TÜRKİYE 14. KÖMÜR KONGRESİ BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 14TH COAL CONGRESS OF TURKEY

02-04 HAZİRAN 2004
02-04 JUNE 2004
ZONGULDAK

EDİTÖRLER / EDITED BY

Hamit AYDIN, Kenan ÇOLAK

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ
UCEAT CHAMBER OF MINING ENGINEERS, ZONGULDAK BRANCH

TÜRKİYE 14. KÖMÜR KONGRESİ BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 14th COAL CONGRESS OF TURKEY

02-04 HAZİRAN / JUNE 2004
ZONGULDAK

Editörler / *Edited by*
Hamit AYDIN, Kenan ÇOLAK

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ

UCEAT THE ZONGULDAK BRANCH OF CHAMBER OF MINING ENGINEERS

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14th Turkish Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı / *Proceedings of the 14th Turkish Coal Congress*
02-04 Haziran / June 2004
Zonguldak, Türkiye / *Turkey*

ISBN : 975-395-764-5
Baskı : Kozan Ofset, Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti. Ankara
Tel: 0.312. 384 20 03

ADRES/*ADDRESS*
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi
Liman Cad. No:9
67030 ZONGULDAK

Tel :+90 (372) 251 13 55 - 259 53 81
Faks :+90(372)2531080
Web : http://www.maden.org.tr
E-posta : madenmod@ttnet.net.tr

SUNUŞ

Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi'nin düzenlediği Türkiye 14. Kömür Kongresi 02-04 Haziran 2004 tarihleri arasında Zonguldak'ta yapılmaktadır. 1978 yılından beri her iki yılda bir yapılmakta olan Kömür Kongresi'nin temel amacı, kömür madenciliği ve teknolojisiyle ilgili bilgi alışverişini özendirmek ve desteklemektir. Kongre, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi'nin Konferans ve Gösteri Salonunda yapılacak olup, aynı mekanda Maden Makinaları ve Donanımı Sergisi de kongre süresince delegelere açık olacaktır.

Teknik oturumlarda bilimsel kurulumuz tarafından seçilen ve Bildiriler Kitabında da yayımlanan 29 adet bildiri sunulacaktır. Bunun yanında, uzmanlar tarafından hazırlanan 3 adet çağrılı bildiri de kongre programında yer almaktadır.

Özelleştirme politikalarının hızla uygulandığı dünyada ve ülkemizde özelleştirilmeye başlanan ve özelleştirilmenin yaygınlaştırılmasına çalışılan madencilik sektörünün durumunun irdelendiği "Küreselleşme ve Özelleştirme Sonrası Madencilik Sektörünün Durumu" konulu bir panel düzenlenmiştir.

Bu kongrenin başarısı; yürütme kurulu, bilimsel kurul, oturum yöneticileri ve bildiri sahiplerinin çabaları sayesinde olacaktır. Son olarak, Türkiye 14. Kömür Kongresi'nin gerçekleşmesine katkıda bulunan tüm kişi, kuruluş ve firmalara teşekkür eder, Kongrenin kömür madenciliğimize yararlı olmasını dileriz.

Yrd.Doç.Dr. Erdoğan KAYMAKÇI
Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi Başkanı

Yaşar UZUNKAVAKLI
Kongre Yürütme Kurulu Başkanı

PREFACE

The 14th Coal Congress of Turkey organized Branch of the Chamber of Mining Engineers of Turkey is held between June 02 and 04, 2004 in Zonguldak. The primary objective of the Coal Congress which has been held biannually since 1978 is to promote and support the information exchange related to coal mining and technology. The Congress takes place at the congress and exhibition hall of Zonguldak Karaelmas University, where the Mining Machinery and Equipment Exhibition is also open to delegates during the Congress.

During the technical sessions, 29 papers which have selected by the Scientific Committee will be presented and these are printed in the Proceedings of the Congress. In addition, 3 invited papers prepared by the experts are included in the Congress Programme.

A special panel titled "The status of mining sector following the globalization and privatization policies" will be held during the congress in the panel, present and future projections of the privatization policies and applications in Turkey as well as in developing countries will be discussed while a special emphasis will be given to the coal mining sector.

We acknowledge the fact that the success of this Congress is due to the efforts of the Organizing Committee, Scientific Committee, chair of the technical sessions and authors of the papers. As a final note, we would like to thank to every person, institution and company who have contributed to the realization of the 14th Coal Congress of Turkey.

Assist. Prof. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI
President of Zonguldak Branch of Chamber of Mining Engineers

Yaşar UZUNKAVAKLI
President of the Congress Organizing Committee

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU

THE EXECUTIVE BOARD OF CHAMBER OF MINING ENGINEERS

Başkan / *President*	: Mehmet TORUN
II. Başkan / *Vice President*	: Mahmut YILMAZ
Gen. Sekreter / *G. Secretary*	: Nejat TAMZOK
Sayman / *Treasurer*	: Ali ÖNEMLİ
Üyeler / *Members*	: Nahit ARI
	A.Çağatay DİKMEN
	Yusuf Ziya AKGÖK

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ YÖNETİM KURULU

THE EXECUTIVE BOARD OF ZONGULDAK BRANCH OF CHAMBER OF MINING ENGINEERS

Başkan / *President*	: Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI
II. Başkan / *Vice President*	: Yaşar UZUNKAVAKLI
Gen. Sekreter/ *G. Secretary*	: Sertaç KURT
Sayman / *Treasurer*	: Hüsnü MEYDAN
Üyeler / *Members*	: Levent USMAN
	Birol KASAPOĞLU
	Fikret ZAMAN

KONGRE YÜRÜTME KURULU

ORGANIZING COMMITTEE OF THE CONGRESS

Başkan / President	: Yaşar UZUNKAVAKLI
Bşk. Yrd. / Vice President	: Levent USMAN
Yazman / Secretary	: Cüneyd YAMUDİ
Sayman / Treasurer	: Hüsnü MEYDAN
Üyeler / Members	: Yrd.Doç.Dr. Dilek ÇUHADAROĞLU
	Yrd.Doç.Dr. Sait KIZGUT
	Yrd.Doç.Dr. Hamit AYDIN
	Yrd.Doç.Dr. Melih GENİŞ
	Fikret ZAMAN
	Birol KASAPOĞLU
	Dinçer ACUN

KONGRE DANIŞMA KURULU

ADVISORY COMMITTEE OF THE CONGRESS

Prof.Dr. Vedat DİDARİ	Enver KARAÇAM
Prof.Dr. Y. V. MÜFTÜOĞLU	Sertaç KURT
Prof.Dr. Hasan GERÇEK	Kemal Reşit KUTLU
Prof.Dr. Nuri A. AKÇIN	Fikret ÖZBİLGİN
Yrd.Doç.Dr. Tuğrul ÜNLÜ	Mesut ÖZTÜRK
Yrd.Doç.Dr. Kenan ÇOLAK	Murat TURAN

BİLİMSEL KURUL

SCIENTIFIC COMMITTEE

KATKIDA BULUNAN KURUMLAR VE FİRMALAR

CONTRIBUTING ESTABLISHMENTS AND COMPANIES

ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİVERSİTESİ (ZKÜ)
TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU (TTK)
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ (TKİ)
MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (MTA)
GENEL MADEN İŞÇİLERİ SENDİKASI (GMİS)
AMELEBİRLİĞİ
EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI (ERDEMİR)
DEMİR EXPORT
TEAŞ
ETİ HOLDİNG

MADEN MAKİNALARI VE DONANIMI SERGİSİNE KATILAN FİRMALAR

COMPANIES PARTICIPATING IN THE EXHIBITION OF MINING MACHINERY AND EQUIPMENT

MTM MAKİNA TİC. MÜM. MÜŞ. LTD. ŞTİ.
LABRİS MAD. SAN. LTD. ŞTİ.
NİTROMAK MAKİNA KİMYA-NİTRO NOBEL KİMYA SAN. A.Ş.
DELTEK DELİCİ KIRICI MAKİNA VE TEÇHİZATI TİC. VE SAN LTD. ŞTİ
ERKOM KOMPRESÖR VE MAKİNA TİC. LTD. ŞTİ
ER-Dİ MAKİNA SAN. VE TİC. ŞTİ
EZGİ-ÖZGÜ TİC. TAH. LTD. ŞTİ.
MAPEK MAKİNA VE SAN. LTD. ŞTİ.
SCHMIDT, KRANZ CO. GmbH
ŞEN PLASTİK
KORTEK Drager Safety
VERİM MÜHENDİSLİK
STANDARD LABORATUARLAR İŞL. LTD.

İÇİNDEKİLER

CONTENTS

ÖZEL SUNUMLAR

SPECIAL PRESENTATIONS

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04 2004, Zonguldak, Turkey

TTK'DA SÜRÜLEN GALERİLERDE UYGULANAN MEVCUT PRİM SİSTEMİNE ELEŞTİREL BİR BAKIŞ VE YENİ BİR PRİM SİSTEMİ ÖNERİSİ

A CRITICAL VIEW TO THE EXISTING BONUS SYSTEM APPLIED IN TTK'S GALLERY DRIVAGES AND PROPOSAL OF A NEW BONUS SYSTEM

Yılmaz OKTAY, *TTK, Emekli Genel Müdür Müşaviri, 67090 Zonguldak*
Şakir YURDAKUL, *TTK, İşletmeler Dairesi Başkanlığı, 67090 Zonguldak*
A. Haşim DEMİRLER, *TTK, Etüt Plan Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı, Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) maden ocaklarında, taşta sürülen galerilerde uygulanan prim sistemine eleştirel bir bakış yanında, galeri ilerleme hızlarının artırılmasına yönelik geliştirilen yeni prim sistemiyle ilgilidir. Önce TTK'da uygulanan galeri kazı çalışmaları hakkında kısa bilgi verilmiş, uygulanan prim sistemi tanıtılmış ve gerçekleşen galeri ilerleme hızlarından bahsedilmiştir. Sonra, bir metre galeri ilerlemesi için geçen süreler incelenmiş, galeri kazısında gelinilebilecek metrelere değinilmiş ve yeni prim sistemi tanıtılmıştır. Yeni prim sisteminde galeri kazı ekiplerinin performansları ve galeri kazısında ulaşılabilecek metreler verilmiştir. Son olarak, yeni prim sisteminin galeri kazı maliyetlerinde yapabileceği iyileştirmeler hakkında kestirimde bulunulmuştur.

ABSTRACT

This study is related with a critical view to the bonus system applied in TTK's gallery drivages as well as the new developed bonus system in order to increase the gallery advance rates. At first, general information about the gallery drivage works in TTK has been given, the applied bonus system has been introduced and realized gallery advance rates have been mentioned. Then, the time spent for one meter of gallery advance has been studied, advance rates to be reached have been mentioned and the new bonus system has been introduced. The performance of the gallery drivage teams in new premium system and the advance rates to be reached have been given. Finally, the effects of the new bonus system on the improvements in the gallery drivage costs have been estimated.

1. GİRİŞ

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Zonguldak Kömür Havzası'nda, yaklaşık 6885 km^2 alanda yüksek kalitede taş kömürü üretimi yapan bir iktisadi devlet kuruluşudur. Kurumda, beş ayrı üretim müessesesinde, yıllık ortalama 2.5 milyon ton satılabilir taşkömürü üretiminin yanı sıra, yılda ortalama 5 km taşta galeri ve ortalama 10 km de tabanyolu sürülmektedir. Yeraltında tüm üretim ve hazırlık katlarında açık olan galeri şebekesinin uzunluğu da yaklaşık 350 km'dir.

Bir maden yatağının cevher birikimi belirlendikten sonra, hemen üretime geçmek mümkün değildir. Bunun için; gerek işçilerin ocağa giriş çıkışlarını sağlamak, gerekse üretim panolarını hazırlamak ve gerekli havanın ocak içerisinde dolaşımını sağlamak için bazı hazırlıkların yapılması zorunludur. Yer üstünden itibaren cevhere ulaşmak için taş içerisinde açılan kuyular, yatay ve eğimli galeriler, katların teşkil edilmesi, yatağın panolara ayrılması büyük hazırlıkların kapsamına girer.

TTK yeraltı maden ocaklarında, yaklaşık +230 ile –560 kotları arasında, açıklığın boyutları B5 ve B18 arasında değişen galeriler kazılmaktadır. Geçilen formasyonlar sırasıyla kumtaşı, kiltaşı ve kömürdür. Yeraltı kömür madenciliğinde, taşta ve damar içerisinde yapılan galeri kazı çalışmaları önemli bir maliyet girdisidir. Maliyet girdileri içerisinde en yüksek değeri işçilik maliyetleri tutar. TTK'ya bağlı tüm müessese birimlerinde galeri kazı çalışmaları delme-patlatma yöntemi uygulanarak yapılmaktadır. Galeri kazı çalışmalarında uygulanan işlemler; deliklerin delinmesi, doldurulması, patlatılması, havalandırma, kavlak kontrolü, postanın kaldırılması, tahkimat ve diğer işler olarak sıralanabilir. Tüm bu işler bir tek galeri arınında odaklanmaktadır. Örneğin posta alma işlemi yapılmadan, tahkimat yapılamaz. Bu nedenle iş organizasyonunda olacak herhangi bir aksama galeri arınında işlerin durmasına neden olur.

TTK'da yapılan galeri kazı çalışmalarını, klasik yöntemde galeri kazı çalışmaları ve mekanize yöntemde galeri kazı çalışmaları olarak ikiye ayırmak gerekir. Zira, havzada her iki yöntemde de galeri kazı çalışmaları yapılmaktadır. Klasik sözcüğü basınçlı hava (B-H) ile yapılan delik delme ve posta yükleme çalışmalarını; mekanize sözcüğü de, elektro-hidrolik (E-H) delici ve yükleyicilerle yapılan galeri kazı çalışmalarını tanımlamaktadır. Sistemlerdeki ayırt edici özellik, galeri kazısında yer alan ana girdilerin (delik delme ve posta yükleme makinesi, patlayıcı madde, kapsül vs) farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Genellikle, kredili galerilerde ve E-H teçhizat ile kazılan galerilerde elektrikli kapsül olarak gecikmeli kapsüller, diğer galerilerde ve çoğu hazırlık galerilerinde de elektrikli adi kapsüller kullanılır.

Havzada; galeri sürülmesinde mekanizasyon çalışmaları ilk kez 12 Mayıs 1989 tarihinde, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) çerçevesinde temin edilen E-H delici-yükleyici makine ile, Karadon Müessese Müdürlüğü Büyük Hazırlıklar Servisi bünyesinde, özel bir kesitte (B12.5) açılan -360/Acenta havalandırma galerisinde başlatılmıştır. Bu galeride herhangi bir teşvik sistemi uygulanmamasına rağmen 15 Ocak-14 Şubat 1990 yılı döneminde 68 metre B 12.5 kesitinde kazı yapılmış (85 metre B 10), işçilik performansı 24,71 cm/yevmiyeye ulaşmıştır. Günümüze kadar gelen galeri kazı çalışmalarında bu değerler aşılamamıştır (Yurdakul, 2001).

2. TTK'DA GALERİ KAZI ÇALIŞMALARI

Havzada galeri kazı çalışmaları büyük oranda klasik tabir ettiğimiz basınçlı havalı delik delme makineleri ve posta alma makineleri ile yapılmaktadır. Karadon ve Kozlu Müessese Müdürlüklerinde, özellikle kredili olarak sürülen galerilerde E-H teçhizat kullanılmaktadır. TTK'nın son 10 hatta 5 yılına baktığımızda galeri kazı miktarlarının giderek düştüğü görülmektedir. Özellikle, galeri kazı yöntemlerinin değişmemesine rağmen, bu düşmeye paralel olarak işçilik performanslarında da düşüşler yaşanmaktadır. Havzada, son 3 yılda sürülen kredili, hazırlık ve muhtelif galerilerin yıllık miktarları ve işçilik performansları Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi gerek ilerleme miktarlarında gerekse işçilik verimlerinde anlamlı düşüşler olduğu görülmektedir. Sürülen galerilerde önemli bir paya sahip (~%50) muhtelif galerilerde, hemen hemen en düşük işçilik performansları elde edilmekte ve en yüksek işçilik maliyetleri de bu galerilerde gerçekleşmektedir.

Çizelge 1. TTK'da galeri kazı çalışmaları (TTK, 2003).

ÖZELLİKLER	2001		2002		2003	
	İlerleme (m)	Rand (cm/yev)	İlerleme (m)	Rand (cm/yev)	İlerleme (m)	Rand (cm/yev)
Kredili	1642	10,94	1460	13,01	1477	13,49
Hazırlık	832	9,56	1411	8,84	643	7,85
Muhtelif	4044	9,09	2365	9,5	2333	8,83
Galeriler top.	6518	9,7	5236	10,26	4453	10,09
Taban yolları	11823	11,05	13783	11,26	11872	11,92

3. TTK'DA SÜRÜLEN GALERİLERDE UYGULANAN PRİM SİSTEMİ

Galeri ilerlemelerinde prime esas teşkil eden unsur, verimlilik hesaplarının yapılmasında yer alan yevmiye başına ilerleme miktarlarıdır (cm/yev). Basınçlı havalı (B-H) deliciler ve elektro-hidrolik (E-H) delici-yükleyicilerle kazı yapılan, kredili ve hazırlık galerileri için yevmiye başına program ilerlemeler Çizelge 2'de verilmiştir. Prim hesaplanmasında P = (8/V) x (V-100) x PSU TL/yevmiye formülü ile yevmiye başına düşen prim hesaplanmaktadır (Çizelge 4-5).

Çizelge 2. B10 kesit galeri için, primlendirmelerde göz önünde bulundurulan en düşük program ilerleme değerleri (TTK, 2000).

Galeri cinsi			Baş yukarı		Düz	Baş aşağı	
			9°-20°	> 20°		1°-18°	> 18°
B-H	Kredili	(cm/yev.)	5.6	6.7	9.0	5	4.5
	Hazırlık	(cm/yev.)	5	5.8	8.0	5	4.2
E-H	Kredili	(cm/yev.)	-	-	11,00	-	-
	Hazırlık	(cm/yev.)	-	-	11.00	-	-

Bu değerlerin üzerine çıkıldığında galeri arın ekibi prime hak kazanır. Uygulamalarda program değerler dönem başında belirlenmekte, gerçekleştirme oranının asgari %75, azami %133 olabileceğinden hareket edilmektedir. Gerçekleşme oranının % 133'ün üzerine çıkması durumunda ise, fazladan yapılan ilerlemeler için herhangi bir prim ödemesi yapılmamaktadır. Prim hesaplamalarında kullanılan prim saat ücreti (PSU) 10 sene içerisinde 11 defa ayarlanmış olup, 09/06/2000'den itibaren de 2 000 000 TL'sı olarak uygulanmaktadır.

4. B14 KESİT GALERİDE ZAMAN ETÜDÜ ÇALIŞMALARI

1993 yılı, 15 Ocak-14 Şubat çalışma döneminde, Karadon TİM'de, – 160 Kredili Yeni Kuyu İrtibat galerisinde, galeri kazı çalışmalarında gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemlerden elde edilen zaman etütleri aşağıya çıkarılmıştır.

a) Delik delme: Gözlem yapılan çalışma döneminde, B14 kesit olarak yapılan 47 m galeri kazısında 32 defa delme-patlatma yapılmış; her delme-patlatmada ortalama 54 delik olmak üzere toplam 1728 delik delinmiştir. Her delik delinmesi yaklaşık 1.5 dakika sürmüş ve toplam delik delme zamanı 43 saat olarak gerçekleşmiştir.
b) Sıkılama + ateşleme: Toplam harcanan zaman 50 saat olarak gerçekleşmiştir.
c) Posta alma: Yapılan etütlerde 1 metre B10 kesit galeri ilerlemesi için 4 adet 5 tonluk vagonun doldurulduğu gözlenmiştir. Bir vagonun 17 dakikada doldurulduğu hesaplandığında, toplam posta alma zamanı 74 saat olmuştur.
d) Tahkimat: Toplam tahkimat zamanı 55 saat olarak gerçekleşmiştir.
e) Arıza zamanları: Dönem boyunca kaydedilen arıza zamanları da yaklaşık 50 saat olarak ölçülmüştür.

Galeride, 26 günde yapılan kazı çalışmalarında, B10 kesit olarak (47 x 1.4), normal performansta 65,8 metre ilerleme yapılmış, bunun için de toplam 272 saat harcanmıştır. Buradan (272/65.8), 1 metre galeri ilerlemesi için geçen zaman 4 saat olarak bulunur. Kuyu dibinden galeriye gidiş+dönüş zamanı olarak vardiyada yaklaşık 90 dakika geçmektedir. İş yasasına göre vardiyada yeraltında geçen süre 7,5 saat olarak alınırsa, vardiyada arında çalışılan zaman yaklaşık 6 saat bulunur. 26 günlük çalışma döneminde üç vardiya toplamı 468 saat çalışılacaktır. Bunun 272 saati galeri kazısı için çıkarılırsa geriye kalan 196 saat kayıp zaman olarak bulunur. Bu da yaklaşık olarak 49 metre B10 kesit galeri ilerlemesine denk gelmektedir. Kayıp zamanları ilerleme olarak değerlendirdiğimizde toplam galeri ilerleme miktarı yaklaşık 115 metre olacaktır. Yapılan 65,8 metre galeri kazısı için 318 yevmiye harcanmıştır. Buradan işçilik performansı 20,69 cm/yevmiye olarak bulunur. Kayıp zamanlar için de ilerleme yapıldığında gerçekleştirilecek 115 metre için işçilik performansı 36,16 cm/yevmiye olacaktır.

Yolda geçen gidiş+dönüş zamanı 4 vardiya ekip çalışmasında değerlendirildiğinde arında 24 saat/gün fiili çalışma gerçekleştirilecektir. Bunun için 104 yevmiye ilavesiyle arında 624 saat çalışma karşılığı 156 metre (B10) ilerleme yapılabilecektir. İşçilik performansı da toplam 416 yevmiyeye karşı 37,5 cm/yevmiyeye çıkacaktır.

Bahsi geçen galeride, yürürlükteki prim sistemi ile 15.1/14.11 1992'de, 9 aylık çalışma zamanında, B14 kesitte toplam 261,5 metre galeri kazısı yapılmış, 2777 yevmiye harcanmıştır. Bu da B10 kesit olarak ayda 40,67 metre ilerleme, 308 yevmiye ve 13,20 cm/yevmiye performansa karşılık gelmektedir.

5. YENİ PRİM SİSTEMİNİN TANITILMASI

Bilindiği gibi, Havzada, galeri kazı ilerleme miktarlarının arttırılamamasının ana nedenlerinden biri de uygulanan prim sistemidir. Uygulanan sistemde, insan faktörünün performansı sınırlandırılmış (verim % 133'ü aşamaz), çalışılan galerilerin bulundukları yerler dikkate alınmamış ve gerek kuyu diplerine yakın galeriler gerekse uzak galerilerde yürüme zamanları hesaplanmamış ve bulundukları kotlar (+140/-560 katları) göz ardı edilmiştir. Ayrıca, galeri kazısının önemli bir parçası olan posta alma işleminde kullanılan tonluk yada 5 tonluk araba ölçüleri hiç dikkate alınmamıştır.

Yukarıdaki özellikler göz önüne alınarak, muhtelif arınlarda yapılan etüt ve gözlemler neticesinde, ilerlemeye etki eden önemli faktörler için *zorluk katsayıları* bulunmuştur (Çizelge 3). Program ilerlemenin bulunabilmesi için kullanılan ana faktörler aşağıya çıkarılmıştır.

1. Ortalama kömür kalınlığı (cm)
2. Arın sertliği (Kömür - Şist veya Gre - Konglomera)
3. Arın ortalama kazı kesiti (m^2)
4. Çalışan yerin meyili (derece)
5. Posta yükleme teçhizatı
6. Delik delme teçhizatı
7. Nakliyat sistemi (1 tonluk veya 5 tonluk vagon)
8. Kuyu dibinden veya baca ağzından arına gidiş + dönüş yolda geçen zamanı (dakika)
9. Çalışılan yerin ana kata yaya inilen veya çıkılan kot farkı (m)

Galeri sürülmesinde uygulanan prim sistemlerinin en önemli girdisi olan galeriye verilecek işçilik programı (Pri), baz ilerleme olarak alınan 21 cm/yevmiyenin, tüm zorluk katsayılarının çarpımından elde edilen katsayıya bölünmesi ile bulunur. Formülün bu şekilde geliştirilmiş olması, kullanıcıya, galerinin bulunduğu yer ve özellikleri dikkate alındığında, herhangi bir müdahaleye yer vermeden işçilik programlarını (Pri) cm/yevmiye olarak tespit etme olanağı vermektedir.

Uygulamada, her ekip için arında çalışmaya etken faktörler işletmeler tarafından Araştırma Planlama ve Koordinasyon Şube Müdürlüğüne (APK) bildirilir. APK birimi faktörlerin doğru olup olmadıklarını kontrol ederek her arın için bulduğu program ilerleme (Pri) değerini işletmelere bildirir. Çalışma dönemi sonunda ortaya çıkan fiili ilerlemeler ve yevmiye sayıları kesinleştikten sonra gerçekleşme oranları bulunur. Bu değerden hareketle de bir metre başına düşen prim, dönem toplam primi ve kişilerin alacakları yevmiye başına prim miktarları hesap edilir. Hesaplamalarda prim değerleri, gerçekleşen ilerlemenin (F) bir fonksiyonu olarak ilgili doğrusal denklemi kullanılmıştır. Hesaplama yönteminde kullanılan formüller ve semboller ile açıklamaları aşağıya çıkarılmıştır.

Formüller;

Pri = 21 (cm/yev)/zorluk katsayıları çarpımı (Çizelge 3'ten)
Pi = Pri x FYS
F = Fi/FYS
V = Fi/Pi
Pm = F + 30
e = Çalışma dönemi en yüksek lağım usta yevmiyesi TL/41 000 000 TL (01/01/2004)
Pa = V x P x Fi x e x ATK

Semboller;

Pri	=Dönem işçilik program ilerlemesi	(cm/yev)
Pi	= Program ilerleme (B10)	(m)
FYS	= Dönem toplam yevmiye	(adet)
Fi	= Çalışma dönemi B10 cinsinden ilerleme	(m)
F	= İlerleme randımanı	(cm/yev)
V	= Gerçekleşme oranı	(katsayı)
Pm	= 1 metre ilerlemeye karşılık prim	(Milyon TL/m)
e	= Prim formülünün devamlılık katsayısı	
Pa	= Dönem toplam primi	(Milyon TL/ekip)
ICT	= İş cinsi teşvik katsayısı	

Sanat Ünvanı	**ICT**
Vardiya Mesulü	1,00
Nezaretçi	0,95
Kesene Hazırlık Ustası	0,90
Hazırlık Ustası	0,80
Hazırlık İşçisi	0,60

Çalışanların primlerinin hesaplanmasında kullanılan puanların bulunma şekli aşağıda verilmiştir.

Çalışan işçinin yevmiye sayısı x ATK x İCT = ...puan

Puanlar toplanarak toplam puan bulunur. Bulunan dönem toplam primi vasıtasıyla bir puana düşen TL'sı (Toplam dönem primi/Toplam puan = TL/puan) bulunur. Bulunan bu değer çalışanların puanlarıyla çarpılarak keseneci, usta ve işçilerin alacakları primler bulunur.

İşçinin primi (TL) = İşçi puanı x ortalama puana düşen TL = TL/ay bulunur.

Prime esas galerilerde görev alan hazırlık nezaretçilerine, ekibe ödenen toplam primin belli bir yüzdesi ilave dilerek prim ödenir.

Çizelge 3'te yer alan özellikler ve zorluk katsayıları yardımıyla, kömürde sürülen baş yukarı, baş aşağılar ve tabanyolları, taşta sürülen galeriler, desandreler, baş yukarılar ve kuyular için program işçilik değerleri bulunabilecektir.

Çizelge 3. İşçilik program ilerlemenin hesaplanması (cm/yev.) (Oktay, 2004).

ARINDA ÇALIŞMAYA ETKEN FAKTÖRLER		ZORLUK KATSAYILARI		EKİBİN ÇALIŞTIĞI YER	
				Galeri 1	Galeri 2
1	Kömür kal (cm)	Taban ve Bşy	1 - (0,0024 x h)		
2	Arın sertliği	Şist-Kömür	0,9		
		Gre-Konglomera	1		
3	Kazı kesiti (m^2)	($0,06 \times m^2$) + 0,22			
4	Meyil (M) (derece)	Düz	1		
		Başyukarı	1,2 - (0,007 x M)		
		Desandre-Kuyu	(0,003 x M) + 1,1		
5	Posta Yükleme	Elle-Kürekle	1,45		
		Pnömatik	1,15		
		Konveyör	1,1		
		E-H Yükleyici	1		
6	Delik Delme	Martöperferatör	1,65		
		E-H delici	1		
7	Nakliyat	1 tonluk	1,1		
		5 tonluk	1		
8	Zaman kaybı (dak.)	(0,002 x d) + 0,82			
9	Kot farkı (m)	(0,001 x m) + 1			
İşç. Prog. (cm/yev.)		Pri =21 (cm/yev.)/zorluk katsayıları çarpımı			

H	= Galeride kesilen damarın kalınlığı	(cm)
m^2	= Galerinin kazı kesiti	(m^2)
M	= Çalışılan yerin meyili	(derece)
d	= Çalışılan yere gidiş+dönüş zamanı	(dakika)
m	= Yaya inilen veya çıkılan kot farkı	(metre)

6. TTK'DA DENEME AMAÇLI UYGULANAN PRİM SİSTEMLERİ

TTK'da galeri ilerleme hızlarının arttırılmasına yönelik birbirinden ayrı zamanlarda deneme amaçlı iki ayrı prim sistemi uygulanmıştır. Bunlardan birincisi 1992 yılında, Karadon TİM Büyük Hazırlıklar Servisinde, E-H teçhizat ile kazılan -160 hazırlık galerisinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi mevcut prim sisteminde, ekibin gerçekleşme oranının % 160'ın üzerine çıktığı durumlarda (bu oran daha sonra %. 133'e çekilmiştir), ekibe prim verilmemektedir. Bu da, verimliliği azaltan önemli bir etkendir. Deneme amaçlı uygulanan prim sistemin ise, ekibin performansını artırdığı oranda kazançlarının da artığı görülmektedir. Ekibin randımanının artırılmasına yönelik geliştirilen bu prim formülünde Py = (0,75 x F) – 6 doğrusal denklemi kullanılmıştır.

Çizelge 4. Yürürlükteki prim sistemi ile deneme amaçlı uygulanan sistemin karşılaştırmalı sonuçları (Oktay, 1992).

ÖZELLİKLER		YÜRÜRLÜKTEKİ PRİM SİSTEMİ (3/7/1992)			1992'de DENEME AMAÇLI UYGULANAN PRİM SİSTEMİ		
		15 Eyl. 14 Ekim	9 Aylık Ort.	15 Kas. 14 Aral.	15 Eyl. 14 Ekim	9 Aylık Ort.	15 Kas. 14 Aral.
İşçilik prog. (Pri) (cm/yev.)		8,2	8,2	8,2	21	21	21
Program ilerleme (Pi) (m)		22,79	25,25	26,16	58,38	64,68	66,99
Fiili ilerleme (Fi) (m)		30,8	40,67	68,6	30,8	40,67	68,6
Fiili yevmiye (FYS)		278	308	319	278	308	319
Fiili işçilik (F) (cm/yev.)		11,08	13,2	21,5	11,08	13,2	21,5
Gerçekleşme oranı (V)		135	161	262	0,52	0,62	1,02
Prim (Py)		-	-	-	2,31	3,9	10,12
e		-	-	-	1	1	1
Prim (P) (TL/yev)	Hesap edilen	19392	28340	46250	-	-	-
	Ödenen	19392	28340	28340			
Toplam prim (Pa) (milyon TL)	Hesap edilen	5,392	8,728	14,753	1,028	3,028	22,588
	Ödenen	5,392	8,728	8,728			
PRİM FORMÜLLERİ		V = (Fi/Pi)x100			Py = (0,75 x F) - 6 V = Fi/Pi		
		P = (8/V) x (V-100) x PSU			Pa = 100 x Fi x FYS x Py x V x e		
		PSU = 9350 TL			e = Çal. Dön. işçi yev TL./100 000 TL		

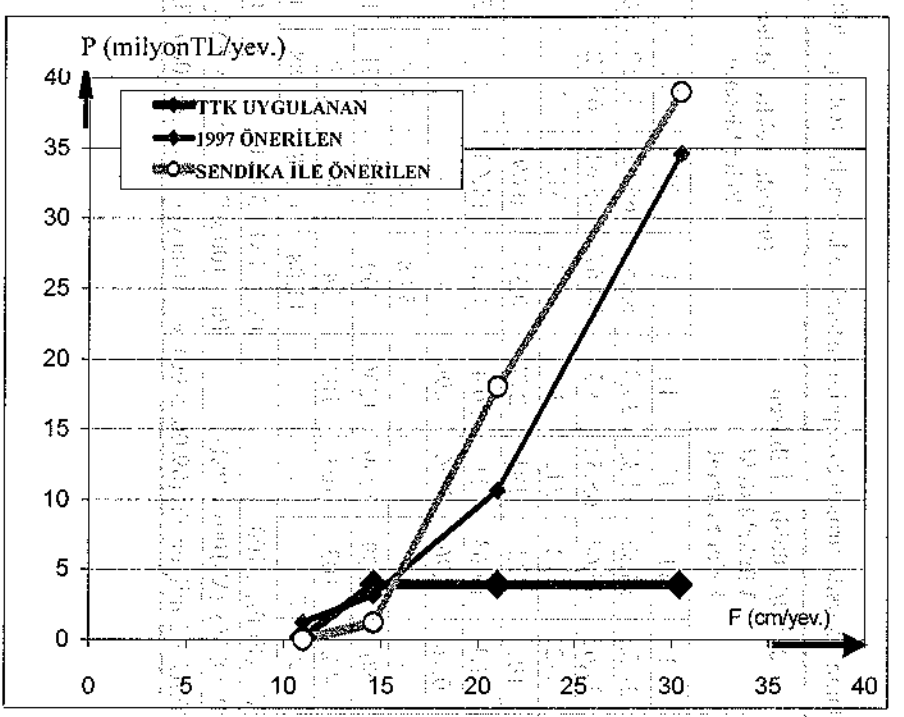
Py = 1 cm ilerleme için yevmiye başına düşen prim (TL/yev x cm)

İkinci uygulama, 1997 yılında, Genel Maden İşçileri Sendikası (GMİS) ile Kurumun ortaklaşa geliştirdiği özel bir prim sistemi üzerinde olmuştur. Bu özel prim sisteminde, bütün galeriler için Pri = 13 cm/yevmiye baz alınmış, yapılan ilerlemeye göre fazla yevmiye bulunmuş, önceden tespit edilen yüzdeler ile usta yevmiyesi çarpılarak toplam prim hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 5). Bu uygulama da Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi (TİM) Büyük Hazırlıklar Servisinde, -260 Gelik Yeni Kuyu inset galerisinde yapılmıştır. Uygulama 3 dönem sürmüş, istenilen düzeyde ilerleme yapılamaması ve prim kazançlarının ödenmesinde güçlük çekilmesi üzerine sistem terkedilmiştir. Bu uygulamanın 2003 yılına uyarlanmış, karşılaştırmalarını içeren sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Uygulamanın başarılı olmamasında öne çıkan bir sebep te, sistemde yapılması istenen metrelere ve performanslara zaten daha önceden rahatlıkla ulaşılıyor olması ve bunun için de verilen teşviklerin özendirici olmaması söylenebilir.

Çizelge 5. 2003 yılına göre uyarlanmış karşılaştırmalı özel prim sistemi ve kazançları (Oktay, 2004).

ÖZELLİKLER	06/09/2000'den İtibaren Yürürlükteki Prim Sistemi				1997'de Teklif Edilen Prim Sistemi				1997'de GMİS ile Deneme Amaçlı Uygulanan Özel Prim Sistemi			
İşçilik programı (Pri) (cm/yev)	11	11	11	11	21	21	21	21	13	13	13	13
Program ilerleme (Pi) (m)	34,32	34,32	34,32	34,32	65,52	65,52	65,52	65,52	40,56	40,56	40,56	40,56
Fiili ilerleme (Fi) (m)	34,67	45,64	65,52	95	34,67	45,64	65,52	95	34,67	45,64	65,52	95
Top.fiili yev (FYS) (adet)	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
Gerçekleşme oranı (V)	101	133	191	277	0,53	0,69	1	1,44	-	25%	75 %	75 %
Fiili işç. (F) (cm/yev)	11,1	14,63	21	30,44	11,1	14,63	21	30,44	11,1	14,62	21	30,44
Prim (P) (milyon TL/yev)	0,16	3,96	3,96	3,96	-	-	-	-	-	-	-	-
Prim (Py) (TL/cm-yev)	-	-	-	-	58,8	87	138	213	-	-	-	-
Toplam prim (Pa) (milyon TL)	50	1239	1239	1239	400	1015	3351	10800	-	382	5646	12322
Aylık prim (milyon TL/kişi)	4,2	103	103	103	34	84	279	900	-	32	471	1027
Katsayı (e)	-	-	-	-	11,88	11,88	11,88	11,88	-	-	-	-
FORMÜLLER	V = (Fi/Pi) x 100				Py = (8xF)-30 TL V = Fi/Pi				Fazla yev. = 100 x (Fi-Pi)/Pri			
	P = 8/V x (V-100) x PSU				Pa = 100 x Py x V x Fi x FYS x e TL				Pa = Fazla yev. x % x usta yev.			
	PSU = 2 milyon TL (09/06/2000)				e = Usta yev. TL/3 300 000 TL				Dönem usta yev : 39,2 milyon TL			

Havzada uygulanan mevcut sistem ile iki ayrı zamanda uygulanan deneme amaçlı prim sistemlerinin grafiksel gösterimi Şekil 1'de verilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, yeni geliştirilen prim sistemi lineer doğrusal bir yapı göstermektedir. Bu da teşvik sisteminde sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır. Mevcut sistem teşvikte sınırlama koymakta ve galeri ilerleme hızlarını kısıtlamaktadır. Örneğin gerçekleşme oranı % 133'ü geçtiği zaman, ekip prim alamamaktadır. Bu da galeri ilerlemelerini olumsuz etkilemektedir. Sendika (GMİS) ile geliştirilen prim sisteminde ise, mevcut sistemde olduğu gibi, işçilik program ilerleme değeri belli bir sisteme dayandırılmadığı için keyfiyet arz etmekte, ayrıca, galerinin özelliklerini de dikkate almamaktadır. Şekilden de görüleceği gibi, yeni prim sisteminde alınabilecek yevmiye başına prim değeri, GMİS modelinde daha düşük işçilik performansında alınmaktadır. Bu nedenle bu uygulama pratikte başarılı olamamıştır.



Şekil 1. Deneme amaçlı uygulanan prim sistemleri F-P grafiği.

Çizelge 6 ise, 2004 yılı için teklif edilen yeni prim sisteminin önerdiği program ilerleme ekseninde, galeri kazısında gelinebilecek metreleri göstermekte, buna karşılık ekibin alacağı toplam prim ile kişilerin aylık kazançlarını ve metre başına ödenecek primleri vermektedir. Örneğin, ekibin ayda 115 metre galeri sürmesi durumunda, ekibin alacağı toplam prim 12 milyar 867 milyon TL olacak, kişi başına aylık prim ise 1 milyar 072 milyon TL'sı olacaktır.

Çizelge 6. 2004 yılında teklif edilen yeni prim sisteminde prim kazançları (B 10 kesite göre) (Oktay, 2004).

ÖZELLİKLER	ELEKTRO-HİDROLİK GALERİ İLERLEMELERİ					
Program iler. (Pri) (cm/yev)	22					
Prog. İler. (Pi) = Pri x FYS (m)	68,64	68,64	68,64	68,64	68,64	91,52
Fiili yevmiye (FYS)	312	312	312	312	312	416
Fiili ilerleme (Fi) (m)	35	65	95	115	125	156
Gerçekleşme oranı (V)	0,51	0,95	1,38	1,67	1,82	1,7
Fiili işçilik (F) (cm/yev.)	11,22	20,83	30,45	36,86	40,06	37,5
Prim (Pm) (milyon TL/m)	41	51	60	67	70	68
Toplam prim (Pa) (milyon TL)	732	3149	7866	12867	15925	18030
Aylık prim (milyon TL/kişi)	61	262	655	1072	1327	1127
e	1	1	1	1	1	1
FORMÜLLER	V = Fi/Pi F = Fi/FYS					
	Pm = F + 30 milyon TL/m					
	Pa = V x Pm x Fi x e x ATK milyon TL					
	e = prim dön. çıplak usta yev TL/41 000 000TL					

Çizelge 7'de, yeni prim sisteminin uygulanması halinde, programın üzerinde sürülen her metre galeri için ekibe verilecek prim miktarının arttığı, buna paralel olarak metre başına düşen işçilik maliyetlerinin azaldığı görülmektedir. Örneğin, 70 metre galeri sürülmesi halinde, metre başına işçilik maliyeti 0,50 milyar TL'sı olurken, 115 metre galeri sürülmesi halinde 0,38, milyar TL'sı olmaktadır. Ekip 115 m ilerleme yaptığında, şu anda 3 ayda yapılan iş 1 ayda yapılmış olacaktır.

Çizelge 7. 2004 yılı yeni prim sisteminde galeri kazısı işçilik maliyet analizi (E-H B10), (Oktay, 2004). (milyar TL)

ÖZELLİKLER	Uygulanan Prim Sistemi	2004'te TEKLİF EDİLEN YENİ PRİM SİSTEMİ		
		Yapılan İlerleme	Yapılabilecek İlerleme	4 Vardiya Sistemi
Fiili ilerleme (Fi) (m/ay)	40	70	115	156
Toplam yev. (FYS) (adet)	312	312	312	416
Fiili işçilik maliyeti (TTK)	31,4	56	92	125
Ekibe verilecek toplam prim	0,7	3,7	12,8	18
Fiili işçilik+yeni prim	32,1	35,1	44,2	60
İşçilik kazançları (ay/ekip)	-	20,9	47,8	65
1 m galeri için işçilik maliyeti	0,8	0,50	0,38	0,38

2004 Yılı 1. 6 ay işçilik maliyeti: 2 615 841 786 TL/ay

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

TTK'un galeri ilerleme hızlarında geldiği nokta, üretim hedeflerine ulaşmada yetersiz kalmaktadır. Galeri kazısı için seçilen uygun kazı teçhizatına rağmen (E-H delme yükleme makineleri), istenilen işçilik performansları yakalanamamakta, galeri hızları artırılamamaktadır. Sonuçların beklentilere cevap vermemesinde uygulanan prim sisteminin önemi büyüktür. TTK için önerilen yeni prim sisteminde, program işçilik değerleri herhangi bir müdahaleye yer bırakmadan tespit edilecek, gerçekleşme oranındaki tavan sınırı ortadan kalkacak ve primdeki PSU değeri yerine e katsayısı getirilerek primin devamlılığı sağlanmış olacaktır. Yeni prim sisteminin uygulanmasında, galeri ilerleme hızları artacak, galeri maliyetlerindeki işçilik maliyetleri düşecektir. Ayrıca, hazırlık çalışmaları üretim hızına kavuşacak, primin devamlılığı neticesinde ekipler daha disiplinli bir çalışma gerçekleştireceklerdir.

8. KAYNAKLAR

Oktay, Y. (1992) TTK *Galeri Kazı Notları* (yayınlanmamış notlar), Zonguldak.

TTK (2000) TTK Prim Yönetmeliği, *Genelge No. 529,* s. 4-5, TTK, Zonguldak.

TTK (2003) TTK *İstatistik Yıllığı* (yayınlanmamış notlar), Zonguldak.

Yurdakul, Ş. (2001) *Püskürtme Beton Teknolojisinin TTK Ocakları Ana Galerilerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması,* Yüksek Müh. Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Zonguldak, s 108.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Turkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

TKİ-OAL ÇAYIRHAN YERALTI İŞLETMESİNDE HAZIRLIK ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF ROADWAY DRIVAGE WORKS AT TKI-OAL CAYIRHAN UNDERGROUND MINE

E. Mustafa EYYUBOĞLU, Çankaya Üniversitesi, End. Müh. Böl., ANKARA
Naci BÖLÜKBAŞI, ODTÜ, Maden Müh. Böl., ANKARA

ÖZET

Orta Anadolu Linyitleri (OAL) ülkemizde tam mekanizasyonun uygulandığı ilk yeraltı işletmesidir. 1977 yılında ilk olarak Galeri Açma Makinaları'nın (GAM) kullanımı ile başlayan mekanizasyon çalışmaları 1985-1986 yıllarında yeraltı ocağında makinaların montajı ile devam etmiş ve 1987 yılında mekanize üretim başlamıştır. OAL'nin işletmecilik hakları 2000 yılından itibaren Park Termik A.Ş'ye devredilmiş olup kömür üretimi bu şirket tarafından yürütülmektedir.

Bu çalışmada OAL'nin mekanize üretim için hazırlık çalışmalarını başlattığı 1977 yılından, işletme haklarını devrettiği 2000 yılına kadarki sürede yaptığı galeri açma çalışmalarının kapsamlı bir değerlendirilmesi sunulmuştur. Sonuçlar, işletmede özellikle son yıllarda yeterli performansa ulaşılamadığını göstermektedir.

ABSTRACT

OAL is the first underground mine in Turkey where full mechanisation was applied. Mechanisation was started in 1977 with the use of roadheading machines and continued with the installation of equipment to underground in 1985-1986 and finally mechanised production was realised in 1987. Operation rights of OAL was taken over by Park Termik A.S. in 2000 and coal production has been carried out by this company.

In this paper, a general evaluation of roadway drivage works for mechanised production at OAL is presented starting from 1977 up to the year 2000 in which operation rights were taken over by Park Termik A.S. Results show that sufficient performance could not be achieved specially in the last years.

1. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğinde hazırlık çalışmaları cevhere ulaşmak için gerekli yolların açılması olarak tanımlanabilir. İşletmelerin kuruluş yıllarında üretime başlanması ana olarak hazırlık çalışmalarının tamamlanması ile olanaklıdır. Bu dönemde hazırlık çalışmalarında erişilecek yüksek hız doğrusal olarak ilk yatırım süresini de kısaltmaktadır. İşletmenin üretime geçmesi ile birlikte ikinci planda kalan hazırlık çalışmaları bu dönemde ise işletmenin genel verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Hazırlık çalışmalarında gerçekletirilen ilerleme hızları ana olarak seçilen kazı yöntemine bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup, seçilen makina tipine bağlı olarak ilerleme hızlarıda değişkenlik göstermektedir. Kazı işleminin yanında galeri açma çalışmalarında gerçekleştirilen diğer işlemlerde makina kullanımının arttırılması genel olarak gerek galeri ilerleme performansını ve gerekse galeri açma işleminin verimliliğinin arttırmaktadır.

Ülkemizde GAM ilk olarak Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı OAL işletmesinde kullanılmıştır. Ocak genelinde uygulanan mekanizasyonun bir parçası olarak kullanılmaya başlanan GAM 1977 yılından beri havzada kullanılmaktadır. Bu tarihten itibaren açılan hemen hemen tüm yollar GAM kullanılarak açılmıştır. Bu çalışmada havzada GAM'nın ilk kullanılmaya başlandığı yıllardan işletme haklarının Park Termik A.Ş.'ye devredildiği 2000 yılına kadar olan süreçte yapılan hazırlık çalışmalarının genel ilkelerine, elde edilen performanslara, karşılaşılan sorunlara ve çözüm önerilerine değinilmiştir. Ülkemizdeki ilk GAM uygulamasının 24 yıllık sürecinde elde edilen sonuçlar diğer işletmelerimizdeki uygulamalara ışık tutacaktır niteliktedir. 2000 yılından sonra elde edilen sonuçlar özellikle yönetsel koşullarda önemli değişiklikler olması nedeniyle bu yazı kapsamı dışında bırakılmıştır. İncelenen dönemdeki sonuçlar OAL yeraltı işletmesi galeri açma çalışmalarında mekanizasyonun uygulanması ile belirli yıllarda yüksek ilerleme hızlarına erişildiğini, fakat özellikle işletmenin kapatılmasına yakın yıllarda gerek makina kullanım oranlarının ve gerekse makinalarla gerçekleştirilen ilerleme hızlarının azaldığını göstermektedir.

2. HAVZANIN GEÇMİŞİ VE UYGULANAN MEKANİZE GALERİ AÇMA ÇALIŞMALARININ ANA İLKELERİ

Çayırhan kömür havzası Ankara'nın 125 km Kuzey-Batısında yer almaktadır. Bölgede yapılan arama çalışmalarında toplam 410 milyon ton kömür rezervi tesbit edilmiştir (Austromineral,1976; Montan Consulting GmbH, 1984).

Havzadaki madencilik çalışmaları 1930 yıllarına kadar uzanmaktadır. 1966 yılında havzada bulunan irili ufaklı işletmeler devletleştirilerek TKİ'ye (Türkiye Kömür İşletmeleri) bağlı OAL kurulmuştur. Uygulanan klasik üretim yöntemleri kömür yatağının da uygun olması nedeniyle yavaş yavaş mekanize yöntemlerle değiştirilmeye başlanmıştır. İlk olarak galeri açma çalışmalarında kollu tip GAM'nın kullanımı ile başlayan mekanizasyon, üretim ayaklarında hidrolik direklerin ve kömür sabanının kullanımı ile devam etmiştir. 1970'li yıllarda 0.2 milyon t/yıl üretimin yapıldığı ocaklarda 1980'li yıllarda uygulanan kısmi mekanizasyon ile 1985 yılında üretim 0,5 milyon t/yıl'a kadar arttırılmıştır.

Havzada mekanize üretimin gerçekleşitirilmesi amacıyla 1976-1977 yıllarında Austromineral firması tarafından hazırlanan proje doğrultusunda galeri açma çalışmaları başlatılmıştır (Austromineral,1976,1977). Bu yıllarda galeri açma çalışmaları için 4 adet Pk9r ve 3 adet Dosco MK2A tipi GAM satın alınmıştır. Ortaya çıkan bir takım finansal problemler nedeni ile 1983 yılında Alman Montan Consulting GmbH firması tarafından hazırlanan proje uygulamaya konulmuş ve 2000 yılına kadar bu proje takip edilmiştir (Montan Consulting GmbH, 1984). 1985 yılında tam mekanize üretime geçilmesi amacıyla satın alınan malzemelerle birlikte galeri açma çalışmalarında kullanmak amacıyla, 5 adet Dosco MK2B tipi GAM, depolama ünitesine sahip bant konveyörler, monoraylar, toz bastırıcılar, laser hizalama cihazları, haberleşme üniteleri ve gerekli elektrik ekipmanları satın alınmıştır.

1986 yılında deneme üretimlerinin yapıldığı işletmede 1987 yılında tam mekanize üretim başlamıştır. 2.2 milyon ton/yıl kapasiteli projenin toplam 120 M$ ilk yatırımının önemli kısmı Avrupa Birliği, Alman KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) ve İngiliz Hükümeti tarafından kredilendirilmiştir. Üretilen kömürün tamamına yakını 2x150 MW'lık termik santralde yakılarak elektrik enerjisine çevrilmiştir.

1983 yılında Montan Consulting GmbH firması tarafından hazırlanarak OAL'nin özelleştirilmesine kadar uygulanan ve günümüzde havzada çalışan Park Termik A.Ş tarafından kısmen uygulanan projedeki hazırlık çalışmaları ile ilgili ana ilkeler aşağıda belirtilmiştir (Montan Consulting GmbH, 1984, 1990);

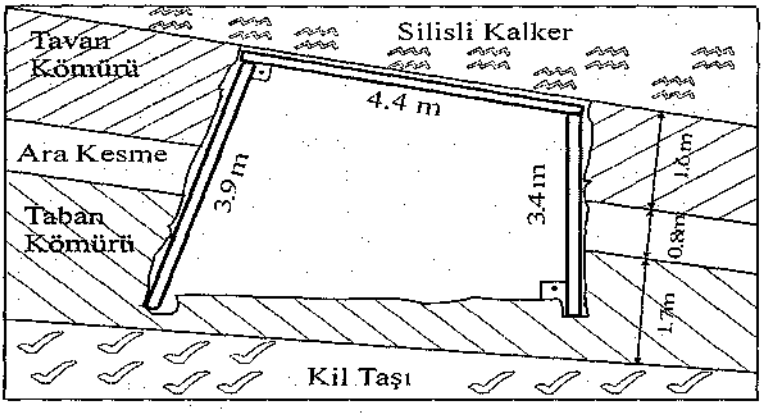
1) Yıllık üretim hedefi 2.2 milyon tondur. Termik santral için gerekli üretim 2 panodaki 4 ayaktan karşılanacak, yedek bir panodaki 2 ayak her an üretime hazır tutulacaktır. Belirlenen üretim hedefine ulaşılabilmesi için yılda 5.500 metre (ana galeri, kılavuz, vb. tüm galeriler dahil) galeri açılması gereklidir. Gerçekleştirilecek her 1000 ton üretim için 2.5 m galeri açılması gerektiği hesaplanmıştır.

2) Yüksek yangın riski nedeniyle ayaklar geri dönümlü çalışacak, ayak boyu 220 m tutulacak, pano boyları mümkün olduğunca uzun tutularak, 1500 m'ye kadar çıkarılacaktır.

3) Komşu panolar arasında topuk bırakılmayarak "tümüyle üretim yöntemi" uygulanacak, böylece açılması gerekli toplam galeri miktarı önemli ölçüde azaltılacaktır. Bu uygulama ile bir taban yolu önce ilk panoya alt taban yolu olarak hizmet verecek, daha sonra aynı galeri komşu panoda üst taban yolu olarak kullanılacaktır.

4) İlk hazırlanan projede, ana hazırlık galerilerinin taş içerisinde açılması planlanmış ve 1978-1983 yılları arasında uygulanmıştır. Ancak galerilerin içinde açıldığı formasyonların sert olması nedeni ile düşük ilerleme hızlarına erişilmiştir. Bu nedenle, 1983 yılında uygulamaya konulan ikinci proje ile ana yollar da dahil olmak üzere tüm galerilerin olanaklı oldukça kömür içerisinde açılması planlanmıştır.

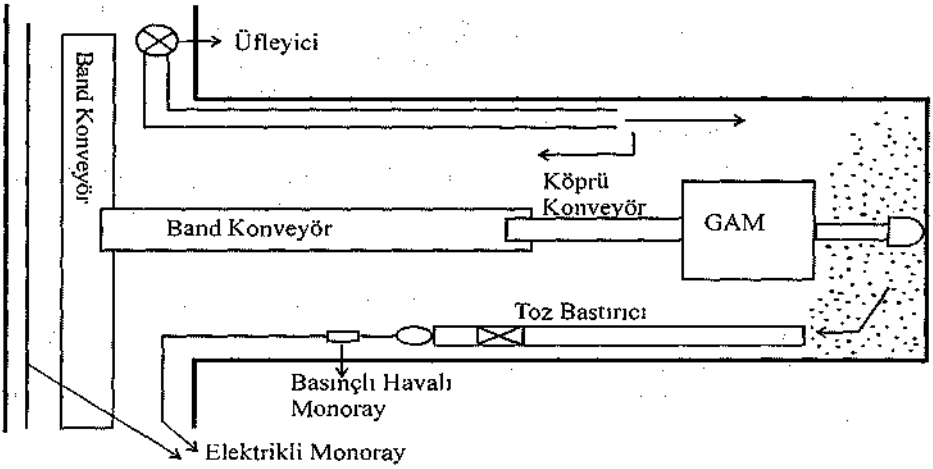
5) Taban yolları her iki damarda içine alacak şekilde, trapez kesitte açılacaktır (Şekil 1). Tahkimatın yan direklerinin uzunlukları kömürün eğimine bağlı olarak 3-3,9 m arasında değiştirilecektir. Kömür içerisinde açılacak ana galerilerde trapez tahkimat, taş içerisinde açılacak galerilerde ise 14 m^2 kesitinde atnalı tahkimat uygulanacaktır.



Şekil 1. Kömür içerisinde açılan galerilerde uygulanan tahkimat.

6) Ayak montaj kılavuzları 6 m genişlikte ve delme-patlatma ile açılacaktır.

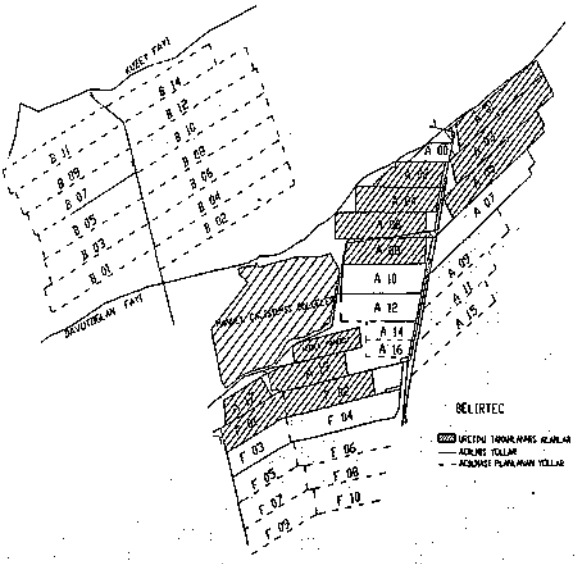
7) Galerilerde üfleyici havalandırma yapılarak, toz bastırıcılar kullanılacaktır. Malzeme nakliyatı elektrikli ve basınçlı havalı monoraylar ile, kömür nakliyatı depolama ünitesine sahip bant konveyörler ile yapılacaktır. Bir galerideki ekipmanların tipik yerleşimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Bir galerideki ekipmanların tipik yerleşimi.

3. 1977-2000 YILLARI ARASI HAZIRLIK ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu makale kapsamında incelenen hazırlık çalışmaları sadece mekanize üretim amacıyla yapılan çalışmalardır, klasik üretim için 1988 yılına kadar yapılan hazırlık çalışmaları göz önüne alınmamıştır.



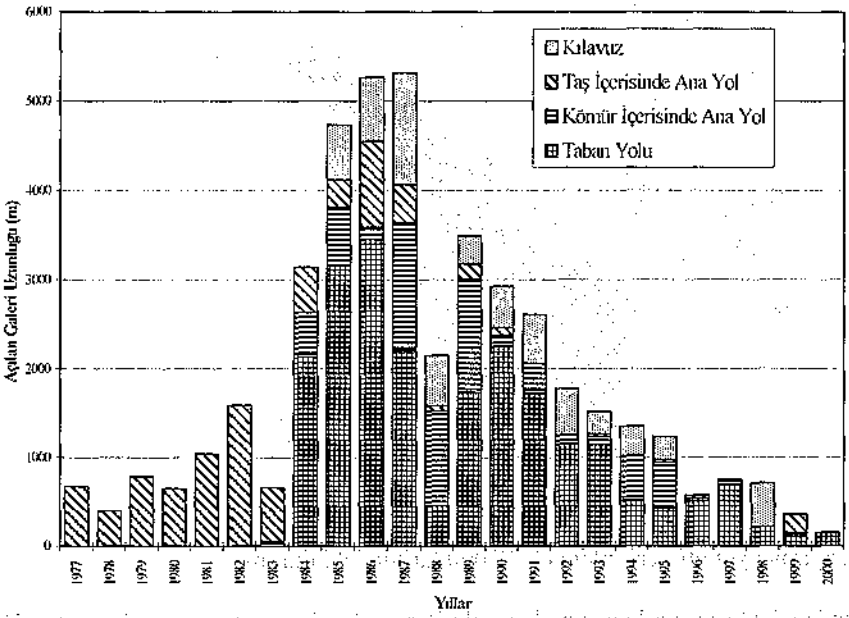
Şekil 3. Çayırhan yeraltı ocak planı (1/7/2000 tarihindeki durum).

1977 yılından 2000 yılına kadar açılan galeriler ve üretimi yapılan panolar Şekil 3'te verilmiştir. Bölgedeki üretim ve hazırlık çalışmaları A sektöründeki A,B ve F sahalarında yürütülmüştür

3.1 Açılan Galerilerin Yıllara ve Amaçlarına Göre Dağılımı

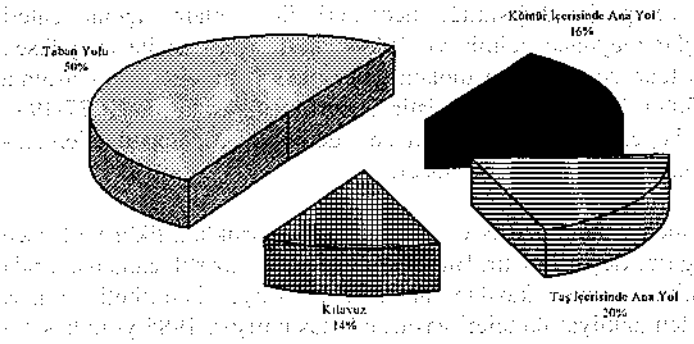
1977-2000 yılları arasında açılan galerilerin yıllara ve kullanım amaçlarına göre dağılımı Şekil 4'te sunulmuştur. Şekilden de görülebileceği gibi projenin ilk 7 yılında taş içi hazırlıkların yapılmasının da etkisi ile toplam yıllık açılan galeri uzunluğu en fazla 1588 m (1982 yılında) olarak gerçekleşmiş iken, 1984 yılından itibaren damar içi hazırlıkların başlaması ve proje değişikliği nedenleri ile toplam açılan galeri uzunluğunda büyük artışlar meydana gelmiş ve 1987 yılında 5314 m ile en yüksek değere ulaşılmıştır. Bu yıldan sonra açılan toplam galeri uzunluğu sürekli bir azalma göstererek, son yıllarda 500 m'ye kadar gerilemiştir. Hazırlık çalışmalarının 1977-1984 yılları arasında düşük hızda gerçekleşmesinin bir nedeni de bu yıllarda devam eden 0,2-0,5 milyon ton/yıl arasındaki klasik üretim olmuştur.

1977 ve 1985 yılları arasındaki tüm hazırlık çalışmaları hafif ağırlıktaki Pk9r ve Dosco MK2A tipi GAM'lar ile gerçekleştirilmiştir. Bu yıllar arasındaki hazırlık çalışmalarında malzeme nakli elle yapılmış, arında kazılan malzeme ise düşük kapasiteli ve kısa mesafelere taşıma yapabilen nakliyat üniteleri vasıtasıyla taşınmıştır. 1985 yılında satın alınan ekipmanların montajı ile beraber hazırlık çalışmalarında uzun mesafelere taşıma yapabilen nakliyat üniteleri kullanılmaya başlanmış ve malzeme nakliyatı monoraylarla gerçekleştirilmiştir. Yeni GAM'nın alınması ile beraber mevcut makinaların kazı yükseklikleri göz önünde tutularak, kömür stampının daha kalın olduğu B ve F sahalarının hazırlığında Dosco MK2B'ler, kömür stampının daha ince olduğu A sahası hazırlıklarında ise Dosco MK2A ve Pk9r'ler kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 4. Açılan galerilerin yıllara ve kullanım amaçlarına göre dağılımı.

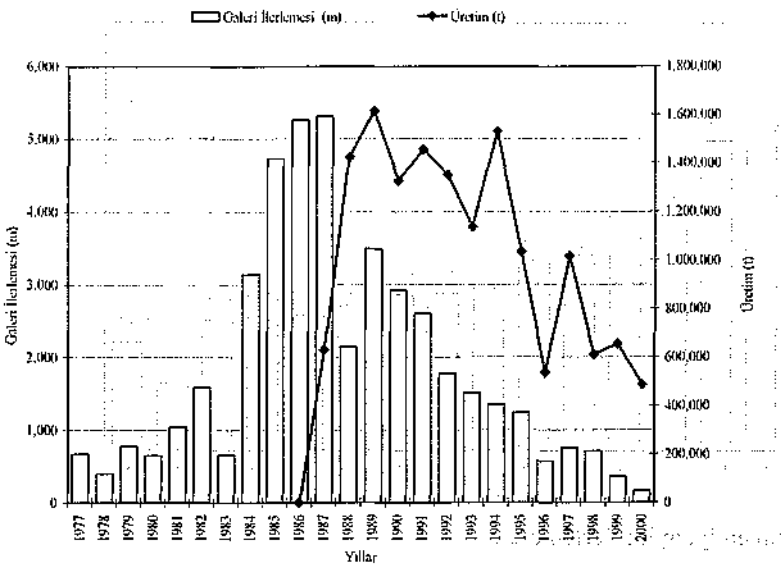
İncelen 24 yıllık süre içerisinde toplam 43,84 km galeri açılmıştır. Açılan galerilerin %50'si taban yolu, %36'sı ana yollar (%20 taş içerisinde, %16'sı kömür içerisinde) ve %14'ü ise ayak montaj kılavuzlarıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Açılan galerilerin kullanım amaçlarına göre dağılımı.

3.2 Galeri Açma Çalışmalarının Üretim ile İlişkisi

1977 ile 2000 yılları arasında gerçekleştirilen galeri ilerlemeleri ve mekanize üretim miktarları Şekil 6'da sunulmuştur.



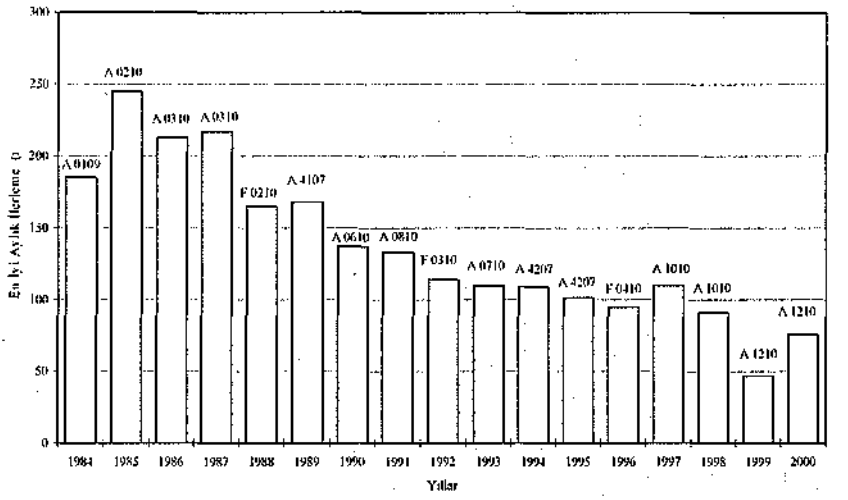
Şekil 6. Galeri ilerlemeleri ve üretimin yıllara göre değişimi.

İlk yıllardan itibaren düzenli bir artışla 1989 yılında 1.577.427 ton'a ulaşan yıllık üretim, 1994 yılına kadar bu seviyelerde devam etmiş, bu yıldan sonra sürekli olarak azalarak işletmenin devredildiği 2000 yılına yaklaşıldıkca en düşük seviyelerine inmiştir. Galeri açma çalışmalarında 1989 yılından sonra ortaya çıkan azalmanın nedeni üretim miktarındaki azalmadır.

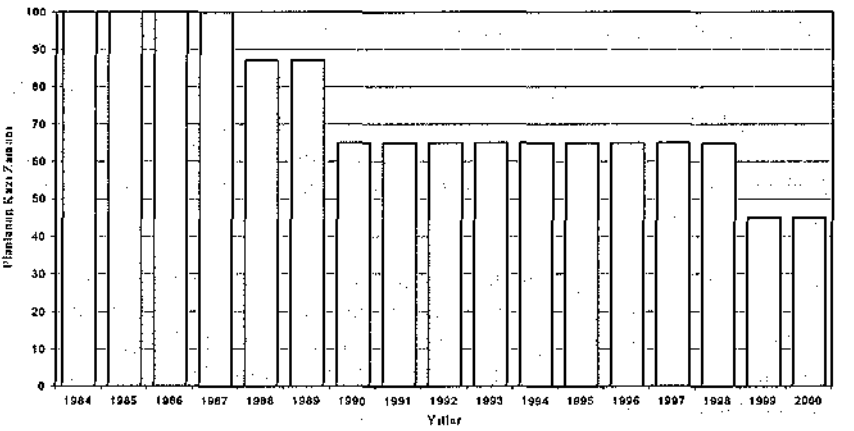
Mekanize üretim için hazırlık çalışmalarına başlanan 1977 yılından 10 yıl sonra mekanize üretimin gerçekleştirilmesi olanaklı olmuştur. 1977-2000 yılları arasında, her 1000 ton kömür üretimi için 2,9 m galeri açılmıştır. Hesaplanan fiili değerin projede öngörülenden fazla olmasının nedeni hazırlıkları tamamlanıp, üretimi yapılmamış panolardan kaynaklanmaktadır.

3.3 Galeri İlerleme Hızlarının Değerlendirilmesi

1984-2000 yılları arasında her yıl gerçekleştirilen en iyi aylık ilerlemeler ve bu ilerlemelerin gerçekleştirildiği galeri numaraları Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi en yüksek aylık ilerleme 1985 yılında 245 m olarak gerçekleştirilmiş, sonraki yıllarda gerçekleştirilen ilerleme miktarlarında sürekli azalmalar meydana gelmiştir. Gerçekleşen azalmanın ana nedeni planlanan kazı zamanının (ilerleme vardiyalarının) toplam zaman içerisindeki oranının azalmasıdır. Planlanan kazı zamanının toplam zaman içerisindeki oranının yıllara göre değişimi Şekil 8'de verilmiştir.



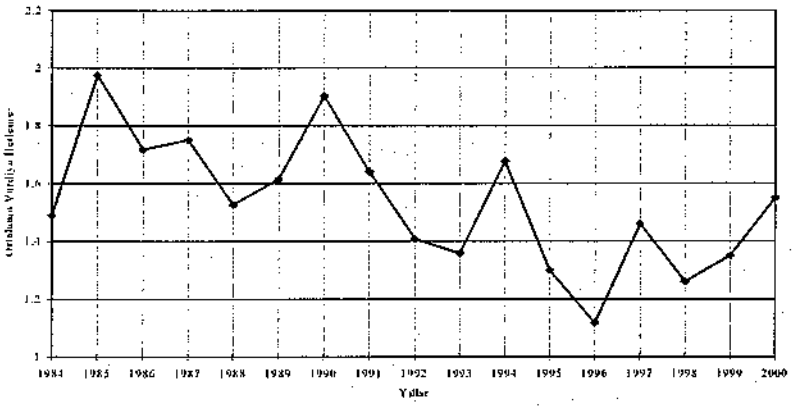
Şekil 7. Her yılın en iyi aylık ilerlemeleri.



Şekil 8. Planlanan kazı zamanının yıllara göre değişimi.

Planlanan kazı zamanı 1984-1987 yılları arasında haftada 7 gün çalışma ve 4 vardiya ilerleme nedeni ile %100 olarak gerçekleşmiştir. 1988 ve 1989 yıllarında haftada 6 gün çalışma gerçekleştirildiğinden toplam zamanın %87'sinde ilerleme yapılmıştır. 1990 yılından itibaren ise bir günde 3 ilerleme, bir bakım vardiyası olarak planlanan çalışma nedeniyle zaman kullanım oranı %65'e, 1999 ve 2000 yıllarında 2 kazı, bir bakım düzenlemesi ile %45'e kadar gerilemiştir.

Galerilerde gerçekleştirilen aylık toplam ilerlemenin planlanan kazı zamanından doğrusal olarak etkilenmesi nedeni ile galeri ilerleme hızlarının daha gerçekçi olarak değerlendirilebilmesi ortalama vardiya ilerleme hızlarının incelenmesi ile olanaklıdır. Her yıl gerçekleştirilen en iyi aylık ilerlemelerdeki ortalama vardiya hızlarının yıllara göre değişimi Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. Her yılın en iyi aylık ilerlemelerindeki ortalama vardiya ilerleme hızlarının değişimi.

Şekil 9'da ki grafikten de görüleceği gibi en yüksek ortalama vardiya ilerlemesi 1985 yılında 1,97 m/vardiya olarak gerçekleşmiştir. Bundan sonraki yıllarda 1990 yılında iyi bir değere ulaşılmış olamakla beraber, genel eğilim ortalama vardiya ilerlemesinde azalma olarak gerçekleşmiştir.

3.4 Zaman Etüdleri

1985 ve 1994 yıllarında açılan üç galeride bir ay çalışma süresince gerçekleştirilen zaman etüdlerinin sonuçları Çizelg 1'de verilmiştir. A 0110 ve F 0410 nolu galeriler taban yolu, A 4007 nolu galeri ise 10° meyille eğim aşağı açılan bir ana yoldur. Tabloda diğer duruşlar kapsamında; GAM keski değişimi, üfleyici ve toz bastırıcı vantilatörlere vantüp bağlanması, toz bastırıcının ötelenmesi, vardiya öncesi bakım, kontroller ve boş geçen zamanların toplam süresi verilmiştir.

Zaman etüdlerinin gerçekleştirildiği A 0110 ve A 4007 nolu galerilerde geleride kullanılan malzemelerin nakliyatı insan gücü ile, galeri arınında kazılan malzemenin nakliyatı ise kısa uzunluklardaki konveyörler ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenlerle her iki galeride de işçilik performansları düşük olarak gerçekleşmiştir. Özellikle A 0110 nolu galerideki düşük işçilik performansının nedeni galerinin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Her iki galeride kullanılan nakliyat ünitelerinin kısa ve eski olması nakliyat ünitelerinden kaynaklanan duruşların yüksek oranda gerçekleşmesine neden olmuş, A 0110 nolu galeride nakliyat ünitelerinden kaynaklananan duruşların toplam duruşlar içerisindeki payı %27,31'e ulaşmıştır. Yine aynı galeride yetersiz havalandırma ekipmanlarının kullanılması nedeni ile çalışmalar, yüksek sıcaklık ve nem oranında, zor koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

1985 yılında yetersiz ekipmanlarla gerçekleştirilen çalışmalardan kaynaklanan problemler daha sonraki yıllarda ocağa yeni, yüksek kapasiteli nakliyat ünitelerinin kurulması ve malzeme taşıma işlemlerinde monorayların kullanımı ile ortadan kaldırılmıştır. Yapılan bu iyileştirmeler ile F 0410 nolu galeride işçilik performansı 7,97 cm/yevmiye değerine yükseltilirken, nakliyat ünitelerinden kaynaklanan duruşlar

Çizelge 1. Zaman Etüdü Sonuçları.

Galeri No		A 0110	A 4007	F 0410
Tarih		1-31/5/1985	1-30/6/1985	9/2-4/3/1994
Kullanılan Makina		Pk9r	Pk9r	Dosco MK2B
Fiili Çalışma Günü		31	25	24
Kesit (m^2)		15	16	18
Aylık İlerleme (m)		184	160	124
İşçilik Performansı (cm/yevmiye)		3,24	5,28	7,97
Net Kazı Zamanı (%)		28,82	28,04	20,00
Toplam Duruşlar (%)		71,18	71,96	80,00
Kazı Hızı (m^3/saat)		12,01	13,31	18,30
Keski Sarfiyatı (keski/m-keski/1000 ton)		1,55-68,88	0,88-36,66	1,07-39,62
DURAKLAMA (%)	Tahkimat	21,91	35,49	24,42
	GAM Mekanik Arıza	9,65	2,53	3,43
	Elektrik Arızası	3,35	1,62	2,78
	GAM Bakım, Nakliyat Ünit. Uzatımı	28,41	25,23	31,24
	Nakliyat Üniteleri Arızası	27,31	8,86	2,20
	Diğer Duruşlar	9,37	26,27	35,93

ise %2,2 oranına kadar gerilemiştir. 1990 yılında yeni ekipmanların kullanıldığı A 0510 ve A 0610 nolu galerilerde bir aylık sürede 7,04 cm/yevmiye ve 10,24 cm/yevmiye işçilik performanslarına erişilmiştir (Montan Consulting GmbH, 1990).

F 0410 nolu galeride net kazı zamanında meydana gelen azalma ve toplam duruşlardaki artma bu yıllarda çalışmanın 3 vardiya ilerleme, 1 vardiya bakım olarak düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu galeride, diğer duruşlarda meydana gelen önemli artış boş geçen sürelerden kaynaklanmaktadır.

F 0410'da gerçekleştirilen kazı hızının diğer galerilere oranla yüksek olması kullanılan Dosco MK 2B'nin Pk9r tipi makinaya göre daha güçlü ve kapasiteli bir makina olması ile açıklanabilir.

Her üç galeride tahkimat süreleri karşılaştırıldığında, A 4007 nolu galeride tahkimat süresi diğer galerilere göre önemli oranda artış göstermektedir. A 0110 ve F 0410 nolu galerilerde Şekil 1'de verilen trapez tahkimat uygulanmıştır. A 4007 nolu galeride ise tavan boyunduruğu köşelerinden bükülmüş, şekil olarak trapez ve atnalı şekilleri arasında bir tahkimat uygulanmıştır. Tahkimat süreleri arasında ortaya çıkan zaman farkı A 4007 nolu galeride uygulanan tahkimatın yapılma zorluğundan kaynaklanmaktadır. Gerek tahkimatın yapılmasının uzun süre alması ve gerekse galeri yan duvarlarından kömür dökülmelerine sebebiyet vermesi nedenleri ile sonraki yıllarda bu tahkimatın kullanımı durdurulmuştur.

4. HAZIRLIK ÇALIŞMALARINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Projenin ilk yıllarında taş içerisinde açılan galerilerde gerçekleşen düşük ilerleme hızları, 1983 yılı sonrasında tüm hazırlıkların mümkün olduğunca kömür içerisinde yapılması prensibi ile önemli ölçüde arttırılmıştır.

GAM'nın kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda kullanılan diğer yardımcı ekipmanların (bant ve zincirli konveyörler, havalandırma ekipmanları, vd.) GAM ile uyumlu bir çalışmaya uygun olmaması önemli zorluklar yaratmıştır. 1985 yılından itibaren uygun ekipmanların yeraltında montajı ile beraber karşılaşılan problemler çözümlenmiştir.

Havzadaki arama çalışmaları esnasında detaylı su etüdünün yapılmaması hazırlık çalışmaları esnasında karşılaşılan önemli problemlerden biri olmuştur. Özellikle alt kotlara inildikçe karşılaşılan yoğun su geliri hazırlık çalışmalarını önemli ölçüde engellemiştir.

Kazı arını ve çevresindeki su geliri gerek makinanın manevrasında ve gerekse kazılan malzemenin suyla karışması sonucunda yükleme ve nakliyatta önemli problemler yaratmıştır. Su gelirinin yoğun olduğu F 4407 nolu kömür içerisinde 10° meyil ile, eğim aşağı açılan ana yolda, 1993 yılı son altı ayında yapılan çalışmalarda 330 ilerleme vardiyası sonucunda 93 m ilerleme yapılabilmiş ve ortalama ilerleme hızı 0,28 m/vardiya olarak gerçekleşmiştir. Aynı galeride işçilik performansı 0,86 cm/yevmiye olarak gerçekleşmiştir. Düşük işçilik performansı, düşük ilerleme hızı ve galerideki su gelirinin toplanması amacıyla yapılması zorunlu olan su havuzlarından kaynaklanmıştır.

Su gelirinin yarttığı bir diğer problem ise B sahasında ortaya çıkmıştır. Ara kesmenin sudan etkilenmesi ve şişmesi nedeniyle galeri yan tahkimatlarında eğilmeler oluşmuş ve ek tahkimata ihtiyaç duyulmuştur.

Karşılaşılan bir diğer önemli problem de özellikle A sahasında kömür içerisinde açılan galerilerin uzun süre açık olarak bekletilmesi nedeniyle galeri yan duvarlarındaki kömürde meydana gelen kızışmalar olmuştur. Bu kısımlardaki kömürün kazılarak ortamdan uzaklaştırılması için, boyutlarını ölçmek mümkün olmamakla beraber, önemli miktarda işçilik kaynağı kullanılmış ve zaman kayıpları oluşmuştur.

Mekanize galeri açma işleminin en önemli sakıncalarından biri kazı esnasında ortaya çıkan yüksek toz geliridir. İşletmede 1993 ile 1995 yılları arasında 23 ay süresince yapılan toz ölçümleri sonuçlarına göre hazırlık galerilerindeki toz konsantrasyonu 2,46 mg/m^3 ile 6,92 mg/m^3 arasında değişkenlik göstermiştir. Ele alınan sürede yeraltı ocağı genelinde en yüksek toz konsantrasyonları hazırlık galerilerinde ölçülmüştür (Demirtaş ve Eyyuboğlu, 1995). Her ne kadar galeri açma çalışmalarında kullanılmak üzere gerekli ekipmanlar (yüksek kapasiteli üfleyiciler ve toz bastırıcılar) kullanılmasına rağmen, toz konsantrasyonu kabul edilebilir değerler içerisine çekilememiş ve mekanize galeri açma çalışmalarında karşılaşılan en önemli problemlerden biri olmuştur. Özellikle son olarak satın alınan Dosco MK2B galeri açma makinalarının boom'larının yaş tip (su spreylerinin keski yuvalarının altında konumlandırıldığı) yerine kuru tip (su spreylerinin boom üzerinde konumlandırıldığı) olarak seçilmesi toz sorununun en azından bu makinanın çalıştırıldığı galerilerde azaltılmasını da olanaksız kılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi ayak montaj kılavuzlarının toplam açılan galeriler içerisindeki oranı

%14'tür. Bu oranda bir galeri açma işleminin projelendirme esnasında mekanize olarak planlanmaması ilerleyen yıllarda bir eksiklik olarak ortaya çıkmıştır. Klasik yöntemle açılan kılavuzlardaki düşük ilerleme hızı ve yüksek işçilik kullanımı nedenileri ile işletme kendi olanakları çerçevesinde kılavuzların mekanize açılması amacıyla çalışmalar gerçekleştirmiştir (Eyyuboğlu vd., 1994; Eyyuboğlu ve Bölükbaşı, 2002). Kılavuzların mekanize açılması çalışmalarında önemli gelişmeler elde edilmesine karşın, makina kullanımı kısmi düzeyde kalmış ve genel bir uygulama haline dönüştürülememiştir. Son yıllarda kılavuzların açılmasında yandan boşaltmalı yükleyicilerin kullanımı ile bazı iyileştirmeler sağlanabilmiştir.

Özellikle tavan kömüründe ortaya çıkan sert silex bantları ve ara kesmede var olan sert kısımlar önemli kazı güçlükleri yaratmıştır. Ortalama tek eksenli basma dayanımı 20 MPa olan ara kesmenin, özellikle B sektöründe karşılaşılan bazı kısımlarda dayanımının 220 MPa'a kadar yükseldiği saptanmıştır (Eyyuboğlu, 2000; Dosco, 1996). Sürekliliği olmayan ve düzensiz olarak dağılan bu kısımlar ile galeri arınında karşılaşıldığında keski sarfiyatının artmasına parelel olarak zaman zaman patlatma yapılmıştır. Özellikle hafif ağırlıktaki Dosco MK2A ve Pk9r tipindeki makinalar ile sert zeminler ile karşılaşıldığında önemli kazı zorlukları yaşanmıştır. Kazı koşullarının daha zor olduğu B ve F sahasında kullanılan orta ağırlıktaki Dosco MK2B'ler de yine sert kısımları kazmakta zorlanmış ve bu nedenle patlatma yapılması gerekmiştir.

Kullanılan üç tip GAM'dan özellikle Dosco MK2A tipi makinalar ile kazıda önemli problemler yaşanmıştır. Daha çok kömür kesmek üzere dizayn edilmiş bu makinalar özellikle kazı arınında silex bantlarının ortaya çıkması durumunda yetersiz kalmıştır. 1994 yılında açılan A 4207 nolu galeride kullanılan Dosco MK2A GAM'nın kesici kafası kazı arınındaki silex bantları nedeniyle 54 m ilerleme esnasında 4 kez değiştirilmek zorunda kalınmıştır. Bu süre içerisinde keski sarfiyatı ise 355.5 keski/1000 ton olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak Dosco MK2A kesici kafalarının 100 m galeri ilerlemesini müteakip değiştirilmesi gerekmiştir.

5. SONUÇLAR

1) Ülkemizde mekanize galeri açma yönteminin ilk uygulandığı ve daha sonraki yıllarda ocak genelinde sistematik olarak yürütüldüğü OAL işletmesinde mekanize yöntemin uygulanması, sürekliliğinin sağlanması noktalarında başarılı olunmuş ve belirli dönemlerde yüksek ilerleme hızlarına erişilmiştir.

2) Çalışmaların ilk başladığı yıllarda ana galeriler taş içerisinde açılmıştır. Ancak 1983 yılında yapılan projede öngörülen "tüm hazırlıkların mümkün olduğunca taş içerisinde açılması" anafikri ile hem ana galerilerde ilerleme hızı önemli ölçüde arttırılmış, hemde zamandan önemli tasarruf sağlamıştır.

3) 1983 yılında yapılan proje değişikliği nedeniyle, 1983 yılına kadar yapılan taş içi hazırlıkların bir kısmı kullanılamamıştır.

4) 1985 yılında satın alınan yeni ekipmanlar ile işçilik performanslarında önemli artışlar gerçekleştirilmiştir. Benzer koşullardaki A 0110 nolu galeride eski ekipmanlar ile işçilik performansı 3,24 cm/yevmiye iken, yeni ekipmanların kullanıldığı F 0410 nolu galeride

7,97 cm/yevmiye, A 0510'da 7,04 cm/yevmiye, A 0610'da 10,23 cm/yevmiye değerlerine yükseltilmiştir. 1988 yılında Almanya'da Ruhrkohle AG kömür havzasında GAM ile elde edilen ortalama işçilik performansı 15,2 cm/yevmiye'dir (Montan Consulting GmbH, 1990). Yapılan iyileştirmeler neticesinde önemli performans artışları gerçekleştirilmiş iken, ulaşılan performans Almanya'da gerçekleştirilen performansların oldukça altında kalmıştır.

Yine aynı yıllarında satın alınan konveyörler ile nakliyat ünitelerinden kaynaklanan duruşların toplam duruşlar içerisindeki oranı A 0110'da %27,31 iken F 0410'da %2,2'a gerilemiştir.

Kullanılan ekipmanlarda gerçekleştirilen yenileştirme ve modernizasyon ilerleme hızlarına yansımamıştır. 1984-1985 yıllarında eski ekipmanlarla 3-4 m/vardiya ilerleme hızına ulaşılabilmekte iken, bu yıllardan sonra 2 m/vardiya ilerleme hızının üzerine çıkılamamıştır. Yeni ve modern ekipmanlarla daha yüksek ilerleme hızlarına erişilmesi olanaklı iken gerçekleşen ilerleme hızları düşük seviyelerde kalmıştır. Ortaya çıkan bu durumun en önemli nedeni kamu işletmelerinde yaşanan işletmecilik problemleridir. Nitekim F 0410 nolu galeride boş geçen sürelerin toplam duruşların önemli bir oranını oluşturması da, işletmecilik problemlerinin bir göstergesidir. Ekipmanlardan kaynaklanan duruşlar azalırken bu duruşların yerini boş geçen süreler almıştır.

5) Yapılan projede 2,2 milyon ton/yıl kömür üretimi ve bu üretimin gerçekleştirilebilmesi için 5.500 m/yıl galeri açılması planlanmıştır. Proje hedefinde öngörülen üretimin gerçekleştirilememesi, hazırlık çalışmalarını da etkileyerek son yıllarda açılan galeri uzunluğunun 500 m/yıl değerine gerilemesine neden olmuştur.

6) Alt kotlara inildikçe karşılaşılan su problemi ilerleme hızlarının önemli ölçüde azalmasına ve buna parelel olarak işcilik performanslarının önemli oranda azalmasına neden olmuştur. Su atımında otomasyona gidilmemesi mevcut açık galerilerde önemli miktarda işçilik kullanımına neden olmuştur.

7) Üretim çalışmalarında planlanan hedeflere ulaşılamaması eldeki mevcut hazırlık ekipmanlarının çok azının kullanılması ve kullanılanların ise düşük kapasitelerde çalıştırılması ile sonuçlanmıştır. İşletmedeki mevcut 11 adet GAM'nın zaman zaman sadece 1-2'sinin çalıştırılması hazırlık çalışmalarının yürütülebilmesi için yeterli olmuştur. Son yıllarda makinaların toplam zamanın %48'in de ilerleme yapacak şeklide çalıştırılması makinaların çok düşük kapasitelerde kullanılmasının bir göstergesidir.

8) Hazırlık galerileri ocak genelinde yüksek toz konsantrasyonlarının oluştuğu bölgeler olmuştur.

9) Kullanılan üç tip GAM'dan 21 ton ağırlığında ve 150 kW kurulu gücü bulunan Dosco MK2A ve 33 ton ağırlığında ve 186 kW kurulu gücü bulunan Pk9r tipi makinaların zaman zaman ortaya çıkan sert kısımların kazılmasında karşılaşılan zorluklar nedeniyle Çayırhan koşullarında uygun olmadığı gözlenmiştir. Her ne kadar benzer zorluklar 43 ton ağırlığında, 224 kW kurulu gücündeki Dosco MK2B GAM ile de yaşanmış isede, bu makinaların Çayırhan koşulları için diğer makinalara göre daha uygun makinalar olduğu belirtilebilir, ancak bu makinaların bomunun teleskopik olmayışı ve yükleme tablasının hareketli olamayışı en önemli dezavantajlarıdır.

6. KAYNAKLAR

Austromineral. (1976) Interm Report Beypazarı Feasibility Study, Wallern, January.

Austromineral. (1977) Feasibility Study for Beypazarı Coal Mine, Vienna, April.

Demirtaş, C., Eyyuboğlu, E. M. (1995) Orta Anadolu Linyitlerinde Tozla Mücadele Çalışmaları. *ISGÜM Maden İşletmelerinde İş Güvenliği-Sağlığı ve Çevrenin Korunması Konferansı*, Ankara, s.154-167

Dosco Report. (1996) Rock Samples Test Results-Beypazarı Cayırhan Mine for Park Teknik, Yayınlanmamış rapor.

Eyyuboğlu, E. M., Arıcan, R., Bölükbaşı, N. (1994) OAL'de Kılavuz Açma Makinası Uygulamaları. *Türkiye 9. Kömür Kongresi, Zonguldak*, s.343-357.

Eyyuboğlu, E. M. (2000) Effect of Cutting Head Design on Roadheading Machine Performance at Cayırhan Lignite Mine. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Eyyuboğlu, E. M., Bölükbaşı, N. (2002) Çayırhan Yeraltı İşletmesinde Kılavuz Açma Çalışmalarının Mekanizasyonu. *Madencilik*, Cilt 41, Sayı 1, s.3-15.

Montan Consulting GmbH. (1984). Second Main Report, May, Çayırhan.

Montan Consulting GmbH. (1990) Final Report on Beypazarı Lignite Project, September, Çayırhan.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Coal Congress of Turkey, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

TTK KÖMÜR OCAKLARINDA TAŞTA SÜRÜLEN GALERİLERDE PÜSKÜRTME BETON VE KAYA SAPLAMALARININ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

APPLICABILITY OF ROCK BOLTS AND SHOTCRETE SUPPORTS IN MAIN DEVELOPMENT GALLERIES OF TTK COAL MINES

Tuğrul ÜNLÜ, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak
Kenan ÇOLAK, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak

ÖZET

Bu çalışmada, TTK kömür ocaklarında taşta sürülen galerilerde klasik çelik bağa alternatif olarak düşünülen sürtünmeli tip kaya saplamaları (Split-Set) ve püskürtme beton tahkimatı uygulamasına yönelik olarak yapılan bir araştırma sunulmuştur. Uygulamada, Karadon Müessesesi'nde –360 katında sürülmekte olan bir ana hazırlık galerisinde, Split-set tipi kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, TTK'da hazırlık amacıyla sürülen galerilerde, uygun donanım sağlandığı taktirde, çelik tahkimata alternatif olarak kaya saplamaları ve püskürtme betonun, kaya kütlelerinin yapısına bağlı olarak çelik hásırlı veya hasırsız olarak başarı ile uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

This study is based on a research project involving the application of rock bolts (Split-sets) and shotcrete as a main structural support in the development galleries of TTK. A pilot gallery, which is located 360 metres below the sea level at Karadon district, has been selected as the application site. The results of application have shown that, if major and auxiliary equipment are supplied along with the proper training of workers, rock bolting and shotcreting (with or without steel mesh) can be succesfully employed as an alternative to rigid steel arches.

1. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğinde cevher damarı veya kütlesine ulaşabilmek ve bu cevheri üretebilmek için hazırlık galerileri sürülmektedir. Bu galeriler, işletme gereksinimlerine (havalandırma, nakliyat vb.) bağlı olarak, galeri güzergahı boyunca karşılaşılan çeşitli litolojik, jeo-mekanik özelliklere sahip kaya kütleleri içinde ve değişik kesitlerde açılmaktadırlar. Kömür madenciliğinde karşılaşılan kaya türleri genelde kiltaşı, silttaşı, kumtaşı ve konglomera ağırlıklıdır. Bu kayalar değişik kalınlıklarda olup doğal süreksizlikler içermektedir. Ayrıca bu birimler, bazen küçük-orta bazen de büyük atımlı fayların etkisi altındadır. Bu bölgelerdeki kayaçlar jeomekanik açıdan çok zayıf ve akıcı olarak nitelendirilebilirler. Yeraltı kömür madenlerinde; değişik amaçlarla açılan galerilerin işletme ömrü boyunca duraylılıklarını korumaları beklendiğinden, bu galeriler kaya yapısına bağlı olarak çeşitli tahkimat yapılarıyla desteklenmektedirler.

TTK ocaklarında galeri tahkimatları, 2 veya 3 parçadan oluşan ve GI 110 – GI 140 profilindeki klasik rijit çelik bağlarla yapılmaktadır. Bu uygulama, kayaç kalitesine bakılmaksızın, hemen hemen her türlü litolojik birim için geçerli olmaktadır. Dünya yeraltı kömür madenciliğinde, çelik bağların yanı sıra, kaya saplamaları ve/veya püskürtme beton tahkimatı uygulamaları da oldukça yaygındır. Modern tahkimat felsefesine (kayanın yükünü taşımaktansa onun kendisini taşımasına yardımcı olmak) uygun yöntemlerden olmaları, yerleştirilme hızı, uzun veya kısa dönemde maliyet avantajları gibi hususlar bu tür uygulamaların tercih edilmesinde önemli faktörler olarak sıralanabilir.

Aşağıda verilen bu çalışmada, TTK ocaklarında, kaya saplamaları ve püskürtme betonun TTK ocaklarında sürülen ana hazırlık galerilerinde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

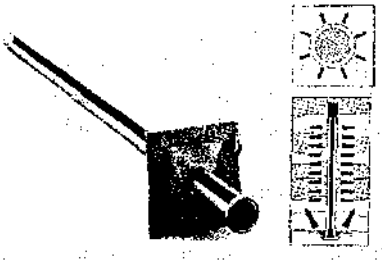
2. HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

2.1 Kaya Saplaması

TTK ocaklarında taşta sürülen galerilerde karşılaşılan kaya birimleri genel olarak orta-iyi kalite kumtaşı ve konglomera ağırlıklı olduğundan, sürtünmeli veya ankrajlı kaya saplamalarının bu tür kaya kütlelerinin tahkimatında etkin olarak uygulanabileceği öngörülmüştür. Bu saplamalar; kullanım kolaylığı, yerleştirme hızı, performansı ve uygulamada deneyimli insan gücüne gereksinim duyulmaması gibi özellikleri nedeniyle de yeraltı ve yerüstünde gerçekleştirilen mühendislik yapılarında tercih edilen saplama türlerindendir. Maliyet açısından bakıldığında, sürtünmeli saplamalar reçine dolgulardan ucuz, mekanik sistemlerden biraz pahalıdır.

Yukarıda belirtilen tüm bu nedenlerden dolayı uygulama galerisinde Split-set tipi sürtünmeli saplamaların kullanılmasına karar verilmiştir). Bu saplamanın bazı teknik özellikleri Şekil 1'de verilmektedir.

Özellikler	SS-39
Önerilen matkap çapı	35-38 mm
Saplama boyu	0.9-3.0 m
Taşıma kapasitesi	13 ton
Kurulma anında taşıma kap.	3-5 ton
Saplama çapı	39 mm



Şekil 1. Split-set (SS-39 tipi) kaya saplaması ve tipik özellikleri

2.2 Çelik Hasır

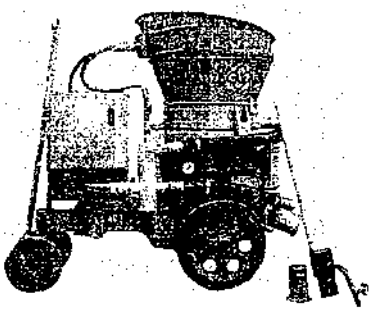
Kaya saplamasının uygulanacağı galeride, püskürtme beton uygulaması yapılana kadar geçen sürede, tavandan kavlak düşmesi ve sökülmeleri önlemek amacı ile kaya saplamalarının çelik hasır ile birlikte kullanılması öngörülmüştür. Bu amaçla, seçilen taşıma plakası boyutlarına uygun olarak, göz açıklığı 150 x 150 olan punto kaynaklı çelik hasır seçilmiştir.

2.3 Püskürtme Beton Makinası

Püskürtme beton teknolojisi ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda, gerek iş hacmi ve gerekse kullanım, bakım ve uygulama kolaylığı açısından kullanılacak püskürtme beton makinasının kuru karışım püskürtme yöntemiyle çalışmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Teknik özelliklerin belirlenmesindeki öncelikli konular; makinanın alev sızdırmazlığı, iş kapasitesi (m3/saat), malzeme iletim uzunluğu, makine boyutları ve ağırlığı gibi uygulama açısından önemli hususlardır. Uygulamada kullanılan kuru püskürtme beton makinasının teknik özellikleri Çizelge 1' de verilmektedir.

Çizelge 1. CP-5 B (Condor) model kuru püskürtme beton makinası ve teknik özellikleri.

Kuru tip Püskürtme Beton Makinası		
Çalışma kapasitesi		5 m^3/h
Su/çimento oranı		≤ 0.42
En büyük Agrega çapı		15 mm
Hortum çapı		50-70 mm
Max. iletim uzaklığı		200-300 m
Çalışma basıncı		0.2-0.4 MPa
Hava tüketimi		7-8 m^3/min
Güç	Hava	5.9 kW
	Elektrik	5.5 kW
Boyutları		1.25 x 0.78 x 1.2
Net ağırlığı		700 kg



2.4 Püskürtme Beton Bileşimi ve Malzemesi

Püskürtme beton; geleneksel betonun yapısında yer alan çimento, kum, çakıl, su ve çeşitli katkı maddeleri gibi bileşenlerin tümünü içermektedir. Karışım bileşenlerinin miktarlarının yanında kullanılan malzemelerin mühendislik özelliklerinin iyi bilinmesi, elde edilecek nihai ürünün mühendislik özelliklerini de doğrudan etkilemektedir.

2.4.1 Çimento

Püskürtme beton uygulamalarında genellikle normal portland çimentosu kullanılmaktadır. Çimento miktarı, istenilen yapışmayı ve dayanımı sağlayacak şekilde, genelde 350-400 kg/m^3 olarak seçilmektedir. Karışım oranları, yapılacak deneylerle tespit edilirse de, deneylere, çimento/çakıl oranı 1/3~1/4.5 olacak şekilde başlanabilir. Kaliteli bir karışım elde etmek için su/çimento oranı ağırlıkça 0.45 veya daha az olabilir (Aka ve Celep, 1978; Yurdakul'dan, 2001). Kuru karışımda priz hızlandırıcı katkı malzemesi olarak toz halinde kimyasal madde kullanılmaktadır.

2.4.2 Agrega Özellikleri ve Karışım Oranları

Püskürtme betondan yüksek dayanım elde edebilmek için kullanılan agreganın kırma taş olması, kumun (0-4 mm) uygun tane dağılımında olması ve % 50'sinin doğal kum olması tercih edilmektedir. Kırma taş kullanımının tek sakıncası ekipmanlar üzerindeki olası aşınmaların % 25 - 45 oranında artmasıdır. Agregada en büyük boyut 10 -11 mm olarak sınırlandırılmalıdır. Agrega boyutunun üst sınırı uygulanacak püskürtme beton kalınlığının 1/3'ünden az olmalıdır. İri agrega içeriği yüksek olan karışımların pompalanabilme özelliği düşük, geri sıçrama miktarı yüksektir. Püskürtme betonda kullanılacak agrega ve kumun nem oranı % 2'den az, % 6 - 7'den da fazla olmamalıdır. Eğer kullanılacak kumun nem oranı % 2'den az olursa uygulamada aşırı tozlanma görülür. % 6 - 7'den da fazla olursa püskürtme beton iletim hortumunda tıkanmalar olabilir. Çakıl, ayrışmaya ve aşınmaya karşı dayanaklı özellikte olmalı ve içerisinde kil ve silt gibi malzemeler mümkün olduğu kadar düşük oranda bulunmalıdır. Önerilen tipik çakıl boyut dağılımı Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. İnce çakıl boyut dağılımı sınırları (ACI Committee 506, 1966; Gerçek'ten, 1992).

Elek boyutu		Elek altı ağırlık yüzdesi
3/8 inç	(9.50 mm)	100
No.4	(4.75 mm)	95-100
No.8	(2.36 mm)	80-100
No.16	(1.18 mm)	50-85
No.30	(0.60 mm)	35-60
No.50	(0.30 mm)	10-30
No.100	(0.15 mm)	2-10

Araştırmada, agreganın TS-706'da belirtilen özellikleri sağlaması yeterli görülmüştür. Kuru püskürtme beton uygulamaları için literatürde önerilen karışım oranları uygulamalarda farklılıklar göstermektedir. Bu oranlar esas alınarak, 1 birimlik karışım yaklaşık olarak; 500 kg kum, 300 kg çakıl (4 -13 mm), 300 kg katkılı portland çimentosu ve 12.5 kg toz priz hızlandırıcı içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 3. İri çakıl boyut dağılımı sınırları (ACI Committee 506, 1966; Gerçek'ten 1992).

Elek boyutu		Elek altı ağırlık yüzdeleri		
		No.8 ile 3/8" arası	No.4 ile ½" arası	No.4 ile ¾" arası
1 inç	(25.40 mm)	-	-	-
3/4 inç	(19.00 mm)	-	100	90-100
1/2 inç	(12.50 mm)	100	90-100	-
3/8 inç	(9.50 mm)	85-100	40-70	20-55
No.4	(4.75 mm)	10-30	0-15	0-10
No.8	(2.36 mm)	0-10	0-5	0-5
No.16	(1.18 mm)	0-5	-	-

3. UYGULAMA

3.1 Uygulama Galerisinin Jeolojik Yapısı

Araştırmanın gerçekleştirildiği galeri, çelik bağ tahkimatıyla ilerleyen ve tamamlanmasına yaklaşık 60 m kalmış bir ana rekup galerisidir. İşletme faaliyetlerine uygun olarak, proje lağımında rutin olarak yapılması gereken pilot sondaj yerine, geçilecek formasyonların daha iyi tanımlanabilmesi açısından karotlu sondaj önerilmiştir. Yapılan sondaj sonucunda, galeri arnından itibaren yaklaşık 30 m'lik bir kısmın stampı elde edilmiştir (Çizelge 4). Bu stampa göre, galeri genel olarak birbirinden tamamen farklı özelliklerde iki tür kaya kütlesi içinde açılacaktır. Bunlardan birincisi kumtaşı-konglomera kaya birimleridir. Bu birimler; su geliri olmayan, önemli tabakalanma ve süreksizlik sistemi içermeyen (yer yer rasgele dağılımlı çatlaklar içermektedirler), tek eksenli basınç dayanımı 100 MPa'lın üzerinde olan ve RMR'a göre iyi kalite kayaç olarak tanımlanan kayaç birimidir. Diğeri ise, özellikle kömür damarlarına yaklaşırken ve kömür damarını geçtikten sonra görülen kaya birimidir. Bu kaya birimi, silttaşı-kiltaşı-kumtaşı ardalanmasından meydana gelmekte ve tamamen ezilmiş ve ufalanmış bir zon oluşturmaktadır. Bu zon, RMR kaya sınıflama sistemine göre kötü kalite olarak tanımlanabilir. Ayrıca, galeri güzergahı üzerinde biri orta büyüklükte olmak üzere küçük atımlı faylar mevcuttur. Bu fay bölgelerindeki 2-3 m genişliğindeki kesim yine ezik ve akıcı zonlar içermektedir.

Galeri kazısı sırasında gerçekleştirilen düzensiz veya aşırı şarjlı patlatmalar, galeri etrafındaki çevre kayaçlarda ilave hasarlar ve ikincil çatlaklar oluşturmaktadır. Bu durum kaya kalitesini düşürerek, galeri çevresinde gevşemiş bir bölge oluşturmakta ve tahkimata gelen yüklerin artmasına neden olmaktadır.

3.2 Kaya Saplaması Uygulaması

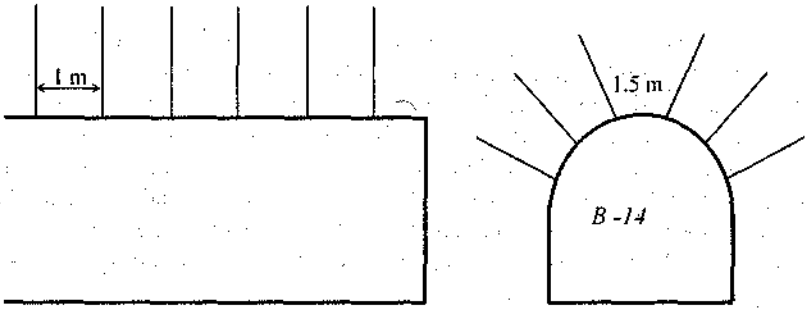
Uygulama için seçilen galeri, B-14 kesitli, klasik delme-patlatma yöntemiyle açılan bir galeridir. Bu galeride kaya saplamaları ve püskürtme beton tahkimatıyla başlatılan çalışmalarda, 8-10 m'lik bir ilerleme kaydedildikten sonra orta atımlı ezik bir fay zonu ile karşılaşılmıştır. Henüz tecrübesiz olan lağım ekibinin bu tür ezik zonlarda çalışmasının güç olduğu düşünülmüş ve bu kesimin klasik çelik tahkimat sistemi uygulanarak geçilmesi için çalışmalara ara verilmiştir.

Çizelge 4. –360, 41415 lağımında yapılan sondajdan elde edilen bilgiler (Baltaş, 2003).

Sondajın Koordinatları: X = 52560 Y= 58573 Z = -360	
Sondajın Eğimi: 2°	
DERİNLİK	**LİTOLOJİ**
0.00 – 2.00	Konglomera ve Konglomeratik Kumtaşı
2.00 – 23.00	Kumtaşı
23.00 – 24.50	Kumtaşı (sert)
24.50 – 25.00	Yumuşak Şeyl (Silttaşı,Kiltaşı,Çamurtaşı)
25.00 – 25.20	KÖMÜR
25.20 – 25.70	Kumtaşı
25.70 – 26.20	Şeyl (Silttaşı,Kiltaşı,Çamurtaşı)
26.20 – 26.70	Yumuşak Şeyl (Silttaşı,Kiltaşı,Çamurtaşı)
26.70 – 28.50	Kumtaşı
28.50 – 30.50	ŞİSTLİ KÖMÜR
30.50 – 32.50	Kumtaşı

Uygulamanın havza için yeni olması (çalışanların sisteme alıştırılması ve uygulamaya güveninin artması) açısından emniyet katsayısı yüksek tutularak saplama boyları uzun seçilmiş (1.90 m. yerine 2.40 m) ve saplama sıraları arasındaki mesafe de sıklaştırılmıştır (1.5-2 m yerine 1 m.). Galeride uygulanmasına karar verilen kaya saplaması düzeni, Şekil 2'de gösterildiği gibi galeri ekseni boyunca birer metre aralıklarla yerleştirilmiş toplam 6 adet (1.5 m. aralıklarla ve aynı hat üzerinde) saplamadan oluşmaktadır. Galerinin genel yapısı incelenmiş ve tabandan 2 m yüksekliğe kadar saplama çakılmasına gerek görülmemiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yan duvarlar için 5 cm, tavanda ise 10 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması tahkimat için yeterli bulunmuştur.

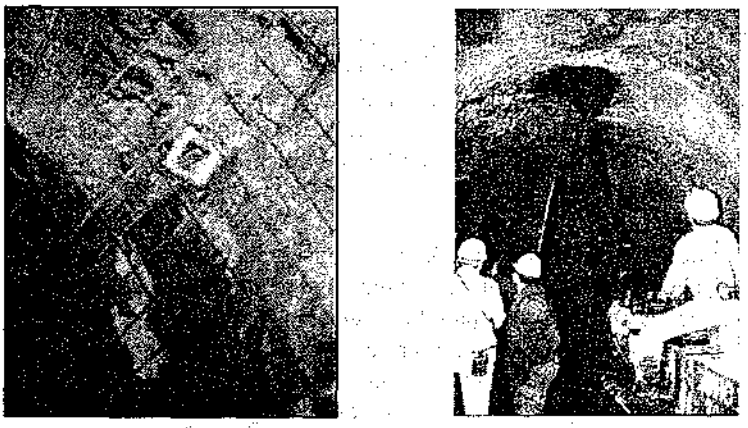
Eldeki mevcut olanakların değerlendirilmesi açısından, saplama deliklerinin delinmesi ve çakılmasında, TTK Karadon Müessesesi'nde mevcut olan elektro-hidrolik delici kullanılmıştır. Uygulama başlangıcında, makinanın delici kolunun B-14 kesitli galeride manevra yapmasının çok güç, bazı açılarda ise neredeyse imkansız olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Split-set tipi kaya saplaması ve yerleştirme düzeni

Makinanın sık arızalanması da ayrıca büyük problem teşkil etmiş ve bu problemler delme çakma işlerinin çoğu zaman tamamen durmasına neden olmuştur. Diğer bir sorun da delici makinaya saplamanın ve taşıma plakasının yerleştirilmesinde ortaya çıkmıştır. Bu makinayla elde edilen en yüksek hız (delme+çakma); 3 dakika delik delme süresi, 1 dk. Saplamanın kola yerleştirilmesi ve 1-1.5 dakika da çakma işi olmak üzere toplam 5.5-6 dakikadır (Şekil 3).

Uygun çalışma koşullarında, 2.4 m'lik delik delme ve bir adet saplamanın çakılması için geçen ortalama süre 8-10 dakikadır. İki saatlik çalışma süresinde 16 saplamanın delinip çakılması mümkün olmuştur.



Şekil 3. Kaya saplaması uygulaması

Sık karşılaşılan makina arızaları veya makinanın teleskopik kolundaki hidrolik kaçaklar nedeniyle, teleskopik kol deliğe uygun pozisyonda konumlandırılamamış, dolayısıyla bazı saplamalar çakma işlemi sırasında eğrilip bozulmuştur. Ayrıca, makina kolunun B14 kesitli galeride rahat hareket ettirilememesi nedeni ile, teleskopik kol çoğu zaman çelik hasıra takılarak zarar vermiş ve hasırı kullanılamaz hale getirmiştir. Sonuç olarak, operatör makinayı daha rahat hareket ettirebilmek amacı ile galeri kesitini bir miktar büyütmek zorunda kalmıştır.

Yukarıda belirtilen sorunlardan başka, galeri ilerlemeleri için yapılan kalitesiz delme-patlatma işleri sonucunda, galeri cidarında düzensiz-şekilsiz kırılma ve sökülmeler görülmüş ve kazı kesiti de tolere edilebilir sınırların üzerine çıkmıştır. Sonuçta elde edilen oldukça ondülasyonlu galeri kesiti, hem çelik hasırın yerleştirilmesi hem de saplamanın uygun noktalara çakılabilmesi işlerini güçleştirmiştir. Çelik hasırlar, yerleştirme sırasında galeri yüzeylerine uyum sağlayamadığı için kaynaklı puntolarından ayrılmış ve kullanılamaz hale gelmiştir. Yerlerine yenilerinin yerleştirilmesi gerekmiş, sonuçta da saplama yerleştirme işlemleri için gereken süre artmıştır.

3.3 Püskürtme Beton Uygulaması

Galeride tahkimat çalışmasında öngörüldüğü gibi, kaya saplamasını takiben (5-7 m geriden) son tahkimat elemanı olarak püskürtme beton uygulaması gerçekleştirilmiştir. Püskürtme beton işleminin etkinliğini sağlamak için dikkat edilmesi gereken aşağıda sıralanmıştır.

makinanın etkin bir şekilde çalışmasını sağlayabilecek miktarda hava ve su,
malzemenin nem içeriği,
malzeme karışım oranları (agrega+kum+çimento+priz hızlandırıcı),
sürekli ve homojen malzeme beslenmesi ve en önemlisi işin gereğine uygun yetişmiş bir nozülcü ustasıdır.

Bu sayılanlardan herhangi biri veya birkaçının sağlanamaması, uygulamanın sağlıklı bir şekilde yapılamamasına (makinanın veya boruların tıkanması, yapışmanın sağlanamaması, beton kalitesinin düşmesi, yüksek miktarda geri sıçrama ve malzeme kaybı, aşırı toz oluşumu vb.) neden olabilir. Püskürtme beton işinde en önemli görev nozülcünündür. Bu elemanın kalifiye olması yapılan tahkimatın etkinliğini oldukça artırmaktadır.

Yeraltı şartları, püskürtme beton malzemesinin karıştırılması açısından çeşitli zorluklar ve zaman kaybına yol açtığından verimlilik açısından uygun değildir. Bu iş için en uygun ortam, yeryüzünde oluşturulacak kapalı bir malzeme hazırlama ve karıştırma noktasıdır. Karışımlar, günlük tüketim miktarlarına göre hazırlanarak fazla vakit kaybetmeden yeraltındaki uygulama noktalarına sevk edilmelidir. Karadon Müessesesi'nde böyle bir ortam henüz tesis edilmediğinden, malzemeler yeraltına vagonlarla ayrı ayrı getirilmiş ve yarım vagon tabir edilen arabalarda karıştırılarak püskürtme beton makinasına beslenmiştir (Şekil 4). Bu uygulama, işçilik ve zaman kaybı açısından olumsuz bir durum ortaya koymuştur. Ancak, yapılan çalışma deneme amaçlı oluğundan uygulamaya devam edilmiştir.

Diğer taraftan, uygulamada çalışan elemanlar yeterince tecrübeli olmadıklarından püskürtme işleri oldukça verimsiz gerçekleşmiştir (çalışmalarda geri sıçrama yüzdesi yüksektir). Hatalı yüzeyler üzerinde tekrar çalışılmış ve kalan boşluklar onarılmıştır

Şekil 4. Püskürtme beton harcının hazırlanması ve makinaya beslenmesi

Uygulanan püskürtme betonun kalitesini belirlemek için nozül ağzından TSE Püskürtme Beton Uygulama Esasları ile ilgili standarda uygun olarak hazırlanmış kalıba püskürtülerek alınan beton örneği ZKÜ, Maden Mühendisliği Kaya Mekaniği Laboratuvarı'na getirilmiştir (TS-11747, 1995). Beton örneğinin deney öncesi yaşı 28 gündür. Bu süre, betonun en yüksek dayanıma ulaşacağı kabul edilen standart bir bekleme süresidir. Karot alma işlemine geçmeden önce alınan beton örneği üzerindeki değişik noktalarda Schmidt çekici deneyi yapılarak dolaylı tek eksenli basınç dayanımı tahmini yapılmıştır. Deney sonuçları, betonun tek eksenli basınç dayanımının 45-65 MPa arasında değiştiğini göstermiştir. Ancak, Schmidt deneyi dolaylı bir yöntem olduğundan hata payı da yüksektir.

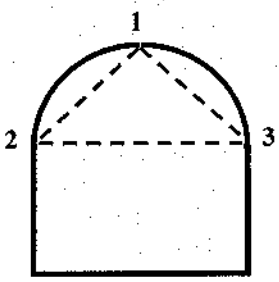
Püskürtme betonun tek eksenli basınç dayanımının belirlenebilmesi için beton bloğundan 100 mm çaplı silindirik karotlar alınarak tek eksenli basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 5). Üç adet beton örneği üzerinde yapılan deney sonucunda ortalama 45 Mpa'lık tek eksenli basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Bu sonuç literatürde önerilen değerlerle oldukça uyumludur.

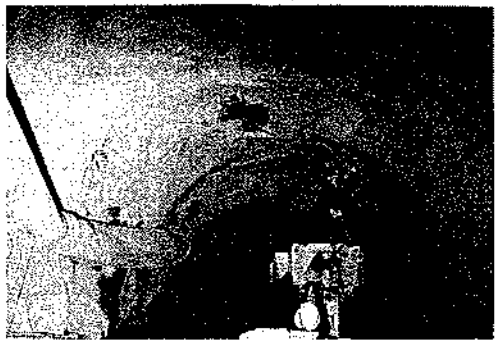
Şekil 5. Püskürtme betondan karot örneklerinin alınması

3.4. İzleme

Galeride oluşabilecek deformasyonların ve bunlara bağlı gelişebilecek duraysızlık problemlerinin önceden kestirimini sağlamak ve uygulanan tahkimat sisteminin çalışma performansını gözlemlemek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri galeri kapanmasının (konverjansın) izlenmesi, uygulanan püskürtme beton kalitesinin ve saplamaların çalışma performansının belirlenmesidir. Aşağıda bu tür çalışmalara ilişkin bilgi verilmektedir.

Galeride oluşabilecek deformasyonları gözlemek amacıyla galeri güzergahı boyunca belirli aralıklarla (5-6 m) birkaç gözlem istasyonu kurulmuş ve bu istasyonlarda konverjans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 1 no'lu istasyonda (ilk kurulan) ölçümler kesintisiz devam etmesine karşın 2 ve 3'üncü istasyonların ölçüm noktaları ateşleme sırasında bozulmuş veya püskürtme beton altında bırakılmış olduğundan bu istasyonlarda sürekli ölçümler yapılamamıştır. Ancak, 1 no'lu istasyonda şerit ekstansometre ölçümleri kesintisiz olarak sürdürülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, galeride deformasyon oluşmadığı görülmüştür. Ölçülen deformasyonlar bir milimetrenin çok altında olduğundan, farklılıkların ölçme hatalarından da kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür (Şekil 6).





Şekil 6. Uygulama galerisinde gerçekleştirilen konverjans ölçümü

Kaya saplamalarının çalışma performansını belirlemek amacıyla yaygın olarak yapılan deneylerden biri de çekme (pull test) deneyidir. Bu deney, split-set tipi saplamanın çakılmasını takiben hemen yapılırsa saplamanın ilk yerleştirme sonrasındaki (asgari) yük taşıma kapasitesini verecektir. Saplamaların yerleştirilmesini takiben, çevre kaya içerisinde zamanla oluşacak deformasyonlar, saplamanın delik içerisinde daha fazla sıkışmasına neden olacaktır. Bu da, saplamanın daha fazla yük taşımasına yardımcı olacaktır. Bu çalışma prensibi bu tür saplamaların en önemli avantajlarındandır. SS-39 tipi kaya saplamalarının ilk ankrajlama sonrasındaki tipik sıyrılma yükü kaya yapısına bağlı olarak 3-5 ton arasında değişmektedir.

Saplamaların ilk ankrajlama sonrasındaki sıyrılma yükünün belirlenmesi ve galeri ilerlemesini takip eden 20-30 m'lik ilerleme sonrasındaki çalışma performansının izlenmesini sağlamak amacıyla yerinde (in-situ) çekme deneyi yapılmıştır. Yapılan deneyden elde edilen sıyrılma yükü 5 ton olarak bulunmuştur. Bu değer, ilk ankrajlama

için oldukça iyi bir sonuçtur. Üzerinde çekme deneyi yapılan saplama püskürtme beton altında kalmış olduğundan ilerleyen aşamalarda başka deney yapılamamıştır.

4. UYGULAMANIN TARTIŞILMASI

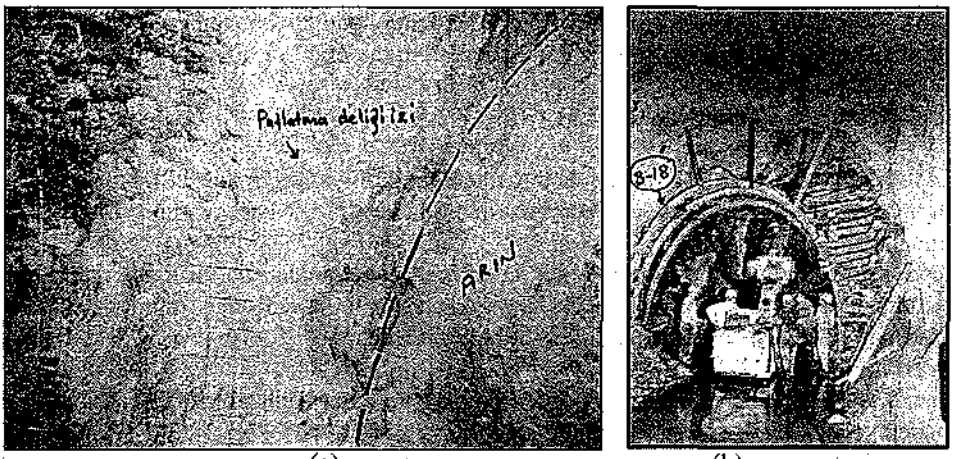
Kaya saplamaları ve püskürtme beton uygulamaları yeraltı madenciliğinde oldukça yaygın olarak benimsenen bir tahkimat metodudur. Proje başlangıcında hedeflenen amaçlar;
kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı uygulamalarıyla birlikte, galerilerde uygulanan çelik bağ tahkimatından daha etkin ve uzun sürede daha duraylı, aktif bir tahkimatı geç de olsa kurumda kullanılır hale getirmek,
galeri ilerleme hızını artırmak,
kazı kesitini küçülterek, daha az posta çıkarmak ve buna bağlı olarak taşıma, patlayıcı madde ve işçiliklerden tasarruf sağlamak,
galeri hizmet süresi boyunca, uzun sürede tarama işlerini önleyerek tasarruf sağlamak şeklinde sayılabilir.

Araştırmanın başarısı açısından, düzgün bir kazı geometrisine sahip B-14 kesitli bir galerinin açılması önemli bir faktördür. Çünkü, kullanılacak saplama sayısı, beton püskürtülecek olan yüzeyin şekli, patlatma sonrası kaldırılacak pasa miktarı, vb. gibi tüm çalışmalar sistemin ekonomikliği açısından önemli olmaktadır. Çalışılan galeride tavan ve yan duvarlarda ortaya çıkan düzensizlikler, fazla kazı ve düzgün olmayan kırılmalar ve sökülmeler uygulamada sorunlara neden olmakta, hem tahkimat hem de işçilik masraflarını artırmaktadır (Şekil 7).

Şekil 7. Uygulama galerisinin çelik tahkimatlı ve püskürtme betonlu görünüşü

Son tarama deliklerinin daha sık delinmesi ve bu deliklerin bazılarının boş bırakılarak düzgün kesme hattının oluşturulması denenmiştir. Boş ve şarjlı deliklerin aralıkları kaya yapısına bağlı olarak daha dar veya daha geniş olarak seçilebilir. Zaman içerisinde bu aralıklar için en uygun değerler elde edilebilecektir. Boş delik uygulamasıyla çalışma sonrası, kazı kesitinde bir iyileşme sağlanmıştır (Şekil 8).

Çevre kayanın jeomekanik özellikleri, delme açısı ve delik derinliği, dinamit şarj miktarı, kullanılan dinamitin gücü vb. bir çok parametreye bağlı olan delme-patlatma



(a) (b)

Şekil 8. Kontrollü patlatma sonrası galeri cidarında elde edilen düzgün kesit geometrisi (a) ve düzensiz patlatma sonucu oluşan aşırı kesit genişlemesi (b).

işlemi, ancak kalifiye işçilik ve mühendislik hizmetiyle başarılabilir. Uygun bir delme-patlatma işlemi, hem tahkimat gereksinimini azaltacak hem de tahkimatın etkinliğini ciddi bir şekilde artıracaktır. Kömüre giriş ve çıkış bölgelerinde ve fay zonlarında sıkça görülen zayıf ve ezik zon bölgelerine giriş noktaları ön sondajlarla belirlenmelidir. Bu zonlarda, birbirlerine metal fırçalarla bağlanmış çelik bağlar kullanılmalı ve bağ arkaları çelik hasır ve püskürtme beton tahkimatıyla desteklenmeli, bu zonlar geçildikten sonra tahkimat yine çelik hasır+kaya saplaması ve püskürtme beton olarak devam ettirilmelidir. Püskürtme beton kalınlığı 5 cm'den az olmamak kaydıyla, kaya kütlesinin yapısına göre seçilmelidir. Genel olarak tavanda 10 cm ve yan duvarlarda 5 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması önerilir. Bu kalınlık gerektiğinde artırılabilir.

5. SONUÇLAR

TTK'da hazırlık amacıyla sürülen galerilerde, uygun donanım sağlandığı taktirde, kaya saplamaları, kaya kütlelerinin yapısına bağlı olarak çelik hasırlı veya hasırsız olarak başarı ile uygulanabilir. Püskürtme beton için gerekli altyapı ve eğitimli iş gücü sağlandığı taktirde bu tip tahkimatın uygulaması yapılabilir. Ancak, tahkimatın etkin bir şekilde yapılabilmesi için işin gerektirdiği unsurlar tam olarak sağlanmalıdır. Uygulamanın başarısı aşağıda belirtilen diğer önemli hususlara da dikkat edilmesiyle mümkün olabilecektir.

-Deneyimli İşgücü: Yeterli sayıda ve konusunda deneyimli kadro, her üç vardiyada koordinasyon içerisinde çalışmalıdır. Teknik elemanlar galeri sürme işlerindeki önemli hususları ustanın inisiyatifine bırakmamalı bizzat her türlü çalışmada aktif olarak yer almalıdırlar.

-Lojistik destek: Galeri açma işlerinin etkin ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi için her şeyden önce galerinin açılacağı noktaya her türlü yardımcı hizmetin (ekipmanlar için yeterli basınçta hava ve su, yeterli ve etkin bir havalandırma ve nakliyat ve ulaşım altyapısı) sağlanması gereklidir.

Bu çalışmada, maliyet, performans ve iş-zaman analizleri gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni, işlerin rutin bir döngü içerisinde gerçekleştirilememesi ve sağlıklı veri elde edilememesidir. Sonuç olarak; TTK'da karşılaşılan formasyonlar bu tür tahkimatların uygulamasına oldukça uygundur.

6. KAYNAKLAR

ACI Committe 506 (1966) ACI Standart, Recommended Practice for Shotcrete (ACI 506-66). *Shotcreting,* ACI SP-14.

Aka, İ. ve Celep, Z. (1978) *Püskürtme Beton ve Uygulaması*, İTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, s. 1-6.

Baltaş, A. (2003) Kişisel Görüşme, TTK Karadon Müessesesi, Zonguldak.

Gerçek, H. (1992) *Püskürtme Betonun Yeraltı Tahkimatı Olarak Kullanımı,* Zonguldak Endüstri Destekleme Merkezi, Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi, s. 1-22.

TS-11747. (1995) *Püskürtme beton (shotcrete) yapım, uygulama ve bakım kuralları,* Türk Standardları Enstitüsü, 20 p.

Yurdakul, Ş. (2001) *Püskürtme beton teknolojisinin TTK Ocakları ve ana galerilerinde uygulanabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 221 p.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Coal Congress of Turkey, June 02-04, 2004, Zonguldak Turkey

TTK OCAKLARINDAKİ RİJİT ÇELİK BAĞLAR İLE KAYA SAPLAMASI-PÜSKÜRTME BETON TAHKİMAT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COST COMPARISON OF RIGID STEEL ARCHES WITH ROCK BOLT-SHOTCRETE SUPPORTS AT TTK MINES

Tuğrul ÜNLÜ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak. 67100 Zonguldak*
Hamit AYDIN, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak. 67100 Zonguldak*
Levent YAĞCI, *Maden Mühendisi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada, TTK ocaklarında taşta sürülen galerilerde başlıca tahkimat elemanı olarak kullanılan rijit çelik galeri bağlarının maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sözkonusu galerilerin kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı ile desteklenmesi durumunda oluşacak maliyetlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçta, kaya saplaması ve/veya püskürtme betonun galeri tahkimat uygulamasının ayrı ayrı veya birlikte kullanımının rijit demir bağ tahkimat uygulamasından ekonomik olarak daha avantajlı olduğu ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

In this study, a cost estimation has been attempted for steel arches used as the main support of galleries driven at TTK mines. Then, the results have been compared with the estimated cost of rock bolt and shotcrete supports, of which utilization is being considered in the future. Overall results have shown that the rock bolt and shotcrete supports are economically advantageous over the conventional rigid steel arches.

1. GİRİŞ

TTK maden ocaklarında sürülen hazırlık galerilerindeki tahkimat işleri 1947 yılına kadar ahşap malzeme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten sonra, yurtdışından TH çelik bağlar ithal edilmek suretiyle havzada ilk defa çelik tahkimat uygulamasına geçilmiştir. Daha sonraları (1955–1956), Karabük Demir Çelik Fabrikaları'nda üretilen I profil çeliğinin TTK Merkez Atölyesi'nde bükülmesiyle DIN 21541 normuna uygun olarak elde edilen yarım daire kavisli rijit bağlar kullanılmaya başlamış ve bu uygulama günümüzde de devam etmektedir (Sesışık, 1966).

TTK ocaklarında kömür damarına ulaşmak için sürülen hazırlık galerileri farklı derinliklerde (+230;-560) ve çeşitli açıklık geometrilerindedir (B5-B18). Bu galerilerde; geçilen formasyonların litolojik ve jeo-mekanik özellikleri (kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı vb.), ve yapısal süreksizlikler dikkate alınmaksızın ahşap takviyeli klasik rijit çelik galeri bağları kullanılmaktadır. Ana hazırlık galerileri genelde B-14 kesitte açılmakta ve bu galeriler DIN normlarına uygun olarak GI-140 profilden imal edilmiş üç parçadan oluşan çelik bağ ile desteklenmektedir.

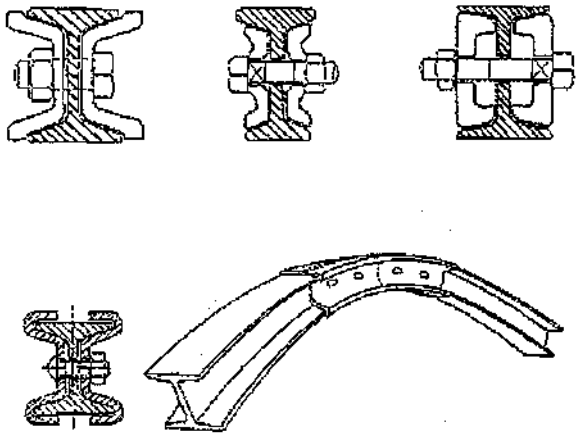
Kaya saplamaları ve püskürtme beton tahkimatı, dünya yeraltı kömür madenciliğinde açılan açıklıkların uzun ve kısa süreli desteklenmesinde en az çelik bağlar kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tahkimatlar, açıklıkları çevreleyen kaya yapısına bağlı olarak tek başlarına veya yardımcı tahkimat elemanı olarak görevlerini başarı ile sürdürmektedirler. TTK' da bu tür tahkimatların kullanımı henüz deneme çalışmalarından öteye geçememiştir (Birön, 1952; Yurdakul, 2001; Ünlü vd. 2003).

Aşağıda, TTK ocaklarında yaygın kullanılan GI-140 profilinden imal edilmiş rijit çelik tahkimatı ile, modern tahkimat yöntemlerinden olan kaya saplaması ve/veya püskürtme beton tahkimatı uygulamasının hem tahkimat etkinliği hem de maliyetler açısından karşılaştırması yapılmaktadır. Maliyet hesaplamalarında kullanılan veriler, bu konuda yakın geçmişte gerçekleştirilen uygulamalı proje çalışmasından elde edilmiştir (Ünlü vd., 2003).

2. RİJİT GALERİ TAHKİMATI

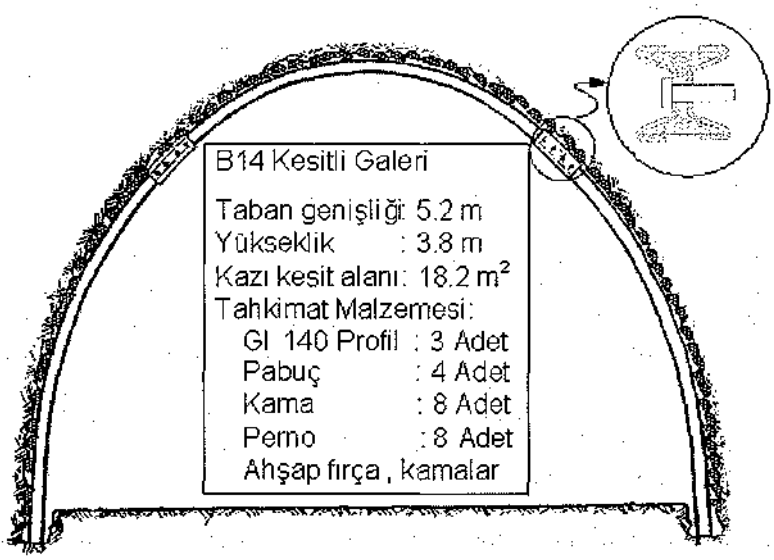
Kavisli rijit bağlar, I ve H profilindeki çeliklerin kemer şeklinde bükülmesiyle elde edilmektedir. Bu bağlarda segmentler, pabuç adı verilen, profilin yanakları içine giren veya profili üstten kavrayan bir çift kalın saç parçasıyla birleştirilirler. Pabuçlar bağa cıvata-somun veya perno-kama elamanları yardımıyla bağlanırlar (Şekil 1).

Kavisli rijit bağlarda en zayıf kesimler profillerin bu bağlantı yerleridir. Pabuçlar zorlanmalar karşısında deformasyona uğrayıp çelik bağ parçaları arasındaki bağlantının yitirilmesine sebep olabilmektedir. Kavisli rijit bağlar faydalı kesit alanının büyüklüğü ile anılmaktadırlar. Ana hazırlık galerilerinde sürülen ve faydalı kesit alanı 14 m^2 olan galerilerde kullanılan rijit bağ elemanı B14 olarak adlandırılmaktadır. B14 kesitte bir galerinin teknik detayı Şekil 2'de verilmiştir.

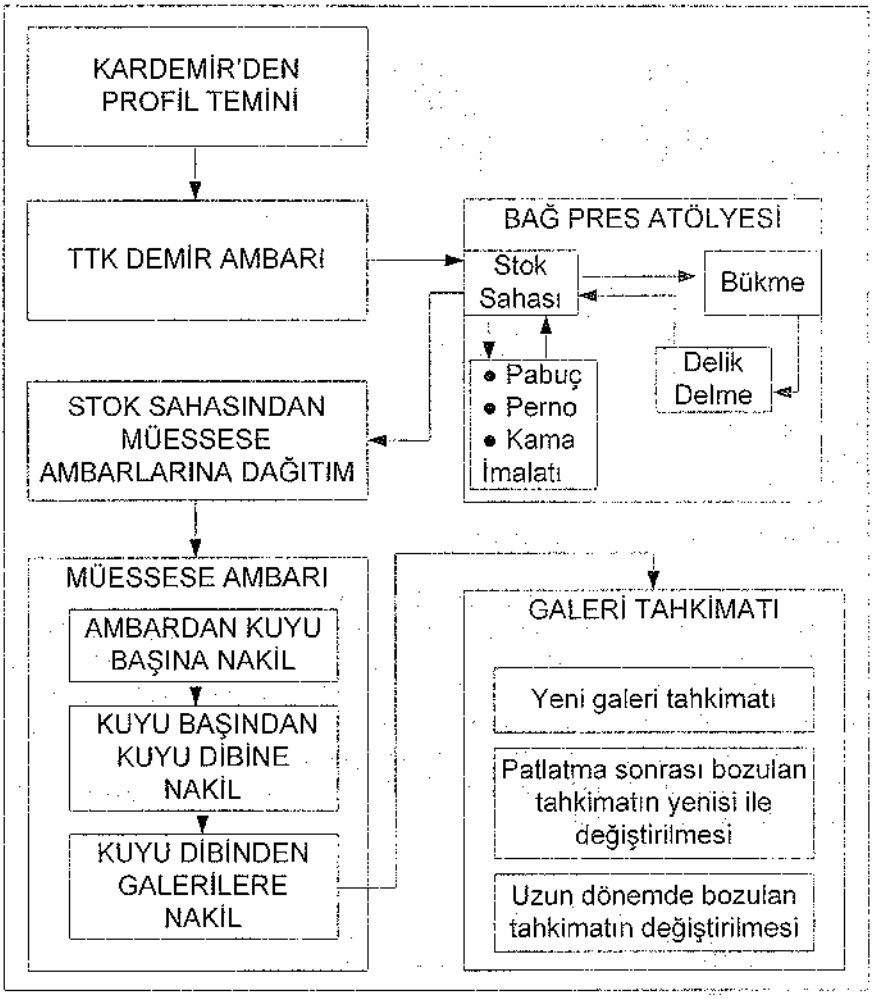


Şekil 1. Çelik bağlarda kullanılan bağlantı elemanları

TTK ocaklarında kullanılan rijit bağlar; Karabük Demir Çelik San. ve Tic. AŞ.' den farklı ebatlarda profil olarak satın alınıp demiryolu vasıtası ile TTK Demir Ambarı'na getirilerek stok sahasına boşaltılmaktadır. Stok sahasından alınan profiller TTK Merkez Atölyelerinde farklı kesitler için kavislendirilerek kullanıma hazır hale getirilirler. Aşağıda bu aşamalar akım şeması halinde gösterilmektedir (Şekil 3). Akım şemasından da görüleceği gibi çelik bağ kullanıma hazır hale gelene kadar bir dizi evrelerden geçmektedir. Bu evreler içerisindeki her türlü imalat çalışmaları ve nakliyat işleri bağ maliyetini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 2. B-14 kesitte uygulanan üç parçalı rijit çelik bağ



Şekil 3. Rijit çelik bağın fabrikadan galeri arınına kadar geçirdiği evreler

Maden Makinaları İşletme Müdürlüğü'ne bağlı bağ pres atölyesine stok sahasından getirilen profiller atölyede elektrikli tavan vinci vasıtası ile kaldırılarak prese verilmektedir. Preste kalıba göre bükme işlemi yapılarak makaralı bir yüzey üzerinden zımba tezgahına gelen profile delik delme işlemi yapılmaktadır. Buradan da tavan vinci vasıtası ile yine trikoya düzgün istiflenerek stok sahasına getirilir. Bir nezaretçi ve bir tekniker olmak üzere toplam 12 kişi bağ demirini ocakta kullanacak hale getirmektedir. Bağ pres atölyesinde 2 adet 3 kW 'lık ve 2 adet 7.5 kW 'lık motor günde ortalama 7-8 saat çalışır konumda enerji sarfiyatında bulunmaktadır.

Müesseselerin ihtiyacı doğrultusunda, stok sahasından bağ pres atölyesine alınan çelik malzemeyle GI-110 profilinden günde 240 adet GI-140 profilinden 130 adet eğme, bükme ve zımbalama işlemi yapılmaktadır. Kullanıma hazır hale getirilen bağlar müesseselere karayolu vasıtasıyla gönderilmektedir. Bir kamyona GI-140 profilinden 60 adet B14 bağ demiri (20 takım) yüklenmektedir. Taşıma işlerini özel sektör km başına

ve tonajla yapmaktadır. Müesseseye gelen kamyon, ambara boşaltma işlemi yaparak işlemini bitirmektedir. Ocaktaki ihtiyaca göre ambardan arına taşıma işlemi yapılmaktadır (Balekoğlu, 2003). Tahkimat işi için arında 1 usta ve 2 yedek olmak üzere 3 (üç) işçi tahkimat kurma işlemini gerçekleştirmektedir.

TTK'nın 2002 yılı içerisinde talep ettiği muhtelif cins (GI 110 – GI 140) ve boylardaki bağ demiri özellikleri ve miktarları Çizelge 1' de verilmiştir (Liste fiyatı içine nakliye ve boşaltma dahildir) (Öğünç, 2003).

Çizelge 1. TTK'nın 2002 yılı bağ demiri talep miktarı ve özellikleri (Öğünç, 2003)

Profil Çelik				Kullanımı		Adedi
Cinsi	Boyu (mm)	Katitesi	Fiyatı (TL + KDV/ton)	Miktar (kg)	Galeri Kesiti	
GI-110	3942	ST 37	503389831	366040	8B	3554
GI-110	4411	ST 37	503389831	1956934	10B	17318
GI-140	4411	ST 37	524576271	232088	10B	1184
GI-140	3441	ST 37	524576271	2137053	14B	13967

Önceki yıllarda Maden Makinaları İşletme Müdürlüğü tarafından imal edilen bağ pabucu levhası, perno ve kama, 2002-2003 yılı için özel sektörden ihale yoluyla temin edilmiştir. Çizelge 3'de müesseselerin 2001-2002 yılı itibariyle piyasadan temin ettiği 2-4 delikli bağ pabuçlarının dağılımı görülmektedir.

Çizelge 3. TTK'nın 2001-2002 yılında piyasadan aldığı 2-4 delikli bağ pabuçlarının dağılımı (Adet)

Malzeme	Yıl	Armutçuk	Kozlu	Üzülmez	Karadon	Amasra	Toplam
2 Delikli pabuç	2001	2000	15000	20000	20000	5000	62000
	2002	2000	4500	0	11000	7500	25000
4 Delikli pabuç	2001	6000	10000	12000	8879	1000	37879
	2002	3000	4500	5500	4000	2000	19000

3. MALİYET HESAPLAMALARI

3.1 Rijit Çelik Bağ Maliyetinin Hesaplanması

Rijit bağ maliyet hesaplamaları, kaya saplaması ve püskürtme beton uygulamalarının gerçekleştirildiği TTK Karadon Müessesesi için yapılmıştır. Maliyet hesaplamasında temel teşkil eden 2003 yılı birim fiyatları TTK'dan temin edilmiş olup maliyet hesabı çizelgesinde (Çizelge 4) verilmektedir (Öztürk, 2003). B14 kesitte açılmış galeride bir takım (3 adet kavisli rijit GI-140 profil parça, 4 adet pabuç, 8 adet pim, 8 adet kama ve gerekli miktarda ahşap fırça ve kama) rijit bağ tahkimatının kurulmuş haldeki maliyeti Çizelge 4'te unsurlarına ayrılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, kuyu başından kazı arına kadar gerçekleştirilen malzeme nakliyat maliyeti, hem rijit bağ hem de kaya saplaması-püskürtme beton uygulamalarında göz ardı edilmiştir.

Çizelge 4. Bir takım rijit çelik tahkimatın 2003 yılı fiyatları ile galeride kurulmuş haldeki maliyeti (Milyon TL)

Maliyetler			Adet	Birim Fiyat	Maliyet	
	Malzeme Türü	Boyut (mm)			Toplam	%
Malzeme Maliyeti	GI 140 - Profil	140x3441	3	109	327	56,3
	Pabuç	8x250x400	4	6.147	24.588	
	Perno	22x70	8	0.816	6.528	
	Kama	-	8	0.15	1.2	
	Ahşap	m^3	0.42	98.5	41.37	
İşçilik Maliyeti	**Bağ Presleme İşçiliği** (yevmiye)		12/40	70	21	40,9
	Bağ Tahkimat İşçiliği (yevmiye)		3	90.000	270	
Enerji (Bağ Bükme)(kW)			126	0.125	15.75	2,2
Nakliye (Demir Ambarı.- Müessese)			3/60	80	4	0,6
Toplam Birim Maliyet (TL/Adet rijit bağ)					**711.436**	100

Çizelge 4'te verilen maliyet rakamları incelendiğinde bir takım rijit bağın galeride kurulmuş haldeki toplam maliyetinin 711.436 milyon TL olduğu ve toplam maliyetin %56'sının malzeme ve %41'nin de işçilikten oluştuğu görülmektedir. TTK Karadon Müessesesi ocaklarında sürülen B14 kesitli galerilerde, İki rijit bağ arasında bırakılan ortalama mesafenin 0,95 m (0,80 -1,15 m) olduğu dikkate alınırsa, birim ilerleme tahkimat maliyeti 748.942 milyon TL/m olarak hesaplanır.

TTK'da delme-patlatma metoduyla sürülen galerilerde kontrolsüz patlatmalar sonucunda çevre kayada oluşan aşırı sökülme (overbreak) ve ondülasyonlarla sık karşılaşılmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan bu olumsuzluklar, çelik bağın galeri kesitine uygun olarak yerleştirilip sıkılanmasında daha fazla ahşap malzeme kullanılmasına ve tahkimat yönünden çeşitli güçlükleri ortaya çıkarmaktadır. Aşırı sökülmeden dolayı rijit bağın arkasında kalan boşlukların gerektiği gibi sıkılanamamasından dolayı kaya kütlesinde süreksizliklerle birbirlerinden ayrılmış kaya bloklarındaki gevşemenin zaman içersinde artmasıyla birlikte, tahkimat üzerine etkiyen kaya yükleri de dramatik olarak artmaktadır. Sonuçta, bağlarda kalıcı deformasyonlar ve galeride de aşırı kesit daralması oluşmaktadır. Böylece, ilk etapta galeri maliyeti içerisinde öngörülmeyen tamir ve tarama giderleri, bu tip tahkimat uygulamasının etkin bir şekilde yapılamaması sonucu maliyet artışı olarak tahkimat giderlerine yansımaktadır.

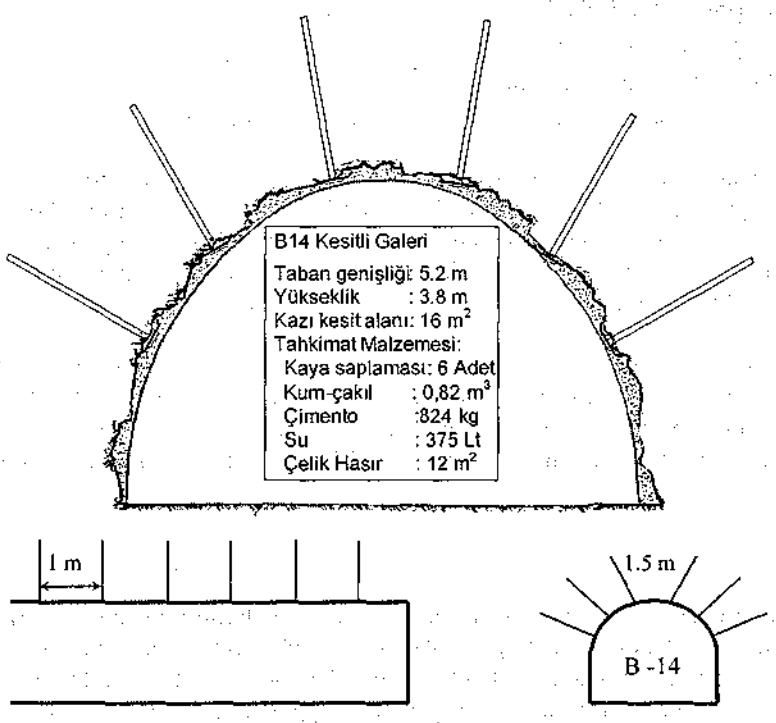
3.2 Kaya Saplaması-Püskürtme Beton Tahkimat Maliyetlerinin Hesaplanması

B-14 kesitte açılmış bir galeride kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı uygulanması durumunda oluşacak maliyetler 2003 yılı fiyatları ile maliyet unsurlarına ayrılarak aşağıda hesaplanmıştır. Hesaplamada kullanılan değerlerin önemli bir kısmı (malzeme birim fiyatları ve malzeme sarfiyatı ve performanslar) "TTK ocaklarında taşta sürülen galerilerde püskürtme beton ve kaya saplamalarının kullanımlarının araştırılması" konu başlıklı projenin gerçekleştirilmesi sırasında kullanılan malzeme miktarına ve gözlemlere dayanmaktadır (Çizelge 5). Kaya saplaması- püskürtme beton

tahkimat uygulamasının teknik detayı Şekil 4'de verilmiştir. Hesaplamalarda; galeri cidarında 10 cm kalınlığında püskürtme beton (artı %35 geri sıçrama firesi), 1 set (her biri 2,4 m uzunlukta 6 adet) Split-set tipi kaya saplaması, çelik hasır tahkimat malzemesinin kullanılması durumunda oluşacak maliyet hesaplanmıştır (Çizelge 6) (Ünlü v.d., 2003).

Çizelge 5. Kuru karışım malzeme bileşenleri.

Malzeme	Ağırlık (kg)	Yoğunluk(kg/m^3)	Hacim (m^3)	Hacim (%)
Kum	500	2,65	0,189	34,5
Çakıl	300	2,7	0,111	20,3
Çimento	300	3,1	0,097	17,7
Hızlandırıcı	12.5	0,8	0,016	2,9
Su	135	1,0	0,135	24,6
Toplam	1247,5	------	0,548	100



Şekil 4. B-14 kesitli galeride uygulanan kaya saplaması-püskürtme beton tahkimatının teknik detayları

Kaya saplaması püskürtme beton uygulamasında işçilik tertibi; 3 kişilik lağım ekibi lağım ilerlemeleriyle ilgili işlerin yanında kaya saplamaların çakılması işlerini, püskürtme beton işi için ise ayrı bir ekip (3 kişi) kurulacak olup bu ekip bir vardiyada lağım ilerleme miktarı kadar bir alanın betonlanmasını gerçekleştireceklerdir.

Çizelge 6. Kaya saplaması-püskürtme beton tahkimatı 2003 yılı fiyatları ile maliyet hesabı (Milyon TL).

Maliyetler			Miktar	Birim Fiyat	Maliyet	
	Malzeme Türü	Boyut			Toplam	%
Malzeme Maliyeti	Kaya saplaması	2,4 m	6	29.75	178.5	57,44
	Kum	m^3	0,518	17,6	9.12	
	Çakıl	m^3	0,304	14	4.256	
	Çimento (PÇK)	ton	0,824	50	41.2	
	Çelik hasır	(15x15 cm) - m^2	12	1.475	17.7	
	Su	m^3	0,370	-	-	
	Sika	kg	35	0.042	1.47	
İşçilik Maliyeti	**Kaya Saplaması İşçiliği** (yev.)		2/7 x 3	90	77.14	42,24
	Püskürtme Beton İşçiliği (yev.)		3/2,5	90	108.0	
Enerji (Basınçlı hava+püskürtme)(kW)			11	0.125	1.4	0,32
Toplam Birim Maliyet (TL/metre ilerleme)					**438.286**	**100**

* Hesaplamalar püskürtme betonda %35'lik geri sıçrama kaybı göz önüne alınarak yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalarda; saplama sıraları arası mesafeler kısa ve saplama boyları ise uzun tutulmuştur. Çizelge 6'da B14 kesitli açılmış galeride Kaya saplaması-püskürtme beton tahkimat uygulamasının birim ilerleme tahkimat maliyeti 438 milyon TL/m olarak hesaplanmıştır. Bu maliyetin de önemli bir kısmını %57'sini malzeme maliyeti, %42'sini de işçilik oluşturmaktadır.

Çizelge 6'da yapılan hesaplama, kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimat uygulaması için ayrı ayrı yapılırsa; yalnız kaya saplaması (çelik hasırla birlikte) kullanılması durumunda birim ilerleme tahkimat maliyeti 273.34 milyon TL/m, yalnızca püskürtme beton kullanılması durumunda ise 164.95 milyon TL/m olarak hesaplanacaktır.

4. SONUÇLAR

TTK ocakları kömür çevre kayaçları içerisinde açılan hazırlık galerilerinin uzun ve/veya kısa süreli olarak desteklenmesinde kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı, klasik çelik bağlara alternatif olarak kullanılabilirler. Ekonomik açıdan bakıldığında; hesaplamalar kaya saplaması-püskürtme beton tahkimat uygulamasının daha ekonomik olduğunu ortaya koymaktadır. Kaya saplaması püskürtme beton tahkimat sisteminin maliyeti klasik rijit çelik bağ tahkimat sisteminin maliyetinin yaklaşık %58,5'i kadardır.

Yukarıda yapılan maliyet karşılaştırmasında klasik rijit çelik bağ, Kaya saplaması-püskürtme beton tahkimat sisteminin birlikte uygulanması durumunda yapılmıştır. Rijit bağa alternatif olarak galerilerin yalnız kaya saplaması veya yalnızca püskürtme beton tahkimatıyla desteklenmesi durumunda (kısa ve orta süreli hizmet verecek ve açıklıklar için) oluşacak maliyetler daha da aşağılara düşecektir.

Kaya saplaması - püskürtme beton tahkimatlarının kullanıldığı durumlarda aşağıda belirtilen diğer faydalar da sağlanabilecek ve galeri ilerleme maliyetleri daha da aşağılara çekilebilecektir. Bunlar;

- Kazı kesit alanı, rijit bağlı tahkimat sistemine göre yaklaşık 2 m^3 azalmakta ve bu da patlayıcı miktarı, patlatma deliği sayısı ve pasa kaldırma giderlerini azaltmaktadır.

- Kaya saplamaları ve püskürtme beton tahkimatlı galerilerin tamir-tarama giderleri rijit bağ tahkimatının yapıldığı galerilere oranla yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla, hem iş gücü hem de maliyetler açısından tasarruf sağlanacaktır.

- Hava dirençleri azalacağından havalandırma etkinliği rijit bağ tahkimatlı galerilere oranla artacaktır.

- Yanmaz bölgeler oluşturularak iş güvenliği açısından olumlu bir gelişme kaydedilecektir.

5. KAYNAKLAR

Balekoğlu, A. (2003) Kişisel Görüşme, TTK Maden Makinaları Bağ Pres Atölyesi Başmühendisi. Zonguldak.

Birön, C. (1952) *Tavan Civatalarının Asma Ocağında Tecrübe Tahkimatı* Maden-Türk Yüksek Maden Mühendisleri Cemiyeti Mecmuası, Sayı 19, Kasım, s. 20-25.

Öğünç, K. (2003) Kişisel Görüşme, TTK Satın alma Daire Başkanlığı, İç Alımlar Şube Müdürü., Zonguldak.

Övüç, E. (2003), Kişisel görüşme, TTK Etüt Plan Proje Tesis İşleri Başmühendisi, Zonguldak.

Öztürk, M. (2003), Kişisel görüşme, TTK İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanı, Zonguldak.

Sesışık, Z. (1966) *EKİ Ocaklarında tatbik edilen tahkimat sistemlerinin tetkiki*, yayımlanmamış notlar, EKİ, Zonguldak.

Ünlü, T., vd. (2003). *TTK Ocaklarında taşta sürülen galerilerde püskürtme beton ve kaya saplamalarının kullanımının araştırılması,* Araştırma Projesi, ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 46 s.

Yurdakul, Ş. (2001) *Püskürtme beton teknolojisinin TTK Ocakları ve ana galerilerinde uygulanabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 221 p.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Coal Congress of Turkey, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KOZLU I NOLU KUYUNUN DERİNLEŞTİRİLMESİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE DEEPENING OF KOZLU NO I SHAFT

Faik ALP, *TTK Kozlu Müessesi, 67600 Zonguldak*
Nuri Ali AKÇIN, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Genel Müdürlüğü'ne bağlı Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesi'nin, öncelikle alt yapısının değerlendirilmesi irdelenmiş, ikinci olarak derinleştirme gerekçesi belirtilmiştir. Üçüncü olarak kuyu derinleştirme çalışmalarının uygulama aşamaları verilmiştir. Son olarak da maliyet durumu anlatılmıştır. Sonuç olarak kuyunun, -865 kotuna kadar derinleştirilmesi ve kuyu içi ekipmanının tek veya çiftli kafese göre ve çelik kayıtlara göre hazırlanması detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

ABSTRACT

In this study, Kozlu Colliery, which is a branch of Turkey Hardcoal Enterprise was introduced giving special attention to the infrastructure of the colliery, has been firstly evaluated then the deepening of the Kozlu No 1 shaft has been mentiodıscussed. Thirdly the steps of deepening work of the shaft have been given. Finally, the cost has been given. As a result, the deepening of the shaft to the level of -865 and the preparation of in shaft equipment according to single or double cage and according to steel have been explained in detail

1. GİRİŞ

Müessesenin -840 derinliğe kadar olan rezervlerinden üretilecek taşkömürünün yeryüzüne çıkarılabilmesi için Kozlu Yeni Servis Kuyusu tesis edilmiş, ancak -425 ana katı altında yer alan -485 ve -560 katlarına ve bunların altında tesis edilecek yeni katlara hizmet verecek bir hizmet kuyusunun olmaması, müessesenin bir süre sonra üretim yapamaz hale gelmesine neden olabilecek boyutta bir sorunu ortaya çıkarmıştır.

Müessesenin mevcut yapısı incelendiğinde temel sorun; -560 ve daha derin kotlardaki üretim faaliyetlerinin idamesi için gerekli alternatif altyapı hazırlıklarından, zaman, maliyet ve işletmecilik açısından en uygun olanının seçilmesi sonucu kömür üretim maliyetinin düşürülmesi, kapasite artırımının yapılabilmesi ve oluşturulacak sistemin madencilik parametreleri açısından bütünlüğünün korunmasıdır.

Kozlu Uzun Mehmet-I Kuyusu tamir ve derinleştirme işi havzada ilk kez uygulaması yapılan bir projedir. Proje, Çin'de yerleşik CODCO (China Coal Overseas Development Corp) firmasına ihale ile verilmiştir. Projenin 1020 iş gününde tamamlanması hedeflenmiştir.

2. DERİNLEŞTİRME GEREKÇESİ

Müessesenin temiz hava girişi ve nakliyat bakımından en önemli iki tesisi Uzun Mehmet-I-II Kuyularıdır. 1950 yılından beri hizmet vermekte olan bu iki kuyu -200, -300 ve en derin kat olarak da -425 katlarına hizmet vermek, Uzun Mehmet-I Kuyusu temiz hava girişi yanında personel, malzeme ve kayaç nakli için kafes kuyu (hizmet kuyusu), Uzun Mehmet-II Kuyusu ise sadece kömür ihracı için (skip kuyusu) planlanmış ve tesis edilmiştir.

Müessesenin bütün teknik ve idari tesisleri bu iki kuyunun işlev ve konumunu esas alan bir plana göre oluşturulmuştur. Ancak, üretim faaliyetinin -360 ara katı ile -425 ana katı arasına inmesi aşamasında, tesis edilmesine fiilen başlanması gereken -425'den derin katların oluşturulmasında ve işletilmesinde kullanılabilecek bir servis kuyusu'nun tesis edilememiş olması nedeniyle bu iki kuyunun en derin çalışma katı olan -425'in altındaki iki kat (-485 ve -560 katları), -425 katından (ocak içinden) başlatılan tesisler ile (desandreleri, bant konveyör desandreleri, dahili kuyular, nefeslikler) uzun dönemli bir üretime hazırlık ve işletme programının bir parçası olarak değil, mevcut maden tesisatının uzantılarla geliştirilmesi sonucu kısa dönemli çözümler olarak gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde tesis edilen Kozlu Yeni Servis Kuyusu ise coğrafi konumunun da etkisiyle (yukarıda belirtilen tesislere uzaklığı ve yer yüzünden bağlantı güçlükleri, su havuzları, Uzun Mehmet I-II olması nedenleriyle) kafes kuyu olarak değil, skip kuyu olarak tesis edilmiştir. Şimdiki durumda Müessese, üretimini -485/-560 katları arasında yapabilecek durumdadır. Ancak, bu katlar arasındaki rezervin üretimi tamamlanmadan -630 ve -700 katlarının üretime hazır hale getirilmesi gerekmektedir. -560 katının altında yer alacak olan -630 ve -700 katlarının hazırlanmasına imkan sağlayacak bir maden tesisinin (yer yüzü kuyusu, dahili kuyu, desandre gibi) gerçekleştirilmesi konusu, Kozlu Taşkömürü İşletmesi Müessesesi'nin gelecek yıllarda üretim yapıp yapmaması kararını belirleyecek derecede öneme sahiptir.

-630 ve -700 katlarının üretime hazırlanması için tesis edilecek, herhangi bir yeryüzü kuyusu, dahili kuyu veya desandrenin tesis süresi ve maliyeti ile bu tesisin -840 kotuna ulaşmasının tesis süresi ve maliyeti arasındaki farkın büyük olmaması ancak, buna karşın gelecekte benzeri bir sorunun ortaya çıkmamasını sağlaması nedeniyle Müessesenin -560 altındaki katların hazırlanması için yapılacak bir tesisin -840 katına kadar ulaşması gerekliliği ve uygunluğu çok açık bir şekilde belirlenmiştir.

Havzada damar yapılarının eğimli olması, çok sayıda çalışılabilir damarın bulunması nedeniyle derinleşme hızı yaklaşık 15 m/yıl olmaktadır. Bir başka ifade ile 5 yıllık bir dönemde havza 75 m derinleşmektedir. Bu derinleşme hızına paralel olarak üretimin devamı için ya mevcut kuyuların derinleştirilerek ıslah edilmesi ya da yeni kuyuların açılması gerekmektedir. Havzanın derinleşme hızına paralel olarak kuyuların derinleşmemesi halinde derinleşen kotlara hizmetin işletmeciliği pahalı ve efektif olmayan desandreler ile verilmesi gerekecektir. Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesine uzun yıllardır hizmet veren Uzun Mehmet I-II Kuyuları, üretim çalışmalarının derinleşmesiyle yetersiz kalmaya başlamıştır.

Kozlu Müessesesi'nde üretim, ağırlıklı olarak -560 katında yapılmakta iken, servis kuyusu olan Uzun Mehmet-I ve ihraç kuyusu olan Uzun Mehmet-II kuyularının hizmet verdikleri en dip kot -425'dir. -560 ve daha alt kotlardan yapılacak kömür ihracı için Kozlu Yeni Kuyu tamamlanmış ve hizmete verilmiştir.

Müessesenin üst katlardaki üretimin zamana bağlı olarak derin kotlara inmesi nasıl kaçınılmaz ise Uzun Mehmet-I kuyusunun derinlere inen üretime paralel olarak derinleştirilmesi de o derece önemlidir. -485/-560 kotları arasındaki rezervin üretime paralel olacak -560/-630 kotları arasındaki rezervin üretime hazırlanması konusundaki süre darlığı, -600 kotuna kadar beton-betonarme tahkimatlı şekilde kazılmış olan I No'lu kuyunun derinleştirilmesi seçeneğinin öne çıkmasında en önemli husus olmuştur. Ayrıca, bu kuyudaki kafes ihracında kullanılmakta olan ihraç kulesinin ve ihraç vincinin de kuyu kazısında kullanılabilecek olması süre ve maliyet bakımından avantajlar sağlamaktadır.

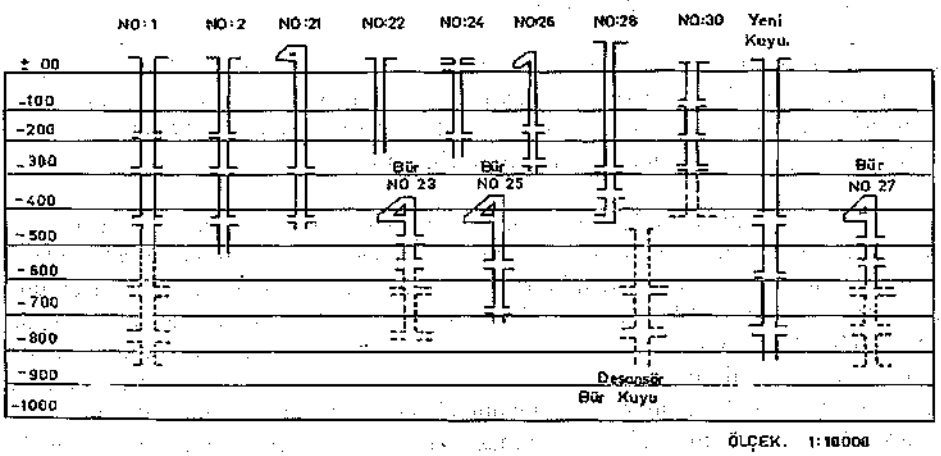
Kozlu Müessesesinin'nin şimdiki durumda sorunu, -630 ve -700 ana kat galerilerinin sürülmesidir. Bu yapılamadığı taktirde -425/-560 kotları arasında yer alan rezervin üretimi tamamlanacak ve Kozlu'da üretim ancak bir çok faklı kotta ve her kotta da birbirinden uzak alanlarda yer alan üretim ayaklarından sağlanabilecektir. Üretimde yoğunlaşmanın kaybedilmesi olarak isimlendirilen bu durum üretim maliyetinin çok artmasına ve iş güvenliğinin azalmasına neden olacaktır. Bu şekilde bir üretim ise ancak birkaç yıl sürdürülebilecektir.

3. KOZLU MÜESSESESİ ALT YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Genel olarak kat hazırlıklarına bakıldığında -200, -300, -425 katlarının birbirinin iz düşümü şeklindeki modeli, -425 katının altındaki katlar için bir tercih olmaktadır. Öte yandan, Kozlu'nun güney ve doğu kanatlarında rezerv bulunmamakta rezervler esas itibariyle kuzeye doğru deniz altında ve doğuda yer almaktadır. Yeni Kuyu, hariç tutulursa, mevcut alt yapı tesislerinin ağırlıklı olarak kurulduğu I ve II Nolu kuyuların çevresi, -425 ve daha derin kotlardaki rezervlere indikçe daha da uzak kalmaktadır.

Müessese üretiminin -560 ve daha derin kotlarda yoğunlaşabilmesi için nakliyat sistemleri ve kapasitelerini yüksek tutacak bir altyapının tesisi gerekmektedir.

Bu durumda altyapı tasarımının, ocağı geliştirecek şekilde planlanması gerekmektedir. Kömür üretim maliyetinin düşürülmesi ve kapasite artırımının yapılabilmesi için oluşturulacak sistemin madencilik parametreleri açısından bütünlüğünü koruması ve kusursuz çalışması zorunludur. Kuyularla birlikte derin kotlardaki (-560/-630/-700/-770/-840) rezervin sağlıklı olarak üretim ve hizmetlerinin yapılabilmesi için malzeme insan nakli, iş güvenliği ve havalandırmanın Tüzüğe uygun işlerliğinin sağlanması açısından Yeni Kuyuya alternatif olarak derin kotlara inecek ve anılan konularda hizmet verebilecek bir ikinci derin kuyunun ya da desandrenin yapılması zorunlu olduğu görülmüştür(Şekil 1). Tesis süresi, maliyeti ve işletme maliyetleri kriterleri esas alınarak yapılan tesis tipi ve yeri ile ilgili çalışmalar sonucu aşağıda yer alan seçenekler belirlenmiştir.



Şekil 1. Kuyuları gösterir kesit

a) -425/-840 kotları arasında desandre sürülmesi,
b) Uzun Mehmet I Kuyunun -560 katına hizmet verir hale getirilerek, -560/-840 arası ana desandre tesisi
c) Uzun Mehmet II Kuyusunun -840 katına derinleştirilmesi,
d) Kozlu Yeni Kuyunun yanında yeni bir kuyu açılması,
e) Uzun Mehmet I Kuyusunun -840 katına derinleştirilmesi

Bu seçenekler, kurulan teknik komisyonlarca tek tek ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu alternatiflerden b ve d maddeleri maliyet ve zaman açısından çok yüksek değerler içerdiğinden değerlendirilmeye alınmamış olup a, c ve e maddeleri aşağıda detaylı olarak incelenmiştir.

3.1 -425/-840 Kotları Arasında Desandre İşletmeciliği

Havalandırma, personel, malzeme ve kömür nakliyatı incelenmiş ve aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

a. Havalandırma problemleri,
b. Personel naklinde kuyu ve ayrıca desandreye bağımlılık nedeniyle üretim ve çalışma noktasına ulaşmada büyük zaman kaybı,
c. Desandre işletmeciliğinde ek olarak 30 kişilik insan gücü istihdamı fazlalığı gerekmektedir,
d. Malzeme nakilleri üretim yerlerine ulaştırılırken kuyu ve desandre aktarmaları nedeniyle büyük güçlüklerle karşılaşılacak ve zaman kaybına neden olacaktır,
e. Desandre kat bağlantı irtibatlarında nakliyat ve havalandırma açısından büyük sorunlar doğacaktır.
f. -425/-840 arasında gerektiğinde kademeli olarak sürülecek bir desandre zamanlama termini ve maliyet açısından en uygun çözüm olarak ortaya çıkmasına rağmen, Müessesenin böyle yüksek kapasiteli ve çok amaçlı desandre işletmeciliğinde deneyiminin olmaması nedeniyle bu seçenek elenmiştir.
g. Ayrıca, Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi gibi gaz içeriği yüksek ve yangına müsait damar işletmeciliğinin yapıldığı bir yerde ocağın zaman zaman kısa sürede boşaltılması gerektiğinde tek kademeli kuyu sisteminin en uygun çözüm olacağı açıktır.

Geleneksel olarak derin taşkömürü madenciliğinde kuyu sisteminin uygun olmasının yanı sıra, iş güvenliği faktörleri göz önünde bulundurularak desandre alternatiflerinden vazgeçilmiştir. Bundan sonraki çalışmalar, I ve II Nolu kuyunun derinleştirilmesine yönelik olmuştur.

3.2 Uzun Mehmet-II Kuyusunun -840 Katına Derinleştirilmesi

Kuyunun sapma durumu, havalandırma, personel, malzeme ve kömür nakliyatı incelenmiş ve aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

a. Mevcut kuyu merkezi +13 ile -484 kotları arasında kuyu ekseninden 1750 mm sapma mevcuttur. Bu nedenle kuyu kazısı esnasında yeniden kumla doldurulup derinleştirilmesi gerekmektedir,
b. Kuyu başından –300'e kadar olan kısımlar tasman ve yüzeydeki arazi oynamalarından dolayı kuyu içinde çok miktarda çatlaklar ve kaymalar mevcuttur. Kuyunun düşey eksenindeki değişikliklerin onarılması ise oldukça uzun süre ve yüksek maliyet gerektirebilir.
c. Kuyu başı 5,3 m^3'lük vagon nakliyatına uygun değildir,
d. II Nolu kuyudaki mevcut kablo ve su borularının bir kısmının I Nolu kuyuya döşenmesi gerekecektir. II Nolu kuyu I Nolu kuyuya göre 100 m daha kısa derinliktedir. Bu nedenlerden dolayı tercih edilmemiştir.

3.3 Uzun Mehmet-I Kuyusunun -840 Katına Derinleştirilmesi

Kuyunun sapma durumu, havalandırma, personel, malzeme ve kömür nakliyatı incelenmiş ve aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

a. Mevcut ihraç vinç ve kuleleri I Nolu kuyunun kazısı esnasında kullanılabilecektir,
b. I Nolu kuyu başında mevcut 5,3 m^3'lük vagon tumbası, tumba altında yer alan konveyör besleyicisi ve bu besleyici ile mevcut kömür-kayaç silosu (50 tonluk vagonlar için) arasında çalışmakta olan bant konveyör, I Nolu kuyunun derinleşmesi halinde mevcut durumları ile kullanılabilecektir. Ayrıca, Kozlu karo sahasının yerleşimi ve geliştirilmesi I Nolu kuyunun yerleşimine göre oluşturulduğundan, mekanizasyon atölyeleri, direk harmanları, işçi banyoları ve lambahaneler ile I Nolu kuyu arasındaki personel-teçhizat malzeme nakliyatları optimum yarar sağlayacak şekilde devam edebilecektir.
c. I Nolu kuyu, halen -595 kotuna kadar kazısı tamamlanmış olduğundan yapılacak olan kuyu derinleştirme mesafesi 270 m'dir.
d. Kuyuya yapılacak olan kat irtibatları havalandırma ve nakliyat yönünden büyük bir rahatlık sağlayacaktır,
e. Kuyu, Koepe sistemi ile çalışacağından insan ve malzeme naklinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır,
f. Katlardan kömür, malzeme ve personel naklinde herhangi bir aktarma söz konusu olmadan istenilen noktaya rahatlıkla yapılabilecektir,
g. Müessesenin kuyu işletmeciliğinde deneyim ve tecrübeleri işletmecilik bakımından büyük kolaylıklar sağlayacaktır,
h. I Nolu kuyu diğer seçeneklere göre daha kısa bir süre içerisinde işletmeye alınabilecektir.

Yukarıda seçenekler değerlendirildiğinde; yatırım tutarı, yatırım süresi, kömür üretim maliyeti, iş güvenliği ve birçok diğer faktör birlikte değerlendirilerek optimum çözümün mevcut Uzun Mehmet I kuyusunun derinleştirilmesi olduğu kararına varılmıştır.

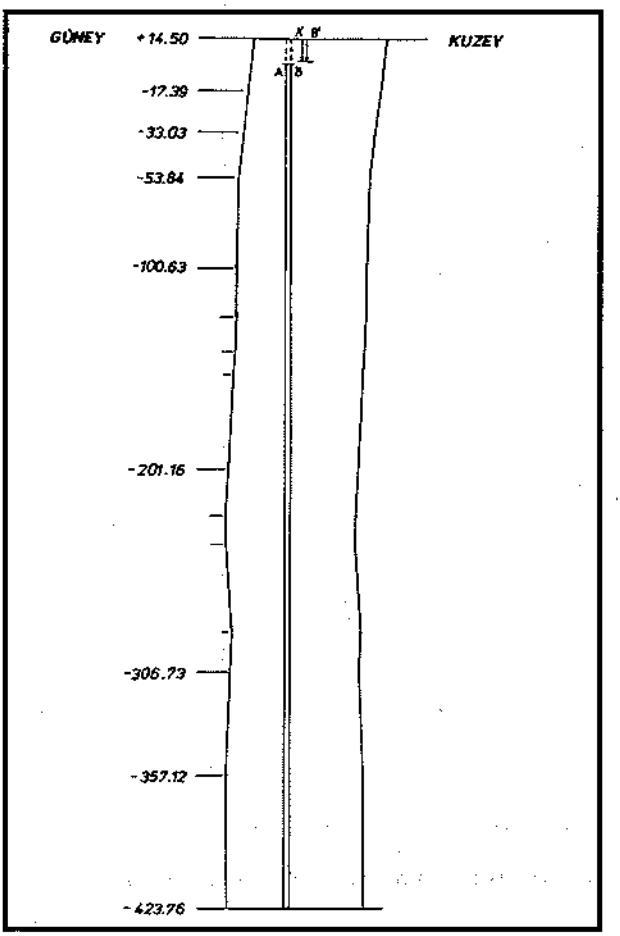
4. DERİNLEŞTİRME PROJESİNİN UYGULAMA AŞAMALARI

Kozlu kuyularının açıldığı sahada, -200 kotuna kadar inen kuzeye doğru bir arazi kayması bulunmaktadır. öncelikle kaymaların tespiti için kuyu başından -425 kotuna kadar 2 adet şakül indirilmiş ve her 5'mde bir dört ana istikamette (Doğu-Batı, Kuzey Güney) ölçümler yapılmıştır. ölçümler sonucunda zaman zaman merkezden 1,5 m'yi bulan sapmalar tespit edilmiştir. Bu sapmanın giderilmesi için -425 katı merkezi esas kabul edilerek kuyu başına taşınmış ve kuyu başından itibaren 84.5 m'si 7,5 m, 145.5 m'si 7,0 m iç çapta taranarak ileriki yıllarda olabilecek bir sapmaya karşı hareket serbestliği kazanılmıştır (Şekil 2).

Mevcut kuyunun kule, molet, kafes vb. ekipmanlarının sökümü, proje sahasının temizlenmesi işleri tamamlanmıştır. Kuyu bileziğinin inşası, kuyu başı tesislerinin yapımı gerçekleştirilmiştir.

Kuyu başı +14.5 ve -212 kotları arasında tarama, bu kısmın +14.5 ile -70 arasındaki kısım tamamen kırılarak 7,5 m iç çapta, -70 ile -212 arasındaki kısım ise 7,0 m iç çapta kuyu taraması ve yeni betonarme tahkimatının yapılması, Tarama işleri düzenli olarak 3 vardiya sistemi ile yürütülmüştür. Taramada, bir vardiyada 2,15 m'lik tarama delikleri delinip patlatılmıştır. Kuyu içinde bulunan 13 adet kuyu mahmuzu aynı yerlerde yeniden yapılmıştır. -70'de ve -212'de oluşacak çap değişim tırnaklarına çelik profil ve beton kullanılarak kuyu cidarından sızan suların toplanmasına uygun kanalar yapılmıştır.

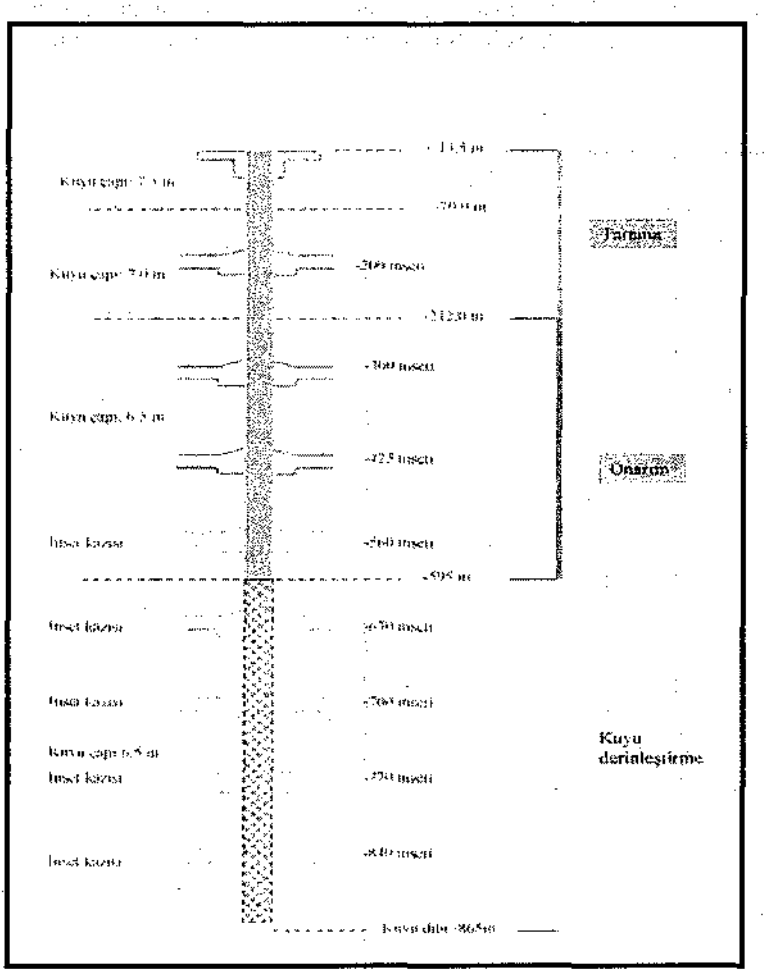
Mevcut proje çerçevesinde -212 ile -595 arasındaki kısım 6,5 m iç çapta onarım gerektiren ve eksen kayması fazla olan yerlerde kısmi tahkimat yenilemeleri yapılmıştır. Su ve şlam ile dolu olan -425/-595 arasındaki kısmın boşaltılmış ve kuyu yüzeyi yıkanarak bozuk yüzeyler tamir edilmiştir. Su geliri tespit edilen kısımlara çimento enjeksiyonu yapılmıştır.



Şekil 2. I Nolu kuyunun sapma kesiti.

Mevcut kuyu dibi olan -595 ile -865 kotları arasında derinleştirme çalışmaları -594 kotundan sonra, ortalama 2 m/gün ilerleme ile 6,5 m iç çapta 270 m kuyu derinleştirme işi yapılmıştır (Şekil 3). İnsetlere gelmeden hemen önce ve insetlerden çıkıştan hemen sonra mahmuzlar yapılmıştır

Kuyu kaplaması (tahkimatı); 75 cm kalınlıkta BS25 beton kullanılarak betonarme yapılmıştır. 26 mm çapta nervürlü betonarme çubukları ile çemberler ve 14 mm çapta nervürlü betonarme çubukları ile dikmeler yapılmış ve. arasındaki mesafe 25 cm olmuştur. Birinci sıra betonarme demirleri iç çemberden 5 cm ikinci sıra betonarme demirleri iç çemberden 65 cm içeride olmuştur.



Şekil 3. I Nolu kuyunun onarım ve derinleştirme projesinin şematik görünümü.

İnsetlerin yapılması, mevcut kuyunun -360, -425, -560, ana kat insetlerinin inşası ve onarımı çalışması bitirilmiştir. -425 insetinin iki ayrı kafese uygun çukurları tek kafes sistemine göre değiştirilmiştir.

Kuyuda -560 katından itibaren her 70 m'de (-560, -630, -700, -770, -840) bir olmak üzere 5 adet inset yapılmıştır. Bunların kuyu içindeki yükseklikleri ray seviyesinden 5,75 m'dir. İnset kazıları çift kademede açılmıştır. Daha sonra insetlerin tahkimatında;

a. Beton kalınlığı yan duvarlarda ve kemerlerde en az 75 cm ve tabanlarda en az 50 cm,
b. C 25 tipi beton kullanılmıştır. Fakat formasyonunun ezik ve kırıklı yapı gösterdiği yererde C 35 tipi beton kullanılmıştır
c. Yan duvarlarda ve kemerlerde iki sıra betonarme demiri, tabanlarda tek sıra betonarme demiri kullanılmıştır.
d. Betonarme demirleri 26 mm ve 14 mm çaplı nervürlü demirden, demir çubuklar arasındaki mesafe 25 cm yapılmıştır.
e. İnset betonarme tahkimatından önce. tabanlar hariç yeni açılan her yüzeyde (yan duvarlar ve tavan) en az 1 adet/m^2 kaya saplaması kullanılarak kayaca tutturulmuş çelik hasır üzerine en az 5 cm kalınlıkta püskürtme beton atılmıştır.

-200, -300 insetleri, kuyu kazı çalışmaları sırasında çıkacak olan lağım dumanı, toz ve gazın ocak havasına karışmaması ve muhtemel bir insan geçişini engellemek için insetlere duvarlar örülerek var olan sistemle düzenlenmiş kuyunun ocak ile irtibatı kesilmiştir. -425 inseti orijinalinde çift kafes-çift vagon sisteminden, tek kafes tek vagon sistemine uyarlanmış ve İnsetin geometrisi -560 katı insetine göre değiştirilmiştir.

Firma -595 kotuna kadar olan işleri tamamladıktan sonra söz konusu kotun altındaki jeolojik durumun aydınlatılması amacıyla bir araştırma sondajı yapmıştır. Bu kontrol sondajı -870 seviyesinde sona ermiştir -840 inset çalışmalarında önceden tespiti yapılamayan doğu batı yönünde ve kuzey yatımlı bir fay zonu ile karşılaşılmıştır. Burada yapılan geçici tahkimatın alınan tüm önlemlere rağmen bozulması üzerine firma, yerli temsilci ve TTK elemanlarının katılımıyla oluşan bir heyet kararı ile anılan insetin yapımından vazgeçilmiştir. Son olarak, kuyunun üst seviyelerinin güvenliği açısından açılan inset boşluğu taş ile doldurulduktan sonra 10 m yüksekliğinde beton dökülerek kuyu dip kotu -828 olarak belirlenmiştir.

Kuyu içi +14,50/-720 arasında teçhiz edilmiş olup her 4,5 m'de bir kontrol montajı gerçekleştirilmiştir. Teçhiz işine başlamadan önce -560 katına temiz hava girişi sağlanmış ve çalışanların emniyeti için kuyu -720'ye kadar su ile doldurulmuştur. Bundaki amaç kuyu içindeki kaynak ve benzeri işlerin daha emniyetli yapılmasını sağlamaktır. Sonradan suyun -560'a kadar yükselmesine izin verilmiştir.

Kuyu içi montajına -720'den itibaren başlanmıştır gidajlar (kayıtlar) ana ihraç kafesi, kontrol ağırlığı, acil durum kafesi için profilden yapılmış kare kesitli, muazlar için dikdörtgen kesitli borular kullanılmıştır. -720'den itibaren muazlar, kayıtlar (gidajlar), su ve basınçlı hava boruları ve kablo konsollarının montajı yapılmıştır. -560'a kadar elektrik ve haberleşme kabloları çekilmiştir.

5. MALİYET

TTK Genel Müdürlüğü 2002 yılı verilerine göre, 6,5 m iç çapında bir kuyu açılmasının maliyetleri; işçilik, patlayıcı madde, tahkimat tipi, inşaat demiri, ağaç malzemesi, beton malzemesi, direk-endirek işçilik ve muhtelif malzeme bedelleri dahil, 12.349.370.671 TL/m civarındadır. Günümüz değeri ile ortalama 7.500 ABD Doları/m etmektedir. Keşif bedeli üzerinden yapılan ihaleye göre kuyu onarım ve derinleştirme proje maliyeti 7.329.201 ABD($) Doları' dır. Proje uygulamaları tamamlandıktan sonra yapılan işin projeye uygunluğunun tespiti yapılmış ve ödemeler gerçekleştirilmiştir. (Çizelge 1)

Çizelge 1. Yapılan işler ve fiili maliyetler.

	YAPILAN İŞ	İŞ MİKTARI (m)	TAMAMLANMA SÜRESİ (Gün)	BİRİM FİYAT ABD ($)	TUTAR ABD($)
1	Kuyu içi söküm		10		49.989
2	Kuyu içi söküm	450	33		279.403
3	7.5 m çapta kuyu taraması	84.5	81	16.888	1.427.036
4	7.0 m çapta kuyu taraması	142.0	50	7.320	1.39.440
5	Kuyu içi kısmi onarım	350	-212/-425 38 gün -425/-560 26 gün -560/-595 26 gün		508.832
6	-425 insetinin diğer insetlere uyarlanması		26 gün		115.616
7	-560, -630 -700, -770 insetleri inşası		-560 inseti 49 gün -630 inseti 52 gün -700 inseti 56 gün -770 inseti 53 gün -840 inseti 26 gün	500.181	2.000.724
8	-828 kotuna kadar kuyu derinleştirilmesi	200	-595/-630 20 gün -630/-700 42 gün -700/-770 36 gün -770/-840 59 gün	6230	1.246.000
9	Kuyu içi ve inset teçhizat imali ve bedeli	735			644.872
10	Kuyu içi montajı		53		500.927
	TOPLAM		759		7.812.839

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zonguldak Taşkömürü Havzasında 170 yıldan fazla bir süredir üretim yapılmaktadır. Uzun yıllardır ülkemizin demir çelik sektörünün koklaşabilir kömür ihtiyacını tek başına karşılayan havza, günümüzde de enerji ve demir-çelik sektörlerinin taşkömürü ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır. Ülkemizde endüstriyel anlamda ve ölçekte kömür madenciliğinin ilk defa yapıldığı havzamız, uzun yıllar boyunca ülkemiz madenciliğinde bir okul görevini üstlenmiştir.

Daha önce -840 katına hizmet verilecek şekilde Kozlu Yeni Skip Kuyusu ile birlikte çalışacak bir kuyunun kazı işi gündeme gelmiş ve bu amaçla Uzun Mehmet-I kuyusunun derinleştirilmesi planlanmıştır.

Kuyu kazı ve teçhiz işi anahtar teslim olarak ihaleye çıkmış ve kuyu onarım ve kazı işi Çin'de yerleşik CODCO firmasına verilmiştir. 20.11.2000 tarihinde başlayan iş dini ve resmi bayram tatil günleri de çalışılarak sözleşme süresi olan 1020 iş gününden önce 820 günde tamamlanmıştır.

Mevcut kuyunun kule, molet, kafes vb. ekipmanlarının sökümü, proje sahasının temizlenmesi işleri üç ay içerisinde tamamlanmıştır. Kuyu bileziğinin inşası, kuyu başı tesislerinin yapımı üç aylık sürede gerçekleştirilmiştir. -212 kotuna kadar olan tarama çalışması yaklaşık yedi ayda yapılmıştır. Mevcut kuyunun -360, -425, -560, ana kat insetlerinin inşası ve onarımı çalışması dahil olmak üzere, -594 kotuna kadar olan kısımın tadilat çalışması beş ayda bitirilmiştir. Normal derinleştirme çalışmaları, ortalama 2 m/gün ilerleme ile dört ay sürmüştür. Derinleştirme işlerinde -630, -700, -770, -840 ana kat insetleri altı aylık sürede yapılmıştır. Kuyu içi muaz ve kayıtların montajı bir ay'da yapılmıştır. Kuyunun teslim edilecek hale getirilmesi toplam otuz aylık sürede gerçekleşmiştir. İşin erken bitirilmesinde firma elemanlarının planlı-programlı ve üstün gayret göstererek çalışmalarının etkisi olmuştur.

Kuyu kazı maliyeti yaklaşık 8.000.000 ABD($) Doları' dır. Kurum maliyetleri dikkate alındığında, söz konusu miktar oldukça tatmin edicidir. I Nolu Kuyunun -828 m. katına kadar derinleştirilmesi ile Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi'nde öncelikle -425/ -560 kotlarında bunu takiben -560/-630 kotlarında üretim yapılacaktır. Bu şekilde işletmede verimlilik artacak, maliyetler azalacaktır.

Kuyunun hizmete alınmasından 3-4 yıl sonra müessese gerçek üretim kapasitesine tekrar kavuşmuş olacak ve en az bir 30 yıl daha sorunsuz kömür üretimi gerçekleştirilebilecektir.

-700 katına kadar teçhizi yapılan bu kuyu da çift katlı, karşı ağırlıklı, çok halatlı koepe vinci kullanılarak -425, -560 ve -700 katlarına insan, malzeme ve taş nakli gerçekleştirilecektir. -560'dan -840'e kadar bütün ana katlara doğrudan personel nakliyatı yapılabilecek ve personelin yolda geçen süresi azalacaktır. Bütün katlar ile yeryüzü tesisleri arasında 5,3 m^3 hacimli vagonların nakliyatı sağlanabilecektir. Her ana kata, kuyu içinden doğrudan, elektrik kabloları ve basınçlı hava boruları ile ulaşılabileceğinden yatırım ve işletme maliyetlerinde enerji tasarrufu sağlanacaktır. Temiz hava girişi -560, -530, -700, -770 ve -840 katlarına ulaşacaktır.

Sonuç olarak; kuyu onarım ve kazısının her aşamasında, mevcut teknolojiden yeteri kadar yararlanılmamıştır.

Kuyu açma yöntemleri Türkiye madenciliğinin geleceği açısından ele alındığında, Zonguldak havzasındaki kurumsal bünye çalışmaları içinde, ekip ve ekipmanları oluşturulmak zorundadır. Böyle bir zorunluluk sürekli dışa bağımlı olmaktan kurtulmayı sağlamakla beraber, dışarıya dönük çalışmaların geliştirilmesine de fırsat oluşturacaktır. Öncelikle bu tür işlerin organize ve tertibinde görev yapacak teknik, vasıflı insan yetiştirilmesi yönünde çalışılmalıdır. Mevcut teknoloji kullanılarak, ihtiyaç nispetinde teknoloji ithaline gidilerek, uzun vadede bu konuda teknoloji, ekip ve ekipman ihraç edecek politikaların geliştirilmesi gereklidir.

Kuyu açma çalışmalarını ihale yoluyla başka şirketlere yaptıran TTK'nın kuyuları kendisinin açması hususunda yeterli bilgi birikimi ve deneyimi vardır. Ancak yeterli donanımın bulunmaması bir dezavantajdır.

Zonguldak kömür havzasında madencilik ile ilgili çalışan yerli ve yabancı şirketlerin uyması gereken işgüvenliği tedbirlerinin kontrolünü TTK'ya bağlı İşgüvenliği Daire Başkanlığı olmak üzere çalıştığı birimlerdeki İşgüvenliği servisleri tarafından yapılmalıdır.

Kuyu kazısının bir uzmanlık işi olduğu ve karşılaşılabilecek her türlü sürprizlere önceden hazırlıklı olunması gerektiği görülmüştür.

7. KAYNAKLAR

CODCO (2000), *Proje ile ilgili 2000 yılı teknik bilgi ve belgeler*, TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

CODCO (2001) *Proje ile ilgili 2001 yılı teknik bilgi ve belgeler*. TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

CODCO (2002) *Proje ile ilgili 2002 yılı teknik bilgi ve belgeler*. TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

TTK (1996) *Yönetim Komitesi Kararı Dökümanları* TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

TTK (1999) *Kredi Keşif Dosyası*, TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

TTK Kozlu Müessesesi (2002) *2002 Yılı Nihai Raporu*, TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü, Zonguldak.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-041,2004, Zonguldak, Turkey

GLİ ÖMERLER OCAĞI M3 PANOSUNDA YÜRÜYEN TAHKİMAT ÜNİTELERİNDE BASINÇ ÖLÇÜMLERİ

PRESSURE MEASUREMENTS ON SHIELD SUPPORTS IN M3 PANEL OF GLI OMERLER COAL MINE

Soner ÖĞRETMEN, *TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara*
Hürriyet AKDAŞ, *Osmangazi Üniversitesi, Maden Müh. Böl. 26480 Eskişehir*

ÖZET

Bu çalışmada kalın kömür damarında, geri dönümlü, göçertmeli uzunayak yöntemi ile üretim yapılan GLİ Ömerler Yeraltı Ocağı M3 mekanize uzunayakta tahkimatlarda yapılan basınç ölçümleri ve bu ölçümlerin istatistiksel değerlendirilmesi ve yorumu ele alınmıştır.

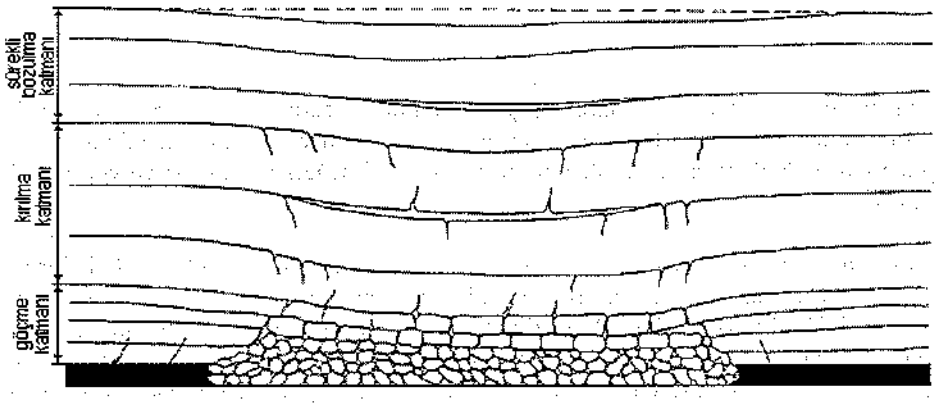
M3 mekanize ayağın ortasında yer alan 29 ve 30 no'lu yürüyen tahkimat ünitelerinin ana direklerine basınç sensörleri yerleştirilerek bu tahkimatlarda oluşan basınç değişimleri 27 Eylül-31 Ekim 2001 tarihleri arasında izlenmiştir. Daha sonra ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilerek, her bir tahkimatta oluşan basınç değişimlerinin tipleri, basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre dağılımları, ön yükleme ve son basınç değerleri tespit edilmiştir. Birbirine komşu olan tahkimatlarda oluşan basınçların benzerlikleri, farklılıkları ve tavan tabakaları arasındaki etkileşimleri ortaya konmuştur. Tahkimat üniteleri üzerinde oluşan periyodik yükleme tipleri belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, pressure measurements on powered supports in M3 Longwall Face of Ömerler Coal Mine and their statistical evaluations and interpretations are presented. By installing pressure sensors to number 29 and 30 shield support that were in the middle of face, pressure changes on these supports were measured between September 27 and October 31, 2001. Then, by evaluating measurement data statistically pressure types occurred on supports, setting and final pressure values for each supports, roof strata movements in the face were interpreted. Besides by evaluating similarities and differences between pressure types, setting and final pressures of two adjacent supports, interactions between these supports and roof strata were determined as well as typical periodic pressures occurred on shield support units.

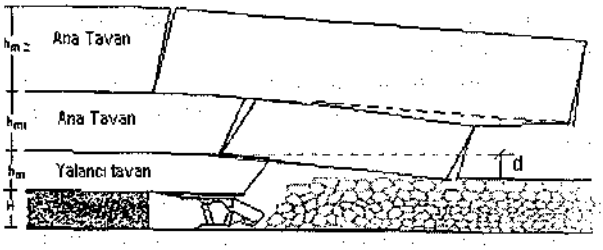
1. UZUNAYAKLARDA TAVAN TABAKA HAREKETLERİ

Uzunayak panolarında ilk kazı işleminin yeterli mesafeye ulaşması ile birlikte tavan tabakalarında, yalancı tavandan başlayarak yerüstüne kadar değişik katmanlarda bozulmalar oluşur. Şekil 1'de uzunayak kazısı sonucu tavan tabakalarında oluşan bozulmalar katmanlar halinde gösterilmektedir. Göçme katmanı, ayak içinde tahkimat üzerindeki ilk tavan tabakası olup, göçmeden önceki yalancı tavanı içermektedir. Bu katmanın kalınlığı kazı yüksekliğinin 2 ile 8 katı arasında değişmektedir. Göçme katmanın hemen üzerinde kırılma katmanı oluşur. Bu katmanda tabakalar, tabaka ayrışmaları sonucu bloklar halinde kırılır. Kırılma katmanın kalınlığı, kazı yüksekliğinin 28 ile 42 katı arasında değişir. Kırılma katmanı ile yerüstü arasındaki bölge ise sürekli bozulma katmanı olarak isimlendirilir. Bu katmanda tabakalar büyük çatlak ve kırılmalara uğramadan sürekli olarak alçalır (Peng, 1984).



Şekil 1. Uzunayak kazısı sonucu tavan tabakalarında oluşan bozulma katmanları (Peng, 1984).

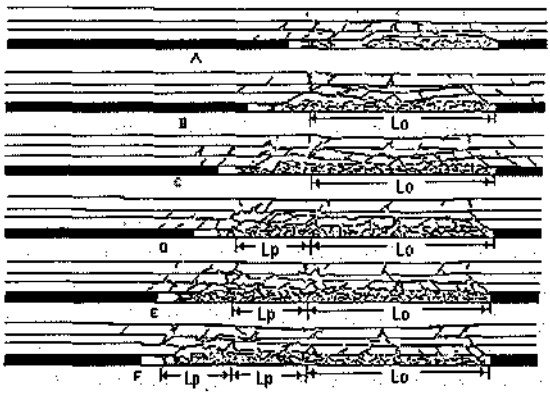
Bu her üç katmanda oluşan hareketler, uzunayakta tavan kontrolüne değişik oranlarda etki eder. Tabakaların etkileri uzunayak tavanından başlayarak yerüstüne doğru azalır. Yalancı tavan, uzun ayak tavanındaki ilk katman olup, yürüyen tahkimatın ilerletimi sonrasında hemen göçer (Şekil 2). Kırılması ve göçmesi nedeniyle bu katman kazı yönünde oluşan yatay kuvvetleri aktaramaz. Bu nedenle oluşturduğu yükün tahkimat ile taşınması gerekir. Yalancı tavanın hemen üzerinde kırılma katmanının alt bölümünü oluşturan tavan tabakaları ana tavan olarak adlandırılır. Ana tavan içinde yer alan tabakalar kırılır, fakat temaslarını kaybetmezler. Bu nedenle, yatay kuvvetleri aktarabilirler. Bu tabakalar bloklar halinde kırılırlar. Ana tavan kontrolündeki anahtar, kırılma ve düşmesi sırasındaki darbe etkilerinin sınırlandırılmasıdır.



Şekil 2. Yalancı ve ana tavan tabakaları (Peng, 1984).

Uzunayakta kazı istikametinde ilerleme devam ederken tavan tabakalarında iki ayrı aşamada hareketler gözlenir. Birinci aşamada oluşan tavan hareketi, ayağın kurulduğu nokta ile yalancı tavanın geniş bir alanda göçmesi sonucu ana tavanın tamamıyla kırılmasının meydana geldiği nokta arasındaki mesafeyi içerir. Bu aralıkta ayakta ölçülen en yüksek tavan basıncına ilk yükleme adı verilir. Ayağın kurulduğu nokta ile ana tavanın tamamıyla kırıldığı nokta arasındaki mesafeye de ilk yükleme mesafesi, (L_0) denir (Şekil 3).

İkinci aşama, ilk yükleme sonrasında başlar ve pano üretimi sonuna kadar devam eder. Bu periyotta ayaktaki tavan basıncı, yalancı tavanın veya ana tavanını yada her ikisinin tekrarlı şekilde kırılması sonucu tekrarlı olarak artar ve azalır. Bu değişime periyodik tavan yüklemesi denir. Her bir periyotta oluşan en yüksek basınca periyodik tavan yükleme basıncı, birbiri ardı sıra oluşan periyodik tavan yüklemeleri arasındaki mesafeye ise periyodik tavan yükleme mesafesi denir (L_p) (Peng, 1984).

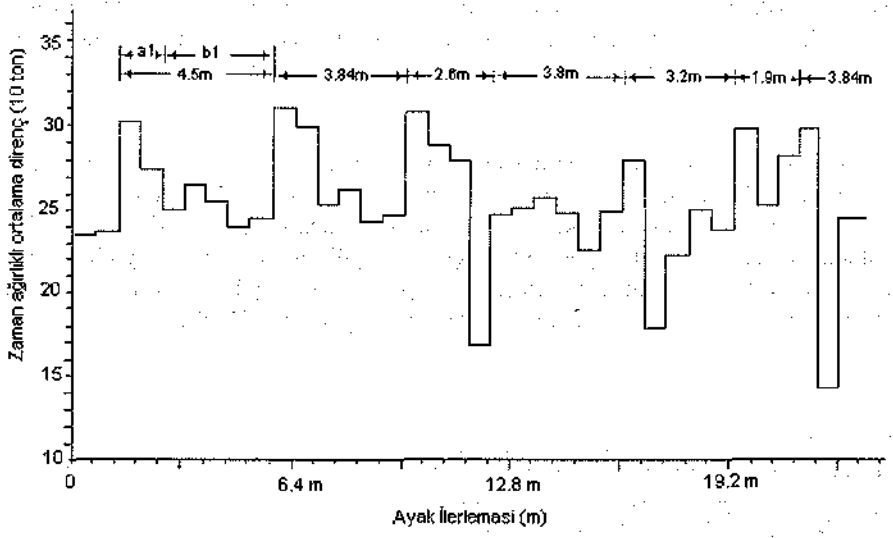


Şekil 3. İlk tavan yüklemesi ve periyodik tavan yüklemesi (Peng, 1984).

İlk tavan yüklemesinden sonra (Şekil 3. D ve E) uzunayakta ikinci aşama tavan hareketleri oluşur. Bu aşamada, yalancı tavan, kayaç tipine bağlı olarak, yürüyen tahkimatın hareketi sonrasında kısa bir gecikme ile göçer. Ana tavanın alt tabakası, ayak içinde periyodik yüksek basınçlar oluşturarak, periyodik olarak kırılır. Kırılma mesafesi L_{p1}, L_{p2}..., şeklinde devam eder ve tavan tabakasının dayanımı, kalınlığı ve tabaka

kontaklarının konumuna bağlı olarak değişir. Bu alt tabakanın üzerindeki ana tavan tabakaları da periyodik olarak kırılır (Peng, 1984).
Periyodik tavan kırılmalarının tespiti yürüyen tahkimatlarda oluşan basınçların izlenmesi ve oluşan basınç değişimlerinin incelenmesi ile mümkündür. Bu değerlendirmede üç ayrı yol izlenebilir.

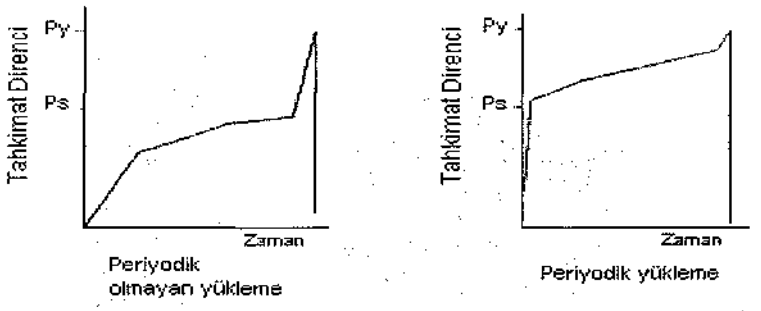
1. Zaman ağırlıklı ortalama tahkimat dirençlerindeki önemli artışlar (TWAR: Time-Weighted Average Rating): Maksimum direnç ve zaman ağırlıklı ortalama tahkimat direncinin her ikisi de periyodik tavan yüklemesi sırasında büyük oranda artar. Periyodik yükleme mesafesi iki $L_{pi}=a_i+b_i$ şeklinde iki kısımdan oluşur, a_i mesafesi periyodik tavan yüklemesinin oluştuğu süreci, b_i mesafesi ise tahkimat direncinde bağıl dengenin oluştuğu ve tavan basıncının daha düşük olduğu süreci gösterir (Şekil 4).



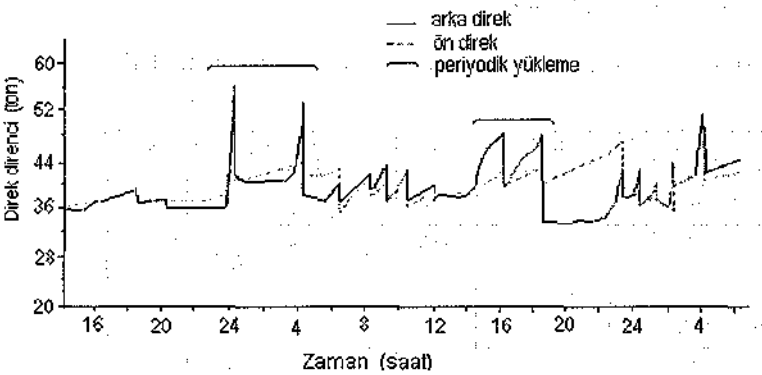
Şekil 4. Pittsburg Damarı'nda zaman ağırlıklı ortalama tahkimat dirençlerindeki (TWAR) değişim (Peng, 1984).

2. Yüksek ön yükleme direnci veya direnç artışlarındaki hızlı değişim: Ön yükleme sonrası tahkimat direncindeki artış hızı, tavan tabakalarının davranışının tespitinde önemli işaretlerden birisidir. Periyodik olamayan yükleme sürecinde, ön yükleme sonrası tahkimat direncindeki artış hızı düşük olur ve komşu tahkimatın ilerletimi sonrası yüksek oranda artar. Diğer taraftan, periyodik tavan yüklemesi sırasında önyükleme sonrasında dirençteki artış hızı yüksektir ve komşu tahkimatın ilerletimi sonrası daha düşüktür (Şekil 5).

3. Tahkimat direk ve tavan sarması basınç tiplerindeki değişim: Periyodik tavan yüklemesi sırasında dört direkli yürüyen tahkimatların ön ve arka direklerindeki dirençler önemli değişiklikler gösterir. Periyodik olmayan yükleme sırasında ise bu değişiklikler o kadar önem arz etmez. Periyodik yüklemenin başlaması ile birlikte arka direklerde basınçlar önemli şekilde artış gösterir. Periyodik yüklemede, ön ve arka direklerde oluşan basınç farkları çok büyüktür (Şekil 6).



Şekil 5. Periyodik ve periyodik olmayan tavan yüklemeleri sırasında tahkimat dirençlerinde oluşan tipik basınç tipleri (Peng, 1984).

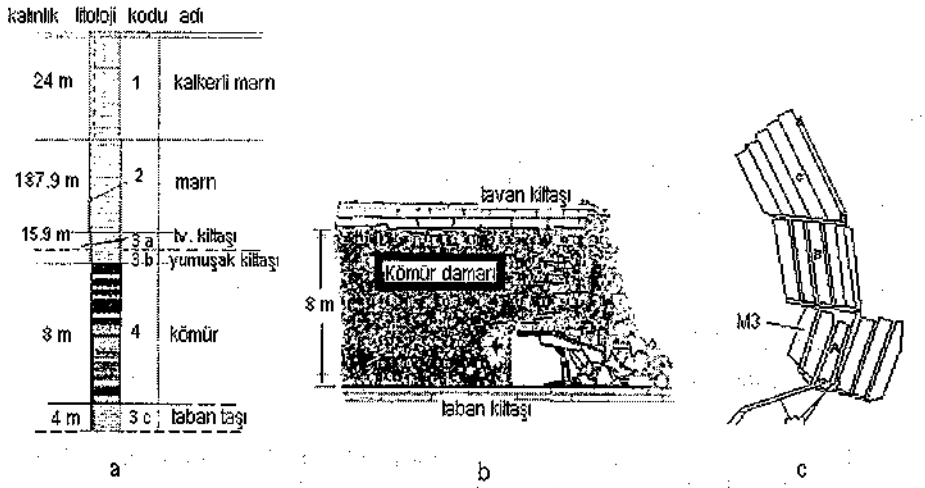


Şekil 6. Periyodik yükleme sırasında direklerde oluşan direnç değişimleri (Peng, 1984)

2. ÖMERLER YERALTI OCAĞI

1985 yıllında üretime geçen Ömerler Yeraltı İşletmesinde arkadan göçertmeli dönümlü uzunayak kazı metodu ve tahkimat olarak klasik tahkimat sistemi (hidrolik direk + çelik sarma) kullanılırken, 1997 yılından itibaren tam mekanize uzunayak üretim sistemi uygulanmaktadır.

Kömür damarı ortalama 8-9 metre kalınlığında olup, şimdiki çalışılan panolarda 210-250 metre derinliktedir. Damarın hemen üzerinde kalınlığı 25-50 cm arasında değişen yumuşak kiltaşı formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonun üzerinde, sırasıyla tavan kiltaşı, marn ve kalkerli marn formasyonları bulunur (Şekil 7a). Bu formasyonlara ait fiziksel ve jeomekanik özellikler Çizelge 1'de verilmektedir.



Şekil 7. a-Kömür damarı ve çevreleyen tabakalar (Destanoğlu vd. 2000),
b- Mekanize panoda üretim yöntemi (Akdaş vd. 2000),
c- Mekanize panolar plan görünümü.

Çizelge 1. Kömür ve çevre kayaçların fiziksel ve jeomekanik parametreleri (Köse vd., 1994).

Formasyon adı	Kod	Göze - neklilik (%)	Tek eks. basınç day. MPa	Dolaylı çekme day. MPa	İçsel sürt. Açısı (Ø)	Kohez-yon MPa	Nok. Yük. Day. İndeksi		Elastisite Mod., MPa	Poisson Oranı (v)
							çapsal	eksenel		
Tavan taşı	3 a	21.30	13.86	2.22	32^0	3.06	0.16	0.66	1422	0.28
Yumuşak kiltaşı	3 b	10.80	8.37 (1)	1.74	15^0-36^0 (3)		0.10	0.38	1962 (3)	
Taban kiltaşı	3 c	21.30	23,39	3.36	43^0	2.78	0.41	1.66	2007	0.31
Kömür damarı	4	9.72	9.81 (2)	--	15^0-25^0 (3)	--	--	--	1668 (3)	0.25

(1)Eksenel nokta yükleme dayanımı indeksinden kestirilmiştir.
(2)Sondaj verilerinden kestirilmiştir.
(3)RMR sayısından kestirilmiştir.

Kömür damarı kesitinde üç adet ara kesme bulunmakta olup, aşağıya doğru olacak şekilde sırasıyla 0.15, 0.75, 0.55 metre kalınlıklarında kiltaşlarıdır.

Ömerler Yeraltı Ocağı'nda tam mekanize üretime 1997 yılında M1 Panoda başlanmış, bugüne kadar üç panoda üretim tamamlanmış ve halen üretime M4 Panoda devam edilmektedir (Şekil 7c). Panoların ayak uzunluğu 90 metre olup, pano boyları 450-600 metre arasında değişmektedir.

Ömerler Ocağı'nda, ortalama 8-9 metre kalınlığındaki kömür damarı geri dönümlü blok göçertmeli uzunayak yöntemi ile kazanılmaktadır. Bu yöntemde kömür damarının taban taşından itibaren 2.8 metrelik kısmı çift tamburlu kesici yükleyici makine ile kazılarak, geriye kalan tavan kömürü ise yürüyen tahkimat üniteleri üzerinde bulunan

pencerelerden akıtılarak üretilmektedir. Bu yöntem tek taban ayaklı üretim yöntemi olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 7b).

2.1. Yürüyen Tahkimat Üniteleri ve Özellikleri

Mekanize panoda dört farklı tip tahkimat kullanılmaktadır. Bunlar;

1. Ayak sonu tahkimatları (Tip 1),
2. Ayak sonu tahkimatları (Tip 2),
3. Geçiş tahkimatları,
4. Ayak içi tahkimatları

olarak adlandırılmaktadır.

2.2. Ayak Sonu (Tip 1) Tahkimat Üniteleri: Bu ünite ortada ana tahkimat ve her iki tarafında büyük boyutta iki tahkimat olmak üzere üç parça tahkimattan oluşmaktadır. Ana tahkimatın taban şasesi üzerine toplayıcı konveyörün kuyruk ünitesi oturacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Çizelge 2'de teknik özelikleri verilmektedir.

Çizelge 2. Tip-1, tip-2 ve geçiş tahkimat ünitelerinin teknik özellikleri (CMEC, 1996).

Tah. Üniteleri Özellikleri	Tip-1	Tip-2	Geçiş tahkimatları
Tip:	ZTF 11200/20/35	ZTD 4200/23/35	ZFD 4200/20/35
Tah. Yüksekliği (mm):	2300-3500	2300-3500	2000-3500 mm
Tah. Genişliği (mm):	2900-3100	1434-1584	1434-1584 mm
Ön yük. yükü (30 Mpa'da):	10170 kN	2718 kN	2418 kN
Emniyet yükü:	11200 kN	3260 kN	3260 kN
Tahkimat yoğunluğu:	754 kN/m^2	830 kN/m^2	830 kN/m^2
Pencere boyutları:	----------	1250-800 mm	1250-800mm
Tahkimat ağırlığı:	44500 kg	19000 kg	17200 kg

2.3. Ayak Sonu (Tip 2) Tahkimat Üniteleri: Bu tahkimat üniteleri ayak sonu tip 1 tahkimat ünitelerinin yanına bir adet ve ayak kuyruk yolu girişini tahkim etmek üzere dizayn edilmişlerdir.Tahkimat üniteleri üzerinde pencere mevcuttur. Ayak içi tahkimatlarından farklı olarak taban şase boyutları daha uzundur ve tahkimat önünde çekmeceli ilerletilebilir ön sarma yerine piston ile kumanda edilen mafsallı ön sarma plakası mevcuttur (Çizelge 2).

2.4. Geçiş Tahkimat Üniteleri: Bu tahkimatlar ayak motor başı ve kuyruk girişine konulan ayak sonu tip 2 tahkimat üniteleri yanına birer adet kurulmak üzere, ayak sonu tahkimatları ile ayak içi tahkimatları arasındaki uyumu sağlamak için tasarımı yapılmıştır (Çizelge 2).

2.5. Ayak İçi Tahkimat Üniteleri: Bu tahkimat üniteleri ayak içini komple tahkim etmek ve üzerlerindeki pencereler vasıtasıyla tavan kömürünü almak üzere tasarımı yapılan tahkimatlardır. Her tahkimat ünitesinde; pencere, çekmeceli uzatılabilir ön sarma, tavan sarması, ana sarma, açılabilir ana sarma yan plakaları, iki adet ana direk, pencere açma-kapama direği, taban şase, zincirli konveyörü ilerletme silindiri mevcuttur (Çizelge 3).

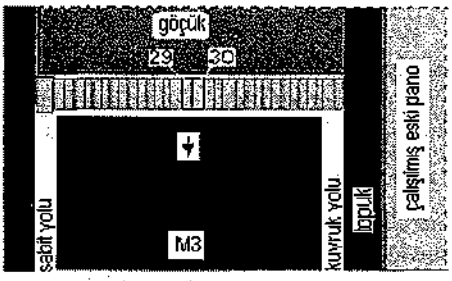
Çizelge 3. Ayak içi tahkimat ünitelerinin teknik özellikleri (CMEC, 1996).

Tip	ZYD 4000/18/32
Tahkimat yüksekliği:	1800-3200 mm
Tahkimat genişliği:	1434-1584 mm
Ön yükleme yükü (30 MPa'da):	2804 kN
Emniyet yükü:	3300 kN
Tahkimat yoğunluğu:	865 kN/m^2
Pencere boyutları:	1750x800 mm
Pencere eğimi:	40°
Ana taşıyıcı direk adedi:	2
Ana direk ön yükleme yükü (30 MPa'da):	1246 kN
Ana direk emniyet yükü:	1500 kN
Ana direk silindir iç çapı:	230 mm
Çalışma eğimi :	± 10°
Tahkimat çekme kuvveti:	462 kN
Konveyör itme kuvveti:	291 kN
Ağırlık:	16200 kg

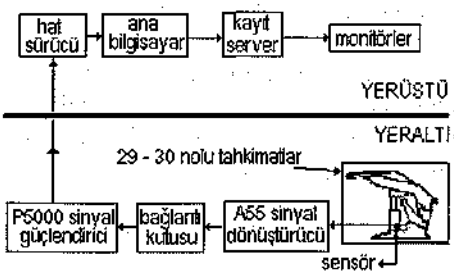
3. TAHKİMAT ÜNİTELERİ ANA DİREKLERİNDEKİ BASINÇLARIN İZLENMESİ

Uzunayakta oluşan tavan tabaka hareketlerini incelemek amacıyla M3 Panosu, ayak ortasında bulunan 29 ve 30 no'lu tahkimatların ana direklerine basınç sensörleri monte edilmiştir (Şekil 8).

Basınç sensörleri tahkimat ünitelerinin ana taşıyıcı direklerine yerleştirilmiştir. Direklerdeki sıvı basıncı ve değişimini algılama özelliği olan bu sensörler A55 siyal dönüştürücüye bağlanmakta buradan da bağlantı kutusu aracılığı ile ana hata verilmektedir. Ana hat üzerindeki P5000 sinyal güçlendiricisi ile yerüstündeki merkezi izleme odasında bulunan ana bilgisayara bilgiler aktarılmaktadır (Şekil 9). Bu bilgiler bilgisayar ortamında işlem görerek, kaydedilmekte ve grafik haline dönüştürülerek incelenebilmektedir (Akdaş vd. 2000).



Şekil 8. 29 ve 30 nolu tahkimatların yerleşim planı (Öğretmen, 2003).



Şekil 9. Ünitelerdeki basınç değişimlerini ölçme sistemi.

Ayak içinde birbirine komşu olan tahkimatlarda oluşan basınç değişimlerini değerlendirmek amacıyla 29 ve 30 nolu tahkimatlar 27 Eylül – 31 Ekim 2001 tarihleri arasında izlenmiştir. Bu tahkimatların ana direklerinde oluşan basınçları ve üretim aşamalarını gösteren grafikler Şekil 10'da verilmektedir.

Bu dönemde ayakta 29 adet ayna kesimi yapılmıştır. Arında bir kesim derinliği yaklaşık 60 cm' dir. İki defa bir ayna kesimi sonrasında, üç defa da üç ayna kesimi sonrasında arka kömürü alınmıştır. Tahkimatların ana direklerinde oluşan ön yükleme basınçları ve son basınç değerleri ile basınç tipleri üretim aşamalarına göre sınıflandırılarak Çizelge 4'de verilmektedir. Aynı çizelgede tahkimatlarda oluşan basınç değerlerinin ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri yer almaktadır.

Tahkimatlarda oluşan basınç değerlerinin istatistiksel sonuçları incelendiğinde; ön yükleme ve son basınç değerlerinin ortalamalarının birbirinden oldukça farklı olduğu göze çarpmaktadır. 29 nolu tahkimatta ön yükleme basıncı ortalaması 118,85 bar, son basınç değeri ortalaması 190,01 bar olarak gerçekleşirken, 30 nolu tahkimatta bu değerler 100,36 bar ve 156,89 bar olarak gerçekleşmektedir. 29 nolu tahkimatta oluşan maksimum ön yükleme basıncı 254,02 bar ve maksimum son basınç değeri 383,16 bar iken 30 nolu tahkimatta maksimum ön yükleme basıncı 215,89 bar ve maksimum son basınç değeri 328,63 bar'dır.

Basınç tipleri incelendiğinde; her iki tahkimatta da oluşan basınç tipleri çoğunlukla birbirinin aynısıdır. Bu da tahkimatların aynı tavan yüklemesine maruz kaldıklarını göstermektedir. Ancak ön yükleme basınçlarının birbirinden farklı olması nedeniyle son basınç değerleri de farklı olarak gerçekleşmektedir. Birbirinden farklı olan basınç tiplerine bakıldığında ise ön yükleme basınç değerleri arasındaki farkın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

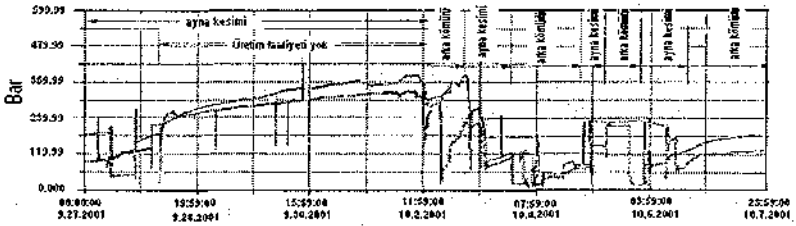
Bu ocakta basınç tipleri ile ilgili olarak 2000 yılında, M2 Panosunda 9 günlük tatil süresince üç ayrı ünite üzerinde basınç değişimleri izlenmiştir. Tatil sonrası elde edilen basınç değişim tipleri ile benzer özelliklerde olduğu görülmektedir (Akdaş vd. 2000).

Ölçüm yapılan dönemde 29 nolu tahkimat dört defa ve 30 nolu tahkimat ise iki defa emniyet basıncına ulaşmıştır. Çizelge 4'de verilen maksimum değerler bu tahkimatlarda oluşan emniyet basıncı değerleridir. 29 nolu tahkimatta bu değer 383,16 bar iken 30 nolu tahkimatta 328,63 bar dır. Tahkimat ana direklerinin emniyet valfleri basınç tasarım değerleri 350 bar olmasına rağmen, tahkimatlarda oluşan emniyet basıncı değerleri tasarım değerinden farklılık göstermektedir.

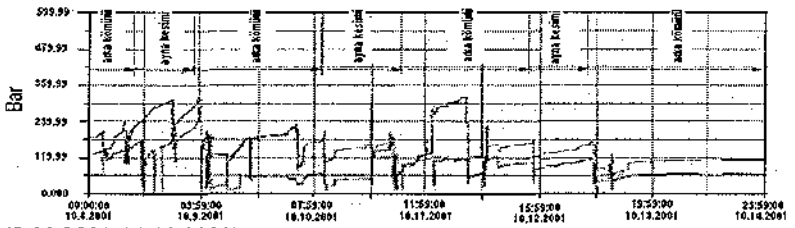
29 ve 30 nolu tahkimatlarda yapılan basınç ölçümleri sırasında, yukarıda bahsedilen basınç artışlarının periyodik olarak gerçekleştiği görülmüştür. Her iki tahkimatın da benzer basınç artışlarına ve tavan hareketlerine maruz kalması ve son basınç değerlerinin emniyet basınç değerlerine kadar hızlı bir şekilde ulaşması, periyodik tavan yüklemelerinin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 11). Birbirini takip eden periyodik tavan yüklemeleri arasındaki mesafeler 4,8 m, 4,8 m ve 3,0 m olarak gerçekleşmiştir. Periyodik tavan yüklemelerinin ardından tavanın kırılması sonucu, tahkimatlarda oluşan basınçların düşük seviyelerde artan basınç ve durağan basınç tiplerinde gerçekleştiği Şekil 11'den kolaylıkla izlenebilmektedir.

Çizelge 4. 29 ve 30 nolu tahkimatlarda oluşan basınçlar (Öğretmen, 2003).

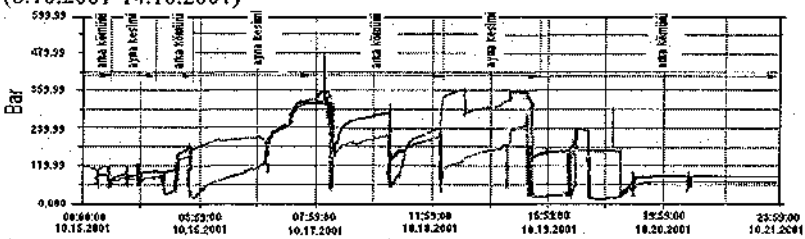
Üretim Aşaması	29 Nolu Tahkimat (Bar)		Basınç Tipi	30 Nolu Tahkimat (Bar)		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç		Ön Basınç	Son Basınç	
1. Kesim Sonrası	84,68	164,37	Artan	130,46	132,14	Durağan
	184,45	383,16	Artan	173,64	328,63	Artan
	127,57	237,03	Artan	187,69	191,79	Durağan
	232,34	228,08	Durağan	215,62	214,56	Durağan
	218,66	216,59	Durağan	76,00	97,68	Artan
	168,94	253,86	Artan	116,67	178,31	Artan
	142,76	364,61	Artan	121,75	299,33	Artan
	102,45	188,00	Artan	31,59	53,78	Durağan
	77,26	172,10	Artan	43,82	118,19	Artan
	65,97	116,17	Artan	75,58	80,93	Durağan
	86,07	214,35	Artan	12,96	165,46	Artan
	104,09	280,54	Artan	64,76	231,75	Artan
	191,17	191,24	Durağan	215,89	211,71	Durağan
	76,79	92,80	Artan	91,94	122,84	Artan
	122,84	182,42	Artan	114,64	188,39	Artan
	162,84	167,92	Durağan	186,55	185,35	Durağan
	52,96	97,92	Artan	107,10	108,00	Durağan
2. Kesim Sonrası	123,31	186,67	Artan	214,92	219,25	Durağan
	71,64	124,37	Artan	80,53	130,07	Artan
	120,62	182,64	Artan	104,56	130,30	Artan
	254,02	316,83	Artan	85,81	222,22	Artan
	132,14	207,14	Artan	133,35	195,74	Artan
	52,49	87,89	Artan	52,22	103,04	Artan
	136,40	365,23	Artan	119,41	328,00	Artan
	230,62	359,60	Artan	83,86	286,25	Artan
	59,92	74,14	Artan	80,74	94,80	Artan
	48,51	110,42	Artan	27,42	72,96	Artan
	174,80	170,39	Durağan	160,54	143,97	Durağan
	181,47	183,86	Durağan	168,04	168,63	Durağan
Arka Kömürü Sonrası	141,63	285,23	Artan	106,52	225,42	Artan
	81,01	89,56	Durağan	43,15	82,84	Artan
	69,76	111,71	Artan	121,67	132,37	Durağan
	125,65	237,57	Artan	111,12	163,89	Artan
	86,05	199,72	Artan	28,94	73,19	Artan
	137,53	187,22	Artan	83,03	113,55	Artan
	81,95	120,93	Artan	45,96	88,82	Artan
	26,52	94,56	Artan	104,06	189,48	Artan
	78,62	178,20	Artan	76,00	186,98	Artan
	54,91	111,16	Artan	85,46	75,42	Durağan
	62,11	99,52	Artan	22,36	70,46	Artan
	139,45	154,60	Durağan	8,33	26,01	Durağan
Ortalama	118,85	190,01		100,36	156,89	
Standart sapma	56,85	83,38		56,21	74,09	
Maksimum	254,02	383,16		215,89	328,63	



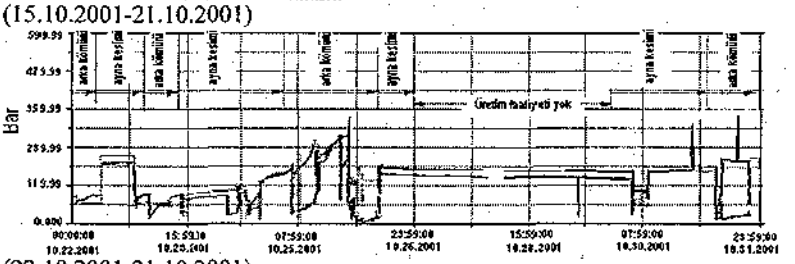
(27.9.2001-7.10.2001)



(8.10.2001-14.10.2001)

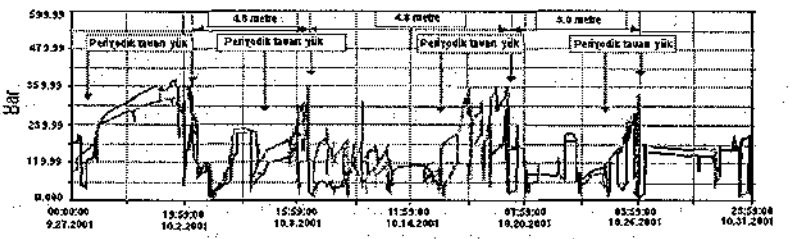


(15.10.2001-21.10.2001)



(22.10.2001-31.10.2001)

Şekil 10. 29 ve 30 nolu ünitelerde oluşan basınçlar ve üretim faaliyetleri (Öğretmen, 2003).



Şekil 11. 29 ve 30 nolu tahkimatlarda oluşan periyodik tavan yüklemeleri (Öğretmen, 2003).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

GLİ Ömerler Yeraltı Ocağında M3 panosunda birbirine komşu ve ayağın tam ortasında yer alan tahkimatlarda oluşan basınçların izlenerek değerlendirilmesi amacıyla 29 ve 30 nolu tahkimatlarda yapılan basınç ölçümleri sonucu aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tahkimatlarda oluşan basınç tipleri incelendiğinde, her iki tahkimatta oluşan basınç tipleri çoğunlukla birbirinin aynısıdır ve artan tip özelliği göstermektedirler. Birbirinden farklı olan basınç tiplerinde ise tahkimatlarda oluşan ön yükleme basınçlarının farklılığının birinci derecede etken olduğu anlaşılmıştır.

Ön yükleme basınçlarının birbirinden farklı olması, son basınç değerlerinin de farklı oluşmasına neden olmaktadır. 29 nolu tahkimatta ön yükleme basınç ortalaması 118,85 bar, son basınç değeri ortalaması 190,01 bar olarak gerçekleşirken, 30 nolu tahkimatta bu değerler 100,36 bar ve 156,89 bar olarak gerçekleşmiştir.

Ölçüm yapılan süreçte 29 nolu tahkimat dört defa ve 30 nolu tahkimat iki defa emniyet basıncı değerlerine ulaşmışlardır. 29 nolu tahkimatta emniyet basıncı 383 bar, 30 nolu tahkimatta 328 bar olarak gerçekleşmektedir. Bu değerler tahkimat ana direklerinin emniyet valfleri tasarım değeri olan 350 bar'dan farklıdır. Bu değişik emniyet basıncı değerleri, tahkimatların emniyet valflerinin sürekli bakım ve kontrol altında tutulması gerektiğini göstermektedir..

Her iki tahkimatında benzer tavan yüklerine maruz kalması sonucunda ayak ortasında oluşan tavan hareketlerinin iyi bir şekilde değerlendirilme fırsatını vermiştir. Tahkimatlarda oluşan basınçlardaki hızlı artışlara dikkat edilerek ana tavanın kırılma süreci ve ana tavan yükleme periyotları hakkında bilgiye sahip olunmuştur. Ana tavan kırılma mesafeleri 4,8 metre, 4,8 metre ve 3,0 metre olarak gerçekleşmiştir. Tespit edilen son periyotta, üç günlük bir tatil olması (27-29 Ekim 2001) nedeniyle, ayağı arka kömürü üretim aşamasında bırakmamak ve bu süreçte oluşabilecek kömür içi kızışmaları engellemek amacıyla yoğun şekilde arka kömürü çalışmaları yapılmış ve bir miktarda tavan taşının pencerelerden alınmasına müsaade edilmiştir. Bu çalışmalara bağlı olarak ana tavan oturması sağlanmış ve sonuçta ana tavan yükleme periyodu kısa sürmüştür.

Tahkimat ana direklerinde oluşan basınçların izlenmesi, tahkimat üzerinde oluşan tavan yükü, tahkimat ve tavan tabakaları arası etkileşim, ana tavan oturması, arka kömürünün göçertilerek akıtılması gibi konularda ocak teknik personeline önemli bilgiler sağladığı açıktır. Bu nedenle bu tip ölçümlerin, ayak içerisinde yer alan değişik tahkimatlarda, pano ilerlemesi boyunca sürekli izlenmesi üretim faaliyetlerinin iyi bir şekilde sürdürülmesine katkıda bulunacaktır.

Ön yükleme basınçlarının düşük tutulmasının, tavan kömürünün konverjansına yardımcı olduğu ve buna bağlı olarak arka kömürü kazanımının kolaylaştırdığı bir gerçektir. Ancak tahkimatların birbirlerine göre oldukça farklı ön yükleme basınçlarına tabi tutulması tavan yükünün tahkimatlar üzerinde eşit dağılımını engellemekte ve bazı tahkimatların aşırı tavan yüklerine maruz kalmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle ayak içinde tahkimatların ön yükleme işlemlerine özen gösterilmesi gerekmektedir.

Ayak içinde bulunan tahkimatların ağırlıklı olarak artan tipte basınca maruz kalmaktadırlar. Bu da tavan şartlarının ağır olduğunu göstermektedir. Tavan kömürünün göçertilerek alınması yalancı ve ana tavanın kolayca göçmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle arka kömürü kazanımı amacıyla zaman zaman yapılan delme ve patlatma işlerine önem verilmesi gerekmektedir.

Ölçümler sırasında tahkimat ana direk emniyet valflerinin açma basınçlarının tasarım değerlerinden farklı oldukları, çok altında veya çok üstünde gerçekleştikleri görülmüştür. Valflerin sürekli bakım ve kontrollerinin yapılması, pano taşınması sırasında yenileri ile değiştirilmesi tavan kontrolü ve tahkimat ünitelerinin gelen yükleri karşılamada eşit ve birlikte çalışmalarını sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

Akdaş, H. Destanoğlu, N. Öğretmen, S. ve Yavuz, M. (2000) Ömerler mekanize ayakta yürüyen tahkimatlardaki basınçların izlenmesi ve incelenmesi. *V. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, S.Saraç vd. (eds), 30-31 Ekim 2000, Isparta, pp. 113-121.

CMEC, (1996) *Materials of longwall equipment supplied to Turkey*, Vol 1-10, Coal Mining Equipment Group Corp., China.

Destanoğlu, N. Taşkın, F. B. Taştepe, M. ve Öğretmen, S. (2000) *GLİ Tunçbilek – Ömerler yeraltı mekanizasyon uygulaması*, TKİ yayını.

Köse, H. Tatar, Ç. Konak, G. Onargan, T. Sıdık, M. ve Kemal M. (1994) *TKİ, GLİ Ömerler Yeraltı İşletmesi Tabaka Kontrolü, Yük ve Konverjans Ölçümleri*, Proje Raporu, *Dokuz* Eylül Üniversitesi, İzmir.

Öğretmen, S. (2003) *Ömerler Mekanize Uzunayakta Tahkimatlar Üzerindeki Basınçların Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., *Eskişehir*.

Peng, S.S. and Chiang, H. S. (1984) *Longwall Mining*, John Wiley & Sons Inc.,USA, pp. 36-50.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜRÜN ÖĞÜTÜLEBİLİRLİĞİ İLE DAYANIM VE İNDEKS ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

THE RELATIONSHIPS BETWEEN GRINDABILITY AND STRENGTH INDEX PROPERTIES OF COAL

Okan SU, *Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100, Zonguldak*
Nuri A. AKÇIN ve İhsan TOROĞLU, *Karaelmas Ünv, Müh. Fak., 67100, Zonguldak*

ÖZET

Bu bildiride; kömürün bazı dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda üretim yapılmakta olan 11 damardan standartlara uygun olarak oluk ve blok örnekler alınmıştır. İlk olarak, bu örneklerin kimyasal analizleri yapılmıştır. İkinci olarak, tek eksenli basınç dayanımı, darbe dayanım indeksi, konik delici değeri ve Shore sertlik indeksleri belirlenmiştir. Üçüncü olarak, alınan örneklerin öğütülebilirliğini belirlemek üzere Hardgrove indeksi deneyleri yapılmıştır. Tüm bu deneyler yapıldıktan sonra da; dayanım ve indeks özellikleri sonuçlarıyla kimyasal analizler ve Hardgrove indeksi arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

ABSTRACT

In this paper; some of the strength and index properties and grindability of coal are investigated. For this purpose; channel and block samples were taken according to standards from 11 currently working coal seams in Zonguldak Hardcoal Basin. Initially, the samples are chemically analyzed. Secondly, uniaxial compressive strength, impact strength index, NCB cone indenter and Shore hardness index tests were determined. Thirdly, Hardgrove index test is applied in order to determine grindability of samples. After all these tests, the relationships between the results of strength and index properties, chemical analyses and Hardgrove index are investigated.

1. GİRİŞ

Kazı makinalarının performansının ve ihtiyaç duyulan enerji miktarının belirlenip değerlendirilmesinde, kayacın kazılabilirliğinin, aşındırıcılığının belirlenmesinde, topuk tasarımında, vb. birçok alanda kayacın dayanım ve indeks özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Kömürün dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaygın olarak tek eksenli basınç ve çekme dayanımı deneyi uygulanır. Bunun yanında; karot alma ve numune hazırlanmasındaki zorluklar nedeniyle indeks özelliklerinden de yararlanılmaktadır. Bunların başında; Shore sertlik indeksi, Darbe dayanım indeksi ve Konik delici değeri gelmektedir.

Çatlak, sertlik ve elastiklik gibi temel malzeme özelliklerinden elde edilen öğütülebilirlik, kömürün öğütülmeye karşı direncinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Napier et al., 1999). Öğütme için kullanılan aygıtların kapasitelerinin ve gerekli enerji tüketimlerinin belirlenmesinin yanında, kömürün özellikle toz yakıt olarak kullanılması sırasında öğütülebilirlik özelliğinden yararlanılır (Hower et al., 1987). Öğütülebilirliğin belirlenmesi amacıyla kömür hazırlama tesislerinde uygulanan deneylerden bir tanesi Hardgrove İndeksi'dir. Bu deney yöntemi hem basit, hızlı ve randımanlı olması, hem de laboratuar şartlarında tekrarlanabilir olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Hardgrove İndeks değerleri kömürün öğütülebilirliği ile ters orantılı olarak değişir. Yani, yüksek indeks değerleri kömürün kolay, küçük değerler ise zor öğütülebilir olduğunu göstermektedir (Szwilski, 1985).

Kömür; heterojen ve elastik bir özelliğe sahip olduğu için öğütülebilirliği ile dayanım ve indeks özellikleri arasında ilişkiler kurulabilmektedir. Tiryaki vd.'nin (2001) yaptığı çalışmaya göre; Hardgrove indeksi ile Schmidt çekici arasında doğrusal, Shore sertlik indeksi ile de parabolik ilişkiler bulunduğu görülmüştür.

Bu çalışmada; Zonguldak Taşkömür Havzası'nda üretim yapılmakta olan 11 damardan oluk ve blok numuneler alınarak dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla; ilk olarak hazırlanan numunelerin kaba ve elementer analizleri yapılmıştır. Daha sonra, blok numunelerden hazırlanan küp örnekler üzerinde tek eksenli basınç dayanım deneyleri, prizmatik örnekler üzerinde ise konik delici değeri ve Shore sertlik indeks değerleri tespit edilmiştir. Oluk numunelerden de darbe dayanım indeksi ve Hardgrove indeksi deneyleri yapılmıştır. Son olarak da; dayanım ve indeks özellikleri, Hardgrove indeksi ve kimyasal özellikler arasında ilişkiler kurulmuştur.

2. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Deneysel çalışmaları yapmak için öncelikle arazi çalışmaları kapsamında Zonguldak Taşkömür Havzası'ndaki bazı müesseselerden oluk ve blok numuneler alınmıştır. Laboratuvara getirilen numunelerin kimyasal analizleri yapılarak, aşağıda verilen deneyler gerçekleştirilmiştir.

2.1 Numune Alma

Kömürün dayanım, indeks ve öğütülebilirlik özelliklerinin belirlenebilmesi için Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda 4 müessesede 11 damardan oluk ve blok numuneler alınarak laboratuvara getirilmiştir. Numune alınan yerler Çizelge 1'de verilmiştir (Akçın vd., 2003).

Çizelge 1. Numune alınan müessese, damar adı ve kotları.

Müessese Adı	Damar Adı	Numune No	Kot	Numune
KOZLU	Sulu (Ayak Başı)	D1	-485	Oluk
	Sulu (Ayak Dibi)	D2	-520	Oluk
	Doğu Acılık	D3	-520	Oluk/Blok
	Batı Acılık	D4	-520	Blok
	Çay	D5	-485	Blok
ÜZÜLMEZ	Nasifoğlu	D6	-170	Oluk/Blok
	Sulu	D7	-170	Oluk/Blok
	Çay	D8	-170	Oluk/Blok
KARADON	Domuzcu	D9	-460	Oluk/Blok
	Acenta	D10	-460	Oluk/Blok
	Unudulmuş	D11	-460	Oluk/Blok
AMASRA	Taşlı	D12	-250	Oluk/Blok
	Kalın	D13	-250	Oluk/Blok

Oluk numune tüm damar stampını temsil edecek şekilde TSE 2942 standardına göre alınmıştır. Buna göre; çalışılan damarda kömür tavan taşından taban taşına doğru kazılarak, zemine serili olan çuval üzerinde toplanmıştır. Blok numuneler ise ayağın farklı yerlerinden 5-6'şar adet ve 20x20x20 cm boyutlarında seçilerek alınmıştır.

Numuneler alınırken genellikle oksitlenmemiş ve üretim yapılmakta olan damarlar seçilmiştir. Oluk numuneler ara kesmelerin olmadığı kısımlardan, blok numuneler ise mümkün olduğunca sert damarlardan alınmıştır.

2.2 Deneysel Çalışmalar

Kömürün içerdiği farklı özellikteki litotipler, yapısındaki süreksizlikler, homojen bir yapıya sahip olmamasından dolayı karot almak ve numune hazırlamak bir hayli zordur. Bu nedenle, kömürün dayanım özelliklerinin belirlenebilmesi için uygulanabilen deneyler kısıtlıdır ve laboratuvarda hazırlanan numuneler ışığında aşağıda sonuçları verilen deneyler yapılabilmiştir.

Dayanım ve indeks özelliklerini belirleme deneylerinden tek eksenli basınç dayanımı, konik delici değeri ve Shore sertlik indeksi deneyleri için blok numuneler, darbe dayanım indeksi ve öğütülebilirlik deneyleri için oluk numuneler kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalar kapsamında öncelikle numunelerin kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kimyasal analiz sonuçları.

Numune No	K (%)	UM(%)	SK (%)	% C	% H	% N	% S
D1	29,05	24,15	46,80	86,62	4,83	1,15	0,53
D2	20,84	24,93	54,86	87,77	4,55	1,06	0,32
D3	29,90	23,81	46,29	88,13	4,76	1,00	0,33
D6	7,21	29,88	62,91	88,27	5,04	0,93	0,57
D7	50,05	18,28	31,67	79,84	5,35	1,86	0,68
D8	7,84	28,53	63,63	88,84	4,87	0,96	0,31
D9	13,06	25,34	63,40	89,43	4,90	1,08	0,72
D10	38,45	18,50	43,05	87,30	5,00	1,20	0,62
D11	10,87	24,11	65,02	80,27	4,51	1,05	0,44
D12	26,09	38,12	51,58	73,25	5,26	1,08	1,32
D13	21,37	36,58	46,52	76,65	5,07	1,15	1,49

Burada; K, kül; UM, uçucu madde; SK, sabit karbon; C, karbon; H, hidrojen; N, azot; S, kükürt yüzdesidir.

2.2.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi için 70x70x70 mm boyutlarında kübik numuneler hazırlanmıştır. Evans ve Pomeroy'un (1966) Duffryn kömürleri üzerinde yaptığı çalışmada, küp numunelerin kenar uzunluğu ile tek eksenli basınç dayanımı arasında ters yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

Hazırlanan numuneler 0,1 kN/s'lik (0,02 MPa/s) yükleme hızındaki katı yükleme makinaşında test edilmiştir (Çizelge 3). Yüklemenin tüm yüzeye eşit olarak dağılması ve yüzeylerdeki pürüzlülüğün en az olması için kömürün alt ve üst yüzeylerinde tabakalaşma düzlemlerine paralel olacak şekilde 3 mm kalınlığında alçı başlık oluşturulmuştur. Kozlu müessesesi Çay damarından sadece iki tane numune hazırlanabilmiştir. Bu numune sayısı değerlendirme yapmak için yetersizdir. Ayrıca, Karadon müessesesi Domuzcu ve Acenta damarlarından alınan numunelerin çok yumuşak olmasından dolayı numune hazırlanamamıştır.

Çizelge 3. Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	σ_c (MPa) ± S.S.
D3	4	4,23 ± 3,35
D4	3	2,82 ± 0,63
D5	2	3,84 ± 2,41
D6	3	5,08 ± 0,67
D7	4	3,41 ± 0,38
D8	5	4,39 ± 1,40
D11	4	4,09 ± 2,47
D12	5	12,17 ± 5,42
D13	6	17,34 ± 5,94

Burada; Nm. S., deney için hazırlanabilen numune sayısını; σ_c, tek eksenli basınç dayanımını göstermektedir.

2.2.2 Darbe Dayanım İndeksi

Deney için -9,5 +3,17 mm aralıklarındaki kömür numuneleri 100±0,05g olacak şekilde tartılmıştır. Daha sonra 30,5 cm yüksekliğindeki silindir bir kaba boşaltılmış ve 1,8 kg ağırlığındaki çekiç 20 kere ardışık olarak düşürülmüştür. Silindir kaptan çıkarılan numuneler 3,17 mm'lik elekte elenmiş ve elek üstü tartılarak darbe dayanım indeks değerleri belirlenmiştir (Evans and Pomeroy, 1966). Deney 6 kere tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Darbe dayanım indeksi deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	DDİ ± S.S.
D1	6	36,0 ± 2,90
D2	6	39,8 ± 1,33
D3	6	41,2 ± 0,44
D6	6	42,1 ± 2,35
D7	6	42,6 ± 0,90
D8	6	40,1 ± 1,94
D9	6	43,7 ± 3,05
D10	6	52,7 ± 1,94
D11	6	56,0 ± 1,47
D12	6	71,4 ± 0,78
D13	6	68,8 ± 0,91

Burada DDİ; hazırlanan numunelerin darbe dayanım indeks değeridir.

2.2.3 Konik Delici Deneyi

Kayaçların batmaya karşı direncinin belirlenmesi amacıyla, İngiltere Maden Araştırma ve Geliştirme Kurumu (MRDE) tarafından özel olarak tasarlanan konik delici deney cihazı için 12x12x6 mm boyutlarında prizmatik numuneler hazırlanmıştır (Szlavin, 1974). Daha sonra yüzeyleri sıfır numara zımpara kağıdı ile zımparalanan numuneler deneye tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Kozlu müessesesi ve Karadon Unudulmuş damarlarından alınan blok örneklerin çok yumuşak ve ezik olması nedeni ile numune hazırlanamamıştır.

Çizelge 5. Konik delici sertlik deneyi sonuçları.

Numune No	Nm. S.	KDD ± S.S.
D6	10	1,025 ± 0,05
D7	10	0,824 ± 0,04
D8	10	0,462 ± 0,02
D9	10	1,064 ± 0,05
D10	10	0,653 ± 0,02
D12	10	1,300 ± 0,03
D13	10	1,456 ± 0,03

Burada KDD; hazırlanan numunelerin konik delici değeridir.

2.2.4 Shore Sertlik İndeksi Deneyi

Shore sertlik deneyi için 30x30x15 mm boyutlarında prizmatik numuneler kömür kesme tezgahlarında kesilerek hazırlanmış ve daha sonra yüzeylerdeki pürüzlülüğü en aza indirmek amacı ile sıfır numara zımpara kağıdı ile zımparalanmıştır.

Shore sertlik indeks değerlerinin belirlenebilmesi için D model skeloroskop kullanılmıştır. Buna göre her damar için hazırlanan 5 adet numunenin yüzeylerinde 20 farklı değer okunmuş ve bu değerlerin ortalaması alınarak numunelerin Shore sertlik indeks değerleri belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Shore sertlik indeksi deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	SH ± S.S.
D3	5	34,40 ± 5,49
D4	5	31,35 ± 4,23
D5	5	31,90 ± 5,62
D6	5	37,70 ± 5,80
D7	5	34,05 ± 5,06
D8	5	28,80 ± 3,83
D9	5	39,70 ± 5,33
D10	5	34,20 ± 5,45
D11	5	31,90 ± 6,28
D12	5	60,40 ± 5,35
D13	5	56,35 ± 5,41

Burada SH, hazırlanan numunelerin Shore sertlik indeksi değeridir.

2.2.5 Hardgrove İndeksi Deneyi

Damarlardan alınan örneklerin öğütülebilirliğini belirlemek için Erdemir Laboratuvarları'nda Hardgrove İndeksi deneyi yapılmıştır. ASTM D 409 standardına göre 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm ve 0,60 mm'lik elekler kullanılarak 1 kg numune kademe kademe -1,18 +0,60 mm fraksiyonuna indirgenmiş ve 50 g tartılmıştır.

Deneyin yapılması için Hardgrove değirmeni kullanılmıştır. Buna göre 50 g'lık hazırlanan numuneler 20 devir/dk'lık hızla dönen değirmende öğütülmüştür. Öğütülen numune 0,075 mm'lik elekte 20 dk elenmiştir. Bu işlem sonunda +0,075 mm'lik numune tartılmış ve Eşitlik 1'de yerine konarak Hardgrove İndeks değeri hesaplanmıştır (ASTM,1993). Elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

$$Hİ = 13 + (6{,}93xW) \qquad [1]$$

Hİ = Hardgrove İndeksi.
W = 0,075 mm'lik elek üstünde kalan malzeme miktarı (g).

Elde edilen deney sonuçlarına göre Hardgrove indeksi sonuçlarının genellikle çok yüksek, yani kolay öğütülebilir olduğu ortaya çıkmıştır.

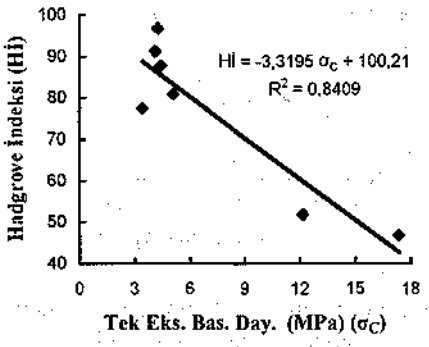
Çizelge 7. Hardgrove İndeksi deney sonuçları.

Numune No	W	Hİ
D1	11,1	89,92
D2	11,5	92,70
D3	12,1	96,85
D6	9,8	80,91
D7	9,3	77,45
D8	10,8	87,84
D9	11,1	89,92
D10	10,7	87,15
D11	11,3	91,31
D12	5,6	51,81
D13	4,9	46,96

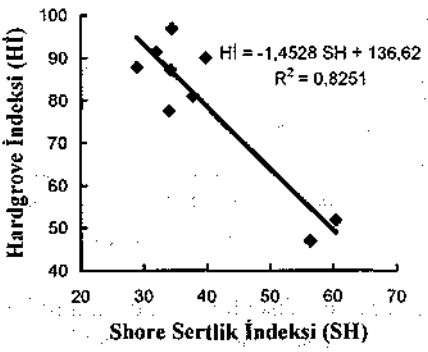
3. DENEY SONUÇLARININ YORUMLANMASI

Deneysel çalışmalar sonucunda; kömürün dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasında anlamlı ilişkiler kurulmuştur. Buna göre; dayanım ve indeks özelliklerini belirlemek için yapılan deneyler ile Hardgrove İndeksi arasında azalan yönde doğrusal ilişkilerin olduğu görülmüştür. Yani, kömürün dayanımı arttıkça, Hardgrove İndeks değeri düşmekte, dolayısı ile öğütülebilirliği zorlaşmaktadır. Dayanım özellikleri ile Hardgrove indeksi arasında kurulan ilişkilerde kübik örneklerden elde edilen sonuçlar kullanılmış ve ilişki katsayısı 0,92 bulunmuştur (Şekil 1). İndeks özelliklerinden olan Shore sertlik indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki katsayısı 0,91; darbe dayanım indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki katsayısı ise 0,83 bulunmuştur (Şekil 2,3).

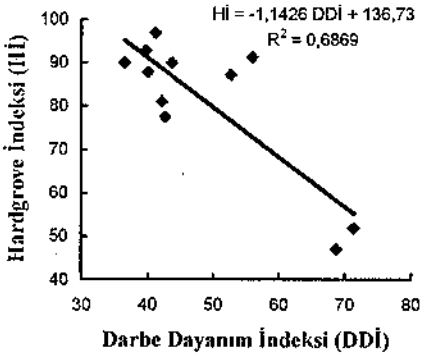
Ayrıca; numune hazırlanması sırasında bazı bloklar dağılarak parçalanmış ve her deney için yeteri kadar numune hazırlanamamıştır. Bu da noktalar arasında veri yetersizliğine neden olmuş ve ilişki katsayılarını etkilemiştir (Şekil 4).



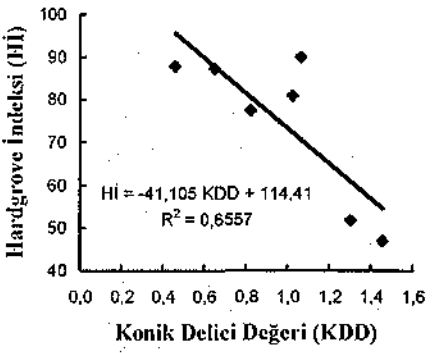
Şekil 1. Tek eksenli basınç dayanımı ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki.



Şekil 2. Shore sertlik indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki.



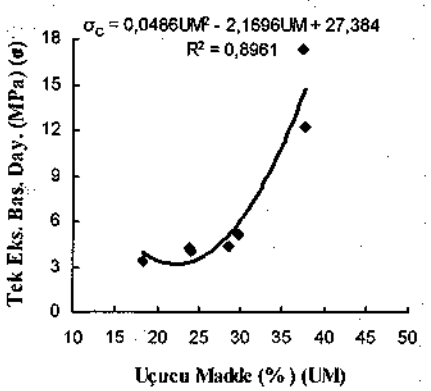
Şekil 3. Hardgrove İndeksi ile darbe dayanım indeksi arasındaki ilişki.



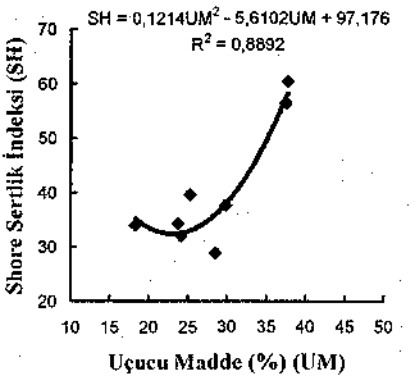
Şekil 4. Hardgrove İndeksi ile konik delici değeri arasındaki ilişki.

Kömürün dayanım ve indeks özellikleri ile kimyasal analizleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve uçucu madde ile parabolik ilişkiler olduğu görülmüştür (Şekil 5,6,7). İlişkilerde tüvenan kömürün kül ve uçucu madde yüzdeleri kullanılmıştır. Uçucu madde için sınır değer yaklaşık %25 bulunmuştur. Bu noktadan sonra uçucu madde değeri yükseldikçe, dayanım da yükselmektedir.

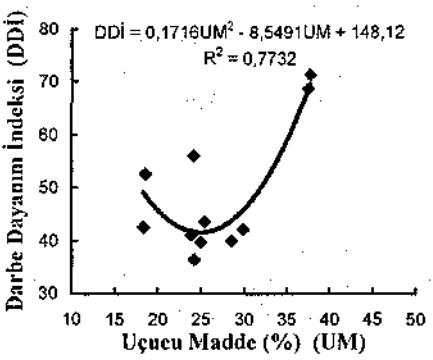
Hardgrove İndeksi ile uçucu madde arasında ise azalan yönde doğrusal bir ilişki kurulmuştur (Şekil 8). Elde edilen grafik, dayanım özellikleri ile kurulan ilişkilerdeki ile ters yönlüdür. Hardgrove indeks değerlerinin yüksek olduğu noktalarda uçucu madde yüzdesinin % 28-32 arasında değiştiği görülmüştür.



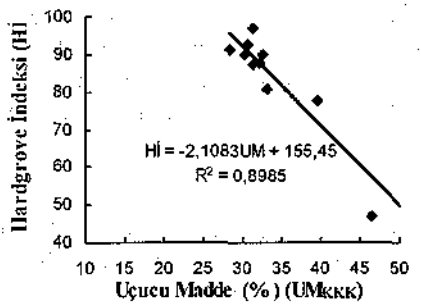
Şekil 5. Tek eksenli basınç dayanımı ile uçucu madde arasındaki ilişki



Şekil 6. Shore sertlik indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki.



Şekil 7. Darbe dayanım indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki.



Şekil 8. Hardgrove indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki 4 müesseseden oluk ve blok numuneler alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Blok örneklerden kübik ve prizmatik numuneler hazırlanarak tek eksenli basınç dayanımı, konik delici deneyi ve Shore sertlik indeksi deneyi, oluk numunelerden de standartlarda verilen aralıklarda numuneler hazırlanarak Hardgrove indeksi ve darbe dayanım indeksi deneyleri yapılmıştır.

Deneylerde elde edilen verilere göre; numune alınan damarların tek eksenli basınç dayanımları 3-17 MPa, darbe dayanım indeksleri 37-71, konik delici değerleri 0,5-1,5, Shore sertlik indeksi değerleri 31-60 ve Hardgrove İndeksi değerlerinin de 47-93 arasında değiştiği görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında Zonguldak Taşkömür Havzası'nda Kozlu Müessesesi'nden Amasra Müessesesi'ne (batıdan doğuya) doğru gidildikçe kömür damarlarının dayanımlarının yükseldiği görülmüş ve dayanım özellikleri ile öğütülebilirlik arasında Çizelge 8'deki gibi bir sınıflama yapılmıştır (Su, 2003).

Çizelge 8. Zonguldak Havzası kömürleri için dayanım-öğütülebilirlik sınıflaması.

Dayanım-Öğütülebilirlik Sınıflaması					
Dayanım	**σ_c(MPa)**	**DDİ**	**SH**	**Hİ**	**Öğütülebilirlik**
Çok Yumuşak	<5	<45	<38	>80	**Kolay**
Yumuşak	5-12	45-55	38-50	65-80	**Orta Der. Zor**
Sert	12-17	55-72	50-65	45-65	**Zor**
Çok Sert	>17	>72	>65	<45	**Çok Zor**

Bu çizelgeye göre numune alınan bölgelerdeki kömürlerin dayanımı genellikle yumuşak sınıfındadır, sadece Amasra kömürleri sert kömür sınıfına girmektedir. Diğer yandan yapılan Hardgrove indeksi deneyleri sonucunda öğütülebilirliğin kolay olduğu bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazar, konik delici deneyindeki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Nuh BİLGİN'e (İTÜ), öğütülebilirlik deneylerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Kömür Kok ve Yan Ürünler Laboratuvarı eski şefi Sayın İsmail AKSOY'a (ERDEMİR), ayrıca bu çalışmanın gerçekleşmesine maddi destek sağlayan ZKÜ Bilimsel Araştırma Projesi'ne (2002-45-03-12) teşekkürlerini sunar.

5. KAYNAKLAR

Akçın, N.A. Toroğlu, İ. Yaralı, O. Su, O. ve Yılmaz, S. (2003) *Kömürün Dayanım Özellikleri ile Öğütülebilirliği Arasındaki İlişkilerin Araştırılması*, ZKÜ Bilimsel Araştırma Projesi 1. Gelişme Raporu, ZKÜ Müh. Fak., Zonguldak, 11 s.

ASTM D 409-93a (1993) Standard test method for grindability of coal by the hardgrove machine method, *Annual book of ASTM Standards*, Vol. 05.05, ASTM, Philadelphia, pp. 203-210.

Evans, I. and Pomeroy, C.D. (1966) *The Strength Fracture and Workability of Coal*, Pergamon Pres Ltd., London, 256 pp.

Hower, J.C. Graese, A.M. and Klapheke J.G. (1987) Influence of microlithotype composition on Hardgrove grindability for selected easterrn Kentucky coals, *International Journal of Coal Geology*, Vol. 7, No. 3, pp. 227-244.

Napier, T.J. Morrell, S., Morrison, R.D. and Kojovic, T. (1999) Rock Testing-Determining the Material-Specific Breakage Function, *Mineral Comminution Circuits Their Operation and Optimisation*, Chapter 4, Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, Australia, 413 p.

Su, O. (2003) *Kömürün Dayanım Özellikleri ile Öğütülebilirliği Arasındaki İlişkilerin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 100 s.

Szlavin, J. (1974) Relationships between some physical properties of rock determined by laboratory tests, *Int. J. Rock Mec. Min. Sci. & Geomech. Absr*, Vol. 11, London, pp. 57-66.

Szwilski, A.B. (1985) Relation between the structural and physical properties of coal, *Mining Science and Technology*, Vol. 2, Amsterdam, pp. 181-189.

Tiryaki, B. Atasoy, K. Yaşıtlı, N.E. Eyüboğlu, A.S. and Aydın, M.Z. (2001) Studies in the relationships between hardgrove grindability and some rock index tests on Cayırhan coals, *Proceedings of the 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, Ankara, pp. 451-458.

TSE 2942 (1978) Kömür damarlarından numune alma, Türk Standartları Enstitüsü, UDK 662.66, Ankara, 8 s.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04 1,2004, Zonguldak, Turkey

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE KÖMÜR VE KALKINMA: EKONOMİK GÖSTERGELERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

COAL AND DEVELOPMENT IN THE WORLD AND TURKEY: COMPARISON AND EVALUATION OF ECONOMIC INDICATORS

Şevket TÜYLÜOĞLU, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak
Gökhan OFLUOĞLU, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak

ÖZET

Enerji kaynaklarının kullanımı yatırım ve büyümeyi destekleyerek kalkınma sürecinin ve dünya gelir dağılımının değişmesine neden olmaktadır. Bu kaynaklar içinde kömür; rezerv ömrü bakımından birinci ve tüketimin karşılanması bakımından ikinci en önemli enerji kaynağıdır. Kömür ve diğer enerji kaynaklarını en fazla kullanan ülkeler, dünyanın en gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeleridir. Buna karşılık, Afrika'daki pek çok ülkede olduğu gibi, kömür ve diğer enerji kaynaklarını en az tüketen ülkeler dünyanın en az gelişmiş ülkeleridir. Türkiye açısından dünya geliri ve refahından daha fazla pay alabilmek için, kömür ve diğer enerji kaynakları tüketimini güvenli bir şekilde arttıracak politikaların uygulamaya konulması gerekmektedir.

ABSTRACT

The use of energy resources changes the world's development and income distribution by promoting investment and growth. Among these resources, coal is the primary source in the respect of reserve- life and the secondary in the respect of corresponding consumption. The developing and the developed countries are the major users of coal and the other energy resources. However, less developed countries, like many countries in Africa, consume a small percentage of these resources. Therefore, it has been necessary, in Turkey, to adopt sound and reliable policies that make it possible to get more share from world's income and wealth.

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı; enerji politikalarının önemine işaret ederek, stratejik bir ürün olan kömürün dünya ve Türkiye ekonomisi açısından halen önemini koruduğunu ortaya koymaktır. Bu bağlamda; hem kömür, hem de diğer enerji kaynakları açısından, niçin bir ulusal enerji politikasına sahip olmak zorunda olduğumuz sorusuna cevap verebilecek bir zemin oluşturmak amaçlanmaktadır.

Bu çalışma 1990'lı yıllardan günümüze dek, dünya genelinde kömür ile ilgili göstergelerin ortaya konulması ve yorumlanmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda göstergeler açıklanırken, karşılaştırma yapabilmek için diğer enerji kaynaklarından petrol ve doğal gaz ürünlerine de değinilmektedir. Çalışmanın kapsamının sınırlı tutulması zorunluluğu nedeniyle kömür fiyatları, ticareti ve verimliliği gibi konularda değerlendirme yapılamamıştır.

Araştırma konusu ile ilgili istatistiksel veriler; Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council) ve Enerji Bilgi İdaresi (Energy Information Administration) gibi çok sayıda kurumlardan temin edilebilmektedir. Bu çalışmada farklı enerji kaynaklarına yönelik istatistiksel ölçü birimlerini "petrol muadili milyon ton" cinsinden toplu olarak verdiği için, British Petrol (BP) kurumunun 2003 istatistiklerinden (Statistical Review of World Energy June 2003) geniş ölçüde yararlanılmıştır.

Çalışmanın planında ilk önce kömürün üretim ve tüketim açısından bir enerji kaynağı olarak iktisadi önemi açıklanmakta, daha sonra kömür rezervleri ve tüketimi ile ilgili verilerin bölgelere ve ülkelere göre dağılımı incelenmektedir. Bu dağılım incelenirken alternatif enerji kaynakları da göz önüne alınmakta ve böylece dünyanın genel enerji durumunun açıklanmasına çalışılmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye'de enerji açığının giderilmesi açısından stratejik bir öneme sahip olan kömür madenlerinin dünya genelindeki yeri ve önemine işaret edilerek, kömür madenciliğinin geliştirilmesine yönelik önerilerle çalışma sonuçlandırılmaktadır.

2. KÖMÜRÜN ENERJİ KAYNAKLARI İÇİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

2.1 Enerji, Yatırım, Büyüme ve Kalkınma İlişkisi

Enerji kaynaklarının önemine iktisadi büyüme ve kalkınma probleminin temel sorusu ile başlanabilir: Neden dünyada bazı ülkeler daha zengin ve diğerleri daha yoksuldur (Jones, 2001)? Bu sorunun en açık cevabı ikinci bir soruda gizlidir: Neden bazı ülkelerde daha fazla yatırım yapılırken, diğerlerinde daha az yatırım yapılmaktadır (Tezel, 2003)?

Yatırımın istenilen düzeyde artması, ekonominin gelişmesi veya var olan düzeyini sürdürmesi, yeterli enerji kaynaklarına ulaşabilme ve tüketebilme ile yakından ilişkilidir. Enerji sektörleri iktisat tarihi boyunca, yatırım yapılan bir çok sektör için anahtar bir rol oynamış, ekonomik büyüme ve kalkınma için önemli bir altyapı oluşturmuş ve oluşturmaya da devam etmektedir. Bir ekonomide enerji tüketimi, üretimi, fiyatları veya enerji sunan diğer altyapı hizmetlerinin güvenli bir şekilde yerine getirilmesinin aksaması, çok büyük ekonomik ve sosyal maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Joskow, 2001).

Kısaca güvenli, kesintisiz daha fazla enerji tüketimi yatırımları, yatırımlar da gayri safi milli hasılayı besleyerek ekonomide büyüme hızını arttırmaktadır. Bir ülkenin büyüme hızının artması, dünya gelir dağılımından daha fazla pay alması ve bu ülkenin diğerlerine oranla daha fazla gelişmesi demektir (Jones, 2001).

Buradan hareketle yukarıdaki ikinci sorunun en açık cevabının üçüncü bir soruda gizli olduğu söylenebilir: Neden bazı ülkeler daha fazla enerji kaynaklarını elde edip tüketebilirken, diğerleri yeterince tüketememektedirler?

Bu çalışmanın kapsamında, üçüncü sorunun cevaplanmasına yardımcı olacak dördüncü bir sorunun cevabı açıklanmaktadır: Acaba hangi ülkeler enerji kaynaklarına daha fazla ulaşabilmekte ve daha fazla tüketebilmektedir? Azgelişmiş ülkeler aleyhine işleyen bu sorunun cevabından rahatsız olan Bağımlılık Kuramı düşünürleri, azgelişmiş ülkelerin sanayileşmiş ülkelere birçok önemli hammaddeyi gönderdiklerini ve bu ülkelerin gelişmesine katkı sağlarken hammadde ve kaynaklarını kendileri kullanmadıkları için geri kalmış olduklarını ileri sürmektedirler (Ercan,1995; Cirhinlioğlu,1999).

Enerji kaynaklarının bir ülke için yaşamsal öneme haiz olması, sürekli bir şekilde elde edilebilmesi ve tüketilebilmesinin güvence altına alınabilmesi önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle enerji tüketiminin önemli bir kısmı artan ölçüde başka ülkelerden ithalat yoluna gidilerek karşılanmakta ise (Joskow, 2001), enerji politikası ulusal güvenlik ve bağımsızlık açısından ayrı bir önem kazanmaktadır. Bütün bunlardan hareketle denilebilir ki, eğer kömür madeni dünya enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip ise, özel bir önem ve politikayla ele alınması gerekmektedir.

2.2 Genel Olarak Üretim, Tüketim ve Rezerv Açısından Kömürün Yeri

Dünya enerji kaynakları genel olarak petrol, kömür, doğal gaz, güneş, rüzgar, odun ve tezek vb. pek çok çeşitli kaynaklardan oluşmaktadır. Bunlar arasında en önemli paya sahip olan kaynaklar petrol, kömür ve doğal gazdır. Kömürün bunlar içindeki yerini ve önemini görebilmek için aşağıda Çizelge 1 düzenlenmiştir:

Çizelge 1. 2002 yılı dünyada genel enerji üretim, tüketim ve rezerv durumları (BP, 2004).

Enerji Adı	Üretim*	Tüketim*	Rezerv	Ömür (Yıl)
Petrol	3556	3522	142,7**	40,6
Kömür	2379	2397	984453**	204
Doğal Gaz	2244	2282	155,78***	60,7

* Petrol muadili milyon ton (pmmt); ** milyon ton; *** metre küp.

Çizelge 1, en önemli enerji kaynaklarını sergilemekte olup, dünya genelinde toplam üretim ve toplam tüketim açısından kömürün petrolden sonra ikinci sırada önemli bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Bunun da ötesinde kömür, en fazla rezerve sahip olması ve uzun yıllar kullanılabilecek olması dikkate alındığında, dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak belirginleşmektedir. Çünkü petrolün dünyadaki ömrü 40 yıl ve doğal gazın ömrü de 60 yıl civarında olmasına rağmen, kömürün ömrü 200 yılın üzerindedir. Dünyanın en önemli üç enerji kaynağının değerlendirilmesi Türkiye için yapıldığında, Çizelge 2'deki gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

Çizelge 2'de gösterildiği gibi, kömür dışında yer alan ve dünyanın en önemli enerji kaynaklarından olan petrol ve doğal gazın Türkiye'de rezerv ve üretimi oldukça

Çizelge 2. 2002 yılı Türkiye'de genel enerji üretim, tüketim ve rezerv durumu (BP, 2004).

Enerji Adı	Üretim*	Dünya Payı	Tüketim*	Dünya Payı	Rezerv	Dünya Payı	Ömür (Yıl)
Petrol	-	-	29,9	%0.8	-		-
Kömür	11,5	%0,5	18,1	%0,8	3689 **	%0.4	68
Doğal Gaz	-	-	15,6	%0,7	-		-

* Petrol muadili milyon ton (pmmt); ** milyon ton.

önemsiz olduğu için dünya istatistiklerine yansımamaktadır. Bu yüzden Türkiye'nin bu günkü koşullarda çok ciddi petrol ve doğal gaz bağımlılığı olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye'nin kömür tüketimini önemli ölçüde karşılama olanağı sunabilmesi nedeniyle, kömür rezerv ve üretiminin Türkiye'de enerji güvenliği ve bağımsızlığı açısından son derece yaşamsal bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, kömür üretiminde bile dışarıya bağımlılık ciddi bir şekilde devam etmektedir; Çünkü Çizelge 2'de verildiği gibi, Türkiye dünya kömür üretiminin %0.5'ini üretmesine rağmen, %0.8'ini tüketmektedir. Bu durum, Türkiye'de kömür üretiminin arttırılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, belirtilmelidir ki, dünya kömür rezervleri 204 yıllık bir ömre sahip olmasına rağmen, Türkiye kömür rezervleri sadece 68 yıllık bir gelecek sunabilmektedir.

2.3 Özel Olarak Tüketim Açısından Kömürün Yeri

İktisadi bir mal olarak kömür malı hammadde, üretim, tüketim, ticaret, fiyatlar vb. pek çok makro ekonomik değişkenler açısından incelenebilir. Fakat bunlar içinde kömür tüketiminin özel bir yeri bulunmaktadır. Çünkü kömür, hammadde ve diğer enerji kaynakları üretildiği bölgelerde değil, tüketildiği bölgelerde yatırım ve gelir artışına katkı sağlamaktadır.

Pek çok ülke, rezervlere sahip değilse veya iç üretimi güvence altına alamasa da, yatırım ve gelişmenin sürdürülebilmesi için uluslararası piyasalardan iç tüketimi güvence altına almaya çalışmaktadır. Aşağıda Çizelge 3'te alternatif enerji kaynakları tüketimlerinin miktarı ve dünya toplam enerji tüketimi içindeki payları gösterilmekte ve bunlar içinde kömürün yeri açıklanmaktadır:

Çizelge 3. 2002 yılında alternatif enerji kaynaklarının dünya genel enerji tüketimi içindeki payları, (BP, 2004).

Alternatif Enerji Kaynakları	Tüketim*	% Pay
Dünya Petrol Tüketimi (1)	3522,5	% 37,4
Dünya Kömür Tüketimi (2)	2397	% 25,4
Dünya Doğal Gaz Tüketimi (3)	2282	% 24,2
Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (4)	610,6	% 6,5
Dünya Hidroelektrik Tüketimi (5)	592,1	% 6,3
Dünya Genel Enerji Tüketimi (1+2+3+4+5)	9405	% 100

*petrol muadili milyon ton

Çizelge 3'e göre, dünya kömür tüketimi dünya enerji tüketiminin %25.4'ünü oluşturmakta ve petrolden sonra ikinci sırayı almaktadır. Doğal gaz üçüncü sırayı almakta ve diğer enerji kaynaklarının tüketiminin ise %6 gibi önemsiz payları bulunmaktadır. Petrol, kömür ve doğal gazın tüketimi sıralaması ile, nükleer enerji ve hidroelektrik tüketiminin nispeten önemsizliği açılarından, Türkiye dünya ile aynı özellikleri yansıtmaktadır. Buradan anlaşılmaktadır ki, kömürün dünya ve Türkiye enerji kaynakları arasında ihmal edilemeyecek bir önemi ve yeri bulunmaktadır.

3. ENERJİ REZERVLERİ VE ÖMRÜ

3.1 Kömür Rezervleri

Enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutan kömür madenlerinin dünya rezervleri dikkate alındığında, halen birkaç yüz yıl daha ihtiyacı karşılayacak kapasiteye sahip oldukları görülmektedir. Bu konuda dünyanın çeşitli bölgelerine göre sayısal veriler aşağıda Çizelge 4'te sunulmaktadır:

Çizelge 4. 2002 yılı sonu itibarı ile bölgelere göre kömür rezervleri, (milyon ton) (BP, 2004).

Bölgeler	Antrasit ve Bitümlü Kömür	Alt Bitümlü Kömür ve Linyit	Toplam	Dünyadaki Payı	R/P Rasyosu
Kuzey Amerika	120222	137561	257783	26,2%	240
Gün. ve Ort. Amerika	7738	14014	21752	2,2%	404
Avrupa ve Avrasya	144874	210496	355370	36,1%	306
Afrika ve Orta Doğu	56881	196	57077	5,8%	247
Asya-Pasifik	189347	103124	292471	29,7%	126
Dünya	519062	465391	984453	100,0%	204
OECD	211084	234686	445770	45,3%	217

R/P oranı (Reserv / Production) rezervlerin yıllık toplam üretime oranı olup, bu oran, ilgili rezervin ne kadar yıl sonra sona ereceğini ya da rezervin ömrünü gösterir.

Çizelge 4'e göre, bölgelerin sahip olduğu kömür rezervlerinin dünyadaki payına bakıldığında, ilk sırayı Avrupa ve Avrasya'nın %36.1 ile aldığı görülmektedir. Zaten Avrupa Birliğinin başlangıçta kömür ve çelik topluluğu olarak başlaması rastlantısal değildir (Dinler, 2002). Bu bölgeyi %29.7 ile Asya-Pasifik bölgesi, %26.2 ile Kuzey Amerika takip etmektedir. Buna karşılık Orta Doğu, Güney Amerika ve Afrika'nın dünya kömür rezervlerindeki payı oldukça düşüktür. Dünya toplam kömür rezervlerinin %45.3'ü OECD ülkelerinde bulunmaktadır.

Kömür ömrüne bölgeler açısından bakıldığında, Çizelge 6'deki verilere göre, en uzun ömürlü kömür rezervlerine Amerika Kıtasının sahip olduğu görülmektedir. Güney Amerika'nın 404 yıllık, Kuzey Amerika'nın ise 240 yıllık kömür rezervi bulunmaktadır. Avrasya'nın bugünkü teknolojik imkanlarla 306 yıllık, Afrika ve Orta Doğunun kömür rezervleri 247 yıllık, Avustralya ve Pasifik bölgelerinin ise 126 yıllık kömür rezervi bulunmaktadır. OECD ülkelerinde kömür rezervlerinin ömrü dünya ortalamasının üzerinde olup 217 yıldır. Aşağıda Çizelge 5'te ülkeler açısından kömür rezervleri incelenmektedir.

Çizelge 5'te gösterildiği gibi, dünya kömür rezervleri içerisinde en yüksek paya sahip olan ülkenin %25.4 oranıyla ABD olduğu görülmektedir. ABD'yi %15.9'luk oranla Rusya Federasyonu, %11.6'lık bir oranla Çin takip etmektedir. Çin'i %8.6 ile Hindistan, %8.3 ile Avustralya ve %6.7 oranıyla Ruhr kömür havzasıyla Avrupa'nın en önemli kömür rezervlerine sahip olan Almanya izlemektedir.

Türkiye ise, dünya kömür rezervleri içinde %0.4 gibi küçük bir paya sahip olmasına rağmen, kömür madenleri stratejik yönden halen önemini korumaktadır. Sağlıklı rezerv tespit çalışmaları yapıldığı taktirde daha uzun yıllar (Değirmenci, 1992; Özcan, 1981) Türkiye'nin enerji talebini karşılayacak düzeyde kömür rezervlerine sahip olduğu söylenebilir.

Kömür ömrüne ülkeler açısından bakıldığında, Brezilya, Rusya Federasyonu, Sahara Altı Afrika, Ortadoğu, Japonya ve Pakistan'ın 500 yılın üzerinde bir kömür ömrüne sahip olduğu görülmektedir. Afrika ve Orta Doğu'da kömür ömrünün fazla olması rezerv fazlalığından değil, üretim azlığından kaynaklanmaktadır. Bu ülkeleri 464 yılla Kazakistan 412 yılla Ukrayna, 317 yılla Almanya ve 252 yılla ABD takip etmektedir. ABD'nin kömür ömrünün daha gerilere düşmesinin nedeni, ABD'de yıllık kömür üretiminin göreli olarak fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Ocaklarının verimsizliği ve kapatılması gerekliliği zaman zaman kamuoyunda ileri sürülen ve tam anlamıyla sağlıklı bir rezerv tespit çalışması yapılmayan Türkiye'de ise, bu günkü koşullarda 68 yıllık kömür rezervi olduğu gözlemlenmektedir.

Çizelge 5. 2002 yılı sonu itibarı ile ülkelere göre kömür rezervleri, (milyon ton) (BP, 2004).

Ülkeler	Antrasit ve Bitümlü kömür	Alt Bitümlü kömür ve Linyit	Toplam	Dünya Toplamı İçindeki Pay	R/P Rasyosu
ABD	115891	134103	249994	25,4%	252
Kanada	3471	3107	6578	0,7%	97
Meksika	860	351	1211	0,1%	101
Brezilya	-	11929	11929	1,2%	*
Kolombiya	6267	381	6648	0,7%	168
Venezuela	479	-	479	□	60
Bulgaristan	13	2698	2711	0,3%	100
Çek Cumhur.	2114	3564	5678	0,6%	90
Fransa	22	14	36	□	17
Almanya	23000	43000	66000	6,7%	317
Yunanistan	-	2874	2874	0,3%	40
Macaristan	-	1097	1097	0,1%	85
Kazakistan	31000	3000	34000	3,5%	464
Polonya	20300	1860	22160	2,3%	138
Romanya	1	1456	1457	0,1%	48
Rusya Feder.	49088	107922	157010	15,9%	*
İspanya	200	460	660	0,1%	30
Turkiye	278	3411	3689	0,4%	68
Ukrayna	16274	17879	34153	3,5%	412
İngiltere	1000	500	1500	0,2%	50
Gün.Afrik.Cum.	49520	-	49520	5,0%	221
Orta Doğu	1710	-	1710	0,2%	*
Avusturalya	42550	39540	82090	8,3%	243
Çin	62200	52300	114500	11,6%	82
Hindistan	82396	2000	84396	8,6%	235
Endonezya	790	4580	5370	0,5%	52
Japonya	773	-	773	0,1%	*
Yeni Zelanda	33	539	572	0,1%	134
Kuzey Kore	300	300	600	0,1%	9
Pakistan	-	2265	2265	0,2%	*
Güney Kore	78	-	78	□	23
Tayland	-	1268	1268	0,1%	64
Vietnam	150	-	150	□	10
Dünya	**519062**	**465391**	**984453**	**100,0%**	**204**

* işareti 500 yıldan daha fazla ve □ işareti ise %0.05'ten daha az rakam ve oranları göstermektedir.

3.2 Alternatif Rezervler

3.2.1 Petrol Rezervleri

Üretim ve tüketim açısından birinci sırada yer alan petrol, rezerv ve ömür açısından en kıt kaynak olmakta ve önem açısından sonuncu sıraya geçmektedir. Yeryüzünden ilk önce silinecek olan bir enerji kaynağı görümünde olduğu için, kömür ve doğal gazın

önemi ortaya çıkmaktadır. Petrol rezervlerinin dünyadaki çeşitli bölgelere göre dağılımı aşağıda Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6'da görüldüğü gibi, dünya petrol rezervlerinin %72.8'i Kuzey Afrika ve Orta Doğu'da bulunmaktadır Petrol rezervi açısından en yüksek paya sahip olan bölge Orta Doğu olup, dünya toplamının %65.4'ünü teşkil etmektedir. Bunu %9.4 ile Güney Amerika, %9.3 ile Avrasya, %7.4 ilè Afrika takip etmektedir. Kuzey Amerika'nın payı ise yalnızca %4.8'dir.

Bugünkü koşullarda, dünya ülkeleri içerisinde en fazla petrol ömrüne sahip olan bölge, 92 yılla Orta Doğu Bölgesi olmaktadır. Bunu 42 yılla Orta ve Güney Amerika ve 27.3 yılla Afrika takip ederken, Kuzey Amerika'nın ömrü ise sadece 10.3 yıldır.

Dünya rezervleri açısından en yüksek paya sahip olan ülke, %25 ile Suudi Arabistan olup, bunu %10.7 ile Irak, %9.3 ile Birleşik Arap Emirlikleri, %9.2 ile Kuveyt, %8.6 ile İran, %7.4 ile Venezuela ve %5.7 ile Rusya Federasyonu takip etmektedir. Buna karşılık ABD'nin payı %2.9, Azerbaycan'ın payı %0.7 gibi düşük düzeylerde bulunmaktadır. Türkiye'nin payı da oldukça önemsiz düzeyde bulunmaktadır.

Çizelge 6. 2002 yılı sonu itibarı ile bölgelere göre petrol rezervleri (BP, 2004).

Bölgeler	Milyar Varil	Milyar Ton	Dünyadaki Payı	R/P Rasyosu
Kuzey Amerika	49,9	6,4	4,8%	10,3
Orta ve Gün. Amer.	98,6	14,1	9,4%	42,0
Avrupa Ve Avrasya	97,5	13,3	9,3%	17,0
Orta Doğu	685,6	93,4	65,4%	92,0
Afrika	77,4	10,3	7,4%	27,3
Asya Pasifik	38,7	5,2	3,7%	13,7
Dünya	047,7	142,7	100,0 %	40,6
OECD	72,0	9,4	6,9%	9,7
OPEC	819,0	111,9	78,2%	82,0
OPEC Dışı	150,9	20,1	14,4%	11,9

Ülkeler açısından petrol ömrüne bakıldığında, 100 yılın üzerinde petrol rezerv ömrüne sahip olan Irak, Kuveyt ve Birleşik Arap Emirlikleri dikkati çekmektedir. Bunları 86 yılla Suudi Arabistan, 74 yılla Venezuela, 73.8 yılla İran, 62.5 yılla Azerbaycan ve 59.4 yılla Libya takip etmektedir. Buna karşılık, ABD'de sadece 10.8 yıllık petrol ömrü bulunmaktadır. OPEC ülkelerin ortalama petrol ömrü 82 ve OPEC dışı ülkelerin ise 12 yıldır. Bu durumda OPEC gelecekte hala etkili olabilecek bir kurum olarak gözükmektedir. Türkiye için petrol rezervleri, dünya geneli içinde oldukça önemsiz bir paya sahip olduğu için istatistiklere yansımamaktadır.

3.2.2 Doğal Gaz Rezervleri

Öte yandan petrolden daha uzun ömürlü olan doğal gaz rezervleri ile ilgili göstergelerin çeşitli bölgelere göre dağılımı aşağıda Çizelge 7'de verilmektedir:

Çizelge 7'den görülebileceği gibi, dünya toplam doğal gaz rezervlerinden bölgelerin aldığı paya bakıldığında, en yüksek paya %39.2 ile Avrasya ve %36 ile Orta Doğu'nun sahip olduğu görülmektedir. Diğer bölgelerin payı %10'un altındadır. En düşük paya sahip olan bölgeler, %4.6 ile Kuzey Amerika ve %4.5 ile Güney Amerika'dır.

Çizelge 7. 2002 yılı sonu itibarı ile bölgelere göre doğal gaz rezervleri, (BP, 2004).

Bölgeler	Toplam (trilyon metreküp)	Dünyadaki Payı	R/P Rasyosu
Kuzey Amerika	7,15	4,6%	9,4
Güney Ve Orta Amerika	7,08	4,5%	68,8
Avrupa Ve Avrasya	61,04	39,2%	58,9
Orta Doğu	56,06	36,0%	*
Afrika	11,48	7,6%	88,9
Asya-Pasifik	12,61	8,1%	41,8
Dünya	155,78	100,0%	60,7
AB (15)	3,14	2,0%	14,4
OECD	15,38	9,9%	14,1

* işareti yüz yıldan fazla doğal gaz ömrü olan bölgeleri göstermektedir.

Bölgeler açısından en yüksek doğal gaz ömrüne sahip olan bölge, 100 yılın üzerindeki rezervleri ile Orta Doğu'dur. Bu bölgeyi 88.9 yılla Afrika, 68.8 yılla Güney Amerika, 58.9 yılla Avrasya, 41.8 yılla Asya-Pasifik bölgesi takip etmektedir. Kuzey Amerika'nın doğal gaz rezerv ömrü ise sadece 9.4 yıldır.

En yüksek doğal gaz rezerv payına sahip olan ülke, %30.5 ile Rusya Federasyonu'dur. Bunu, %14.8 ile İran, %9.2 ile Katar izlemektedir. ABD'nin payı ise sadece %3.3'tür. Diğer ülkelerin payı oldukça önemsiz olup, 15 Avrupa Birliği ülkesinin toplam payı %2.2'dir. Buradan anlaşılacağı gibi, ABD ve Avrupa ülkelerinin petrolde olduğu gibi doğal gaz konusunda da enerji sorunu ile karşı karşıya olduğu açıktır.

Ülkeler açısından doğal gaz ömrü yüzlerce yıl sürecek olan ülkeler, Irak, İran, Kuveyt, Umman, Katar, Suriye, Birleşik Arap Emirlikleri, Yemen, Azerbaycan, Libya, Nijerya, Pakistan, Bolivya, Peru, Venezuela ve İtalya'dır. Buna karşılık ABD'nin Doğal gaz rezervlerinin ömrü 9.6, Kanada'nın 9.3, 15 Avrupa ülkesinin toplam rezerv ömrü ise sadece 14 yıldır.

4. TÜKETİM

4.1 Kömür Tüketimi

Gelişmiş ülkelerle az gelişmiş ülkeler arasında kömür tüketimi açısından açık bir farklılık bulunmaktadır. İlk önce bölgeler açısından kömür tüketiminin dağılımı Çizelge 8'de verilmekte ve daha sonra ülkeler için değerlendirmeler yapılmaktadır.

Çizelge 8. 1990-2002 yılları arası bölgelere göre kömür tüketimi*, (BP, 2004)

BÖLGELER	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Kuzey Amerika	511,4	507,4	511,5	527,4	530,7	536,5	560,7	572,9	579,8	578,7	604,7	583,0	591,5
G.ve Ort Ame.	17,2	17,4	16,9	17,3	18,1	18,2	19,3	20,3	19,3	19,2	19,8	19,5	17,8
Avr. ve Avras.	786,4	730,7	689,2	636,6	598,3	576,3	560,2	539,0	523,2	502,8	518,0	523,3	506,1
Orta Doğu	3,4	3,6	4,3	4,8	5,1	5,5	6,2	6,3	6,8	6,7	7,3	8,0	8,4
Afrika	79,4	77,5	74,8	78,1	81,7	85,4	89,9	92,3	91,7	89,9	89,4	89,2	90,6
Asya-Pasifik	866,6	881,1	906,1	937,2	984,9	1068,4	1104,4	1119,8	1048,0	939,4	935,1	1020,1	1183,5
Dünya	2264,4	2217,7	2202,8	2201,4	2218,8	2290,3	2340,7	2350,6	2268,8	2136,7	2174,3	2243,1	2397,9
AB (15)	294,7	281,0	260,7	238,9	235,4	231,7	225,0	215,1	215,5	204,6	213,8	215,4	216,8
OECD	1091,2	1068,2	1042,9	1035,6	1037,3	1044,5	1077,3	1082,4	1082,9	1070,8	1118,1	1105,8	1116,3

*petrol muadili milyon ton

Çizelge 8'den izlenebileceği gibi, 1990-2002 yılları arasında kömür tüketiminin yıllar itibariyle en fazla artış gösterdiği bölgelerin başında Asya-Pasifik bölgesi ve Kuzey Amerika gelmektedir. Kömür tüketiminin en az arttığı bölge Güney Amerika olmuştur. Ayrıca, Avrupa Birliği ülkelerinde 1990'dan günümüze dek kömür tüketiminin düşmüştür.

Benzer şekilde genel olarak Avrupa ve Avrasya bölgesinde kömür tüketimi ciddi bir şekilde düştüğü görülmektedir. Asya-Pasifik ve Kuzey Amerika bölgesindeki tüketim artışı bu düşüşü fazlasıyla telafi etmiş ve dünya kömür tüketimi %1.4 civarında büyümüştür. Bu durum, dünya enerji tüketiminde kömürün öneminin azalması bir yana, artarak devam ettiğini göstermektedir.

Bölgelerin 2002 yılı itibariyle kömür tüketiminden aldığı paylara bakıldığında, %49.4 ile Asya-Pasifik bölgesinin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu bölgeyi %24.7 ile Kuzey Amerika, %21.19 ile Avrasya izlemektedir. Dünyanın göreli olarak azgelişmiş bölgeleri olan Güney Amerika, Orta Doğu ve Afrika'nın dünya kömür tüketiminden en az pay aldıkları dikkati çekmektedir.

Dünya kömür tüketiminin %46.6'sı "zenginler kulübü" olarak bilinen OECD ülkeleri tarafından yapılmaktadır. 15 AB üyesi ülkenin kömür tüketiminden aldığı pay %9 düzeyinde olmasına rağmen, dünyanın en az gelişmiş bölgelerinden daha fazla bir paya sahiptir. Bölgelere göre kömür tüketiminin gelişmiş bölgelerde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Aşağıda Çizelge 9'da, ülkelere göre benzeri karşılaştırma ve yorumlar yapılmakta ve kömür tüketiminin gelişimi ve dağılımı incelenerek yapılmaktadır:

Çizelge 9'da görüldüğü gibi, ülkeler itibariyle 1990-2000 yılları arasında kömür tüketim büyümesi en fazla Çin'de gerçekleşmiş olup, bunu ABD izlemiştir. Rusya Federasyonu ve Almanya'da ise son 10 yılda kömür tüketimi ciddi bir azalma göstermiştir. Türkiye'de kömür tüketimi 2002 yılını hariç tutarsak, son 10 yılda artış göstermiştir. 2001 yılında 20.4 pmmt olan tüketim, 2002'de 18.1 pmmt'ye düşmüştür.

Kömür tüketimindeki azalmaya rağmen, dünyanın en gelişmiş veya atağa kalkmış ülkelerinin en fazla kömür tüketiminde bulunan ülkeler oldukları açık bir şekilde görülebilir. Ülkeler itibariyle 2002 yılında kömür tüketiminin %27.7'sini Çin alırken, %23.1 düzeyinde ABD almıştır.

En fazla kömür tüketen diğer ülkeler şunlardır: %7.5 oranıyla Hindistan, %4.4. oranıyla Japonya, % 4.1 oranıyla Rusya Federasyonu, %3.5 oranıyla Almanya, % 3.4 oranıyla Güney Afrika Cumhuriyeti (gelişmiş bir ülke olan Güney Afrika Cumhuriyeti, dünya tüketiminin %3.8'ini oluşturan toplam Afrika tüketiminin neredeyse tamamını tüketen ülke konumundadır). Bunun gibi, örneğin Afrika kıtasındaki bütün ülkelerin tamamı %0.3 civarında bir kömür tüketmekte ve bu ülkelerin dünyanın en geri kalmış ülkeleri olduğu bilinmektedir. Türkiye'deki %0.8 tüketim oranı, az gelişmiş ülkelerden daha fazla olsa da, gelişmiş ülkelere göre oldukça düşüktür.

Bu örneklerden, gelişmiş ülkelerin daha fazla kömür tüketen ülkeler oldukları görülmektedir. Ele alınan 13 yıllık dönem boyunca, kömür tüketimi azalan veya artan ülkelerin tamamında, kömürün hala sanayileşmeyi besleyen en önemli enerji kaynaklarından birisi olmaya devam ettiği söylenebilir.

Çizelge 9. 1990-2002 yılı ülkelere göre kömür tüketimi*, (BP, 2004)

ÜLKELER	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ABD	483,6	478,6	481,9	499,9	501,7	506,3	529,3	540,4	545,8	544,9	569,1	545,9	553,8
Kanada	24,4	25,5	26,2	23,7	24,5	25,2	25,7	26,8	28,1	27,8	29,4	30,3	30,7
Meksika	3,4	3,3	3,4	3,8	4,5	5,0	5,7	5,7	5,9	6,0	6,2	6,8	7,0
Arejantin	1,0	0,8	0,8	0,7	1,2	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
Brezilya	9,5	10,2	9,9	10,2	10,2	10,7	11,2	11,4	11,2	11,7	11,9	12,2	12,0
Şili	2,4	2,0	1,8	1,8	2,2	2,4	3,2	4,2	3,7	3,5	3,9	2,1	2,0
Kolombiya	3,5	3,7	3,6	3,7	3,6	3,4	3,2	3,1	2,8	2,1	2,2	3,3	2,0
Peru	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
Venezuela	0,2	-	^	^	0,1	^	^	^	^	0,1	^	^	^
Avusturya	3,6	3,6	2,8	2,4	2,5	2,4	2,7	3,1	3,0	3,2	3,2	2,9	3,5
Azerbeycan	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	^	^
Belarus	1,2	1,1	0,7	0,6	0,2	0,3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Belç. ve Lüks.	10,4	10,8	10,2	8,7	8,5	9,8	7,6	7,5	7,9	6,9	7,6	7,6	7,3
Bulgaristan	8,9	7,5	7,3	8,2	7,6	7,8	8,4	7,8	8,2	6,6	6,3	6,9	6,8
Çek Cumh.	33,5	30,4	25,4	23,7	23,2	23,5	23,6	22,8	20,5	19,0	21,0	21,4	20,4
Danimarka	6,0	8,4	6,7	7,2	7,8	6,6	9,0	6,7	5,6	4,7	4,0	4,2	4,2
Finlandiya	3,3	3,6	2,7	3,1	4,1	3,1	4,0	4,5	3,4	3,6	3,5	4,0	4,5
Fransa	19,1	20,1	17,9	14,7	13,7	14,5	15,4	13,4	16,1	14,3	13,9	11,6	12,7
Almanya	129,6	113,3	104,4	97,9	95,6	90,6	89,9	86,8	84,8	80,2	84,9	85,0	84,6
Yunanistan	8,0	7,8	8,4	7,9	8,4	8,2	7,8	7,6	8,8	9,1	9,2	9,3	9,9
Macaristan	5,6	5,8	4,6	4,0	3,6	3,6	3,7	3,7	3,4	3,4	3,2	3,4	3,3
İzlanda	0,1	0,1	^	^	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
İrlanda	2,2	2,2	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,6	1,9	1,9	1,8
İtalya	14,1	13,7	12,4	10,0	10,7	12,5	11,2	11,0	11,6	11,6	13,0	13,7	13,8
Kazakistan	40,2	38,2	39,9	36,4	34,5	27,5	25,9	22,4	22,9	19,8	23,2	22,5	21,7
Litvanya	0,6	0,6	0,5	^	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Hollanda	9,5	8,2	7,7	8,2	9,0	9,8	9,3	9,5	9,4	7,7	8,6	8,5	8,9
Norveç	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5
Polonya	80,2	77,6	73,0	74,0	72,3	71,7	73,2	70,1	63,8	61,0	57,6	58,0	56,4
Portekiz	2,8	3,0	3,0	3,3	3,4	4,2	3,9	3,6	3,6	3,6	3,6	4,9	5,0
Romanya	11,7	9,6	10,3	9,5	9,4	9,7	9,5	8,4	7,0	6,7	7,0	7,2	6,9
Rusya Feder.	180,6	165,6	154,7	140,8	126,4	119,4	115,7	106,3	100,0	104,1	106,0	110,2	98,5
Slovakya	6,9	6,3	6,2	5,6	5,0	5,1	5,0	4,7	4,5	4,3	4,0	4,1	3,9
İspanya	19,0	18,8	19,1	18,2	18,0	18,5	15,5	17,7	17,7	20,5	21,6	19,5	21,9
İsveç	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	2,1	2,4	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0	2,2
İsviçre	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Turkey	16,8	16,8	19,0	18,7	17,6	17,5	20,7	22,3	22,5	20,8	22,3	20,4	18,1
Türkmenistan	0,4	0,3	0,1	-	^	^	^	-	-	-	-	-	-
Ukrayna	74,8	62,1	63,9	56,3	46,3	42,1	33,2	38,0	36,9	38,5	38,8	39,4	38,3
Birleşik Krallık	64,9	65,1	61,2	53,3	49,7	47,5	44,4	39,6	39,7	35,6	36,9	40,3	36,5
Özbekistan	4,1	4,0	2,9	1,9	1,8	1,4	1,2	1,2	1,2	0,9	1,0	1,1	1,0
İran	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,2	0,9	1,0	1,0	1,1	0,8	0,8
Cezayir	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mısır	0,8	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7	0,9	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8
Güney Afrika	71,3	70,1	67,3	69,8	73,6	77,4	81,7	84,3	83,4	82,3	81,9	80,7	81,8
Avustralya	39,5	37,4	39,0	36,4	38,7	38,4	42,9	44,2	46,4	47,2	47,6	49,3	49,5
Bengaldeş	0,3	0,1	0,1	^	^	0,3	0,2	0,3	0,1	^	0,3	0,4	0,4
Çin	533,6	534,9	549,5	570,3	606,4	671,9	681,6	681,7	608,3	492,3	454,7	518,7	663,4
Hongkong	5,5	5,9	6,3	7,3	5,2	5,6	4,2	3,5	4,4	3,9	3,7	4,9	5,4
Hindistan	107,8	116,2	123,3	128,0	133,9	142,8	154,4	160,2	159,8	158,1	169,3	172,5	180,8
Endonezya	4,0	4,1	4,1	4,0	4,8	5,7	6,9	8,2	9,3	11,6	13,7	16,7	17,8
Japonya	76,0	79,0	78,0	79,2	82,0	86,2	88,3	89,8	88,4	91,5	98,9	103,0	105,3
Malezya	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,6	3,3
Yeni Zelanda	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,3
Pakistan	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1
Filipinler	1,0	1,3	1,1	1,3	1,3	1,4	2,0	2,4	2,7	2,9	4,3	4,5	3,5
Güney Kore	24,4	24,5	23,6	25,9	26,7	28,1	32,2	34,8	36,1	38,2	43,0	45,7	49,1
Tayvan	11,2	12,2	14,3	15,6	16,6	17,1	19,4	21,9	23,8	24,9	28,9	30,8	32,5
Tayland	3,7	4,5	4,8	5,4	6,1	7,1	8,7	8,7	7,3	7,9	7,8	8,8	8,6
Total World	**2264,4**	**2217,7**	**2202,8**	**2201,4**	**2218,8**	**2290,3**	**2340,7**	**2350,6**	**2268,8**	**2136,7**	**2174,3**	**2243,1**	**2397,9**

* petrol muadili milyon ton

4.2 Genel Enerji Tüketimi

Kömür tüketiminin gelişmiş ülkelerin önemli bir özelliği veya gelişmişliğin önemli bir nedeni olarak ortaya çıktığı, istatistiksel göstergelerin yorumlanmasından anlaşılmaktadır. Aynı şekilde genel enerji tüketiminde de benzeri bir sonucun ortaya çıkması durumunda, kömür için yapılmış olan analiz ve yorumların bütün enerji kaynakları için de geçerli olacağı ileri sürülebilir. Bu durumda gelişmişlik düzeyi açısından kömür için yapılan yorumların da bir sağlaması yapılmış olabilir. Hem bu amaçla hem de kömür tüketiminin diğer enerji kaynakları tüketimi içindeki yerini görebilmek açısından, aşağıda Çizelge 10 ve Çizelge 11'de genel enerji tüketimi göstergeleri sunulmakta ve değerlendirilmektedir:

Çizelge 10. 2002 yılı bölgelere göre genel enerji tüketimi*, (BP, 2004)

Bölgeler	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer Enerji	Hidro Elektrik	Toplam	Dünya Payı
Kuzey Amerika	1064,9	711,2	591,5	205,0	142,4	2715,4	28,9%
Güney ve Orta Amerika	214,8	88,2	17,8	4,7	122,7	448,2	4,8%
Avrupa ve Avrasya	925,2	939,5	506,1	280,0	178,9	2829,5	30,1%
Orta Doğu	207,4	185,1	8,4	-	1,9	403,1	4,3%
Afrika	118,6	60,7	90,6	2,9	18,5	291,0	3,1%
Asya-Pasifik	991,6	297,3	1183,5	118,0	127,7	2717,8	28,9%
Toplam Dünya	3522,5	2282,0	2397,9	610,6	592,1	9405,0	100,0%
AB (15)	634,4	347,2	216,8	201,7	69,2	1468,9	15,6%
OECD	2181,9	1235,6	1116,3	522,7	289,5	5346,1	56,8%

*petrol muadili milyon ton

Çizelge 10'da görüldüğü gibi, ABD, Çin, Almanya, Japonya ve Rusya Federasyonu gibi ülkelerin yer aldığı dünyanın en gelişmiş üç bölgesi, dünya genel enerji tüketiminden en büyük payı almaktadır. Buna göre, Kuzey Amerika, Avrupa ve Avrasya ile Asya-Pasifik bölgesi, genel enerjinin yaklaşık %90'ını tüketmektedirler. Geriye kalanı %10 civarındaki payı ise Güney ve Orta Amerika, Afrika ve Orta Doğu paylaşmaktadır.

Buna karşılık dünyanın ekonomik olarak en geri kalmış bölgesi olan Afrika kıtasının 291 pmmt tüketim ile dünyanın en az enerji tüketen bölgesi olduğu anlaşılmaktadır. Bu kıtanın payı toplam enerji tüketiminin %3.1'i kadardır. Afrika tüketiminin yaklaşık yarısını Güney Afrika Cumhuriyeti tüketmektedir. Dünya tüketiminden %1.2'lik bir pay alan bu ülke ise Afrika kıtasının tek gelişmiş ülkesi konumundadır. Bunun gibi dikkati çeken önemli bir nokta, petrol açısından dünyanın en zengin bölgesi olan Orta Doğu'nun, dünya enerji tüketiminden %4,3 pay ve 403.1 pmmt tüketimle Afrika'ya oldukça yakın özellikler göstermesidir.

Afrika ve Orta Doğu'nun dünya enerji tüketiminden sadece toplam %7.4 pay alması, dünya genelinde doğal gaz rezervlerinin %43.6'sına, petrol rezervlerinin %72'sine, doğal gaz üretiminin %14.6'sına ve petrol üretiminin %39.1'ine sahip olmaları gerçeği dikkate alındığında, oldukça ilginç bir tespit olarak ortaya çıkmaktadır. Bölgeler açısından enerji tüketimi ile gelişmişlik arasındaki ilişki açıkça görülebilmektedir. Soruna ülkeler açısından bakabilmek için aşağıda Çizelge 11 düzenlenmiştir.

Çizelge 11 incelendiğinde, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kömür tüketiminin diğer enerji kaynakları tüketimi içinde önemli bir payı olduğu ve bu payın en az gelişmiş ülkelerde oldukça düşük olduğu görülebilir. Genel olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kömür tüketiminin ülkenin kendi genel enerji tüketimi içindeki payı %20-25 civarındadır. Örneğin kömür tüketiminin genel enerji tüketimi

Çizelge 11. 2002 yılı ülkelere göre genel enerji tüketimi*, (BP,2004).

ÜLKELER	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	NükleEnerj.	Hidro Elektrik	Toplam	Dünya Payı
ABD	894,3	600,7	553,8	185,8	58,2	2293,0	24,4%
Kanada	89,7	72,6	30,7	17,0	78,6	288,7	3,1%
Meksika	80,9	37,9	7,0	2,2	5,6	133,7	1,4%
Arjantin	16,8	27,2	0,6	1,3	7,6	53,5	0,6%
Brezilya	85,4	12,3	12,0	3,4	64,4	177,5	1,9%
Şili	10,8	5,9	2,0	-	5,2	23,9	0,3%
Kolombiya	10,0	5,5	2,0	-	7,6	25,2	0,3%
Ekvador	5,9	0,1	-	-	1,7	7,7	0,1%
Peru	7,0	0,4	0,4	-	4,1	11,8	0,1%
Venezuela	22,9	24,6	^	-	14,0	61,5	0,7%
Avusturya	13,0	7,3	3,5	-	8,9	32,7	0,3%
Azerbeycan	3,6	7,1	^	-	0,5	11,2	0,1%
Belarus	5,8	14,9	0,3	-	^	21,0	0,2%
Belçika Ve Lüksemburg	32,9	13,4	7,3	9,7	0,5	63,8	0,7%
Bulgaristan	4,2	2,6	6,8	4,6	0,5	18,7	0,2%
Çek Cumhuriyeti	8,2	8,0	20,4	4,2	0,6	41,5	0,4%
Danimarka	9,8	4,6	4,2	-	^	18,6	0,2%
Finlandiya	10,9	3,7	4,5	5,1	2,5	26,6	0,3%
Fransa	92,8	38,5	12,7	98,9	15,0	258,0	2,7%
Almanya	127,2	74,3	84,6	37,3	5,9	329,4	3,5%
Yunanistan	21,8	1,8	9,9	-	0,8	34,2	0,4%
Macaristan	6,4	10,7	3,3	3,2	^	23,6	0,3%
İrlanda	8,7	3,7	1,8	-	0,3	14,4	0,2%
İtalya	92,9	57,2	13,8	-	10,9	174,8	1,9%
Kazakistan	6,5	8,7	21,7	-	2,0	38,9	0,4%
Litvanya	2,7	2,6	0,1	3,2	0,2	8,7	0,1%
Hollanda	43,8	35,4	8,9	0,9	^	89,0	0,9%
Norveç	9,4	3,5	0,5	-	29,4	42,9	0,5%
Polonya	19,7	10,1	56,4	-	0,9	87,1	0,9%
Portekiz	14,9	2,7	5,0	-	1,5	24,1	0,3%
Romanya	10,9	15,6	6,9	1,3	3,6	38,3	0,4%
Rusya Federasyonu	122,9	349,6	98,5	32,0	37,2	640,2	6,8%
Slovakya	3,3	6,9	3,9	4,1	1,2	19,4	0,2%
İspanya	73,5	18,8	21,9	14,3	6,1	134,5	1,4%
İsveç	15,0	0,7	2,2	15,6	15,1	48,5	0,5%
İsviçre	12,4	2,5	0,1	6,2	8,3	29,6	0,3%
Turkey	29,9	15,6	18,1	-	5,0	68,6	0,7%
Turkmenistan	2,6	11,9	-	-	-	14,5	0,2%
Ukrayna	12,9	62,8	38,3	17,7	2,2	133,8	1,4%
Birleşik Krallık	77,2	85,1	36,5	19,9	1,7	220,3	2,3%
Özbekistan	6,6	47,2	1,0	-	1,6	56,5	0,6%
Irak	53,2	61,1	0,8	-	1,1	116,2	1,2%
Kuveyt	10,7	7,8	-	-	-	18,6	0,2%
Suudi Arabistan	63,4	50,8	-	-	-	114,2	1,2%
Birleşik Arap Emirlikleri	12,4	35,4	-	-	-	47,8	0,5%
Cezayir	9,9	23,7	0,5	-	^	34,0	0,4%
Mısır	26,1	20,4	0,8	-	3,1	50,3	0,5%
Güney Afrika	23,6	-	81,8	2,9	0,9	109,2	1,2%
Avustralya	38,0	21,6	49,5	-	3,8	112,9	1,2%
Bengaldeş	3,4	10,1	0,4	-	0,2	14,1	0,1%
Çin	245,7	27,0	663,4	5,9	55,8	997,8	10,6%
Hongkong	13,1	2,1	5,4	-	-	20,6	0,2%
Hindistan	97,7	25,4	180,8	4,4	16,9	325,1	3,5%
İndonezya	51,2	31,3	17,8	-	2,1	102,4	1,1%
Japonya	242,6	69,7	105,3	71,3	20,5	509,4	5,4%
Malezya	22,5	24,3	3,3	-	1,7	51,8	0,6%
Yeni Zelanda	6,8	5,0	1,3	-	5,4	18,4	0,2%
Pakistan	17,9	18,8	2,1	0,4	4,6	43,8	0,5%
Filipinler	15,6	1,6	3,5	-	1,6	22,3	0,2%
Singapur	35,5	1,6	-	-	-	37,1	0,4%
Güney Kore	105,0	23,6	49,1	27,0	1,2	205,8	2,2%
Tayvan	38,8	7,7	32,5	9,0	1,4	89,3	0,9%
Tayland	35,3	23,3	8,6	-	1,6	68,9	0,7%
Toplam Dünya	3522,5	2282,0	2397,9	610,6	592,1	9405,0	100,0%

*Petrol Muadili Milyon Ton

içindeki payı ABD'de %24, Almanya'nın %25, Japonya'nın %20,6, Güney Kore'nin %24'tür. Hatta Çin'de ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nde bu oran %65-75'lere çıkmaktadır.

Buna karşılık Afrika kıtasında yer alan onlarca ülke veya Bengladeş gibi ülkelerde bu oran %7-8'lerin üzerine pek çıkmamaktadır. Örneğin, Güney Afrika Cumhuriyeti dışında kalan tüm Afrika ülkelerinde %7,6 ve Bengladeş'te %2,8'dir. Doğal olarak gelişmiş ülkelerin sanayi yapısına göre, bu oranlar değişebilir farklılık ve istisnalar gösterebilir. Fakat bu istisnalar, pek çok gelişmiş ülkede kömürün enerji kaynakları arasında önemli bir yer teşkil ettiği gerçeğini ortadan kaldırmaz.

Şu ana dek yapılan açıklamalar doğrultusunda, gerek ikinci en büyük enerji kaynağı olan kömürü gerekse genel enerji kaynaklarının tamamını daha fazla tüketen ülkelerin, diğer ülkelere göre daha fazla gelişmiş ya da gelişme yolunda atağa geçmiş ülkeler oldukları anlaşılmaktadır. Bu bağlamda; aşağıda Çizelge 12'de, bu kaynakları en fazla tüketmekte olan ülkeler hakkında enerji tüketimi ve ekonomik gelişmişlik ilişkisi açısından değerlendirmeler yapılmaktadır.

Çizelge 12'de 200 pmmt'den daha fazla genel enerji tüketiminde bulunan ilk on ülke sırasıyla verilmiştir. Buna göre, ABD dünya enerji tüketiminin %24.4'ünü tüketmektedir. OECD ülkeleri dünya genel enerji toplamının yarısından fazlasını tüketmektedir. Dünyanın en gelişmiş ülkelerinin en fazla tüketimi yapması şaşırtıcı değildir. ABD, Almanya ve Japonya'nın dünyanın en büyük ekonomileri olduğu bilinmektedir. Rusya ise eski Sovyetler Birliği'nin mirası ve geçiş ekonomileri olmanın avantajlarıyla gelişmiş ülkeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

Bu ülkeler arasında Çin, Hindistan ve Güney Kore'nin bulunması dikkat çekicidir. Güney Kore son 1960'lı yıllardan itibaren dünyanın en hızlı büyüyen Asya Kaplanları arasında yer almaktadır. Çin ise baş döndürücü bir hızla son on yılda sanayileşme sürecine girmiş olup, bu süreçte ikinci sırada en fazla enerji kullanan bir ülke haline gelmiştir. Hindistan ise, özellikle son on yılda Çin ile birlikte adından en çok söz ettiren ülke olmuştur. Günümüzde Çin, Hindistan ve Güney Kore ekonomilerinin kendilerinden daha önce gelişme aşamasını tamamlamış olan ABD, Almanya ve Japonya gibi ülkelerden daha hızlı büyümekte olduğu bilinmektedir.

Söz konusu 10 ülkenin toplam tüketimi dünya tüketiminin %64.5'ini oluşturmaktadır. Dünyadaki diğer 190 civarındaki ülke ise, geriye kalan tüketimin %35.5'ini paylaşmak zorunda kalmaktadır. Uluslararası enerji istatistiklerinde Somali, Afganistan, Etiyopya, Mozambik, Kongo, Senegal, Madagaskar vs. (United Nations, 2003) gibi yoksulluk içinde yaşayan 140 civarında ülkenin adı bile geçmemektedir.

Türkiye Çizelge 12'de sıralanan on ülke dışında yer alan 190 civarındaki ülke arasında, bulunmaktadır. Bu Çizelge'de en sonuncu sırada yer alan Güney Kore'ye yetişebilmek için bile, dünya geneli içindeki mevcut tüketim payını %0.7'den %2.2'ye çıkarması gerekmektedir. Bunun için toplam enerji tüketiminin %200 büyümesi (205,8-68,6)/68,6*100 = %200) gerekmektedir. Kısaca dünya gelirinden ve refahından daha fazla pay alınabilmesi için, Türkiye'de enerji tüketiminin daha fazla büyümesi gerekmektedir.

Çizelge 12. 2002 yılında en fazla enerji* tüketen ülkeler, (Petrol Muadili Milyon Ton)

Ülkeler	Tüketim	Dünya payı	Ülkeler	Tüketim	Dünya payı
ABD (1)	2293	%24,4	Fransa (8)	258	%2,7
Çin (2)	997,8	%10,6	İngiltere (9)	220,3	%2,3
Rusya Feder. (3)	640,2	%6.8	Gün. Kore (10)	205,8	%2,2
Japonya (4)	509,4	%5,4	10 Ülke Toplamı	6067,7	%64,5
Almanya (5)	329,4	%3,5	Türkiye	68,6	%0,7
Hindistan (6)	325,1	%3,5	Dünya	9405	%100
Kanada (7)	288,7	%3,1	OECD	5346,1	%56,8

* Kömür, petrol, doğal gaz, nükleer enerji, hidroelektrik.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada dünya genelinde kömürün diğer enerji kaynakları içindeki yerini ve önemini tespit ederek, Türkiye'de ulusal enerji politikaları içinde kömüre özel bir önem verilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

Kömür, üretim ve tüketimin karşılanması açısından enerji kaynakları içinde petrolden sonra ikinci en büyük enerji kaynağıdır. Tükenebilir enerji kaynakları ömrü açısından bakıldığında ise, yüzlerce yıl sürecek rezervleriyle dünyanın birinci sırada en önemli enerji kaynağı konumundadır.

Enerji kullanımı yatırımları, büyümeyi ve kalkınmayı beslemektedir. Yatırım, büyüme ve kalkınma hammadde ve enerji kaynaklarının rezervlerinin bulunduğu veya üretildiği bölge veya ülkelerde değil, bu rezerv ve üretimin tüketildiği bölge veya ülkelerde ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden dünya genelinde daha fazla kömür ve diğer enerji kaynaklarını tüketen ve enerji kaynakları tüketimini güvence altına ülkeler, bu kaynakları daha az tüketen ülkelere oranla daha fazla zenginleşmektedir.

Dünyanın en gelişmiş üç bölgesi olan Kuzey Amerika, Avrupa-Avrasya ve Asya-Pasifik bölgelerinin dünya genel enerji tüketiminden %90 pay aldıkları görülmektedir. Dünya genelinde doğal gaz rezervlerinin %43.6'sına ve petrol rezervlerinin %72 sine sahip olan Afrika ve Orta Doğu bölgelerinin dünya enerji tüketiminden sadece %4.3 pay almaları oldukça ilginç bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

Dünya genelinde ABD, Çin, Rusya Federasyonu, Hindistan, Japonya, Almanya, Güney Afrika Cumhuriyeti gibi farklı kıtalarda gelişmiş veya gelişme hamlesi gösteren ülkelerin, diğer ülkelere oranla çok daha fazla kömür ve genel enerji tüketiminde bulundukları tespit edilmiştir. Buna karşılık, örneğin Afrika ülkeleri gibi dünyanın en az gelişmiş ülkeleri, dünyanın en az kömür ve genel enerji tüketen ülkeleri konumundadır.

Türkiye petrol ve doğal gaz kaynakları açısından yok denecek kadar rezerv ve üretimi ile, dışa bağımlı bir tüketim yapısı arz etmektedir. Buna karşılık, tüketim ihtiyacının tamamını karşılayabilecek kömür rezervlerine sahiptir. Dolayısıyla enerji güvenliği açısından, Türkiye'de kömür, birinci sırada en önemli enerji kaynağı görünümündedir. Bununla birlikte, Türkiye'nin dünya ülkeleri içerisinde refah ve gelişmişlik sıralamasının arttırabilmesi için, kömür ve diğer enerji kaynakları tüketiminin dünya tüketimi içindeki payının daha fazla olması gerekmektedir.

Türkiye'de kömür dışında ciddi bir enerji kaynağı gözükmemektedir. Enerji tüketimini arttırmak ve enerji bağımlılığını azaltabilmek için, kömürün yanı sıra diğer enerji

kaynaklarının da çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, ihtiyacın karşılanamadığı durumlarda ithalatın güvence altına alınabilmesi için enerji ithal edilecek ülkelerin de çeşitlendirilmesi sağlanmalıdır.

Kömür tüketiminin dünyada her yıl arttığı dikkate alınarak, Türkiye'de en kaliteli kömür rezervlerinin bulunduğu Zonguldak kömür havzası, yeni üretim teknolojileri ile daha verimli bir şekilde ekonomiye kazandırılmalıdır. Türkiye'de kömür madenlerine ilişkin uzun zamandan beri ihmal edilen rezerv tespit çalışmalarının yapılabilmesi için, kömür arama çalışmalarına hız kazandırılmalıdır. Ayrıca, Türkiye'deki petrol ve doğal gaz arama ve üretim faaliyetleri teşvik edilerek, bu konudaki rezerv sıkıntısı ve dışa bağımlılığın giderilmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

Ankara Üniversitesi (2004) Ankara Üniversitesi Enerji Raporu. *http://www.wec.ankara.edu.tr/wec/ankuni7.html*, 23.01.2004.

British Petrol (2004) Statistical Review of World Energy June 2003. *http://www.bp.com/centres/energy*, 28 Ocak, 2004.

Cirhinlioğlu, Z. (1999) *Azgelişmişliğin Toplumsal Boyutu.* İmge Yayınları, Ankara.

Değirmenci, A. (1992) Zonguldak Kömür Havzasının Geleceği. *2. Zonguldak Kurultayı*, Genel Maden İş Sendikası Yayınları, Zonguldak, ss.32-40.

Dinler, Z. (2001) *Bölgesel İktisat.* Ekin Kitabevi, Bursa.

Ercan, F. (1995) Gelişme Yazını: Eleştiriler ve Yeni Perspektifler. *Gelişme İktisadı: Kuram-Eleştiri-Yorum* (Ed: T. İşgüden, F. Ercan, M. Türkay). Beta Yayınları, İstanbul, ss.298-415.

Jones, C. (2001) *İktisadi Büyümeye Giriş* (Çev: Ş. Ateş, İ. Tuncer). Literatür Yayınları No: 56, İstanbul.

Joskow, P. L. (2001) *U.S. Energy Policy During The 1990's.* NBER Working Paper 8454, Cambridge.

Özcan, Ü. (1980) *Zonguldak Alt Bölge Çalışması.* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, YY., Ankara.

Rezneck, S. (1947) Energy Coal and Oil in the American Economy. *The Journal of Economic History,* Vol.7, pp.55-72.

Tezel, Y.S. (2003) *İktisadi Büyüme.* İmaj Yayınevi, Ankara.

United Nations (2003) *Human Dvelopment Report 2003: Millennium Development Goals: A Compact Among Nations to end Human Poverty.* Oxford University Pres, Oxford.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜRÜN MİNERAL MADDE İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

QUANTIFICATION OF COAL MINERAL MATTER

Suphi URAL, Çukurova Üniversitesi, Müh. – Mim. Fakültesi, 01330 Adana
Ferat YÜKSEL, Çukurova Üniversitesi, Müh. – Mim. Fakültesi, 01330 Adana

ÖZET

Bu çalışmada, X-ışını difraksiyon (XRD) ve özütleme tekniği ile Elbistan linyit numunelerinin mineral madde içeriği incelenmiştir. Orijinal linyit numunelerinin X-ışını difraktogram çekimi Rietveld yöntemi ile çalışan SIROQUANT yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve kristal formdaki mineraller ve bunların miktarları belirlenmiştir. Toplam mineral madde miktarının önemli bir kısmını oluşturan ve mineral olmayan inorganik maddelerin miktarını belirlemek için Elk2 numaralı numunede özütleme (liç) yöntemi kullanılmıştır. Linyit numunesinin mineral madde miktarının büyük bir kısmını suda ve asitlerde çözülebilen inorganikler oluşturmaktadır. Kömür numunelerinde değişen miktarlarda kuvars, jips, kalsit, götit, klorit ve illit minerallerine rastlanılmıştır.

ABSTRACT

In this study, Afşin-Elbistan low-rank coal samples have been investigated on a quantitative basis using X-ray diffraction (XRD) and leaching technique. Raw coal samples were evaluated using an interactive data processing system (SIROQUANT) based on Rietveld interpretation methods. Selective leaching methods were carried out to sample Elk2 in order to determine non-mineral inorganics content. Water soluble and acid soluble inorganics of that sample form a significant part of the mineral matter. The results of samples mineralogy indicated that quartz, gypsum, calcite, goethite, chlorite and illite minerals are present in varies contents.

1. GİRİŞ

Kömürün içerdiği mineraller, kömürün üretimini, hazırlanmasını ve kullanımını etkilemektedir. Bu işlemlerin başarısı, kömürün içerdiği mineral maddenin özelliklerinin iyi tanınmasına bağlıdır. Kömür hazırlama tekniklerinin etkinlikleri ne olursa olsun, daima önemli miktarda mineral kömürde kalmakta ve kömürün kullanımında önemli rol oynamaktadır. Kömür, bir yakma ünitesinde yakıldığında, içerdiği mineral madde önemli değişikliklere uğrayarak; klinker oluşumu, korozyon, cüruf ve kurum gibi sorunlar yaratmaktadır. Kömürün temiz yakıtlara dönüştürülmesi amacıyla uygulanan, sıvılaştırma, gazlaştırma ve piroliz işlemleri de kömürün içerdiği mineral maddenin miktarından, türünden ve dağılımından önemli ölçüde etkilenmektedir. Kömürün içerdiği mineral maddeden kaynaklanan sorunların azaltılabilmesi için, kullanılan kömürün mineral madde içeriği konusunda yeterli bilgi sahibi olmak gerekmektedir.
Vorres' e (1984) göre mineral madde, kömürdeki inorganik maddelerin ve elementlerin toplamı olarak değerlendirilmektedir.

Kömürde bulunan mineral maddeler üç ayrı sınıfa ayrılmaktadır (Ward, 1984):

- Boşluk suyu içerisinde çözünmüş tuzlar ve diğer inorganik kalıntılar;
- Kömürün organik yapısı içerisinde bulunan elementler; ve
- Belli bir kristal yapısı olan inorganik tanecikler

Yukarıda adı geçen ilk iki sınıf mineral maddenin mineral olmayan inorganik kısmını oluşturmakta ve bunlar genellikle düşük kaliteli kömürlerde mineral madde miktarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Ward, 1991, 1992, 2002). Yine Ward' a (2002) göre bitümlü ve diğer yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürlerde mineral madde miktarının büyük bir kısmını inorganik tanecikler ve mineraller oluşturmaktadır.
Bu çalışmada düşük kömürleşme derecesine sahip olan (Karayiğit ve Akdağ, 1996) Afşin-Elbistan kömür numunelerinin mineral madde içeriği özütleme ve XRD teknikleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Karayiğit ve diğ. (2000) bir Elbistan kömür numunesi üzerinde yaptığı XRD çalışmasında kalsit, kuvars, kil mineralleri ve pirit saptamışlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Afşin-Elbistan, Kışlaköy Açık İşletmesinden alınan kömür numunesinin XRD çekimi Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü' nde gerçekleştirilmiştir. XRD çekimleri Rigaku difraktometre ile Cu Kα tüple, 5° - 60° arasında, 0,02° / dakika ganyometre hızında yapılmış ve sonuçlar sayısal olarak bir dosyaya kaydedilmiştir. Bu dosyalar SIROQUANT bilgisayar yazılımına tanıtılarak kristal haldeki mineraller ve bunların miktarları belirlenmiştir. Rietveld (1969) en küçük kareler yöntemini kullanarak, XRD grafiğinin herhangi bir noktasında bir mineralin şiddetini (intensity) hesaplayabilen bir formül geliştirmiştir. Taylor (1991) ise bir karışımdaki 25 farklı mineralin miktarlarını belirleyebilen Rietveld temelli SIROQUANT yazılımını hazırlamıştır.

Toplam mineral madde miktarının önemli bir kısmını oluşturan ve mineral olmayan inorganik maddelerin miktarını belirlemek için, Ward' un (1991) kullandığı teknik esas alınarak, özütleme (liç) yöntemi kullanılmıştır. Bu işlemden sonra geriye kalan

numuneden AS 1038.22 (2000) standardına uygun olarak 370° de Düşük Sıcaklık Külü (DSK) kül elde edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kantitatif XRD Analizi: Kömür numunesinde varlığı tahmin edilen her bir mineral fazı için Rietveld formatında XRD veri dosyaları hazırlandıktan sonra elde edilen kristal formdaki minerallerin ağırlıkça yüzdeleri elde edilmiştir (Çizelge 1). SIROQUANT her fazın toplam kristal formdaki mineraller içerisindeki ağırlıkça oranını, yine her faz için Rietveld ölçek faktörüne göre standart sapmasını ve orijinal XRD grafiği ile modellenen XRD grafiği arasındaki uygunluk değerini ($\chi 2$ bölünmesi) vermektedir. $\chi 2$ değerinin 1.0 olması orijinal XRD grafiği ile modellenen XRD grafiği arasındaki uygunluluğun tam olarak sağlandığını göstermektedir. Şekil 1'de Elk2 kömür numunesinin SIROQUANT yazılımından elde edilen orijinal XRD grafiği ile modellenen iki grafik arasındaki fark görülmektedir.

Çizelge 1. Kömür numunesinde kristal formdaki mineral madde dağılımı (ağırlıkça %)

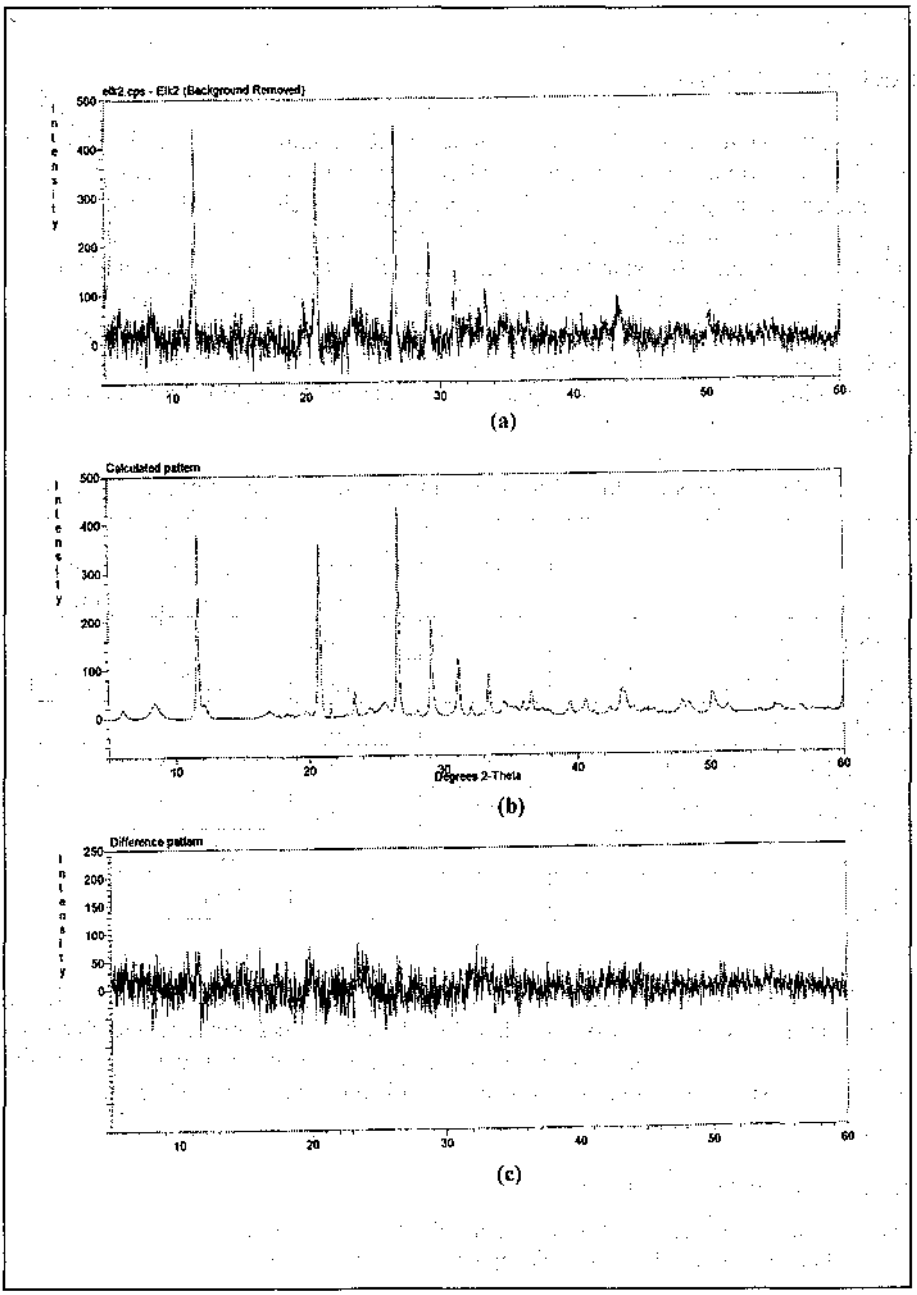
Mineral	Elk2		Elk6	
	Miktar (%)	Hata (%)	Miktar (%)	Hata (%)
Kuvars (SiO_2)	22,30	±0,62	10,50	±0,55
Jips ($CaSO_4$ $2H_2O$)	43,20	±1,04	71,30	±1,05
Götit (FeO (OH))	1,10	±0,23	-	-
Klorit ($Al_2Mg_5Si_3O_{10}(OH)_8$)	18,80	±1,55	-	-
İllit ($KAl_2(Si_3AlO_{10})$ OH)	14,60	±1,05	-	-
Kalsit ($CaCO_3$)	-	-	18,20	±1,08
Global χ^2	3,47	-	2,64	-

Toplam mineral madde miktarının önemli bir kısmını oluşturan ve suda ve asitlerde çözünebilen inorganik madde miktarını belirlemek üzere Elk2 numunesine önce su banyosu, daha sonra da amonyum asetat ve hidroklorik asit ile muamele edilerek mineral maddenin suda ve asitte çözünen kısmı ağırlıkça belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Özütleme deney sonuçları

Numune No	Orijinal numunenin kül oranı (kuru bazda) (%)	Özütlemeden sonra ağırlık kaybı (%)	Özütlemeden sonra DSK oranı (%)
Elk2	20,30	32,25	23,80

*DSK= Düşük Sıcaklık Külü



Şekil 1. Elk2 kömür numunesinin (a) orijinal XRD grafiği; (b) modellenen XRD grafiği; (c) iki grafik arasındaki fark;

4. SONUÇLAR

Afşin-Elbistan linyitlerinin mineral madde içeriklerinin belirlemesine ilişkin olarak halen yürütülmekte olan bu çalışmadan elde edilen ilk bilgiler aşağıdadır:

- Elk2 numaralı kömür numunesinin mineral madde içeriklerinin %32,25' lik kısmı suda ve asitlerde çözünebilmektedir,
- Elbistan / Kışlaköy açık işletmesinde, kömür tabakasının tabanından alınan her iki numuneye ilişkin kantitatif XRD analizleri, kristal formdaki mineral maddelerin önemli bir kısmının jips mineralinden oluştuğunu göstermiştir,
- Kuvars mineraline her iki numunede de rastlanılmıştır,
- Elk2 numunesinde illit ve Klorit, Elk6 numunesinde ise kalsit bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma için maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi, Bilimsel Araştırma projeleri Destekleme Fonu' na (MMF2003BAP5), teknik destek sağlayan New South Wales Üniversitesi'nden Colin Ward'a ve Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinde Prof. Dr. Nuran Ay'a teşekkür ederim.

5. KAYNAKLAR

Australian Standard 1038.22 (2000) Coal and coke – Analysis and testing, Part 22: Higher rank coal-Mineral matter and water of constitution, Standards Australia International Ltd.

Karayiğit, A.İ and Akdağ, T. (1996) The Geology and Coal Petrography of Miocene Lacustrine Lignites and Permien Bituminous Coals from the Karapınar Area, Sarız-Türkiye, Doğa Turkey, Journal of Earth Sciences, Vol. 5, No. 1, pp. 1-10.

Karayiğit, A.İ. Gayer, R.A. Querop, X. and Onacak, T. (2000) Contents of major and trace elements in feed coals from Turkey coal-fired power plants, International Journal of Coal Geology 44, 169-184.

Rietveld, H.M. (1969) A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. Journal of Applied Crystallography Vol. 2, pp. 65-71.

Taylor, J.C. (1991) Computer programs for standardless quantitative analysis of minerals using the full powder diffraction profile. Powder Diffraction 6, 2-9.

Vorres, K.S. (1984) Mineral Matter and Ash in Coal, American Chemical Society, Washington.

Ward, C.R. (Ed.), (1984) *Coal Geology and Coal Technology*. Blackwell, Oxford, 345 p.

Ward, C.R. (1991) Mineral matter in low-rank coals and associated strata of the Mae Moh Basin, northern Thailand. International Journal of Coal Geology 17, 69-93.

Ward, C.R. (1992) Mineral matter in Triassic and Tertiary low-rank coals from South Australia. International Journal of Coal Geology 20, 185-208.

Ward, C.R. (2002) Analysis and significance of mineral matter in coal seams. International Journal of Coal Geology 50, 135-168.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

MÜZRET (YUSUFELİ-ARTVİN) KÖMÜRLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MÜZRET (YUSUFELİ-ARTVİN) COALS

İbrahim ALP *KTÜ, Müh-Mim Fak., Maden Müh. Bölümü, 61080 Trabzon*
Tuncay USLU, Mithat VICIL, A. Osman YILMAZ, Hacı DEVECİ
KTÜ, Müh-Mim Fak., Maden Müh. Bölümü, 61080 Trabzon

ÖZET

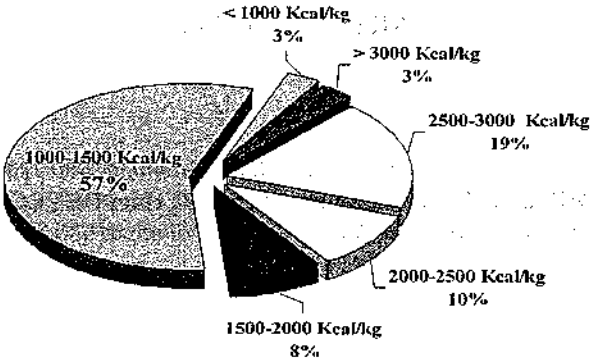
Bu çalışmada, Müzret (Yusufeli-Artvin) kömür örneklerinin petrografik, fiziksel ve teknolojik özellikleri araştırılmıştır. Petrografik incelemeler sonucunda; kömür örneklerinin %71'inin maseraller ve %29'unun minerallerden oluştuğu bulunmuştur. Maseraller içerisinde en yaygın grubu vitrinitler (%55) oluşturmaktadır. Müzret kömürleri, kuru-külsüz bazda, %14,03-32,64 uçucu madde ve %85,97-67,36 sabit karbon içeriği ve 8521-8641 kcal/kg (35676-36178 kJ/kg) üst kalorifik değeri ile ASTM sınıflamasına göre düşük ve orta uçuculu bitümlü kömür olarak sınıflandırılabilir. Kömür örnekleri sınıf özelliklerine de uygun olarak ufalanabilirliğinin yüksek olduğu bulunmuştur. Yüksek ufalanabilirliği nedeniyle Müzret kömürleri (-2 cm) 8 t/saat kapasiteli tesiste briketlenerek pazarlanmaktadır.

ABSTRACT

In this study, petrographical, physical and technological properties of the Müzret (Yusufeli-Artvin) coal samples were investigated. The results of petrographical analyses showed that the coal samples are composed of macerals (71%) of vitrinite (55%) as the most abundant phase and minerals (29%) including pyrite, calcite and clay minerals. The Müzret coals, on a dry and ash-free basis, have 14.03-32.64% volatile matter and 85.97-67.36% fixed carbon contents, and a gross calorific value of 8521-8641 kcal/kg (35676-36178 kJ/kg). They can be classified as "low" and "medium" volatile bituminous coal according to the ASTM coal classification. In agreement with the properties of these types of coals, the samples showed a low stability for drop shatter test i.e. high grindability. Due to their high friability, the Müzret coals of -2 cm in size are currently separated and processed in a briquette plant before being marketed.

1. GİRİŞ

Ülkemiz kömür rezervleri bakımından önemli bir potansiyele sahip olup; 8,3 milyar ton linyit rezervleri ve 65 milyon ton yıllık üretimi ile rezerv ve üretim bazında sırası ile dünyada 7. ve 6. sıradadır (DPT, 2001). 2002 ve 2003 yılı üretiminin 52 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Linyit rezervimizin belirli kabuller doğrultusunda statik ömrü 156 yıl dinamik ömrü ise 80 yıl olarak hesaplanmaktadır (Yılmaz ve Arıoğlu, 2003). Türkiye'de bilinen linyit rezervinin sadece % 3,5'u 3000 kcal/kg (12560 kJ/kg) ısıl değerin üzerindedir. (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye linyit rezervinin kalorifik değerlerine göre sınıflaması (Ünver, 1994).

Isınma ve sanayi amaçlı kömür ithalatı büyük şehirlerimizde yaşanan hava kirliliğine bağlı olarak 1986 yılından beri artarak sürmektedir. Bu yük, 2000 yılında yaklaşık 18 milyon ton karşılığı 950 milyon USD değerindedir. Bu durum kömür içermesi muhtemel örtülü havzalarının modern yöntemlerle aranmasını ve kömür kaynaklarımızın değerlendirilmesini hedefleyen yeni enerji politikalarının oluşturulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Türkiye toplam linyit rezervinin yaklaşık %85'i görünür rezerv kategorisindedir. Kömürün jeolojik olarak bulunması mümkün olan 110 bin km^2'lik alanda kömür arama, ağırlıklı olarak jeolojik harita alımı yoluyla MTA tarafından yapılmıştır ve 40.063 km^2'lik kısmının da detay etütleri yapılarak rezervleri belirlenmiştir (DPT, 2001).

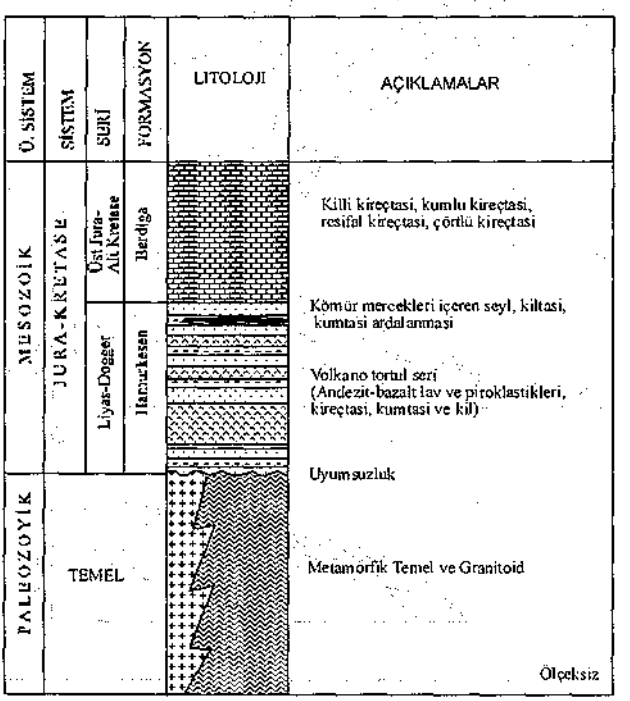
Nakliye, kömür maliyetini artıran önemli bir faktördür. Maliyetin düşürülmesi, yerli kömürün ithal kömürle rekabetini sağlayan faktörlerden biri olacağından işletilebilir yeni kömür rezervlerimizin bölgesel tüketimleri karşılamak için üretime alınması gerekmektedir. Artvin-Yusufeli-Müzret kömürleri bu çerçevede değerlendirildiğinde hem detaylı etütlerin yapılmamış olması ve hem de kalorifik değerinin oldukça yüksek olması nedeniyle incelenmesi gerekli kömürlerden biri olarak görülmektedir. Bu çalışmada Artvin-Yusufeli-Müzret kömürlerinin petrografik, fiziksel ve teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

2. MÜZRET (YUSUFELİ) BÖLGESİ GENEL JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

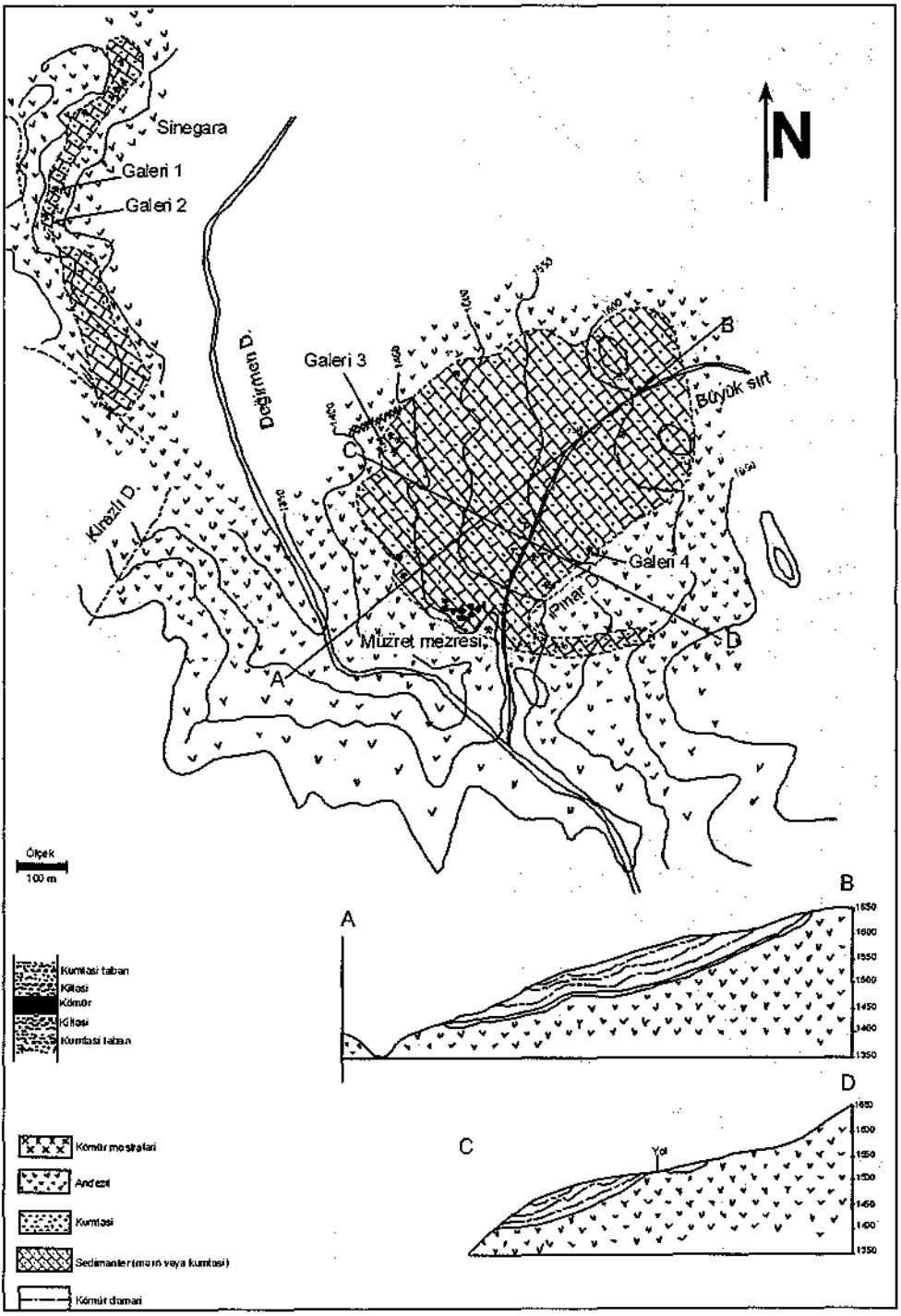
Müzret kömür sahası, Artvin iline bağlı Yusufeli ilçesinin 10 km güneybatısında bulunmakta ve Tortum G47 a2 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 2).

Şekil 2. Yerbulduru haritası

Çalışma konusu bölgede temel kayaçları, metamorfik kayaçlar ve bunlara sokulum yapmış granitoidler oluşturmaktadır. Bu temel üzerine uyumsuz olarak volkano-sedimanter kayaçlardan oluşan Liyas-Dogger ve Üst Jura-Alt Kretese yaşlı birimler gelmektedir (Korkmaz ve Baki, 1984; Saraloğlu vd. 1992; Kandemir, 1998). Liyas-Dogger yaşlı Hamurkesen Formasyonunun en üst kesiminde 10-30 m kalınlığında şeyl, kiltaşı, kumtaşı ve ara katmanlarda kömür içeren bir istif bulunmaktadır (Şekil 3-4).



Şekil 3. Bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti ve kömürlerin konumu (Çebi, 1998).



Şekil 4. Yusufeli-Müzret mevkii jeolojik haritası ve örnek alınan galerilerin konumları (Zengin, 1955).

Bölgede ilk kömürleşme süreci Erken Liyastaki sığ bataklık ortamlarında gelişmiş ve sonrasında bu bataklık ortamları hızlı bir şekilde denizel ortama dönüşerek kalın volkano-tortul çökeller gelişmiştir. Havza Doggerde dolmuş ve tekrar sığlaşmıştır. Bölge geç Doggerde tekrar deniz ortamına dönmüş ve Alt Kretase sonuna kadar karbonat çökelmiştir (Korkmaz, 1995). Bölgedeki kömür mostraları zaman zaman denizle irtibatlı küçük havzalarda gelişmiştir. Sübsidans karakterde gelişen havzada çökelimin süratli olması kömürleşmenin gelişimini engellemiş ve bunun sonucunda ince kalınlıkta, kısa mesafelerde son bulan kömür damarları oluşmuştur (Çebi, 1998).

İnceleme alanındaki kömür mostraları Müzret yaylasında yerleşim alanı yakınlarında ve Sinegara tepesinde görülmektedir. Burada, kömür kalınlıkları 0,5-3 m arasında değişen ve aralarında kiltaşı seviyeleri bulunan 3 damar halinde bulunmaktadır. Tabanda kiltaşı tabakaları ve tavanda ise tüf-kumtaşı karakterli tabakalar bulunmaktadır (Şekil 4). Kömürlü zonun toplam kalınlığı 15 m kadardır. Müzret mezrası sedimanter sahası 0,25 km^2'lik bir alan kaplamaktadır.

Müzret mezrası batısında ve 500 m mesafede bulunan Sinegara mevkisi bölgenin devamı olarak gözükmektedir. Arada bulunan bölgenin aşınma sonucu kaybolmuş olması kuvvetle muhtemeldir. Bölgenin şiddetli tektonik hareketler geçirmiş olması kömür damarlarının takip edilmesini zorlaştırmaktadır. Bölgede yaklaşık 250.000 ton kömür rezervinin olduğu tahmin edilmektedir (Gökmen vd., 1993). Kömürlü seviyenin üzerinde 15-50 m arasında değişen örtü tabakası bulunmaktadır (Zengin, 1955).

3. MÜZRET (YUSUFELİ) KÖMÜRLERİNİN ÖZELLİKLERİ

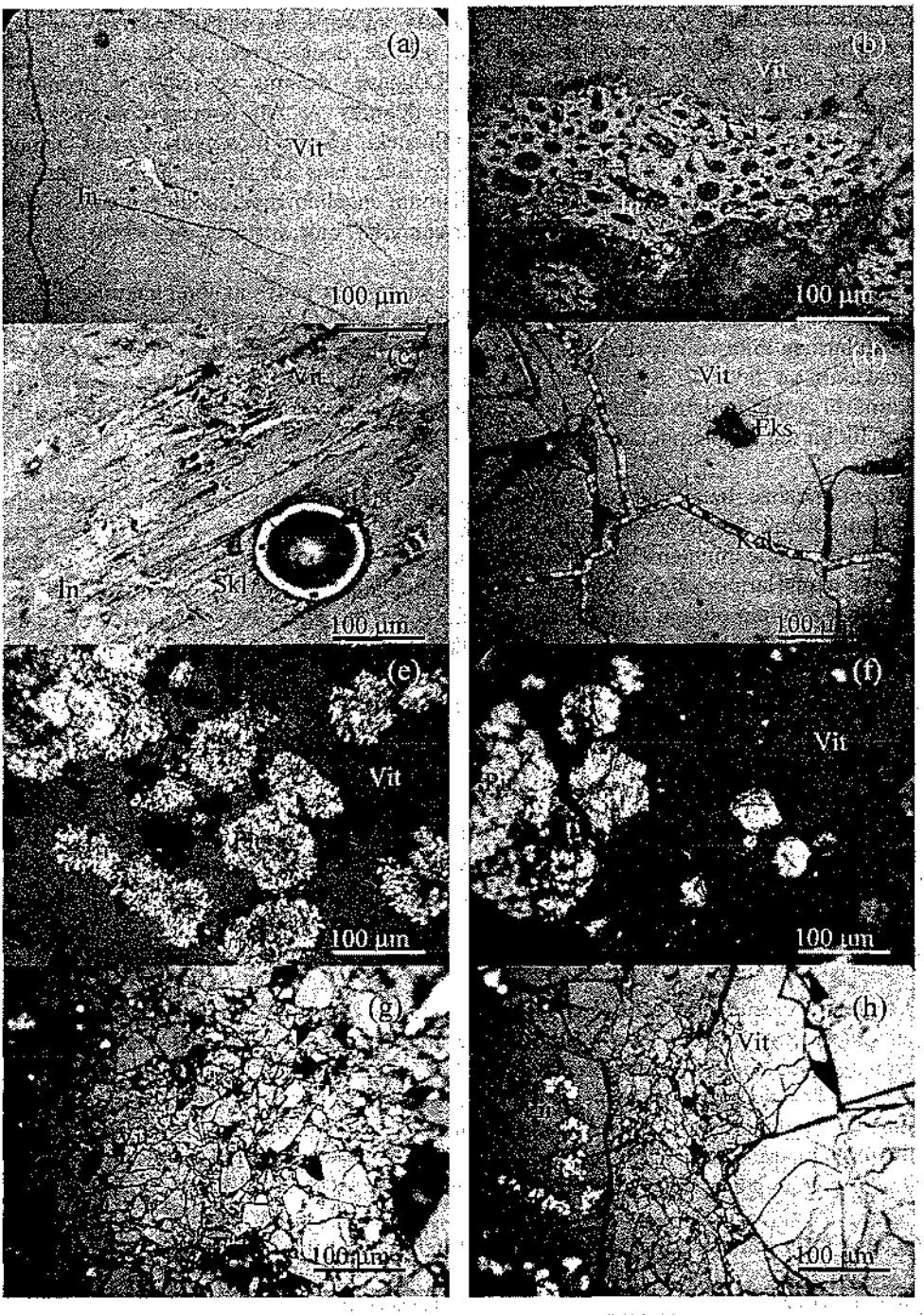
Bölgede günümüze kadar sadece jeolojik arama çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma ile bölge kömürlerinin çeşitli özellikleri araştırılmıştır. İncelemeye esas örnekler, üretim (Galeri 1 ve 2) ve arama (Galeri 3 ve 4) galerilerinden üretim ve arama amaçlı üretilmiş kömürlerden örnekleme yolu ile 100-120 kg olarak alınarak torbalanmıştır (Şekil 4).

3.1 Petrografik Özellikleri

Petrografik incelemeler Leitz Wetzlar-1432 marka cevher mikroskobu ile yağlı ortamda gerçekleştirilmiştir. Örneklerin maseral bileşimlerinin tayininde modal analiz yöntemi uygulanmıştır. Galeri 1'den alınan kömür örneğine uygulanan petrografik incelemeler sonucunda; kömür örneklerinin %71'inin maseraller ve %29'unun minerallerden oluştuğu bulunmuştur. Maseraller içerisinde en yaygın grubu vitrinitler (%55) oluşturmaktadır (Şekil 5a-d), (Çizelge 1). Bu petrografik bileşenler göz önüne alındığında bu kömürlerin orman bataklığından oluştuğu söylenebilir.

Çizelge 1. Yusufeli-Müzret kömürlerinin petrografik bileşimi, hacimce %.

Maseraller (%)			Mineraller (%)		
71			29		
Vitrinit (%)	Eksinit (%)	İnertinit (%)	Pirit (%)	Kalsit-Kil(%)	Diğer min. (%)
55	8	8	15	12	2



Şekil 5. Müzret kömürlerinin yansıtmalı ışıkta ve yağ immersiyonunda petrografik bileşenlerinin görünüşleri (Vit: Vitrinit, İn: İnertinit, Eks: Eksinit, Pir: Pirit, Kal: Kalsit, Skl: Sklerotinit).

Kömür içerisinde pirit, masif ve fromboidal olarak çok geniş boyut aralığında (1-500 µm) bulunmaktadır (Şekil 5e-f). Yapılan incelemelerde kömür içerisinde çok küçük boyutlarda breşik zonların bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5d). Bu yapısal durum kömürün çok kırılgan bir özellik kazanmasına, ufalanabilirliğinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 5g-h). Örnek incelemeleri sırasında altın olması muhtemel nabit taneler de tespit edilmiştir.

3.2 Fiziksel ve Teknolojik Özellikleri

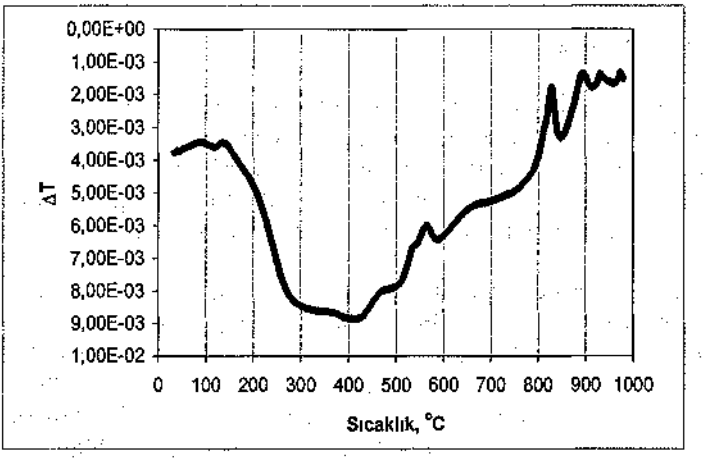
Kömürlerin ASTM-D388-82 standardına göre sınıflandırılmasında, örneklerin kuru külsüz bazda uçucu madde, elementel karbon ve kalorifik değer, orijinal bazda nem değerleri gibi parametreler göz önüne alınmıştır (Kural, 1991). Müzret kömürlerinin kuru-külsüz bazda, %14,03-32,64 uçucu madde ve %85,97-67,36 sabit karbon içeriği ve 8521-8641 Kcal/kg kalorifik değerine sahip olduğu bulunmuştur(Çizelge 2).

Farklı galerilerden alınan örneklerin kalorilerinde önemli bir fark yokken uçucu madde %'sinin önemli miktarlarda değişmesi bölgenin volkanik bir faaliyetten etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Bölge kömürleri günümüze kadar yapılan değerlendirmelerde kömürleşme derecelerine bakılmaksızın genel bir yaklaşımla linyit olarak incelenmektedir (Gökmen vd., 1993). Yaptığımız analiz sonuçlarına göre ise bölge kömürleri "düşük" ve "orta" uçuculu bitümlü kömür olarak sınıflandırılabilir. Son yapılan çalışmalarda da önceden linyit olarak tanımlanan çoğu kömürümüzün alt bitümlü kömür tanımına giren kömürleşme derecelerine sahip oldukları belirtilmektedir (Tuncalı vd. 2002).

Çizelge 2. Müzret kömür örneklerinin havada-kuru ve kuru-külsüz analiz değerleri ve sınıflandırılması

Fiziksel ve kimyasal özellikler		Galeri 1	Galeri 2	Galeri 3	Galeri 4
HAVADA KURU	Yoğunluk (gr/cm^3)	1,80	1,72	1,59	1,70
	Nem (%)	1,24	1,36	0,54	1,26
	Kül (%)	20,91	24,26	20,21	14,22
	Uçucu Madde (%)	10,92	11,59	23,54	27,59
	Sabit Karbon (%)	66,93	62,79	55,71	56,93
	Yanar Kükürt (%)	5,59	4,63	2,87	6,52
	Kok (%)	87,84	87,05	75,92	71,15
	Üst Kalorifik Değer (kcal/kg)	6674,5	6338,2	6816,4	7303,6
KURU KÜLSÜZ	Uçucu Madde (%)	14,03	15,58	29,70	32,64
	Sabit Karbon (%)	85,97	84,42	70,29	67,36
	Üst Kalorifik Değer (kcal/kg)	8573,53	8521,38	8601,14	8641,27
	Üst Kalorifik Değer (kJ/kg)	35895,65	35677,31	36011,25	36179,27
	Üst Kalorifik Değer (Btu/lb)	15423,63	15329,81	15473,30	15545,50
A.S.T.M. Sınıflamasında Yeri		Düşük Uçuculu Bitümlü Kömür		Orta Uçuculu Bitümlü Kömür	

Galeri 4'ten alınan kömür örneklerinin hava ortamında ve 10°C/dk ısıtma hızında yapılan DTA incelemeleri sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Kömür örneklerinin yaklaşık 430°C'de birincil uçucu elemanlar piki ve yaklaşık 580°C'de ikincil piki görülmektedir. Elde edilen DTA profili düşük ve orta uçuculu bitümlü kömürlerin pikleri (Kural, 1991) ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 6. Yusufeli-Müzret mevkii kömürlerinin (Galeri 4) DTA eğrisi, (0,5 gr örnek, 10 °C/dk ısıtma hızı, hava atmosferinde, 1 okuma/saniye)

Galeri 1'den alınan kömür örneğinin ufalanabilirlik özellikleri TS 12055 (1996) standardına göre düşürme yöntemi kullanılarak yapılmış olup sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Tüvenan kömür elek analizi ve düşme sağlamlığı deneyi sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)		
	Tüvenan Kömür	Deneye Giren	Deney Sonu
+75,0	14,21	21,02	-
-75,0 +63,0	8,82	13,04	-
-63,0 +50,0	6,86	10,15	7,85
-50,0 +37,5	9,46	13,99	8,93
-37,5 +31,5	5,19	7,67	5,09
-31,5 +18,0	11,30	16,72	14,64
-18,0 +12,5	6,04	8,94	10,58
-12,5 +8,0	5,72	8,46	12,64
-8,0 +4,0	6,77	-	9,32
-4,0 +1,0	11,58	-	13,61
-1,0	14,06	-	17,34
Toplam	100,00	100,00	100,00
Ortalama Boyut, mm	31,98	46,16	17,62
Düşme Stabilitesi, %	38,2		
Ufalanabilirlik,%	61,8		

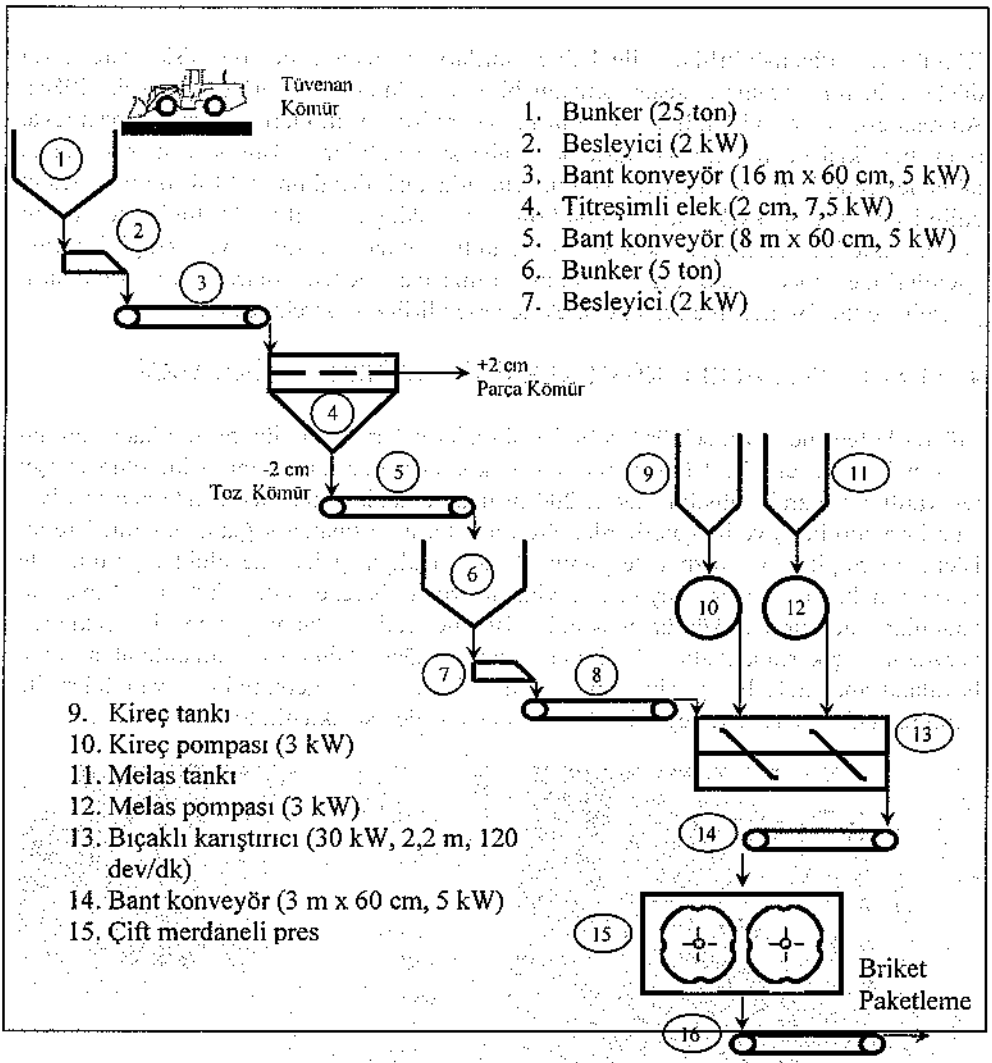
Kömürlerin ufalanabilirlikleri ile kalite sınıfları arasında genel bir ilişki vardır. En düşük ufalanma oranları düşük uçuculu bitümlü kömürlerde görülür (Ateşok, 1986). Antrasitlerin ve alt bitümlü kömürlerin ufalanabilirlik özellikleri birbirine benzemekte olup, her ikisi de bitümlü kömürlerden daha sağlamdırlar. Düşürme testi sonucunda bölgede Galeri 1'den üretilen kömürlerin ufalanabilirliğinin %61,8 olduğu tespit edilmiştir. Bu yüksek değer kömürün ait olduğu sınıfın özelliklerine uyum göstermektedir. Kömürün kolay ufalanabilir olması taşıma ve zenginleştirme işlemlerinde ince malzeme oranının artmasına neden olacak ve kayıpların yükseltecektir. Bu nedenle briketlenerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

4. MÜZRET (YUSUFELİ) KÖMÜRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Müzret bölgesinde özel sektör tarafından iki adet galeri ile günlük 50 ton kadar üretim yapılmaktadır (Şekil 7). Kömür üretimi orta kömür damarından yapılmakta olup 15 işçi tek vardiyalı olarak çalışılmaktadır. 200 m uzunluğunda damar içerisinde ana nakliyat galerileri sürülmüş ve bu galerilerden üretim katlarına irtibatlar sağlanmaktadır. Üretim işlemi martopikör ve kazma ile yapılarak ana nakliyat galerisine oluklar yardımı ile nakledilmektedir. Galeri boyunca raylar üzerinde hareket eden 200 kg kapasiteli vagonlara doldurulan kömür makaralı sistemle çelik halatlar yadımı ile çekilerek yeryüzüne çıkarılmaktadır. Tahkimat olarak ağaç tahkimat kullanılmakta olup havalandırma nefeslik yardımı ile doğal olarak veya gerektiğinde vantüpler ile yapılmaktadır. Galerilerin eğimi %15-25° arasında değişmektedir. Su geliri çok azdır.

Şekil 7. Müzret kömürlerinin işletilmesi için yapılan faalitetlerden görüntüler

Üretilen kömürler elenerek ince boyutlu kısmı biriketlenerek tüketime sunulmaktadır (Şekil 8). Tesiste ortalama 175 gr ağırlığında oval şekilli biriketler üretilmektedir. Briketleme soğuk olarak yapılmakta olup %7,5 oranında melas ve %4 oranında kireç ilavesi ile katkılı biriketleme yapılmaktadır. Kurutma doğal olarak yapılmakta olup %6 nem içeriğine sahip olduğunda maksimum verim elde edilmektedir. Üretilen briketler 25 kg'lık torbalara konularak paketlenmekte ve iri boyutlu kömürlerle birlikte ev ve sanayii yakıtı olarak pazarlanmaktadır. Briketleme tesisinde elde edilen briketler; ortalama olarak %4,38 nem, %32,01 kül, %22,22 uçucu, %42,39 sabit karbon ve %4,44 kükürt içermektedirler. Briketlerin üst kalorifik değerleri de ortalama 5200 kcal/kg (21771,4 kJ/kg) olarak bulunmuştur. Kalorifik değerdeki düşme ve kül içeriğindeki artış katkı maddesi olarak kullanılan kireçten kaynaklanmaktadır.



Şekil 8. Yusufeli-Müzret kömürleri briketleme tesisi akım şeması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Isınma ve sanayi amaçlı kömür ithalatı büyük şehirlerimizde yaşanan hava kirliliğine bağlı olarak son yıllarda artarak sürmektedir. Artvin-Yusufeli-Müzret kömürleri bu çerçevede detaylı etütlerin yapılmamış olmasının yanında kalorifik değerinin yüksek olması nedeniyle incelenmesi gerekli kömürlerden biri olarak görülmektedir.

Müzret bölgesi 1. Galeriden alınan kömür örneği üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda; kömür örneğinin %71'inin maseraller ve %29'unun minerallerden oluştuğu bulunmuştur. Maseraller içerisinde en yaygın grubu vitrinitler (%55) oluşturmaktadır Yapılan incelemelerde kömür içerisinde breşik zonların bulunduğu gözlemlenmiştir.

Müzret kömürleri, kuru-külsüz bazda, %14,03-32,64 uçucu madde ve %85,97-67,36 sabit karbon içeriği ve 8521-8641 kcal/kg (35676-36178 kJ/kg) kalorifik değeri ile ASTM sınıflamasına göre düşük ve orta uçuculu bitümlü kömür olarak sınıflandırılabilir.

Yöre kömürleri üzerine incelemelerin detaylandırılarak sürdürülmesi yerinde olacaktır. Özellikle çevre yönünden önemli bir dezavantaj oluşturan kükürt içeriğinin düşürülmesi ile ilgili test çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir. Bölge kömürlerinin sanayide kullanımı için teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi yerinde olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, yardımlarından dolayı Fetih Madencilik A.Ş. ve K.T.Ü. Genel Sekreterliği yetkililerine teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

Ateşok, G. (1986) *Kömür Hazırlama*, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 190 s.

Çebi, F.H. (1998) *Kelkit-Şiran (Gümüşhane) ve Yusufeli (Artvin) yöreleri jura yaşlı kömürlerinin iz element jeokimyası*, K.T.Ü. F.B.E Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 84 s.

DPT (2001) *Kömür Çalışma Grubu Raporu,* 8. Beş yıllık kalkınma planı, M. Ö. İ. K. Enerji Hammaddeler Alt Komisyonu, No: 2605/616, Ankara, 130 s.

Gökmen, V. Memikoğlu, O. Dağlı, M. Öz, D.ve Tuncalı, E. (1993) *Türkiye linyit envanteri*, MTA Yayınları, Ankara, s. 45-46.

Kandemir, R. (1998) *Tortum Gölü (Erzurum) kuzeyinin stratigrafik ve sedimantolojik özellikleri*, K.T.Ü., F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Korkmaz, S. (1995) Jurassic coal occurrances and their depositional environments in the eastern pontides, NE-Turkey, *Geology of The Black Sea Region*, Ed. Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçen, S, Ankara, s 275-279.

Korkmaz, S. ve Baki, Z. (1984) *Demirözü güneyinin jeolojisi ve kömür oluşumları*, MTA Rapo. No:7863, Ankara.

Kural, O. (1991) *Kömür*, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 975 s..

Saraloğlu, A. Erçin, A.İ. Özdoğan, K., Yılmaz, H. (1992) *Bayburt-Pazaryolu-İspir-Yusufeli-Artvin arasında kalan Çoruh vadisinin jeolojisi ve linyit prospeksiyon raporu*, MTA Rap. No: 9452, Trabzon.

TS 12055 (1996) *Kömür briketi-ev ve benzeri yerleri ısıtmada kullanılan*, TSE, Ankara, 9 s.

Tuncalı, E. Çiftçi, B. Yavuz, N. Toprak, S. Köker, A., Gencer, Z. Ayçık, H. Şahin, N. (2002) *Türkiye tersiyer kömürlerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri*, MTA Yayınları, Ankara, s. 2-12.

Ünver, Ö. (1994) Linyit sektöründe özelleştirme, *2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu,* TMMOB Maden Müh. Odası, Ankara, s.177-198.

Yılmaz, A.O. ve Arıoğlu, E. (2003) Elektrik üretiminde linyit sektörümüzün yeri ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), *Türkiye 18. Uluslararası Madencilik Kongresi,* Ed. G. Özbayoğlu, TMMOB Maden Müh. Odası, Ankara, s. 203-211.

Zengin, Y. (1955) *Yusufeli (Çoruh) kömürleri*, MTA Araş. Rap. No:2342, Ankara, 15s.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceeclings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04,2004, Zonguldak, Turkey

TKİ-GELİ ESKİHİSAR OCAĞINDA ANTİK YAPILARIN JEOFİZİK YÖNTEMLERLE BULUNMASI

LOCATING ANCIENT STRUCTURES BY GEOPHYSICAL METHODS AT TKİ-GELİ ESKİHİSAR OPEN PIT MINE

İsmail ERGÜDER, *TKİ Genel Müdürlüğü, 06330 ANKARA*
İbrahim KIZILDAĞ, Abdulkadir SUCU, Öner ÖZDEMİR, *TKİ Genel Müdürlüğü, 06330 ANKARA*

ÖZET

Bu bildiride, TKİ-GELİ Yatağan Eskihisar ocağında, madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan antik mezarların devamlılığını araştırmak amacıyla yapılan jeofizik çalışmalar anlatılmıştır. Arkeolojik alanlarda jeofizik yöntemler kullanılarak, gömülü antik yapıların yerleri kısa sürede belirlenip, arkeolojik kazıya yön verilebilmektedir. Ocak sahasında rezistivite (özdirenç) ve jeoradar (yer radarı) yöntemleri uygulanarak mezar, duvar gibi antik yapıların yerleri belirlenmiştir. Daha sonra arkeologlar tarafından bu antik yapıların kazı, kurtarma ve temizlik çalışmaları yapılmıştır. Böylelikle Eskihisar ocağında bir taraftan Türkiye'nin enerji ihtiyacına önemli katkılar sağlayan kömürün üretimi sürdürülürken, diğer taraftan da insanlık tarihinin kültürel mirası olan arkeolojik değerler kazanılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, geophysical exploration methods to examine the continuity of the ancient structures that have been discovered during the mining operations at TKİ-GELİ Yatağan Eskihisar open pit coal mine, has been presented. In archaeologic dig sites, buried ancient structures can be located by using geophysical methods in a short time and archaeologic digging sequence can be accordingly directed. In pit area, ancient structures like grave, wall etc. were located by using resistivity and ground penetrating radar methods. Afterwards, archaeologists performed digging, rescue and cleaning operations of these sites. By this way, lignite production in Eskihisar mine that has significant contributions to energy demand of Turkey has not been interrupted and on the other hand, archaeologic assets that are the cultural heritage of human history have recovered.

1. GİRİŞ

Arkeolojik alanlarda da jeofizik yöntemler (elektrik-özdirenç, yer radarı, doğal potansiyel, manyetik, sismik ve gravite) kullanılarak, kazı yapılacak alanın kazı öncesi yol gösterici ve yönlendirici haritası elde edilebilmektedir. Etütler sonucunda arkeologlara, arama zamanından ve giderlerden kazanç sağlanarak en hızlı ve en etkili bir biçimde kazı yapma olanağı sunulabilmektedir.

Yurdumuzda arkeolojik amaçlı ilk jeofizik uygulamalar, 1960'lı yılların ortaları ve sonlarında başlamış, uzun yıllar çok az uygulaması olmuştur. Ancak 1990 yılından günümüze doğru arkeolojik yerleşimler üzerinde yoğun bir biçimde kullanılarak arkeolojik aramacılığın vazgeçilmez yöntemlerinden biri olmuştur (Drahor, 1999).

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu Genel Müdürlüğü'ne bağlı Güney Ege Linyitleri İşletmesi (GELİ) Müdürlüğünün Muğla İli Yatağan İlçesi Eskihisar Ocağında madencilik faaliyetleri sırasında antik mezarlara rastlanılmıştır. Bu mezarların devamlılığını araştırmak amacıyla Mart 2003 ve Mayıs 2003 aylarında, mezarların yakın civarı olan 6 ayrı alanda jeofizik etütler yapılmıştır. Bu çalışmalarda arkeolojik nesnelerin aranmasında en çok kullanılan jeofizik yöntemlerden, elektrik-özdirenç yöntemi ile yer radarı yöntemi birlikte kullanılmıştır.

Çok elektrotlu otomatik rezistivite cihazı ile etüt alanı içerisinde 2-3 metre aralıklarla oluşturulan 48-72 metre uzunluklu toplam 152 adet profil (kesit) üzerinde pole-dipol elektrot dizilimi kullanılarak, 15848 adet elektrik profil ölçüsü alınmıştır. Ayrıca jeoradar cihazı ile 200 MHz ve 100 MHz'lik antenler kullanılarak kayıtlar alınmıştır.

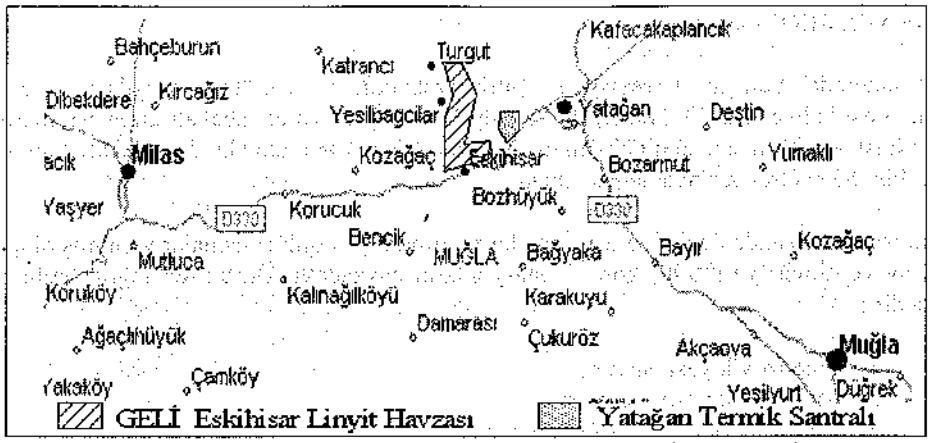
Eskihisar ocağında daha önceki arkeolojik amaçlı jeofizik çalışmalar, 1996, 1999, 2000, 2001 ve 2002 yıllarında yine TKİ jeofizik ekibi tarafından yapılmıştır.

Antik mezarların bulunduğu alanda jeofizik, arkeolojik ve madencilik çalışmaları eşgüdümlü yapılarak kömür üretimi ve buna bağlı olarak elektrik üretiminde bir aksama yaşanmamıştır.

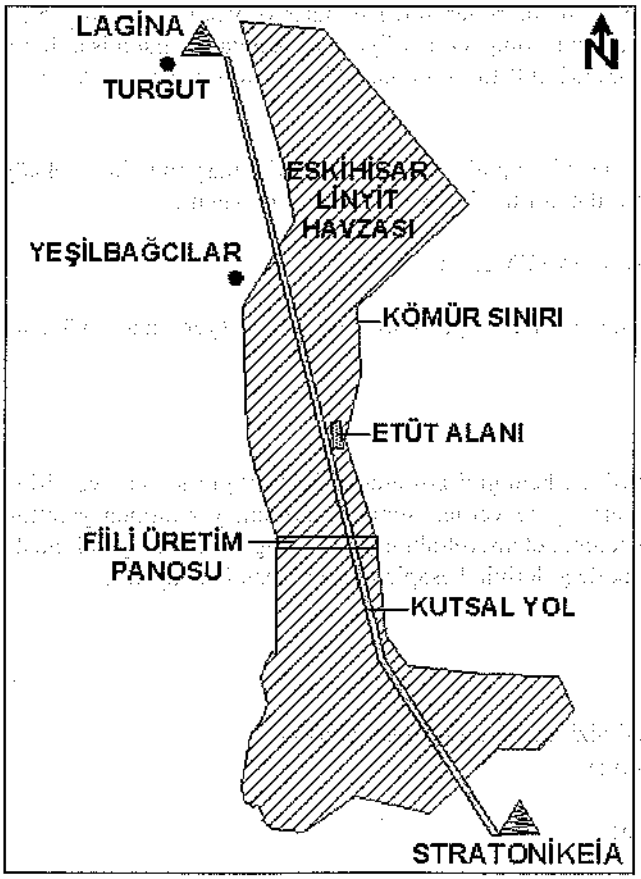
2. ÇALIŞMA SAHASI

Çalışma alanı Muğla İli Yatağan İlçesi Eskihisar Köyü ile Turgut Kasabası arasında kalan TKİ-GELİ Müdürlüğünün Eskihisar Linyit Havzası içerisinde yer almaktadır. Yatağan İlçesine 8 km mesafededir.Yine bu bölgede, 3x210 MW gücündeki Yatağan Termik Santralı bulunmaktadır (Şekil 1). Santral bu havzadan üretilen kömürlerle beslenmektedir.

Eskihisar linyit havzası, bulunduğu coğrafi konumu itibariyle güneydoğusunda Stratonikeia Antik Kenti, kuzeybatısında ise Lagina Kutsal Tapınağı yer almaktadır. Bu iki antik kenti birleştiren 10 km uzunluğundaki Kutsal Yol'un Yeşilbağcılar Beldesine kadar olan kısmı Eskihisar ocağından geçmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Yer Bulduru Haritası



Şekil 2. Eskihisar Linyit Havzası, Stratonikeia ve Lagina Antik Kentleri Vaziyet Planı

3. GENEL JEOLOJİ

Etüt alanında Yatağan Formasyonu (tüfit arakatkılı ve çakıltaşı yaygıları içeren, kırmızımsı kahve renkli kumtaşı) ile Sekköy Formasyonu (ince tabakalı kireçtaşı, marn ve kiltaşı ardalanması, laminalı marn, kompakt marn) yer almaktadır. Nebati toprak kalınlığı 0-3 metre arasında değişmektedir.

Eskihisar havzasında değişik araştırmacılar tarafından jeolojik çalışmalar yapılmış olup, Ulusay ve Yoleri'ye (1990) göre formasyonların havzadaki alttan üste doğru dizilimi şöyledir :

1. Paleozoyik yaşlı şistler,
2. Mesozoyik yaşlı mermerler,
3. Turgut Formasyonu (Kil, kum,silt),
4. Sekköy Formasyonu,
5. Yatağan Formasyonu.

Kömür Horizonu, Turgut Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir, tavanında ise Sekköy Formasyonunun kompakt marnları yer alır. Eskihisar ve yakın civarında 15-20 metre arasında değişen bir kalınlıkta olup Orta Miyosen yaşındadır. Eskihisar linyit havzasının 2004 yılı rezervi, 43.435.000 ton görünür, 874.000 ton hazır olmak üzere, toplam 44.309.000 ton dur.

Antik mezarlara, genellikle nebati toprak ve Yatağan Formasyonu ile Sekköy Formasyonunun kontağında yer alan tüfitler içerisinde rastlanılmaktadır.

4. UYGULANAN JEOFİZİK YÖNTEMLER

Bu çalışmada elektrik-rezistivite (özdirenç) yöntemi ile jeoradar (yer radarı) yöntemi birlikte kullanılmıştır.

4.1 Özdirenç Yöntemi

Özdirenç, bir materyalin elektrik iletkenliğini gösteren öziletkenliğin tersidir ve birimi ohm-m dir. Özdirenç yöntemleri ; yere verilen suni bir akımın, yer altında yarattığı elektrik alanın potansiyelini ölçerek, potansiyel-akım şiddeti bağıntısından yeraltındaki katmanların özdirenç ve kalınlık değerlerinin hesaplanması prensibine dayanır.

$$\rho a = k\,(\Delta V / I) \qquad [1]$$

k = Geometrik Faktör (Elektrod dizilim tekniğine göre değişir)
ΔV = Ölçülen potansiyel farkı (mV)
I = Yere verilen akım (mA)
ρa = Görünür özdirenç (ohm-m)

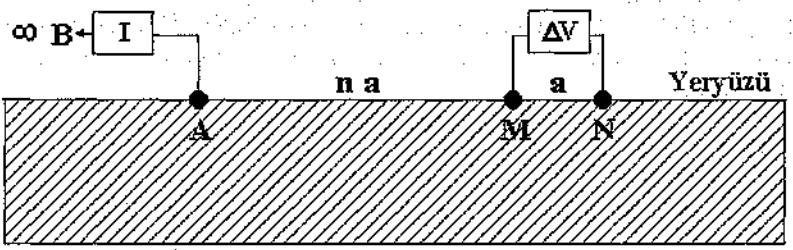
Bu yöntemle yeraltındaki kayaçların özdirençlerine bağımlı olan görünür özdirenç [1] bağıntısından belirlenerek, yer içinin jeolojik yapısı elektrik (özdirenç) özelliğine göre

haritalanır. Yöntem maden, petrol, su, jeotermal, arkeolojik aramalar ve mühendislik jeolojisi problemlerinin çözümünde kullanılır. (Candansayar). Arkeolojik nesneler içinde bulundukları ortamdan daha yüksek özdirenç değerine sahiptir. Boşluklar, mezarlar, taş duvarlar ve tümülüs içindeki koridorlar içinde bulundukları ortamdan daha yüksek özdirenç gösterirler. Arkeolojik nesnelerin yüksek özdirenç değerlerine sahip olması, bunların aranmasında jeofizik özdirenç yönteminin kullanımını olanaklı kılar.(Başokur, 1999)

Bu çalışmada özdirenç-elektrik profil yöntemi pole-dipol elektrod dizilimi kullanılarak 4-5 seviye (n= 1, 2, 3, 4 ve 5) için yapılmıştır.

Pole-Dipol Elektrod Dizilimi

Bu dizilimde akım elektrodlarından biri, AM mesafesine göre sonsuz sayılabilecek bir mesafeye, arazinin durumuna göre profil doğrultusunda veya profile dik olacak şekilde irtibatlandırılır.



Şekil 3. Pole-Dipol Elektrod Dizilimi

Bu dizilimde geometrik faktör k, [2] bağıntısından hesaplanır.

$$k = 2 \pi n (n + 1) a \qquad [2]$$

A ve B Akım Elektrodları
M ve N Gerilim Elektrodları
MN = a
AM = n a
n = 1, 2, 3, 4, 5, ...
$\pi = 3.14159$

Elektrik profil ölçülerinde pole-dipol elektrod dizilimiyle 2 ile 13.5 metre arasındaki teorik derinliklere karşılık gelen seviyelerde, ölçümler yapılarak profiller boyunca özdirenç değişimleri incelenmiştir. Ölçümler, Scintrex-Saris çok elektrodlu özdirenç cihazı ve çok kanallı kablo düzeneği kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan akımın değerleri 500 volt-1 amper, ölçü istasyonları arası uzaklık 2-3 metredir.

4.2 Jeoradar (Yer Radarı) Yöntemi

Yer radarı son yıllarda mühendislik ve arkeolojik araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yurdumuzda da Topkapı Sarayı avlusu, Gaziantep-Zeugma, Tekirdağ-Kamaradere, Efes vb. arkeolojik kazı alanlarında ve mühendislik araştırmalarında başarı ile uygulanmıştır.

Yer radarı zaman ortamı bir elektromanyetik yöntemdir. Radar sistemi bir sinyal üreticisi, verici ve alıcı antenler ile kayıt biriminden oluşur. Bu yöntemde yer içine gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalganın bir kısmı farklı dielektrik sabitine sahip tabaka veya kütle ara yüzeylerinde yansımaya uğrar. Yansıyan bu dalgalar alıcı anten tarafından algılanır. Elektromanyetik dalganın gidiş-geliş zamanının ölçülmesi ile yeraltındaki katmanların konumu, fay, kırık ve çatlakların varlığı, yapay veya doğal gömülü oluşumların, kütlelerin ve boşlukların belirlenmesi yapılabilmektedir.

Yer radarı yöntemi Eskihisar ocağındaki arkeolojik ve tektonik amaçlı jeofizik etütlerde, özdirenç yöntemi ile birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmalar özdirenç çalışmaları sonucunda belirlenen anomaliler üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Yer radarı çalışmalarında, PulseEKKO 100A cihazı ile 200 MHz ve 100 Mhz frekansında antenler kullanılarak kayıtlar alınmıştır. Bu kayıtlar Win_EKKO bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

5. DEĞERLENDİRME VE YORUM

Verilerin araziden toplanıp işlenmesinden sonra değerlendirme (verilerin jeofizik, jeolojik ve arkeolojik yorumu) çalışmaları yapılmıştır. Eskihisar ocağında 6 ayrı alanda yapılan jeofizik ölçüler sonunda elde edilen özdirenç değerlerine göre tüm kesitlerin SURFER, MATLAB, iki boyutlu (2-B) ters çözüm bilgisayar programları kullanılarak Özdirenç Grafikleri, Yer-Elektrik Kesitleri, 2-B Yapma-Kesit ve Ters Çözüm Kesitleri ile etüt alanlarının Eş-Özdirenç Seviye Haritaları, 3-B Özdirenç Haritaları yapılmıştır. Özdirenç grafikleri yeraltının yanal değişimlerini belirlemek için yapılır. Her seviye (derinlik) için hesaplanan ρ (özdirenç), profil boyunca x'(metre)in fonksiyonu olarak çizilir. Yer-Elektrik Kesiti ve Yapma-Kesit, kesit boyunca ölçülen derinliklere ait özdirenç değerlerinin yerlerine yazılıp konturlanması ya da bu değerlere göre renklendirilmesiyle elde edilir. Profil uzunluğunun düşey düzlemindeki özdirenç değişimini gösterirler. Bu kesitler, katmanların doğrultu ve eğimleri, cevher oluşukları, süreksizlikler, boşluk, blok, mezar vb. yeraltı yapılarının belirlenmesini sağlarlar.

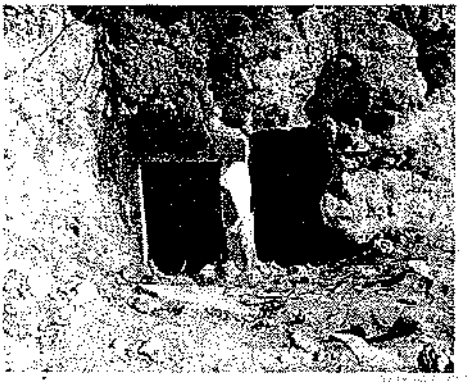
2-B Ters Çözüm ise yeni bir veri işlem tekniğidir. Olası yapının konumu, derinliği ve boyutları hakkında bilgi verir. Eş-Özdirenç seviye haritaları ise çizildikleri seviye (derinlik)deki yatay özdirenç dağılımını gösterirler.

Bilgisayar ortamında yapılan tüm bu jeofizik kesit ve haritalar arkeolojik açıdan değerlendirilip yorumlanarak, antik yapıların bulundukları ortam içerisindeki göstergesi olan yüksek özdirençli zonlar belirlenmiştir.

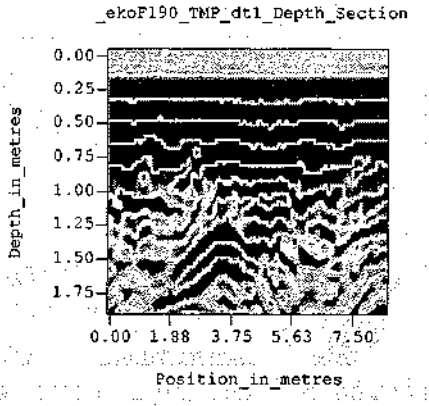
Belirlenen bu lokasyonlarda arkeologlar tarafından yapılan kazılarda ; mezar, duvar vb. antik yapılar gün ışığına çıkarılmıştır.

6. ARAZİ ÖRNEKLERİ

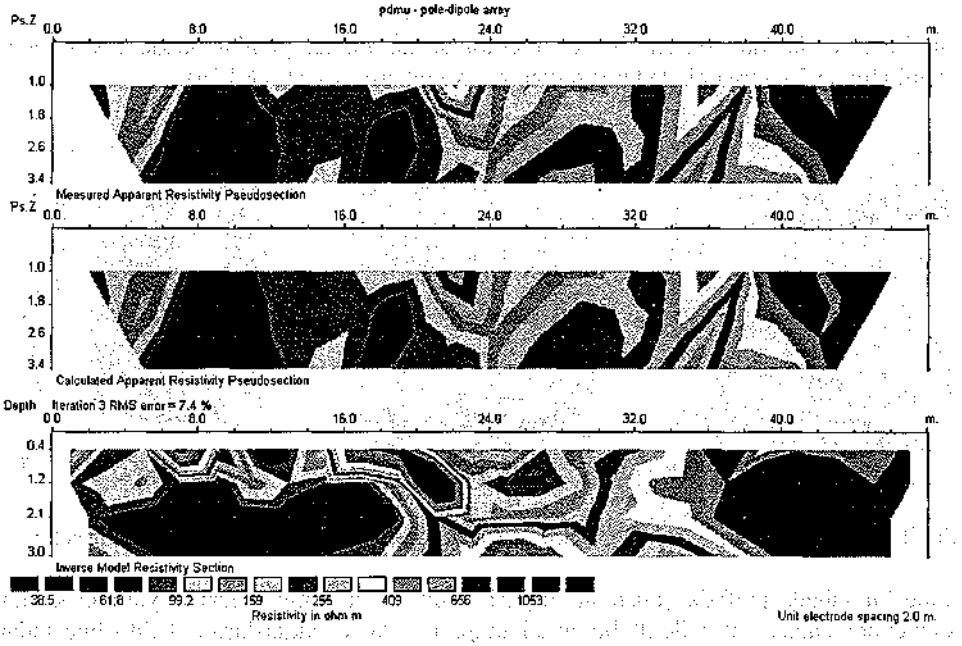
Jeofizik uygulamalara öncelikle madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan antik mezarların üzerinde test ölçülleri alınarak başlanmıştır. Daha sonra bu alanlarda antik mezarların devamlılığı araştırılmış, tespit edilen anomaliler üzerinde kazı önerilmiştir. Madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan tüfitler içerisine oyulmuş antik mezar, Şekil 4' de görülmektedir. Bu mezarın, 200 MHz'lik anten kullanılarak ölçülen yer radarı kesitinde verdiği hiperbol Şekil 4a'da, ters çözüm kesitindeki anomalisi (1050 Ohm-m, 42 nolu istasyon) Şekil 4b'de görülmektedir (Loke, 1999).



Şekil 4. Tüfitler İçindeki Antik Mezar

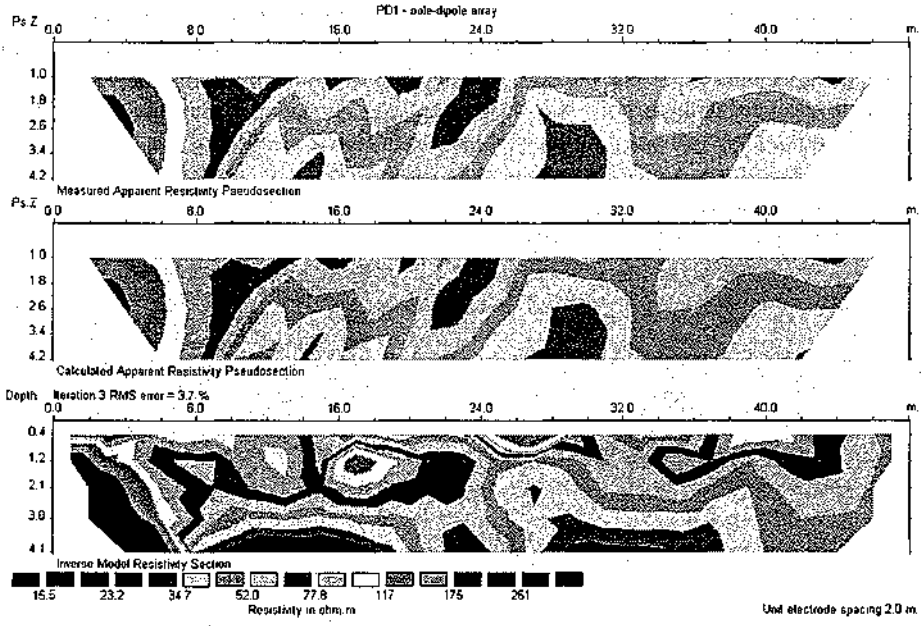


Şekil 4a. Antik Mezarın Yer Radarı Kesiti



Şekil 4b. Antik Mezarın 2-B Görünür, Kuramsal ve Ters Çözüm Özdirenç Kesiti

1.Sahada ölçülen 1.Profilin Şekil 5' deki 2-B görünür, kuramsal ve ters çözüm kesitinde; ortamın özdirenci ortalama 75 ohm-m iken, 4 nolu istasyonda 250 ohm-m ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. 1.Saha profil 1 2-B Görünür, kuramsal ve ters çözüm özdirenç kesiti

Bu lokasyonda kazı önerilmiş ve arkeologlar tarafından yapılan kazıda, 9.5 metre uzunluğunda 2 metre eninde teras duvarı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5a).

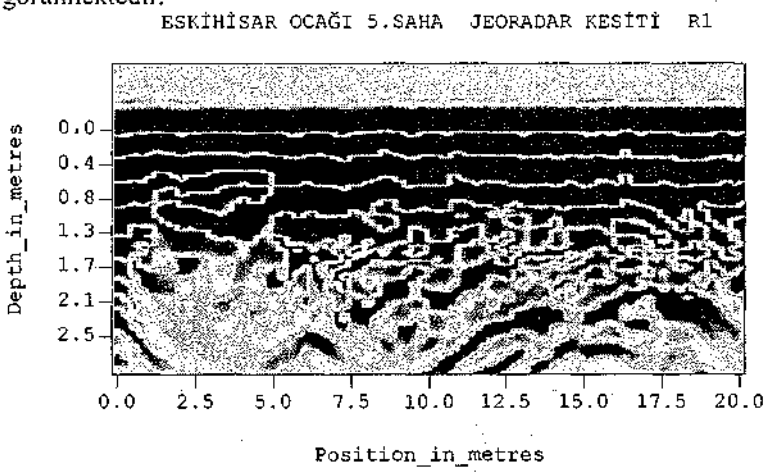
Şekil 5a. Teras duvarı

Şekil 6. Antik mezar

Şekil 6a. Açılmış hali

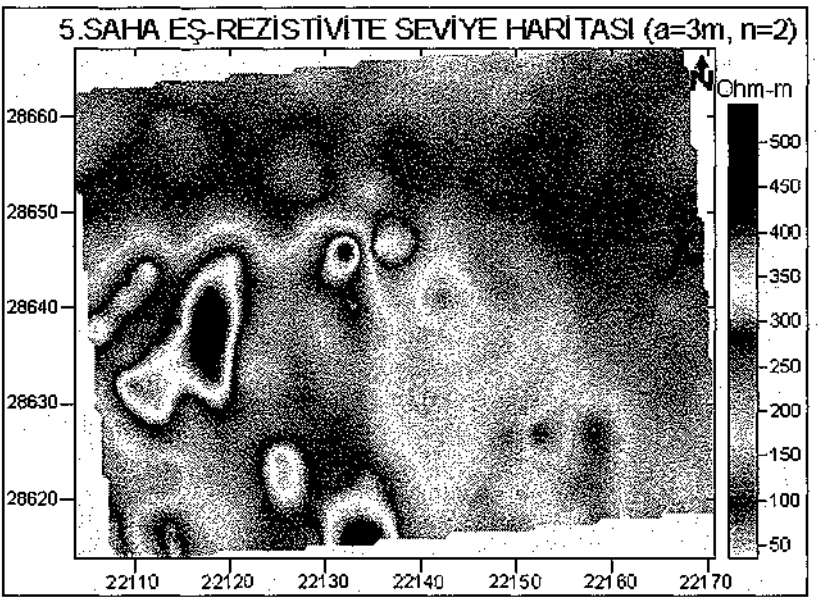
Yine bu sahada jeofizik çalışmalarla yeri tespit edilen antik mezarın, yapılan kazılar sonucunda kapak taşları ile ilk buluntu hali Şekil 6'da, kapak taşlarının kaldırılmasından sonra iskeletin yatış durumu Şekil 6a' da görülmektedir. (Tırpan ve Söğüt, 2003)

Eskihisar ocağı 5.Sahada yapılan yer radarı çalışmalarına örnek Şekil 7 de verilmiştir. Win_EKKO programı kullanılarak yapılan derinlik kesitinde, elde edilen yansımalar görülmektedir.



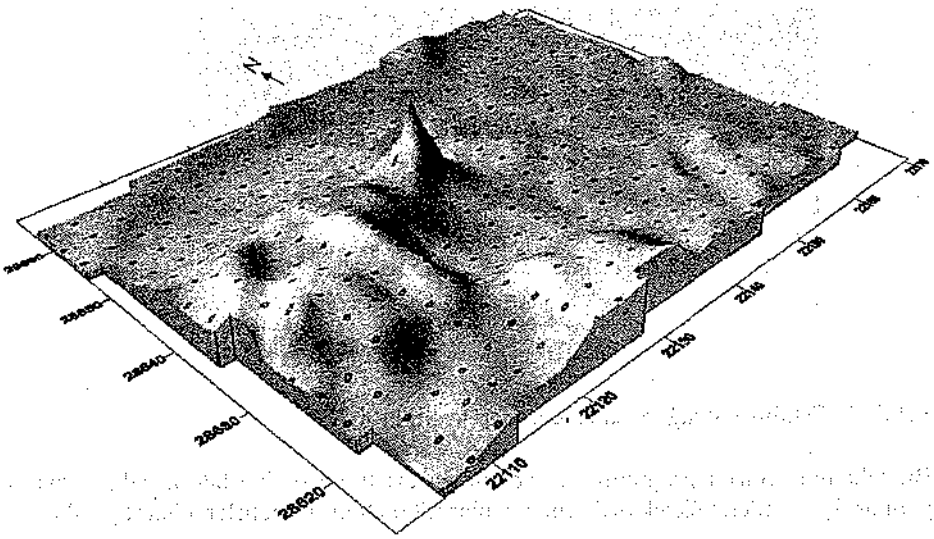
Şekil 7. Eskihisar ocağı 5. saha jeoradar kesiti (100 MHz)

Bu sahanının Surfer programı ile yapılan eş-rezistivite seviye haritasında ; olası antik yapıları işaret eden yüksek özdirençli zonlar (500 Ohm-m) belirlenmiştir (Şekil 8).



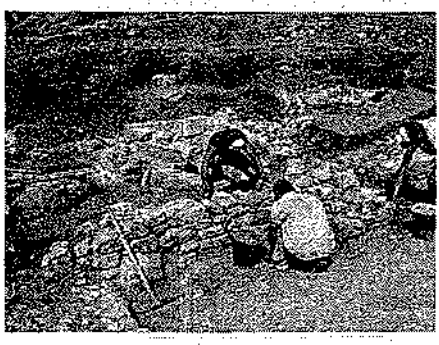
Şekil 8. 5.Saha eş-rezistivite seviye haritası

5.Sahanın özdirenç değerlerine göre 3-B haritası yapılmış ve ölçü istasyonları nokta şeklinde harita üzerine izdüşürülmüştür. Bu haritada mevcut antik mermer mezarın yeri (en büyük yükselti 600 ohm-m) ile gömülü olan diğer olası antik yapıların yerleri belirgin olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 9).

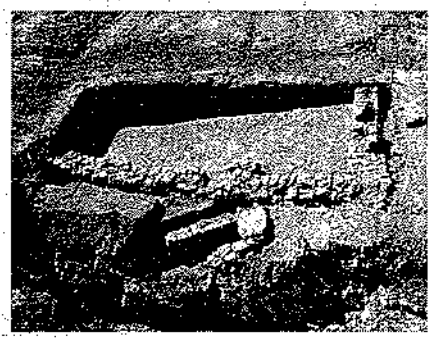


Şekil 9. Eskihisar ocağı 5. saha 3-B özdirenç haritası

Bu alanda yapılan tüm harita ve kesitler arkeolojik açıdan değerlendirilip yorumlanarak kazı yapılacak lokasyonlar belirlenmiştir. Yapılan kazılarla (Tırpan ve Söğüt, 2003) ortaya çıkarılan mezar, yapı duvarları gibi antik yapılardan bazı örnekler aşağıda verilmiştir (Şekil 10 ve11).



Şekil 10. Kazı çalışmaları



Şekil 11. Antik mezar ve yapı duvarları

7. SONUÇLAR

Bilgisayar ve elektronik teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak üretilen yeni jeofizik cihazlar sayesinde, hızlı veri toplama ve yeni değerlendirme teknikleri ile yazılımlardaki gelişmeler, Eskihisar ocağındaki arkeolojik alanların kısa sürede araştırılmasını sağlamıştır.

Jeofizik etütler arkeolojik alana, gömülü antik yapılara ve çevreye hiç bir zarar verilmeden yapılmıştır.

Jeofizik ölçüler sonucunda SURFER, MATLAB, WinEKKO ve Loke'un Res2dinv SemiDemo Version programı kullanılarak, yer-elektrik kesitleri, özdirenç grafikleri, 2-B yapma-kesit, 2-B ters çözüm, 3-B rezistivite haritaları, eş-rezistivite seviye haritaları ve jeoradar kesitleri yapılmıştır. Bu harita ve kesitlerde arkeolojik nesnelerin bulundukları ortam içindeki göstergesi olan yüksek özdirençli zonlar belirlenmiştir.

Saha tüm bu verilerin denetiminde analiz edilerek arkeolojik açıdan değerlendirilip yorumlanarak olası antik yapıların yerleri kısa sürede belirlenmiş, arkeologlara geleneksel kazı yöntemlerine göre daha hızlı, daha ekonomik kazı yapma olanağı sağlanmıştır. Bu alanlarda yapılan arkeolojik kazılar sonucunda mezar, teras duvarı, yapı duvarı gibi kültür varlıkları ortaya çıkarılmıştır.

Ayrıca teknik olarak jeofizik ölçü yapılamayan yerler ile arkeologlar tarafından yüzey araştırmalarına göre belirlenen yerlerde yapılan kazılarda da çok sayıda kültür varlıkları gün ışığına çıkarılmıştır.

Bulunan eserler Muğla Müzesinde, mezarlar ise GELİ Müdürlüğünün park sahasında idari binalar yanında düzenlenen alana taşınarak, ziyaretçilere sergilenecektir.

Arkeolojik kazılar, Lagina Kazısı Başkanlığında Selçuk ve Pamukkale Üniversitesi başta olmak üzere 7 ayrı üniversiteden gelen öğretim üyesi, öğretim görevlisi ve öğrencilerden oluşan 55 kişilik ekip ile yürütülmüştür.

Eskihisar ocağındaki arkeolojik kazılar ve jeofizik çalışmalar, arkeologlar tarafından yüzey araştırmalarına göre belirlenen potansiyel alanlarda, eşgüdümlü olarak 2007 yılına kadar devam edecektir.

TKİ Genel Müdürlüğü, Eskihisar ocağında kömür üretiminin arkeolojik değerleri de kazanarak kontrollü yapılması için konuya gereken hassasiyeti göstermiş ve 1996 yılından bu yana jeofizik etütleri yapmış, arkeolojik kazılarla ilgili de her türlü yardımın yapılmasını sağlamıştır.

Böylelikle Eskihisar kömür ocağında, bir taraftan Türkiye'nin enerji ihtiyacına önemli katkılar sağlayan kömürün üretimi sürdürülürken diğer taraftan da insanlık tarihinin kültürel mirası olan arkeolojik değerler kazanılmıştır.

8. KAYNAKLAR

Başokur, A. T. (1999) Doğru Akım Yönteminin Arkeolojik Amaçlı Kullanımı Üzerine Bir Derleme. *Workshop Arkeoloji ve Jeofizik Bildiri Özetleri Kitabı,* TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, İzmir, s.4.

Candansayar, M.E. ( ) Doğru Akım Özdirenç Yöntemi. Ankara Üniversitesi Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü.

Drahor, M. G. (1999) Arkeojeofizik Aramacılığın Tarihi. *Workshop Arkeoloji ve Jeofizik Bildiri Özetleri Kitabı,* TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, İzmir, s.3.

Ergüder, İ., Kızıldağ, İ., Sucu A. ve Özdemir, Ö., (2003) GELİ Müdürlüğü Eskihisar Ocağı Doğu Şevi Antik Mezar Alanı Jeofizik Etüt Raporu (2), TKİ, Ankara.

Ergüder, İ. Kızıldağ, İ. Sucu A. ve Özdemir, Ö. (2003) *GELİ Müdürlüğü Eskihisar Ocağı Doğu Şevi Antik Mezar Alanı Jeofizik Etüt Raporu* (3), TKİ, Ankara.

Loke, M.H. (1999) Res2dinv SemiDemo Version. (http://www.geoelectrical.com).

Tırpan, A. ve Söğüt, B. (2003) *Yatağan-Eskihisar Ocağı Börükçü Mevkisi 2003 Yılı Çalışmaları Raporu,* Lagina Kazısı Başkanlığı, Muğla.

Ulusay, R. ve Yoleri, M.F. (1990) *TKİ-GELİ Yatağan (Muğla) Eskihisar Açık İşletmesi Şev Stabilitesi Etüt Raporu,* MTA, Ankara.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 2-4 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 2-4, 2004, Zonguldak, Turkey

POLİAKRİLAMİTLERİN İYONİK GRUPLARININ KÖMÜR HAZIRLAMA TESİSİ ATIKLARININ ÇÖKELME DAVRANIŞINA ETKİSİ

THE EFFECT OF IONIC GROUPS OF POLYACRYLAMIDE ON THE SETTLING BEHAVIOUR OF COAL PREPARATION PLANT TAILINGS

Eyüp SABAH, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., 03200 Afyon
İsmail CENGİZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., 03200 Afyon

ÖZET

Bu çalışmada, Kömür ve kaolinit, illit, muskovit, kuvars gibi mineral maddelerden oluşan kömür hazırlama tesisi atığının çökelme davranışına poliakrilamitlerin iyonik gruplarının etkisi incelenmiştir. Yüksek moleküler ağırlığa sahip zayıf ve orta anyonik flokülantların özellikle düşük polimer konsantrasyonlarında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bulanıklık testleri, zayıf anyonik ve nonyonik flokülantların, bilhassa düşük ve yüksek pH'larda, daha berrak süspansiyonlar verdiğini göstermiştir. Multi komponent özelliğe sahip atık suyun flokülasyon tekniği ile arıtılmasında, partikül yüzeylerine polimer adsorpsiyonu için, ortam pH'sının ve partiküllerin elektriksel yüklerinin, polimerin şarj yoğunluğundan daha fazla öneme sahip olduğu belirlenmiştir. pH değişimlerinden en fazla, iyon aktivitesi en yüksek olan polimerin etkilendiği ve onu düşük iyon aktivitesine sahip zayıf anyonik ve iyonize olmayan nonyonik polimerin izlediği görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, the effect of ionic groups of polyacrylamides onto the settling behaviour of coal preparation plant tailings composed of coal and mineral matter such as kaolinite, illite, muscovite and quartz has been investigated. It is shown that the weak and medium anionic flocculants of high molecular weight were more effective especially at low polymer dosages. The turbidity tests showed that the weak anionic and nonionic flocculants produced rather clear suspensions particularly at low and high pHs. The results reveal that in the solid-liquid separation of multi component tailings by flocculation technique, polymer adsorption at solid surfaces are more influenced by changes in pH and electrical charges of the particulates rather than the charge density of polymer. It is observed that polymers with high ionic groups were affected more by changes in pH, followed by the nonionic polymers which have low degree of ionization.

1. GİRİŞ

Katı-sıvı ayırımı uygulamaları genelde problem arz eden süreçlerdir; zira süspansiyon içinde yer alan farklı boyut, şekil ve ağırlıktaki katı taneciklerin varlığı ve kolloidal davranışları, ortam ile ilgili değişkenler, kullanılan elektrolitler ve bütün bunların birbirleriyle olan etkileşimleri katı-sıvı ayırımı işlemlerinde belirleyici olmaktadır. Katı-sıvı ayırımı işlemlerinde temel amaç, mümkün olduğunca katı oranı düşük berrak su ve su oranı düşük katı elde etmektir.

Çökelmeyi hızlandırıcı yardımcı kimyasalların (polimerler) kullanıldığı flokülasyon tekniği, yüksek oranda ince boyutlu tane içeren kömür hazırlama tesisi atıklarının susuzlaştırılmasında en çok tercih edilen yöntemdir. Söz konusu atıkların bu yolla etkili ve verimli bir şekilde katı-sıvı ayırımına tabi tutulması, hem tesiste tekrar kullanılacak suyun kalitesi hem de katı oranı yüksek şlam eldesi açısından önem arz etmekte ve bunun bir sonucu olarak da tesisteki zenginleştirme ekipmanlarının ve atık barajının performansını artırmaktadır.

Tesiste mevcut olan tikiner tankında bu işlemin en verimli ve en ekonomik şekilde yapılması, yöntemle ilişkili bazı parametrelerin iyileştirilmesine bağlıdır. Sistemde etkin olan bu parametrelerin optimum değerleri laboratuvar düzeyinde sağlıklı bir biçimde belirlendiği taktirde, tesis ölçekli uygulamalarda da başarı olunacağı kesindir. Sistemin destabilizasyonunda, özellikle flokülant kullanılması durumunda, tesis atık suyundaki katıların fiziksel, kimyasal ve elektrokinetik özelliklerinin çok iyi bilinmesi, başarının en büyük faktörü olarak kabul edilmektedir.

Çeşitli türde mineral maddeler içeren kömürlü atık suların flokülasyonu ve bu sularda yer alan katıların çökelme davranışları ile ilişkili olarak gerek yurtiçi gerekse yurtdışında yapılmış çalışmalar mevcut olup, yurt içinde yapılanların sayıları oldukça sınırlıdır. Yozgat yöresi linyitlerinin efektif bir şekilde susuzlaştırması ile ilgili olarak ülkemizde yapılan bir çalışmada, flokülasyonda ekili olan parametreler ele alınmış ve optimum flokülant dozajı ve tipi belirlenmiştir (Cebeci, 1995). Yine buna benzer bir araştırmada, Ömerler (Tunçbilek) kömür hazırlama ve zenginleştirme tesisinden alınan atık su ile flokülasyon testleri yapılmış, çeşitli tipte kil mineralleri ihtiva eden atık numunelerinin zeta potansiyelleri ölçülmüş, optimum dozaj ve flokülant tipi belirlenerek tikiner tankı boyutlandırılmıştır (Malayoğlu ve diğ., 1998).

Bu çalışmada, kömür hazırlama tesisi atık suyunda bulunan inorganik ve organik safsızlıkların çökelme davranışı üzerine poliakrilamitlerin iyon aktivitesinin etkisi incelenmiş, bulguların değerlendirilmesinde çökelme hızı ve bulanıklık değerleri esas alınmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Tesis atık suyu, Garp Linyitleri İşletmesi (G.L.İ) Tunçbilek Kömür Hazırlama Tesisi tikiner tankı girişinden alınmıştır.

Deneylerde kullanılan farklı molekül ağırlığa ve iyon aktivitesine sahip flokülantlar ve özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. pH ayarlamalarında hidroklorik asit (HCl) ve kireç sütü $Ca(OH)_2$ kullanılmıştır.

Çizelge 1. Poliakrilamit Flokülantlar ve Özellikleri (Praestol – und Mining Broschüre,; Ciba Specialty Chemicals Brochure,....)

KİMYASALIN ADI	ŞARJ TİPİ	İYON AKTİVİTESİ	İYONİZ. DERECESİ (%)	MOLEKÜL AĞIRLIĞI (g/mol)	ETKİN pH ARALIĞI	ÜRETİCİ FİRMA
Praestol 2515	Anyonik	Zayıf	15	15-20 milyon	3-8	Stockhausen GmbH
Praestol 2540	Anyonik	Orta	40	15-20 milyon	6-13	Stockhausen GmbH
Magnafloc 351	Nonyonik	N/A	-	16 milyon	5-8	Ciba Specialty Chemicals

2.2 Yöntem

Flokülasyon deneyleri, aynı anda 4 beher ile çalışma imkanı sağlayan, hız ve zaman ayarlı Velp JLT4 marka Jar-Test cihazında gerçekleştirilmiştir. Testlerde, üzeri milimetrik olarak işaretlenmiş 800 ml'lik beherler kullanılmıştır.
Flokülasyon deneylerine geçilmeden önce her flokülant için %0,1'lik stok çözelti hazırlanmış, daha sonra bu stok çözeltiden değişik konsantrasyonlarda standart çözeltiler türetilmiştir.

Flokülasyon testlerinde aşağıdaki prosedür izlenmiştir.

- Kömür hazırlama tesisinden getirilen ve katı oranı %5,85 olan 200 kg atık su, stok numuneden her defasında homojen dağılım gösteren numune alınmasını sağlamak amacıyla, karıştırma tankında 5 dakika süre ile karıştırıldı. Her deney öncesi gerçekleştirilen bu işlemden sonra, tankın vanası açılarak 800 ml'lik behere flokülasyon deneyi için gerekli olan miktarda (500 ml) numune alınmıştır.

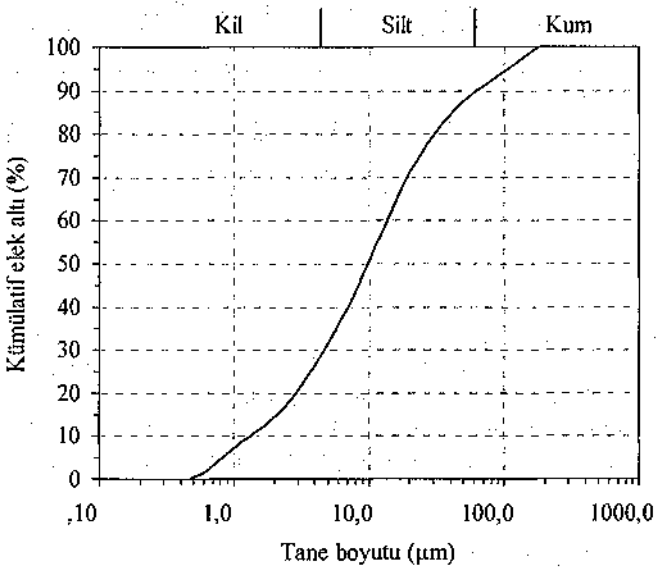
- Beher, jar-test cihazına yerleştirildikten sonra, 150 D/D hızda 2 dakika süreyle karıştırma işlemine tabi tutuldu. Bu işlemi müteakip süspansiyona uygun dozajda standart flokülant çözeltisi ilave edildi ve optimum bir karıştırma süresinden sonra karıştırma işlemine son verilerek milimetrik olarak işaretlenmiş beherin üzerinde iki sabit nokta referans alınmak suretiyle arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı değişimi belirli zaman aralıklarında kaydedildi. Çökelme hızı, arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı olarak değişimini gösteren doğrunun eğiminden bulunmuştur (DIN 23007, 1985).

- Nihai flokülasyon işlemini müteakip 15 dakika beklendikten sonra, otomatik pipet ile yüzeyden yaklaşık 3 cm derinlikten yeterli miktarda alikot alınarak suyun bulanıklık değeri tespit edilmiştir.

3. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Karakterizasyon Testleri

Tamamı 0,18 mm altında yer alan tesis sulu atığının boyut analizi Malvern-Mastersizer 2000 cihazı ile yapılmış olup, boyut dağılımı eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kömür hazırlama tesisi atığının tane boyutu dağılımı.

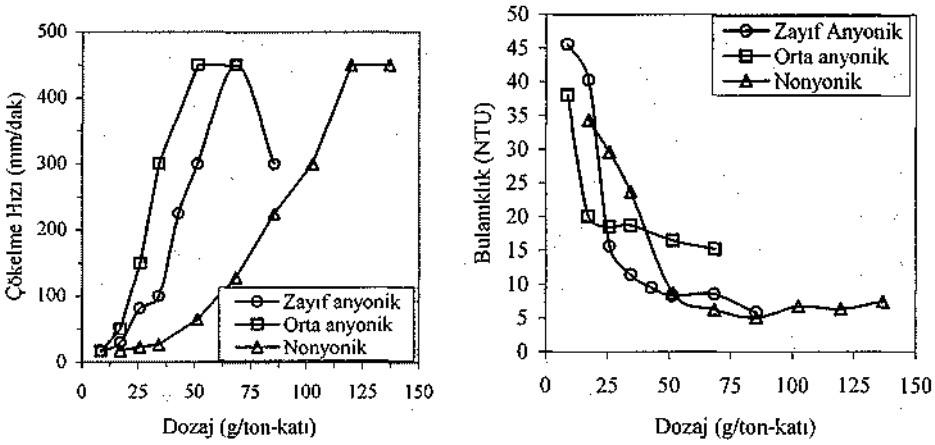
Atığın boyut analizinden hareketle hesaplanan ortalama tane boyutu 11,93 μm, şlam boyutundaki (< 20 μm) malzeme oranı %71 ve Mastersizer cihazı ile tespit edilen tane yoğunluğu ise 2,71 g/cm^3'dür.
Atığın yüzey alanının tespitinde Rosin-Rammler-Sperling-Bennett (RRSB) yöntemi kullanılmış olup, hesaplanan özgül yüzey alanı "S_m" değeri, 0,5535 m^2/g'dır.

Optik incelemeler atığın kömür ve mineral maddelerden oluştuğunu; kömüre eşlik eden kil ve kil dışı mineral maddeleri tespit amacıyla yapılan XRD ölçümleri ise, atığın mineralojik bileşiminde kaolinit, illit, muskovit ve kuvarsın da yeraldığını göstermiştir. Güngör ve Türkmenoğlu'nun (1993), Tunçbilek Beye köyü kömürleri ile ara tabakalı killerin mineralojik bileşimlerini tespit için yapmış oldukları analiz sonuçları, bu bulguları teyit etmektedir. Karbonat mineralleri içermeyen atığın kızdırma kaybı %30 olup, kömür içeriği yüksektir. Atığın kül, karbon ve kükürt içeriğinin tespiti için yapılan testler bu oranların sırasıyla %69.74, %18.83 ve %0.69 olduğunun göstermiştir.

Zeta Meter 3.0 cihazı ile farklı pH'larda yapılan elektrokinetik potansiyel ölçümlerinde atığın yüzey elektrik yükünün bütün pH değerlerinde negatif ve süspansiyonun denge pH'sında (pH 8,3) zeta potansiyel değerinin -25 mV civarında olduğu tespit edilmiştir.

3.2 Flokülasyon Testleri

Şekil 2, yüksek moleküler ağırlığa sahip her üç polimerin iyonizasyon derecesindeki yükselmeye bağlı olarak flokülasyon etkisinin arttığını göstermektedir. Performans kriteri olarak çökelme hızı ve bulanıklık verileri birlikte değerlendirildiğinde 300 mm/dak çökelme hızı için zayıf ve orta anyonik polimerler ile düşük konsantrasyonlarda çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Söz konusu çökelme hızına ulaşmak için tüketilen polimer miktarları zayıf ve orta anyonik için sırasıyla 51,28 ve 34,19 g/ton-katı, nonyonik için ise 102,56 g/ton-katı dır (Şekil 2-a). Dozaja bağlı bulanıklık verileri incelendiğinde zayıf anyonik ve nonyonik flokülantların daha berrak süspansiyonlar verdiği görülmektedir. Doğal pH'da (pH 8,3) polimer konsantrasyonu artışına bağlı olarak, iyonize olan ve olmayan her üç polimerin de flokülasyon etkisinin yüksek konsantrasyonlarda azalması ve nihayet bir plato noktası oluşturması, anyon adsorpsiyonu ve buna bağlı net negatif yüzey elektrik yükünün artması ve bunun bir sonucu olarak elektrostatik itmenin fazlalaşması (sterik engel) nedeniyledir. Polimerin iyonizasyon derecesi arttığında polimer zinciri daha düzgün ve gergin bir hal almakta ve bu durum taneler arasında köprü oluşumunu kolaylaştırmaktadır (Stutzman and Siffert, 1977). Zayıf ve orta iyonizasyon derecesine sahip her iki polimerin fonksiyonel grupları, partikül yüzeyine tutunma esnasında, dozaj artışına bağlı olarak yumaklaşıp bükülmekte ve köprü teşekkülü için gerekli olan gergin moleküler yapı bozularak flok oluşumu için uygun olmayan bir yapı meydana gelmektedir.



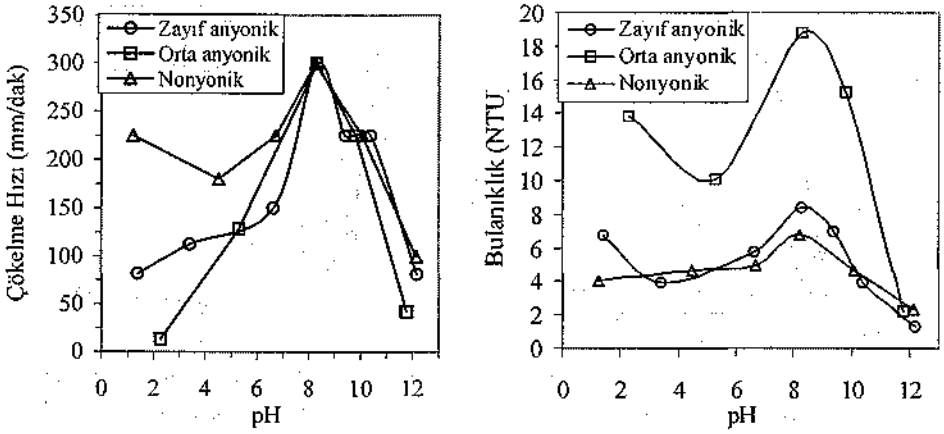
(a) (b)

Şekil 2. Poliakrilamit tipinin ve miktarının (a) çökelme hızı, (b) bulanıklığa etkisi (pH=8,3).

Şekil 3 a ve b, iyonik olmayan ve zayıf veya orta derecede iyonizasyon derecesine sahip poliakrilamitlerin doğal pH'da yüksek bir çökelme hızı ve nispeten kötü bir bulanıklık sergilediğini, düşük ve yüksek pH değerlerinde çökelme hızlarındaki önemli düşüşlere rağmen bulanıklık değerlerinde önemli iyileşmeler elde edildiğini göstermektedir. Bu durum, kömür hazırlama tesisi atık suları gibi multi komponent sistemlerde partikül yüzeylerine polimer adsorpsiyonu için ortam pH'sının ve partiküllerin elektriksel yüklerinin, polimerin iyonizasyon derecesinden daha fazla öneme sahip olduğuna işaret

etmektedir. Nitekim pH değişimlerinden en fazla etkilenen polimerin; iyonizasyon derecesi en yüksek orta anyonik flokülant olduğu görülmektedir. Onu düşük iyonizasyon derecesine sahip zayıf anyonik ve iyonize olmayan nonyonik flokülantlar izlemektedir (Şekil 3a).

Yine doğal pH değerinde süspansiyonun yüksek türbidite vermesi, destabilizasyonun daha ziyade iri boyutlu taneler üzerinde etkili olduğunu, kolloidal boyutlu tanelerin ise kısmen disperse olduğunu göstermektedir. Kuvvetli alkalin ortamlarda killer stabil süspansiyonlar oluşturduklarından, ortama polimerden önce Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi multivalent iyonlar ilave edildiğinde süspansiyon destabilize olmaktadır (Sworska vd., 2000). Nonyonik ve zayıf anyonik polimer pH 8'in üzerinde etkin olmadığından (Çizelge 1) ve doğal pH'nın üzerindeki ayarlamalar kireç sütü ile yapıldığından ortamdaki divalent katyonlar (Ca^{+2}) elektriksel çift tabakayı bastırmakta, özellikle kolloidal boyutlu tanecikler arasındaki itme kuvvetleri hızla azalarak süspansiyonun kararlılığı bozulmaktadır. Bir başka ifade ile, nonyonik ve zayıf anyonik flokülant varlığında süspansiyona Ca^{+2} iyonları ilavesi koagülant etkisi yaparken, etkin pH aralığı 6-13 arasında değişen orta anyonik polimerin performansını düşürmektedir. Benzer durum ortamın asidik olması durumunda görülmektedir (Şekil 3b). Asidik süspansiyonlarda moleküllerindeki karboksil gruplarının (-C=O) sayısının azalması nedeniyle anyonik polimerlerin flok oluşturma yetenekleri azalmakta, söz konusu gruplarda meydana gelen yumaklaşma nedeniyle köprü oluşumu zayıflamaktadır.



(a) (b)

Şekil 3. Ortam pH'sının (a) çökelme hızı, (b) bulanıklığa etkisi.

4. SONUÇLAR

Tamamı 0,18 mm boyut grubu altında, ortalama tane boyutu 11,93 µm ve şlam boyutundaki tane oranı %71 olan kömür hazırlama tesisi atığının karakterizasyon testleri, atığın kömür, kaolinit, illit, muskovit ve kuvarstan ibaret olduğunu göstermiştir. Karbonat mineralleri içermeyen atığın kızdırma kaybı %30 olup, kömür içeriği yüksektir. Atığın kül, karbon ve kükürt oranları sırasıyla %69.74, %18.83 ve %0.69'dur. Farklı pH'larda yapılan elektrokinetik potansiyel ölçümlerinde bütün pH

değerlerinde negatif yüzey elektrik yükü ve doğal pH'da (8,3) -25 mV'luk bir zeta-potansiyel değeri tespit edilmiştir.

Flokülasyon ve bulanıklık testleri, poliakrilamitlerin iyon aktivitesi artışına bağlı olarak özellikle düşük konsantrasyonlarda çökelme hızında artış olduğunu, zayıf anyonik ve nonyonik polimerler ile daha berrak süspansiyonlar elde edildiğini göstermiştir. 300 mm/dak'lık optimum bir çökelme hızı için tüketilen polimer miktarları; zayıf ve orta anyonik için sırasıyla 51,28 ve 34,19 g/ton-katı, nonyonik için ise 102,56 g/ton-katı dır. İyonizasyon derecesi ne olursa olsun her üç polimer de süspansiyon pH'sındaki değişimlerden etkilenmiş, doğal pH'da yüksek çökelme hızı ve nispeten yüksek bulanıklık değerleri elde edilirken, düşük ve yüksek pH'larda tam tesi durum gözlenmiş, çökelme hızlarındaki önemli düşüşlere rağmen berrak süspansiyonlar elde edilmiştir. Bu durum, kömür hazırlama tesisi atık suları gibi multi komponent sistemlerde partikül yüzeylerine polimer adsorpsiyonu için ortam pH'sının ve partiküllerin elektriksel yüklerinin, polimerin iyonizasyon derecesinden daha fazla öneme sahip olduğuna işaret etmektedir.

Nonyonik ve zayıf anyonik polimer pH 8'in üzerinde etkin olmadığından ve doğal pH'nın üzerindeki ayarlamalar kireç sütü ile yapıldığından, Ca^{+2} gibi divalent katyonların, zayıf anyonik polimer varlığında koagülant etkisi gösterdiği, buna karşın orta anyonik polimerin (etkin pH aralığı 6-13) performansını düşürdüğü tespit edilmiştir. Benzer durum ortamın asidik olması durumunda da gözlemlenmiş, asidik süspansiyonlarda moleküllerindeki karboksil gruplarının (-C=O) sayısının azalması nedeniyle, anyonik polimerlerin flok oluşturma yetenekleri zayıflamıştır.

Sonuç olarak, orta anyonik flokülant kullanılması durumunda ortam pH'sının nötr veya hafif alkali olmasına dikkat edilmeli, berrak süspansiyonlar istendiğinde ise zayıf anyonik flokülantlar tercih edilmelidir.

5. KAYNAKLAR

Cebeci, Y. (1995) Linyit Kömürü Artıklarının Flokülasyonunda Bazı İşletme Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi. Geosaund/Yerbilimlei Dergisi, No. 27 pp. 181-189.

Ciba Specialty Chemicals Brochure. (....) Praestol- Flockungshilfsmitfel, Stockhausen GmbH, Krefeld.

DIN 23007. (1985) *Deutsche Industrie Norm. Flockungsmittel für Betriebswasser, DIN 23007,* Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin.

Güngör, P. ve Türkmenoğlu, A. (1993) Tunçbilek-Domaniç (Kütahya) Havzasında Kömürlerle Ara Tabakalı Killerin Mineralojisi. *6. Ulusal Kil Sempozyumu,* İstanbul, s. 95-109.

Malayoğlu, U., Akar, A. and Seyrankaya, A. (1998) Developing Sedimentation Criteria for Slimes of Ömerler Coal Washing Plant by Flocculation. Innovations in Mineral and Coal Processing, Ed. S. Atak, G. Önal and M.S. Çelik, pp.195-200.

Praestol - und - Mining Broschüre. (....) Magnafloc flocculant, Bradford-West Yorkshire.

Stutzman, Th. and Siffert B. (1977) Contribution To The Adsorption Mechanism of Acetamide and Polyacrylamide on to Clays. *Clays and Clay Minerals,* Vol. 25, pp. 392-406.

Sworska, A., Laskowski, J.S. and Cymerman, G. (2000) Flocculation of the Syncrude Fine tailings: Part II. Effect of Hydrodynamic Conditions. *International Mineral Processing,* Vol. 60, pp. 153-161.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

AFŞİN/ ELBİSTAN LİNYİTLERİNDEKİ KÜLÜN AZALTILMASI

REDUCTION OF ASH CONTENT IN AFSIN/ ELBISTAN LIGNITE

İsmail KURUMUŞ, *MTA Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü,42100, Konya*
Mehmet YILDIRIM, *Çukurova Üni. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Böl., 01330, Adana*

ÖZET

Bu çalışmada, Afşin-Elbistan linyitlerinin kül içeriğinin azaltılması ve kalorifik değerinin yükseltilebilmesi için yapılan deneysel çalışmaların sonuçları ve kül depolama maliyeti üzerine etkileri verilmektedir. -1,40 +0,250mm boyut aralığına indirilen linyit numunesine uygulanan sarsıntılı masa deneyi ile kül oranı % 39,41'den %27,13'e düşürülmüştür. Masa atığı ve -0,250mm boyutlu numune karıştırılarak ince boyutlu ve saçınımlı bir şekilde dağılmış kül yapıcı bileşenlerin kömür taneciklerinden serbestleşebilmesi için -0,075mm boyuta indirilmiştir. Bu boyuttaki numunenin kül içeriğinin azaltılması için fuel-oil agglo-flotasyon metodu uygulanmıştır. Elde edilen konsantre ile masa konsantresi birleştirilmiştir. Böylece ağırlıkça % 79,00 toplam temizleme verimi ile % 29,80 kül içeriğine sahip, 4152 Kcal/kg kalorifik değerde bir nihai temiz kömür elde edilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, results and discussions of the experimental works carried out to reduce the ash content and increase the calorific value of the lignite received by the Afsin/Elbistan deposit and effects on ash store cost were presented. Ash making mineral matter in the sample sized into –1.40 +0.250mm was reduced from 39.41% to 27.13% (dry basis) by only shaking table operation. Tailing obtained from the tabling was blended to –0.250mm fraction and further ground into –0.075mm to improve liberation of the coal particles from the ash finely disseminated. Ash content of this fraction was discarded by fuel-oil agglo-flotation method. The concentrates obtained by tabling and flotation were admixed. A final clean product containing 29.80% ash and 4152 kcal/kg net calorific value was obtained with 79.00 % total cleaning recovery as a weight from the sample by this work.

1. GİRİŞ

Yaklaşık 4 milyar tonluk rezerviyle tüm ülke rezervinin yarısından fazlasına sahip olan Afşin- Elbistan Linyitleri, kömür içeriği açısından genç linyitler sınıfında olduğundan ve temizlenmesi mevcut yöntemlerle ekonomik olarak sağlanamadığından evsel yakıt olarak kullanılamamaktadır. Ancak, termik santralde yakıt olarak kullanılan bu linyitler ülkenin enerji üretim potansiyelinde önemli bir yere sahiptir.

Afşin-Elbistan linyitlerinin kül yapıcı minerallerin kömür içerisinde çok ince tanelerde bulunması, mevcut temizleme yöntemleri ile ekonomik olarak temizlenmesini engellemektedir. Bu linyitlerimiz, yüksek kül içeriği ve düşük kalori değeriyle evsel yakıt olarak kullanılamadığı gibi, halihazırda kullanıldığı termik santralde de bir takım sorunlar yaratmakta ve bu sebeple üretim kayıpları meydana gelmektedir. Termik santral yakma kazanlarında hem külün miktarı, hem külün kompozisyonu, ısı transfer yüzeylerine yapışarak yanma sonucu oluşan ısının buhar için gerekli olan ısı olarak suya transferinden önce bacagazı ile atılmasına neden olabilmektedir. Diğer taraftan, yanma sonucu oluşan bazı çevre kirleticilerin, örneğin kükürtün yanar kömür içinde yüksek konsantrasyonlarda olması, çevre için olumsuzluk arzetmektedir.

Kül miktarının yüksek olması sebebiyle tesis içi ve tesis dışı kül nakliyatının ve depolama maliyetlerinin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Kül miktarının azaltılması ile kül nakliyatı maliyeti ve depolama maliyetide düşecektir. Ancak şu anda kurulu bulunan santral daha yüksek kalorili ve daha düşük küllü linyitin yakılabilmesi için dizayn edilmemiştir. Ancak, kül miktarının azaltılması ve kalorifik değerin artırılmasını amaçlayan bu çalışma sayesinde, gerek şu anda kurulu bulunan santralin sorunları için, gerekse daha sonra kurulabilecek olan santraller için bir fikir elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, Afşin Elbistan linyitlerinden alınan temsili numunelere sarsıntılı masa ve agglo-flotasyon deneyleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. MALZEME VE METOT

2.1 Malzeme

Afşin- Elbistan linyit havzasının değişik üretim bölgelerinden açık işletme yöntemiyle üretilen linyitler bantla harmanlama alanına getirilmekte ve değişik seviyelerden üretilen değişik özelliklerdeki linyitler burada harmanlanarak santrale verilmektedir. Bu sebeple, deneysel çalışmalara esas olan numuneler Afşin-Elbistan Termik santrali yakma öncesi harman bölgesinden temsili olarak alınmıştır. Alınan bu orijinal numunenin analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Agglo-flotasyon deneylerinde, kömür taneciklerinin yüzeyinin suda ıslanmaz hale getirilmesi amaçlanmış ve bunun için deneylerde, zaten termik santralde kullanılmakta olan 6 numaralı fuel –oil kullanılmıştır. Kullanılan fuel-oil'in kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Elbistan linyit numunesinin analiz sonuçları

Kömür Analizleri	Orj. Kömür (%)	Havada Kuru Kömür (%)	Kuru Kömür (%)
Nem	48,80	17,14	----
Kül	20,20	32,66	39,41
Uçucu Madde	21,50	34,80	42,00
Sabit Karbon	9,50	15,40	18,59
Toplam Kükürt	1,61	2,45	3,10
Üst Isıl Değer (kcal/kg)	1100	1320	1524
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	990	1260	1420

Çizelge 2. 6 Numaralı fuel-oil'in özellikleri

Üst Isıl Değer (kcal/kg)	10200-10800
Alt Isıl değer (kcal/kg)	9600- 10200
Karbon (%)	81-86
Hidrojen (%)	10-13
Kükürt (%)	0,5-5
Tortu (%)	0-0,25
Nem (%)	0-1
Alevlenme Noktası (C^0)	70-140

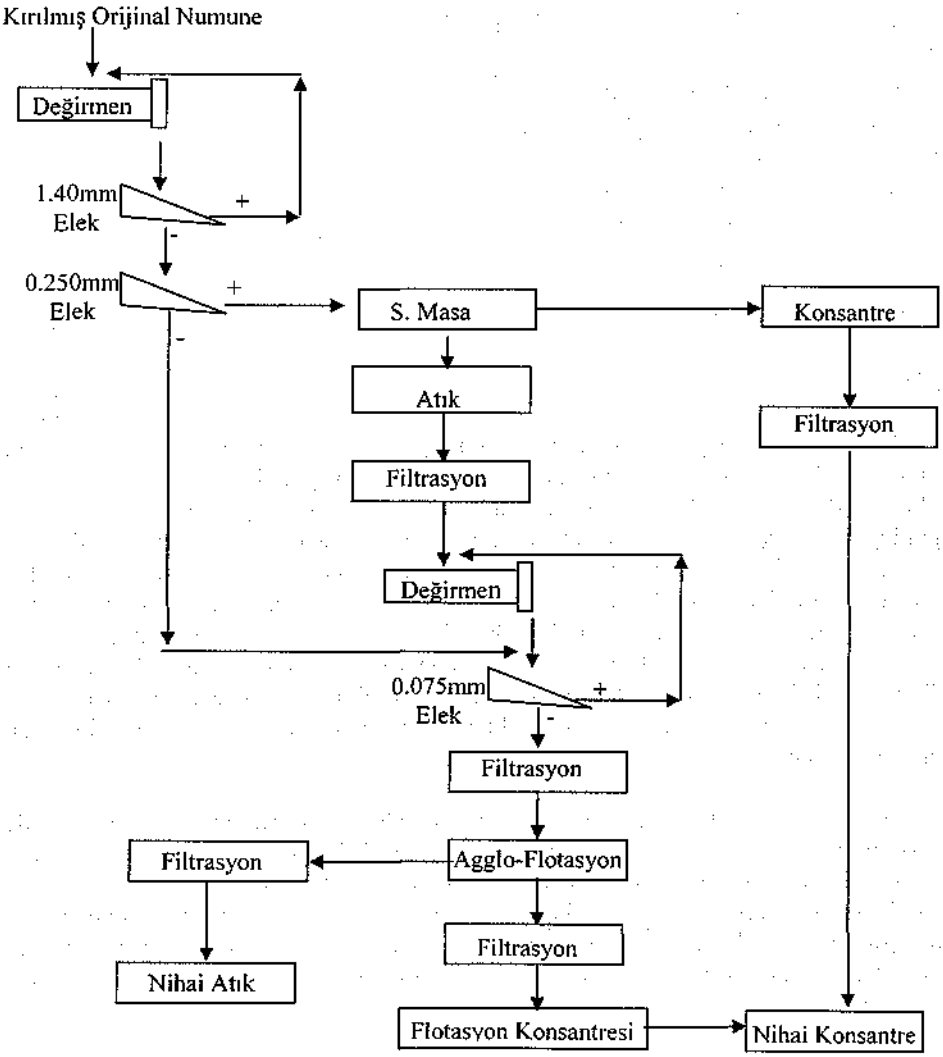
2.2 Metot

Şekil 1'de verilen akım şemasına göre, numunenin sarsıntılı masaya beslenecek boyut aralığına (-1,40+ 0,250mm) getirilmesi için laboratuar tipi çeneli kırıcı, merdaneli kırıcı ve bilyalı değirmen –elek devresi kullanılmıştır. Öğütme yaş ortamda % 60 katı yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş numune, yaş olarak elekten geçirildikten sonra, filtre ile katı/sıvı ayrımı yapılarak masa için yaklaşık % 25 nemli kek elde edilmiştir. Masa deneylerinde, Deister tipi laboratuar ölçekli sarsıntılı masa kullanılmış, sonuçta bir atık (şist) ve bir temiz kömür elde edilmiştir (Çizelge 4). Sarsıntılı masa atığı ürün, daha fazla serbestleşme sağlamak amacı ile yeniden yaş öğütülüp 0,250mm elek altı ile birlikte 0,075mm elekten geçirilmiştir. Elek altı, aglomerasyon işlemindeki katı/sıvı oranı kontrolü için filtre edildikten sonra elde edilen kek, agglo-flotasyon hücresine beslenmiştir.

Flotasyon deneyleri, 1000ml'lik Denver flotasyon hücresinde yapılmış olup, deneylerde katı yoğunluğu % 10 olarak sabit tutulmuştur. Fuel-oil'in suda daha iyi çözünebilmesi için fuel-oil+gazyağı emülsiyonu hazırlanmıştır. Bu emülsiyon, %20 gazyağı ve %80 fuel-oil karışımının bir karıştırıcıda 15000 dev/dak hızla karıştırılması sonucu elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan emülsiyon oranı %5 ile %40 arasında değiştirilerek en uygun "kömür/kül yapıcı" ayrım koşulu belirlenmeye çalışılmıştır. İlave edilen emülsiyon oranı;

$$\%\text{Emülsiyon Oranı} = \frac{\text{Emülsiyon Miktarı (gr)}}{100 - \%\text{kül}} . 100 \qquad [1]$$

formülü ile hesaplanmıştır. Yapılan her deneyde, köpürtücü olarak iki damla çam yağı ve kül yapıcı mineralleri bastırmak için 0,5ml %10'luk Na_2SiO_3 kullanılmıştır. Flotasyon hücresinde % 60 katı yoğunluğunda 8 dakika süre ile kondüsyonlama işleminden sonra katı yoğunluğu % 10'a getirilerek aglomera olmuş kömür tanecikleri köpük ile alınmıştır. Bu deneylerde pH 6,5-7,0 aralığında sabit tutulmuştur. Elde edilen atık ve konsantre ürünler filtre edilip kurutulduktan sonra analizleri yapılmıştır. Buradan elde edilen konsantre sarsıntılı masa konsantresi ile birleştirilerek nihai konsantre elde edilmiştir. Böylece tüm temizleme deneyleri sonucunda bir atık ürün (şist) ve bir temiz nihai ürün elde edilmiştir. Bu nihai ürünlerin analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6, 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmaların akım şeması

3. SONUÇLAR

Temizleme deneylerinin sonuçları, konsantreye göre hesaplanan verim ile değerlendirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen temizleme verimleri şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\%\,T.V. = \frac{\%\,K.Mik \times (100 - \%K.Külü)}{\%\,K.Mik \times (100 - \%K.Külü) + A.Mik. \times (100 - \%A\ Külü)} \times 100 \qquad [2]$$

Çizelge 3. 1,40mm boyutuna kırılmış numunenin elek analizi sonucu

Elek Açıklığı (mm)	Miktar (%)
+1,40	0
-1,40 +1,00	36,5
-1,00 +0,50	21,45
-0,50 +0,250	9,55
-0,250	32,50
	100

Çizelge 4. Sarsıntılı masa deneyi sonuçları (Kuru bazda)

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Verim (%)
Konsantre	58.13	27.13	69.89
Atık	41.87	56.43	30.11
Giriş Numunesi	100.00	39.41	100

Çizelge 5. Sarsıntılı masa ürünlerinin analiz sonuçları (Kuru bazda)

İçerik	Giriş Numunesi (%)	Konsantre (%)	Atık (%)
Kül	39,41	27,13	56,43
Uçucu Madde	38,69	42,50	33,42
Sabit Karbon	18,59	30,37	10,15
Toplam Kükürt	3,10	2,86	3,35
Isıl Değer (Kcal/kg)	1420	3380	1024

Çizelge 6. Agglo-Flotasyon deneyi sonuçları (Kuru Bazda)

Emülsiyon (%)	Giriş Numunesi Kül (%)	Konsantre		Atık		Tem.Ver. (%)
		Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)	
20	46,95	58.15	36.00	41.85	60.00	68.97
25	46,95	60.26	35.00	39.74	66.00	74.63
30	46,95	61.44	34.00	38.56	74.00	80.17
35	46,95	65.43	32.36	34.57	74.56	83.43
40	46,95	66.54	36.14	33.46	65.76	78.77

Çizelge 7. Emülsiyon oranı %35 olduğunda elde edilen ürünlerin analiz sonuçları

İçerik (Kuru Bazda)	Giriş (%)	Konsantre (%)	Atık (%)
Kül	46.95	32.36	74.56
Uçucu Madde	37.52	20.27	20,00
Sabit Karbon	15.62	47.37	5.47
Toplam Kükürt	3.35	2.29	5.38
Isıl Değer (Kcal/kg)	1124	5065	818

Çizelge 3'de verilen -1,40mm boyutlu numunenin elek analizi sonucu incelendiğinde -0,250mm boyutlu numune miktarının tüm numunenin % 32,50'sini oluşturduğu görülmektedir. Bu durumda Şekil 1'de verilen akım şemasına göre sarsıntılı masa deneyine giren numune tüm numunenin %67,50'sidir. Akım şemasına göre, tüm numunenin %32,50'sini oluşturan, sarsıntılı masa deneyine giremeyen (-0,250mm boyutlu) kısım sarsıntılı masa artığı ile birleştirilerek -0,075mm boyuta indirilmiş ve agglo-flotasyon deneyine tabi tutulmuştur.

Şekil 1'de verilen deney akım şemasına göre, masa konsantresi (girene göre ağırlıkça % 39,23) ve agglo-flotasyon konsantresi (girene göre ağırlıkça %39,75) karıştırılmış ve elde edilen nihai konsantrenin analizi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 8'de verilmektedir.

Çizelge 8. Orijinal kömür, temizlenmiş ürün ve nihai atığın analiz sonuçları

İçerikler (Kuru Bazda)	Giriş (%)	Nihai Konsantre (%)	Nihai Atık (%)
Kül	39,41	29,80	74,56
Uçucu Madde	42,00	31,10	20,00
Sabit Karbon	18,59	39,12	5,47
Yanar Kükürt	1,10	0,67	1,92
Toplam Kükürt	3,10	2,54	5,38
Isıl Değer (Kcal/kg)	1420	4152	818

Yatakta kurulu mevcut santral için günde 7200ton linyit üretilip tüketildiği varsayılırsa, yanabilir kısmın yaklaşık %8,7'si atıkta kalacaktır. Ancak kül miktarı azaltıldığında uçucu külün tesis içi ve dışı nakliyat masrafları, bu curuflardan dolayı kaybedilen ısı miktarı ve en önemlisi baca gazındaki SO_2'nin yanında iz elementlerinin buharlaşması sonucu oluşabilecek hava kirliliği de azaltılabilecektir. Mevcut kurulu işletmedeki uçucu kül nakliyat bantlarındaki arızalar nedeni ile oluşan duraksamalardan dolayı yaklaşık yılda 300-350 bin MWh enerji kaybedilmektedir. Nakledilecek külün miktarı azaltıldığında bu kayıplarında azalacağı düşünülmektedir. Ayrıca, kül depolama bu tür tesislerde aşağıdaki yaklaşım ile belirlenebilmektedir.

$$D = (AD - AC) \times DC \qquad [3]$$

D= Kül depolama maliyetindeki azalma (USD/ton)
AD= Orijinal linyitin kül içeriği (%39,41)
AC= Temizlenmiş kömürün kül içeriği (%29,80)
DC= Kül depolama maliyeti
Tesise ait bazı verilerin yaklaşık değerleri alındığında;

- Kül atma bantının uzunluğu= 9092 metre
- Bantın ömrü= 3 yıl
- Bantta kullanılan diğer ekipmanların ömrü= 20 yıl
- Faiz oranı= % 6 (aylık)
- Bu bantlar ile depolanan uçucu kül miktarı= 3.633.444 ton/yıl
- Külün toplam maliyeti = 11.500.000 USD/yıl

Buradan birim kül depolama maliyeti;

$$DC = \frac{11.500.000}{3.633.444} = 3{,}2 \text{ UDS/ton} \qquad [4]$$

D= (0,3941-0,2980) x 3,2
= 0,4 USD/ton linyit

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada kül yapıcı minerallerin linyitten uzaklaştırılarak kül miktarının azaltılması ve kalorifik değerin yükseltilmesi amaçlanmıştır. Çizelge 1 ve Çizelge 4 incelendiğinde kül oranının (kuru bazda) %39,41'den %27,13'e düşürülebildiği görülmektedir. Çizelge 5 incelendiğinde ise toplam kükürt'ün %3,10'dan %2,86'ya düşürüldüğü görülmektedir. Diğer taraftan, kalorifik değerlere bakıldığında bu deneyle 1420 Kcal/kg'dan 3380Kcal/kg'a yükseltildiği görülmektedir. Sarsıntılı masa deneylerinden elde edilen bu konsantrenin temizleme verimi ise %69,89 oranında gerçekleşmiştir. Bir başka deyişle masa artığında %30,11 oranında yanabilir madde bulunmaktadır.

Çizelge 6'da verilen agglo-flotasyon deneylerinin sonuçlarına bakıldığında, en iyi temizleme verimine % 35 emülsiyon oranı alındığında ulaşıldığı, kömür tanecikleri arasında en iyi aglomerasyonun bu emülsiyon oranında meydana geldiği anlaşılmaktadır.

% 35 emülsiyon oranı ile yapılan agglo-flotasyon deneylerinden elde edilen ürünlerin analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmektedir. Bu deneyde kül oranının % 46,95'den %32,36'ya düştüğü, kalorifik değerin ise 1124Kcal/kg'dan 5065 Kcal/kg'a yükseldiği görülmektedir. Bu deneyde temizleme verimi ise % 83,43 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 1'de görülen akım şeması gereğince masa konsantresi ve agglo-flotasyon konsantresi karıştırılmış ve tek bir nihai konsantre elde edilmiştir. Akım şemasına göre yapılan deneyler sonucunda masa konsantresi, girene göre ağırlıkça % 39,23, agglo-flotasyon konsantresi ise girene göre ağırlıkça % 39,75 oranındadır. Nihai konsantrenin temizleme verimi ise ağırlıkça yaklaşık % 79,00 olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 8'de bu

nihai ürünlerin analiz sonuçları verilmektedir. Bu deneylerle kül içeriği kuru bazda %39,41'den 29,80, toplam kükürt içeriği %3,10'dan %2,54'e düşürülürken, kalorifik değeri 1420 Kcal/kg'dan 4152 Kcal/kg'a yükseltilmiştir.

Sonuçlardan izlendiği gibi bu işlemler ile numunenin sabit karbon içeriği % 18,59'dan %39,12'ye çıkarılabilmiştir. Kül miktarının azaltılması ile kül nakliyat ve depolama maliyetlerinde de önemli bir azalma olduğu anlaşılmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Alonso, M. I. Valdes, A.F. Martinez-Tarazoya, R.M. and Garcia, A.B. (1999) Coal recovery from fines cleaning wastes by agglomeration with vegetable oil: effects oil type and concentration. *Fuel*, 78, pp. 753-759.

Bhattacharyya, A.K. Moza, A.K. and Sarkar, G.G. (1977) Role of operating variables in oil-agglomeration of coal. *Society of Mining Engineers, AIME, Agglomeration*, Vol.2 pp 931-938.

Mehrotra, V.P. Sastry, K.V.S. and Money, B.W. (1983) Review of oil agglomeration techniques for processing of fine coals. *Int. Journal of Min. Proces.* 11, pp.175-201.

Mehrotra, V.P. (1980), Agglomeration offers technical and economical advantages. *Min. Eng.* 32, pp.1230-1235.

Philips, P.J. and Cole, R.M. (1990), Economic penalties attributable to ash content of steam coals, *Mining Engineering SME-AIME*, Vol. 32, No:3, pp. 297-302.

Shrauti, M.S. and Arnold, D.W. (1995). Recovery of waste fine coal by oil operation. *Fuel*, 74, pp. 459-465

Yildirim M. Kurumus I. (2002) Ash Removal from the Afsin/Elbistan Lignite and the Effects on Power Station Operation, *Journal of the Institute of Energ*, Vol: 75, December, pp: 112-117.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal congress, June 02-04, 2004 Zonguldak, Turkey

EDİRNE (UZUNKÖPRÜ - KEŞAN) VE TEKİRDAĞ (MALKARA) LİNYİTLERİ KOMPOZİT YIKAMA ÇALIŞMALARI

THE COMPOSITE WASHING STUDIES ON THE LIGNITES OF EDİRNE (UZUNKÖPRÜ - KEŞAN) AND TEKİRDAĞ (MALKARA)

Nuri Şahin MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi, 06520, Ankara
Sadi Civelekoğlu, Ayşe Erdem, Akan Gülmez, Perihan Binici MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi, 06520, Ankara

ÖZET

Edirne, Keşan ve Uzunköprü ile Tekirdağ, Malkara ilçeleri civarındaki ocaklardan derlenen örnekler üzerinde, -60+5 mm ve aynı yerlere ait yıkanamayan özellikteki örneklerde boyut küçülterek -25+0,5 mm boyutları esas alınarak, önceki yıllarda yapılmış yıkama çalışmalarında toplam 24 ocak kömüründen 20'si jig ile yıkanır bulunmuştur.

Her bir ilçeye ait kömür ocaklarından derlenen yeni örneklerden (toplam 24 örnek) ayrı ayrı hazırlanan kompozitler üzerinde -60+25 mm ve -25+0,5 mm boyutlarında, yıkama çalışması yapılmıştır. En iyi sonuçlar giriş değerlerine göre; Keşan kömürlerinde -60+25 mm için % 44,68 kül azalması, yine Keşan'da -60+25 mm için % 37,17 kükürt azalmasıdır. Alt ısıl değeri artışı ise Uzunköprü kömürlerinde -60+25 mm için %35,35 olarak saptanmıştır.

ABSTRACT

20 of 24 mines coals have been found washable in jig on the samples collected from the mine around Edirne, Keşan and Uzunköprü with Tekirdağ, Malkara district on the sizes base of -60+5 mm and -25+0,5 mm in the samples non washable in the same mines by size reduction.

The washing study has been done by the aim to give a light to using in the optimum level from the basin coals in the sizes of -60+25 mm and 25+0,5 mm on the composites prepared separately from the new samples (total 24 samples) collected from the mines belonging to each district mine. The results, according to the original values have been obtained as ash reduction % 44,68 and sulphur reduction % 37,17 for -60+25 mm in Keşan coals. The calorific value increasing has been found as % 35,35 for Uzunköprü coals in -60+25 mm.

1. GİRİŞ

Önceki yıllarda adı geçen ilçelere ait toplam 24 ocaktan derlenen örneklerle -60+5 mm'de yıkama çalışması yapılıp 16'sı jigle değerlendirilir bulunmuştur (Şahin vd, 2000). Bu çalışmadan sonra, boyut küçültme ile safsızlıkların serbestleşeceği düşüncesi ile geri kalan 8 ocak kömürlerinin -25+0,5 mm'de yıkama çalışması yapılıp 4'ü yıkanır bulunmuştur (Şahin vd, 2002).

Trakya'da ki linyit sahalarının çoğu özel sektöre ait olup, bunlar üzerinde hemen hemen hiç teknolojik çalışma yapılmamıştır (Tuncalı vd., 2002). Havzayı içine alan detaylı ilk çalışma "Türkiye Tersiyer Kömürlerinin Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri "projesi kapsamında yapılmış olup, MTA tarafından kitap halinde yayınlanmıştır (Tuncalı vd., 2002).

Kömürün oluşumundan kaynaklanan, yatay ve düşey yönde değişiklikler gösteren heterojen bir maden olması ve boyut küçültme ile yıkanabilirliğinin değişmesi nedeniyle, her bir ilçeye ait toplam 24 ocaktan derlenen yeni örnekler üzerinde ayrı ayrı hazırlanan kompozitlerden -60+25 mm ve -25+0,5 mm boyutlarında yıkama çalışması yapılmıştır. Bundan amaç, ısınma ve termik santral amaçlı daha kaliteli kömür üretmek, bölge potansiyelinden daha iyi şekilde yararlanmak ve ileride yapılabilecek diğer çalışmalara ışık tutmaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Yıkama örneklerinin hazırlaması

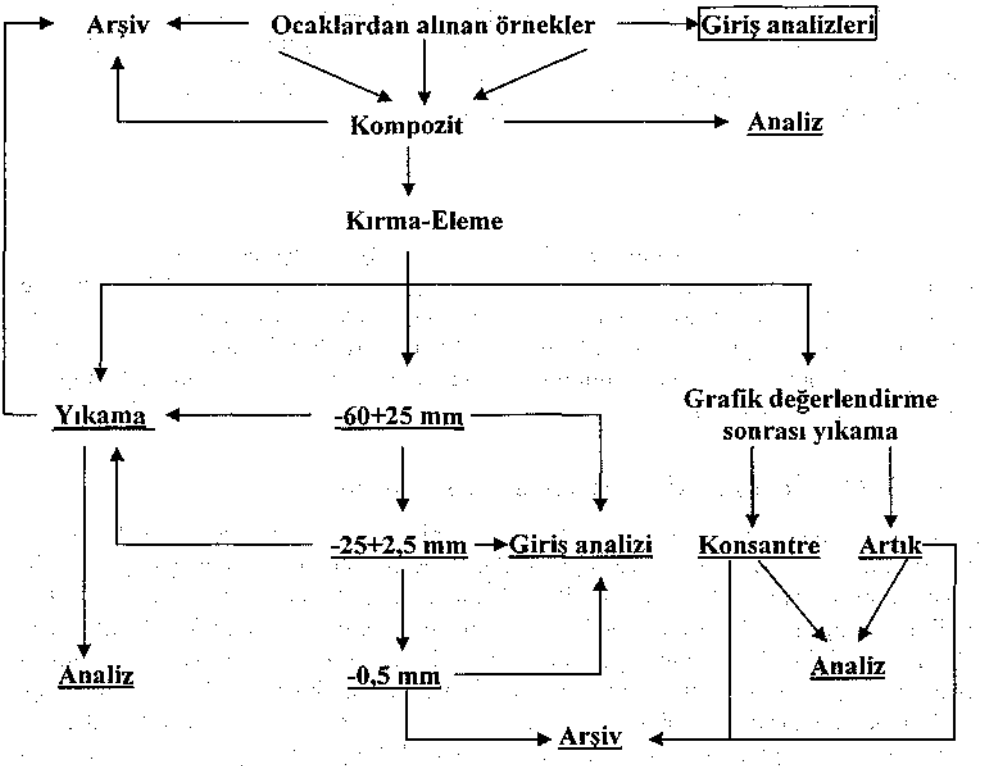
Deneysel çalışmalar için her bir ilçe civarındaki faaliyette olan ocaklardan yaklaşık (Keşan ilçesi için 7 ocaktan, Uzunköprü ilçesi için 10 ocaktan ve Malkara ilçesi için ise 7 ocaktan) 50 kg örnek alınmıştır. Örnekler ; açık işletme ise yarma ile taze yüzeyden; kapalı işletme ise yeni üretilmiş, vagonla ocaktan gelen kömürden usule uygun alınmıştır. Yıkama öncesi her bir ocağın kuru bazda % kül, % toplam kükürt ve alt ısı değerlerini (AID) öğrenmek için tüvönanlardan örnek alınıp analiz edilmiştir (MTA Derleme Rapor No: 10606). Elde edilen sonuçlar ilçelere göre alt ve üst değerler toplu olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma yapılan ocaklar ait kömür giriş değerleri (kuru baz).

Ocaklar	Kül (%)	Toplam S (%)	Alt ısı değeri (kcal/kg)
Uzunköprü	14,22 - 39,41	0,53 - 3,22	3869 - 5706
Keşan	10,57 - 35,96	0,74 - 4,02	4140 – 5658
Malkara	13,57 - 43,27	1,10 -5,97	4259 - 5649

Yıkama örneklerinin yıkama tankında serbestçe hareket edebilmesi için üst boyut 60 mm kabul edilmiştir. Konu ile ilgili daha önceki çalışmada boyut küçültmenin bölge kömürleri için yıkamada yıkama durumunu değiştirdiği görüldüğünden ikinci boyut -25+0,5 mm olarak alınmıştır. Yıkama dışı bırakılan -0,5 mm boyutun, kompozitteki ağırlık miktarı %3'e yakın bir değerdir. İstenirse bu boyutta laboratuvarda santrüfüj ve siklon denemeleri yapılarak, kül ve kükürt atılabilir. Zira bu boyutta artıklar daha serbesttir. 4000 civarında olan kalori daha da artar. Böylece bu boyut kömürü kullanan

yerler için kaliteli ürün elde edilebilir. Her bir ilçeye ait kompoziti elde etmek için tüvönanlardan 5'er kg alınarak Şekil 1'de ki akım şemasına uygun şekilde -60+25 mm ve -25+0,5 mm'de yıkama örnekleri elde edilmiştir. Kompozit ve yıkama örneklerinin yıkama öncesi kuru bazda analiz değerleri Çizelge 2, 3 ve 4'de verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmalar akım şeması.

Çizelge 2. Keşan kompozit örneğinin yıkama öncesi analiz değerleri (kuru baz).

Numune	Yıkama öncesi ağırlık (%)	Yıkama öncesi kül (%)	Yıkama öncesi toplam S (%)	Alt ısı değeri (kcal/kg)
Kompozit	-	28,92	3,82	4625
-60+25 mm	52,63	32,41	3,90	4435
-25+0,5 mm	44,74	28,28	3,17	4697

Çizelge 3. Uzunköprü kompozit örneğinin yıkama öncesi analiz değerleri (kuru baz).

Numune	Yıkama öncesi ağırlık (%)	Yıkama öncesi kül (%)	Yıkama öncesi toplam S (%)	Alt ısı değeri (kcal/kg)
Kompozit	-	35,94	1,63	4212
-60+25 mm	57,41	38,56	1,35	4415
-25+0,5 mm	39,81	32,80	1,64	4539

Çizelge 4. Malkara kompozit örneğinin yıkama öncesi analiz değerleri (kuru baz).

Numune	Yıkama öncesi ağırlık (%)	Yıkama öncesi kül (%)	Yıkama öncesi toplam S (%)	Alt ısı değeri (kcal/kg)
Kompozit	-	21,19	1,88	4540
-60+25 mm	60,11	17,81	2,00	5226
-25+0,5 mm	37,07	24,48	2,13	4815

2.2 Yıkama çalışmaları

Kömür parçacığında bulunabilecek gözeneklere $ZnCl_2$ yerleşmemesi için 6 saat su içinde bekletilmiş ve sonra 1,3 -1,7 g/cm^3 yoğunluk aralığında $ZnCl_2$ sıvısı ile yıkanmıştır. Yıkama sonrası yüzenler (eğer her yoğunlukta varsa) en son 1,7 g/cm^3 'de batan ürün alınarak yıkama tamamlanmıştır. Yıkama ürünlerinin kolay kuruması için bol suyla yıkanmış ve açıkta kurutulmuş, tartılmış ve kuru bazda % kül ve % toplam kükürt değerleri elde edilmiştir.

3. YIKAMA EĞRİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kuru baza göre elde edilen % kül ve % toplam kükürt değerleri ile % ağırlık değerlerinden yıkama eğrileri ve toplam kükürt eğrisi her bir yıkama için çizilmiştir. Örnek olması için Malkara'ya ait iki yıkama için grafikler Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Eğrileri değerlendirmede ± 0,1 yoğunluk eğrisinin % 10 kümülatif yüzen ağırlık değerinin oluşturduğu apsis üzerinde kalması (± 0,1 değerinin % 10 altında kalması) ve yıkama yoğunluğunun 1,55 g/cm^3 'den küçük olmasına göre yapılmış olup, bu durumda kömür jig ile kolay yıkanabilir kabul edilmektedir (Şahin vd, 1999, 2000 ve 2002). Yıkama yoğunluğu 1,6 g/cm^3 olursa zor ve 1,7 g/cm^3 ise jig ile çok zor yıkama yapılmaktadır. ± 0,1 eğrisi % 10 altında kalırsa ağır ortam ile yıkama yapılması gerekir. Çizelge 5'de eğrilerin genel bir değerlendirilmesi verilmiştir.

Çizelge 5. Kömürlerin yıkama verimi, yıkanabilme durumu ve yıkama yoğunlukları.

Ocak	Yıkama örnekleri	Yıkama verimi (%)	Yıkanabilme durumu (Jige ile)	Yıkama yoğunluğu (g/cm^3)
Keşan	-60+25 mm	84,0	Yıkanamaz	1,6
	-25+0,5 mm	86,0	Çok zor	1,6
Uzunköprü	-60+25 mm	90,0	Yıkanamaz	1,7
	-25+0,5 mm	82,0	Yıkanamaz	1,6
Malkara	-60+25 mm	90,0	Zor	1,6
	-25+0,5 mm	85,0	Yıkanamaz	1,6

Yıkama sonrası kül, toplam kükürt ve kalori değerlendirmeleri Çizelge 6 ve Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde en fazla kül azalımı -25+0,5 mm boyutunda

% 55,48 ile Uzunköprü'ye aittir. Diğer ilçelere ve fraksiyonlarda da kül azalımı söz konusudur.

En fazla toplam kükürt azalımı -60+25 mm boyutunda % 37,17 ile Keşan'a aittir. -60+25 mm Malkara kompozitinde artma vardır. Bu bünye kükürdünün atılamadığı ve bu fraksiyonda kükürt yoğunlaşması olduğundandır.
Kül atılması kalorinin yükselmesine sebep olacağından bütün fraksiyonlar için artış söz konusu olup, en fazla artış % 30,85 ile -25+0,5 mm'de Uzunköprü'ye aittir.

Çizelge 6. Kompozit değerlerine göre yıkama sonrası değişim (-60+25 mm).

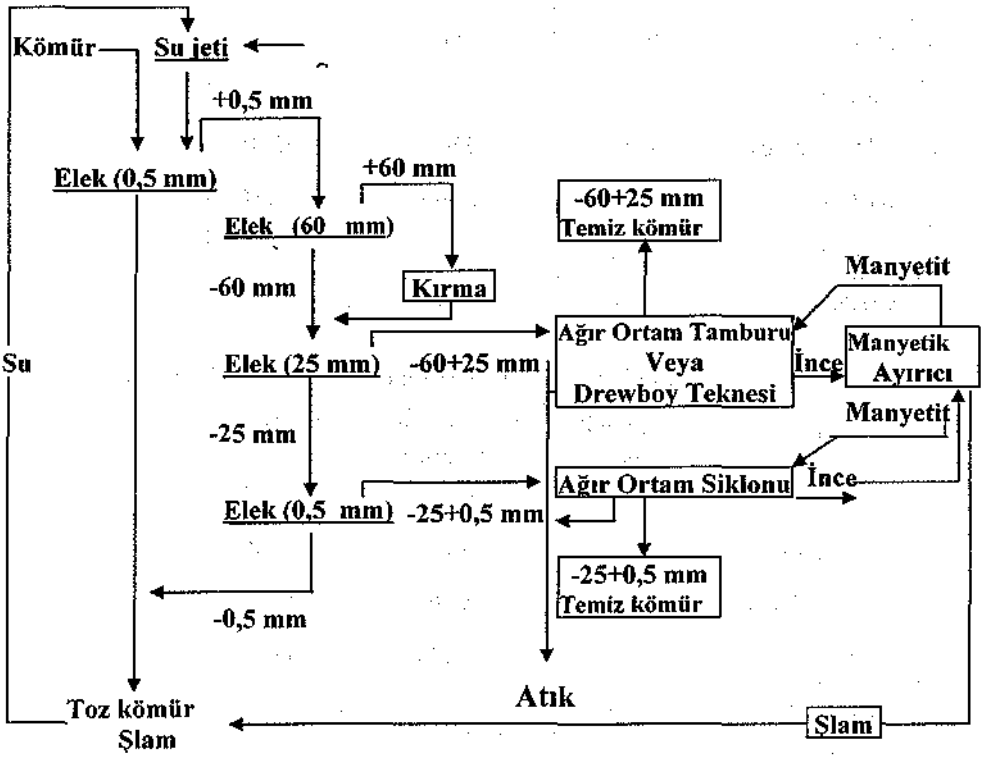
Analiz		Kompozit değeri	Yıkama sonrası değerler	Değişim %
Keşan	Kül (%)	28,92	16,00	- 44,68
	Toplam S (%)	3,82	2,4	-37,17
	AID (kcal/kg)	4625	4559	+7,22
Uzunköprü	Kül (%)	35,94	22,00	- 38,79
	Toplam S (%)	1,63	1,63	-
	AID (kcal/kg)	4212	5701	+ 35,35
Malkara	Kül (%)	21,19	19,00	- 10,34
	Toplam S (%)	1,88	2,2	+ 17,02
	AID (kcal/kg)	4540	5184	+ 14,19

Çizelge7. Kompozit Değerlerine Göre Yıkama Sonrası Değerleri (-25+0,5 mm).

Analiz		Kompozit değeri	Yıkama sonrası değerler	Değişim %
Keşan	Kül (%)	28,92	16,00	-44,68
	Toplam S (%)	3,82	3,00	-21,47
	AID (kcal/kg)	4625	5376	+16,24
Uzunköprü	Kül (%)	35,94	16,00	-55,48
	Toplam S (%)	1,63	1,63	-
	AID (kcal/kg)	4217	5518	+30,85
Malkara	Kül (%)	27,17	10,16	-37,43
	Toplam S (%)	1,88	1,80	-4,25
	AID (kcal/kg)	4540	5126	+12,91

4. YIKAMA TESİSİNDE KULLANILABİLECEK CİHAZLAR

Çizelge 5 incelendiğinde tüm kompozitler hemen hemen zor yıkanmaktadır. - 60+25 mm için ağır ortam tamburu kullanılabilir. Zira tambura beslenebilecek malzeme boyutu 300 mm'ye kadar olabilir. Aynı zamanda Drewboy yıkama havuzuda kullanılabilir. Bu tip havuz 1,7 g/cm^3 yoğunluk ve -150+18 mm'de Çorum Alpagut-Dodurga'da ayrıca benzer şartlarda Ankara-Beypazarı ve Manisa-Soma'da kullanılmaktadır. Kullanım açısından Drewboy daha kolaydır. Seçimde fiyat, kurma aşaması gibi diğer parametreler dikkate alınmalıdır. -25+0,5 mm için ise ağır ortam siklonu kullanılır. Ağır ortam siklonlarında 30 mm'ye kadar her tür kömür başarı ile yıkanabilmektedir. Çorum Alpagut-Dodurga'da -18+0,5 mm ve 1,7 g/cm^3 yoğunlukta ağır ortam siklonu kullanılmaktadır (Keskin, 1988; Ünlü vd, 2000). Bununla birlikte Önal'ın yeni çalışmasında -20+0,5 mm boyutlu kömür yıkamaya ağır ortam siklonu önermektedir (Önal, 2002). Yukarıdaki değerlendirmeler sonucu, üç ilçenin her birine yakın uygun yerlerde rezerv de dikkate alınarak uygun kapasitede yıkama tesisleri kurulabilir. Böyle bir yıkama tesisi şematik olarak Şekil 2'de verilmiştir. Seçilecek cihazlarda ağır ortam manyetit ve yoğunlukları Çizelge 5'e uygun olmalıdır.



Şekil 2. Önerilen yıkama tesisi akım şeması.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1. Yaptığımız çalışma, ayrı boyut ve ayrı ilçeler için olsa da kuru bazda külde % 44,68, toplam kükürtte % 37,17'lik azalma ve kaloride % 25,73'e varan bir artış olduğunu göstermiştir. Keza çalışma yapılan tüm ilçe ve fraksiyonlar için kül ve kükürtte azalma ve kaloride artışlar söz konusudur.
2. Elde edilen sonuçlar; kömürün en çok tüketildiği termik santrallar başta olmak üzere ısınma ve sanayi için,
   - kaliteli ve temiz yakıt elde edilmesi,
   - tane boyunda homojenlik sağlanması,
   - yanmanın verimli olması .

Bu nedenlerle, adı geçen ilçeler dolayında birbirlerine oldukça yakın ve farklı kalitelerde kömür üretilen ocakların potansiyelinden optimum faydanın sağlanması amacıyla Şekil 2'deki akım şemasına uygun, her bir ilçenin merkezi bir yerine rezervler de dikkate alınarak uygun kapasitede birer yıkama tesisinin kurulabilir.

3. Böyle tesislerin kurulması için daha fazla örnek ile pilot denemelerde yapılabilir ve elde edilecek olumlu sonuçlarla şimdilik bir araya gelemeyen üreticilere kapsamlı bir çalışmanın getireceği artı değerler kazanımı için güç birliği yapılmasının önemini ortaya koyar.
4. Üreticiler arasında sağlanacak güç birliği ile üretim kapasitesi artacağından kömür potansiyelinden yeterince yararlanılabilecek ve termik santral kurulmasında ilk adım olabilecektir.

KATKI BELİRTME

Yaptığı redaksiyonel düzeltmeler ve bu çalışmaya teşviklerinden dolayı Jeoloji Yük. Müh Sayın Ertem Tuncalı'ya teşekkürü borç biliriz.

6. KAYNAKLAR

Keskin, Y. (1988). Kömür Hazırlama Yöntemleri, *TTK Eğitim Yay* No: 50, Zonguldak.

Önal, G. Çallı, L. (2002). *Vazgeçilmez Enerji Kaynağı Kömür*, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul. S. 14 – 15

Şahin, N., Gürpınar,G., Gürsoytrak, E., Kür, M., ve Tuncalı. E. (1999). Türkiyenin Önemli Kömür Yataklarından Derlenen Örnekler Üzerinde Yapılan Yıkama Çalışmaları ve Değerlendirilmesi, *Türkiye Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu*, Ankara.

Şahin, N. Gürpınar,G. Gürsoytırak, E. Kür, M ve Tuncalı. E. (2000). Türkiye Linyitlerinin Yıkanabilirliği, *12. Kömür Kongresi*, Kdz Ereğlisi - Zonguldak.

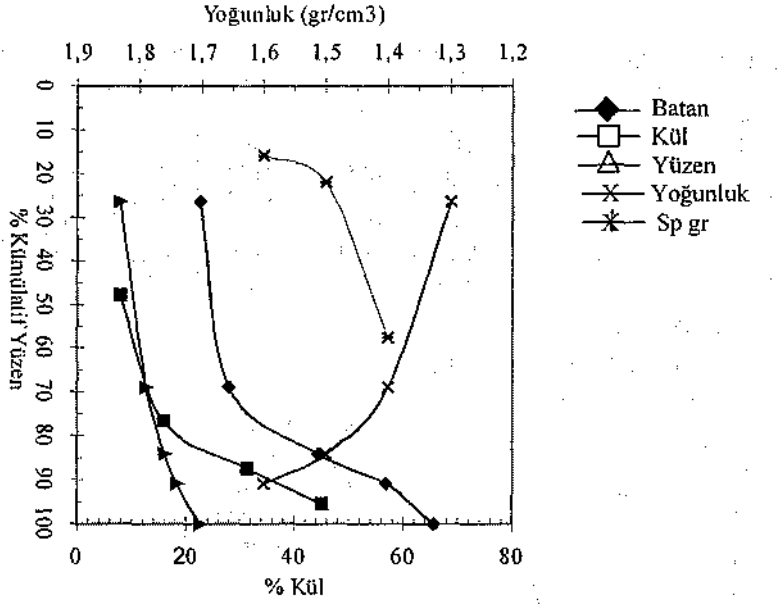
Tuncalı,E. Şahin, N. ve Civelekoğlu, S. (2002) Trakya Kömürlerinin Yıkama Çalışmaları ,*13. Kömür Kongresi*, Zonguldak. s. 99-112

Tuncalı, E. Çiftçi, B. Yavuz, N. Toprak, S. Köker, A. Gencer, Z. Ayçık, H. ve Şahin, N. (2002). *Türkiye Tersiyer Kömürlerinin Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri*, MTA Yayını Ankara s 48 - 147.

Ünlü, M. Doğan, H. ve Tetik, T. (2000). TKİ-ADL İşletmesi Şlam Kömürünün Miktar ve Kalitesini Belirleme İle Susuzlandırma Çalışmaları, *12. Kömür Kongresi, Kdz Ereğlisi* - Zonguldak. s.201-212

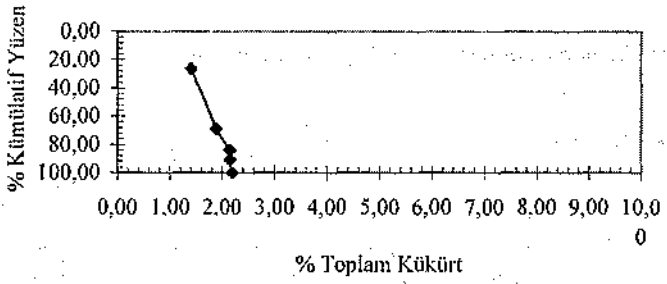
Tekirdağ-Malkara (-60+25 mm) kompozit kömür yıkama değerleri.

Yoğunluk (gr/cm³)	Ağırlık (P) %	Kül (C) %	Yüzen		Batan		(± 0,1) Sp gr
			∑P	∑PxC / ∑P	∑P	∑PxC / ∑P	
1,3	26,48	7,85	26,48	7,85	100	22,57	
1,4	42,40	15,78	68,88	12,73	73,52	27,87	57,56
1,5	15,16	31,29	84,04	16,08	31,12	44,35	21,97
1,6	6,81	45,02	90,85	18,25	15,96	56,75	15,96
-1,6	9,15	65,48	100,00	22,57	9,15	65,48	9,15



Tekirdağ-Malkara (-60+25 mm) kompozit kömür yıkama sonucu toplam kükürt değerleri

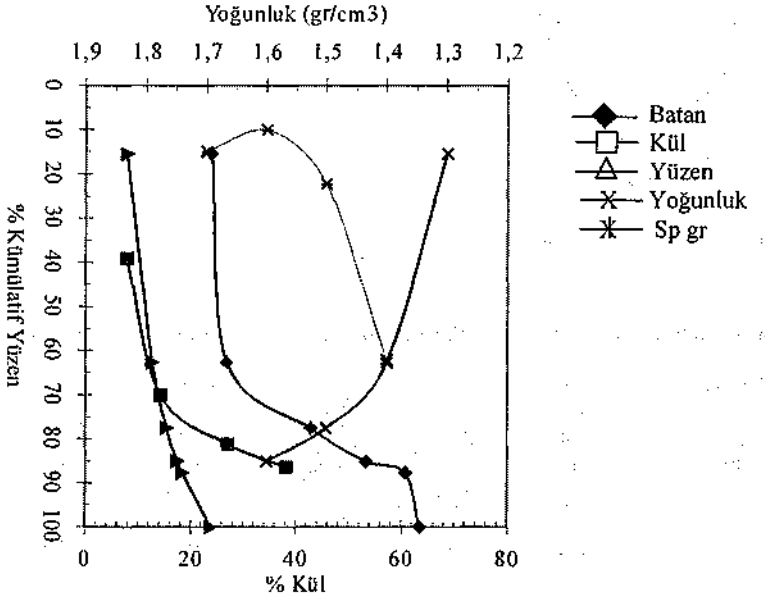
Yoğunluk (gr/cm³)	Ağırlık (P) % P	Toplam S % S	PxS	Yüzen		
				∑P	∑ PxS	∑PxS /∑P
1,3	26,48	1,41	37,34	26,48	37,34	1,41
1,4	42,40	2,19	92,86	68,88	130,19	1,89
1,5	15,16	3,31	50,16	84,04	180,36	2,15
1,6	6,81	2,30	15,67	90,85	196,02	2,16
-1,6	9,15	2,52	23,07	100,00	219,09	2,19



Şekil 3. Malkara - 60 + 25 mm yıkama grafikleri.

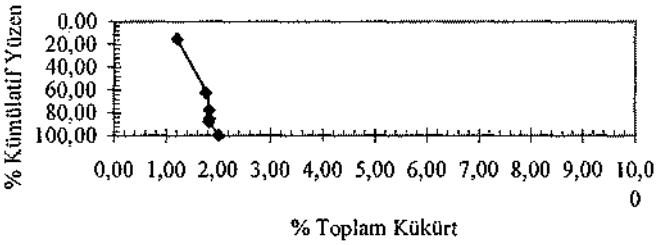
Tekirdağ-Malkara (-25+0,5 mm) kompozit kömür yıkama değerleri

Yoğunluk (gr/cm³)	Ağırlık (P) %	Kül (C) %	Yüzen		Batan		(± 0,1) Sp gr
			∑P	∑PxC / ∑P	∑P	∑PxC / ∑P	
1,3	15,42	7,75	15,42	7,75	100	23,85	
1,4	47,20	14,13	62,62	12,56	84,58	26,79	62,07
1,5	14,87	27,05	77,49	15,34	37,38	42,77	22,38
1,6	7,51	38,14	85,00	17,35	22,51	53,16	10,24
1,7	2,73	48,22	87,73	18,31	15,00	60,68	15,00
-1,7	12,27	63,45	100,00	23,85	12,27	63,45	



Tekirdağ-Malkara (-25+0,5) mm kompozit kömür yıkama sonucu toplam kükürt değerleri

Yoğunluk (gr/cm^3)	Ağırlık (P) %	Toplam S %	PxS	Yüzen		
				∑P	∑ PxS	∑PxS /∑P
1,3	15,42	1,21	18.66	15,42	18.66	1,21
1,4	47,20	1.96	92,50	62,62	111,17	1,78
1.5	14,87	2.09	31,08	77,49	142,25	1,84
1,6	7,51	1,83	13,75	85,00	155,99	1,84
1,7	2.73	1,56	4,26	87,73	160,25	1,83
-1,7	12.27	3,33	40.85	100,00	201,11	2,01



Şekil 4 Malkara - 25 + 0,5 mm yıkama grafikleri.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

SOMA BURUYAR ŞİRKETİNİN AĞIR-ORTAM TAMBURU VE SİKLONUNDA KÖMÜR YIKAMA PERFORMANS ÇALIŞMASI

THE EVALUATION OF COAL WASHABILITY PERFORMANCE OF HEAVY MADIA DRUM AND CYCLONE IN SOMA BURUYAR CO.

Vedat DENİZ, Maden Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
Yakup UMUCU, Maden Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

ÖZET

Soma bölgesinde bulunan Buruyar Madencilik şirketinde kaliteli kömür üretimi gerçekleştirmek için ilk önce ağır-ortam tamburu kurulmuş ve mevcut tambura, -120+6 mm boyut grubunda malzeme beslenmektedir. Mevcut tamburun performans çalışmaları sonuçları; tambura ilave ince boyutlar için bir ağır-ortam siklonu gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada, kömürün yıkanabilirliği, mevcut ağır-ortam tamburunun ve siklonunun çalışma durumu kontrol edilmiş ve sonuçlar irdelenerek öneriler getirilmiştir.

ABSTRACT

Heavy media drum (HMD) was established to produce high quality coal in Buruyar Mining Co. in Soma district, and is fed raw coal of -120+6 mm size fraction in this HMD in Buruyar Mining Co. in Soma district. Performance studies of HMD show that heavy media cyclone (HMC) must be added to the HMD for fine size coal. In this study, coal washability and performance HMD and HMC were tested and controlled. Finally, the suggestions are provided from these test results.

1. GİRİŞ

Ülkemizde kömürlerin büyük bir bölümünün orta ve zor yıkanabilir özelliğe sahip olmaları, ağır ortam yöntemi ile yıkama gerekliliğini doğurmuştur. Son yıllarda, ülkemiz kömür ocaklarının özelleştirme sürecine girmesinden, bir çok özel girişimciyi devletin çoğu ocağını işletir duruma getirmiştir. Özel sektör, önceleri tüvenan kömürü çıkarıp doğrudan satışa sunmuş, fakat kaliteli kömüre olan talebin ve rekabetin artması sonucu birçok firma yıkama tesisi kurmak zorunda kalmıştır.

Kömürün yıkanabilirlik özelliklerinin tespiti amacıyla yapılan yüzdürme-batırma testleri, kurulması planlanan bir kömür yıkama tesisinin tasarımı için gerekli çalışmaların ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu testler, kömürün farklı yoğunluk fraksiyonlarında dağılımı hakkında bilgi vermesi yanında, söz konusu kömürün yıkama işlemine tabii tutulması sonucunda elde edilebilecek ürünlerin miktarı ve kül oranları hakkında teorik bir bilgi vermektedir. Bu verilerin teorik olmasından, çoğu zaman uygulamada farklılıklar çıkmaktadır. Oysa, tesiste kullanılan cihazların ayırma performanslarının bilinmesi durumunda, yıkanması düşünülen kömürden elde edilecek temiz kömür ve şist miktarlarının önceden gerçeğe yakın değerler ile tahmini mümkün olabilmektedir. Ayrıca, kurulu bulunan cihazın ayırma sınır yoğunlukları değiştirilerek elde edilecek temiz kömür miktarları ve kül oranlarının tahmin edilebilmesi de mümkündür (Leonard, 1979; Burt, 1984; Osborne, 1988; Kemal v.d., 1988).

Kömür yıkama cihazının ayırma performans, ekipmanın yapısına ve çalışma şartlarına, ayırma ortamına, besleme miktarına, beslene kömürün külüne, kömür boyutuna ve dağılımına bağlıdır (Kemal, 1987).

Bu çalışmada, Manisa –Soma bölgesinde bulunan Buruyar şirketinin mevcut ağır-ortam tamburunun performans değerleri; beslenen temiz kömür ve şist ürünlerinden, alınan numuneler yüzdürme batırma testlerine tabi tutularak tespit edilmiştir. İnceleme iki farklı boyut grubu (-120+18, -18+ 6 mm) üzerinde yapılmıştır. Daha sonra, ağır-ortam siklonuna beslenen (18+0.5 mm) ve ürünlerin performans çalışması ile mevcut durum kıyaslanmıştır. Son olarak da ağır ortam tamburu (AOT) ve ağır ortam siklon (AOS) performanslarını artıracak öneriler ortaya konmuştur.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Soma-Buruyar firmasının ocaklarından çıkarılan ve yıkama ünitesine gönderilen -120 mm'lik malzemenin elek analizi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde, boyut inceldikçe kül oranındaki azalış, kömür ve marn ilişkisinde kömürün daha kırılgan olduğunu bize göstermektedir. Bu durum, Soma kömürünün kolay kırılma karakterine benzediğine de işaret etmektedir. En alt boyutta ki kül oranındaki artış ise kömür oluşumunda azda olsa kilin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Kil en alt boyuta inmekte ve bu boyut grubundaki kömürün kül oranını artırmaktadır.

Çizelge 1. Tesise beslenen malzemenin elek analizi

Elek boyutu (mm)	Miktar (%)	Kül (%)	Dağılım %	ΣE.A %	ΣE.A.Kül %	ΣE.A.Dağılım %
-120+50	19.21	42.23	25.01	100.00	32.44	100.00
-50+18	19.46	36.24	21.74	80.79	30.11	74.99
-18+15	11.42	34.05	11.99	61.33	28.17	53.25
-15+10	12.09	29.74	11.08	49.91	26.82	41.26
-10+6	13.16	27.09	10.99	37.82	25.81	30.18
-6+2.8	7.22	25.28	5.63	24.66	25.25	19.19
-2.8+0.850	7.99	24.24	5.97	17.44	25.23	13.56
-0.850+0.425	4.54	23.02	3.22	9.45	26.07	7.59
-0.425	4.91	28.89	4.37	4.91	28.89	4.37
Toplam	100.00	32.44	100.00			

Buruyar firması tarafından ilk olarak kurulan AOT'nun ve daha sonra öngörülen AOS'nun çalışma performansı için beslenen ve çıkan temiz kömür ve şist ürünlerinden numuneler alınmış ve SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü Kömür Hazırlama ve Teknolojisi laboratuvarına getirilmiştir. Numuneler, $ZnCl_2$ ile 50 lt'lik kovalar içerisinde hazırlanmış olan 1.35, 1.45, 1.55, 1.65, 1.75 ve 1.85 gr/cm^3'lük yoğunluklarda yüzdürme –batırma testlerine tabi tutulmuştur.

Yüzdürme-batırma testine tabi tutulacak numuneler, hem besleme hem de temiz kömür ve şist ürün numunelerinin çatlakları içerisine $ZnCl_2$ girmemesi için öncelikle su içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra (-120+18 mm) ve (-18+6 mm) boyut gruplarına ayrılmış olan örnekler yüzdürme-batırma testine tabi tutulmuştur.

Yüzdürme-batırma testleri sonrası, ürünler temiz su ile yıkandıktan sonra, oda sıcaklığında kurutulmuş ve her bir yoğunluk aralığındaki ürünlerin ağırlıkları tartılıp kül analizleri yapılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Yüzdürme-Batırma Testleri

Yüzdürme batırma testleri, üç grup altında yapılmıştır.

1. gruptaki deneylerde, ağır-ortam tamburuna beslenen kömürün farklı boyut grupları (-120+18 mm ve -18+6 mm) ve ağır ortam siklonu beslemesi (-18+0.5 mm) için yüzdürme-batırma testleri yapılmıştır.

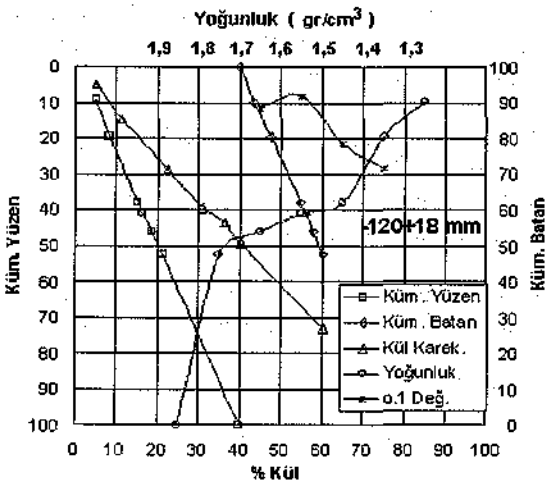
2. grupta ağır-ortam tamburunun performansının belirlemeye yönelik olarak alınmış temiz kömür ve şist ürünlerine yüzdürme-batırma testleri uygulanmıştır

3. grupta ise ağır-ortam siklon performansını tespiti için siklondan alınan temiz kömür ve şist ürünlerine yüzdürme-batırma testleri uygulanmıştır.

Ağır-ortam tamburuna beslenen kömürün iki farklı boyut grubu ve ağır-ortam siklonuna beslenen kömür için yapılan yüzdürme-batırma test sonuçları Çizelge 2,3 ve 4'de, üç farklı boyut grubu için yapılan testlerin Henry-Reichart eğrileri ise Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. -120+18 mm boyut grubu için yapılan yüzdürme-batırma test sonuçları

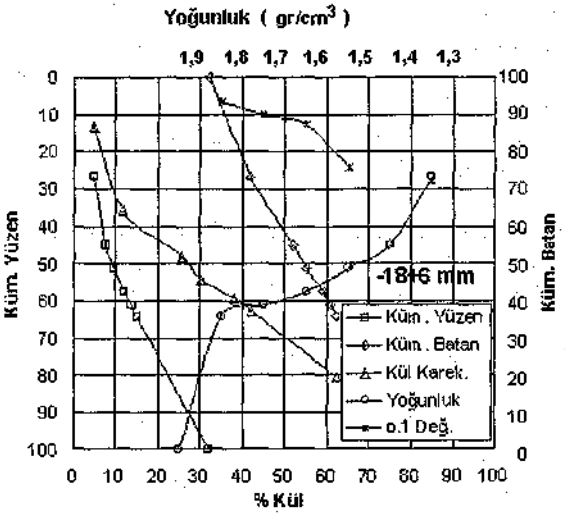
Yoğunluk	Yüzen		ΣYüzen		Σ Batan		Kül Kar.	± 0.1
gr/cm^3	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	Değ.	Yoğ.
- 1.35	9.58	5.45	9.58	5.45	100.00	39.85	4.79	
- 1.45	9.94	11.30	19.52	8.43	90.42	43.50	14.55	28.29
- 1.55	18.35	22.55	37.87	15.27	80.48	47.47	28.70	21.48
- 1.65	3.13	31.03	41.00	16.47	62.13	54.83	39.44	8.10
- 1.75	4.97	36.54	45.97	18.64	59.00	56.10	43.49	11.35
- 1.85	6.38	40.24	52.35	21.28	54.03	57.90	49.16	
+ 1.85	47.65	60.26	100.00	39.85	47.65	60.26	72.99	
Toplam	100.00	39.85						



Şekil 1. -120+18 mm'lik boyut grubunda yapılan yüzdürme-batırma eğrileri

Çizelge 3. -18+6 mm boyut fraksiyonu için yapılan yüzdürme-batırma test sonuçları

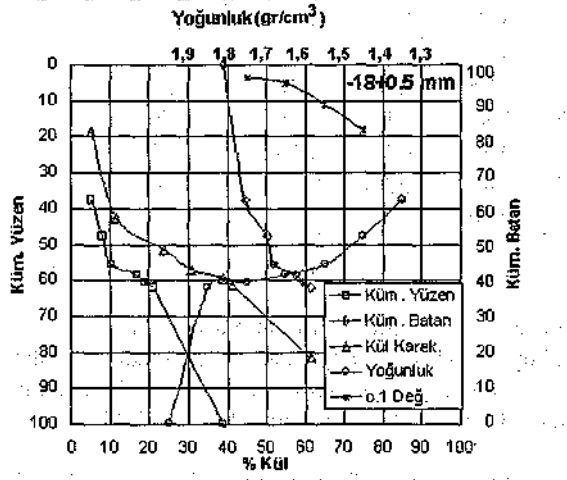
Yoğunluk	Yüzen		Σ Yüzen		Σ Batan		Kül Kar.	± 0.1
gr/cm^3	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	Değ.	Yoğ.
- 1.35	26.73	4.81	26.73	4.81	100.00	31.98	13.37	---
- 1.45	18.22	11.65	44.95	7.58	73.27	41.90	35.84	24.33
- 1.55	6.11	25.71	51.06	9.75	55.05	51.91	48.01	12.70
- 1.65	6.59	30.28	57.65	12.10	48.94	55.18	54.36	10.01
- 1.75	3.42	37.91	61.07	13.71	42.35	59.05	59.36	6.47
- 1.85	3.05	42.05	64.12	15.06	38.93	60.65	62.60	
+ 1.85	35.88	46.23	100.00	31.98	35.88	62.23	80.54	
Toplam	100.00	31.98						



Şekil 2. -18+6 mm'lik boyut grubunda yapılan yüzdürme-batırma eğrileri

Çizelge 4. -18+0.5 mm boyut grubu için yapılan yüzdürme-batırma test sonuçları

Yoğunluk	Yüzen		Σ Yüzen		Σ Batan		Kül Kar.	± 0.1
gr/cm^3	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	%Miktar	%Kül	Değ.	Yoğ.
- 1.35 Y	37.27	4.94	37.27	4.94	100.00	29.95	18.64	----
- 1.45	10.41	10.21	47.68	7.79	62.73	44.81	42.48	18.20
- 1.55	7.79	22.09	55.47	8.34	52.32	51.70	51.58	10.81
- 1.65	3.02	30.81	58.49	9.50	44.53	56.88	56.98	5.06
- 1.75	2.04	37.02	60.53	10.43	41.51	58.78	59.51	3.64
- 1.85	1.60	41.92	62.13	11.24	39.47	59.90	61.33	----
+ 1.85	37.87	60.66	100.00	29.95	37.87	60.66	81.07	--
Toplam	100.00	29.95						



Şekil 3. -18+0.5 mm'lik boyut grubunda yapılan yüzdürme-batırma eğrileri

Üç farklı boyut grubunda yapılan testler sonucunda; kömürün boyutunun küçülmesiyle serbestleştiği ve daha kolay yıkandığı gözükmektedir. Ayrıca, ara ürün oranları, kül karakteristik değerleri veya eğrisi, ±0.1 yoğunluk değerleri veya eğrisi bu kömürün zor yıkanma özelliğine sahip olduğunu ancak yüksek ayırma yoğunluklarında yıkanma özelliğinin iyileştiğini göstermektedir. Buradan, kömüre uygulanacak yöntemin ağır-ortam ile zenginleştirme olduğu açıkça gözükmektedir.

2. grupta ki çalışmalar; ağır-ortam tamburu ürünlerinin yüzdürme-batırma testleri ile performansları incelenmiştir. Bu ürünlerin yüzdürme-batırma sonuçları sonrası dağılım katsayıları değerleri Çizelge 5 ve 6'da, Tromp eğrileri ise Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 5.Ağır-ortam tamburu -120+18 mm ürünleri test sonuçları

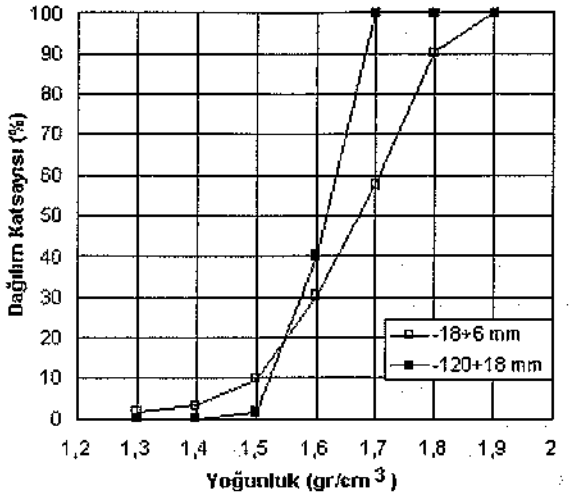
Yoğunluk gr/cm^3	Besleme %	Lave %	Şist %	L/F %	Ş/F %	F %	Dağ.Kat. %
- 1.35	9.58	31.29	---	12.64	---	12.64	0
- 1.45	9.94	42.59	---	17.21	---	17.21	0
-1.55	18.35	19.22	0.22	7.77	0.13	7.90	1.65
- 1.65	3.13	6.90	3.14	2.79	1.87	4.66	40.13
- 1.75	4.97	----	3.88	---	2.31	2.31	100
- 1.85	6.38	-----	4.22	---	2.51	2.51	100
+ 1.85	47.65	----	88.54	----	52.77	52.77	100
Toplam	100.00			40.41	59.59		

Çizelge 6.Ağır-ortam tamburunun -18+6 mm ürünleri ile yapılan test sonuçları

Yoğunluk gr/cm^3	Besleme %	Lave %	Şist %	L/F %	Ş/F %	F %	Dağ.Kat. %
- 1.35	26.73	46.75	0.99	25.94	0.44	26.38	1.67
- 1.45	18.22	35.16	1.45	19.51	0.65	20.16	3.22
-1.55	6.11	8.68	1.16	4.82	0.52	5.34	9.73
- 1.65	6.59	5.49	2.99	3.05	1.33	4.38	30.37
- 1.75	3.42	3.28	5.47	1.82	2.43	4.25	57.76
- 1.85	3.05	0.64	7.27	0.35	3.24	3.59	90.25
+ 1.85	35.88	----	80.67	----	35.90	35.90	100
Toplam	100.00			55.49	44.51		

Şekil 4'deki Tromp eğrilerinden görüleceği üzere, ağır ortam tamburunda -120+18 mm boyutunda ayırma iyi iken, -18+6 mm boyutunda orta bir ayırma olduğu gözükmektedir. Bu durum, Ep (hata faktörü) ve I (hassasiyet faktörü) değerlerinden de gözükmektedir. Bu değerler, -120+18 mm için 0.05 ve 0.031 iken, -18+6 mm için 0.09 ve 0.055 dir.

İnce boyut için öngörülen ağır-ortam siklonunun performansını belirlemeye yönelik olarak, ürünlerine yapılan yüzdürme-batırma test sonuçları ise Çizelge 7'de verilmiştir.



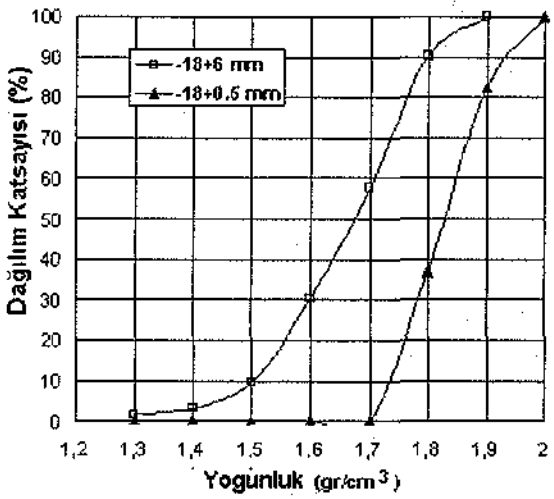
Şekil 4. Ağır-ortam tamburu performansına yönelik Tromp eğrileri

Çizelge 7. Ağır-ortam siklonu ürünleri ile yapılan test sonuçları

Yoğunluk gr/cm^3	Besleme %	Lave %	Şist %	L/F %	Ş/F %	F %	Dağ.Kat. %
- 1.35	37.27	54.95	----	34.74	---	36.94	0
- 1.45	10.41	13.43	----	8.49	---	9.03	0
-1.55	7.79	10.23	----	4.92	---	6.87	0
- 1.65	3.02	4.48	----	2.83	---	2.83	0
- 1.75	2.04	3.54	---	2.24	---	3.01	0
- 1.85	1.60	3.24	3.88	2.18	1.27	3.45	36.81
+ 1.85	37.87	10.13	96.12	6.81	31.51	38.32	82.23
Toplam	100.00			67.22	32.78		

Ağır-ortam siklonui ve ağır-ortam tamburunun ince boyutları için çizilen Tromp eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5'de verilmiştir.

Şekil 5'de görüleceği üzere; ağır ortam siklonunun performansı, ağır ortam tamburuna kıyasla iyi çıkmıştır. Ep ve I parametrelerine göre ayırma başarısına bakılırsa, ağır ortam tamburu için Ep= 0.09 ve I= 0.055, ağır ortam siklonu için Ep= 0.05 ve I= 0.027 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler ağır ortam siklonunun daha iyi bir ayırma yaptığını göstermektedir. Bu başarının olmasına rağmen, ayırma işleminin çok daha yüksek yoğunlukta gerçekleştirilmiş olması performansı düşürmüş bu nedenle beklenenden daha iyi bir ayırma sonucu vermemiştir.



Şekil 5. Ağır ortam siklonu ve ağır ortam tamburunun ince boyutlarına ait Tromp eğrileri

3.2 Uyarlama Sonuçları

Tromp eğrisinin şekli, beslenen malzeme özelliklerinden daha çok, kullanılan yıkama aygıtlarının ayırma hassasiyetine bağlıdır. Bu eğriden yararlanarak farklı yıkama aygıtları arasında mukayese yapılabildiği gibi, aynı yıkama aygıtında uygulanan farklı yıkama koşulları da mukayese edilebilmektedir (Leonard, 1979; Ateşok, 1986; Kemal, 1987).

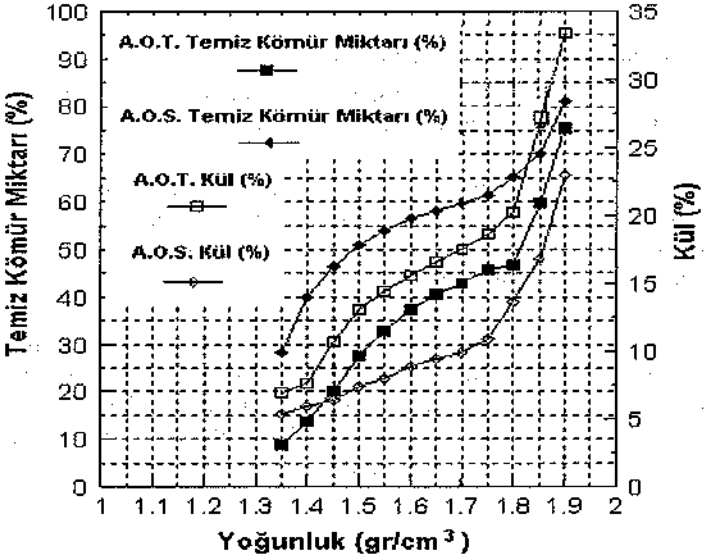
Soma Buruyar şirketindeki mevcut ağır ortam tamburu ve ağır ortam siklonların ayırma yoğunluğunun değiştirilmesi sonucu elde edilecek ürünlerin verim ve kül oranlarındaki değişim araştırılmıştır. Mevcut cihazların, 1.35 ile 1.9 gr/cm^3 yoğunluklar arasında 0.05 gr/cm^3'lük yoğunluk farklarında çalışması durumunda alınacak ürün özellikleri uyarlama ile hesaplanmıştır. Bu değerlendirme sonucunda, her iki ekipman için farklı ayırma yoğunluklarında elde edilebilecek temiz kömür miktarı ve kül oranlarının değişimi Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6'da görüldüğü üzere ağır ortam tamburunda elde edilecek temiz kömür miktarları, ağır ortam siklonu'na göre daha az olmaktadır. Bu durum, boyuta bağlı olarak kömürün daha çok ufalanmasından kaynaklanmaktadır. Kül değerleri açısından ağır ortam siklonundaki kül oranları ağır ortam tamburu'na göre daha azdır. Kül oranlarındaki bu değişim, ince boyutlarda serbestleşme ile açıklanabilir.

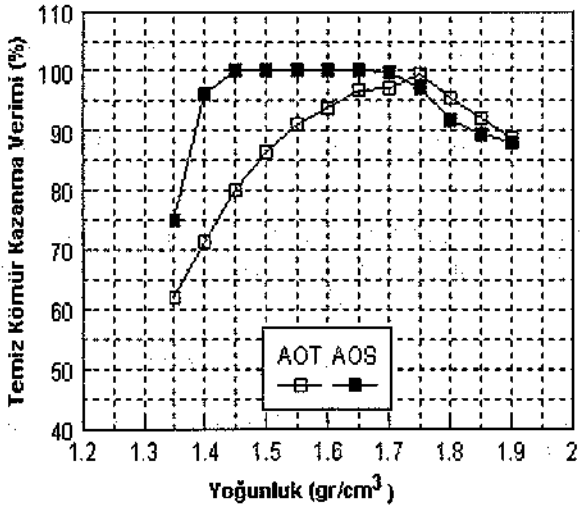
Cihazların farklı yoğunluklarda temiz kömür kazanma verimleri ise Şekil 7'de verilmiştir. Temiz kömür kazanma verimi, teorik konsantre miktarı ile tüvenan da bulunan aynı küldeki malzeme miktarının mukayesesini sağlar ve aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Ateşok, 1986).

$$\text{Temiz kömür kazanma verimi} = \frac{\text{Temiz kömür miktarı(\%)}}{\text{Besleme içerisindeki aynı kül degerindeki kömür miktarı(\%)}} \quad [1]$$

Şekil 7'den görüleceği üzere serbestleşmeye bağlı olarak ağır ortam tamburunda temiz kömür kazanma verimleri ancak yüksek yoğunluklarda gerçekleşmektedir. Ağır ortam siklonlarında ise serbestleşmenin artmasına bağlı olarak daha düşük yoğunluklarda bile ayırma verimleri yüksek olabilmektedir.



Şekil 6. Uyarlama sonucu yoğunluğa bağlı olarak elde edilecek temiz kömür ve %kül miktarları



Şekil 7. Cihazlarının uyarlama sonucu ayırma yoğunluğuna bağlı temiz kömür kazanma verimleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soma-Buruyar firmasının üretimini yaptığı kömürlerin, yıkanabilirliğinin iyi ve orta özellikle olduğu ve ince boyuta inildikçe serbestleşmenin artmasına bağlı olarak daha iyi bir ayırma elde edileceği gözükmüştür.

İlk kurulmuş olan ağır ortam tamburuna beslenen -120+6 mm boyut grubunun tambur için geniş bir boyut aralığı olduğu ve bu nedenle ayırma başarısının düştüğü testlerde tespit edilmiştir.

Sonradan ince boyut için önerilen ağır ortam siklonunun ayırma başarısı tambura göre daha iyi olmasına rağmen, daha iyi bir performans elde etmek için siklon çalışma basıncı ve ortam yoğunluğu denemelerinin yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Uyarlama sonuçlarından, ağır ortam tamburunun ayırma yoğunluğu olan 1.62 gr/cm^3'ün yerine istenen kül oranına bağlı olarak, 1.65 ile 1.75gr/cm^3 arasında, ağır ortam siklonu için ise ayırma yoğunluğu olan 1.83 gr/cm^3 yerine istenen kül oranına bağlı olarak, 1.45-1.7 gr/cm^3 arasında olması gerektiği belirlenmiştir.

Bu çalışma sonunda, tespit edilen yıkama yoğunluklarında (1.65-1.75 g/cm^3) mevcut ağır ortam tamburunun elde edilecek temiz kömür miktarı % 40.68 ile %45.70 olurken kül değerleri ise %16.54 ile %18.64 arasında olacaktır. Ağır ortam siklonundan için tespit edilen uygun yoğunluklarda (%1.45-1.7 gr/cm^3) elde edilebilecek temiz kömür miktarları %%46.33 ile %61.23 olurken, kül değerleri ise %6.43 ile %10.93 arasında olacaktır.

5. KAYNAKLAR

Ateşok, G. (1986) Kömür Hazırlama, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul, s.158-167.

Burt, R.O. (1984) Gravity Concentration Technology, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 33-51 p.

Kemal, M. (1987) *Kömür Teknolojisi*. DEÜ. Müh.-Mim. Fak. Yayını, MM/MAD-90 EY401, İzmir, s. 91-133.

Kemal, M. Semerkant, O. ve Arslan, V. (1988) Zonguldak'ta Üretilmekte Olan Temiz Kömür İçin Optimal Kül Oranının Saptanması. *Türkiye 6. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Zonguldak, s. 143-158.

Leonard, J.W. (1979) *Coal Preparation*, AIME, 4th edition. NewYork.

Osborne, D.G. (1988) *Coal Preparation Technology*, Graham & Trotman, Vol. 1, Chapter 5, London, 179–188 p.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004 Zonguldak, Turkey

TTK KOZLU MÜESSESESİNDE 03.03.1992 TARİHİNDE YAŞANAN GRİZU İNFİLAKI NETİCESİNDE OCAKLARIN SUYLA DOLDURULMASI VE TAHLİYESİ ÇALIŞMALARI

FILLING OF TTK KOZLU MINE WITH WATER AFTER THE METHANE EXPLOSION OCCURED ON 3 MARCH 1992 AND DEWATERING-RECOVERY WORKS

Çetin ONUR , *TTK Genel Müdür Yardımcısı, 67090 Zonguldak*
Faruk TEZEL, *TTK Etüd-Plan-Proje Şb. Md., 67090 Zonguldak*
Özcan ÖNEY, *TTK EPPT Daire Başkanlığ , 67090 Zonguldak*

ÖZET

Bu makalede, 03.03.1992 tarihinde Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesinde meydana gelen ve 263 maden işçisinin ölümüne neden olan grizu faciası sonrasında oluşan ocak yangınını söndürmek amacıyla ocakların suyla doldurulması ve yangın söndükten sonra ocakların geri kazanılması çalışmaları kısaca özetlenmiştir.

ABSTRACT

In this paper, the filling of Kozlu Colliery with water in order to extinguish the underground fire occured after the methane explosion disaster which killed 263 mine workers took place on 03.03.1992 and dewatering and recovery of the colliery after extinguishing of the fire are briefly introduced.

1. GİRİŞ

1992 yılındaki grizu faciası öncesi Kozlu Müessesesi ile ilgili bilgiler şöyledir; Türkiye Taşkömürü Kurumunun 5 müessesesinden biri olan Kozlu Müessesesi şehrin 8 km batısında kurulmuş olup 12 km^2'lik bir sahada üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Günlük üretim miktarı 5.000 ton, personel sayısı 3.625 yer altı, 1.464 yerüstü işçisi ve 280 memur olmak üzere toplam 5.369 kişidir. Yer altı işletmeciliği yapılmaktadır. Üretim faaliyetleri İhsaniye ve İncirharmanı olmak üzere iki işletmede sürdürülmektedir. Açık galeri uzunluğu yaklaşık 83 km'dir. Yeryüzü ile irtibatı olan kuyulardan üçü (Uzun Mehmet-I, II ve Yeni Kuyu) hava giriş kuyusu, 28, 30 ve 24 nolu kuyular hava çıkış kuyusu olarak görev yapmaktadır. Ocaktan üç aspiratör vasıtasıyla emilen kirli hava miktarı 12.000 m^3/dk' dır.

2. OLAYIN MEYDANA GELİŞİ

Kozlu Müessesesi ocaklarında 3 Mart 1992 tarihinde saat 20^{00} sıralarında büyük bir patlama meydana gelmiştir. Patlama şiddetiyle büyük bir gürültü duyulmuş, 30 nolu kuyu şovelmanı büyük hasar görmüş, infilak kapağı açılmıştır. 24 nolu kuyuda istinat duvarı yıkılmıştır. Etrafa ince bir toz bulutu yayılmış, patlama şoku ile 24 nolu kuyu çıkışında bulunan ana aspiratörlerde arıza meydana gelmiştir. Patlamayı takiben derhal bir durum değerlendirilmesi yapılarak ocağa müdahale edilmiş, yaralanan ve şehit olan işçilerin tahliyesine başlanmıştır. Aynı zamanda ocak içinde patlamanın etkisiyle yıkılan hava kapıları yeniden onarılarak ocak içindeki havanın istenilen şekilde dolaşımı sağlanmıştır. Kurtarma çalışmaları sırasında ocaklardan 77 yaralı işçi kurtarılmış ve 116 işçinin cesedi çıkarılmıştır.

Ocaklarda yapılan tespitler sonucunda ;

- -560 katı hiçbir tahribata uğramamış ve kat tamamen kontrol edilmiştir.
- -485 ara katı kontrol edilmiş ve katta tahribat görülmemiştir.
- -425 katı kömür tozu şokunun tesiri ile lağımlarda yer yer göçükler oluşmuş, ray sistemi, basınçlı hava ve su boru şebekeleri hasar görmüş, enerji kabloları, haberleşme ve monitör sistemleri tamamen devre dışı kalmıştır. Kaza sonrası –425/ -560 katları arasındaki 7 adet ayakta yer yer göçüklere rastlanmıştır. Varagel ve kuyularda hiçbir tahribata rastlanmamıştır.
- -300 ana katında, kömür tozu infilakının –425 katındaki tüm oksijeni yok etmesi sonucu –425 katında rastlanmayan açık alevli yangınlar görülmüş ve kontrolü yapılamamıştır.
- -200 katında herhangi bir patlama ve yangın belirtisine rastlanmamıştır. Tüm galeri ve taban yollarının açık olduğu tespit edilmiştir. Bu katta ölenlerin CO zehirlenmesi sonucu öldüğü görülmüştür.

Ocakta ortaya çıkan açık alevli ocak yangınlarının kontrol edilememesi nedeniyle 05.03.1992 tarihinde ocaklar yeryüzü irtibat noktalarından (İncirharmanı, Ali Soydaş, İncivez ve Uzun Mehmet I-II kuyuları) kapatılmıştır. Toplam 263 kişinin yaşamını yitirdiği patlamada kuyuların kapatılması ile 147 ceset yeraltında kalmıştır. Kapatılmayı takiben 20 gün süreyle ocak gazları (CH_4, CO, CO_2, O_2, H_2, N_2) sürekli kontrol edilerek ölçümler yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kuyulardan alınan numunelerin analiz değerleri

Kuyu	CO_2 (%)	CH_4 (%)	O_2 (%)	CO (ppm)	H_2 (%)	CO/CO_2	H_2/CO
Ali Soydaş	5,2	11,6	6	139	0	0,1	0
İncivez	4,9	13,5	6,6	445	0,0006	0,34	0,013
İncirharmanı	5,05	11,2	6,5	381	0,0003	0,27	0,007

21.03.1992 günü yapılan değerlendirme toplantısında yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Dünya madenciliğinde yangınla mücadele yöntemlerinde esas alınan H_2/CO oranının eser miktarda olduğu ve CO/CO_2 oranının 0,4 altında bir değer verdiğinden dolayı yangın sönmüş kabul edilmiştir. 26.03.1992 tarihinde ocaklar tekrar açılarak havalandırma işlemi başlatılmıştır. Ancak aynı gün ocak havasından alınan gaz numunelerinin 6 saat süreyle izlenmesi sonucunda numunelerde CO oranının yükselmesi ve duman çıkışı gizli yangının tekrar aktif hale geldiğini göstermiştir. Tecrübeler bu tür yangınlarda ortamdaki oksijenin %2'ye kadar düşmesine rağmen yangının kendiliğinden sönmediği, yeni bir havalandırmada yangının tekrar canlandığını göstermiştir. Bu nedenle ocaklar tekrar kapatılmıştır.

3. YANGINLA MÜCADELE YÖNTEMİNİN TESPİTİ

Söz konusu yangınların en kısa sürede söndürülmesi ve ortamın soğutularak şehitlerimize biran önce ulaşılması, tamir bakım işlemlerinin yapılarak yeniden üretime geçilebilmesini sağlamak amacıyla uygulanması düşünülen üç alternatif yurtdışından gelen uzmanlarla birlikte tartışılmıştır. Yapılan değerlendirmede ;

1. Mevcut kapama durumunun devamı halinde ocaklardaki yangının sönmesi için en az 1 yıl kapalı kalması gerekeceği ve bu süre sonunda ocağın açılması durumunda yeni yangınların çok kısa bir zamanda başlayabileceği ve ocağın tekrar kapatılmasının gündeme gelebileceği,

2. Ocağın Azot gazı ile doldurulması ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda dünyada bu büyüklükteki açıklıkta bir uygulama olmadığı, Ülkemizde tek N_2 gazı üreten firmanın 30 m^3/dk gazı ocağa sevk edebileceği fakat bu oranın en az 200 m^3/dk olması gerektiği, havadan hafif olması nedeniyle en derin kuyu tabanından ocaklara verilmesi gerektiği ancak mevcut durumda yer altı su gelirinin 1 ve 2 nolu kuyu diplerinde birikmesi nedeniyle böyle bir ortamın söz konusu olmadığı, her ne kadar giriş ve çıkış kuyuları kapatılsa da gaz kaçaklarının olacağı, açık alevli yangınlarda azot etkisi kalktığında yangının tekrar başlayabileceği,

3. Ocakta günlük yaklaşık 10.000 m^3 yer altı su geliri mevcut olduğu, bu nedenle diğer metotlardan sonuç alınıncaya kadar ocağın büyük bir kısmının suyla dolacağı ve yangının söndürülmesinde kesin sonuç alınacağı, en kısa sürede ve en güvenli şekilde ocak içerisinde kalmış şehitlerin alınabileceği,

görüşüne varılmış ve dışarıdan ilave su basılmak suretiyle ocak boşluklarının su ile doldurularak sürecin hızlandırılması programlanmıştır.

4. OCAKLARA SU VERME İŞLEMİ

Yeraltında sürmekte olan açık alevli yangını söndürmek ve yer altı açıklıklarında kızan yüzeyleri soğutmak amacıyla 26 Mart 1992 tarihinde 30 nolu kuyudan su verilmesi işlemine başlanmıştır. Ocaklara verilecek su ;

Günde yaklaşık 10.000 m^3 olduğu tahmin edilen doğal su geliri ile,

Zonguldak şehrine tatlı su temin eden, toplam kapasitesi 18 milyon m^3 olan Ulutam Barajından Kozlu deresine deşarj edilen sudan oluşmaktadır.

4.1 Basılacak Su Miktarının Tahmini

Kozlu ocaklarında bulunan boşluk hacminin tahminini yapmak için iki metod vardır.

1. Yer altı boşluklarının galeriler, kuyular ve üretim sahaları ve üretimle ilgili olarak tavanda meydana gelen boşluklar,

2. Bilinen su miktarları ve su seviyelerinin üzerinden yapılan hesaplamalar (Extrapolasyon)

Birinci metoda göre ; ocakta yaklaşık 1,5 milyon m^3 galeri ve kuyu açıklığı olduğu ancak toplam su hacminin tespitinde değişik meyillerde toplam 16 üretim panosu, üretim yapılmış eski panolar gibi kontrol edilemeyen bölgeler, kayaç özelliklerinin çatlaklı nitelikte olması da dikkate alınarak toplam su hacminin 3-4 milyon m^3 olacağı tahmin edilmiştir.

İkinci metoda göre 22.04-12.05.1992 tarihleri arasında yükselme hızları dikkate alınarak ve derinlik azaldıkça ocaktaki boşlukların azalacağı, üst katlarda yapılan çok sayıdaki üretim boşluklarının yüksek konverjans nedeniyle kapanmış olabileceği kabulü ile yapılan hesaplamada 6 milyon m^3 su ihtiyacı tespit edilmiştir. Her iki metod ile tespit edilen miktarların ortalaması alınarak ocakları doldurmak için ihtiyaç duyulan toplam su miktarının 5 milyon m^3 olacağı öngörülmüştür.

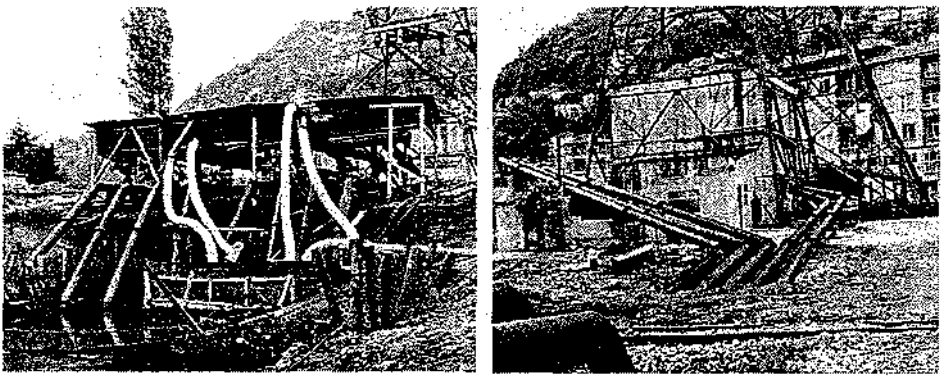
Suyla doldurma işlemi, 30 nolu kuyu vasıtasıyla 350 mm lik 2 adet borudan 4 santrifüj pompa ile 30.000- 40.000 m^3/gün su basmak suretiyle yapılmıştır. Günde yaklaşık 15 saat pompalama zamanı kullanıldığı tahmin edilmektedir. 26.03.1992-16.06.1992 tarihleri arasında Ulutam Barajından 6 milyon m^3 su alındığı tespit edilmiştir. Kozlu Deresinden su alma ve ocaklara su basma düzenekleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Su basılma işlemi devamınca 30 nolu kuyu, 1 ve 2 nolu kuyu, yeni kuyu ve İncirharmanı kuyularından sürekli numuneler alınmıştır.30.04.1992 tarihinde yeni kuyunun, 26.06. 1992 tarihinde ise İncivez kuyusu su ile dolarak ocaklarla irtibatı kesilmiştir. Yaklaşık 3 ay devam eden su verme işlemi –285 m kotunda durdurulmuştur. Ocağa su basılması ile birlikte giden oksijene rağmen son kalan ve + depresyon gösteren Uzun Mehmet I-II ve İncirharmanı kuyularından alınan değerlerde CO ve H2 tespit edilememiştir . Çizelge 2'deki analiz değerleri sonucunda CO değerlerinin düşük

olması, H_2 tespit edilememiş olması yeraltında yüksek ısı bulunmadığını ve yangın olmadığını göstermektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda yangının tamamen söndüğü kanaatine varılarak 28.07.1992 tarihinden itibaren ocakların açılması işlemine başlanmıştır.

Çizelge 2. 28.06.1992 tarihinde kuyulardan alınan numune sonuçları.

Kuyu	CO_2 %	CH_4 %	O_2 %	CO ppm	H_2 %
Ali Soydaş	0,41	0,22	19,9	--	--
İncivez	1,7	5,8	17,5	2	--
İncirharmanı	1,4	0,89	17,6	2	--
I nolu kuyu	1,5	0,94	17,6	1	--
II nolu kuyu	1,7	0,85	17,4	2	--
Yeni kuyu	7	28	4,5	6	--



Şekil 1-2. Kozlu Deresinden su alma ve kuyudan su basma düzenekleri

5. OCAKLARIN AÇILMASI İŞLEMLERİ

Ocakların açılması ve çalışmaların emniyetli bir şekilde yürütülmesi için aşağıdaki plan dahilinde hareket edilmiştir.

5.1 Tahlisiye ve İlk Yardım Ekiplerinin Eğitimi

Ocakların açılması sırasında görev alacak personel tekamül eğitimine tabi tutulmuş, çalışmalar sırasında yapacakları işler uygulamalı olarak gösterilmiş, suni solunum cihazları ile tahlisiye eğitimi verilmiştir. Ayrıca bu ekiplere cesetleri nasıl toplayacakları, torbalara nasıl konulacağı ve nelerle karşılaşabilecekleri bizzat uzmanlar tarafından anlatılmıştır. Keşif ve kurtarma çalışmaları sırasında kimlerin hangi ekipte

görev alacağı, yapacakları işler detaylı olarak anlatılarak bizzat kendilerine uygulama yaptırılmıştır.

5.2 Mekanik Tesislerin Kontrolü

Ocaklar açıldığı sırada kullanılacak pervane, kuyu vinci gibi mekanik tesisler usulüne uygun olarak kontrolden geçirilerek bakımları yapılmış ve hizmete hazır hale getirilmiştir.

5.3 Gerekli Teçhizatın Temini

Ocakları açılması ve suyun boşaltılması sırasında gereken tulumbalar ve teçhizat bir program dahilinde belirlenmiş ve bir kısmının yurt içi kuruluşlardan, bir kısmının ise Kurumumuzun diğer müesseselerinden temini yoluna gidilmiştir.

Ocakların tekrar açılmasının gündeme gelmesi ile birlikte geçen yaklaşık 5 aylık süre içerisinde maden ocaklarında iki türlü kirlenme göz önünde bulundurulmuştur ;

1. Ortamın kirliliği,
2. Atılacak suyun kirliliği,

5.4 Ortamın Kirliliği

Ocakların tekrar açılması sonucunda karşılaşılabilecek ortam kirliliği, neden olabileceği sorunlar ve alınacak önlemler aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir:

1. Yangın, su ve toprağın çürüttüğü cesetler nedeniyle ortamda bakterilerin bol miktarda bulunması ; Ocaklar açılarak hava dolaşımı sağlandığında bakteriler hızla sporlanarak mikrobiyolojik kirlenmenin esasını oluşturacaktır. Ancak aşırı dozlarla karşı karşıya kalınmadıkça büyük sorun oluşturmayacaktır. Alınacak önlem ortamın iyice havalandırmasını sağlayarak oksijenin bakteriler için öldürücü etkisinden yararlanmaktır.

2. Gazların (CO, H_2S, CH_4 vb.) ocak havasında birikmesi; ocakta çalışmayı engelleyen zararlı gazların limit değerlerin altına düşürülmesi ve ocaklarda herhangi bir solunum cihazı kullanmadan serbest dolaşmanın sağlanabilmesi için yeterli havalandırmanın yapılmasıdır.

Kuyulardaki kil örtüsü, infilak kapakları açılmış pervaneler % 50 kapasite ile çalıştırılarak ocakların geri kazanılması işlemine başlanmıştır. Sürekli gaz analizleri yapılarak gelişmeler yakından izlenmiştir.Ocaklara yeterli miktarda hava sevkedilerek sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulmuştur.

5.5 Tahliye Edilecek Suyun Özellikleri

Ocaklardaki suyun deşarjı konusundaki en önemli aşama, suyun niteliği ve içeriğinin analizler sonucu belirlenmesi olmuştur. Bu amaçla ilgili tüm kuruluşlarla iletişim kurularak yapılması gereken işler tespit edilmiş, –285 m kotu ocak sularının analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmektedir. Analizler sonucunda tüm parametrelerin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen değerlerin çok altında olduğu tespit edilmiştir. İkinci aşamada suyun Karadeniz'e deşarjının çevre kirlenmesine neden olmayacağı hususunda kamuoyu bilgilendirilmiştir.

Çizelge 3. 15.07.1992 tarihinde Kozlu Yeni Kuyudan alınan numunelerin Analiz sonuçları.

Parametre	Ölçüm Değeri	Kabul Edilebilir Sınır*
Sıcaklık (^{0}C)	15	
PH	6,94	6-9
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/lt)	10,25	30
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg /lt)	15,36	110
Askıdaki Katı Madde miktarı (mg/lt)	19,20	100
Yağ ve Gress (mg/lt)	--	

*Resmi Gazetenin 4 Eylül 1988 tarih, 19919 sayısında belirtilen değerlerdir.

6. SU TAHLİYE İŞLEMLERİ

Suyun tek kademede ve kademeli boşaltılması olmak üzere iki alternatif değerlendirilmiştir.

Tek kademeli alternatifte ;

- Suyun en alt katla irtibatı olan Yeni Kuyudan tahliyesi düşünülmüş, ancak kuyu bileziklerinin su atımında kullanılacak ekipmanlar için yetersiz kalacağı,

- Su atım sistemlerinin yerleştirilmesi için 50-75 tonluk vinçlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapasitedeki vincin temininin oldukça güç olması, çevre illerden temin edilmesi gerekliliği ve temin edilse bile kurulacağı yere naklinde problemler yaşanması olasılığı, pahalı ve ayrıca hemen temininin güç olacağı,

- Tek kademeli sistemde su boşaltma işlemine en alt kat olan –560 m katından başlanması gerektiğinden bu yöntem hem katlardaki ekipmanın tekrar kullanıma hazırlanması hem de üretime biran önce başlanmasını geciktireceği,

tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı suyun yeraltından kademeli olarak boşaltılmasına karar verilmiştir. Böylece sağlanacak avantajlar ;

- İlk kat olan –200 m, -300 m ve –425 m katlarına ulaşılarak buralardaki trafo, yol verici, devre kesici, hava boruları, motor garajı vb. elektro-mekanik aksamın tek tek Merkez Atölyesinde bakımının yapılarak tekrar ocak içine naklinin en kısa sürede sağlanması,

- İlk kattan başlayarak yer altı tesislerinin temizlik ve bakımının yapılarak üretime en kısa sürede geçilmesi, ve en önemlisi

- Ocakta kalan şehitlere en kısa sürede ulaşılması,

olarak belirlenmiştir.

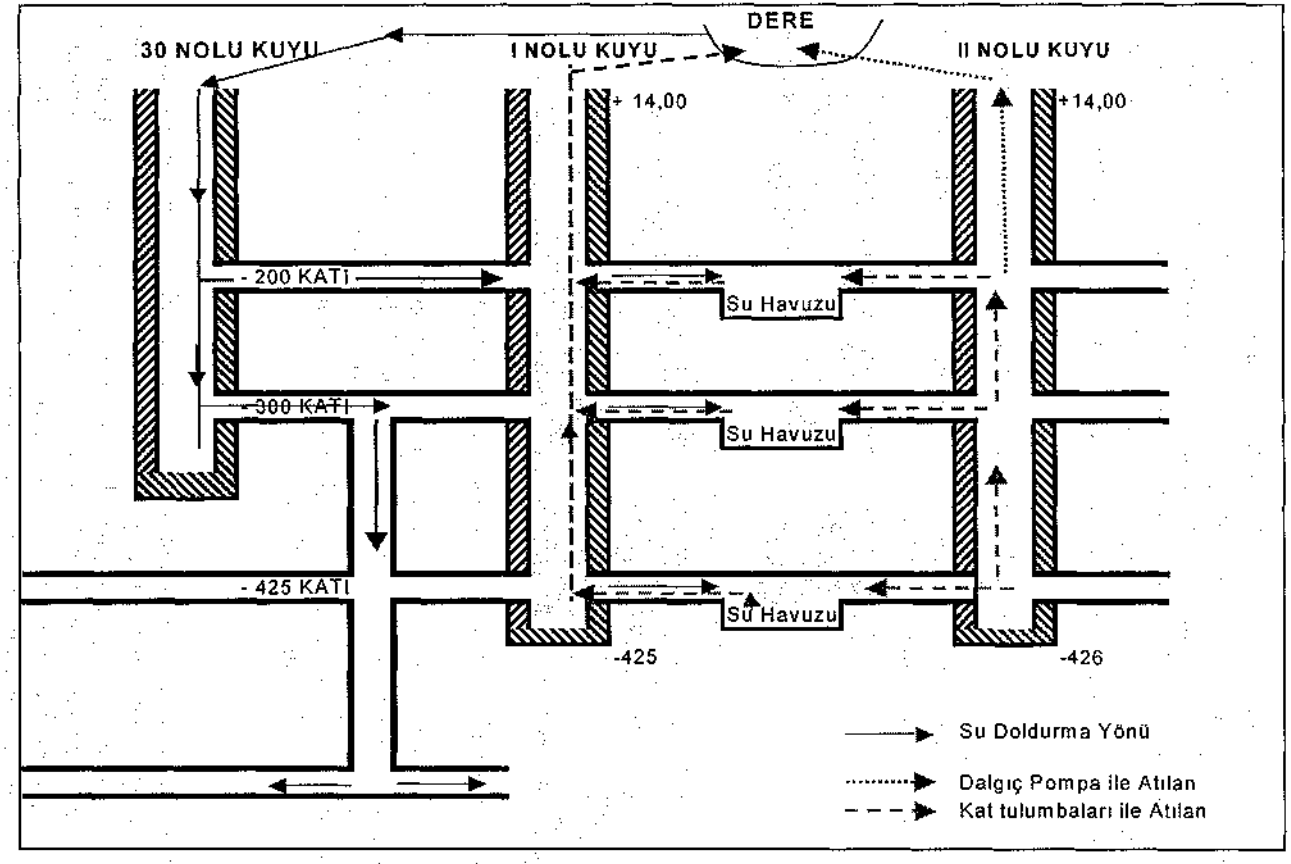
Ocaklara basılan suyun boşaltılması için Kurum teknik elemanlarınca proje hazırlanarak uygulamaya geçilmiştir. Buna göre su boşaltma işleminin iki aşamalı olarak gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Birinci aşamada -283 m kotundaki suyun seviyesinin -200 m, -300 m ve –425 m katlarındaki mevcut sistemler kullanılarak 2 nolu ve Yeni Kuyu vasıtası ile kademeli olarak atılması planlanmıştır. Düşey bağlantı olmaması nedeniyle –560 m katındaki suyun tahliyesi dalgıç tulumbalar ve boru sistemi ile –425 m katına, buradan da diğer katlardaki tulumbalarla yerüstüne basılması kararlaştırılmıştır. Ocakların su ile doldurulması ve tahliye edilmesi işleminin şematik gösterimi Şekil 3'te verilmiştir.

Su tahliye işleminde ve katların geri kazanımında yürütülen çalışmalar özetle şöyledir;

1. Hm = 320 m SS, N= 660 kW, V= 3300 volt, I = 154 A, N= 1480 dev/dk karakteristik özelliklere sahip, 7+7 kademeli (her 7 kademede Q/2 emiş) Karadon Müessesesi Çatalağzı ana ihraç kuyusunda su boşaltma işleminde kullanılmak üzere prototip olarak 1972 yılında imal edilen, ancak 1992 yılında Merkez Atölyesi tarafından hurda halindeki bütün parçalar elektrik motoru da dahil olmak üzere yenilenen pompa ile Kozlu Yeni Kuyuda –320 m'ye kadar olan su 23.09.1992 tarihinde boşaltılmıştır. 20.08.1992 tarihinde toplam kapasiteleri 1700 m^3/ saat olan üç adet dalgıç tulumba ile günlük 35.000 m^3 suyun tahliyesi işlemlerine başlanmıştır.

2. -200 m katı su havuzunda bulunan 4 adet Buster-Sulzer kat pompası (Q= 450 m^3/saat, H_m= 214 m SS) çalışır hale getirilmiştir. 14.08.1992 tarihinde –200 m katındaki 63 şehit çıkarılmıştır.

3. I nolu kuyuda –300 m katına inilmiş ve bu katın su havuzunda bulunan 3 adet Buster-Sulzer kat pompası (Q = 450 m^3/saat, H_m = 104 m SS) çalışır hale getirilmiştir. Ayrıca bu katın pompa dairesine yeni kuyudan sökülen 7+7 kademeli pompa konularak tesisat bağlantısı yapılmıştır. 04.09.1992 tarihinde –300 katına inilmiştir. 21.09.1992 tarihinde –300 katındaki 61 şehit çıkarılmıştır.



Şekil 3. Su doldurma ve boşaltma akım şeması

21 Ekim 1993 tarihinde –300 m ve üst kotlarda günlük 3000 ton tüvenan üretime ulaşılmıştır. -300 m katındaki çalışmalar ile 10 ayda yaklaşık 6,5 km galeri geri kazanılmıştır.

4. 01.10.1993 tarihinde –425 m katına inilerek bu kattaki su havuzunda bulunan 2 adet Buster-Sulzer (Q = 225 m^3/saat, , H_m = 125 m SS) 1 adet Sumaş (Q = 150 m^3/saat, , H_m = 125) kat pompaları çalışır hale getirilmiştir. Ayrıca –300 m katı su havuzundan sökülen 3 adet MAZ dalgıç pompa kullanılarak –560 m katındaki su –425 m katı havuzlarına aktarılmıştır. –425 m katında Yeni Kuyu ve I nolu kuyu arasındaki galeri eğiminin oldukça düşük olması nedeniyle suyun kanallarla tahliyesinin mümkün olmadığı görülmüş ve borularla tahliye işlemi gerçekleştirilmiştir. 15.04.1994 tarihinde 16 şehit çıkarılmıştır.

Ayrıca su tahliye işlemlerinde TKİ Elbistan Müessesesinden temin edilen 3 adet ve Almanya'dan temin edilen 2 adet dalgıç tulumba yaklaşık 1 ay kullanılmıştır. Tüm yer altı açıklıkları geri kazanılıncaya kadar yapılan su atım çalışmalarında yaklaşık 7 milyon m^3 su tahliye edilmiştir. (Şekil 4-5.)

Şekil 4-5. Su tahliyesinde kullanılan dalgıç pompalardan bazıları.

Kozlu ocağında Kılıçlar ocağı hariç değişik kesitlerde toplam 49.291 m galerinin 37.241 m'si geri kazanılmıştır. Kazanım dışında kalan 12.050 m'lik kısım genellikle rekup lağımlardan meydana gelmekte olup, üretim çalışmaları esnasında sırası geldikçe geri kazanılmıştır. Ayrıca konsantrasyon çalışmaları sonucunda –200 m ve –300 m katlarında 6.500 m galeri açıklığı terk edilmiştir.

7. SONUÇ

Kömür ocaklarında grizu patlaması sonrasında veya herhangi bir sebeple meydana gelen ocak yangınlarının söndürülmesi amacıyla ocakların tamamen su ile doldurulması yaygın olarak uygulanan bir yöntem değildir. Kozlu Müessesesindeki bu uygulama dünyadaki ender uygulamalardan birisidir. Gerek müessif kaza sonucunda yaşamını yitiren maden işçilerinin cesetlerinin bir an önce çıkartılabilmesi ve gerekse Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun önemli Müesseselerinden birisi olan Kozlu ocaklarının tekrar üretime alınabilmesi ancak bu yöntem ile mümkün olabilmiştir.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004 Zonguldak, Turkey

TTK KARADON MÜESSESESİNDE MEYDANA GELEN SU BASKINI, YAŞANAN OLUMSUZLUKLAR VE GİDERİLMESİ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

FLOOD OCCURED IN TTK KARADON MINE, PROBLEMS COME OUT AND THE WORKS DONE TO OVER COME THESE PROBLEMS

Çetin ONUR , TTK Genel Müdür Yardımcısı, 67090 Zonguldak
Faruk TEZEL, TTK Etüd-Plan-Proje Şb.Md. 67090 Zonguldak
Nurettin EREN , TTK Genel Müdürlüğü, 67090 Zonguldak

ÖZET

20 Mayıs 1998 tarihinde Zonguldak ve çevre illerini etkisi altına alan büyük bir sel felaketi meydana gelmiştir. Birçok ev ve işyeri sular altında kalmış ve insanlar hayatlarını kaybetmiştir. Bu sel baskınından Karadon Müessesesi Kilimli ve Gelik İşletmeleri de etkilenmiştir. Sel baskını sonucunda fazla miktarda su Gelik Yeni Servis Kuyusundan ocaklara yayılmış ve mevcut su atım tesisleri yetersiz kalmıştır. Çatalağzı kuyu dibi su pompalama istasyonu, hazırlık çalışmaları devam eden -540 katının tamamı ve –460 katının önemli bir bölümü sular altında kalmıştır. Bu makalede, su baskınının oluşumu, su drenaj çalışmaları ve ocakların geri kazanılması anlatılmaktadır.

ABSTRACT

There had been a big flood disaster in Zonguldak and surrounding provinces on the 20th May 1998. Many houses and workplaces were flooded and some people lost their lives. This big rainfall effected Kilimli and Gelik Collieries in Karadon District. The huge amount of water going into the mine through the Gelik New Service Shaft was too much for mine water pumping system. The Çatalağzı Shaft bottom water pumping station, - 540 m level that being developed and - 460 m level were flooded. In this article, how the flood occurred, pumping the water out, and recovery of the mine are briefly presented.

1. GİRİŞ

19 Mayıs 1998 günü başlayan aşırı yağışlar Zonguldak ve çevre illeri etkisine almış, birçok ev ve işyeri sular altında kalmıştır. Bu yağışlar neticesinde Müessesemiz Gelik İşletmesindeki Taşaltı Deresi ve çevre yamaçlardan aşırı şekilde gelen yağmur sularının menfezde ve civarda bulunan giderlerde meydana getirdiği tıkanıklık neticesinde, taşkın sular mevcut güzergahını terk ederek Gelik karo sahasına yayılmış ve buradaki 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusundan ocağa girmiştir. –360 kotuna ulaşan sular ocaklardaki mevcut su geliri ile birleşerek Karadon I no'lu kuyu dibi havuzlarına ve Çatalağzı Kuyu dibi tulumbalarının bulunduğu yere ulaşmış, suların tahliyesi için mevcut su atım tesisleri yetersiz kalmış ve Çatalağzı kuyu dibi tulumbaları su baskını sonucunda devre dışı kalmıştır. Ayrıca -460 ve –540 katları ile 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusunun –360 katından aşağısı da su altında kalarak büyük olumsuzluklar yaşanmasına sebep olmuştur. Alınan acil önlemler ve yapılan çalışmalar sonucunda ocaklardaki su kısa bir sürede deşarj edilerek üretim faaliyetleri tekrar normale dönmüştür.

2. MÜESSESE SU ATIMI

2.1 Su Geliri

Müessese ocaklarındaki su geliri ağırlıklı olarak kömürlü serilerin üzerindeki kireçtaşı tabakalarından kaynaklanmakta olup, esas itibariyle Çatalağzı Kuyu dibi ve Gelik – 260/41309 lağımından gelmektedir. Su geliri miktarı yağışlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Çatalağzı kuyu dibinde yağışların fazlalaştığı 1994 Ekim ayının ortalarından 1995 yılı Nisan ayı ortalarına kadar maksimum 1000 lt/sn debi ölçülmüştür. Bu tarihler dışında kalan zamanlarda su debisi 500 lt/sn olarak sabit bir değer olmaktadır.

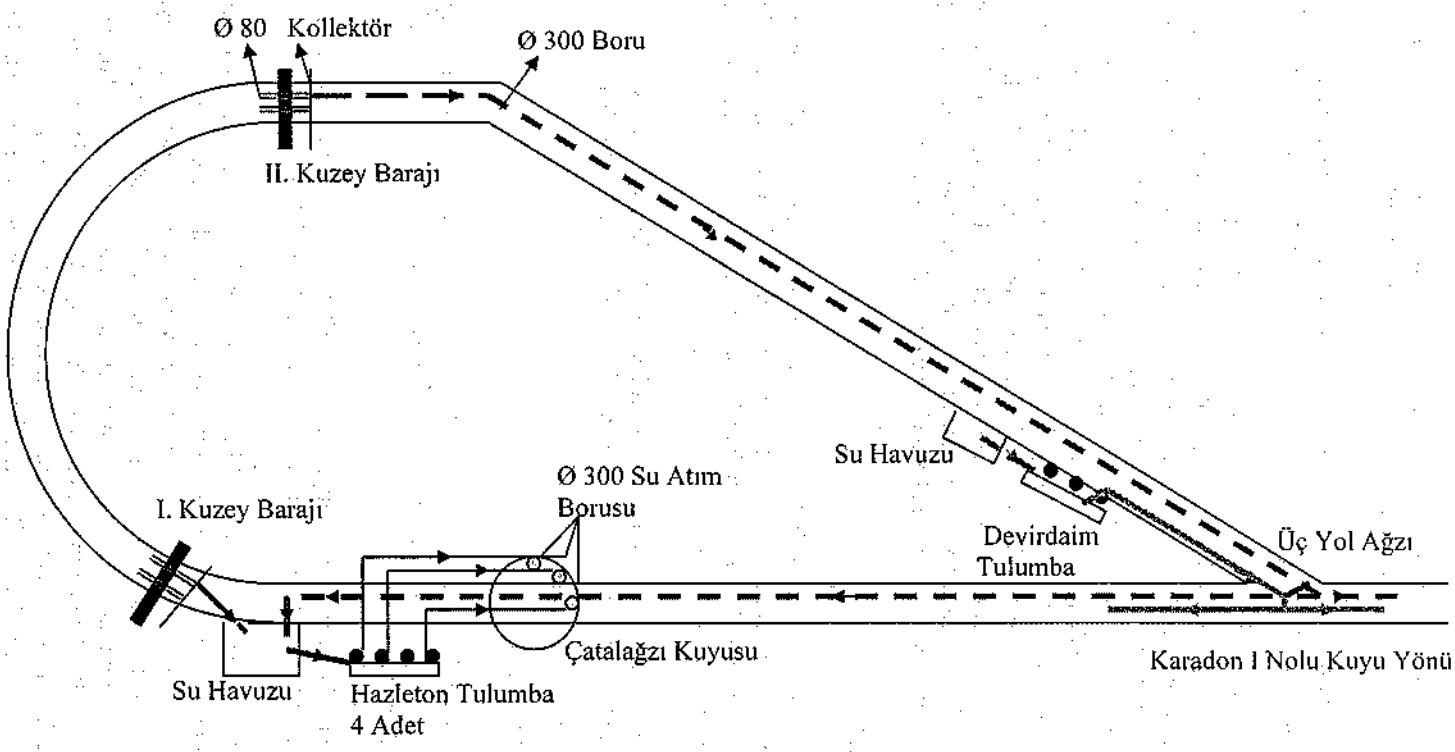
Çatalağzı kuyu dibinde su gelirinin fazla olması nedeniyle, baraj yerinde sürekli su basıncı kontrol edilmekte, fazla su sondaj delikleri vasıtasıyla drenaj edilmektedir. Ayrıca –360/42400 lağımı üzerindeki kollektörler vasıtasıyla toplanarak dışarı atılmaktadır. Çatalağzı Kuyu dibi su atım krokisi Şekil 1'de gösterilmektedir.

Gelik –360/41309 lağımında kalker zonuna 28 m yaklaşılmasından dolayı gelen suyun debisi 14.03.1995 tarihinden itibaren yapılan periyodik ölçümler sonucunda maksimum 82 lt/sn, ortalama 20 lt/sn olarak tespit edilmiştir.

Kilimli –360 ve -460 kotlarına gelen sular dağınık vaziyettedir. Toplam debi yaz aylarında 10 lt/sn civarında, kış aylarında ise %100'lük bir artış göstererek 20 lt/sn civarında olmaktadır.

2.2 Su Atımı

Müessesede su ağırlıklı olarak I no'lu kuyu ve Çatalağzı kuyudan atılmaktadır. I no'lu kuyu dibinde (-360) birbirine bağlantılı 2 adet havuz mevcut olup toplam havuz kapasitesi 4500 m^3 tür. Ortalama su geliri 1200 m^3/h'tir. Bu kotta 5 adet Halberg tipi tulumba vardır. Toplam kapasite maksimum 1800 m^3/h'tir. –160 kotunda ise birbirine



Şekil1. Çatalağzı kuyusu su atımı krokisi

bağlantılı 3 adet havuz mevcuttur ve toplam havuz kapasitesi 4500 m^3'tür. –160 kotunda 7 adet Halberg tulumba vardır ve toplam kapasite 2520 m^3/h tir.

-360 kotu su havuzlarında toplanan sular tulumbalar vasıtasıyla – 160 kotuna sonra +50 kuyu başına pompalanmakta buradan dereye ve lavvar havuzlarına gönderilmektedir.

Çatalağzı Kuyu dibi –365.92 m kotunda olup –360 katının en alt seviyesini oluşturmaktadır. Kalker tabakalarından kaynaklanan büyük miktarlardaki su geliri de göz önüne alındığında buradaki su atım sisteminin çalışmasının ocak için kritik önemde olduğu açıktır. Çatalağzı kuyu dibi – 360 kotunda 4 adet Hazleton tulumba mevcut olup (Q= 568 m^3/h, Hm=427 m SS, N=1250 HP, n=2977 d/d, V=3300 V), toplam kapasite 2200 m^3/h tir. Bu tulumbaların 3 adedi çalıştırılmakta 1 adedi yedek olarak bekletilmektedir. Çatalağzı kuyu dibi üç yol ağzı mevkiinde ise 2 adet Yardaş tulumba (Hm=50 m SS, Q=400 m^3/h, N=55 kw, n=1460 d/d, V=500 V), ve aynı özelliklere sahip 3 adet Standart tulumba daha mevcuttur. Bu tulumbalarla Çatalağzı kuyu dibi havuzuna veya mevcut şebeke ile I no.lu kuyu dibindeki havuzlara su basılır. Çatalağzı kuyuda cidarlardan gelen suyu basan 1 adet de basınçlı hava tulumbası mevcuttur.

2.3 Kömür Nakliyatı

Kilimli İşletmesinde üretim ağırlıklı olarak –360/-460 kotları arasında yapılmakta, çıkarılan kömür –460 tumbadan 42 412 desandresindeki bantlarla –360 katına çıkarılmakta, daha sonra 42400 lağımındaki bantlar vasıtasıyla Çatalağzı kuyu dibine buradan da skiple Çatalağzı lavvarına ulaştırılmaktadır.

Gelik İşletmesinde çıkarılan kömür –360 troley lağımı ile (42405) Kilimli –360 tumbaya getirilerek buradan aynı güzergah vasıtasıyla Çatalağzı lavvarına ulaştırılmaktadır.

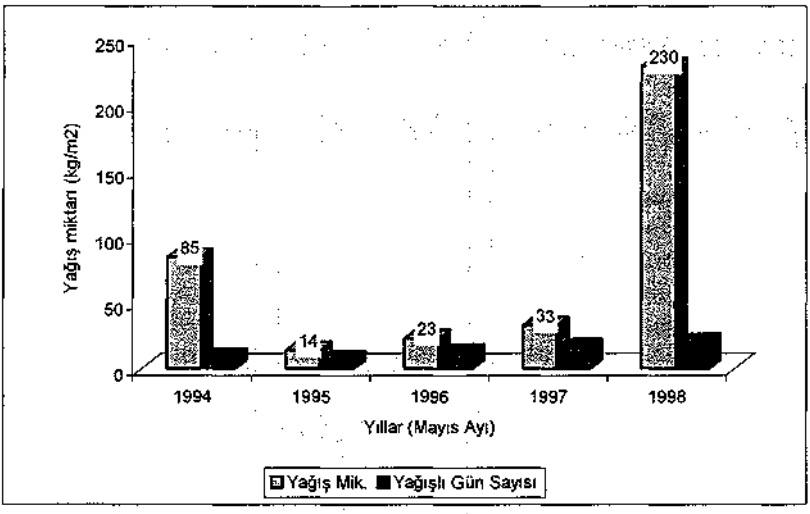
3. SELİN OLUŞUMU

Bölgemizde 19.05.1998 günü saat 13:00 sıralarında başlayan şiddetli yağışlar 20.05.1998 saat 11:00'dan itibaren iş yerlerini etkisi altına alarak çalışma koşullarını olumsuzlaştırmıştır.

Meteoroloji Müdürlüğünden alınan bilgilere göre 1994-1998 yılları arasında en fazla yağış miktarı 229,9 kg/ m^2 ile söz konusu olayın yaşandığı 1998 Mayıs ayıdır (Şekil 2).

72 saat süren bu yağışlar neticesinde Müessesemiz Gelik İşletme sınırları dahilinde bulunan taş altı deresi ve arazinin topoğrafyasına uygun olarak çevre yamaçlardan aşırı şekilde gelen yağmur sularının menfezde ve civarda bulunan giderlerde meydana getirdiği tıkanıklık neticesinde, taşkın sular mevcut güzergahını terk ederek Gelik karo sahasına yayılmış ve buradaki 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusunun –660/ -360 kotları arası da su ile dolarak –360 kotuna intikal etmiştir (Şekil 3). Bu olay neticesi –360 kotuna ulaşan sular ocaklardaki mevcut su geliri ile birleşerek Karadon I no'lu kuyu dibi havuzlarına ve Çatalağzı Kuyu dibi tulumbalarının bulunduğu yere ulaşarak -460 ve

–540 katları ile 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusunda büyük olumsuzluklar yaşanmasına sebep olmuştur.



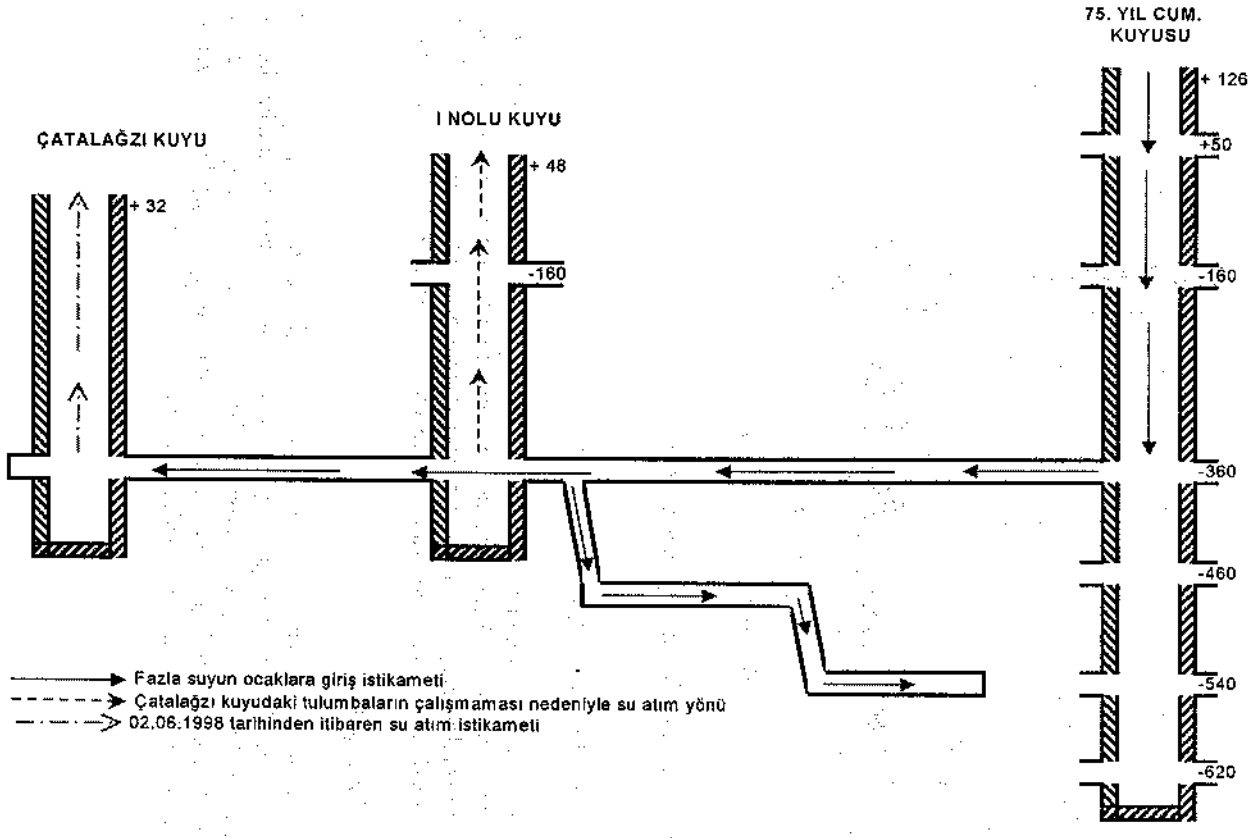
Şekil 2. Zonguldak ili yıllar itibariyle yağış durumu.

4. SU BASKININI ÖNLEME ÇALIŞMALARI

Yeraltında ve yerüstünde yapılacak işlemleri tespit etmek, uygulama safhasında gerekli koordinasyonu sağlamak, değişen şartlara göre acil tedbirler almak ve bilgi akışını en hızlı ve doğru şekilde gerçekleştirmek amacıyla Kriz Masası oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar yerüstünde ve yeraltında yapılan çalışmalar olmak üzere 2 bölüme ayrılabilir.

4.1 Yerüstü Çalışmaları

20.05.1998 tarihinden itibaren 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusundan yağmur sularının ocaklara girişini engellemek için yapılan çalışmalardır. Bu amaçla iş makinaları ile kuyu ağzı etrafına kanal açılmış, taş tozu torbaları dizilerek set oluşturulmuştur. 21.05.1998 tarihinde Gelik İşletme Müdürlüğü ve kuyu etrafında yapılan çalışmalara hız verilmiş saat 16:00 civarında bu çalışmaların neticesi alınmaya başlanmıştır.



Şekil 3. Suyun ocaklara giriş istikameti

75.Yıl Cumhuriyet Kuyusundan su girişi minimuma indirilmiş ve 21.05.1998 tarihinde 19.00 sıralarında kuyudan su kaçışı tamamen önlenmiştir. Kuyu bileziği etrafı olası bir su baskınıyla ocağa su kaçışını önlemek amacıyla yükseltilmiş, yapılan çalışmalar 24.05.1998 tarihinde bitirilmiştir.

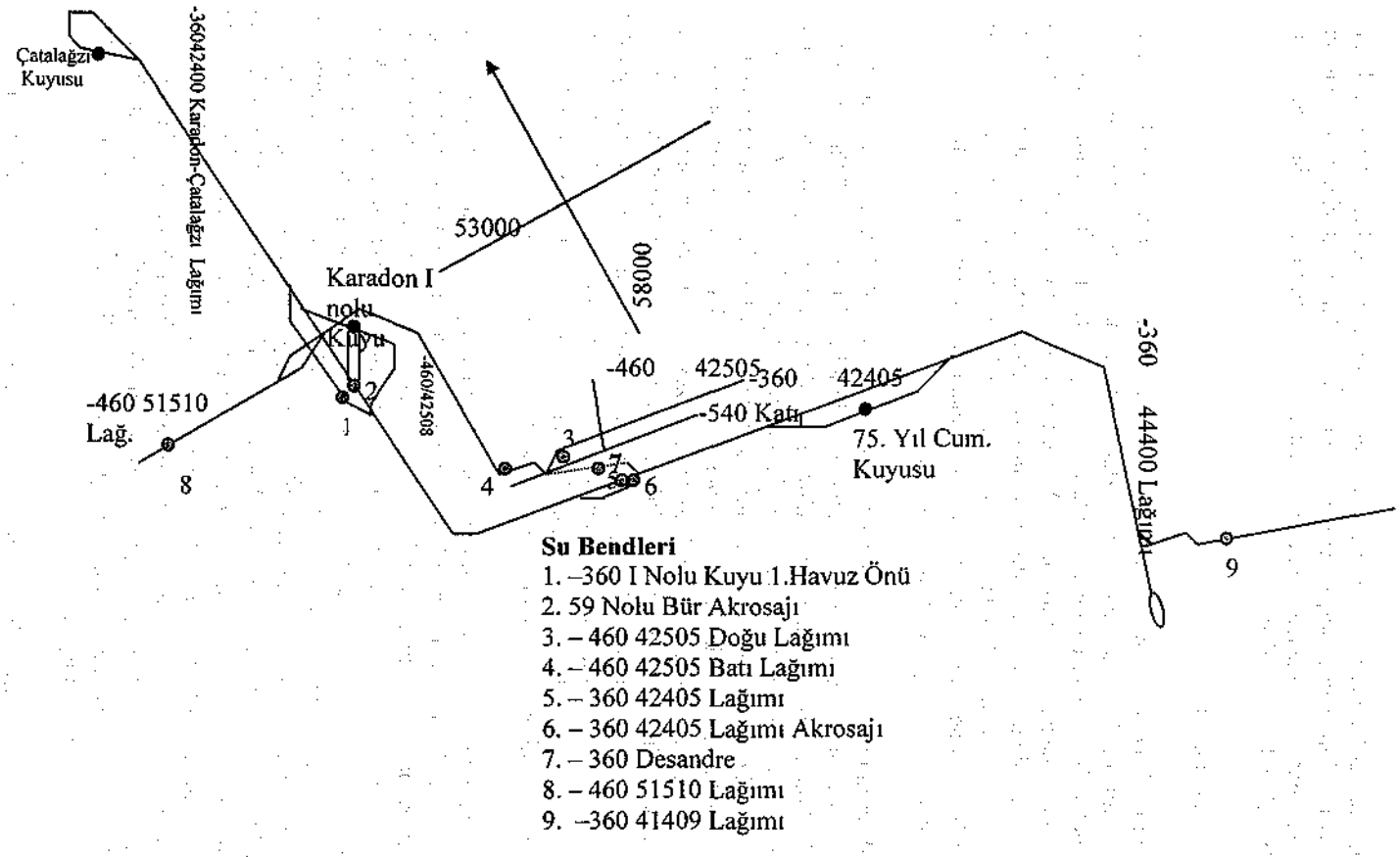
4.2 Yeraltı Çalışmaları

Gelik İşletme Müdürlüğünün normalde –360 kotundaki su atımı 42405 lağımı vasıtasıyla Karadon I No'lu kuyu su havuzlarına ana kanal vasıtasıyla yapılmaktadır. Meydana gelen bu olayda da ocak içinde aşırı artış gösteren sular kanaldan taşarak galeri tabanını tamamen kaplamış ve 42405 lağımında 40-50 cm, 42400 lağımında ise 25-30 cm derinliğinde akarak Karadon I No.lu kuyu istikametine hareket etmiştir. Aynı şekilde aşırı yağış sonucu Çatalağzı kuyu dibindeki barajlarda basınç yükselmiş, su geliri hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Barajdaki basınç yükünü azaltmak için su atım sistemi tam kapasiteyle çalışmaya başlamıştır.

21.05.1998 tarihinde başlayan çalışmalarda Gelik İşletme Müdürlüğü –360 kotundan gelen suların Çatalağzı kuyuya zarar vermemesi için Kilimli İşletme Müdürlüğü suyu –460 ve 540 kotuna yönlendirmek için talimatlandırılmıştır. Suyun yönlendirilmesinde baraj yapımına karar verilmiş ilk baraj yeri için en uygun yer olarak –360/42405 lağımı Karadon pres hizası seçilmiş ancak lağım üzerindeki ters havalandırma ve yoğun su gelirin nedeniyle baraj yapılamamış olup yeni baraj yeri olarak –360/42400 lağımı ile 1 no.lu kuyunun boş yolunun kesiştiği noktanın kuzeyi yeni baraj yeri olarak seçilmiş, böylece Gelik yönünden gelen su –360/460 atak desandreden –460 kotuna ve buradan da –540 kotuna verilmesi düşünülmüştür. Çünkü Kilimli İşletmesinde üretim ağırlıklı olarak –360 ve –460 kotunda yapılmakta ve –540 kotunda sadece büyük hazırlık çalışmaları devam etmektedir. Suyun –540 kotuna çevrilmesi ile üretim katlarında hasar oluşumu en aza indirgenecek ve üretime daha kısa bir sürede geçilmiş olacaktır.

Ekipler ocağa indiğinde 42400 lağımına Gelik tarafından gelen suyun kanaldan taşmış ve galeri tabanını kaplamış durumda Çatalağzı Kuyusu'na doğru aktığı ve 1 No'lu Kuyu dibi havuzlarında az su olduğu tesbit edilmiştir. Bu nedenle öncelikle suyun akışını Çatalağzı Kuyusu yerine 1 No'lu kuyu dibi havuzlarına yönlendirmek için (Şekil-4) baraj yeri –360/42400 lağımından havuza su gidecek şekilde planlanarak 1.baraj yapımına başlanılmış aynı zamanda 59 No.lu bür akrosajına da baraj yapılarak su kontrol altına alınmış ve Çatalağzı kuyu dibine su gidişi engellenmiştir. Yapılan barajlar taş tozu takviyesi ile sağlamlaştırılmıştır. Ancak 21.05.1998 günü saat 05:00 sıralarında su gelirinin yeniden artması sonucu 1 no.lu kuyu havuzları tamamen dolmuş, mevcut tulumbalar tam kapasite ile çalıştıkları halde su gelirini yenmekte zorluk çekmeye başlamışlardır. Hızlanarak gelen su barajları aşarak 42400 lağımı yoluyla Çatalağzı kuyuya yönelmiş ve 06:00 civarında Çatalağzı kuyu dibi tulumbaları su altında kalarak stop etmiştir. Bunun sonucu olarak yaklaşık 500 m^3 /h'lik su eğime uygun olarak 1 No.lu kuyu dibine yönelmiştir.

Bu durumda 1 No'lu kuyu dibi tulumbaları ocaktan su atımı için tek alternatif olarak kalmış, gerek Çatalağzı Kuyu dibinde kalkerden gelen su gerekse Gelik tarafından gelen suyun miktarı söz konusu tulumbaların kapasitesinin çok üzerine çıkmıştır.



Şekil 4. Baraj yerlerini gösterir kroki

Bu nedenle 1 No'lu kuyu dibi tulumbalarının da su altında kalarak devre dışı kalmasını, ocağın tamamen suyla dolmasını engellemek ve 1 No'lu kuyuyu çalışır durumda tutmak için Gelik tarafından gelen suyun –540 ve – 460 katlarına verilmesine başlanmıştır.

Daha önce yapılan barajlara ilave olarak - 460 katında 42505 lağımı üzerindeki kredili desandreden gelen suyun –540 katına yönlendirilmesi için - 460/42505 lağımı doğusuna ve - 460/-540 desandre başı batısına olmak üzere 2 adet baraj yapılmıştır. Ayrıca –360 katında 42405 troley lağımı üzerine –360 eski yükleme akrosajına ve iki adet, kredili desandre başına da baraj yapılmak suretiyle 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu yönünden gelen suyun –540 katına akışı sağlanmıştır. Böylece 1 No'lu kuyu havuzlarının rahatlaması sağlanmış ve tulumbalar gelen suyu yenebilecek duruma gelmiştir.

4.3 İş Güvenliği Çalışmaları

Müessesenin ana hava giriş noktaları; Gelik 75. Yıl Kuyusu, Karadon 1 No'lu Kuyu ve Çatalağzı Kuyularıdır. 20 Mayıs tarihinde Gelik 75. Yıl Kuyusu kuyu başında taş tozu torbaları ile yapılmış olan engellerin yıkılması sonucunda kuyu içine sel sularının girişi başlamıştır. Kuyunun, içine soğuk sel sularının girişi ile birlikte bir üfleyici pervane gibi çalışması nedeniyle, aspiratörler tarafından emilen havadan çok daha fazla miktarda hava ocağa girmeye başlamıştır. Taş tozlarının etkisiyle kirlenen bu hava ocaktaki temiz hava dağılım ve yönlerini değiştirerek ocağın çeşitli yerlerine yayılmıştır. Ayrıca normalde 4000 m^3/dak civarında hava giren Karadon 1 No'lu Kuyudan havalandırmanın tersine dönerek taş tozu ile kirlenmiş havanın çıktığı gözlenmiştir. Bu durumda işçilerin ocaktan tahliyesine karar verilerek saat 20:00'ye kadar tahliye işlemleri sürmüştür. Gelik İşletme Müdürlüğünde de ocaktan işçi tahliyesi aynı saatlere kadar devam etmiştir.

Diğer çalışmalar devam ederken ocaklardaki gaz, hava basıncı değişimleri bilgisayarlar vasıtasıyla sürekli kontrol edilmiş anormal bir gaz oranı yükselmesi ile karşılaşılmamıştır. Daha sonra yağışın etkisini kaybetmesi ve alınan önlemlerle Gelik 75. Yıl Kuyusundan ocağa su girişinin engellenmesi ve sel suları ile deforme olan 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu –360 batı insetindeki hava kapısının tamir edilmesiyle havalandırma normal düzenine geçmiş ve diğer çalışmalar güvenli bir şekilde yürütülmüştür.

5. SU DRENAJ ÇALIŞMALARI

Başlangıçta Gelik tarafından gelen suyun önemli bir kısmı –540 ve –460 katlarına yönlendirilerek, 1 No'lu kuyu su atım sistemi rahatlatılmıştır. Ayrıca Gelik İşletme Müdürlüğünde –360/41409 lağımı baraj gerisinde biriken suyun 1 No'lu kuyu dibine geçişini önlemek için kurulması düşünülen 270 m^3/h kapasiteli tulumba devreye sokularak buradaki su –260 Gelik havuzlarına basılmaya başlanmıştır. 42400 lağımına gelen suyun –460 katına inmesi için - 360/-460 atak desandre başına ve –360/-460 bant desandre başına kanal açılmıştır.

Daha sonra yağışların ve su gelirinin de azalmasıyla 1 No'lu Kuyu dibinden su atımı düzenli hale gelmiş ve ocağın tamamını su basması tehlikesi ortadan kalkmıştır. Bundan

sonraki aşamada Çatalağzı Kuyu su atım sisteminin kurtarılması ve yeniden faaliyete geçirilmesi gelmektedir.

Su atım çalışmaları için Elektro-Mekanik grubunca çalışmalara başlanmış, gerekli ölçümler yapılarak tulumbaların kurulacağı yerler tespit edilmiş mekanik ve elektrik aksamları, alıcı-verici boruları, şasi kaplin ve kripina imalatları acilen yapılarak hazırlık çalışmalarına başlanmıştır.

Yerüstünde hazırlıkları tamamlanan tulumbaların daha önce kararlaştırılan –360 42400 lağımına süratle intikali sağlanmıştır. Suyla dolu olan –360 42400 lağımının suyunu boşaltarak Çatalağzı kuyu dibi tulumbalarına erişmek için bu güzergahta tulumbalar kurulmuş ve bunların bastığı su Çatalağzı Kuyusu ve I No'lu kuyu arasındaki mevcut 350 mm çapındaki boru hattı kullanılarak 1 No.lu kuyu havuzlarına sevkedilmiştir. Bu işi yaparken 1 No'lu Kuyu havuzlarındaki tulumbaların kapasitelerini aşmayacak şekilde gerçekleştirmek için suyun bir kısmı –460 kotuna periyodik olarak verilmiştir. Çalışmakta olan 4 adet tulumba ile 1 No'lu Kuyu dibi havuzlarına su basmaya devam edilirken yedek olarak hazırlanan 70 m^3/h kapasiteli 5. tulumba da devreye sokulmuştur ve bu şekilde su seviyesinin düşmesine paralel olarak tulumbalar ötelenmeye başlanmıştır. Diğer taraftan Çatalağzı Kuyu dibi tulumbalarından birinin yedek motorunun saç paket içerisinde ıslatılmadan –360 kotundaki yerine konulup yol verilmesini takiben sular çekilmeye başlamıştır. 11.06.1998 tarinden itibaren yer altı su atım tesisleri normal olarak devreye alınmış, nakliyat düzeni sağlanmış ve tüm yer altı tesisleri çalışır duruma getirilmiştir. Bu tarihten itibaren üretim ve hazırlık çalışmalarına hız verilmiştir.

Normal zamanlarda günlük olarak Çatalağzı kuyudan 12.000 m^3, 1 No'lu kuyudan 13.000 m^3 olmak üzere toplam 25.000 m^3 su atılmaktadır. Sel felaketinin yaşandığı 10 günlük zaman diliminde 21.05.1998-31.05.1998 tarihleri arasında 500.000 m^3 su atılmıştır. Dışarıdan gelen su miktarı 250.000 m^3 olarak hesaplanmıştır.

6. ÜRETİMİN ETKİLENMESİ VE ALINAN ÖNLEMLER

Gelik ve Kilimli İşletme Müdürlüklerinde 21.05.1998 günü 16:00 /24:00 vardiyasında üretim durdurularak işçiler ocaktan tahliye edilmiştir. Gelik İşletme Müdürlüğü –360 kotunda nakliyat yapılamaması nedeniyle mevcut boşların doldurulması ve tahkimat amaçlı tertip yapılmıştır.

Kilimli İşletme Müdürlüğünde 2. ocak hariç üretime ara verilerek suyla mücadeleye yönelinmiştir. 2. ocakta üretim –83/-160 kotlarında yapıldığından herhangi bir sorun oluşmamıştır.

İşletmenin tüm birimleriyle üretime başlayabilmesi ancak Çatalağzı kuyusu ve buna bağlı diğer nakil tesislerinin çalışabilir halde olması ile mümkündü. PIII vardiyasında ise üretime ara verilerek sel hasarı giderme çalışmaları dışında ocağa tertip yapılmamıştır. 25.05.1998 PIII vardiyasında Kilimli İşletme Müdürlüğünde çalışan 2. ocağa ilave olarak Gelik İşletmesindeki tüm işyerlerinde 26.05.1998 tarihinden itibaren üretim çalışmalarının başlamasına karar verilmiştir. 28.05.1998 tarihinde Kilimli

İşletme Müdürlüğünde 2. ve 3. ocak çalışmaları dışında kalan 253 işçi alınan kararla Kozlu, Üzülmez ve Amasra Müessesesinelerine dağıtımları yapılmıştır.

7. HASAR TESPİT ÇALIŞMALARI

21.05.1998-30.06.1998 tarihleri arasında müessesedeki üretim kaybı ve muhasebe kayıtlarına intikal eden zarar Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi sel felaketi sonucunda oluşan zararın bugünkü karşılığı yaklaşık 4,5 trilyon TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Hesap çeşitleri itibariyle zarar durumu.

Hesap Çeşidi	Zarar (Bin TL)	Zarar* (Bin TL)
I- Direkt Masraflar		
Malzeme	74.120.031	493.069.039
İşçilik	342.810.134	2.280.477.507
Toplam	416.930.165	2.773.546.546
II- Endirekt Masraflar		
Enerji	95.518.731	635.419.715
Atelye	60.230.549	400.671.971
Garaj	4.424.520	29.433.256
Ambar	4.911.857	32.675.170
Sosyal	97.668.029	649.717.500
Toplam	262.753.686	1.747.917.612
GENEL TOPLAM (I+II)	679.683.851	4.521.464.158

* 2003 yılını 1.00 kabul eden DPT Yatırım ve Dış Para Deflatörleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Üretim Kaybı: 21.05.1998 tarihinde ara verilen üretim çalışmalarına 28.05.1998 tarihinden itibaren tekrar başlanmıştır. Yaklaşık 1,5 ay sonra üretim tekrar eski seviyelerine yükseltilmiştir. Çizelge 2'den görüleceği üzere programa göre tüvenan üretimde 76.334 ton, satılabilir üretimde 69.985 ton fark bulunmaktadır.

Çizelge 2. 20.05.1998-30.06.1998 tarihleri arası müessese üretim durumu.

	Tuvönan (ton)	Satılabilir (ton)
Program	127.225	111.510
Fiili	50.891	41.525
Fark	-76.334	-69.985

8-SONUÇ

20/05/1998 tarihinde bölgemizde meydana gelen sel felaketinden Karadon Müessesesi ocakları da etkilenmiştir. Yağışlar neticesinde Müessesenin Gelik İşletmesindeki Taşaltı Deresi ve çevre yamaçlardan aşırı şekilde gelen yağmur sularının karo sahasındaki menfezde ve civarda bulunan giderlerde meydana getirdiği tıkanıklık neticesinde, taşkın sular mevcut güzergahını terk ederek Gelik karo sahasına yayılmış ve buradaki 75.Yıl Cumhuriyet Kuyusundan ocağa girmiştir.

75. Yıl Cumhuriyet Kuyusundan giren suların tahliyesi için mevcut su atım tesisleri yetersiz kalmış ve Çatalağzı kuyu dibi tulumbaları su baskını sonucunda devre dışı kalmıştır. Suyun tahliye edilerek tekrar üretime geçilmesine kadar yapılan kurtarma ve bakım faaliyetleri önemli miktarda üretim ve kaynak kaybına neden olmuş, bununla birlikte zamanında alınan doğru kararlar ve tedbirlerle 1 No'lu kuyunun da gerek nakliyat gerekse su atımı açısından devre dışı kalması ve ocağın tamamını su basması engellenerek daha büyük zararların oluşmasının önüne geçilmiştir.

Gelecekte bu tür su baskını tehlikesini ortadan kaldırmak için, selde yetersiz kalan menfezin yerine betonarme açık kanal yapılmış ve Taşaltı Deresinin su geliri bu kanala aktarılmıştır.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04,2004, Zonguldak, Turkey

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU (TTK) YERALTI MADEN OCAKLARINDA RADON GAZI YAYILIMININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION INTO THE RADON GAS EMANATION in TTK UNDERGROUND MINES in TURKEY

Abdullah FİŞNE, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fak., 34396 İstanbul*
Gündüz ÖKTEN, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fak., 34396 İstanbul*
Nilgün ÇELEBİ, *Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi, İstanbul*

ÖZET

Bu çalışmada, Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda, doğal radyasyon kaynaklarının oluşturduğu ışınımlar sonucu alınan doza en büyük katkısı olan radon gazı yayılımı incelenmiştir. Bu kapsamda Türkiye Taşkömürü Kurumuna bağlı Kozlu, Karadon ve Üzülmez yeraltı ocaklarında radon konsantrasyonları ölçülmüştür. Ölçümlerde, ticari adı CR–39 olan "allil diglikol karbonat" pasif nükleer iz dedektörleri kullanılmıştır. Elde edilen verilerden hareketle çalışan işçilerin maruz kaldığı etkin eşdeğer dozlar ile radon ürünlerine maruz kalma dozları hesaplanmıştır. Ölçülen radon konsantrasyonları 253 - 1470 Bq / m^3, hesaplanan yıllık etkin eşdeğer dozlar 4.72 - 5.08 mSv ve radon ürünlerine maruz kalma dozları ise 0.32 - 1.85 WLM arasında değişmektedir.

ABSTRACT

In this study, radon concentration that is the main source of natural radiation has been determined in Kozlu, Karadon and Üzülmez underground mines in Zonguldak Bituminous Coal Basin in Turkey. After that, the exposure doses and the annual effective dose of miners due to the inhalation of radon and radon daughters were calculated in this investigation. Time-integrating passive etched track detectors (CR-39) were used for the measurement of radon concentrations. After investigation, it is concluded that, radon concentrations varied from 253 to 1470 Bq m-3 in the above-mentioned mines. The calculated annual effective dose equivalents and the exposure doses varied from 4.72 to 5.08 mSv and from 0.32 to 1.85 WLM respectively.

1. GİRİŞ

Yeraltı maden ocaklarında işçi sağlığı açısından mesleki risk oluşturan unsurlardan biri de işçilerin ocak havasındaki radyonüklitlerden dolayı aldıkları radyasyon dozlarıdır. Maden işçileri havadaki radon ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri ile jeolojik yapıdaki doğal radyoaktif elementlerden yayımlanan gama radyasyonuna maruz kalmaktadır. Epidemiolojik çalışmalar uzun süre radyasyona maruz kalmanın akciğer kanseri riskini artırdığını ortaya koymuştur (Planiniç, 2002). Genellikle uranyum madenlerinde yüksek seviyelere ulaşarak, maden çalışanları için önemli sağlık riskleri oluşturduğu bilinen radon gazının diğer madencilik dallarında çalışanlar için de tehlikeli seviyelere ulaşabileceği yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Hewson, 1994).

Yeraltı kömür madenlerinde radon gazının kaynağı jeolojik yapıyı oluşturan kayaçlar ve kömürün bünyesindeki uranyum, toryum veya radyumdur (Lowndes, 1990). Kayaç veya kömür içerisindeki bu radyoaktif maddelerin bozunması sonucu oluşan radon gazı çatlak ve gözeneklere kaçarak buralarda birikir. Daha sonra difüzyon yolu ile ocak havasına geçer. Ayrıca yeraltı suları da kömür madenleri için önemli bir radon kaynağı durumunda olabilir. Yeraltı suları içinde bulunan en önemli doğal radyoaktif madde radyum'dur. Bu suların radyoaktiviteleri içinden geçtikleri veya temas halinde bulundukları radyoaktif kütleler veya minerallerden gelmektedir (Lowndes, 1990, Alkan, 1975).

Söz konusu radyasyonlardan alınan dozlar maden ocağının cinsi, ocaktaki çalışma süresi, uygulanan üretim tekniği ve havalandırma gibi parametrelerle yakından ilişkilidir (Küçüktaş, 1996). Bu parametrelere bağlı olarak ocaklarda radyonüklit konsantrasyonları ve alınan dozların değişimi araştırılmalı ve optimum çalışma koşulları belirlenmelidir.

2. RADON GAZININ ÖZELLİKLERİ

Yeraltı maden ocaklarındaki en önemli radyasyon kaynağı radon ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir (Singh et. al., 2001, Sengupta, 1990). Radon renksiz, kokusuz, tatsız ve radyoaktif bir gazdır. Helyum, Neon, Argon gibi soygazlar grubuna dahil olup soygazların en ağırıdır. Doğada varolan üç temel radyoaktif bozunma serisinin tek gaz ürünüdür. Üç izotopu ^{222}Rn, ^{220}Rn ve ^{219}Rn'dir. Bunlar sırasıyla Uranyum-238, Toryum-232 ve Uranyum-235 bozunma serilerine ait radyoaktif gazlardır. Bu izotoplarının yarı ömürleri sırasıyla 3,82 gün, 55,6 sn ve 3,96 sn'dir (Evans, 1968, Durrani, 1997). ^{220}Rn ve ^{219}Rn' un yarı ömürlerinin çok kısa olması nedeniyle ortam havasına karışarak oluşturabilecekleri konsantrasyonlar düşüktür. Ayrıca, Uranyum-238 elementinin doğada diğer radyoaktif elementlere göre çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulunması nedeniyle sadece ^{222}Rn atmosferde önemli yoğunluklar oluşturabilir. Radon'un bu izotopik özellikleri nedeni ile konsantrasyon ölçümlerinde ^{222}Rn ön planda tutulur.

Radon gazı bozunduğu zaman kısa yarı ömürlü radon ürünleri olarak bilinen dört radyoaktif izotop (Po- 218, Pb-214, Bi-214, Po-214) oluşmaktadır. Bunların yarı ömürleri $1,5.10^{-4}$ sn ile 27 dk arasında değişmektedir (Evans, 1968). Radon ürünlerinin solunum sistemindeki davranışları üzerine yapılan çalışmalar, ürünlerin akciğerlerdeki

biyolojik yarı ömrünün birkaç saatten bir güne kadar olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle radonun bozunma ürünleri akciğer kanseri yönünden radondan daha tehlikelidir (Küçüktaş, 1996).

3. RADYASYON BİRİMLERİ VE SINIR DEĞERLER

Radyasyon ölçme metotlarının dolayısıyla radon gazı ölçüm tekniklerinin geliştirilebilmesi için, öncelikle radyasyonu değerlendirebilecek uygun birimlerin kullanılması gerekmektedir. Uluslararası Radyasyon Birimleri Komisyonu(ICRU) radyasyon çalışmalarında kullanılacak birimleri tanımlamıştır. Bunlar; soğurulan doz için rad, ışınlama için Roentgen, aktivite için Curie, doz eşdeğeri için ise rem'dir. MKS sistemini esas alan Uluslararası Birimler Sistemi (International System of Unit, SI)' nin kabul edilmesiyle ICRU 1971 yılında SI birimlerini tariflemiştir. Bu kabule göre eski birimlerin yerine yenilerinin kullanılması gerekmektedir. Çizelge 1' de radyasyon birimleri ve dönüşüm faktörleri verilmiştir.

Çizelge 1. Radyasyon birimleri ve dönüşüm faktörleri.

Büyüklük	SI Birimi ve Sembolü	Eski Birimler	Dönüşüm Faktörü
Işınlama	Roentgen (C / kg)	Roentgen (R)	1C / kg = 3876 R
Absorblanan Doz	Gray (Gy)	Rad (rad)	1 Gy = 100 rad
Eşdeğer Doz	Sievert (Sv)	Rem (rem)	1 Sv = 100 rem
Aktivite	Becquerel (Bq)	Curie (Ci)	1Bq =2,7.10^{-11} Ci

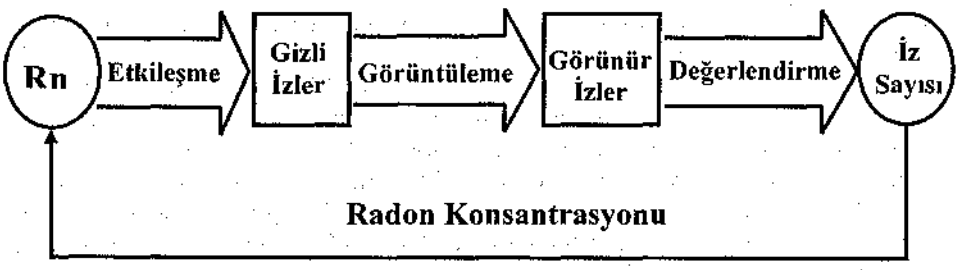
Uluslararası Radyasyon Koruma Komitesi (ICRP), maden ocakları için özellikle radon gazının sürekli olarak izlenmesini tavsiye ederek sınır değerleri belirlemiştir. Buna göre, yıllık radyasyon dozu 3-10 mSv arasında sınırlandırılmıştır. Bu doz değerlerine karşılık gelen radon konsantrasyonu 500-1500 Bq/m^3 olup, eylem seviyesinin de bu aralıktan seçilmesini tavsiye edilmiştir (ICRP-65, 1993). Türkiye'de "TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği"nde, solunum yoluyla alınmasına izin verilen radon konsantrasyon değerinin yılda ortalama olarak; 1000 Bq/m^3 değerlerini aşamayacağı belirtilmiştir (TAEK, 2000).

4. RADON ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Radon renksiz, tatsız, kokusuz ve radyoaktif bir gaz olduğu için insan duyu organlarıyla tespit edilemez. Ancak, geliştirilmiş özel tekniklerle radon ölçümleri yapılabilir. Radon ölçüm teknikleri aktif ve pasif olmak üzere iki grupta incelenebilir. Aktif ölçüm tekniğinde, anlık radon ölçümleri yapılmaktadır. Bunun için radon konsantrasyonu belirlenecek yerden hava numunesi alınmakta ve numune içinde bulunan radyasyon miktarı bir radyasyon sayıcısı ile sayılarak radon konsantrasyonu hesaplanmaktadır. İyon Odaları, Sintilasyon Hücresi, Elektrostatik Toplayıcılar ve Filtreler aktif radon ölçümlerinde kullanılan aletlere örnek olarak verilebilir (Durrani, 1997).

Pasif ölçüm tekniğinde ise, Nükleer İz Dedektörleri kullanılarak uzun süreli integre radon ölçümleri yapılmaktadır. Nükleer İz Dedektörleri ile radon konsantrasyon ölçümleri çeşitli plastik maddelerden yapılmış film tabakaları kullanılarak

gerçekleştirilir. Bu yöntem, plastik plakalar üzerine çarpan alfa parçacıklarının gözle görülmeyen bir iz bırakması ve bu izin kimyasal iz kazıma yöntemi ile büyültülerek mikroskopta sayılması esasına dayanmaktadır (Şekil 1). Selüloz Asetat, Polikarbonat ve Allil Diglikol Karbonat gibi plastik maddelerden yapılmış nükleer iz dedektörleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Durrani, 1997).



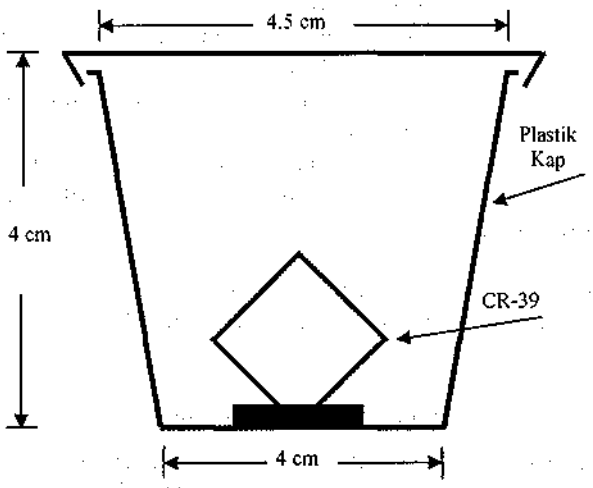
Şekil 1. Pasif radon dedektörleri ile ölçme ve değerlendirme işlemlerinin şematik gösterimi.

Uzun süreli radon konsantrasyon ölçümleri için ticari adı CR-39 olan "allil diglikol karbonat" plastik plakalarından yapılmış pasif nükleer iz detektörleri kullanılmıştır. Ölçümler, Zonguldak Taşkömür Havzası'ndaki Kozlu, Karadon ve Üzülmez ocaklarında gerçekleştirilmiştir. Boyutları 20 x 20 x 0,25 mm olan CR-39 plakaları, su bardağı şeklinde, yaklaşık 60 ml hacmindeki bir plastik kabın (radon difüzyon kabı) tabanına yerleştirilmiştir. Kabın ağzı, radon ürünlerini filtre ederek yalnız radon gazını geçirecek bir kapakla kapatılmıştır. Şekil 2' de radon gazı ölçümlerinde kullanılan difüzyon kabının şematik görünüşü verilmiştir. Difüzyon kabı içine giren radon gazının, radyoaktif bozunması sonucu çıkan alfa parçacıklarının detektör ile etkileşmesi sonucu oluşacak izlerin sayısı, bu kap içine giren radon konsantrasyonu ile orantılıdır (Çelebi, 1995). Ocaklarda önceden belirlenen farklı noktalara ikişer adet dedektör yerleştirilmiş ve yaklaşık 40 gün süreyle radon gazına maruz bırakılmıştır.

5. KALİBRASYON İŞLEMİ

Pasif radon dozimetrelerinin integre radon ölçümlerinde kullanılabilmesi için, radon konsantrasyonu bilinen ortamlarda kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada pasif nükleer iz dedektörlerinin kalibrasyonu ÇNAEM (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) Sağlık Fiziği Bölümü'nde yapılmıştır.

Radon kalibrasyon odası, tabanına alfa ışını yayımlayan bir ^{226}Ra kaynağı yerleştirilmiş, 225 litrelik bir bidondan oluşmaktadır. Oda içindeki radonun denge konsantrasyonu 3,2 kBq/m^3'tür. Dedektörler kalibrasyon odasında belirli sürelerle radona maruz bırakılır ve dedektörler üzerinde oluşan radon izleri, kimyasal kazıma işleminden sonra mikroskopta sayılarak değerlendirilirler (Çelebi, 1995). Böylece bilinen konsantrasyona göre iz sayısı belirlenerek bir kalibrasyon faktörü bulunmuş olur.



Şekil 2. Difüzyon kabının şematik görünüşü.

Dedektörler toplandıktan sonra %30' luk NaOH çözeltisi içerisinde 70 ^{0}C sıcaklıkta, 17 saat bekletilerek kimyasal iz kazıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Background iz yoğunluğu ise radon gazına maruz kalmamış dedektörler kullanılarak belirlenmiştir. Kalibrasyon faktörü, 5,4 kBq.sa / iz.m^3 olarak bulunmuştur.

Kimyasal iz kazıma işlemi ile mikroskopta görünür hale getirilen alfa izleri, (x 250) büyütmeli Leitz SM- WX polarize optik mikroskop ve Leica Q 550 CW tam otomatik görüntü işleme seti kullanılarak belirlenmiştir. Görüntü işleme seti mikroskop, mikroskoptan görüntüyü alan CCD kamera, kameradan elde edilen analog görüntüyü dijital hale çeviren işlemci (capture board) ile donatılmış ve LEICA Qwin isimli software' in yüklü olduğu bir PC'den oluşmaktadır. Sayım işleminde, ilk olarak her dedektör üzerinde 10 farklı bölgeden önlü, arkalı olmak üzere toplam 20 resim çekilmiştir. Ardından, bu resimler üzerindeki izler LEICA Qwin isimli software kullanılarak sayılmıştır. Daha sonra iz sayılarının ortalaması alınarak birim alandaki iz yoğunluğu tespit edilmiştir. Bu işlemler tüm dedektörler için ayrı ayrı yapılarak her bir dedektör üzerindeki iz yoğunluğu belirlenmiştir.

6. RADON ÖLÇÜMLERİ

Radon konsantrasyon ölçümleri için Kozlu ve Karadon Müesseseleri' nde 17, Üzülmez Müessesesi' nde 8 noktaya ve bir noktaya iki adet olmak üzere toplam 84 adet dedektör yerleştirilmiştir. Kozlu, Karadon ve Üzülmez Müesseseleri için ölçülen radon konsantrasyon değerleri ve hesaplanan radon ürünlerine maruz kalma dozları Çizelge 2' de verilmiştir.

Kozlu, Karadon ve Üzülmez Müesseseleri'nde yapılan ölçümlerde radon konsantrasyonları sırasıyla 359 - 1470 Bq/m^3, 253 – 1213 Bq/m^3 ve 428 – 1098 Bq/m^3 arasında değişmektedir (Fişne, 2002). Bu ölçümlerden elde edilen ortalama radon konsantrasyonları ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Havza genelinde toplam 42 noktadan elde edilen sonuçların genelde 500 – 1000 Bq/m^3 arasında değiştiği ve ortalama radon konsantrasyonlarının bu limit değerden düşük olduğu söylenebilir. Ancak ölçüm yapılan her üç işletmede de en az bir noktada TAEK' nun belirlediği müdahale limitinin (action level) üzerinde radon konsantrasyonu belirlenmiş ve bazı noktalarda da bu sınır değere oldukça yakın konsantrasyonlar bulunmuştur. Ölçüm yapılan noktaların %74' ünde (31 nokta) 500 Bq/m^3' ün üzerinde radon gazı ölçülmüştür. Havzanın ortalama radon konsantrasyon değeri 679 ±242 Bq/m^3 olarak tespit edilmiştir (Fişne, 2002).

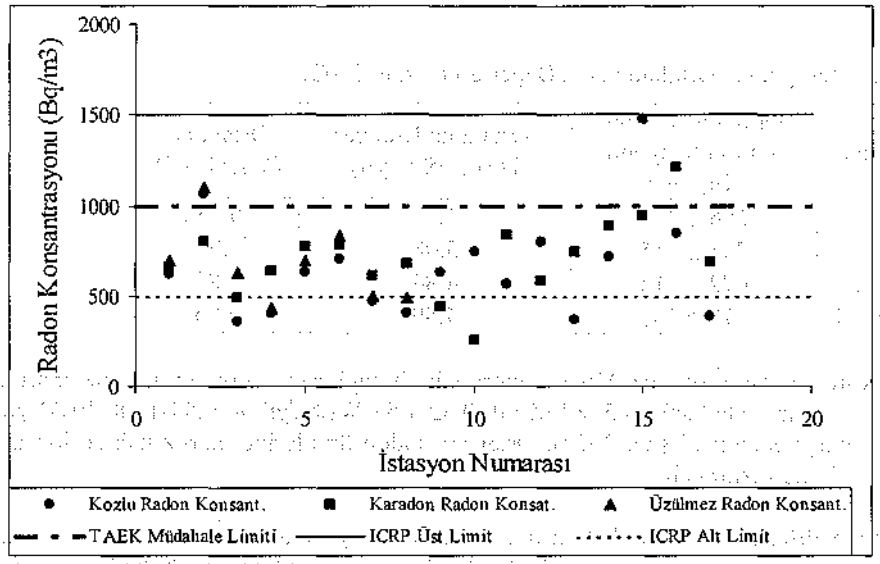
Kozlu, Karadon ve Üzülmez yeraltı maden ocaklarında gerçekleştirilen radon gazı ölçümlerinden elde edilen sonuçların sınır değerlere göre dağılımı Şekil 3' de verilmiştir.

Çizelge 2. Radon konsantrasyon değerleri ve radon ürünlerine maruz kalma dozları.

Ölçüm No.	Radon Konsantrasyonu (Bq / m^3)			Radon Ürünlerine Maruz Kalma Dozu (WLM / yıl)		
	Kozlu	Karadon	Üzülmez	Kozlu	Karadon	Üzülmez
1	622	658	696	0,78	0,83	0,88
2	1057	802	1098	1,33	1,01	1,38
3	359	484	632	0,45	0,61	0,80
4	403	637	428	0,51	0,80	0,54
5	625	768	695	0,79	0,97	0,88
6	704	782	836	0,89	0,99	1,05
7	471	607	502	0,59	0,76	0,63
8	402	674	488	0,51	0,85	0,61
9	628	443		0,79	0,56	
10	744	253		0,94	0,32	
11	567	837		0,71	1,05	
12	801	580		1,01	0,73	
13	365	740		0,46	0,93	
14	711	884		0,90	1,11	
15	1470	940		1,85	1,18	
16	847	1213		1,07	1,53	
17	383	688		0,48	0,87	

Her üç bölgeden elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, Karadon Müessesesi'nde nispeten daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak Karadon Müessesesi'nde ölçüm yapılan noktaların kömür üretim panolarına daha yakın olması gösterilebilir. Çünkü, üretim esnasında kömür parçalanmakta ve radon gazı, oluşan yeni serbest yüzeyler yoluyla ocak havasına daha hızlı karışmaktadır. Benzer şekilde Kozlu ve Üzülmez Müesseseleri'nde de üretim panolarına yakın noktalarda yüksek radon konsantrasyonu elde edilmiştir. Örneğin, Kozlu Müessesesi'nde 1057 Bq/m^3, Üzülmez Müessesi' nde 1098 Bq/m^3 radon gazı ölçülen noktalar üretim panolarının çok yakınındadır. Ocağa temiz hava girişinin sağlandığı kuyu diplerinde radon konsantrasyonlarının düşük çıkması beklenirken, aynı zamanda bir radon kaynağı olabilen beton malzeme ile tahkim edilmiş kuyu diplerinde de beklenenden daha yüksek

radon konsantrasyonları ölçülmüştür. Örneğin Kozlu Müessesesi' nde 704 Bq/m^3, Karadon Müessesesi' nde 674 Bq/m^3 ve Üzülmez Müessesesi' nde 836 Bq/m^3 radon konsantrasyonu ölçülen noktalar bu tür yerlerdir.



Şekil 3. Kozlu, Karadon ve Üzülmez Müesseselerinde ölçülen radon konsantrasyonlarının limit değerlere göre dağılımı

7. RADYASYON DOZU DEĞERLENDİRMESİ

Doz hesapları, yıllık etkin eşdeğer dozlar için UNSCEAR-2000 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) ve radon ürünlerine maruz kalma dozları ICRP-65 raporlarında önerilen modeller kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu doz hesaplama modellerinde işçilerin çalışma ortamında saatte 1,2 m^3 hava soluduğu ve yılda 2000 saat çalıştığı kabul edilmiştir (UNSCEAR, 2000, ICRP-65, 1993). Aşağıda 1Bq/m^3'lük radon konsantrasyonuna karşılık maruz kalınan doz değerlerinin hesaplanması gösterilmiştir.

$$\frac{1\,\mathrm{Bq\,m^{-3}}}{3700\,\mathrm{Bq\,m^{-3}}/\mathrm{WL}} x\, 0.4 \times \frac{2000\,\mathrm{sa\,yıl^{-1}}}{170\,\mathrm{sa}/\mathrm{WL}} = 1{,}27.10^{-3}\ \mathrm{WLM\,yıl^{-1}} \qquad [1]$$

$$\frac{9\,\mathrm{nSv\,sa^{-1}}}{1\,\mathrm{Bq\,m^{-3}}} x\, 0{,}4\, x\, 2000\,\mathrm{sa\,yıl^{-1}} = 7{,}2.10^{3}\ \mathrm{nSv\,yıl^{-1}} = 7{,}2.10^{-3}\ \mathrm{mSv\,yıl^{-1}} \qquad [2]$$

Kozlu, Karadon ve Üzülmez Taşkömürü İşletme Müesseseleri için ölçülen ortalama radon konsantrasyonları ve bu değerlerden hareketle hesaplanan ortalama yıllık etkin eşdeğer dozlar (mSv / yıl) ve ortalama radon ürünlerine maruz kalma dozları (WLM/yıl)

Çizelge 3' de verilmiştir. ICRP yıllık etkin dozlar için limit değerleri belirlemiş ve bu değerlerin 3-10 mSv arasında kalmasını tavsiye etmiştir. Kozlu, Karadon ve Üzülmez yeraltı maden ocakları için hesaplanan yıllık etkin doz değerleri bu sınırlar içinde kalmaktadır.

Çizelge 3. Hesaplanan Ortalama Doz Değerleri (Fişne, 2002)

Müessese	Ortalama Radon Konsantrasyonu (Bq /m^3)	Ortalama Eşdeger Doz (mSv / yıl)	Ortalama (WLM/ yıl)
Kozlu	656 ± 287	4.72	0.83
Karadon	705 ± 215	5.08	0.90
Üzülmez	672 ± 218	4.84	0.85
Zonguldak	679 ± 242	4.89	0.86

Kozlu, Karadon ve Üzülmez Müesseseleri için hesaplanan radon ürünlerine maruz kalma dozları sırasıyla 0.45-1.85 WLM/yıl, 0.32-1.53 WLM/yıl ve 0.54-1.38 WLM/yıl arasında değişmektedir (Fişne, 2002). Ortalama radon ürünlerine maruz kalma dozları ise Çizelge 3' de verilmiştir.

ICRP radon ürünlerine maruz kalma dozunu 2 WLM/yıl olarak belirlemiştir. Ayrıca, ABD, Kanada, Avustralya, Fransa, Federal Almanya, İngiltere, ve İtalya' da çoğu kömür olmak üzere çeşitli maden ocaklarında yapılan araştırmalarda ortalama radon ürünlerine maruz kalma değerinin 0,1 – 0,6 WLM / yıl arasında değiştiği bulunmuştur. Dünya genelinde ise ortalama radon ürünlerine maruz kalma dozu, kömür ocakları için 0,2 WLM / yıl olarak tespit edilmiştir (Yener, 1998).

Her üç müessese için hesaplanan yıllık ortalama radon ürünlerine maruz kalma dozları Çizelge 3'de de görüldüğü gibi ICRP' nin belirlediği limit değerin altında kalmaktadır. Ancak bazı noktalarda bu limit değere oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 2). Gelişmiş ülkelerin ortalaması ile karşılaştırıldığında, söz konusu ocaklar için hesaplanan dozların yüksek olduğu görülmektedir.

8. SONUÇ

Ölçüm sonuçları Uluslararası Radyasyon Koruma Komitesi (ICRP)' nin önerileri doğrultusunda Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)' nun belirlediği yeraltı madenlerinde maksimum müsaade edilebilir radon gazı konsantrasyon limitine (action level, 1000 Bq/m^3) göre değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların genelde 500 – 1000 Bq/m^3 arasında değiştiği ve ortalama radon konsantrasyonlarının bu limit değerden düşük olduğu söylenebilir. Ancak ölçüm yapılan ocaklarda en az bir noktada limit değeri aşan sonuçlar elde edilmiş ve bazı noktalarda bu sınır değere oldukça yakın konsantrasyonlar bulunmuştur. Bu verilere dayanarak, ocakların radon ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünlerinin oluşturacağı sağlık riskleri açısından önemli bir tehlike taşımadığı söylenebilir. Ancak, durumun net bir şekilde ortaya koyulabilmesi için Havzada daha geniş kapsamlı radon gazı ölçümlerinin ve epidemiolojik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

9. KAYNAKLAR

Alkan, H. ve Göksel, S. A. (1975) Türkiye Kaplıca ve Maden Sularının Doğal Radyoaktiviteleri Sularda Radon Tayini, *T.B.T.A.K. V. Bilim Kongresi*, s. 229-241.

Çelebi, N. (1995) Çevresel Örneklerde Uranyum, Radyum ve Radon Ölçüm Tekniklerinin Geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Durrani, S. A. and Iliç, R. (1997) Radon Measurements by Etched Track Dedectors: Applications in Radiation Protection, *Earth Sciences and the Environment*, World Scientific, New Jersey, U.S.A., 387p.

Evans, R. D. (1968). Engineers' Guide to The Elementary Behavior of Radon Daughters. *Health Physics*, Vol. 38, pp. 1173-1197.

Fişne, A. (2002) Yeraltı Madenlerinde Radon Gazı Konsantrasyon Sevilerinin Belirlenmesi ve İşçi Sağlığı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hewson, G. S. and Ralph, M. I. (1994) An investigation into radiation exposure in underground non-uranium mines in Western Australia. *J. Radiol. Prot.* Vol. 14, No. 4, pp. 359-370.

ICRP-65. (1993) Protection against ^{222}Rn at home and work, *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, Annals of ICRP, Publication No. 65, Oxford: Pergamon Press.

Küçüktaş, E. (1996) Maden Ocaklarındaki Radyonüklid Konsantrasyonlarının Birikimi Etkileyen Parametrelere Bağlı Olarak Ölçülmesi, Maruz Kalınan Dozların Analitik Bir Yöntem Geliştirilerek Hesaplanması, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü, İzmir.

Lowndes, I. and Şensöğüt, C. (1990) Computer simulation of radon contamination levels around controlled district recirculation circuits. *Mining Science and Technology*, Vol. 10, pp. 177-189.

Planiniç, J. Faj, D. Vukoviç, B. Faj, Z. Radoliç, V. and Suveljak, B. (2002) Radon exposure and lung cancer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 256, No. 2, pp. 349-352.

Sengupta, M. 1990 *Mine Environmental Engineering*. CRC Press, Florida, U.S.A, 304 p.

Singh, A. K. Varma N. K. Ahmad, I. Shay, N. and Singh, R. P. (2001). Environmental health hazards in coal mines with special reference to radioactivity and its control – a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. 31, No. 1, pp. 63 – 77.

TAEK, (2000) *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği*, Resmi Gazete, sayı:23999.

UNSCEAR, (2000) Sources, effects and risks of ionizing radiation, *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, Report to General Assembly, UNO.

Yener, G. and Küçüktaş, E. (1998) Concentrations of radon and decay products in various underground mines in western Turkey and total effective dose equivalents. *The Analyst*, Vol. 123, pp. 31-34.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜR SOBASI ZEHİRLENMELERİ ve ÖNLEMLER

COAL STOVE POISONING AND PRECAUTIONS TO BE TAKEN

Ali Osman YILMAZ, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Fak., 61080 Trabzon*
İbrahim ALP, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Fak., 61080 Trabzon*
İbrahim ÇAVUŞOĞLU, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Fak., 61080 Trabzon*

ÖZET

Kömür sobasından kaynaklanan karbonmonoksit zehirlenmesi ülkemizin kanayan yarasıdır. Her yıl özellikle kış ayalarında ısınmak amacıyla yakılan kömür sobaları bir çok vatandaşımızın ölümüne neden olmaktadır. Ülkemizde kış sezonu boyunca ısıtmada kullanılan araçların %85,9'unu sobalar oluşturmaktadır. Bu sobaların %76.4'ünde ise kömür kullanılmaktadır. Bu yoğun kullanım beraberinde, soba-karbonmonoksit, CO-zehirlenmelerini getirmekte, her yıl özellikle büyük kentlerimizde gündemdeki yerini korumaktadır. Bu bildiride ilk olarak yanma tekniği ve soba tasarımı kısaca gözden geçirilmiş, soba zehirlenmesinin insan sağlığı üzerine etkileri ve alınması gereken önlemler belirli bir ayrıntı ile ele alınarak incelenmiştir.

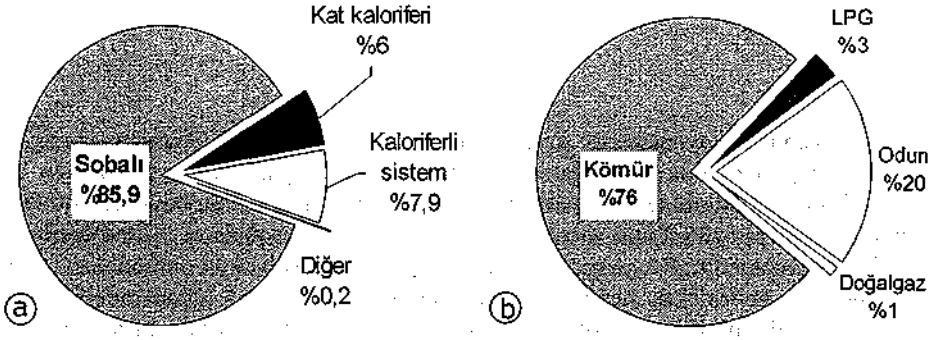
ABSTRACT

Carbon-monoxide poisoning caused by coal stove is a serious source of pain in our country. Every year coal stoves, which are used for heating purposes especially in winter has caused deaths of many Turkey citizens. These coal stoves make up the 85,9% of the heating means used in our country. Coal is used in %76.4 of the stoves. As a result of the intensive use of coal stoves bring about CO-poisoning and these cases maintain their place in the agenda of big cities. In this study, firstly combustion technique and stove design are reviewed shortly and then effects of stove- poisoning on human health and the precautions that should be taken against this threat are analyzed.

1.GİRİŞ

Ülkemizde konutlara yönelik yapılan bir araştırmada ısınma ve yakıt ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir (http://www.die.gov.tr).

- Ülkemizde 11 549 759 adet konut mevcut olup, bunların %54.7' si müstakil ev ve %45.3'ü apartman dairesidir.
- Bu konutların ısıtılmasında % 85,9'unda soba (~ 9.920.000 adet), % 7,9'unda kalorifer (~912.000 adet) ve % 6'sında da kat kaloriferi (~692.000 adet) kullanılmaktadır (Şekil 1)
- Soba ile ısıtılan konutlarda %76.4'ü Kömür (taşkömürü, linyit, kok, ithal kömür), %19.5'i Odun, %2.8'i LPG, %1.0'u Doğalgaz, %0.3'ü diğer (kabuk, çekirdek, mazot vb.) yakıt cinsleri tüketilmektedir (Şekil 1).
- Konutlarda ikamet eden kişi sayısına göre; %3.5'inde 1 kişi, %13.4'ünde 2 kişi, %18.1'inde 3 kişi,%26,5'inde 4 kişi, %18.3'sinde 5 kişi, %10.4'ünde 6 kişi, %4.3'ünde 7 kişi, %2.6'sında 8 kişi, %2.9'unda ise 9 ve daha fazla (9+) kişi ikamet etmektedir.



Şekil 1. Ülkemizde konutların ısıtma sistemlerine göre (a) ve soba ile ısıtılan konutların yakıt cinsine göre dağılımı (b)

Araştırma yakından incelenirse iki husus ön plana çıkmaktadır: Ülkemizdeki konutların % 86 gibi ağırlıklı oranı soba ile ısıtılmakta ve bu konutların da % 76'sında kömür kullanılmaktadır. Diğer husus ise konutların % 65'inde 4 ve üzeri kişi yaşamaktadır. Konutların ısınmasında ağırlıklı soba ve buna bağlı kömür kullanılması kömür zehirlenmelerini de beraberinde getirmekte, evlerin kalabalık olması yanında yapı kalitelerinin özellikle gecekondu bölgelerinde son derece düşük olması sorunun boyutunu daha da arttırmaktadır. Bu bildiride ilk olarak yanma tekniği ve soba tasarımı kısaca gözden geçirilmiş, soba zehirlenmesinin insan sağlığı üzerine etkileri ve alınması gereken önlemler belirli bir ayrıntı ile ele alınarak incelenmiştir.

2. YANMA -SOBA TASARIMI VE YAKMA TEKNİĞİNE KISA BAKIŞ

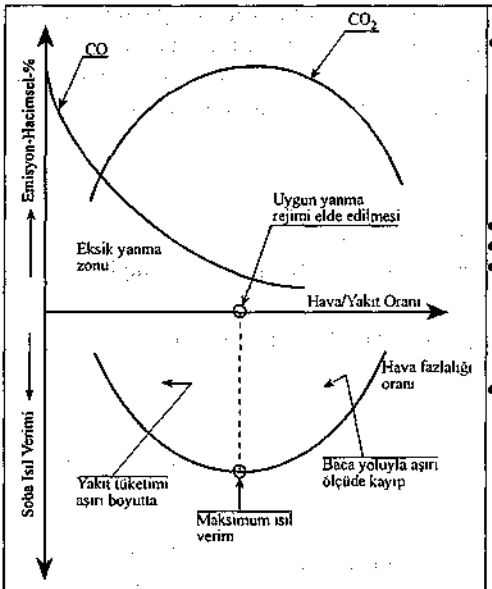
2.1 Genel

Yanma olayı, yakıtın (kömür) yapısındaki yanabilir elemanların (karbon, hidrojen, kükürt) havanın oksijeni ile kimyasal olarak tepkimesidir. Daha açık bir değişle, yanma olayı bir oksitlenme olayı olup, tutuşma sıcaklığına getirilen kömürün çeşitli fiziko-

kimyasal aşamalardan geçerek ortama ısı vermesidir. Kömürün yanması yakından incelendiğinde şu aşamalar söz konusudur (Durmaz, 1998; Arıoğlu vd, 1998'den):

- Kömür yapısındaki nemi, kabaca 100 °C'da, bırakır.
- (100 °C - 260 °C): Kuruma ile yanmanın başlama (tutuşma) aşaması arasında verilen hava miktarı eksik ise, yanma olayı "eksik" oluşur ve bu aşamada karbonmonoksit (CO), yanmamış hidrokarbonlar (C_nH_m) ve partikül biçiminde (is, kurum, uçucu kok) açığa çıkar. Eğer hava/yakıt oranı "optimal değerin" ve yanma cihazında (soba, kazan) oluşturulan sıcaklık kömürün tutuşma sıcaklığının üzerinde ise eksik yanma olmayacak, karbonmonoksit (CO) yerine karbondioksit (CO_2) oluşacaktır. Yanıcı uçucu madde içeriği yüksek kömürler örneğin linyit daha düşük sıcaklıkta tutuşabilmektedir. Ayrıca tutuşma sıcaklığını denetleyen diğer bir faktör de kullanılan kömürün dane boyutu olup, dane boyutu arttıkça tutuşma sıcaklığı da artmaktadır.
- Sıcaklığın 260 °C üzerine çıkması aşamasında, yanıcı karışım, belli bir yanma hızı ile belli bir yanma süresinde, yanma olayını tamamlar.

Şekil 2'de ise tam ve eksik yanma olayları CO, CO_2 emisyon miktarı ve hava/yakıt oranı -hava fazlalık katsayısı- ve soba verimi arasındaki genel değişimler yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır, (Ekinci, Atakül, 1994; Arıoğlu,1994-1995; Arıoğlu vd, 1998'den). Şekil 2 yakından incelendiğinde şu pratik sonuçlar ön plana çıkmaktadır:



- Hava/yakıt(kömür) oranının bir optimal değeri vardır. Bu oranda "tam yanma"nın ölçütü olan CO_2 emisyonu maksimum değerdedir. Aynı zamanda sobanın ısıl verimi de maksimumdur. Daha açık bir deyişle, yanmanın optimal koşulda sağlanması durumunda, ısı ekonomisi yönünden maksimum fayda temin edilmektedir. Bu rejimde kullanılacak yakıt (kömür) miktarı daha az olacağından "çevre kirliliği" de önemli ölçüde azalacaktır.
- Soba ısıl verimleri : % 30 - % 50
- Olması gereken soba ısıl verimi: % 70 - %85
- En genel anlamda, optimal hava/yakıt oranı = f(kömürün kimyasal bileşimi-türü-,yükleme şekli, yanma odasının tasarımı, baca tasarımı, yanmayı denetleyen kişinin birikimi, vb) şeklinde ifade edilebilir. Yanmada oluşacak CO_2 -hacimsel- %' si % 9,5-15 aralığında değişir.
- Optimal hava/yakıt oranının altında, rejim "eksik yanma" olup yanıcı gazların büyük kısmı yanmadan bacadan atıldığından soba ısıl verimi düşük olup, kömür tüketimi de gereksiz şekilde yüksektir. Yanma eksik olduğundan CO -hacimsel- yüzdesi yüksektir. Baca çekişinin yetersiz olduğu durumlarda, bu rejimde yanma CO zehirlenmelerinin temel nedenlerinden birini oluşturur. Eğer "hava/yakıt"oranı optimal değerin üzerinde ise yine sobanın ısıl verimi - fazla hava gereksiz yere ısıtacağından (baca kaybı yüksek)- düşüktür. İdeal "hava/kömür" oranı (1,25-1,5) aralığında değişir.

PRATİK BİLGİ:

- **Eksik yanmada alevin rengi koyu ve uçları islidir. Bacada aşırı ölçüde is ve kurum birikir. (Bu durum yeterli baca çekişinin oluşmasını olumsuz şekilde etkiler).**
- **Fazla hava ile yanmada alev açık renkli ve parlaktır. Baca gazlarının miktarı artar. Fazla hava sobayı soğutacağından ısıl verim düşük olur.**

Şekil 2. CO/CO_2 emisyonları-hava/yakıt oranı-soba ısıl verimi arasındaki ilişki

2.2 Soba Türleri ve Tasarımı

Ülkemizde yaygın olarak iki tür soba kullanılmaktadır:

- Tuğla astarlı geleneksel soba türü
- Kovalı soba

Bu sobalara ait tipik enkesitler ve kullanımına ilişkin bilgiler Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir. İyi bir sobanın yerine getirmesi gereken hususlar şunlardır (Göktuna, 1989; Arıoğlu vd, 1998'den; Makine Müh Odası; 1990;Kemal, 1994):

- **Soba yakıtı tam olarak yakabilmelidir:** İyi yanma için optimal "hava/yakıt" oranının yanma hücresinde (ocak) sağlanmış olması gerekmektedir. Yanma için gerekli hava iki şekilde (primer hava, sekonder hava) temin edilmektedir. Primer hava ızgara altından kontrollü olarak verilir. Ocağa giren bu hava ne yanma hücresini soğutacak kadar fazla ne de optimal hava miktarının altında olmalıdır. Tutuşan kömürden çıkan uçucu gazların sürekli bir şekilde yanmasını temin etmek bakımından ocağa üstten (sekonder) hava verilir. Özellikle ülkemizdeki kömürlerin (linyit) büyük bölümünün uçucu madde içeriğinin yüksek olduğu dikkate alınırsa, ikincil havanın taşıdığı önem daha net biçimde belirginleşecektir. Bu havanın gazların çıktığı kor katmanının hemen üzerinde sıcak olarak sağlanması en ideal şeklidir.

- **Üretilen ısının büyük bölümü dış ortama iletilmelidir:** Verimli yanmanın sağlanması bakımından üretilen ısı dış ortama en az ısı kaybı (baca kaybı) ile verilmelidir. Yeterli bir baca çekişinin olması önemlidir. Sobanın ısıl verimi baca gazlarının sıcaklığı ile yakından ilintilidir. En genel anlamı ile sobanın ısıl verimi "η";

$$\eta = 1 - \sum \text{kayıplar}$$

$\sum$Kayıplar = Yanmamış katı maddeler (ızgara kaybı)+uçucu -yanıcı- gazların tam yanmaması (eksik yanma) + radyasyon kaybı (azdır) +baca kaybı

Baca kaybı, $\eta_b = \frac{t_{bg} - t_h}{CO_2} x f$, (%) (Dağsöz, 1993; Arıoğlu vd, 1998'den)

$$\eta = 0.93 - \eta_b$$

Burada:

t_{bg} = Baca gazının sıcaklığı, °C
t_h = Dış hava sıcaklığı,°C
CO_2 = Baca gazlarının karbondioksit tenörü-içeriği-, %
f = Yakıt türüne bağlı katsayı. Kömürlerde f=0.65-0.75 alınabilir

Görüldüğü gibi azalan sıcaklık farkı "t_{bg} - t_h" ve artan "CO_2"yüzdesiyle baca kaybı azalmaktadır. Buna bağlı olarak da sobanın ısıl verimi "η" artmaktadır.

Pratikte kömürün cinsine göre baca gazı içindeki CO_2 içeriği %10-15 arasında değişir. %10'un altında bulunan CO_2 içeriği -hacimsel- yanmanın "iyi" olmadığını işaret eder. Diğer bir deyişle < %10 CO_2 içeriğinde yanmanın eksik, sobanın ısıl veriminin optimal değerinin çok altında olduğunu gösterir (Aybers, 1978; Arıoğlu vd, 1998'den).

Baca gazlarının sıcaklığının soba içinde düşürülmesi by-pass sistemiyle gerçekleştirilir; yanma hücresinden ayrılan sıcak gazlar, gaz çıkış borusunda bulunan baca gazı kelebeği yardımı ile yanma hücresi boyunca bir U dönüşü yaptırıldıktan sonra bacaya verilmektedir. Uygulamada soba boru uzunluğunu arttırmak yolu ile de baca gazlarının sıcaklığı azaltılmaktadır. **Bu şekil uygulamanın baca çekişini azaltacağı, daima akılda tutulmalıdır. En uygun yol soba tasarımının "U dönüşü"nü içermesidir.** Baca gazlarının çıkış sıcaklığı "yoğuşma sıcaklığı"nın altına düşmemesi gerekir. Aksi takdirde, baca içinde yoğuşma nedeniyle "su" oluşur. Bu su zamanla bacanın iç kesitinde dökülmelere - çatlakların oluşumuna yol açar. Hava fazlalık katsayısına ve yakıt türüne göre "yoğuşma sıcaklığı" değişir. Örneğin fazlalık katsayısı 1.4 ve linyit için kritik yoğuşma sıcaklığı 60 °C mertebesindedir. Bu değerin altında "yoğuşma" oluşur (Isısan, 1993; Arıoğlu vd, 1998'den).

- **Soba sızdırmaz olmalıdır:** Sızdırmazlık iki yönden önemlidir: Yanma ürünlerinin "baca geri tepmesi" nedeniyle dış ortama çıkması ve içinde bulunan karbon monoksit "CO" içeriği nedeniyle canlı varlıkların yaşamlarını tehdit etmesi. Ayrıca, sızdırma nedeniyle iletim, taşınım ve ışınım yoluyla ısı kaybı söz konusudur. Bu nedenlerle, soba kesinkes "sızdırmaz" olmalıdır.

Soba tasarımına ilişkin hesaplamalar toplu halde Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Soba Tasarımının Temel Büyüklüklerinin Belirlenmesi (Arıoğlu vd,1998'den)

Kömür tüketimi	$M_k = \frac{Q_{ısı}}{\eta Q_k}$, kg/saat	$Q_{ısı}$ = Isıtılan mekanın ısı kaybı, kcal/saat Q_k = Kömürün alt ısıl değeri, kcal/kg Q_{s+b} = (Soba+boru)'ın verdiği ısı miktarı, kcal/m^2.saat η = Soba ısıl verimi
Izgara alanı	$F_i = \frac{Q_{ısı}}{\eta Q_k M_i}$, m^2	
Toplam ısıtma alanı	$\sum F = F_s + F_b$, m^2 $\sum F = F_s + \pi D \ell$ $\sum F \cong \frac{Q_{ısı}}{Q_{s+b}} \ell$, m^2	M_i = Izgara yükü,iyi yanma koşulu için 4 kg/m^2.saat değeri alınabilir. Bu değer birim m^2 alan 120.000 kcal ısı teminine karşı gelmektedir (Aybers, 1978) F_s = Sobanın yüzey alanı (0.8 - 1.2 m^2) F_b = Borunun yüzey alanı $F_b = \pi . D . l$ D = Boru iç çapı D = 0.13 ~ 0.12 m ℓ = Boru uzunluğu, m

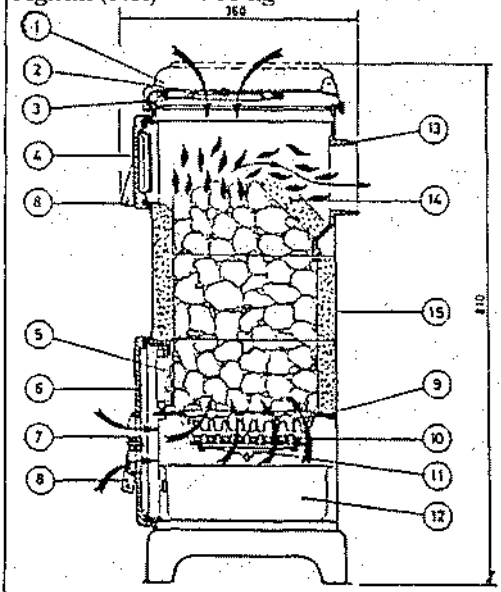
2.3 Yakma Teknikleri

Tuğla astarli geleneksel sobalarda kömür iki ayrı yöntem ile yakılabilmektedir:
Üst yakma tekniği (Şekil 3): Bu tekniğin belli başlı özellikleri şöyle sıralanabilir:

Yanma hücresine doldurulan kömürün üzerine tutuşma sıcaklığı düşük odun-çıra koyulur. Bunlar ateşlenerek kömürün üst katmandan başlayarak aşağıya doğru yanması temin edilir.
Yanma için gerekli hava hem sobanın üst deliğinden hem de ızgara altından sağlanır. (Primer hava girişi ızgaradan sağlanır). Primer hava yukarıda yanma zonuna gelinceye kadar iyice ısındığından bu zondaki uçucu gazları tutuşturup yanmasını temin eder. Bu teknik özellikle uçucu madde içeriği zengin kömürlerin (linyit) yakılmasında kullanılır. Etkin bir yanmanın gerçekleştirilmesi için özellikle ikinci havanın miktarı, sıcaklığı ve türbülansı çok önemli rol oynar. Bu sayılanlar soba tasarımında optimize edilmemiş ise sobanın ısıl verimi önemli ölçüde düşer, baca gazları içindeki CO ve C_nH_m emisyonları artar.

TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Tipi : Halk tipi tuğlalı
Isıtma yüzeyi : 1.2 m^2
Anma gücü : 4800 Kcal/s
Yakıt :Tunçbilek linyit kömürü
Duman borusu çapı : 120 mm
Dış ölçüler (mm) : 360 x 415 x 810
Ağırlık (Net) : 61 kg



SOBANIN YAKILMASI

- 6 nolu küllük kapağını 8 nolu kolu kaldırarak açınız. (10 nolu ızgaranın yerinde kapalı olmasını kontrol ediniz)
- 5 nolu ızgara kapağından bir miktar kağıt, çıtta, tahta vs. koyarak tutuşturun, kapakları kapatın.
- 2 ve 7 nolu hava kelebeklerini tam açın
- Alevli yanan tahta parçalarının üzerine 4 nolu doldurma kapağından 3-4 kürek tozsuz kömür atın ve 2 nolu hava kelebeğini kapatın.
- Atılan kömürler kor haline gelince doldurma kapağı ağzına yakın seviyeye kadar kömür doldurun. (3 nolu temizleme kapağından doldurma yapmayın)
- 2 nolu hava kelebeğini kapatıp yarım saat kadar sobayı yanmaya bırakın.
- Sobanın yanışını 7 nolu hava ayar kelebeğini açık veya kapalı tutmak suretiyle kontrol altına alabilirsiniz.
- Yanma sırasında gerektiğinde sobanın külünü 17 nolu kül eleme tarağını ileri geri hareketlerle eleyerek daha iyi hava almayı sağlayabilirsiniz
- Sönmüş sobanın külünü tamamen boşaltmak için 16 nolu ızgara sürgü kolunu dışa doğru tam çekin, sonra tekrar tam olarak geriye itin
- 12 nolu küllüğü boşaltıp yerine koyunuz
- 16 nolu boşaltma ızgara kolunun her zaman kapalı olmasına dikkat edin. Kül eleme durumunda da kontrol edin.

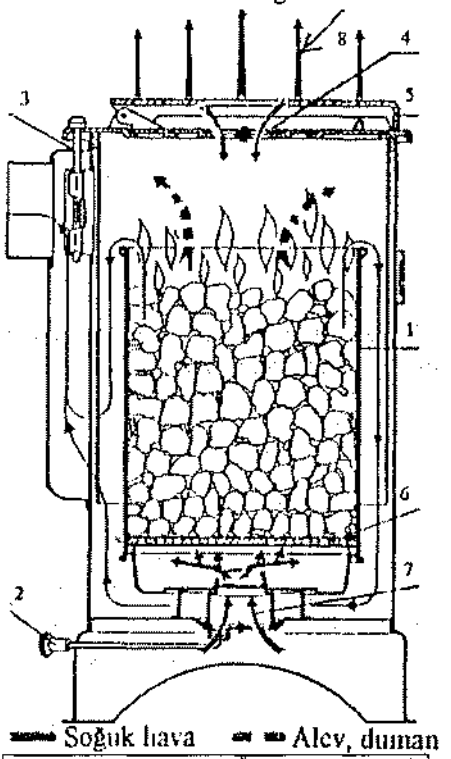
1. Üst taç kapak	7. Hava ayar kelebeği	13. Duman çıkış borusu (120 mm)
2. Hava ayar kelebeği	8. Kapak kolları	14. Alev kıran
3. Üst temizleme kapağı	9. Izgara yatağı	15. Ateş tuğlası
4. Doldurma kapağı	10. Sürgülü ızgara (kül boşaltma)	16. Kül boşaltma ızgara kolu
5. Izgara kül alma kapağı	11. Kül eleme tarağı	17. Kül eleme tarağı kolu
6. Küllük kapağı	12. Küllük	

Şekil 3. Sobanın üstten yakılması

- Sobadaki kömür tamamen yandıktan sonra alttaki küllükten küller boşaltılır. Yanma-boşaltma rejimi "kesintili" olduğundan sık sık sobanın temizlenip doldurulması ve yakılması gerekmektedir. Bu durum ise "üstten yakma"nın gündelik yaşam pratiği açısından en olumsuz hususunu oluşturur.

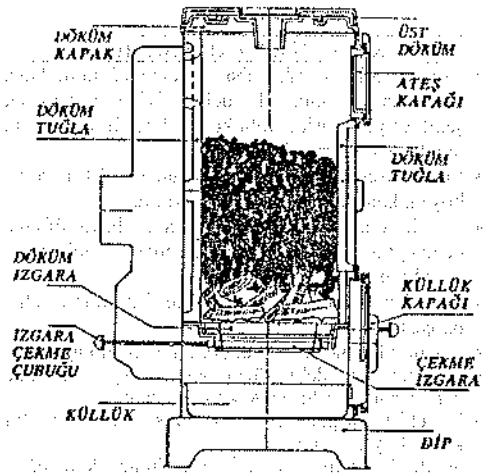
Kovalı sobalarda (Şekil 4) üstten yakma tekniği uygulanmaktadır. Ayrıca, ikinci kova hazır durumda tutulduğundan kovalı sobalar, tuğlalı geleneksel sobalara kıyasla daha pratik olduğu söylenebilir. Kuşkusuz yüksek sıcaklığa (800-1200 °C) dayanmayan kovalarda sık sık kovaların değiştirilmesi söz konusu olabilir. Bu ise biraz önce değinilen avantajı zedeleyebilir.

Alttan yakma tekniği (Şekil 5): Bu teknik ile kömür yakılması için ızgaranın üzerine belli bir miktar odun yerleştirilir ve tutuşturulur. Daha sonra kömür yandan/üstten beslenmek yolu ile kömürün sürekli biçimde yanması sağlanır. Kısaca, üstten yakmanın taşıdığı "sakınca" bu tür yanma şeklinde ortadan kaldırılmıştır. Alt taraftaki ızgara

TEKNİK ÖZELLİKLERİ	KULLANMA TARİFNAMESİ
Pratik ısıtma verimi:7020 Kcal/saat Isıl verim : %71.7 Kömürü dumansız yakar, koku yapmaz. Yakıttan %30 tasarruf sağlar.  1. Kömür kovası 2. Hava ayar kolu 3. Duman kelebeği 4. Hava üfleme kelebeği 5. Üst kapak ve emayeli dış gözde 6. Izgara 7. Hava borusu 8. Sıcak hava	• Kovayı dolu olarak sobanın içine (7 nolu hava borusuna sobanın alt deliği iyice yerleşecek şekilde) yerleştirin. Dolu kova ağır gelirse sobanın içinde de doldurabilirsiniz. • Linyit kömürünü kovanın üstünde dört parmak boşluk kalana kadar kovaya doldurun. • 3 nolu duman kelebeğini, 4 nolu hava üfleme kelebeğini açın ve sobanın altındaki 2 nolu hava ayar kolunu çekin. • Kovadaki kömürün üzerine yeterli miktarda tahta parçası koyunuz. • Sobanın üstündeki büyük döküm kapağı kapatın • Sobanın üstündeki küçük kapağı açın ve tahta parçalarını tutuşturun ve kapağı kapatın. • Üstteki tahta parçaları iyice tutuşunca üzerine bir kürek linyit kömürü atın • 30 ile 45 dakika sonra 3 nolu duman kelebeğini kapatın • Odanın içi istenilen sıcaklığa geldiğinde 2 nolu hava ayar kolunu iterek kapatın • Odanın içi soğuduğunda 2 nolu hava ayar kolunu bir miktar çekmek suretiyle istenilen sıcaklık elde edilebilir. • Belirli bir süre için sobanın yanmaması istendiğinde, 2 nolu hava ayar kolu ve 4 nolu üst hava ayar kelebeğini tamamıyla kapatın. Bu durumda borulardan zift akarsa ve tekrar yanma anında patlama olursa hava ayar kelebekleri kibrit çöpü girecek kadar aralık bırakılmalıdır. • Sobanın tekrar yanması için 2 ve 4 nolu hava ayarlarını açın. Kısa bir süre içinde soba tekrar yanmaya başlayacaktır. • **Sobanın temizlenmesi:** Kovanın dışarıya alınması ile sağlanır. • Kesikli kalın hatla belirtilen alev ve gazlar şemada da görüleceği gibi soba gövdesini ve kovayı da yalayarak bacadan çıkmaya devam edecektir. Bu arada kömürden çıkan yanmamış gazlar ara menfezde yanarak kömürden tam yararlanıldığı gibi boruların, bacanın kurumla dolmasının ve en önemlisi hava kirlenmesinin önüne geçer.

Şekil 4. Kovalı sobanın üstten yakılması

dışarıdan kumanda edilen "çekme çubuğu" yardımıyla zaman zaman sallanılarak yanma sırasında oluşan kül, alt taraftaki küllüğe dökülür. Bu tür yakma şekli özellikle uçucu madde içeriği az olan kömürler (antrasit, bitümlü kömürler) için elverişlidir. (Yanma alttan yukarıya doğru devam ettiğinden üst bölgede havanın sıcaklığı oldukça düşüktür, bu nedenle uçucu gazların büyük bölümü tam şekilde yanmadan baca gazları ile birlikte atılır). Özellikle linyit gibi uçucu madde içeriği yüksek kömürlerin alttan yakılması gerek düşük soba ısıl verimine yol açması gerekse tam yanma sağlanamadığından dolayı oluşan soba zehirlenmesi (CO - karbonmonoksit zehirlenmesi) bakımından sakıncalıdır. Bu nokta yaşamsal öneme sahiptir.



Şekil 5. Kömürün Alttan Yakım Tekniği İle Yakılması (Uçucu madde içeriği az olan kömürler için uygundur. Linyitin yakılmasında kullanılmamalıdır)

3. SOBA ZEHİRLENMELERİ

3.1 Genel

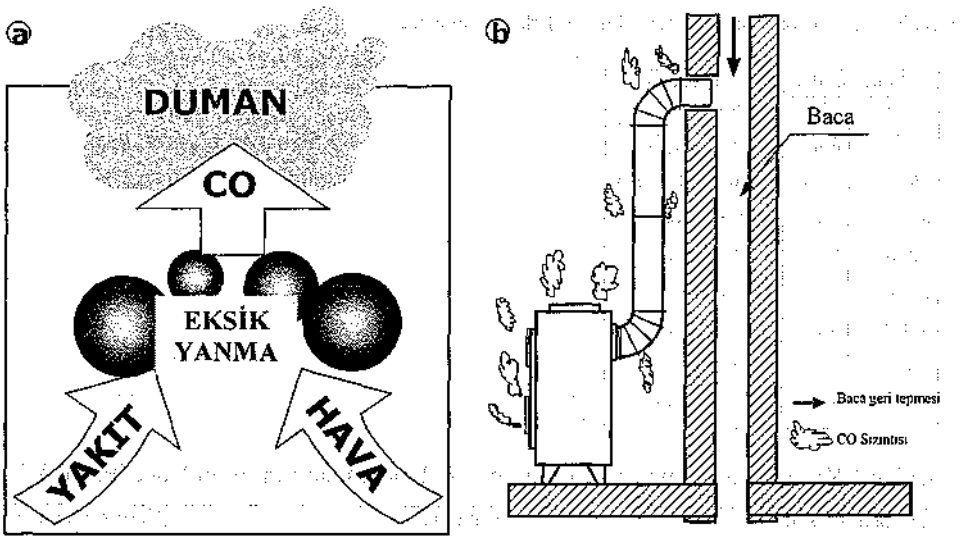
Kokusuz, renksiz ve tatsız bir gaz olan karbonmonoksit, kömürün sobada tam yanmamasından oluşur. Yoğunluğu 1.255 kg/m^3 ve havaya oranla spesifik ağırlığı 0.97 olup, suda zor çözünür. Yoğunluğunun hemen hemen havaya eşit olması nedeniyle, oda atmosferi içinde, her tarafa yayılmış şekilde bulunur. Çok küçük konsantrasyonlarda bile, zehirleyici özelliğe sahiptir. Açık mavi alevle yanar ve karbondioksit oluşur (Ayvazoğlu, 1984)

Karbonmonoksitin yaşamsal tehlikesi zehirli olmasıdır. Bu özellik, kanın hemoglobininin karbonmonoksite olan bağlanma yatkınlığı, oksijene oranla 250-300 kat daha fazla olmasından kaynaklanır. Bu nedenledir ki, solunan havada çok az karbonmonoksit ve yeterli oksijen bulunsa da, kan karbonmonoksiti absorbe eder ve tepkimeler sonucunda oksihemoglobin (HbO_2) (oksijen taşıyıcı) yerine karboksihemoglobin (HbCO) oluşur ve bu madde hücrelerin ihtiyacı olan oksijenin taşınmasına engel olur. Hücreler, gerekli oksijenle beslenmediğinden, solunan havadaki karbonmonoksit konsantrasyonuna kalma süresine ve harcanan efor düzeyine bağlı olarak, yavaş bir tempo içinde ölüme mahkum olurlar.

3.2 Kömür Zehirlenme Nedenleri

Soba (CO-karbonmonoksit) zehirlenme olayının temel unsurları:

- Eksik yanma sonucunda "CO" gazının oluşumu (Şekil 6a)
- Bu gazın soba-baca sisteminde tamamen tasarım ve kullanım hatalarından kaynaklanan baca geri tepme etkisiyle açık soba kapaklarından - boru bağlantı yerlerinden sızarak odalara yayılması (Şekil 6b)



Şekil 6. Eksik yanma (a) ve baca geri tepmesi (b)

- Baca geri tepme olayından bağımsız olarak özellikle sızdırmaz özelliği olmayan sobalarda karbonmonoksit gazının çok yavaş bir tempo içinde odalara sızması şeklinde ifade edilebilir.

3.3 CO Zehirlenmesinde Vücutta Gözlenen Etkiler - Belirtiler

CO zehirlenmesinden kaynaklanan oksijen yetmezliği en çok sinirleri ve beyni etkiler. Sonuç olarak da "bilinç kaybı" ve "solunum durması" kendini gösterir. Can soluğu ve kalp masajı ile derhal müdahale edilmediği durumlarda, CO zehirlenmesine maruz kalan kişi hava içindeki karbonmonoksit konsantrasyonuna (içeriği) birim zamanda solunan havanın miktarına, kan dolaşımının hızına ve ortam içinde bulunma süresine bağlı olarak, yaşamsal bakımdan çok ciddi tehlike ile karşı karşıyadır.

Genel olarak yukarıda belirtilen faktörlere bağlı olarak belirtiler şunlardır* (Çizelge 2-3):

- Baş ağrısı, baş dönmesi ve giderek bulantı hissi ve halsizlik, bilinç bulanıklığı,
- Denge bozukluğu, kendini kaybetme (bilinç kaybı),
- Koma,
- Ölüm.

Bu belirtiler yavaş yavaş artar ve kazazede uzun süre zehirlendiğinin farkına bile varamaz. Ancak ayağa kal-kıp yürümek istediği an, bu harekette başarılı olamaz ve kendisinde temiz havaya çıkıp soluk alma gücünü bile bulamaz. Bu tablonun seyir ettiği durumda kaza-zede derhal acil servise yetiştirilmelidir (Baktır, 1995).

* Karbonmonoksit düşük konsantrasyonunu uzun zaman solumakla, kronik zehirlenme oluşur. Sürekli kapalı hacimlerdeki tamirciler, kazancılar, iyi havalandırılmamış evlerde oturanlar gibi kişiler ilkin bacaklarda bir ağırlık hisseder,sürekli halsizlikten şikayet eder. Baş ağrısı,baş dönmesi, uyuklama, bulantı, iktidarsızlık kendini belli eden belli başlı belirtilerdir. Kronik evrede bellek bozuklukları- görme ve konuşma bozuklukları- fonksiyonel veya organik kalp ve dolaşım bozuklukları da baş gösterir (Akbulut,1996).

Çizelge 2. Karbonmonoksit Oranları ve Etkilenme Süreleri

Karbonmonoksit		Etkilenmeden Kalma Süresi
(ppm)	%	
100	0.01	Bir kaç saat
400	0.04	Sadece bir saat
600	0.06	40 dakika
1.000	0.1	30 dakika
2.000	0.2	20 dakika
3.000	0.3	15 dakika
6.000	0.6	10 dakika
10.000	1	1-5 dakika

Çizelge 3. Karbonmonoksit ve Karboksihemoglobin Oranlarının İnsan Vücuduna Etkileri

Karbonmonoksit yüzdesi	Bulgular	Karboksi-hemoglobin
0.002- 0.007	Hafif baş ağrısı, alında karıncalanma, cilt damarlarında genişleme , hareketle nefes darlığı, kişilik değişikliği.	%5-(sigara içenlerde) -%20
0.007-0.012	Zonklayıcı baş ağrısı, nefes alma güçlüğü, yanaklarda ve dudaklarda kızarıklık, el becerilerinin bozulması.	%20-%30
0.012-0.025	Ciddi baş ağrısı kulaklarda uğultu, uykuya eğilim, huzursuzluk, halsizlik, elini hareket ettirememe, şuur bulanıklığı, görme bozukluğu, bulantı, kusma.	%30-%40
0.025 -0.035	Baş ağrısı. baygınlık, hızlı nefes alma, çarpıntı, tekleme	% 40- % 50
0.035 - 0.1	Bilinç bulanması, hayal görme, uyarılara cevap verememe	% 50- % 60
0.1- 0.2	Koma, dolaşım yetmezliği, nabız alınamaması, solunum düzensizliği ve durması, kasılmalar (sara nöbetleri gibi)	% 60 -% 70
0.2 ve yukarısı	Nabzın alınamaması, soluyamama, ani ölüm	% 70 - %80 ve yuk.

Aynı efor derecesinde ve solunum (bulunma) süresinde, artan CO konsantrasyonu ile zehirlenmeye maruz kalan insanda gözlenen "etkiler" belirgin ölçüde şiddetlenmektedir. Değişmeyen CO konsantrasyonunda, bulunma süresinin artması ile gözlenecek tablolar daha ciddi olmaktadır. Örneğin, % 0.04 CO içeriğinde 1 saat bulunan kişide "küçük şikayetler" söz konusu iken aynı içerikte 3-4 saat bulunduğunda, kazazedede ortaya çıkan tablo "bilinç kaybı-şuursuzluk" olmaktadır.

3.4 Soba Karbonmonoksit Zehirlenme Olayına Müdahale –İlk Yardım

Karbonmonoksit zehirlenmelerine müdahale - ilk yardım edilirken dikkat edilmesi gereken hususlar topluca aşağıda belirtilmiştir (Arıoğlu vd, 1998).

- CO gazı ile dolu bir odaya veya eve girmeden önce, CO gazının konsantrasyonunu azaltmak için tüm kapı ve pencereler açılmalıdır. Kapı ve pencereler dışarıdan açılmıyorsa, zaman kaybetmeden kırılmak sureti ile soğuk-temiz havanın içeriye girmesi sağlanmalıdır. Kurtarma işlemini üslenen kişi öncelikle soğukkanlı olmalı, gereksiz cesaret göstermemelidir.
- Bir kaç adet derin soluk alıp verdikten sonra burun ve ağız iyice kapalı vaziyette içeri girilir. Bu girişim sadece "durum tespiti" içindir. Kazazedelerin konumları belirlenir. Bu işlemler yapılırken ağız-burun solunum yolları tamamen "kapalı" tutulmalıdır. İçeriye giren kişinin beline ip bağlanması çok yerinde bir harekettir. İçeride kalma süresi bir dakikayı geçmemelidir. Bu gönüllünün sigara içenler arasından seçilmesi daha uygundur. (Yüzün ıslak mendil veya havlu ile kapalı tutulmasının her hangi bir

yararı yoktur). Kurtarıcı çok yoğun bir dumanla karşı karşıya kalmış ise ağzını kapalı tutarak yerde sürünerek çok hızlı bir biçimde dışarıya çıkmalıdır. Böylelikle mekan içinde, karbonmonoksit konsantrasyonu en düşük havayı solumak fırsatı yaratılır.

- Dışarıya çıkan kurtarıcı derhal temiz hava solumalı ve hemen kurtarma planını uygulamaya başlamalıdır. Kurtarma planı şu aşamalardan oluştuğu unutulmamalı:
  - o Kazalı aşağıda belirtilen ilk yardım adımları uygulanarak hastaneye ulaştırılmalı.
    - ➢ Ortam, kapı ve pencereler açılarak havalandırılmalı, kazazede derhal zehirli ortamdan uzaklaştırarak temiz havaya çıkartılmalıdır.
    - ➢ Solunum düzensizliği ve durması varsa, ağızdaki kusmuk ve yabancı maddeler ciğerlere gitmesini engellemek için temizlenmeli sonra yapay solunum uygulanmalı (hasta gerekiyorsa yan yatırılmalı)
    - ➢ Sıkı elbise ve iç giysiler gevşetilmeli,
    - ➢ Hasta az hareket ettirilmeli veya mümkünse hiç hareket ettirilmemeli
  - o Kazalıları taşımak üzere geniş bir battaniye temin edilir.
  - o Tercihen üç-dört kişiden oluşan gönüllü kurtarıcı eve girmeden önce, 6-7 adet derin soluk alıp verdikten sonra -ağız ve burun (pamukla sıkıca kapalı) kapalı vaziyette- ilk girenin durum tespitine göre kazalıya ulaşılır ve kazalı battaniyeye sırt üstü pozisyonda olmak üzere hızlı bir şekilde dört kişi yardımıyla dışarıya çıkartılır. Bu işlemler sırasında yine ağız tamamen kapalı tutulmalıdır. Kazalının dışarıya çıkarılması işlemi 45 saniye içinde tamamlanmalıdır (içeri girişlerde açık alev kullanılmamalıdır*).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç ve öneriler aşağıda sıralanmıştır

- Soba zehirlenme olayının kullanılan "kömür türü" ile kesinkes ilintisi yoktur.
- "Zehirlenme olayı" sobalarda yakılan kömürün tam yanmaması sonucunda oluşan "karbonmonoksit gaz"ından kaynaklanmaktadır. Zehirleyici özellikte olan bu gazın sobadan oda hacmine doğru sızması-yayılması zehirlenme olayına neden olmaktadır. Bu olaya maruz kalan şahıslarda ilk görülen belirti karbonmonoksit derişimi ve ortam içinde kalma süresine bağlı olarak hissedilen şiddetli baş ağrısıdır.
- Kömürün "tam yanma"sını sağlamak açısından, kullanılan kömüre uygun soba seçimi ve yakma yöntemi yaşamsal önem taşımaktadır. Özellikle uçucu madde içeriği az olan kömür (ithal kömür) kullanıldığında, gerek tam yanma olayını sağlamak bakımından, gerekse kirletici yanma ürünlerinin yayılmasını daha aza indirmek için, kömürün alttan yakılması önerilebilir. Yerli kömürlerimizin ise, uçucu madde içeriğinin fazla olmasıyla üstten tutuşturularak yakılması daha uygun bir yakma biçimidir.
- Tam yanmanın soba içinde gerçekleştirilmemesi durumunda oluşan zehirleyici karbonmonoksit gazının bacadan oda hacmine doğru yayılması ancak baca çekişinin fevkalade az olması ve/veya bacadan sobaya doğru daha güçlü bir basınç düşümünün oluşması (özellikle lodoslu havalarda bu tür dışarıdan içeriye doğru gelişen önemli büyüklükteki basınç düşüşleri söz konusudur) sonucunda meydana gelmektedir.

Soba ve kömürle ilgili

- Kömüre göre yakma sistemi/soba kullanılmalıdır, ısı verimi en az % 70 olmalı
- Soba yanarken yanma havası ve duman klapeleri kapatılmamalıdır
- Sobanın havalandırma sistemleri, yanma için yeterli oksijeni sağlamalıdır
- Sobanın verimli yanması için en fazla 2/3 oranında kömürle doldurulmalıdır
- Sobanın dirsek ve boru ekleme yerleri ve baca giriş ağzı hava sızdırmaz olmalı, boru ve baca üzerinde herhangi bir delik veya çatlak olmamalı

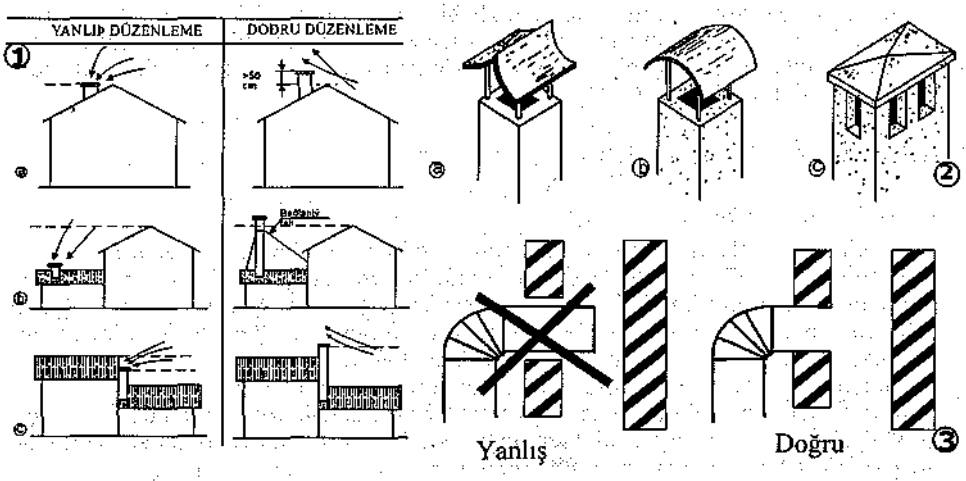
---

* Karbonmonoksit gazı mavi bir alevle yanar ve çok tutuşabilir bir gazdır. Havada alev alma konsantrasyonu %12.5 - %77.2'dir. Maksimum patlama sınırı ise %29'dur.

- Verimli bir yanma için sobalar günlük temizlenmeli, küllük dolmadan kül alınmalı, küllük kapağı sık aralıklarla açılmamalı
- Yatarken yanmakta olan "**kömür koru**" üzerine "**taze kömür**" konmamalı
- Yatarken sobanın baca klapesi tamamen açık, alt ve üst kapak kapalı tutulmalı.
- Soba duvardan en az 50 cm en çok 150 cm uzakta kurulmalı (böylece boru ve bacada katran oluşumu ve tıkanma önlenebilir), kapasitesine uyan yeterli hacimde, yanmaz bir levha (sac, mermer vb) üzerine kurulmalı
- Soba yatak odalarına ve banyoya kesinlikle kurulmamalı.

Baca ve borularla ilgili

- Soba boruları mümkün olduğunca kısa ve düşey doğrultuda olmalıdır. Yatay borular bacaya doğru %10 eğimle yükselerek takılmalıdır
- Baca çekişini zayıflatmamak için boru baca içine fazla sokulmamalı, boru ucu baca deliğine sızdırmazlık sağlayacak şekilde tespit edilmeli, baca üstü şapka ile kapatılmalı (Şekil 7-2 (a,b,c)-3)
- Baca temiz ve çatıdan en az 0.5 m yüksekte, devrilmemesi için bağlanmalı ve çıkan gazların dağılabilmesi için en yakın binadan 6 m uzaklıkta olmalıdır (Şekil 7-1 a,b,c)



Şekil 7. Baca boru bağlantısı

Şekil 8. Baca çekiş kontrolü

- İyi bir yanma sağlamak için bacalar temiz ve bakımlı olmalıdır.Boru düzenini kurmadan önce baca çekişini kontrol ediniz. (Şekil 8) Kötü baca çekişi sağlığa zararlı sonuçlar doğurabileceği gibi, sobanızın verimini de düşürür.
- Bacalar yılda en az bir kez temizlenmelidir

- Soba tepmesini ve zehirli gazların oda içine gitmesini önlemek için rüzgar yönüne göre yön değiştiren baca kapağı kullanılmalıdır.
- Uzun olarak kullanılmış yatay borular, baca gazını çabuk soğutarak baca çekişinin zayıflamasına neden olur.
- Soba borusu pencere veya duvar delinerek uzatılmamalı. Uzatılmışsa hava ile temasta olan kısımları mutlaka yalıtılmalı
- Baca çapı 13 cm olmalı, boru ve dirsekleri hava sızdırmamalı.
- Baca üzerinde yarık ve çatlak olmamalı. Baca iç yüzeyi pürüzsüz olmalı
- En fazla iki dirsek olmalı, böylece tıkanma ve sızma olasılığı azalır.

5. KAYNAKLAR

Arıoğlu, E. (1994) Yerli Kömürlerimizin Fiyatlarının Birim Kalorifik Değer Bazında Doğalgaz ve Dışalım Kömür Fiyatları ile Karşılaştırılması, *2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu*, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s:160

Arıoğlu, E. (1995) Hava Kirliliği-Kömür Gerçeği-Enerji Tasarrufu Politikaları, *Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği*, Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.

Arıoğlu, E.;Arıoğlu, N.; Taştan, E., Yılmaz A.O., (1998) *Soba (Karbonmonoksit) Zehirlenmelerinin Soba-Baca Tasarımı Açısından İrdelenmesi ve İlk yardım İlkeleri*, Maden Müh Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.

Arıoğlu, N. (1996) İstanbul'da Gecekondu Olgusuna Genel Bakış, *Yayınlanmamış Rapor*, Yapı Merkezi, YMR-312, İstanbul.

Akbulut, T. (1996) *İşçi Sağlığı*, Genişletilmiş 4. Baskı, Sistem Yayıncılık, İstanbul.

Arpad,A. *Uygulamalı Yapı Tesisatı*, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul.

Aybers, N. (1978) *Isıtma Havalandırma ve İklim Tesisleri*, Birsen Kitabevi, İstanbul.

Ayvazoğlu,E. (1984) *Madenlerde Havalandırma ve Emniyet*,İTÜ Maden Fak., İstanbul.

Baktır, E. (1995) *İlk Yardım*, Rehber Tıbbi Yayınlar, İstanbul.

Dağsöz, A.K. (1993) *Bacalar*, Alp Teknik Kitapları, İstanbul, 1993.

Durmaz, A. (1998) *Kömürün Yanması*, Kömür (Editör O. KURAL), İstanbul,

Ekinci, E.; Atakul, H. (1994) Kömür Yanma Sistemleri, *2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu*, Maden Müh. Odası, Ankara, Kasım, s 121-136

Erkan, N. *İlk Yardım*, Altın Kitaplar Yayınevi, Güncel Sorunlar Dizisi, No: 3, İstanbul.

Göktuna, Ş. *Linyit Kömürünün Sobalarda Optimal Verimle Yakılması*, Soba Sanayi Kongresi Bildiri Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: 136.

Güyagüler,T. (1991) *Ocak havalandırması*, Maden Mühendisleri Odası, Ankara.

ISISAN A.Ş. (1993) *Bacalar ve beton kaideler*, Isısan A.Ş., No: 62 İstanbul.

Kemal, M.; Müezzinoğlu, A. (1994) *TKİ Ege Linyitleri İşletmesi Kömürlerinin Klasik Yakma Sistemlerinde Yanma Sonucu Oluşan Emisyonların Etüdü*-Nihai Rapor-Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü - Çevre Müh. Böl. Bornova.

TMMOB MAKİNE MÜH. ODASI (1990) *Sanayi Kazanları ve Ek Donatım İşletme El Kitabı*, Yayın No:110, Ağustos.

YAPI ENDÜSTRİ EĞİTİM KURULU (CITB) (1995) *Bacalar ve Havalandırma*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları 2929, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

http://www.die.gov.tr

http://www.ege-linyitleri.gov.tr/husus.htm

http://www.süsler.com.tr

http://www.seferdokum.com

http://www.silver.com.tr/tr_bazi_hususlar.asp

http://www.kayseri.gov.tr/yeni/ayrintilar.asp?HaberNo=200

http://www.mmo.org.tr/izmir/basin/basin7.htm

http://www.milliyet.com.tr/1996/12/13/yazar/tamer.html

http://www.netyorum.com/sayi/148/20031113-10.htm

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Turkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜR HAZIRLAMA VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALAR

COAL PREPARATION AND APPLICATIONS IN TURKEY

Vedat Arslan, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Bornova, İzmir
Mevlüt Kemal, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Bornova, İzmir

ÖZET

Kömür günümüzün en önemli enerji kaynağıdır ve yakın gelecekte de bu özelliğini sürdürmeye devam edecektir. Enerji çeşitliliği içerisinde diğer enerji kaynakları da muhakkak kullanılmalıdır. Ancak kömür, özellikle ülkemiz için önemli bir özkaynak varlığı olması nedeniyle, dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji güvenliğini artırmak için muhakkak ön planda tutulmalıdır. Kömürün doğrudan kullanımı çeşitli çevre problemlerine neden olmakta ve enerji üretiminde verimsiz bir yol olmaktadır. Bu sorunlar nedeniyle, kömür hazırlama işlemleri, kömürün kullanımı için muhakkak olması gereken bir uygulama haline gelmiştir.

Bu çalışmada kömür hazırlamanın önemi vurgulanmakta ve ülkemizdeki kömür hazırlama uygulamalarının gelişiminden kısaca bahsedilmektedir. Bunun yanında kömür hazırlama uygulamalarında görülen sorunlar ve bunların çözümü için ortaya konulan öneriler bu çalışmada yer almaktadır.

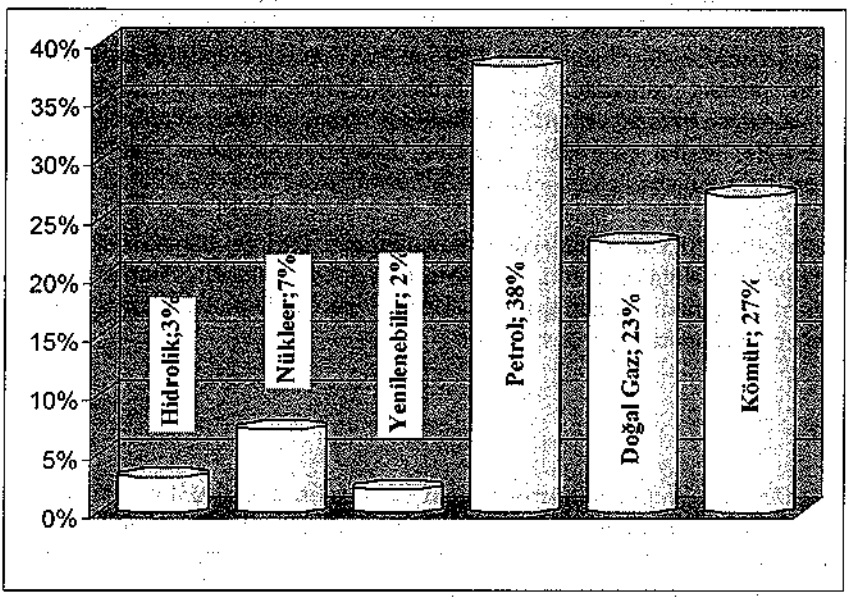
ABSTRACT

Coal has been the most important energy resource in our life and also it will be possibly the most important in near future. In energy variety, all types of energy must be in use but, especially in Turkey, coal is the main national energy resource as far as energy security is concerned, that means decreasing dependence to imported resources. The use of coal as a run of mine causes various environmental problems and it is an inefficient way for energy production. For that reason coal preparation must be the first step of coal usage.

In this study, the importance of coal preparation is emphasized and the development in coal preparation applications in Turkey is given shortly. On the other hand, the problems arising from coal preparation and some recomandations are presented.

1. GİRİŞ

Türkiye'de mevcut rezervlerle 8.3 milyar ton linyit, 1.1 milyar ton da taşkömürü olduğu bilinmektedir. Uzun yıllardır maden potansiyelinin geliştirilmesi konusunda yeni araştırmalar yapılmadığından, bilinen bu rezervlerin üzerine yenilerini eklemek mümkün olmamıştır. Ancak Türkiye'nin jeolojik verileri bu rezervin 2 katına çıkma olasılığı olduğunu göstermektedir (Nakoman 1997). Bilindiği gibi kömür şu andaki enerji kaynakları içerisinde önemli bir paya sahiptir. Şekil 1'de verilen dünya enerji tüketimindeki kaynak payları, fosil kökenli enerji hammaddelerinin, günümüz enerji üretiminde payının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Tüsiad, 1998). Fosil enerji kaynakları içerisinde en fazla kullanıma sahip olan petroldür ve doğal gaz kullanımı da hızla artmaktadır. Ancak ülkelerin geleceğini planlamaları süreci açısından bakıldığında, yakın sayılabilecek bir gelecekte, doğal gaz ve petrol temini riskli hammaddeler grubuna girecektir. Bunun nedeni petrol ve doğal gazda rezervlerin azalması ve buna karşın talebin artmasıdır. Şekil 2'de verilen fosil yakıt rezervleri, bilinen mevcut durumu ortaya koymaktadır. Söz konusu değerlerden kömürün daha uzun yıllar insanlığın en önemli enerji kaynaklarından biri olmaya devam edeceği görülmektedir (Mimuroto, 2001).

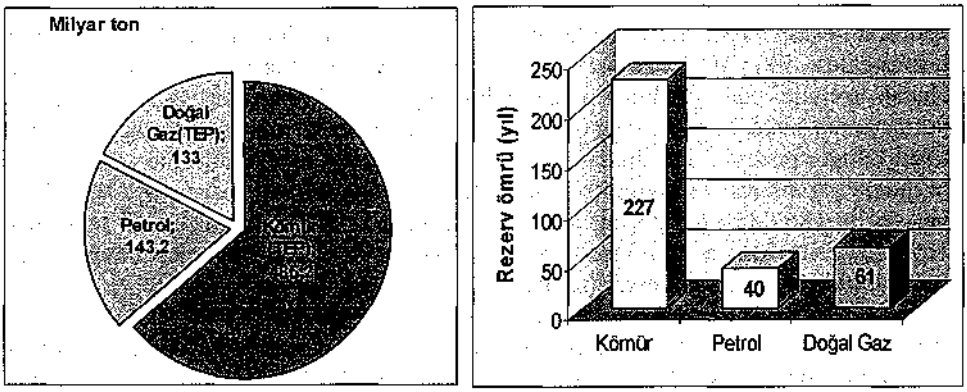


Şekil 1. Dünya birincil ticari enerji tüketiminde kaynak payları (1997).

Kömürün önemli olmasının nedeni sadece büyük miktarlardaki rezervler değildir. Kömür 50'den fazla ülkeye dağılmış durumdaki büyük rezervlerle kömür kullanıcıları için her zaman bulunabilir güvenli ve rekabet içerisinde fiyatları oluşan bir kaynaktır. Kömür taşınması, depolanması ve kullanımı en emniyetli fosil yakıttır. Kömür elektrik enerjisi üretimi için her zaman maliyet etkili rekabetçi bir yakıttır. Kömür rezervlerinin büyük çoğunluğu, rekabetçi piyasaların oluştuğu ülkelerdedir. Uluslararası ticaret

açısından, deniz yolu çok verimlidir ve kömür nakliyesi, talep artışını her zaman karşılayacak şekilde ve güvenle bu yolla yapılmaya devam edebilir (Rohde 1999).

Temiz kömür teknolojileri hızla gelişmekte ve kömürün daha çevreci olarak kullanımı için yeni teknolojiler endüstrinin hizmetine sunulmaktadır.



Şekil 2. (a) Dünya fosil yakıt rezevleri(TEP) (b) Fosil yakıt rezervlerinin ömürleri.

Yukarıda sayılan avantajlar kömürün enerji güvenliğinde önemli bir kaynak olduğunu vurgulamak açısından sayılabilecek bir kaç özelliğidir. Ancak bunun yanında kömürün enerji üretiminde doğru ve verimli kullanımı da günümüzde en önemli sorun haline gelmiştir. Sanayi devrimi ile yoğun bir şekilde enerji üretiminde kullanılmaya başlayan kömür, sanayileşme sürecinde, gelişmemiş olan yetersiz yakma teknikleri ve kontrolsüz kullanım nedeniyle, çevre ve hava kirliliği açısından önemli bir kirletici olmuş ve bu nedenlede son yıllarda, kömür dışındaki enerji kaynaklarına ve özellikle de doğal gaza kaçış başlamıştır. Ekonomik anlamda gelişimini tamamlamış ve gelir düzeyi yüksek ülkeler için bu şimdilik büyük bir sorun değildir ve enerji kaynak çeşitliliği açısından da gereklidir. Ancak bizim gibi gelişmekte olan ülkeler için böyle bir yöneliş, hele mevcut durumda olduğu gibi, aşırı bir bağlanış çok tehlikelidir.

Türkiye'de yapılması gereken öz kaynakların verimli bir şekilde değerlendirilmesidir. Enerji üretimi anlamında da, en önemli potansiyel kömürdür. Kömür kaynaklarının büyük çoğunluğunda, tüvenan olarak bakıldığında, çeşitli sorunlar vardır ve mevcut haliyle kullanımları çevre anlamında önemli problemler yaratmaktadır. Ancak günümüzdeki teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, en sorunlu kömürleri bile uygun teknolojilerle değerlendirmek mümkündür. Önemli olan araştırmaların detaylı olarak yapılması ve en uygun teknoloji ve kapasitenin seçilmesidir.

2. KÖMÜR HAZIRLAMA

Kömür hazırlamanın sürecine bakıldığında, dünyada bu konudaki çalışmaların tarihinin oldukça eski olduğu görülmektedir. Ağır ortamla çalışan aygıtlarda, ilk olarak ağır ortam siklonu patenti 1858 yılında alınmıştır. Söz konusu siklonda metal klorür tuzlarıyla oluşturulan ağır ortam kullanılmıştır. Bundan sonra da 1917 de patenti alınan

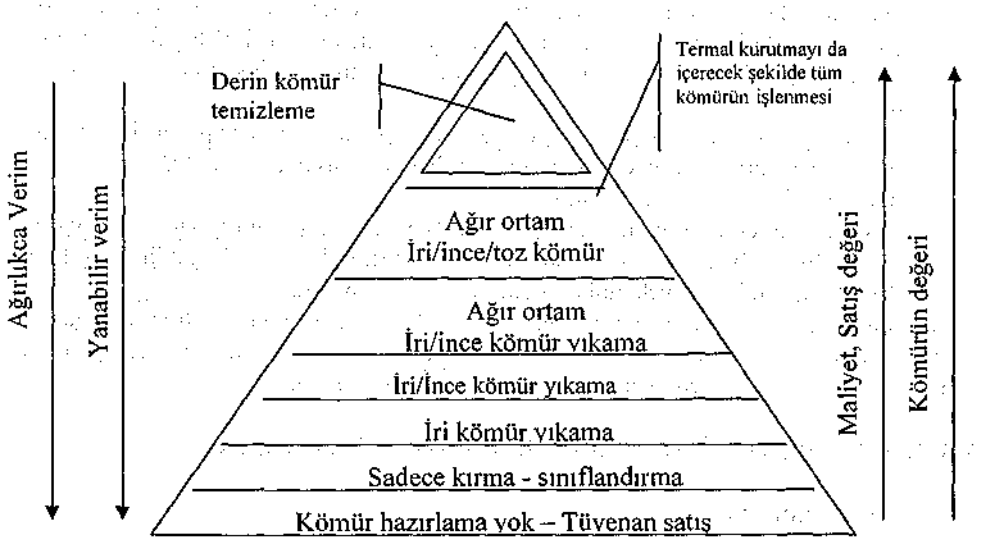
ve su ve kumu kullanılarak çalıştırılan Chance konisi 1925'te ilk olarak kömürde kullanılmıştır. Conklin Prosesinde 1922'de ilk manyetit kullanılmış olmasına rağmen, manyetitle oluşturulan ilk ticari ağır ortam 1938 de Tromp Prosesi'nde kullanılmıştır. Kömürde kullanılan ilk ağır ortam prosesi Amerikan Cyanamid firması tarafından 1940 yılında geliştirilmiştir. O tarihten sonra da ağır ortam aygıtları hızla gelişmiş ve bu günkü teknolojik seviyeye ulaşılmıştır (Leonard, 1991; Bevan, 1953).

Hidrolik esaslı zenginleştirmede en çok kullanılan jiglerin tarihsel gelişimine bakıldığında, ilk jigin 1556 tarihinde Agricola tarafınan tariflendiği görülmektedir. Ondan sonraki asıl günümüz anlamındaki jiglere bakıldığında, 1830 da Petheric pulsasyonun pistonla sağlandığı jigi geliştirmiştir. Kömür hazırlamada jigin kullanımı 1849 yılında pistonlu jigle başlamıştır. Jigdeki tanelerin hareketinin incelenmesi 1867 tarihinde yayınlanan eseriyle, ilk olarak Rittinger tarafından yapılmıştır. İlk feldspat yataklı jig 1867'de Lührig tarafından geliştirilmiştir. Jiglerdeki en önemli gelişim ise 1892'de Fritz Baum tarafından basınçlı havanın pulsasyonu oluşturmak amaçlı kullanımıyla meydana gelmiştir (Leonard, 1991; Bevan, 1953).

Burada kısaca gösterilmeye çalışıldığı gibi, 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kömür yıkama konusunda çalışmalar hızlanmış ve 19. yüzyılın başlarında ise kömür yıkama konusunda önemli gelişmeler sağlanmıştır. Aynı şekilde ülkemize bakıldığında ise, Kamu sektöründe kömür yıkama tesisleri 1957 yılında devreye girmeye başlamıştır. Özel sektör ise ancak 1990'lı yıllarla başlayan rekabetçi ortam ve çevresel baskılar nedeniyle kömür yıkama tesisleri kurmaya başlamıştır. Özel sektörce kurulan tesislerin çoğunluğu da belirli bir projelendirme doğrultusunda, bilimsel verilere dayalı olarak kurulan tesisler olmamış, genelde kopyalama esaslı, kömüre uygunluğu araştırılmamış tesisler kurulmuştur. Bu nedenle istenen verimler elde edilememiş, yapılan bir çok tesis te işe yaramaz olmuştur. Ancak son yıllarda biraz bilinçlenme ile tesis kurulumunda ön araştırmalar yapılmaya başlanmıştır (DPT 2001).

Kömürün değerlendirilmesinde izlenecek yolun seçimi en önemli aşamadır. Kömür özellikleri, kömürün olası kullanım alanındaki beklentiler, kömüre uygulanacak prosesin seçimi açısından yol göstericidir. Şekil 3'te 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 (Kemal ve Arslan, 1999).

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 kurutmada eklenmek gerekirse, o zaman toz kömür hazırlama maliyetleri daha da yükselmektedir.



Şekil 3. Kömür değerlendirmenin aşamaları

Kömür hazırlamaya karar verirken cevap verilmesi gereken bazı sorular vardır. Kömür hangi miktara kadar, dolayısıyla da hangi kül oranına kadar kazanılacaktır? Maliyetler ne olacaktır? Yatırımcı bundan ne fayda sağlayacaktır? Bu sorular cevaplandırılırken, aynı zamanda uygun aygıt kullanımı da önemlidir. Kullanılan aygıtlardan beklenen faydanın alınabilmesi için;

-Ayırım net olmalıdır, böylece kömür kaybı minimum, verim yüksek ve kömür kalitesi en iyi olabilir.

-Devre tertibi basit olmalıdır. Basitlik, yatırım kapitali ve bakım giderlerinin az olmasını sağlar ve devre kontrolünü kolaylaştırır.

- Kontrolü kolay olmalı ve işletmeci çalışma şartlarını kolay ayarlayabilmelidir.

- Kömür inhomojen yapılı olduğundan, besleme malı özelliklerindeki değişime kolay adapte olabilmelidir.

- Kömür damarındaki fiziksel özellik değişimleri, üretim şartlarına bağlı etkenler vs sonucunda, tüvenan kömür tane iriliği dağılımında büyük değişimler meydan gelebilmektedir. Tesis bu değişimlere verim kaybı olmadan adapte olabilmelidir (Fonseca, ...).

Yıkama tesisinde yukarıda sayılan durumlarla devamlı karşılaşıldığı için modern bir kömür hazırlama tesisinde genelde otomatik kontrol ekipmanları kullanılarak, verim ve ürün kalitesi maksimum da tutulmaya çalışılmaktadır. Bunlara ilaveten tesisteki ekipmanların imalinde kullanılan malzeme nitelikleri de tesis verimliliği ve bakım süreçleri açısından önemlidir. Günümüzde aşınmanın çok olduğu bölgelerin aşınmaya dayanıklı özel malzemelerle kaplanması ile bu sorunlar da kolaylıkla halledilebilmektedir.

Buradan görüldüğü gibi, kömür hazırlama tesisi seçilirken ve kurulurken dikkat edilmesi gereken belli kurallar vardır.

- Öncelikle kömür özellikleri çok iyi tesbit 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.

3. TÜRKİYE'DEKİ KÖMÜR HAZIRLAMA UYGULAMALARI

3.1 Mevcut Uygulamalar

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. Taşkömürleri ve linyitler için kurulmuş olan tesisler ayrı ayrı incelenecek olursa;

Taşkömürlerinin yıkanması için 4 adet tesis kurulmuştur. İlk olarak 1957 yılında Zonguldak Merkez Lavvarı kurulmuştur. 1000 t/s kapasiteli lavvarda iri ve ince kömür jigle yıkanmakta, 0-0.5 mm fraksiyonu ise flotasyonla kazanılmaktaydı. Tesise 1975 yılında ince devre için ağır ortam siklonları ilave edilmiş, 1994 yılında da flotasyon devresi iptal edilerek toz kömür için filtrasyon tesisi kurulmuştur.

Karadon Bölgesi kömürlerinin yıkandığı Çatalağzı Lavvarı da Merkez lavvarının bir benzeri olarak kurulmuş ve Merkez Lavvarında yapılan değişiklikler bu lavvarda da gerçekleştirilmiştir.

Armutçuk Lavvarı 220 t/s kapasiteye sahiptir. Bu lavvarda iri kömürler jigde, ince kömürler sallantılı masada, toz kömürler ise flotasyonla zenginleştirilmektedir.
210 t/s kapasiteye sahip Amasra Lavvarında ise iri kömürler ağır ortam tamburunda, ince kömürler ağır ortam siklonunda, toz kömürler de flotasyonla değerlendirilmektedir (DPT 2001, TKİ 2003, Özbayoğlu 1997).

Taşkömürlerinin değerlendirilmesi için kurulmuş olan bu tesisler oldukça yıpranmış, verimleri düşmüş ve işletme giderleri artmıştır. Günümüz modern kömür yıkama yöntemleri açısından bakıldığında, bu tesislerin ömrünü doldurduğunu söylemek mümkündür. Bu tesislerin verimsizliği ürün kalitesini düşürmüş ve kok üretiminde kullanım açısından da fazla yüksek küllü ürünler üretilmek durumunda 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 tesisin, önemli oranda iyileştirme yatırımlarına ihtiyacı vardır.

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 spiralllerde kazanılmaktadır. Merkezi kontrol odasından çalıştırılabilen modern bir tesistir. Modern bir tesis olması nedeniyle verim yüksek, işçilik giderleri düşüktür. (DPT 2001, TKİ 2003, Özbayoğlu 1997).

Yukarıda bahsedilen tesisler, kamunun kendi yatımlarıdır. Bunun dışında zaman zaman muteahhit firmalara yap işlet modeliyle kömür yıkattırılmıştır. Bu tesislerden halen çalışmaya devam eden Soma'daki 600 t/s kapasiteli ağır ortam esaslı tesiste, iri kömür drewboy aygıtında, ince kömürde ağır ortam siklonunda yıkanmaktadır. Toz kömür ise sınıflandırma siklonunda şlam kömür olarak alınmaktadır. Bu tesisin Nisan 2004'te sözleşme süresi dolmaktadır. Bilindiği kadarıyla 800 t/s kapasiteli yeni bir tesis için ihaleye çıkılmıştır. Bunun dışında Tunçbilek ve Dodurga'da da bu tip uygulama yapılmıştır.

Kamu dışındaki kömür hazırlama uygulamalarında ise, basit bir kaç tesis dışında yıllarca sadece kriblaj 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 (Soma Hüstaş) 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 Hüstaş, Soma Kömürleri A.Ş., Eski Çeltek Kömür İşletmesi (müteahhit) 'nde 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 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. Bu şekilde kurulan tesislerin listesi aşağıda verilmektedir. (DPT 2001, TKİ 2003, Özbayoğlu 1997, Küçük 2003).

Çizelge 1. Türkiye'deki mevcut kömür yıkama tesisleri.

Tesis	Kuruluş	Kapasite t/s	İri Devre	İnce Devre	Toz
Zonguldak Merkez	1957	1000	Jig	Jig	Filtrasyon
Çatalağzı		1000	Jig	Jig	Filtrasyon
Armutçuk		220	Jig	Sallantılı masa	Filtrasyon
Amasra		210	Ağır ortam tamburu	Ağır ort. siklonu	Flotasyon
Tunçbilek	1957	700	Ağır ortam tamburu	Ağır ort. siklonu	Siklon-elek
Tunçbilek Ömerler	1993	600	Ağır ortam teknesi	Ağır ort. siklonu	Humprey spirali
Soma (Müteahhit)	1994	600	Drewboy	Ağır ort.siklonu	Hidrosiklon
Çayırhan		4x150	Drewboy	-	
Hüstaş		300	Ağır Ortam	Ağır ort. siklonu	
Soma Kömü. A.Ş.		100	Ağır Ortam		Humprey Spirali
Eski Çeltek	2003	175	Drewboy	Ağır ort. siklonu	
Yeni Çeltek		50	Ağır ortam tamburu		Pres filtre
Deka (Zonguldak-Gelik)		175	Drewboy	Ağır ortam siklonu	
Dodurga		75	Drewboy	Ağır ort. siklonu	
Aydın Linyit		100	2 Ad. Jig		
Tekirdağ Malkara (En.Market)		20	Baum (0-30 mm)		
Milten A.Ş.			5 Ad. Bendelari Jig (6-80 mm)		
Söke Şekerler Madencilik		20	Baum (10-80)		
Tuncerler (Tunçbilek)		50	Ağır ortam tamburu		
Soma (Buruyar Mad.)		50	Ağır ortam tamburu		
Balıkesir- Dursunbey			Ağır ortam tamburu		
Denizli-Kale		50	Ağır ortam tamburu		

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi, ülkemizdeki madencilik sektörü üzerindeki tüm olumsuzluklara rağmen, küçük kapasitelerle de olsa kömür hazırlama konusunda oldukça yol alınmaya başlanmıştır. Ancak kömür hazırlama ve zenginleştirme konusunda, yurt dışındaki uygulamalarla kıyaslandığında önemli eksiklerimiz olduğu da açıktır.

En önemli sorunların başında yetişmiş eleman eksikliği gelmektedir. Kömür hazırlamanın teorik ve pratik uygulama konularında yeterli bilgi birikimi oluşamamıştır. Bunun sonucu olarak ta, kömür özelliği, aygıt performansı ve yıkama verimi üzerinde zaman zaman yapılmış olan akademik çalışmalar dışında pek durulmadığı görülmüştür. Burada Tunçbilek lavvarını ayırmak gerekmektedir. 1980 li yıllardan beri devamlı performans etütleri yapılmaktadır.

Performans etüdlerinin yapılmaması, giren kömür özellikleri ve ürün özellikleri arasında bağıntıların araştırılmaması, optimizasyon çalışmalarının yapılmamasına neden olmakta ve rantabıl bir kömür yıkama operasyonunun sağlanamaması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bunun sonucunda da yıkama verimi düşük olmakta, özellikle çok miktarda ince kömür kaybı meydana gelmekte ve gereksiz maliyet artışları olmaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülke kaynaklarının ekonomiye kazandırılması ve enerjide dışa bağımlılığın daha da artmaması için kısa vadede izlenebilecek en doğru yol kömür kaynaklarının geliştirme çalışmalarının sürdürülmesi ve mevcut kaynakların da doğru bir şekilde değerlendirilmesinin sağlanması gerekmektedir. Kaynakların geliştirilmesi ülke politikası olarak hayata geçirilmesi gereken büyük boyutlu bir projedir. Mevcut kaynakların optimal değerlendirilmesi için kısa vade ve uzun vadede atılacak adımlar vardır.

Bu adımlardan önce yaşanan sorunları irdelemekte yarar vardır.

- Kömür hazırlama, yıkama ve biriketleme proseslerinden birini veya bunların çeşitli kombinasyonlarını seçmeden önce kömür özellikleri çok iyi tesbit edilmelidir. Bir kömürde başarılı olan bir uygulamanın başka bir kömürde de başarılı olması şartı yoktur. Uygulamada en çok gözden kaçan ve hatalı tercihler yapılmasına yol açan bir durumdur.
- Ülkemizde bol miktarda bulunan genç kömürlerin değerlendirilmesinde yaş yıkama yöntemi tercih edilebilmektedir. Yaş yöntem genç kömürlerin çoğu için uygun bir yöntem değildir. Yıkama sonuçlarının hesaplanmasında kömürün yıkama ile bünyesine alacağı nem çoğunlukla dikkate alınmadığından, hedeflenen ısı değerlerine ulaşılamamaktadır. Ayrıca, nemin kömür bünyesine girmesiyle kömürde parçalanma da artmaktadır.
- Küçük kapasiteli işletmelerde çoğunlukla yeteri kadar numune alınıp inceleme yapılmadan, üretime bağlı olarak belli kapasitelerde tesisler kurulmaktadır. Burada, kömür özelliklerinden kaynaklanan performans düşmeleri, performans etüdleri ile tesbit edilmediğinden, ürün kalitesinde ve verimde meydana gelen değişimler takip edilememekte, buna bağlı olarakta maliyetlerde oluşan etkileşim oranları bilinmemektedir.
- Yıkama tesislerinde genelde yıkama konusunda yetişmiş, kömür özellikleri ve yıkama şartları ilişkisini iyi bilen, yıkama aygıtı özelliklerini ve ayarlama şartlarını iyi bilen teknik personel bulunmamaktadır. Çoğunlukla yıkama işlemine mekanik bir düzenek gözüyle bakılmakta ve mekanik olarak sürekli çalışabilir olmasına dikkat edilmektedir.
- Yıkama tesislerinin çoğunluğunda sürekli performans etüdleri yapılmamaktadır. Bunun yapılmasının sağlanması için bazı yatırımlar gerekmektedir. Üretime doğrudan etkisi sayısal olarak görülmemesi ve sadece bir gider kaynağı gibi algılanması, işletme sahiplerinin bu olaya soğuk bakmasına neden olmaktadır.
- Kükürt içeriği yüksek olan kömürlerin, yıkama işlemiyle de sorunları çözülememektedir. Bu nedenle de sadece küçük kapasitelerle ve oldukça sınırlı bir tüketim alanına hitap edilebilmektedir.
- Yumuşak linyit sınıfına giren, yaş yöntemle değerlendirmeye müsait olmayan kömürler, ısı değerleri düşük olduğu için, çok yakın mesafelerdeki tüketicilere ve dolayısıyla da oldukça düşük kapasitelerle üretime mahkum kalmaktadırlar.

Bu sorunları daha da detaylandırmak mümkündür. En genel anlamda bu şekilde özetlenebilen sorunlara kısa vadede getirilmesi gereken çözümleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

- Gerek ev yakıtı, gerekse de sanayi yakıtı olsun, hiç bir şekilde tüvenan kömür kullanımı olmamalıdır.
- Sert linyit ve taşkömürlerinin değerlendirilmesinde kömür özelliklerine uygun yıkama teknolojileri seçilmeli, üretim/rezerv oranı optimizasyonu yapılmalı ve buna göre yıkama tesisi kapasiteleri seçilmelidir.
- Kömür yıkama tesisi kurulmasına karar verilmeden önce, kömür yatağı içerisindeki kömür özellikleri iyi tesbit edilmeli, varsa farklı kalitelerdeki damar/seviye kömürleri ayrı ayrı, rezervdeki oranları da dikkate alınarak etüd edilmelidir.
- Kömür yıkama tesisi kurulmasına karar verildikten sonra, hangi aygıtın kullanılacağına karar verirken muhakkak kömür özellikleri dikkate alınmalı, başka bir tesiste başarılı olma kıstas olmamalıdır.
- Kömür yıkama tesisinde sürekli performans etüdleri yapılmalı, bu etüdlerle birlikte, kömür özellikleri, çalışma şartları vb tüm bilgiler kaydedilerek, performans optimizasyonu yapılırken, üretim maliyetlerine etken olan kalemlerinde dökümü yapılmalı, maliyet-verim-ürün kalitesi optimizasyonu sağlanmalıdır.
- İyi bir performans ölçümü için bilinçli bir ekip, ve uygun numune alma şartları oluşturulmalı, büyük kapasiteli tesislerde ise mümkün olduğunca, ölçümlerde otomasyona gidilmelidir.
- Yüksek kükürt içeriği nedeniyle yıkama işlemiyle de sorunu çözülemeyen kömürler için, uygun kömürlerle harmanlanarak biriketleme yoluna gidilmelidir. Hatta bu amaç için, düşük kükürt oranına sahip, düşük uçuculu ithal kömür kullanımı en uygun yol olabilir. Bu sayede ithal kömür yerine belli bir oranda yerli ve sorunlu kömürün kullanımı da mümkün olacaktır.
- Yumuşak linyit sınıfına giren kömürlerin yaş yöntemle yıkanması yoluna gidilmemeli, bu tür kömürlerin maliyeti yüksek, küçük kapasitelerle değil büyük kapasitelerle değerlendirilebileceği yollar izlenmelidir. Bu sayede, kuru zenginleştirme yöntemleri de ekonomik olarak devreye girebilecektir. Yurt dışında kuru zenginleştirme yöntemi, özellikle güç santrallarında maliyetleri düşürmek için, basitçe de olsa uygulanmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde de düşük kalorili kömürlerin, güç santralarında kullanımı yolu izlenmeli ve burada uygun hazırlama metodları devreye sokulmalıdır.
- Küçük rezervli, düşük kalorili kömürlerde güç santralı uygulaması, bölgesel kojenerasyon esaslı, 20-100 MW arasında güce sahip tesisler olarak düşünülmelidir.

Sonuç olarak, enerji ihtiyacımızı karşılamada önemli bir potansiyele sahip kömür kaynaklarımızın mevcut ve olası varlığı öncelik beklemektedir. Kendi öz varlığımız sorunlu diye bir yana itip, doğal gaza, petrole güvenerek gelişmemizi sürdüremeyiz ve daha da önemlisi enerjide bağımsız ve güçlü olamayız. Bu şekilde kömürlerimiz az, sorunlu vb söylemlerle şikayet devam eder. Halbuki şükretmeliyiz ki, kömür kaynaklarımız var.

5. KAYNAKLAR

Bevan, D.J., (1953) The Jig Washing of Coal with Particular Reference to the Baum System, *a thesis for the Bachelor of Science, University of Birmingham.*

DPT (2001) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu Ankara.

Fonseca, A, G., ( )*The challenge of coal preparation,* www.concentrators.net/pdf/tccp.pdf

Kemal M. ve Arslan V. (1999) Kömür Teknolojisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:33,* İzmir..

Küçük R. (2003) Kişisel görüşme, Aralık.

Leonard, J. W. (1991) Coal Preparation, *Society for Mining, Metallurgy and Exploaration, Inc,* Littleton, Colarado.

Mimuroto, Y.(2001) The Role of Coal in Energy Security, IEEJ, November.

Nakoman, E. (1997) Türkiye'nin kömür arama hedefleri ve yöntemleri, *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri IV,* TKİ Çayırhan Tesisleri, 14-15 Kasım.

Osborne, D.G. (1988) Coal Preparation Technology, *Volume 1, Graham & Trotman Ltd.*

Özbayoğlu G. ve Bilgen S. (1997) Türkiye'deki kömür yıkama tesisleri, *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri IV,* TKİ Çayırhan Tesisleri, 14-15 Kasım.

Rohde, P. (1999) What could shape-up as biggest suprise to influence the future demand for coal, *The Future Role of Coal, Coal Advisory Board Meeting Report.*

Subpart Y. (1998) Developed By: *Stationary Sources Branch, Air Pollution Control Division,* Cherry Creek Drive South Denver, Colorado 80222.

Topping, J.C. (2001) A Future Powered by Coal, 18 April.

Tsuchikawa, T. (1999) How coal is positioned in the energy mix in Asia, *The Future Role of Coal, Coal Advisory Board Meeting Report.*

TÜSİAD (1998) *21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejilerinin Değerlendirilmesi,* Aralık.

Wilhelm, R.E. (1999) The challenge of coal techology transfer, *The Future Role of Coal, Coal Advisory Board Meeting Report.*

www.energy.gov.tr

------ ( ) *Inspector's guidance manual,* Coal preparation plants, 40 CFR Part 60

------ (1996) *Clean Energy Technologies for the Americas,* Final Report, Hemispheric Energy Symposium, December.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÜTAHYA-DEĞİRMİSAZ -0.5 mm LİNYİT KÖMÜRÜNÜN MODİFİYE FLOTASYON HÜCRESİNDE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

PROCESSING of KUTAHYA-DEGIRMISAZ -0.5 mm LIGNITE COAL by MODIFIED FLOTATION CELL

İsmail BENTLİ, *Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Merkez Kampüs, Kütahya*
Muammer KAYA, *Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Meşelik, Eskişehir*

ÖZET

Değirmisaz Kömür İşletmeleri A.Ş. hava kirliliği standartları nedeniyle ince boyutlu kömürü (-0.5 mm) stoklamak zorunda kalmıştır. Bu çalışma, Değirmisaz Kömür İşletmeleri 0.5 mm altı linyitlerinin flotasyonla safsızlıklarını azaltarak sanayi yakıtı olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır. Modifiye hücrede gerçekleştirilen flotasyon sonucunda %48.48 kül, %2.05 yanabilir kükürt ve 3531 kcal/kg alt ısıl değere sahip olan Değirmisaz Kömür İşletmeleri 0.5 mm altı linyit kömüründen %27.26 kül, %2.19 yanabilir kükürt, 5118 kcal/kg alt ısıl değere sahip lave kömür %81.09 yanabilir verimle kazanılmıştır. Flotasyonla elde edilen lave kömürün beslemeye göre her 1000 kcal başına kükürt miktarı %0.58 S'den %0.43 S'e düşürülmüştür.

ABSTRACT

Değirmisaz Coal Works can not sell its –0.5 mm fine coal due to high sulphur content which creates air pollution. The objective of this study was to evaluate the flotation performance of –0.5 mm Değirmisaz Coals for industrial use. Laboratory flotation tests were performed batch wise in a modified Denver flotation cell. The coal samples contains 48.48% ash, 2.05% combustible sulphur and 3513 kcal/kg calorific value. Under optimum flotation conditions, the ash content decreased to 27.26% and calorific value increased up to 5118 kcal/kg at a slightly higher sulphur content (2.19%). The coal recovery was 81.09%. But the combustible sulphur content per 1000 kcal decreased from 0.58% to 0.43% with flotation.

1. GİRİŞ

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 (Kemal, 1984). 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 (Güney vd., 1997). 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 (Önal, 1991; Kemal, 1999).

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 (Yamık ve Bentli, 1999).

Tuvenan kömürün büyük kısmının gravite konsantrasyonu ile değerlendirildiği bilinmektedir. Dünya çapında hazırlama tesisine beslenen kömürün %0-40 arasındaki miktarı flotasyon işlemine tabi tutulurken, ABD'de bu değer yaklaşık %10 kadardır. Kabaca yeni tesislerin çoğu akış şemalarına flotasyonu katarken ABD'de kömür hazırlama tesislerinin %50'sinde yine flotasyon uygulanmaktadır (Aplan ve Arnold 1991). Flotasyon sadece modern tesislerde doğal olarak oluşan ve kırıcılarda meydana gelen ince taneli kömürler için uygulanır. Bu ise tipik olarak beslenen malzemenin tamamının önce öğütüldüğü ve sonra yüzdürüldüğü cevher flotasyonuna tezat oluşturmaktadır. ABD'de yıllık yaklaşık olarak hazırlama tesisine beslenen 500 milyon ton tuvenan kömürün sadece 40 milyon tonunun (30 milyon ton temiz ürün) flotasyon devrelerine gönderildiği tahmin edilmektedir (Aplan ve Arnold 1991).

Flotasyon yöntemi günümüzde toz kömürün zenginleştirilmesinde (-0.5 mm) en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak bu boyuttaki kömür pulvarize yakıt veya briket yapılarak da kullanılabilmektedir. Kömür doğal hidrofobik (su iten) özellikte olduğundan pülpe ilave edilecek hidrokarbon yağı ve köpürtücü sayesinde kömür parçacıkları yüzeyindeki atomların yüzeyleri ince bir hidrokarbon tabakası ile kaplanır ve hava kabarcıklarına yapışarak köpükle birlikte konsantre olarak alınırlar. Flotasyon işlemi kömüre üç amaçla uygulanır (Önal ve Atak, 1991; Kaya, 1998):

- Şlam (-0.5 mm boyutlu) kömürü kazanarak kül ve kükürt oranı düşük bir ürün elde etmek,
- Lavvardan atılan ve siyah su denilen proses suyunu temizleyerek çevre kirliliğini azaltmak,
- Kömür içindeki çeşitli maseralleri ayırarak koklaşabilir bir ürün üretmektir.

Kömür türlerine göre flotasyon özelliği sırasıyla koklaşma özelliği olan orta uçuculu kömürler, düşük uçucu madde içeren taşkömürleri, yüksek uçucu madde içeren taşkömürleri, antrasitler ve linyitler şeklinde sıralanmaktadır (Kemal, 1999). Kömür

oksitlendikçe flotasyon zorlaşmaktadır. Genellikle havada kalmış ve yüzeyi okside olmuş kömürlere ters flotasyon yöntemi önerilmektedir. Kömür flotasyonun da, piriti bastırmak için pH=7-9 arasında potasyum permanganat ($KMnO_4$), potasyum bikromat ($K_2Cr_2O_7$), kalsiyum oksit CaO ve fosfat kullanıldığı bildirilmektedir (Jiang vd., 1998). Zenginleştirilecek kömürün tane boyutu, kömürün petrografik yapısı, pülpte katı oranı, ortamın pH'ı, kullanılan reaktiflerin cinsi ve miktarı, flotasyon makinesinin tipi gibi parametreler kömür flotasyonunu etkilemektedir.

Genelde ince kömürlerin yüzebilirliği üzerine yapılan çalışmalarda, optimum flotasyon tane boyutu 10 μm'nin üzeri olarak verilmiştir. 10 μm altında ise şlam nedeniyle flotasyon randımanı önemli ölçüde düşmektedir. Parçacıkların boyutu inceldikçe, elde edilen temiz kömürdeki kül miktarı artmaktadır. İnce kömür flotasyonunda, özellikle parçacık-kabarcık çarpışması ve parçacık-kabarcık yapışması, ayrıntılarıyla incelenmelidir (Polat ve Chander 1998). Kömürün tane boyutu küçüldükçe oluşan artan spesifik yüzey enerjileri, parçaların daha fazla reaktif tüketimine ve reaktiflerin seçimli olmayan adsorpsiyonlarına neden olmaktadır. Ayrıca yüksek yüzey enerjileri ve alanları nedeni ile parçaların çözünürlüğü, hidrasyonu ve oksidasyonu artmaktadır. İnce parçacıkların yüksek çözünürlüğü ise çözeltide istenmeyen safsızlıkların oluşmasına ve böylece toplayıcı-parçacık ilişkisinin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olmaktadır (Tefek, 1984).

Kömür heterojen bir madde olup yüzeyi de anizotropik bir özellik gösterir. Anizotropik yüzeyler iki kısımdan meydana gelmektedir. Birincisi Van der Walls bağların kırılmasıyla meydana gelen hidrofobik yüzeyler, ikincisi ise iyonik ve kovalent bağların kırılmasıyla meydana gelen hidrofilik (su seven) kısımlardır. Yani kömür yüzeyi hemen hemen hidrofob özelliği gösteren kısımların olduğu kadar kimyasal bağların kırılmasıyla ortaya çıkmış ve hidrofillik özellik gösteren oksit grupları ve inorganik safsızlıklar da içermektedir. Kömürün yüzeyindeki negatiflik hidrofilik özelliği gösteren bu kısımlardan ileri gelmektedir (Özbayoğlu, 1979). Kömür flotasyonunda toplayıcılar emülsiye edilmiş halde veya direkt olarak pülpe ilave edilirler. Oluşan yağ damlacıkları, kömür yüzeyini bir film şeklinde kaplayarak, yüzeyi daha hidrofobik yapar ve hava kabarcığı ile tane arasındaki adhezyon (yapışma) kuvvetini arttırırlar. Yapılan çalışmalarda, hava kabarcığı-kömür teması sağlandığında yağın üç faz temas hattı boyunca yayıldığı ve adhezyon kuvvetini arttırdığını göstermiştir. Yeni üretilen bir kömürün, oksidasyona uğramış kömürden daha iyi yüzdüğü bilinmektedir. Kömürün yüzeyinde oksitlenme neticesinde OH^- ve $COOH^-$ gibi grupların oluştuğu saptanmıştır. Normal atmosfer sıcaklığında bile havanın oksijeni kömür yüzeyini oksitleyerek flotasyon yeteneğini azaltmaktadır. Oksitlenme düşük kömürleşme dereceli kömürlerde daha fazladır. Buna bağlı olarak da, düşük kömürleşme dereceli kömürlerin (linyit, turba) flotasyon yeteneği azdır. Kömürü meydana getiren mesarallerden Vitrain çok çabuk oksitlenirken, oksitlenme özelliği fusain, durain, klarain ve vitrain doğrultusunda artmaktadır (Ateşok, 1986).

Değişik kömürlerle yapılan çalışmalarda, flotasyonun yapıldığı nötr pH'ta kömür yüzeylerinin negatif yüklü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kömür yüzeyindeki oksidasyon derecesinin artması, zeta potansiyelinin negatif değerini arttırdığı belirlenmiştir. Linyit kömürleri üzerinde yürütülen çalışmalarda ise şarjın sıfır noktasının (zpc) pH 2-5 civarında olduğu tespit edilmiştir (Özbayoğlu, 1979; Aplan

1991). Farklı hidrokarbon yağlar ve endüstriyel ölçekte kullanılan yağlarla yapılan çalışmalarda yüzey yükünün pH'a bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Mazot, fuel oil ve bunların değişik oranlardaki karışımları ile yapılan çalışmalarda karışımdaki fuel oil miktarı arttıkça şarjın sıfır noktasının daha yüksek pH değerine kaydığı tespit edilmiştir.

Bütün katılarda olduğu gibi kömürün de doğal yüzme özelliği temas açısıyla belirtilir. Genellikle yüksek kömürleşme derecesindeki kömürlerde temas açısı 10°-20° arasında değişirken, düşük kömürleşme derecelerindekilere 0°'ye kadar düşmektedir. Saf su içerisinde çeşitli kömür yüzeylerinde 20°-65° arasında değişen temas açılarının ölçüldüğü belirtilmiştir (Atak, 1982). Kömürün nem miktarı flotasyonu ters yönde etkilemektedir. Linyitten antrasite doğru gidildikçe nem miktarı azalır. Buna bağlı olarak da kömürün yüzebilme yeteneği artar. Kömürün kül miktarının flotasyon üzerine etkisi fazladır. Mineral maddeler (inorganikler) suda kolaylıkla ıslanabilir özellik gösterdiklerinden, kömürün kül miktarı arttıkça doğal yüzebilirlik ve temas açısı azalır (Ateşok, 1986).

Flotasyon pülpünde kömür taneleriyle yağ damlacıklarının birbiriyle etkileşimi çarpışma yoluyla olur. Çarpışma olayının olması ve bunun sonucunda kömür taneleriyle yağ damlacığının adhezyonunun sağlanması, kömür yüzeyi üzerinde hidrofobik bir film oluşması için yeterli koşul değildir. Bunun için yağ damlacığı veya damlacıklarının kömür yüzeyi üzerinde yayılması gerekmektedir. Aksi taktirde yüzebilirlik çok düşük olmaktadır (Moxon, 1987). İyi bir flotasyon işlemi için gerekli koşullar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çok iyi emülsiye edilmiş yağ,
- Partikül-yağ damlacığı çarpışmasının arttırılması,
- Yağ damlacığı ve kömür taneleri arasında oldukça düşük elektriksel itme enerjisi,
- İyi bir difüzyon işlemi için yağların yüzey ve su ile olan arayüzey geriliminin yeterince düşük olması,
- Yağ viskozitesinin, emülsiyon ve yüzey yayılmasının kolaylıkla olduğu ancak por (gözenek) doldurma eğiliminin arttığı değere kadar düşürülmesi gibi özelliklerdir. Bu özelliklerin değişik yağların belli karışımlarda bulunduğu belirtilmektedir (Cebeci,1996; Ghiani vd., 1989).

Kömürden piritik kükürt ve külün azaltılması amacıyla pervane hızının, hava miktarının ve köpürtücü miktarının düşük olması gerektiği, flotasyon devrelerinin uzunluk ve hacimce uygun bir şekilde düzenlenmesi ve buna bağlı olarak köpük yüksekliğinin iyi ayarlanması gerektiği bildirilmektedir (Aplan, 1991; Morris, 1988; Roberts, 1982). Bu çalışmada etkili bir kömür flotasyonu için, ince kömür flotasyonuna uygun bir modifiye (değiştirilmiş) hücrede Kütahya-Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürünün külünün ve kükürdünün flotasyonla azaltılması amaçlanmıştır.

Ülkemiz çeşitli kömürlerinden piritik kükürt ve külün flotasyonla uzaklaştırılması konusunda bir çok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar piritin bastırılıp, kömürün yüzdürülmesi (düz flotasyon) veya kömürün bastırılıp (ters flotasyon) piritin yüzdürülmesi esasına dayanmaktadır. Bazen her iki yöntemde bir arada kullanılmıştır. Flotasyon yöntemi gravite, biyolojik vd yöntemlerle beraber de kullanılmıştır. Önal ve Acarkan (1988) Gediz kömürlerinin zenginleştirilmesi çalışmasında ağır ortam+ flotasyon ve jig+sallantılı masa+flotasyon yöntemleri kombinasyonu denemişlerdir.

Sarıkaya ve Özbayoğlu'nun (1984) Erzurum Aşkale linyitlerinde piritik kükürt azaltmak amacıyla iki aşamalı flotasyon gerçekleştirmiştir. Doğan (1984) ve Göktepe (2002) piritik kükürdü bakteri liçi+flotasyon ile azaltmaya çalışmıştır. Özbayoğlu ve Mamurekli (1988) Zonguldak merkez lavvarı –50 +18 mm jig konsantresi kullanarak flotasyonla süper temiz taşkömürü üretmeye çalışmışlardır. Demirel'in (1988) Çayırhan linyitleri üzerinde flotasyonla piritik kükürtün azaltılması üzerine ayrıntılı çalışmaları vardır. Kaytaz'ın (1988) Amasra havzasındaki taşkömürlerini flotasyon ile zenginleştirmiştir. Deniz vd (1996) Denizli-Çivril kömürlerinin flotasyon yöntemi ile piritik kükürdün azaltılmasına çalışmıştır. Ünlü ve Doğan'ın (1986) Armutçuk şlam numunesi üzerine flotasyon, Dalahmetoğlu (1994) Zonguldak toz kömürü, Yamık ve Tosun'un (1994) Seyitömer kömürleri ve Sarı (1995) ise Denizli-Çivril kömürleri ile kolon flotasyonu çalışmaları yapmışlardır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme ve Yöntem

Değirmisaz Kömür İşletmeleri A.Ş. Kütahya'nın 50 km güneybatısında bulunan ülkemizin ilk sert linyit çıkarıldığı işletmesidir. Değirmisaz Kömür İşletmeleri'nde iri boyutlu kömür (+10 mm) ağır ortam tamburu ile +0.5 mm boyutlu linyit spiral klasifikatörlerde zenginleştirilmektedir. Toz -0.5 mm boyutlu linyit ise genellikle çimento, şeker ve tuğla fabrikalarında yakıt olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda çevre bilincinin gelişmesine paralel olarak hava kirliliğinin azaltılması amacıyla sınırlamalar getirilmiş ve bu kömürlerin satışı mümkün olmamıştır.

Değirmisaz Kömür İşletmeleri lavvarında spiral klasifikatörlerde değerlendirilen –0.5 mm boyutlu linyit kömür numunesi stok sahasından alınmıştır. Deneylerde kullanılan Değirmisaz –0.5 mm linyit kömürlerinin kuru kömüre bazına göre kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Değirmisaz –0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kimyasal analiz sonuçları.

	Yanabilir Kükürt (%)	Toplam Kükürt (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Alt Kalori Değ. (kcal/kg)	Üst Kalori Değ. (kcal/kg)
-0.5 mm linyit	2.05	2.26	48.48	23.98	27.54	3531	3679

Kükürt ve kül gibi safsızlıkların azaltılması ve modern kömür yıkama tesislerinde ince kömüre uygulanan flotasyon nedenleriyle Değirmisaz –0.5 mm boyutlu linyit kömürüne modifiye edilmiş hücrede alkali ortamda flotasyon yapılmasına karar verilmiştir (Bentli, 2000). Flotasyon deneyleri laboratuvar tip Denver flotasyon makinesinde gerçekleştirilmiştir. Modifiye hücre Denver 5L hücresine benzer olarak karşılıklı kenarlarının kesiti 15 cm'dir ve boyu ise yerden 30 cm uzatılmıştır. Bu şekilde hem derin bir pülp-köpük bölgesi ve hem de sakin bir pülp-köpük arayüzeyi meydana getirilmiştir. Ayrıca etkili bir karıştırma sağlamak amacıyla kanatlı pervane ve kontrollü hava vermek amacıyla da flowmetre kullanılmıştır.

2.2 Flotasyon Deneyleri

Değirmisaz Kömür İşletmelerinden alınan –0.5 mm boyutlu linyit üzerinde yapılan ön flotasyon deneylerinde olumlu sonuçlar alınamamıştır. Bunun nedenleri araştırıldığında ise Çizelge 2'de görüldüğü gibi 0.5 mm boyut üzerinde %38.20 miktarında linyit varlığı ve –0.038 mm boyutlu şlam tanelerin olmasıdır. İri boyutlu taneler ve şlam flotasyonun gerçekleşmesini engellemektedir (Morris, 1988). Bu nedenlerden dolayı numunenin tamamı önce şlamsızlaştırılmış ve daha sonra bilyalı değirmende öğütülmüştür.

Çizelge 2. Değirmisaz Kömür İşletmeleri –0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kümülatif elek üstü analiz sonuçları.

Tane İriliği (mm)	Miktar (%)	Kül (%)	Kümülatif Elek Üstü (%)		
			Miktar	Kül	Y. Verim
+0.500	38.20	40.73	38.20	40.73	45.92
-0.500 +0.425	4.53	48.90	42.73	41.60	50.62
-0.425 +0.250	21.06	50.91	63.79	44.67	71.58
-0.250 +0.212	4.53	50.22	68.32	45.04	76.16
-0.212 +0.180	3.29	55.30	71.61	45.51	79.15
-0.180 +0.125	8.45	56.47	80.06	46.67	86.61
-0.125 +0.075	5.96	61.13	86.02	47.67	91.31
-0.075 +0.053	2.36	63.03	88.39	48.08	93.08
-0.053 +0.038	1.68	63.79	90.06	48.37	94.30
-0.038	9.94	71.76	100.00	50.70	100.00
Besleme	100.00	50.70			

Flotasyon öncesi şlamı alınan Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kül değeri %50.7'den %48.48'e düşmüştür. %2.05 yanabilir kükürt ise tüketim alanları için uygun değildir. Modifiye edilen flotasyon hücresinde kül ve kükürt safsızlıklarının azaltılması amacıyla optimum tane iriliği, katı oranı, pH, gazyağı miktarı, Na_2SiO_3 miktarı, MIBC miktarı, hava miktarı ve pervane hızı araştırılmıştır. Araştırılan parametrelerin değişim miktarları Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Flotasyon deneylerinde araştırılan parametrelerin değişim miktarları.

Parametreler	Değişim aralığı
Tane iriliği (% 80'i)	–0.400 mm, -0.360 mm, -0.300 mm, -0.240 mm, -0.200 mm
Katı oranı	%5, %10, %15, %20
pH ($Ca(OH)_2$) ile	6, 7, 8, 9, 10, 11
Gazyağı miktarı	1000, 1500, 2000, 2500 gr/t
Na_2SiO_3 miktarı	250, 500, 750, 1000 gr/t
MIBC miktarı	100, 150, 200, 250 gr/t
Hava miktarı	4, 6, 8, 10 lt/dk
Pervane hızı	800, 900, 1000, 1100 dev/dk

Değirmisaz Kömür İşletmeleri –0.5 mm linyit kömürünün modifiye hücrede flotasyon ile zenginleştirilmesi sonucu optimum flotasyon; –0.360 mm tane boyutu, pH=10, %15 katı oranı, 2000 gr/t gazyağı miktarı, 750 gr/t Na_2SiO_3, 200 gr/t MIBC, 4 lt/dk hava akış miktarı ve 1000 dev/dk pervane hızında elde edilmiştir. Flotasyon lave kömürü kuru bazda %27.26 kül, %2.19 yanabilir kükürt ve 5118 alt ısıl değere sahiptir. Her 1000 kcal için 0.581 yanabilir kükürde sahip olan Değirmisaz linyit kömürü, flotasyon sonunda 0.428 yanabilir kükürde indirilmiştir. Kükürt içeriğinin daha fazla azaltılamamasının nedeni organik kükürde bağlanabilir (Doğan vd 1991).

3. SONUÇLAR

Değirmisaz kömür işletmeleri -0.5 mm linyit kömürü üzerinde modifiye hücrede yapılan flotasyon zenginleştirmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Şlamı uzaklaştırılmış Değirmisaz Kömür İşletmeleri –0.5 mm linyit kömürü kuru bazda %48.48 kül, %2.05 yanabilir kükürt ve 3531 kcal/kg alt ısıl değere sahiptir.
- Modifiye hücrede yapılan flotasyon sonucunda –0.360 mm tane boyutu, %15 katı oranı, pH=10 (kireç ile), 2000 gr/t gazyağı miktarı, 750 gr/t Na_2SiO_3, 200 gr/t MIBC, 4 lt/dk hava akış miktarı ve 1000 dev/dk pervane hızında optimum değerler elde edilmiştir.
- Optimum flotasyon sonucunda elde edilen kül, kükürt ve kalori değerleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Optimum flotasyon sonuçları.

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Kükürt		Isıl Değer (kcal/kg)		Yanabilir Verim (%)	%S / 1000kcal
			%S	%Verimi	AID	ÜID		
Lave	57.43	27.26	2.19	61.35	5118	5278	81.09	0.428
Besleme	100.0	48.48	2.05	100.0	3531	3679	100.0	0.581

- Organik kükürt nedeniyle Değirmisaz kömüründen flotasyon yöntemi ile kükürt giderme yeterli olamamıştır. Buna rağmen külün azalmasına bağlı olarak artan kaloriye bağlı olarak 1000 kcal başına düşen %S değeri 0.581'den 0.428'e azalmaktadır.

4. KAYNAKLAR

Aplan, F.F. and Arnold, B.J. (1991) *Flotation*, Coal Preparation, Part 2: Wet Fine Particle Concentration, (Ed) Leonard, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, Colorado, 450-485.

Atak, S. (1982) *Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması*, İTÜ Maden Fak., İstanbul, 222 s.

Ateşok, G. (1986) *Kömür Hazırlama*, İTÜ Maden Fakültesi, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 190 s.

Bentli, İ. (2000) *Flotasyon Makine Tasarımı*, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 214 s.

Cebeci, Y. (1996) Endüstriyel ölçekte kullanılan yağlarla linyit kömürlerinin flotasyonu ile ilgili bir çalışma, *Cumhuriyet Üni. Müh. Fak. Maden Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, Cilt:1, Sayı:2, Sivas, s. 55-62.

Dalahmetoğlu, O. (1994) *Toz Kömürün Kolon Flotasyonu ile Zenginleştirme Koşullarının Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 103 s.

Demirel, H. (1988) Linyitlerde piritik kükürdün iki aşamalı flotasyonla temizlenmesi, *Türkiye 6.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 191-204.

Deniz, V. Kibici, Y. Yamık, A. ve Çilek, E.C. (1996) Çivril (Denizli) linyitlerinden flotasyon ile kükürdün uzaklaştırılması, *Türkiye 10.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Zonguldak, s. 93-102.

Doğan, M.Z. Özbayoğlu, G. Hiçyılmaz, C. Sarıkaya, M. ve Özcengiz, G. (1984) Bakterilerle şartlandırma ve flotasyon yöntemi ile Aşkale linyitlerindeki piritik kükürdün arıtılması, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 275-282.

Doğan, Z. Özbayoğlu, G. ve Küçükbayrak S. (1991) *Kömürün kükürdünün giderilmesi*, Kömür, (Ed) Kural, İstanbul, s. 333-356.

Ghiani, M. Carbini, P. Ciccu, R. and Satta, F. (1989) Oils as Collectors in Low-Rank Coal Flotation, *Advances in Coal and Mineral Processing Using Flotation*, (Eds.) Chander&Klimpel, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, Colorado, pp. 266-270.

Göktepe F. (2002) Kömür flotasyonunda bakteri ilavesinin piritik kükürt uzaklaştırmasına etkisi, *Türkiye 13.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 125-132.

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, Ankara, s. 85-105.

Jiang, C.L. Wang, X.H. Parekh, B.K. and Leonard, J.W. (1998) Pyrite depression by phosphates in coal flotation, *Minerals and Metal. Processing*, Vol.15, pp. 1-7.

Kaya, M. (1998) *Flotasyon El Kitabı*, Osmangazi Üni. Tekam Yayın No:TN98-2, Eskişehir, 174 s.

Kaytaz, Y. (1988) Amasra havzası taş kömürlerinin ve lavvar artığı şistlerin yıkanabilme özellikleri, *Türkiye 6.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 303-320.

Kemal, M. (1984) Türkiye linyit potansiyeli ve kullanım olanağı, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 17-31.

Kemal, M. (1999) *Kömür Teknolojisi*, Dokuz Eylül Üni. Müh.-Mim. Fak. Yayın No: 33, İzmir, 372 s.

Morris, R.M. and Matthesius, G.A. (1988) Froth flotation of coal fines: the influence of turbulence on cell performance, *Journal of South African Institute of Mineral and Metallurgy*, Vol.88, No.12, pp. 385-391.

Moxon, N.T. (1987) Insoluble Oils in Coal Flotation, The effect of surface spreading and pore penetration, *Inter Journal of Mineral Processing*, Vol.21, pp. 261-267.

Önal, G. ve Akarcan, N. (1988) Gediz kömürlerinin zenginleştirilmesi, *Türkiye 6.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 229-244.

Önal, G. ve Atak, S. (1991) Kömür hazırlama ve tesisleri, Kömür, (Ed) Kural, İstanbul, s. 236-274.

Özbayoğlu, G. (1979) Taşkömürlerin petrografik içeriklerinin doğal yüzebilirliğe etkisi, *Türkiye Mad. Bilimsel ve Teknik 6.Kongresi*, Ankara, Bl 10, s. 1-11.

Özbayoğlu, G. ve Mamurekli, M. (1988) Zonguldak kömürlerinden süper temiz kömür üretimi, *Türkiye 6.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 159-169.

Polat, H. and Chander, S. (1998) Interaction between physical and chemical variables in the flotation of low rank coals, *Minerals and Metal. Processing*, Vol.15, pp. 41-47.

Roberts, T. Firth, B.A. and Nicol, S.K. (1982) A modified Laboratory Cell for the Flotation of coal, *Int. Journal of Mineral Processing*, Vol.9, pp. 191-200.

Sarı, A. (1995) Denizli-Çivril yöresi linyit kömürlerinin kolon flotasyonu ile kükürdünün azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üni. Fen Bil. Ens.*, Isparta, 100 s.

Sarıkaya, M. ve Özbayoğlu, G. (1984) Desulphurization of Erzurum-Aşkale lignite by flotation, *4th Balkan Mineral Proccesing Congress*, İstanbul, pp. 41-51.

Tefek, M. (1984) İnce Kömür Flotasyonunda Parçacıkların Davranışları, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 261-267.

Ünlü, M. ve Doğan, H. (1986) Armutçuk şlam numunesi üzerinde flotasyon çalışmaları, *5.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Zonguldak, s. 421-432.

Yamık, A. ve Bentli, İ. (1999) Kömür kullanımına bağlı çevre sorunları, *Kütahya İli Çevre Durum Raporu*, Kütahya Valiliği İl Sağlık Müdürlü, Kütahya, s. 264-276.

Yamık, A. Tosun, İ.Y. ve Güneş, N. (1994) Kömürden külün ve kükürdün arındırılması, *9.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 201-210.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceeding of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

İTHAL VE YERLİ KÖMÜR KARIŞIMI İLE FARKLI BAĞLAYICI MADDELER KULLANILARAK ÜRETİLEN PRES KÖMÜRLER

PRODUCTION OF BRIQUETTING COAL USING MIXING OF IMPORT AND DOMESTIC COAL WITH DIFFERENT BINDER MATERIAL

Ömer ÇİNÇİNOĞLU, *Koksan Briket Kömür Sanayii, İskenderun*
Mesut ANIL ve Özen KILIÇ, *Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., 01330 Adana*

ÖZET

Son yıllarda hava kirliliğine çözüm bulmak için yoğun bir şekilde ithal kömür kullanımı teşvik edilmiştir. Gerekçe olarak da linyit kömürlerimizin genelde düşük kalorifik değerli ve yüksek kükürtlü olmaları gösterilmiştir. Bu çalışmada, kalorifik değeri düşük ve yüksek kükürtlü Şırnak linyitleri değişik oranlarda ithal linyit tozu ile karıştırılarak değişik bağlayıcı maddelerle briketlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, Şırnak linyitlerinin ithal linyitlerle belli oranlarda karıştırılarak briket üretildiğinde TSE kalitesini sağlayacağı ve evlerde soba ve kalorifer yakıtı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

ABSTRACT

Recently, usages of import coals are amply encouraged to find a remedy for the air pollution. The reasons of these are generally low calorific value and high sulphur content of Turkey lignites. In this study, Şırnak lignites, which have low calorific value and high sulphur content, were mixed import coals in vary contents adding different binder materials, then pressed for briquetting. The results of tests have shown that Şırnak lignites can be used by briquetting for fuel. The briquettes have TSE quality.

1. GİRİŞ

Türkiye kömür rezervleri içinde en büyük pay 8.26 milyar ton'luk rezervle linyitlerimize aittir. Ülkemiz linyitlerinin, yaklaşık 4.5 milyar ton'luk (%56), büyük bir bölümünün ısıl değeri 1000-1500 kcal/kg arasındadır; ısıl değeri 1500-2000 kcal/kg arasında değişen, 972 milyon ton (%12) linyit bulunmaktadır. Buna göre toplam linyitlerimizin %68'i düşük ısıl değere sahip olup, ısıl değerleri 2000 kcal/kg'ın altındadır ve yüksek kükürt içeriğine sahiptir (DPT, 2001).

Türk linyitleri kırılgan bir yapıya sahip olduğundan, üretim, hazırlama, taşıma ve depolama esnasında %30-40 oranında tozlaşmaktadır. Toz parça kömür karışımının klasik ızgaralı yakma sistemlerinde yakılması halinde toz kömürün tam bir yanmaya uğramadan hava ile sürüklenerek bacadan çıkması hem çevre kirliliği yaratmakta, hem de yenilenemeyen bir enerji kaynağının kaybına yol açmaktadır. Bu tozların nispeten iri taneli olanları ise ızgara aralarından düşerek küle karışmakta ve yanmadan sistemden uzaklaşmaktadır. Kömür tozlarının toz kömür yakma sistemlerinde değerlendirilebilmesi için briketlenerek sağlam ve tekdüze bir yakıta dönüştürülmesi gerekmektedir. Böylece kömür taneciklerinin ızgara altına düşmesine ve baca gazları ile birlikte atmosfere sürüklenmesine engel olunacağından hem kömür kaybı hem de yarattığı çevre kirliliği önlenecektir (Gürbüz Beker ve diğ., 1998).

Bağlayıcı kullanarak veya kullanmadan iki şekilde elde edilen briketlerin kalitesi, kömürün cinsine, bağlayıcının özelliklerine ve briketleme yöntemine bağlıdır. Kömürün kül ve nem oranı, tane büyüklüğü, briketleme basıncı, sıcaklığı ve süresi, bağlayıcının cinsi, miktarı ve suya dayanıklılığı briket kalitesini etkileyen başlıca faktörlerdir.

Bu çalışmada, pres kömür imalatının genel özellikleri ve bağlayıcılar incelendikten sonra, ithal, ithal+yerli kömür tozlarından üretilmiş briket kömürlerin ısıl değerleri, dayanıklılıkları çeşitli bağlayıcı maddeleriyle briketlenmesi ve kurutma süreleri incelenmiştir. Saf ithal Rus linyit kömürü tozu veya saf G. Afrika linyit kömür tozu ya da ithal linyit kömür tozları ile yerli linyit kömür tozlarının karıştırılması ile yapılan briket kömürlerinde sertlik ve kırılma olarak birbirlerine yakın sonuçlar alınmasına rağmen analiz değerlerinde (kül, uçucu madde, kükürt, kalori değeri) çok farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Yalnız yerli linyitlerin kalitesiz olması sebebi ile ithal kömürler ile belli oranlarda karıştırılarak iyileştirilmiş kömür elde etmek için yapılan briketlerde fiziksel olarak uygun standartların elde edildiği görülmüştür.

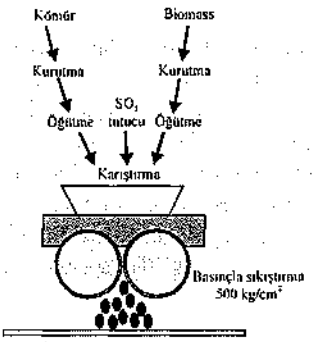
Yapılan çalışma ile, farklı bileşimlerde briketler ve bağlayıcılar kullanılarak hazırlanmış briketlerin kuruma sürelerine bağlı olarak gösterecekleri davranışlar incelenmiştir. Briketler 4-6 saat süre ile kurutulduklarında orta kuruma, 8-12 saat süre ile kurutulduklarında iyi derecede bir kuruma elde edilmiştir. 12 saat'in üzerinde yapılan kurutmalarda ise briketlerin karakteristik özelliklerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Elde edilen briketler, yerli, ithal kömürlerin bağlayıcı olarak melas ya da talloil ile briketlenmesi ile elde edilmiştir. Kükürt tutucu olarak briketlere sönmüş toz kireç ilavesi yapılmıştır.

2. BRİKETLEME VE BAĞLAYICILAR

Briketleme, toz halindeki kömürün uygun şartlarda hazırlanarak ve/veya çeşitli katkı maddeleri ile karıştırılarak bir kalıbın içerisinde preslenmesi sonucu küp, yastık, silindir veya yumurta gibi şekillerde sağlam ve kaliteli yakıt haline getirilmesi işlemidir. Kömürün briketlenmesinde başlıca iki amaç söz konusudur. Bunlardan ilki aslında yeterli ısıl değerlere sahip olduğu halde çeşitli maddelerle karıştırıp daha asil bir yakıt yapmak, ikincisi ise yeterli ısıl değere sahip olmaması, yüksek rutubet oranı dolayısıyla doğrudan evsel yakıt olarak yakılması güç olan kömürlerin kurutma yolu ile ısıl değerini artırmaktır. Briketleme sonunda kırılgan, çabuk tozlaşan, nem içeriği yüksek linyitler daha yüksek ısıl değere, daha yüksek dayanma gücüne sahip olabilmektedir.
Briketlemeden beklenen en önemli yararlar özetlenecek olursa;

- Toz haline gelen kömürün yanma sırasında ızgara altına düşmemesi için boyut büyütülmesi,
- Kullanılan katkı maddeleri ile kömürdeki kükürdün veya kükürtlü bileşiklerin yanma sırasında külde kalmasına yardımcı olarak bacadan havaya verilen emisyonlarda iyileştirme yapılabilmesi,
- Yanma sırasında tozuma sebebi ile baca gazlarıyla atmosfere atılmasının büyük ölçüde azaltılması,
- Toz kömürün stokta kendi kendine tutuşmasının önlenmesi,
- Isıl değeri düşük, nem içeriği yüksek olan kömürlerin briketleme öncesinde kurutularak ısıl değerlerinin iyileştirilmesi,
- Aynı standartta ve çevre şartlarına uygun katı yakıtların elde edilebilmesi,
- Nakliyat ve depolama kolaylığının sağlanması,
- Yığın halindeyken belli bir porozitenin sağlanması,
- Düşük kalorifik değer ve yüksek kükürt içerikli kömürlerle iyi kaliteli kömür tozlarının belli oranlarda karıştırılarak TSE standartlarının yakalanabilmesidir.

Briketleme, toz kömürün veya kırıcılardan ve eleklerden geçirilerek belli bir boyut altına indirgenmiş kömür tozunun bir veya birden fazla bağlayıcı ilavesi ile elde edilen karışımın uygun kalıplara dökülerek maksimum 2 ton/cm^2'lik bir basınçla sıkıştırılması ile üretilmektedir. Katı taneciklerin birbirleri ile kenetlenmesinde basıncın etkisi önemli olduğu için peletlemede olduğu gibi çok ince tane boyutuna gerek yoktur. Presten çıkan briketler kurutma işleminden sonra yeterli sağlamlığa erişilebilmektedir. Kömür briketlemede yapılan işlemler şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kömür briketleme işlemleri

Üretilen briketlerin kalitesinde önemli olan parametrelerden biri de içerdiği nemdir. Normal koşullarda preslenecek karışımının nemi %10-20 arasında değişir. Üretimden sonra bu rutubetin azaltılması gerekmekte olup, bu işlem ya ısısal işlemler veya açık havada ya da bir hangar altında bekletilerek yapılır. Pratikte yığın yüksekliğinin hiçbir zaman 2 m'yi geçmemesi önemlidir.

Toz kömürün briketlenmesinde kireç, jips, cam suyu ve çimento gibi inorganik maddelerle katran, dekstrin, talloil ve melas gibi organikler nötralizör ve bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bazı özel üretimlerde briket karışımına indirgeyici olarak kok tozu ilave edilmektedir (Ar, 1992; Gündüz Beker ve diğ., 1998).

Pres kömür üretiminde bağlayıcı olarak çok çeşitli maddeler kullanıla gelmiştir. İlk üretimin yapıldığı yıllarda petrol kökenli bağlayıcılar tek tek veya karışım olarak uzunca bir süre kullanılmış, ancak daha sonraki yönetmeliklerde yasaklanmıştır.
Oysa 70 °C'de %10 oranında kömür tozuna zift eklenerek 325 kg/cm^2'lik preste briketlenen kömür suya karşı oldukça dayanıklı kalmıştır (Rivkina, 1939).

1930'lu yıllarda 6 mm'ye kadar öğütülmüş kömüre %7-8 zift ve %3-4 oranında kömür çamuru katılarak düşük basınçlarda bile preslenmiştir (Koppel, 1937). Aynı şekilde koklaşmayan ve koklaşabilen kömür karışımları zift bağlayıcılar kullanılarak yine turba tipi kömürler antrasit ve katran ile karıştırılarak briketlenmiştir (Cerni, 1939; Birkenroth ve Bochanov, 1939; Groth, 1939). Petrol bazlı bağlayıcıların pres kömür üretiminde kullanılmaları daha sonraki yıllarda da sürmüştür. Linyit tipi kömürlerin içindeki rutubet, %10'un altına ininceye kadar kurutulduktan sonra ve sıcak ortamda %3-6 asfalt veya katran emilsiyonu ile karıştırılarak preslendiğinde oluşan film briketin mukavemetini artırmıştır. Linyitin koklaşabilir kömür tozu ile karıştırılarak preslenmesi zift ile mümkün olmuştur (Roberts, 1974). Koklaşmayan veya az koklaşan kömürler için %55-60 petrol zifti ve %40-45 kömür zifti karışımı 380-400 °C'de bağlayıcı olarak kullanılmıştır. (Takacs ve Szigetvari, 1978).

Petrol bazlı bağlayıcılar başka maddelerle de karıştırılarak pres kömür imalatında kullanılmıştır. Pulverize zift eşit miktarda asfalt, nişasta ve sülfit likörü ile karıştırılarak %7 oranında kömür tozuna karıştırılarak bağlayıcı olarak kullanılmıştır (Mead, 1945).
Kömür zift+mineral yağlar+alkali selüloz çözeltisi karışımı da briket bağlayıcısı olarak kullanılmıştır (Marukawa, 1948). Kömür katran veya zifti %8-15 oranında H_2SO_4 ile karıştırılarak briket bağlayıcısı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Wolf, 1942). Aynı şekilde kömür tozu (0,5-1 mm), petrol zifti (veya katranı), $Al_2(SO_4)_3$ ve Fe, Al, Si oksitleri ile karıştırılarak briketlenmiştir (Laboure ve Malzac, 1952). Yine kömür katranının %1'lik NaOH içinde çözeltisi, kok tozlar için en uygun bağlayıcı olarak kabul görmüş ve bu karışıma eklenecek $K_2Cr_2O_2$ absorblama kapasitesini artıracağı, $FeCl_3$ ise bağlayıcının yumuşama noktasını yükselterek dayanıklılığını artıracağı vurgulanmıştır (Dattiah ve Agrawal, 1976).

Bağlayıcı olarak kullanıla gelen bir başka madde bitümlü emülsiyonlardır. Kömür tozu briketlemeden önce hafif yağ, fuel-oil katran yağları ve hidrojen artığı yağlarla nemlendirilmekte ve böylece bağlayıcı kullanım oranı (katran, zift, vb.) azaltılmaktadır. Zift veya bitümlü bağlayıcılar, briketleme sırasında %7-11 oranında kullanılmasına rağmen ön nemlendirme yapıldığında %5'e kadar azaltılabilmektedir. Bu metodun bir diğer avantajı ise, kömürün nemlendirilmesi ile tozlanma kayıpları asgariye inmektedir.
Bu yöntemde nişasta, sülfit likörü gibi bağlayıcıların kullanımı yağ ile karıştırılmaları sebebi ile uygun olmamaktadır. Kömürün 0,5 mm'ye kadar ufalanması ile ton başına 2 litre fuel-oil karıştırılarak nemlendirilen ve bağlayıcı olarak da %5 oranında kömür zifti karıştırılan karışım 95 °C'ye kadar ısıtıldığında başarılı presleme sonuçları

vermiştir. 65-75 °C'de preslenen briketlerde %8 oranında zift ile bağlanan briketlerle aynı dayanıklılığı göstermesi ve yağlamanın 1-6 litre/ton arasındaki karışımın optimum şartları sağladığı görülmüştür (Jones ve diğ., 1939).

Bitümlü emilsiyonlar ile farklı karışımların da pres kömür imalatında kullanıldığı görülmektedir. Toz kömür, bitümlü materyal kurutularak öğütülmüş patates unu 70-300 °C arasında ısıtılarak preslenebilmiş ve denemeden iyi sonuç alınmıştır (Futo ve Futo, 1939). Yine petrol veya kömür bazlı alifatik ve aromatik yağların yumuşama sıcaklıkları hava ya da katalizör kullanılarak yükseltilebilmektedir. Hava yerine HNO_3, HNO_2 veya HNO_3+HNO_2 kullanılabilmiştir. Asit katalizör yerine 40 ton yağ, 160 °C'ye ısıtılarak 2,4 ton nitrobenzen eklenip ortama 400 m^3/saat hava verilerek yumuşama sıcaklıkları artırılabilmiştir (Joszko ve Koziak, 1976).

Bitümlü bağlayıcılar diğer organik ve polimerik (plastik) bağlayıcılarla karıştırılarak pres kömür imalatında kullanılmıştır. Ufalanmış kömür pulvarize katran ile karıştırılıp, eritilip preslendiğinde briket elde edilebilmektedir. Linyitler yaş ve kuru metotlarla preslenebilmektedir. Önce su ile karıştırılan linyit suda çözünen bitüm, basınç altında bağlayıcı görevi yapmaktadır. Bağlayıcı olarak suni reçine kullanıldığında briketleme süresi kısalmakta ve ısıtma işlemine gerek duyulmamaktadır. Öte yandan sülfit likörü ile düşük kalorifik değerli kömür tozu karıştırılarak ısıl işleme tabi tutulursa katrana benzer bir malzeme elde edilmektedir. Bu malzeme bağlayıcı olarak kullanılıp, birkaç yüz atmosfer basınçla briketleme yapılabilmiştir (Erasmus, 1939). Aynı şekilde odun kömürü (160 birim) acaroid (doğal reçine) 25 birim ve sülfit likörü (31 birim) karıştırılarak briket bağlayıcısı olarak kullanılmıştır (Young ve diğ., 1941). Çeşitli organik maddelerin inorganik maddelerle çeşitli oranlarda karıştırılarak bağlayıcı madde gibi kullanıldığı bilinmektedir (Giezynski, 1965; Schinzel, 1972; Fuchs ve Bahr, 1983). Petrol ve bitüm bazlı bağlayıcılar uzun süre kullanıldıktan sonra özellikle 1950'li yıllardan sonra yeni arayışlara girilmiş ve 1980'li yıllardan sonra da Çevre kanun ve yönetmeliklerinde getirilen sınırlamalar ile petrol bazlı bağlayıcıların kullanımı minimuma indirilmiştir. Yeni arayışlara başlanarak birçok deneme sonunda Tall Yağı (Talloil), selüloz xanthate, selüloz hidroksi asetat, melas, bitkisel protein nişasta gibi organik kökenli bağlayıcılar ile inorganik bağlayıcılar geliştirilmiştir.

Tall-yağı kağıt sanayiinde çıkan bir yan üründür. Bu artığın diğer bir adı da Terpak'tır. Bu bileşiğin %20-50'si sabunlanmayan, %30-70'i reçine ve yağ asitleri, %7-25'i ise oksiasitlerdir. 1,5 kg terpak (tall-yağı artığı) 70 °C'ye kadar ısıtılıp üzerine 14,5 kg toz kömür (-3 mm) ilave edilerek karıştırılan hamurdan yapılan presleme sonucu üretilmiş briketler 230 °C'de 12 saat süre ile kurutulduğunda mekanik dayanımı yüksek ve ekonomik briketler elde edilmiştir (Kotawski ve diğ., 1983).

Selülozik bağlayıcılar 50 yıldan beri bilinmektedir. 100 kg kuru toz kömür, 850 g selüloz xanthate ile karıştırılıp, klasik metotlarla briketlendiğinde oldukça sağlam briket kömür elde edilmiştir (Rathert, 1951). Pulverize olmuş alkali selüloz toz kömür ile karıştırılarak başarılı bir şekilde preslenebilmiştir (Elling, 1951). Yine toz kömüre %0,75 oranında selüloz xanthate (viscose) eklenerek sağlam briket elde edilmiş ise de bu pek ekonomik olmamıştır.

Türkiye'de şu anda en yaygın olarak kullanılan melas da çok eskiden beri kullanılmakta olan bir bağlayıcıdır. Odun kömürü, melas (400 g)+H_2O (502 g)+NH_4OH (20-40 g) karışımı 65 °C'de ısıtıldıktan sonra sağlam briketler elde edilmektedir (Atcherless, 1941). Toz boyutundaki kömür %12,5'luk melas ile önceden 84 °C'ye kadar ısıtılıp mikserde karıştırıldıktan sonra 110-200 °C'de preslendiğinde bünyesinde bulunan su ve uçucu maddeler kolaylıkla buharlaşmakta ardından sıcaklık 235-350 °C'ye çıkarıldığında sert ve sağlam briket elde edilebilmektedir (Francis, 1965).

Melasın çok yaygın olarak kullanılmasına karşılık ülkemizde diğer organik ve inorganik maddelerle değişik kompozisyonla kullanılması yaygın değildir. Çoğu ithal toz kömürlerin tek veya birden çok menşeli olarak %8-12 melas ve %3-5 söndürülmüş kireç ile mikserlerde homojenleştirildikten sonra 2 ton/cm^2'lik basınç uygulayabilen tamburlu preslerde briketlenmesi halen kullanılan en yaygın metottur. Çok yaygın olmamakla beraber melasla birlikte bazı kimyasallar belli oranda karıştırılıp, birlikte bağlayıcı olarak kullanılabilmektedir. Örneğin 0-3 mm boyutuna kadar ufalanmış kömür tozu 80 °C'ye kadar ısıtılıp %50'lik melas çözeltisi ile (%10 oranında) karıştırılıp preslendiğinde sağlam briket kömür elde edilebilmektedir. Aynı şekilde 100 birim toz kömür, 3 birim %98'lik melas çözeltisi ve %2'lik calignosülfonat ile karıştırılarak preslendiğinde sağlam briket kömür elde edilmiştir (Wundes ve diğ., 1971).

Melastan başka protein, nişasta, soya gibi yağlı bitkilerin tohumlarından ve çeşitli karbonhidratlardan çeşitli yollarla elde edilen karışımların da bağlayıcı madde olarak kullanılması mümkün olmuştur (Reitzer ve Stux, 1941; Erickson, 1944; Pasarelli, 1940). Öte yandan inorganik bağlayıcılar da kullanılmakta olup, suya ve havaya dayanıklı kalorifik değeri yüksek briket kömürler elde edilmektedir.

Önceki çalışmalardan Na_3PO_4+Na-alüminat, $ZnCl_2$ çözeltisi, jips gibi bir çok bileşiğin bağlayıcı olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır (Wunsch,1940; Bent, 1941). Su ve yağdan oluşan briket bağlayıcısına NaCl veya $CaCl_2$ ilave edilerek karışımın donma noktası düşürülerek her koşula dayanıklı briket kömür elde edilmiştir (Khotuntsev, 1957). 0-3 mm boyutuna ufalanmış briket kömürü %1-2'lik HCl ile muamele edildiğinde briketin hava şartlarına dayanıklı olması sağlanmıştır. Rutubete ve taşımaya dayanıklı, az dumanlı briket kömür elde edebilmek için bağlayıcı maddelere bazı maddelerin ilave edilmesi gerekmektedir. Bu maddelerden en yaygın kullanılanları fenoplastikler, üre reçineleri, melamin reçineleri, furfural reçineleri, doğal kauçuk, petrol reçineleri, albumin reçineleri ve ligninin kurutulması sırasında elde edilen ürünlerdir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İthal ve yerli kömür tozlarından saf veya karışık olarak üretilen briketler üzerinde katkı maddelerinin özellikleri ve briketleme sonundaki bekleme süresine göre farklı gruplar üzerinde bir dizi deneyler gerçekleştirilmiştir.

3.1 Deney Örnekleri

3.1.1 İthal Rus Linyit Tozu (Birinci Grup)

Tamamı ithal Rus Linyiti'nden ufalanmış kömür %8 melas, %5 söndürülmüş kireç, %5 rutubetli olarak 2 ton/cm^2'lik basınç altında preslenerek 6 ile 12 saat süre ile sundurma altında bekletilmiştir.

3.1.2 İthal Güney Afrika Linyit Tozu (İkinci Grup)

Bu ikinci grubun tamamı Güney Afrika linyiti olup, %5 rutubetli olarak %8 melas, %5 söndürülmüş kireç ve 2 ton/cm^2'lik merdaneli presten geçirilip, 6 ile 12 saat süre ile hangarda kurutulan pres kömürlerden deney örnekleri alınmıştır.

3.1.3 İthal Rus (%50)+Yerli (Şırnak %50) (Üçüncü Grup)

Bu grupta %50 Rus Linyit tozu ve yine %50 Şırnak-Cizre (<10 mm) linyiti, %8 melas, %5 söndürülmüş kireç ve %5 nemlendirilerek yine 2 ton/cm^2'lik basınç altında briketlenmiştir. Bu şekilde üretilen briketler 6 ile 12 saat süre ile hangar altında kurutulduktan sonra rastgele 4 adedi alınarak deney numunesi yapılmıştır.

3.1.4 Güney Afrika Linyiti (%50)+Yerli Linyit (Şırnak-Cizre %50) (Dördüncü Grup)

Bu gruplarda üretim şartlarında herhangi bir değişiklik yapılmamış yalnızca Rus Linyiti yerine Güney Afrika linyiti kullanılmıştır.

3.1.5 İthal Rus Kömür Tozu (<10 mm) ve Bağlayıcı Olarak Talloil (Beşinci Grup)

Bu grupta %5 rutubetli ithal Rus Linyit kömürü tozu %10 oranında talloil ile mikserde karıştırılarak 2 ton/cm^2'lik basınç altında preslenmiş ve daha önceki gruplara nötürleştirici olarak katılan söndürülmüş kireç katılmamıştır.

3.1.6 İthal Güney Afrika Kömür Tozu (<10 mm) ve Bağlayıcı Olarak Talloil (Altıncı Grup)

Bu defa yine kireç kullanılmadan %5 rutubet içeren İthal Güney Afrika kömür tozu (<10 mm) %10 talloil ile 2 ton/cm^2'lik basınç altında merdaneli presten geçirilerek üretim yapılmıştır. Üretilen briketler 6 ile 12 saat süre ile hangarda kurutulduktan sonra rastgele dört adet seçilerek deneylerde kullanılmıştır.

3.1.7 İthal Rus (%50)+yerli (Şırnak %50) Karışımının Talloil ile Briketlenmesi (Yedinci Grup)

Kalorifik değeri yüksek olan Rus Linyit tozu ile özellikle kükürt ve rutubeti yüksek Şırnak linyiti yarı yarıya karıştırılarak hiçbir nötralizör kullanılmadan %5 rutubet korunarak bağlayıcı olarak talloil kullanılarak briket kömür üretilmiştir. Bu örnekler de yine 6 ile 12 saat süre ile hangarda kurutulduktan sonra 4 tanesi alınarak deneylerde kullanılmıştır.

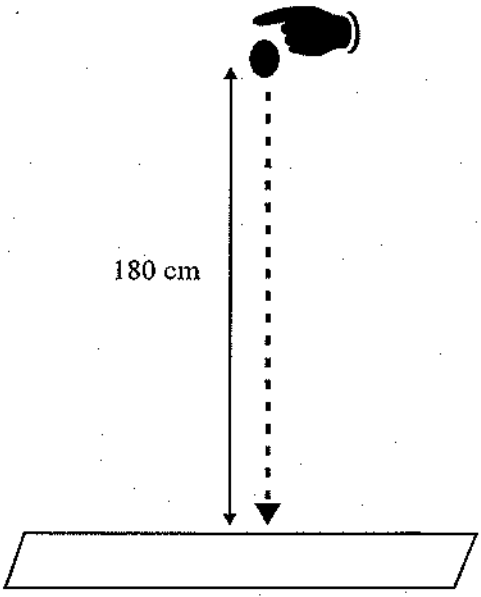
3.1.8 İthal Güney Afrika (<10 mm) Kömür Tozu ile Yerli (Şırnak %50) Karışımının Talloil ile Preslenmesi (Sekizinci Grup)

Bu gruptaki briketler yedinci grupta hazırlanan briketler ile aynı koşullarda hazırlanmış yalnızca ithal kömür olarak Güney Afrika linyiti kömürü kullanılmıştır.

3.2 Üretilen Briket Kömürler Üzerinde Gerçekleştirilen Deneyler

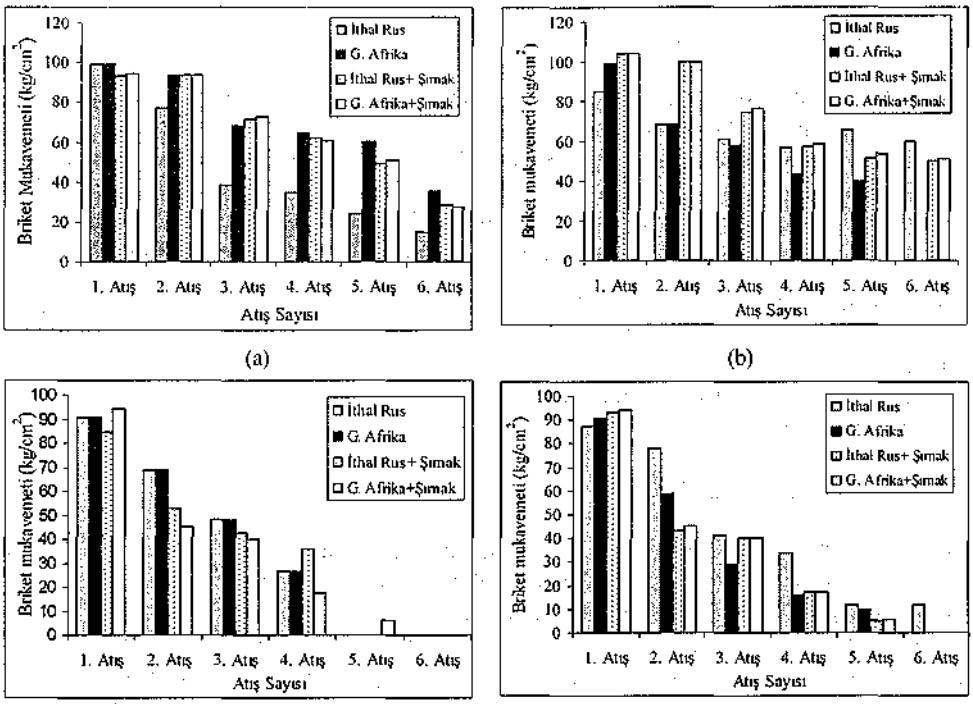
3.2.1 Shatter Testi (Düşme Sağlamlığı)

Pres kömürlerin gerek nakliyat ve depolanmalarında ve gerekse rutubete karşı dayanıklılıklarının tesbitinde önemli bir test olan Shatter Testi oldukça basit olup, çelik bir plaka üzerine 1,8 m'den bırakılan briketler ISO-R 616 standardına göre elek üstü tanımları ile ifade edilmektedir (Richards, 1990). TSE 12055 standardında verilen ve Shatter Testi'ne eşdeğer sayılabilecek test düzeneğinde briket numunesi 30x30x30 cm'lik bölüme yerleştirildikten sonra 120 cm yükseklikten düşürülmektedir. Bu işlem 6 kez tekrarlandıktan sonra elek analizi 35 mm'den iri briketler için 16, 20, 31,5, 40, 50, 63, 71 mm'lik, 35 mm'den küçük briketler içinse 5, 10, 16, 20, 25 ve 31,5 mm'lik yuvarlak göz açıklı eleklerden geçirilerek her bir elek üzerinde kalan ağırlığın yüzdesi bulunur. Briketlerin boyutu küçülüp, ağırlığı azaldıkça Shatter indeksleri artar. Shatter Testi deney düzeneği şematik olarak Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Shatter Testi deney düzeneği

İskenderun Koksan Pres Kömür Fabrikası'nda üretilen ve 3.1'de nasıl hazırlandığı belirtilen briket numuneleri üzerinde herbir gruptan 10 adet olmak üzere 6 defa atış yapılmış ve briketlerin elek analizleri yapılarak aritmetik ortalamaları, sekiz gruba ait briket numuneleri ile atış sayıları arasındaki ilişkiler grafiklerle gösterilmiştir (Şekil 3). Şekil 3.a'da melas bağlayıcısı ile yapılıp 12 saat süre ile bekletilen briketlere ait, Şekil 3.b'de talloil bağlayıcısı ile yapılıp 12 saat süre ile bekletilen briketlere ait, Şekil 3.c'de melas bağlayıcısı ile yapılıp 6 saat süre ile bekletilen briketlere ve Şekil 3.d'de ise talloil bağlayıcısı ile yapılıp 6 saat süre ile bekletilen briketlere ait Shatter Testi deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 3. Farklı briketlerin Shatter Testi sonuçlarının grafiksel durumu.

3.2.2 Kırılma Sağlamlığı Tayini

Briketlerin standartlarından biri de kırılma sağlamlığıdır. Bu deney için paralel iki levhalı hidrolik pres yeterlidir. Üzerinde ezilme ve çatlak bulunmayan rastgele seçilmiş 10 adet briket deney numunesi olarak alınarak basınca dayanım kırılma sağlamlığı TS 12055'e göre ölçülerek bulunmaktadır. Deneylerden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Üretilen briket kömürlere ait kalite değerleri.

Kömür briket Grupları	Kurutma süresi (saat)	Kırılma sağlamlığı (kg/cm²)	Suya dayanım (%)	Aşınma sağlamlığı (%)	Düşme sağlamlığı (%)
1. Grup	6	52,8	27,3	86,5	74,8
	12	57,2	29,3	89,2	78,8
2. Grup	6	63,8	30,2	87,9	76,7
	12	65,3	33,8	90,5	80,7
3. Grup	6	49,3	20,5	79,9	68,3
	12	52,3	22,4	82,9	70,4
4. Grup	6	47,1	18,5	77,8	66,9
	12	50,3	21,4	80,2	69,1
5. Grup	6	58,6	30,7	88,3	79,5
	12	60,6	32,1	91,3	81,3
6. Grup	6	64,2	34,1	92,8	83,4
	12	68,6	36,2	95,3	85,1
7. Grup	6	51,4	22,1	83,8	69,1
	12	55,2	24,2	85,5	72,6
8. Grup	6	50,2	19,5	81,7	68,3
	12	54,1	23,8	84,8	71,7

3.2.3 Suya Dayanım Tayini

Türkiye'de üretilen kömür briketlerinin en önemli dezavantajlarından biri rutubete yani suya karşı düşük dayanıklı olmasıdır. Bu dayanımı saptamak için sekiz grup halinde yapılmış briket kömürler üzerinde TS 12055'e göre Suya Dayanım Testi yapılmıştır. TS 12055'e göre yapılan bu test hidrolik pres yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Söz konusu briketlerinin suya dayanım yüzdesi TS 12055'te verilen formüle göre hesaplanmaktadır. Deneylerden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 1'de verilmiştir.

$$\text{Suya Dayanım Yüzdesi (\%)} = \frac{T_s}{T_o} \times 100 \qquad [1]$$

Burada;

T_s : Suya atılan briketlerin ortalama kırılma değeri (kgf)

T_o: Orijinal briketlerin ortalama kırılma değeri (kgf)'dir.

3.2.4 Aşınma Sağlamlığı Tayini

Briket kömürlerin taşınma ve depolanmaları sırasında ufalanmaları istenmeyen durumdur. Bu dayanıklılığı saptamak için sekiz grup halinde yapılmış briket kömürler üzerinde TS 12055'e göre Aşınma Sağlamlığı Testi yapılmıştır. Bu deneyde tambur şeklinde cihaz, 5 mm, 10 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm ve 35,5 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 71 mm'lik yuvarlak delikli elekler, kumpas ve 10 kg kapasiteli 2 gram hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 1'de verilmiştir.

3.3 Kalorifik Değerler ve Yabancı Değerler

İthal, ithal+yerli kömürlerden bağlacı olarak melas ve talloil kullanılarak üretilen briketlerin kalorifik değerleri ile yabancı değerleri Incolab Gebze ve Ç.Ü. Maden Müh. Böl. Laboratuarları'nda belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Bu değerlerde özellikle kalorifik açıdan TSE standartlarının karşılandığı ancak yabancı değerler açısından bazı sıkıntılar görüldüğü açıktır. İthal kömürlere uzunca bir süre uygulanan %12 min-%22 max uçucu madde oranları uygulandığında presleme sırasında kullanılan %8'lik melas uçucu miktarını artırmakta ve bilhassa yerli kömürlerdeki yüksek uçucu oranları sebebi ile limitin çok üzerine çıkılmaktadır. En az 10 yıl tartışılan bu durum nihayet 2003 yılı Ağustos ayında uçucu madde miktarının %30'a çıkarılması ile son bulmuştur. Böylece pres kömürlerdeki fazla uçucu madde oranı sorunu büyük ölçüde giderilmiştir. Çizelge 2'nin incelenmesinden çıkarılacak bir diğer konu da, özellikle yerli kömürlerin ithal kömürlerle karıştırılarak üretilen briket kömürlerde kül, kükürt ve bünye rutubet oranındaki fazlalıktır. Ancak Mahalli Çevre Kurulları alacakları yıllık uygulama kararlarında yerli kömürlerden üretilen pres kömürler için öngörülen 3000 kcal/kg minimum, %1,65 maksimum yanıcı kükürt ve %25 maksimum rutubet oranlarını, ithal kömürlerin karışım oranlarına göre yeniden gözden geçirmelidir. Çünkü yalnızca yerli kömürlerden pres üretimi yapılmamaktadır. Aynı şekilde bir diğer sonuç da bağlayıcı olarak melas kullanıldığında nötralizör olarak %5'lik söndürülmüş kireç kullanımının kül oranını artırdığı görülmektedir. Talloil ile preslenen briketler ve ithal kömürlerle preslenen briketlerdeki kül oranında düşmeler meydana gelmektedir. İthal+yerli kömürlerde ise bu oran biraz daha yükselmektedir. Bu durum ise tolore edilmelidir.

4. SONUÇLAR

Son yıllarda hızla artan ithal kömüre dayanan briket üretimi özellikle ekonomiklik ve çevre koşulları dikkate alındığında yerli kömürlerin de belli bir oranda ithal kömürlerle karıştırılarak preslenebileceği anlaşılmıştır. Öte yandan şu anda bağlayıcı olarak çok yaygın bir şekilde kullanılan melasın yanısıra talloilin de kullanılabileceği özellikle ithal+yerli linyitlerin briketlenmesinde avantaj sağlayacağı görülmüştür.

TSE 12055 ve Mahalli Çevre Kurullarının aldığı kararlarla ithal ve yerli kömürden üretilen pres kömürlerin fiziksel ve kimyasal içeriklerinin karşılanması bakımından yerli kömürlerin karışım oranları ithal kömürün kalitesine göre değiştirilebilir. Uzunca bir süre uçucu madde oranının maksimum %22'de tutulması gelişmeyi engellemiş ise de artık %30'a çıkarılan bu oran yerli kömürlerin kullanım alanını az da olsa genişletecektir. Pratikte ithal kömürlere her türlü başka orjinli (yerli ve yabancı) kömür tozu katılarak briketleme yapılmakta olup, teorik olarak bunun yasaklanması veya tavsiye edilmesi Türk linyitlerinin avantajına olmamıştır. Bu sebeple kaliteli ithal kömürlere daha ayrıntılı çalışmalarla belirlenecek oranlarda yerli linyit tozlarından karıştırılarak ve değişik bağlayıcılar kullanılarak üretilecek pres kömürlerin ülke ekonomisine katkı koyacağı açıktır. Bunun yolu açılmalı ve önce TSE 12055'de ithal ve yerli kömürler için öngörülen limitlere, ithal+yerli karışımı için üçüncü bir kriter getirecek ilaveler yapılmalıdır.

Çizelge 2. Pres kömürlere ait komple analiz sonuçları.

Parametre	Bileşim	Üretilen Briket Cinsi									
		Rus Linyiti		Rus Linyiti		G. Afrika Linyiti		Rus Linyiti+Şırnak		G. Afrika+Şırnak	
		10 adet	5 adet	10 adet	5 adet	5 adet	5 adet	5 adet	5 adet	5 adet	
		Melas	Talloil	Melas	Talloil	Melas	Talloil	Melas	Talloil	Melas	Talloil
Yabancı değerler (%)	Kaba rutubet	3,35	3,40	3,51	3,47	3,40	3,35	6,05	6,15	6,05	6,20
	Bünye rutubet	3,19	3,26	4,15	3,95	3,21	3,25	4,50	4,65	3,95	4,15
	Toplam rutubet	6,59	6,65	7,65	7,41	6,61	6,70	9,80	10,80	11,50	11,75
	Kuru kömürde kül	18,35	19,21	16,60	15,20	17,35	18,21	19,20	19,60	22,05	22,15
	Kuru kömürde uçucu madde	25,35	24,90	26,10	25,36	25,30	26,35	28,70	28,85	28,95	29,15
	Kuru kömürde yanıcı kükürt	0,65	0,59	0,59	0,58	0,61	0,59	0,96	0,96	0,75	0,98
	Kuru kömürde kül kükürdü	0,15	0,17	0,23	0,21	0,18	0,21	0,30	0,35	0,27	0,37
	Kuru kömürde kükürt bütünü	0,80	0,76	0,82	0,79	0,80	0,80	1,25	1,31	1,25	1,35
	Orijinal kömürde kül	17,20	17,05	14,30	14,75	15,36	17,20	17,35	17,46	4900	5050
Kalorifik değerler (Kcal/kg)	Havada kuru kömürde y. Kalori	6300	6400	6200	6300	6100	6050	5100	5250	4600	4725
	Kuru kömürde y. Kalori	6425	6510	6360	6410	6350	6200	5200	5360	4500	4610
	Kuru kömürde a. Kalori	6195	6200	6090	6150	6040	5960	4850	4995	4200	4350
	Orijinal kömürde y. Kalori	6125	6150	5940	6050	6000	5800	4650	4745	4100	4235
	Orijinal kömürde A. Kalori	6020	6050	5400	5850	5900	5600	4300	4500	4100	4235

5. KAYNAKLAR

Ar, İ. (1992) *Kireçtaşı-SO_2 reaksiyonunun kinetiği çalışmaları ve baca gazındaki SO_2'nin tutulması amacı ile sobalara uygulanması*, Doktora Tezi, Gazi Üniv. Fen Bil. Ens., Ankara.

Atcherless, J. R. (1941) *Charcoal briquets*, Australian 114, 035.

Bent, H. (1941) *Coal briquets*, Ger. 715, 064.

Birkenroth, G. and Bochanov, V.G. (1939) *Fuel briquets*; Russ. 55, 101.

Cerni, F. D. (1939) *Smokeless briquets*; 209, 954.

Dattiah, D.P. and Agrawal, B. (1976). *Binder for briquetting coke breezes*; Koks, Smola, Gaz, 21(2), Poland, 37-43.

DPT (2001) 8. 5 yıllık kalkınma planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Enerji Hammaddeler Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu, 2605-ÖİK: 616, Ankara.

Elling, H. (1951) *Cellulose xanthagenate for briquetting of the coal dust*,Ger. 809, 433.

Erasmus, E. (1939). Briquetting of Low Value Fuels; Ger. 685, 906.

Erickson, J. A. (1944) *Process of making solid fuel briquettes*, US 2, 342-349.

Francis, E.C. (1965) *Binder for fuel briquets*, Fr. 1, 384, 799.

Fuchs, A. ve Bahr, U. (1983) Cold briquetting of fine coal, Ger Offen DE3, 136, 163.

Futo, J. and Futo, A. (1939) Fuel briqets and binding agents, 514, 340, Nov. 6

Giezynski, A. and Kuharzyk, J. (1965) Briquetting of coal sludge, Poland 49, 681,

Groth, W., (1939) Coke or semicoke briquets, Fr. p 848-894

Gürbüz Beker, Ü. Kural, O. ve Dağalp (1998) Kömürün briketlenmesi, *Kömür* (Ed. Orhan KURAL), İstanbul, s 453-475.

Gürbüz Beker, Ü. Küçükbayrak, S. and Özer, A. (1998) Briquetting of Afşin-Elbistan lignite, *Fuel Processing Technology*, V. 55, p 117-127.

Jones, W.L Jones, D. C. and Duffryn, P. (1939) Improvements in or relating to the production of fuel briquets, Britain 510, 095.

Joszko, H. and Koziak., R. (1976) Binder for briquets, Poland ,77, 294.

Koppel, V. M. (1937) Briquetting waste from the coke chemical industry in the East, *Coke and Chem.* (USSR), 7, p 38-39.

Kotawski, W. Mazur, A. and Radko, W. (1983) Formed briquets of solid fuel of high mechanical stregth, Poland 116, 085.

Khotuntsev, L.L. (1957) Composition for increasing the water resistance of briquets, USSR 109, p 373.

Laboure, M. and Malzac, A. (1952) Carbonaceous binders for solid fuels; Fr. 1, 699.

Marukawa, H. (1948) Briquet Binders, Japan 177, 015 Nov . 26.

Mead, E. S. (1945) Briquets Using a Fuel-pitch Binder ; E.S.; US 2, 370, 060.

Passarelli, F. (1940) Fuel briquette and method of making same, US 2, 227, 363.

Rathert, H. (1951) Preparation of briquettes with a binding agent, Ger. 803, 597.

Reitzer, M. and Stux, S. (1941) Fuel Briquets, Hung. 127, 424.

Richards, S.R. (1990) Briquetting peat and peat coal mixtures, *Fuel Processing Technology*, Vol 25, p 175.

Rivkina, A. (1939) Heat and water resistant peat briquets No. 4-5, 37-38, Chine Industrie 42, 969.

Roberts, J. (1974) Coals for Carbonization, Coke Smokeless-fuel Age 6, 173-5,

Schinzel, W. (1972) Production of smokeless fuel by briquetting coal using sulfite liquor as a binder, Erdöel, Kohle, Endgas, Petrochem. Brennstchem, 25, 65-69.

Takacs, P. and Szigetvari, J. (1978) Pilot plant briquetting of Vietnamese coal with binders; publ. Hung . Min. Res. Inst., 21, 289-97.

TSE 12055 (1996) Kömür briketi-ev ve benzeri yerlerin ısıtmada kullanılan.

Wolf, C.S. (1942) Manufacture and carbonization of briquets; C.S.; Can. 409, 133.

Wunsch, W. (1940) Activated Fuel, Ger. 693, 469, 13.

Wundes, H. Hoffman, K. P. and Koegel, L. (1971) Weather-resistant solid fuel agglomerate, Ger. (East), 100, 971.

Young, J.K. Horn, L.G. and Steel, F.W. (1941) An improved process for the preparation of charcoal briquets, Australian 114, 378.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

SUYA DAYANIKLI BRİKET ÜRETİMİNDE YENİ BİR BAĞLAYICI : CO-POLİMER (MOWILITH©)

A NEW BINDER IN PRODUCED OF WATER RESISTANCE BRIQUETTE: CO-POLYMER (MOWILITH©)

Vedat DENİZ, Maden Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, 32260 Isparta
Bülent ÜMİT, Maden Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, 32260 Isparta

ÖZET

Son yıllarda, kömürün bünyesindeki hava kirliliğine neden olan yanar kükürdün çevre sorununa, briketleme çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Fakat, briketlerin melas kullanılarak piyasaya sürülmesi durumunda suda dağılması briketlerin kullanılmasında sorunlar yaratmaktadır. Briketlerin suya dayanıklı olması için bugün kullanımı yasak olan katran veya zift kullanımı tercih edilmekte bu da bir başka çevre kirletici olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olumsuz durumun giderilmesi için toz boyutlu ithal kömürlerde yeni bir co-polimer (Mowilith-VDM©) kökenli bağlayıcı, briket üretimi için denenmiştir. Testler sonucunda, %11'lik co-polimer bağlayıcı miktarı, 100 °C'lik kurutma sıcaklığı, 15 dakikalık kurutma süresi ve 293 kg/cm^2'lik pres basıncı ile teknolojik olarak 1. sınıf kalite suya dayanıklı briket elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

It is found that briquetting could be a solution to environmental problems associated with the burning sulfur in coal and resulting in air pollution. However, briquettes that are formed using mollasses disintegrate in water and create problems. Bitumen or asphalt, whose uses are banned today, are used illegal to provide water resistance briquetting, generating for more air pollution. In order to resolve this negative sititaion, a new binder with a co-polymer origin, Mowilith-VDM© is tested for briquetting of imported fine coals. The results of tests have shown that fist class water resistance briquette can be produced using the co-polymer binder percent of 11, dry temperature of 100 °C, dry time of 15 minute and pressure load of 293 kg/cm^2.

1. GİRİŞ

Kömürün briketlenmesinde, petrografik özellikleri ve yapısı, içerdiği bitüm, nem ve mineral madde miktarları ile tane boyu dağılımı önemli rol oynamaktadır. Ayrıca briketleme işleminde uygulanan presleme basıncı ve sıcaklığı, bunların süreleri ile katkı maddelerin miktarı ve özellikleri briket oluşumunu etkileyen faktörlerin arasında gelirler (Kemal, 1990; Beker v.d., 1998).

Briketlerde aranan özelliklerin başında mekanik sağlamlık ve suya karşı dayanım gelir. Briketlerin mekanik sağlamlıklarını ölçmek amacı ile değişik testler uygulanmaktadır. Bunlar arasında, shatter testi (düşme sağlamlığı), tek eksenli basınç testi (kırılma sağlamlığı) ve tambur testi (aşınma sağlamlığı) bulunmaktadır. Briketlerin suya dayanımları ise su dolu kap içersinde dağılma ve bünyelerine su alma özellikleri incelenerek test edilir (Ateşok, 1986; Kemal, 1990; Beker v.d., 1998).

Birinci sınıf ve ikinci sınıf briketlerde aranan özeliklerde, sırasıyla tek eksenli basınç dayanımlarının 130 kg/cm^2'den ve 100 kg/cm^2'den az olmamaları, shatter indeks değerlerinin %90'dan ve %80'den küçük olmamaları ve tambur testinde ise %20'den fazla ufalanmamaları istenir. Briketlerin suya karşı dayanımları için tam olarak bir standart olmamakla birlikte 1 saat süre içerisinde briket hacminin % 70'ini koruması yeterli kabul edilmiş veya torba içerisine konması istenmiştir (TSE 12055, 1996).

Bağlayıcılı briketleme ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır (Akgün, 1987; Saraçoğulları ve Gencer, 1990; Acarkan, v.d, 1994; Beker v.d.,1998; Deniz ve Kurt, 2001, Deniz ve Özsoy, 2002). Bu çalışmalarda, briketlerin suya dayanım özellikleri için ortaya atılan öneriler su geçirmez torbaları kullanmak olmuştur. Suya karşı dayanıklı briket üretimi ilgili yapılan briketleme çalışmalarına göz atacak olursak;

Manisa-Soma yöresi linyitlerinden katkı maddeli olarak sülfit likörü kullanılarak üretilen briketlerin ekstra olarak 320°C'de ısıl işleme tabii tutulması ile iyi kalitede briket elde edilmiştir (Sağlam v.d., 1984).

Tunçbilek linyit tozlarından amonyum nitrohumat bağlayıcı kullanılarak üretilen briketlere ısıl işlem uygulanarak suya dayanıklı briketler üretilebileceği belirlenmiştir (Yıldırım ve Özbayoğlu, 1998).

Konya-Ermenek yöresi kömürleri üzerinde 1998 yılında yapılan bir çalışmada ise sülfit likörü, katran ve melas bağlayıcıları kullanılarak testler yapılmış ve -2 mm'in altındaki örnekler ile Arşimed vidası tekniği kullanılarak başarılı sonuçların alınabileceği belirtilmiştir (Buzkan v.d., 1998).

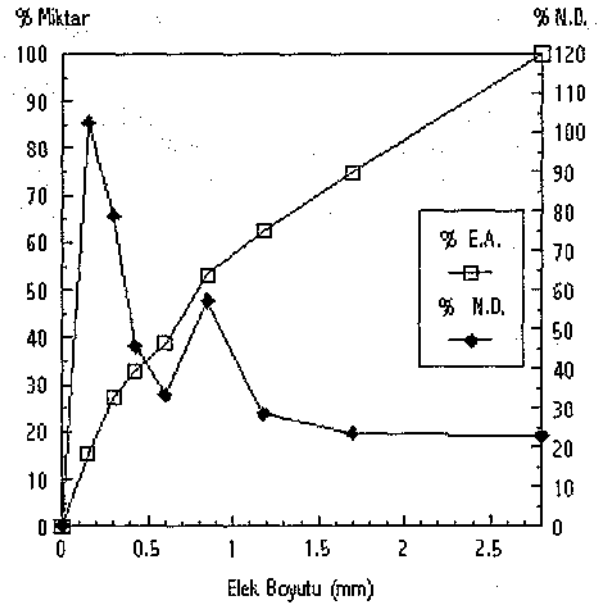
Suya dayanıklı briket üretimi özellikle son yıllarda önemli bir duruma gelmiş olup bu çalışmada yeni bir bağlayıcı olan co-polimer (Mowilith-VDM©) türü bağlayıcı ile suya dayanıklı briket üretilebilirliği araştırılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Co-polimer (Mowilith-VDM©) bağlayıcının pahalı olması sebebiyle deneyler kalori değeri ve satış değeri yüksek olan bir ithal kömür üzerinde gerçekleştirilmiştir. İthal toz kömür örneğinin kısa analiziyle kalorifik değerler Çizelge 1'de ve elek analizi ise Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan kömürün kısa analizi ve kalorifik değerleri.

Özellik	Orijinal	Kuru
Toplam Nem(%)	2.83	-----
Kül(%)	9.58	9.86
Sabit Karbon(%)	68.38	70.37
Uçucu Madde(%)	19.21	19.77
Toplam Kükürt(%)	0.92	0.95
A.I.D.(kcal/kg)	7350	7582
Ü.I.D.(kcal/kg)	7100	731



Şekil 1. Kömür örneğinin elek analizi ve normal dağılım grafiği.

Deneylerde kullanılan kömür örnekleri birer kilogram olacak şekilde hazırlanmış ve kullanılmıştır.

Briketleme testlerine malzemenin hazırlanmasında, öncelikle bağlayıcı ile % karışım oranı ayarlanmış ve mekanik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra etüv içerisinde belirli bir süre ve sıcaklıkta ısıtılmıştır. Daha sonra, pres basıncı sabit olarak ayarlanabilen briket presinde 4 cm çapında briketler oluşturulmuştur.

Her bir test grubunda 50-70 adet briket üretilmiş ve üretilen briketler üç gün bekletildikten sonra shatter indeks (4 atış yapılmış ve +1.5 cm'in üzerinde kalan kısım baz alınmıştır) ve basınç dayanımını testlerine tabii tutulmuştur. Bağlayıcının suya dayanıklı olup olmadığının belirlenmesinde su emme testi yapılmıştır.

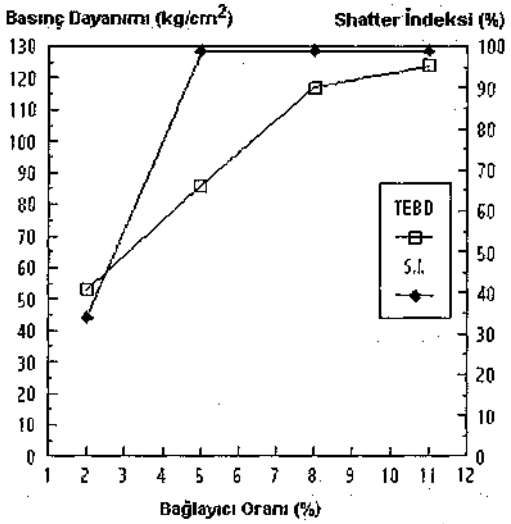
Briketleme testlerinde başta co-polimer bağlayıcı oranı olmak üzere, sırasıyla farklı pres basınçları için pres süresi, kurutma sıcaklığı, kurutma süresi, melas ile co-polimer ve kireç ile co-polimer bağlayıcı karışım oranının briket sağlamlığına ve suya karşı dayanıma olan etkisi incelenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Başlangıç briketleme şartları; parça boyutu -2.8 mm, pres süresi 3 sn, pres basıncı 147kg/cm^2 (14.7 MPa), kurutma sıcaklığı 150°C, kurutma süresi 10 dakika olarak belirlenmiştir.

3.1 Bağlayıcı Miktarı Üzerine Yapılan Testler

Bu test işleminde, suya dayanıklı olacağı varsayılmış olan co-polimer tipi bir bağlayıcı kullanılmıştır. Bağlayıcı miktarının etkisi % 2, %5, %8 ve %11 co-polimer ağırlıkça oranları için test edilmiştir. Test sonuçları Şekil 2'de görüldüğü üzere co-polimer oranı artıkça shatter indeks(SI) değerleri ve tek eksenli basınç dayanımı(TEBD) artmıştır. %11 co-polimer bağlayıcı oranından daha fazla değerler için 1. sınıf briket için istenen mekanik sağlamlıkların elde edilebileceği görülmüştür. Fakat, co-polimer bağlayıcı maliyetinin fazla olması sebebiyle, diğer testlerde %5'lik bağlayıcı oranı için diğer parametrelerin değişkenleri ile benzer mekanik sağlamlıklar elde edilmeye çalışılmıştır. Suya dayanım testlerinde ise her bağlayıcı oranda da suya dayanımlarda 1 saat'in üzerinde herhangi bir dağılma gözükmemiştir.

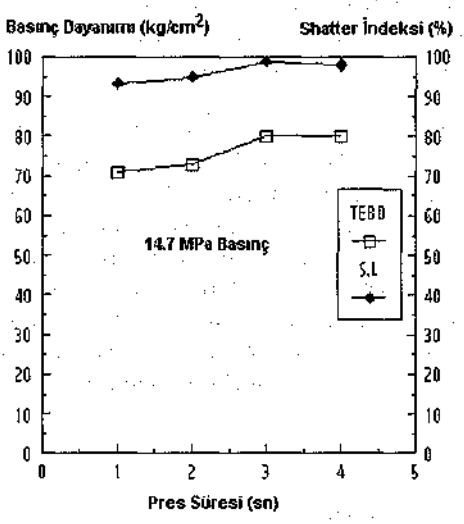


Şekil 2. Co-polimer bağlayıcı oranının shatter indeksi basınç dayanımına olan etkisi.

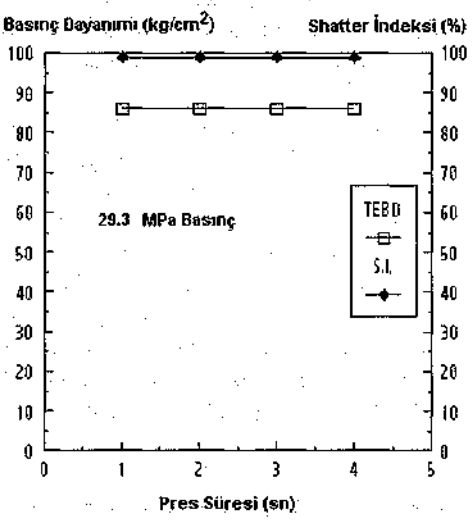
3.2 Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi Üzerine Yapılan Testler

Basınç, kömür taneleri arasındaki mesafeyi azaltarak birbirlerine yakınlaşmasını sağlamakta ve tane yüzeylerinin temasını artırmaktadır. Tanelerin kırılıp yerlerinin değişmesi sonucunda boşluklar dolmaktadır. Ancak, taneler birbirleriyle daha sıkı temas ettirilirken optimum değerin üzerine çıkılması durumunda, plastik deformasyonun geri dönüşlü olması ve briketlerin birden genleşmesi, çatlaklar oluşturarak sağlamlığını azaltmaktadır. Pres basıncının yanında pres süresinin de briket sağlamlığına etkisi vardır. Briketlerin tekrar genleşmeyecek şekilde sağlam bir hale gelebilmesi için preslemede belirli bir süreye ihtiyaç vardır. Fakat, sürenin fazla tutulması sonucu çatlaklar da oluşabilmektedir (Kemal, 1990; Beker v.d., 1998).

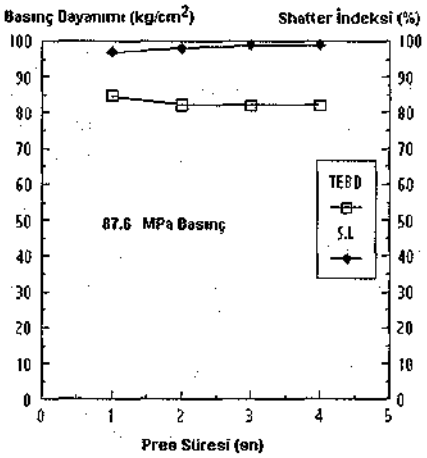
Pres basıncı ve süresinin etkisini incelemek için 14.7 MPa, 29.3 MPa, 87.6 MPa ve 146.5 MPa basınçlarda, 1 sn, 2 sn, 3 sn, ve 4 sn sürelerde briketler üretilmiş ve shatter indeksi ve basınç dayanımları ölçülmüştür. Şekil 3-6'da farklı pres basınçlarında pres süresinin etkileri gösterilmiştir. Şekil 3'de 14.7 MPa pres basıncında pres sürenin artması ile hem SI hem de TEBD'nin artığı, diğer pres basınçlarında ise sürenin fazla bir değişiklik yapmadığı, sadece Şekil 6'da gözüken en yüksek basınç olan 146.5 MPa'da pres süresinin artması ile kömürde çatlaklar oluşmuş ve SI ile TEBD'da bir düşme görülmüştür. Test sonuçlarından en uygun pres basıncı 29.3 MPa ve en uygun pres süresi 1 sn seçilmiştir. Bu seçilmiş veriler, günümüzde kullanılan merdane (roller) tip presler için uygun değerlerdir. Suya dayanım testlerinde ise herhangi bir dağılma hiçbir testte ortaya çıkmamıştır.



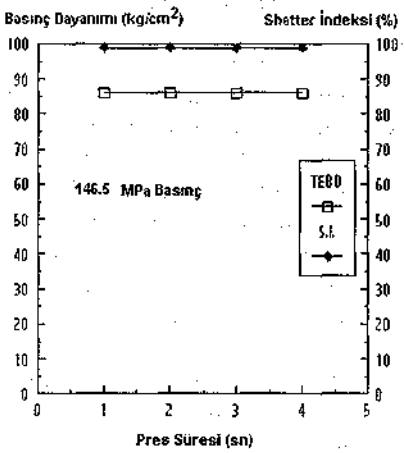
Şekil 3. 14.7 MPa basınçda pres süresinin SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 4. 29.3 MPa basınçda pres süresinin SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 5. 87.6 MPa basınçda pres süresinin SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 6. 146.5 MPa basınçda pres süresinin SI ve TEBD olan etkisi

3.3 Kurutma Sıcaklığının Etkisi Üzerine Yapılan Testler

Katkı maddeli briketleme yönteminde briket sağlamlığını etkileyen en önemli parametrelerden biri, kömürün nem miktarıdır. Nem miktarı, kömür taneleri ile katkı maddesi arasında gerekli olan ıslanmayı ve yapışmayı sağlayacağı için önemlidir. Bu nedenle kurutuculara % 15'den fazla nem içeriği ile giren kömür tanelerinin nem içeriğinin çıkışta % 2- % 5 arasında olması istenir (Beker v.d., 1998).

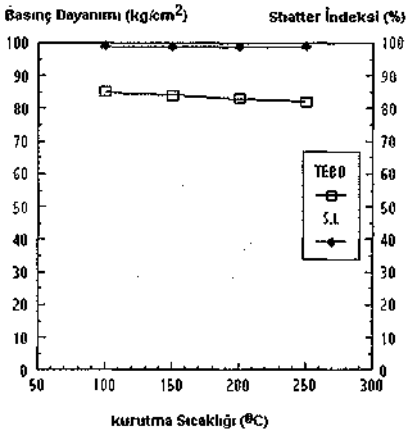
Kurutma sıcaklığı testleri 500°C'ye kadar çıkabilen bir etüvde gerçekleştirilmiştir. Testlerde, kömür örnekleri sırasıyla; 100°C, 150°C, 200°C ve 250°C'lik sıcaklıklarda kurutulmuştur. Şekil 7'de kurutma sıcaklığının shatter indeksi ve basınç dayanımı üzerine olan etkisi gösterilmiştir. Sıcaklığın artması sonucu, kömür bünyesindeki su ve co-polimerin seyrelmesinde kullanılan su içeriği azalmış ve sıcaklığın fazla artması sonucu kömür taneleri suyunu kaybederken mikro çatlaklar oluşturması üzerine shatter indeks değerleri çok az düşmüştür. Bu test grubunda, sıcaklığın mekanik dayanımı üzerinde fazla etkisi olmaması ve endüstriyel uygulama da göz önüne alınarak en uygun kurutma sıcaklığı 100°C olarak kabul edilmiştir. Suya dayanım testlerinde ise sadece 250°C'de çok az bir dağılma gözükmüştür.

3.4 Kurutma Süresinin Etkisi Üzerine Yapılan Testler

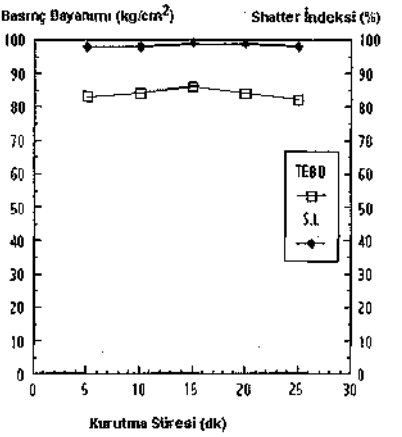
Kurutma süresi; kömürün nem içeriğinin istediğimiz orana getirilmesi için kurutma sıcaklığı gibi önemli bir parametredir.

Bu test grubunda; 5, 10, 15, 20 ve 25 dakikalık sürelerde 100°C'de testler yapılmıştır. Şekil 8'de gösterildiği üzere kurutma süresinin artmasıyla belirli bir kurutma süresine kadar (15 dakika) basınç dayanımı değerlerinde bir artış söz konusudur. Ancak, 15 dakikalık süreden sonra bir düşüş gözlenmektedir. 15 dakikalık kurutma süresi kömürün

nem içeriğinin çoğunu kaybettiği ve kömür tanelerinin birbirini tutamama sonucunu doğurmuştur. Bu test sonucunda, en uygun kurutma süresinin 15 dakika olduğu tespit edilmiştir. Suya dayanım testlerinde ise, sadece 25 dakikalık kurutma süresinde çok az bir dağılma gözlenmiştir.



Şekil 7. Kurutma sıcaklığının SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 8. Kurutma süresinin SI ve TEBD olan etkisi.

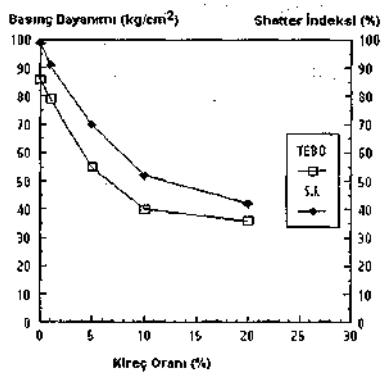
3.5 Melas Karışımın Etkisi Üzerine Yapılan Testler

Co-polimer'in pahalı olması sebebiyle briket maliyetini düşürmek amacıyla, ucuz ve yaygın kullanılan bir bağlayıcı olan melas ile karıştırılarak suya karşı dayanıklı briket eldesine çalışılmıştır. Bu amaçla, %8 co-polimer bağlayıcıya %1, %5, %10 ve %20 melas ilavesinin briketin mekanik dayanıma ve suya dayanımına etkisi araştırılmıştır. Şekil 9'da gözüktüğü üzere melas'ın briketin basınç dayanımını düşürdüğü görülmüştür.

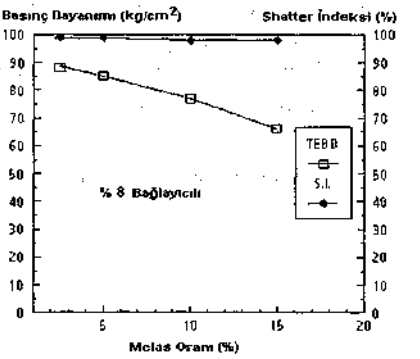
3.6 Kireç'in Etkisi Üzerine Yapılan Testler

Briketlemede kireç katkısı, özellikle yüksek kükürtlü kömürlerin yakılması ile kükürdün kül içerisinde jips halinde tutulabilme sebebiyle çok yaygın kullanımı vardır. Ayrıca, bir çok çalışmada kireç'in briket dayanımına olumlu yönde katkısı olduğu belirtilmiştir (Beker v.d., 1998). Bu amaçla kireç miktarının suya dayanıklı briket üretimine etkisi olup olamayacağı araştırılmış ve bu amaçla ağırlıkça %0, %1, %5, %10 ve %20 kireç katkılı briketler üretilmiştir.

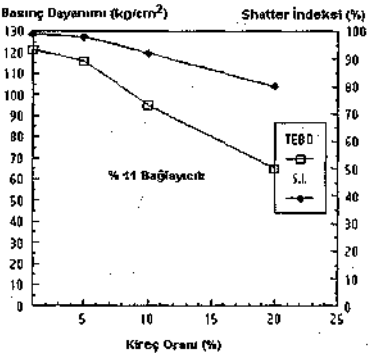
Literatürde, melas bağlayıcısı ile kireç ilavesinin briketin dayanımına olumlu etkisi, bu çalışmada ortaya çıkmamış ve Şekil 10'da görüldüğü üzere kireç katkısının %8'lik co-polimer bağlayıcı ile SI ve TEBD olumsuz yönde etkilemiştir. Bu olumsuz durumu gidermek için daha fazla co-polimer bağlayıcı (%11) ile kireç oranının %5, %10 ve %15 miktarının etkisi incelenmiştir. Şekil 11'de görüldüğü üzere, bağlayıcının arttırılması ile shatter ve basınç dayanımları önceki teste oranla daha iyi olmakla birlikte kireç miktarının olumsuz etkisi bu testlerde de ortaya çıkmıştır.



Şekil 9. %8 Co-polimer bağlayıcı ile Melas oranının SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 10. %8 Co-polimer bağlayıcı ile kireç oranının SI ve TEBD olan etkisi.



Şekil 11. %11 Co-polimer bağlayıcı ile kireç oranının SI ve TEBD olan etkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Co-polimer (Mowilith-VDM©) bağlayıcı ile hem mekanik sağlamlığı hem de suya karşı dayanıklı briket üretiminin mümkün olacağı yapılan testlerde ortaya çıkmıştır. Suya dayanım testlerinde, briketler tamamen suda olacak şekilde 2 ay süre ile bekletilmelerine rağmen herhangi bir dağılma gözlenmemiştir. Ayrıca, briketlerin sobada yakılmasında herhangi bir olumsuz durum gözlenmemiştir.

Bu amaçla yapılan deneyler sonucunda, -2.8 mm'nin altındaki malzeme boyutu için en uygun briketleme şartlarının, co-polimer bağlayıcı oranı %11'üzerinde, kurutma sıcaklığı 100 °C, kurutma süresi 15 dakika, pres süresi 1 saniye ve presleme basıncı 293 kg/cm^2 (29.3 MPa) olarak belirlenmiştir.

Bağlayıcı masrafının azaltılması için melas ve kireç ilavelerinin briket sağlamlığını olumsuz yönde etkilediği ve daha fazla co-polimer bağlayıcı ilavesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Özellikle, yüksek yanar kükürtlü kömürlerde kireç ilavesinin gerekliliğinde bu durum önem arz etmektedir. Diğer taraftan, co-polimer bağlayıcının pahalı olması diğer ucuz bağlayıcılar ile birlikte denenmesi ve maliyetlerin düşürülmesi gereği vardır.

Bu çalışma sonunda, co-polimer bağlayıcının yerli linyitlerimiz için de denenmesi ve özellikle yüksek kükürtlü linyitlerimizin ekonomiye kazandırılması bir sonraki çalışma olarak planlanmıştır.

5. KAYNAKLAR

Acarkan, N. Kural, O. Önal, G. Yıldırım, İ. ve Tuncel, Z. (1994) Çorum Bölgesi Kömürlerin Zenginleştirilme ve Briketleme Yoluyla Kükürdün Azaltılması. *Türkiye 9. Kömür Kongresi, Maden Müh. Odası*, Zonguldak, s. 331-342.

Akgün, H. (1987) Konya-Ermenek Kömürlerinin Briketlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, FBE, İTÜ.*

Ateşok, G. (1986) Kömür Hazırlama, *Güney Matbaası*, İstanbul, 191 s.

Beker, Ü.G., Kural, O., Dağalp, M. (1998) *Kömürün Briketlenmesi, Kömür Özellikleri, Teknolojisi & Çevre İlişkileri. Özgün Matbaa*, İstanbul, s. 453-475.

Buzkan, İ. Arslansan, E. ve Günay, Y. (1998) Ermenek Kömürlerinden Türkiye'de yeni bir teknik ile pilot çapta briket üretimi. *Türkiye 11. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Amasra, s. 199-208.

Deniz, V. ve Kurt, M. (2001) Kale(Denizli) Linyitleri İle İthal Kömür Tozlarının Briketlenme Olasılığının Araştırılması. *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Ankara, s. 133-138.

Deniz, V. ve Özsoy, T. (2002) Saracaova Linyit Kömür Tozlarının Briketlenmesi. *Türkiye 13. Kömür Kongresi, Maden Müh. Odası*, Zonguldak, s. 197-204.

Kemal, M. (1990) Aglomerasyon. *DEÜ. Müh.-Mim. Fak. Yayını, MM/MAD-90 EY401*, İzmir, 133 s.

Sağlam, M. Yüksel, M. Tutaş, M. ve Karaduman, M. (1984) Soma Linyit Kömürü Tozlarından Hava ve Suya Dayanıklı Briket üretimi. *Türkiye 4. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Zonguldak, s. 237-249.

Saraçoğullar, M. ve Gencer, Z. (1990) Soma ve Tunçbilek Linyitlerinin Çeşitli Bitki Saplarıyla Briketlenmesi ve Briketlerin Yanma Özelliklerinin İncelenmesi. *III. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu*,(Ed. G.Önal), İstanbul, s. 305-313.

TSE 12055 (1996) Ev ve Benzeri Yerleri Isıtmada Kullanılan Kömür Briketi.

Yıldırım, M. ve Özbayoğlu, G. (1998) Bağlayıcı Olarak Amonyum Nitrohumat İçeren Linyit Briketlerine Isıl İşlemin Etkisi. *Türkiye 11. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Amasra, s. 209-214.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

ZONGULDAK BİTÜMLÜ KÖMÜRÜNE IGEPAL CA-630'UN ADSORPSİYONU

ADSORPTION OF IGEPAL CA-630 TO ZONGULDAK BITUMINOUS COAL

Filiz AKTI, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh., 58140 Sivas
İlkay ÜNAL, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh., 58140 Sivas

ÖZET

Zonguldak bitümlü kömürüne ve aktif karbona, Igepal CA-630 yüzey aktif maddesinin adsorpsiyonu incelenmiş, adsorpsiyona; çalkalama hızının, sıcaklığın, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi belirlenmiştir. Adsorpsiyon verileri Giles adsorpsiyon modelleri bakımından değerlendirilmiştir. Kömüre düşük, aktif karbona ise yüksek çalkalama hızında adsorplanan miktarın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın artırılması ile kömüre adsorplanan miktarda düzgün bir artma ya da azalma olmamıştır. Kömürün parçacık boyutu küçüldükçe adsorpsiyon kapasitesi de artmıştır. pH'ın azalması ile adsorplanan miktar artmıştır. Ayrıca orijinal kömür, yağ aglomerasyonu tekniği ile minerali giderilmiş kömüre göre daha fazla madde adsorplamıştır.

ABSTRACT

The adsorption of Igepal CA-630 surface active agent on Zonguldak bituminous coal and active carbon was investigated and the effect of shaking speed, temperature, particle size and pH on the adsorption was determined. The adsorption data were evaluated from the point of view of Giles adsorption models. It was observed that the amount of adsorption was higher at low shaking speed for the coal, but at high shaking speed for the active carbon. No regular increase or decrease in the amount of adsorption to the coal took place by increasing the temperature. The adsorption capacity was increased by decreasing the particle size of the coal. The amount of adsorption was increased with the decrease in pH. Additionally, the original coal adsorbed more substance than the coal freed from its mineral by oil agglomeration technique.

1. GİRİŞ

Katılardaki ve içme suyundaki organik kimyasal maddeler, çevresel pek çok problemi beraberinde getirmektedir. Özellikle organik maddelerin emisyonu canlı yaşamını önemli ölçüde etkilemektedir. Güç ayrışabilen maddelerden biri olan yüzey aktif maddeler (surfaktan), pek çok endüstriyel ve ticari ürünlerde ve proseslerde genişçe kullanılmaktadır. Surfaktan uygulamaları atık su işleme tesisleri için problem yaratmakta ve çevresel kirlenmeye neden olmaktadır (Pendleton et al., 2001). Sıvı ve gaz fazlardan organik bileşiklerin adsorplanmasında çoğunlukla adsorplama kapasitesi yüksek olan aktif karbon kullanılır (Bagreev and Bandosz, 2001). Aktif karbonun çok pahalı bir madde olması nedeniyle son yıllarda pek çok düşük fiyatlı doğal maddeler, etkili fakat pahalı ticari sentetik adsorplayıcıların yerini almaktadır (Chu and Hashim, 2002). Bu nedenle doğal maddelerden (silika, kömür, katı, mineraller vb.) ve atık maddelerden (uçucu kül, pirinç kabuğu, biyogaz karışımı, silika dumanları, testere tozu, vb.) türetilmiş değişik adsorplayıcılar aktif karbonun yerine kullanılmaktadır (Mohan et al., 2002).

'Kömür temizleme' işlemi, ham kömürden mineral maddenin uzaklaştırılmasıdır. Mineral maddeleri kömürden ayırmak için, fiziksel yöntemlerden biri olan yağ aglomerasyonu kullanılmaktadır. Yağ aglomerasyonu organik ve mineral parçacıkların yüzey özelliklerindeki farka dayandırılarak yapılan ayırma tekniğidir. Bu teknik su içinde ince öğütülmüş kömür taneciklerinin bir yağ ile yüksek hızda etkileştirilmesine dayanır. Böylece hidrofobik kömür taneciklerinin kül yapıcı maddelerden ayrılması sağlanır (Capes and Germain, 1982, Garcia et al., 1998, Ünal and Aktaş, 2001).

Bu çalışmada, noniyonik yüzey aktif madde olan Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu incelenmiştir. Kömürün adsorplama kapasitesi yapay adsorplayıcı olan aktif karbon ile karşılaştırılmıştır. Adsorpsiyona; çalkalama hızının, sıcaklığın, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi incelenmiştir. Ayrıca yağ aglomerasyonu ile minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürü, orijinal kömür ile karşılaştırılmak üzere adsorpsiyonu araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Deneylerde Kullanılan Kömür ve Boyut Küçültme

Zonguldak bitümlü kömür örnekleri kırma, öğütme ve eleme işlemleri sonunda -250 μm parçacık boyutuna indirilmiştir. Parçacık boyutunun adsorpsiyona etkisini incelemek amacıyla, –250 μm parçacık boyutundaki örneklerin tekrar öğütülmesinden, -200μm, -150 μm, -106 μm, -75 μm, -63 μm, -53 μm ve -45 μm parçacık boyutunda örnekler hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan Zonguldak bitümlü kömürünün kısa analizi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Zonguldak bitümlü kömürünün kısa analizi.

Kömür	(% havada kurutulmuş temel)				(% kuru temel)			(% kuru külsüz temel)	
	Nem	Kül	UM	SC	Kül	UM	SC	UM	SC
Zonguldak	0,83	28,57	24,00	46,60	28,81	24,20	46,99	33,99	66,01

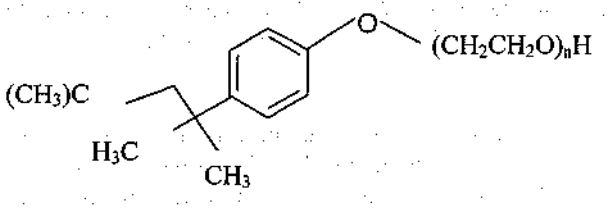
UM: uçucu madde SC: sabit karbon

2.2 Aktif Karbon

Zonguldak bitümlü kömürünün adsorpsiyon davranışlarını çok iyi bir adsorplayıcı olan aktif karbon ile karşılaştırmak üzere deneylerde toz aktif karbon (Merck) kullanılmıştır.

2.3 Adsorplanan Yüzey Aktif Madde

Adsorplanan olarak molekül ağırlığı 580,71 g/mol noniyonik yüzey aktif madde olan Igepal CA-630 (Sigma) kullanılmıştır.



Igepal CA-630 yüzey aktif maddesi (polietoksietanol), n=9

2.4 Igepal CA-630'un Katı Yüzeyine Adsorpsiyon İşlemi

Adsorplanan organik kimyasal maddenin sudaki çözeltileri istenen derişimlerde hazırlanmıştır. İstenen derişimde bir litre stok çözelti, hem farklı derişimlerde standart çözeltilerin hazırlanmasında hem de adsorpsiyonda kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda önce denge adsorpsiyonu için gerekli süre belirlenmiş, daha sonra adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Kinetik ve denge adsorpsiyonu çalışmalarında % 1 adsorbent içerikli katı-sıvı karışımları kullanılmıştır. Karıştırma işlemi orbital çalkalayıcıda (Selecta Abrera Unitronic Orbital Sheaker) yapılmıştır. Denge adsorpsiyon süresini belirlemek için yapılan kinetik çalışmalarda farklı sürelerde adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Farklı derişimlerdeki sıvıyı içeren 250 ml hacimli kapaklı şişelerde % 1 katı içeriğinde 24 saat süre ile adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyona sıcaklığın, çalkalama hızının, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi incelenmiştir. Ayrıca yağ aglomerasyonu ile minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürü, orijinal Zonguldak bitümlü kömürü ile karşılaştırılmak üzere adsorpsiyon deneylerinde kullanılmıştır. Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna sıcaklığın ve çalkalama hızının etkisini araştırmak amacıyla da deneyler gerçekleştiril-miştir. Kömür ve aktif karbonun kullanıldığı adsorpsiyon süreçlerinin sonunda adsorbent-çözelti karışımı filtrasyon işlemine tabi tutulmuştur. İşlemde membran filtrelerden yararlanılmıştır. Cam şırınga yardımı ile çekilen katı/sıvı karışımı filtre tutucunun giriş

kısmına yerleştirilerek, şırınga pistonuna basınç uygulanmış ve süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtre edilmiş süzüntüdeki yüzey aktif madde konsantrasyonu UV (Shimadzu 2401PC) spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem için 190 ile 800 nm dalga boyu aralığında tarama yapılarak en uygun dalga boyu belirlenmiştir (Igepal CA-630 için 195 nm).

3. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1 Parçacık Boyut Dağılımları

Adsorpsiyonda kullanılan kömür örneğinin parçacık boyut dağılımı Lazer Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Hydro 2000 MU) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Örnek Hazırlama
Parçacık boyut dağılımı yaş yönteme göre yapıldığından, katı-su karışımının hazırlanması önemlidir. Katı-su karışımı yüksek hızlı karıştırıcı yardımıyla hazırlandığı gibi doğrudan analizörün sirkülasyon beherine karıştırılarak da hazırlanabilmektedir. Her iki durumda da parçacıkların mükemmel dağılmasını sağlamak için cihazda bulunan ultrasonik sistemle zaman zaman 10'ar saniye etkileşime tabi tutulmuştur. Böylelikle mükemmel bir dispersiyon (dağılım) sağlanmıştır.

Analiz
Ölçümler için hazır hale getirilmiş su-katı karışımı, lazer ışın demetinin geçtiği hücrede güçlü bir pompa yardımıyla döngülendirilmiştir. Böylece ışın demeti parçacıklar üzerinden geçerken kırılmalara uğrayarak, enerjilerindeki değişiminden parçacık boyutu saptanmıştır. Bu amaçla cihazla birlikte gelen geliştirilmiş bir yazılım programı kullanılmıştır. Analiz sırasında belirli boyut üstündeki parçacıkların boyutlarını belirlemek için lazer ışın demeti kullanılırken, çok küçük boyutlu parçacıklar için mavi ışın (blue light) cihaz tarafından otomatik olarak kullanılmıştır.

Sonuç
Geliştirilen yazılım programı değişik sonuçları grafiksel veya tablo halinde sunmaktadır. Bunlardan en yararlı olanı parçacık boyut dağılımı değeridir.

Adsorpsiyon deneylerinde kullanılan adsorplayıcının parçacık boyut parametreleri Çizelge 2'de ve parçacık boyut dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

3.2 Igepal CA-630'un Zonguldak Bitümlü Kömürüne Adsorpsiyon Kinetiği

Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonunda, adsorpsiyon kinetik verileri Çizelge 3'de derişimin zamanla değişimi de Şekil 2'de verilmiştir.

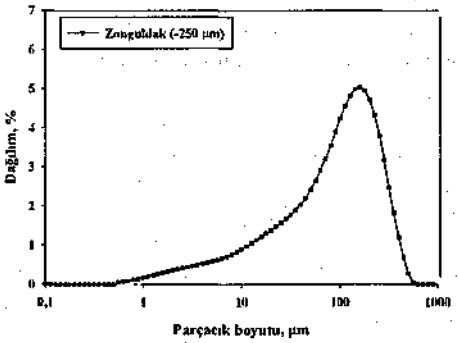
Çizelge 2. Adsorplayıcının parçacık boyut parametreleri.

Adsorplayıcı	d(0,1), µm	d(0,2), µm	d(0,5), µm	d(0,8), µm	d(0,9), µm	D(3,2), µm	Spesifik yüzey alanı, m^2/g
Zonguldak Orijinal (-250µm)	10,318	26,680	103,163	212,174	279,336	20,721	0,1997
Zonguldak (–200µm)	9,619	23,469	83,576	169,351	222,568	19,289	0,2145
Zonguldak (–106µm)	6,467	15,188	53,720	101,563	129,904	14,118	0,2931
Zonguldak (–45µm)	2,532	4,576	13,831	30,167	42,256	6,183	0,6692
Zonguldak aglomeratı	23,805	45,161	120,037	219,852	279,888	52,642	0,0786

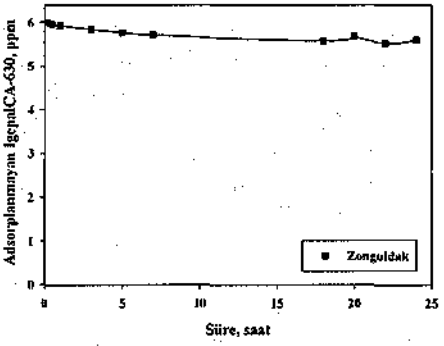
d(0,1), d(0,2), d(0,5), d(0,8), d(0,9) : %10, %20, %50, %80, %90 noktalarındaki parçacık çapları, D(3,2) : Sauter ortalama çapı

Çizelge 3. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna derişimin zamanla değişim verileri.

Süre, dk	10	30	60	180	300	420	1080	1200	1320	1440
Denge derişimi, ppm	6,006	5,962	5,930	5,842	5,764	5,715	5,578	5,674	5,519	5,597



Şekil 1. Zonguldak bitümlü kömürünün (-250µm) parçacık boyut dağılımı.



Şekil 2. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna derişimin zamanla değişimi (-250 µm, 25°C, 50 U/dk).

3.3 Adsorpsiyon İzotermleri

3.3.1 Kömüre Igepal CA-630'un Adsorpsiyonu

Materyal ve yöntem bölümünde açıklandığı gibi adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilip UV spektrofotometresinde analizler yapılmıştır. Taze hazırlanmış standart çözelti derişimlerine karşı absorbans değerleri grafiğe geçirilerek çalışma doğrusu elde edilmiştir. Elde edilen doğru denkleminde derişimi bilinmeyen örneğin absorbans değeri yerleştirilerek derişim hesaplanmıştır.

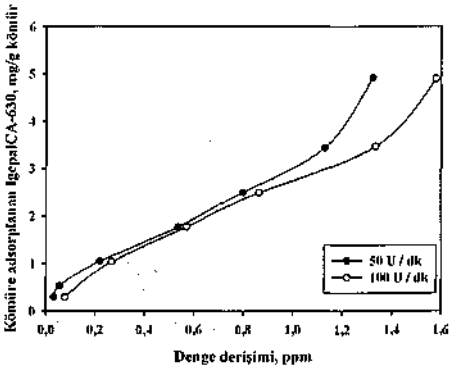
Çalkalama hızının etkisi

Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisini belirlemede, adsorpsiyon sıcaklığı olarak 25°C, çalkalama hızı olarak 50 ve 100 U/dk seçilmiştir (Şekil 3). Yüksek çalkalama hızında (100 U/dk) adsorplanan miktarın azaldığı görülmektedir. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna, ortamın hidrodinamik koşullarının etkili olmadığı sonucuna varılabilir.

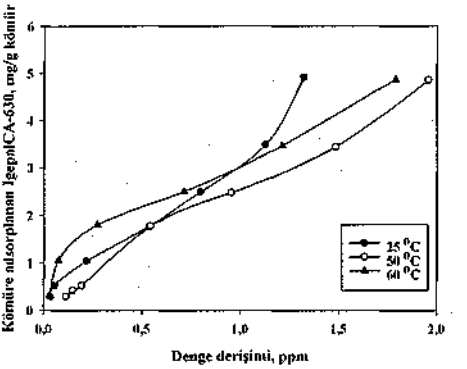
Şekil 3'de sunulan izotermlerin Giles sınıflandırmasında Langmuir tipinin üçüncü alt sınıfına (L3) ve Tip2'ye uyduğu söylenebilir. L tipi, adsorplanan moleküllerin yüzeyde yatay olarak (düz) yerleştiğini ya da kuvvetli moleküller arası etkileşim olduğunda adsorplanan moleküllerin düşey olarak da yönlenebileceğini göstermektedir. Eğride görülen ilk bükülme adsorplayıcıda bulunan aktif merkezlerin dolu olduğunu ve sonradan gelen çözünenlerin boş merkezler bulmasının güç olduğunu göstermektedir. Bu da adsorplanan moleküllerin düşey olarak yönlenmediğini ve çözücü ile bir yarışmanın söz konusu olmadığını göstermektedir. Bu tek tabakalı yüzeyi oluşturan moleküllerin yönlenmeleri nedeniyle yeni yüzey, çözeltide bulunan çözünen moleküllerin arasında zayıf bir etkileşim olduğunda eğride uzun bir plato görülür. Yüksek bir etkileşim olduğunda ise eğri hızla yükselir ve bir plato görülmez. Tip2, fiziksel adsorpsiyonda çok sık karşılaşılan bir izotermdir ve çok tabakalanmayı açıklamaktadır (Giles et al., 1960). Buradan Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un yatay olarak adsorplandığı ve su ile bir yarışmanın söz konusu olmadığı sonucuna varılabilir. Ayrıca eğrideki hızlı yükselme, her iki kömür ile Igepal CA-630 arasında kuvvetli bir etkileşimin olduğunu göstermektedir.

Sıcaklığın etkisi

Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un absorpsiyonuna sıcaklığın etkisi, 50 U/dk çalkalama hızında, 25, 50 ve 60°C olmak üzere üç değişik sıcaklık kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisi.



Şekil 4. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi.

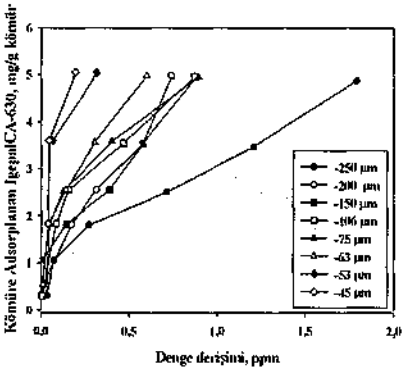
Sıcaklığın artırılması ile adsorpsiyonda düzgün bir artma ya da azalma görülmemiştir. Buna neden Zonguldak bitümlü kömürü ile İgepal CA-630 arasındaki etkileşimin doğasına bağlı olarak değişme göstermesi olabilir. Elde edilen izotermin, Giles izotermlerinden L3 (Tip2)'ye uyduğu görülmektedir.

Parçacık boyutunun etkisi

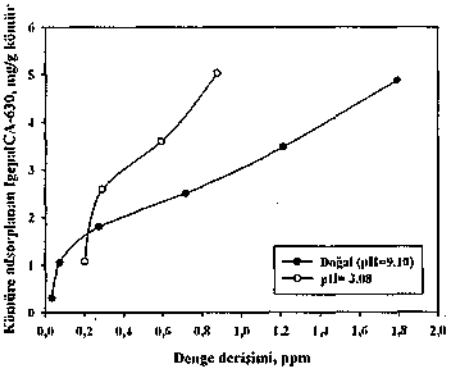
Farklı boyutlardaki örneklerin adsorpsiyona etkisini belirlemek için 60°C, 50 U/dk'da deneyler yapılmıştır. Zonguldak bitümlü kömürünün farklı boyutlardaki fraksiyonlarına adsorpsiyonun etkisi Şekil 5'de görülmektedir. Elde edilen izoterm Giles izotermlerinden L3 (Tip2)'ye benzemektedir. Parçacık boyutunun azalması adsorplanan Igepal CA-630 miktarında artışlara neden olmuştur. Zonguldak kömürünün Çizelge 2'de görülen parçacık boyut parametreleri göz önüne alındığında, parçacık boyutu azaldığında kömürlerin yüzey alanları artmaktadır. Parçacık boyutunun azalmasıyla yüzey alanının artması adsorpsiyonu artırır (Treybal, 1980, Yavuz ve Küçükbayrak, 2001, Tursun, 2002).

pH'ın etkisi

Daha önce yapılan deneyler ortamın doğal pH (9,10)'ında gerçekleştirilmiştir. Zonguldak bitümlü kömürünün pH'ı 0,1 N H_2SO_4 kullanılarak düşürülmüştür. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna pH'ın etkisi Şekil 6'da verilmiştir. Sonuçlar, Giles adsorpsiyon izotermlerinden L3 (Tip2)'ye benzemektedir. Ortamın pH'ının 9.10'dan 3.08'e düşürülmesi sonucu, yüzeye adsorplanan Igepal CA-630 miktarında artma gözlenmiştir. Yavuz and Küçükbayrak (2001), benzer sonuçları vermiştir. Diğer bütün koşullar aynı olmasına rağmen sadece pH'daki değişimin adsorplanan madde miktarını artırması dikkate değerdir. Adsorplanan miktardaki artış adsorplanan moleküllerin



Şekil 5. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna parçacık boyutunun etkisi.



Şekil 6. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna pH'ın etkisi.

yönlenmesi (orientation) veya katı parçacıkların yüzey yükünün (surface charge) asidik ortamda değişmesinden kaynaklanabilir. Kullanılan Igepal CA-630 yüzey aktif maddesi noniyonik olduğundan yüzey yükünü pratik olarak değiştirmez. Parçacıkların zeta potansiyelleri ölçülemediğinden kesin olarak bir şey söylemek mümkün olmamaktadır.

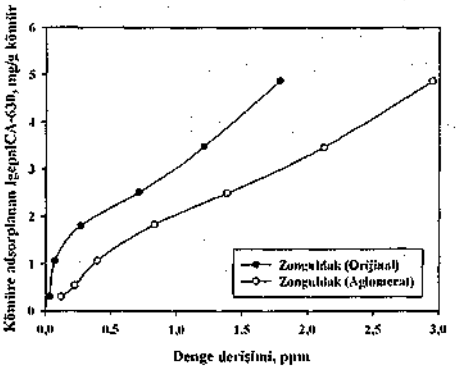
3.3.2 Minerali giderilmiş kömüre Igepal CA-630'un adsorpsiyonu

Yağ aglomerasyonu tekniği kullanılarak minerali giderilen Zonguldak bitümlü kömürü ile orijinal Zonguldak bitümlü kömürüne adsorbe olan Igepal CA-630'un miktarı karşılaştırmalı olarak da Şekil 7'de verilmiştir. Elde edilen izoterm, Giles adsorpsiyon izotermlerinden L3 (Tip2)'ye uymaktadır ve aglomere olmuş Zonguldak kömürünün Igepal CA-630'u adsorplama miktarı orijinal Zonguldak bitümlü kömüründen daha düşük çıkmıştır. Buna neden olarak aglomere olmuş Zonguldak bitümlü kömürünün, orijinal Zonguldak bitümlü kömüründen daha küçük yüzey alanına sahip olması gösterilebilir.

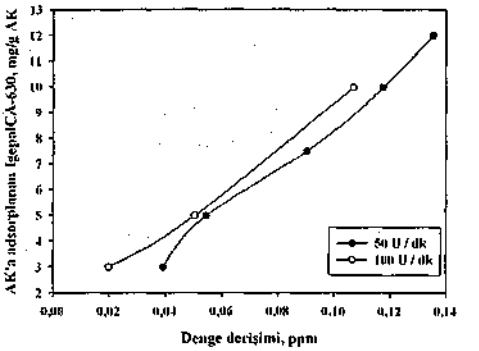
3.3.3 Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorpsiyonu

Çalkalama hızının etkisi

Karşılaştırma amacıyla aktif karbona Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisini belirlemek için yapılan deneyler 25°C'de, 50 ve 100 U/dk çalkalama hızında gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Adsorpsiyon süresi 24 saat olarak alınmıştır (Pendleton et al., 2001). Çalkalama hızının artırılması ile adsorplanan Igepal CA-630 miktarında artma görülmektedir. Burada, Zonguldak bitümlü kömüründen farklı olarak aktif karbona Igepal CA-630'un absorpsiyonuna ortamın hidrodinamik koşullarının etki ettiği söylenebilir. Adsorplanan madde göz önüne alındığında aktif karbon, Zonguldak bitümlü kömürüne göre daha fazla madde adsorplamıştır.



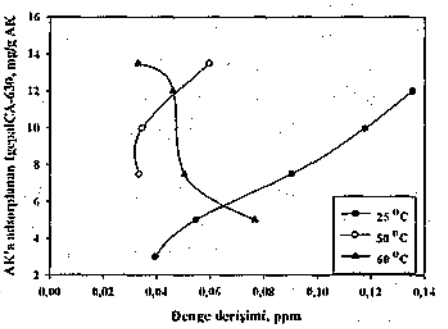
Şekil 7. Igepal CA-630'un orijinal Zonguldak bitümlü kömürüne ve minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu.



Şekil 8. Igepal CA-630'un aktif karbona adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisi (AK: Aktif Karbon).

Sıcaklığın etkisi

Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisini belirlemek için gerçekleştirilen deneyler 50 U/dk çalkalama hızında, 25, 50 ve 60°C sıcaklıkta yapılmış ve sonuçlar Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi başlangıçta sıcaklığın 25°C'den 50°C'e çıkarılmasıyla Igepal CA-630'un adsorplanma miktarında artma olmuş ancak sıcaklığın 60°C'e yükseltilmesi ile adsorplanan miktarda bir azalma olmuştur. Aktif karbon, 25 ve 50°C'de Zonguldak bitümlü kömüründen daha fazla madde adsorplamasına rağmen 60°C'de adsorpladığı madde miktarı giderek azalmıştır. İki farklı yapıdaki adsorplayıcının karşılaştırılması amacıyla, 50 ppm başlangıç derişiminde yapılan adsorpsiyon deneyleri çalkalama hızının etkisi Çizelge 4'de ve sıcaklığın etkisi Çizelge 5'de verilmiştir.



Şekil 9. Igepal CA-630'un aktif karbona adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi (AK:Aktif Karbon).

Çizelgelerden de görüldüğü gibi Zonguldak bitümlü kömürünün adsorplama miktarı ile aktif karbonun adsorplama miktarının birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Bu da kullanılan kömürün adsorplama kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Igepal CA-630'un adsorplayıcı maddelere, 50 U/dk ve 100 U/dk çalkalama hızındaki adsorpsiyon verileri (25°C).

Adsorplayıcı madde	Başlangıç derişimi, ppm		Denge derişimi, ppm		Igepal CA-630 mg/g adsorplayıcı madde	

Çizelge 5. Igepal CA-630'un adsorplayıcı maddelere, 25, 50 ve 60°C sıcaklıktaki adsorpsiyon verileri (50 U/dk).

Adsorplayıcı madde	Başlangıç derişimi, ppm			Denge derişimi, ppm			Igepal CA-630 mg/g adsorplayıcı madde		
	25°C	50 °C	60 °C	25°C	50 °C	60 °C	25°C	50 °C	60°C
Zonguldak	50,50	50,54	50,54	1,3230	1,9580	1,7890	4,918	4,858	4,875
Aktif karbon	49,97	-	50,02	0,0545	-	0,0764	4,992	-	4,994

4. SONUÇLAR

- Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu düşük çalkalama hızında artarken, aktif karbona adsorpsiyonu yüksek çalkalama hızında artmıştır. Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un adsorpsiyonunun, ortamın hidrodinamik koşullarından etkilendiği, aktif karbonun ise bunun aksine etkilenmediği sonucu çıkarılmıştır.
- Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un adsorplanmasında sıcaklığın artışı, adsorplanan miktarda düzgün bir artma ve azalmaya neden olmamıştır. Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorplanma miktarı başlangıçta sıcaklığın artmasıyla artarken, daha yüksek sıcaklıkta (60°C) azalmıştır. Aktif karbon, 25 ve 50 °C'de, Zonguldak bitümlü kömüründen daha fazla madde adsorplamış, fakat 60°C'de adsorpladığı Igepal CA-630 miktarı giderek azalmıştır. Bütün bunların nedeni, Zonguldak bitümlü kömürü ve aktif karbon ile Igepal CA-630 arasındaki etkileşimin doğasına bağlanmıştır.
- Zonguldak bitümlü kömürünün pH'ının 9,10'dan 3,08'e düşürülmesiyle adsorplanan Igepal CA-630 miktarında artma olmuştur. Adsorpsiyonun ortamın pH'ından etkilendiği belirlenmiş ve adsorplanan molekülün yönlenmesine neden olmuştur.
- Zonguldak bitümlü kömürünün parçacık boyutunun küçülmesiyle yüzey alanının artması adsorplanan Igepal CA-630'un miktarında artışa neden olmuştur.
- Orijinal Zonguldak bitümlü kömürü, minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömüründen daha fazla madde adsorplamıştır. Bunun nedeni orijinal Zonguldak bitümlü kömürünün yüzey alanının daha fazla olmasıdır. Buradan parçacık boyutu ve yüzey alanının, Igepal CA-630'un adsorpsiyonunda önemli olduğu sonucu çıkarılmıştır.

- İki farklı yapıdaki adsorplayıcının Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna, çalkalama hızının ve sıcaklığın etkisinin karşılaştırılması sonucunda, Zonguldak bitümlü kömürünün adsorplama miktarı ile aktif karbonun adsorplama miktarının birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Kullanılan kömürün adsorplama kapasitesinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

Bagreev, A. and Bandosz, J.T. (2001) H_2S adsorption/oxidation on unmodified activated carbons: importance of prehumidification, *Carbon*, Vol. 39, pp. 2303-2311.

Capes, C. E. and Germain, R. J. (1982) Selective oil agglomeration in fine coal beneficiation, in: physical cleaning of coal: present and developing methods. Liu,Y.A. (Ed.), Marcel Dekker Inc., N.Y., pp. 293-351, New York.

Chu, K.H. and Hashim, M.A. (2002) Adsorption characteristics of trivalent on palm oil fuel ash, *Clean Technologies and Environmental Policy*, DOI 10. 1007/s 10098-001-0128-5

Garcia, A. B. Tarazona, M. R. M. Vega, J. M. G. and Wheelock, T. D. (1998) On the role of oil wetting in the cleaning of high rank coals by agglomeration. *Fuel*, Vol. 77, No.5, pp. 387-392.

Giles, C.H. MacEwan, T.H. Nakhwa, S.N. and Smith, D. (1960) Studies in adsorption part xi. a system classification of solution adsorption isotherms and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and measurement of specific surface areas of solids, *J. Chem. Soc.*, pp. 3973-3999.

Mohan, S.V. Rao, N.C. and Karthikeyan, J. (2002) Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study, *Journal of Hazardous Materials* B90, pp. 189-204.

Pendleton, P. Wu, S.H. and Badalyan, A. (2002) Activated carbon oxygen content influence on water and surfactant adsorption, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 246, pp. 235-240.

Ünal, İ. and Aktaş, Z. (2001) 'Effect of Various Bridging Liquids on Coal Fines Agglomeration Performance', *Fuel Processing Technology*, 69 141-155.

Treybal, R.E. (1980) *Mass Transfer Operations*, McGraw Hill, Kogakusha Ltd, Tokyo.

Tursun, U.D. (2002) Organik bileşiklerin farklı adsorbentlere adsorpsiyon davranışlarının incelenmesi, A.Ü. Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi.

Yavuz, R. and Küçükbayrak, S. (2001) An investigation of some factors affecting the dispersant adsorption of lignite, *Powder Technology*, Vol. 119, pp. 89-94.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Turkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KOKLAŞMADA MEYDANA GELEN BAĞLANMA MEKANİZMASININ LİNYİT KÖMÜRLERİ ÜZERİNDE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE BONDING MECHANISM OF COKING ON LIGNITE

Vedat Arslan, DEÜ Müh. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir
Mevlüt Kemal, Berrin Kafalı, DEÜ Müh. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir

ÖZET

Koklaşmada reaktif maseraller tarafından inert maserallerin bağlanması, bir çok faktörün yanında inert maserallerin yüzey ıslanabilirliği ile ilişkilidir. Bu çalışmada, farklı sıcaklıklarda üretilmiş semikokların ıslanabilirliklerine karbonizasyon sıcaklıklığının etkisi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, inert yapıyı temsilen farklı sıcaklıklarda karbonize edilen Soma ve Yatağan linyiti semikokları kullanılmış, reaktif yapıyı temsilen de zift kullanılmıştır. Briketlenmiş zift semikok üzerine konularak, yumuşama sıcaklığı olan 60 °C dan 140 °C' a kadar olan sıcaklıklarda semikoku ıslatma durumu incelenmiştir. 900 °C'ın ıslanabilirlik açısından kritik kok elde etme sıcaklığı olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

In coking, bonding ability of inert macerals by reactive macerals is dependent upon various parameters and also related with the wettability of inert macerals. In this study, the affect of carbonization temperature on the wettability of semicokes which were produced in various temperature has been investigated. For this aim, Soma and Yatağan semicokes which were produced in various temperatures represents inert macerals and pitch were used as a reactive structure. The briquetted zift blocks were located on the semicokes and heated from the softening temperture of tar (60 °C) to 140 °C for observing wettability. From the point of wettability the 900 °C is the critical point for coke producing temperature.

1. GİRİŞ

Başta demir – çelik sanayi olmak üzere, diğer endüstri dallarının çoğunda da temel girdi olan kok, büyük ölçüde kok ve taşkömürü ithalinin yapıldığı Türkiye için ayrı bir önem taşır. Ülkemizde sadece Zonguldak havzasında bulunan koklaşır taşkömürleri ihtiyacı karşılayamadığı gibi, ayrıca tek başına da yüksek fırın için yeterli sağlamlıkta kok oluşturamamaktadır. Bu durumda da klasik yöntemle kok üretip kullanan entegre demir-çelik tesislerinin ihtiyacı olan koklaşır kömürün tamamına yakını ithal yoluyla karşılanmaktadır.

Koklaşır kömür kaynakları kıt olan gelişmiş ülkeler, ellerindeki kömür potansiyelini değerlendirebilmek amacıyla, kömürlerini ya klasik yöntemde ya da yeni koklaştırma yöntemlerinin birini kullanarak belli oranda kok üretimine sokmaktadırlar. Söz konusu yöntemlerde farklı karışım teknikleri uygulanmaktadır. Ancak kok sağlamlığı açısından tüm yöntemlerde geçerli olan, karışımda kullanılan kömürlerin birbiriyle uyumudur. Bu uyum koklaşma özelliklerinin birbirini dengelemesi yanında, kömürlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde de olmalıdır. Özellikle yüksek uçuculu taşkömürleri veya linyit kömürleri karışımda kullanıldığı zaman dikkat edilmesi gereken hususlarda farklılaşmaktadır. Koklaşmada önemli olan inert tanelerin, reaktif maserallerce oluşturulan akışkan kütle tarafından bağlanması, kömürlerin oluşum süreçleri yani kömür türleri farklılaştıkça üzerinde dikkatle durulması gereken bir özellik olmaktadır. Burada koklaşma özelliği olmayan kömürü sadece inert bileşen olarak görmek ve hacimce reaktif/inert oranına göre kok sağlamlığını değerlendirmek hatalı sonuçlara sebep olabilmektedir.

Koklaşmada kömür tanelerinin bağlanmasını etkileyen ana faktörler, koklaşır kömürlerin oluşturduğu plastik kütlenin akışkanlığı ve karışımdaki inert tanelerin yüzey ıslanma özelliğidir.

Akışkan özelliğe sahip plastik kütle, kömür tanelerinin yüzeyleri üzerine yayılarak, tanelerin yüzeylerini kaplar ve taneler arası sağlam kütlesel bağın oluşmasını sağlar. Tanelerin yüzey ıslanma özellikleri de, kömür tanelerinin bağlanmasını önemli ölçüde etkiler. Yüzey ıslanma özelliği iyi değilse, plastik kütle tane yüzeylerine yayılıp, yüzeyleri ıslatmaz. Ancak yüzey ıslanma özelliği iyi ise, plastik kütlenin kömür tanelerinin yüzeyini ıslatması, yani yüzey üzerine yayılması sonucu, taneler arasında sağlam kütlesel bir bağ oluşur (Cengizler 1989, Kilay 1989).

Koklaşmada yüzey ıslanabilirliği biraz farklıdır. Burada tam sıvı fazı yoktur. Kok, yüzeyi ve akışkan malzeme (reaktif maserallerin oluşturduğu plastik kütle) arasındaki davranış incelenir.

Kömür yüzeyinin çeşitli yağlar (kömür ve petrol kökenli) tarafından ıslatılması kömürün koklaştırılması açısından büyük önem taşır. Koklaştırmada 350-500°C sıcaklıklarda plastik yapı kazanan kömür tanelerinin birbiriyle ve karışımda bulunan inert maddelerle kütlesel bağ kurabilmeleri inert madde yüzeyinin ıslanabilirliğine bağlıdır. İnert madde yüzeyinin ıslanma kabiliyeti düştükçe, kütlesel bağın oluşabilmesi için, bağlayıcı görevini gören plastik kütlenin daha fazla akışkanlık göstermesi gerekmektedir (Kaleli,1982).

Taşkömürü ve linyit karışımları içinde durum aynıdır. Karışıma genelde semikok olarak ilave edilen ve inert madde gibi davranan linyit tanelerinin taşkömürünün oluşturduğu katran tarafından ıslatılıp birbirlerine sağlam olarak bağlanmaları gerekir. Karışıma zift katılmışsa, zift akışkanlık kazanıp linyit tanelerinin birbirleriyle ve taşkömürü plastik kütlesi ile homojen yapıda ve yeterli sağlamlıkta kok oluşturmasını sağlar.

Taneler arası bağlanma derecesi açısından önemli olan diğer bir husus da, plastik kütlenin akışkanlığıdır. Plastik kütlenin kömür tanelerinin yüzeylerine yayılarak ve ıslatarak, taneler arasında kütlesel bir bağ oluşturacak yeterli akışkanlığa sahip olması gerekir.

İnert tanelerin akışkan hale gelen plastik kütle tarafından istenilen derecede birbirine bağlanabilmeleri için, yani plastik kütlenin inert madde yüzeylerini gerekli derecede ıslatabilmesi için, inert madde yüzey ıslanabilirliği ile plastik kütle akışkanlığı arasında bir dengenin oluşması gerekir. Bu denge de, inert madde yüzey ıslanabilirliği arttıkça, plastik kütle akışkanlığının azalması ile kurulabilmektedir (Born 1979).

M.Kemal, W.Klose, K.E. Yıldırım'ın linyit kömürü üzerinde yaptıkları semikok üretim sıcaklığı ile yüzey ıslanabilirliği değişimine yönelik benzer çalışmalarda 900°C üzerindeki linyit koklarında kömür yüzeyi ıslanma özelliğinin azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, bu kokların, zift gibi kok yağlarını büyük emme özelliğine sahip olduğu bulunmuştur (Kemal, 1984)

Buradan, inert madde yüzey ıslanabilirliği azaldıkça, plastik kütle akışkanlığının artması buna karşın, inert madde yüzey ıslanabilirliği arttıkça, plastik kütle akışkanlığının daha az olması mümkün görünmektedir. Ayrıca kömür koklaşma sıcaklığı arttıkça; yüzey ıslanabilirliğinin değişim gösterdiği tesbit edilmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Kok üretiminde taneler arası bağlanma mekanizmasının incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada, bağlayıcıyı temsil etmek üzere yumuşama sıcaklığı 60 °C olan zift kullanılmıştır. Koklaştırma işlemi için ise, yeni koklaştırma metotlarında belli oranda koklaşır kömüre katılarak maliyetleri düşürmek amacıyla kullanılması mümkün olan linyit kullanılmıştır. Bu amaçla sert linyitleri temsilen Soma linyiti, yumuşak linyitlerin temsilen ise Yatağan linyiti kullanılmıştır.

Deneyde kullanılan kömürlerin özellikleri aşağıda verilmektedir. Bu kömürlerden Soma kömürü satışa hazır kömürden seçilerek alındığı için açık havada kurumuş ve bu nedenle analiz sonuçları havada kuruya yakın bir nem oranı ile ortaya çıkarken, açık ocaktan bir kütle halinde alınmış olan Yatağan kömürü de, orijinal nem oranına göre düşük nem oranına sahip olmuştur (Çizelge 1). Bilinen özellikleri ile Yatağan kömürü yumuşak linyitler sınıfına girerken, Soma kömürü sert linyit sınıfındadır.

Çizelge 1. Soma ve Yatağan kömürlerinin özellikleri.

	Nem %	Kül %	U. M. % (kkb)	AID kcal/kg
Soma	10.38	1.72	41.16	5966
Yatağan	27.59	6.45	52.30	3604

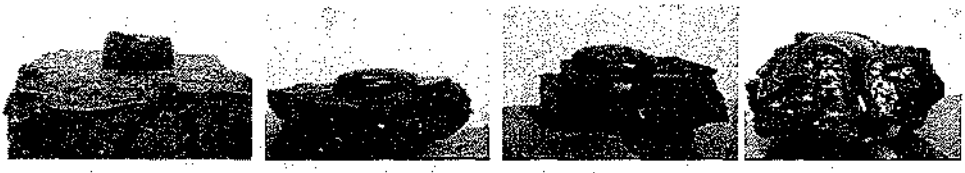
Yüksek nem oranına sahip yatağan kömüründe, atmosfer şartlarında hızla kuruyarak çatlamalar meydana geldiği için kömür iri kütleler halinde muhafaza edilmeye çalışılmış, deneysel çalışmalar esnasında ancak istenilen boyutta parçalar kırılarak, deneysel çalışmalarda kullanılmıştır.

Koklaşma mekanizmasındaki bağlayıcıyı temsilen kömür zifti kullanılmış ve koklaşma esnasındaki yüzey özellikleri ve ıslanabilme durumu zift ve kok ara yüzeyleri üzerinde incelenmiştir.

2.2 Yöntem

Yeni koklaşma metotları içerisinde, linyit kömürü kullanımında, linyit önce düşük sıcaklık karbonizasyonuna tabi tutulmakta, sonra da koklaşır kömürle karıştırılmaktadır. Bu işlemin mantığı temel olarak linyit kömürleri önce farklı sıcaklıklarda karbonizasyona tabi tutulmuş ve bu şekilde semi koklar elde edilmiştir. Her iki kömür içinde karbonizasyon işlemi 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C,1000°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Soma kömürü için yapılan karbonizasyon testlerinde 400°C üzerindeki sıcaklıklarda kokta çok fazla gerilme çatlak ve kırıklıkları meydana gelmemesi için kademeli ısıtma yapılırken, Yatağan kömürleri için bu eşik 150°C indirilmiş ve 150°C'den itibaren sıcaklık kademeli olarak yükseltilerek karbonizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde karbonizasyon işlemi 100-200°C'lerde özel kapaklı kutular içerisinde etüv ortamında, 200°C üzerindeki sıcaklıklarda ise, oksidasyon ve yanma etkisinden kömürü koruyabilmek için özel olarak hazırlanmış gaz girişli retort ve jenkner retortunda gerçekleştirilmiştir. Her iki düzenekte de koklaşma işlemi boyunca ortama azot gazı verilerek oksidasyon ve yanma engellenmiştir. Koklaşma işlemi sonucunda elde edilen koklar yine azot ortamında 100°C altına kadar soğutulduktan sonra retort'tan çıkarılmış ve çalışmanın ikinci aşamasında kullanılmak üzere arşivlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, elde edilmiş olan kokların üzerine özel olarak tablet şeklinde hazırlanmış zift blokları yerleştirilerek etüv ortamında 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 120°C, 140°C'lerde semikok üzerindeki ziftin sıcaklık etkisiyle eriyerek semi kok yüzeyini ıslatması ve aynı zamanda özellikle yüksek sıcaklıklarda akışkanlığı artan ziftin semi kok bünyesine nüfuz etme durumu incelenmeye çalışılmıştır. Hazırlanan zift tabletlerinin, yumuşama sıcaklığının, etüvde yapılan incelemeler sonucu 60°C olduğu saptanmıştır. Bu sıcaklıklarda ziftin semikok yüzeyi üzerinde sıcaklığa bağlı olarak davranışı Şekil 1.a ve 1.b'de görülmektedir.



Şekil 1.a. 60°C, 70°C, 80°C, 90°C'daki ziftin semikok yüzeyi üzerinde sıcaklığa bağlı davranışı.

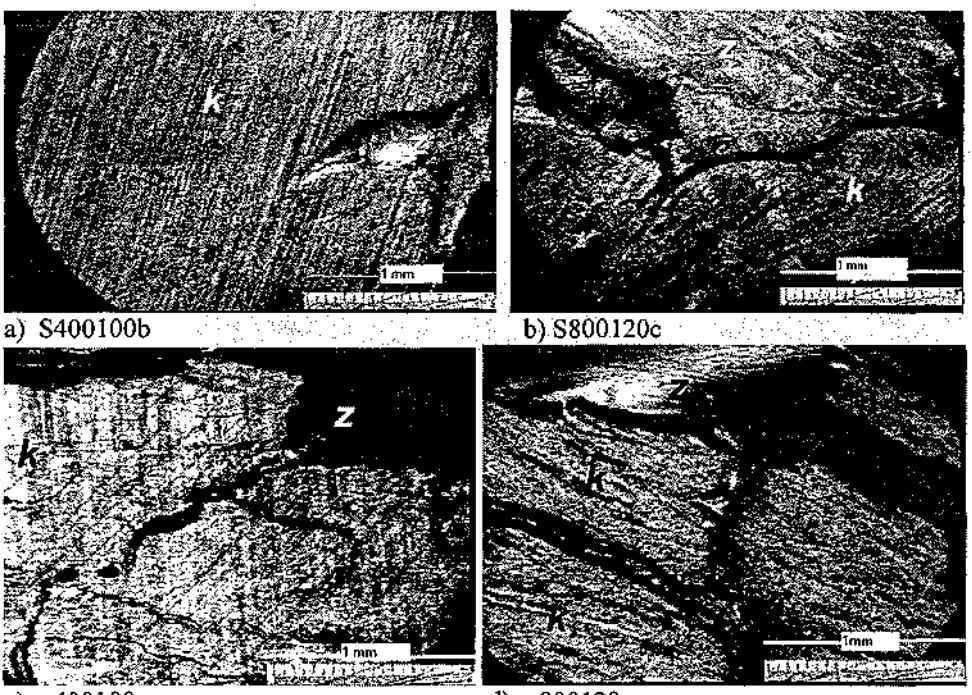
Şekil 1.b. 100°C, 120°C ve 140°C'daki ziftin semikok yüzeyi üzerinde sıcaklığa bağlı davranışı.

Bu testler sonucunda elde edilen ziftle birlikte işlem görmüş semi koklar incelemede kolaylık sağlanması için, polyester ile kalıp içine alınmış ve daha sonra bu kalıplar semi kok ve zifti dikey olarak kesecek şekilde kesilerek yüzeyleri parlatılmış ve incelenmeye hazır hale getirilmiştir.

2.3 Mikroskobik İncelemelerin Sonuçları

Yüzeyleri parlatılarak incelemeye hazır hale getirilmiş polyester kalıp içerisindeki numuneler sırasıyla mikroskopta incelemeye tabi tutulmuştur. Üzerine yerleştirilen multimedya kamera sayesinde, mikroskopta elde edilen görüntüler bilgisayar ekranına aktarılmış ve burada zift ile semikok arasındaki temas yüzeyi detaylı olarak incelenmiş ve bu yüzeylerden görüntüler alınarak bilgisayara kaydedilmiştir. Bu şekilde, mikroskopta elde edilen görüntüler üzerinde ve mikroskopla yapılmış olan incelemelerle sıcaklığa bağlı olarak, ziftin semikok yüzeyini ıslatma durumu ve semikokun bünyesine nüfuz oranı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Koklaşmada bağlanma mekanizmasının incelenmesi amacıyla yapılmış olan deneysel çalışmalar yumuşak linyit sınırında genç bir kömür olan Yatağan kömürü ve sert linyit sınıfından olan Soma kömürü ile yapılmıştır. Deneysel çalışmalar numuneler hazırlandıktan sonra tamamen gözleme dayalı olması nedeniyle, yüzlerce mikroskopik inceleme yapılmış ve bunlardan büyük bir kısmı da kamera ile görüntü olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu görüntülerin hepsini burada sunmak mümkün değildir, ancak örnekleme açısından aşağıda bazı görüntüler ve bunların değerlendirilmesinde izlenen kriterler verilmektedir (Şekil 2).



a) S400100b b) S800120c

c) m400100a d) m900120c

Şekil 2. Farklı karbonizasyon sıcaklıkları için semikok yüzeyinin ziftle ıslanma durumu
a) S400100b: 400 ^{O}C'da karbonize edilmiş Soma kömürü üzerine konulan ziftle birlikte 100 ^{O}C'da ısıl işleme tabi tutulmuş ve bu numuden alınan ikinci görüntüdür.
b) S800120c: 800 ^{O}C'da karbonize edilmiş Soma kömürü üzerine konulan ziftle birlikte 120 ^{O}C'da ısıl işleme tabi tutulmuş ve bu numuden alınan üçüncü görüntüdür.
c) m400100a: 400 ^{O}C'da karbonize edilmiş Yatağan kömürü üzerine konulan ziftle birlikte 100 ^{O}C'da ısıl işleme tabi tutulmuş ve bu numuden alınan birinci görüntüdür.
d) m900120c: 900 ^{O}C'da karbonize edilmiş Yatağan kömürü üzerine konulan ziftle birlikte 120 ^{O}C'da ısıl işleme tabi tutulmuş ve bu numuden alınan üçüncü görüntüdür.

İlk olarak semikok parçası üzerinde sıcaklığa bağlı olarak oluşan çatlak yapısı ve boyutları mikroskopta incelenmiştir. Daha sonra ziftin sıcaklığa bağlı olarak ergime ve semikok üzerindeki akışkanlaşma durumu irdelenmiştir. Daha sonra da, zift ile semikok yüzeyi arasındaki temas durumu incelenmiştir. Mikroskop altında yapılan incelemede, eriyen ziftin semikok yüzeyine yayılım durumu, yüzeydeki boşluklara dolma şekli ve bu boşluklara ne oranda nufuz edebildiği irdelenmiştir.

Koklaşmada bağlanma mekanizmasının incelenmesi amacıyla yapılmış olan deneysel çalışmaların değerlendirilmelerinin gerek makroskobik gerekse mikroskopik incelemeleri ışığı altında şu sonuçlara varılmıştır:

- Kömürleşme dereceleri farklı olan Soma ve Yatağan linyitlerinin karbonizasyon testlerindeki davranışlarda farklı olmuştur. Soma kömürü 500°C'e kadar olan sıcaklıklarda yani diğer bir deyişle düşük sıcaklık karbonizasyon başlangıç sıcaklıklarına kadar olan işlemlerde fiziksel mukavemeti fazla yitirmemiş aşırı çatlaklar ve porozite meydana gelmemiştir. Ancak bu seviyeden sonra yani yüksek sıcaklık karbonizasyonuna doğru gittikçe kömürde makroskobik olarak rahatlıkla gözlenebilen çatlakların oluştuğu gözlemlenmiştir. Yatağan kömüründe ise 300°C'den sonraki sıcaklıklarda fiziksel mukavemet hızla düşmekte ve bünyede büyük çatlaklar ve poroziteler meydana gelmektedir. Bu bilgiler ışığında her iki kömürden de semikok üretilerek koklaşır kömüre belli oranda katılması durumunda koklaşma esnasında reaktif mesaralleri tarafından bağlanması gereken oldukça geniş bir yüzey alanının meydana geleceği ortaya çıkmaktadır.

- Koklaşma esnasında inert bileşenler arasında bağlanmanın meydana gelmesi sıcaklığa bağlı olarak plastikleşen reaktif mesarallerin plastik fazda inert bileşen yüzeyini ıslatma kabiliyeti ile de ilişkilidir. Yukarıda bahsedilen poroz yapı ve çatlakların plastik fazda daha fazla bağlayıcı gerektirip gerektirmediği bu semikokların yüzey ıslanabilirliği ile ilişkili olacaktır. Araştırma kapsamında incelenen bu durum her iki linyitten elde edilen semikoklarında yüzey ıslanabilirliği açısından sorun yaratmadığı ve özellikle ziftin iyice akışkanlaştığı 100°C üzerindeki sıcaklılıklarda ziftin semikok yüzeyine oldukça iyi yayıldığı ve zift kömür temas yüzeyinde ziftin meydana getirdiği damla ile semikok yüzeyi arasındaki temas açısının oldukça büyüdüğü tesbit edilmiştir.

- Soma linyitiyle yapılan testlerde ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biriside 900°C ve 1000 °C sıcaklıklarda elde edilmiş olan kokların yüzey ıslanabilirliğinin azaldığının ortaya çıkmasıdır. Dolayısıyla bu linyitin kok üretiminde kullanımı durumunda bu seviyelere kadar ulaşmayacak sıcaklıklarda semikok'a dönüştürülmesi, koklaşma işlemi esnasında reaktif bileşenler tarafından daha kolay bağlanmasını sağlaması açısından önemlidir.

- Yatağan linyitiyle yapılan çalışmada ise 400°C'a kadar sıcaklıklarda kömürün kurutulması/karbonizasyonu sonucunda elde edilen ürünün yüzey ıslanabilirliğinin aynı özellikteki Soma kömüründen elde edilen ürüne nazaran daha düşük olduğu tesbit edilmiştir. Ancak karbonizasyon sıcaklığı 500°C üzerine çıktıktan sonra ziftin semikok yüzeyini daha iyi ıslattığı ve semikok yüzeyinde meydana gelen çatlak ve porozitelere çok daha kolay nüfuz ettiği görülmüştür.

- Yukarıdaki 2 maddede belirtilen özellikler, kömürleşme derecesinin karbonizasyon esnasındaki yüzey özellikleri açısından önemli bir etken olduğu ve farklı kömürleşme derecelerindeki linyitlerin semikoka dönüştükten sonra koklaşır kömürlerle karıştırılarak kok üretiminde kullanılmaları durumunda, koklaşma esnasında farklı davranışlar ortaya koyacağı açıkça görülmektedir.

- Yüksek sıcaklıklarda (>500°C)elde edilen semikoklarda özellikle Yatağan kömürü semikoklarında büyük çatlaklar ve poroziteler meydana gelmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi elde edilen semikok yüzeylerinin koklaşmadaki reaktif maseralleri temsil eden zift tarafından oldukça iyi ıslatılabildiği gözönüne alındığında, bu

çatlaklar bağlayıcı sarfiyatını arttıracaktır. Bu durum yapılan çalışmada açıkça görülmüş ve ziftin yaklaşık 25 mikron genişliğindeki çatlaklara dahi nüfuz edebildiği tespit edilmiştir.

- Semikokların ziftle birlikte muameleye tabi tutulması esnasında özellikle 500°C altındaki sıcaklıklarda üretilen numunelerde ziftle tekrar termik işleme tutulması esnasında tekrar çatlakların geliştiği gözlemlenmiştir. Bu şekildeki kurutulmuş veya düşük sıcaklıkta elde edilmiş semikokun doğrudan koklaşır kömüre karıştırılması durumunda koklaşma işlemi esnasında meydana gelecek yeni çatlak gelişimleriyle bünyeyi daha da zayıflatabileceği anlaşılmaktadır.

- -Her iki linyit kömürüyle yapılmış olan testlerden yumuşak linyit olan Yatağan kömürü ve benzeri kömürlerin kok üretiminde kullanılacak linyit ilavesinde kullanımının biraz daha riskli olduğu (çok fazla özgül yüzey meydana gelmesi nedeniyle)sert linyitlerin ise özel tedbirlerle kullanımının daha rahat olacağı görülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada hedeflenen koklaşmada taneler arası bağlanma mekanizmasının incelenmesi ve meydana gelen plastik fazın inert taneleri ıslatabilme durumu ile ilgili önemli bilgiler elde edilmiş ve koklaşma esnasındaki inert yapının özgül yüzey oranının meydana gelen kok yapısının sağlamlığı açısından çok önemli parametre olduğu ortaya çıkmıştır.

Klasik anlamda bilinen reaktif/inert oranının tespitinde inert tipinin yanısıra inert bileşenleri oluşturan yapının özelliklerinin de gözönüne alınması gerektiği, bu durumun yüksek uçuculu kömürde dikkate alınmasının şart olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

3. KAYNAKLAR

Arslan, V. Kemal, M. Ergin, Z. ve Semerkant, O. (1990) Zonguldak Kömürlerinin Koklaşma Özelliklerinin İncelenmesi. *Türkiye 7. Kömür Kongresi*, sf. 451-463

Bekker, E. Sheikhet, A. and Protasenyon, I. (1971) Investigation of the Specific Surface Area of Coals for Carbonisation, 2, pp. 9-12

Bernard and Duchere. (1986) Effect of Rank and of Interactions of Coals on Experimental Coke Properties. *Iron Making Proceeding*, Volume 45, pp. 211-219.

Born, W. and Scichter, A. (1979) Bestimmung der Benetzung Von Koks Durch Pech. Teil 2: Kontakwinkelmessungen. *VEB Deutscher Verlag für Grund stoff industrie*, St, 17-85.

Briggs, D. (1980) Viscosity of Coal for pitch at elevated temperatures. *Fuel*, Vol 59, pp. 201-207.

Callcott, G. (1979) Principles for Blending Coals. *BHP Tech. Bull*, 23. November, pp. 49.

Cengizler, H., (1989) Kömür Yüzeyi Islanma Özelliğinin Sıcaklıkla Değişiminin İncelenmesi. *9 Eylül Fen Bil. Enst. Araştırma Raporları*, sf. 114-116.

Gray, R. and Champagne, P. (1988) *Petrographic Characteristics Impacting the Coal to Coke Transformation.* Ironmaking Conference Proceedings, pp. 313-324

Kaleli, N. (1982) *Karbonizasyon sıcaklığı ile kömür flotasyon özelliğinin değişimi*, Ege Üniversitesi Makina Fakültesi.

Kemal, M. (1982) Sert linyit Kömürlerinin Kok Üretiminde Kullanılma Olanakları. *Uluslararası Kömür Teknolojisi Semineri*, sf. 193-209.

Kemal, M. (1982) *Der EinfluB einer Hartbraunkohle auf die Plastizitat und auf das Schrumpfungsverhalten einer Kokskohle.* Glüchauf – Forchungshefte, 43, H.3, s.t. 115-119

Kemal, M. (1983) Oksitlenme Yöntemi ile Sert Linyit Koktozundan Formkok Üretilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.*

Kemal, M. (1984) Metalürjik Kok Üretiminde, Optimal Kömür Karışımı Eldesi İçin Kullanılan Yöntemler. *Madencilik Dergisi*, XXIII, 4, sf. 13-21.

Kemal M. Saraçoğulları, M. ve Eren, H. (1978) Metalürjik Kok Üretimine Elverişli Kömür Bazının Genişletilmesi Olanakları. *Türkiye I. Kömür Kongresi*, sf. 659-683.

Kemal, M. Yıldırım, K.E. ve Klose, W. (1984) Einfluβ der Schweltemperatur auf doj Benetrungsverhalten der Braunkohlenoberflache. *Braunkohle*, 41, Heft 6, st 200-201.

Kilay, H.W. and Pahlman, J.E. (1989) *Capacillary Wetting Respance of Coal After Exposure to Amblent Air Atmosphere.* United States Department of The Interior.

Özden, Ü. (1986) *Zonguldak ve Soma-Merkez Kömürlerinin Basit Harmanlama ve Briket Sarj Yöntemlerine Göre Hazırlanan Karışımlarının Metalurjik Kok Üretiminde Kullanımı.* Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizi ve Teknolojisi Daire Başkanlığı

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

BAZI KÖMÜR ÖZELLİKLERİNİN TERMİK SANTRAL VERİMLİLİĞİ ve KÖMÜR FİYATLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF SOME COAL PROPERTIES ON THERMAL PLANTS EFFICIENCY and COAL PRICES

Sermin ELEVLİ, Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., 43100 Kütahya
Ahmet DEMİRCİ, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., 58140 Sivas

ÖZET

Termik santrallerde santral verimini doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden birisi kazanda yakılacak kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Bu özelliklerin kazanın tasarım değerlerine uygun olması gerekmekte olup, söz konusu özellikler kömür işletmeleri ve termik santraller arasında yapılan protokollerle güvence altına alınmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren bazı termik santrallerden elde edilen ve çeşitli dönemleri içeren kömür özellikleri ile ilişkili aylık verilerin protokollerde belirtilen değerlerle uyumu araştırılmıştır. Ayrıca ilgili kömür özelliklerinin kömür fiyatları ile anlamlı bir korelasyon ilişkisi içerisinde olup olmadığı irdelenmiştir. Sonuç olarak, temin edilen kömürlerin özelliklerinin protokollerde belirtilen değerlerle uyum içerisinde olmadığı ve kömür fiyatları ile beklenen yönde bir korelasyon ilişkisi göstermediği anlaşılmıştır.

ABSTRACT

One of the most important parameters that effects the efficiency of thermal plants directly is physical and chemical properties of coal. These properties should coincide with the design parameters of plant and they are secured by means of contracts between coal producers and thermal plants. In this study, some properties of coal burned in some thermal plants in Turkey during the specific periods were compared with the contract values. In addition, the existence of meaninfull corelation between the related coal properties and coal prices have been investigated. The results showed that coal properties and contract values do not coincide and the expected corelation relation between coal properties and coal prices do not exist.

1. GİRİŞ

Dünya ile hızlı bir entegrasyon sürecinde olan Türkiye Ekonomisi, hem sanayisini Avrupa Birliği içinde rekabet edebilir düzeye çıkarma, hem de dünya ticaretinde daha fazla pay alabilme gayreti içerisindedir. Bu durum özellikle elektrik enerjisi talebinde hızlı bir artışı beraberinde getirmekte ve dolayısıyla sanayiinin en önemli girdilerinden biri olan elektrik enerjisinin teminini önemli kılmaktadır.

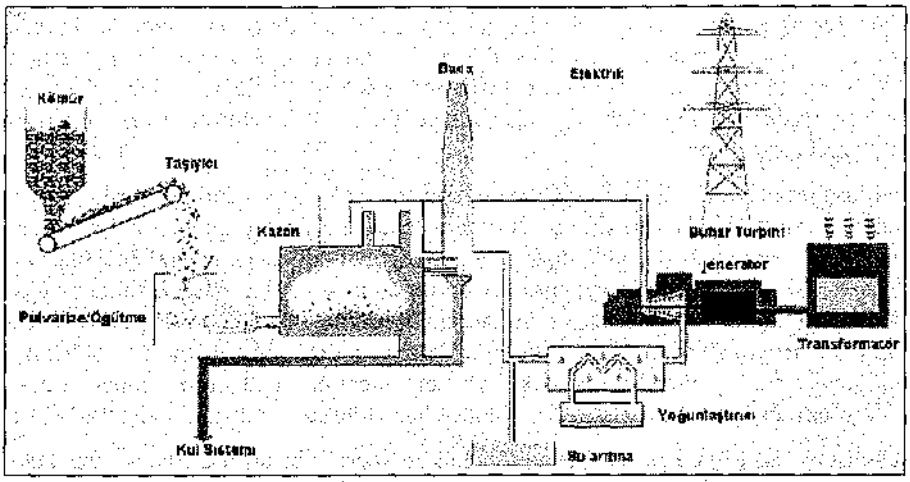
Ülkemizde elektrik üretiminde kurulu güç, çeşitli enerji kaynaklarına dayalı olarak toplam 31669.6 MW mertebesindedir. Bu değerin 6510 MW'lık bölümü linyite dayalı termik santraller kapsamında olup bu değer toplam gücün yaklaşık olarak %20'sine karşılık gelmektedir (EUAS, 2003). Bilindiği üzere, ülkemiz fosil yakıtları arasında yegane güvenilir enerji kaynağı kömürdür. Bu nedenle, süreklilik ve güvenilirlik kıstasları açısından değerlendirildiği taktirde ülkemiz elektrik enerjisi üretiminde linyit kömürüne dayalı termik santraller özel bir önem ihtiva etmektedir. Dolayısı ile elektrik enerjisi üretimindeki verimlilikte gözlenen önemli kayıplar, bir yandan kömür kaynaklarından mümkün olduğunca fazla ve uzun vadede faydalanılmasını olumsuz yönde etkilemekte, diğer yandan birim enerji başına daha fazla parasal kaynağın sarf edilmesine yol açmaktadır.

Bu çalışma kapsamında termik santrallere arz edilen kömürlerin bazı özelliklerinin termik santral verimliliği üzerine olan etkilerine değinilecektir. Daha sonra Türkiye'de faaliyet gösteren bazı termik santrallerin temin ettikleri kömürlerin özelliklerinin protokol değerleri ile olan uyumları incelenip, verimlilik üzerine etkileri yorumlanacaktır. Son olarak ilgili özelliklerin kömür fiyatları ile olan ilişkilerine değinilecektir.

2. TERMİK SANTRALLERDE VERİMLİLİK

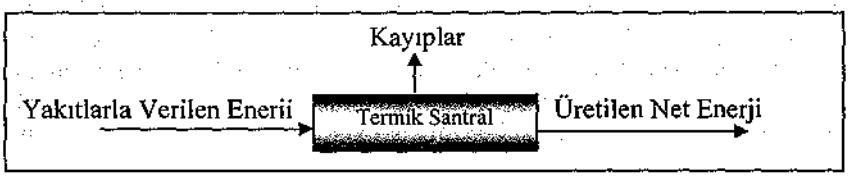
Termik Santraller; katı, sıvı ya da gaz halindeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü elektrik santralleridir. 1997 yılı itibari ile dünya toplam elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık olarak %63'ü termik santrallerce karşılanmaktadır (IEA, 1999). Yakıt türüne göre termik santrallerdeki en büyük payı %38,3 ile kömür almakta olup, bu değeri %15,5 ile doğal gaz ve %9,2 ile petrol takip etmektedir.

Şekil 1'de kömürle çalışan bir termik santralin işleyişi genelleştirilmiş haliyle verilmektedir. Termik santrale gelen kömür öncelikle ince boyuta öğütülerek yüzey alanı arttırılır. Öğütülmüş kömür, buhar kazanının yanma odasına hava ile üflenerek yanması sağlanır. Yanma sonucu yaklaşık olarak 1400 °C ısı elde edilir. Kazanın cidarında bulunan borulardan geçen su, sıcak gazlar ve ısı radyasyonu ile buhara dönüşür. Yüksek basınçlı buhar, bir buhar türbininden geçirilerek ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür ve kuvvetli bir manyetik alan içerisinde elektrik enerjisi elde edilir. Elde edilen elektrik enerjisi uzun mesafelere ekonomik olarak iletilebilmesi için yüksek voltajlara yükseltilerek (300.000 volt gibi) nakledilir. Elektrik tüketim alanlarında ise, voltaj daha güvenilir sınırlara transformatörler ile düşürülerek (220 volt) kullanıma sunulur.



Şekil 1. Termik Santrallerde Elektrik Üretimi Akım Şeması (TKİ, 2002).

Termik santrallerde genel olarak verim (η), belirli bir zaman dilimi içerisinde santralde net olarak üretilen enerjinin, yine bu zaman dilimi içerisinde santrale verilen enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır.



Bir termik santralde verim düşüklüğüne yol açan en büyük kayıp, elektrik üretim teknolojisinden kaynaklanmaktadır ve yaklaşık olarak %61 civarındadır. Başka bir deyişle, üretilen her 1 kwh elektrik karşılığında yaklaşık olarak 1,6 kwh elektrik enerjisi karşılığı ısı çeşitli yollarla çevrimde harcanarak boşa verilmektedir (Aslan, 1996). Nispeten kontrol edilebilir bir parametre olan işletmecilik kökenli kayıplar arasında ise *Yönetim, Eğitim, Kontrol ve Testler, Malzeme Özellikleri, Bakım ve Revizyonlar* ile *Kullanılan Yakıt Özelliklerini* saymak mümkündür. Bu kapsamda sıralanan kayıpların modern termik santral işletmeciliğinde %2'yi geçmemesi beklenir (Aslan, 1996).

Kömürle çalışan termik santrallerde ana girdi kömür olduğundan, kazanda yakılacak olan kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kazanın dizayn edildiği değerlere uygun olması gerekir. Ancak bu durumda santralden daha yüksek verim elde edilebilmektedir. Kömürün santral işletmeciliğini etkileyen başlıca özellikleri aşağıda sıralanmaktadır.

- **Kül İçeriği:** Kömür yandığı zaman içerdiği mineral maddelerin değişikliğe uğraması sonucu kül oluşur. Kömürdeki kül oranının artması, birim enerji başına (kwh) daha fazla kömür tüketimine neden olmaktadır. Bu durum ise; elektrofiltrelerde kül yükünün artmasına, külün kazandan atılmasının aksamasına ve dolayısıyla ünitede yük düşümüne veya ünitenin devre dışı kalmasına sebebiyet vermektedir.

- **Nem İçeriği:** Kömürün nem içeriğinin artması, sistemde tıkanmalara, sıvanmalara ve kazan yanma odasında sıcaklık düşmesine neden olmaktadır. Nem içeriğinin değişmesi, baca gazının hacimsel debisinin ve sıcaklığının değişmesine yol açmakta ve bu değişikliklerde elektrofiltre ve baca gazı desülfürizasyon tesislerinin verimini etkilemektedir.
- **Isıl Değer:** Kömürün ısıl değeri düştükçe, yakma sistemine verilen kömür miktarının artırılması gerekir. Bu durum sistemden atılması gereken kül miktarının artmasına neden olur. Düşük ısıl değere göre dizayn edilen kazanda daha yüksek ısıl değere sahip kömürlerin yakılması durumunda ise, kazan içerisinde yüksek sıcaklıklar meydana gelecek ve bu durum kazanda büyük cüruflanmalara neden olacaktır. Böyle cüruflanmalar nedeni ile ünitelerin devre dışı kalması olasıdır. Aynı şekilde kazan yanma odasındaki yüksek sıcaklık nedeniyle buhar sıcaklık kontrolünün yapılması zorlaşacak ve neticede santralde yük düşümüne gidilecektir.
- **Kömürün Kükürt İçeriği:** Kömürün kükürt içeriğinin artması, baca gazı kükürt arındırma tesislerinin kurulmuş olması halinde bile, bu tesislerin kükürt oksit yükünün artmasına yol açmaktadır. Ayrıca yakma sistemlerinde korozif etkisi söz konusu olmaktadır.

Bilindiği üzere elektrik üretiminde kullanılan kömürlerin kalitesini belirleyen yukarıda sıralanan özellikler, kömür üreticileri ile termik santraller arasında yapılan protokoller ile belirlenmektedir. Protokollerde belirtilen parametrelerin eksik veya santral tasarım parametreleri ile uyumsuz bir şekilde belirlenmesi, santral verimliliğinde ve çevresel koşullarda çeşitli olumsuzluklara neden olacaktır. Bu nedenle ilgili değerlerin titizlikle tespit edilmesi ve belirtilen limitler dışındaki özelliklere sahip kömürlerin ya kabul edilmemesi ya da ceza uygulamasına gidilerek fiyat indirimi yapılması gerekmektedir.

3. KÖMÜR ÖZELLİKLERİ ve PROTOKOL DEĞERLERİ

Termik santraller, özelliklerini sürekli koruyabilen kömürü temin edebilmek ve kömür akışında devamlılığı sağlayabilmek amacıyla kömür alımını sözleşmelerle/protokollerle yapmaktadır. Bu sözleşmelerde kömürün öngörülen kalite ve sınırları, sözleşme teknik değerleri veya protokol değerleri olarak yaygın olarak adlandırılmaktadır. Bu değerler santralin mümkün olduğunca üst düzeyde bir verimlilikle çalışmasını sağlamak amacıyla belirlenirler.

Çizelge 1' de ülkemizde faaliyet gösteren bazı termik santrallerin protokol değerleri verilmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere protokollerde santralde yakıt olarak kullanılacak kömürlerin özellikleri tanımlanırken tüvenan kömürün ısıl değeri, kül ve nem içerikleri ile bunların alt ve üst sınır değerleri belirtilmiştir.

Ülkemizde her bir santrale özgü Çizelge 1'de verildiği gibi çeşitli teknik sınırlamalar bulunmakla birlikte, termik santral işletmeciliğinde kömür kalitesinden kaynaklanan çeşitli olumsuzlukların yaşandığı sıkça dile getirilmektedir. Bu nedenle temin edilen kömürlere ilişkin özelliklerin verilen limitler içerisinde olup olmadığını araştırmak üzere bazı termik santrallerden çeşitli dönemleri içeren aylık veriler toplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Bazı termik santrallerin kömür işletmeleri ile yapılan protokol değerleri.

Santral Adı	Kalorifik Değer (kcal/kg)	Nem (%)	Kül (%)
Orhaneli	2350±100	32	24
Seyitömer 1-3	1750±100	40	35
Soma I-IV	2200(+200-100)	21	32
Soma V-VI	1550±100	18,8	52
Soma VII-VIII	3500(+100-700)	22	27
Tunçbilek B	2350±200	24	42
Yatağan I- II	2000±100	36	20
Yeniköy	1700±100	33±1	29±1

Çizelge 2. Bazı termik santrallerden temin edilen veriler ve protokol değerleri (Elevli, 2003).

Termik Santralin Adı	Zaman Periyodu	Veri Adedi		Kalori (kcal/kg)	Nem (%)	Kül (%)
Orhaneli	01.1997-09.2000	45	Ortalama	2218,91	30,01	28,06
			Protokol Değ.	2350±100	32	24
Seyitömer I-III	01.1998-11.2001	47	Ortalama	1683,83	32,43	34,32
			Protokol Değ.	1750±100	40	35
Soma I-IV	01.1997-10.2001	58	Ortalama	2222,2	16,61	47,00
			Protokol Değ.	2200 (+200-100)	21	32
Soma V-VI	01.1997-10.2001	58	Ortalama	1688	19,69	53,69
			Protokol Değ.	1550±100	18,8	52
Soma VII-VIII	01.1997-10.2001	58	Ortalama	3508,97	18,29	25,29
			Protokol Değ.	3500 (+100-700)	22	27
Tunçbilek B	01.1998-12.2001	48	Ortalama	2379,65	15,91	49,12
			Protokol Değ.	2350±200	24	42
Yatağan I-II	01.1999-10.2001	34	Ortalama	1976,74	36,11	24,90
			Protokol Değ.	2000±100	36	20
Yeniköy	01.1998-12.2000	36	Ortalama	1563,81	48,42	25,47
			Protokol Değ.	1700±100	33±1	29±1

Çizelge 2'de görüldüğü üzere protokol değerleri ile kolay karşılaştırabilmek bakımından kalorifik değer, nem içeriği ve kül içeriği değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Burada toplu bir şekilde sunulan değerler incelendiğinde aşağıdaki hususlar ön plana çıkmaktadır.

- Soma V-VI ve Yeniköy Termik Santralleri dışındaki santraller için kalorifik değer belirtilen limitler içerisinde yer almıştır. Sözü edilen santrallerde ise sapma miktarı 35-40 kcal/kg mertebesindedir.
- Nem içeriği, Yatağan I-II Termik Santralinde belirtilen limite en yakın değeri almakla birlikte, diğer santrallerde önemli farklılıklar göstermektedir.
- Benzer şekilde kül içeriği Seyitömer I-III Termik Santrali dışındaki santrallerde limit değerlerden önemli ölçüde sapmıştır.

4. KÖMÜR ÖZELLİKLERİ ve KÖMÜR FİYATLARI

Yukarıdaki bölümlerde değinildiği üzere termik santral işletmeciliğinde kömüre ait kalorifik değer, nem içeriği ve kül içeriği özellikleri verimlilik üzerinde ciddi etkilere sahip bulunmaktadır. Bu nedenle bu özelliklerin termik santrallerle kömür işletmeleri arasında kömür fiyatları üzerine yapılan pazarlıklarda ağırlıklı bir etkiye sahip olması beklenilen bir durumdur. Teorik olarak, potansiyel etkileri nedeniyle söz konusu özelliklerden kalorifik değer kömür fiyatları ile pozitif yönde, nem içeriği ve kül içeriği ise negatif yönde etkileşim içerisinde olacaktır.

Bu özelliklerin uygulamada kömür fiyatları üzerindeki etkilerini incelemek üzere Çizelge 2'de sıralanan santrallerden aynı zaman dilimini kapsayacak şekilde aylık kömür fiyatları verileri elde edilmiştir. Nominal fiyatlar (cari fiyatlar) o günkü kurdan Amerikan Dolarına çevrilmiş ve daha sonra ABD Tüketici Fiyat Endeksi (1982-1984=100) kullanılmak suretiyle reelleştirilmiştir.

Kömür fiyatları ve ilgili özellikler arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için korelasyon analizinden faydalanılmıştır. Bilindiği üzere korelasyon, iki veya daha fazla sayıda bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle olan ilişkisini gösterir. İlişkinin derecesi oransal bir ölçü olan korelasyon katsayısı (R) ile belirtilir ve korelasyon katsayısı $-1 \leq R \leq 1$ aralığında yer alır. Değişkenler arasındaki ilişki kuvvetlendikçe ±1, zayıfladıkça 0'a yaklaşan bir korelasyon katsayısı elde edilir.

Çizelge 3'te kömür fiyatları ve ilgili kömür özellikleri için korelasyon katsayıları verilmektedir. Bu değerler incelendiğinde aşağıdaki hususlar ön plana çıkmaktadır.

- Kalorifik değer ve kömür fiyatı arasında en güçlü ve beklenen yöndeki ilişkiler Orhaneli ve Tunçbilek B Termik Santrallerinde çıkmıştır. Bu santraller için korelasyon katsayıları sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde istatistiksel bakımdan anlamlıdır. Bununla birlikte diğer santrallerde ilişki ya çok zayıf ya da beklenenin aksi yönündedir.
- Nem içeriği ve kömür fiyatı ilişkisinde ise yalnızca Yatağan I-II Termik Santrali için istatistiksel bakımdan anlamlı ve beklenilen yönde bir ilişki söz konusudur.
- Kül içeriğinde Orhaneli, Seyitömer I-III ve Tunçbilek B Termik Santralleri için ortaya çıkan ilişkiler beklenilen yöndedir. Bu santrallerde korelasyon katsayılarının tümü %1 seviyesinde istatistiksel bakımdan anlamlıdır. Diğer santrallerde ise benzer şekilde ilişki ya çok zayıf ya da aksi yöndedir.

Çizelge 3. Korelasyon katsayıları (Elevli, 2003).

Termik Santralin Adı	Kalori (kcal/kg)	Nem (%)	Kül (%)	
Orhaneli	0,914*	0,530**	-0,781**	Korelasyon Katsayısı (R)
Seyitömer I-III	0,205	0,461**	-0,540**	
Soma I-IV	-0,364**	-0,139	0,194	
Soma V-VI	0,030	0,242	-0,030	
Soma VII-VIII	-0,607**	0,048	0,646**	
Tunçbilek B	0,519**	0,434**	-0,596**	
Yatağan I-II	-0,454**	-0,420*	0,350*	
Yeniköy	0,182	0,165	-0,138	

*0,05, **0,01 seviyesinde korelasyon anlamlı

5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler neticesinde aşağıdaki düşünceler hasıl olmuştur.

- Termik santrallerin kömür alımlarında protokol değerleri ile gerçek değerler arasında kalorifik değer dışındaki özellikler için önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Ülkemizde termik santraller yeterli rezervi bulunan kömür sahalarının yakınında tesis edildiklerinden dolayı, bu durum başlangıçta yapılan planlamalarda hata yapılmış olabileceğini akla getirmektedir. Nitekim muhtemel hatalar, yatağın özelliklerinin tespiti veya santralin tasarımı ile ilgili olabilir gözükmektedir.
- Protokollerde yer alan kömür özelliklerinin kömür fiyatları üzerinde beklenen istikametteki etkileri sınırlı düzeyde kalmıştır. Buradan kömür fiyatlandırmasında söz konusu özelliklerin etkili parametreler olarak yeterince değerlendirilmediği ve başka hususların dikkate alınmış olduğu anlaşılmaktadır.

Ülkemizin enerji alanındaki kıt kaynaklarının rasyonel bir şekilde değerlendirilebilmesi açısından aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir gözükmektedir.

- Termik santrallerde, kömür özellikleri nedeniyle yaşanan/ yaşanabilecek verimlilik azalmalarına engel olabilmek için, kömür yatağının özelliklerinin belki de yeniden daha hassas bir şekilde tespit edilerek, belirli bir üretim planlaması çerçevesinde istenen özelliklere sahip kömürlerin santrallere arzı sağlanabilecektir.
- Yeniden yapılan değerlendirmelerde kömür özelliklerinin santral değerleri ile uyumlu olmadığının anlaşılması durumunda, başka kaynaklardan kömür alımı ve harmanlama imkanlarının araştırılması uygun olabilir gözükmektedir.
- Kömür fiyatlarının diğer önemli parametrelerle birlikte mutlaka kalorifik değer, nem içeriği ve kül içeriği özelliklerini dikkate alacak şekilde belirlenmesi, hem alıcı hem de satıcı tarafını memnun edecektir.

6. KAYNAKLAR

Aslan, H. (1996) Kömüre Dayalı Termik Elektrik Santrallerinde Verim ve Kapasite Kullanım Oranı Düşüklüğünün Nedenleri ve Bunların Yükseltilmeleri İçin Alınması Gerekli Tedbirler. *Türkiye Enerji Sempozyumu*, s.143-159

Elevli, S. (2003) Termik Santrallerde Kömür Fiyatlarının Analizi ve Fiyatlandırma Modellerinin Geliştirilmesi. *Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas

EUAS (2003) www.euas.gov.tr

IEA (1999) Key World Energy Statistics

TKİ (2002) www.tki.gov.tr

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜR ÖZELLİĞİ DEĞİŞİMİNİN TERMİK SANTRAL VERİMİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF VARIATION IN COAL PROPERTIES ON THE THERMAL POWER PLANT EFFICIENCY

Uğur TEKİR, *DEÜ, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., İzmir*
Mevlüt KEMAL, Vedat ARSLAN *DEÜ, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., İzmir*

ÖZET

Termik santralın işletme döneminde santrala verilen kömür özelliklerinin, santralın tasarımına esas kömür özelliklerinden farklı olması, işletme şartlarının bozulmasına, üretim kayıplarına, teknik, ekonomik ve çevresel etkiler bakımından olumsuz koşulların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Termik santrala beslenen kömür kalitesinin yani ısıl değerinin kısa zaman aralıklarında sık sık değişmesi, yük stabilitesinin bozulmasına ve termik santral kazanlarında ritim bozukluğuna neden olmaktadır.

ABSTRACT

The difference between the qualities of the coal given during the process period of the coal based thermal power and the qualities of those the design of the plant requires causes deprivation in process conditions, production loss, economical and environmental conditions.

Because of the frequent changes in coal quality fed to the coal power plant; namely, heat value causes deprivation in stabilization and inconsistent rhythm in thermal plants.

1. GİRİŞ

Termik santralların işletme döneminde santrala verilen kömür özelliklerinin, santral dizaynı için esas alınan kömür özelliklerinden farklı olması; santralın düşük yükte çalışmasına, yedek tesisleri devreye alma zorunluluğunun olmasına, teçhizat kapasitelerinin yetersiz kalmasına, elektrofiltrelerin kül yükünün artmasına, yanma odası sıcaklığının yükselmesine veya düşmesine, baca gazı çiğleşme noktasının değişmesine, baca gazı kükürt oksit konsantrasyonlarının artmasına vb. gibi istenmeyen olumsuzluklara yol açmaktadır (Taştekin, 2002).

Kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiminden dolayı oluşan olumsuzlukları gidermek için santralda kullanılacak olan kömürü, kömür park sahasında harmanlama ve homojenizasyon işlemine tabi tutmak gerekir. Harmanlama ve homojenizasyon işlemi ile kömürün ortalama ısıl değerinin santralın dizayn değerine yakın tutulması hedeflenmektedir (Yıldır, 1995).

Yakıt harmanlama ve homojenizasyon işlemi, kömür yatağındaki kömürün; kalite parametrelerinin tespiti ile başlayıp, santral kazanlarına beslenmesine kadar olan süreci kapsamaktadır. Bu süreç; bir kömür hazırlama işlemler dizisi olarak kabul edilmeli ve kullanılacak prosesler (açık ocak planlaması, maden makinaları, stoklama yöntemleri, nakliyat sistemleri vb.) ile diğer işletme koşulları bir proje bütünlüğü içinde belirlenmelidir (Taştekin, 2002).

Bu yaklaşımla hem santrala verilen kömürün kalorisi kontrol altında tutularak kömürün, santralın dizayn değerine uygunluğu sağlanacak hem de en düşük vasıflı kömür katmanları değerlendirilerek kömür varlığının israf ve tahribine meydan verilmeyecektir.

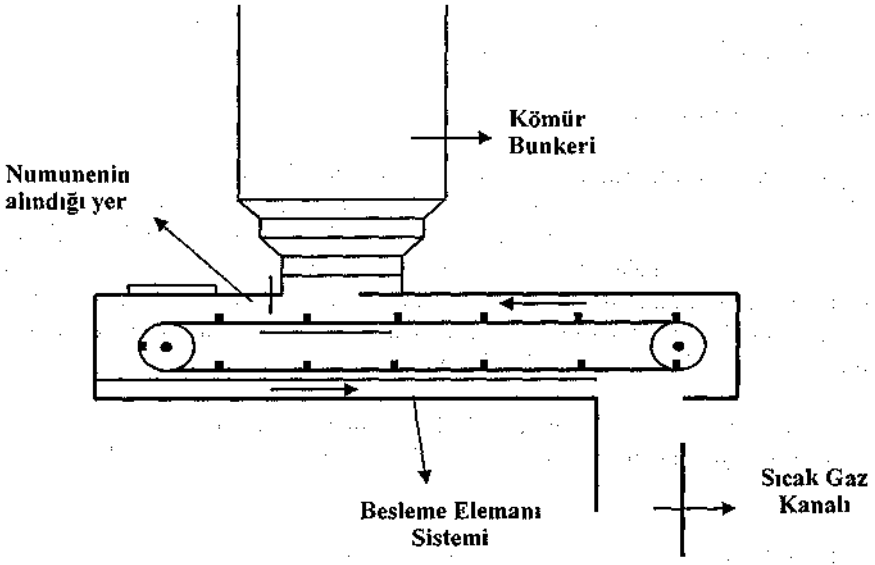
Bu çalışmada, Soma-B Termik Santralı 5. ünitesinin bunker çıkışlarından alınan kömür numunelerine kül, nem ve kalori analizi yapılarak, elde edilen analiz değerleri ve santral işletim parametreleri ile santralın nominal gücü olan 165 MW için kazan içerisine verilmesi gereken ısı miktarının tespiti ve verim değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Yöntem

Soma-B termik santralında elektrik üretiminin gerçekleştirildiği 6 ünite bulunmaktadır. Yapılacak olan bir aylık verimlilik ölçümleri sırasında aksama olmaması için düzenli çalışan ve ünitenin devre dışı kalmasının az olduğu 5. ünite seçilmiştir.

Kömür stok sahasından bant nakliyatı ile 5. üniteye ait bunker binasına giren kömürler, hangi bunkerin içinde malzeme miktarı az ise onun içerisine aktarılır. Bunker içerisine dökülen kömürler, besleme elemanından sıcak gaz kanalına kömürler aktarıldıkça, bunker çıkışına doğru yol alırlar. Besleme elemanının görevi, sıcak gaz kanalından değirmene aktarılan kömür miktarının düzenli olmasını sağlamaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Bunkerden kömürü dozajlayarak değirmene aktaran besleme elemanı sistemi.

Deneysel çalışmalar kapsamında; termik santralın işletilmesi esnasında, bir vardiya (8-16 vardiyası) boyunca her saat başında (9:00-10:00-11:00-13:00-14.00-15.00) 5. ünitenin 6 farklı bunker çıkışından (Şekil 1) alınan numuneler bir kap içinde biriktirildikten sonra numune azaltma yöntemlerinden dörtleme metodu kullanılarak azaltılıp torbalanmıştır.

Numune alma işlemi esnasındaki işletme parametrelerinden; 5. ünitenin elektrik üretim miktarı (MWh), besleme elemanlarından değirmenlere oradan da kazana aktarılan kömür miktarlarını tespit edebilmek için her bir besleme elemanının çalışma %'leri, kumanda odasındaki panolardan kaydedilmiştir.

Torbalanan numuneler, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği bölümüne getirilmiştir. Cevher hazırlama laboratuvarında 2 mm altına kırılan numunelerden temsili olarak alınan 500-600 g numune 25 °C'de havada kuruması için bekletilmiştir.

Numunelere Kimya Laboratuvarında kül, nem ve kalori analizleri yapmak için, havanın nemiyle dengeye gelen kömürden numune alma yöntemiyle alınan yaklaşık 100 g numune halkalı değirmende öğütülmüştür. Yapılan analizler sonucunda, elde edilen kömürün havada kuru yüzdesi, havada kuru kül yüzdesi, higroskopik nem yüzdesi, havada kuru üst ısıl verileri kullanılarak almış olduğumuz numunelerin orjinal bazdaki kül, nem ve alt ısıl değerlerine hesapla ulaşılmıştır.

5. ünitenin 165 MWh elektrik enerjisi üretebilmesi için kazan içerisine saniyede verilmesi gereken maksimum ve minimum ısı miktarlarını tespit etmek amacıyla hesapla bulmuş olduğumuz numunelerin orjinal baz alt ısıl değerleri ile kazana saniyede verilen kömür miktarı çarpılmıştır.

Verim değerlerini hesaplamak amacıyla, kcal ile enerji birimleri arasındaki ilişki araştırılıp, jeneratör çıkışından 1 kwh'lik enerji elde edebilmek için ne kadar kalorinin kazana verildiği hesaplanarak verim değerlerine ulaşılmıştır.

2.2 Verilerin Değerlendirilmesi

4 hafta boyunca 8-16 vardiyasında her saat başında bir adet olmak üzere günde 6, haftada 30, toplam 120 adet numunenin analiz sonuçları içeren, işletme parametrelerinden; kazanda saatte yakılan kömür miktarları ve saatte üretilen elektrik miktarlarını gösteren Çizelgelar hazırlanmıştır. Örnek olarak, Çizelge 2 ve 3'te 5. ünitenin maksimum ve minimum verim değerlerinin elde edildiği 2. Haftanın 4. ve 5. Gününde alınan kömür numunelerinin kimyasal analiz değerleri, kazanda saatte yakılan kömür miktarları ve üretilen elektrik miktarları verilmektedir.

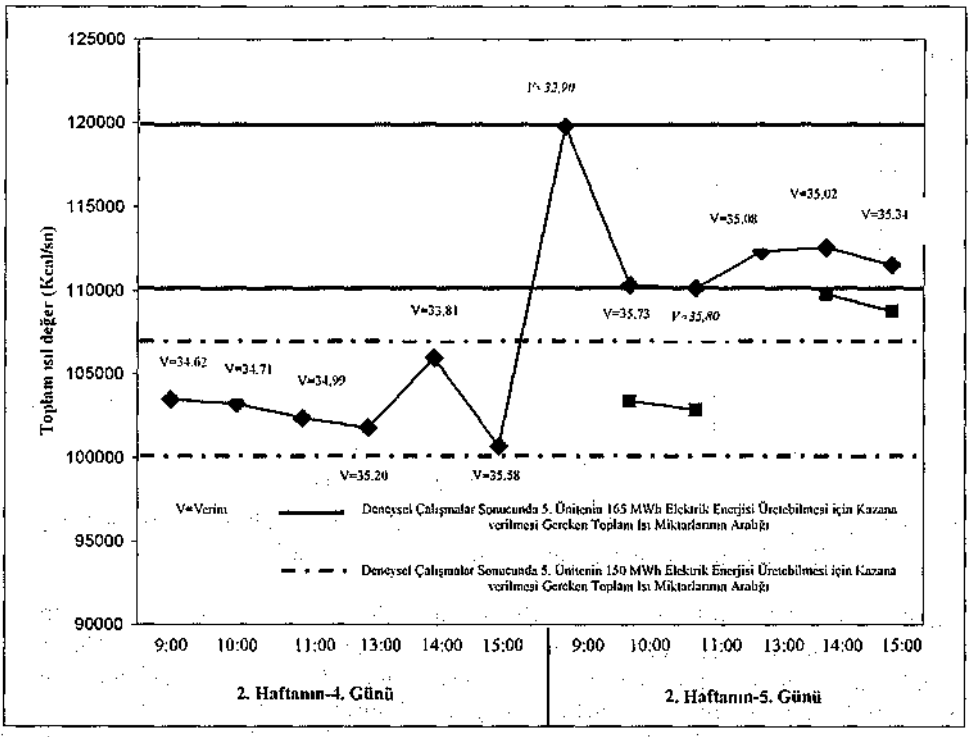
Çizelge 2. "2. Haftanın 4. gününde" alınan kömür numunelerinin kimyasal analiz değerleri, yakılan kömür (ton/saat) ve üretilen elektrik (MWh) miktarları.

2. Haftanın 4. Günü							
Numunelerin Alındığı Saatler		9:00	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00
Kömür özelliği	Orjinal baz nem %	17,55	17,72	17,82	17,90	17,92	17,96
	Orjinal baz kül %	41,80	41,78	41,85	42,01	42,08	43,91
	Orjinal baz alt ısı (Kcal/kg)	2079	2074	2057	2045	2034	1933
Yakılan kömür miktarı (Ton/Saat)		179,195	179,195	179,195	179,195	187,557	187,557
MWh		150	150	150	150	150	150

Çizelge 3. "2. Haftanın 5. gününde" alınan kömür numunelerinin kimyasal analiz değerleri, yakılan kömür (ton/saat) ve üretilen elektrik (MWh) miktarları.

2. Haftanın 5. Günü							
Numunelerin Alındığı Saatler		9:00	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00
Kömür özelliği	Orjinal baz nem %	17,77	17,99	18,02	18,09	18,22	18,30
	Orjinal baz kül %	39,19	49,37	49,44	49,43	50,25	50,27
	Orjinal baz alt ısı	2197	1644	1636	1633	1596	1581
Yakılan kömür miktarı (Ton/Saat)		196,273	226,381	226,381	247,641	247,641	247,641
MWh		165	165	165	165	165	165

Şekil 1'de, 2. Haftanın 4. ve 5. gününde alınan kömür numunelerinin orjinal baz alt ısıl değerleri ile kazanda yakılan kömür miktarlarının (kg/sn) çarpımından elde edilen toplam ısı miktarları ve hesapla bulunan verim değerleri verilmektedir.

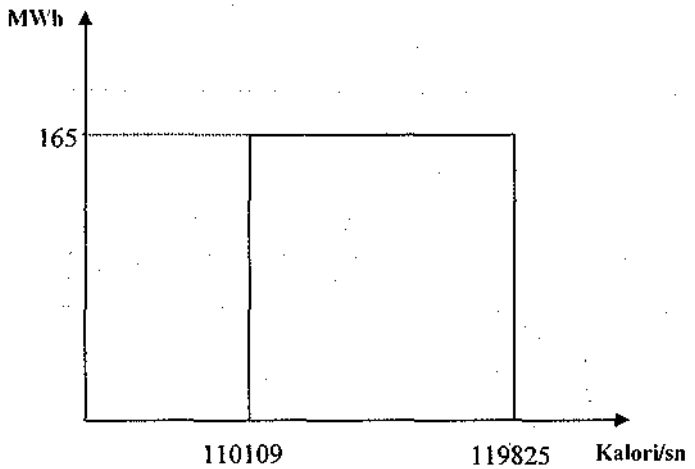


Şekil 1. "2. Haftanın-4. gününde" ve "2. Haftanın-5. gününde" alınan numunelerin ısıl değerleri ile kazanda yakılan kömür miktarlarının (kg/sn) çarpımından elde edilen toplam ısı miktarları ve hesapla bulunan verim değerleri.

Sistemin 165 MWh elektrik üretebilmesi için saniyede kazan içerisinde olması gereken ısı miktarı; analiz sonuçlarından elde ettiğimiz kömürün Orijinal baz alt ısıl değeri ile saniyede kazan içerisine yakıcı ağızlarından püskürtülen kömür miktarının çarpımı ile elde edilmiştir.

Aylık verimlilik çalışması kapsamında alınan 120 adet verinin değerlendirilmesi sonucunda, 5. ünitenin 165 MWh elektrik üretimi için kazana saniyede verilmesi gereken toplam ısı miktarının minimum ve maksimum değerleri Şekil 2'de verilmektedir.

Verimlilik çalışmaları sonucunda termik santral ünite veriminin %40 olduğu tespit edilirse; 1 kwh elektrik üretimi için 860 / 0,40 = 2150 kcal'lik kömür kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu durumda ancak 2150 kcal'lik bir yakıtla jeneratör çıkışından 1 kwh enerji elde edilebilir (Heper, 1990).



Şekil 2. 5. ünitenin 165 MWh elektrik enerjisi üretebilmesi için kazan içerisine saniyede verilmesi gereken maksimum ve minimum ısı miktarları.

Şekil 2.'de, 165 MWh'lık elektrik enerjisi üretimi için kazan içerisine verilmesi gereken ısı miktarının minimum 110109 kcal/sn olduğu durumda; (110109x3600)/165,000 = 2402 kcal/kg'lık kömürün, ısı miktarının maksimum 119825 kcal/sn olduğu durumda ise; (119825x3600)/165,000 = 2614 kcal/kg'lık kömürün kazanda yakılması sonucunda 1 kwh'lik elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu iki durum için elde edilecek verimler ise, sırasıyla %35,8 ve %32,9 olmaktadır.

Yukarıda tespit edilen verim değerleri santralın, 2402 kcal'lik ısı karşılığı 1 kwh elektrik enerjisi elde edilecek şekilde dizayn edildiğini veya maksimal bu verimde çalıştırılabildiğini göstermektedir.

Diğer taraftan santralın verimi sürekli değişmekte ve yukarıda da verildiği gibi, %35,8 ile %32,9 arasında oynamaktadır. Verimdeki bu oynamanın nedeni kömürün kazana homojen olarak beslenmemesinden kaynaklanmaktadır. 165 MWh elektrik üretilebilmesi için kazana belirli ısı kapasitesi olan kömür beslenmesi şarttır. Aksi halde elektrik üretim miktarı düşecektir.

Kazan dizayn değerlerinden daha yüksek kalitede kömürlerin kazan içerisine alınması sonucu elektrik üretimi için gerekli olan buhar basıncının özellikleri limitlerin dışına çıkmakta ve oluşan buharın bir kısmı iş gördürülmeden kondanseye yönlendirilmektedir. Bunun sonucu olarak sistemde verim kaybı meydana gelmektedir.

Kömür kalitesinin yani ısıl değerinin kısa zaman aralıklarında değişmesi sonucu, kazan içerisinde oluşan alev boyunun stabil kalabilmesi için ve elektrik üretim miktarında herhangi bir düşüşe gidilmemesi için kumanda odasındaki operatörler kazan içerisine ilave yakıt olarak fuel-oil almaktadırlar. Kaç tane yakıcını devrede olduğu ve saniyede kaç kg ilave yakıtın kazan içerisine verildiği kumanda odasındaki panolardan okunabilmektedir. Sisteme ilave yakıt olarak fuel-oil alınması işletme maliyetini arttırmaktadır (Yıldır, 1996).

Örneğin; Çizelge 3'de, 2. haftanın 5. gününde alınan numunelerin (Saat 9:00-Saat 10:00) Orjinal baz alt ısıl değerlerinin bir saat içerisinde 2197 kcal/kg'dan, 1644 kcal/kg'a düştüğü görülmektedir. Böyle bir durumda, üretilen elektrik miktarını istenilen seviyede tutabilmek için kazana püskürtülen ilave yakıtın sisteme kazandırdığı ısıl miktarı, kazana verilen ilave yakıtın miktarına bağlı olarak kumanda odasındaki panolardan okunup alınan numunenin orjinal baz ısıl değerine eklenmiştir. Hesapla bulunan bu değer daha sonra kazanda saatte yakılan kömür miktarı ile çarpılarak kazan verilen ısı miktarı tespit edilmiştir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soma-B termik santralında yapılan çalışmalar sonucunda; 165 MWh'lık elektrik enerjisi üretimi için kazan içerisine verilmesi gereken ısı miktarının minimum 110109 kcal/sn olduğu durumda; (110109x3600)/165,000 = 2402 kcal/kg'lık kömürün, ısı miktarının maksimum 119825 kcal/sn olduğu durumda ise; (119825x3600)/165,000 = 2614 kcal/kg'lık kömürün kazanda yakılması sonucunda 1 kwh'lik elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu iki durum için elde edilecek verimler ise, sırasıyla %35,8 ve %32,9 olmaktadır.

Yukarıda tespit edilen verim değerleri santralın, 2402 kcal'lik ısı karşılığı 1 kwh elektrik enerjisi elde edilecek şekilde dizayn edildiğini veya maksimal bu verimde çalıştırılabildiğini göstermektedir. Bu verim günümüz termik santral verimleri için çok düşüktür. Zira, ülkemizde son zamanlarda inşa edilen termik santraller, 2100 kcal'lik ısı enerjisinden 1 kwh elektrik enerjisi elde edilecek, yani %40,9 verimle çalışacak şekilde dizayn edilmektedir. Arada (40,9-35,8 =5,1) %5,1'lik verim farkı meydana gelmektedir. Örneğin; santral 165 MW yükte ve %40,9 verimle 5000 saat çalıştırıldığında kömür ortalama ısıl dizayn değerinde 1.117.741 ton/yıl kömür yakılacaktır. İncelenen ünitenin maksimal verimi olan %35,8 verimde 1.278.484 ton/yıl kömür ve en düşük verim olan %32,9 ile ise, 1.390.790 ton/yıl kömüre ihtiyaç olacaktır. Buna göre, Soma-B termik santralı tespit edilen maksimum verimde çalıştığında bile, günümüzde standart hale gelen %40 civarında bir verimle çalışan santrale göre çok düşük verimle çalışmaktadır.

Çizelge 3. Termik santralda farklı verimlerde yıllık kömür gereksinimleri (ton/yıl).

Santral net verimi %	Yıllık 5000 saat 165 MW elektrik üretimi için 1550 kcal/kg ısıl değerli kömür gereksinimi (ton/yıl)	Artış Miktarı %	Artan Miktar (ton/yıl)
40,9	1.117.741	100	-
35,8	1.278.484	114,4	160.743
32,9	1.390.790	124,4	273.049

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, santral verimi %40,9'dan %35,8'e düştüğünde %14,4 daha fazla ve %32,9'a düştüğünde ise, %24,4 daha fazla kömür yakılmaktadır. Bu demektir ki, santral yenilerek ve kömür homojenizasyonu sağlanarak verim %40,9'a çıkarıldığında, bugünkü maksimum verimle çalışmaya göre, %14,4 minimum verime göre ise %24,4 daha fazla elektrik elde edilecektir.

Diğer taraftan santralın verimi sürekli değişmekte ve yukarıda da verildiği gibi, %35,8 ile %32,9 arasında oynamaktadır. Verimdeki bu oynamanın nedeni kömürün kazana homojen olarak beslenmemesinden kaynaklanmaktadır.

Soma-B termik santralının 5. ve 6. ünitelerini besleyen Deniş kömür havzasının düşük kalorili linyitleri açık ocakta damardan damara kalite farklılığı göstermektedir. Açık ocaktan üretilen kömürler bant nakliyatı ile termik santrale ait kömür hazırlama ünitesine gelmektedir. Kömür hazırlama ünitesinde kırma eleme işleminden geçen kömürler kömür harman sahasında nokta dökümü şeklinde stoklanmaktadır. Kömürler stoklandığı şekliyle tekrar geri yüklenerek termik santral kazanlarına beslenmektedir (Soma-B Termik Santralı Tanıtım Kitapçığı, 1998).

Santrala homojen özelliğe sahip kömürlerin beslenebilmesi için kömür yatağındaki kömürün; kalite parametrelerinin tespiti ile başlayan, santral kazanlarına beslenmesine kadar olan süreci kapsayan bir planlamanın yapılması gerekir. Bu planlama bir kömür hazırlama işlemler dizisi olarak kabul edilmeli ve kullanılacak olan prosesler (açık ocak planlaması, maden makinaları, nakliyat sistemleri, harmanlama-homojenizasyon yöntemleri, stoklama yöntemleri, kırma ve eleme işlemleri) ile diğer işletme koşullarını kapsamaktadır. Böyle bir planlama ile, hem santrala verilen kömürün kalorisi kontrol altında tutularak kömürün, santralın dizayn değerine uygunluğu sağlanacak, hem de Soma-B termik santralında tespit edilen maksimum verim olan %35,8'e yaklaşmak mümkün olacaktır.

4. KAYNAKLAR

Heper, Y. (1990) *Buhar Santralları*, Türkiye Elektrik Kurumu Eğitim Dairesi Başkanlığı, Ankara, 368 s.

Soma-B Termik Santralı Tanıtım Kitapçığı. (1998) SEAŞ Genel Müdürlüğü, 17 s.

Taştekin, C. (2002) Kömüre Dayalı Santrallede Yakıt Homojenizasyonu, *Madencilik Bülteni*, s. 30-31.

Yıldır, S. Y. (1995) *Yanma*, TEAŞ Soma Elektrik Teknolojileri Geliştirme ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 29, 39 s.

Yıldır, S. Y. (1996) *Kazanlarda Yakıt Analizleri*, TEAŞ Soma Elektrik Teknolojileri Geliştirme ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 39, 30 s.

Türkiye 14.Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

SEYİTÖMER LİNYİT İŞLETMESİ (SLİ) KÖMÜRLERİNİN BEKLEMEYE BAĞLI OLARAK ISIL DEĞER DEĞİŞİMİ

THE CALORIFIC VALUE VARIATION ACCORDING to DURATION TIME of LIGNITE COALS EXCAVATED in SEYITOMER COAL ENTERPRISE (SLE)

Hakan AYKUL, *Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Kütahya*
Hamdi AKÇAKOCA, İsmail BENTLİ, *Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Kütahya*

ÖZET

Bu çalışma, Seyitömer Linyit İşletmesi'nde (SLİ) üretilen kömürlerin beklemeye 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, beklemeye bağlı kalori artışı açısından en optimum süreler olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

In this study, the changing mechanism of moisture, calorific and ash content values related to duration time of coal in different conditions, excavated in SLE has been investigated. For this aim, the representative examples have been spreaded out in three different situations (open air, upper side covered open air and room conditions) and certain duration periods. For each specimen the moisture, calorific and ash variations have been determined after 1, 4, 7 and 14 days duration time. The changing periods of these variations according to duration time have been evaluated. As a result, the optimum duration time were determined 7 days for power plant and between 14-30 days for the market for the point of view of calorific values increase.

1. GİRİŞ

Tüm yönleriyle kalite, diğer sektörlerde olduğu gibi "Madencilik Sektörü'nde" de giderek önem kazanan bir kavramdır. Bunun en önemli nedenleri müşteri beklentilerindeki artış, teknolojik gelişim ve artan rekabettir. Özellikle kömür madenciliğinde üretilen kömür kalitesinin kontrolü, çevresel kısıtlamalar ve termik santrallerde üretilen elektrik randımanı açısından önemlidir.

Termik santrallerde elektrik üretim kayıpları, teknolojik kayıplar ve işletmecilik kaybından kaynaklanır. Teknolojik kayıplar toplam kayıpların büyük bir bölümünü oluşturmakta olup günümüz koşullarında önüne geçilemeyen kayıplardır. İşletmecilikten kaynaklanan kayıpları etkileyen en önemli faktör ise termik santral kazanlarında kullanılan yakıtın özellikleridir. Linyitin özellikleri diğer kayıp faktörlerini dolaylı olarak etkilemektedir. Çünkü, kömür yakan termik santrallerde yüksek performans ve verimli üretim, ancak kullanılan kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kazanın tasarım özelliklerine uyumlu olmasıyla başarılır. Kazan tasarım özelliklerine uymayan kömür elektrik üretim verimini azalttığı gibi, yakma sistemine de zarar vererek bu sistemin ekonomik ömrünü azaltmaktadır. Bununla beraber termik santrale kazan standartlarının altında veya kısa bir periyotta çok değişken kalitede kömürün beslenmesi kömürü satan firma içinde ceza uygulamasına sebep olmaktadır (Aslan, 1996).

Madencilikte kalite iyileştirme uygulamaları gittikçe önem kazanmaktadır. Kömür madenciliği içinde geçerli olan bu uygulamalar, dört ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; üretim kazı sırasında kalite iyileştirme yani seçimli madencilik (Aykul, 1999), cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri (Atak ve Önal, 1991), harmanlama-homojenleme (Ünlü vd, 1999) ve son olarak da kömürde olduğu gibi cevherin kazılmasından müşteriye sevkine kadar bekletilmesiyle iyileştirme olarak sayılabilir. Diğer yöntemlerin yanında kömürün beklemeye dayalı olarak kalite değişim mekanizmasının da sağlıklı bir süreç içinde belirlenmesi gerekmektedir.

Termik santralin kullandığı kömür özellikleri, santrale kömür veren kuruluşlarla yapılan anlaşmalara göre belirlenmektedir. Bu anlaşmalar kömür veren kuruluşlara ürettikleri kömürün termik santralin kullanımına uygun özellikte olması konusunda belirli yükümlülükler getirmektedir. Termik santrallere kömür veren pek çok kuruluş kömür kalitesini sağlıklı bir şekilde kontrol edemediğinden dolayı bu anlaşmalar çerçevesinde termik santrallere ceza ödemektedirler.

Kömür için kalite kriterleri; kalori değeri, kül, nem, uçucu madde ve bünyesindeki kükürt miktarı gibi yapısal özelliklerdir. Bu özellikler kömürün oluşumu ile ilgili hususlardır ve bu kriterlerin istenen düzeyde olması kömürün pazardaki satılabilirliğini arttıran faktörlerdir. Bunun dışında üretim sırasında dış etkenlerden örneğin yan taşın kömüre karışması, yağış nedeniyle kömürün ıslanması gibi hususlardan dolayı kalite önemli ölçüde değişmektedir (Saltoğlu, 1991).

Ülkemiz linyit rezervlerinin büyük bir kısmı düşük kalorili olması sebebiyle ekonomik kullanım açısından termik santrallerde, elektrik üretiminde değerlendirilmektedir. İşletmelerden piyasaya ve termik santrallere verilen kömürdeki kaliteyi düşüren ve

müşteri ile kalite problemlerine neden olan en önemli etkenler killi ara kesmeler ve yüksek nem içeriğidir. Yaş yıkama teknikleriyle yumuşak linyitlerin bu safsızlıklardan uzaklaştırılma güçlüğü, işletmeleri kalite iyileştirmede harmanlama, seçimli kazı gibi yöntemlere yöneltmiştir. Bununla beraber, beklemeye bağlı olarak kömür kalitesinde bir iyileşme olduğu bilinmesine ve uygulanmasına rağmen bu iyileşmenin zamana bağlı olarak ne ölçüde gerçekleştiği de, belirlenmesi gereken bir konudur.

Nem nakliye, stoklama ve yakma işlemlerinde gereksiz bir yük oluşturduğu gibi kömürün kalori değerini de düşürmektedir (Atak ve Önal, 1991). Ayrıca kömür yandığı zaman açığa çıkan enerjinin bir kısmı nemin uzaklaştırılması için harcanmaktadır (Ateşok, 1986). Linyitlerde nem oranı %8-75 arasında büyük değişikler gösterir. Yumuşak linyitler %35-75, sert linyitler %8-35 arasında nem içerirler. Kömürlerdeki nemin büyük bir kısmı atılarak kömürün kalorifik değeri arttırılabilmekte ve bu olay kömürlerin havada kurutulmasıyla da gerçekleştirilebilmektedir. Havada kuruma durumuna göre, kömür nemi kaba ve higroskopik nem olarak ikiye ayrılır. Hava sıcaklığı ve havanın higroskopik nem oranına bağlı olarak herhangi bir termik işlem olmaksızın, oda sıcaklığında kömürün kaybettiği neme kaba nem, kömürde geride kalan neme ise higroskopik nem adı verilmektedir (Kemal ve Aslan, 1999). Kömürler hava şartlarına ve özelliklerine bağlı olarak farklı oranda kaba nemini kaybederler. Semerkant vd. (1991) Seyitömer linyitleri ile yaptıkları açık havada kurutma işleminde kömürün nem kaybı nedeni ile dağıldığını ve cebri kurutma sisteminin ise çok maliyetli olduğunu bildirmektedir. Ancak bu çalışmada ise Seyitömer bölgesinde üretilen kömürlerin termik santrale verilmesi düşünüldüğünden nem kaybı nedeniyle oluşan tozlanmanın herhangi bir sakıncası yoktur.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme

Seyitömer Linyitleri İşletmesi (SLİ), Kütahya il merkezinin 20 km. kuzeybatısındadır. SLİ'de dragline-ekskavatör-kamyon açık işletme sistemi uygulanmaktadır (Anon, 2004). 1999 yılında üretilen linyit kömürü, piyasaya +100 mm boyutunda 1 milyon ton, termik santrale –200 mm boyutunda 6.5 milyon ton iken, 2002 yılında bu rakamlar piyasaya 500 bin ton, termik santrale 4.7 milyon tona kadar düşmüştür. Tahmini olarak 2003 yılında ise bu rakamların piyasaya 500 bin ton, termik santrale ise 3.5 milyon ton olacağı yönündedir (Bohur, 2003). Seyitömer termik santralinin kurulu gücü 4x150=600 MW'dır ve ülkemizde kömüre dayalı olarak çalışan termik santraller içinde önemli bir yeri vardır (Şengüler vd, 1998).

Seyitömer linyitlerinin kül, kalori ve nem özelliklerinin bekleme ile değişimini belirlenmek amacıyla, üretim yapılan A, B ve Dragline panolarından 25'er kg temsili numune alınarak tek numune haline getirilmiştir. Denemelerde kullanılan linyitin özellikleri Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Seyitömer linyitlerinin orijinal bazda kısa analiz sonuçları.

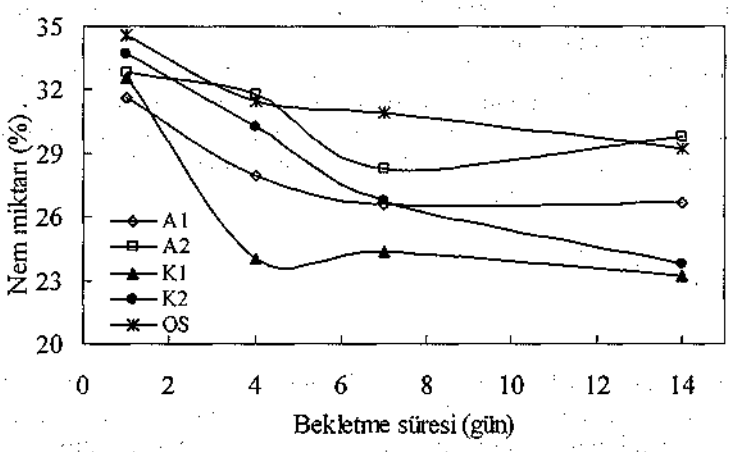
Analiz	Nem (%)	Kül (%)	Toplam Kükürt (%)	Alt Isı Değeri (kcal/kg)
Seyitömer Linyit	34.30	43.33	1.34	1996

Çizelge 1'den görüldüğü gibi orijinal bazda %34.3 nem içeren Seyitömer linyitleri yumuşak linyit sınıfına girmektedir. Seyitömer kömürlerinde yapılan minerolojik 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).

2.2 Yöntem

Üretim panolarından alınan temsili numune çeneli kırıcıda 50 mm altına kırılmış ve konileme-dörtleme ve bıçaklı ayırıcı ile 5 eşit parçaya ayrılmıştır. Numunelerin iki adedi yağış alan açık alanda (A1, A2), iki adedi etrafı açık yağış almayan üzeri kapalı alanda (K1, K2), bir adedi de normal oda şartlarında (OS, 20°C) bekletilmiştir. Her numuneden 1., 4., 7. ve 14. günlerin sonunda örnekler alınarak analizleri yapılmıştır.

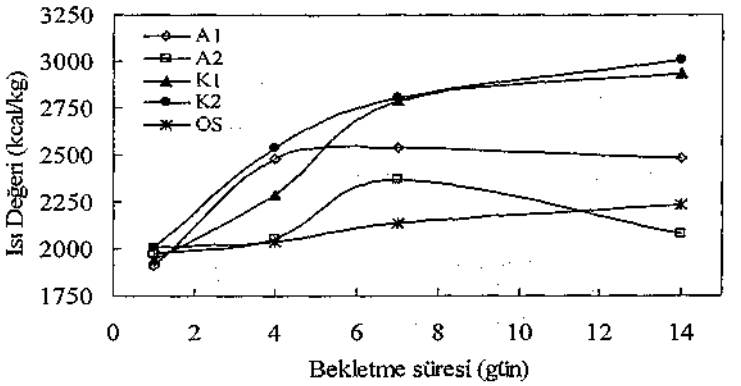
Beklemeye bağlı olarak numunelerin gün bazındaki nem değişimleri Şekil 1'de, kalori değişimleri Şekil 2'de, kül değişimleri ise Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Seyitömer linyitlerinin beklemeye bağlı olarak nem değişimi.

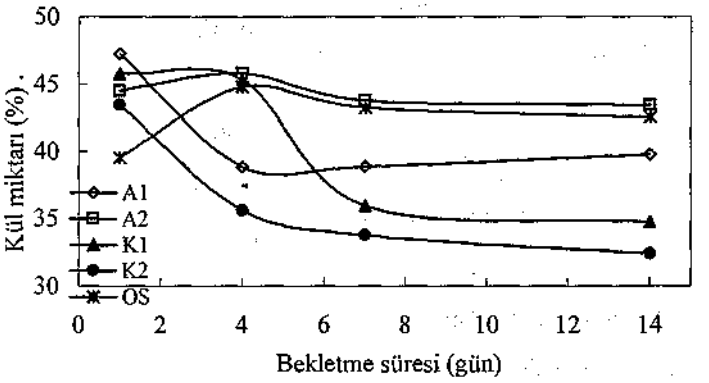
Şekil 1'deki eğilim Seyitömer linyitlerinin beklemeye bağlı olarak kaba nemini kaybettiğini göstermektedir. Numuneler kaba nemlerini 7. güne kadar hızla, daha sonraki günlerde ise yavaşça kaybetmektedir. Bu değişimin en etkili olduğu ortam, rüzgar alması nedeniyle üzeri kapalı etrafı açık ortamdır. Açık alanda bekletilen numuneler kış şartlarına bağlı olarak 14 gün bekletme süresinde 3 gün boyunca yağış almıştır. Şekil 1'de açık alanda bekletilen numunelerindeki nem artışı bu nedenden dolayıdır.

Kalorimetre ölçümleri IKA C-2000 marka adyabatik kalorimetre cihazında yapılmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi kalori, nemin azalması ile orantılı olarak artmaktadır. Ancak ısı değerlerinde 7. günden sonra belirgin bir değişim tespit edilememiştir. 7. günden sonra kalori değerinde çok az değişimin nedeni ise linyitin oksitlenmesidir. Bilindiği gibi Seyitömer gibi genç linyitlerin özelliklerinde biri oksitlenme hızlarının yüksek olmasıdır (Kemal, Arslan, 2000; Kaya, 2000; Eroğlu 1993). Kömürün oksidasyonu ise



Şekil 2. Seyitömer linyitlerinin beklemeye bağlı olarak ısı değer değişimi.

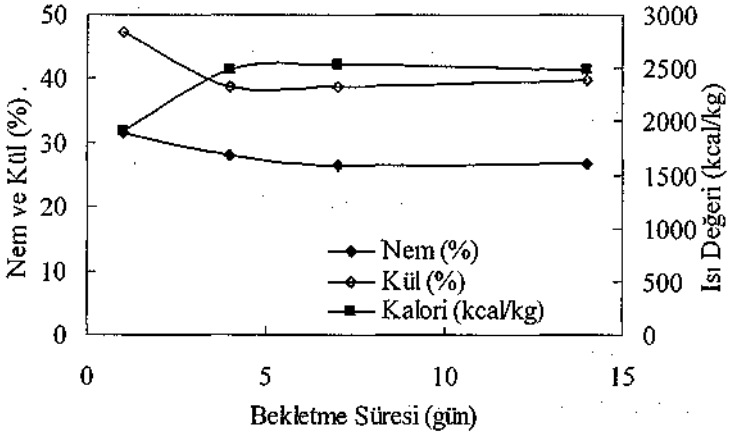
suyu itme kabiliyetini azaltmaktadır (Lekili, 1985). Yani oksitlenme nedeniyle kömürün kaba nem kaybı geçen süreyle birlikte azalmaktadır. Kalori değerinde optimum bekletme süresi Şekil 2'den görüldüğü gibi açık alan için 7 gün, kapalı alan için ise 14 gündür. Tüm denemelerde başlangıca göre kalori değerinde belirli bir miktar artış tespit edilmiştir.



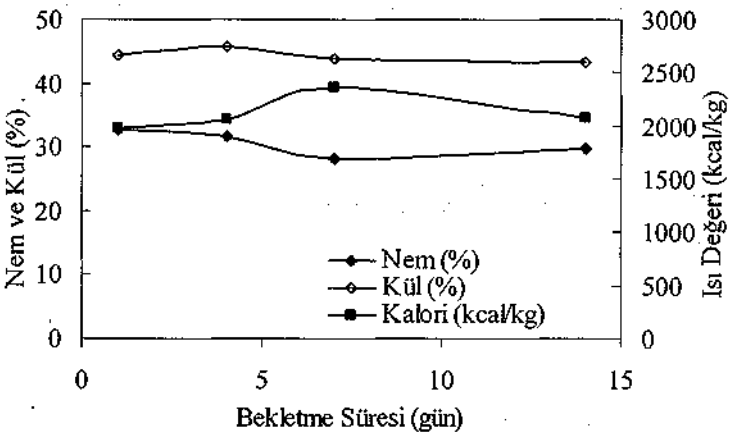
Şekil 3. Seyitömer linyitlerinin beklemeye bağlı olarak kül değişimi.

Şekil 3'de görüldüğü gibi Seyitömer linyitlerinde beklemeye bağlı olarak kül miktarlarında çok az olsa azalma tespit edilmiştir. Bu sonuç daha önce yapılan Seyitömer bölgesi ocak projesi ile uyumludur (Sofralec, 1967).

Konutlarda ısınma amacı ile kullanılan Seyitömer linyitleri kapalı alanda (kömürlüklerde) stoklanmaktadır. Stoklanmış bu kömürlerin uzun süre bekletilmesinden kaynaklanan kalori değer artışı görülmesi doğaldır. Yapılan çalışma sonunda kalori değerinin kapalı ortamda yaklaşık 30 günlük bir bekleme süresi sonunda 2000 kcal/kg'dan 3050 kcal/kg kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bu nedenden dolayı konutlarda yakılan kömürün aylık olarak alınıp tüketilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

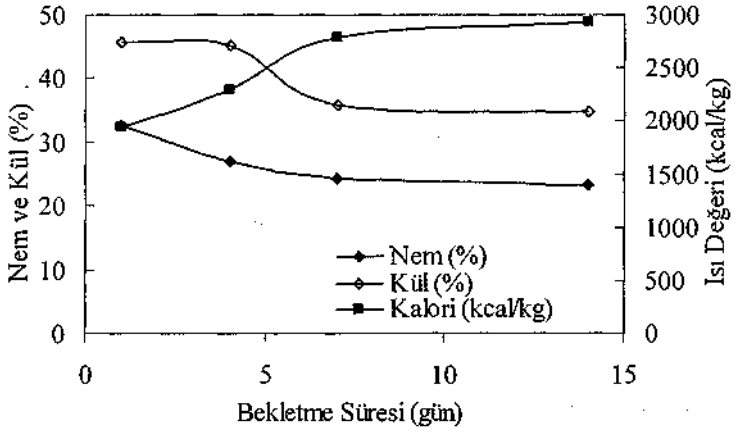


Şekil 4. Açık alan 1 (A1)'de kül, kalori, nem değişimi.

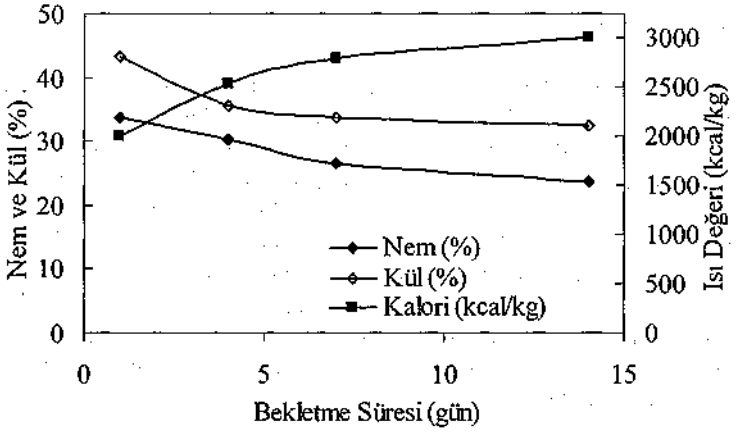


Şekil 5. Açık alan 2 (A2)'de kül, kalori, nem değişimi.

Açık alanda yapılan bekletmenin yağış alan kış şartlarında yapılması nedeniyle belirgin bir nem azalması görülememiştir. Buna bağlı olarak da kalori artışı sınırlı düzeyde kalmıştır. 2000 kcal/kg olan kalori değeri 7. gün sonunda 2500 kcal/kg' yükselmiştir (Şekil 4 ve 5). 7. günden sonraki kalori düşmesinin nedeninin oksitlenme olduğu düşünülmektedir.



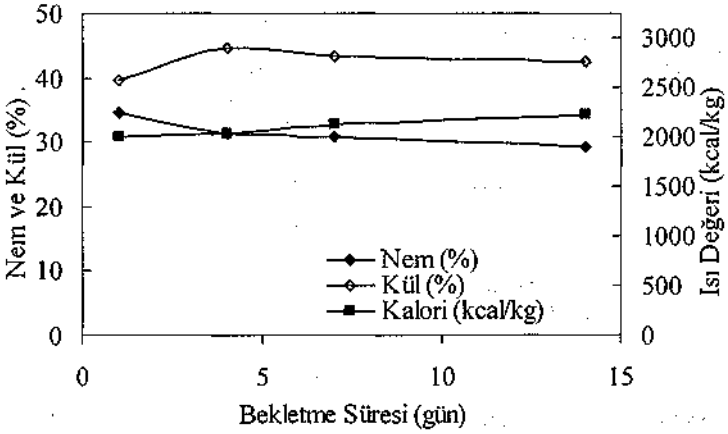
Şekil 6. Kapalı alan 1(K1)'de kül, kalori, nem değişimi.



Şekil 7. Kapalı alan 2(K2)'de kül, kalori, nem değişimi.

Üstü kapalı etrafı açık alanda yapılan bekletme sürelerinde 15.gün sonunda nem oranı %34,3'den %23.5'lere kadar azalmaktadır. Buna bağlı olarak kalori değerleri de 3000 kcal/kg değerlerine kadar artmıştır (Şekil 6 ve 7). Bekletme süresine bağlı olarak nemin azalması ile kalori artmaktadır. Kömürün kalorisinin artması ile kül içeriğinde bir miktar azalma görülmektedir. Bu durum Seyitömer bölgesi kömürlerinin yapısal bir özelliğidir (Sofralec, 1967)

Seyitömer linyitleri oda sıcaklığında (20°C) bekletildiğinde kaba nemini daha uzun sürede kaybetmektedir. Bu durum kalori artışının daha sınırlı düzeyde artmasına neden olmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Oda koşullarında (OS) kül, kalori, nem eğişimi.

3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Seyitömer Linyit İşletmesinde üretilen kömürlerin beklemeye bağlı olarak, yağış alan açık alanda (A1 ve A2) ilk 7 günde kaba nemini kaybettiği ve kalori değerinin 2000 kcal/kg'dan 2500 kcal/kg'a çıktığı, daha sonraki günlerde ise oksidasyon nedeniyle kalori değerinde belirgin bir artışının olmadığı belirlenmiştir. Yağış almayan kapalı alanda (K1 ve K2) ise ilk 15 günde linyitin nemini kaybettiği buna bağlı olarak kalori değerinin 2000 kcal/kg'dan 3000 kcal/kg'ma yükseldiği ve oksidasyonun ise daha geç başladığı tespit edilmiştir. Ancak, kalori değerindeki bu verimli yükselişe rağmen termik santral stok sahasını yağış almayacak şekilde bir kapatma sistemi ile kapatmanın fayda-maliyet açısında fizibilitesinin yapılmasının gerektiği görülmektedir. Oda sıcaklığında (OS) bekletilen linyitte ise beklenenin aksine hızlı bir kalori artışı görülmemektedir.

Seyitömer linyitleri ile yapılan tüm denemelerde bekletme süresine bağlı olarak kül ile kalori arasında ters bir ilişki vardır. Nem bunlardan bağımsız bir şekilde rüzgar (hava akımı) ile ilişkilidir. Hava akımı, Seyitömer linyitleri kaba nemini daha kolay bir şekilde bünyeden uzaklaştırılmasına neden olmaktadır.

Bu sonuçlara göre Seyitömer linyitlerini stok sahasında 7 gün bekletip daha sonra termik santralde yakıt olarak kullanmanın daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır.

4. KAYNAKLAR

Anon (2004) http://www.sli.gov.tr/uretim_faaliyet.html, Seyitömer Linyitleri İşletmesi.

Atak, S. ve Önal, G. (1991) Kömür Hazırlama ve Tesisleri, *Kömür*, (ed) Kural, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 236- 274.

Ateşok, G. (1986) *Kömür Hazırlama*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 190 s.

Aykul, H. (1999) *Selection of Selective Mining Methods and Equipment at Coal Seams Containing Interburden*, Ph.D Thesis, Dokuz Eylül University, 210 s.

Bohur, H. (2003) Kişisel görüşme, SLİ Etüd-Proje Dairesi, Kütahya.

Eroğlu, N. and Gouws, M.J. (1993) Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar, *Madencilik*, Maden Mühendisleri Odası, Cilt.32, No.2, Ankara, s. 13-17.

Kaya, M. (2000) *Akım Şeması Geliştirme Teknikleri Ders Notları*, Osmangazi Üniversitesi, Yayımlanmamış, Eskişehir.

Kemal, M. ve Arslan V. (1999) *Kömür Teknolojisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:33, İzmir, 373 s.

Koca, H. (1997) Bazı Türk Linyitlerinin Açık Havada Dağılabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Madencilik*, Maden Mühendisleri Odası, Cilt.36, No.4, s. 15-20.

Koca, H. Kaya, M. ve Bozkurt, R. (1996) Seyitömer Bölgesi Linyitlerinin Açık Havada Dağılabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Türkiye 10.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Zonguldak, s. 151-158.

Lekili, M. (1985) Okside Kömürün Karakteristikleri ve Kömür Hazırlama Tesisi Performansına Etkisi, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 9.Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 315-323.

Saltoğlu, S. (1991) Kömür Üretim Yöntemleri ve Kömür Kalitesine Etkisi, *Kömür*, (ed) Kural, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 153- 188.

Semerkant, O. Kemal, M. Eroğlu, A. ve Arslan, V. (1991) Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Yıkama Yoluyla Değerlendirilebilirliğinin Etüdü, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 12.Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 331-341.

Sofralec, (1967) Seyitömer Termik Santrali Projesi I.Kısım Ocak Amenajmanı, T.C. Elektrik İşleri Etüd İdaresi, Ankara.

Şengüler, İ. Sonel, N. ve Şener, M. (1998) Seyitömer (Kütahya) Bitümlü Marnlarının Termik Santralde Linyit ile Birlikte Değerlendirilmesi, *Türkiye 11.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi, Bartın, s. 221-228.

Ünlü, M. Doğan, H. ve Civelekoğlu, S. (1999) Termik Santrallere Yeterli Miktar ve Kalitede Kömür Beslemenin Önemi, *1.Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu*, İzmir, s. 120-129.

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04,2004, Zonguldak,Turkey

SOMA TERMİK SANTRAL ATIĞI UÇUÇU KÜLÜN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF SOMA THERMIC POWER PLANT WASTE FLY ASH IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Osman ÜNAL, A.K.Ü, Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON
Tayfun UYGUNOGLU, A.K.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

ÖZET

Bu çalışmada; Soma Termik Santrali'ne ait uçucu kül, agrega ve PKÇ32.5 çimentosu kullanılarak üretilen betonların özelliklerine uçucu kül katkısının etkisi araştırılmıştır. Beton numunelerde, su/çimento oranı 0.65, maksimum agrega tane çapı 31.5mm ve 300 kg/m^3 çimento dozajı esas alınmıştır. Karışımlardaki çimento miktarı ağırlıkça % 10, % 20 ve %30 ve %40 oranlarında uçucu kül ile ikame edilmiştir. Üretilen numunelerde önce su emme deneyi, daha sonra ultrases geçiş süreleri, tek eksenli basınç deneyleri yapılarak 7 ve 28 günlük özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin donma-çözülme dayanımları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; çimento %10-20 oranında uçucu kül ile ikame edilmesi durumunda, beton özelliklerinde olumsuz bir etki görülmemiştir.

ABSTRACT

In this study, the effect of fly ash content on the properties of concrete produced from aggregate and fly ash Soma thermic power plant is investigated. The PKÇ 32.5 cement is used as the binder. The concrete samples are prepared with 0,65 water/cement ratio, 31,5 mm aggregate grain diameter and 300kg/m^3 dosage. The cement contents in the mixtures are substituted with 10, 20, 30 and 40 % (wt) fly ash. Firsthy, the water absorbtion experiments are carried out on the samples. Later, the ultrasound transmission times are measured on the same samples. Then, the uniaxial compression tests for 7 and 28 days are done. The freeze-thaw resistance of the samples are also obtained. As a result, the 10, 20 % (wt) substitution of fly ash to the cement does not affect the properties negatively.

1.GİRİŞ

Elektrik santrallerinde atılan gaz halindeki yanma atıklarının dışında, baca gazlarıyla beraber yanmamış yakıt toz ve zerreleri, kül, kükürtlü gazlar, ağır metaller v.b, gibi yabancı maddelerle atmosfere bırakılır.Yakıtta bulunan mineral yabancı maddeler yakma tesisine göre cüruf ve kül olarak veya baca gazlarıyla birlikte sürüklenerek ortamdan uzaklaşırlar.

Kömürle çalışan termik santrallerde bacadan uzaklaşan ve uçucu kül olarak tanımlanan en önemli atık malzeme, yanma nedeniyle baca tarafından çekilen gazlarla birlikte yukarıya sürüklenen (uçan) çok ince kül parçacıklarıdır. Bu ince kül parçacıkları elektro filtrelerde yakalanmakta, baca gazları ile atmosfere çıkışları önlenmektedir (Müezzinoğlu.,1987).

Ülkemizde üretilen toplam elektrik enerjisinin yarısından fazlası termik santrallerden elde edilmektedir. Uçucu küllerin santrallerden dışarı atılmasının ciddi ekonomik ve ekolojik sorunlar ortaya çıkardığı bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla, uçucu küllerin beton üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılması iki yönlü yarar sağlamaktadır. Bir yandan kül atım masrafları ve sorunları azaltılırken diğer yandan da üretilen betonun maliyeti düşürülebilmektedir (Tokyay.,1989).

2. UÇUCU KÜLLER

2.1 Uçucu külün tanımı ve özellikleri

Modern termik santrallerde en önemli atık malzeme; toz kömürün yanmasıyla meydana gelen, baca gazlarıyla sürüklenen çok ince kül parçacıklarıdır. Bu ince kül parçacıkları elektrostatik yöntemlerle elektro filtrelerde ve siklonlarda yakalanmakta ve baca gazları ile atmosfere çıkışları önlenmektedir. Uçucu kül tanecikleri genellikle küresel yapıda olup büyüklükleri 1-200μm arasında değişmektedir. Uçucu küllerin tane boyutları termik santraldeki kül toplama yöntem ve ekipmanlarına bağlıdır. Siklonlarda toplanan küller, elektro filtrelerde toplananlardan daha iri tanelidirler. Uçucu küllerin renkleri açık bejden kahverengiye, griden siyaha kadar değişik tonlarda olabilir. İçindeki yanmamış karbon miktarı artıkça uçucu küllerin rengi koyulaşır.

2.2 Uçucu küllerin sınıflandırılması

Uçucu küller kimyasal kompozisyonlarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Son yıllarda geniş kabul gören sınıflandırma yöntemi uçucu külün içerdiği analitik CaO miktarına dayanmaktadır. Buna göre, CaO miktarı %10'un altında olan uçucu küller düşük kireçli yada düşük kalsiyumlu, %10'un üstünde olanlar ise yüksek kireçli yada yüksek kalsiyumlu uçucu küller olarak adlandırılırlar.

ASTM C618'e göre uçucu küller iki geniş katagoriye ayrılmaktadır.

a)F sınıfı uçucu küller bitümlü kömürlerden elde edilip
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > \%70$ şartını sağlayan küllerdir.

b) C sınıfı küller ise genelde linyitler ve yarı bitümlü kömürlerden elde edilip
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > \%50$ şartını sağlayan küllerdir.

Silikoaluminöz küller ASTM F sınıfına dahildirler. Silikokalsik uçucu küllerin kimi F sınıfı kimi C sınıfına, sülfokalsik uçucu küllerin bir çoğu ise C sınıfına girerler.

2.3 Uçucu Küllerin Değerlendirilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Uçucu küllerin miktar bakımından en fazla potansiyel kullanımı çeşitli inşaat mühendisliği alanlarıdır. Yaklaşık 60 yıllık bir süreden beri yapılan araştırmalar uçucu küllerin çimento, beton, gaz beton, tuğla ve hafif agrega üretiminde, zemin stabilizasyonunda ve dolgu yapımında kullanımının olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışmalardan bazıları şöyle özetlenebilir.

Betonda uçucu kül kullanımı önemli birçok avantaj sağlar. Uçucu küllerin kullanımıyla elde edilebilecek yararlar yalnızca çevre koruma ve enerji tasarrufu ile sınırlı değildir. Betonda kullanıma uygun bir uçucu kül betonun daha ekonomik ve daha uzun ömürlü performans düzeyi sağlamasına sebep olur. Betonda katkı maddesi olarak uçucu kül kullanımının özellikle kütle yapılarında daha pratik ve ekonomik olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir.

Özellikle kütle betonlarında çimentonun ağırlıkça %20-25 oranında uçucu külle değiştirilebileceği belirtilmektedir. Uçucu külün ince agrega yerine kullanıldığı karışımlarda ise %25 katkı oranının uygun olacağı belirtilmiştir. Uçucu külün çok düşük oranda kullanılması halinde betonda alkali-agrega reaksiyonlarına yol açabileceği de çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir.

Betonda kısmen çimento yerine kullanıldığı zaman uçucu külün, çimentonun ancak yarısı kadar hidratasyon ısısı yaydığı tespit edilmiştir. Fransa'da yapılan araştırmalara göre, klinker ile beraber öğütülmüş külün hidratasyon ısısında değişiklik yapmadığı tespit edilmiştir (Gül vd.,1997)

Uçucu külün çimentoya katılması ile betonda veya çimento hamurunda biraz hacim genleşmesi olmakta, rötre ise azalmaktadır. Normal kür metotları ile yüksek incelik ve düşük karbon miktarı taşıyan uçucu küllü betonlarda ağırlıkça çimento miktarı kadar uçucu kül kullanılmışsa ilk 90 günde betonun basınç dayanımının normal betona göre düşük olduğu, fakat bu süreden sonra normalin üstüne çıktığı belirtilmektedir. Betonda kül miktarı çimento miktarından daha fazla olduğu zaman, basınç dayanımı katkısız betonun basınç dayanımından daha fazla olmakta ve bu sonuçlar karışımın tipine, kullanılan malzeme miktarına bağlı olarak değişmektedir(E.İ.E.,1982).

Sakarya Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada, uçucu kül katkılı betonların basınç dayanımları karışımdaki uçucu kül miktarına bağlı olarak azalma eğilimi göstermektedir. %10 ve %20 oranlarında uçucu kül kullanımı ile elde edilen betonların basınç dayanımları irdelendiğinde, şahit betona yakın değerler elde edilmektedir. Yapılan araştırma sonucunda endüstriyel atık olan uçucu külün %20 oranında çimento yerine kullanılmasının beton basınç dayanımı açısından olumlu sonuçlar verdiği, bu nedenle hem çimento hammaddesinden ekonomi sağlamak hem de atık malzemenin değerlendirilmesi yönünden beton üretimin de kullanılmasının gereği ortaya çıkmaktadır(Sümer.,1998).

Kılcal geçirimlilik katsayısı durabilitenin bir göstergesi olarak kabul edilirse uçucu külün etkisi kesinlikle olumlu görülmüştür. Uçucu kül ikamesi, kılcal geçirimliliği azaltmaktadır. Diğer taraftan kül ikamesi, erken dayanımları olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etki %10 ve %20 ikame oranları için düşük, ancak %30 ve %40 ikame oranları için daha belirgin olmaktadır(Sümer.,1998).

Beton üretiminde çimento yerine ağırlıkça %15 civarında uçucu kül kullanılması durumunda normal betonlara eşdeğer dayanım özellikleri sağlanmaktadır. Daha yüksek oranda uçucu kül kullanılması durumunda beton dayanımında azalma oluşmaktadır. Bunun nedeni uçucu külde S+F+A toplam miktarının yeterli olmasından kaynaklanmaktadır. Belirtilen oranlarda uçucu kül kullanarak üretilecek betonda önemli ölçüde ekonominin sağlanması mümkündür(Ramyar.,1993).

Uçucu küllü betonların donmaya karşı dayanımı konusunda net ve kesin sonuçlar elde edilememiş, bu da deney şartlarına ve kür süresinin farklılığına bağlanmış olmakla beraber, uçucu küllü betonların normal betonlardan daha fazla kür süresine ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir. Aksi taktirde, uçucu külün betonun dona dayanıklılığını olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Ülkemizde ve diğer ülkelerde enerji üretimi amacı ile çalışan termik santraller, çalışmaları sırasında büyük miktarda uçucu kül ve kazan altı cürufu adı verilen atıklar açığa çıkarmaktadırlar. Uçucu küllerin, teknik, ekonomik ve çevresel şartlarda göz önüne alındığında, inşaat sektöründe değerlendirilmesi artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada karışımda kullanılan çimentonun belirli bir kısmı uçucu kül ile yer değiştirilerek üretilen beton numunelerinin özelliklerine uçucu külün etkisi araştırılmıştır. Ayrıca üretilen numunelerin donma-çözülme özellikleri de belirlenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Agrega Özellikleri

Beton karışımlarında kullanılan malzemeler GEN-HAN hazır beton santralinden sağlanmıştır. Beton üretiminde kullanılan 0-4mm tane dağılımına sahip kırma kum üzerinde yapılan deneylerde, organik madde bulunmadığı (renk açık), 24 saat dinlendirme sonucunda ağırlıkça %1.04 oranında çamurlu madde bulunduğu saptanmıştır.

Uçucu kül katkılı beton numunelerin üretiminde iki çeşit kırma taş agregası kullanılmıştır. Agregaların iri kısmını oluşturan kırma taş GEN-HAN hazır beton tesislerinden alınmıştır. Karışımda A32 serisinde 4/16 tane grubunda Kırmataş I ve 16/31.5 tane grubunda Kırmataş II malzemeleri kullanılmıştır. Beton bileşimine giren agregaların elek analizleri T.S 706'ya göre yapılarak granülometrileri ve özgül ağırlıkları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Agregaların granülometri değerleri ve fiziksel özellikleri.

Elek Çapı	31.5 (mm)	16 (mm)	8 (mm)	4 (mm)	2 (mm)	1 (mm)	0.25 (mm)	Karışım % oranı	Birim Ağırlık (kg/m^3)	Özgül Ağırlık (kg/dm^3)
Kırma Kum	100	100	100	95	60	32	15	40	1588	2.69
KırmataşI	100	97	27	8	0	0	0	35	1430	2.70
KırmataşII	100	16	3	0	0	0	0	25	1429	2.72
Karışım	100	78	50	41	24	13	6			

3.2 Uçucu kül

Beton karışımlarında kullanılan Soma termik santraline ait uçucu külün kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir(Türker vd.,2003). Bu özelliklere göre Soma uçucu külü, reaktif kireç miktarının %10'un üzerinde olması nedeniyle TS EN197-1'e göre " Kalkersi Uçucu Kül" kapsamına girmektedir. Ayrıca SiO_2+ Al_2O_3+ Fe_2O_3 miktarı için TS 639'da istenilen %70 şartını sağlamaktadır.

Çizelge 2. Soma uçucu kül kimyasal analiz sonuçları.

Bileşik Adı	%	TS 639	Bileşik Adı	%	TS639
SiO_2	45.71		MgO	1.58	En çok %5
Al_2O_3	23.67		Na_2O	0.40	
Fe_2O_3	4.47		K_2O	1.26	
S+A+F	73.85	En az %70	SO_3	4.11	En çok %5
CaO	17.16		KK	0.87	En çok %10
Cl^-	0.010				

Soma Termik Santralı uçucu külünün minerolojik bileşimini gösteren X-Işınları Difraktogramı incelendiğinde, başlıca kuvars, anhidrit, serbest kireç ve bunun yanında albit, kalsiyum ortosilikat, hematit, dolamit ve mullit içerdiği belirlenmiştir. Kül tanelerinin büyük bir kısmı silisli ve alüminli cam bileşiminde, dolu veya boş küreciklerden oluşmakta olup bileşiminde çok az da karbon ve demir zerrecikleri bulunmaktadır.

Morfolojik analizinde ise, genellikle büyüklükleri 0.5-20 μm arasında değişen, çoğunluğu düzensiz şekilli olmak üzere, yüzeyi pürüzlü küresel ve yarı küresel taneciklerden oluştuğu gözlenmiştir(Türker vd.,2003).

3.3 Çimento

Beton karışımlarında Afyon SET çimento fabrikasının üretimi olan PKÇ.32.5 tipi portland kompoze çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri, T.S 24'e göre, SET çimento fabrikası laboratuarında yapılmış ve sonuçların T.S 19'da belirtilen standart değerlere uygun olduğu görülmüştür.

Beton Karışımı ve Üretimi

Uçucu kül katkılı beton bileşimlerinde çimento miktarı 300 kg/m^3 ve maksimum agrega çapı 31,5mm olmak üzere 5 seri karışım amaçlanmıştır. Bu serilerde optimum su/çimento oranı 0,65 sabit alınarak, karışımlara katılan uçucu kül %10, 20, 30 ve 40 oranlarında çimento ile yer değiştirilmiştir. Karışımın granülometri eğrisi A32-B32 referans eğrileri arasında kalacak şekilde agrega oranları 0,40 kırma kum, 0,35 kırmataşI ve 0,25 kırmataşII olarak belirlenmiştir. Üretilen numunelerde UKBO ile şahit numuneyi, UKB10, UKB20, UKB30 ve UKB40 ile de uçucu küllü beton numuneleri gösterilmiştir.

Üretilecek beton serilerinde kullanılması gereken miktarlar, 18 dm^3 harman için ayarlanarak ağırlık olarak karışıma katılmıştır. Hazırlanan karışımlarda 15*15*15cm boyutlarında 3'er ve 10*10*10 cm boyutlarında 5'er tane olmak üzere toplam 5 seri üretimde 40 küp numunesi üretilmiştir.

Hazırlanan beton karışımlar daldırma vibratörü ile kalıba yerleştirilmiş ve sıcaklığı 20±2 °C ve %65 nemli laboratuar ortamında 24 saat bekletildikten sonra kalıplarından çıkarılarak normal sıcaklıkta kirece doygun su içerisinde bekletilmiştir. Deney gününden bir gün önce su içerisinden çıkarılarak normal hava şartlarında bırakılan numuneler deney için hazırlanmışlardır. Üretilen numuneler üzerinde 7 ve 28 günlük deneyler yapılmıştır.

Su emme deneyinden çıkarılan aynı numuneler üzerinde ultrases geçiş süreleri, Schmidt çekici okumaları yapıldıktan sonra, donma-çözülme etkisinde bırakılmıştır. 2saat dondurucu içerisinde donma, 1saat su içinde çözülme olmak üzere toplam bir çevrim süresi en az 3 saat olarak belirlenen donma-çözülme çevrimi bütün numunelere 1 hafta sürekli uygulanmıştır. Ancak gece 8 saat dondurucu içerisinde dondurucu çalışmadan bekletilmiştir. Donma-çözülme çevrimleri tamamlanan numuneler üzerinde tekrar ultrases geçiş süreleri, Schmidt çekici okumaları yapıldıktan sonra tek eksenli basınç deneyi uygulanmıştır.

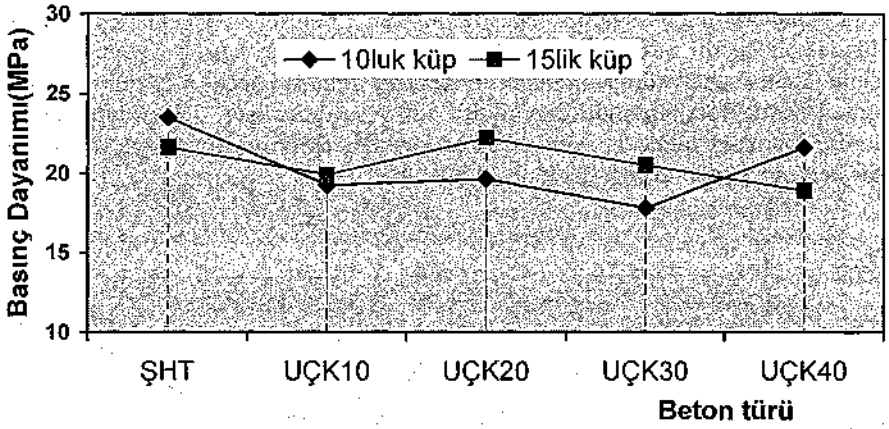
Taze beton özellikleri, Çizelge 3'de beton bileşenleriyle beraber gösterilmiştir. Burada hava boşluğu, taze betonun birim hacim ağırlık sonuçları TSE 3526 ve TSE 3527'ye göre hesaplanmıştır.

Çizelge 3. 1m^3 beton bileşimine giren gerçek malzeme miktarları

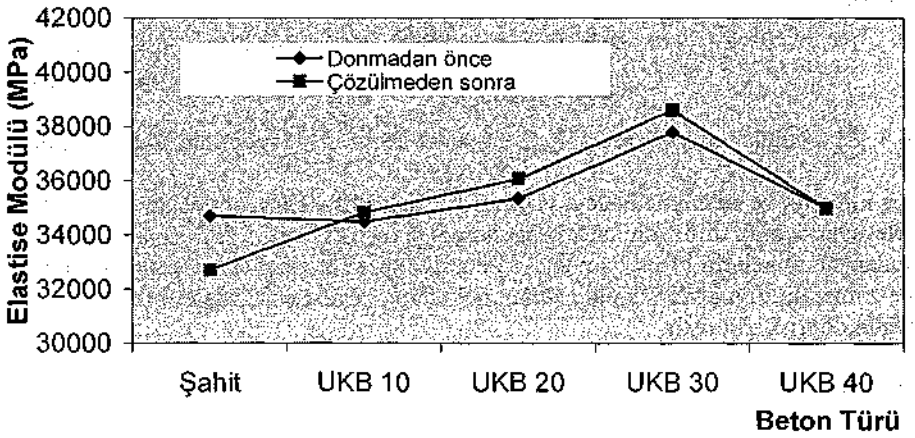
Beton Türü	Ç (Kg)	Su (litre)	Uçucu kül (kg)	Kum (kg)	KT I (kg)	KT II (kg)	Δg (kg/m^3)	Hava (%)	Komposite (%)
UKB0	301	196	0	736	654	467	2356	1,2	0,792
UKB10	267	193	29,7	724	643	458	2314	2,6	0,781
UKB20	242	197	61	737	653	466	2348	0,4	0,799
UKB30	207	192	89	716	635	453	2290	2,8	0,780
UKB40	182	197	122	733	651	464	2349	-	0,802

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ

Yapılan çalışmada, bağlayıcı malzemenin belirli oranları uçucu kül ile değiştirilerek üretilen beton numunelerinin dayanımları ve donma-çözülme özellikleri araştırılmıştır. Buna göre Şekil 1'de verilen 28 Günlük uçucu kül katkılı 15 ve 10cm kenarlı küp beton numunelerinin basınç dayanımları ile uçucu kül miktarı arasındaki ilişki incelendiğinde, genel olarak beton içerisine katılan uçucu kül miktarı artıkça dayanımda şahit betonun dayanımına göre azalma eğilimi görülmüştür. Dolayısıyla bağlayıcı olarak uçucu külün kimyasal bileşimi çimentonunkine benzemesine rağmen agregalarla aderansının iyi olmadığı söylenebilir.



Şekil 1. 28 Günlük numunelerin basınç dayanımları.



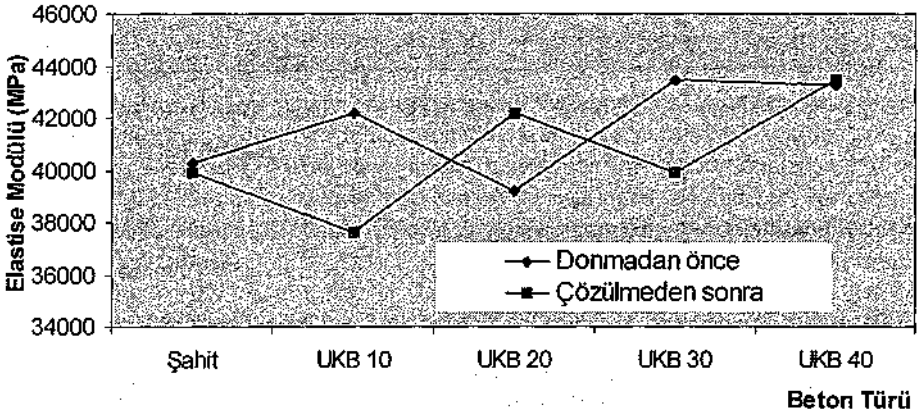
Şekil 2. 7 Günlük numunelerde donma-çözülme de elastisite modülündeki değişimler.

Elde edilen sonuçlar yardımıyla her seriye ait numunelerin birim ağırlıkları ve ultrases geçiş süreleri ve basınç dayanımları hesaplanmıştır. Numunelerin donmaya dayanıklılığı elastisite modullerindeki değişimlere göre belirlenmiştir. Ultrases hızı (V) ile betonun elastisite modülü (E) arasında aşağıdaki bağıntı ya göre, elastisite modülü hesaplanmaktadır(Postacıoğlu,1987).

$$E=10^{-4}xV^{2}x\Delta xg^{-1} \qquad [1]$$

V= ultrases hızı (km/sn)
Δ= betonun birim ağırlığı (kg/dm^3)
g= 9,81m/sn^2
E = numunenin elastisite modülü (N/mm^2)

Beton numunelerinin donma-çözülme özelliklerini belirleyen etkenlerden elastisite modülündeki değişimi Şekil 2 ve Şekil 3'de incelendiğinde; basınç dayanımlarındaki azalmanın tersine uçucu kül katkı miktarı artarken donmadan önce ve çözülmeden sonra betonun elastisite modüllerinde önemli bir fark görülmemiştir. Diğer taraftan şahit betonlarda donma-çözülme etkisinde çok az azalma eğilimi görülürken uçucu küllü betonlarda artma yönünde değerler elde edilmiştir.



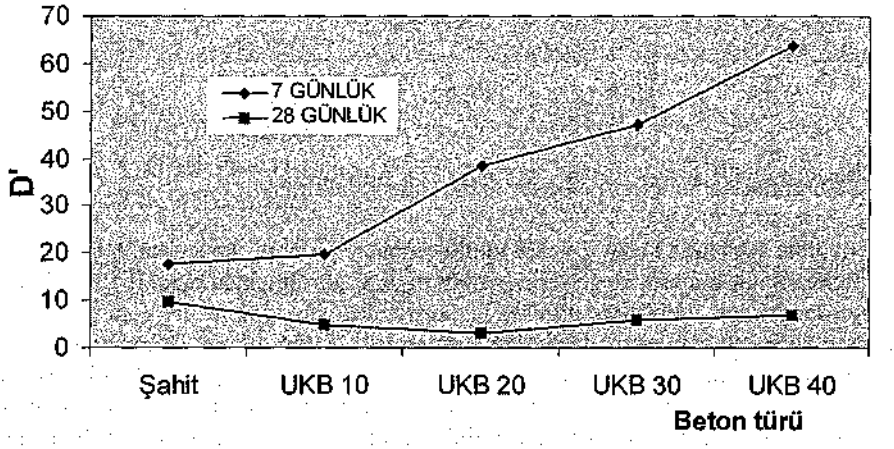
Şekil 3. 28 Günlük numunelerde donma-çözülme de elastisite modülündeki değişimler.

Ayrıca kılcallık ve su emme deneyi yapılmıştır. Kılcallık deneyi sonuçları matematiksel modele uyarlanarak difüzyon katsayıları hesaplanmıştır(Uyan,1975). Buna göre etüvde kurutulan numunelerin birim zamanlarda emdiği su miktarları tesbit edilerek kılcal su emme-zaman grafiği çizilerek elde edilen noktalara "En küçük kareler metoduna" göre en uygun doğru çizilmiştir.

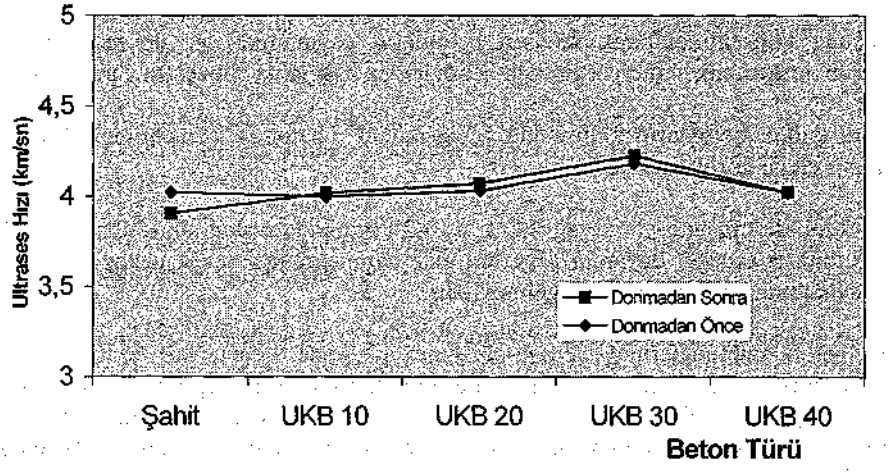
$$D'=(\pi/4)xS^{2}) \qquad [2]$$

S=doğrunun eğimi
D'= difüzyon katsayısı (cm^2/dak)

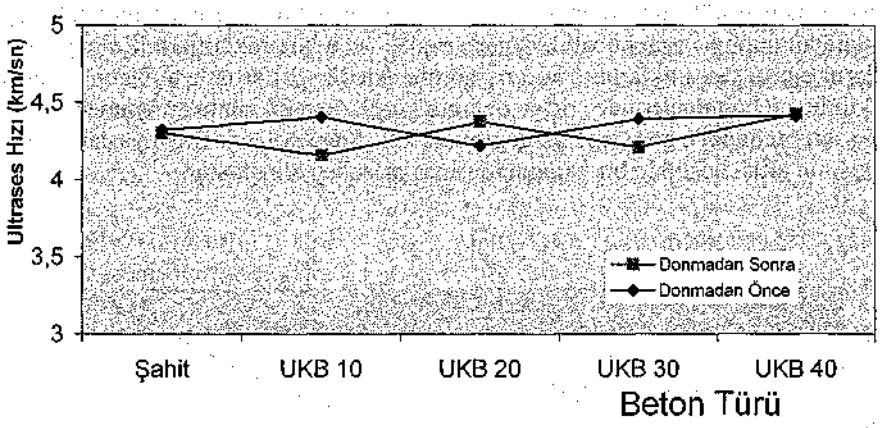
Yukarıda verilen bağıntıya göre hesaplanan 7 ve 28 günlük numunelerde difüzyon katsayısının uçucu kül katkı oranlarına göre değişimi Şekil 4'de incelendiğinde; aynı karışımlara ait numunelerin kılcallık deneylerinde uçucu kül miktarı arttıkça iç yapıdaki boşlukların emdiği su miktarlarında artış görülmektedir. Bu artış hızı 7 günlük uçucu kül katkılı beton numunelerinde daha belirgin görülürken 28 günlük numunelerde artış hızında şahit numuneye göre çok az değişmektedir. Sonuç olarak erken yaşlarda uçucu kül katkısının artışı boşluklu bir yapının oluşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 4. 7 ve 28 Günlük uçucu kül katkılı numunelerde difüzyon katsayısı.



Şekil 5. 7 Günlük numunelerin ultrases hızları arasındaki ilişki.



Şekil 6. 28 Günlük numunelerin ultrases hızları arasındaki ilişki.

Donma-çözülme etkisinde kalan 7 ve 28 günlük numunelere ait uçucu küllü betonların ultrases hızları, şahit numune değerlerine yakın olduğu görülmektedir(Şekil 5,6). Uçucu kül katkı oranı artması ile birlikte ultrases hızlarında değişim çok azdır. Yani uçucu kül miktarı betonların iç yapılarını fazla değiştirmemiştir. Genel olarak donmadan önceki iç yapı ile çözülmeden sonraki iç yapı arasında değişimin olacağı bilinmektedir. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlar bunu göstermemiştir. Dolayısıyla donma-çözülmenin belirgin olarak etkisi uçucu küllü betonlarda sağlanamamıştır. %10 uçucu kül katkılı betonlarda donma-çözülme olayı sonucunda belirgin olarak yüzeylerde dökülmeler gözlenmiştir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Soma uçucu külü kullanılarak üretilen betonların dayanımları ve donma-çözülme özelliklerini araştırmak amacıyla yapılan deneylerden aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

Uçucu kül katkılı betonların üretiminde uçucu külün betonun işlenebilmesi üzerine olumsuz bir etkisi görülmemiştir.

Beton üretiminde çimento yerine ağırlıkça %10-20 oranında uçucu kül kullanıldığında normal betonlara eşdeğer dayanım değerleri elde edilmektedir. Ancak uçucu kül oranı artıkça dayanımda azalma meydana gelmektedir..

Üretilen beton numunelerinin donma-çözülme etkisinde uçucu kül oranı artıkça dayanımda görülen ilişkinin tersine elastisite modüllerinde artma eğilimi görülmüştür. Dolayısıyla uygulanan donma-çözülme çevrimlerine göre %10-20 oranında uçucu kül kullanılması ile uçucu külün betonun elastisite modülünü olumlu etkilediği belirlenmiştir.

BS14-BS25 arası beton sınıflarında %10 ile %20 mertebesinde uçucu kül kullanılması dayanımı olumsuz yönde etkilemeyecek, ancak önemli ölçüde ekonomik katkı sağlanacaktır.

Kömürün yakıt olarak kullanıldığı durumlarda çevreye önemli ölçüde atık malzeme terk edilmektedir. Uçucu kül atık olarak çevreyi tehdit eden bir malzeme olduğundan inşaat sektöründe de beton veya çimento üretiminde değerlendirilmesi ile önemli oranda katma değer sağlanacaktır.

6. KAYNAKLAR

E.İ.E. (1982) *Türkiye uçucu küllerinin özellikleri ve kullanım alanları*, Elektrik İşleri Etüt Dairesi Genel Müd., yayın no:82-81,Ankara.

Gül,R. ve Yıldız,İ. (1997) Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanılması,*DSİ Teknik Bülteni*, S.57.,Ankara.

Müezzinoğlu, A. (1987) *Hava Kirliliği Ve Kontrolünün Esasları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları. Denizli.

POSTACIOĞLU,B. (1987). *Beton*, Cilt 2., Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Ramyar, K. (1993) Uçucu Küllerin Çimento Harcının Büzülmesine ve Betonun Karbonatlaşmasına Sebep Olan Etkileri, *End. Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması*, Ankara.

Sümer, M. (1998) F-Tipi Uçucu Külün Beton Dayanımına ve Kılcal Su Emmesine Etkileri, Sakarya Üniv., Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., , Sakarya

Sümer, M. (1998) *Uçucu Kül Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılması*, Sakarya Üniv. Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Sakarya

Tokyay, M. (1989) Uçucu Küllerin Mineralojik Kompozisyonlarının Hidratasyon ve Puzolanik Reaksiyonlara Etkileri, *Türkiye İnşaat Mühendisliği X.Teknik Kongresi*, Ankara

Türker, P. Erdoğan, B. vd.,(2003) Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, TÇMB, Ankara

UYAN, M. (1975) *Beton ve harçlarda kılcallık olayı*.,Dr.tezi. İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi.

Özel Sunumlar
Special Presentations

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

TAŞKÖMÜRÜNDE ÖZELLEŞTİRME

THE PRIVATIZATION OF THE HARD COAL SECTOR

Esra ERGÜZELOĞLU KİLİM, *Ankara Üniversitesi SBF, Cebeci Ankara*

ÖZET

KİT'lerde özelleştirme yöntemleri olarak uygulanan küçültme, zayıflatma , yan sektörlerle olan bağları zayıflatma, hizmetleri ihale etme gibi yöntemlerden, taşkömüründe tekel konumunda bulunan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) payını almıştır. Ancak Zonguldak Taşkömürü Havzasında, havza küçültme ve rödövans gibi farklı özelleştirme uygulamaları da vardır.

"Zarar" gerekçesi ile TTK'nın kapatılması ve taşkömürü üretimini durdurması amaçlanmaktadır. Özelleştirme uygulamaları ile sektöre giren özel işletmeler ucuz, güvencesiz, işgücü ve yağma sistemi ile taşkömürü üretiminden kâr elde etmektedir. Bu durumun Zonguldak halkı ve işçisine yarar getirmediği açıktır. Demir-çelik sektörünün taşkömürü ithalatına yönelmesi, ulusal sanayiinin Zonguldak'taki taşkömüründen yararlanamadığını göstermektedir. Özelleştirme, sadece Havzada yabancı sermaye ve taşeronları için pazar yaratma amacına hizmet etmektedir.

ABSTRACT

The Turkey Hard Coal Enterprises (TTK), which holds a monopoly on hard coal, has suffered loss from down sizing, attenuation, the attenuation of the relations with subordinate sectors and starting bidding process for services, which have been implemented as privatization methods of The State Economic Enterprises (KIT). Yet, there are different privatization implementations such as basin downsizing and redevance in the Hard Coal Basin of Zonguldak.

It is aimed to close TTK down on the grounds of 'loss' and to stop the production of hard coal. Private enterprises entering into the sector via the privatization implementations make profit from the production of hard coal through cheap labour force without any social security, and the plundering system. It is clear that the workers and the people of Zonguldak do not benefit from this condition. The orientation of iron and steel sector towards the importation of hard coal shows that the national industry can not utilize the hard coal in Zonguldak. Privatization only serves to the aim of market creation for the foreign capital and sub-contractors.

1. GİRİŞ

1980'li yıllardan bu yana, dünya kapitalist sistemi, içine düştüğü yapısal krizin sorumlusu olarak "Devlet Öcülüğünde Kalkınma" anlayışını göstermektedir. Devletin/devletlerin, bazı mal ve hizmetlerin üretimini, işletmesini, dağıtımını yapması ve bu işleri yaparken kendi kuruluşları ve personelini kullanması sermayenin bu alanlarda kâr elde etmesini engellemektedir. Kamusal mekanizmaların yönetimi altında olan yeni kârlı yatırım alanlarına ulaşmanın yolu ise Devleti küçültme olarak adlandırılmakta ve Özelleştirme, Serbestleştirme, Piyasalaştırma ve Esnekleştirme gibi politikalar ile uygulamaya geçirilmektedir.

Bu politikalar, kamu mülkiyeti ve kamu işletmeciliğinin kıt kaynakların hovardaca kullanımına yol açtığı, mülkiyet ve işletmede kamu tekellerinin toplumsal alandaki özgürlüğü kısıtladığı savları ile gündeme gelmiştir. Yeni sağ ideologları tarafından dile getirilen "devlet çok büyük", "devlet işletmeleri verimsiz", "kamu kurumları hantal", "israf ve yolsuzlukların sorumlusu kamu bürokrasisi" söylemleri, piyasanın bunalımını, kamusal mekanizmaların bunalımı olarak göstermiş, piyasa lehine her türlü genişlemenin meşruiyetini sağlamıştır (Güler, 1996). Kamusal mekanizmalar tarafından kamu hukukunun gereği olarak gözetilen eşitlik ve adalet kavramları ise, güçlü olanın özgürlüğü pahasına göz ardı edilmiştir. 1989 yılında Sosyalist Blokun dağılmaya başlaması ve Sovyetler Birliğinin 1991 yılında kapitalist sisteme resmen dahil olmasının ardından ise yeni sağ politikalar alternatifsiz kalmıştır.

Ülkemizde bu politikaların uygulanması 24 Ocak kararları ile başlamış ve 12 Eylül 1980 darbesi bu programın uygulanması için gereken koşulları oluşturmuştur. Ekonomi yönetiminde kamusal mekanizmaların yerine piyasa mekanizmalarının konulması gerektiği, verimlilik ve refahın bu yolla sağlanacağı düşüncesinin hakim olduğu "yapısal uyarlama reformları" ile ilk önce ekonomik ve mali liberalizasyon sürecine girilmiştir (Güler, 2003). Ekonomide dışa açık gelişme stratejisinin yürürlüğe konması ile, dış ticaretin serbestleştirilmesinden özelleştirmeye, tarımsal destekleme politikalarından enerji politikalarına kadar çok geniş bir alan, uluslararası kuruluşlar ile yapılan çeşitli kredi anlaşmalarında yer alan taahhütler doğrultusunda biçimlendirilmeye başlamıştır.

Bu gelişmelerin Türkiye'de madencilik sektörüne yansımaları, özellikle 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Madencilik sektöründe öne çıkan söylem "kamu madencilik kuruluşlarının özelleştirilmesi" olmuştur. Ancak bu noktaya gelinceye kadar, yani 1980 ve 1990 yılları arasında özelleştirmelere hazırlık niteliğinde bir çok uygulama sektörde kendini hissettirmiştir.

Madencilik sektöründeki kamu kurumları genelde bir bütün halinde özelleştirilmeye uygun olmayan KİT'lerdir. Bu KİT'lerin özelleştirilebilecek küçük parçalara bölünmeye başlaması ilk uygulamaya geçirilen politikalardandır. Böylelikle tek kurumun çeşitli işletmeler olarak rasyonel biçimde bölünmesi ve stratejik olarak işletilmesi gerekirken zarar etmek zorunda olanın kâr edenlerce desteklenmesi yolundan vazgeçilmiştir. Kamu kurumlarının kamu hizmeti temelinde yapılan işbölümü bozulunca, her kurum diğerine rakip ya da müşteri olarak ilan edilebilmiş, ticari davranış ilke haline getirilmiştir (DİSK/GENEL-İŞ ve KİGEM, 1998).

Taşkömürü'nde, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) günümüzde tekel olarak işletmecilik yapmaktadır. TTK, 1980 öncesi dönemde Ereğli Kömür İşletmeleri (EKİ) adıyla Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) bünyesinde varlığını sürdürmüştür. 1983 yılında EKİ'nin TKİ'den ayrılması ve TTK adıyla bir İktisadi devlet teşekkülü olarak örgütlendirilmesi, özelleştirme sürecinin başlangıcı olarak kabul edilebilir. Özelleştirme, piyasalaştırma, serbestleştirme ve esnekleştirme dönemi tam da bu tarihte başlamıştır. Taşkömürü sektörünün tamamlayıcı ya da yan sektörlerle bağlarının koparılması da bu bölünmeye eklenince, TTK bir kamu kurumu gibi değil, "piyasa unsuru" olarak hareket etmeye zorlanmıştır.

Bölünme aşamasından sonra, özel alıcılar için yeterince cazip olmayan TTK'da, öncelikle özelleştirmeye hazırlayıcı çeşitli uygulamalar gündeme gelmiştir. Ancak bu uygulamalarla TTK kendi kendine yeterli ve özelleştirilebilecek bir kurum olma yerine kapanma noktasına gelmiştir. Kurum günümüzde de bir bütün halinde özelleştirmeye uygun değildir. "Cazip olan" taşkömürü üretiminde TTK'nın tamamen devreden çıkarılması ve taşkömürü üretiminin özelleştirilmesidir. Son yirmi yılda taşkömürü üretiminin özelleştirilebilmesi için havza küçültme, rödövans uygulamaları gündeme gelmiştir. Bu uygulamalar sektörün tamamen özelleştirilmesi için yeterli olamayınca da yeni yollar aranmaya başlamıştır.

Tarihsel süreç içinde, Havza'da taşkömürünün işletilmeye başlandığı 1848 yılından beri yabancı sermayenin taşkömürü Havzasına olan ilgisinin her zaman canlı kalması, bu bölgeden beklentilerin hiç tükenmediğinin göstergesidir. Cumhuriyet döneminde, yabancı sermayenin fiili olarak havzadan çıkarılmasıyla birlikte, ulusal taşkömürü sektörünün hangi aşamalardan geçerek hangi zorluklarla oluşturulduğu da bilinmektedir. Maden işçisinin canı pahasına ortaya koyduğu emeği ile üretilen taşkömürünün, devlet işletmeciliği ile işçilere, havzaya ve ülke kalkınmasına getirileri büyük olmuştur. Ancak 1980 sonrası dönemde, işçi, havza ya da ülke kalkınması önemini yitirmiş, tüm hesaplar sermayenin kârı üzerine yapılır olmuştur.

Taşkömürü sektöründen beklentileri olan sermaye, yerli değil çokuluslu sermayedir. Günümüzde çokuluslu sermaye fiili olarak Havzada varlığını hissettiremiyor olsa da, özelleştirme sürecinin tamamlanmasının ardından, bu durum değişecektir. Çokuluslu sermayenin havzaya yatırım yapıyor olması bunun en önemli göstergesidir.

2. KÖMÜRÜN ÖNEMİNİ KORUMASI [1]

Enerji ihtiyacı, bugün için dünya genelinde meydana gelen çatışma ve anlaşmazlıkların nedenlerinden en önemlilerindendir. Sürekli genişlemeye çalışan kapitalist pazarların gerek ulus devletlerle yaşadığı çatışmalarda ve gerekse de küresel düzeyde oluşturulmaya çalışılan yeni yapılarda, 'enerji' her geçen gün önemi daha da artan bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır.

[1] Bu bölüm Hacettepe Maden Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi Bülent Tütmez'in katkıları ile oluşturulmuştur.

Enerji gereksinimlerinin karşılanmasına dönük hammadde kaynaklarının sınırlı olması, günümüzde bu kaynakların paylaşılmasına dair yaşanılan çatışmaları artırırken, savaşlara da kaynaklık edebilmektedir.

Fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür) sadece enerji hammaddesi değil; aynı zamanda bir çok sanayinin (boya, plastik, eczacılık, kozmetik, demir-çelik, alüminyum, vs. gibi) ana girdilerinin üretildiği hammaddelerdir.

Bugün için iki temel enerji kaynağı olarak tanımlanan doğal gaz ve petrolün görünür rezervleri sırasıyla 60 ve 40 yıl olarak tahmin edilmektedir. Kömürde ise bu süre 200 yıla çıkmaktadır (DPT, 2001).[2]

Büyük ölçüde istikrarsızlık içindeki Orta Doğu ve Avrasya Bölgesinde yoğunlaşmış olan doğal gaz ve petrol –sanılanın aksine- dünya toplam elektik üretiminin yalnızca %25.6'sını karşılamaktadır. Oysa bu kaynakların en önemli alternatifi durumundaki kömürün dünya elektrik üretimindeki payı %38.1 gibi yüksek bir orandadır (Arıoğlu ve Yılmaz, 2002).

Elektrik enerjisinde kömürün kullanım payı, bu temel kaynağın yaşamsal önemine dikkat çekme açısından veri oluşturmaktadır. Bugün dünya ölçeğinde baktığımızda; Polonya elektrik üretiminin %96'sını, Çin %80'ini, Avustralya %84'ünü, ABD %56'sını ve Avrupa Birliği (15 ülke ortalaması) ise %25'ini kömürden sağlamaktadır (Arıoğlu ve Yılmaz, 2002).

Dünya taşkömürü rezervlerinin yaklaşık olarak %41.6'sı OECD ülkelerinde bulunurken, %58.4'ü OECD dışında kalan bazı 'geçiş ekonomileri' ile Afrika ve Çin'de bulunmaktadır. Latin Amerika ve Orta Doğu ise 'kömür rezervleri az olan bölgeler' olarak tanımlanmaktadır.

Çin, bugün için $1.171.10^6$ tonluk üretim potansiyeli ile, 900 milyon ton üretime sahip ABD ve 310 milyon ton üretime sahip Hindistan'la birlikte en büyük üretici konumundadır. Çin üretiminin büyük bir kısmını kendi üretim girdisi olarak kullanmakta ve çok az bir kısmını (%4.7) ise ihraç etmektedir. Buna karşın oransal açıdan bakıldığında en büyük ihracat yapan ülkeler olarak; Avustralya, Güney Afrika ve Endonezya öne çıkmaktadır.

Taşkömürü, elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra büyük ölçüde demir-çelik sektöründe yararlanılan bir kaynak durumundadır. Dünya ölçeğinde üretilen taşkömürünün yaklaşık olarak %16'lık kısmı (600 milyon ton/yıl) demir sektöründe değerlendirilmektedir. Çelik sektörü açısından baktığımızda ise durum daha da çarpıcı görünmektedir. Bugün için çelik endüstrisindeki taşkömürünün payı %70'in üzerine çıkmıştır.

Ülkelerin taşkömürü rezervleriyle dünya ölçeğindeki üretim paylarının karşılaştırılması da bazı çarpıcı veriler sunmaktadır. Dünya rezervi içindeki payı %22.6 olan ABD'nin üretimdeki payı %28.6 iken, dünya rezervlerinin %12.1'ine sahip olan Çin %24.3 gibi

[2] Bu karşılaştırma, sadece günümüz teknolojileri kullanılarak ekonomik olarak işletilebilecek kömür rezervlerini kapsamaktadır. Düşük kaliteli ve daha derinde bulunan kömürlerin ekonomik olarak değerlendirilmesine olanak sağlayacak gelişmeler dikkate alınmamıştır.

yüksek oranda üretim gerçekleştirmektedir. Her iki ülke de, üretimlerini büyük ölçüde iç pazarda değerlendirmekte ve ihracatlarını düşük düzeylerde (%4-5) tutmaktadır. Rezervi ve dünya üretimindeki payı %1 civarında olan Türkiye ise ihracat yapamamaktadır.

Taşkömürü rezervleri yetersiz olan Japonya, Güney Kore ve Tayvan gibi ülkelerin yanı sıra başta İngiltere olmak üzere bazı Avrupa Birliği ülkeleri de önemli ithalatçı ülke konumundadır. Buhar kömürü ve kok bazında gereksinim duyan bu ülkelerle birlikte dünyanın en büyük üreticilerinden Çin ve Hindistan da tüm potansiyellerine karşın kömür ithal etmektedir.

Gelecek projeksiyonları düşünüldüğünde; Çin, ABD ve Güney Asya'nın kömür gereksinimlerinin artacağı tahmin edilmekte, Avrupa Birliği'nin taşkömürü kömür ihtiyacının ise 2010 yılından itibaren azalacağı hesaplanmaktadır. Özellikle askeri-savaş sanayisinin gelişme gösterdiği ABD, Hindistan ve Çin gibi ülkelerde bu ihtiyacın artış göstermesi, çelik sektöründeki yoğunlaşmaya bağlı olmaktadır.

Bu açıklamalardan da görüldüğü gibi, dünya ölçeğinde kömür, sanayi devrimi ile birlikte gelen "tekelci kapitalizm" ve ikinci dünya savaşının ardından gelen "tekelci devlet kapitalizmi" dönemlerindeki önemini, 1980'ler sonrasında yaşadığımız "küresel kapitalizm" döneminde de korumaktadır.

MTA'nın verilerine göre Türkiye'de 1.126.548.000 ton iti kalitede taşkömürü rezervi bulunmaktadır. Burada madencilik açısından önem kazanan bir parametreye, "rezerv kullanım oranına" da dikkat çekmek gerekmektedir. Doğada mevcut olan görünür, mümkün ve muhtemel rezervin üretilebilen kısmını ifade eden ve (üretim/rezerv) olarak gösterilen rezerv kullanım oranı taşkömürü için ülkemizde %1'in altındadır. Linyit için de benzer bir durumun var olması, enerji politikası belirleme süreçlerinde kömürün yeterince dikkate alınmadığını göstermektedir. Oysa TKİ yönetiminde kömür üretimi 1970'li yıllarda Türkiye'nin de etkilendiği enerji darboğazı ve ambargolarının aşılmasında önemli bir rol üstlenmiştir. Yaşanan petrol krizinin aşılmasında yerli, güvenilir kaynaklarımızdan linyit büyük önem kazanmış, Türkiye linyit rezervlerinin %80'ini elinde bulunduran TKİ linyite dayalı yatırımlarını artırarak enerji krizini en azından 1980'lerin ikinci yarısına kadar ötelemeyi başarabilmiştir (TMMOB-MMO, 2003a).

1980'li yılların ikinci yarısından sonra tüm dünyada yeni sağ politikaların egemenlik kurması ve ülkemizde de ekonomik ve mali liberalizasyon süreci ile özelleştirme uygulamalarının başlaması, devlet öncülüğünde kalkınma anlayışını etkisizleştirmiştir. Devlet artık dünya ölçeğinde yaşanan gelişmelere müdahale araçlarını yitirmiştir.

Taşkömürü sektörüne bu gelişmelerin yansıması, özelleştirme, serbestleştirme, piyasalaştırma ve esnekleştirme kavramlarıyla özetlenebilmektedir. TKİ'nin parçalanması ve TTK'nın TKİ'den ayrılması özelleştirmelere hazırlık olacak ilk hamledir. Bu hamlenin ardından, hem kurum olarak TTK, hem sektör olarak taşkömürü özelleştirme, serbestleştirme, piyasalaştırma ve esnekleştirme uygulamalarına teslim edilmiştir.

3. TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMUNDA ÖZELLEŞTİRMEYE HAZIRLIK

3. 1 Özelleştirmeye İdeolojik Hazırlık: TTK'nın Verimsizliği iddiaları

Kamu girişimciliğinin verimsiz olduğu, zarar ettiği iddialarını ispatlamak için 1980'lerden bu yana yoğun bir kampanya dönemi başlamıştır. Ancak Havzada kömür üreten kamu girişimciliği aslında 1980'lerden önce de zarar etmiştir. 1946-1977 yılları arasında ki 32 yıllık dönemin sadece 4 yılında kurum kâr etmiştir (Oral). Böyle olmasına rağmen "zarar etme"nin bir sorun haline gelmesi için 1980'li yıllar beklenmiştir.

Geçmiş yıllarda Zonguldak kömür havzası Türkiye'ye kaynak transfer eden bir kurum olarak görülmüştür. Çünkü sanayileşme yalnızca kömür üretmek ile değil, üretilen kömürü değerlendirebilmek ve doğal kaynakları etkin bir biçimde yönetmekten geçmektedir. Havzada üretilen kömür demir-çelik endüstrisinin doğmasını ve gelişmesini sağlamıştır. Karabük Demir Çelik (KARDEMİR) sayesinde, köprü ve demiryolları inşaatında yerli demir-çelik kullanılmıştır. Ereğli Demir Çelik (ERDEMİR) ile otomotivden beyaz eşya sanayisine kadar bir çok sanayi dalı gelişmiştir. Çatalağzı Termik Santrali (ÇATES) ile kömürden elektrik üretilmiştir.

1980'li yıllara kadar sürdürülen ithal ikameci politikalar doğrultusunda, ülkedeki üretim sektörünü geliştirmek için özel sektöre olanaklar sağlanmış ve Taşkömürü Kurumu, Demir-Çelik fabrikaları gibi enerji sektöründen özel kesime kesime, ucuz fiyatlarla kaynak transferi yapılmıştır. KİT'lerden beslenen, otomobil ve beyaz eşya başta olmak üzere inşaat sektörü ve diğer sektörler gümrük duvarlarıyla korunmuş ve bu sektörler dünyada örneği görülmeyen kârlara ulaşmışlardır.

Uzun yıllar, ucuz kömür satışı ile ülke sanayisine kaynak aktarılan TTK'nın, satış politikalarındaki ilk ciddi değişiklik 1978 yılında görülmüştür. Kömürün ortalama satış fiyatı 25 dolardan 51 dolara yükselmiş ve o yıl kurum zarar etmemiştir.

TTK, 1980 yılında da zarar etmemiştir. Ancak bunda rekor bir fiyatla, 77 dolara, kömür satmasının ve askıya alınan sendikal hakların işçi ücretlerinin düşük kalmasına neden olmasının etkisi vardır. TTK uzun yıllar sonra 1983 yılında, 64 dolar ortalama satış fiyatıyla yaklaşık 25 milyon dolar kâra geçmiştir. 1984 yılında 52 dolara düşen satış ortalamasıyla 21 milyon dolar, 1985 yılında 50 dolara düşen satış ortalamasıyla yine 21 milyon dolar kâr elde edilmiştir.

1986 yılında 44 dolara düşen ortalama satış fiyatıyla 68 milyon dolar zarara geçilmiş ve bu tarihten sonra kurumun zararları sürekli artmıştır. 1987 yılında zarar, 90 milyon dolar olmuştur. Çizelge 1'de kurumun 1988'den günümüze kadar olan zarar durumu gösterilmektedir.

Çizelge 1: TTK'nın toplam zararları (Milyon $)

Yıllar	Zarar	Yıllar	Zarar	Yıllar	Zarar
1988	-110.3	1996	-362.6	2003 (Program)	-220.4
1989	-162.2	1997	-351.7	2003 (Beklenen)	-309.5
1990	-296.4	1998	-144.4	2004 (Program)	-277.5
1991	-511.7	1999	-391.5		
1992	-561.3	2000	-368.4		
1993	-670.5	2001	-216.6		
1994	-515.1	2002	-217.4		
1995	-443.3				

Kaynak: 2000 yılına kadar *http://www.gazeten.com/archiv/ekonomi0000004653.html*
2000 yılı ve sonrası için TTK (2003). *2004 Yılı Yatırım ve Finansman Toplantısı Sunuş Konuşması*, Eylül.

KİT'lerde giderleri artıran önemli bir yenilik, "Sosyal Yardım Zammı" ödemesi olmuştur. Bakanlar Kurulu Kararıyla 20.6.1987 tarih 3395 sayalı Yasayla tüm KİT'lere ek bir yük getirilmiştir. İşçi çalışırken sigorta primini ödeyen KİT'ler, işçisi emekli olunca da, ödeme yapmaya başlamıştır. Bu uygulama 1989 yılında hemen TTK'nın kar-zarar tablosuna yansımıştır. Finansman gideri 73 milyon doları geçen ve sürekli açık vermeye başlayan kurum özel bankalardan yüksek faizle kredi kullanmaya başlamıştır.

1990 yılında yükselen sendikal mücadele ile maden işçileri greve çıkmışlar ve 4-8 Ocak 1991 Zonguldak-Ankara yürüyüşü gerçekleştirmişlerdir. 1991 yılında, hem sözleşme sonrası işçilik maliyetleri artmış hem de bir önceki yıl 71 dolar olan ortalama satış fiyatı 50 dolara çekilmiştir. Böylece kurumun zararları büyümeye başlamıştır. Açık arttıkça da yüksek faizlerle kredi kullanımı artmış, 170 milyon dolarlık finans giderinin 110 milyon doları, faiz ve komisyon gideri olmuştur. Geri kalan ise yeni emekli işçilerin kıdem tazminatları ve eski emekli işçilerin Sosyal Yardım Zammı ödemeleridir.

1993 yılında 43 dolarlık ortalama satış fiyatıyla 670 milyon dolar zarara ulaşılmıştır. Aynı yıl Sosyal Yardım Zammı 78 milyon dolar, gecikme faizleri 62 milyon dolar, yeni emekli olan işçilerin kıdem tazminatları 76 milyon dolar, toplam finans gideri 223 milyon dolardır. Bu yıldan sonra hükümetler, TTK'nın küçültülmesinden, Zonguldak'ta alternatif yatırımlardan söz etmeye başlamışlardır.

1994 yılından sonra da TTK'da personel sayısı azaltılmaya başlamıştır. Ancak bu tarihte Dünya Bankası ve Japonların EXIMBANK'ına olan borç ve borç faizleri yüksek rakamlara ulaşmıştır.

3.2 Personel Politikası

Küçültme politikalarının başladığı yıllarda, "küçültme" kelimesi personel sayısının azaltılması ile aynı anlamda kullanılmıştır. 1990'lı yılların başlarında kurumdan emekli olan işçilerin kıdem tazminatları geciktirilmiş, ikramiyeleri ödenmemiş ve emeklilik kampanyası başlatılmıştır. Amaç geleceğe ilişkin korku ve endişe ortamı yaratarak, işçi sayısının düşürülmesidir.

1980 ile 2002 yılları arasında kurumun işçi sayısının 26.166 kişi azaltılması sağlanmıştır. Zaman zaman sendikal baskılardan dolayı ya da siyasi rant sağlama amacına yönelik olarak işçi alımı yapılsa da genel eğilim günümüze kadar devam

etmiştir. 1945 yılındaki TTK'da işçi sayısı 37.080 iken, bu rakam 2003 yılında 14.600'e düşmüştür. 2004 yılında işçi sayısının 12.270'e düşürülmesi planlanmaktadır. (TTK, 2003).

TTK'da memur istihdam rejiminde de büyük değişiklik olmuş, kurum kadrolu memur yerine sözleşmeli memur istihdamına yönelmiştir (http://www.taskomuru.gov.tr). Çizelge 2, küçülerek kapanmaya giden rotayı açıkça ortaya koymaktadır. 1989 ile 1999 yılları arasında İşçi sayısı azaltılmış, üretim düşürülmüş ama zarar artmaya devam etmiştir.

Çizelge 2. 1989-1999 yılları arasında ttk'daki işçi sayılarındaki azalışın bazı verimlilik ölçütleri açısından değerlendirilmesi

	1989	1999
İŞÇİ SAYISI	35.492	16.364
ZARAR	162.2 milyon $	391.5 milyon $
Finans Gideri	73 milyon $	136 milyon $
Ortalama Kömür Satış Fiyatı	59 $	38 $
Tüvönan Üretim Miktarı	6.314 bin ton	2.601 bin ton
Üretim (Satış)	3.039 bin ton	1.961 bin ton
Demir-Çelik (Satış)	%54	%10
ÇATES (Satış)	%13	%73

Kaynak: Oral, T. Taşkömürü gerçeği ve Türkiye. http://www.turkis.org.tr/taskomuru.doc

Günümüzde TTK'nın zararının yüzde 70'ini işçilik maliyetlerinin oluşturduğu, bunun yanı sıra üretimin az olması, yerüstü işçi fazlalığı, kömür satışının istenilen düzeyde yapılamamasının da zarara önemli etken olduğu savunulmaktadır.

Yeraltı kömür madenciliği, yüksek maliyetli bir iş olması nedeniyle kâr edebilmesi çok zor olan bir iştir. Bu maliyetten kurtulmanın yolu olarak madencilikten vazgeçme gibi bir yolun seçilmesi ise kalkınmasını tamamlayamamış bir ülke için oldukça lüks bir yöntemdir. Maliyetleri düşürmenin insan onuruna yakışmayan bir diğer yolu daha bulunmaktadır. Bu yol örgütsüz, çalışma iş güveliğinden ve sosyal haklardan mahrum, aç kalmamak uğruna her türlü koşulda çalışabilen, fazla ücret isteyemeyen işgücünün çalıştırılmasıdır. TTK'da bu yolun kullanım biçimi rödövans uygulamaları ile gerçekleştirilmektedir.

3.3 İki Rapor İki Farklı Sonuç

3.3.1 Zonguldak-Bartın- Karabük Bölgesel Gelişme Projesi

5 Nisan 1994 tarihinde açıklanan "Ekonomik Önlemler Paketi"nde özelleştirme olanağı bulunmaması durumunda TTK'ya bağlı Armutçuk ve Amasra Taşkömürü işletmelerinin üretimlerinin yıl sonuna kadar durdurulması kararı alınmıştır. KARDEMİR'in özelleştirilmesi kararı da yine aynı önlemler paketinde yer almıştır. Bu karar üzerine Zonguldak Bölgesi için bir "Bölgesel Kalkınma Stratejisi" hazırlanmasına yönelik olarak 1995 yılında DPT tarafından bir proje başlatılmıştır. Bu proje BRLİ-GERSAR (Fransa) ve TÜMAŞ (Türk Mühendislik, Müteahhitlik, Müşavirlik Anonim Şirketi)

firmalarından oluşan bir konsorsiyuma yaptırılmıştır. Projenin finansmanı Dünya Bankası'na Japon hükümetinin yaptığı bağıştan karşılanmıştır.
Bölgesel Gelişme Projesi kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda TTK ve KARDEMİR Raporu 1997 yılında yayınlanmıştır (DPT,1997). Raporda TTK için önerilenler:

Endüstriyel Strateji:

- Kömür üretiminin kademeli olarak azaltılması,
- 10-15 yıl içinde uzun vadeli planlama ile TTK'nın daha da küçültülmesi,
- Maden alanının yeniden sanayileştirilmesi,
- İşgünün kademe kademe azaltılması.

Bu stratejinin gerekçesi ise, Avrupa'da da böyle yapılması ve Türkiye'nin düşük kaliteli üretim nedeniyle Dünya piyasalarıyla rekabet edememesi olarak açıklanmıştır.

Endüstriyel Politika:

- En kârlı ocaklarda üretime yoğunlaşma,
- Diğer ocakları sistematik olarak kapatma,
- Dışardan uzman şirketlere eğitim programları yaptırarak işgücünü eğitme,
- Toplam Kalite Yönetimi (TKY) uygulama[3]

İşgücü Stratejisi:

- Personel alımının tamamen durdurulması,
- Gönüllü işten ayrılma ilkesinin uygulanması (Erken emeklilik, yeniden eğitim, iş transferi yoluyla).

Destek Politikası:

- Sendikalarla sürekli uzlaşma ve müzakere içinde olma,
- Dışsal hareketleri yönetmek için danışmanlar ve iş takipçileri ekibi oluşturma[4]
- Bir mali plan oluşturma[5], ve bu mali planın devlet tarafından finanse edilmesi

Raporda ayrıca TTK'nın geçmişte madencilikle ilgisi olmayan (?) faaliyetleri miras olarak bugüne taşıdığı, bu gün için bu faaliyetlerin yük olduğu söylenmektedir. Bu yükler; demiryolları, Zonguldak Limanı, Ereğli nakil hattı, lojmanlar, depo sahaları, misafirhaneler, yemekhaneler, arazi, alev sızdırmazlık belgesi veren kuruluştur (DPT,1997). Zamanla bu yüklerin her biri sırası geldikçe özelleştirme politikalarına konu olmuştur.

Bu rapor, başarılı bir kamu girişimciliği örneğini, sadece kâr amacına yönelik bir özel işletme gibi düşünmüştür. Kurumun yaptığı hizmetler kamu hizmeti niteliği gözetilmeden, kamu yararı ölçüne göre değerlendirilmeden gelir-gider hesapları

---

[3] Raporda TKY ifadesi geçmemekle birlikte, "işçilerin katılımı herkesin şirket projesi ile bütünleştirilmesi amacıyla personelin yaratıcılığı ve motivasyonunu sağlamak amacıyla, ilerleme grupları ve kalite döngüleri, değer analizleri, kaza önleme ve geliştirilen emniyet prosedürleri gibi idari yöntemler" ifadeleri kullanılmıştır.

[4] Danışmanlar, kurumdan ayrılacaklara yeni kariyer geliştirmeleri için yardımcı olma görevi üstlenecek, iş takipçileri ise kariyer geliştirme programını başarıyla tamamlayabilen personel için iş arayacak

[5] Erken emeklilik, yeni işe yerleştirilecek personel için eğitim masrafları ve yeni işverene ödenecek prim için

üzerinden değerlendirilmiştir. Oysa kurumca desteklenen sanayilerin ekonomiye katkısı gibi bir çok ekonomik faktör, bir kentin insanlarının mutluluğunu gibi bir çok sosyal fayda hesaplamalara katılmamıştır. Bu verileri de göz önünde tutan başka bir analizin çok farklı sonuçlar ortaya çıkaracağı kesindir.

Raporda mülkiyetin özel sektörde olmasının verimliliği arttıracağı yönünde gizli bir varsayım bulunmaktadır. Ancak verimlilik bir mülkiyet sorunu olmaktan çok bir yönetim sorunudur. Kurumun siyasi etki altında kötü yönetildiği, siyasi kaygılarla gerinden çok insana istihdam olanağı yarattığı ileri sürülmektedir. Ancak bu sorunun özelleştirmeden daha kolay uygulanabilecek bir çözümü vardır. Bu çözüm ÖZERKLEŞTİRME'dir. TTK için zaman zaman önerilen (Soysal,1998) bu yol hükümetlerce benimsenmemiştir.

3.3.2 Türkiye Taşkömürü Kurumu İnceleme Kurulu Raporu

5 Nisan kararları ardından, hükümet tarafından hazırlatılan bir diğer rapor ise, Türkiye Taşkömürü Kurumu İnceleme Kurulu tarafından 23.06.1994, 26.12.1994 tarihleri arasında yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmada Başbakanlık temsilcileri, Hazine Müsteşarlığı temsilcileri, DPT Müsteşarlığı temsilcileri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı temsilcileri, TTK, MTA, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Ankara Üniversitesi, Maden Mühendisleri Odası, Makine Mühendisleri Odası, Genel Maden İşçileri Sendikası temsilcileri de görev almıştır.

Bu raporun saptamaları şu şekilde özetlenebilir (TTK, 1995):

- Taşkömürü gerek enerji gerekse demir-çelik sektörü açısından stratejik öneme haiz bir hammaddedir. Ucuz ithal kömür ve ucuz ithal demir gibi bugün için cazip görünen pazar koşullarına dayanarak kendi hammaddelerini değerlendirmekten uzaklaşan bir politikanın ülkemiz ekonomisine hem bugün hem de gelecekte ciddi zarar vereceği muhakkak görünmektedir.
- Kömür üretimi gerekli ve yerli idame yatırımların yapılmaması sonucu düşmektedir. TTK, İşçi sayısını %25 oranında azaltmış olmasına rağmen gittikçe düşen üretim miktarları ve büyüyen finans açıkları nedeniyle iyileştirmeye gitmekten uzak bir yapı arz etmektedir. Bazı işletmelerin kurum dışına alınmasına ve giderek küçülen üretim hedeflerine bağlı olarak sürekli işçi azaltımı ile daha iyiye gitmenin mümkün olamayacağı da görülmektedir. Yatırım yapılmaksızın gerçekçi iyileştirme projelerine dayanmaksızın süren bu tür gelişmeler, maden işletmeleri için "kapanma" anlamına gelmektedir. Bu da ülke yararına bir sonuç olarak görünmemektedir.

Raporda, Ayrıca genelde TTK ve özelde Armutçuk işletmeleri için teknik anlamda bir iyileştirme projeksiyonu hazırlanmıştır. Buna göre:

- Gecikmiş tüm alt yapı yatırımları tamamlanarak işletmeler maksimum tüvenan kömür üretimlerini gerçekleştirecek duruma getirilecektir. Yer altı işçililiklerini bu hedefe uyumlu hale getirebilmek amacıyla yerüstü işçilerin önemli bir bölümü, kısa süreli eğitimlere tabii tutularak yer altı seviyelerine çekilecektir.
- Armutçuk ve Amasra işletmelerinin toz kömürlerini değerlendirmek amacıyla briketleme tesisleri ve Üzülmez, Karadon, Kozlu Müeseselerinin kömürlerini yıkayacak, yeni lavvarlar, yap-işlet, ortaklık vb. bir modelle özel girişimciler teşvik edilerek kurdurulacaktır.
- Kurum, kolayca dışardan sağlanabilecek hizmetleri üreten servislerini, uygun projelerle devredecek ve yerüstünden önemli ölçüde çekilecektir.
- Kurum yönetimi, satılabilir ürünlerin iyileştirmesini ve pazarlamasını ağırlıklı hedef olarak gören dinamik ve özerk, istikrarlı bir yapıya kavuşturulacaktır.
- Mevcut mali yapı süratle iyileştirilerek gecikme zamları, sosyal yardım ödenekleri vb. finans yükü kalemleri sıfırlanacaktır.
- İşçi ücretlerine seyyanen zamlardan vazgeçilerek iş değerlendirmesine dayalı, üretken sınıfları kollayan ve kurumun gerçekleri ile bağdaşacak bir teşvikli ücret sistemi uygulanacaktır.

Raporda ayrıca komisyon çalışmaları sırasında ortaya çıkan bazı gerçekler şu şekilde sıralanmıştır:

- TEK Çatalağzı termik santralı, TTK'dan dünya fiyatlarının altında kömür almakta ve kâr elde etmektedir. Çimento vb. sektörler için de benzer bir tesbit yapılmıştır. TTK bu sektörlere satış fiyatlarını gerçekçi biçimde, dünya piyasalarına ve rekabetçi ortama göre belirlemeye gayret etmelidir.
- Dünya genelinde, kömür ocaklarını ve termik santralleri tek elden işleten güçlü enerji şirketlerinin bulunması ve bu tür faaliyetlerin kâr getirmesi, TTK'nın geleceğe yönelik projelerinde değerlendirilebilecek bir durumdur.
- İthal kömür ve briket fiyatları çok yüksek seyretmesine rağmen TTK, bürokratik yönden bağımsız olmadığı için, bu pazarlara girmekte, çekingen davranmaktadır. Briketlenerek satılması halinde TTK kömürleri, gerek çevre kirliliği yönünden ve gerekse kalorifik değer üstünlüğü ile bu pazarda yer alabilir ve Kurum'un satış gelirleri önemli oranda artabilir.
- Dünya kok kömürü ve kömürden üretilen kimyasalların üretim ve tüketim rakamları TTK'nın bu alanda proje üretip hayata geçirmesinin ve bu pazarlara mamül veya yarı mamül ürünlerle girmesinin olanaklı ve yararlı olacağına işaret etmektedir.

TTK inceleme kurulu, Bölgesel Gelişme projesi ile karşılaştırıldığında neredeyse tamamen zıt sonuçlara ulaşmıştır. Bu rapor küçülme yerine BÜYÜME önerisi getirerek, yeni yan sektörlerle, kâr edebilen bir sektör yaratmayı hedeflemiştir. İnceleme Kurulunun kamu hizmeti ve kamu yararı odaklı bakış açısı da dikkat çekmektedir. İki raporda aynı dönemin hükümeti tarafından hazırlatılmış olmasına rağmen, bu durum raporları hazırlayan kurumların farklılığından kaynaklanmaktadır. Bölgesel Gelişme Projesi uluslararası sermayenin örgütleri tarafından onların çıkarlarına uygun olarak hazırlanmıştır. İnceleme Kurulu Raporu ise, ulusal bürokrat, uzman, akademisyen ve

demokratik kitle örgütlerinin ortak bakış açısıdır. Ancak uygulamada Bölgesel Gelişme Projesi doğrultusunda hareket edilmiştir.

3.4 Yetersiz Yatırım Teknolojik Yıpranma

TTK'da 1980 sonrasında, Devlet Planlama Teşkilatınca yeterli ödenek verilememesi, verilen ödeneğin de dış ve iç finansman kaynağı bulunamaması nedeniyle tam olarak kullanılamaması sonucu, gereksinim duyulan yatırımlar yapılamamış ve özellikle yurt dışından getirilmesi zorunlu teknoloji getirilememiştir. (http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/taskomururaporu.htm).

Havzanın tüm üretim iş yerlerinde oluşturulan pratik-geçici çözümler, daha büyük sorunları da beraberinde getirmiştir. Bunlar kısaca; eski sahalarda çalışma nedeniyle tüvenan kömür kül oranlarının artması, işletmelerin çok dağınık bir yapıya kavuşmaları sonucu nakliyat, havalandırma, basınçlı hava ve su drenajının zorlaşması ve daha yüksek maliyetle işletmecilik yapılmasıdır.

Yaklaşık 10 yıl süren yatırımsızlık döneminin ardından, teçhizat modernizasyonu ve yenilemesi ile üretim miktarı ve randımanlarda artışla birlikte üretim maliyetinin düşürülmesi ve iş güvenliğinde iyileştirmeler yapılması amacıyla, Kurumun tamamına yönelik olarak "Taşkömürü Havzası Makine ve Teçhizat Modernizasyon Projesi" hazırlanmış ve söz konusu proje 1988 yılı yatırım programında yer almıştır.

Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı'nca Dünya Bankası Enerji Sektörü Uyum Kredisi kapsamında temin edilen 68,5 milyon $'lık kredinin kullanımının "gelecek vadeden birkaç işletmeye yoğunlaştırılacak şekilde ve ayrıntılı projelendirilmesinin" talep edilmesi nedeniyle öncelikle Asma, Gelik ve Kandilli işletmelerinin rehabilitasyon projeleri yaptırılarak, bu işletmelerin makine ve teçhizat ihtiyaçlarının giderilmesi ve tesislerinin modernizasyonu hedeflenmiştir. Bu proje 1989-1994 yılları arasında büyük oranda tamamlanmıştır.

1989 yılından itibaren rehabilitasyon projelerine paralel olarak, Havza konsantrasyon, Zonguldak ve Çatalağzı lavvarlarının modernizasyonu, TTK reorganizasyonu, Kozlu rehabilitasyon, Kilimli-Karadon Rehabilitasyon ve İşgücü İyileştirme Projeleri başlatılmıştır.

Havza Konsantrasyon Projesi çerçevesinde; ocaklardaki üretim katlarının azaltılması, dağınık çalışma yerlerinin bir araya toplanması, bazı işletmelerin kapatılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve düşük küllü üretim hedeflenmiştir. 1993 yılından itibaren uygulamaya başlanan İşgücü İyileştirme Projesi ile mevcut işgücünün en etkin bir biçimde kullanılması amaçlanmıştır.

1996 yılına gelindiğinde ise, TTK'da dış kredi kullanılarak yapılan yatırımların tutarı 747.5 milyon Doları bulmuştur. Kurumun kendi öz sermayesini kullanmadan dış kredilerle yaptığı yatırımlar yeterli olmadığı gibi, kredi borçları gibi finans maliyetlerinin de TTK'nın zarar hanesine yazılmasına neden olmuştur (Arıoğlu,1996).

3.5 Enerjide Dışa Bağımlılık Politikası

1975 yılından itibaren ithal kömür kullanımı ile birlikte demir çelik sektörü taşkömürü gereksinimini daha çok yabancı ülkelerden karşılamaya başlamıştır. Havzada üretilen taşkömürü ise daha düşük kalorili kömüre gereksinim duyan sektörlere kaydırılmıştır. Oysaki demir çelik sektörü dışındaki sektörlerde taşkömüründen daha düşük kalorili olan linyit kullanımı olanaklıdır.

Teknik açıdan Linyitin petrolü ve taşkömürünü ikame edebileceği en iyi alan elektrik enerjisi üretimidir. Oysa ülkemizde var olan linyit kaynakları da yererli derecede değerlendirilmemekte, elektrik üretiminde bizde üretilmeyen doğal gaz kullanılmaktadır. Çizelge 3'te görüldüğü gibi, elektrik üretimi içinde linyit 1976 yılında %16 orana sahipken, 1973 yılında yaşanan petrol krizi sonrasında bu payı %40'lara çıkmıştır. 1985 yılından itibaren doğal gaz ithali ile birlikte linyitin payı azalmış, doğal gazın payı ise %35 olmuştur.

Çizelge 3. Elektrik üretiminin yakıt cinsine göre dağlımı (%)

Yıllar	Linyit	Taşkömürü	Doğalgaz	Hidrolik	Petrol	Diğer	Toplam
1970	16.70	16.03		35.17	30.15	1.95	100
1975	17.19	9.13		37.75	34.47	1.43	100
1980	21.69	3.91		48.75	25.05	0.60	100
1985	41.84	2.07	0.17	35.20	28.69	0.03	100
1990	33.99	1.07	17.71	40.22	6.85	0.16	100
1995	29.93	2.58	19.22	41.20	6.69	0.38	100
2000	28.19	2.40	37.55	24.48	6.39	0.99	100

Kaynak: Arıoğlu, E. (2002). Türkiye'de linyit madenciliğinin değerlendirilmesi. *Tunçbilek Belediyesi II Linyit Festivali*, Garp Linyitleri İşletmesi Yayını, Tunçbilek Ağustos s. 10.

Sanayi ve enerji sektörlerindeki bu dışa bağımlılık, sürekli olarak dışarıya kaynak aktarımına, ihracat/ithalat oranının azalmasına böylelikle makro ekonomik büyüklüklerin olumsuz etkilenmesine ve pahalı girdilerle rekabet koşullarının bozulmasına neden olmaktadır (Arıoğlu,2002).

Ülkemizin tek taşkömürü üreticisi olan TTK'nın, rasyonel ve dinamik ulusal taşkömürü politikalarının da mevcut olmadığı bir ortamda, küresel sermaye lobileri ile fazla rekabet olanağı bulamamış olması son derece doğaldır. Özellikle enerji piyasalarındaki serbestleşme eğilimleri sayesinde küresel enerji lobilerinin, ülkeye doğal gaz, ithal kömür ya da petrokok girmesini sağlamaları TTK'yı tamamen savunmasız bırakmıştır (Tamzok).

3.6 Sanayi Sektörüyle Bağların Koparılması

Türkiye'nin ilk iki entegre demir-çelik fabrikaları olan Karabük ve Ereğli demir çelik fabrikaları kuruluş yerlerinin seçiminde, Zonguldak havzasındaki koklaşabilir taşkömürleri en önemli etmen olmuştur. Batı Karadeniz bölgesinin en önemli sanayi kuruluşları olan, bölgenin, kentsel, sınai, ticari ve sosyal gelişiminde belirleyici olan ÇATES, Kardemir ve Erdemir'in varlık nedeni Havza kömürleridir. İSDEMİR (İskenderun Demir Çelik) fabrikası ise TTK'dan hiç kömür almamakta doğrudan uluslararası pazarlara yönelmektedir. Bu işletmenin kuruluş yerinin seçiminde

hammadde kaynaklarına yakınlığın gözetilmemiş olması, taşkömürünün ithal edilmesini kaçınılmaz kılmıştır.

ÇATES'in, şimdiki koşullarda Havza kömürlerine bağımlılığı sürmektedir. Ancak ÇATES'in özelleştirilmesi konusu da gündemdedir. Böyle bir özelleştirme gerçekleşirse, bu bağımlılığı sürdürmek için bir neden kalmayabilir.

Uluslararası ticaretin önündeki engellerin kaldırılması ya da azaltılması, taşımacılık sektöründeki ve açık ocak kömür madenciliği teknolojisindeki gelişmeler ve bu gelişmelere genelde ülkemizin hemen tüm sektörlerinde ve özelde de madencilik sektöründe gerekli önemin gösterilememesi nedeniyle, demir-çelik fabrikalarının Havza kömürlerine bağımlılığı kopma noktasına gelmiştir.

Türkiye'de entegre bir demir-çelik sanayii oluşturma düşüncesiyle Divriği ve Hekimhan demir madenleri ile KARDEMİR ve İSDEMİR fabrikalarının da bir araya getirilmesiyle oluşturan Türkiye Demir Çelik İşletmeleri Kurumu işlevsiz hale getirilmiştir. KARDEMİR ve İSDEMİR özelleştirilmesi ile bu kurum demir çelik sanayiinde yönlendiricilik rolünü kaybetmiştir. TTK ile de bağları koparılan bu işletmeler daha ucuz olması nedeniyle yabancı kömür kullanımını tercih etmişlerdir. Çizelge 4'te ülkemizde Taşkömürü İthalatının miktar ve değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4. Ülkemizde taşkömürü ithalatı

Yıllar	Miktar x ton	Değer x 1.000$
1998	8.380.435	453.846.000
1999	6.410.896	310.085.000
2000	13.049.182	603.185.000
2001	6.086.397	290.215.000
2002	13.302.000	660.362

Kaynak: Yıldız, N. (2003). Madenciliğimize bakış.
http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/kitaplar/Madenciligimizebakis2003/madenciligimizebakis2003.htm

TTK'nın 1980-1990 yılları arasında %50 dolayına yaklaşan demir-çelik sektörüne yönelik koklaşabilir taşkömürünün payı, 1990 sonrasında sürekli azalmış ve %20'lere düşmüştür. Buna karşılık enerji sektörünün payı %65'lere yükselmiştir. Çizelge 5 TTK'nın sektörler itibari ile taşkömürü satışlarını göstermektedir. TTK önceliği ÇATES'e vermektedir. Demir çelik fabrikalarının istediği nitelik ve nicelikte ürün elde etmede TTK yetersiz kalmıştır. Demir-çelik sanayiine verilecek kömürün %10-12 küllü ve 0-10 milimetre boyutlu olması gerekmektedir. Lavvarların teknolojilerinin eskiliği nedeniyle çıkarılan kömür bu kalitede işlenememektedir.

Çizelge 5. TTK'nın sektörler itibariyle taşkömürü satışları (ton)

SEKTÖRLER	2000	2001	2002	2003 Ağustos Sonu	2004 Program
Demir-Çelik (KARDEMİR, ERDEMİR)	362.625	410.399	223.375	206.720	550.000
Enerji (ÇATES)	1.542.536	1.479.905	1.393.054	801.757	1.400.000
Muhtelif-Teshin	149.398	329.930	392.923	262.949	450.000
TOPLAM	2.163.233	2.292.769	2.102.969	1.295.734	2.400.000

Kaynak: TTK, (2003). *2004 Yılı Yatırım ve Finansman Toplantısı Sunuş Konuşması*, Eylül.

Çokuluslu tekellerin özellikle enerji ve madencilik endüstrilerinde ulaştıkları ekonomik ve mali güce ulusal düzeydeki işletmelerin, belirlenen koşullarda, direnebilmesi olanaksız hale gelmiştir. Demir-Çelik işletmelerimiz hemen yanı başlarında yaşam savaşı veren TTK'nın ürettiği kömür yerine binlerce km uzaktan getirip sıfır gümrükle ülkemize soktukları kömürlere yılda 350 milyon dolar civarında para ödemektedirler. Bu arada, kendileri de uluslararası piyasadan ülkemize sokulan dampingli ürünlerin ve elektrik ark ocaklarında(EAO) üretilen ürünlerin tehdidi altında varlıklarını sürdürmeye çalışmaktadır (Yıldız).

3.7 TTK'da Hizmet Özelleştirmeleri

TTK'da mülkiyeti özelleştirme biçiminde özelleştirmeler henüz uygulama alanı bulamamışsa da bazı hizmetlerin özelleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

TTK'da kömür taşıma kapasiteleri 55 ton olan 119 adet vagon bulunmakta ancak bunlar eskidiği için 2-3 tanesi dışında kullanılmamaktadır. Kömürü kendi vagolanları ile taşıyamayan TTK önce Devlet Demir Yollarından vagon kiralamamışsa da rayların bakımını yapamadığı için bu yöntemden vazgeçmiştir. Kömür taşımacılığı, üçüncü şahıslar tarafından karayoluyla yapılması amacıyla ihaleler gerçekleştirilmektedir. (http://netzonguldak.sitemynet.com/haberler/haber121.htm).

Karayoluna göre; güvenlik, çevre kirliliği, arazi kullanımı, gürültü, enerji tüketimi, yol yapım maliyeti gibi konularda önemli avantajları bulunan demiryolu taşımacılığından vazgeçilmesi Havzanın bütünsel ekonomik yapısının bozulmasında etkili olmuştur. 1950'li yıllardan sonra ülkemizde gelişen demiryolu teknolojisine paralel yatırımlar yapılmamaktadır (DDY, 2003). 1980 yılından sonra da demiryolu hizmetleri ticarileşmekte, kamusal niteliğini yitirmektedir. Bu süreç demiryollarında taşımacılık ücretleri pahalılaştırmıştır. Bunun üzerine zaten zararları nedeniyle sürekli gündemde olan TTK, kömür taşımacığını vagonlar yerine kamyonlarla gerçekleştirmeye başlamıştır. Bu durum kamunun yerine özel sektörün tercih edilmesinin bir örneğidir.

Kurumda kömür nakli dışında, taş nakli, yükleme, boşaltma, yayma işleri de özelleştirilmektedir. Özel sektör işçi nakillerinde de devreye girmektedir. Bazen de özel sektörden binek araç, pikap, minibüs, traktör kepçe gibi araçlar kiralanabilmektedir.

TTK bir mobil lavvar ihalesi hazırlığı içindedir. Biri Kozlu'da, diğeri Üzülmez'de iki adet mobil lavvarın 2006 yılına kadar özel sektöre yaptırılması planlanmaktadır (http://netzonguldak.sitemynet.com/haberler/haber120.htm).

Özelleştirmenin bir diğer biçimi ise yabancı işçi çalıştırma olarak karşımıza çıkmaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti'nin CODCO adlı şirketi, Kozlu Müessese Müdürlüğü'nde yeni kuyu açma çalışmaları sürdürmektedir. 2000 yılından beri 80 Çinli işçi bu bölgede çalışmaktadır. Yaklaşık 14 milyar dolara mal olacak proje kapsamında kuyu içindeki teçhizatın sökülerek yeryüzüne çıkartılması, ihraç kulesinin sökülmesi, kuyuda gerekli görülen yerlerin onarılması ve kuyunun eksi 865 metreye kadar kazılması yer almaktadır. Bu çalışmalarının sonuçlandırılmasından sonra, başka firma tarafından da kuyunun teçhizi ve nihai vinç montajı yapılması da düşünülmektedir (http://www.byegm.gov.tr/yayinlarimiz/ANADOLUNUNSESI/192/AND18.htm).

4. TAŞKÖMÜRÜ SEKTÖRÜNDE ÖZELLEŞTİRME

4.1 Havza Küçültme

Zonguldak Taşkömürü havzasının sınırları 1865 yılında belirlenmiştir. Osmanlı Devleti döneminde 1910 tarih ve 289 sayılı Teskere-i Samiye ile, havza alanı içinde her ne şekilde olursa olsun devletin izni olmaksızın arazi açmak, bina inşa etmek gibi faaliyetlerin tümü yasaklanmıştır. Halen yürürlükte olan 3303 sayılı Taşkömürü Havzasındaki Taşınmaz Malların İktisabına Dair Kanun'da belirtildiği gibi Havza-i Fahmiye sınırları içindeki madenlerin işletme hakkı TTK'da olup, Maden Kanunu'na tabi değildir.

03.12.1953 ve 05.02.1958 günlerinde çıkarılan Bakanlar Kurulu Kararları da bu sınırları kabul etmiştir. Havza sınırları daha sonra 07.09.1968 tarih ve 6/10692 sayılı kararname ile 2.200 km²'si denizde, 11.150 km²'si karada olmak üzere toplam 13.350 km²'lik bir alanı içine alacak şekilde belirlenmiştir.

Havza sınırlarını düzenleyen Teskere-i Samiye ve bakanlar kurulu kararları, 19.06.1986 tarih ve 19139 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 86/10731 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlükten kaldırılmıştır. 24.08.1989 tarih ve 20262 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Bakanlar Kurulunun 989/14248 sayılı kararı ile Taşkömürü Havzası sınırları yeniden düzenlenerek Teskere-i Samiye sınırları tekrar kabul edilmiştir. Ancak düzenleme olmadan geçen 3 yıl 2 ay, bazı sorunların ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Havza 1986 yılından önce TTK Ana Statüsüne göre yönetilmiştir. TTK Ana Statüsü TTK'ya taşkömürü ve taşkömürü ile birlikte üretimi ekonomik olan diğer madenleri işletme yetkisi vermiştir. Bu sayılanlar dışındaki madenler Ana Statü kapsamına girmediğinden 6309 sayılı Maden Kanununa göre yönetilmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca taşkömürü ve taşkömürü ile birlikte üretimi ekonomik olan madenler dışındaki madenler için 3. kişilere ruhsatlar vermiştir.

Sınırlarının kaldırıldığı dönemde, Havza 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanuna tabii olmuştur. 3213 sayılı Kanunun 8. maddesinde "Yürürlükte olan arama, ön işletme veya işletme ruhsatı verilmiş maden sahası üzerinde başka ruhsat

verilemez" hükmü yer almıştır. Yasanın 16. maddesinde ise müracatların maden, mermer ve gölsuları yönünden isim ve alan sınırlamasına tabii olarak yapılması öngörülmüştür. Bu maddeye dayanılarak Havzada başka kişi ve kuruluşlara Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca taşkömürü ve taşkömürü ile birlikte üretimi ekonomik olan madenler için ruhsat verilmesi yine mümkün değildir. Çünkü bu madenler TTK'ya verilmiştir. Ancak mermer ve gölsularının ihtiva ettiği madenler için bu dönemde de ruhsat verilmiştir. 1989 yılında Havza sınırları yeniden belirlenince, TTK'ya devredilen alanda tüm madenler için başka kişi ve kuruluşlara ruhsat verilmesinin önü kapatılmıştır. Bu durum üzerine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı önceden verilen ruhsatların durumu için Danıştay'dan istişari görüş talebinde bulunmuştur.

Danıştay Birinci Daire E.1991/47 ve K.1991/63 sayılı kararı ile, Zonguldak taşkömürü havzasında taşkömürünün çıkarılması ve işletilmesinin Devletin tekeli altında yürütüldüğünü, bu nedenle, havza sınırlarının kaldırılıp daha sonra yeniden belirlenmesinin TTK'nın havzada tekel durumunu değiştirmeyeceğini belirtmiştir. Danışta'ya göre: "....bu süre içinde taşkömürü havzasında bu maden için başka kişi ve kuruluşlara ruhsat verilmesi söz konusu olamaz....idare hukukunun genel ve yerleşmiş ilkesi gereği, idare hatalı işlemlerini bir süre koşuluna bağlı olmaksızın her zaman geri alabileceğinden...(bu)süre içinde taşkömürü havzasında taşkömürü madeni için verilen ruhsatların iptali mümkün bulunmaktadır".

Taşkömürü dışındaki madenler için verilen ruhsatlar konusunda Danıştay, 3213 sayılı Maden Kanunun 8. maddesini şu şekilde yorumlamıştır: 3213 sayılı Kanunun geçici 5. maddesi "6 ay süreyle hiçbir maden arama ruhsatı müracaatı kabul edilmeyecektir" hükmünü getirmiştir. Bu nedenle 3213 sayılı Kanunun yürürlüğe girmesinden 6 ay sonrası ile havza sınırlarının kaldırıldığı dönem arasında ve havza sınırlarının yeniden belirlenmesi sonrasındaki dönem için TTK'nın tekel hakkı vardır, bu hak diğer madenler içinde geçerlidir. Bu dönemlerde verilen ruhsatlar, kazanılmış hak olarak kabul edilemez. Havza sınırlarının kaldırıldığı dönem ile bu sınırların tekrar belirlendiği dönem arasında **diğer madenler için verilen ruhsatlar** ise kazanılmış hak olarak kabul edilmiştir.

Havza alanı TTK'nın tekelinde olması yargı kararlarıyla da kesinleşince bu durumdan kurtulmanın çeşitli yolları aranmaya başlanmıştır. Bu yollardan birisi havza sınırlarını daraltmaktır. Bu daraltma işleminden sonra serbest kalan alanların ihale yöntemi ile aramalara açılması olanaklı hale gelebilecektir. Havza küçültme çalışmalarının TTK, Maden İşleri Genel Müdürlüğü ve MTA tarafından yürütüldüğü görülmektedir. TTK yeni sınırları belirleyip, koordinatlarını saptamaktadır. Serbest kalacak alan ile ilgili düzenlemeler ise Maden İşleri Genel Müdürlüğünce yapılmaktadır.

05 Ağustos 1999 tarih ve 23777 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 30.07.1999 tarihinde kabul edilmiş 4424 sayılı Yasa ile Maden Kanununa bir ek madde ilave edilerek Zonguldak-Karabük-Bartın illerini kapsayan Havza-i Fahmiye sınırlarının küçültülmesi için ilk adım atılmıştır. 4424 sayılı Kanunla, Ereğli Kömür Havzasının küçültülmesi sonucunda serbest kalan bölgenin, koordinatları Bakanlıkça belirlenen 2000 hektarı aşmayacak alanlar halinde, aramalara açılmak üzere ilan edileceği kararlaştırılmıştır.

Nihayet 14.04.2000 tarih ve 2000/525 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile havza sınırları küçültülerek, 3000 km^2'si denizde, 3885 km^2'si denizde olmak üzere toplam 6885 km^2 olarak düzenlenmiştir. Bu düzenleme ile TTK'nın imtiyaz alanı içindeki havza alanı yarı yarıya düşürülmüştür. Böylece serbest kalan bölge aramalara açılmıştır.

Havzai Fahmiye sınırlarının küçültülmesi sonrası ortaya çıkan alanların, 3213 sayılı Maden Kanunu gereği, ihale yoluyla madencilik faaliyetlerine açılması için gerekli çalışmalar tamamlanmıştır. 05.08.1999 tarih ve 23777 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Ereğli Kömür Havzası (Havza-i Fahmiye) sınırlarının küçültülmesi sonucu belirlenen 503 adet saha için 3213 sayılı Maden Kanunun 22. maddesine göre 30.12.2003 tarihinde ihaleye çıkılmıştır. Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nün web sitesinde (www.migm.gov.tr) ihaleye çıkılan alanların bir listesi yer almaktadır. Bu listeye göre 503 alanın toplam büyüklüğü 8621.11 km^2 dir[6]. Bunun 3878.25 km^2 si Kastamonu, 4742.86 km^2 si Zonguldak ilindedir. Kastamonu'da 224 parsel, Zonguldak'ta ise 279 parsel bulunmaktadır. Parsel büyüklükleri genelde 2000 hektar olarak belirlenmiştir.

TTK'nın elinde kalan havza alanının 611 km^2' ye düşürülmesi böylece geri kalan alanın Maden Kanununa göre ruhsatlandırılması için çalışmalar devam etmektedir. Bu alan büyüklüğü TTK yönetim kurulunca kabul edilip, 2003 yılında bakanlığa sunulmuştur. Açığa çıkan alanlarda 2000 hektarlık poligonlar halinde özelleştirme yapılması beklenmektedir. Havza küçültme çalışmalarının amacı, bu alanlarda girişimciliği arttırma ve yeni istihdam alanları yaratma olarak belirlenmiştir. Açığa çıkan alanların 2000 hektarlık büyüklükler halinde parsellenmesinin amacı ise havza alanında tekel oluşabilme eğilimidir. Bu alanda rekabet oluşması havzada verimliliğin arttırılması için tek şart olarak görülmektedir. TTK'nın verimsizliğinin ve zarar etmesinin bir nedeni de havzada tekel olmasına bağlanmaktadır. Özel sektörün tekel oluşturma eğilimini önlemesi düşünülen çözüm yolu ise kısa vadede etkili olabilecekse de uzun vadede tekelleşmenin önlenemeyeceği açıktır. İstihdam yaratma gibi bir amacın ne anlama geldiği ise, günümüze kadar olan özel sektör deneyimlerinin değerlendirilmesi ile daha net ortaya çıkacaktır.

Madencilik sektöründe dünya ölçeğinde bir tekelleşme eğilimi vardır. Devlet tekelinden vaz geçme, bu alanda uluslararası tekellerin oluşmasına yol açmaktadır. 2001 yılında, dünya demir cevheri pazarının %67,3'ü, kalay pazarının %79,3'ü, bakır pazarının %74,6'sı ve altın pazarının %57,4'ü en büyük 10 şirket tarafından kontrol edilmektedir. Yine, platin ve molibden pazarının %90'ından fazlası toplam 10 şirketin elinde bulunmakta, nikel pazarının %51'i ve alüminyum pazarının ise %38'i söz konusu sektörlerde faaliyet gösteren ilk beş şirket tarafından denetlenmektedir. Öte yandan, kurşun üretiminin %58'i, çinko üretiminin ise yaklaşık %49'u en büyük 10 şirket tarafından yapılmaktadır. Şirket birleşmelerine harcanan paranın her geçen yıl giderek artması, madencilik dış ticaretinin artış hızı, artan özelleştirme uygulamaları ve yabancı şirketlerin ulusal pazarlara girişlerinin hızlanması, madencilik endüstrisinde konsolidasyon ve tekelleşme eğilimlerinin giderek artmaya devam edeceğine ilişkin ipuçlarını vermektedir (Tamzok)

---

[6] 14.04.2000 tarih ve 2000/525 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile TTK uhdesinden çıkarılan havza alanı 6465 km^2 dir. Ruhsatlandırılan alanın bu alandan 2156.11 km^2 daha büyük olduğu görülmektedir.

4.2 Rödövans ya da Özelleştirmenin Fransızcası (!)

1970'li yıllardan itibaren Zonguldak'ta "Kaçak" kömür çıkarma işlemleri yapılmaktadır. Kaçak kömür çıkarma işlemi, TTK'nın bıraktığı az miktarda ve ekonomik olmayan, mostraya (yeryüzüne) yakın damarların basit işlemlerle alınması şeklidir. Alınan tedbirlerle kaçak kömür çıkarma işlemi zaman zaman azalarak devam etmiş, sorun çözümsüz bir noktaya geldikten sonra, yapılan teknik incelemelerde bu sahalara yasal bir yapı kazandırmak istenmiştir. Kurum yetkilileri, 1988 yılından başlayarak TTK' ya ait bu sahaları rödövans sistemi ile üçüncü şahıslara vermeye başlamıştır. Bu uygulamadaki amaç kömür kaçakçılığının önlenmesi ve TTK tarafından işletilmesinin ekonomik olmadığı rezervlerin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir. Ancak KİT'lerin küçültülmesi, gerekli yatırımların yapılmaması ve işçilik maliyetleri gerekçesi ile rödövans sisteminin, ilk amacı aşılarak, TTK'nın yatırım ve alt yapı için trilyonlar harcanmış sahaları rödövans sözleşmesi ile üçünü şahıslara verilmeye başlanmıştır (http://www.maden.org.tr/e_bulten/sayi_goster.asp?sayi=57&yazi_sira_no=13).

Taşkömürü rezervlerinin tamamı kamu sektörüne ait olduğu halde son yıllarda rödövans uygulamaları ile üretimin yaklaşık %10'u özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir (DPT, 2001).

Rödövans latince "redius" gelir-irat kelimesinden günümüz Fransizcası'na "Redevance" şeklinde geçmiş bir kelimedir. Rödövansın Türkçe karşılığı aidat olarak açıklanmaktadır. Günümüz literatüründe rödövans, "maden ruhsat alanlarının, hukuki hak ve sorumlulukları kendisinde kalması koşuluyla hak sahibi tarafından sözleşme ile özel veya tüzel bir kişiye, bir süre tahsis edilmesi durumunda, maden ocağının işletilmesini üstlenen özel veya tüzel kişinin, esas ruhsat sahibine, ürettiği her bir ton maden için ödemeyi taahhüt ettiği meblağ" olarak açıklanmaktadır (Harmancı vd., 2003).

Havza dışında yaşayan birinin anlamakta zorlanacağı bir kelime olsa da havza insanı için Rödövans, Rödövansçı günlük dile yerleşmiş ve artık kanıksanmıştır. Rödövans'ın bir özelleştirme yöntemi olduğu çok açıktır. Özelleştirme literatüründe "Kiralama" olarak adlandırılan yöntem, rödövans ile birebir uyuşmaktadır. Bu kelime sanki özelleştirmenin maskelenmesini sağlamak için özellikle seçilmiş gibidir.

Kiralama; devlet işletmelerinin bir bütün halinde ya da bunlara ait mal ya da hizmet üretim birimlerinin ayrı ayrı özel sektöre belli bir süre belli bir kira karşılığında kullanımının bırakılmasıdır. Bu yöntem verimli çalışmayan, mali yapıları güçsüz olan işletmelerin ve üretim birimlerinin serbest piyasa koşullarında çalışır hale gelmeleri ve sonra tamamen özelleştirilmeleri için bir ön çalışma olarak kabul edilmektedir (Çetinkaya, 2001). Rödövansla TTK'ya ait mal ve hizmet üretim birimi olan taşkömürü ocakları ya da taşkömürü çıkarılabilecek alanların, ayrı ayrı özel sektöre (Rödövançılar olarak adlandırılıyorlar) -10 yıllığına, kapalı teklif usulü ihale ile seçiliyorlar- belli bir kira karşılığında kullanım hakkı bırakılmaktadır.

4.2.1 Rödövans Uygulamasının Hukuki Süreci

Anayasa'nın 168. maddesi, doğal kaynak ve servetlerin Devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğunu, bunların açılması işletilmesi hakkının Devlete ait olduğunu, Devletin bu hakkını belli bir süre gerçek ve tüzel kişilere devredebileceğini, hangi doğal kaynak ve servetin arama ve işletmesinin Devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılmasının yasanın açık iznine bağlı bulunduğunu, bu durumda geçek ve tüzel kişilerin uyması gereken koşullar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esasları ile yaptırımlarının yasada gösterileceğini kurala bağlamıştır.

Maden Yasasının 4. maddesinde madenlerin, Devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğu, 5. maddesinde, maden izinleri ve buluculuk hakkının devredilebileceği, devir işleminin maden siciline kaydedileceği ve bu işlemin kayıtla tamamlanacağını belirtmiştir. Bu yasal duruma göre maden işlerinin özel sözleşmelerle üçüncü kişilere devrine olanak yoktur. Ancak uygulamada izin sahipleri özel hukuk alanına giren kimi sözleşmelerle ve belirli bir bedel karşılığında maden çıkarma ve satış haklarını özel kişilere bırakmaktadır.

3213 sayılı Maden Kanunu'nun 5. maddesi ile hakların bölünmemesi ilkesinin kabul edilmiş olması rödövans uygulamalarının nedeni olmuştur. Maden Haklarının bölünmemesi ilkesine göre, madenlerde arama, ön işleme ve işletme ruhsatlarından hiç birisinin hisselere bölünmemesi, bu ruhsatların tek bir gerçek veya tüzel kişiye ait olması gerekmektedir. Maden haklarının bölünmemesi ilkesinin konuluş amacı, işletilmesinde kamusal yarar olan madenlerin rasyonel ve ekonomik olarak değerlendirilmesini sağlamaktır (Harmancı vd., 2003).

Ruhsat sahası içinde bir madenin bütün olarak işletilmesinin rasyonelliği ve ekonomikliği Maden Kanununda ilkeleştirilmişken rödövans yoluna gidilmesi iki gerekçe ile savunulmaktadır. Bunlardan birincisi, özellikle büyük alanlı ruhsat sahalarının çoğunda bir madenin tek bir damar halinde havza oluşturmadığı durumlarda, ruhsat sahası içinde aynı madenin devamı şeklinde de olsa işletmecilik olarak ayrı ayrı işletilmesi mümkün oluşumlar olması, ikincisi ise, birbirinden bağımsız iki farklı maden oluşumuna rastlamanın olanaklı olmasıdır. Ruhsat sahibinin çoğu zaman ruhsat alanının bir kısmında üretim faaliyetinde bulunurken, diğer kısmı atıl olarak bekletmesi veya işletme faaliyetlerini daha ekonomik yürütebileceği başka bir ruhsat sahasına yönlendirmesi sonucunda, sorumluluğundaki alanın tamamında yada bir kısmında faaliyetin durması yeni arayışların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ruhsat alanının yasal olarak birbirinden bağımsız şekilde bölünememesinin Kanuni engeli karşısında, rödövans uygulaması bir çözüm yolu olarak ortaya çıkmıştır.

Rödövans sözleşmesi ne Maden Kanunu'nda, ne de başka bir kanunda özel olarak düzenlenmemiştir. Bu sözleşmeye hukuki dayanak 3213 sayılı Maden Kanunu'nun 28 maddesinin gerekçesinden çıkarılmaktadır. Madenlerin işletmeye alınmasını düzenleyen bu maddenin **gerekçesinde** "...madenci kendisine maddi destek olabilecek bir ortak arayabileceği gibi, işletme iznini bir başkasına kiralayabilecek ve kanun karşısında teknik ve mali yönden tek sorumlunun ruhsat sahibi esası getirilmiş, ayrıca sahanın

işletilmeyen kısımları taksir edilerek (küçültülerek) başkalarınca değerlendirilmesi fikri benimsenmiştir" denilmektedir.

Görüldüğü gibi Kanunla yasaklanmış olan bir uygulama, aynı Kanunun gerekçesinin üstü kapalı ifadesinden uygulamaya geçirilmiştir.

Maden Kanunu'nun Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin 32. maddesinde de "Bu kanuna göre ruhsat sahibinin üçüncü şahıslarla yapacağı anlaşmalar Maden Dairesi'ni bağlamaz, Maden Kanunu'ndan doğan saha ile ilgili tüm hukuki sorumluluklar ruhsat sahibine aittir" hükmü bulunmaktadır. Yönetmelikteki ifadeler, hakların bölünmesini değil, izin verilmediği halde bölünen hakların sorumluluğundan kurtulmanın olanaklı olmadığını anlatmaktadır.

Hukuki dayanağı olmadığı halde rödövans uygulamalarının yaygınlaşması ve ruhsat sahibi ile üçüncü kişiler arasında çıkan anlaşmazlıkların sahalardaki işletmecilik faaliyetlerini aksatması yeni bir düzenlemeyi gerektirmiştir. 1990 yılında Maden Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin 32. maddesinin son fıkrası değiştirilerek, üçüncü kişi ve kuruluşların ruhsat sahipleri ile yapmış oldukları rödövans, kira, taşeron vb. sözleşmelere dayanılarak ruhsat sahasında faaliyette bulunabilmesi Maden Dairesinin iznine bağlanmış, ruhsat sahipleri sözleşmeleri bir ay içinde Maden Dairesi'ne bildirerek uygun görüş almak zorunda bırakılmıştır. Ayrıca ruhsat sahibi ile rödövansçı arasında doğan uyuşmazlıklarda; ruhsat alanındaki çalışmanın aksamaması, rezevlerin teknik yönden en iyi biçimde işletilmesinin sağlanabilmesi için, yapılacak inceleme sonucunda Bakanlıkça verilecek kararın geçerli olacağı hükme bağlanmış, Yönetmeliğe eklenen geçici 19. madde ile de; daha önce yapılan sözleşmelerin iki ay içinde Maden Dairesi'ne bildirileceği, bu süre içinde bildirilmeyen sözleşmelerden doğan uyuşmazlıklarda Bakanlıkça karar verilmeyeceği, her türlü hak ve yükümlülüğün ruhsat sahibine ait olduğu da belirtilmiştir.

Rödavansın hukuki yollarla ortaya çıkmadığı, fiili durumun zorunluluklar karşısında hukukileştirildiği görülmektedir.

Rödövans uygulamaları, 1935 yılında madenciliğin çeşitli dallarında faaliyet göstermek üzere kurulmuş olan Etibank'ta 1973 yılında başlamıştır. 1998'de de Etibank, alimimyum, antimuan, bakır, barit, bortuzu, cıva, diatomit, florit, fosfortuzu, kaolen, krom, kükürt, mermer, perlit sodyum, şap, trona, toryum, uranyum, wolfram, zeolit, zımpara madenlerine ait ruhsatlara sahip olan ve sermayesinde özel sektör sermayesi de bulunan ETİ HOLDİNG A.Ş'ye dönüştürülmüştür. 1996 yılında bu kurumda rödövans sahaları 58'e ulaşmıştır.

Türkiye Taşkömürü Kurumun (TKİ)'daki rödövans uygulamaları ise, 1984 yılında başlamıştır. Kurum 5-10 yıllığına rödövans sözleşmeleri yapmaktadır. TKİ'nin zarar eden işletmeleri kapatarak rödövans uygulamalarına açması rödövans uygulamalarının boyutunu büyütmüştür.

4.2.2 TTK'da Rödövans Uygulamaları Nasıl Başladı?

TTK Maden Kanununa tabii olmadığı için, bu kurumda rödövans uygulamaları daha farklı bir süreç izleyerek ortaya çıkmıştır.

Taşkömürü ve Taşkömürü ile Birlikte Üretilen Madenler için TTK, 08.12.1987 tarihinde bağlı bulunduğu Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına yazdığı yazı ile; Ana Statüsünün 4. maddesinin 2. bendinde "Taşkömürü üretiminin gerçekleştirilmesi için gerekli her türlü yer altı ve yerüstü sosyal ve sınai tesisleri kurmak, işletmek ve işlettirmek" olduğu vurgulanarak; işletme sahası içinde bulunan ancak kurum tarafından işletilmesi ekonomik olmayan taşkömürü rezervlerinin rödövans karşılığı, özel ve tüzel kişilere işlettirmek için görüş istemiştir.

Bakanlık 17.02.1988 tarihindeki yazısıyla bu konunun TTK Genel Müdürlüğünün yetki ve sorumluluğunda olduğunu belirtmiştir. Bu görüş üzerine 1988 yılından başlamak üzere TTK, Rödövans sözleşmeleri yapmaya başlamıştır. TTK'da hukuku TTK uhdesinde kalmak koşuluyla ekonomik olarak işletilmeyen sahaların ihaleleri sonucunda, yönetim kurulu kararlarıyla, 5-10 yıllığına rödövanslar verilmiştir.

Danıştay Birinci Daire E.1991/47 ve K.1991/63 sayılı kararına göre "havza sınırları içinde başka kişi ve kuruluşlara ruhsat verilmesi olanaksızdır....havza sınırları içinde taşkömürü madeni için başka kişi ve kuruluşlara verilen ruhsatların idarenin hatalı işlemlerini bir süre koşuluna bağlı olmaksızın her zaman geri alabileceği ilkesinin gereği olarak iptal(i gerekmektedir)". Danıştayın çok açık olarak dile getirdiği bu hukuki durum göz ardı edilmiş ve rödövans uygulaması 2002 yılına kadar sürmüştür.

Danıştay Birinci Dairesi 01.05.2002 tarih ve E.2002/37, K.2002/62 No'lu kararıyla da "Bakanlar Kurulu Kararıyla tespit edilen taşkömürü havzası sınırları içinde kalan alanda bulunan taşkömürünün Türkiye Taşkömürü Kurumunca, rödövans sözleşmesiyle işlettirilemeyeceği, akdedilmiş olan rödövans sözleşmelerinin feshi halinde tazminat hususunda çıkabilecek uyuşmazlıkların sözleşme hükümlerine göre çözümlenebileceği, kuruma, havzada bulunan taşkömürünün çıkarılması ve işletilmesi yönünde kendi özel mevzuat kurallarının uygulanması gerektiği" vurgulanmıştır. Bu durum üzerine yeni rödövans sözleşmesi yapılmamış ancak eski sözleşmeler de fesh edilmemiştir.

2002 yılı itibari ile kurumda 1'i 1996, 2'si 1997, 3'ü 1998 ve 12 tanesi de 2001 yılında sözleşmeleri yapılan taşkömürü üretimine ilişkin toplam 18 sahada rödövans uygulaması devam etmiştir.

Taşkömürü ve Taşkömürü ile Birlikte Üretilen Madenler Dışındaki Madenler için Rödövansa gidilip gidilemeyeceği konusunda TTK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından görüş istemiştir. Danıştay Birinci Dairesinin E.1991/47, K.1991/63sayılı kararıyla "havza sınırları içinde taşkömürü ve birlikte üretilenler dışındaki diğer madenlerin bir ruhsata bağlanmadan ve Maden Kanununa tabii olmadan ancak Ana Statüde yapılacak değişiklikle rödövans sözleşmesiyle işletilebileceği kararı çıkmıştır.

Yine Danıştay kararına göre; "3213 sayılı Maden Kanunun başvurulara esas aldığı 15.12.1985 günüyle havza sınırlarının kaldırıldığı 19.06.1986 gününe kadar ve havza

sınırlarının yeniden tespit edildiği 24.08.1989 gününden sonra taşkömürü ile birlikte üretilenler dışındaki diğer madenler için verilen ruhsatlar kazanılmış bir hak niteliği taşımayacağından, bu ruhsatların iptal edileceği, 19.06.1986 günüyle havza sınırlarının yeniden tesbit edildiği 24.08.1989 günü arasında verilen bu madenlere ilişkin ruhsatların geçerliliğini koruduğu" kabul edilmiştir.

TTK'nın ancak Ana Statüsünde yapacağı değişiklikle yeni rödövans sözleşmesine gidebileceği görüşü karşısında, TTK Ana Statüsünün "TTK'nın Amaç ve Faaliyet Konuları" başlıklı 4.maddesi Yüksek Planlama Kurulunun 12.03.2001 tarih ve 2001/T-4 sayılı Kararı ile değiştirilmiştir. Buna göre "taşkömürü rezevlerini en iyi şekilde değerlendirmek" olan kurumun amaç ve faaliyet konularına; "taşkömürü havzasındaki diğer maden rezevlerini ruhsata bağlamadan ve Maden Kanununa tabii olmadan en iyi şekilde değerlendirmek" ibaresi eklenmiştir.

Danıştay Birinci Dairesi 01.05.2002 tarih ve E.2002/37, K.2002/62 No'lu kararıyla "Kuruma...Maden Kanunu hükümlerinin uygulanması gerektiği" yolunda karar vermiştir. Danıştay'ın bu görüşü 1991 yılında verdiği kararla çelişkilidir. Ancak Danıştay'ın yeni kararı TTK tarafından uygulanmamıştır. TTK'da 31.10.2001 tarihinde boksit sahası için yapılan rödövans sözleşmesi varlığını sürdürmektedir.
Kurumun Ana Statüde Değişikliğe gitme çabaları aslında 1991 Danıştay Kararı sonrasından beri sürmektedir. Ancak karar on yıl sonra çıkarılabilmiştir. Maden Kanunun bahsedilen 8. maddesi gereği Havzada TTK dışında hiçbir kuruluşa arama, ön işletme veya işletme ruhsatı verilememesi, TTK'nın ise sadece taşkömürü ve taşkömürü ile birlikte üretimi ekonomik olan diğer madenlerle ilgili faaliyette bulunması, bu madenler dışında kalan madenleri sahipsiz bırakmıştır. Diğer madenlerin TTK tarafından işletilmesi veya İŞLETTİRİLMESİ için TTK, Ana statüsünün 4. maddesini değiştirme talebini 27. 09. 1991 tarih ve 7795/49229 sayılı yazısı ile o dönemde bağlı bulunduğu Devlet Bakanlığına bildirmiştir. 233 sayılı KHK'ya göre kurum amaç ve faaliyet konuları Yüksek Planlama Kurulu Kararı ile değiştirilebilmektedir. Bu nedenle Devlet Bakanlığı yazıyı Başbakanlık Devlet Planlama Müsteşarlığı Yüksek Planlama Kuruluna göndermiştir. Yüksek Planlama Kurulu 22.11.1995 tarih e 290-95-5166 sayılı yazılar ile görüşünü özetle şu şekilde bildirmiştir:

Bilinen taşkömürü madenleri esas olarak Zonguldak merkez ilçe ile İlin Ereğli ve Amasra ilçelerinde bulunmakla birlikte hukuki açıdan taşkömürü Havzası olarak tespit edilmiş alan Kastamonu il merkezi dahil olmak üzere çok sayıda ilçeyi içermektedir. Son olarak 89/14248 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile sınırları netleştirilen Taşkömürü Havzası, büyük bölümüyle taşkömürü varlığı söz konusu olmayan, 13.150 km^2 lik büyüklüğünde bir bölgeyi kapsamaktadır.

Belirlenen "Taşkömürü Havzası" 1985 yılında yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanunun uygulanması açısından istisnai bir bölge teşkil etmekte ve havzada, tek imtiyaz sahibi olan TTK dışında başka kişi ve kuruluşların maden arama ve üretimine ilişkin faaliyette bulunma imkanı bulunmamaktadır. Öte yandan TTK'nın gerek yasal ve gerekse mali nedenlerle taşkömürü dışındaki madenlerin değerlendirilmesine yönelik faaliyetinin bulunmaması nedeniyle, Havza fiilen madencilik faaliyetlerine kapalı bulunmaktadır.

Günümüz madencilik ve ekonomi politikaları, dikkate alındığında, böylesine büyük bir alanın tekelci bir yaklaşımla madencilik faaliyetlerine kapalı tutulması ekonomik bakımdan önemli sakıncalar taşımaktadır.

TTK Genel Müdürlüğü, ciddi finansman problemleri içinde bulunmakta ve asıl görev alandaki sorumluluklarını dahi yerine getirmekte zorluklar yaşamaktadır. Bu nedenle, mevcut sınırları içinde Havzadaki ikinci maden varlıklarının değerlendirilmesi görevinin kuruma verilmesi, bir yandan kurum sorunlarının ağırlaşmasına yol açacak, diğer taraftan Havzadaki maden varlığının etkin şekilde değerlendirilmesi açısından yararlı olmayacaktır.

Belirtilen nedenlerle 89/14248 sayılı BKK'nın iptal edilerek, Havza'nın 3213 sayılı Maden Kanunun uygulanması açısından sahip olduğu istisnai durum ortadan kaldırılmalıdır.

Söz konusu BKK'nın iptalinden sonra, mevcut taşkömürü sahaları için Maden Kanununa göre ruhsat düzenlenmeli, bunun dışında kalan alanlar maden aramalarına açılmalıdır.

Belirtilen düzenlemelerin yapılmasından sonra, Maden Kanunu'na göre ruhsat verilecek taşkömürü alanlarında diğer madenlerin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, Maden Kanunu hükümlerine göre yürütülebilecektir. Bu aşamada ihtiyaç duyulması halinde, Ana Statünün 4. maddesi konusu yeniden ele alınmalıdır.

Kendi sorumluluğu altında bulunan madenleri işletemediği, bu nedenle verimsizleştiği öne sürülen TTK'nın *diğer madenleri* işletemeyeceği düşüncesi 1995 YPK kararında belirtilmişken, neden 2001 yılında YPK bu düşüncesini değiştirmiştir? Üstelik Havza sınırları istenilen ölçüde olmasa da yarı yarıya düşürülmüşken.

Bunun nedeni elbette ki değişikliğin "ruhsata ve maden kanununa bağlı olmama" ibaresinde gizlidir. Bunun açık anlamı RÖDÖVANSTIR. Henüz yasal olmasa da, uygulama alanında rödövans bir gerçekliktir. Ayrıca 3213 sayılı Maden Kanununa göre açığa çıkan alanlardaki parsellerin ruhsat ihaleleri yeteri kadar ilgi görememektedir. 3213 sayılı Kanun değiştirilmeden Havzada özel sektör cazip imkanlar bulamamaktadır.

4.3 Maden Kanunu Tasarıları

1985 ve 1995 yılları arasında, 90'ın üzerinde ülkede yeni maden kanunlarının ya da mevcut maden kanunlarında değişikliklerin gündeme gelmiş olması dikkat çekmektedir. Söz konusu değişiklikler ile özellikle yabancı sermayenin maden kaynaklarına erişimi kolaylaştırılmış, aramadan işletmeye otomatik geçiş dahil çeşitli garantiler ve vergi muafiyetleri sağlanmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yerli özel madencilik şirketleri, yasal düzenlemeler ile pazara girişleri kolaylaştırılan uluslararası tekellerin rekabeti karşısında tutunamamış, genellikle söz konusu tekellerin içerisinde erimek durumunda kalmışlardır. Kamu madencilik kuruluşları ise büyük oranda tasfiye olmuş, ulusal madencilik üretimlerinde büyük gerilemeler yaşanmıştır (Tamzok). 2002 ve 2003 yılları Türkiye'de de benzer yasa tasarıları gündeme gelmiştir.

Türkiye'de ise Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü'nün 06.05.2002'de Meclise gönderdiği, **"Maden Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun Tasarısı"** 2002 yılında gerekli komisyonlardan geçerek Genel Kurula sunulma aşamasına kadar gelmiş ancak yasalaşamamıştır. Bu tasarıda 3213 sayılı Maden Kanunu'nun, hakların bölünmemesine ilişkin 5 maddesi ve işletme izninin devir edilemeyeceğine ilişkin 27. maddesi değiştirilerek rödövans uygulamalarına hukuki zemin oluşturulmaya çalışılmıştır. Tasarı'nın 16 ve 28. maddeleri de Havza-i Fahmiye ile sınırları belirlenen kömür havzasını TTK dışında kullanıma açarak; kömür dışındaki madenlerin işletme yetkisini, kurum kontrolü dışında, başkalarına verme amacı taşımıştır.

Birinci tasarının yasalaşmaması karşısında 2003 yılı içinde aynı adı taşıyan ikinci bir tasarı daha hazırlanmıştır. Bu tasarı meclis sanayi ve plan bütçe alt komisyonlarından geçmiştir. Tasarının 1. maddesi ile Ereğli Kömür Havzası içindeki taşkömürü üretimi Maden Kanunu kapsamına alınarak, petrol, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan doğal kaynakların aranması ve işletilmesinin Maden Kanunu çatısı altında toplanması amaçlanmaktadır. Böylece birinci tasarıda öngörülmeyen taşkömürünün de TTK uhdesinden çıkarılması amaçlanmıştır.

Bu tasarı ayrıca, ruhsat alındıktan sonra madeni işletmek için gerekli izinlerin bir kerede alınması ve yatırımcının tek bir kamu kurumu ile muhatap kılınması, varlığı ispat edilebilen alanlara işletme ruhsatı verilerek, geniş alanların madenciliğe açık hale getirilmesi, madenciliğin denetlenmesi için yeni bir hesap düzeni oluşturulması gibi yenilikler de öngörülmektedir. Tasarı yasalaşırsa taşkömürü madenciliğinin yeni bir boyut kazanacağı ortadadır.

4.4 Rödövansçılar ve Taşeronları

Zonguldak'ta zaman zaman büyük facialara neden olan kaçak kömür ocaklarının ormandan açılmış alanlardaki gecekonduların altlarında, samanlıklarda, ahırlarda rastlanabilmektedir.

1998 yılında Rödövanslı sahalarda meydana gelen kazaların nedenini araştırmak için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca bir ekip görevlendirilmiştir. Bu ekip tarafından 1999 yılında hazırlanan raporda, Havzada kaçak kömür üretimi yapıldığı, bu üretimlerin gerekli güvenlik tedbirleri alınmadan yürütüldüğü ortaya konulmuştur.

Rödövans uygulamasının nedenlerinden biri, bölgede kaçak kömür üretiminin engellenmesini sağlamak olarak açıklanmıştır. Ancak 10 yıllık rödövans deneyiminde kaçak kömür üretimi artarak devam etmiştir. Rödövans sözleşmelerine dayalı kömür üretimi yeterince denetlenmediği için kaçak kömür üretimi yeni bir görünüm kazanarak devam etmiştir.

Raporda da sözü edilen bu yeni görünüm: rödavansçıların taşeron çalıştırmasıdır. Eskinin kaçakçıları günümüzde taşeron adı altında faaliyet göstermektedir. Taşeronlar hakkında TTK ve diğer kamu kuruluşlarında tam ve düzenli bilgi ve kayıt verilmemekte, bu nedenle tüm kaçak kömür üreticileri kendilerini taşeron olarak tanıtmakta ve kamu kurumlarını yanıltmaktadır.

Yine Rapora göre "TTK ve diğer kamu kuruluşlarının kaçak kömür üretimi ile müstakilen yaptıkları mücadeleler etkin olmamaktadır. Kamu personeli çeşitli olaylar ve baskılardan **taciz edilmiş ve yılgınlığa düşürülmüştür."** Böyle bir tespit, havzada meydana gelen mafya tarzı ilişkiler karşısında devletin konumunu açık olarak göstermektedir. Rödövansçılar, taşeronlar ve kaçakçılar arasında çatışma düzeyine varan anlaşmazlıklar ortaya çıkabilmekte, kaçak üretim yapanlar kamu görevlilerini taciz edebilmektedir.

Genel Maden İşçileri Sendikasından alınan verilere göre özel sektör ve taşeronları günümüzde 5.000 maden işçisi çalıştırmaktadır. TTK'dan alınan bilgilere göre ise 15 Rödövansçı şirketin 1998 yılında 21 taşeron şirketi bulunmaktadır. Tuncer ise bu taşeron şirketlerin sayısının 1997 yılında 200'ü aştığını belirtmektedir. Bu şirketlerin çoğu madencilik ile doğrudan ilgisi bulunmayan temizlik, turizm, gıda, nakliyat, inşaat, pazarlama ve benzeri alanlarda faaliyet göstermektedir. Gerçek anlamda madencilik yapanların sayısı ise 8-10'u geçmemektedir. En iyimser rakamla 500'e yakın sayıda ocaktan da kömür çıkarılmaktadır (Tuncer, 1998).

TTK rödövans sahalarındaki madencilikle ilgili her türlü sorumluluğu rödövansçılara yüklemiştir. Bu sahalardaki TTK'nın denetimi sadece faaliyet raporlarının ve üretimin kontrolü biçimindedir. TTK kaçak üretimle ilgili rödövansçıların ihbarı olması durumunda kaçak ocakları imha etmekte ama kendisi ayrıca bir kontrolde bulunmamaktadır. Rödövans sahaları dışındaki kaçak kömür üretimi ise yetersiz denetim nedeniyle devam etmektedir.

Rödövansçılar kendi sahalarında kaçak kömür üretenleri TTK'ya ihbar etmemektedir. Bu durumun çeşitli nedenleri vardır. Ancak kaçak kömür üreticilerinin çıkardıkları kömürleri satabilmek için rödövansçılardan ücret karşılığı sevk ve kantar fişi almaları ya da bu şekilde üretilen kömürün rödövansçı tarafından satın alınması en güçlü nedenler arasında sayılabilir. Rödövans işletmecilerinin büyük bir bölümü üretim faaliyetlerini taşeronlar aracılığıyla yürütmekte, ayrıca kaçakçıların ürettiği kömüre irsaliye keserek kaçakçılığı yasallaştırmaktadırlar. Kömür kaçakçılarına kesilen irsaliye bedeli kuruma ödenen rödövans bedelinin iki katıdır (http://www.maden.org.tr/e_bulten/sayi_goster.asp?sayi=57&yazi_sira_no=13).

TTK rödövans yoluyla sahaları özel sektöre devrederken, kendisinin ve rödövansçının sorumluluklarını belirlemektedir. Buna göre; TTK, rödövansçının saha sınır, koordinat ve uygulama projesine uyulup uyulmadığını denetlemektedir. Rödövansçılar ise, TEK ve belediyeler ile ilgili (çevre, yerleşim birimleri, orman işletmesi gibi konularda) sorunları çözmekle görevlidir. Rödövansçı ayrıca fenni maden mühendisi de bulundurmak zorundadır ancak bu nezaretçinin seçimini kendisi yapmaktadır.

Uygulamada, Rödövansçı TTK'dan sahayı kiraladıktan sonra gerekirse taşerona vermekte ya da kendi sahası içinde kalan başka ocakların açılmasına göz yummaktadır. Fenni maden mühendisi ise genelde TTK'dan emekli olanlar arasından seçilmektedir. Gerekli araç gereç (lamba, mortopikör, lağum makinası, burgu, çoğu zaman ağaç direkler, bağ demirleri, kompresör motorları, istim boruları, istim hortumları, ray demirleri, sac oluklar, topluk arabalar vs.) TTK'nın atıl, hurdaya çıkmış araç gereçleri arasından satın alınmaktadır. Maden ocaklarında kullanılan ağaç malzemeler genelde

sahanın çevresindeki ormanlardan elde edilmektedir. Bu malzemeler dışardan alınacaksa ucuz ama dayanıklı olmayan okaliptüs ağacı tercih edilmektedir. Bazen de TTK'nın terk ettiği ocaklardaki eski ağaç bağlar sökülerek yeniden kullanılmaktadır. Rödövansçı ya da taşeronlar işçileri, özellikle emekli maden işçileri arasından seçmektedir. Çalışanların hemen hiçbirinin sigortaları yoktur. Sigortalı görünenler fiilen üretim içinde olmayan, çoğu zaman sahanın korumalığını yapan puantör, nezaretçi, odacı, güvenlik görevlisi gibi genelde yakın akraba ve hemşehrilerden seçilen çalışanlardır. Taşeronlar 15 yaşın altında çocuk işçiler de çalıştırabilmektedir. İşçi ücretleri bazen kışlık kömür şeklinde ayni olarak ödenebilmektedir. Bu işçilerin sendikal örgütlenmesi yoktur. Çalışma saatleri sınırlandırılmamıştır. İşçiler işgüvenliğine yönelik hiçbir önlemin alınmadığı koşullarda, baretleri bile olmadan çalışmaktadır.

TTK'nın terk ettiği alanlarda bulunan eski bina ve ambarlar, yatakhane, yemekhane yada banyo olarak kullanılmaktadır. TTK binalarına uzak yerlerde çalışan şirket sahipleri ise buralara derme çatma tuğla ve briketten gecekondu tipinde barınaklar yapmaktadır.

Ocaklarda havalandırma ayrı bir yatırım gerektirdiğinden rödövansçılar fazla uzun galeri sürmemektedir. Yine malzeme yetersizliği nedeniyle domuzdamları kurmak yerine topuk bırakılarak kömür çıkarılmaktadır. Domuzdamları, ocaklarda tavanın çökmesini önleyen desteklerle yapılmaktadır. Topuk yönteminde ise, bir sıra kömür alınıp diğer sıra kömür tavanının çökmemesi için dayanak olarak bırakılmaktadır. Bu yöntemle kömürün tamamı alınamadığı gibi, zamanla tavan çökmektedir. Çökme sonucu taş ve toprakla karışan kömürün bir daha işlenebilmesi olanaklı olmamaktadır. Bu yöntemle fazla ilerleme de yapılamamaktadır. Eğer daha önceden topuk yöntemiyle işlenmiş ve çökmüş olan bir ocak yeniden işlenirse, su patlaması tehlikesi olasıdır. Geçmişte Havzada Fransızlar da bu yöntemi kullanmışlardır. Kumpanyalar döneminde Kilimli'de topuk yöntemiyle çalışılan bir damarın, Rödövansçı bir şirket tarafından 1997 yılında yeniden işlenmesi sırasında oluşan su patlaması sonucu 2 işçi hayatını kaybetmiştir. Eskiden çalışılmış damarlarda üretim yapılırken, topoğraf haritası kullanılması ya da klavuzla çalışılması gerekmektedir. Ancak rödövansçı şirket ya da taşeronlar bu tarz ayrıntılara dikkat etmeyebilmektedir.

Bölge kömürlerinin kimyasal yapısı nedeniyle yanma ve patlamaya hazır oluşu çalışma şartları ile ilgili önlemlerin sıkı denetimini gerektirmektedir. İşgüvenliği ve işçisağlığı açısından TTK'nın üretim yaptığı **birimlerde** gerekli önlemler alınmakta, işyerleri hem kendi İşgüvenliği Daire Başkanlığı hem de Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca düzenli olarak incelenmektedir. Rödövans sahalarında ise işgüvenliği ve işçisağlığı açısından, sorumluluk yapılan rödövans anlaşmaları ile rödövansçıya bırakılmıştır. Rödövansçı hem kendi faaliyetlerinden hem de taşeronlarının faaliyetlerinden sorumludur. Sahadaki fenni nezaretçiler sahadaki tüm faaliyetlerin işgüvenliği ilkeleri çerçevesinde yürütülmesi ile yükümlüdür. Bu sahalarda TTK'nın proje bazındaki denetimleri yapılmaktadır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı iş müfettişlerince yılda bir defa denetim yapılmaktadır. Gerektiğinde denetim sayısı artırılabilmektedir.

Havza'da arazinin geniş, engebeli ve ormanlık oluşu da kaçak kömür üretiminin denetimini güçleştiren nedenler arasındadır. Bu alanda görevlendirecek teknik eleman

ve güvenlik görevlisi sayısı yetersiz kalmaktadır. Kaçak kömür ocağı açılması sırasında yol yapılması gibi orman arazisine yönelik faaliyetleri denetlemesi gereken Orman Bölge Müdürlüğü de gereken denetimleri yapmamaktadır. Ayrıca ormandaki ocaklar kamuflajlar yapılarak gizlenmektedir.

TTK sahalarında 1989'dan bu yana üretim yapılan özel kömür ocaklarında elektrik çarpması, vagon ve vinç halatının sıkıştırması, göçük ve grizu (metan gazı) patlaması şeklindeki kazalar, 1989-2002 yılları arasında 46 kişinin ölümüne, 45 kişinin de yaralanmasına yol açmıştır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Zonguldak Bölge Müdürlüğü yetkilileri, özel kömür ocağında meydana gelen kazalardaki ölü ve yaralı sayısının kesin olarak bilinmediğini söylemişlerdir ("10 Yılda 46....",2002).

1997-2001 yılları arasında özel kömür işletmelerine çalışma koşullarının elverişsiz olması nedeniyle 108 milyar 706 milyon 10 bin lira para cezası uygulanmıştır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na bağlı iş müfettişlerinin kentteki özel kömür işletmelerindeki denetimlerinde, söz konusu işyerlerinin büyük bölümünde çalışma koşullarının kötü olduğu saptanmıştır.

Kaçak üretim faaliyetlerinin, işgüvenliği yönüyle herhangi bir denetimi ise söz konusu değildir. Bu tür faaliyetler az işçi ile kötü şartlarda yürütülmektedir. Bu nedenle buralarda iş kazalarının görülmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu alanlarda antigrizu özelliği olmayan cihazlar kullanılmamakta, tahkimat ve havalandırma güvenli bir şekilde yapılmamaktadır.

Havzadaki rödövansçı kaçakçı işbirliği sonucu, kül oranı % 75 olan 2 bin ton **"taş ve çamur postası"**nı, günde toplam 8 milyar karşılığında, **"tuvönan"** diye TTK'ya satılmaktadır. Ayrıca, kömürü ocaklardan lavvara taşıtmak için kurum her gün yaklaşık 2 milyar harcamaktadır. Bu çeşit **"taşeron"**luğun kuruma ve işçiye verdiği bir diğer zarar; TTK'nın, örneğin Üzülmez Müessesesi'nde üretilen tuvönanın kül oranı % 58'dir; ama, rödövansçıların kömürüyle karıştırılınca, oran % 65'e çıkmaktadır. Böylece yıkama sonucunda elde edilen toplam kömür miktarı azalmakta ve Üzülmez işçisi de, gönderdiği kaliteli kömürün asıl karşılığını alamamaktadır. Elektrik santralına gönderilecek kömürün de ortalama külü %65'ten daha düşük olması gerekmektedir. Böyle olunca da demir-çeliğe gidecek kömürün bir kısmını küllü kömürle karıştırmak zorunluluğu doğmaktadır. Bunun anlamı, Demir-çeliğe 67 $'a satılabilecek kömürün bir bölümünün 28-29 $'a elektrik santralına gönderilmesidir (Soysal, 1997).

Zonguldak'ta hemen hemen tüm bölge hazine arazisidir. Bu arazileri ıslah ederek meyvalık haline getirenlere veya buralara konut yapanlara hazine kullanma hakkı vermektedir. Bazen tapulara, maden arama ve işletme faaliyetlerine müdahale edilemeyeceği ve bu faaliyetlerden doğacak zararlar karşılığında zararların tazmininin istenemeyeceği yönünde kayıtlar da konulmaktadır.

Konutların altına doğru sürülen damarların, evlerin çökmesine neden olduğu durumlarda, bu kayıtlar nedeniyle konut sahibinin hiçbir güvencesi kalmamaktadır. Rödövansçı ve taşeronların da aynı güvenceden yararlanması, yöre halkı için tehlike oluşturmaktadır. Bir evin ya da mahallenin altı oyulduğu için çökmesi durumu,

"tasman" olarak adlandırılmaktadır. Tasmanzede olanlara bazen şirket sahibi tarafından belli bir miktar ödeme yapılmaktadır.

4.5 TTK'da Yabancı Yatırımlar

Son yıllarda taşkömürü sektörüne yapılan yabancı yatırımlardan birkaç örnek incelendiğinde, bu yatırımların çok yakın zamanda uluslar arası pazarlara açılacak olan bir sektöre altyapı yatırımları şeklinde olduğu gözlenmektedir.

TTK ile Japon Teknik İşbirliği Ajansı (JICA) arasında Zonguldak maden ocaklarında yürütülen "işgüvenliği geliştirme projesi" için 2 milyon 550 bin Dolar harcama yapılmıştır. Toplam harcama tutarının 12 milyon Dolar olması beklenmektedir. Proje kapsamında bilgisayarlı vardiye konrtolü, havalandırma sistemi, yer altı haberleşme sistemi, kişisel gaz maskelerinin kontrolü ile gaz ölçüm cihazlarının teknolojik iyileştirmeleri yapılmıştır. Proje, iş kazalarının azaltılması, verimliliğin artırılması ve ileri iş güvenliği teknolojisi transferini amaçlamıştır. Ayrıca TTK'daki teknik elemanlar Japonya'da eğitimden geçirilmektedir (http://www.byegm.gov.tr/ YAYINLARIMIZ/ANADOLUYAHABERLER/ANA3.HTM).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Hilmi Güler'in yaptığı bir açıklama ise; "Şu anda uydu ile Japonlarla ortak bir çalışma yaparak, bu bölge maden bakımından aranıyor...Bakanlık olarak, yerel kaynaklara büyük önem veriyoruz. Bu bölgeye bir an önce doğalgazı getireceğiz. Ayrıca, Akçakoca açıklarında doğalgaz rezervleri olduğunu biliyoruz, buraya da özel bir önem vereceğiz. Bir yandan Doğu Karadeniz'de petrol ararken, bu bölgede de denizden doğalgaz aramalarına ağırlık vereceğiz. Kaynağı bulduğumuz takdirde de dışa bağımlılığımız azalacak, bölgemizde kalkınma unsuru olacak. Çünkü, doğalgaz sadece bir yakıt değil, aynı zamanda hammadde. Şu anda uydu ile Japonlarla ortak bir çalışma yaparak, bu bölge maden bakımından aranıyor" ("Japonlarla Birlikte...", 2003) şeklindedir. Bakanın bu konuşmasından ülkemizde taşkömürü üretimininden vaz geçileceği anlaşılmaktadır. Taşkömürü Havzasına doğal gaz getirmenin tek yolu doğalgaz ithalatıdır. Ülkemizde var olan taşkömürüne yatırım yapmak yerine Japon Şirketlerine doğal gaz arattırılması ise bir dışa bağımlılığı azaltma unsuru değil, maden arama işinin özelleştirilmesidir.

Oysa aynı bakan bu açıklamasından bir ay önce; "Türkiye'nin doğalgaz bağlantıları nedeniyle büyük ölçüde Rusya'ya bağımlı hale geldiğini düşünüyor. Yapılan anlaşmaların da Türkiye açısından düşündürücü olduğunu vurguluyor. Doğalgaz anlaşmalarının Türkiye'ye gaz alsa da almasa da, tüketse de tüketmese de belirli bir miktar gazın parasını ödeme taahhüdünde bulunduğuna dikkat çekiyor. Bu yönteme "al veya öde" adı verildiğini, gazı almasa da bu parayı ödemek zorunda olduğunu belirtiyor." ("Güler: Maalesef...", 2003) olmasına rağmen.

Japonya'nın, gerek enerji sektöründe gerekse demir çelik sektöründe kullanılan hammaddeler bakımından tamamen dışarıya bağımlı bir ülke olmasına rağmen, bu alandan çekilmemesi ve Türkiye'ye teknoloji getirebilecek kapasiteye sahip olması dikkat çekmektedir (Arıoğlu, 1993). Türkiye'nin 150 yıllık taşkömürü madenciliğinde teknoloji geliştirme çabası içinde olmadığı görülmektedir.

Dünya koklaşabilir taşkömürü pazarının büyüme hızı demir-çelik sektörünün büyüme hızına bağlı olarak değişmektedir. Bu süreçte ağır sanayiinin gelişmekte olan ülkelere taşınması, bu ülkelerdeki ve Asya ülkelerindeki kömür pazarının Avrupa' dan daha canlı olmasına neden olmuştur.

Türkiye'de kapatılması istenen TTK'ya, Japonların ilgi duyması sebepsiz değildir. Havza, tamamen özelleştirilirse gelecekte Japon Şirketlerinin buralara girmesi kaçınılmaz görünmektedir. Büyük olasılıkla bu Şirketler Havza'da doğrudan üretim yapma ve taşkömürü kaynaklarını Japonya da kullanma gibi maliyetli yolları benimsemek yerine, gereksinim duyduğu sanayi mallarını en ucuza ürettiği yerlerde üretecek, pahalı teknolojisini Türkiye'ye ihraç edecektir.

Dünya madencilik endüstrisinde şirketlerin birleşmeler şeklinde büyümeleri ve toplam üretim ve pazarlamadan daha fazla pay almaları, çokuluslu şirketler için, ulus devletler üzerinde daha fazla güç kullanabilme anlamına gelmektedir. Bu güç, madencilik sektörlerinde, gerek mülkiyet ve yönetim değişikliklerini sağlamaya, gerekse çok uluslu şirketlerin pazara girişinin önündeki engellerin kaldırılmasına yönelik olarak, ilgili ülke yasalarının değiştirilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Uluslararası kuruluşların da önemli bir rol oynadıkları bu sürecin, özellikle eski Doğu Bloku, Latin Amerika ve Güney Doğu Asya ülkelerinde hızla yürütülmekte olduğu gözlemlenmektedir (Tamzok). Petrol rezevlerinin 40-50 yıl sonra tükeneceğini hesaplayan büyük petrol şirketlerinin kömüre yatırım yapmaları gelecekte bu alanlarda yaşanacak savaşların göstergesidir.

Avrupa Birliği'nden sağlanan 4.2 milyon dolar hibe krediyle, İngiliz International Mining Consultans Limited (Uluslararası Maden Danışmanlığı) tarafından TTK'ya bir eğitim ocağı yapılmıştır ("TTK'ya İngiliz...", 1998). Bu örnekte görüldüğü gibi havzaya gelen yabancı kaynak, yine yabancı şirketlere aktarılmaktadır.

4.6 Kamu Sermayeli Şirket

Hazine Müsteşarlığı tarafından hazırlanan Kamu Sermayeli Şirketler Hakkında Kanunu Taslağı ile KİT'lerin Kamu Sermayeli Şirketler olarak yeniden örgütlendirilmesi gündemdedir (Övgün). Bu taslak kapsamında olan kurumlardan birisi olan TTK için böylece son nokta konulmaktadır. Taslak ile, TTK bir Anonim Şirkete dönüşecek, performans kriterleri ölçütüne göre çalışacak, ilgili Bakanlığın kurum üzerindeki etkisi azaltılacaktır. Böylelikle tamamıyla özelleştirilebilecek konuma gelen kurum, özelleştirilemezse de piyasa koşullarına uygun olarak, tıpkı bir özel şirket gibi, piyasadaki diğer şirketlerle eşit rekabet koşulları içinde çalışacaktır. Bu taslak kurum personelinin de özel şirket kuruluşlarındaki statüye göre istihdam edilmesini de kabul etmektedir ("KİT'ler Baştan.....", 2003).

11 Şubat 2004 tarihinde Milliyet Gazetesinde yayınlanan habere göre Erdemir, daha şimdiden TTK'dan Armutçuk kömür ocaklarını istemektedir. Erdemir Yönetim Kurulu Başkanı Recai Berber, "İlk olarak bize en yakın Armutçuk kömür ocakları ile ilgileniyoruz. Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun (TTK) kömür ocaklarının devir işlemleri için gerekli yasal düzenlemelerin birkaç ay içinde Meclis'ten geçmesini bekliyoruz"("ERDEMİR'in Gözü.....", 2004) demektedir.

5. SONUÇ

Hem TTK'da hem de Taşkömürü sektöründe 1980 sonrası geliştirilen bütün uygulamalar birlikte değerlendirildiğinde Özelleştirme, Serbestleştirme, Piyasalaştırma ve Esnekleştirme sürecinin artık son noktalarına geldiği görülmektedir. Bu aşamadan sonra yapılacak özelleştirmelerin verim artışına, kâr artışına yol açacağı beklentisi ise gerçekçi değildir. Eğer bir kazanç olacaksa, bu doğrudan uluslararası sermayeye aktarılacak, Türkiye'de taşeron konumunda bulunan birkaç özel sektör şirketi de bundan kazanç sağlayacaktır.

TTK'nın bir bütün olarak özelleştirilmesi yerine kapatılması, taşkömüründe arama, işletme, pazarlama faaliyetlerinin tamamen özel sektöre devredilmesi yönündeki eğilim günümüzde ağır basmaktadır. Bu gerçekleşirse, devlet kamu açıklarını kapatmak için buradan kazanç sağlayamayacaktır. Ortaya çıkabilecek en önemli sonuç, Havzada kömür üretiminin yabancı sermaye elinde olduğu Osmanlı döneminden çok farklı olmayacaktır.

6. KAYNAKLAR

Arıoğlu, E. (1993). Zirvede'ki Japonya'da taşkömürü madenciliği. *Cumhuriyet Gazetesi* 10. 08.1993.

Arıoğlu, E. (1996). Zonguldak Kömür Havzasının kapatılması büyük yanlış olur. *Dünya Ekonomi Gazetesi* 15 Mart 1996.

Arıoğlu, E. (2002). Türkiye'de linyit madenciliğinin değerlendirilmesi. *Tunçbilek Belediyesi II Linyit Festivali*, Garp Linyitleri İşletmesi Yayını, Tunçbilek.

Arıoğlu, E., Yılmaz, A.O. (2002). Dünyada taşkömürü madenciliğine genel bakış ve Zonguldak Taşkömürü Havzası'nın değerlendirilmesi. *Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, MMO Zonguldak.s. 425-451.

Çetinkaya, Ö. (2001). *Türkiye'de Devlet İşletmeciliği ve Özelleştirme*, Etkin Kitabevi, Bursa.

DİSK/GENEL-İŞ ve KİGEM (1998), Yerelleştirme Özelleştirme Yabancılaştırma, Ankara.

DPT (1997). Zonguldak-Bartın-Karabük Bölgesel Gelişme Projesi Cilt I TTK ve KARDEMİR Raporu, Ankara.

DPT (2001). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Enerji Hammaddeler Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu,* Ankara.

Güler, B.A. (2003). *İkinci Dalga Siyasal ve Yönetsel Liberalizasyon*, Yol-İş Sendikası Yayınları Ankara.

Güler, B.A. (1996). *Yeni Sağ ve Devletin Değişimi,* TODAİE Ankara.

Harmancı, M., Öktem H.,Gülcan, Ü. (2003). *Eti Holding A.Ş., Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu ve Türkiye Taşkömürü Kurumunda Rödövans Uygulamaları,* YDK Ocak.

http://www.bsrec.bg/turkey

http://www.byegm.gov.tr/YAYINLARIMIZ/ANADOLUYAHABERLER/ANA3.HTM

http://www.geocities.com/zamver10/taskomuru_ttk.htm

http://www.maden.org.tr/e_bulten/sayi_goster.asp?sayi=57&yazi_sira_no=13

http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/avrupabirligivemadenciligimiz.htm

http://www.netzonguldak.com

http://netzonguldak.sitemynet.com/arastirmasanayiturizm.htm

http://www.tedas.gov.tr/75yil.htm

http://www.taskomuru.gov.tr

http://www.gazeten.com/archiv/ekonomi0000004653.html

http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/taskomururaporu.htm

ODTÜ (2002) Kentsel Politika Planlaması ve Yerel Yönetimleri *ABD 2000 Yılı Stüdyo Çalışması*, (Der. Melih Ersoy ve H. Tarık Şengül, Ankara.

Oral, T. (2004) Taşkömürü gerçeği ve Türkiye. *http://www.turkis.org.tr/taskomuru.doc*

Övgün, B. (2004) KİT'lerden Kamu Sermayeli Şirketlere. *www.kamuyonetimi.org.tr*

Soysal, M. (1997). Kül yutturulan Zonguldak. *Hürriyet Gazetesi,* 5 Aralık 1997.

Soysal, M. (1998). Kurtarıcı özerklik. *Hürriyet Gazetesi,* 18 Temmuz 1998.

Tamzok, N. (2004). Küresel politikalar ve Türkiye madencilik sektörü. *http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/kureselpolitikalar.htm#_ftn1*

TMMOB-MMO (2003a), TKİ kurumunda bazı bölge müdürlüklerinin kapatılması ve rödövans uygulamaları" *Madencilik Bülteni* S.65 Mart.

TMMOB-MMO(2003b), Maden taşımacılığında demiryolu-karayolu karşılaştırması. *Madencilik Bülteni*, S.65, Mart.

TTK (1995) *Türkiye Taşkömürü Kurumu İnceleme Kurulu Raporu*, Ankara.

TTK (2002) *Faaliyet Raporu*, Zonguldak.

TTK (2003) *2004 Yılı Yatırım ve Finansman Toplantısı Sunuş Konuşması*, Zonguldak, Eylül.

Tuncer, K. (1998). *Tarihten Günümüze Zongudakta İşçi Sınıfının Durumu*, Göçebe Yayınları, İstanbul.

Yıldız, N. (2003) Madenciliğimize bakış. *http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/ kitaplar/ Madenciligimizebakis2003/madenciligimizebakis2003.htm*

Yıldız , N. (2004) Taşkömürü raporu. *http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar /raporlar/taskomururaporu.htm*

Yorulmaz, Ş. (1998) Türkiye'de kömürün keşfi ve kömür işletme imtiyazları. *Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı* TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi, Bartın Amasra. s.282-297.

---------- (1998). TTK'ya İngiliz eğitim ocağı *Hürriyet Gazetesi* 26.02.1998.

---------- (2001) Kardemir AŞ zor durumda; işçilere satmak mı? işçileri satmak mı?. *http://www.soldergisi.com* S.156, 26 Ekim 2001.

---------- (2002) 10 yılda 46 maden işçisi öldü *Hürriyet Gazetesi*, 05.09.2002.

---------- (2003) Güler: maalesef bağımlıyız *Milliyet Gazetesi* 25.06.2003.

---------- (2003) Japonlarla birlikte uydudan maden arıyoruz.. *Milliyet Gazetesi*, 25.07.

---------- (2003) KİT'ler baştan ayağa yenileniyor.. *Milliyet Gazetesi*, 09.05.2003

---------- (2004) Kozlu'da yeni kömür kuyusunu Çinliler açıyor. *http://www.byegm.gov.tr/yayinlarimiz/ANADOLUNUNSESI/192/AND18.htm*

---------- (2004) Merkez lauvarı kapatılacak *http://netzonguldak.sitemynet.com/ haberler/haber120.htm*

---------- (2004) TTK'da kömür taşımacılığı özelleşiyor *http://netzonguldak.sitemynet.com/haberler/haber121.htm*

Türkiye 14, Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Turkey
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-041,2004, Zonguldak, Turkey

KÜRESEL POLİTİKALAR VE TÜRKİYE MADENCİLİK SEKTÖRÜ*

GLOBAL POLICIES AND MINING INDUSTRY IN TURKEY

Nejat TAMZOK, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara*

ÖZET

1980'li yıllardan itibaren, "ekonomi yönetiminde kamusal mekanizmaların yerine piyasa mekanizmalarının konulması gerektiği, verimlilik ve refahın bu yolla sağlanacağı" şeklindeki politikaların Türkiye madencilik sektörüne yansımaları, özellikle 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Bu süreçte, madencilik sektöründe öne çıkan söylem "kamu kuruluşlarının özelleştirilmesi" olmuştur. Türkiye madencilik sektöründe mülkiyet ve yönetim değişikliklerini gerçekleştirmeye yönelik olarak çeşitli kamu kurumlarında sektörel bölünme, ticarileştirme, şirketleştirme ve özelleştirmeye yönelik uygulamalar birbirini izlemiş, tüm bu faaliyetlerin sonucunda, gerek maden aramaları gerekse üretimler büyük ölçüde sekteye uğratılmış, kamu madencilik kuruluşları tek tek birer enkaz yığını haline getirilirken yerlerine de hiç birşey konulamamıştır.

ABSTRACT

Starting from the 1980's, the echoing of the policies which are grounded on the idea of "the productivity and welfare could be catched by replacing the public mechanisms in the economy management by market mechanisms" to Turkish mining industry gained speed. In this period, foremost saying in the mining industry had been "the privatization of public enterprises". The applications directed towards sectoral unbundling, commercialization, corporationalization and privatization which aimed the realization of both proprietorship and administration changes in Turkish mining industry have succeeded and as a result of all these activities, both mineral explorations and mining productions have been impeded on a large scale and public mining establishments have been ruined one by one, but no replacements are made for those establishments.

---

* Bu makale, Kamu İşletmeciliğini Geliştirme Merkezi (KİGEM) tarafından 18-19 Nisan 2003 tarihlerinde Ankara'da düzenlenen "Liberal Reformlar" ve Devlet Sempozyumu'nda sunulmuş ve Sempozyum Bildiriler Kitabında yer almıştır.

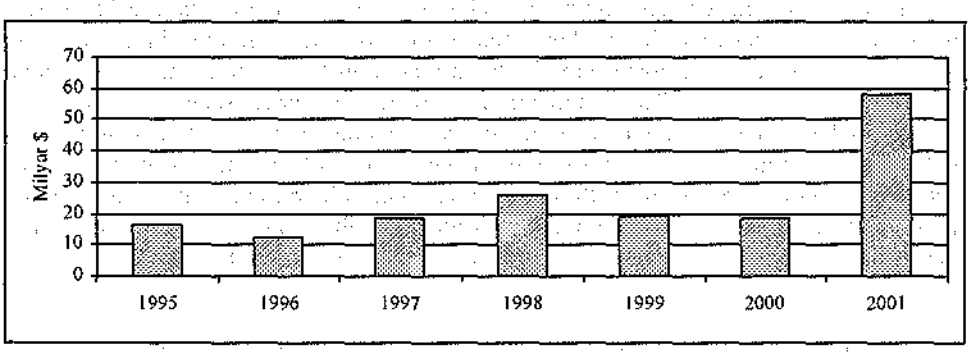
1. GİRİŞ

Çok uluslu şirketlerin, ulusların toplumsal ve ekonomik yaşamlarındaki belirleyici konumları, özellikle son yirmi yılda, önemli oranda güçlenmiştir. Pazarın, üretim ve üretim teknolojisinin az sayıda mega şirketin denetiminde olması, hemen tüm sektörlerde, söz konusu şirketler tarafından ve bu şirketler yararına yapısal değişim süreçlerinin başlatılmasına neden olmuştur. Söz konusu şirketlerin pazardaki güçlerini giderek artırmaları, bulundukları sektörlerdeki pazarın gelişimini, yatırım, innovasyon, çalışma kural ve koşullarını kendi yararları doğrultusunda dikte ettirebilmelerini kolaylaştırmakta, bu durum, şirket birleşmelerini daha da cazip hale getirmekte, küresel ve yerel ölçekte tekelleşme daha da artmaktadır.

Özellikle 1980'lerden itibaren dünya metal fiyatlarındaki yükseliş, sanayi sektörlerinin ikame ürünlere yönelmeleri ya da geri dönüşüm teknolojilerine ağırlık vermeleri sonucunu doğurmuştur. Aynı dönemdeki bir diğer gelişme ise, metal hammadde tüketiminin göreli daha az olduğu elektronik sektörüyle hizmet sektörlerinin, diğer sektörlere oranla yükselme eğilimine girmiş olmasıdır. Bu gelişmeler, dünya metal talebinin büyük ölçüde düşmesine neden olmuş, özellikle çok uluslu madencilik şirketlerinin karlarında önemli kayıplara yol açmıştır.

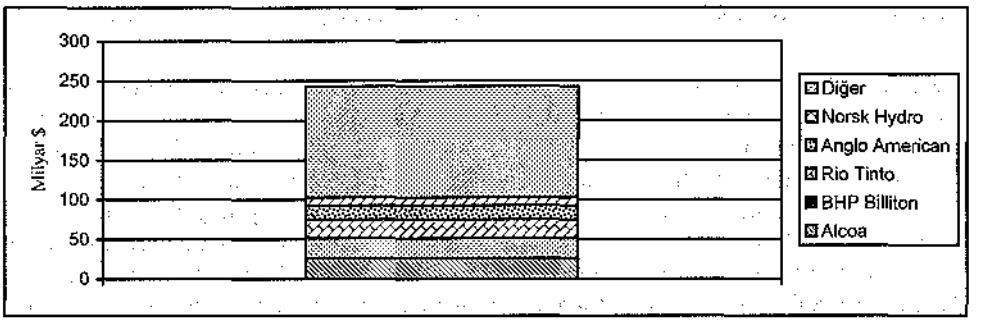
Aynı dönemlerde dünyada esmeye başlayan küreselleşme rüzgarları ve neo-liberal politikalar, söz konusu uluslararası şirketlerce kurtarıcı olarak karşılanmıştır. Şirket yönetimleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde liberalleşme, deregülasyon ve özelleştirme uygulamalarının kendileri için yeni yaşam alanları sağlayacağını görmüşlerdir. Bu amaçla, çok uluslu şirketler, etkinliklerini artırmak ve çalışmalarını küresel ölçekte yaygınlaştırmak için faaliyet alanlarını daraltarak diğer şirketlerle birleşme yoluna gitmişlerdir.

Dünya madencilik endüstrisinde, konsolidasyona yönelik çabalar 1980'li yıllardan itibaren başlamış, özellikle son yıllarda hız kazanmıştır. Dünya madencilik endüstrisi, şirket birleşmeleri bakımından, özellikle son on yılda önemli bir hareketlilik göstermiş, 1995 yılından 2001 yılına kadar geçen 7 yıllık sürede, şirket birleşmeleri için harcanan para 195 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır (Magnus Ericsson Raw..., 2001). Şirket birleşmeleri açısından 2001 yılı, rekor yılı olup, ilk 9 ayında 57,9 milyar dolarlık birleşme gerçekleşmiştir (Şekil 1).



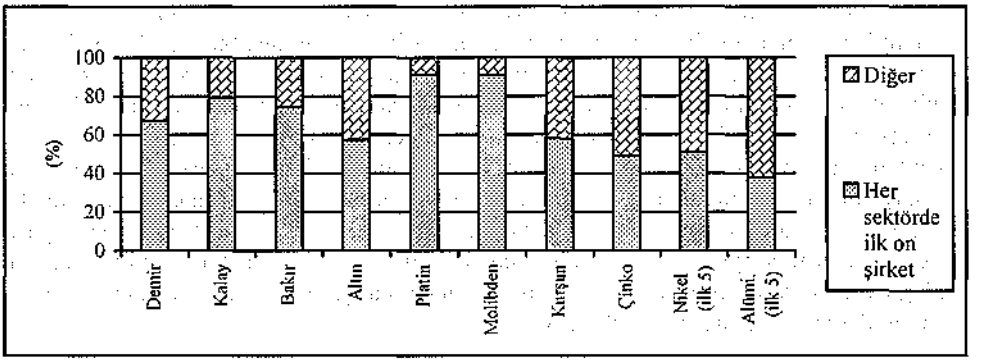
Şekil 1. Dünya madencilik endüstrisinde şirket birleşmeleri (milyar $)

Şirket birleşmeleri sonucunda, sermaye büyüklüğüne göre dünya madencilik sektörünün ilk beşi; Alcoa, BHP Billiton, Rio Tinto, Anglo American, Norsk Hydro olarak sıralanmış ve çok sayıda madencilik faaliyeti büyük oranda bu şirketler tarafından denetlenmeye başlanmıştır. Son birleşmelerden sonra, dünya madencilik endüstrisinin 250 milyar Dolar civarında olan sermaye toplamının %40'ı söz konusu beş şirketin eline geçmiştir (International Institute For..., 2002) (Şekil 2).



Şekil 2. Dünya madencilik endüstrisinde sermaye büyüklükleri (milyar $)

Söz konusu gelişmeler sonucunda, 2001 yılında, dünya demir cevheri pazarının %67,3'ü, kalay pazarının %79,3'ü, bakır pazarının %74,6'sı ve altın pazarının %57,4'ü en büyük 10 şirket tarafından kontrol edilmektedir (Magnus Ericsson Raw..., 2001). Yine, platin ve molibden pazarının %90'ından fazlası toplam 10 şirketin elinde bulunmakta, nikel pazarının %51'i ve alüminyum pazarının ise %38'i söz konusu sektörlerde faaliyet gösteren ilk beş şirket tarafından denetlenmektedir (International Institute For..., 2002). Öte yandan, kurşun üretiminin %58'i, çinko üretiminin ise yaklaşık %49'u en büyük 10 şirket tarafından yapılmaktadır (Engineering & Mining Journal..., 1998, Magnus Ericsson Raw..., 1999) (Şekil 3). Şirket birleşmelerine harcanan paranın her geçen yıl giderek artması, madencilik dış ticaretinin artış hızı, artan özelleştirme uygulamaları ve yabancı şirketlerin ulusal pazarlara girişlerinin hızlanması, madencilik endüstrisinde konsolidasyon ve tekelleşme eğilimlerinin giderek artmaya devam edeceğine ilişkin ipuçlarını vermektedir.



Şekil 3. Sektörlere göre ilk on şirketin pazar payı (%)

Dünya madencilik endüstrisinde şirketlerin birleşmeler şeklinde büyümeleri ve toplam üretim ve pazarlamadan daha fazla pay almaları, çokuluslu şirketler için, ulus devletler üzerinde daha fazla güç kullanabilme anlamına gelmektedir. Bu güç, madencilik sektörlerinde, gerek mülkiyet ve yönetim değişikliklerini sağlamaya, gerekse çok uluslu şirketlerin pazara girişinin önündeki engellerin kaldırılmasına yönelik olarak, ilgili ülke yasalarının değiştirilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Uluslararası kuruluşların da önemli bir rol oynadıkları bu sürecin, özellikle eski Doğu Bloku, Latin Amerika ve Güney Doğu Asya ülkelerinde hızla yürütülmekte olduğu gözlemlenmektedir.

1985 ve 1995 yılları arasında, 90'ın üzerinde ülkede yeni maden kanunlarının ya da mevcut maden kanunlarında değişikliklerin gündeme gelmiş olması (Otto, 2000) yukarıda değinilen gelişmelerin doğal sonuçları olarak görülmelidir. Söz konusu değişiklikler ile özellikle yabancı sermayenin maden kaynaklarına erişimi kolaylaştırılmış, aramadan işletmeye otomatik geçiş dahil çeşitli garantiler ve vergi muafiyetleri sağlanmıştır (Corpuz, 1999). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yerli özel madencilik şirketleri, yasal düzenlemeler ile pazara girişleri kolaylaştırılan uluslararası tekellerin rekabeti karşısında tutunamamış, genellikle söz konusu tekellerin içerisinde erimek durumunda kalmışlardır. Kamu madencilik kuruluşları ise büyük oranda tasfiye olmuş, ulusal madencilik üretimlerinde büyük gerilemeler yaşanmıştır.

2. KÜRESEL POLİTİKALARIN TÜRKİYE MADENCİLİK SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

1980'li yıllardan itibaren, "ekonomi yönetiminde kamusal mekanizmaların yerine piyasa mekanizmalarının konulması gerektiği, verimlilik ve refahın bu yolla sağlanacağı" şeklindeki politikaların Türkiye'ye yansımaları gecikmemiş ve bu doğrultuda önce planlı dönem üzerine bir sünger çekilmiştir. 1980 yılından itibaren ekonomide dışa açık gelişme stratejisi yürürlüğe konmuştur. Bu çerçevede, dış ticaretin serbestleştirilmesinden özelleştirmeye, tarımsal destekleme politikalarından enerji politikalarına kadar çok geniş bir alan, uluslararası kuruluşlar ile yapılan çeşitli kredi anlaşmalarında yer alan taahhütler doğrultusunda biçimlendirilmiştir.

Söz konusu gelişmelerin Türkiye madencilik sektörüne yansımaları, özellikle 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Bu süreçte, madencilik sektöründe öne çıkan söylem "kamu madencilik kuruluşlarının özelleştirilmesi" olmuş, bu amaçla söz konusu kuruluşlarda gerekli olan yatırımlar yapılmamıştır. Türkiye madencilik sektöründe mülkiyet ve yönetim değişikliklerini gerçekleştirmeye yönelik olarak çeşitli kamu kurumlarında sektörel bölünme, ticarileştirme, şirketleştirme ve özelleştirmeye yönelik uygulamalar birbirini izlemiş, madencilik sektörünün kamu ağırlıklı yapısı özel sermayenin de yerini alabileceği bir rekabet ortamına dönüştürülmeye çalışılmıştır. Sektörde, liberalizasyonu sağlamaya yönelik olarak, şirketler üzerindeki sıkı yasal düzenlemelerin gevşetilmesi, devletin müdahale, düzenleme ve denetimlerinin mümkün olduğu ölçüde kaldırılmaya ya da yumuşatılmaya çalışılması, yasal mevzuatta sık sık yapılan değişiklikler ile sürdürülmüştür.

Sektörün liberalizasyonuna yönelik yukarıda değinilen tüm bu faaliyetlerin sonucunda, gerek maden aramaları gerekse üretimler büyük ölçüde sekteye uğratılmış, Etibank,

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) gibi uzun yılların birikimini ve potansiyelini içlerinde taşıyan kamu madencilik kuruluşları tek tek birer enkaz yığını haline getirilirken yerlerine hiç birşey konulamamıştır.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü: 1935 yılında kurulan Maden Tetkik Arama Enstitüsü, yaptığı çalışmalarla, bugün kurulu bulunan birçok sanayi tesisinin temel girdisi olan hammadde kaynaklarını ortaya çıkarmıştır. Demir-Çelik, Alüminyum, Ferro-Krom, Cam Seramik, Kağıt, Çimento vb. sanayilerimizin temel girdileri olan hammaddelerin tamamına yakınının aranmasında, bulunmasında ve etütlerinin yapılmasında MTA'nın katkısı bulunmaktadır.

Türkiye'de ilk petrol MTA tarafından Raman'da bulunmuş, ilk petrol rafinerisi Batman'da yine MTA tarafından kurularak faaliyete geçirilmiştir. Zonguldak taş kömürü havzasında bugün bilinen rezervlerin büyük bir kısmı MTA tarafından bulunmuştur. Keban'daki simli kurşun, Murgul-Çakmakkaya ve Çayeli-Madenköy'deki bakır, Guleman'daki krom, Seydişehir'deki aluminyum, Bursa-Uludağ'daki volfram, Mardin-Mazıdağ'ındaki fosfat ve Divriği Hekimhan ile Hasançelebi'deki demir rezervleri MTA tarafından bulunup ortaya çıkarılmıştır.

Ülkemiz madencilik sektöründe çok önemli bir yeri olan bor rezervlerinin yarısından fazlası MTA tarafından Kütahya-Emet ve Eskişehir-Kırka'da bulunmuş olup, bu yataklar halen Eti Holding tarafından işletilmektedir.

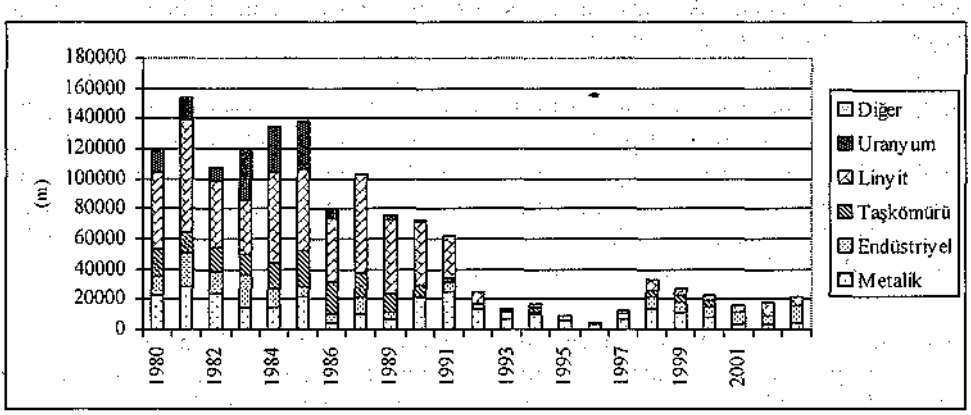
Yine, Beypazarı trona, Kızılcaören fluorit, Sivrihisar toryum, Manisa-Köprübaşı ve Yozgat-Sorgun'daki uranyum yatakları da MTA tarafından bulunmuştur.

Türkiye'nin 1996 yılı itibariyle toplam 8,3 milyar ton olan linyit rezervi (Kütahya-Tavşanlı-Tunçbilek-Seyitömer, Manisa-Soma, Çanakkale-Çan, K.Maraş-Elbistan, Muğla-Yatağan, Hüsamlar, Ankara-Beypazarı linyit yatakları) MTA tarafından yapılan aramalarla ortaya çıkarılmıştır. Bugün, linyite dayalı toplam 6.000 MW'ın üzerinde kurulu güçteki santraller MTA Genel Müdürlüğü'nce bulunan kömürleri kullanmaktadır. Türkiye'nin bilinen önemli jeotermal enerji sahalarının tamamı 1962 yılından bu yana yine MTA tarafından yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

Bununla beraber, 1985 yılında çıkarılan 3213 sayılı Maden Yasası ile MTA neredeyse özel bir arama şirketine dönüştürülmüş, böylelikle Türkiye maden kaynaklarını aramaktan vazgeçmiştir. MTA'nın 1980 ve 2002 yılları arasında yaptığı sondajların gelişim çizgisini göstermesi bakımından Şekil 4, maden aramalarından söz konusu çekilmeyi net olarak ortaya koymaktadır (MTA). Kamunun maden aramalarından da elini çekmesi gerektiği düşüncesiyle yapılan yeni düzenlemeler sonucu, 1992 yılından itibaren kamu, aramalara kaynak ayırmamış, o tarihten itibaren de ne kamu ne de özel sektör tarafından kayda değer herhangi bir maden kaynağı bulunamamıştır.

Eti Holding A.Ş.: Yeraltı kaynaklarını işletmek, sanayinin ihtiyacı olan madenler ve endüstriyel hammaddeleri üretmek, ithal ve ihraç etmek amaçlarıyla, 1935 yılında

kurulan Etibank, 1998 yılının başında yeniden yapılandırılarak Eti Holding A.Ş. adını almıştır.



Şekil 4. 1980-2002 yılları arasında yapılan sondajlar (metre)
(jeotermal ve soğuksu sondajları hariç)

Türkiye Cumhuriyeti'nin sanayileşme hamlesinde çok büyük bir rol oynayan Etibank'ın bünyesinde, kuruluşundan 1980'li yıllara kadar geçen sürede pek çok madencilik ve metalurji tesisi kurulmuştur. Bu işletmelerden en önemlileri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Etibank bünyesinde kurulan işletmeler ve son durumları

İşletme	Kuruluş Yılı	Son Durumu
Ergani/Elazığ Bakır	1939	Kapatıldı
Guleman/Elazığ Krom	1939	Kapatıldı
Üçköprü/Muğla Krom	1957	ÖİB
Antalya Elekrometalurji	1957	ÖİB
Emet/Kütahya Kolemanit	1958	Eti Holding
Küre/Kastamonu Bakır	1959	ÖİB
Halıköy/İzmir Civa	1960	Kapatıldı
Bandırma/Balıkesir Boraks	1964	Eti Holding
Seydişehir/Konya Alüminyum	1965	Eti Holding
Milas/Muğla Boksit	1968	Eti Holding
Karadeniz Bakır İşletmeleri	1968	ÖİB
Çinkur	1968	Kapatıldı
Kırka/Eskişehir Boraks	1970	Eti Holding
Şarkkromları/Elazığ Ferrokrom	1972	ÖİB
Cumaovası/İzmir Perlit	1972	Eti Holding
Beyşehir/Konya Barit	1974	Eti Holding
Mazıdağı/Mardin Fosfat	1974	Kapatıldı
Bigadiç Bor	1976	Eti Holding
Kestelek/Bursa Kolemanit	1979	Eti Holding
Gümüşköy/Kütahya Gümüş	1980	ÖİB

1980'li yıllardan itibaren madencilik sektöründe mülkiyet değişimini gerçekleştirmeye yönelik yapılan sektörel bölünme, ticarileştirme, şirketleştirme ve özelleştirmeye yönelik uygulamalar en fazla Etibank'ı etkilemiş, söz konusu kurum pek çok parçaya bölünmüş ve her parçası bir yana dağılmıştır.

İlk olarak 1993 yılında Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. (KBİ), Çinkur A.Ş. ve Etibank Bankacılık A.O. Etibank'ın bünyesinden ayrılarak Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığına devredilmiş, 1994 yılında Ergani Bakır, Keçiborlu Kükürt, Halıköy Civa ve Mazıdağı Fosfat İşletmeleri kapatılmıştır.

1998 yılında ise Etibank, Bakanlar Kurulu Kararı ile Eti Bor, Eti Alüminyum, Eti Krom, Eti Bakır, Eti Gümüş, Eti Elektrometalurji ve Eti Pazarlama ve Dış Ticaret olarak 7 ayrı anonim şirkete bölünmüştür. Söz konusu şirketlerden Eti Bakır, Eti Krom, Eti Elektrometalurji, ve Eti Gümüş 2000 yılında Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'na (ÖİB) devredilmiştir.

Dolayısıyla Etibank'ta, bölünme, ticarileştirme ve şirketleştirme aşamaları tamamlanmıştır. Sıra özelleştirmededir. Eti Gümüş, Eti Krom ve Eti Elektrometalurji için 2003 Nisan ayı sonunda "blok satış" yöntemiyle ihaleye çıkılması planlanmıştır. Yine, Karadeniz Bakır İşletmesi ve Eti Bakır A.Ş.'nin ise 2003 Temmuz ayında "varlık satışı ve hisse satışı" yöntemiyle ihale edileceği ilan edilmiştir.

Bununla beraber, bu kuruluşlardan bazıları yıllardan beri Özelleştirme İdaresi Başkanlığı bünyesindedir ve defalarca özelleştirme programına alınmışlar, her defasında yeniden yıpratılmışlardır. Örneğin KBİ, 10 yılı aşkındır özelleştirilecek kuruluşlar arasındadır. Ancak, özel sektör madencilik sektörüne yatırım yapma konusunda istekli değildir. Gerçekte, özelleştirme söylemleriyle zaman yitirilmekte, madencilik sektörünün dinamizmi açısından son derece önemli işlevler gören söz konusu kuruluşlar yatırım yapılmamak suretiyle bitirilmekte, yerlerine birşey konulamamaktadır. Yıllardan beri bu ülkeye katma değer sağlayan, ülke kalkınmasında motor görevi yapan bu kuruluşlar topluma bir yük gibi yansıtılmaktadırlar.

Türkiye Taşkömürü Kurumu: Ülkemizin tek taşkömürü üreticisi olan TTK'nın, rasyonel ve dinamik ulusal taşkömürü politikalarının da mevcut olmadığı bir ortamda, küresel sermaye lobileri ile fazla rekabet olanağı bulamamış olması son derece doğaldır. Özellikle enerji piyasalarındaki serbestleşme eğilimleri sayesinde küresel enerji lobilerinin, ülkeye hesapsız doğal gaz, ithal kömür ya da petrokok girmesini sağlamaları TTK'yı tamamen savunmasız bırakmıştır. Yine, Demir-Çelik işletmelerimizin, yanı başlarındaki TTK'nın ürettiği kömür yerine sıfır gümrükle kömür ithal etmeleri de TTK açısından ayrı bir olumsuzluk unsurudur.

Söz konusu olumsuz koşullar sonucunda, 1981 yılından bu yana üretimi %75 oranında gerileyen TTK, yatırım, istihdam, üretim ve mali yönden büyük bir darboğazla karşılaşmıştır.

Türkiye Kömür İşletmeleri: Türkiye bir kömür ülkesidir ve düşük kalorili olmakla beraber elektrik üretimi amacıyla kullanılabilecek çok önemli bir kömür potansiyeli mevcuttur. Yine, yıllardır ihmal edilen aramalar ile yeni kömür yataklarının bulunup geliştirilmesi olasılığı son derece yüksektir. Ülkemizde doğal gaz ise yok denecek kadar az bulunmaktadır. Ancak, kömür yatakları atıl bekletilirken elektrik üretiminde doğalgaza ağırlık verilmesi ülkemiz sanayi sektörlerinin gelişmesi bakımından akılcı bir yaklaşım değildir.

Ancak, Türkiye'de yapılan enerji planlamalarında bilimsellik ya da rasyonelliğin olduğunu söylemek mümkün değildir. 1980'lerden itibaren esmeye başlayan küreselleşme - liberalleşme söylemlerine kendisini kaptıran enerji yönetimi, küresel piyasalara tamamen teslim olmuş ve yerli kaynakları bir kenara itmiştir. Yerli kömür yatakları atıl bekletilirken elektrik üretiminde, ülkemizde yok denecek kadar az olan doğalgaza ağırlık verilmiştir.

Enerjide liberal politikaların sonucu, yerli kaynaklarımızın kullanıldığı santrallerdeki elektrik üretiminden vazgeçilmesi olmuştur. Enerjide liberalleşme, hidrolik santrallerin yanında yerli kömürlerimizle çalışan termik santrallerin de üretim seviyelerinin her geçen yıl çarpıcı bir şekilde düşürülmesine neden olmuştur.

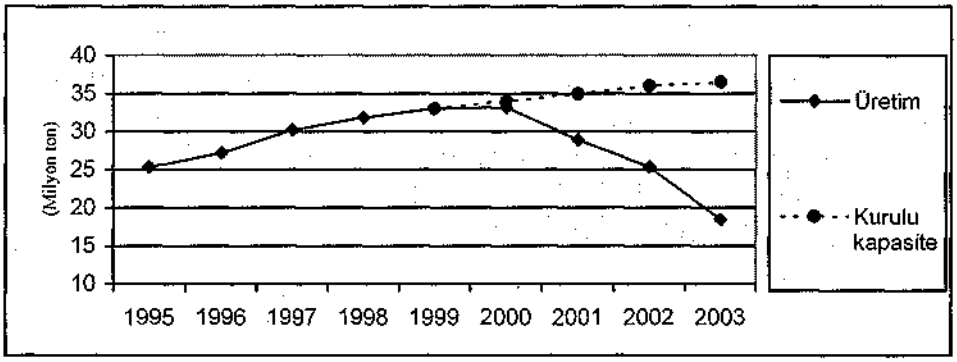
Bu durumun nedeni; 2002 yılı başı itibariyle 28.000 MW olan toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün, tamamı doğal gaz santralı olmak üzere 5.000 MW ilavesiyle 33.000 MW'a çıkarılması, ancak, kurulan bu güce bugün ihtiyaç olmaması, üstüne üstlük yurtdışından doğal gaz alımı ile ilgili "al ya da öde" şeklinde adlandırılan anlaşmaların da yapılarak ülkeye hesapsız, plansız doğal gaz girişinin önünün açılmış olmasıdır. Bu durum, 2002 yılında olduğu gibi bu yıl için de yerli linyitlerimizin kullanıldığı termik santrallerdeki elektrik üretiminden vazgeçilmesi sonucunu doğurmuştur. "Al ya da öde" şeklinde yapılan ve ülke ihtiyacının çok üzerinde miktarlarla bağıtlanan doğal gaz anlaşmaları sonucu su kaynaklarımıza dayalı hidrolik santrallerin yanında yerli kömürlerimizle çalışan termik santrallerin mevcut kurulu kapasiteleri de atıl bırakılmıştır.

Uluslararası tahkim anlaşmaları gereğince, doğalgaza dayalı santrallerin yakıtının devlet tarafından verilmediği durumda, yakıt verilmiş ve elektrik üretilmiş gibi bedelinin yine devlet tarafından ödenmesi ya da yakıtı verilen santralin ürettiğinin devlet tarafından satın alınma zorunluluğu, ülkemizin sanayileşmesi önünde açık bir engel oluşturmaktadır. Bu durum, doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının %60'lara yükselmesi, dolayısıyla Türkiye'nin enerji arz güvenliğinden tamamen vazgeçmesi anlamına gelmektedir.

Böylece kömür ülkesi Türkiye'de yerli kömürlerin elektrik enerjisi üretimindeki payı 1998 yılındaki %40'lardan 2003 yılında %15'lere düşmüş, tamamen yurtdışına bağımlı olduğumuz doğal gazın 1985 yılında %1 bile olmayan payı ise %60'lara yükselmiş olacaktır. Bu durum, enerjide dışa bağımlılığı daha da arttıracak, dünyada ortaya çıkabilecek muhtemel bir enerji krizi durumunda Türkiye'nin çok büyük yaralar almasına neden olacaktır.

2000 yılında termik santraller için 33.169.000 ton kömür üreten Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nun santral üretimi, iki yıl içerisinde %24 oranında düşürülmüş, 2002 yılında 25.323.000 ton düzeyinde üretim yapılabilmiştir (TKİ). Bu rakam TKİ kurulu üretim kapasitesinin yaklaşık %63'üdür. Termik santrallere yerli kömür sağlayan TKİ'nin üretim düşüşü bununla da kalmamış, bu defa 2003 yılı için 2000 yılına göre %50'lere varan üretim düşüşleri gündeme gelmiştir.

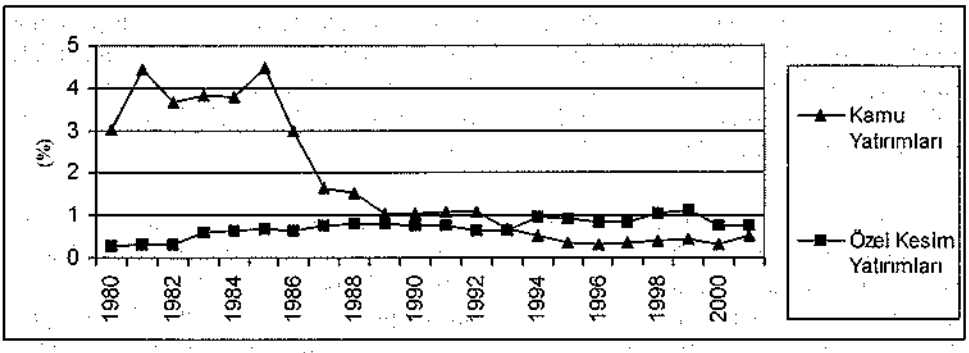
2003 yılında 18 milyon ton olarak planlandığı anlaşılan üretim düzeyi ile, söz konusu kurumun yakın zamanda önemli darboğazlarla karşılaşacağı son derece açıktır. Şekil 5, hatalı planlamalar ve bilinçsiz yönetimler tarafından Türkiye'de bir KİT'in daha, nasıl içinden çıkılmaz darboğazlara sürüklendiğinin çarpıcı bir göstergesidir. Topu topu 3 yılda kurulu üretim kapasitesinin yarısı ile çalışmaya mahkum edilen söz konusu kurumun, çok yakın bir gelecekte, –muhtemelen zararın asıl nedeni olan planlama hataları ve hesapsız doğal gaz anlaşmaları göz ardı edilerek- verimsiz olduğu gerekçesiyle özelleştirilmesi ya da kapatılması gündeme getirilecektir. Ancak, dünyanın hiçbir yerinde hiçbir kurumun, kapasitesinin yarısında çalışarak karlı ya da verimli olması mümkün değildir.



Şekil 5.TKİ termik santral amaçlı linyit üretimi (milyon ton)

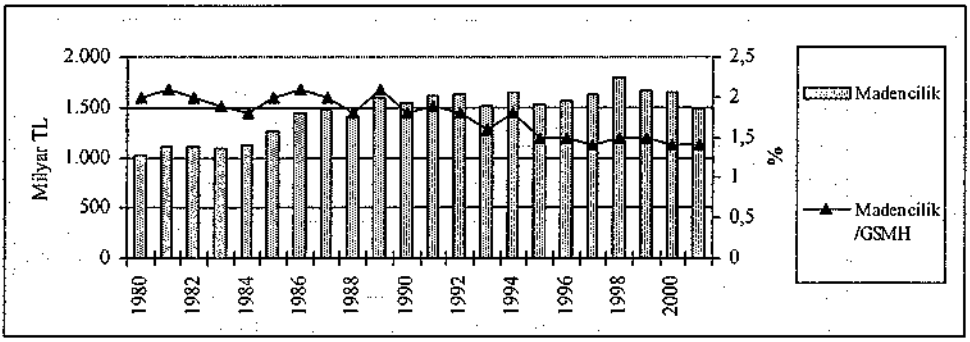
3. UYGULANAN POLİTİKALARIN MADENCİLİK SEKTÖRÜNDEKİ SONUÇLARI

Uygulanan politikalar sonucunda, madencilik sektörü yatırımları hızla düşmüştür. Kamu yatırımlarından vazgeçilmiştir. Toplam sabit sermaye yatırımları içerisinde kamunun payı 1981 yılında %4,5 iken 2002 yılında %0,5 olmuştur (DPT) (Şekil 6). Artacağı varsayılan özel sektör yatırımlarında ise ciddi sayılabilecek bir artış olmamıştır. Kamu kesimindeki düşüşün özel kesimce doldurulamaması uygulanan politikaların yanlışlığını açık olarak göstermektedir.



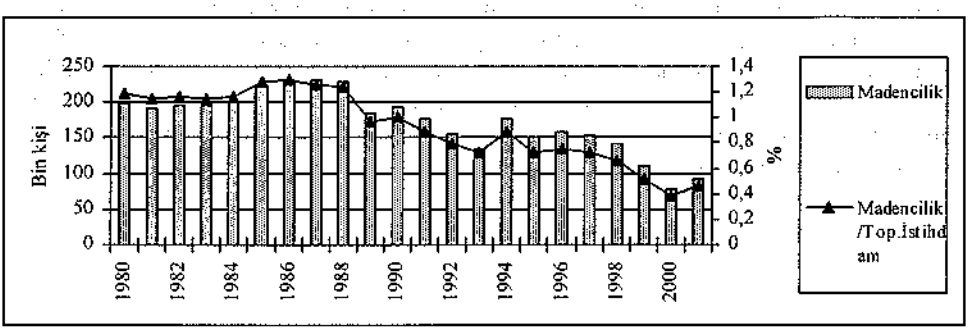
Şekil 6. Toplam sabit sermaye yatırımları içinde madencilik yatırımlarının payı (%)

Madencilik sektörünün ülke ekonomisine katkısı hızla düşmüştür. Madencilik sektörünün Gayri Safi Milli Hasılaya (GSMH) katkısı %1,5'un altına gerilemiştir (DİE Ulusal Hesaplar, 2003) (Şekil 7).



Şekil 7. Madencilik sektörünün GSMH'ya katkısı ve GSMH içerisindeki payı

Yine, madencilik sektöründeki istihdam 20 yılda 100.000 kişi azalarak yarıya inmiştir. 1980 yılında yaklaşık 200.000 olan madencilik sektörü istihdamı 2002 yılında 100.000'in altına düşmüştür (DİE İşgücü İstatistikleri, 2003) (Şekil 8).



Şekil 8. Madencilik sektörü istihdamı ve toplam istihdam içerisindeki payı

4. SONUÇLAR

1980'li yıllardan itibaren, "ekonomi yönetiminde kamusal mekanizmaların yerine piyasa mekanizmalarının konulması gerektiği, verimlilik ve refahın bu yolla sağlanacağı" şeklindeki politikaların Türkiye madencilik sektörüne yansımaları, özellikle 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Öncelikle madencilik sektörünün "olmazsa olmaz" kuralı "planlama" düşüncesinden vazgeçilmiş, madencilik sektörünün ülke sanayi sektörleri ile entegrasyonu gözardı edilmiştir.

Bu süreçte, madencilik sektöründe öne çıkan söylem "kamu madencilik kuruluşlarının özelleştirilmesi" olmuş, bu amaçla söz konusu kuruluşlarda gerekli olan yatırımlar yapılmamıştır. Türkiye madencilik sektöründe mülkiyet ve yönetim değişikliklerini gerçekleştirmeye yönelik olarak çeşitli kamu kurumlarında sektörel bölünme, ticarileştirme, şirketleştirme ve özelleştirmeye yönelik uygulamalar birbirini izlemiştir.

Sektörün liberalizasyonuna yönelik tüm bu uygulamaların sonucunda, gerek maden aramaları gerekse üretimler büyük ölçüde sekteye uğratılmış, kamu madencilik kuruluşları tek tek elden çıkarılırken yerlerine hiç birşey konulamamıştır. Kamu kurumlarının yerini dolduracağı öngörülen özel kesim, madencilik sektörüne özgü riskleri göze alamamış, sektöre yatırım yapmamıştır.

Dünya madencilik endüstrisinde konsolidasyon ve tekelleşme artarak sürmektedir. Giderek güçlenen şirketler ulus devlet üzerinde daha fazla baskı unsuru olabilmektedir. Türkiye'de ise tersine sektör parçalanarak küçültülmektedir. Küçültülmüş madencilik şirketlerinin söz konusu dev şirketlerle rekabet edebilmeleri mümkün değildir.

Madencilik, tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren temel sektörlerden biri olmuştur. Özellikle, insanlığın gelişim sürecinin son ikiyüz yılındaki baş döndürücü ilerlemede kömür ve demirin önemini yadsımak mümkün değildir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda da, bor, toryum ya da trona gibi yeraltı kaynaklarının insan yaşamının sürdürülebilmesi bakımından belirleyici olmaları muhtemeldir. Bu bakımdan, madencilik sektörü, dün olduğu gibi bugün de, uluslar için vazgeçilmez konumunu sürdürmek durumundadır.

Bu bakımdan, öncelikle, insanı ve insan emeğini merkeze koyan, bir yandan madencilik faaliyetlerinde kamunun etkin gözetim ve denetimini sağlarken, diğer taraftan söz konusu faaliyetlerin çevre ve ekosistemlerin korunmasını da gözeten, temel olarak ekonomik kalkınmaya ve yoksulluğun azaltılarak gelir dağılımının düzeltilmesi hedeflerine yönlendirilen bir "ulusal madencilik politikası"nın oluşturulması, toplumun yararı bakımından son derece büyük önem taşımaktadır.

5. KAYNAKLAR

Corpuz, C.L. (1999) International Developments and Trends in the Mining Industry. *National Workshop on Mining*, Baguio City, Philippines.

DPT (2003) *Temel Ekonomik Göstergeler*, <http://www.dpt.gov.tr>.

DİE (2003) *Ulusal Hesaplar*, <http://www.die.gov.tr>.

DİE (2003) *İşgücü İstatistikleri*, <http://www.die.gov.tr>.

International Institute For Environment and Development (2002) *Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development, Final Report*, <http://www.iied.org/mmsd/finalreport/index.html>, p. 58.

MTA, ( ) *Yıllık Faaliyet Raporları.*

Otto, J.M. (2000) *Mineral Policy, Legislation and Regulation, Mining, Environment and Development*, Advance Copy, UNCTAD, p. 21.

TKİ, ( ) *Yıllık Faaliyet Raporları.*

-------- (1998) Who Owns Who In Mining 1998. *Engineering & Mining Journal*, <http://e-mj.com>, September.

-------- (1999) Are Mining Mergers Creating New Monopolies?. *Engineering & Mining Journal*, <http://e-mj.com>, October.

-------- (2002) Mining M&A Reaches Record Levels in 2001. *Mining Finance*, February.

-------- (2001) Mining Mergers & Acquisitions – Through the roof in 2001, <http://www.rmg.se/>,

Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Turkey
Proceedings of the 14th Turkish Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

ZONGULDAK MERKEZ LAVUARINDA METALURJİK KÖMÜR HAZIRLAMAYA YÖNELİK İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

EVALUATION OF TTK CENTRAL WASHERY TO IMPROVE COKING COAL PREPARATION

Sait KIZGUT, Dilek ÇUHADAROĞLU, İhsan TOROĞLU, Selçuk SAMANLI, Kemal BARIŞ, C.Cengiz PİLEVNELİ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 67100 Zonguldak*

ÖZET

TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu) ülkemizin tek taşkömürü üreten kurumu olup, Batı Karadeniz Taşkömürü Havzasında faaliyet göstermektedir. Bugün için TTK'nın başlıca hedefinin metalurjik amaçlı kömür üretmek olması gerekmektedir. Diğer sanayi sektörleri ve termik santral için yakıt üretimi ikinci planda gelmelidir. Metalurjik kömür elde etmek için kömür hazırlama tesisleri, TTK açısından vazgeçilmez unsurlardandır. TTK'da halen 4 lavuar mevcuttur. Bu lavuarlarda, yılların ihmalkarlığı sonucu teknik ve idari müdahaleler zamanında yapılmadığı için ciddi boyutta işletme sorunları yaşanmaktadır. Kozlu ve Üzülmez Müesseselerinde üretilen kömürlerin yıkandığı Zonguldak Merkez Lavuar'ında metalurjik kömür hazırlamaya yönelik iyileştirme çalışmaları bu bildirinin amacını oluşturmaktadır.

ABSTRACT

Turkish Harcoal Enterprises (TTK) is the sole producer of hardcoal in Turkey and it operates in various mines in North Western Hardcoal basin. This position requires that the primary target of the company should be the production of low ash coal for the iron and steel industry rather than producing fuel for power station(s) or other industries. Coal preparation plants are crucial for TTK to accomplish such aim. TTK has four coal preparation plants in the basin. There have been serious operational problems in these plants mostly resulted from neglected technical and management operations for more than a decade. This study is aimed to evaluate TTK Central Washery to improve coking coal preparation facilities.

1. TTK HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1940 yılında Etibank'a bağlı bir işletme olarak kurulan EKİ (Ereğli Kömürleri İşletmesi), 1957 yılında TKİ'nin kurulması ile bu kurulüşa devredilmiş, 1983 yılında da TTK adıyla ayrı bir KİT'e dönüştürülmüştür. TTK' da Kozlu, Üzülmez, Karadon, Armutcuk, Amasra Müesseseleri olmak üzere beş üretim bölgesinde üretim yapılmaktadır. Müesseseler bazında taşkömürü rezervleri Çizelge 1'de verilmektedir. TTK' nun resmi kayıtlarına göre, havza da toplam taşkömürü rezervi 1.12 milyar ton civarındadır.

Çizelge 1. Zonguldak taşkömür havzasının rezerv durumu (taskomuru.gov.tr).

Bölge	Görünür(ton)	Muhtemel(ton)	Mümkün(ton)	TOPLAM(ton)
Kozlu	61.277	55.926	47.975	165.178
Üzülmez	159.214	64.342	74.020	327.576
Karadon	149.387	153.752	117.144	420.283
Armutcuk	26.320	8.206	6.000	40.526
Amasra	32.247	133.304	-	165.551
Toplam	428.445	445.530	245.139	1.119.114

Toplam rezervin yaklaşık olarak %15'i Kozlu, %30'u Üzülmez, %38'i Karadon, %4'ü Armutcuk ve %15'i Amasra Bölgesi'nde bulunmaktadır. Kozlu, Üzülmez ve Karadon Bölgelerinde üretilen kömürler koklaşır, Armutçuk Bölgesinde üretilen kömürler az koklaşır ve Amasra Bölgesinde üretilen kömürler ise koklaşmaz vasıflara sahiptir.

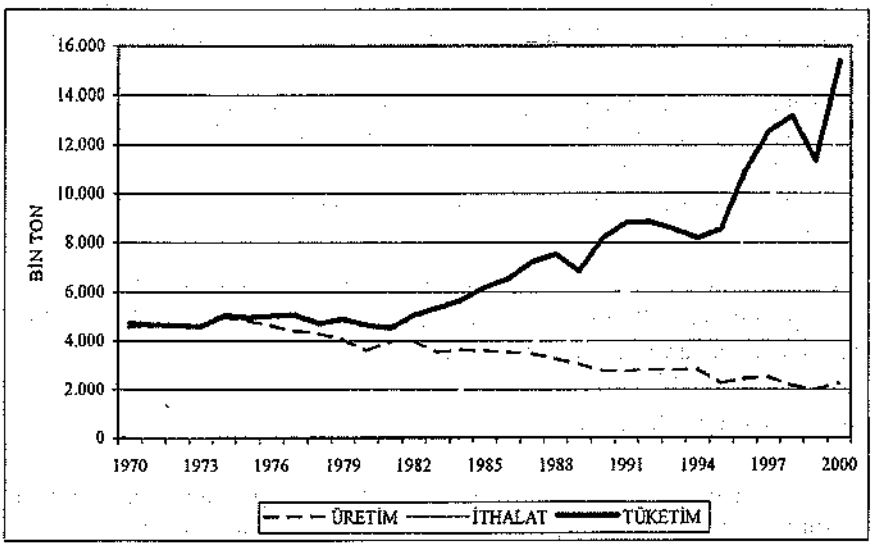
Türkiye'de taşkömürü sadece Zonguldak Havzası'nda üretilmektedir. TTK'nın 1989 yılında uygulamaya başladığı rödevans karşılığı işletmecilik göz önüne alınmazsa, Türkiye de taşkömürü üretiminin tamamı TTK tarafından yapılmaktadır. Türkiye'nin (EKİ ve TTK'nın) 1970 yılında 4.5 milyon ton olan satılabilir taşkömürü üretimi, 2000 yılında 2.2 milyon ton, 2003 yılında 2.0 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. TTK 1970-2003 yılları arası tüvenan ve satılabilir üretim değerleri, Çizelge 2'de verilmektedir.

Uzun süre Türkiye'nin koklaşabilir taşkömürü ihtiyacının tamamını ve kaliteli yakıt gereksiniminin büyük bir kısmını karşılayan EKİ, sanayileşmenin hızlanması, önce Erdemir (1966), sonra da İsdemir'in (1974) kurulması ile 1970'li yıllardan sonra ülkemizin taşkömürü ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalmıştır (Arıoğlu, 2002). Dolayısı ile de taşkömürü ithalatımız giderek artan bir çizgide seyretmiş, 1970'li yıllarda 15 bin tonlarda iken, 2000'li yılların başında yaklaşık olarak 15 milyon tonlara ulaşmış durumdadır. Bunun yanında TTK ürünlerinin satışında demir-çelik sektörüne yönelik koklaşabilir taşkömürünün payı 1980'li yıllarda %50'lerde iken, 1990'lı yıllardan itibaren sürekli olarak azalmış, buna karşılık toplam satış içinde enerji sektörünün payı, artan bir trend ile günümüzde %70'lere ulaşmıştır Son yıllarda 2-2,5 Milyon ton arasında seyreden satılabilir kömürün, yaklaşık olarak,% 60-65'i Çatalağzı Termik Santralı'na, %15-20'si demir-çelik fabrikalarına, % 8-10'u çimento, çay, şeker vb. fabrikalarına ve %5-10'u da ısınma amaçlı olarak pazarlanmaktadır.

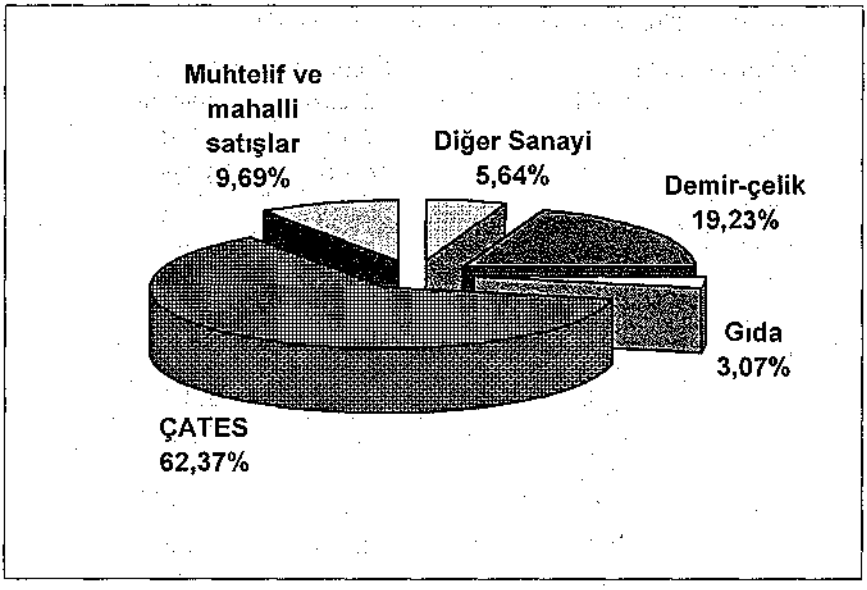
Çizelge 2. TTK'da 1970-2003 yılları arasında üretim miktarı (TTK, 2003).

Yıllar	Üretim, (x1000 ton/yıl)		Yıllar	Üretim, (x1000 ton/yıl)	
	Tüvenan	Satılabilir		Tüvenan	Satılabilir
1970	7.598	4.573	1987	7.084	3.461
1971	7.846	4.639	1988	6.688	3.256
1972	7.862	4.641	1989	6.259	3.038
1973	7.842	4.642	1990	5.629	2.745
1974	8.546	4.965	1991	5.209	2.762
1975	8.355	4.813	1992	4.791	2.829
1976	8.059	4.632	1993	4.609	2.789
1977	7.666	4.405	1994	4.211	2.839
1978	7.741	4.295	1995	3.252	2.248
1979	7.200	4.051	1996	3.320	2.441
1980	6.599	3.598	1997	3.413	2.320
1981	7.388	3.922	1998	2.866	2.136
1982	7.223	4.008	1999	2.601	1.990
1983	6.725	3.539	2000	3.196	2.257
1984	7.103	3.632	2001	3.492	2.356
1985	7.260	3.605	2002	3.247	3.244
1986	7.015	3.526	2003	2.954	2.011

Şekil 1'de Türkiye'nin taşkömürü üretim ve tüketiminin yıllara göre değişimi, Şekil 2'de TTK ürünlerinin satışlarında sektör payları (2003 yılında) verilmektedir.



Şekil 1. Türkiye'nin taşkömürü üretim ve tüketiminin yıllara göre değişimi (TTK, 2003).



Şekil 2. TTK ürünlerinin satışlarında 2003 yılı sektör payları (TTK, 2003).

Bugün için satış payları göz önüne alınırsa, TTK üretim ve satış politikasının tamamen enerji sektörüne yönelik olduğu söylenebilir. TTK'nın üretim ve satış politikalarında metalurji sektörüne yönelik kömür payının azalmasında;

- Sanayileşmenin ivme kazanması ile birlikte demir-çelik fabrikalarının ihtiyacı olan koklaşabilir taşkömürü miktarının artması,
- TTK'nın gerekli yatırımları yapmaması ve yanlış yatırım politikaları sonucu, metalurji sektörünün taleplerini miktar ve kalite açısından karşılayamaz duruma gelmiş olması,
- Demir-çelik fabrikalarının koklaşabilir taşkömürü ihtiyaçlarını "daha kalitelisini daha ucuza alıyorum" gibi bir politikaya dayandırarak, yerli kaynaktan uzaklaşıp, ithal kömürle karşılamaları,
- Zonguldak ve Çatalağzı Lavuarları'nda flotasyon tesislerinin kaldırılarak, filtrasyon tesislerinin kurulması,

etkili olmuştur. Kurumun, kömür üretim miktarını (kaliteyi iyileştirerek) arttırması, lavuarlarda yapılabilecek iyileştirmeler/yeniden yapılanmalar ile demir-çelik sektörüne yönelik üretim miktarını arttırması kaçınılmazdır.

2. TTK LAVUARLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

TTK, üretmiş olduğu kömürleri metalurjik ve teshin amaçlı kullanmak üzere bu bölgelerde kurulu bulunan lavuarlarda yıkamaktadır. Ayrıca yıkama sonucu elde edilen çeşitli mikstler ile, 0.5 mm elek altı malzeme belli oranlarda karıştırılarak termik santral yakıtı olarak hazırlanmaktadır. TTK bünyesinde halen faaliyet gösteren lavuarlar;

- Zonguldak Merkez Lavuarı,
- Çatalağzı Lavuarı,
- Armutcuk Lavuarı, ve
- Amasra Lavuarı'dır.

Kozlu ve Üzülmez Müesseselerinin üretimleri Zonguldak Merkez Lavuarı'nda, Karadon Müessesesi üretimi Çatalağzı Lavuarı'nda, Armutcuk Müessesesi üretimi Armutcuk Lavuarı'nda, Amasra Müessesesi üretimi de Amasra Lavuarı'nda, satış politikasına uygun olarak hazırlanmaktadır.

Bu bildiri de, Zonguldak Merkez Lavuarı dışındaki diğer üç lavuar hakkında ayrıntıya girmeden genel bilgiler verilmiş, Zonguldak Merkez Lavuarı'nı oluşturan üniteler ayrıntılı olarak ayrı bir başlık altında incelenmiştir. Demir-çelik endüstrisine yönelik ürün hazırlama amacı ile Zonguldak Merkez Lavuarı'nda yapılacak alternatif iyileştirmeler üzerinde çalışılmıştır.

2.1 Çatalağzı Lavuarı

Çatalağzı Lavuarı'nda Karadon Müessesesi'nde üretilen kömürler hazırlanmaktadır. Çatalağzı Lavuarı, 250'şer tonluk flotasyon ve jig ünitelerinden oluşmuş olup, Zonguldak Lavuarı'nın tam benzeridir, aralarında sadece kapasite farkı vardır. 1995 yılında bu tesisin flotasyon ünitesi yerine filtrasyon tesisi devreye alınmıştır. Filtrasyon tesisinde -0.5 mm boyutlu ince kömür susuzlandırılarak elde olunan şlam kömür, Acco ve Baum jiglerinden alınan mikstler ile karıştırılarak termik santral yakıtı olarak hazırlanmaktadır (Toroğlu vd., 2004).

Çatalağzı Lavuarı'nda hazırlama işlemleri sonunda alınan ürünler;

- 0-10 mm
- 10-100 mm, ve
- filtrasyon ürünü

olmak üzere, üç farklı ürün halinde pazarlanmaktadır.

2003 yılında Çatalağzı Lavuarı'na gelen tüvenan kömürün ve lavuardan elde edilen ürünlerin miktarları-analiz değerleri Çizelge 3'de, Çatalağzı Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri Çizelge 4'de verilmektedir TTK, 2003).

Çizelge 3. 2003 yılında Çatalağzı Lavuarı'na gelen tüvenan kömürün ve lavuardan alınan ürünlerin miktarları-analiz değerleri (Çatalağzı Lavuarı, 2004).

Ürün	Miktar(ton)	Kül(%)	Nem(%)
Tüvenan	1.052.030	55.42	4.75
0-100 mm Brut	1.011.578	53.85	4.97
0-10 mm	178.638	9.11	6.46
10-100	64.138	12.41	3.69
Toplam Lave	242.276	9.98	5.72
Filtrasyon	590.999	40.62	12.49
Toplam Satılabilir	833.778	31.09	10.50

Çizelge 4. Çatalağzı Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri (taskomuru.gov.tr).

Analiz	ÇATALAĞZI LAVUARI ÜRÜNLERİ				
	Krible 18-50	10-18	10-100	0-10	Filtrasyon
Rutubet (or) %	3±1	5±1	4±1	8±1	14±2
Kül (or) %	13±2	13±2	11±2	9±2	39±2
Uçucu. Madde (or) %	28±1	27±1	28±1	28±1	18±2
Sab. Karbon (or) %	55±2	55±2	57±2	55±2	29±2
Üst Isı (or) kcal/kg	7040±150	6800±150	7066±150	6955±150	3645±150
Alt Isı (or) kcal/kg	6800±150	6555±150	6810±150	6690±150	3440±150
Kül (k) %	13±2	14±2	12±2	16±1	45±3
Uçucu Madde (k) %	29±1	28±1	29±1	30±1	21±2
Sabit Karbon (k) %	58±2	58±2	59±2	60±2	34±2
Üst Isı (k) kcal/kg	7255±150	7155±150	7355±150	7360±150	4235±150
Alt Isı (k) kcal/kg	7020±150	6925±150	7120±150	7320±150	4090±150
Karbon (C) %	76-78	75-78	76-78	76-80	45-47
Hidrojen (H) %	3,8-5	3,8-5	3,8-5	3,8-5	2,5-3
Top. Kükürt (S) %	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8
Azot (N) %	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1
Oksijen(O) %	5-6,5	5-6,5	5-6,5	5-6,5	5-6,5
Kül Erime (Min) °C	1350	1350	1350	1350	1350
Dilatasyon	220	220	220	220	--
Gray-King	G3-G9	G3-G9	G3-G9	G3-G9	--
FSI	7-9	7-9	7-9	7-9	--
ULUSLAR ARASI SINIFLANDIRMA					
Kod No	534	534	534	534	--
Sınıf	VC	VC	VC	VC	--
Koklaşma	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	--
ASTM RANK SINIFLANDIRMASI					
Rank Sıkalası	68-149	68-149	68-150	68-150	67-144
Sınıf	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü
Grup	mvb	Mvb	Mvb	mvb	Mvb

(or): orijinal bazda, (k): kuru bazda, mvb :Orta uçuculu Bitümlü kömür

2.2 Armutcuk Lavuarı

Armutcuk Lavuarı'nda Armutcuk Müessesesi'nde üretilen kömürler hazırlanmaktadır. Armutcuk Lavuarı 1960 yılında McNally firması tarafından kurulmuş, 210 ton/saat kapasiteli bir tesistir. Lavuara gelen 0-150 mm boyutlu brüt kömür McNally yapısı jigde yıkanmaktadır. Yıkama sonucu Jigden alınan 0-150mm boyutlu temiz kömür 10 ve 6 mm örgülü elek yüzeyleri ile teçhiz edilmiş olan iki katlı titreşimli sınıflandırma eleğinde boyutlandırılmaktadır. Sınıflandırma sonucunda alınan;

- 10-150 mm temiz kömür ayrılarak, 10-18, 18-50 ve 50-150 mm boyut gruplarında sınıflandırılmak üzere tasnif eleğine gönderilmektedir.
- 6-10 mm temiz kömür siloya verilmek üzere 0-10 mm helozon karıştırıcıya sevk edilmektedir.
- 0-6mm lik ürün ise şlamdan arındırılmak üzere 0.5 mm elekten elenmektedir. Eleme sonucunda alınan 0.5-6 mm boyut grubu, yüksek küllü olması nedeniyle sarsıntılı masada tekrar yıkanmakta, 0-0.5 mm şlam ise, filtrasyon ünitesinde susuzlandırılıp, sarsıntılı masadan alınan ara ürün ile karıştırılarak termik santral yakıtı olarak hazırlanmaktadır.

Armutçuk Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri Çizelge 5'de verilmektedir (TTK, 2003).

2.3 Amasra Lavuarı

Amasra Lavuarı, 1976 yılında Robert Shaefer Firması tarafından kurulmuştur. 0-100 mm brüt kömüre göre 210 ton/saat kapasiteli bir tesis olup, Wemco ağır ortam tamburu, ağır ortam siklonu, Denver Flotasyon bataryaları ve filtrasyon tamburlarını içeren düzenli bir tesistir. Amasra Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri Çizelge 6'da verilmektedir (TTK, 2003).

3. ZONGULDAK MERKEZ LAVUARI

Simon-Carves Firması tarafından kurulan Zonguldak Merkez Lavuarı 1957 yılında işletmeye açılmıştır. Tesis, kuruluşunda toplam 750 t/h kapasite ile Baum ve Acco tipi yıkama kasaları ve Denver tipi flotasyon hücrelerinin yer aldığı ünitelerden oluşmuştur. 1973 yılında devreye alınan ağır mayi ünitesiyle tesis kapasitesi 1000 t/h a çıkarılmıştır. Tesise 1992 yılında TEK tarafından Macar Transelektro firmasına kurdurulan filtrasyon ünitesi eklenmiştir.Filtrasyon ünitesinin kuruluşunu takiben, 1991 yılında flotasyon ünitesi devreden çıkarılmış ve 2002 yılında ünite tamamen sökülmüştür.

1990'lı yılların başında siklonlardan oluşan ağır mayi ünitesi devreden çıkarılmış ve 2002 yılında bu ünite tamamen sökülmüştür. 2002 yılında Üzülmez ve Kozlu Ocakları ağzına eleme ünitesi kurulması nedeniyle; lavuarın kırıcı ve tüvenan eleme donanımı devreden çıkarılmıştır.

Şekil 3'de Zonguldak Merkez Lavuarı'nın mevcut akım şeması verilmektedir. Lavuar da mevcut bulunan üniteler ve bu ünitelerin birimleri aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çizelge 5. Armutçuk Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri (taskomuru.gov.tr).

Analiz	ARMUTÇUK LAVUARI ÜRÜNLERİ				
	Krible 18-50	10-18	10-100	0-10	0-10 Yüksek
Rutubet (or) %	4±1	6±1	5±1	12±2	12±2
Kül (or) %	9±2	10±2	9±2	10±2	18±2
Uçucu Madde (or) %	33±1	32±1	32±1	29±1	26±1
Sabit Karbon (or) %	54±2	52±2	54±2	49±2	44±2
Üst Isı (or) kcal/kg	7000±150	6760±150	6925±150	6330±150	5560±150
Alt Isı (or) kcal/kg	6745±150	6500±150	6665±150	6055±150	5300±150
Kül (k) %	10±2	11±2	10±2	11±2	20±2
Uçucu Madde (k) %	34±1	34±1	34±1	33±1	30±1
Sabit Karbon (k) %	56±2	55±2	56±2	56±2	50±2
Üst Isı (k) kcal/kg	7290±150	7190±150	7290±150	7190±150	6320±150
Alt Isı (k) kcal/kg	7050±150	6955±150	7050±150	6955±150	6105±150
Karbon (C) %	73-77	73-77	73-77	73-77	64-67
Hidrojen (H) %	3.5-5.3	3.5-5.3	3.5-5.3	3-5	4±1
Toplam Kükürt (S) %	Max 0.9	Max 0.9	Max 0.9	Max 0.9	Max 0.9
Azot (N) %	0.8-1.4	0.8-1.4	0.8-1.4	0.8-1.4	0.8-1.4
Oksijen(O) %	7-9	7-9	7-9	7-9	7-9
Kül Erime (Min) °C	1270	1270	1270	1270	1270
Dilatasyon	25	25	25	25	10
Gray-King	F-G	F-G	F-G	F-G	F-G
FSI	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4
ULUSLAR ARASI SINIFLANDIRMA					
Kod No	622	622	622	622	--
Sınıf	VI.A	VI.A	VI.A	VI.A	--
Koklaşma	Orta	Orta	Orta	Orta	--
ASTM RANK SINIFLANDIRMASI					
Rank Sıkalası	63-145	63-145	63-145	63-145	63-143
Sınıf	II.Bitüm	II.Bitüm	II.Bitüm	II.Bitüm	II.Bitüm
Grup	hvAb	hvAb	hvAb	hvAb	hvAb

(or): orijinal bazda, (k): kuru bazda, hvAb: Yüksek uçuculu A Bitümlü

Çizelge 6. Amasra Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri (taskomuru.gov.tr).

Analiz	AMASRA LAVUARI ÜRÜNLERİ			
	Krible 18-50	10-18	10-100	0-10
Rutubet (or) %	5±1	7±1	6±1	14±2
Kül (or) %	14±2	16±2	15±2	10±2
Uçucu Madde (or) %	35±1	33±1	34±1	33±1
Sabit Karbon (or) %	46±2	45±2	45±2	43±2
Üst Isı (or) kcal/kg	6055±150	5735±150	5910±150	5725±150
Alt Isı (or) kca/lkg	5810±150	5595±150	5745±150	5510±150
Kül (k) %	15±2	16±2	15±2	12±2
Uçucu Madde (k) %	37±1	36±1	37±1	38±1
Sabit Karbon (k) %	48±2	48±2	48±2	50±2
Üst Isı (k) kcal/kg	6375±150	6285±150	6375±150	6655±150
Alt Isı (k) kcal/kg	6145±150	6055±150	6145±150	6415±150
Karbon (C) %	70±3	70±3	70±3	70±3
Hidrojen (H) %	4±1	4±1	4±1	4±1
Toplam Kükürt (S) %	Max 1,5	Max 1.5	Max 1.5	Max 1.5
Azot (N) %	1.2±0.4	1.2±0.4	1.2±0.4	1.2±0.4
Oksijen(O) %	8±2	8±2	8±2	8±2
Kül Erime (Min) °C	1270	1270	1270	1270
Dilatasyon	Kntrk.	Kntrk.	Kntrk.	Kntrk.
Gray-King	B	B	B	B
FSI	0-1	0-1	0-1	0-1
ULUSLARARASI SINIFLANDIRMA				
Kod No	711	7141	711	711
Sınıf	VII.	VII	VII.	VII.
Koklaşma	Çok Zayıf	Çok Zayıf	Çok Zayıf	Çok Zayıf
ASTM RANK SINIFLANDIRMASI				
Rank Sıkalası	58-135	58-135	58-135	58-135
Sınıf	II.Bitüm	II.Bitüm	II.Bitüm	II.Bitüm
Grup	hvBb	HvBb	hvBb	hvBb

(or): orijinal bazda, (k): kuru bazda, hvBb :Yüksek uçuculu B Bitümlü, Kntrk. :Kontraksiyon

3.1 Tüvenan-Brüt Kömür Silolama ve Nakil Ünitesi (Kriblaj Ünitesi)

Bu ünite, aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır;

1. *Tüvenan kömür siloları:* Onarlı üç sıra halindeki tüvenan kömür silolarının birim kapasitesi 100 ton olup, toplam kapasite 3000 ton olarak bilinmekle birlikte, aktif kapasite 2000 ton civarındadır. Tüvenan kömürler, Üzülmez ve Kozlu Müesseselerinde 80 mm'lik ön eleme işleminden sonra Kozlu Müessesesi'nden karayolu, Üzülmez Müessesesi'nden demiryolu ile lavuara nakledilerek bu silolara beslenmektedir.
2. *Tüvenan kömür besleme konveyörleri*: Tüvenan kömürün lavuara nakli 1070 mm genişlikli, her biri yaklaşık 300 t/h kapasiteli üç bantla yapılmaktadır.
3. *Brüt kömür siloları*: Yıkama kasalarına düzenli bir besleme yapılabilmesi amacıyla oluşturulan üç adet brüt kömür silolarının teorik kapasitesi 2800 ton olup, silo tasarımından dolayı aktif toplam kapasite 2400 ton civarındadır.

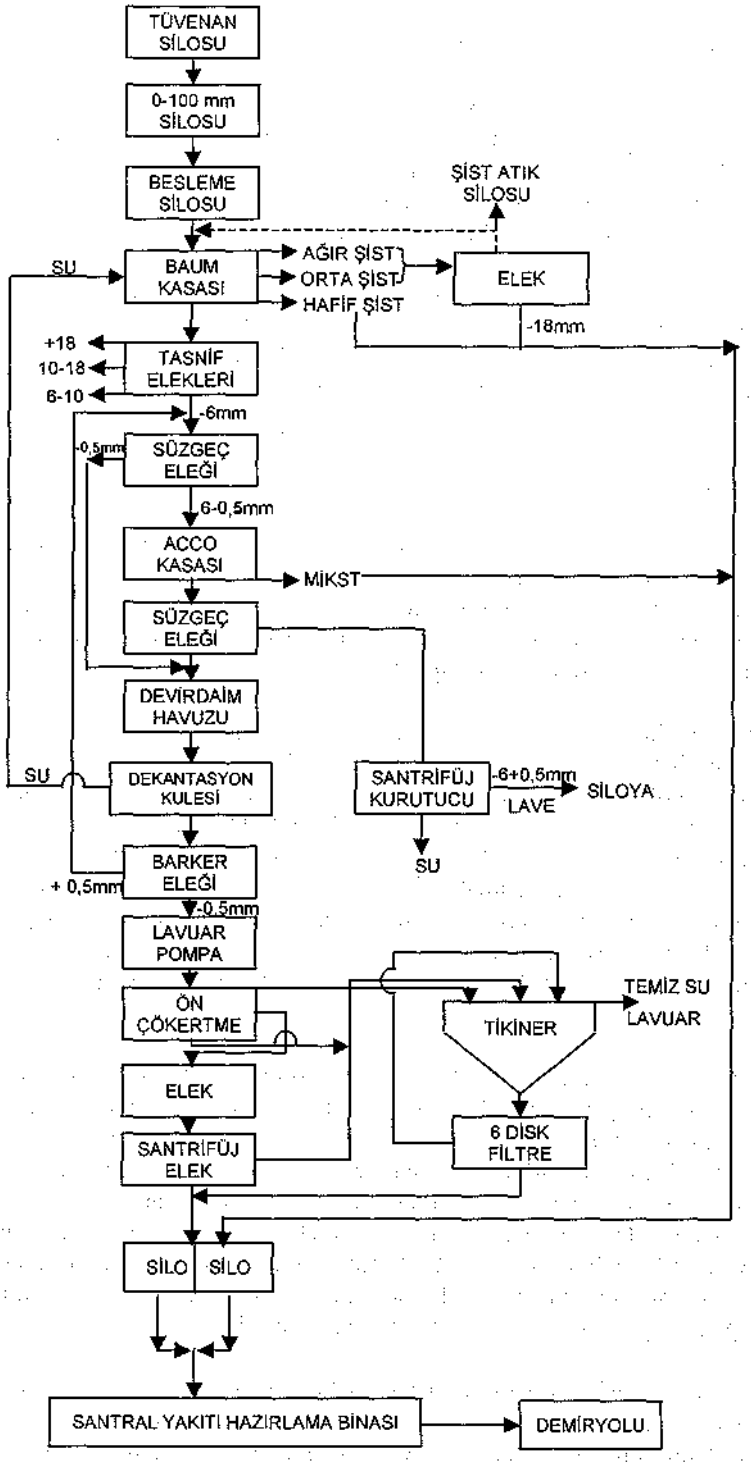
Süreç içinde bu üniteden, tüvenan elekleri, tromel kırıcı ve elle seçme (triyaj) donanımları çıkartılmıştır.

3.2 Yıkama Üniteleri

Kömür yıkama üniteleri iri kömür ve ince kömür yıkama kasalarından oluşmaktadır.

3.2.1 İri Kömür Yıkama Kasaları (Baum Kasaları):

Lavuarın kuruluş akım şemasında 0-100 mm kömür yıkanmaktaydı. Günümüzde, Üzülmez ve Kozlu Müesseselerinde yapılan 80 mm lik ön eleme işleminden dolayı, lavuarda yıkama 0-80 mm boyut aralığında gerçekleştirilmektedir. Yıkama işlemi sonunda, ağır şistler karayolu ile Kozlu sahili (Balkayası) atık sahasına gönderilmekte, orta şistler 18 mm den elenerek elek üstü yeniden kasaya verilmekte (veya nihai şist olarak atılmakta), elek altı, santral yakıtı olarak kullanılmak üzere mikste ilave edilmektedir. Hafif şistler ise (ara ürün), mikst silosuna alınmakta ve buradan filtrasyon tesisi karıştırma ünitesine beslenmektedir. Kasadan alınan temiz kömür, 50-80, 18-50, 10-18 ve 6-10 mm boyut gruplarında boyutlandırılarak lave silolarına gönderilmektedir. –6 mm lik kısım, rölövaj (süzgeç) eleklerinden elenerek, ayrılan –0,5 mm lik kısım devir-daim havuzuna gönderilmektedir. 0,5-6 mm lik malzeme, Acco ince ürün yıkama kasasına verilmektedir. Baum kasalarının toplam teorik kapasitesi 3x250 t/h olmakla birlikte, beslenen kömürün içerdiği şist miktarının çok fazla artmış olmasından dolayı kasalara bu miktarda besleme yapılamamakta, fiili kapasite toplam 600 t/h civarında gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3. Zonguldak Merkez Lavuarı'nın mevcut akım şeması.

3.2.2 İnce Kömür Yıkama Kasaları (Acco Kasaları):

İnce kömür yıkama kasalarında 0.5-6 mm boyut grubundaki kömürler yıkanmaktadır. Baum jiginden alınan 0,5-6 mm lik ürün ile, dekantasyon kulelerinin alt çıkışından alınan ve barker eleklerinde elenerek elde olunan 0.5-6 mm boyut grubu rölavaj eleklerine gelerek buradan Acco jiglerine beslemektedir. Yıkama sonunda iki ayrı ürün alınmaktadır. Bu ürünler 0.5-6 mm temiz kömür ve mikstdir.

Acco yıkama ünitelerinde susuzlandırma işlemleri 0.5 mm açıklıklı titreşimli elekler ve santrifüj kurutucular ile yapılmaktadır. Elek altına geçen -0.5 mm, devir daim havuzlarına gönderilmekte, barker eleklerinin altına geçen malzeme ise (-0.5 mm), filtre şlamı (santral kömürü) elde etmek üzere filtrasyon ve karıştırma tesisine sevk edilmektedir

3.3 Filtrasyon Ünitesi

Baum ve Acco yıkama kasalarından alınan –0,5 mm malzeme, devir-daim havuzunda toplanarak dekantasyon kulesine verilmektedir. Kule taşanı, Baum ve Acco yıkama kasalarına yıkama suyu olarak geri beslenmekte, kule çökeni süzgeç eleklerinden (barker elekleri) geçirilerek filtrasyon ünitesine beslenmektedir. Süzgeç eleklerinden alınan elek üstü malzeme Acco kasalarına geri gönderilmektedir.

Filtrasyon ünitesi, bir zenginleştirme ünitesinden farklı olarak sadece susuzlandırma ve karıştırma işlevi yapan bir birimdir. Lavuarda barker kontrol eleklerinin altına geçen –0.5 mm boyutlu şlamlı su (400-800 m^3/saat kapasiteli tulumbalarla, saatte ortalama 500 m^3) tulumbalar vasıtasıyla filtrasyon ön çökertme tankına (100 m^3) basılmakta, ön çökertme tankına beslenen şlamlı su, burada kendi halinde çöktürülerek üst taşma suyu büyük tikiner tankına (4000 m^3) aktarılmaktadır. Lavuardan beslenen, ön çökertme tankının altında biriken, yoğunluğu artmış şlam, tulumbalar vasıtasıyla filtrasyon tesisinin üst katındaki kavisli eleklere basılmakta, elek üstü, ya titreşimli eleklere ya da santrifüj kurutucuya verilerek rutubeti %10 civarına indirilerek, ürün toplama bandına sevk edilmektedir.

Tikiner tankında toplanan elek altlarının suları ve ön çökeltme tankının taşma suyu %0,1'lik flokülant ile salkımlaştırılarak çökme hızları arttırılmaktadır. Tikiner tankının alt çıkışında yoğunlaşmış şlamlı su, tulumbalarla tesisin üst katındaki her biri 20 ton/saat'lik 5 adet disk filtre tamburlarına beslenmektedir. Buradan alınan şlam da toplama bandına gönderilerek, yukarıda belirtilen santrifüj kurutucudan alınan %10 nemli ürün ile harmanlanmakta ve her biri 250 ton kapasiteli 4 adet ana ürün silolarında toplanmaktadır. Lavuar mikst silolarından bantlarla filtrasyon tesisine nakledilen mikst ürünü de bu tesisteki 250 ton kapasiteli 4 adet mikst silosunda toplanmaktadır. Filtrasyon ünitesi toplam kapasitesi yaklaşık 100 ton/saat civarındadır.

Mikst silolarındaki ürün, tesisin karıştırma birimindeki kumandalar vasıtasıyla kül içeriği %47±3 olacak şekilde karıştırılarak "termik santral yakıtı" olarak hazırlanmaktadır ve demiryolu ile ÇATES'e sevkedilmektedir. Üretim bölgelerinden gelen ve ortalama % 58-60 kül içeren tüvenan kömürden lavuarın yıkama ve filtrasyon ünitelerinde uygulanan işlemler sonunda;

- 0.5-6 mm , 6-10 mm, 10-18 mm ve +18mm, boyutlarda lave,
- %40-45 küllü mikst, ve
- %47±3 küllü santral yakıtı elde edilmekte,
- %85 küllü şist ise atık olarak atık sahasına gönderilmektedir.

3.4 Yükleme Ünitesi

Yükleme ünitesinde yer alan stok sahası, lave ürünleri ile mikst ve filtrasyon ürününün ayrı ayrı stoklandığı 20.000'er ton kapasiteli 2 adet (toplam 40.000 ton kapasiteli) sahadan oluşmuştur. Sahada stoklama miktarı fiili olarak 60.000 tona kadar çıkmaktadır. Bu sahanın ortasında dikey olarak ileri geri hareket edebilen stoklama aparatı bulunur ve lavuar iç silolarından gelen ürünleri stok sahasına döker.
Stok sahasındaki ürünler her iki bölümde bulunan ikişer adet (toplam 4 adet) kovalı yükleme aparatı ile bantlara aktarılır. Aparatların yükleme kapasitesi ürünün yoğunluğuna göre değişir ve ortalama 300-350 t/h dir. Bunlarla taşınan ürünler 2 adet hareketli vinç ile gemilere, ve yükleme aparatı-bantlar aracılığıyla vagonlara yada kamyonlara yüklenir. Yükleme işlemleri, yükleme aparatları kullanılmaksızın doğrudan lavuar iç ambarlarından da yapılabilir.

3.5 Laboratuar Ünitesi

Mevcut koşullarda, tüvenan kömür, temiz kömür ve filtrasyon ünitesi ürünleri ve çeşitli noktalardan alınan artıkların kül ve nem içeriklerine bakılmaktadır. Beslenen kömür miktarlarına, ürün miktarlarına, satılabilir ürünlerin kül içeriklerine göre, randıman hesapları da burada yapılmaktadır.

3.6 Merkez Lavuarına Beslenen Kömür ve Alınan Ürünlerin Özellikleri

3.6.1 Lavuara Beslenen Kömür

Zonguldak Merkez Lavuarı'na kuruluş itibariyle:
- Üzülmez Müessesesi'nden; Asma, Dilaver ve Çaydamar
- Kozlu Müessesesi'nden ; İncirharmanı ve İhsaniye,

ocaklarından çıkarılan tüvenan kömürler beslenmekteydi. Üzülmez Müessesesi Çaydamar ve Dilaver ocaklarının kapatılmasıyla, bu müesseseden yalnızca Asma İşletmesi ocaklarından çıkarılan kömürler lavuara beslenmektedir. Günümüzde; Kozlu Müessesesi ise tek işletme olarak (İhsaniye-İncirharmanı) birleştirilmiştir,

Üzülmez Müessesesi

–1200 kotuna değin yapılan hesaplamalara göre Üzülmez Müessesesi rezervleri Çizelge 7'de verilmektedir.

Çizelge 7. Üzülmez Müessesesi rezerv durumu (TTK Üzülmez, 2003).

Saha	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Asma-Dilaver	17155928	28206468	45167222	90529618
Çaydamar	-	42815010	41135990	83951000
Bağlık-İnağzı	-	62282000	74020000	136302000
Toplam	17155928	133303478	160323212	310782618

Çaydamar İşletmesi rezervlerinin şehir topuğunda kalması nedeniyle, Haziran 1994 tarihinde faaliyetlerine son verilmiştir. Bağlık-İnağzı sahasında şu an için bir üretim faaliyeti sürdürülmemektedir.

Günümüzde yalnızca Asma-Dilaver İşletmesinde üretim faaliyeti yürütülmekte olup, yapılan üretim II Nolu kuyu skip ünitesiyle (yaklaşık kapasitesi 750 ton/saat) ve ana galerilerle yeryüzüne çıkarılmaktadır (Açık ve Şahin, 2003).

Lavuara beslenen kömür özellikleri göz önüne alınacak olursa, +50 mm boyut grubunun kül içeriği %61,4, -50+18 mm boyut grubunun kül içeriği %74,4 ve toplam tüvenan kül içeriği %56,1 dir. Yapılan çeşitli araştırmalarda bu durumun kömür yapısında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmadığı, buna, üretim ve nakliyat sırasındaki bazı uygulamaların neden olduğu belirtilmiştir. Aşağıda Çizelge 8'de verilen, bu işletmenin bazı damarlarından kazı arını boyunca alınan kanal numunelerinin analiz sonuçlarına bakıldığında, damar kül içeriklerinin %21,1-39,8 arasında olduğu görülmektedir. Bu durumun dışında kül içeriğine sahip kömür damarlarının da olduğu bilinmektedir. Çizelge 8'de yer alan damarların üretimi temsil ettiğini varsayacak olursak; şu an için lavuara bu müesseseden beslenen kömür külü, hiç yabancı madde karışmayacak olsa %31 civarında olacaktır. Toplam tüvenan bazında, şu an için lavuara beslenen kül değerine (%56,1) ulaşmak için tamamı taş olan %40 civarında malzeme karıştırmak gerekmektedir. Bu durum üst boyut grupları için ise %60'ın üzerinde taş miktarına karşılık gelmektedir. Üretimden ve diğer konulardan kaynaklanan taş karışma miktarı %20 oranlarında gerçekleşse dahi, üretilmesi gereken kömürün kül içeriği maksimum %45 civarında olacaktır.

Çizelge 8. Üzülmez Müessesesi'nden alınan bazı damarlara ait kanal numunelerinin kül içerikleri (TTK Üzülmez, 2003).

Damar adı	Ortalama kül (%), orjinal bazda
Nasıfoğlu	33,8
Çay	21,1
Taşbaca	27,8
Sulu	39,8
Damarların ortalamaları	30,6

Kozlu Müessesesi

Kozlu Müessesesi'nde üretim –300/-425, -425/-485 ve -485/-560 katlarında yürütülmektedir. Yapılan üretim, Kozlu Yeni Kuyu (kapasitesi yaklaşık 600 ton/saat) ve 2 Nolu Kuyudan (kapasitesi yaklaşık 300 ton/saat) çıkarılmaktadır.

Çizelge 9'da görüldüğü üzere Kozlu Müessesesi toplam görünür rezervi Mostra/-700 m katları arasında 81746821 tondur. Kozlu Müessesesi yetkilileriyle yapılan görüşmelerde

bu rezervin işletilebilir rezerv olarak değerlendirilemeyeceği, mevcut havza koşullarında damar kalınlıklarının çok ince olması nedeniyle ekonomik anlam taşımadığı ifade edilmiştir (Kutlu ve Kayabalı, 2003). Toplam görünür rezervin yaklaşık olarak 50 milyon ton, toplam rezervin ise (görünür, muhtemel, mümkün) yaklaşık 80 milyon ton olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 9. Kozlu Müessesesi rezerv durumu (ton) (TTK Kozlu, 2003).

Görünür (Mostra/-700)	Muhtemel (-700/-900)	Mümkün (-900/-1200)	Toplam
81746821	40539000	47975000	170260821

Lavuara beslenen kömür özellikleri göz önüne alınacak olursa genel olarak toplam tüvenanda, özelde de üst boyut gruplarında kül içeriğinin %70 seviyesine kadar yükseldiği görülmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda bu durumun kömür yapısında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmadığı, üretim ve nakliyat sırasında bazı uygulamalardan ve düşünce yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir. Aşağıda Çizelge 10'da yer alan, Kozlu Müessesesi'nin bazı damarlarından kazı arını boyunca alınan kanal numunelerinin analiz değerlerine bakıldığında, damar kül içeriklerinin %17-40 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerin dışında kül içeriğine sahip kömür damarlarının da olduğu bilinmektedir. Çizelge 10'daki damarların üretimi temsil ettiğini varsayacak olursak; şu an için lavuara bu müesseseden beslenen kömür külü hiç yabancı madde karışmayacak olsa %32 civarında olacaktır. Toplam tüvenan bazında, şu an için lavuara beslenen kül değerine (%59) ulaşmak için tamamı taş olan % 45 civarında malzeme karıştırmak gerekmektedir. Bu durum üst boyut grupları için ise % 60'ın üzerinde taş miktarına karşılık gelmektedir. Nitekim, lavuar artıkları incelendiğinde içinde karbon görülmeyen önemli miktarda malzeme olduğu görülmüştür. Aşağıda irdelenen durumlardan kaynaklanan taş karışmasının yarı yarıya azaltılması durumunda dahi kömür külü en fazla % 45 olacaktır.

Çizelge10. Kozlu Müessesesi'nden alınan bazı damarlara ait kanal numunelerinin kül içerikleri (TTK Kozlu, 2003).

Damar adı	Ortalama kül (%), orjinal bazda
B. Damar	33,1
Sulu	29,3
Acılık	17,1
Çay	40,2
B. Kılıç	33,8
Damarların ortalamaları	32,0

Üretilen kömürün kül içeriğindeki bu önemli artışın nedenlerini araştırmak üzere Kozlu ve Üzülmez Müesseseleri'nde yetkililerle yapılan görüşmelerde aşağıda özetlemeye çalışılan durumlar saptanmıştır:

1. Kalın ara kesmeler herhangi bir seçime tabi tutulmadan (ayak arkasına atma gibi) doğrudan kömüre karıştırılmaktadır.
2. Kazı sırasında tavan ve taban taşından önemli ölçüde karışma olmaktadır.
3. Taban yolları ilerlemelerinde taş ve kömür ayrı ayrı nakledilmemekte, bunlar aynı vagonlarla kömür silolarına taşınmaktadır.
4. Kuyu dibi silolarında kömür ve taş ayrı ayrı silolanmamaktadır. Bu durumda nakliyat ayrı yapılsa bile, silo içi kalıntılarıyla yoğun bir kirlilik meydana gelmektedir.
5. İşçiler arasında, "çıkarılan malzeme ne olursa olsun ancak üretim düşmesin, alacağımız prim azalmasın ve üretimden dolayı suçlanmayalım" anlayışı yaygındır, "Lavuarın işi ne?, taş ayıklamak değil mi?" anlayışından kaynaklanan umursamazlık hakimdir.

3.7 Zonguldak Merkez Lavuarı İle İlgili Yapılması Planlanan Çalışmalar

3.7.1 Zonguldak Merkez Lavuarı'nın Modernizasyonu/Revizyonu İçin Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Zonguldak Merkez Lavuarı revizyon/modernizasyonu için atılan ilk adım (1970'li yıllarda başlayan) kapasite artışına yöneliktir. Bu amaçla, sisteme 250 ton/saat'lik ağır ortam ünitesi eklenerek kapasite 1000 ton/saat'e çıkarılmıştır. Sonraki yıllarda ortaya çıkan bazı teknik sorunlardan, daha çok organizasyon bozukluklarından kaynaklanan durumlardan dolayı ağır ortam ünitesi devre dışı bırakılmıştır.

Bunu takip eden yıllarda; önce uygun miktarda ve kalitede santral yakıtı sağlamak ve çıkan çevresel sorunları aşmak amacıyla (flotasyon devresinin kaldırılmasına yol açan), –0,5 mm kömürlerin susuzlandırıldığı ve diğer ara ürünlerle karıştırıldığı filtrasyon tesisi kurulmuştur.

1980'li yılların başında, lavuarın teknik olarak ömrünü tamamladığı, istenilen kalite ve miktarda kömür yıkayamadığı ve yıkayamayacağı şeklinde hakim bir görüşle, öngörülen üretim programlarına bağlı olarak, 1000 ton/saat kapasiteli bir modernizasyon çalışmasına başlanmıştır. Bu Modernizasyon çalışmasında TTK'nın içinde bulunduğu durum aşağıda belirtildiği gibi özetlenmektedir.

- Zonguldak'ta üretilen kömürlere dayalı kokla çalışması planlanan ERDEMİR ve KARDEMİR Fabrikaları, o günlerin yeni piyasa koşullarında daha düşük kül içerikli ve daha ucuz kömür ithal etmeye başlamışlardır,
- TTK (EKİ), artan metalürjik kömür ihtiyacını miktarca karşılayamaz duruma düşmüştür.
- TTK, yeni çıkan koşullara uygun kalitede (düşük küllü) kömür üretimi politikası geliştirmekte gecikmiştir. Tüvenan kömür külü; lavuarların kuruluşundaki %38 değerinden başlayarak, %60–65 değerlerine ulaşmıştır. Metalurjik kömürlerin

hazırlandığı, Zonguldak ve Çatalağzı Lavuarları yıkama sistemleri, giderek artan tüvenan kömür külü de göz önüne alınacak olursa, bu kömürlerin yıkanması için hem uygun değildir, hem de ömrünü tamamlamıştır.

Söz konusu projede vurgulanan, kısmen bizim de katıldığımız bu görüşlere göre bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların hemen tamamı yabancı firmalar eliyle yürütülmüş olup, TTK katkısı bu firmalara rehberlik etmekle sınırlı kalmıştır. Toplam dört kömür hazırlama tesisine sahip olan TTK ortaya çıkan veya ortaya çıkması muhtemel durumlar için uzman bir kömür hazırlama grubu oluşturmamıştır. Yabancı firma ve kuruluşlarca hazırlanan diğer çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir (bu çalışma devam ederken flotasyon devresinin yerini alacak bir filtrasyon ünitesi kurulma aşamasındaydı).

Almanya Hükümeti işbirliğince hazırlanan rapor; bu rapora göre Zonguldak ve Çatalağzı Lavuarlarının kuruluşunda integral kömür yıkamanın seçilmiş olması, gereksiz tasnifler ve sistemin genel olarak karmaşık, çok sayıda bant ve boru sistemleriyle donatılmış olması uygun bulunmamış olup:

i. TTK tarafından uzman bir kömür hazırlama grubu oluşturularak, lavuarlar hakkındaki gelişmelerin bu grup tarafından saptanması ve müdahale planları hazırlanması,

ii. Mevcut sistemin basitleştirilmesi ve aksaklıkları saptanan durumların revize edilmesi önerilmiştir.

iii. Kapasite artışı yapılacaksa, bunun için yeni yıkama sistemi çalışır durumda iken, aynı binada yüksek kapasiteli yıkama sandığı kurulması ve eski sistemin daha sonra devreden çıkarılmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

İngiliz-Davy McKee ve Türkiye-Tümaş işbirliğiyle hazırlanan ikinci rapor; Zonguldak ve Çatalağzı Lavuarları'nın bütünüyle modernize edilmesi yaklaşımıyla başlatılmıştır. Bu amaçla yapılacak iş ihale edilmiş, ihaleyi alacak firmadan, tesisin kurulması dışındaki tüm faaliyetleri (tesis yerleşimi, cihazların seçimi, kuruluş maliyeti ve işletme giderleri vb) yerine getirmesi istenmiştir. Hazırlanan raporda;

Zonguldak için 1000 veya 1500 ton/saat kapasiteli, iri ve orta boyutlu kömürlerin jiglerde, -0.5 mm nin ise flotasyonla hazırlanmasına dayalı bir sistem önerilmiştir.

i. Oldukça yüksek kül içerikli tüvenan kömürün öncelikle içerdiği taşlardan arındırılması için bir yıkama kasası (ROM jig) ve bunu takiben BATAC veya benzeri bir jigde yıkama önerilmiştir.

ii. Proje verildiği sırada her iki lavuarda da flotasyon ünitelerini devreden çıkaran filtrasyon üniteleri kurulmuş olmasına rağmen, proje kapsamı içinde flotasyon devreleri düşünülmüştür.

3.8 Zonguldak Merkez Lavuarı'nın Revizyon/Modernizasyon Gerekçeleri

TTK'nın "*uzman kömür hazırlama grubu*" hiçbir zaman oluşturulmamıştır. Lavuarın kuruluş aşamasından kaynaklanan bazı sorunlar olmakla birlikte süreç içinde çıkan sorunlara zamanında müdahale edilememiş ve uygun çözümler ortaya konulamamıştır. TTK'nın geçmiş yıllardaki revizyon/modernizasyon talepleri; *kapasite artışı ve/veya ocaklardan üretilen kömürün, özellikle demir-çelik endüstrisi için uygun nitelikte (düşük kül) hazırlanamamasından* kaynaklanmıştır. Ancak, TTK tarafından yapılan üretim hiçbir zaman lavuarların kapasitesinin üstüne çıkmamıştır, üretim artışı projeksiyonları tutturulamamıştır. Üretimde artış bir yana, aynı seviyede kalması dahi ancak, "kömüre taş katılmasıyla" sağlanabilmiştir. Lavuarın kuruluş yıllarına göre tüvenan kömürün içerdiği taş oranı %30-35 artarak %50 seviyesine ulaşmıştır.

Kömürün kül içeriğindeki artışın nedeni ilgililerce, eskiden çalışılan damarların yeniden üretime alınmasından ve derin kotlara inildikçe kömürün yapısının değiştiği gerekçeleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Kül/taş oranındaki artışa ilişkin öne sürülen bu gerekçelerin doğru olmadığı açıktır. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren, eski damarlarda çalışmanın yaygın olduğu Çaydamar İşletmesi'nin kapanmasına ve diğer ocaklarda da eski damarlarda çalışmalar neredeyse bütünüyle durdurulmasına rağmen, kül (taş) içeriğinde en küçük bir azalma olmamış, aksine artarak % 60-65 kül seviyesine ulaşılmıştır. Ayrıca pek çok bağımsız araştırmacı ve hatta TTK tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konulduğu gibi damar külleri % 30-35 civarındadır, kül artışının, çıkarılan kömüre bilinçli olarak taş katılmasından (üretimden prim alınması, üretim prevüsünün tutturulması) ve/veya özensiz üretimden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu durum, günümüzde de lavuarda ortaya çıkan ve halen yaşanan pek çok sorunun kaynağıdır.

Jiglerin çalışmasında ve çıkan arızaların artmasındaki temel sorun, kuruluş aşamasına göre, tüvenan kömürün içerdiği taş oranının % 30-35 artarak % 50 seviyesine ulaşmasıdır. Zonguldak kömürleri yapısal özellikleri dolayısıyla "kolay yıkanabilir" olup, jiglerde zenginleştirilmeye oldukça müsaittirler. Bugünkü durumda, kapasiteyi sınırlayan ve istenilen vasıflarda ürün alınmasını etkileyen en önemli faktörde tüvenan kömürün içerdiği taş miktarıdır. TTK tarafından hazırlatılan lavuar modernizasyonu projelerinde de bu sorunun ön taş ayırması yapılarak aşılması önerilmiştir.

Beslenen kömürün içerdiği taş miktarındaki aşırı artışa, yıkama, eleme ve diğer ünitelerde zamanında yapılmayan revizyonlara rağmen lavuarda, demir-çelik fabrikaları için TTK Genel Müdürlüğü'nün öngördüğü nitelikte (%11'in altında kül içeriğine sahip kömür) ürün alınabilmektedir. Bu miktarın çok az olması, daha önce belirtildiği üzere beslenen kömürün içerdiği yüksek oranlı şistten kaynaklanmaktadır. Sistemde kömür kayıplarının hemen hemen hiç olmaması, yüksek kül içeriğinde santral yakıtı üretilmesinin sonucudur.

Bir işletmede (kapanmadığı sürede) yapılacak revizyonlar sürece yayılmalı, işletmenin ekonomik durumu, amortisman, verimlilik vs durumları göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Lavuara beslenen tüvenan kömürün, damarların gerçek yapısını ve dolayısıyla gerçekte olması gereken üretimi temsil etmediği göz önüne alınırsa (taş içeriği açısından), lavuarın mevcut durumundaki kısa dönemli revizyonlar dışındaki alternatiflerin, yapılacak kontrollü üretimle taş oranının azaltılması sonrası (%40-45 kül içerikli tüvenan üretimi yaklaşık 2005 sonu) yerine getirilmesi akılcı bir davranış olacaktır. Çünkü, seçilecek yıkama yöntemi ve kapasite seçiminde artık miktarı çok önemli bir rol oynamaktadır. Mevcut koşullarda, yalın bir yöntemin önerilmesi (tek cihazda yıkama gibi) çok güçtür.

Metalurjik amaçlı kömür yıkamaya yönelik olarak Zonguldak Merkez Lavuarı'nda yapılacak revizyon çalışmaları:

i. Lavuarın mevcut hali korunarak yapılacak teknik ve idari reorganizasyonu

ii. Merkez Lavuarı alternatifleri

Olmak üzere iki grup halinde değerlendirilmelidir

Lavuarın mevcut hali korunarak yapılacak teknik ve idari reorganizasyon çalışmaları GMİS ile Karaelmas Üniversitesi arasında hazırlanan protokol çerçevesinde ayrıntılı olarak incelenmiş, böylesi bir reorganizasyonun olumlu katkılarının olacağı belirlenmiştir. Bu bildiride bu ayrıntılara değinilmemiş, Zonguldak Merkez Lavuarı alternatifleri üzerinde durulmuştur.

3.9 Zonguldak Merkez Lavuarı Alternatifleri

Merkez Lavuarı alternatifleri için öneriler, 2003 yılında üretimdeki gerçekleşme oranı ve 2004 yılı üretim programı göz önüne alınarak yapılmıştır. Lavuarın fiili yaklaşık 3500-4000 ton arasında yıkamaya girecek kömür silolama imkanı vardır. Bu tonaj, yaklaşık olarak günlük yıkanan kömür miktarına yakın bir değer olup, çeşitli duruşlarda esneklik sağlayabilecektir. Çizelge 11'de 2003 yıl sonu itibarıyla Merkez Lavuarı'na beslenen (yıkanan) kömür miktarları, Çizelge 12'de Kozlu ve Üzülmez Müesseselerinin 2004-2007 yılları için üretim programları verilmektedir. 2004 yılı için kurumun önerdiği üretim miktarı yaklaşık 2 milyon tondur. Çizelge 13'de 1998-2002 yıllarının üretim programları ve gerçekleşme oranları sunulmaktadır. Çizelge 13'de verilen değerler incelenirse, 1999-2002 yılları arasında üretim hedefinin 2 milyon tonun üzerinde olmasına rağmen, gerçekleşen üretim en fazla 1.5 milyon ton'dur. Haftada 6 gün çalışılacağı ve çeşitli tatiller göz önüne alınacak olursa yıllık çalışma günü yaklaşık 286 gün olmaktadır. Bu durumda, 2004 yılı için üretim miktarının (2003 yılı fiili üretimi, üretimin % 15-20 oranında artması durumunda dahi) 5300-5500 ton/gün civarında olması beklenmektedir. Aynı tahminin 2005 yılı için de yapılması durumunda lavuarda yıkanacak kömür miktarı en fazla 6000 ton/gün olacaktır. Üretim programlama çalışmaları, üretim artışından çok, en azından kısa vadede üretim miktarı korunarak, ocaklardan çıkarılacak kömür külünün düşürülmesi hedeflenerek yapılmalıdır. Böylesi bir tüvenan üretimi iyileştirme programı, tüvenan üretimini değil ama satılabilir kömür miktarı ve kalitesini doğrudan etkileyecektir.

Çizelge 11. 2003 yılında Merkez Lavuarı'na beslenen (yıkanan) kömür miktarları.

Bölge	2003 (ton)	2003 Program (ton)	Gerçekleşme oranı (%)
Üzülmez	716597	846900	84,61
Kozlu	600008	765900	78,34
Toplam	1316605	1612800	81,63

Çizelge 12. Üzülmez ve Kozlu Müesseselerinin 2004-2007 yılları arası üretim programı.

Bölge	Yıllara göre üretim programı (ton/yıl)			
	2004	2005	2006	2007
Üzülmez	1050000	1200000	1200000	1200000
Kozlu	934500	934500	934500	934500
Toplam	1984500	2134500	2134500	2134500

Zonguldak Havzası taşkömür varlığı ülkemizin tek koklaşabilir kömür zenginliğidir. TTK'nın öncelikli hedefi üretilen kömürü metalurjik amaçlı kullanıma hazırlamak olmalıdır. Bu nedenle de lavuarlar kurumun olmazsa olmazıdır, mutlaka iyileştirilmeli/korunmalıdırlar. Mevcut Merkez Lavuarı son yıllarda pek çok olumsuz spekülasyonla karşı karşıyadır. Yerel yönetim ve çevre baskısı da Merkez Lavuarı üzerindeki baskıları arttırmaktadır. Gelinen noktada TTK Kozlu ve Üzülmez kömürlerini yıkama alternatifleri üretme arayışı içindedir. Kozlu ve Üzülmez kömürlerinin yıkanması amacıyla gündeme gelen alternatifler:

1. Kozlu ve Üzülmez kömürlerinin, bu müesseseler bünyesinde kurulacak mobil veya modüler lavuarlarda yıkanması,
2. Kozlu ve Üzülmez kömürlerinin mevcut lavuar alanı korunarak, mevcut bina veya yerine kurulacak yeni binada yıkanması

şeklindedir.

Çizelge 13. Üzülmez ve Kozlu Müesseselerinin 1998–2002 yılları arası üretim programı ve gerçekleşme oranları.

Yıllara göre üretim		Üzülmez	Kozlu	Toplam
1998	Program (ton)	1229140	845600	2074740
	Fiili (ton)	729141	599472	1328613
	Gerçekleşme Oranı (%)	59	% 71	% 64
1999	Program (ton)	1208000	845600	2053600
	Fiili (ton)	631682	567707	1199389
	Gerçekleşme Oranı (%)	52	% 67	% 58
2000	Program (ton)	1208000	845600	2053600
	Fiili (ton)	775991	638540	1414531
	Gerçekleşme Oranı (%)	64	% 75	% 69
2001	Program (ton)	1102300	1013210	2115510
	Fiili (ton)	826471	665213	1491684
	Gerçekleşme Oranı (%)	75	% 66	% 71
2002	Program (ton)	1030200	909000	1939200
	Fiili (ton)	821911	657782	1479693
	Gerçekleşme Oranı (%)	% 80	% 72	% 76

Bir kömür hazırlama tesisi:

1. Tüvenan kömür stoklanması,
2. Yıkama ünitelerine besleme siloları,
3. Yıkama üniteleri,
4. Yıkanmış ürünlerin silolanması,
5. İnce ürün ve atıkların susuzlandırılması,
6. Ürünlerin stoklanması ve yüklenmesi,
7. Atıkların uzaklaştırılması,

ünitelerinden oluşur. Kurulacak yeni bir tesiste bunların göz önüne alınması gerekir.

Mobil Olarak Tanımlanan Kömür/Cevher Hazırlama Tesisleri

Mobil olarak tanımlanan cevher/kömür hazırlama tesisleri aşağıda verilen durumlar için kurulurlar.

1. Yeni üretime geçen bir işletmenin, tam kapasiteye erişinceye kadar ortaya çıkan üretiminin hazırlanması ve ana hazırlama tesisi için veri oluşturulması ve/veya,
2. Kum-mıcır hazırlama, çeşitli kırma tesisleri ve iri boyutta zenginleştirmenin yapılacağı, susuzlandırma, stoklama vb işlemlerin yapılmayacağı tesisler için söz konusudur.

Böylesi bir tesiste; üretim boyutu küçük olduğu için (çıkan ürünlerin stoklanması, fazla miktarda su ihtiyacını karşılayacak tanklar ve atıkların bertarafı vb) işletmecilik sorunları sınırlıdır.

Modüler Olarak Tanımlanan Kömür/Cevher Hazırlama Tesisleri

Modüler tesisler nispeten yalın zenginleştirme üniteleridir, ince boyutta öğütme ve zenginleştirme (flotasyon gibi) yapılmayan tesislerdir, nispeten küçük ölçekli bu tesislerde kapalı alan ihtiyacı sınırlanmaktadır fakat, ince boyutlu ürünün ve atığın susuzlandırılması ve tüvenan silolama vb ünitelerin eklenmesi ihtiyacını gerektirirler.

Kozlu ve Üzülmez Kömürlerinin ayrı, ayrı veya tek bir modüler lavuarda hazırlanması için ortaya çıkan veya çıkacak ihtiyaçlar:

1. Tesisin günlük kapasitesini karşılayacak tüvenan stoklama ve besleme bunkerleri,

2. Su beslemesinin düzenli olarak yapılmasını sağlayacak, temiz su tankları,

3. Tesise beslenen tüvenan kömürün zenginleştirme cihazlarına beslenmeden önce sınıflandırılması,

4. İri ve orta boyutlu kömürlerin hazırlanması (yıkanması),

5. 0,5 mm'nin altındaki boyut için zenginleştirmenin flotasyonla yapılması,

6. İnce ürünlerin ve artıkların susuzlandırılması ve uygun düzeyde temizlenmiş suların sisteme geri verilmesi,

7. Lave ve mikstlerin stoklanması, ve

8. Atıkların uzaklaştırılarak stoklanacağı döküm sahasıdır.

Yukarıda sayılan bu maddelerden, flotasyonla zenginleştirme, ortaya çıkan çevresel koşulları sağlamak ve ÇATES'e yeterli düzeyde yakıt sağlamak amacıyla TTK'nın uzun süreden bu yana gündemden çıkardığı bir husustur. Bunun dışında kalan tüm koşullar adı ister mobil, ister modüler vb olsun yeni kurulacak her tesis için yerine getirilmelidir. Yani, *Kozlu ve Üzülmez Müesseselerine yeni tesisler kurulacak olursa, zenginleştirme*

ünitesi dışında; tüvenan stoklama, lave ve mikst kömür stoklama, ince kömür susuzlandırma ünitelerine ve atıkların uzaklaştırılarak bertaraf edileceği atık stok sahalarına ihtiyaç doğacaktır. Ayrıca, hem bu yeni lavuarlardan alınacak temiz kömürün, hem de mevcut Çatalağzı Lavuarı'nda üretilen temiz kömürün liman yoluyla satılabilmesi için, *Zonguldak Lavuarı temiz kömür stok alanı ve yükleme tesislerinin korunması gerekir.*

3.9.1 Üzülmez Müessesesi'ne Yeni Lavuar

Bu bölgede, söz konusu tesislerin tamamının kurulabileceği bir alan yoktur. Çıkan ürünlerin stoklanabilmesi ve satışa sunulabilmesi için Zonguldak Limanı Stok Sahası ve Yükleme Tesisleri'nin korunması gerekmektedir. Üzülmez Bölgesi'nde kurulacak yıkama tesislerinde yalnızca kömür yıkama yapılarak, -0,5 mm kömürün ise Zonguldak Filtrasyon Tesislerinde susuzlandırılmasının mümkün olması için:

1. Bu bölgede kömürün kuru olarak elenmesi (yaklaşık 20 mm'den) ve bu şekilde Zonguldak'a nakli gerekir. Yani bu durumda, Zonguldak'taki mevcut sahada ince kömür susuzlandırılması yanı sıra, 20-0,5 mm boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesi,

2. Ayrıca, Üzülmez Lavuarı'nda yıkama sonucu elde edilen temiz kömürün Zonguldak Limanı na nakli, ve

3. Çıkan atıkların (şistlerin) ya yeni stok sahasına, yada mevcut Balkayası atık sahasına nakli gerekir.

Bu şekilde bir hazırlama, cevher hazırlama ilkelerinin hiçbir koşulunu yerine getirmez.

Üzülmez Lavuarı alternatifi başka bir bakış açısı ile irdelenecek olursa (akım şeması değiştirilirse), örneğin, belli bir boyutta kuru eleme yapılarak, iri boyutun buradaki modüler lavuarda zenginleştirilmesi, ince boyutun ise ÇATES'e verilmesi şeklinde bir akım şeması oluşturulursa, bu durumda:

i. Yapılabilecek kuru eleme boyutu yaklaşık 20 mm civarında olabilecektir.

ii. 20 mm' altındaki boyut demiryoluyla Çatalağzı'na nakledilmelidir.

iii. 20 mm üstündeki boyut grubundaki kömür buradaki mobil lavuarda zenginleştirilebilir. Burada çok önemli bir husus ortaya çıkmaktadır. Mevcut koşullarda *Üzülmez Kömürlerinin 20 mm'nin üstündeki oran %30-35 olup,* bu boyut grubundan elde edilebilecek metalurjik amaçlı kömür miktarı, yıkanan kömürün yaklaşık %10 u olacaktır (2003 Ocak, Şubat ayları Merkez Laboratuarı yüzdürme sonuçlarına göre değerlendirme yapılmıştır). Sayısal bir örnek verilecek olursa; *günlük 2500 tonluk bir tüvenan üretiminden bu şekilde elde edilebilecek lave kömür miktarı (2500*0,35*0,10) 87,5 ton/gün olacaktır.* Diğer malzeme atık olarak muhtemelen Balkayasına nakledilecektir.

Bu alternatifin de ekonomik olmayacağı açıktır ve TTK ihtiyaçlarına cevap vermeyecektir.

Burada üretilecek kömürlerin, Kozluda kurulabilecek yeni bir lavuarda veya Çatalağzı Lavuarı'na nakledilerek yıkanması alternatifleri, ortaya çıkacak nakliyat masrafları vb. açılardan hayal gücünü oldukça zorlayacak seçeneklerdir. Yani, bu bölgede kurulacak lavuar her türlü yıkama/hazırlama gereksinimlerini (stoklama, sınıflandırma, iri ve orta boyutta yıkama, ince kömürlerin susuzlandırılması vb) yerine getirmek zorundadır. Ortaya çıkacak sonuç, yatırım maliyetlerinin hemen iki katına çıkması ve nihayetinde yıkama maliyetlerinin aşırı artmasıdır.

3.9.2 Kozlu Müessesesi'ne Yeni Lavuar

Kozlu Müessesesi'ne kurulması muhtemel lavuarda yalnızca Kozlu Müessesesi'nde üretilen kömürler hazırlanabilecektir. Bu bölge, yeni bir tesis için yeterli fiziksel alana sahiptir. Kozlu Müessesesi'nde yeni bir lavuar kurulması, Üzülmez'e ayrı bir lavuar kurulması seçeneğinin gerçekleştirilmesiyle mümkün olacaktır.

Mevcut lavuar sahasında yeni bir yıkama tesisi kurulacak olursa, daha önce değinildiği gibi mevcut lavuar tesisleri:

i. Tüvenan kömür stok ambarlarına,

ii. Çeşitli ürün stok ve yükleme imkanlarına,

iii. İnce kömür susuzlandırma tesislerine sahiptir.

Kurulabilecek en ucuz bir zenginleştirme tesisinin ek ihtiyacı olan bu üniteler, zenginleştirme tesisinin yaklaşık olarak 2-3 katı maliyetle kurulabilir

3.9.3 Mevcut Lavuar Binasının Kısmen Kullanımı Ve Yeni Yıkama Ünitesi

Zonguldak Lavuarı, zaman içinde gerekli teknolojik ve idari müdahalelerin yapılmaması nedeniyle gereğinden fazla aşınmış, metruk görünümlü bir tesistir. Şehir merkezi içinde kalmış binalar, bir zenginleştirme tesisinden çok, terkedilmiş harabe görünümündedir. Lavuarın modernizasyonuna, bu görüntünün ortadan kalkmasını sağlayacağı için olumlu bakılabilir.

Geçmiş yıllarda yapılan "Merkez Lavuarı Modernizasyon Çalışmaları"nda; 1000 veya 1500 ton/saat yıkama kapasitesine sahip akım şemasında iri kömür yıkama, orta kömür yıkama ve –0,5 mm'nin flotasyonla değerlendirilmesi yer almış ve öneriler bu doğrultuda yapılmıştır. Ancak, mevcut binanın bu donanımın yükünü kaldıramayacağı öne sürülmüştür.

Geçmişten farklı olarak bugün ortaya çıkan durumda ise; toplam 5500 ton/saatlik bir yıkama kapasiteli, flotasyonun olmadığı, iri ve orta boyutta yıkamanın yer aldığı akım şeması söz konusudur.

Bu akım şemasında, tesis bünyesinde olan:

i. Tüvenan kömür silolarının,

ii. Brüt kömür silolarının,

iii. Bu proje gerçekleştirilmeden değiştirilmişse, santrifüj kurutucuların,

iv. Ürün silolarının,

v. Su dolaşım sistemlerinin,

vi. İmkanlar ölçüsünde çeşitli bant konveyör donanımlarının (örneğin, şu an lavuarı besleyen 3 ana konveyörden birinin, sistemde devre dışı kalmış ve/veya devre dışı bırakılabilecek diğer donanımlar)

vii. Filtrasyon ve karıştırma tesisinin, ve

viii. Ürün stoklama ve yükleme tesislerinin

kullanımı öngörülmektedir. Mevcut binalarda flotasyon ve ağır mayi siklon devreleri sökülmüştür. Kurulması önerilen bu yeni tesis; şu an önemli ölçüde boşaltılmış ve her türlü tadilata imkan veren "flotasyon binası"nda ve/veya eski tikinerlerin ve malzeme ambarlarının bulunduğu kısımda kurulabilir. Öngörülecek yeni yıkama ünitesi; yıkama kasaları (jig) kullanarak veya ağır ortam esaslı bir yıkama devresinden oluşturulabilir. Uygun seçenek mevcut tesisin çalışmasını engellememe koşuluyla, ilk yatırım ve işletme giderleri göz önüne alınarak;

i. öngörülen binada veya bina alanında

ii. çalışacak personel sayısı,

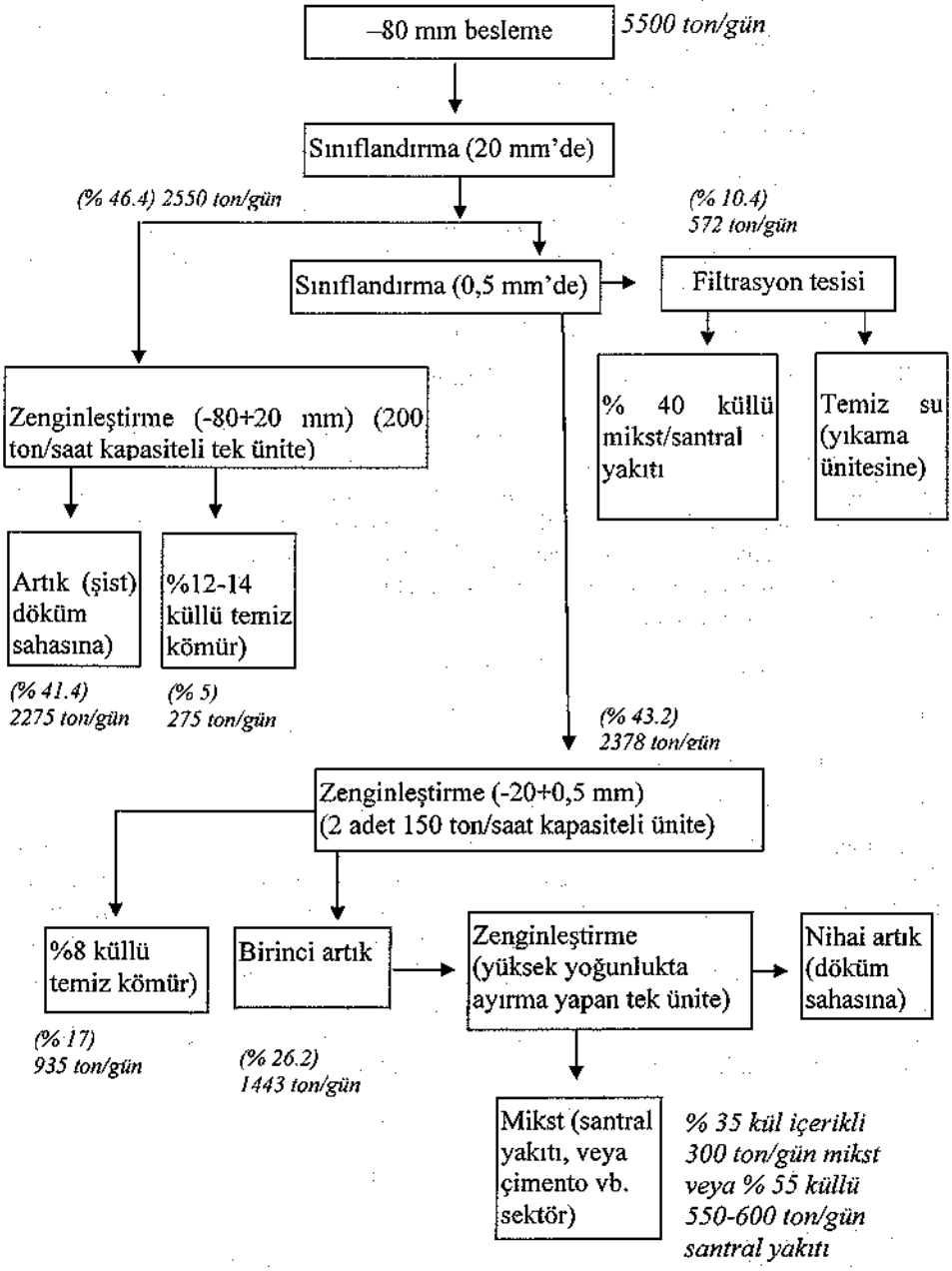
iii. bakım-onarım giderleri,

iv. mevcut donanımlardan azami ölçüde faydalanma,

vb. koşullar değerlendirilerek seçilebilir. Burada, önemli olan nokta, önerilen yeni tesisin, şu an için lavuara beslenen kömüre göre projelendirilmemesi, ocaklardan gelecek kömürün kül (taş) içeriği, damar yapısını temsil edebilecek düzeye indirildikten sonra akım şemasının geliştirilmesidir. Bu tesisin kurulmasıyla lavuar oturum alanının 1/2 lik kısmı boşalacaktır. Bu işlemle inşaat işinin artması nedeniyle kuruluş maliyeti bir miktar artacaktır. Ancak, lavuarın Kozlu sahil yolu kısmında ve pazar yeri kısmında önemli alan kazanımı olacak ve bina estetik bir görünüme sahip olacaktır. Şekil 6'da kurulması düşünülen hazırlama tesisi akım şeması verilmektedir.

Yeni kurulacak tesis için tahmini giderler:

- Yıkama üniteleri: 2 Milyon USD
- Montaj, bağlantı elemanları vb işler ve Bina revizyonu ve diğer inşaatlar: 1.5 milyon USD
- Toplam maliyet: 3.5 milyon USD



Şekil 6. Kurulması düşünülen hazırlama tesisi akım şeması.

Çizelge 14'de 2003 yılı Mart ayında lavuara beslenen kömür özellikleri verilmiştir. Aşağıdaki hesaplamalar buradaki sonuçlar kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 15'de, önerilen tesiste yapılacak muhtemel yıkama sonunda elde edilecek ürünlerin miktar ve kül içerikleri verilmektedir

Çizelge 14. 2003 yılı Mart ayında lavuara beslenen kömürün boyut ve kül analiz sonuçları (TTK Merkez Laboratuarı, 2003).

Boyut (mm)	% Miktar	Miktar (ton)	% Kül
+20	46,40	2552	83,63
-20+0,5	43,20	2376	50,63
-0,5	10,40	572	41,11
Toplam	100,00	5500	64,93

Çizelge 15. Önerilen yeni tesiste yapılacak muhtemel yıkama sonucu elde edilecek ürünlerin miktar ve kül içerikleri (TTK Merkez Laboratuarı 2003 mart ayı yıkama sonuçlarına göre).

Boyut (mm)	% Miktar	Miktar (ton)	% Kül
+20	5,0	275	12-14
-20+0,5	17,0	935	8-9
-0,5 (filtrasyon ürünü) santral yakıtı	10,4	572	41,0
-20+0,5 düşük küllü mikst	5,0	275	35,0
-20+0,5 yüksek küllü santral yakıtı*	11,0	600	55,0

*Düşük küllü mikste alternatif

Yeni bir yıkama tesisi kurulması durumunda: Bugün lavuara beslenen kömür, Kozlu ve Üzülmez kömürlerinin gerçek karakteristiklerini ifade etmemektedir. (Lavuara beslenen kömür külünün %40-45 seviyesini geçmemesi gerekir). %40-45 kül içerikli bir kömürün hazırlanması ile, mevcut durumda lavuara beslenen %58 kül içerikli kömürün hazırlanması önemli farklılıklar gösterir. Ancak, yeni tesis çalışmasının lavuara beslenen kömür kül (şist) içeriğinin azaltılması, yani gerçek üretim yapısının ortaya çıkartılması sonrası projelendirilmesi akılcı bir yaklaşım olacaktır.(*Seçilen akım şeması ve verilen tahmini değerler, mevcut durum için bir değerlendirmedir.*)

Ereğli ve Karabük Demir-Çelik Fabrikaları için uluslararası standartta uygun kül içerikli (%8 külün altında), daha fazla miktarda metalürjik kömür (935 ton/gün) alınabilecektir.

Santral yakıtına alternatif olabilecek nitelikte ara ürün (mikst) elde edilecektir, Estetik görünümlü yeni yapılanma ile, lavuar sahasının (filtrasyon ve liman sahası hariç) 1/2 lik kısmı tahliye edilecektir,

İstihdam edilen personel sayısı azalacaktır, bu durum özellikle yıkama ve bakım-onarım birimleri için geçerlidir. Bu birimlerin dışında önemli ölçüde personel istihdamı lavuar yükleme ve filtrasyon birimlerinde olmaktadır. Bu birimler için personel sayısı, GMİS tarafından ZKÜ'ne yaptırılan projede ayrıntılı olarak incelenmiş olup, bu bildiride ayrıntılara girilmemiştir. Ancak, yeni yıkama ünitesinin kurulmasıyla bu birimler için yeniden bir değerlendirme yapılmalıdır.

Zonguldak Merkez Lavuarı'ndan mevcut durumunda alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri Çizelge 16'da verilmektedir.

Çizelge 16. Zonguldak Merkez Lavuarı'ndan alınan ürünlerin genel olarak analiz değerleri ve koklaşma özellikleri (taskomuru.gov.tr).

Analiz	ZONGULDAK MERKEZ LAVVARI ÜRÜNLERİ				
	Krible 18-50	10-18	10-100	0-10	Filtrasyon
Rutubet (or) %	3±1	5±1	4±1	11±2	15±2
Kül (or) %	15±2	15±2	12±2	11±2	40±2
Uçucu Madde (or) %	27±1	26±1	27±1	26±1	17±1
Sabit Karbon (or) %	55±2	54±2	57±2	52±2	28±2
Üst Isı (or) kcal/kg	6845±150	6605±150	6870±150	6545±150	3450±150
Alt Isı (or) kcal/kg	6610±150	6395±150	6630±150	6275±150	3245±150
Kül (k) %	15±2	16±2	14±2	12±2	47±3
Uçucu Madde (k) %	28±1	27±1	28±1	29±1	20±2
Sabit Karbon (k) %	57±2	57±2	58±2	59±2	33±2
Üst Isı (k) kcal/kg	705±150	6955±150	7155±150	7355±150	4060±150
Alt Isı (k) kcal/kg	6830±150	6730±150	6925±150	7120±150	3920±150
Karbon (C) %	75-78	75-78	75-78	77-794	43-45
Hidrojen (H) %	3,5-5	3,5-5	3,5-5	3,5-5	2-3,5
Toplam Kükürt (S) %	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8	Max 0,8
Azot (N) %	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1	0,8-1,1
Oksijen(O) %	5-6,5	5-6,5	5-6,5	5-6,5	5-6,5
Kül Erime (Min) °C	1350	1350	1350	1350	1350
Dilatasyon	150	150	150	150	--
Gray-King	G3-G9	G3-G9	G3-G9	G3-G9	--
FSI	7-9	7-9	7-9	7-9	--
ULUSLARARASI SINIFLANDIRMA					
Kod No	533-534	533-534	533-534	533-534	--
Sınıf	VC-XT	VC-VD	VC-VD	VC-VD	--
Koklaşma	İyi	İyi	İyi	İyi	--
ASTM RANK SINIFLANDIRMASI					
Rank Sıkalası	68-149	68-149	68-149	68-150	67-144
Sınıf	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü	Bitümlü
Grup	hvAb	hvAb	hvAb	hvAb	hvAb

(or): orijinal bazda, (k): kuru bazda, hvAb :Yüksek uçuculu A Bitümlü

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleşmesine koyduğu katkılardan dolayı, ZKÜ Rektörlüğüne, GMİS yetkililerine, ZKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, TTK Merkez Lavuarı İşletme Müdürü Ahmet Altun ve İşletme Başmühendisi Atilla Yurdaşen ve birim yetkililerine, TTK Üzülmez ve Kozlu Müessesesi ilgili birim yetkililerine ve TTK Genel Müdürlüğü ilgili birim elemanlarına teşekkür eder.

4. KAYNAKLAR

Arıoğlu, E ve Yılmaz, A.O. (2002) Dünyada Taşkömürü Madenciliğine Genel Bakış ve Zonguldak Taşkömürü Havzasının Değerlendirilmesi. *Türküye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, S. Kızgut vd. (ed.), Zonguldak, s. 425-449.*

Açık, İ. Ve Şahin, N. (2003) Kişisel görüşme, TTK Üzülmez Müessesi, Zonguldak.

Arıoğlu, E. ve Yılmaz, A.O. (2002) *Zonguldak Kömür Havzası Gerçeği.* TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi adına hazırlanan rapor, Zonguldak.

Didari, V, vd. (2003) *Zonguldak Merkez Lavuarının Mevcut Durumun İncelenmesi ve Metalurjik Kok Üretiminde kullanılabilir Temiz Kömür Yıkama Olanaklarının Araştırılması*, GMİS adına hazırlanan ZKÜ projesi raporu, 66 s.

Didari, V. ve Kaymakçı, E. (2003) Dünyada ve Türkiyede Taşkömürü Madenciliği.

Kutlu, K.R. ve Kayabalı, N. (2003) Kişisel görüşme, TTK Kozlu Müessesi, Zonguldak.

Toroğlu, İ, Kızgut, S, Çuhadaroğlu, D, Pilevneli, C.C. (2004) Kömür Teknolojisindeki Gelişmeler; Dünyada ve Türkiyede Kömür Kalitesini Arttırıcı Uygulamalar, Yayımda.

TTK (2003) *Türkiye Taşkömürü Kurumu 2003 yılı İstatistik Kayıtları*, TTK, Zonguldak.

TTK Çatalağzı (2003) TTK Çatalağzı Lavuarı kayıtları, Zonguldak.

TTK Kozlu (2003) TTK Kozlu Müessesesi kayıtları, Zonguldak.

TTK Merkez Lavuarı (2003) *TTK Merkez Lavuarı Laboratuar kayıtları*, Zonguldak.

http://www.taskomuru.gov.tr.

TTK Üzülmez (2003) TTK Üzülmez Müessesesi kayıtları, Zonguldak.

YAZARLAR DİZİNİ

AUTHORS INDEX

TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI, 1954 yılında Anayasa'nın 135. Maddesinde tanımlanan 66 ve 85 sayılı KHK ve 7303 sayılı Yasa ile değişik 6235 sayılı Yasa'ya göre kurulmuş, kamu kurumu niteliğinde bir meslek kuruluşudur.

Düzenlediği Uluslararası Madencilik ve Kömür Kongreleri, birçok Sempozyum, Seminer, Panel ve Söyleşilerle madencilik sektörü ve Maden Mühendislerinin sorunlarına çağdaş bir yaklaşımla çözüm arayan Maden Mühendisleri Odası;

- 7455 Üye
- 4 Şube
- 23 İl Temsilciliği
- 28 İşyeri Temsilciliği ve
- Üniversite Öğrenci Temsilcilikleri ile madencilik sektörünün en önemli meslek örgütüdür.

39.DÖNEM YÖNETİM KURULU ÜYELERİ

Başkan	:	Mehmet TORUN
II.Başkan	:	Mahmut YILMAZ
Genel Sekreter	:	Nejat TAMZOK
Sayman	:	Ali ÖNEMLİ
Üye	:	Nahit ARI
Üye	:	Yusuf Ziya AKGÖK
Üye	:	A.Çağatay DİKMEN

Adres :
Selanik Cad. Yeşim Apt. No:19/3
06650 Kızılay / ANKARA
Tel : 0.312.425 10 80
: 0.312.418 36 57
Faks : 0.312.417 52 90
Web :www.maden.org.tr
E-Posta :maden@maden.org.tr

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU

Üretim Müesseseleri : Armutçuk, Kozlu, Üzülmez, Karadon, Amasra

Rezervi : 1.344 Milyon ton

Üretim Miktarı : Ortalama 2-2,5 Milyon ton/yıl (6.500 Kcal/kg'a kadar çeşitli Isıl değer ve boyutta koklaşabilir/koklaşmaz nitelikli ürün üretimi)

Önemli Tesisleri

Ana İhraç Kuyuları

Müessese	Kuyu Adı	Çalışma Derinliği
Karadon	I Nolu	+48/-364
	GYSK	+126/-540
	Çatalağzı	+32/-366
Kozlu	2 Nolu	+14/-426
	Yeni Kuyu	+6/-560
Üzülmez	I Nolu	+38/-320
	2 Nolu	+38/-170
Armutçuk	13 Nolu	+19/-300
Amasra	Amasra	+36/-250

Lavvarlar

Adı	Kurulu Kapasitesi (t/h)
Armutçuk	200
Amasra	200
Zonguldak	750
Çatalağzı	500

Filtrasyon Ünitesi

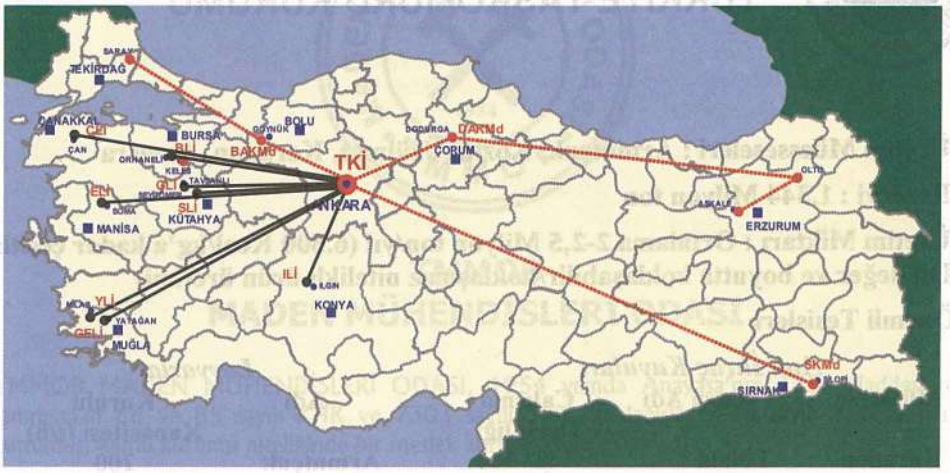
Adı	Filtrasyon Ünitesi Kapasitesi t/h (min-max)	Karıştırma Ünitesi Kapasitesi t/h
Zonguldak	100-120	200
Çatalağzı	100-120	200
Armutçuk	20	

Limanlar

	Zonguldak Limanı	Kdz. Ereğli Limanı
Alanı (m²)	Kargo 6060,Kömür 15000,Ro-ro 12300	25500
Liman Hizmeti	Kömür yükleme,Genel Kargo yükleme-boşaltma,Ro-ro taşımacılığı	Kömür yükleme,Genel Kargo yükleme-boşaltma
Deniz Vasıtaları	Romorkörler-2, Pilot motoru-1, Klape-2,Kovalı tarak-1	

TTK Genel Müdürlüğü 67090, ZONGULDAK
Telefon:(372)2524000 – Telefax: (372)2511900
Web:www.taskomuru.gov.tr

TKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ VE TAŞRA TEŞKİLATLARI



BLİ *Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ORHANELİ / BURSA*
Merkezi : Orhaneli-BURSA Tel : (0 224) 827 64 71 Faks : (0 224) 827 64 79
ÇLİ *Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ÇAN / ÇANAKKALE*
Merkezi : Çan-ÇANAKKALE Tel : (0 286) 416 20 01 Faks : (0 286) 416 37 00
ELİ *Ege Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü SOMA / MANİSA*
Merkezi : Soma-MANİSA Tel : (0 236) 613 23 26 Faks : (0 236) 613 20 13
GELİ *Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü YATAĞAN / MUĞLA*
Merkezi : Yatağan-MUĞLA Tel : (0 252) 572 59 05 Faks : (0 252) 572 59 03
GLİ *Garp Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü TAVŞANLI / KÜTAHYA*
Merkezi : Tavşanlı-KÜTAHYA Tel : (0 274) 614 10 07 Faks : (0 274) 614 59 94
ILİ *Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ILGIN / KONYA*
Merkezi : Ilgın-KONYA Tel: (0 332) 882 71 28 Faks : (0 332) 882 71 00
SLİ *Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü SEYİTÖMER / KÜTAHYA*
Merkezi : Seyitömer-KÜTAHYA Tel: (0 274) 248 56 70 Faks : (0 274) 248 56 76
YLİ *Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü MİLAS / MUĞLA*
Merkezi : Milas-MUĞLA Tel : (0 252) 558 02 93 Faks : (0 252) 558 03 07

Doğu Anadolu Kontrol Müdürlüğü	*DODURGA / ÇORUM*
Batı Anadolu Kontrol Müdürlüğü	*GÖYNÜK / BOLU*
Silopi Kontrol Müdürlüğü	*SİLOPİ / ŞIRNAK*

GENEL MADEN İŞÇİLERİ SENDİKASI

Genel Başkan	: Çetin ALTUN
Genel Başkan Yard.	: Rahmi YAMAN
Genel Başkan Yard.	: Dursun OĞUZ
Genel Sekreter	: Mustafa DAĞLIOĞLU
Genel Mali Sekreter	: İrfan AKYİĞİT
Genel Teşikilat Sekreteri	: Rahmi MUSLU
Genel Eğitim Sekreteri	: Ramazan DENİZER

Genel Merkez: Mithatpaşa Mah. Şemsi Denizer Sokak Zonguldak
Tel : 0372 251 13 55- 251 22 06 **Fax:** 0372 253 66 35- 253 66 45

KARADON ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: Yüksel ACAR
ŞUBE ADRESİ	: Karadon Müessesesi – Kilimli/ ZONGULDAK
Tel	: 0372 265 21 40

ÜZÜLMEZ ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: Haşim TOPAL
ŞUBE ADRESİ	: Üzülmez Müessesesi / ZONGULDAK
TEL	: 0372 268 16 94 268 25 89

MERKEZ ŞUBE

ŞUBE BAŞKANI	: Hasan CEVHER
ŞUBE ADRESİ	: Mithatpaşa Mah. Şemsi Denizer Sokak GMİS Ek Bina / ZONGULDAK
TEL	: 0372 253 28 78

KOZLU ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: Behzat CİNKILIÇ
ŞUBE ADRESİ	: Kozlu Müessesesi - ZONGULDAK
TEL	: 0372 266 11 59

ARMUTÇUK ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: İsmet DEMİRHAN
ŞUBE ADRESİ	: Armutçuk Müessesesi – Ereğli/ ZONGULDAK
TEL	: 0372 327 11 10

AMASRA ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: Hakkı ARSLAN
ŞUBE ADRESİ	: Amasra / BARTIN
TEL	: 0378 315 11 31

MTA ŞUBESİ

ŞUBE BAŞKANI	: Sadi DEYMEZ
ŞUBE ADRESİ	: Necatibey Cad. Tümer Apt. Kat: 6 Kızılay/ ANKARA
TEL	: 0312 229 47 23

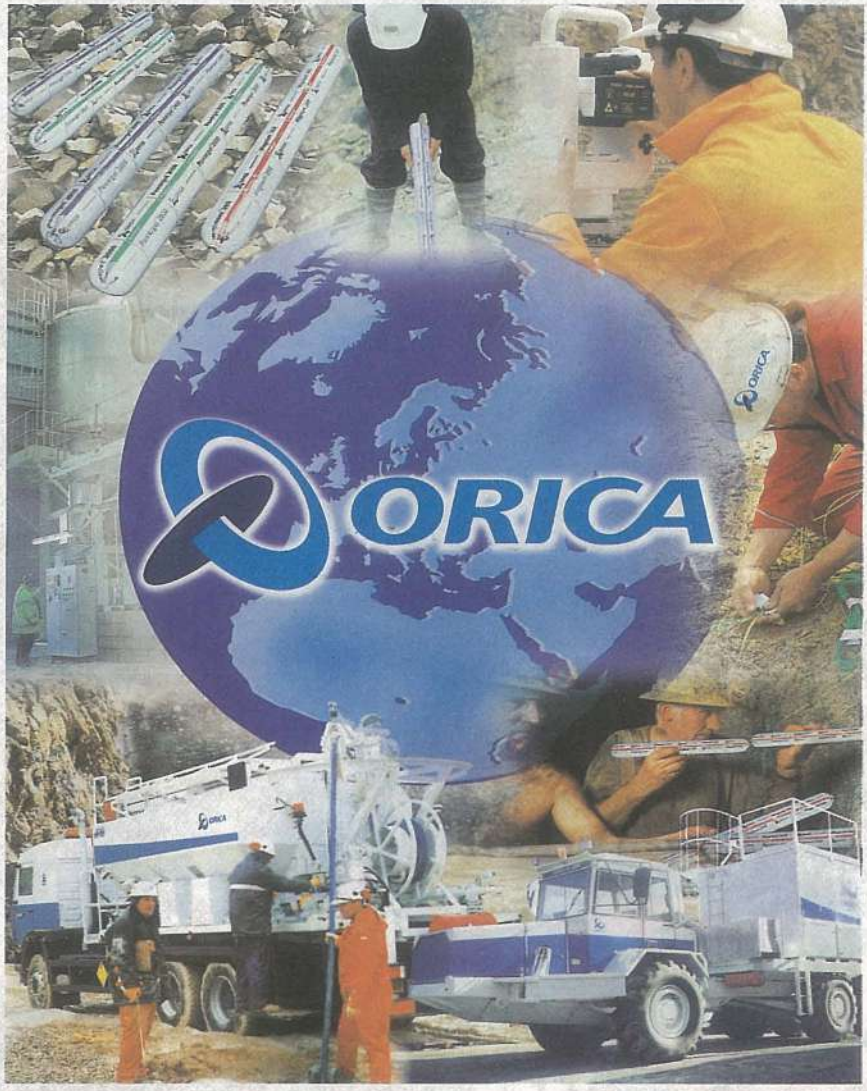
T.C.
ÇALIŞMA ve SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
EREĞLİ KÖMÜR HAVZASI AMELEBİRLİĞİ
BİRİKTİRME VE YARDIMLAŞMA SANDIĞI

Kuruluş Yılı 1923

Cumhuriyetimizin ilk Sosyal Güvenlik Kuruluşu Amelebirliği'nin Üyelerine 2003 Yılında Sağladığı Ekonomik ve Sosyal Yardımlar:

	KİŞİ :	ÖDENEN MİKTAR :
Ödünç Para Yardımı	8342	7.507.800.000.000,-
Gayrimenkul İkraz Yardımı	24	41.750.000.000,-
Karşılıksız Öğrenim Yardımı	1882	1.115.446.500.000,-
Cenaze Yardımı	496	115.010.000.000,-
Geçici İş Göremezlik Yardımı	4	868.216.878,-
Son Yardım	2414	13.012.712.545.303,-
Konaklama Yardımı	20343	369.671.500.000,-
İşkazaları Maluliyet Aylığı	45	8.833.985.000,-
İşkazaları Haksahibi Aylığı	824	394.055.295.000,-
İşkazaları Öğrenim Yardımı	177	60.401.260.000,-
TOPLAM:	**34524**	**22.710.049.302.181,-TL.**

AMELEBİRLİĞİ BAŞKANLIĞI



HER YIL A.B.D.'DE 250 KİŞİ

SİLOKOZİS*'DEN HAYATINI KAYBEDİYOR... !

*SİLİKOZİS : mineral tozlarının solunmasına bağlı bir akciğer hastalığıdır.

ÇÖZÜM : BLS TOZ MASKESİ

EZGİ & ÖZGÜ
TİCARET TAAHHÜT LTD.ŞTİ.

KADİFE SOKAK NO : 13 / 2 KADİKÖY / İSTANBUL

TEL : 0216 418 22 60 FAX : 0216 346 11 60

info@ezgiozgu.com www.ezgiozgu.com

STANDART LABORATUARLAR İŞL. LTD.
STANDARD LABORATORIES LTD.
www.standardlab.org

TS EN ISO/IEC 17025 Normlarında 7/24 hizmetinizdeyiz

Genel Müdürlük :
Barbaros Blv.No.10/1 D.1 34349
Balmumcu-İSTANBUL
Tl:90 212 2673358
Fx:90 212 2673410
e-mail:info@standardlab.org

Yarımca Merkez Lab.:
Atalar Mah. Yasar Erken Sk.
No.25-A 41740 Korfez-KOCAELI
Tl: 90 262 5281094
Fx: 90 262 5281095
e-mail:yarimca@standardlab.org

Iskenderun Lab. :
Dörtyol San. Sitesi B3 Blok
No:20 31600 Dörtyol-HATAY
Tl : 90 326 7181196
Fx : 90 326 7181376
e-mail:dortyol@standardlab.org

KATI YAKITLARIN ANALİZİ
Taşkömürleri, Linyitler, Metalürjik Kok, Petrokok, Antrasit, Pres kömürleri, Mangal kömürleri, Koklaşabilir kömürler, PCI kömürleri, Biomass(Biolojik yakıtlar).
Numune hazırlama,
Ebat testleri,
Fiziksel analizler
Görünür/Gerçek yoğunluk, Gözeneklilik, Micom(M_{40},M_{10}), Stabilite, Sertlik, HGI, Drop Shatter Test, Dökme yoğ.
Kimyasal Analizler
Rutubet, Kül, Kükürt, Uçucu Madde, Kalori, FSI, Azot, Karbon, Hidrojen, Cl, F, Kül Mineralleri, Fosfor, Alkali, Oxidasyon, Yanma deneyleri.

KİMYEVİ GÜBRE VE HAMMADDE ANALİZLERİ
Kimyevi Gübreler(ÜRE,AN,AS, DAP,NPK,MAP,MOP,CAN), Fosfat kayası, H2SO4, Fosforik asit, Humus
Numune hazırlama,
Granülometri,
Fiziksel analizler
Bi-üre,borden test,prill dayanımı, patlama testleri,kaplama maddesi,pH
Kimyasal Analizler
Rutubet, N, NH_3, P_2O_5, CaO, MgO, K_2O, Cr_2O_3,
Fe, C, Serbest asit, anticaking agent, strenghtening Agent

MİNERAL VE ENDÜSTRİEL HAMMADDE VE SU ANALİZLERİ
Kireçtaşı ve kireç mamülleri, Kalker, Dolomit, mermer, granit, Kaolen, Kil, Boksit, Zeolit, Kromit, Manganez, Manyezit.
Numune hazırlama,
Ebat dağılımı ve incelik testleri,
Fiziksel analizler
Dökme yoğunluğu, reaktivite testleri, su emme kapasitesi, dayanım ve sertlik.
Kimyasal Analizler
Rutubet, Minerolojik bileşim, Kızdırma kaybı, Alkalin.

Alagözler ŞİRKETLER GRUBU

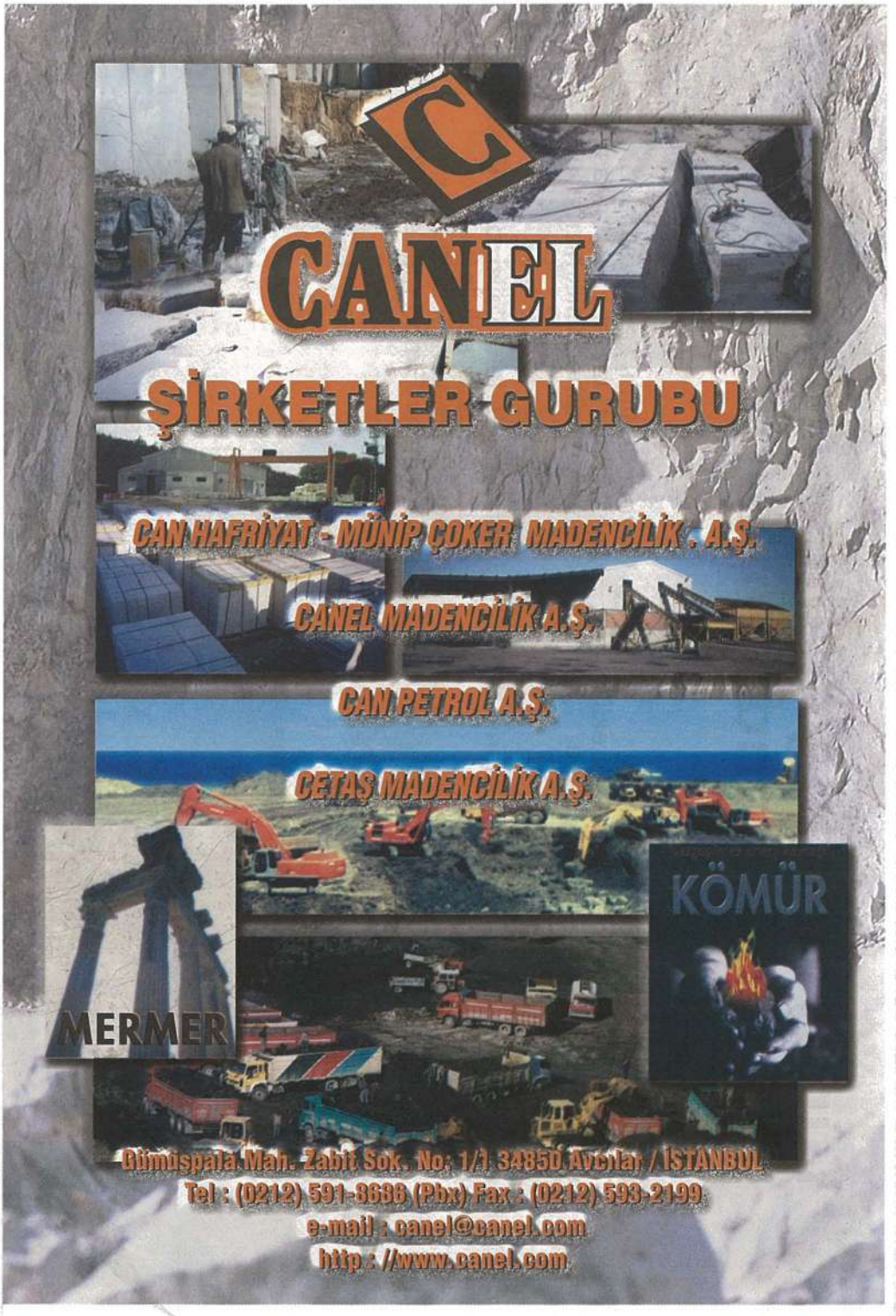
ALAGÖZLER KUM, ÇAKIL TİCARET SAN. A.Ş.
Tel: 0. 372. 615 74 12 Fax: 0. 372. 615 74 81

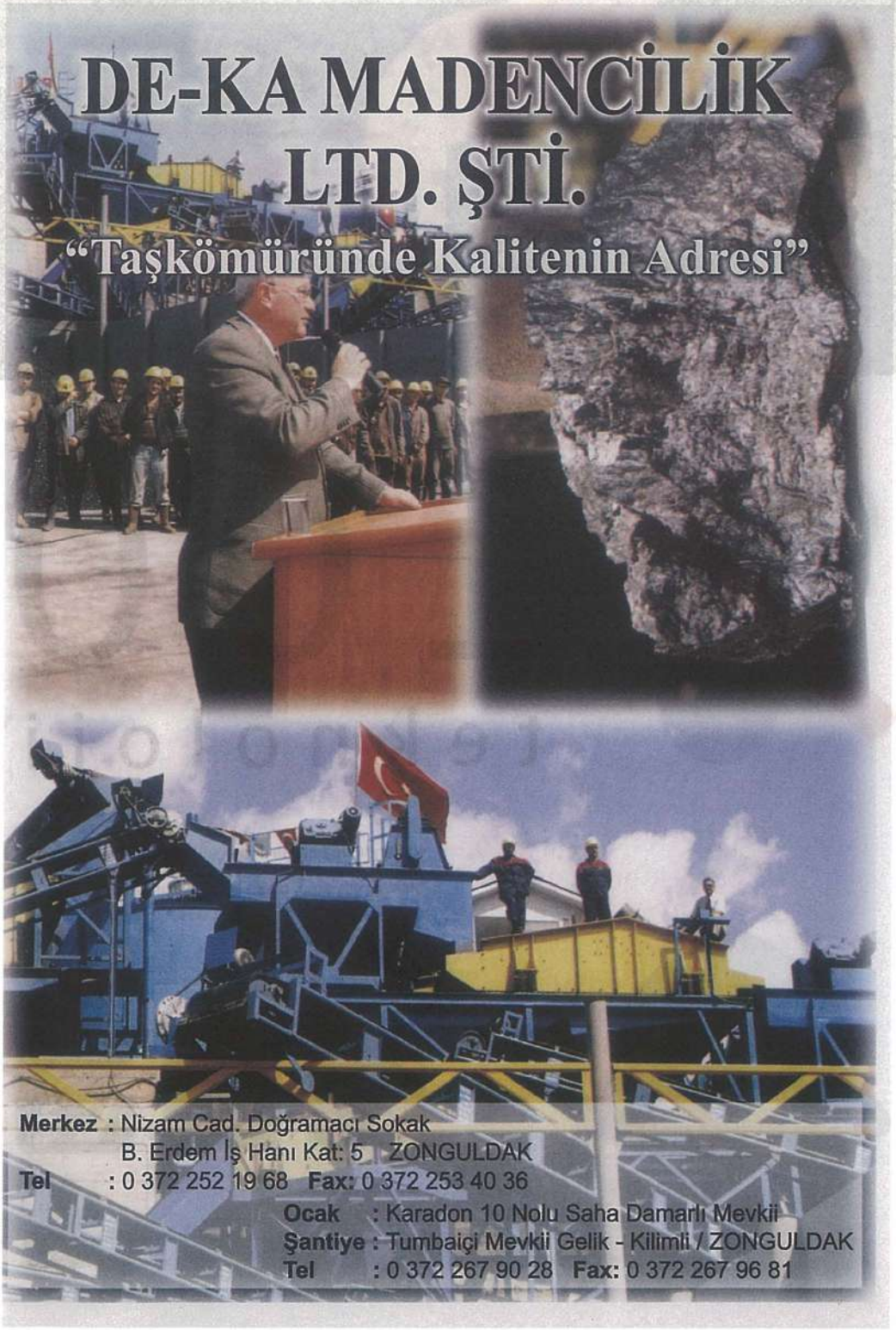
ALAGÖZLER KIRMA ELEME YIKAMA TESİSLERİ
Tel: 0. 372. 532 71 52 FAX: 0.372. 532 75 32

ALAGÖZLER İNŞ. TAAH.YAPI MLZ.SAN.TİC.A.Ş.
Tel: 0. 372. 615 74 12 FAX: 0.372. 615 74 81

ALAGÖZLER GROSS MARKET
Tel: 0. 372. 615 74 24 FAX: 0.372. 615 74 26

BARTIN RADYO TELEVİZYON A.Ş.
Tel: 0.378. 228 25 91 Fax: 0.378. 228 25 93


CANEL
ŞİRKETLER GURUBU
CAN HAFRİYAT - MÜNİP ÇOKER MADENCİLİK . A.Ş.
CANEL MADENCİLİK A.Ş.
CAN PETROL A.Ş.
CETAŞ MADENCİLİK A.Ş.
KÖMÜR
MERMER
Gümüşpala Mah. Zabit Sok. No: 1/1 34850 Avcılar / İSTANBUL
Tel : (0212) 591-8686 (Pbx) Fax : (0212) 593-2199
e-mail : canel@canel.com
http : //www.canel.com


DE-KA MADENCİLİK
LTD. ŞTİ.
"Taşkömüründe Kalitenin Adresi"
Merkez : Nizam Cad. Doğramacı Sokak
B. Erdem İş Hanı Kat: 5 ZONGULDAK
Tel : 0 372 252 19 68 Fax: 0 372 253 40 36
Ocak : Karadon 10 Nolu Saha Damarlı Mevkii
Şantiye : Tumbaiçi Mevkii Gelik - Kilimli / ZONGULDAK
Tel : 0 372 267 90 28 Fax: 0 372 267 96 81

50 yıl

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

ISBN : 975-395-764-5

Kozan Ofset 0.312. 384 20 03