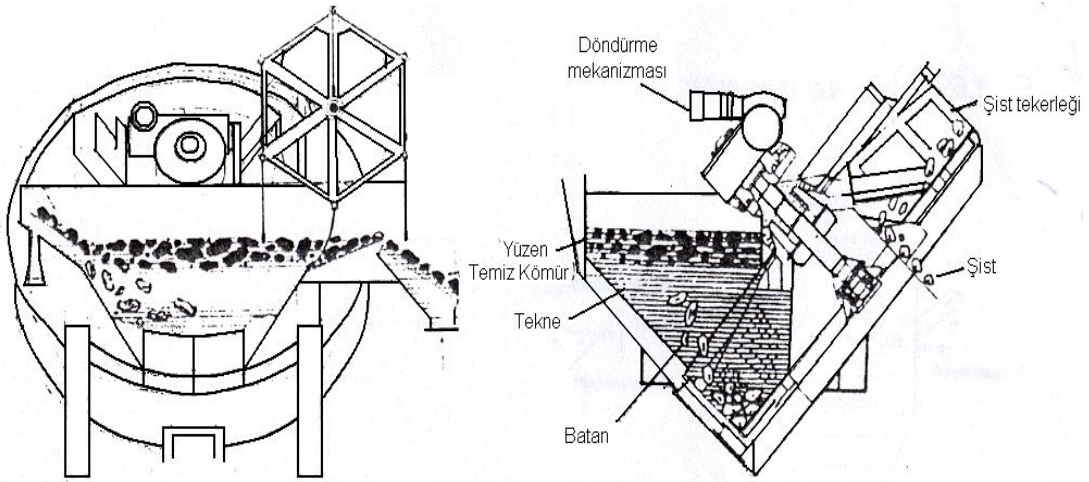


Şekil 5.5 DSM (Dutch State Mines) Teknesi

c. Tromp Ayırıcısı: Yatay akımlı ayırıcılardan olan Tromp ayırıcısı, üç ürün elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu ayırıcılarda, nispeten iri taneli ağırlaştırıcı kullanılmaktadır. Ayırıcı içinde, ağırlaştırıcının çökmesi sonucu, yukarıdan aşağıya doğru yoğunluk oluşmaktadır. Süspansiyonda da, ayırıcının belli seviyelerinden ayrı olarak alınmakta ve ayırıcı içine aynı seviyelerden ayrı olarak verilmektedir. Bu suretle, ayırıcı içinde oluşan farklı yoğunluk, üç ürünün aynı ayırıcıda alınmasına olanak sağlar. Bu ayırıcılarda iki adet zincirli konveyör, konsantre, ara ürün ve artığın tekmeden çıkarılmasını sağlamaktadır. Tek aygıtta, üç ürün kazanılması, ara ürün kazanımı zorunlu olan kömürlerde, yatırım ve işletme giderlerini düşürmektedir. Tekne genişliği, 1,2–3,0 m. arasında olan Tromp ayırıcıları vardır. Tane iriliği 6–200 mm. olan kömürler bu ayırıcılarda yıkanabilmektedir.

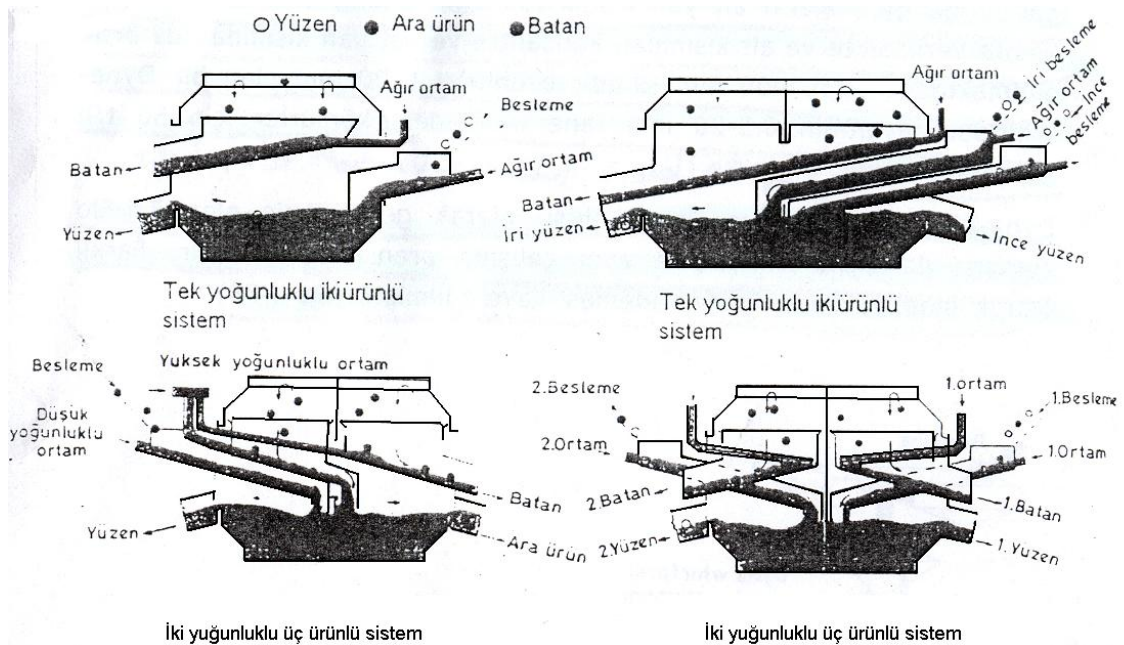
- **Tambur Tipi Ayırıcılar:** Bu tip ayırıcılarda dönen bir tambur ve bu tamburun içerisinde batan taşları dışarı çıkarmak için kanatlar mevcuttur. Wemco tamburları ve Teska tipi ayırıcılar buna en iyi örnektir. Ayrıca eğimli tekerlek tipi bir çarkla batan ürünlerin ortamdan çıkarıldığı Drewboy ayırıcısı bu sınıfa girmektedir.

a. Drewboy Ayırıcısı: İçinde yatay ve yukarı istikametlerinde akım olan, tekne şekilli ayırıcı tiplerindedir (Şekil 5.6.). Bu ayırıcılarda, süspansiyonun büyük bir kısmı alttan verilmektedir, konsantre, kürekli bir sistem yardımı ile ve batan kısımda (artık) 45° eğimle konumlandırılmış bir çark sistemi ile dışarı alınmaktadır. Literatürde, 0,8–4 m. genişliği ve 1,9–2,8 m. uzunluğunda Drewboy tipi ayırıcıları yapıldığından bahsedilmektedir. Bunlarda, çark sisteminin çapı da 2,8–7,2 m. arasında değişmektedir. Büyük tiplerin kapasiteleri 450 t/saat'e kadar ulaşmaktadır. Drewboy tipi ayırıcılar, çok iri kömürlerin (1000 mm.) yıkanmasına olanak tanımışlardır.



Şekil 5.6 Drewboy ağır ortam ayırıcısı

b. Tambur Ayırıcılar (Wemco): Tambur şeklinde içerisinde batan ürünleri kaldırarak artık oluğuna aktaran kanatlar içeren ve gövdesi dönerek çalışan bir aygıttır. Dört farklı tipi vardır (Şekil 5.7.). Tambur boyutları olarak, çap 1,2’den 4,6 m.’ye kadar, boy ise 1,2’den 7 m.’ye kadar olabilmektedir. Kapasite 900 t/saat’e kadar olabilmektedir [20].



Şekil 5.7 Wemco ağır ortama tamburu uygulama şekli

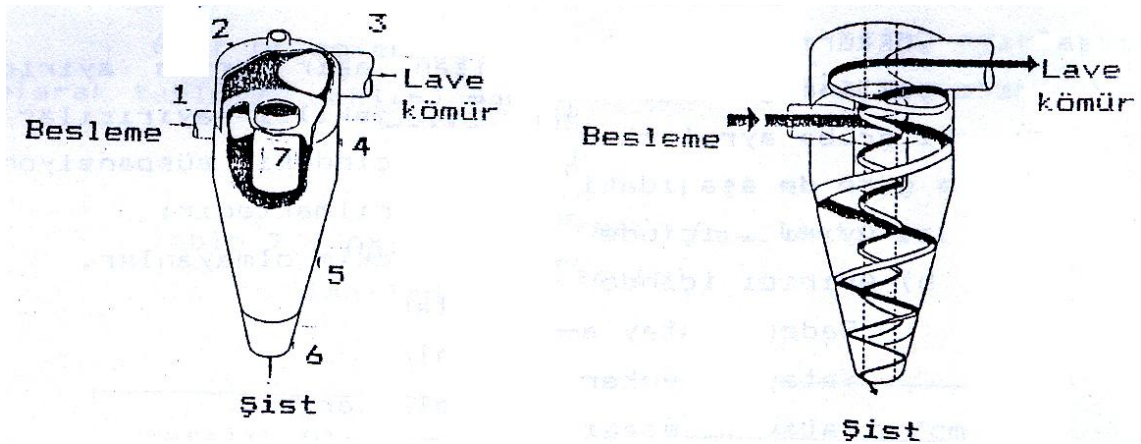
c. Teska Ayırıcısı: Teska tipi ayırıcı, ayırmanın yapıldığı bir kazanla, artığın atılmasını sağlayan bir tromelden ibarettir. Kazan içinde süspansiyon, yatay ve aşağı doğru akış göstermektedir. İri kömür yıkamaya elverişli bu tip ayırıcılardan, tromel eleğinin eni 3 m. çapı 8 m. olanlar inşa edilmiştir. Bunların kapasiteleri 1000 t/saat'e kadar varmaktadır.

5.3.2.2 Santrifüj kuvvetten yararlanarak çalışan aygıtlar

Bu sınıfa giren aygıtlar genelde ince kömür yıkama amaçlı kullanılmaktadır. Ancak orta irilikteki kömürlerin yıkandığı Bretby Vorsyl ayırıcısı ve Larcodems ayırıcısı da santrifüj esasına göre çalışmaktadır. İnce kömür yıkamak gayesiyle geliştirilen ağır ortam ayırıcıları olarak, ağır ortam siklonları, dynawhirlpool ve tri-flo ayırıcısını sayabiliriz [20].

a. Ağır Ortam Siklonu: Ağır ortam siklonları, ince kömür yıkamada başarı ile kullanılan yıkama yöntemlerinden biridir (Şekil 5.8.). En çok kullanılan siklon çapı 600 mm., siklon koniklik açısı ise 20° olan bu ayırıcılar, 0,5-10 mm. tane iriliğine sahip kömürlerin yıkanmasında kullanılmaktadır. Siklonların çapları büyüdükçe, kapasite artmakta, ancak ayırma derecesi düşmektedir. Bu bakımdan, yüksek kapasite için, küçük çaplı siklonlar paralel bağlanarak, kapasite arttırılmaktadır.

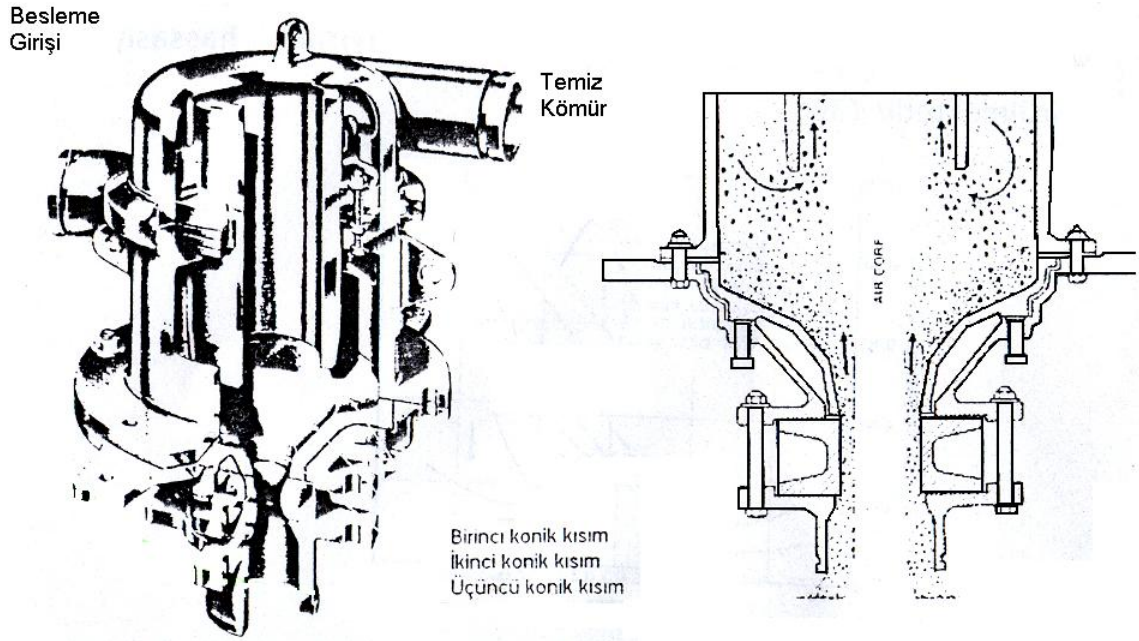
İlk zamanlarda kömür yıkamada, yüksek basınçlı ve dik konumlu siklonlar kullanılmıştır. Sonraları, bunlardan vazgeçilerek orta basınçlı ve eğik konumlu siklonlar kullanılmaya başlanmıştır. Çapları 500-600 mm. arasında değişen ağır ortam siklonlarının siklon basınçları 0,7-0,8 atm. veya 0,4 atm. iken, eğimleri ise 15° 'dir. Eğik konumdaki siklonun besleme miktarı ayarlanabilmekte (alt çıkış ayarlanabilmekte) ve alt çıkış üzerindeki statik basınç, eğik konum dolayısıyla azalmaktadır. Siklonların ayırma yoğunluğu ve dereceleri, üst ve alt çıkış miktarlarına bağlıdır. Alt çıkışın zamanla aşınması, ayırma yoğunluğu ve derecesini değiştireceğinden, bu hususa dikkat etmek gerekir. Siklonlarda dolaşan süspansiyon miktarı, kömürün 4-5 katıdır [20].



- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Besleme borusu | 5. Konik gövde |
| 2. Silindirik gövde kapağı | 6. Alt çıkış |
| 3. Temiz kömür çıkış borusu | 7. Ayarlanabilen boru |
| 4. Silindirik gövde | |

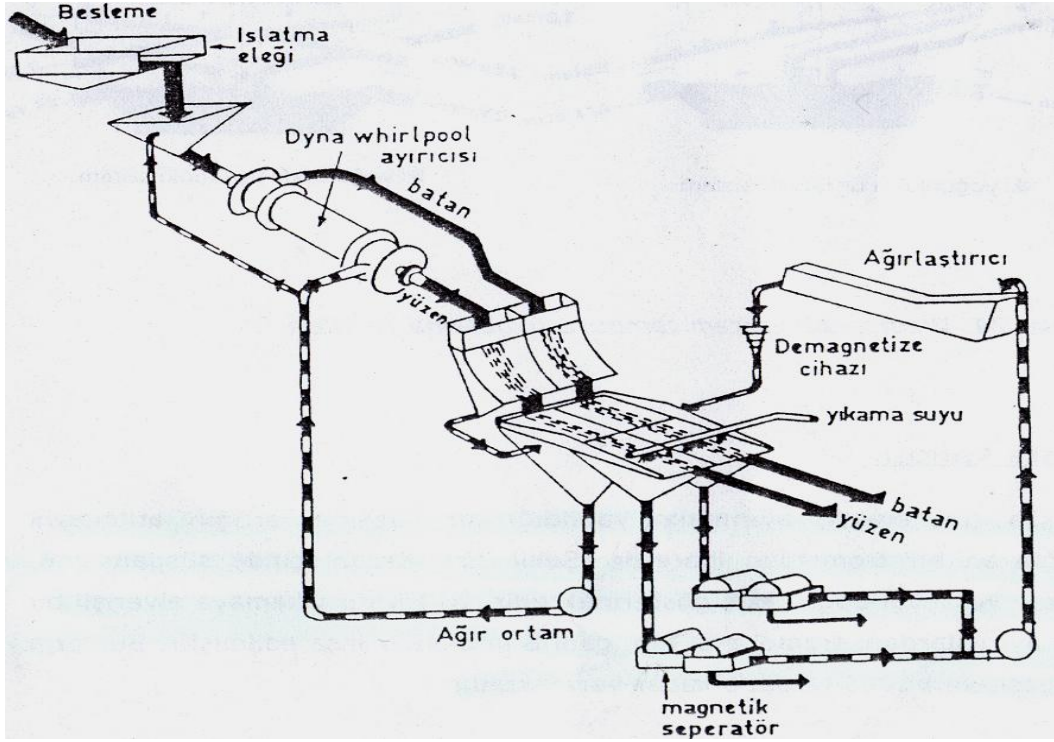
Şekil 5.8 Ağır Ortam siklonunun şematik görünüşü

Su siklonları ile kömür yıkama işlemi son zamanlarda geliştirilerek ağır ortam siklonlarının yerine uygulanmaya çalışılmaktadır. Su siklonlarında ağır ortam yerine su kullanılmaktadır. Ayrıca verimini arttırmak amacıyla uygun dizayn değişiklikleri yapılmıştır. Genellikle siklonun alt konik bölümü daha geniş açılı tutulur ve kömürün yukarıdan temiz alınması için beslenen malzemeyle karışmaması amacıyla bir iç silindirik çeper ilave edilir. (Şekil 5.9). Su siklonlarında yıkanacak kömür için, ideal tane iriliği 0,15-0,6 mm. arası olarak verilmektedir. Ancak, daha iri kömürlerin de (25 mm.'ye kadar) su siklonlarında yıkanmaları mümkündür [20].

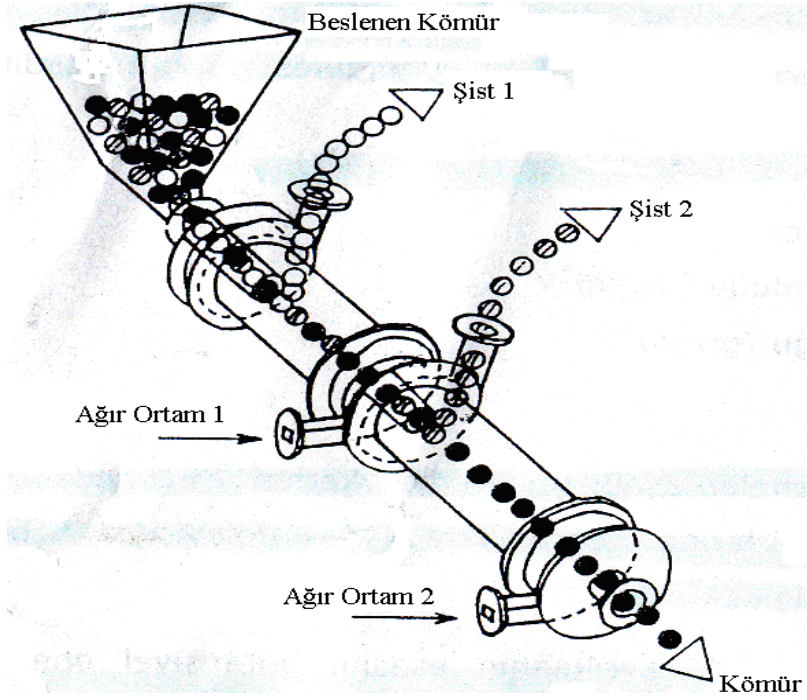


Şekil 5.9 Su siklonu (trikon)

d. Dyna-Whirlpool Ayırıcısı: Kömür hazırlamada kullanılan ve santrifüj esasına ayırım yapan bir diğer aygıt da, dyna-whirlpool adı verilen ve Şekil 5.10'da çalışma devresi ile birlikte verilen aygıttır. Çapı 250-400 mm. arasında değişen ve çapı ile silindir uzunluğunda 1:4 (çap/uzunluk=1:4) oranı olan bu silindirik alet yatayla 30° 'lik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmektedir. Şekil 5.10'da görüldüğü gibi, aletin alt yan kısmından ağır ortam, üst kısmından da kömür verilmekte ve alt kısımdan konsantre ve üst yan kısımdan da artık alınmaktadır. Çapı 400 mm., silindir uzunluğu 1500 mm. olan dyna-whirlpool aygıtının 0,5-20 mm. tane iriliğindeki kömürler için 50 t/saat'e kadar kapasitesi vardır. Dyna-whirlpool aygıtının üç ürünlüsü olarak geliştirilmiş olan tri-flo ayırıcısı da dyna-whirlpool'la aynı çalışma prensibine sahiptir. Farklı olarak sadece ikinci yıkama kademesi ilave edilmiştir [20].



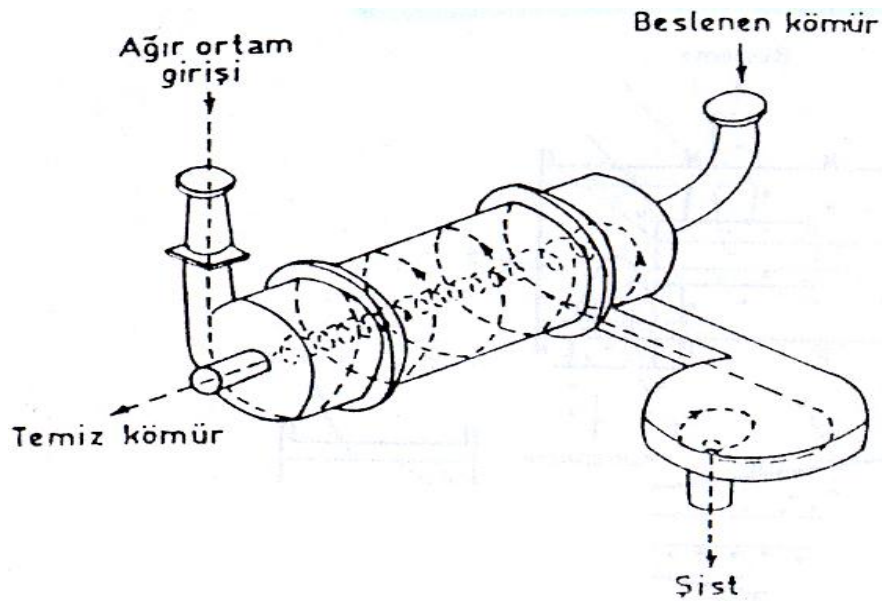
Şekil 5.10 Dyna-Whirlpool ayırıcısı ve yıkama devresi



Şekil 5.11 Tri-Flo ayırıcısı

İnce kömür yıkamada kullanılmak üzere geliştirilen ve dyna-whirlpool aygıtı ile ağır ortam siklonunun kombinasyonu gibi görülen bir aygıt tipi de Şekil 5.11 'de görülmektedir. Aygıt, biri silindirik kısım diğeri de siklon olmak üzere iki ayrı kısımdan ibarettir. Dyna-whirlpool dan farklı olarak silindirik kısma da, kömür süspansiyonla beraber verilmektedir. Silindirik kısımda konsantre ayrıldıktan sonra, siklon kısmına geçen süspansiyon+ara ürün + artı karışımı, burada ara ürün ve artık olarak ayrılmaktadır.

c. Larcodems: 30° eğimle yerleştirilen silindirik gövdeye sahiptir (Şekil 5.12.). Ağır ortam belirli basınçla, alt taraftan teğetsel bir boru vasıtası ile girerken, tüvenan kömür üst taraftaki besleme borusundan verilir. Tane iriliği 100 mm.'ye kadar olan kömürleri yıkayabilmektedir. Tüvenan kömür, -0,5 mm. kısmı ayrıldıktan sonra beslenmektedir. 1200 mm. çapındaki bir Larcodems'in kapasitesi 250 t/saat'dir [20].



Şekil 5.12 Larcodems

5.3.3 Düşey hareketli akışkan ortamda zenginleştirme

Farklı özgül ağırlıktaki mineral tanelerinin düşey (aşağı ve yukarı) hareketli bir akışkan ortamdan yararlanılarak tabakalar halinde ayrılması ile yapılan zenginleştirmeye düşey hareketli akışkan ortamda zenginleştirme veya jig ile zenginleştirme, zenginleştirmenin yapıldığı aygıtta jig denir. Basit olarak yöntem tabanı elekli bir kasada periyodik olarak düşey hareket eden

akışkan bir ortam içinde malzemelerin yoğunluklarına göre engelli bir tabakalaşmaya tabi olmaları olarak tanımlanır. Bu yöntemde arzu edilen ayrılması istenen malzemeler arasında yoğunluk farkının yüksek olması ve söz konusu malzemelerin nispeten iri boyutlarda serbestleşmiş olmasıdır. Jiglerde kullanılan ortam genellikle su, bazen hava ve nadiren ağır bir sıvı olmaktadır. İlk yıllarda özellikle iri cevherler için kullanılan jig ile ayırma, cevher zenginleştirme teknolojisinin gelişmesi ile kömür zenginleştirmede ince boyutlara kadar kullanım alanı bulmuştur. Öyle ki tane iriliği – 150 +0,5 mm. arasındaki kömürler değişik tane boyutlarında (fraksiyonlarında) yüksek randımanla yıkanabilmektedir [21].

Jiglerde gerçekleşen ayırma işleminde daima bir su sirkülasyonu mevcut olup, suya alttan verilen bir ilk hız ile taneler yukarıya doğru kaldırılarak askıda tutulur. Suyu verilecek hızın malzemeyi askıda tutabilecek miktarda olması önemlidir. Değişik hızlarla yukarıya yükselen tanelerden hafif olanlar daha yükseğe çıkabilmekte, ağır olanlar ise daha altlarda kalmaktadır. Sistemin suya verdiği hız bir süre sonra sifıra düşerek bu kez aşağıya doğru bir çökme oluşmaktadır. Ancak sistemdeki bütün taneler aynı anda sıfır hızına düşmezler. Yatak içerisinde her tanenin kendine göre bir hareket hızı vardır. Bunun nedeni sistemin hızının sifıra inmesi halinde tanelerin gravite etkisiyle hareket etmeleridir. Bu çökme esnasında yoğunlukları birbirine çok yakın taneler çökmemeyi engelleyerek güçleştirirler. Özellikle ağır taneler ve iri taneler dibe çöker, daha sonra ince taneler(hafif) çökmemeyi tamamlar. Sonuçta iri ve ağır tanelerden oluşan bir tabaka oluşur [21].

Şekil 5.16'de verilen zaman-ivme ve zaman-hız grafiklerinde yatak yukarı hareket ettirilerek, ilk hızın ivmesi incelenmiştir. Şekil 5.16'da sistemdeki suyun döngü boyunca yüksekliği görülmektedir. Eğriden de anlaşılacağı gibi, suyun en yüksek seviyeye çıkması için geçen süre ile en düşük seviyeye gelmesi için geçen süre arasında biraz fark mevcuttur. Üst seviyeye erişme süresinin daha kısa olduğu görülmektedir. A ve B noktaları arasında sistemin hızının sıfır olup, parçaların çökme periyoduna doğru hareketlenmesi görülmektedir. Aşağı hareket halinde suyun direnci söz konusudur. Bazı jiglerde boşaltma valfi kapalı iken su giriyorsa, darbe odasındaki hava basıncı arttırılabilir. Oluşan darbe yada sarsma türlerine göre bu grafikler değişiklik gösterebilir.

Jiglerde istenilen özellik, yataktaki yığın (su+malzeme) hareket halinde iken sistemin yoğunluğunun yüksek tutulmasıdır. İki ayrı tanenin çökme hızları incelendiğinde, eğer bunları yoğunlukları arasındaki bir yoğunluğa sahip ağır-sıvı kullanıldığında aynı büyüklükteki parçaların yoğunluklarının relatif etkisi kendini göstermektedir. Örneğin iki adet numunenin yoğunlukları 1,65 ve 1,55 gr/cm³ ise bunların etkin özgül ağırlık oranı;

$$\frac{1,65}{1,55} = 1,064 \quad \text{‘tür.}$$

Bu iki numunenin konsantrasyon kriterine bakıldığında (suda);

$$K = \frac{\delta_A - \delta}{\delta_H - \delta} = \frac{1,65 - 1,00}{1,55 - 1,00} = 1,18$$

dir ki, bu değere göre $K < 1,25$ olduğundan ekonomik ayırma mümkün değildir.

Özgül ağırlığı $1,54 \text{ gr/cm}^3$ olan ağır ortamda ise;

$$K = \frac{1,65 - 1,54}{1,55 - 1,54} = 11,00 \quad \text{olmaktadır.}$$

Ağır ortam yoğunluğu $1,55 \text{ gr/cm}^3$ olması halinde konsantrasyon kriteri sonsuz olacaktır. Böyle büyük bir oran jiglerin iri tanelerdeki ayırım kapasitesini göstermesi açısından önemlidir. Böyle büyük bir yoğunluğa sahip bir sıvı ancak irili ufaklı parçaların bir arada olduğu ve iri parçaların sıvının yoğunluğundan fazla bir yoğunluğa sahip oldukları bir ortamda kullanılır. Burada sıvı, büyük ve küçük parçaların yoğunluk aralıklarını tamamen muhafaza eder. Bunun yanı sıra sıvının viskozitesinin artması tanelerin akışını zorlaştırmaktadır.

5.3.3.1 Jiglerde tabakalaşmaya neden olan olaylar

Jiglemenin amacı, cevher tanelerinin akışkanın dikey hareketiyle yoğunluklarına göre farklı tabakalar oluşturarak ayrılmasını sağlamaktır. Tabakalaşmayı sağlayan olası dört kuramdan söz etmek mümkündür. Aşağıda açıklanan bu dört kuramdan hiçbirinin tek başına oluşumunu gerçekleştirdiği hakkında bir kanıt yoktur. Bu nedenle tabaka oluşumuna dört kuramın değişen derecelerde katkı sağladığını öne sürmek yanlış olmayacaktır [22].

a. Engelli Çökeme Sınıflaması: Durgun bir akışkanda taneler, yoğunluklarına, şekillerine ve boyutlarına bağlı olarak, Newton ve Stokes bağıntılarına göre çöklerler. 2 mm'den daha büyük tanelerin çökme hızları Newton yasasına göre

$$V_t = \left[\frac{4(\rho_s - \rho_f).d.g}{3.Q\rho_f} \right]^{0,5} \quad [4]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada;

V_t : Tanenin nihai hızı (m./sn.)

- Q : Direnç katsayısı (küresel taneler için Q = 0,4)
 ρ_s : Tanenin yoğunluğu (kg/m³)
 ρ_f : Akışkanın yoğunluğu (kg/m³)
d : Tanenin çapı (m)'dir.

Suda, iri bir tanenin serbest çökmesi birleştirilerek,

$$V_t = k [d \rho_s - 1]^{0,5} \quad [5]$$

şeklinde yazılabilir.

Benzer olarak yaklaşık 0,1 mm'den daha küçük taneler için Stokes eşitliği yazılabilir:

$$V_t = (\rho_s - \rho_f) \cdot d^2 \cdot g / 18\eta \quad [6]$$

Burada; η : akışkanın vizkozitesidir (mPa.s). Buradan

$$V_t = K \rho_s - 1 d^2 \quad [7]$$

yazılabilir. Eşitlikler [5] ve [7] serbest çökmede nihai hızın, ister Newton isterse Stokes akış rejimlerinde olsun, tanenin boyutuna bağlı olduğunu göstermektedir. Eğer suda çökelen iki tane aynı yoğunluğa sahiplerse, daha iri olan daha yüksek bir nihai hıza sahip olacaktır. Tersine, ağır iki tane aynı boyut ise daha yoğun olan daha yüksek bir nihai hızla çökecektir [22].

ρ_a ve ρ_b gibi farklı yoğunluklara sahip iki mineral tanesinin eşit nihai hızlarda, serbest çökme koşullarında, çökeldikleri tane boyu oranı:

$$R_f = \frac{d_a}{d_b} = \left[\frac{\rho_b - 1}{\rho_s - 1} \right]^n \quad [8]$$

serbest çökme oranı olarak bilinir. Burada n bir katsayı olup Newton akış rejimindeki çökme için 1, Stokes akış rejimindeki çökme için 0,5'dir.

Katı-sıvı karışımındaki katı oranı arttığında taneler arası etkileşim etkili olmaya başlar ve akışkan bir ağır sıvı gibi davranmaya başlar ve pulpun yoğunluğu etkili olmaya başlar. Bu duruma eşitlik [10]'da suyun yoğunluğu yerine pulpun yoğunluğu (ρ_p) yerleştirilerek yeniden yazılırsa, engelli çökme oranı (R_h) elde edilir.

$$R_h = \frac{d_a}{d_b} = \left[\frac{\rho_b - \rho_b}{\rho_b - \rho_b} \right]^n \quad [9]$$

Jigde, tanelerin yer değiştirmeleri ve yeniden dizilimleri, katı-akışkan karışımını yoğunluğunun yüksek olduğu varsayımıyla, engelli çökelleme ile gerçekteleştiği ileri sürülmektedir. Ancak bu teörinin geçerliliği ile ilgili bazı kuşkular vardır. Jiglemede taneler genellikle iri olduklarından, Newton yasasının geçerli olması gerekmektedir. Çok kısa süreli hareketlerin kullanıldığı jiglemede tanelerin nihai hızlarına ulaşabilmeleri olası görülmemektedir. Tanelerin sürekli olarak hızlanma sürecinde kaldıkları ileri sürülebilir.

Bu durum cevher yatağının bütünüyle gevşetildiği ve çekilmenin başlatıldığı evre için doğrudur. Ancak tanelerin yatak oluşturmak üzere birbirine yaklaştığı durumda birim hacimdeki katı-akışkan karışımının yoğunluğu yeterli yüksekliğe ulaşır ve engelli çökelleme koşulları kısmen geçerli olmaya başlar [22].

B. Hareket Başlangıcındaki İvme Farklılaşması

Jigleme devresinin yukarı doğru olan evresi sırasında taneler, hızları sıfır oluncaya kadar, hareket ederler. Bu noktadan itibaren tanelerin başlangıç ivmeleriyle düşmeye başladıkları kabul edilir. Başlangıçtaki bu hızlar tanelerin yoğunluklarına bağlı olup, boyutlarından bağımsızdırlar.

Bir tanenin bir akışkandaki çökelleme hareketi:

$$m(dv/dt) = (m - m')g - F_D \quad [10]$$

ile ifade edilebilir. Burada,

- m : Tanenin kütlesi (kg)
- m' : Tane ile aynı hacimdeki akışkanın kütlesi (kg)
- t : Zaman (s)
- g : Yerçekimi ivmesi (m/s²)
- F_D : Akışkanın direnci (N)
- V : Tanenin hızı (m/s)'dir.

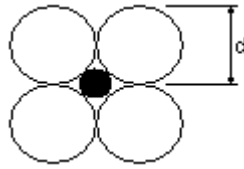
Hareketin hemen başlangıcında akışkanın direnci F_D sıfır olarak alınır:

$$\frac{dv}{vt} = (m - m') = \frac{(\rho_s - \rho_f)g}{\rho_s} = \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_s}\right)g \quad [11]$$

yazılabilir. Buradan, farklı yoğunluklu iki tanenin, yoğunluklarına bağlı, boyutlarından bağımsız ivme oranına sahip oldukları sonucu çıkarılabilir [22].

c. Ara Boşluklardan Sızma

Farklı boyutta veya farklı özgül ağılıkta olan taneler çökme süresince aynı yolu almazlar, bu nedenle de farklı zamanlarda çökelmelerini tamamlarlar. İri taneler ince tanelere göre çok daha kısa süre için süspansiyonda kalacaklardır. Bunun sonucu olarak iri taneler köprüler oluşturacak şekilde çökelirken, ince taneler iri taneler arasındaki boşluklardan sızarak çökmeye devam ederler. Bu olaya ara boşluklardan sızma ve sıkışma adı verilir (Şekil 5.13.).



Şekil 5.13 Ara boşluklardan sızma

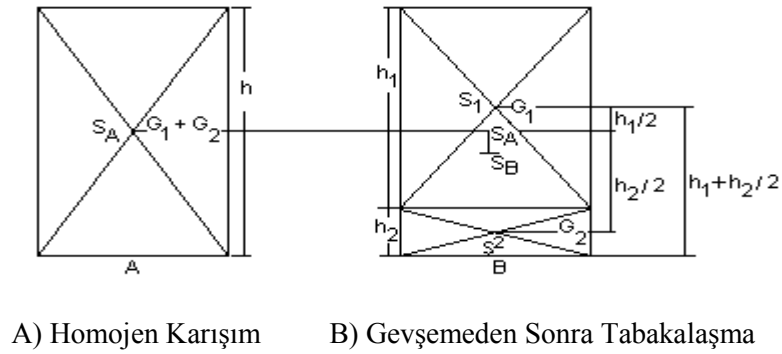
Boşluktan sızabilecek en iri tane çapı ile iri tane çapı arasındaki ilişki

$$d' = (2d^2)^{0,5} - d = 0,41.d \quad [12]$$

ile ifade edilebilir.

d. Minimum Potansiyel Enerjisi Düzeyine Ulaşma

Bu kurama göre karışık tanelerden oluşan bir tabaka, bir potansiyel enerjiye sahiptir. Karışık minerallerden oluşan bu tabaka gevşetildiğinde farklı özgül ağırlıklarda olan taneler sisteme minimum enerji düzeyi sağlamak için uygun konumlar olmak üzere yarış halinde olurlar. Bu da ancak farklı özgül ağırlık işlemiyle tanelere sağlanan enerji tabakalaşmanın, doğrudan, nedeni değildir. Bu kuram, üniform boyuttaki kasiterit-kuvars karışımının suda sadece karıştırılıp kendi halinde bırakılmasıyla neden kolayca tabakalaştığını açıklar. Bu kuramın işlevi şu şekilde açıklanabilir (Şekil 5.14.).



A) Homojen Karışım B) Gevşemeden Sonra Tabakalaşma

Şekil 5.14 İki mineralli bir sistem

Homojen karışımın potansiyel enerjisi (E_1);

$$E_1 = (G_1 + G_2) \cdot h / 2 \quad [13]$$

dir. Burada;

G_1 : Hafif mineralin oranı

G_2 : Ağır mineralin oranıdır.

Taneler cinslerine göre ayrı iki tabakada yer aldıklarında oluşacak sistemin potansiyel enerjisi (E_2),

$$E_2 = G_1 \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + G_2 \cdot \frac{h_2}{2} \quad [14]$$

olacaktır. A ve B durumları arasındaki potansiyel farkı (E),

$$E = E_1 - E_2 = \frac{G_2 h - G_1 h_2}{2} \quad [15]$$

olarak bulunacaktır.

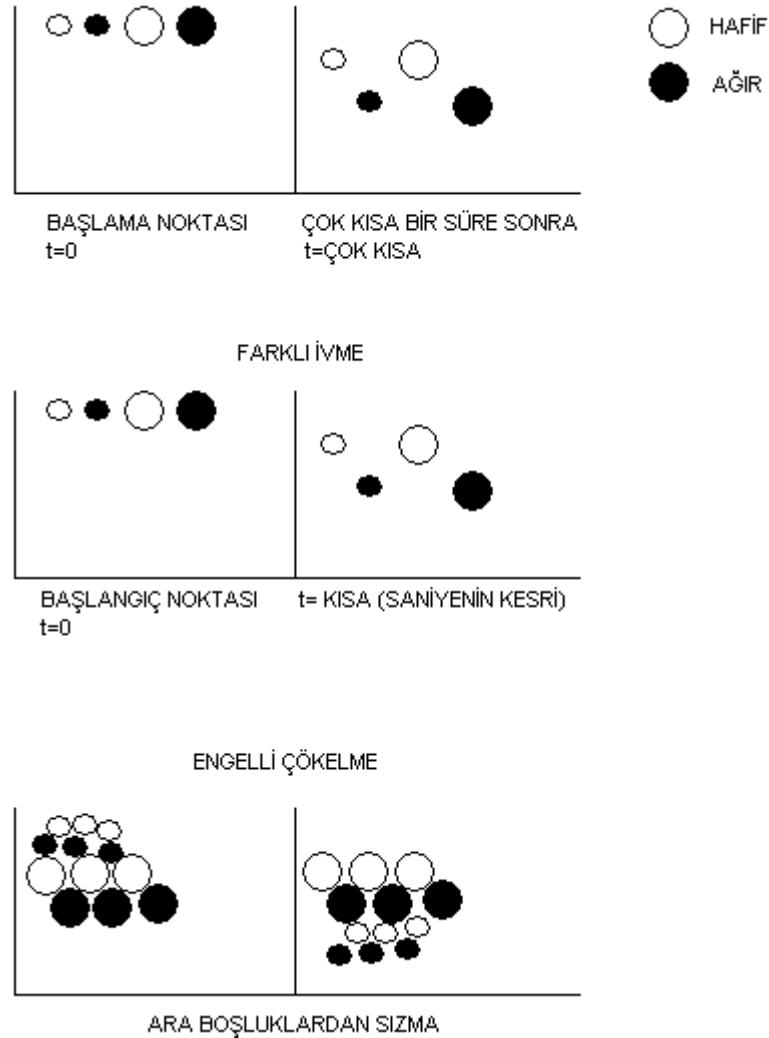
İşleme tabi tutulmamış karışımın ağırlık merkezi (S_A) daha aşağılarda yeni bir konum (S_B) almak eğiliminde olacaktır. Bu ise tam bir tabakalaşmaya neden olacaktır. Tam bir tabakalaşmadan sonra ağırlık merkezi S_B ;

$$S_B = [G_1 \cdot 2h_2 + h_1 + G_2 h_2] / [2 G_1 + G_2] \quad [16]$$

olacaktır.

Ağırlık merkezinin alçalmasının miktarı $S=S_A - S_B$ 'dir. S'nin değeri karışımın ayrılmaya uygun olup olmadığının bir ölçüsüdür.

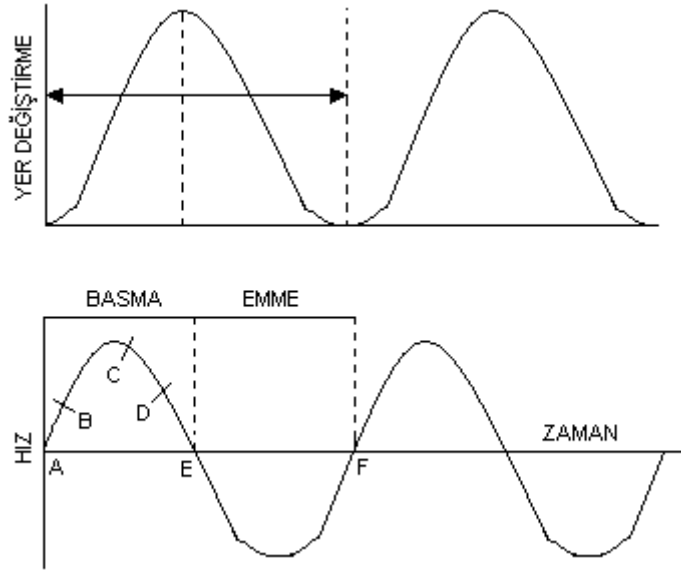
Yukarıda anlatılan kuramlardan sonuncusu hariç tutularak ilk üçünün işleyişi Şekil 5.15'da görülmektedir.



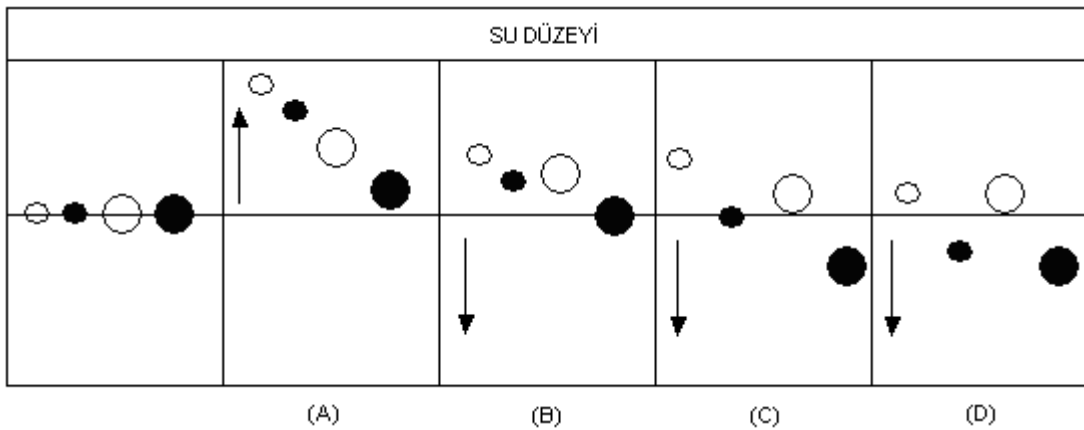
Şekil 5.15 Jiglemede üç mekanizmanın tanelere uygulanışı

Jigde minerallerin, yoğunluklarına bağlı olarak, ayrı tabakalar halinde ayrılmasını sağlayan ve yukarıda açıklanan dört etki aynı anda değil, fakat birbirini izleyecek şekilde işlev görmektedir. Bu da ancak bir jig devresi (cycle) ile sağlanabilmektedir. Çeşitli jig devreleri

kullanılmasına rağmen olayı basite indirmek için Sinuzoidal veya harmonik harekete sahip bir jig devesi Şekil 5.16’de verilmiştir [22].



Şekil 5.16 Bir jigin harmonik harekete sahip devresi



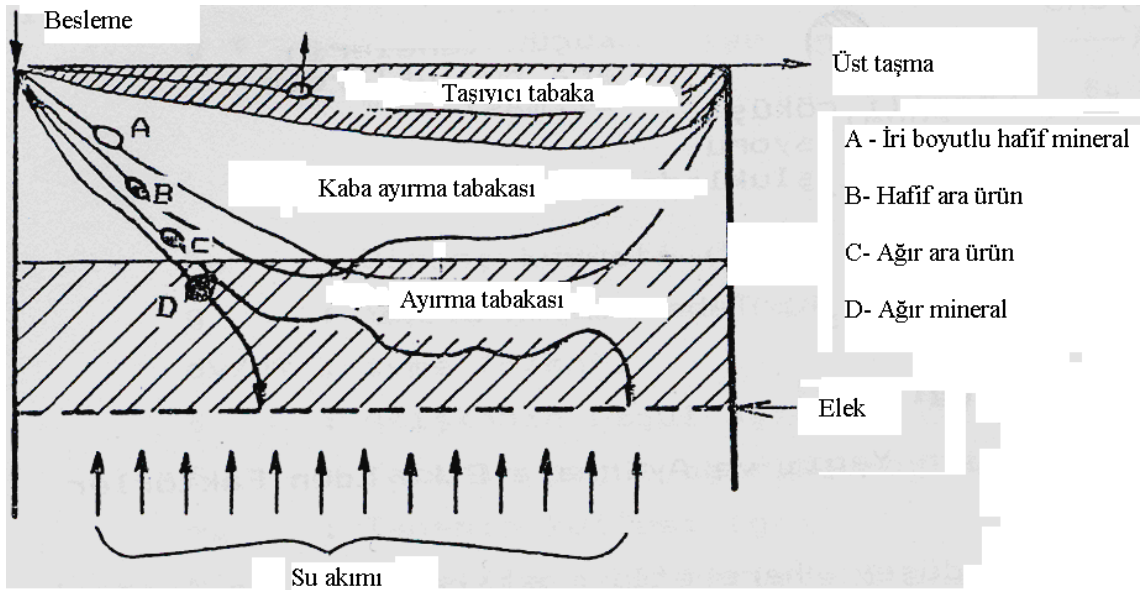
Şekil 5.17 Farklı boyut ve yoğunluklara sahip tanelerin davranışı

5.3.3.2 Jiglerin yapısı ve ayırmaya etki eden faktörler

Jigler, düşey hareketli akışkan ortamda yoğunlukları farklı malzemelerin sıvı ortamın veya jig eleği ile birlikte aşağı yukarı hareket ettirilmesiyle (pulsasyon) bir tabakalaşma meydana getirirler. Bu tabakalaşmada yukarıdan aşağıya doğru özgül ağırlık artar. Bir başka deyişle özgül ağırlığı az olanlar tabakalaşmanın üstünde, fazla olanlar altında dizilirler. Böylece yoğunluğa göre bir ayırma ve muntazam bir diziliş sağlanmış olur. Jigin yapısal özellikleri ile çalıştırılma şekli jigdeki tabakalaşmayı etkilediğinden, zenginleştirme işlemlerinin verimliliği açısından önem arz eder. Jiglerde ayırmayı etkileyen başlıca yapısal özellikler şunlardır:

- Tabaka kalınlığı
- Pulsasyon özellikleri
- Ürünlerin jigten boşaltılması
- Bölme adedi
- Elek

Jiglerin cevher zenginleştirmede verimli olarak kullanılmaları, iyi çalıştırılmalarına ve ayarlarının tam olarak yapılmalarına bağlıdır. Bütün ayarlamalar doğrudan doğruya jig içindeki tabakalaşmayı etkilemekte istenilen şekilde bir tabakalaşma elde edildiğinde jig verimli olarak çalışmaktadır. Şekil 5.18. 'de görüldüğü gibi jig içinde başlıca 3 ayırma tabakası oluşmakta, bunların hepsine jig yatağı adı verilmektedir [13].



Şekil 5.18 Jig içinde oluşan tabakalar ve mineral tanelerinin hareketleri

Bu işlem esnasında jigin ayırma hassasiyetini etkileyen faktörleri üçe ayırmak mümkündür.

- Jigin imalatına, teknik yapısına, jig dizaynına, jiglemenin temel prensibine uygunluğuna
- Jige beslenen malzemenin fiziksel ve mineralojik yapısına
- Jigin çalışma koşullarına ve onu yönetenlerin prensiplerine uygunluğuna bağlıdır.

1. Ayırma Tabakası

Jig kutusunun en altında, elek üstünde yer alan ve özgül ağırlığı yüksek taneleri içeren tabakalardır. Jig çalışması sırasında bu tabakanın efektif özgül ağırlığı istenilen düzeyde tutulduğundan buraya gelen mineral tanelerinde tabaka özgül ağırlığından ağır olanlar tabaka içine girerek, hafif olanlar tabaka üstünde kalarak ayrılırlar. Ayırma tabakası kalınlığının düzgün olması gerekir. Tabaka kalınlığının değişik noktalarda farklı olması, kaynamalara dolayısıyla da hafif mineral tanelerinin ayırma tabakasına girmesine neden olmaktadır.

2. Kaba Ayırma Tabakası

Ayırma tabakasının üstünde yer alan ve değişik taneler ile hafif mineralin iri tanelerini içeren tabakadır. Bu tabakanın kalınlığı, ayırma tabakası üzerinde yeterli basınç sağlayarak, kaynamaları önleyecek düzeyde olmalıdır. Kaba ayırma tabakası da ayırma işlemi görmektedir.

3. Taşıyıcı Tabaka

En üstte bulunan hafif mineralin ince boyutlu tanelerinin toplandığı tabakadır. Besleme bu tabakadan yapıldığı gibi taşma da bu tabakadan olur. Taşıyıcı tabakanın iki önemli görevi, taneleri yayarak her birinin kaba ayırma tabakası ile temasını sağlamak ve hafif mineral tanelerini taşma noktasına kadar sürüklemektir. Bu nedenle taşıyıcı tabakanın ince ve akışkan olması gerekir.

Jig ile zenginleştirme sırasında ayarlanması gereken başlıca değişkenler şunlardır.

- Ayırma tabakası kalınlığı
- Su ilavesi
- Besleme miktarı
- Konsantre alma miktarı
- Pulsasyon hız ve genliği
- Yapay tabaka

Ayırma tabakasını kalınlığı arttıkça efektif özgül ağırlığı da artmaktadır ve tanelerin tabakaya girmesi güçleşmektedir. Tabaka kalınlığı, konsantre alma miktarı ve gerektiğinde yapay yatak malzemesi ilave edilerek denetlenir. Tabaka kalınlığı arttırıldığında daha temiz ağır mineral konsantresi elde edilmektedir.

Su, cevherle birlikte beslenen su ile ilave suyun toplamından ibarettir. İlave su jigin altından veya üstünden verilebilir. Miktarı da jige beslenen cevher miktarına bağlıdır. Besleme miktarı arttıkça su miktarı artar. Mekanik hareketli jiglerde alttan ilave su verilerek basma hareketinin etkinliği artırılır.

Besleme ve konsantre alma miktarları, cevherin özellikleri ve yapılan zenginleştirmenin şekli ile yakından ilgilidir. Taşma ile jigi terk eden hafif mineraller arasında ağır mineral kaçağı var ise besleme, ağır mineral arasına hafif mineraller karışıyorsa konsantre alma miktarı azaltılır. Pulsasyon hız ve genliği, jige beslenen cevher, elde edilen konsantre ve atılan artığın özelliklerine bağlı olmaktadır. Zenginleştirme işlemlerinde kullanılan başlıca genlik ve hız koşulları Tablo 5.4.'de verilmiştir [13].

Yapay tabaka, ayırma tabakasını kalınlaştırmak veya tekne ürünü almak amacıyla özgül ağırlığı cevherdeki ağır mineralinkine eşit veya fazla olan bir malzemedan yapay olarak oluşturulan bir tabakadır. Kömürde feldspat yapay yatak malzemesi olarak kullanılır. Ağır

mineral içeriği az olan cevherlerde kalın, ağır mineral içeriği çok olan cevherlerde ise ince bir yapay yatak oluşturulur.

Tablo 5.4 Jig zenginleştirmesinde kullanılabilir genlik ve hız koşulları

	Genlik	Hız
İri boyutlu cevherlerle çalışılıyorsa	Uzun	Düşük
İnce boyutlu cevherlerle çalışılıyorsa	Kısa	Yüksek
Ağır mineralce zengin cevher ise	Kısa	Yüksek
Ağır mineralce fakir cevher ise	Uzun	Düşük
Ön zenginleştirme işlemlerinde	Uzun	Düşük
Temiz ağır mineral eldesi için	Kısa	Yüksek
Temiz hafif mineral eldesi için	Uzun	Düşük
Jig kapasitesini arttırmak için	Kısa	Yüksek

4. Boşaltma Sistemleri

Özgöl ağırlığı düşük olan malzeme devamlı besleme nedeniyle taşma yoluyla alınır. Ağır olan malzeme ya jig durdurularak elek üstünden kürekle alınır veya kapı baraj sistemi ile hidrostatik basınç artışı ile jig dışına alınır. Ağır malzemenin kapı baraj sistemine şamandra ilave edilerek sistem otomatiğe bağlanır.

5. Kompartıman Sayısı

Jigden ara ürün de isteniyorsa kompartıman sayısı arttırılır. Böylece bölmeler yan yana monte edilerek seri şekilde çalıştırılır.

6. Elek

Jiglerde ağır tabakanın altında bulunan önemli bir ekipmandır. Eleğin malzeme ağırlığından dolayı esnememesi için dökümden yapılması gerekir. Elek açıklığı jigden alınacak ürünün tane iriliğine veya ilave edilen yapay tabakaya göre seçilir.

Malzeme içinde ayrılması istenen mineraller arasındaki yoğunluk farkı büyüdükçe jigin ayırma hassasiyeti artar. Ayrıca malzemenin dar tane iriliği fraksiyonlarında jige beslenmesi, jigin yıkama randımanını arttırmaktadır. Yine malzemeyi teşkil eden tanelerin şekilleri de yıkamanın ayırma hassasiyetini etkilemektedir. Eşit kütlelere sahip yassı taneler ile küresel tanelerin çökme hızları farklıdır.

Malzemenin jige birim zamanda besleme miktarı, suyun debisi, ayarlamaları yapan teknik elemanların jige yıkamanın temel prensiplerine ne derece sadık kalması ayırma hassasiyetini etkilemektedir.

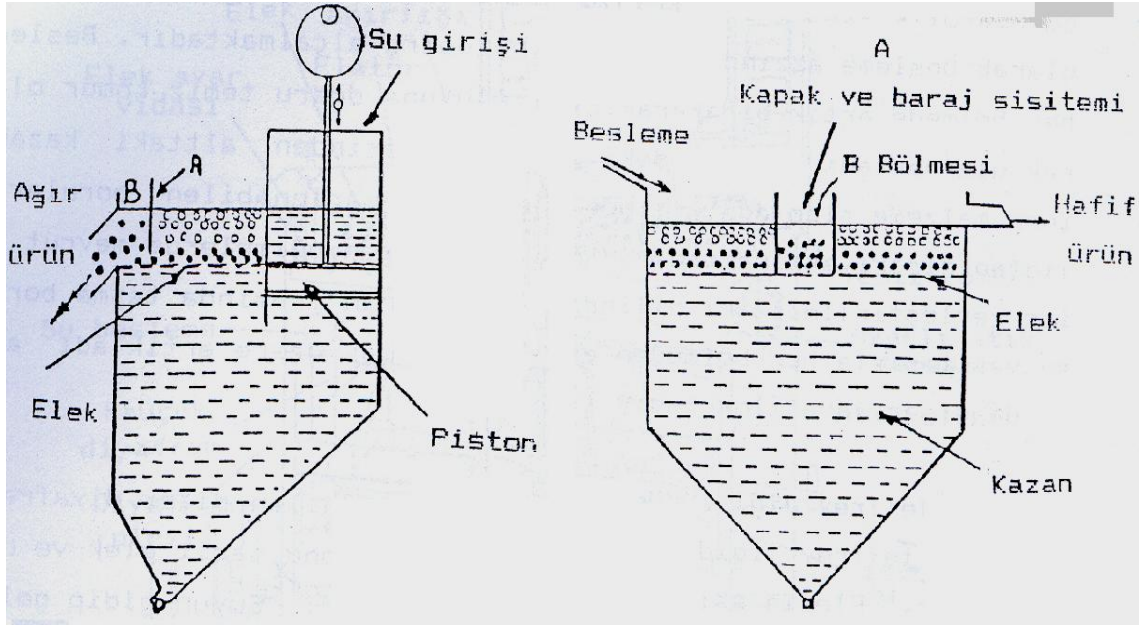
5.3.3.3 Jiglerin sınıflandırılması

Jigleri, çalıştıkları ortamın cinsine, ortamı hareket ettiren sisteme, ağır malzemenin jigi terk ediş biçimine ve beslemenin tane iriliğine göre sınıflandırmak mümkündür.

- Pistonlu jigler (Harz, Elmer)
- Diyaframlı jigler (Bendelari, Jeffrey)
- Basmalı sulu jigler (Richart)
- Basmalı havalı jigler (Baum, Batac)

1. Pistonlu Jigler

Harz Jigi: Bu jigde sabit bir elek vardır. Jig hareketi piston vasıtası ile elde edilir (Şekil 5.19.). Bu piston elek bölmesinin yanındaki bölmede gidip gelir. Genellikle konsantreyi teşkil eden alt tabaka B bölümüne geçtikten sonra A kapağını açmak suretiyle boşaltılır. Genellikle artığı teşkil eden üst tabaka makinenin çıkış ucundan boşaltılır. Kömür yıkamada bu olayın tersi olur. Temiz kömür çıkış ucundan boşalırken şist jigde kalır. Bu jigler seri halde birçok bölmelerden müteşekkildir. Bir bölme altı müteakip bölmeyi besler. En fazla ayırma birinci bölmede olur. Diğer bütün bölmelerde ara ürün elde edilir. Fazla emmeye mani olmak için pistonun altında veya üstünde basınçlı su ilave edilir. Emme ve basma tesisi, ilave edilen basınçlı su ve teknenin dibindeki musluk ile ayarlanır. Pistonun hareketi 0,5-8 cm uzunluğundadır. Bu hareketin uzunluğu cevherin tane boyutuna bağlıdır.



Şekil 5.19 Harz tipi pistonlu jig'in genel görünümü

2. Diyaframlı Jigler

Bendelari jigi: Bendelari jigi pistonlu jiglerden farklıdır. Bu jigte piston ayrı bir bölmede gidip gelmez. Altı köşe veya dairesel olabilen halka şeklinde olan bir lastik diyafram vasıtası ile ana çerçeve demirlerine bağlanır. Hareket kolunun aşağı hareketi ile oluşan emme etkisi ilave su borusundan basınçlı su verilerek azaltılır. Bendelari jigi diyaframlı jiglerin en çok kullanılanlarındandır. Eksantrik hareketi yerine hidrolik sistemle suya itme verilen jigte, 3 ayrı bölme yer almaktadır. Her bölmede yatağın üzerinde olduğu bir elekt ve yataktaki malzemenin yükü ile eleği taşıyabilecek bir ızgara bulunmaktadır. Her bölmede mevcut olan membranaya ayrı zamanlarda hidrolik sistem ile itme verilmektedir. Üç bölme kademeli olarak besleme ağzından lave ağzına doğru alçalmaktadır. Besleme her bölmede artık bırakarak çıkış oluşuna doğru temiz kömür olarak ulaşmaktadır. Bölmedeki yatak elektlerinden alttaki kazana inen malzeme şlam adı altında vanaları ayarlanabilen borularla jigten dışarı atılmaktadır. Atık ürün ise bölmelerde mevcut iç içe yerleştirilmiş iki silindirik boruların arasında taşma taşma borusu vasıtasıyla her bölmeden ayrı ayrı olmak üzere artık adı altında dışarıya atılmaktadır [18].

Jeffrey Jigi: Kömür yıkamada kullanılan diğer diyaframlı jig de Jeffrey jigidir. Konstrüksiyonu, sabit elekt ve diyaframdır. Eleğin eğimi ayarlanabilmektedir. Suyun gidip gelme hareketi, eksantrik bağlı olan manivela ve kollar vasıtası ile temin edilir. Bu jiglerde kömür boyutu 15-2 cm arasında zenginleştirmeye müsaittir. Tek ve çift kabinli imal edilirler.

Genlik, eksantrik ayarı ile istenilen uzunluğa ayarlanabilir. Flatör, artıkların cihazdan boşalmasını otomatik olarak kontrol eder.

3. Basınçlı Su jigleri

Richards Pulsatör Jigi: bu tip jiglerde suyun gidip gelme hareketi piston yerine suyun kendi basıncı ile temin edilir. Richards pulsatör jigi de bu tiplere aittir. Dört bölmeden oluşan bu jigte her bölmenin ancak 10 x 10 cm'lik elek alanı vardır. Su dakikada 150-200 darbe ile dönen bir musluktan girer. Çok su sarfiyatına karşılık enerji sarfiyatı düşüktür.

4. Basınçlı Havalı Jigler

Baum Jigi: Baum jiglerine gerekli hava, sürgülü veya döner hareketli valfler aracılığıyla jigin yıkama yapılmayan bölmesindeki su yüzeyine gönderilir. Gönderilen basınçlı hava jigteki suya itme ve emme hareketi vermek suretiyle farklı yoğunlukta olan kömür ve şistlerin tabakalaşmasını sağlar. Birbirine seri halde yerleştirilen kompartımanlarda, farklı hava basıncı uygulama yoluyla temiz ürün, ara ürün ve artık elde etmek mümkündür. Sanayide en çok kullanılan hava kamaralı jiglere örnek, özellikle kömür yıkamada kullanılan Baum jigleridir. Ancak, yıkama bölgesinde oluşan bu hareketin dağılımı şist yatağı boyunca kasa genişliğinde her noktaya aynı genlikte olması, tabakalaşmada eşit olmayan değişikliklere neden olur. Bu eşitsizlik kasaya basınçlı hava veren valf dizaynından da etkilenebilir. Bu olay beslemedeki kömürün yıkama karakteristiğindeki değişikliklere göre dengelenemediğinden, kasanın tüm elek alanı içinde her noktada eşit ayırma sağlanmaz ve bu nedenle yıkamada beklenen yüksek verime erişilemez [17].

Batac Jigi: Batac jigleri, Baum tipi jiglerde olduğu gibi hava ve yıkama bölmesi halinde ikiye bölünmüş değildir. Batac jiginde kasanın tüm alanı yıkamaya tahsis edilmiş ve elek kasa genişliğince yerleştirilmiştir. Bu surtele Batac jiglerinde elek alanı, aynı boyuttaki Baum jiglerindeki elek alanından daha geniştir. Jig seri halde hava çemberleriyle donatılmıştır. Bu çemberlerden iki adeti her bölmede sabit elek altında ve eleğin tüm genişliği boyunca uzanır ve bu suretle kasaya verilen hava üniform bir dağılımla her noktada eşit genlik sağlar. Bu ayrıcalık Batac jiglerinin başlıca özelliğidir.

Kasalara verilen havanın üniform dağılımının temel prensibi, Japonlar tarafından oluşturulmuş ve Tacub kasasında uygulanmıştır. Batac sözcüğü ve Baum ve Tacub sözcüklerinden üretilmiş ve bu prensip Alman Humboldt Wedag firması tarafından geliştirilmiştir. Humboldt Wedag firması, hava besleyen valfleri ve sabit elek yüzeyinde oluşan

yatağın kontrol mekanizmasını büyük ölçüde geliştirip otomatik olarak çalışmasını sağlamak suretiyle, kömür ve şist ayırımında yüksek verim elde etmiştir.

Batac jigi üç bölmeden oluşmuş ve her bölümü iki hava çemberi ile donatılmıştır. Ağır şistler yıkanan kömürün durumuna ya birinci bölmeden kovalı elevatör ile çekilir ya da bir ve ikinci bölmede ayrılan ağır şistler birleştirilerek tek elevatör ile sistemden çekilir. Üçüncü bölmedeki artıklar yine kömürün karakteristiğine göre ya doğrudan ara ürün olarak (mikst) ikinci elevatörle alınır, yada tekrar yıkanmak üzere kasa girişine verilir.

Batac jiglerinde 15 mm'den daha küçük boyutta kömür yıkanması halinde Baum jiglerinde olduğu gibi sabit elek yüzeyindeki feldspat yatak bulunur. Bu takdirde ayrılan şistler feldspat yatağının aralıklarından sızarak ve elek deliklerinden geçerek alt borudan elevatöre gelir. İri boyutlarda kömür yıkamada ise ayrılan şistler sabit elek plakasını ön tarafındaki şist yatağı boşaltma tertibatı ile elevatör kovalarından geçer.

Batac jiglerinde, her boyutta kömür yıkanabilir. Ancak ince ve iri kömürler ayrı ayrı yıkanması halinde ince kömür jiginde erişilebilecek verim, iri kömürlere nazaran daha yüksek olabilir. Çünkü ince kömürler iri kömürlere nazaran daha farklı yoğunlukta zenginleştirilebilir[17].

Uygulamada ilk tesis yatırımının yüksek olmasına karşın jigler önemli yararlar sağlamaktadır. Bunları;

- Kömür zenginleştirme tesisi basitleşmekte, bunun sonucunda arıza ve bakım giderleri azalmaktadır.
- Otomasyon sonucu işçi sayısı azalmakta, tesis performansı yükselmektedir.
- Az sayıda büyük makinelerin kullanımıyla tesis içi nakliyeler minimum düzeye indirilmekte bunun sonucunda yer ve enerjiden tasarruf sağlanmaktadır.
- Tesis kapasitesi arttırılmaktadır.
- Elde edilen temiz kömürdeki kükürt oranı azaltıldığından çevre kirliliği de azalmaktadır.
- Batac jiglerinin yüksek ayırma performansı sağlamasıyla yüksek kalitede temiz kömür yüksek verimle elde edilmektedir.
- Son olarak ton başına zenginleştirme maliyetleri büyük ölçüde düşmektedir [23].

Rose Jigi: Basınçlı hava jiglerinin gelişmiş bir modeli olan jige ismini veren “Rose” kelimesi “Radar Opened Shale Extraction” (radar sistemli şist ayırma) kelimelerinin baş harflerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Prensip olarak Baum jigi ile aynı olup onun

gelişmiş sistemine sahiptir. Dolayısıyla jig sınıflamasında sabit elekli jiglerin basınçlı hava ile çalışan kısmına dahildir.

Rose jiginin Baum prensibine olumlu yanı her bölümde ayrı ayrı kontrol edilebilen su darbeleri şistin daha başarılı şekilde atılmasıdır. Ayrı ayrı bölmelerin ayırım amacıyla kullanılmasının ve şistin su darbeleri ile atılmasının faydaları aşağıda verilmektedir.

- Jig içerisindeki mekanizmadan kaynaklanan sorunlar ortadan kalkmıştır.
- Pulsasyonun ayrı ayrı bölümlerde olması, şistin atılması ve boşaltılması operasyonu ayırım verimini düşürmektedir.
- Pulsasyon oranının geniş bir aralıkta kontrol edilebilmesi en uygun ayırım veriminin sağlanmasını kolaylaştırmaktadır.
- En yüksek oranda şist ayırımı mümkün olduğundan en kötü kömürler bile kolay yıkanmaktadır.

Sistemin bu avantajlarını yaratan özelliği, kontrol valfi haricinde hareketli parçanın olmaması ve yıkama suyu ile güç çeviricileri arasında fiziksel bir dokunağın olmamasıdır [18].

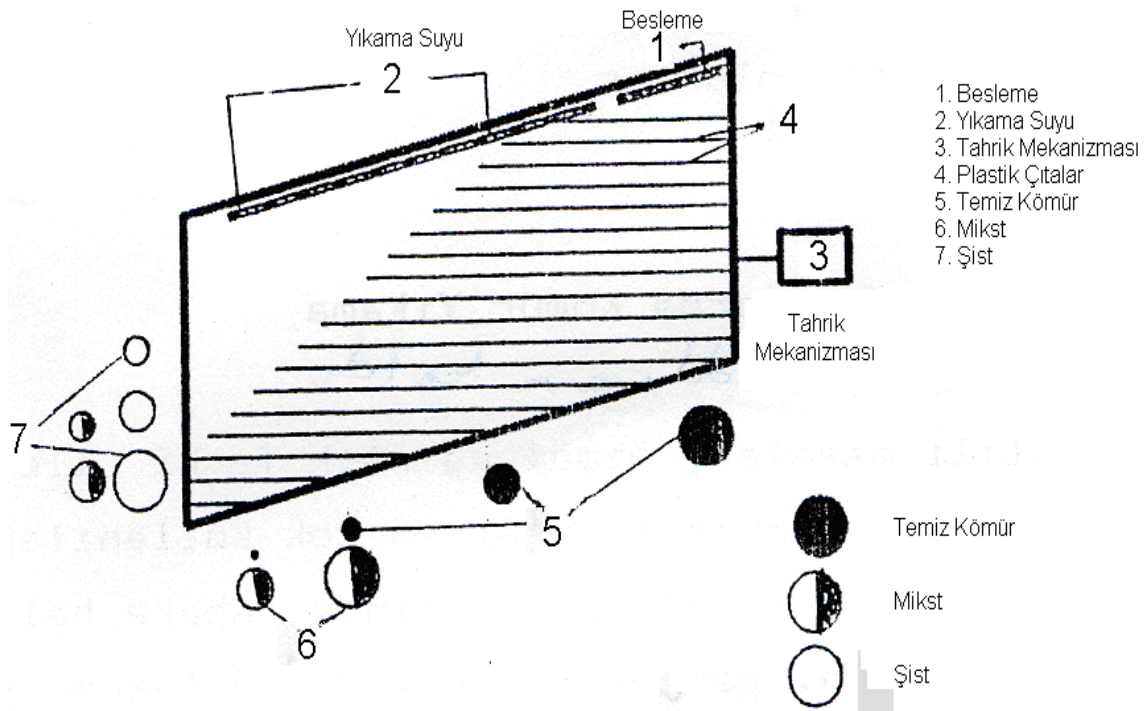
1982 yılından sonra 1 mm'den küçük tane boyutunda yoğun şekilde jig testleri yapılmıştır. Söz konusu çalışmalar Clausthel Teknik Üniversitesi'ne bağlı Cevher Hazırlama Endüstrisi'nde ve Almanya Research and Technology Bakanlığı'nın himayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu araştırmalar, filtre tabakasına duyarlı bir yoğunlukta jig işlemi yapma ile ilgili yeni bir prosesin geliştirilmesine yöneliktir. Bu proseste, elek üzerine bir partikül tabakası yerleştirilmektedir. Bu partiküllerin boyutu, yoğunluğu, tabaka kalınlığı ve üst akıntı hızı gibi özellikler, söz konusu tabakanın yoğun bir filtre gibi davranmasına uygun şekilde ayarlanmıştır. Sürekli türde bir işlemin temini için bir Carausel jig geliştirilmiştir. Yukarıda adı geçen yeni düzenekte yaklaşık % 90'lık pirit ve %80'lik bir kül azaltılmış ve yüksek bir verimle lave kömür kazanılmıştır [24].

5.3.4 Sallantılı masalarda kömür yıkama

Sallantılı masalar, özgül ağırlık farkı ile zenginleştirmenin günümüzdeki uygulamasında, en çok kullanılan aygıtlardır. Sallantılı masa esas olarak üzerinde tabaka halinde akışkan akışı olan, dikdörtgen, paralel kenar, dikdörtgene yakın yamuk veya V şeklinde bir yüzeydir. Yatayla birkaç derecelik açı yapacak şekilde eğimli olan masa yüzeyi uygun bir mekanizma ile masanın uzun eksenini doğrultusunda ve geriye doğru olan hareketi daha hızlı olmak üzere, ileri geri hareket ettirilir. Masa yüzeyi genellikle dar ve uzun eşiklerle kaplıdır. Bu hareket mekanizması hareketi verirken ileriye doğru yavaş geriye doğru hızlı hareket eden bir

darbedir. Bu hareket esnasında mineral taneleri iki ayrı kuvvetin etkisinde kalmaktadır. Birinci kuvvet masanın hareketi nedeniyle oluşturduğu kuvvettir. İkinci kuvvet eğimli masadaki suyun hareketinden ileri gelen kuvvettir. Bu iki kuvvetin etkisiyle taneler bu kuvvetlerin bileşkesi altında hareket ederler. Genel olarak ideal konsantrasyon tek tabaka halinde besleme ile olmakta ise de yüksek kapasite elde etmek amacı ile birkaç tabaka halinde besleme mümkün olmaktadır. Çalışma esnasında eşikler arasında bir birikim söz konusudur. Bu birikimde küçük ve ağır taneler tabanda, iri ve hafif taneler üstte yer alır. En üstteki tabaka suyun akıntısı ile gelen yeni besleme nedeni ile yer değiştirerek taşınır ve ayrı bir yatakta toplanır. Böylece özgül ağırlıkları farklı taneler ağır ve hafif olarak ayrı ayrı yönlenmiş olur [17].

Sallantılı masalar Şekil 5.20’de görüldüğü gibi diogonal şekilli bir yüzey üzerinde belirli aralıklar ve yükseklikte yerleştirilen çıtalarla oluşturulmuştur.



Şekil 5.20 Sallantılı masanın şematik görünüşü [25]

Sallantılı masalarda zenginleştirmede etkili olan faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Kömür ve şist arasındaki yoğunluk farkı
- Parçacıkların yüzeysel şekilleri (kübik yada yassı gibi)

- Beslemede katı madde miktarı (su ve katı karışım oranı)
- Konsantr edilecek parçacıkların masa yüzeyindeki sürtünme katsayıları
- Masaya verilecek eğim
- Masa yüzeyinin düzgün oluşu
- Masanın sallantı adeti ve sallantı genliği

Sallantılı masalarda zenginleştirilecek cevher ve kömür madenlerinin parça boyutu ve şekilleri çok önemlidir. Sallantılı masa yüzeyinde iri-hafif, ince-ağır şist ve kömür parçacıklarının birbirine yakın hareket etmeleri ayırımı ters yönde etkilemektedir. Uygulamada kömür için en uygun boyut $-6 + 0,5$ mm'dir.

Özellikle kömür madenlerinin masada zenginleştirilmesinde şekil faktörü önemlidir. Bazı kömürler kübik şekilde olmakla beraber az da olsa yassı ve bir kısmı suya bırakıldığında lapa gibi bir görünüm arz etmektedir. Bu nedenle masada yıkanacak kömürün yassı şekil yapısında olmaması ve özellikle suya girdiğinde lapalaşır gibi görünüm arz etmemesi gerekir. Olumlu sonuçlar için kübik yapı biçimine yakın kömür türlerinin masalarda yıkanması gerekir.

Sallantılı masa yüzeyine yerleştirilecek çıtaların yüksekliği ve genişliği, masaya verilecek sallantı adedi, strok genliği ve masa eğimi, yıkanacak kömür karakteristiği ve alınacak sonuçlara göre tertiplenir. Sallantılı masalarda genlik miktarı 10-25 mm arasında olup titreşim hızı dakikada 240-325 vuruş arasında değişmektedir. Olumlu yıkama sonucu elde edebilmek için sallantı adedi, strok genişliği ve besleme suyu arasında iyi bir bağlantı kurmak gerekir. Strok genliği ve adedini artırmak suretiyle kömürdeki yabancı ağır parçacıkları (artık, şist gibi) hızla çıtalar arasından ilerleterek atmak mümkündür. Ancak bu durumda masaya daha fazla su verilmesi gerekir.

Konsantrasyon kriteri yüksek olan kömürlerde strok genliği ve adetinin arttırılması ile masa kapasitesi yükseltilir. Şayet artık madde (şist) ile temiz kömür arasında yoğunluk farkı az ise strok genliği azaltılmalı ve su ayarlarına dikkat edilmelidir. Ayrıca tane boyutu büyüdükçe kapasite artabilir. Masalara beslenecek kömürün dar tane boyutunda beslenmesi ayırımın daha etkin olmasını ve verimin yükselmesini sağlar [13].

5.3.5 İnce kömürlerin zenginleştirilmesi

İnce kömür (6, 8, ve 10 mm elek altı) feldspatlı jig, sarsıntılı masa, oluk ve ağır ortam siklonları ile zenginleştirilir. Bazı durumlarda iri kömürleri yıkayan devrelerin mikstleri de kırılarak ince kömürlerle birlikte değerlendirilebilir. Feldspatlı jigler, elek üzerinde feldspat parçalarından oluşmuş suni yatak bulunan su veya basınçlı hava ile çalışan cihazlardır.

Kömürde kullanılan sarsıntılı masalar, metal madenciliğinde kullanılanlara göre daha geniş yüzeyli ve daha yüksek eşiklidir. Oluklar ise düz veya dairesel olabilir. Ağır ortam siklonları, kömürün manyetik süspansiyonuyla birlikte siklona basılması ile alt akımdan şistin üst akımdan ise temiz kömürün alınmasını sağlayan cihazlardır. Günümüzde bazı yapısal değişikliklerle bu siklonların 40 mm'den ince kömürlerin temizlenmesinde kullanılmaları da mümkün olmaktadır. Ayrıca, kömürün kendisi veya şist malzeme ile çalışan otojen siklon ince kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Süzme eleklerinin altına geçen su, genellikle ince kömürle birlikte kil içerir. Çevre kirliliği veya proses için gerekli suyun sağlanması amacı ile bu su içindeki katı malzemenin çöktürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için çöktürme tankları, koniler veya dekantasyon kuleleri kullanılır. Çöken katılar içinde bulunan çok ince boyutlu kömürün kazanılması, multisiklon bataryaları ve flotasyon ile mümkün olur. Multisiklon bataryalarında şlam küçük çaplı çok sayıda siklona basılır. Şlam içindeki killi mineraller genelde kömüre oranla daha küçük boyutlu olduğundan, bunların üst akımla ayrılması sağlanarak, alt akımda yanabilir kömür oranı yükseltilmiş bir ürün elde edilebilir [16].

5.3.6 Kömür flotasyonu

Flotasyonla zenginleştirme, minerallerinin kırılma yüzeylerinin fiziko-kimyasal özelliklerinin farklı oluşu, yada bu özelliklerini bazı kimyasal reaktifler kullanarak değiştirilmesine dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu oluşumda başlıca üç faz mevcuttur. Flotasyon esnasında birbirine yakın etkisi olan bu fazlar, katı-gaz, katı-sıvı ve sıvı-gaz fazlarıdır. Flotasyon çok ince boyutlu mineralleri zenginleştiren bir yöntemdir. Bu yöntemde ayırma bazı minerallerin hava kabarcıklarına yapışarak yüzmesi ile sağlanır. Bu mineraller yüzey özelliklerine veya çeşitli reaktiflerle yüzey özelliklerinin değiştirilmesine bağlı olarak hava kabarcığına ilişirler. Bu özellikleri göstermeyen diğer mineraller ise su içinde ıslanarak batarlar. Flotasyon işlemi sırasıyla şu işlemleri içerir.

- Cevherin maksimum 0,5-0,2 mm gibi bir boyutun altına öğütülmesi,
- % 15-35 arasında katı içerecek şekilde sulandırılması
- Pülpe, bir veya bir kaç çeşit inorganik kontrol reaktifinin çok az miktarda ilavesi,
- Mineral yüzeyini kaplayarak köpüğe yapışmasını sağlayacak toplayıcı reaktifin ilavesi,
- Dayanıklı hava kabarcığı oluşturan köpürtücü reaktifin ilavesi,
- Karıştırma yolu ile veya basınçlı hava vererek hava kabarcığının oluşturulması,

- Mineral taşıyan köpük zonu ile, köpüğe yapışmayan mineralleri bulandıran pülpün birbirinden ayrılması.

Bu işlemler birbirini takip etmek yerine, bir arada da uygulanabilir. Örneğin birinci işlemi oluşturan öğütme sırasında 3. ve 4. işlemler yani reaktiflerin ilavesi yapılabilir veya pülpte katı oranının ayarlanması öğütme sonrası siklon ve klasifikatör devrelerinde sağlanabilir [26]. Genellikle organik maddeler, inorganik maddelere nazaran suda daha az ıslanma özelliğine sahiptirler. Bu nedenle kömürlerin flotasyonu diğer metalik cevherlere nazaran çok daha kolaydır. Suya ilave edilecek hidrokarbon yağı ve köpürtücü sayesinde kömür parçacıkları yüzeyindeki atomlar, su moleküllerine affinitesi olmaksızın, yüzeyleri ince bir hidrokarbon tabakası ile kaplanır. Böylece hava kabarcıklarına yapışarak köpükle birlikte su yüzeyine toplanırlar. İnorganik mineral yüzeyleri ise daha çok iyonik, diğer bir deyimle iyonlarla kaplı olduğundan, suda bulunan molekül ve iyonlara karşı daha hassas oluşu nedeniyle daha fazla ıslanmaya yöneliktirler.

Flotasyon, mineral endüstrisi dışında, bazı ince şist maddelerle çevre kirlenmesine karşı ve bazı endüstriyel ürünlerin saflaştırılmasında da uygulanabilir. Bunlar içinde koloidal atık suların temizlenmesi, lavvar atık sularının temizlenmesi, atık fotoğraf çözeltilerinden gümüş kazanılması, tohumların flotasyonla ayrılması gibi uygulamalardan bahsedilir. Flotasyon, 0,5 mm'den mikron boyutuna kadar değişen cevhere uygulanabilir. 0,2 mm'den daha iri parçalarda, özgül ağırlık fazla ise, köpükle taşınma zorlaşabilir. İnce taneli malzemelerin yüksek oranda bulunması ise, flotasyonu güçleştirebilir ve bazen imkânsız hale getirebilir [26]. Bir katı maddenin diğer katı maddelerden ayrılmasını sağlayan flotasyon yönteminde diğer kimyasal usullerden farklı olarak üç faz bulunur. Bunlar; yüzdürülen katı fazı, muhtelif elektrotları bulandıran sıvı veya genellikle su fazı, hava kabarcığı meydana getiren gaz veya hava fazıdır. Her flotasyon sisteminde bu üç faz temas halindedir. Flotasyon sistemlerinin anlaşılmasında, bu üç faz arasındaki ara yüzeylerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmelidir.

Bazıları dışında inorganik katıların yüzeyleri su içinde ıslanırlar. Bunun sebebi, katı yüzeyindeki iyonların, su içindeki hidrate iyonlarla bağlantı kurmalarıdır. Bu hidrate iyonlar, suda bulunan hidrojen ve hidroksil iyonları olabildiği gibi, su içinde bulunan diğer elektrolitlerde olabilir. Flotasyonda ilk kademe, yüzdürülmek istenen mineralin yüzeyinde su-katı ara yüzeyi yerine, katı-hava ara yüzeyi meydana getirmektir. Bu, su fazına uygun kimyasal maddelerin ilavesi ile meydana getirilir. Bu reaktiflerle mineral yüzeyi arasındaki reaksiyon neticesinde, mineral yüzeyinde suyu iten (hidrofil) bir tabaka meydana gelir. Mineral yüzeyi ile kimyasal madde arasındaki reaksiyonun tarifi ve tayini termodinamik prensiplerle mümkündür.

- Flotasyon kömürün zenginleştirilmesinde kullanılan bir diğer yöntemdir. Flotasyon kil ve piritin uzaklaştırılmasında en etkin yöntem olarak görünmektedir. Bu nedenle, ince kömür temizlemede en fazla geleceği olan bir yöntemdir [27]. Kömür flotasyonunun yaygın bir şekilde günümüzde kullanımı aşağıda belirtilen sebeplerden kaynaklanmaktadır.
- Kömürün yıkanması gün geçtikçe önem kazanmaktadır.
- Külü düşük kaliteli kömürlerin üretilmesi,
- Açığa çıkan toz kömürün ekonomik değer taşımasıdır.

Kömürün flotasyon ile kazanılması pratikte en çok kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. Günümüzde çoğu tesiste ince toz kömür (-1 mm) bu yöntemle değerlendirilmekte ve hatta bazen kül ve kükürt içeriği bu yöntemle düşürülmektedir. Kömür flotasyonunda optimum tane boyutu 0,1-0,3 mm' dir. Kömür flotasyonunda iri (yaklaşık +250 μm) ve ince yaklaşık (-20 μm) oranının aşırı miktarda artması bu boyut gruplarının zayıf yüzebilirliklerinden dolayı flotasyon işlemini zorlaştırdığı ve sonuçları etkilediği belirlenmiştir [28]. Kömürün hidrofob özelliği mineralojik yapısına, petrografik yapısına, kömürün oksitlenme derecesine, bünyesindeki gang mineraline bağlı olarak değişir.

Kömür genelde doğal olarak hidrofobdur ve suda yüzer. Oksitlenmiş kömürler daha az hidrofobdur. Çünkü oksitlenmiş kömür yüzeyinde karbonil ve karboksil grupları meydana gelir. Bu da kömürün su ile reaksiyona girmesine neden olarak kömürü hidrofil yapar. Kömür tanelerinin yüzeyi çok rahatlıkla ve çabucak oksitlenebilir. Ayrıca, gözenekli yapı kömür yüzebilirliğine tek yönde etki yapar. Gözeneklilik arttıkça kömür tanesi, bünyesine su alacağından, kömür hidrofob bile olsa flotasyon hücresinde hidrofil bir tane gibi davranır.

Yoğunluğa göre ayrılamayan kül, mineral madde içeriği, kömür flotasyonu ile giderilebilir. Bu nedenle kömür flotasyonu kömürün kalitesini (özellikle kül mineral madde içeriği yönünden) arttıran bir yöntemdir. Günümüzde çok yaygın olarak toz kömürün temizlenmesinde kullanılır [29]. Yöntemin etkinliğini arttıran parametreler sırasıyla;

- Kömürün cinsi ve kömürleşme derecesi,
- Kömür tane iriliği,
- Pülp yoğunluğu,
- pH ve su karakteristiği,
- Reaktiflerdir.

5.4 Kömürün Kurutulması ve Kullanıma Hazır Hale Getirilmesi

Kömür yıkama lavvarlarında elde edilen temiz kömürü tüketim yerlerine göndermeden önce, içerdiği yüzey neminin minimum düzeye indirilmesi gerekir. Yıkanmış kömürde gereğinden fazla nem bulunması şu nedenlerle istenmemektedir [10].

- Kömürün ısıl değerini düşürür
- Kok üretimi için sakıncalıdır
- Ulaşımında gereksiz para sarfına yol açar
- Don yapacak derecede soğuk havalarda, kömürdeki su donarak büyük bloklar meydana getireceğinden stoklama ve nakliye işleri zorlaşır.

Lavvarlarda yıkanmış iri boyuttaki kömürleri sudan arındırmak, diğer bir deyimle asgari neme indirmek oldukça kolay olmasına karşın, özellikle 1,5 mm'den küçük boyutların sudan arınması başlıca bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle her yıkama tesisinde ince ve kalın kömürleri sudan arındırmak için çeşitli yöntemler uygulanır. Bu yöntemleri özetle şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Dinlenme yolu ile (süzerek) kömüre karışmış suyu azaltmak
- Süzgeç eleklerden geçirmek suretiyle yüzeysel nemin azaltılması
- Filtrasyon yolu ile süzme
- Elevatör veya paletli konveyörlerle sudan arındırılması
- Sanrifüj aygıtlardan geçirilerek nemin azaltılması
- Sıcak gazlarla kurutma

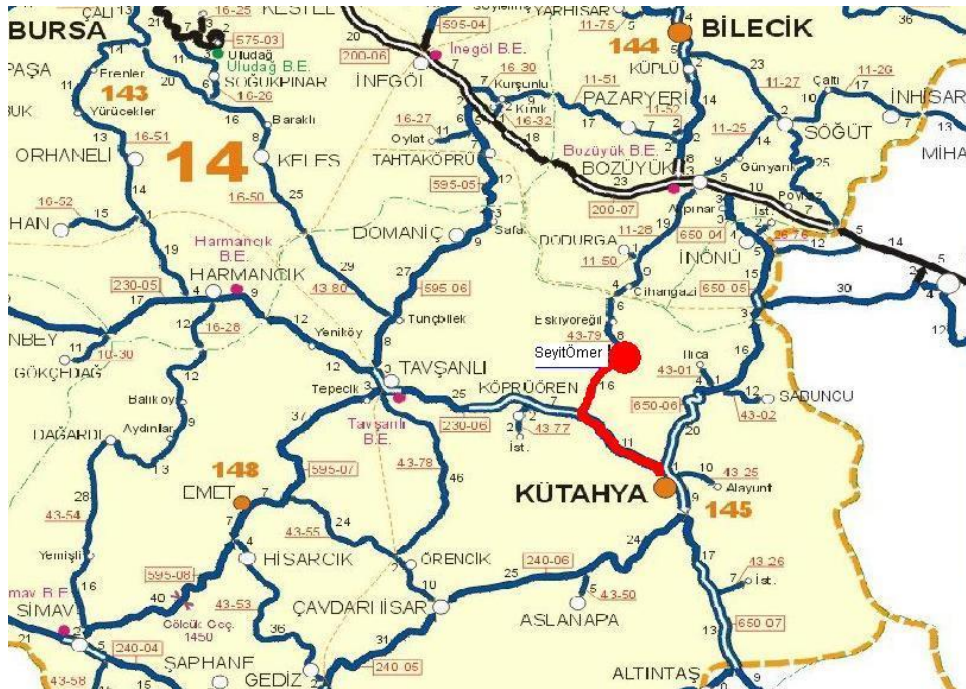
İnce kömürün (-10+0,5 mm) sudan ayrılması santrifüj sistemlerden yararlanılarak yapılır. Toz kömür ise (-0,5+0 mm flotasyon konsantresi) filtrelerde suyundan ayrılır. %20 civarında nem içeren kek, kurutuculara verilerek % 8-10 neme indirilir [17].

6. SEYİTÖMER LİNYİTLERİ İŞLETMESİ

6.1 Genel Bilgiler

SLİ Müessesesi Müdürlüğü Kütahya il merkezinin kuzey batısında olup, Kütahya-Tavşanlı karayolunun 17.kilometresine 11 km uzunluğunda asfalt bir yol ile bağlanmıştır. Piyasa kamyonlarının kömür nakliyatı, işçi ve personel ulaşımı ve malzeme nakli bu yol vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

İşletme ayrıca 27 kilometrelik bir demiryolu ile Eskişehir-Balıkesir demiryolu hattına bağlanmış olup, Kütahya Tüsaş kömürü ve piyasa kömürünün küçük bir kısmı bu yol aracılığıyla sevk edilmektedir.



Şekil 6.1 Seyitömer linyit sahası yer bulduru haritası

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kurumuna bağlı GLİ Müessesesi bünyesinde 1 Haziran 1960 tarihinden itibaren “Seyitömer Bölge Müdürlüğü” olarak faaliyet gösteren işletme 01.07.1990 tarihinden sonra doğrudan TKİ kurumuna bağlı Bölge Müdürlüğü, 30.04.2002 tarihinden itibaren de İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetini sürdürmüştür, 01.04.2004 tarihinden

itibaren de Müessese Müdürlüğü olarak tüzel kişilik kazanmış ve BLİ (Bursa Linyitleri İşletmesi) Müdürlüğü'ne bağlanmıştır.

1960 yılında faaliyete başlanan işletmede yıllık 600.000 ton tüvenan linyit istihsalı programlanmış, Azot Sanayi'nin tevsiine paralel olarak 1963–1968 yılları arasında 2.000.000 ton/yıl tüvenan linyit istihsalı olarak yeniden projelendirilmiştir.

Daha sonraki yıllarda piyasa ve Azot Sanayine verilemeyen düşük kalorili kömürlerin değerlendirilmesi ve ülkemizin artan enerji ihtiyacının karşılanması gayesi ile Seyitömer'de 2x150 MW gücünde termik santral kurulması kararlaştırılmış, yıllar içerisinde 3x150 MW ve 1989 yılından itibaren de 4x150 MW gücüne çıkartılan santrale paralel olarak işletmenin üretim kapasitesi 7.700.000 ton/yıl tüvenan linyit istihsalı olacak şekilde tevsi edilmiştir.

Genellikle çıplak ve sakin bir morfolojiye sahip olan Seyitömer havzasının yüksekliği + 1000 metre ile + 1300 metre arasında değişmektedir. Seyitömer'de genel olarak karasal iklim hakimdir. Yılın en sıcak ayları Temmuz-Ağustos, en soğuk ayları ise Aralık, Ocak ve Şubat'tır. Sıcaklık -15° C ile + 32° C arasında değişmekte olup nem azdır. Yılda ortalama toplu yağış 550 mm, günlük maksimum yağış ise 67 mm'dir. Kar yağışı ise azdır.

6.2 Seyitömer Kömür Havzasının Jeolojik Yapısı

Seyitömer Linyit havzası Pliosen yaşlı olup, bir göl teşekkülüdür. Havzanın temeli serpantinleşmiş ultrabazik kayalardan (Gabro, diorit) müteşekkildir.

Sedimanlar tabanda konglemera ile başlar, daha sonra mavi-yeşil taban killeri gelir. Bunun üzerinde (B) damarı olarak adlandırılan ana damar vardır. Ana damarın tavanında killi marnlardan ibaret tavan serisi bulunur. Daha sonra kil ve marnlarla birlikte üst damar oluşmuştur. (Genellikle Seyitömer Bölümünde) En üstte ise 0,5-1 metre kalınlığında bitkisel örtü mevcuttur.

6.3 Üretim Prosesi

İşlemede açık işletme faaliyeti ile istihsal yapılmaktadır. Açık ocakların istihsal yöntemi, dekapaj (toprak-kazı) ve kömür-kazı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Ocaklarda üretilen kömür, Kömür Hazırlama Tesislerinde işlemlere tabi tutularak sektörlere göre arz edilmektedir.

6.3.1 Dekapaj

İşletmede açık maden işletmesi ile istihsal faaliyetleri sürdürüldüğünden, bu faaliyetler içinde dekapaj (toprak-kazı) faaliyetlerinin büyük önemi vardır.

Bu faaliyetler ana hatlarıyla delme, patlatma, yükleme, taşıma, dökme ve serme işlemlerini ihtiva etmektedir.

Delme işi (9) inch çaplı delik makinaları ile gerçekleştirilmekte, deliklere (Amonyum Nitrat-Mazot) karışımı doldurularak patlatılmaktadır. Kömür üzerindeki 35-60 metre kalınlıktaki örtü tabakası bu şekilde gevşetildikten sonra 10'ar metrelik dilimler halinde (10 yd³ kepçe kapasiteli) ekskavatörlerle kazılıp, 85 short tonluk toprak kamyonları ile kömürü alınmış veya kömürsüz alanlara taşınarak dökülmektedir.

1988 Yılı Haziran ayından itibaren ise Seyitömer bölümü Gülbektepe mevkiinde dragline (70 yd³ kepçe kapasiteli) ile dekapaj sisteminin uygulanmasına geçilmiş olup, sahanın dragline hazır hale getirilmesi ekskavatör-kamyon yöntemi ile yapılmıştır. Dragline söz konusu panoda 23.11.2004 tarihinde çalışmasını tamamlamış ve revizyona alınmıştır. Revizyon; 17.10.2006 tarihinde sona ermiş, dragline Aslanlı panodaki yeni çalışma alanına yürütülerek çalışmasına 05.04.2007 tarihinde başlamıştır.

6.3.2 İstihsal faaliyeti (Kömür-Kazı)

Dekapaj faaliyetleri sonucu üzeri tamamen açılan kömür yine Ekskavatör-Kamyon yöntemi ile kömür hazırlama tesisleri ve lavvar 'a taşınarak, (+ 50mm–100 mm) boyutundaki kısımları torbalanarak teshine, toz (-50 mm) kısımları ise kömür kalitesine ve ihtiyaca göre Termik Santrallere sevk edilmektedir. İşletmede kömür hazırlama tesisleri iki amaçla kurulmuştur.

1. Termik santralı beslemek
2. Piyasaya kömür vermek (parça kömür)

Tablo 6.1 Seyitömer Linyitleri İşletmesi kömür hazırlama tesisleri

TESİS ADI	KAPASİTESİ (TON/SAAT)	AMACI
ANA TESİS	800	EÜAŞ Santralına kömür hazırlama
MARN TESİSİ	800	EÜAŞ Santralına kömür hazırlama
YENİ EÜAŞ TESİSİ	800	EÜAŞ Santralına ayıklama gerçekleştirilerek kömür hazırlama
I NOLU TESİS	300	Teshine ve EÜAŞ Santralına kömür hazırlama (Ayıklamalı)
II NOLU TESİS	600	Teshine ve EÜAŞ Santralına kömür hazırlama (Ayıklamalı)
KIZIK TESİSİ	240	Teshine Kömür Hazırlama (60 ton/saat torbalama tesisi dahil)
LAVVAR	300	EÜAŞ ve Teshine Kömür Haz.
LAVVAR TORB. TES.	90	Teshine Torba Lave Kömür Hazırlama

* Günlük teorik EÜAŞ besleme kapasitesi minimum 48.000 ton (20 saat fiili çalışma)

Kömür taşımada 85 short ton'luk damperli kömür kamyonları kullanılmaktadır. Yüklemede ise değişik kapasitelerde ekskavator ve lastik tekerlekli yükleyiciler çalıştırılmaktadır.

6.4 Rezerv Durumu ve Kuruluşun Ekonomik Ömrü

SLİ Müessese Müdürlüğünün 2007 Yılı sonu itibariyle rezerv durumu şöyledir:

GÖRÜNÜR REZERV	:	146.187.381 TON
HAZIR REZERV	:	3.671.129 TON
TOPLAM	:	149.858.510 TON

Bu rezervin içine işletme zayıyatı dahil edilmiştir.

SLİ Müessese Müdürlüğü imtiyaz hudutları dahilindeki rezerv aramaları tamamlanmış olup, gelecekte yapılacak sondajlarla önemli derecede rezerv artışı beklenmemektedir. Yılda

6.400.000 Ton'luk tüvenan linyit üretimi ile havzadaki toplam kömür rezervinin ekonomik ömrünün 24 yıl olacağı hesaplanmıştır.

6.5 Kuruluşun Sektördeki Yeri, Değeri, Önemi, Ağırlığı Ve Ülke Ekonomisine Katkısı

Ülkemizin bilinen linyit rezervlerinin içinde en fazla üretim yapan işletmelerinden birisi olan SLİ Müessese Müdürlüğü, üretime başladığı 1960 yılında 40.719 ton/yıl olan satılabilir linyit üretimini 2000 li yıllarda 6.500.000 ton/yıl düzeyine çıkarmıştır. 2000 yılı üretimine göre yurdumuzdaki linyit üretiminin % 12 sini karşılayan SLİ Müessese Müdürlüğünün 2007 başında planlanan program üretim değeri 5.800.000 ton olup, yılsonu itibariyle 5.244.860 ton (%90 gerçekleşme) üretim gerçekleştirilmiştir. Satılan kömür içerisinde; EÜAŞ 'ye 4.852.722 ton'luk kömür verilmesi programlanmasına karşılık 4.690.990 ton (%97 gerçekleşme) verilmiş olup, ayrıca teshin ve sınaî amaçlı olarak 340.000 ton programlanmasına karşılık 200.359 ton (%59 gerçekleşme) kömür verilmiştir. Buna göre; satışı yapılan linyit üretimi dağılımı sektörlere göre şöyle gerçekleşmiştir:

EÜAŞ	: % 96
TESHİN+SINAİ	: % 4

6.6 Çevreyle Uyum Durumu

Müessesede halen faaliyet gösterilip üretimi bitirilen toprak harmanı olarak kullanılarak kısmen eski haline (topografyasına) döndürülen alanlarda orman ve su kullanımı üzerinde planlamalar yapılmış ve 1987 yılından itibaren işletme faaliyetleri sonucunda oluşturulan gölet çevresindeki toprak harmanlarında ağaçlandırma çalışmalarına başlanmıştır. 2007 yılı sonu itibariyle toplam 213 ha'lık toprak harmanına 572.000 adet fidan dikimi yapılmış, fidanlar Kütahya ve Eskişehir Ağaçlandırma Genel Müdürlüklerinden temin edilmiştir. Fidanların tutma oranı %90 civarında olup, en çok karaçam, sedir, akasya, meşe, mahlep ve akça ağaç dikimi yapılmış olup, ayrıca her sene bakım çalışmaları da yapılmaktadır. Ağaçlandırma faaliyetleri artarak devam ettirilecek, kullanılmayan toprak harmanlarının ağaçlandırılması tamamlanacaktır.

7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1 Daha Önce Marn Stok Kömürleri İle Yapılmış Çalışmalar

Seyitömer linyitleri üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak, kül ve rutubetinin azaltılması, kalorisinin artırılması hedeflenmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır.

Seyitömer Linyitleri İşletme (SLİ) Müdürlüğünün, Seyitömer Linyit Havzası'nda bulunan ve üretim yapılan stok kömürlerinin, kalorisi düşük ve kil oranı daha yüksek olan stok kömürlerinin yıkanabilirliği ve buna bağlı ara kesme kollarının davranışları araştırılmıştır. Kömür ile beraber bulunan ve kömür yıkama (yüzdürme-batırma, ağır ortam) çalışmalarında ortam koşullarını değiştirdiği saptanan (SLİ Komisyon Çalışma Raporu, 2003) ara kesme kollarının, yıkama işlemine girmeden önce kömürden uzaklaştırılabilmesi için iki yöntem denenmiştir. Birinci yöntem 18 ve 5 mm delik çapı olan çift katlı sarsıntılı elek, ikinci yöntem yine 18 ve 5 mm delik çaplı döner tromel elektir. Ayrıca yüzdürme-batırma deneyleriyle yoğunluk farkından yararlanarak temiz kömürü kilden uzaklaştırılması incelenmiştir.[32]

Seyitömer Linyit İşletmesi'nde (SLİ) üretilen kömürlerin beklemeğe bağlı olarak nem, ısı ve kül değerlerinin değişim mekanizmasını araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla, temsili alınan örnekler açık alanda, üstü kapalı açık alanda ve oda şartlarında serilerek bekletilmiştir. Her bir alandaki her bir örnek için 1., 4., 7. ve 14. gün sonunda nem, ısı ve kül değişimleri belirlenmiştir. Sonuç olarak termik santral için üretilen linyitin 7 gün, piyasaya verilecek linyitin ise 14 ile 30 gün arasında bekletilmesinin, beklemeğe bağlı kalori artışı açısından en optimum süreler olduğu tespit edilmiştir.[33]

Seyitömer Linyit İşletmesi'nde farklı özelliklere sahip kömürlerin ve bu kömürlerden üretim koşullarına bağlı olarak hazırlanacak karışımların yıkanması durumunda elde edilecek kömür miktar ve kaliteleri incelenmiştir. Ayrıca üretim aşamasında ekipman ayırım performansında ve ayırım yoğunluğunda meydana gelebilecek değişimlerin ve üretime bağlı olarak lavvar beslemesi tane boyu dağılımındaki dalgalanmaların performans üzerine etkileri de belirlenmiştir. Farklı bölgelerden alınan farklı kalitedeki kömürlerin yıkanması sonunda elde edilecek kömürlerin satışı sonucu elde edilecek gelir tüvenan halde satış durumunda elde edilebilecek gelirle karşılaştırılmıştır.[34]

SLİ kömür damar yapılarını temsilen B1,B2,B3 ve aslanlı bölümü damarları B1+B2 ve B1+B2+B3 karışımı mevcut tüvenan stoktan numuneler alınarak kül, rutubet, kalori tespitleri, elek analizleri yapılmıştır. Alınan numuneler laboratuvar bazında yüzdürme batırma testlerine tabi tutularak kömürün hangi yoğunluk ve ebatta maksimum verimle yüzebileceği temiz kömür

ara ürün ve atık miktarları tespiti ile kül, kalori, rutubet, kükürt analizleri yapılmıştır. Yüzdürme batırma test tabloları ve analiz sonuçlarına göre yıkama eğrileri çizilerek muhtelif yoğunluklarda elek fraksiyonlarına göre yüzen-batan-atık ağırlıkça % miktarı kül, kalori, rutubet ve kükürt içerikleri incelenmiştir.[35]

7.2 Numune Alma ve Hazırlama

Seyitömer Linyit İşletmeleri Kütahya'ya yaklaşık 25. km uzaklıkta yer almaktadır. Deneysel çalışmalarda kullanılacak numuneler Seyitömer Linyitleri'ne ait Marn Stok sahasından alınmıştır.

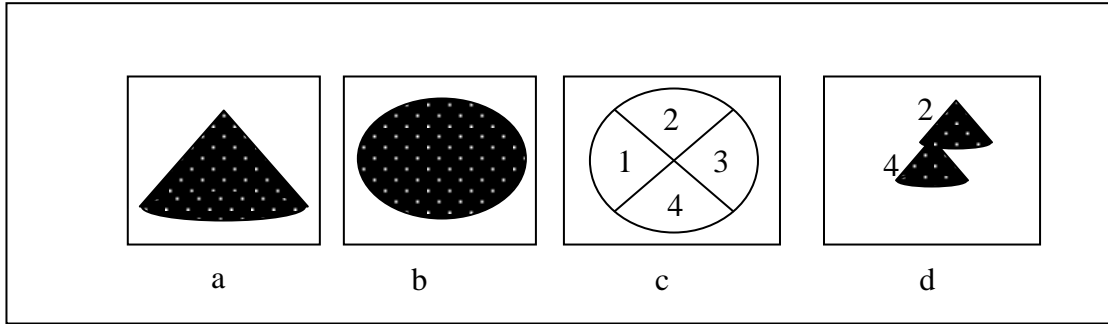
7.3 Numune Alma

Ocaktan çıkarılan cevherin oluşturduğu stoklardan temsili numune alma en çok karşılaşılan şekildir. Lavvar veya fabrika gibi tesislere stoktan verilen malzemelerde istenilen ortalama kalorisinin tutturulması için bu stokların kalorisinin, kül değerlerinin önceden bilinmesi gerekir. Stoğun görünen üst yüzeyinden numune almak hataya neden olur. Cevher stoğa boşaltıldıktan sonra iri parçalar stoğun eteğine düşerek burada birikirler. Stok üzerinden sabit çapta kuyular açarak bütün kesit boyunca numune alınabilir. Fakat şev dolayısıyla stoğun taban kısmı üst yüzeyine nazaran daha geniş bir alan kapsar. Dolayısıyla taban tabakalar açılan kuyular nedeniyle daha az oranda temsil edilirler. Ancak stokun yüksekliği az ve geniş bir alan içinde yayılıyorsa bu hatanın önemi olmayabilir.

Stoktan alınan numune miktar bakımından fazla olduğundan laboratuara getirilmeden önce azaltılır.

7.4 Numune Azaltma ve Hazırlama

Numune hazırlamanın amacı alınan tüm numuneyi temsil edebilecek miktarda bir numunenin laboratuara gönderilmesidir. Stoktan alınan örnek miktarı fazla olduğundan numune azaltılır. Homojen bir karışım elde etmek için "Konileme – Dörtleme yöntemi" seçilir. Bu metot boyut bakımından homojen olan cevher örneklerine uygulanır.



Şekil 7.1 Numune azaltma ve hazırlama (Konileme-Dörtleme) yöntemi

Şekil 7.1. de görüldüğü gibi koni biçimindeki yığın tepesi kürek kullanılarak yayılır ve taban tam bir daire biçimine getirildikten sonra 4'e bölünür. Önce 1 ve 3 alınır.2 ve 4 kenara çekilir. Sonra 1 ve 3 birleştirilerek konileme dörtleme yapılır ve 2 ve 4 alınır. Bu işlem alınacak örnek miktarına göre birkaç kez tekrarlanır. Ancak her işlemde kalan örneği iyice karıştırarak koni biçimine getirip dörtlenmesine dikkat edilmelidir.

7.5 Kömür Numunesinin Özellikleri

Kömür numunesinin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu analizlere ait Seyitömer Marn Stok kömürlerinin özellikleri Tablo 7.1 de verilmiştir.

Tablo 7.1 Seyitömer marn stok kömürlerinin özellikleri

Analizler	%
Nem	28,50
Kül	45,50
Uçucu Madde	13,24
Sabit Karbon	12,76
Toplam	100
Üst Isıl Değer	1675
Alt Isıl Değer	1585

Tablo 7.1'de görüldüğü gibi orijinal bazda % 28,50 nem içeren Seyitömer linyitleri yumuşak linyit sınıfına girmektedir. Seyitömer kömürlerinde yapılan mineralojik incelemelerde,

kömür ve inorganik maddelerin iç içe olduğu, ayrıca kömürün içindeki bu kil ve kalsit taneciklerinin linyitten farklı su emme ve kaybetme özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir[32].

Seyitömer kömürlerinin ısı değerleri düşüktür (saf kömür bazında), yaş kömür hazırlama teknikleri ile yıkama olanağı vardır. Depolandıktan sonra toz haline gelirler.

7.6 Elek Analizi

Seyitömer Linyit İşletmesine ait Marn Stok kömürlerinden alınan yaklaşık 100 kg , -100 mm tane boyutundaki kömür numunesi deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere temsili olarak hazırlanarak aşağıdaki Tablo 7.2 de belirtilen tane fraksiyonlarına ayrılmış ve deneylerde kullanılmıştır. Bu numunenin elek analizi ve kül, nem, ısı değerleri araştırılmış ve sonuçlar Tablo 7.2 ve Tablo 7.3.' de verilmiştir.

Tablo 7.2 Kümülatif elek çizelgesi

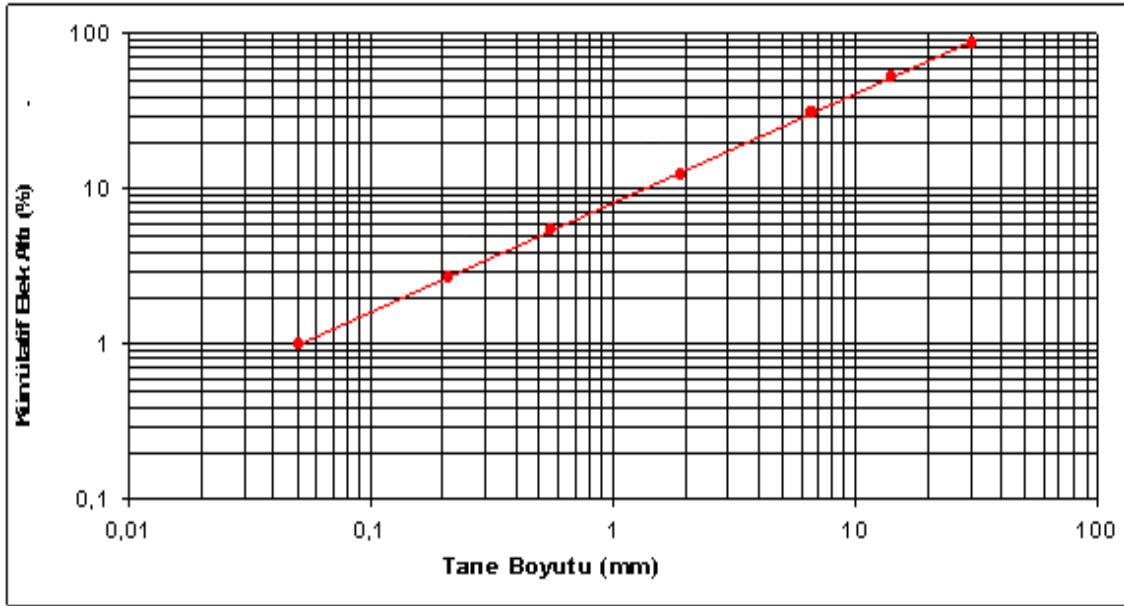
Elek Açıklığı (mm)	Miktar (%)	Σ Elek Altı	Σ Elek Üstü
-63+31.5	10,08	100	10,08
-31.5+16	18,44	89,92	28,52
-16+12.5	3,99	71,48	32,51
-12.5+4	26,11	67,49	58,62
-4+2	14,92	41,38	73,54
-2+1	9,48	26,46	83,02
-1	16,98	16,98	100

Tablo 7.3 Tüvenan kömür elek analizinin nem, kül ve ısı değerleri

Elek Açıklığı (mm)	Miktar (%)	Kül (%)	Rutubet (%)	Kalori (kcal/kg)	Kükürt (%)
-63+31.5	10,08	50,92	28,67	1.781	1,71
-31.5+16	18,44	44,97	27,81	1.702	1,46
-16+12.5	3,99	44,44	26,75	1.375	1,42
-12.5+4	26,11	46,03	25,13	1.355	1,16
-4+2	14,92	48,65	26,14	1.349	1,35
-2+1	9,48	49,55	26,38	1.293	1,24
-1	16,98	60,12	24,73	968	1,42

Tablo 7.2. ve Şekil 7.2.'de verilen elek analizi ve kimyasal analizleri değerlerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tane boyu dağılımına bağlı olarak kalori değerlerinin değiştiği, iri boyutta -63+31.5 mm de 1.781 kcal/kg olan kalori değerinin ince boyutlara doğru azaldığı ve -1 mm boyutunda 968 kcal/kg gibi düşük bir değere indiği görülmektedir. Rutubetinde ise iri boyuttan ince boyuta doğru inildikçe düştüğü görülmektedir.



Şekil 7.2 Kümülatif elek altı eğrisi

7.7 Yüzdürme Batırma Deneyleri

Kömürün yüzdürme – batırma deneyleri, kömür içerisindeki mineral maddenin dağılımını göstermesi bakımından çok önemlidir. Kömürün yıkanabilme özelliğine bakılarak, o kömür hakkında hangi kül oranında yıkanabileceği ve hatta yıkama için hangi metodun uygun olacağı konusunda fikir yürütmek mümkündür. Bu bakımdan da kömürün yüzdürme – batırma deneyleri kömür çalışmalarının ilk kademesini oluşturmaktadır.

Yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemleri dar tane sınıfında daha iyi sonuç verdiği için ve genel olarak tane boyutuna bağlı, kül – kömür serbestleşmesi değiştiğinden kömür hakkında mümkün olduğunca sağlıklı bilgi elde edebilmek amacıyla değişik elek fraksiyonlarında ayrı ayrı yüzdürme - batırma deneyleri yapılmıştır. Yüzdürme batırma deneyleri değişik yoğunluklarda hazırlanan manyetit çözeltisinde yapılmıştır.

Kömür numunesi önce en düşük yoğunluklu sıvı içerisinde konular. Kömür numunesinde bulunan ve yoğunluğu bu sıvının yoğunluğundan az olan taneler yüzer, daha fazla olanlar ise batar. Yüzenler bir kenara alınır, batanlar ise bir üst yoğunlukta manyetit sıvısına beslenir. Burada, yoğunluğu ilk sıvıya göre fazla fakat ikinci sıvıya göre az olan taneler yüzer, yoğunluğu ikinci sıvıya göre fazla olan taneler ise batar. İkinci sıvıda yüzenler bir kenara

Ayrı ayrı yüzdürme-batırma deneylerine tabi tutulan değişik elek fraksiyonlarında yapılan numunenin yıkanabilirlik özellikleri tane boyutuna göre aşağıda verilmektedir. Elde edilen elek fraksiyonlarının birleştirilmesi ile oluşan tüvenan kömürün yüzdürme-batırma sonuçları Tablo 7.5 ve Şekil 7.4'de verilmektedir.

Tablo 7.5.'de görüldüğü gibi ortam yoğunluğu $1,3 \text{ gr/cm}^3$ 'ten $1,7 \text{ gr/cm}^3$ 'e yükseldikçe kül oranının % 19,12'den % 77,95'e yükseldiği, kalori değerinin 2.702 kcal/kg 'dan 406 kcal/kg 'a düştüğü saptanmıştır.

Değişik tane boyutlarında yapılan kömür numunesinin yüzdürme – batırma deney sonuçları aşağıdaki tablo ve şekillerde verilmiştir.

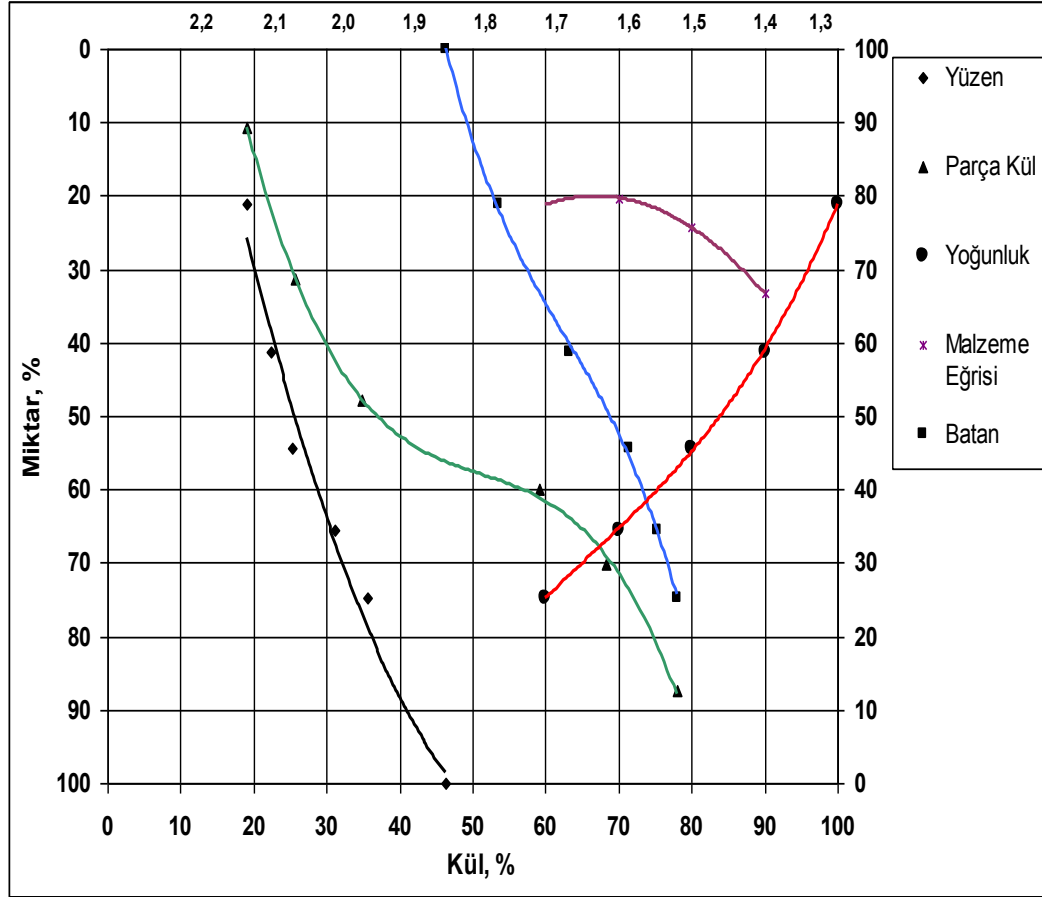
Tablo 7.5 -63+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları

Yoğunluk Aralığı gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan			Kalori kcal/kg	Parça Kül Eğrisi		Malzeme Eğrisi	
	% Nis.	% Kül	P x C	P ↓	PC ↓	PC ↓	P ↑	PC ↑	PC Şist		Miktar, %	Kül, %	Miktar, %	± 0,1 yoğ. Malz. Mik.
1.30	21,13	19,12	404,0	21,13	404,01	19,12	100,00	4631,03	46,31	2702	10,57	19,12	21,13	
1.30 - 1.40	20,18	25,68	518,2	41,31	922,23	22,32	78,87	4227,02	53,59	2486	31,22	25,68	41,31	33,3
1.40 - 1.50	13,15	34,81	457,8	54,46	1379,98	25,34	58,69	3708,80	63,19	1986	47,89	34,81	54,46	24,3
1.50 - 1.60	11,18	59,12	661,0	65,64	2040,94	31,09	45,54	3251,05	71,39	1510	60,05	59,12	65,64	20,3
1.60 - 1.70	9,11	68,26	621,8	74,75	2662,79	35,62	34,36	2590,09	75,38	745	70,20	68,26	74,75	
1.70	25,25	77,95	1968,2	100,00	4631,03	46,31	25,25	1968,24	77,95	406	87,38	77,95		
TOPLAM	100,00	46,31	4631,0											

Menşei : SLİ

Boyut : -63+4 mm

Sınıfı : Marn Stok



Şekil 7.4 -63+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri

Tablo 7.5 ve Şekil 7.4 ten görüldüğü gibi, 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 32>20 olduğu için çok güçlü olduğu görülmektedir. 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 41 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 23'dür. 1.4 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 31'dir. Kalori değeri ise 2.486 kcal/kg'dır.

1.5 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 22>20 olduğu için çok güçlü olduğu görülmektedir. 1.5 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 52 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 26'dır. 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 41'dir. Kalori değeri ise 1986 kcal/kg'dır.

Aynı şekilde, 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 15<19<20 olduğu için güç olduğu görülmektedir. 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 65 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 35'dir. 1.6 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 65'dir. Kalori değeri ise 1510 kcal/kg dır.

Sonuç olarak; -63+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden, 1,5 gr/cm³ yoğunluğunda en iyi sonucun elde edildiği, bu yoğunlukta yüzen miktarın ağırlıkça %52, kül oranının % 26, kalori değerinin ise 1.986 kcal/kg olduğu saptanmıştır.

Ortam yoğunluğunun 1,3 gr/cm³ 'ten 1,7 gr/cm³ 'e yükseldikçe kül oranının %19,12 den,%77,95 e yükseldiği, kalori değerinin 2702 kcal/kg dan 406 kcal/kg a düştüğü saptanmıştır.

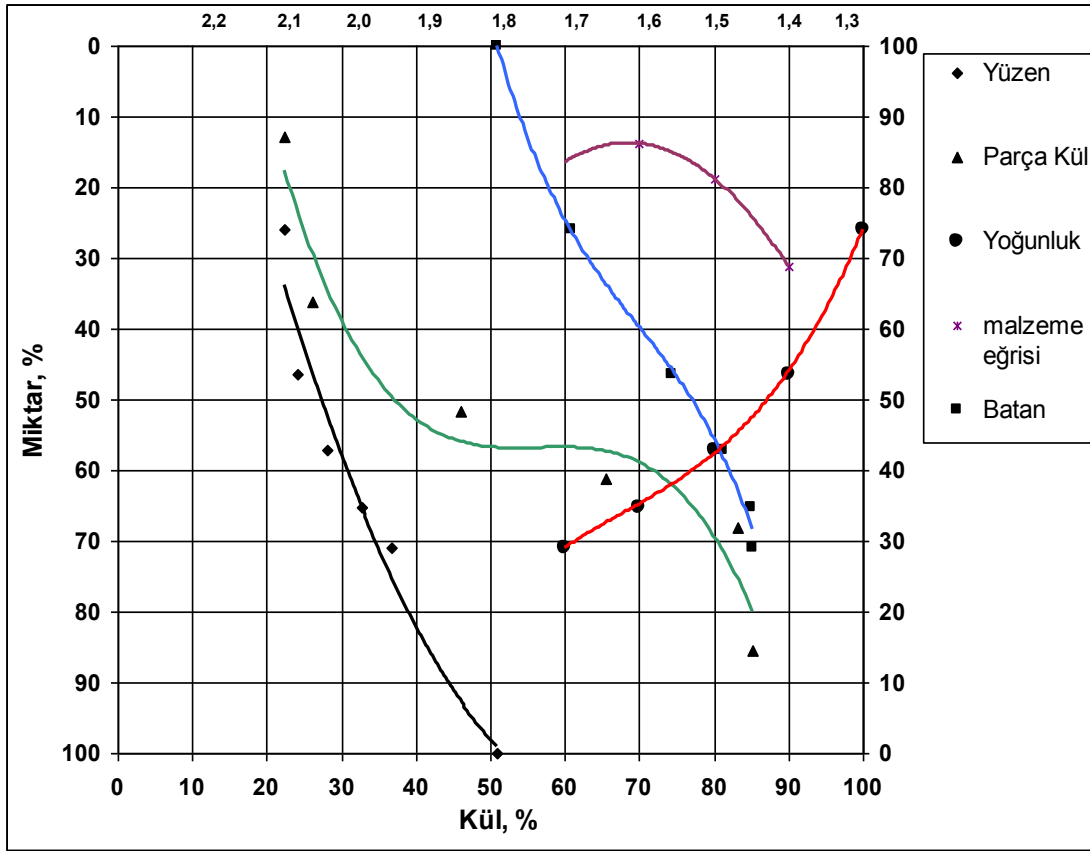
Tablo 7.6 -63+31,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları

Yoğunluk Aralığı gr/cm ³			Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan			Kalori kcal/kg	Parça Kl Eğrisi		Malzeme Eğrisi	
			% Nis.	% Kl	P x C	P ↓	PC ↓	PC ↓	P ↑	PC ↑	PC Şist		Miktar, %	Kül, %	Miktar, %	± 0,1 yoğ. Malz. Mik.
		1.30	25,84	22,41	579,1	25,84	579,07	22,41	100,00	5092,38	50,92	2624	12,92	22,41	25,84	
1.30	-	1.40	20,65	26,15	540,0	46,49	1119,07	24,07	74,16	4513,31	60,86	2651	36,17	26,15	46,49	31,2
1.40	-	1.50	10,56	45,92	484,9	57,05	1603,99	28,12	53,51	3973,31	74,25	1835	51,77	45,92	57,05	18,7
1.50	-	1.60	8,15	65,56	534,3	65,20	2138,30	32,80	42,95	3488,40	81,22	1625	61,13	65,56	65,20	13,8
1.60	-	1.70	5,65	83,12	469,6	70,85	2607,93	36,81	34,80	2954,08	84,89	635	68,03	83,12	70,85	
1.70			29,15	85,23	2484,5	100,00	5092,38	50,92	29,15	2484,45	85,23	481	85,43	85,23		
TOPLAM			100,00	50,92	5092,4											

Menşei : SLİ

Boyut : -63+31,5 mm

Sınıfı : Marn Stok



Şekil 7.5 -63+31,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri

Tablo 7.6 ve Şekil 7.5 ten görüldüğü gibi, 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 30>20 olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 46 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 28'dir. 1.4 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 35'dir. Kalori değeri ise 2.651 kcal/kg dır.

1.5 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 15<18<20 olduğu için güç olduğu görülmektedir. 1.5 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 56 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 29'dur. 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 47'dir. Kalori değeri ise 1.835 kcal/kg dır.

Aynı şekilde, 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 10<12<15 olduğu için orta güçte olduğu görülmektedir. 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 65 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 35'dir. 1.6 gr/cm³

yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 76'dır. Kalori değeri ise 1.625 kcal/kg dır.

Sonuç olarak; -63+31,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden, 1,5 gr/cm³ yoğunluğunda en iyi sonucun elde edildiği, bu yoğunlukta yüzen miktarın ağırlıkça % 56, kül oranının % 29, kalori değerinin ise 1.835 kcal/kg olduğu saptanmıştır.

Ortam yoğunluğunun 1,3 gr/cm³ 'ten 1,7 gr/cm³ 'e yükseldikçe kül oranının % 22,41 den, % 85,23 e yükseldiği, kalori değerinin 2624 kcal/kg dan 481 kcal/kg a düştüğü saptanmıştır.

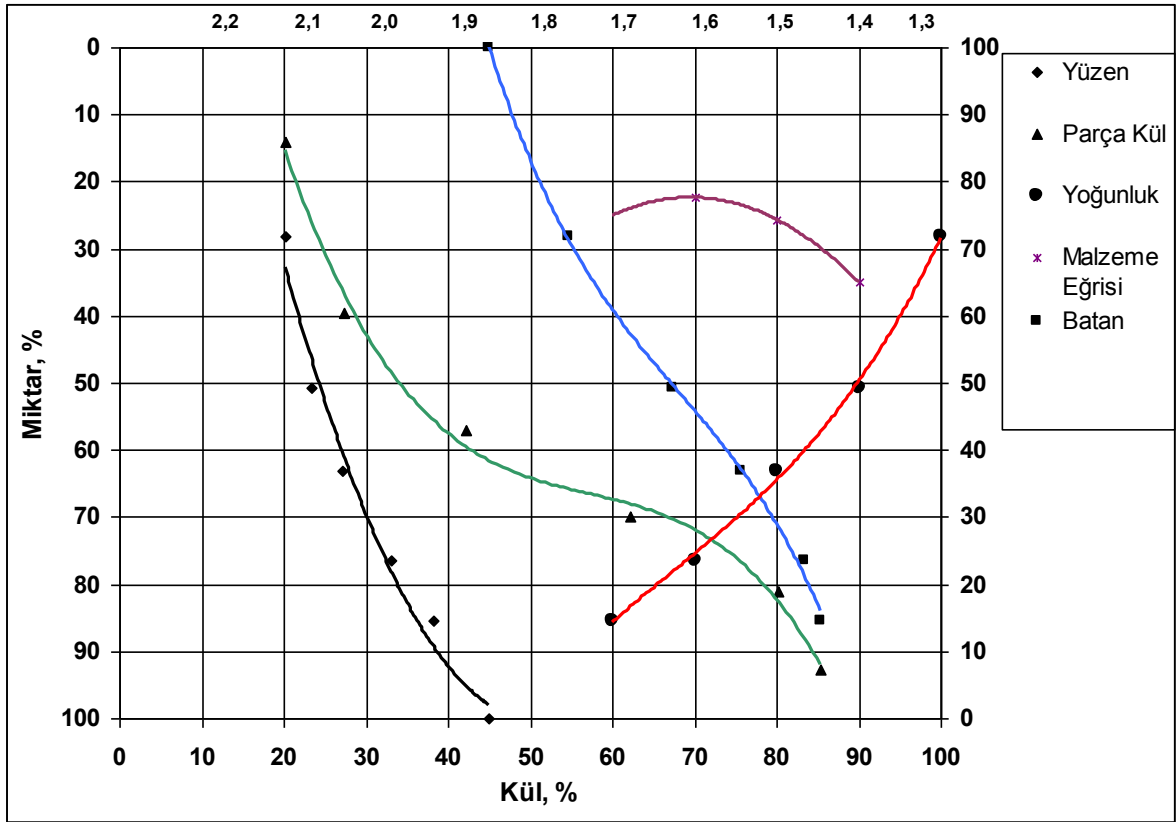
Tablo 7.7 -31,5+16 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları

Yoğunluk Aralığı gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan			Kalori kcal/kg	Parça Kl Eğrisi		Malzeme Eğrisi	
	% Nis.	% Kl	P x C	P ↓	PC ↓	PC ↓	P ↑	PC ↑	PC Şist		Miktar, %	Kül, %	Miktar, %	± 0,1 yoğ. Malz. Mik.
1.30	28,26	20,15	569,4	28,26	569,44	20,15	100,00	4496,93	44,97	2756	14,13	20,15	28,26	
1.30 - 1.40	22,52	27,42	617,5	50,78	1186,94	23,37	71,74	3927,49	54,75	2413	39,52	27,42	50,78	34,9
1.40 - 1.50	12,39	42,12	521,9	63,17	1708,80	27,05	49,22	3309,99	67,25	1985	56,98	42,12	63,17	25,7
1.50 - 1.60	13,26	62,14	824,0	76,43	2532,78	33,14	36,83	2788,12	75,70	1325	69,80	62,14	76,43	22,4
1.60 - 1.70	9,12	80,12	730,7	85,55	3263,48	38,15	23,57	1964,15	83,33	681	80,99	80,12	85,55	
1.70	14,45	85,36	1233,5	100,00	4496,93	44,97	14,45	1233,45	85,36	232	92,78	85,36		
TOPLAM	100,00	44,97	4496,9											

Menşei : SLİ

Boyut : -31,5 +16 mm

Sınıfı : Marn Stok



Şekil 7.6 -31,5+16 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri

Tablo 7.7 ve Şekil 7.6 dan görüldüğü gibi, 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 35>20 olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 51 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 23'dür. 1.4 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 33'dür. Kalori değeri ise 2.413 kcal/kg dır.

1.5 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 25>20 olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.5 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 63 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 28'dir. 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 48'dir. Kalori değeri ise 1.985 kcal/kg dır.

Aynı şekilde, 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 22>20 olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 75 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 25'dir. 1.6 gr/cm³

yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 75'dir. Kalori değeri ise 1.325 kcal/kg dır.

Sonuç olarak; -31,5+16 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden, 1,5 gr/cm³ yoğunluğunda en iyi sonucun elde edildiği, bu yoğunlukta yüzen miktarın ağırlıkça % 63, kül oranının % 28, kalori değerinin ise 1.985 kcal/kg olduğu saptanmıştır.

Ortam yoğunluğunun 1,3 gr/cm³ 'ten 1,7 gr/cm³ 'e yükseldikçe kül oranının % 20,15 den, % 85,36 e yükseldiği, kalori değerinin 2.756 kcal/kg dan 232 kcal/kg a düştüğü saptanmıştır.

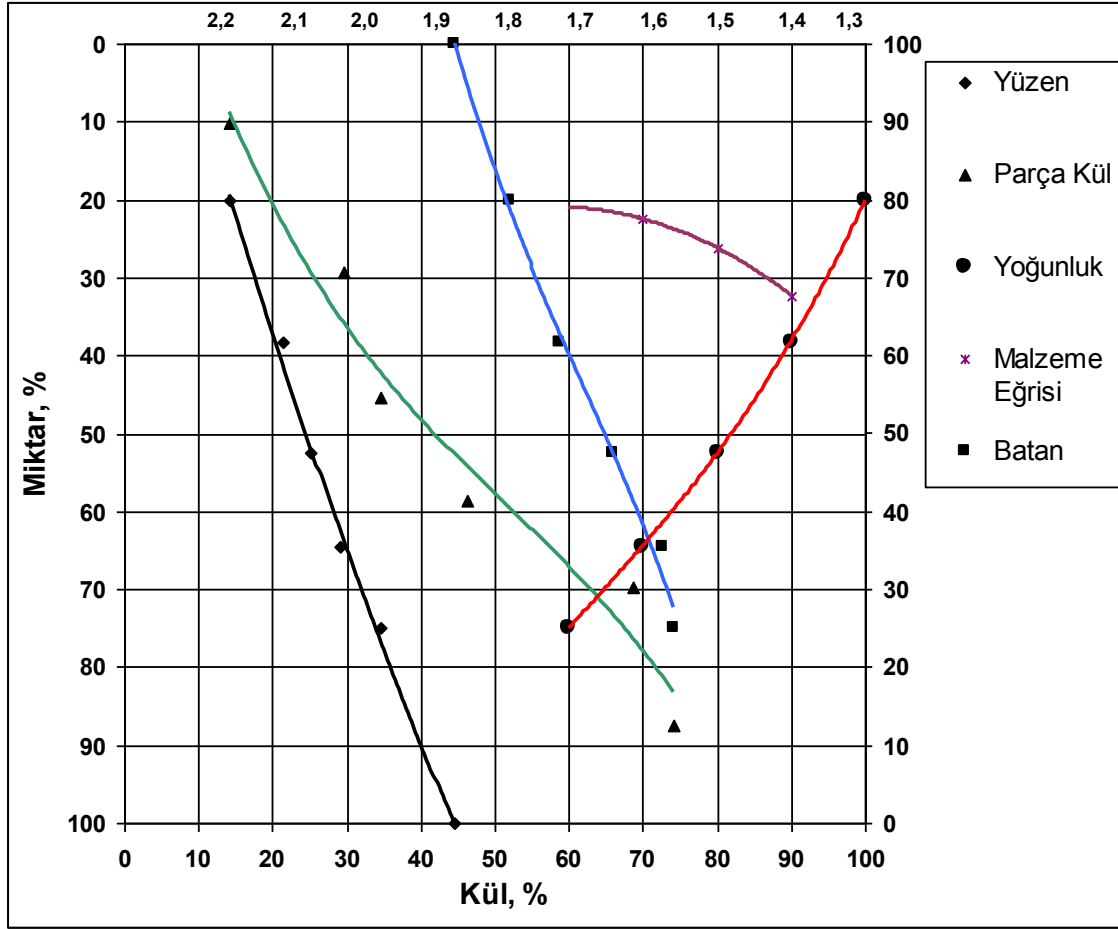
Tablo 7.8 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları

Yoğunluk Aralığı gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan			Kalori kcal/kg	Parça Kl Eğrisi		Malzeme Eğrisi	
	% Nis.	% Kl	P x C	P ↓	PC ↓	PC ↓	P ↑	PC ↑	PC Şist		Miktar, %	Kül, %	Miktar, %	± 0,1 yoğ. Malz. Mik.
1.30	20,18	14,12	284,9	20,18	284,94	14,12	100,00	4443,84	44,44	2642	10,09	14,12	20,18	
1.30 - 1.40	18,15	29,65	538,1	38,33	823,09	21,47	79,82	4158,90	52,10	2284	29,26	29,65	38,33	32,3
1.40 - 1.50	14,15	34,61	489,7	52,48	1312,82	25,02	61,67	3620,75	58,71	1988	45,41	34,61	52,48	26,2
1.50 - 1.60	12,09	46,24	559,0	64,57	1871,86	28,99	47,52	3131,02	65,89	1452	58,53	46,24	64,57	22,5
1.60 - 1.70	10,38	68,74	713,5	74,95	2585,38	34,49	35,43	2571,98	72,59	878	69,76	68,74	74,95	
1.70	25,05	74,19	1858,5	100,00	4443,84	44,44	25,05	1858,46	74,19	569	87,48	74,19		
TOPLAM	100,00	44,44	4443,8											

Menşei : SLİ

Boyut : -16+12,5 mm

Sınıfı : Marn Stok



Şekil 7.7 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri

Tablo 7.8 ve Şekil 7.7 den görüldüğü gibi, 1.4 gr/cm^3 yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın $32 > 20$ olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.4 gr/cm^3 yoğunlukta yüzen miktar % 38 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 20'dir. 1.4 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 31'dir. Kalori değeri ise 2.284 kcal/kg dır.

1.5 gr/cm^3 yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın $25 > 20$ olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.5 gr/cm^3 yoğunlukta yüzen miktar % 52 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 25'dir. 1.5 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 45'dir. Kalori değeri ise 1.988 kcal/kg dır.

Aynı şekilde, 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın 22>20 olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 63 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 29'dur. 1.6 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 56'dır. Kalori değeri ise 1.452 kcal/kg dir.

Sonuç olarak; -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden, 1,5 gr/cm³ yoğunluğunda en iyi sonucun elde edildiği, bu yoğunlukta yüzen miktarın ağırlıkça % 52, kül oranının % 25, kalori değerinin ise 1.988 kcal/kg olduğu saptanmıştır.

Ortam yoğunluğunun 1,3 gr/cm³ 'ten 1,7 gr/cm³ 'e yükseldikçe kül oranının % 14,12 den,% 74,19 a yükseldiği, kalori değerinin 2642 kcal/kg dan 569 kcal/kg a düştüğü saptanmıştır.

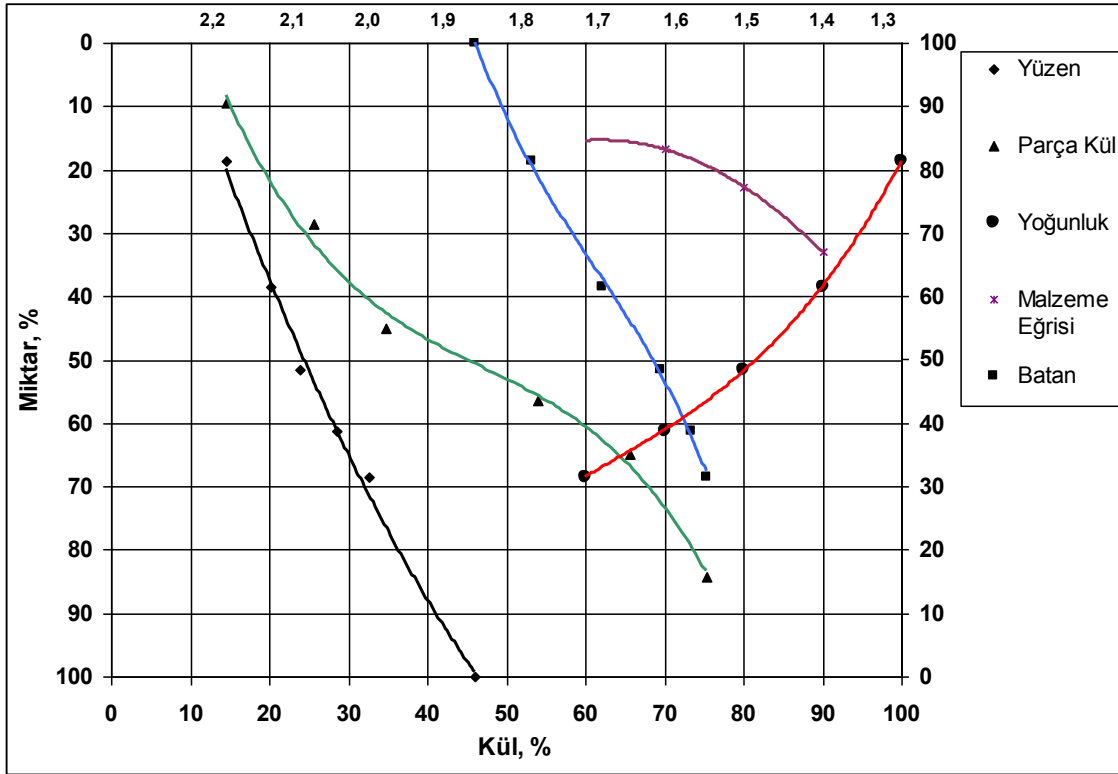
Tablo 7.9 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma deney sonuçları

Yoğunluk Aralığı gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan			Kalori kcal/kg	Parça Kül Eğrisi		Malzeme Eğrisi	
	% Nis.	% Kül	P x C	P ↓	PC ↓	PC ↓	P ↑	PC ↑	PC Şist		Miktar, %	Kül, %	Miktar, %	± 0,1 yoğ. Malz. Mik.
1.30	18,65	14,50	270,4	18,65	270,43	14,50	100,00	4602,69	46,03	2625	9,33	14,50	18,65	
1.30 - 1.40	19,89	25,68	510,8	38,54	781,20	20,27	81,35	4332,27	53,25	2403	28,60	25,68	38,54	33,0
1.40 - 1.50	13,12	34,81	456,7	51,66	1237,91	23,96	61,46	3821,49	62,18	1984	45,10	34,81	51,66	22,7
1.50 - 1.60	9,54	53,95	514,7	61,20	1752,59	28,64	48,34	3364,78	69,61	1768	56,43	53,95	61,20	16,8
1.60 - 1.70	7,26	65,62	476,4	68,46	2228,99	32,56	38,80	2850,10	73,46	1206	64,83	65,62	68,46	
1.70	31,54	75,26	2373,7	100,00	4602,69	46,03	31,54	2373,70	75,26	726	84,23	75,26		
TOPLAM	100,00	46,03	4602,7											

Menşei : SLİ

Boyut : -12,5+4 mm

Sınıfı : Marn Stok



Şekil 7.8 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme – batırma eğrileri

Tablo 7.9 ve Şekil 7.8 den görüldüğü gibi, 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın $32 > 20$ olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.4 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 38 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 20'dir. 1.4 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 30'dir. Kalori değeri ise 2.625 kcal/kg dır.

1.5 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın $22 > 20$ olduğu için çok güç olduğu görülmektedir. 1.5 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 51 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 25'dir. 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 46'dır. Kalori değeri ise 1.984 kcal/kg dır.

Aynı şekilden, 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yapılan yüzdürme batırma deney sonuçlarına göre ± 0.1 yoğunluktaki ayırmanın $15 < 16 < 20$ olduğu için güç olduğu görülmektedir. 1.6 gr/cm³ yoğunlukta yüzen miktar % 61 olup yüzen malzemedeki kül oranı % 28'dir. 1.6 gr/cm³

yoğunluğunda ayırma yapıldığı zaman elde edilen temiz kömürdeki en yüksek küllü parçanın kül yüzdesi % 61'dir. Kalori değeri ise 1.768 kcal/kg dir.

Sonuç olarak; -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinden, 1,5 gr/cm³ yoğunluğunda en iyi sonucun elde edildiği, bu yoğunlukta yüzen miktarın ağırlıkça % 51, kül oranının % 25, kalori değerinin ise 1.984 kcal/kg olduğu saptanmıştır.

Ortam yoğunluğunun 1,3 gr/cm³ 'ten 1,7 gr/cm³ 'e yükseldikçe kül oranının % 14,50 den,% 75,26 a yükseldiği, kalori değerinin 2625 kcal/kg dan 726 kcal/kg a düştüğü saptanmıştır.

Tüm bu yüzdürme batırma deneylerinden elde edilen sonuçlardan ve parça kül eğrisinin yorumlanmasından en iyi yüzdürme batırma deneylerinin -31,5+16 mm (% 52 verim,% 20 kül, 2756 kcal/kg kalori) ve -16+12,5 mm (% 52 verim, %25 kül,1988 kcal/kg kalori) tane boyut aralıklarında ve 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda elde edildiği saptanmıştır.

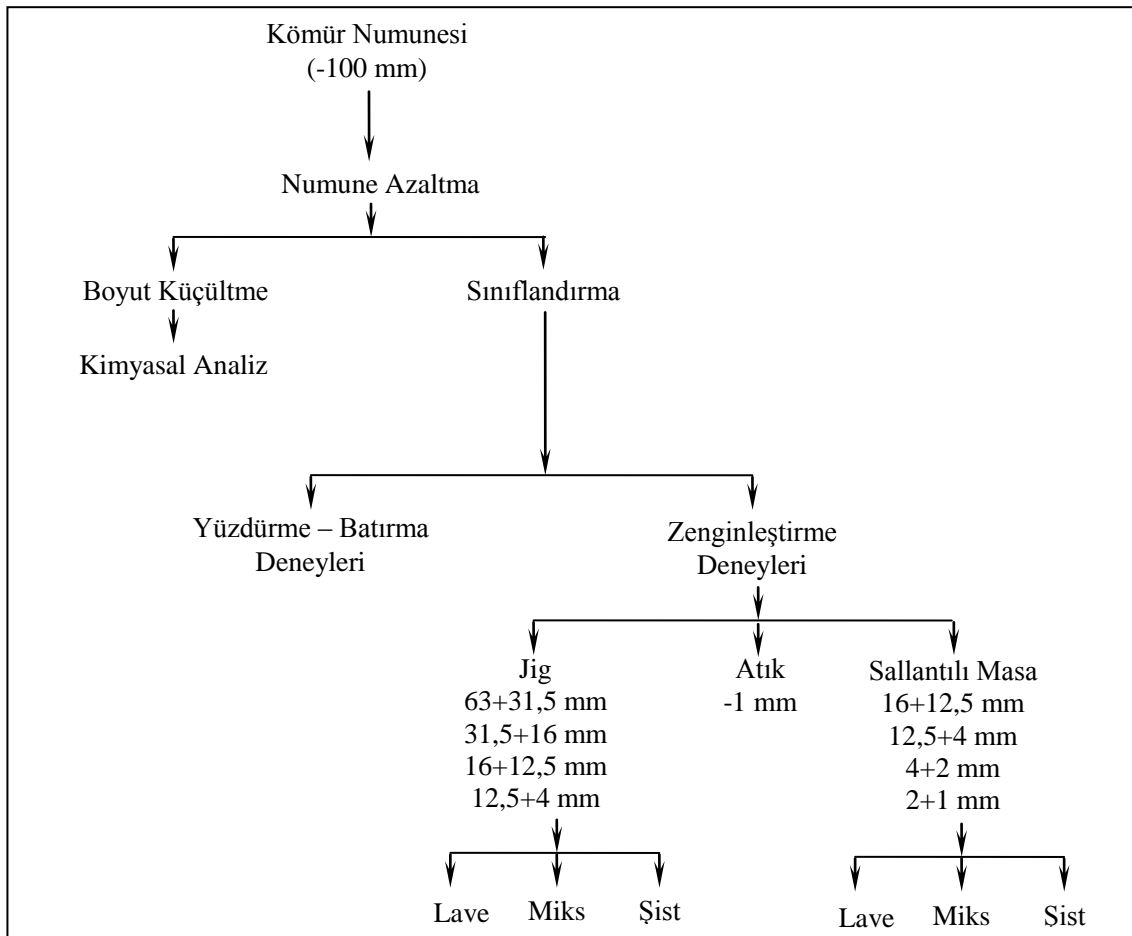
7.8 Yıkama Yöntemi Seçimi

Seyitömer Marn Stok Kömürleri ortalama % 51-57 kül, % 30-35 nem ve 1000-1200 kcal/kg ısı değerini içermektedir. Marn Stok kömürlerinin kalitesi termik santral için şartname değerinde belirtilen değer altında kalmaktadır. Marn Stok kömürlerinin yıkanarak ev yakıtı ve termik santral de kullanılması amaçlanmıştır. Marn Stok kömürlerinin yıkanmasında kullanılabilecek cihazlar iki ana grupta toplanabilir.

1. Ağır Ortam Ayırması Yapan Cihazlar
2. Ayrım Ortamı Su Olan Cihazlar (Jigler, Sallantılı Masalar, Su Siklonları, Hidroseperatörler)

Ağır ortam ayırması yapan cihazların ayırma hassasiyetleri oldukça yüksektir. Ayırma sınır yoğunluğu ile temiz kömürün kül oranı diğer yöntemlere göre daha hassas bir şekilde kontrol edilebilir. Ancak ağır ortam oluşturmada kullanılacak manyetitini temini ve ağır ortamın istenen yoğunluğa ayarlanması, tesise nakli ve yıkama işlemi sonucunda tekrar geri kazanılması v.b. nedenlerle yatırım ve maliyetleri yönünden diğer yaş yöntemlere göre daha pahalıdır. Son yıllarda geliştirilen jiglerle yıkama işleminde çok başarılı sonuçlar alınması maliyeti daha düşük olan bu yöntemin kullanılmasını sağlamaktadır. Ancak yüzdürme-batırma ile yapılan deneylerden de ağır ortam ile yapılacak olan zenginleştirme işlemlerinin sonuçları görülebilir. Jig ile zenginleştirmenin ince boyutlarda yeterli oranda başarılı olmaması nedeniyle ince boyutlara sallantılı masa yönteminin uygulanması öngörülmüştür. Dar tane fraksiyonlarında beslemenin yapılması hem jig hem de sallantılı masa ile zenginleştirme yönteminin başarısını artıracak göz önünde tutularak, elek analizleri ve kül değerlerine göre bir sınıflama yapılmıştır.

Değişik tane boyutları jig ve sallantılı masa ile zenginleştirilerek optimum değerlerin laboratuarda araştırılması hedeflenmiştir. Jig yöntemi ile zenginleştirilecek boyutlara bakıldığında % kül değerlerinin birbirine yakın olduğu, sallantılı masada ayırmanın başarılı olması için de mümkün olan en dar tane boyutunda yıkama çalışması yapılması düşünülmüştür. Laboratuarda yapılan zenginleştirme akım şeması Şekil 7.5 de verilmektedir.



Şekil 7.9 Laboratuarda yapılan zenginleştirme deneyleri prensip akım şeması

7.9 Zenginleştirme Deneyleri

Yüzdürme – batırma deney sonuçlarına göre kömürün değişik tane boyutlarındaki kül ve kalori değerleri incelenmiş ve her fraksiyonun ayrı ayrı zenginleştirme işlemlerine tabi tutulması gerektiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre -63+31,5 mm , -31,5+16 mm, -16+12,5 mm

ve -12,5+4 mm boyutları arasının jig ile -16+12,5 mm, -12,5+4 mm, -4+2 mm ve -2+1 mm boyutları arasının da sallantılı masa ile zenginleştirilmesine karar verilmiştir.

7.9.1 Jig deneyleri

Jig deneylerinde yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme işlemi yapıldığından deney öncesinde konsantrasyon kriterinin belirlenmesi, zenginleştirme işleminin hangi yöntemle olacağı hakkında bir fikir verecektir. Bu nedenle kömür ve şistin yoğunluk analizleri yapılmış, aşağıdaki gibi saptanmıştır.

$$\rho_{\text{kömür}} = 1.30 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{\text{şist}} = 1.86 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{\text{su}} = 1.00 \text{ gr/cm}^3$$

$$K = \frac{\rho_{\text{şist}} - \rho_{\text{su}}}{\rho_{\text{kömür}} - \rho_{\text{su}}} = 2,87$$

$K > 2,5$ olduğundan çok küçük boyutlara kadar zenginleştirme yapılabilir ve bütün gravite yöntemleri uygulanabilir.

Jigde yapılan zenginleştirme deneylerinde numune düzenli bir şekilde beslenerek, jig eleği üzerinde bulunan jig kutusunun tabanından şist, orta kısmından miks ve üst yüzen kısımdan ise lave kömür alınmıştır. Değişik tane boyutlarında yapılan jig ile yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları verilmiştir.

-63+31,5 mm tane boyutunda yapılan deney sonuçları Tablo 7.10 da verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür tane iriliği	: -63+31,5 mm
Besleme Miktarı	: 800 gr
Yıkama Süresi	: 10 dak.
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Jig Elek Açıklığı	: 2 mm

Tablo 7.10 -63+31,5 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağılık (%)	Kül (%)	Kalori (kcal/kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
63+31,5	Lave	36,00	20,95	2.812	34,25	79,05	2.845,94	50,38
	Miks	38,00	42,53	2.151	31,23	57,47	2.183,75	38,66
	Şist	26,00	76,18	751	20,36	23,82	619,20	10,96
Besleme Malı		100,00	50,92	1.781	28,67	49,08	5.648,88	100,00

Tablo 7.10 dan da görüldüğü gibi besleme malının külü % 51,66 olduğu boyutta jigle yapılan deney sonucunda % 36,00 ağırlıkça % 20,95 küllü lave , % 26,00 ağırlıkça % 76,18 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.781 kcal/kg iken lave de 2.812 kcal/kg, şistte ise 751 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 50,38 olarak hesaplanmıştır.

-31,5+16 mm tane boyutunda yapılan deney sonuçları Tablo 7.11 de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür tane iriliği	: -31,5+16 mm
Besleme Miktarı	: 900 gr
Yıkama Süresi	: 10 dak.
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Jig Elek Açıklığı	: 2 mm

Tablo 7.11 -31,5+16 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağılık (%)	Kül (%)	Kalori (kcal/kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-31,5+16	Lave	34,44	19,22	2.610	32,32	80,78	2.782,20	47,59
	Miks	38,00	43,06	1.921	28,15	56,94	2.163,67	37,01
	Şist	27,56	67,33	521	20,01	32,67	900,39	15,40
Besleme Malı		100,00	44,97	1.702	27,81	55,03	5.846,26	100,00

Tablo 7.11 den de görüldüğü gibi besleme malının külü % 44,97 olduğu boyutta jigle yapılan deney sonucunda % 34,44 ağırlıkça % 19,22 küllü lave, % 27,56 ağırlıkça % 67,33 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.702 kcal/kg iken lave de 2.610 kcal/kg, şistte ise 521 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 47,59 olarak hesaplanmıştır.

-16+12,5 mm tane boyutunda yapılan deney sonuçları Tablo 7.12 de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür tane iriliği	: -16+12,5 mm
Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 10 dak.
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Jig Elek Açıklığı	: 2 mm

Tablo 7.12 -16+12,5 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağılık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-16+12,5	Lave	31,90	19,14	2.435	31,58	80,86	2.579,47	42,70
	Miks	39,60	40,18	1.890	27,21	59,82	2.368,88	39,21
	Şist	28,50	61,67	435	19,12	38,33	1.092,44	18,08
Besleme Malı		100,00	44,44	1.375	26,75	55,56	6.040,78	100,00

Tablo 7.12 den de görüldüğü gibi besleme malının külü % 44,44 olduğu boyutta jigle yapılan deney sonucunda % 31,90 ağırlıkça % 19,14 küllü lave , % 28,50 ağırlıkça % 61,67 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.375 kcal/kg iken lave de 2.435 kcal/kg, şiste ise 435 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 42,70 olarak hesaplanmıştır.

-12,5+4 mm tane boyutunda yapılan deney sonuçları Tablo 7.13 de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür tane iriliği	: -12,5+4 mm
Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 10 dak.
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Jig Elek Açıklığı	: 2 mm

Tablo 7.13 -12,5+4 mm boyutunda yapılan jig deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-12,5+4	Lave	31,25	20,63	2.410	31,20	79,37	2.480,28	43,24
	Miks	40,55	43,15	1.750	27,01	56,85	2.305,16	40,19
	Şist	28,20	66,30	392	18,08	33,70	950,22	16,57
Besleme Malı		100,00	46,03	1.355	25,13	53,97	5.735,66	100,00

Tablo 7.13 den de görüldüğü gibi besleme malının külü % 46,03 olduğu boyutta jigle yapılan deney sonucunda % 31,25 ağırlıkça % 20,63 küllü lave, % 28,20 ağırlıkça % 66,30 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.355 kcal/kg iken lave de 2.410 kcal/kg, şistte ise 392 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 43,24 olarak hesaplanmıştır.

Jig ile yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda en yüksek yanma verimi ve kalori değerinin iri boyutlarda elde edildiği görülmüştür. -63+31,5 mm malzeme boyutunda yapılan deneyler sonucunda kalori değeri lave de 2.812 kcal/kg iken şistte 751 kcal/kg, kül oranı ise lave de % 20,95 iken şistte % 76,18 dir. Ayrıca lave kömürde elde edilen yanma verimi % 50,38 olarak hesaplanmıştır.

7.9.2 Sallantılı masa deneyleri

İkinci gruptaki zenginleştirme deneyleri ise sallantılı masada yapılmıştır. Bu grupta yapılan sallantılı masa deneylerinde; 16+12,5 mm, 12,5+4 mm, 4+2 mm, 2+1 mm tane boyutlarında çalışılmıştır.

-16+12,5 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları Tablo 7.14' de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür Tane İriliği : -16+12,5 mm

Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 15 dakika
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Masa Eğimi	: 15 ⁰
Salınım	: 200 titreşim/dak

Tablo 7.14 -16+12,5 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağılık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-16+12,5	Lave	35,56	17,66	2.625	34,22	82,34	2928,03	44,09
	Miks	44,66	32,94	2.213	28,35	67,06	2994,69	45,10
	Şist	19,78	63,71	986	19,42	36,29	717,87	10,81
Besleme Malı		100,00	44,44	1.375	26,75	55,56	6640,59	100,00

Tablo 7.14 'den de görüldüğü gibi tüvenan numunesinin külü % 44,44 olduğu boyutta sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 35,56 ağırlıkça % 17,66 küllü lave, % 19,78 ağırlıkça % 63,71 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.375 kcal/kg iken lave de 2.625 kcal/kg, şistte ise 986 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 44,09 olarak hesaplanmıştır.

-12,5+4 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları Tablo 7.15 de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür Tane İriğiği	: -12,5+4 mm
Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 15 dakika
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Masa Eğimi	: 15 ⁰
Salınım	: 200 titreşim/dak

Tablo 7.15 -12,5+4 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/Kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-12,5+4	Lave	36,56	20,05	2.695	33,84	79,95	2923,03	45,16
	Miks	45,07	35,16	2.218	28,1	64,84	2922,56	45,15
	Şist	18,37	65,87	921	19,22	34,13	626,91	9,69
Besleme Malı		100,00	46,03	1.355	25,13	53,97	6472,50	100,00

Tablo 7.15 ‘den de görüldüğü gibi tüvenan numunesinin külü % 46,03 olduğu boyutta sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 36,56 ağırlıkça % 20,05 küllü lave, % 18,37 ağırlıkça % 65,87 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.355 kcal/kg iken lave de 2.695 kcal/kg, şistte ise 921 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 45,16 olarak hesaplanmıştır.

-4+2 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları Tablo 7.16 da verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür Tane İriliği	: -4+2 mm
Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 15 dakika
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Masa Eğimi	: 15 ⁰
Salınım	: 200 titreşim/dak

Tablo 7.16 -4+2 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağılık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/Kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-4+2	Lave	38,20	24,09	2.430	33,41	75,91	2899,77	49,09
	Miks	43,40	41,46	1.835	26,82	58,54	2540,49	43,00
	Şist	18,40	74,60	689	19,05	25,40	467,30	7,91
Besleme Malı		100,00	48,65	1.349	26,14	51,35	5907,56	100,00

Tablo 7.16 ‘dan da görüldüğü gibi tüvenan numunesinin külü % 48,65 olduğu boyutta sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 38,20 ağırlıkça % 24,09 küllü lave, % 18,40 ağırlıkça % 74,60 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1.349 kcal/kg iken lave de 2.430 kcal/kg, şistte ise 689 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 49,09 olarak hesaplanmıştır.

-2+1 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları Tablo 7.17 de verilmiştir. Sabit tutulan deney şartları aşağıdaki gibidir.

Kömür Tane İriliği	: -2+1 mm
Besleme Miktarı	: 500 gr
Yıkama Süresi	: 15 dakika
Su Debisi	: 15 litre/dak.
Masa Eğimi	: 15 ⁰
Salınım	: 200 titreşim/dak

Tablo 7.17 -2+1 mm tane boyutunda yapılan sallantılı masa deney sonuçları

Boyut (mm)	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Kalori (Kcal/Kg)	Nem (%)	Yanmış Kısım (%)	İçerik	Yanma Verimi (%)
-2+1	Lave	35,67	27,78	1.880	34,58	72,22	2576,20	47,33
	Miks	45,00	46,11	1.601	27,21	53,89	2424,94	44,55
	Şist	19,33	77,16	487	18,38	22,84	441,49	8,11
Besleme Malı		100,00	49,55	1.293	26,38	50,45	5442,63	100,00

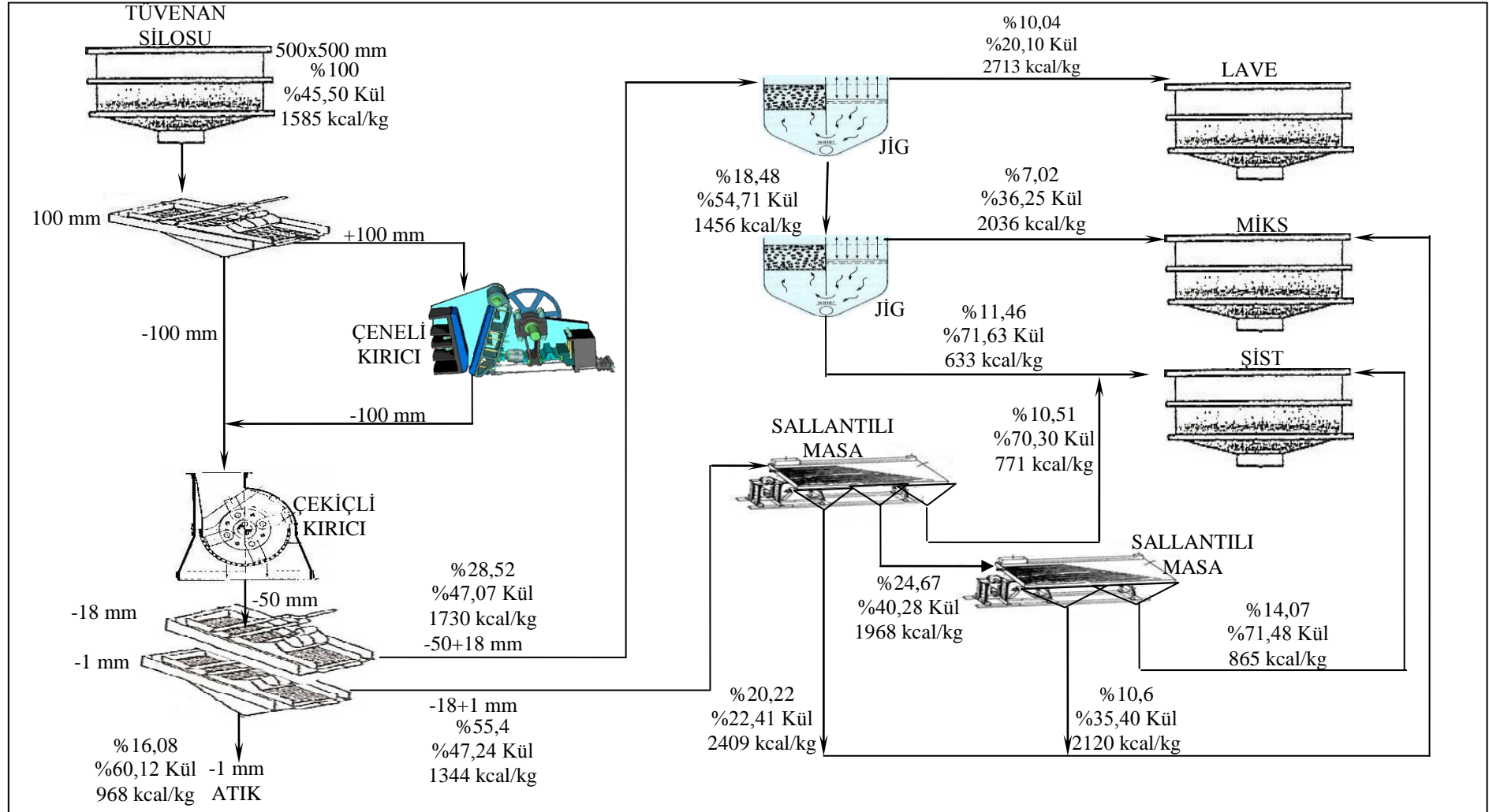
Tablo 7.17 ‘den de görüldüğü gibi tüvenan numunesinin külü % 49,55 olduğu boyutta sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 35,67 ağırlıkça % 27,78 küllü lave, % 19,33 ağırlıkça % 77,16 küllü şist elde edilmiştir. Tüvenan kömürde kalori değerleri 1,293 kcal/kg iken lave de 1,880 kcal/kg, şistte ise 487 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ise lave de % 47,33 olarak hesaplanmıştır.

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda en yüksek yanma verimi ve kalori değerinin -12,5+4 mm boyut aralığında elde edildiği görülmüştür. Söz konusu boyut aralığında yapılan deneyler sonucunda elde edilen kalori değeri lave de 2.695 kcal/kg iken şistte 921 kcal/kg, kül oranı ise lave de % 20,05 iken şistte % 65,87’dir. Aynı zamanda lave de elde edilen yanma verimi % 45,16 olarak hesaplanmıştır.

Aynı boyut aralıklarındaki malzemeler ile yapılan jig ve sallantılı masa ile zenginleştirme deneylerinin sonuçları değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

-16+12,5 mm tane aralığında lavede elde edilen kül değerleri sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 17,66 iken jig ile yapılan deney sonucunda % 19,14’dür. Sallantılı masa ile elde edilen yanma verimi (% 44,09) jige göre (% 42,70) daha yüksektir. Aynı zamanda sallantılı masa ile yapılan deneylerde (2.625 kcal/kg) jige göre (2.435 kcal/kg) daha yüksek kalori değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre -16+12,5 mm tane aralığının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi daha uygundur.

-12,5+4 mm tane aralığında lavede elde edilen kül değerleri sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 20,05 iken jig ile yapılan deney sonucunda % 20,63'dür. Sallantılı masa ile elde edilen yanma verimi (% 45,16) jige göre (% 43,24) daha yüksektir. Aynı zamanda sallantılı masa ile yapılan deneylerde (2.695 kcal/kg) jige göre (2.410 kcal/kg) daha yüksek kalori değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre -12,5+4 mm tane aralığının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi daha uygundur.



Şekil 7.10 Marm stok kömürleri için önerilen akım şeması

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Seyitömer Linyitlerinde eski dönemlerde üretim sonucu çıkarılarak satılmayan stok kömür olarak adlandırılan düşük kaliteli yaklaşık 2.000.000 ton kömür stoğuda bulunmaktadır. Bu stok kömürlerinin değerlendirilebilmesi için yapılan yıkanabilirlik eğrileri, tüm kömürün özelliği, jig ve sallantılı masa kombinasyonu ile zenginleştirilebilirliği ile ilgili çalışmaların sonuçları aşağıda verilmektedir.

Orijinal bazda %28,50 nem içeren Seyitömer linyitleri yumuşak linyit sınıfına girmektedir. Seyitömer kömürlerinde yapılan mineralojik incelemelerde, kömür ve inorganik maddelerin iç içe olduğu (Koca vd, 1996), ayrıca kömürün içindeki bu kil ve kalsit taneciklerinin linyitten farklı su emme ve kaybetme özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Koca, 1997). Seyitömer kömürlerinin ısı değerleri düşüktür (saf kömür bazında), yaş kömür hazırlama teknikleri ile yıkama olanağı vardır. Depolandıktan sonra toz haline gelirler.

Seyitömer Marn Stok kömürlerinin külü % 45,50, uçucu madde %13,24, sabit karbon % 12,76 olarak bulunmuştur. Üst ısı değer 1.675 kcal/kg, alt ısı değer 1.585 kcal/kg 'dır.

Tane boyu dağılımına bağlı olarak kalori değerlerinin değiştiği, iri boyutta -63+31.5 mm de 1.781 kcal/kg olan kalori değerinin ince boyutlara doğru azaldığı ve -1 mm boyutunda 968 kcal/kg gibi düşük bir değere indiği görülmektedir. Rutubetinde ise iri boyuttan ince boyuta doğru inildikçe düştüğü görülmektedir.

Ayrı ayrı yüzdürme-batırma deneylerine tabi tutulan elek fraksiyonlarının yıkanabilirlik özellikleri tane boyutuna göre önemli bir değişiklik göstermemektedir. Elek fraksiyonlarının yıkanabilirlik eğrileri yaklaşık olarak aynıdır. Yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlardan ve parça kül eğrisinin yorumlanmasından en iyi yüzdürme batırma işleminin - 31,5+16 mm (% 52 verim,% 20 kül, 2756 kcal/kg kalori) ve -16+12,5 mm (% 52 verim, %25 kül,1988 kcal/kg kalori) tane boyut aralıklarında ve 1.5 gr/cm³ yoğunluğunda elde edildiği saptanmıştır.

Jig ile yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda en yüksek yanma verimi ve kalori değerinin iri boyutlarda elde edildiği görülmüştür. -63+31,5 mm malzeme boyutunda yapılan deneyler sonucunda kalori değeri lave de 2.812 kcal/kg iken şistte 751 kcal/kg, kül oranı ise lave de % 20,95 iken şistte % 76,18 dir. Ayrıca lave kömürde elde edilen yanma verimi % 50,38 olarak hesaplanmıştır.

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda en yüksek yanma verimi ve kalori değerinin -12,5+4 mm boyut aralığında elde edildiği görülmüştür. Söz konusu boyut aralığında yapılan deneyler sonucunda elde edilen kalori değeri lave de 2.695 kcal/kg iken şistte 921 kcal/kg, kül oranı ise lave de % 20,05 iken şistte % 65,87'dir. Aynı zamanda lave de elde edilen yanma verimi % 45,16 olarak hesaplanmıştır.

Aynı boyut aralıklarındaki malzemeler ile yapılan jig ve sallantılı masa ile zenginleştirme deneylerinin sonuçları değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

-16+12,5 mm tane aralığında lavede elde edilen kül değerleri sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 17,66 iken jig ile yapılan deney sonucunda % 19,14'dür. Sallantılı masa ile elde edilen yanma verimi (% 44,09) jige göre (% 42,70) daha yüksektir. Aynı zamanda sallantılı masa ile yapılan deneylerde (2.625 kcal/kg) jige göre (2.435 kcal/kg) daha yüksek kalori değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre -16+12,5 mm tane aralığının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi daha uygundur. -12,5+4 mm tane aralığında lavede elde edilen kül değerleri sallantılı masa ile yapılan deney sonucunda % 20,05 iken jig ile yapılan deney sonucunda % 20,63'dür. Sallantılı masa ile elde edilen yanma verimi (% 45,16) jige göre (% 43,24) daha yüksektir. Aynı zamanda sallantılı masa ile yapılan deneylerde (2.695 kcal/kg) jige göre (2.410 kcal/kg) daha yüksek kalori değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre -12,5+4 mm tane aralığının sallantılı masa ile zenginleştirilmesi daha uygundur.

Yapılan bu tüm deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, Seyitömer Marn Stok kömürlerinin zenginleştirilmesi için önerilen akım şeması Şekil 7.10'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi elde edilen 2.713 kcal/kg ısıl değere sahip lave kömürler teshinde, 2400 kcal/kg ve daha düşük ısıl değere sahip miksler ise termik santrallerde değerlendirilebilecektir. Elde edilen deneysel sonuçlardan üzerinde çalışılan Seyitömer Marn Stok kömürlerinden daha yüksek kalori ve daha az küllü lave ve miks elde edilmiştir.

Özellikle ince taneli kömürlerde daha iyi sonuç alabilmek için, stripa teknesi, flotasyon ve MGS cihazları kullanılarak yapılacak zenginleştirme yöntemlerinin araştırılması uygun olabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Kemal, M. (1999) Kömür Teknolojisi, Dokuz Eylül Ün. M. M. Fak. Yay. No: 33, İzmir.
- [2] Güney, A. Ateşok, G. Önal, G. ve Atak, S. (1997) Türkiye linyitlerine uygulanması gereken iyileştirme yöntemleri, 4.Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, TKİ OAL Müessesesi Çayırhan Tesisleri, (Eds) Önal&Ateşok.
- [3] Önal, G. ve Akarcan, N. (1988) Gediz kömürlerinin zenginleştirilmesi, Türkiye 6. Kömür Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak.
- [4] Yamık, A. ve Bentli, İ. (1999) Kömür kullanımına bağlı çevre sorunları, Kütahya İli Çevre Durum Raporu, Kütahya Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü, Kütahya.
- [5] IEA/OECD Coal Information Report, 1983.
- [6] Mervit, R. D., Coal Exploration, Mine Planning and Development
- [7] Tsai, S. C., Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization, Elsevier, New York (1982).
- [8] DPT 2001, VIII. Beş yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Kömür Çalışma Gr. Raporu.
- [9] BP Statistical Review of World Energy June, 2005.
- [10] Bentli, İ., 1993, Aydın-Şahinali Yöresi 20-50 mm Boyutlu Linyit Kömürlerinin Çok Yönlü Olarak Kalori Değerlerinin Arttırılması Yöntemlerinin Araştırılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- [11] Atak, S. ve Önal, G., 1991, Kömür Hazırlama Ve Tesisleri, Kömür, Editör Orhan Kural, İstanbul, 236-274 s.
- [12] Gray, M.P., Harbort, G. J. ve Murphy, A. S., Flotation circuit design utulising the Jameson cell, MIM Processing Technologies, Brisbane, Queensland, www.mim.com.au
- [13] Önal, G., 1980, Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışı Zenginleştirme Yöntemleri, İTÜ Matbaası, İstanbul, 68 s.
- [14] Yamık, A., Tosun, İ.T., ve Güneş, N., 1994, Kömürden Külün ve Kükürdün Arındırılması, Türkiye 9. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 201-213 s.
- [15] Deniz, V., Kibici, Y., Yamık, A., ve Çilek, E.C., 1996, Çivril (Denizli) Linyitlerinden Flotasyon İle Kükürdün Uzaklaştırılması, Türkiye 10. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 93-103 s.
- [16] Doruöz, A., 2002, Tunçbilek Termik Santrali Curuflarındaki Yanmamış Karbonun Flotasyon Yöntemi İle Kazanılması, DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- [17] Keskin, Y., 1988, Kömür Hazırlama Yöntemleri, Zonguldak, 101-165 s.
- [18] Baykara, O., 1992, Aydın-Şahinali 20 mm Tane İriliği Altındaki İnce Linyit Kömürünün Jigleme İle Zenginleştirilmesinin Araştırılması, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [19] Kemal, M., 1987, Kömür Teknolojisi, DEÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi MM/MAD 87 EY 033, İzmir, 82-161 s.

KAYNAKLAR (devam)

- [20] Ateşok, G., 2004, Kömür Hazırlama ve Teknolojisi, YMGV Yayın, İstanbul.
- [21] Palowitch, E. R, Deurbrouck, A. W. ve Lovell, H. L., 1979, Wet Concentration of Coarse Coal Dense Medium Separation and Hydraulic Separation, Coal Preparation, Editör Joseph W. Leonard, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, (9 b.) 1-108 s.
- [22] Özdağ, H., 1991, Gravite Ayırması, Eskişehir.
- [23] Önal, G., 1982, Kömür Hazırlamada Teknolojik Gelişmeler, III. Kömür Kongresi, Zonguldak, 289-294 s.
- [24] Schonert, K. ve Zimmermann, W., 1988, Separation of Fine Coal Below 1 mm in a Carussel Jig, II. Uluslar arası Cevher Hazırlama Sempozyumu, Editör Yavuz Aytekin, İzmir, 751-763 s.
- [25] Sokaski, M., Geer, M. R. ve McMorris, L. W., 1979, Wet Concentration on Tine Coal, Dense Medium Separation Coal Preparation, Editör Joseph W. Leonard, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, (10 b.) 1-108 s.
- [26] Atak, S., 1994, Flotasyon, İTÜ Vakfı, İstanbul, 142 s.
- [27] Tefek, M., 1984, "İnce Kömür Flotasyonunda Parçacıkların Davranışları, Türkiye 4. Kömür Kongresi, 261-269 s.
- [28] Englund, E. J., and Heravin., 1992, Conditional Similation, Practical Application For Sampling Optimization, İn Soares, A., ed., Geostatistics, Vol 2, Kluwer, Dordrecht, 613-624 s.
- [29] Sönmez, H., 2007, Tunçbilek Lavvarı Tikiner Altı İri Artık Kömürlerin Modifiye Flotasyon Kolonu İle Zenginleştirilmesi, DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- [30] Arslan, V. ve Kemal, M., 2004, Kömür Hazırlama Ve Türkiye'deki Uygulamalar, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 220-221 s.
- [31] Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007 - 2013) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Linyit Ve Taşkömürü Çalışma Grubu Raporları
- [32] Bal, D., Yağcı, Ö. D., Mezarcı, S., S.L.İ. Stok Kömürlerinin Tromel Elek ve Sallantılı Elek İle Killerin Uzaklaştırılması ve Kalori Artışlarının İncelenmesi
- [33] Akçakoca, H., Bentli, İ., Seyitömer Linyit İşletmesi (SLİ) Kömürlerinin Beklemeye Bağlı Olarak Isıl Değer Değişimi
- [34] Ergün, L., Gülsoy, Ö., Benzer, H., Can Orhan, E. C., Dikmen, S., Özer, C. E., TKİ SLİ Müessesesi Seyitömer Kömürleri Yıkanabilirliği Ve Lavvar Tasarımı Simülasyon Çalışmaları
- [35] TKİ Seyitömer Linyitleri İşletme Müdürlüğü Seyitömer Kömürlerinin Yıkanabilirlik Araştırması Komisyon Çalışma Raporu Ağustos 2003 Seyitömer
- [36] IEA Coal İnformation, 2004.