

TÜRKİYE 2. MADEN MAKİNALARI SEMPOZYUMU VE SERGİSİ BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 2nd MINING MACHINERY SYMPOSIUM AND EXHIBITION OF TURKEY

04-06 Kasım/November 2009 • ZONGULDAK

Editörler / Edited by
M. Erdiç BİLİR ve Bülent EKMEKÇİ



TMMOB
Maden Mühendisleri Odası



TMMOB
Makina Mühendisleri Odası

TÜRKİYE 2. MADEN MAKİNALARI SEMPOZYUMU BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 2nd MINING MACHINERY SYMPOSIUM OF TURKEY

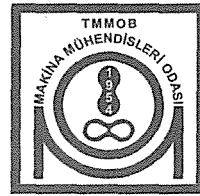
04-06 KASIM / NOVEMBER 2009
ZONGULDAK, TÜRKİYE / *TURKEY*

Editörler / *Edited by*

M. Erdiñ BİLİR ve Bülent EKMEKÇİ



**TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ
ODASI**



**TMMOB
MAKİNA MÜHENDİSLERİ
ODASI**



TÜBİTAK

Bu sempozyum TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Ararştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir.

Türkiye 2. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı
Proceedings of the 2nd Mining Machinery Symposium of Turkey
04-06 Kasım / November 2009
Zonguldak, Türkiye / Turkey

ISBN : 978-9944-89-810-2
TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 162
Baskı : Gurup Matbaacılık, 0312-3847344-45

Bu bildiriler kitabının yayım hakkı TMMOB Maden Mühendisleri Odası ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası'na aittir

All right reserved © 2009

No parts of this book may be reproduced in any form or by any means, without written permission of the Chambers of Mining and Mechanical Engineers of Turkey.

ADRES

TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi
Liman Cad. No:25
67100 ZONGULDAK

Tel : (372) 251 13 55
Faks : (372) 253 10 80
Web : www.maden.org.tr
e-posta : zonguldak@maden.org.tr

ADRES

TMMOB Makina Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi
Gazipaşa Cad. No:17
67100 Zonguldak

Tel : (372) 444 8 666
Faks : (372) 251 89 58
Web : www.zonguldak.mmo.org.tr
e-posta : zonguldak@mmo.org.tr

SUNUŞ

Madencilik sektörü, kendine has özellikleri olan ve diğer pek çok sektörle yoğun etkileşim içerisinde bulunan bir sektördür. Madencilik tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren temel sektörlerden biri olmuştur. Ülkelerin kalkınmaları ve yaşam seviyelerinin belirleyicisi olarak kabul edilen sanayi, enerji ve tarım sektörlerinin temellerini de madencilik oluşturmaktadır.

Ancak bugün için ülkemizde madencilik istenen düzeye gelememiş, teknoloji kullanımı özellikle de yer altı madenciliğinde olması gereken düzeyin çok altında kalmıştır. Maden üretiminde emek yoğun bir yapı gözlemlenmektedir. Türkiye’den çok daha az maden potansiyeline sahip, ekonomik göstergeleri ve nüfusu düşük ülkelerde bile maden makinaları üretimi yapılabilirken, ülkemiz maden makinaları alanında dışa bağımlı bir yapı bulunmaktadır.

Kullanılan araç, gereç ve yöntemlerdeki iyileştirmeler, güvenlik sistemlerinin bilgisayarla merkezi kontrollü olması ve sinyalizasyon sisteminin yaygınlaşmasıyla maden sektöründeki kaza olasılığı ve meslek hastalıkları azalmakla birlikte kazalar ve meslek hastalıkları sürmektedir.

Maden makinalarının yerli üretimine yönelik bir sektör oluşturulması ve bu alanda dışa bağımlılığın kaldırılması önem arz etmektedir. Madencilikte, maden makinaları yatırımları, ilk yatırım maliyetlerinin büyük bir bölümünü teşkil etmektedir. Yerli makina üretimine dolayısıyla yerli makina kullanımına öncelik verilmesi bu anlamda ciddi oranda kaynak tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca bu alanda önemli bir istihdam yaratılabilecektir.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası ile TMMOB Makina Mühendisleri Odası Zonguldak Şubelerinin işbirliği ile düzenlenen bu sempozyumun amacı, ülkemizde kullanılmakta olan maden makinalarının kullanıcıya tanıtılması, verimliliklerinin ve ekonomiye katkılarının araştırılması, yerli maden makinaları üretimindeki eksikliklerin belirlenmesi ve çözüm önerileri üretilmesi, bu alandaki teknik ve bilimsel gelişmelerin ilgili çevrelere aktarılması, araştırmacı, işletmeci, firma temsilcisi ve yöneticilerin aynı platformda buluşturularak etkin bir iletişimin sağlanmasıdır.

Birincisi Kütahya’da düzenlenen bu sempozyumun ikincisi 160 yıllık kömür madenciliği geçmişine sahip, çeşitli maden makinaları ile teçhizatının üretilmesi ve geliştirilmesinde öncülük etmiş olan Zonguldak’ta düzenlenmektedir.

Sempozyumun ülkemize ve sektörümüze katkı koyacağına inanıyoruz. Bu düşüncelerle sempozyumu destekleyen kamu ve özel tüm madencilik kuruluşlarımıza, bildiri sunarak katkı koyalara, bizzat katılarak bizleri onurlandıranlara, Kongre Düzenleme, Yürütme,

Danışmanlar Kurulu üyelerine, Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi ile Makina Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Yönetim Kurulu üyelerine, çalışanlarına, Kongre Sekreterlerine ve emeği geçen herkese teşekkür ediyoruz.

TMMOB
Maden Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

TMMOB
Makina Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

ÖNSÖZ

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi'nin işbirliği ile düzenlenen sempozyumun amacı, ülkemizde çeşitli sektörlerde kullanılmakta olan maden makinalarının kullanıcıya tanıtılması, verimliliklerinin ve ekonomiye katkılarının araştırılması, bu alandaki teknik ve bilimsel gelişmelerin ilgili çevrelere aktarılması, araştırmacı, işletmeci, firma temsilcisi ve yöneticilerin aynı platformda buluşturularak etkin bir iletişimin sağlanması şeklinde duyurulmuştur. Bu amaç doğrultusunda çalışmalarını sürdüren Sempozyum Yürütme ve Düzenleme Kurulumuz, sempozyum ile ilgili faaliyetlerini başarılı bir şekilde sonuçlandırmış bulunmaktadır.

Bu sempozyumda maden makinaları ile ilgili çeşitli konuları içeren 11'i çağrılı olmak üzere toplam 22 bildiri sunulacaktır. Sektörün önemli sorunlarının tartışılacağı **Türkiye'de Maden Makinaları Sanayi ve Sorunları** başlıklı bir de panel gerçekleştirilecektir. Ayrıca, sektördeki gelişmelerin sergileneceği **Maden Makinaları Sergisi** de sempozyum süresince ziyaret edilebilecektir.

Madencilik sektöründe arama aşamasından uç ürün geliştirmeye kadar her aşamada ileri teknoloji kullanılmalıdır. İleri üretim yöntem ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanımı, üretim ve kaynak performansının iyileştirilmesi, bu sektörün ülke ekonomisi ve kalkınmasına katkısı bakımından son derece önemlidir. Bu nedenle sektörde yüksek teknoloji kullanımı ve üretilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarına öncelik verilmelidir.

Bu yıl ikincisi gerçekleştirilen Türkiye Maden Makinaları Sempozyumu ve Sergisinin ülkemiz madencilik sektörüne, sektör çalışanları ve paydaşlarına önemli katkılar sağlayacağı umuduyla, sempozyumun düzenlenmesinde katkıda bulunan tüm kişi ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Yedigir V. MÜFTÜOĞLU
Sempozyum Yürütme Kurulu Başkanı

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Genel Merkez Yönetim Kurulu

Başkan	:	Mehmet TORUN
2. Başkan	:	F. Berna VATAN
Sekreter	:	Nahit ARI
Sayman	:	Cemalettin SAĞTEKİN
Y. K. Üye	:	Niyazi KARADENİZ
	:	İbrahim YILMAZOĞLU
	:	Mehmet GÜLER

TMMOB Makina Mühendisleri Odası

Genel Merkez Yönetim Kurulu

Başkan	:	Emin KORAMAZ
Başkan V.	:	Şuayip YALMAN
Sekreter Üye	:	Ali Ekber ÇAKAR
Sayman Üye	:	Tahsin AKBABA
Üye	:	Baki ÇINAR
Üye	:	Mustafa YAZICI
Üye	:	Abdullah Selçuk SOYLU

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Zonguldak Şubesi Yönetim Kurulu

Başkan	:	Erdoğan KAYMAKÇI
2. Başkan	:	Hüsnü MEYDAN
Yazman	:	Rahmi ÜDER
Sayman	:	Levent USMAN
Üye	:	Avni ÖZERKAN
	:	Cüneyd YAMUDİ
	:	Sadık SARİMEHMET

TMMOB Makina Mühendisleri Odası

Zonguldak Şubesi Yönetim Kurulu

Başkan	:	Atıf METE
Başkan Vekili	:	Hüseyin TORAMAN
Sekreter Üye	:	Birhan ŞAHİN
Sayman Üye	:	Ahmet ZOROĞLU
Üye	:	Sebahat MANGALTEPE
	:	Necati AKKAŞ
	:	Gürsel YAYLA

YÜRÜTME KURULU

Başkan	: Prof. Dr. Yadigar MÜFTÜOĞLU
Başkan Yrd.	: Yrd. Doç. Dr. Handan BAYCIK
Sayman	: Hüsnü MEYDAN
Üyeler	: Yrd. Doç. Dr. Bülent EKMEKÇİ Yrd. Doç. Dr. Melih GENİŞ Yrd. Doç. Dr. Erdinç BİLİR Cüneyd YAMUDİ Zekai AKTAN Hüseyin TORAMAN

SEMPOZYUM SEKRETERLERİ

Çiğdem KARAKURT TAŞKIRAN Maden Müh. Odası	
Ayhan HİLALCI	Makina Müh. Odası

DÜZENLEME KURULU

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

Merkez	F. Berna VATAN
Merkez	Cemalettin SAĞTEKİN
Adana Şube	Sabahatdin SAKATOĞLU
İstanbul Şube	A. Ekrem YÜCE
İzmir Şube	Muhammet YILDIZ
İzmir Şube	Cemil SEÇKİN
Zonguldak Şube	Erdoğan KAYMAKÇI
Zonguldak Şube	Rahmi ÜDER
Zonguldak Şube	Avni ÖZERKAN
Zonguldak Şube	Levent USMAN

MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Merkez	Osman TEZGİDEN
Merkez	Bedri TEKİN
Merkez	Çağdaş AKAR
Ankara Şube	Ali Jeni GÜNEŞ
Bursa Şube	Selçuk YILDIRIM
Eskişehir Şube	Mehmet Orhan ÖZEN
Gaziantep Şube	Ali PERİ
İzmir Şube	Necmettin ÇETİNKÖPRÜLÜ
Kayseri Şube	Şuayip ŞAHİN
Kocaeli Şube	Oğuz AKTEPE
Konya Şube	Metin ŞAHİN
Samsun Şube	Özkan ER
Zonguldak Şube	Atıf METE
Zonguldak Şube	Birhan ŞAHİN
Zonguldak Şube	Ahmet ZOROĞLU
Zonguldak Şube	Gürsel YAYLA

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Bektaş AÇIKGÖZ
Prof. Dr. Nuh BİLGİN
Rıfat DAĞDELEN
Ahmet ENİŞ
Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA
Prof. Dr. C. Erdem İMRAK
Duran KARAÇAY
Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI
Yrd. Doç. Dr. E. Fisun MÜFTÜOĞLU
Çağlar ÖZTÜRK
Arslan SANIR
Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Oğuz TÜRKYILMAZ
Tanju ÜNVER
Ömer ÜNVER
Levent YENER
Öner YILMAZ

BİLİMSEL KURUL

Prof. Dr. Nuh BİLGİN
Dr. Nuray DEMİREL
Prof. Dr. Bülent ERDEM
Prof. Dr. Levent ERGÜN
Prof. Dr. Tevfik GÜYAGÜLER
Prof. Dr. Erdem İMRAK
Prof. Dr. Celal KARPUZ
Doç. Dr. Sait KIZGUT
Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ
Prof. Dr. Turgay ONARGAN
Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Doç. Dr. İsmail UĞUR
Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER
Yrd. Doç. Dr. Olgay YARALI
Doç. Dr. Ekrem YÜCE

SEMPOZYUMU DESTEKLEYEN KURULUŞLAR

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
ETİ MADEN İŞLETMELERİ
İMDER TÜRKİYE İŞ MAKİNALARI DİSTRİBÜTÖRLERİ VE İMALATÇILARI BİRLİĞİ
İMMB İŞ MAKİNALARI MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ
MADEN TETKİK VE ARAMA
MAKİNA İMALATÇILARI BİRLİĞİ
PARK TEKNİK A.Ş.
TÜBİTAK
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU
TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU
ZONGULDAK BELEDİYESİ
ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİVERSİTESİ
ZONGULDAK TİCARET VE SANAYİ ODASI

İÇİNDEKİLER

Toz ve Gürültüye Karşı Alınması Gereken Önlemler Bağlamında İşçi Sağlığı ve Verimliliği <i>Miner Health and Efficiency: Precautions Against Dust and Noise</i> R. Dağdelen, T. Özkan, K. Çelik ve C. Yamudi	1
Ulusal, Avrupa ve Uluslararası Standardizasyon Faaliyetleri ve Ayna Komiteler <i>National, European and International Standardization Activities and Mirror Committies</i> H. Dağ	19
Alevsizedirmazlık Test İstasyonu Faaliyetleri, Alevsizedirmazlık, Patlamalar, Atex ve Akrediteasyon <i>Facilities of Flameproof Test Station, Flameproof, Explosions, Atex and Accreditation</i> H.T. Çelik	33
TTK Maden Makinaları Fabrikasının Tanıtımı ve İmalatlarının Dünyü Bugünü <i>Introduction of Mining Machinery Factory of TTK and Yesterday and Today's Productions</i> T. Ünver ve K. Çelik	45
TTK Kozlu Müessesesi 2008 Yılı Mekanizasyon Kazalarının İncelenmesi <i>Investigation of Mechanization Accidents of TTK Kozlu Coal Establishment in 2008</i> A. Çakır ve A. Kasapoğlu	57
Yol Düzensizliklerinin Ocak Lokomotifine Etkilerinin İncelenmesi <i>The Investigation of Track Irregularity Effects on Mine Locomotive</i> N. Ekmekçi, N.A. Akçın ve B. Ekmekçi	69
Zincirli Kesme Makinalarının Performans Tahminine Yönelik Yapılan Köşe Kesme Deneyleri ve Yorumu <i>Corner Cutting Tests and their Interpretation Towards Predicting Performance of Chain Saw Machines</i> H. Çopur, C. Balcı, D. Tumaç, N. Bilgin	79
Kazıyıcı İletici Zincirlerinde Oluşan Gerilmelerin İncelenmesi <i>The Investigation of Stresses on Chains of Scraper Conveyors</i> S. Karakuş ve Y. Manav	93
Kozlu Ana Kat Pompalarının Yüksek Verimli Pompalar ile Yenilenmesi Projesi <i>The Renovation Project of Kozlu Mine's Main-Gate Pumps with More Efficient Pumps</i> H. Bultan, İ. Kurtman, T. Özkan	103

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumunun Açık Ocak Makina Parkına Genel Bir Bakış <i>A General View to Open Pit Machinery of Turkish Coal Corporation</i> M. Zıypak	117
Çayırhan Yeraltı İşletmelerinde Yüksek Arınlı Mekanize Uzunayakların Üretim Hızının İncelenmesi <i>Investigation of Production Rate of Mechanized Longwall with High Coal Face in Çayırhan Underground Operations</i> İ. Çavuşoğlu, L. Şenfilo, Ş. Tarhan ve H.H. Turan	129
Türkiye Sondaj Çalışmaları, Kapasitesi ve Sondaj Makina İmalat Sektörü <i>Underground Drilling Operations, Capacity and Drilling Machine Production Industry in Turkey</i> V. Altundağ ve S. Toraman	143
El Aletlerinden Kaynaklanan Titreşimin İnsan Sağlığına Etkileri <i>Effects of Vibration Arise from Hand Tools on Human Health</i> N. Ulusoy, Ö.T. Kılıç, H. Sağlam ve M.M. Kılıç	151
Su Yağlamalı Oynak Segmanlı Eksenel Kaymalı Yatak <i>Water Lubricated and Jointed Segmented Axial Plain Bearing</i> K. Çelik ve T. Özkan	167
Termik Santral Külünün Ayak Arkası Yangınlarına Karşı Kullanılması ve Götürücünün Dizaynı <i>The Use of Thermal Power Plants Ashes Against the Combustion of Leaved Coals in Caved Area Longwalls and Design of the Transporter</i> R. Dağdelen, T. Özkan, H. Demirler, C. Yamudi	179
Mathematical Modeling of Coal Pulverizers <i>Kömür Pulverizötörünün Matematiksel Modeli</i> N. Kayakol, B. Eppel, J. Ericson and M. Berg	195
Mineral Endüstrisinde Kullanılan Havalı Sınıflandırıcılar <i>Air Classifiers Used in Mineral Industry</i> Ö.Y. Toraman, M. Uçurum ve D. Katırcıoğlu	207
Bir Mermer Fabrikasında Kusurlu Fayans Üretiminin İstatistiksel Süreç Kontrol Yöntemleri ile Analizi <i>Analysis of Faulty Tile Production in a Marble Factory by Using Statistical Process Control Methods</i> E. Aydoğan ve M. Yavuz	221
Mermerlerde Delme Oranı İndeksini Etkileyen Parametrelerin Araştırılması <i>Investigation of the Parameters Effecting Drilling Rate Index (DRI) of Marbles</i> H. Yenice, M.K. Özfirat, Z. Karaca ve B. Kahraman	233

Kömür Açık İşletme Arazi Rehabilitasyon Yöntemlerinde Kullanılan Maden Makinaları ve Teknolojisi <i>Mining Machines and Technology Used in the Field Rehabilitation Methods of Opencast Coal Mine</i> M.S. Delibalta	247
Çekme Kepçeli Yerkazar Kepçeleri ve Başarım Değiştirgenleri <i>Dragline Excavator Buckets and Performance Parameters</i> M. Özdoğan	257
Çekme-Kepçe Performansını Etkileyen Operasyonel Faktörler <i>Operational Factors Affecting Dragline Performance</i> N. Demirel	267
Cebri Boru Tünel Çalışmasında Pasanın Taşınması için Yeni Bir Sistem <i>A New System for Transporting Waste Rock in Penstock Tunnel Study</i> M. Çapık, C. Demir, A. Tatarhan ve A.O. Yılmaz	277

TOZ VE GÜRÜLTÜYE KARŞI ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER BAĞLAMINDA İŞÇİ SAĞLIĞI VE VERİMLİLİĞİ

MINER HEALTH AND EFFICIENCY: PRECAUTIONS AGAINST DUST AND NOISE

Rıfat DAĞDELEN, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

Tuncer ÖZKAN, *Bartın*

Kadir ÇELİK, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

Cüneyd YAMUDİ, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

ÖZET

Yeraltı maden işletmelerinde çalışma ortamının işçi sağlığı üzerinde çok büyük etkisi vardır. Ortamın sağlık koşulları; çalışan, çalışmayan ortamda bulunan herkesi etkiler. Bu etkileşim, mesleki hastalıkları da beraberinde getirir. Örneğin; pnömokonyoz, sağırılık, körlük v.s. gibi. TTK verilerine göre mesleki hastalıklardan dolayı tazminat harcamalarının sadece %70'i pnömokonyoz giderlerine ödenmektedir. Bu nedenle Pnömokonyoza neden olan tozun azaltılması problemi, önemli bir yer tutmakta olup bu konuda alınan ve alınması önerilen önlemler sunmaya çalışacağımız bildirinin içeriğini kapsamaktadır.

ABSTRACT

In underground mining business, there is a huge impact of working environment on miner's health. Health conditions in the environment affect both employees and people who are around. This interaction brings occupational diseases such as pneumoconiosis, deafness, and blindness. According to TTK statistics, 70% of compensation expenses are paid for pneumoconiosis. Therefore, the problem of reducing the dust causing pneumoconiosis has a significant role. This presentation includes the precautions already taken and will be taken.

1. GİRİŞ

Bu bildiride, TTK Kurumunun İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği ile ilgili olarak toz ve gürültü ile mücadele çalışmaları incelenmiştir.

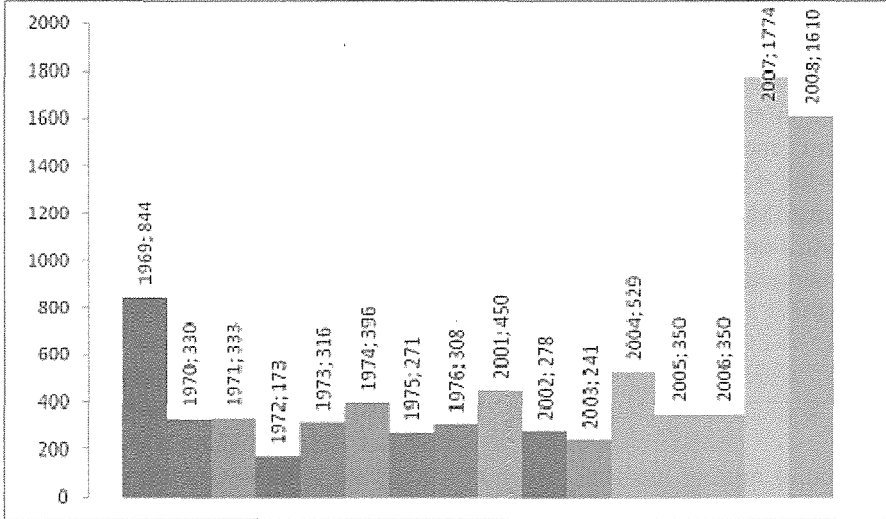
Amacı, işverenin işyerlerindeki İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği konusundaki yükümlülüğü, ocaklardaki toz kaynakları, tozla mücadele, tozla mücadelede su kullanımı, gürültü ile mücadele ve verimlilik konularındaki çalışmaları irdelenmiştir.

2. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TOZ İLE MÜCADELE

Toz hastalıklarının tarihçesi çok eski çağlara dayanır. Milattan önceki yıllardan kalan mumyalarda pnömokonyozlu akciğerlere rastlanmıştır. Önceleri metal, daha sonraları enerji üretiminde gerekli kömür üretimi çalışmalarında belirgin bir fonksiyon halini alan bu durum, çağımızda meslek hastalıklarına dönen tazminatlar ve erken çalışamaz duruma gelen işçiler nedeniyle en önemli sorun halinde bulunmaktadır.

Yurdumuzda toz sorununun ele alması 1950 yıllarındadır. 1948 yılında Zonguldak Kömür ocakları için yeraltında çalışan galerilerde tozu azaltmak gayesiyle taş delik delmede kullanılmak üzere sulu martoperforatörler sipariş edilmiş, yeraltında ve yerüstünde çalışma usulleri Alman teknisyenleri tarafından işçilerimize gösterilmiştir.

TTK ve geçmişteki EKİ'de, tespit edilen pnömokonyoz olayları ve ödenen tazminat değerlerinin yıllara göre dağılımı, Şekil 1 ve Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 1969-1976/ 2001-2006 yıllarındaki pnömokonyoz vakaları.

Yukarıdaki verilere paralel olarak TTK tarafından 2004–2008 yılları arasında Meslek hastalıklarına ödenen tazminat miktarları incelenecek olunursa aşağıdaki Çizelge 1'de ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 1. 2004-2008 yıllarında TTK da ödenen meslek hastalığı tazminatları.

Yıl	TTK Tarafından Meslek Hastalığı Tazminatlarına Ödenen Miktar (TL)
2004	8.450.000
2005	8.910.000
2006	11.926.000
2007	31.290.000
2008	18.164.664

3. İŞVERENİN ÇALIŞMA ORTAMINDAKİ SORUMLULUKLARI

İşçi sağlığı ve iş güvenliği ortamının yaratılmasında temel görev işveren konumundaki devletindir. Çağdaş bir devletin sosyal bir hukuk devleti olma zorunluluğu olduğundan, öncelikle vatandaşlarının en kutsal hakkı olan yaşama hakkını güvence altına almalıdır. Bu ise çalışanlar bakımından, çalışma ortamındaki tüm tehlikelerden uzak çalışılması ile mümkündür. Bu nedenle çağdaş devlet bu görevini yerine getirecek olan tüm önlemleri belirlemek; bunların işyerlerinde uygulamasını sağlamak ve bunları sürekli olarak düzeltmekle yükümlüdür. İş sağlığı ve güvenliğinin taşıdığı önem nedeni ile dünyada pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bu görevin kaynağı olarak anayasa alınmıştır (Süzek, 1994).

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası Temel Haklar ve Ödevler kısmında 49. Maddede der ki “Çalışma, herkesin hakkı ve ödevidir.

Devlet, çalışanların hayat seviyesini yükseltmek, çalışma hayatını geliştirmek için çalışanları ve işsizleri korumak, çalışmayı desteklemek, işsizliği önlemeye elverişli ekonomik bir ortam yaratmak ve çalışma barışını sağlamak için gerekli tedbirleri alır.” Bununla beraber 14.9.1990 tarih 20635 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış olan “Maden ve Taşocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Tozla Mücadeleyle İlgili Yönetmeliğin ikinci bölümünde yer alan “İşveren Yükümlülükleri”nde ise;

MADDE 5- Yönetmelik kapsamına giren işyerlerinin işverenleri, işyerlerinde çalışmalar sırasında yoğun **toz çıkışını önlemek**. İşçinin çalıştığı ortamdaki solunabilir toz miktarını aralıklı olarak bu Yönetmelikte belirtilen yöntemlere göre ölçmek veya İSGÜM veya yetkili kılınmış Laboratuvar aracılığı ile ölçtürmek. Çıkan **tozu bastırmak** için gerekli teknik tedbirleri almak ve işçi sağlığına ilişkin tıbbi kontrol yöntemlerini uygulayarak, çalışanları solunabilir toz nedeniyle oluşabilecek hastalıklardan korumak, işyerlerinde teknik ilerlemelerin getirdiği daha uygun sağlık şartlarını sağlamak zorundadır.

denilmektedir. Aynı yönetmeliğin dördüncü bölümündeki Tozla Mücadele kısmında ise “Toz Oluşumunun Önlenmesi, Tozun Bastırılması” başlığı altında (madde 20)

a) Yeraltında kayaçta lağım deliklerinin açılması **su enjeksiyonlu** araçlarla yapılır. **Su temini** imkânsız olan yerlerde, sadece o işyerine ait olmak üzere,

işverenin başvurusu üzerine TMK'nun kabul edeceği tipteki toz toplayıcı cihazlarla lağım deliklerinin açılmasına izin verilir.

b) Yeryüzünde taşta lağım atıldığında, çıkacak tozun önlenmesi için, lağım deliklerine **su kartuşları** konulması veya lağım ile beraber patlayacak **su torbaları** asılması veya patlamayı müteakip **su fisketelerinin** açılması gibi önlemler alınır.

c) Kapsama dahil işyerlerinde, lüzum hasıl olduğunda, tozun Yönetmeliğe belirtilen limitlerin altına düşürülmesi ve olabildiğince az tozlu atmosferde işçilerin çalıştırılmasını sağlamak üzere **su enjeksiyonu**, alının (cevherin elde edildiği yerin) **ıslatılması**, **su fisketeleri** ve bunun gibi toz oluşumu önleme yöntemlerinin biri veya birkaçı kullanılır.

d) Kömür tozu patlamasını önlemek için kullanılacak taş tozunda %5'den fazla kuvars bulunamaz.

e) Yerüstü işletmelerinde toz oluşumunu önlemek için gidiş-geliş yolları sürekli olarak **ıslatılır**.

Görüldüğü üzere T.C. Anayasası'ndan başlayarak Yönetmeliğe kadar işveren çalışanların çalışma ortamlarını ve refahını sağlamakla yükümlülük altına almaktadır.

4. GEREKLİ ÖNLEMLER ALINMAZSA NE OLUR?

- ✓ Hasta için bakım ve tedavi masrafları olarak toplamda yüksek bir maliyet gideri ortaya çıkar.
- ✓ Zamanından önce maluliyet maaşı ödenir
- ✓ Geride kalan aile yakınlarına tazminatlar ödenir.
- ✓ Hastalanan kişinin çalışma verimi düşer.
- ✓ Hastalık, en iyi ve çalışkan işçilerde görülür.
- ✓ Hastalık tehlikesi, yeni yetişecek olan genç işçileri etkiler
- ✓ Çalışanlara tehlikeden dolayı daha yüksek yevmiyelerin ödenmesi istenebilir.
- ✓ Tozlu ocaklarda görüş azlığından dolayı kazalar fazlalaşır,
- ✓ Yüksek toz miktarı çalışma heyecanını azaltır
- ✓ Tozdan dolayı makineler daha çok arıza yapar.

Bunun için bütün dünyada tıbben ve teknik bakımından silikozu (Jötten, K.W) şu şekilde tanımlamıştır:

Silikoz mesleki bir akciğer hastalığı olup, buna neden olan toz akciğerde dokulara bağlanmaktadır, bundan dolayı genellikle akciğer fibrozu olarak da isimlendirilir. Hastalığın oluşumuna olabildiğince engel olmak ve hasta sayısını azaltmak için büyük çaba harcanmaktadır.

5. OCAKLARDAKİ TOZ KAYNAKLARI

İşçi sağlığı ve iş güvenliği bakımından bu kadar önemli olan "Toz" nasıl meydana gelir?

Maden ocaklarında toz her yerde, özellikle yumuşak ve gevşek maden yataklarında meydana gelir. Tozlar aşağıdaki durumlarda oluşmaktadır:

- Delik delme işlerinde
- Patlayıcı madde kullanılmasında
- Ateşlemeden sonra tabanın temizlenmesinde
- Üretimde, örneğin martopikör kazıyıcı ve kesici makinalar ile yapılan çalışmada
- Kırma işlerinde
- Doldurma işlemlerinde
- Vagon ile nakliyat, sallantılı oluklarda ve taşıyıcı bantlarda
- Kazılmış malzemelerin doldurulmasında özellikle pnömatik ramble de,
- Cevher aynasının ve topukların tahkimattan kurtulur kurtulmaz arazi basıncı ile parçalanmasında
- Galeri kesitinin taranmasında
- Tahkimat işlerinde
- Tavanın basması ve çökmesinde
- Ani zorlamada, örneğin arazi darbelerinde
- Skip nakliyatında
- Yüksek basınçlı hava patlatmalı kömür kazı sisteminde

6. TOZLA MÜCADELE VE KORUNMA ÖNLEMLERİ

Yeraltı kömür madenciliğinde tozun oluşumunda bilinen birçok etken vardır fakat bunların yanında iki faktör vardır ki TTK'nın son dönem yapılanmalarından dolayı ön plana çıkmaktadır. Bunlar; Mekanizasyon ve iş konsantrasyonudur.

Ocaklardaki mekanizasyon, toz miktarını hissedilir derecede artırmıştır. Mekanizasyon, işçinin fiziki gücünü azaltacağı gibi çalışılan yerdeki toza maruz kalan işçi sayısında azaltacağından tozla mücadele için bir önlem olabilir.

Aynı durum iş konsantrasyonunda da söz konusudur ki bu yönetime “üretim ocağının yoğunlaştırılmış çalışma yöntemi” denir.

Klasik olarak, en önemli tozla mücadele sistemlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz

- Havalandırma
- Sulu delik delme
- Aynanın su ile doyurulması
- Su barajlı ateşlemeler
- Kazılan taş ve cevherin sulanması
- Emme

Bu yöntemlerin her biri tek başına bir çok durumlarda yeterli olmakta veya en azından iyi bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

6.1. Delik Delmede Tozdan Korunma

Delik delmede taban taşı, dönerek darbeli çalışan burgu (matkap) ile ufalandığından çok miktarda toz açığa çıkar.

Nelere yapılabilir;

Öncelikle “burgu bileme şartları eksiksiz yerine getirilmelidir”. Bunlar,

- Bileme zamanı,
- Bileme yöntemi,
- Bilenmiş uç ve kovanın uygunluk kontrolü gibi.

Ayrıca sulu delme kullanılır ve delicilerde su kullanımı zorunlu hale getirilir örneğin delici makinanın su basıncı 3 barın altına düşmesi halinde otomatik olarak durması gibi. Sulu delik delmenin aşağıdaki avantajlarını da hatırlamakta fayda vardır.

Delik sonu devamlı olarak toz ve kesintilerden temizlenir, buna bağlı olarak ta delik ilerlemesi, burgunun (matkabın) daima temiz bir yüzeye temas etmesinden dolayı yüksek olur başka bir deyişle delik delme hızı artar .

Susuz delmeye göre %25–30 ve hatta bazı durumlarda %60’a varan verim artışları söz konusudur.

Pnömatik patlatmada kuru delik delindiğinden (ϕ 65 mm jakbit ile) oluşan toz, su zerreleri veya su tozu meydana getiren fıskiyele tarafından zararsız hale getirilebilir.

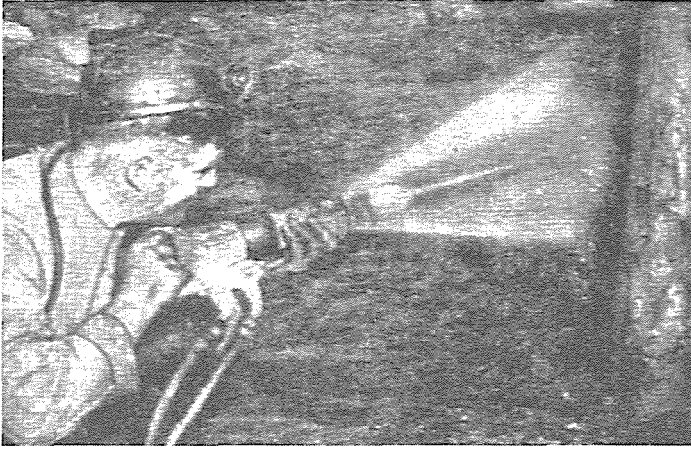
6.2. Ateşlemede Tozdan Korunma

Ateşlemeden sonra oluşan toz miktarı çok fazla olup, çökmesi zor olan ince ve zararlı tozlarında meydana gelmesi mücadelenin önemini göstermektedir. Bu mücadelede tozun oluşumu ve yayılması aşağıdaki yöntemlerle azaltılabilir:

- Uygun üretim ocaklarında, CO₂’li patlatma metodu (Cardox) kullanmak
- Aynaya ateşlemeden önce su püskürtme ile,
- Üretim yerinin iyice havalandırılmasıyla,
- Su zerreleri perdesi veya su tozu perdesi yönteminin kullanmak
- Kayaca uygun patlayıcı madde seçmek ve patlayıcı madde miktarını doğru hesaplamakla, şeklinde sıralanabilir.

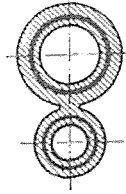
6.3. Martopikörle Üretimdeki Tozla Mücadele

Martopikörle üretimde tozun meydana gelişi dolayısıyla bunun insan üzerindeki zararlı etkisi; sulu martopikör kullanımı ile azaltılabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Sulu martopikör ile üretim.

Uygulamadaki deneyimlere göre bir zorluğu da paylaşmak gerekir, su için gerekli olan ilave hortum ile ağırlık fazlalaştı ve çift hortum işçiyi rahatsız etmeye başladı dolayısıyla tozun bastırılmasına rağmen işçi martopikörü severek kullanmadı. çözüm, Şekil 3’de gösterilen içi içe ikili bir hortumla sağlanmıştır.



Şekil 3. Su ve hava için iç içe ikili bir hortum.

7. TOZA KARŞI ÖNLEM OLARAK “SU”

7.1. Su Püskürtmek

Su püskürtmek, su serpmek veya su zerrecileri su bulutu (su tozu) ile toz aşağıdaki işlemlerde çökertilebilir:

- I. Delik delme, ateşleme yükleme martopikörle üretim ve diğer üretim makinalarında;
- II. Nakliyat
- III. Tavan göçertmesi ve tavan taramasında
- IV. Galeri nakliyatında
- V. Galeri sürülmesinde
- VI. Kömür veya taşın doldurma yerinde

Püskürtmede su kullanımı suyun;

- Ucuz olması
- Her yerde yeterli miktarda bulunması

- Kullanılacağı yere kolayca getirilebilmesi
- İnsan sağlığına zararlı olmaması

gibi faydaları yanında, çökertme ve tozun bağlanmasında en etkili çare olmaktadır. Keza, nakliyatındaki oluşan tozdan korunma çarelerinin başında yine iyi bir su püskürtme yöntemi gelmektedir.

Peki, tozla mücadelede TTK olarak hangi su püskürtme yöntemi kullanıldı ve hangi problemlerle karşılaşıldı, bu konuda aşağıda kısa bir bilgi verilmektedir. Kullanılan su püskürtme donanımları, Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğünde (MAZ) imal edilmiştir. Bunlar:

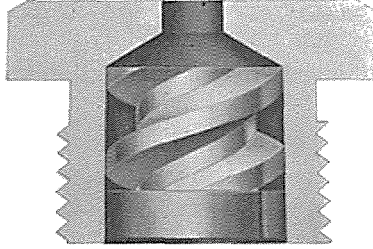
7.1.1. Fıskiyeler

Çalışma prensibi: su, ayrı üç kanaldan kare vidaya girerek vidayı döndürmeye başlar ve giderek vida ile birlikte dönme hızını da artırır.

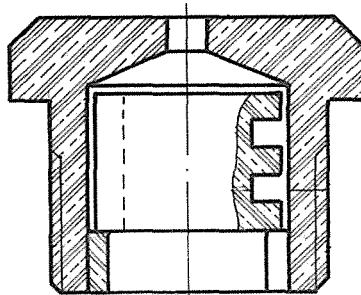
Meme öncesi, üç kanaldan dönerek hızlanmış olarak gelen su kütleleri birbirlerine çarparak zerrelere ayrılır ve meme ucundan su tozu olarak çıkar.

7.1.1.1. Tek memeli fıskiye

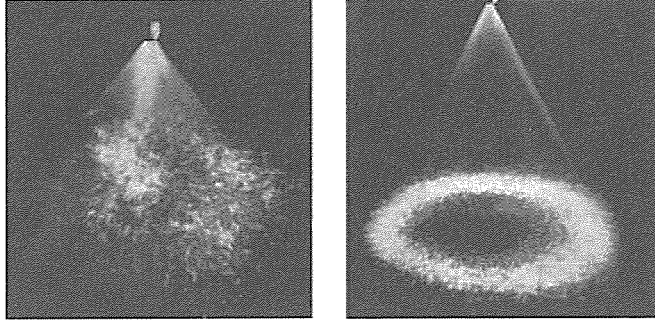
Tek memeli fıskiye'nin teknik resimleri Şekil 4 ve Şekil 5'de püskürtme biçimleri ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Tek memeli su fıskiyesi kesiti.



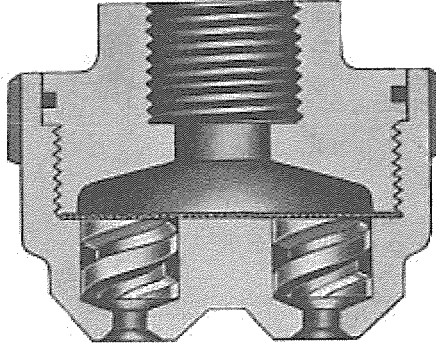
Şekil 5. Tek memeli su fıskiyesi.



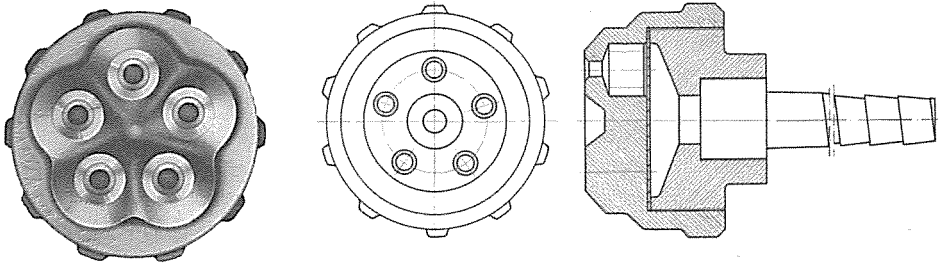
Şekil 6. Püskürtme (sprey) şekilleri içi dolu konik ve içi boş konik.

7.1.1.2. Çok memeli fıskiye

Çok memeli fıskiye'nin teknik resimleri Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.



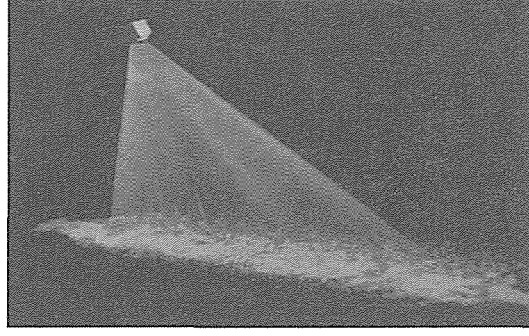
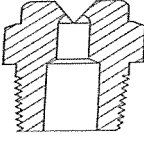
Şekil 7. Çok memeli fıskiyeden en kesit görünüm.



Şekil 8. Çok memeli (5 meme) su fıskiyesi.

7.1.1.3. V-sprey (püskürtücü) memeli fıskiye

Püskürtme şekli perde şeklinde düz olup Şekil 9'da gösterilmiştir.



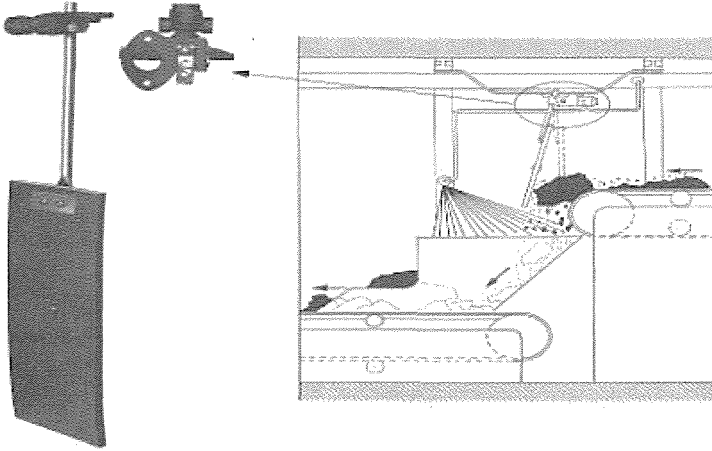
Şekil 9. V sprej meme çeşidinin kesit görünümü ve uygulaması.

7.1.2. Fıskiyelerin kullanıldığı yerler

Tozdan korunma ve mücadele için, en çok kullanılan ve en iyi yöntem, su püskürtme sistemidir. İyi bir su püskürtülmesiyle toz bağlanma derecesinde uygun bir sonuca ulaşılabilir. Aşağıda bazı kullanım örnekleri verilmiştir;

7.1.2.1. Bantlı nakliyatta

Bantlarla yapılan nakliyatta fazla miktarda toz meydana gelir ki, Şekil 10’da gösterilen “Pandül Valf” uygun bir çözüm olarak kullanılabilir.

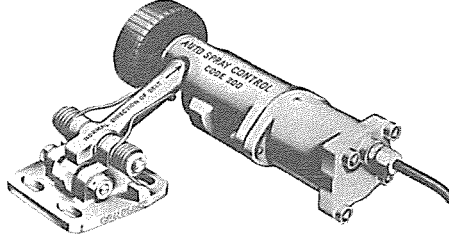


Şekil 10. Otomatik su püskürtmeli pandül valf.

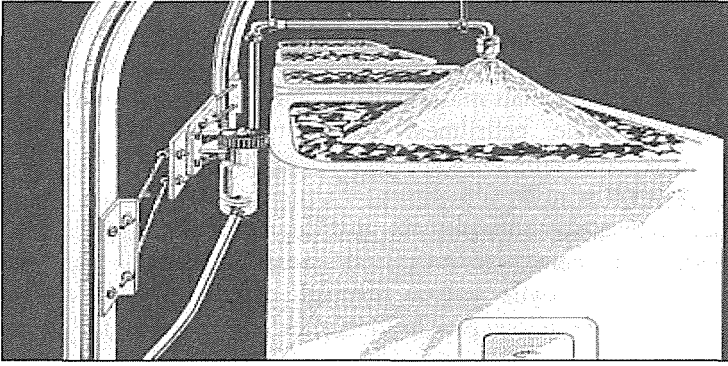
Banttın diğer bir banda yüklemede az veya çok malzeme miktarına (debişel) göre hareketli banda nerdeyse sürtünerek temas eden kapak gelen malzemeye bağlı olarak hareket eder bu hareket miktarı valfte hareket miktarına karşılık gelen su yolunu açar ve su bir hortumla, hortum sonuna bağlanmış fıskiyeyle gelerek istenilen yere püskürtülmüş olur. Hareketli bantta malzeme yok ise, kapak hareketsiz kalır ve valfteki suyunu kapar yani su akışı kesilir.

7.1.2.2. Vagonlu nakliyat

Yeraltı işletmelerinde kullanılan vagonlar için otomatik bir püskürtme sistemi Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 11. Vagonlar için tasarlanan otomatik su püskürtme kontrol ünitesi.

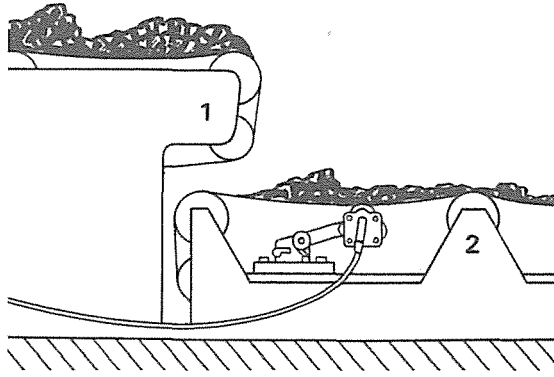


Şekil 12. Otomatik su püskürtme sistemi (fiskiye otomatığı).

Şekil 12’ye göre fiskiye otomatığının lastik tamburu vagon yan yüzeyine öyle bir baskı kuvveti ile temas ettirilir ki (montaj yapım sırasında) vagon hareket edince rahatça dönebilsin. Vagon yan yüzü tambura temas edince tambur vagon hızına bağlı olarak yavaş veya hızlı döner.

Bu dönme hareketi hidrolik pompaya (dişli pompa)hidrolik pompadan piston ve pistondan suyolunun açılıp (az veya çok) açılmasını sağlayan valfe, valfden de bir hortumla fiskiye gelerek su püskürtülür. Vagonlar arası boşlukta tamburun temas edecek yeri yoktur dolayısıyla dönemez ve su akışı kesilir.

Bu sistem bantlı nakliyatda da kullanılır. Şöyle ki; tambur bandın altına yerleştirilir bant hareket edince tambur temastan dolayı döner ve bu dönme hareketli bant çalıştığı süreç ve bu dönme hareketli bant çalıştığı sürece fiskiyeden su püskürtülmesine neden olur. (Şekil 13).

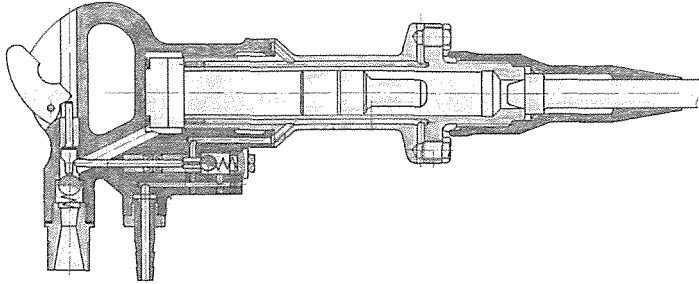


Şekil 13. Otomatik su püskürtme sistemi (fiskiye otomatığı).

7.2. Sulu Pikör

Tozla mücadelede konu ile ilgili kısa bir bilgi vermiştik. Martopikörle yapılan üretimde kömürün bir su huzmesi ile ıslatılması, aynanın nemlendirilmesi ve oluşan tozun hemen çökertilerek zararsız hale getirilmesi sağlanmıştır. Bu nedenle kömür üretimi “*sulu üretim*” olarak isimlendirilen yöntem ile kendiliğinden ıslatılmış olmaktadır.

MAZ tarafından imal edilen sulu pikörde gövde (silindir) üzerinde 2 adet tekli fiskiye vardır. Kumanda kolu, hem pikörün çalışabilmesi için gerekli olan basınçlı havayı hemde fiskiyele gelen suyun yolunu açmakta dolayısıyla tek kumanda ile pikör çalışırken kömür üzerinde su tozu püskürtülebilmektedir (Şekil 14).

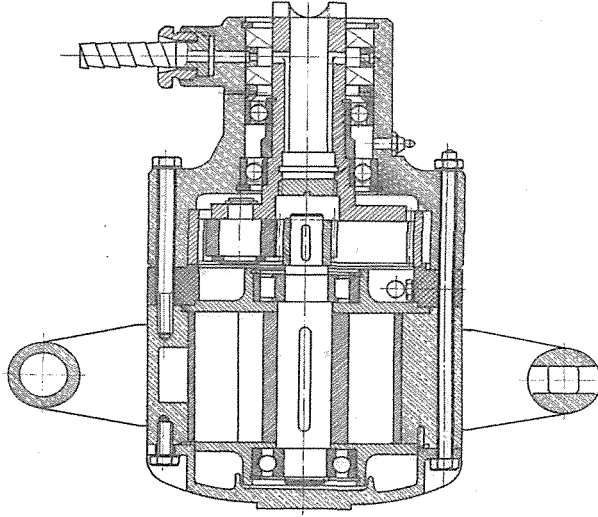


Şekil 14. Sulu pikörün kesit resmi.

7.3. Sulu Kömür Delme Makinası

Şekil 15’de görüldüğü gibi, gövde üzerine su giriş adaptörü bağlanırsa sulu tip bağlanmazsa kuru tip kömür delme makinası elde edilir.

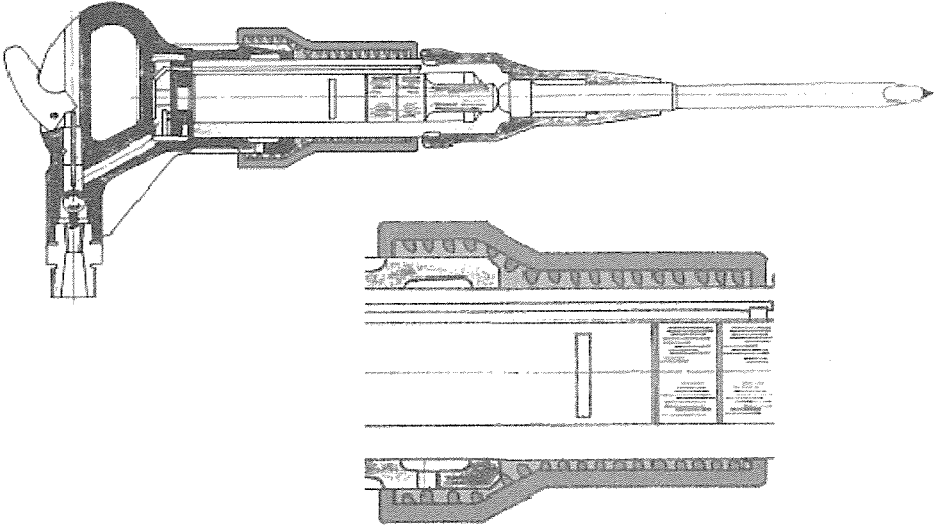
Prencip olarak su yolu açıldığında su, helezon burgunun içinden geçerek çatal jakbitin hemen arkasındaki delinmiş deliklerden (monoblok burgulu perfaratörlerde olduğu gibi) kömür içinde fışkırır ve dolayısıyla hem ayna nemlendirilmiş hemde oluşan toz bastırılmış olur.



Şekil 15. Sulu kömür delme makinası.

8. SUSTURUCULU PİKÖR

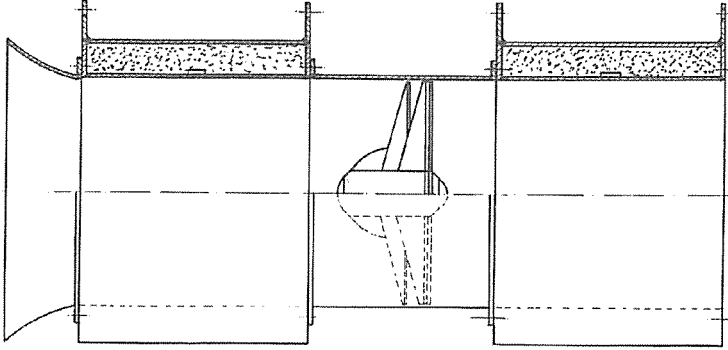
MAZ, “önce sağlık” parolası ile gürültüye karşı önlem çalışmaları da yapmıştır. Örnek verilmesi gerekirse Şekil 16’da gösterilen susturuculu pikörde TTK İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı tarafından yapılan gürültü ölçüm değerleri 88 db olup aynı şartlarda çalışan susturucusuz pikörde ise bu değer 94 db dir.



Şekil 16. Susturuculu pikörün kesit görünümü.

9. SUSTURUCULU OCAK VANTİLATÖRÜ

Hem emme hemde basma tarafına monte edilmiş MAZ susturuculu tali ocak vantilatörünün şematik resmi Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17. Susturuculu ocak vantilatörü.

Pervanelerin gürültü ölçüm değerlerinin kıyaslanması Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Vantilatörlerin gürültü düzeyi karşılaştırması.

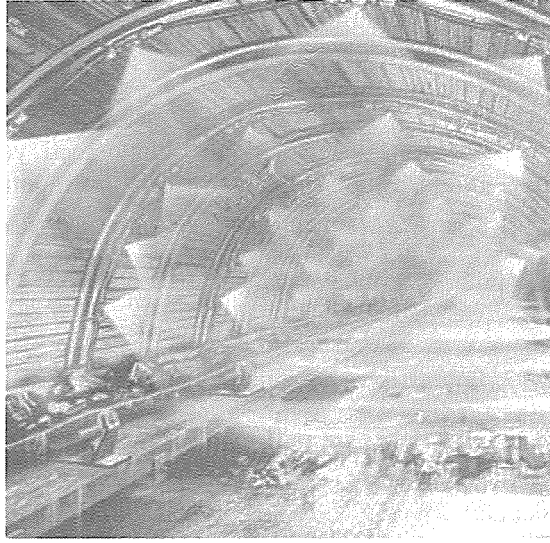
Susturuculu ithal vantilatörlerde	98,8 dB
MAZ susturuculu vantilatörde (aynı ithal vantilatör)	86,2 dB
Susturucusuz $\phi 600$ vantilatörde	105 dB
MAZ susturuculu $\phi 600$ vantilatörde	92,4 dB

10. SU FİSKİYELİ YANGIN BARIYERİ

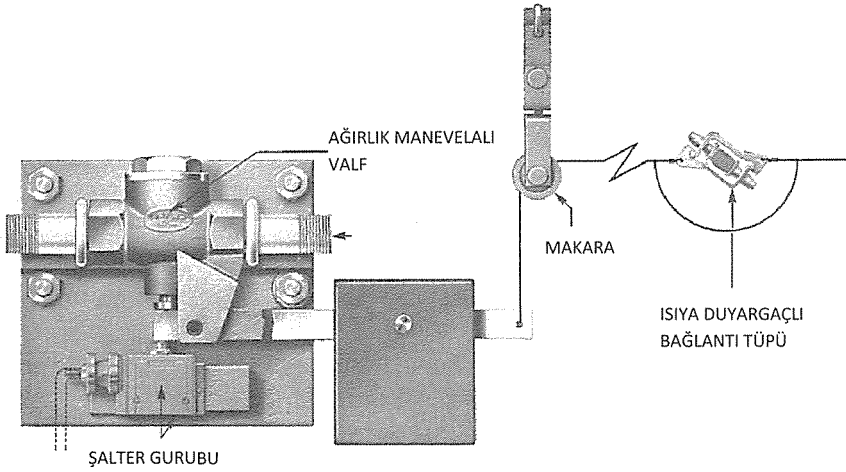
MAZ’ın iş güvenliği ile ilgili çalışmaları içerisinde Yangın Önleme ve Yangınla mücadele sistemleri gibi çalışmaları vardır. Ocak galerisi Şekil 18’de görüldüğü gibi, demir bağlar etrafına çoklu fiskiyeler ile donatılmıştır. Kısaca çalışma prensibi ise şöyledir;

Hava akımını veya yangını karşılayan ve içinde 57°C ye duyarlı akışkan bulunan bir tüpün patlaması sonucu otomatik açıcının devreye girmesiyle su yolunu açan ağırlıklı manivela valf, bir anda galeriye püskürtülen suya boğar. Yani su püskürtmeli yangın bariyeri oluşur.

Yangın riskini taşıyan (motor garajı gibi) yerlerde ise daha basit bir sistem uygulanır. Yine 57°C ye duyarlı olan tüpün patlaması sonucu, su yolu yay kuvvetinden dolayı otomatik olarak açılır ve fiskiyelere gelen su ile su bariyeri elde edilir (Şekil 18 ve Şekil 19).



Şekil 18. Galeri içersindeki yangın bariyeri.



Şekil 19. Su bariyerinin otomatik valfinin teknik resmi.

11. HİDROLİK PİKÖR

Yeraltında kullanılmak üzere imal edilen “malzeme çekme mekanizması”nın işçi sağlığı ve verimliliği üzerindeki çok olumlu etkisinden sonra, Sn R. Dağdelen tarafından hidrolik pikör üzerinde çalışmamız istendi. Bunun üzerine yeraltı madencilik sektöründe teknolojileri ileri düzeyde olan ülkeleri, konu ile ilgili bilgiler almak üzere tarama çalışmaları yapıldı. Genelde kömür kazmak için bilinen manada hidrolik pikör yok ancak beton kırma işlerinde kullanılanı var ve bu pikörlerden farklı ülkelere ait iki adedini temin ederek üzerinde çalışmaya başlandı.

Prototip çalışma yaklaşık 1,5 yıl sürdü önce MAZ tarafından 1 adet imal edilerek performans değerlerine bakıldı ve imalat sayısı 5'e çıkarıldı (Şekil 20). Şekil 21'de hidrolik pikörün çalışma çevrimi verilmiştir.

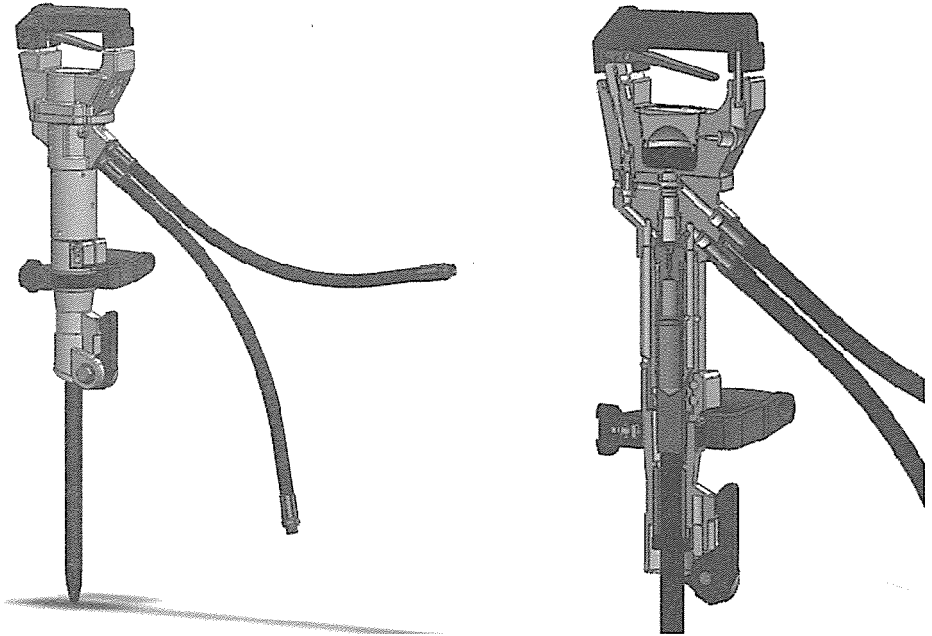
Yer üstünde yaptığımız performans denemeleri çok olumlu geçti, yer altı denemeleri ise Üzülmüş Müessesesinin üretim ayağında pompa tesisatının montajı tamamlandığında yapılacaktır.

Sonuç olarak, hidrolik pikör üzerindeki çalışmaların önemini, Çizelge 3'de görmek mümkündür.

Çizelge 3. Pnmatik ve hidrolik pikörün karşılaştırılması.

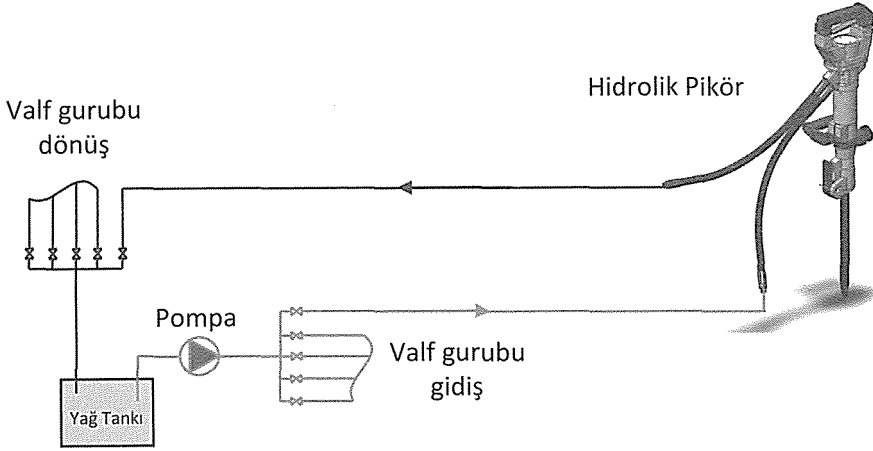
	MAZ Pnmatik Pikör	MAZ Hidrolik Pikör
Darbe başına iş (Nm)	28,75	55
Darbe sayısı (darbe /dakika)	1450	1600
İşletme basıncı (bar)	4-6	70-90 (max150)
Gerekli güç (kw/pikör)	5	3,4
Ağırlık (kazmasız) (kg)	8,8	8,2
	Deneysel ölçülmüş değerler	Teorik değerler

İki pikör karşılaştırıldığında, hidrolik pikörün darbe başına iş olarak 1.91 ve dakikadaki darbe sayısı olarak 1.1 kez daha iyi olduğu görülür.



Şekil 20. Hidrolik pikör.

Enerji tasarrufu açısından bakılacak olursa, pikör başına gerekli olan güç farkı 1,6 kw hidrolik pikörün lehindedir. Bu ise büyük bir avantaj dolayısıyla kazançtır (Özkan, 2009).



Şekil 21. Hidrolik pikörün işletme esnasındaki kapalı çalışma çevrimi.

12. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüm Maden Fakültelerinin müfredatlarında tozun zararları en ince detaylarına kadar işlenmektedir. Bu makalede anlatılmak istenen Amerika'nın yeniden keşfi değil sadece tozla mücadelenin verimli bir şekilde nasıl yapılacağının hatırlanmasıdır. Unutulmamalıdır ki Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü yeri geldiğinde lokomotif imali yapılmıştır. Mevcut eldeki imkanların tekrar gözden geçirilerek istenen Tozla Mücadele Tekniklerinin en üst seviyesine gelebilmesi için gerek maden ve makina mühendislerinin önemle üzerinde durması gereken bir konu olduğu Şekil 1 ve Çizelge 1'de bariz bir şekilde görülmektedir.

TTK'nın yıllık üretim miktarları incelendiğinde ve işçi sayısını da göz önünde bulundurursak ileriye yönelik olarak Pnömonyoz'un tehlike sinyalleri verdiği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

Karaçelebi, A. S. (1980) Toz raporu, EKİ İnsangücü Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Özkan, T. (2009) Kişisel görüşme, Amasra, Bartın.

Süzek, S. (1994) İş güvenliği mevzuatı, Savaş Yayınları, Ankara.

Tiryaki, N. (2009) Kişisel görüşme, Zonguldak.

ULUSAL, AVRUPA VE ULUSLARARASI STANDARDİZASYON FAALİYETLERİ VE AYNA KOMİTELER

NATIONAL, EUROPEAN AND INTERNATIONAL STANDARDIZATION ACTIVITIES AND MIRROR COMMITTEES

Haluk DAĞ, *Türk Standardları Enstitüsü, Ankara*

ÖZET

Standardizasyonun temel kavramları, Ulusal, Avrupa, Uluslararası düzeyde standardizasyon çalışmaları sunumun içeriğini oluşturmaktadır. Katılımcıların, Türk Standardları Enstitüsü bünyesinde ulusal görüşü oluşturmak amacı ile kurulmuş olan ayna komitelerin çalışma prensipleri, Ulusal, Avrupa ve Uluslar arası standardizasyon kuruluşları ve çalışmaları konusunda bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır.

SUMMARY

This presentation deals with basic concepts of standardization, standardization activities at national, European and international level. The aim of this presentation is to give information about the operating principles of the mirror committees, which are established under Turkish Standards Institution to form the national position, as well as national, European and international standardization organizations and their work.

1. GİRİŞ

Türk Standardları Enstitüsü, Türk Standardları Enstitüsü; her türlü madde ve mamüller ile usul ve hizmet standartlarını yapmak amacıyla 18.11.1960 tarih ve 132 sayılı kanunla kurulmuştur. Türk Standardları Enstitüsü tarafından kabul edilen standartlar Türk Standardı adını alır. Bu standartlar ihtiyari olup, standardın ilgili olduğu bakanlığın onayı ile mecburi kılınabilir. Bir standardın mecburi kılınabilmesi için Türk Standardı olması şarttır. Mecburi kılınan standartlar Resmi Gazete'de yayımlanır. TSE'nin görevleri, her türlü standardı hazırlamak ve hazırlatmak, Enstitü bünyesinde veya hariçte hazırlanan standartları tetkik etmek ve uygun bulduğu takdirde Türk Standardları olarak kabul etmek, kabul edilen standartları yayımlamak ve ihtiyari olarak uygulanmalarını teşvik etmek, mecburi olarak yürürlüğe konmalarında fayda görülenleri ilgili bakanlığın onayına sunmak, kamu sektörü ve özel sektörün talebi üzerine standartları veya projelerini hazırlamak ve görüş bildirmektir. Ayrıca standartlar konusunda her türlü bilimsel teknik incelemelerle araştırmalarda bulunmak, yabancı ülkelerdeki benzer çalışmaları takip etmek, uluslararası ve yabancı standard kurumları ile ilişkiler kurmak ve bunlarla işbirliği yapmak ve üniversiteler ve diğer bilimsel ve teknik kurum ve kuruluşlarla işbirliği sağlamak, standardizasyon konularında yayım yapmak, ulusal ve uluslararası standartlardan arşivler oluşturmak ve ilgililerin faydalanmalarına sunmak diğer görevleri arasındadır.

2. STANDARDİZASYON

Mevcut ve muhtemel problemler dikkate alınarak belirli bir konuda ortak ve tekrar eden kullanımlar için en uygun seviyede bir düzen gerçekleştirilmesi amacıyla gerekli hükümlerin oluşturulması faaliyetidir (TS EN 45020).

2.1. Standardizasyonun Amaçları

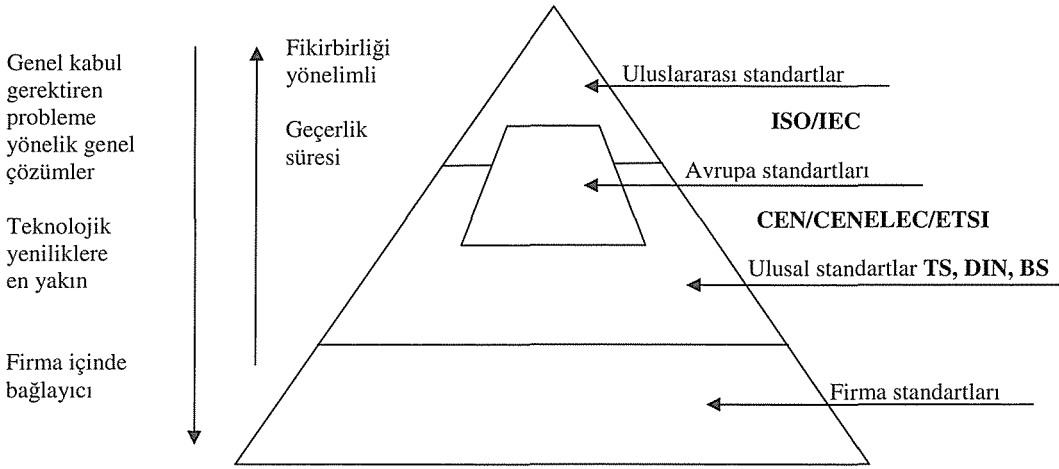
Çeşitliliğin kontrolü, kullanılabilirlik, uyumluluk, birbirinin yerine geçebilirlik, sağlık, güvenlik, çevrenin korunması, ürünün korunması, ticari engellerin aşılması, teknolojik işbirliğinin kolaylaşması standardizasyonun belli başlı amaçları arasında yer almaktadır.

2.2. Standardizasyonun Paydaşları

Standardizasyonun demokratik meşruiyeti, tüm paydaşların katılımına bağlıdır. Sanayi, KOBİ'ler, kamu, Odalar ve Borsalar, iş dünyası, sivil toplum örgütleri, araştırma ve deney kuruluşları, tüketiciler standardizasyonun paydaşlarıdır.

2.3. Standardizasyon Piramidi

Standardizasyon Piramidi Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Standardizasyon Pramidi.

3. ULUSAL STANDARDİZASYON KURULUŞLARI

3.1 Ulusal Standardizasyon kuruluşları

Ülkemizin resmi ulusal standard kuruluşu Türk Standardları Enstitüsü'dür. TSE uluslararası alanda Türkiye'yi temsil eden tek kuruluştur. Diğer kuruluşlara ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

TSE, Türk Standardları Enstitüsü

BSI, British Standards Institution, İngiltere

ANSI, American National Standards Institute, ABD

JISC, Japanese Industrial Standards Committee, Japonya

DIN, Deutsches Institut für Normung, Almanya

AFNOR, Association Française de Normalisation, Fransa

4. ULUSLARARASI VE BÖLGESEL STANDARDİZASYON KURULUŞLARI

4.1. Uluslararası ve Bölgesel Standardizasyon Kuruluşları

Uluslararası ve Bölgesel platformda standard hazırlayan kuruluşlar aşağıda verilmiştir.

ISO, Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı- International Organization for Standardization

IEC, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu-International Electrotechnical Commission,

ITU, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği-International Telecommunication Union

CEN, Avrupa Standardizasyon Komitesi- European Committee for Standardization

CENELEC, Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi- European Committee for Electrotechnical Standardization

ETSI, Avrupa Telekomünikasyon Standartlar Enstitüsü-European Telecommunications Standards Institute ISO, Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı- International Organization for Standardization

5. STANDARD NEDİR?

Mutabakat sağlanmış ve kabul edilmiş; bir kurumca onaylanmış, tüm ilgili tarafların katılımıyla geliştirilmiş, mevcut şartlar altında en uygun seviyede bir düzen kurulmasını amaçlayan, ortak ve tekrarlanan kullanımlar için faaliyetler ve sonuçlarıyla ilgili kuralları, kılavuzları veya karakteristikleri ihtiva eden dokümanlardır.

6. NİÇİN STANDARD HAZIRLANIR?

Standard, ürün, hizmet ve tesisler için güvenlik ve kalite gereklerini oluşturmak, imalat süreçlerini iyileştirmek, teknoloji kullanımını yaygınlaştırmak, ticari engelleri kaldırmak ve yeni pazarların açılmasını sağlamak, çevreyi ve sağlığı korumak için hazırlanır.

7. TEKNİK DÜZENLEME NEDİR?

Ürünlerin özelliklerine veya işlem ve üretim yöntemlerine ilişkin, uyulması zorunlu belgelere, yasal düzenlemelere "teknik düzenleme" denir.

Teknik düzenlemeler, terminoloji, semboller, ambalajlama, işaretleme, etiketleme vb. şekillerde karşımıza çıkabilir.

8. STANDARDLAR VE TEKNİK DÜZENLEMELER KARŞILAŞTIRMASI

8.1. Standardlar

Gönüllülük esasına dayalıdır, tüm paydaş gruplarının katılımına açıktır, tam bir fikirbirliğini yansıtır, tam şeffaflık ilkesine dayalıdır.

8.2. Teknik Düzenlemeler

Mecburidir, yasama yetkilileri tarafından hazırlanır, fikirbirliği aranır, şeffaflık ilkesine dayalıdır.

9. ULUSAL DÜZEYDE STANDARDİZASYON ÇALIŞMALARI

9.1. Türk Standardları Enstitüsü: Genel Tanıtım

Türk Standardları Enstitüsü, her türlü madde ve mamüller ile usul ve hizmet standartlarını yapmak amacıyla 18.11.1960 tarih ve 132 sayılı kanunla kurulmuştur.

Türk Standardları Enstitüsü tarafından kabul edilen standardlar, Türk standardı adını alır. Bu standardların uygulanması ihtiyaridir.

9.1.1. Faaliyetleri

Türk Standardları Enstitüsü'nün temel faaliyet alanları aşağıda verilmiştir.

- Standard hazırlama,
- Laboratuvar hizmetleri,
- Metroloji ve kalibrasyon hizmetleri,
- Gözetim ve muayene hizmetleri,
- Belgelendirme hizmetleri (Ürün, personel, sistem)

9.1.2. TSE-Standard Hazırlama Merkezi Başkanlığı vizyonu

TSE- Standard Hazırlama Merkez Başkanlığı'nın vizyonu, Türk standardlarını hazırlamak ve yayınlamak, Uluslararası ve Avrupa standardlarını Türk Standardı olarak uyumlaştırmak, mevcut standardları periyodik olarak gözden geçirmek, ihtiyaç hissedilmesi durumunda müşterilere yeni ürünler sunmak, uluslararası, Avrupa ve diğer bölgesel standard hazırlama süreçlerine aktif katılımı teşvik etmek, ayna komitelerin ve üyelerinin sayısını artırmak, ulusal, Avrupa ve uluslararası standardların, ilgili taraflarca kullanımını artırmak, paydaşlara standard ve ilgili dokümanların satışını yapmaktır.

9.1.3. İhtisas grupları

Ulusal standardların hazırlanması temel görevlerinden olan İhtisas grupları aşağıda sunulan alanlarda faaliyette bulunmaktadır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim

Çevre

Elektrik

– *Elektroteknik Güvenlik ve Aydınlatma Özel Daimi Komitesi*

Elektronik

Hizmet

İnşaat

Kimya

Maden

Makina

– *Tesisat ve Basınçlı Kaplar Özel Daimi Komitesi*

Mamul Gıdalar

Metalurji

Millî Savunma Sanayii

Mühendislik Hizmetleri

Orman ve Orman Ürünleri

Petrokimya

Petrol

Sağlık

Tekstil
Yetkili Servis Standardları
Ziraat
İhtisas Grubu =20
Bağlı ÖDK = 2
Toplam = 22

9.1.4. Standard sayıların istatistiksel durumu (Eylül 2009 itibari ile)

Standard sayıların istatistiksel durumu Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Standard sayıların istatistiksel durumu.

Yürürlükteki toplam Türk Standardı	29.143
Yürürlükteki toplam Türk Standardı (Türkçe)	20.859
Toplam Avrupa Standardı Sayısı	15.608
Türk Standardı olarak yayınlanan	15.420
Avrupa (CEN/CENELEC) Standardı	
Avrupa Standardlarından Türk Standardına Dönüşüm oranı	% 98.8
Türk Standardı olarak yayınlanan	
Uluslararası (ISO/IEC) standardlar	10.167

10. TÜRK STANDARDLARININ HAZIRLANMA AŞAMALARI

10.1. İş Programına Konu Teklifi

Türk standardlarının ilk hazırlanma aşaması iş programına konu teklifidir. Bu amaçla öncelikli konuların belirlenmesi için Avrupa standardları, uluslararası standardlar incelenir, kurum ve kuruluşlar ve ilgili birimlerin (Bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları, özel sektör kuruluşları, bilimsel kuruluşlar, tüketici dernekleri, mesleki kuruluşlar, Enstitü birimleri) talepleri ve sistematik gözden geçirmenin sonuçları dikkate alınır ve yapılan teknik incelemenin sonucu uygun bulunan konular iş programına alınır.

10.2. Tasarının Hazırlanması

İş programına alınan konunun tasarısının hazırlanması için mesleki tecrübe, yabancı dil standardizasyon tecrübesi, performans gibi bazı kriterleri sağlayanların üye olabildiği raportör havuzundan , Ayna Komite veya sektör derneklerinden uygun raportör seçilir ve belli sürelerde tasarımı hazırlaması talep edilir.

10.3. Mütalaa

Belirlenen sürede hazırlanmış olan tasarı ilgili kurumlara, firmalara, sektör dernekleri, ayna komiteler, tüketici derneklerine iletilir ve web sayfasında ilan edilir. Mütalaa süresi sonunda gerekli olması halinde 2. kez dağıtım yapılır.

10.4. Kabul ve Yayınlama

Her bir tasarı kabul ve yayımlama işlemini öncesinde bir hazırlık aşamasından geçer (büro işlemleri, numaralandırma TSTS ENTS ISOTS EN ISOTS ISO/IECTS IEC.....TS HD..),ve gerekli düzenlemelerin neticesinde Teknik kurulun onayına sunulur ve kabul edilen standartlar www.tse.org.tr adresinden yayınlanır.

10.5. Periyodik Gözden Geçirme

Türk standartları 5 yılda bir periyodik olarak gözden geçirilmektedirler. Bu aşamaya gelmiş olan dokümanlar ile ilgili olarak ilgili kurumlar, firmalar, sektör dernekleri, ayna komiteler, tüketici dernekleri bilgilendirilir, TSE web sayfasından ilan edilir ve gelen görüşler doğrultusunda, standard için, konfirmasyon, revizyon, iptal kararı verilir.

11. AYNA KOMİTELER

11.1. Tanım ve Kurulma Amaçları

Ayna Komiteler ulusal, bölgesel (CEN, CENELEC) veya uluslararası (ISO,IEC) standard hazırlama faaliyetlerine ilgili tüm tarafların (özel sektör, kamu, üniversite, sivil toplum örgütleri) aktif katılımını sağlamak, standard hazırlama faaliyetleri konusunda tüm ilgilileri bilgilendirmek, ulusal görüşünün uluslararası ve bölgesel standartlarda yer almasını sağlamak amacıyla kurulmuşlardır.

11.2. Başlangıç, Mevcut Durum

Ayna komiteler 2004 yılı Aralık ayında yapılan 1. ayna komite toplantısını müteakip çalışmalarına başlamıştır. 2009 yılı verilerine göre 19 Sektör Grubu, 950 Uzman, 115 Ayna Komite ile çalışmalara devam edilmektedir.

11.3. Kuruluş, Görevleri

Ayna komiteler; sektör talebi veya ülke ve kamu menfaati göz önünde bulundurularak TSE tarafından kurulur.

Ayna komitelerin görevleri; ulusal, uluslararası ve bölgesel standardizasyon çalışmalarını takip etmek, uluslararası (ISO,IEC) ve bölgesel (CEN,CENELEC) teknik komite tasarıları için ülke görüşünü oluşturmak, Ülke görüşü oluştururken ayna komite üyesi olmayan sektördeki diğer kuruluşların görüşlerinin de ulusal görüşe dahil edilmesini sağlamak, ISO, IEC, CEN, CENELEC teknik komitelerine ait tüm toplantı duyurularını değerlendirmek ve gerek duyulan toplantılara komite üyeleri ve diğer

sektör temsilcilerinin katılımını sağlamak, ISO, IEC, CEN, CENELEC'in bazı teknik komitelerinin sektör menfaatleri doğrultusunda sekreteryalık sorumluluğunu üstlenmek, gerektiğinde kendi bünyelerinde çalışma grupları oluşturmak, ulusal standard hazırlama çalışmalarına katılmak ve gerektiğinde bizzat standardı hazırlamak, standardların kullanımını geliştirmek ve ilgilileri bilgilendirmek olarak belirlenmiştir.

11.4. Üye Özellikleri

İlgili konuda uzman, çalışmaları takip edebilecek düzeyde yabancı dil bilgisi olan, standardizasyon konusunda bilgi birikimine sahip veya verilecek eğitimlere katılan, uluslararası standardizasyon çalışmalarında iyi ilişkiler geliştirebilecek iletişim becerisine sahip, diğer ülke uzmanları ile işbirliği ortamını tesis edecek anlayış ve yapıda, temsil ettiği sektörü iyi tanıyan ve sektör tarafından iyi tanınan, ayna komite çalışmalarına zaman ayırabilecek, toplantılara katılabilecek kişiler ayna Komitelere üye olabilirler.

11.5. Üyelik Avantajları

Ayna komite üyeliği, üyelere konu ile ilgili tüm dokümanlara ulaşma imkanını, uluslararası toplantılara katılma hakkını, uluslararası standardların hazırlanmasına katkı sağlayarak temsil edilen kuruluşun uluslararası platformda tanınırlığı artırmayı, teknik bilgi, uzmanlık ve deneyimin diğer yerli ve yabancı uzmanlar ile paylaşma ve fikir alışverişinde bulunma fırsatını, uluslararası ve Avrupa düzeyinde gelişme ve yenilikleri izleyebilmeyi, uzmanlığın uluslararası ve ulusal anlamda geçerliliği olan teknik dokümanlara aktarılması yoluyla mesleki tatmini sağlar.

12. AVRUPA DÜZEYİNDE STANDARDİZASYON ÇALIŞMALARI

Türk Standardları Enstitüsü, Avrupa Standardizasyon Kuruluşları, CEN- (Avrupa Standardizasyon Komitesi- European Committee for Standardization) ve CENELEC - (Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi- European Committee for Standardization)'in 1991 yılından beri bağlı üyesi bulunmaktadır. TSE, üyeliği çerçevesinde bu kuruluşların standard hazırlama çalışmalarını takip etmekte, toplantılarına katılmaktadır. CEN ve CENELEC ile ilgili bazı kısa bilgiler ve ağırlıklı oy sisteminin geçerli olduğu bu kuruluşlarda üye olanların oy ağırlığı ile ilgili bilgiler (Eylül 2009 verileri) aşağıda sunulmuştur.

12.1. CEN

30 ulusal üye (27 AB, 3 EFTA)
2 Danışman Kurum (EC, EFTA)
4 Bağlı Üye
7 Ortak Üye
275 teknik komite
60.000 üzerinde uzman
12535 yayın

12.2. CENELEC

30 ulusal üye (27 AB, 3 EFTA)

36 İşbirliği ortağı

4 Bağlı Üye

24 Teknik Kurul iş gücü grubu

73 teknik komite

220 çalışma grubu

yaklaşık 30.000 uzman, 5128 yayın

12.3. CEN/CENELEC Ulusal Üyelerinin Oy Ağırlıkları

İngiltere	29
Fransa	29
Almanya	29
İtalya	29
Polonya	27
İspanya	27
Hollanda	13
Belçika	12
Çek Cumhuriyeti	12
Yunanistan	12
Macaristan	12
Portekiz	12
Avusturya	10
İsviçre	10
İsveç	10
Danimarka	7
Finlandiya	7
İrlanda	7
Litvanya	7
Norveç	7
Slovakya	7
Kıbrıs Rum Kesimi	4
Estonya	4
Letonya	4
Lüksemburg	4
Slovenya	4
İzlanda	3
Malta	3

TSE'nin CEN ve CENELEC'e tam üye olma yolunda çalışmaları devam etmektedir. TSE'nin, bu kuruluşlara tam üye olduğunda İngiltere, Fransa, Almanya ve İtalya gibi 29 oy hakkına sahip olması beklenmektedir.

13. AVRUPA STANDARDLARININ HAZIRLANMA AŞAMALARI

Avrupa standardı (EN), üç resmi dilde (İngilizce, Fransızca, Almanca) yayınlanan, üye ülkeler tarafından kabul edilmesi gereken uygulanması ihtiyari bir dokümandır. Bir Avrupa standardının hazırlanması; taslağın hazırlanması, mütalaaya gönderilmesi, CEN/CENELEC ulusal üyelerinin ağırlıklı oylarıyla onaylanması ve yayınlanması aşamalarını kapsar. Yayınlanan Avrupa Standardı, ulusal düzeyde de ulusal standart olarak onaylanır, duyurulur ve yayınlanır. Çakışan ulusal standartlar ise yürürlükten kaldırılır. Bir Avrupa standardının içeriği, başka bir EN'in (ve CENELEC için HD'nin) içeriği ile çelişmemelidir. Avrupa standartları düzenli aralıklarla gözden geçirilir. Herhangi bir Avrupa standardı çalışmasının bulunması halinde, ulusal düzeyde aynı konuda bir çalışma yapılamaz ya da aynı konuda ulusal düzeyde başlamış bir çalışma var ise, Avrupa Standardı yayınlanana kadar durdurma uygulanır.

13.1. Sapmalar ve Özel Ulusal Durumlar

Bir üye ülke uyumlaştırmak zorunda olduğu bir Avrupa Standardının ülke mevzuatı ile çelişen hükümleri olması durumunda, değişiklik ve istisnalar talep etme hakkına sahiptir. Bunlar sapma olarak adlandırılır. Özel ulusal durumlar ise, bir ülkede uzun vadede bile değiştirilmesi mümkün olmayan hususlardır (iklim şartları, elektriksel topraklama şartları vb.) ve bunlar sapma olarak kabul edilmez. Bundan dolayı, EN'lerdeki (ve CENELEC için HD'lerdeki) hükümler mümkün olabildiğince, bu özel ulusal durumları karşılayabilecek şekilde hazırlanmalıdır.

14. ULUSLARARASI DÜZEYDE STANDARDİZASYON ÇALIŞMALARI

Uluslararası alanda standard hazırlayan en büyük iki kuruluş ISO (Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu ve IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)'dir. IEC, elektrik ve elektronik konularında, ISO ise diğer tüm konularda standard hazırlama çalışmalarını yapmaktadırlar. TSE 1955 yılından beri ISO'nun 1956 yılından beri IEC'nin tam üyesidir. ISO ve IEC'nin 2009 yılı itibari ile yapısı ile ilgili bilgiler kısaca aşağıda sunulmuştur.

14.1. ISO/IEC'nin Yapısı

14.1.2. ISO

ISO'ya 158 ulusal standard kuruluşu üyedir. Bu üyeliklerin yanısıra, çalışmaları takip eden 58 yazışma üyesi, 9 abone üyeside bulunmaktadır. ISO'da standard hazırlama çalışmaları, 193 teknik komite, 540 alt komite, 2244 çalışma grubu ve 64 geçici çalışma grubu tarafından yürütülmektedir. Mevcut durumda 16455 (uluslararası standard ve diğer teknik dokümanlar) adet doküman hazırlanmıştır.

14.1.3. IEC

IEC'ye 67 ulusal standard kuruluşu üyedir. Ayrıca, IEC standard hazırlama çalışmalarını takip eden 16 bağlı üyesi bulunmaktadır. IEC'de standard hazırlama çalışmaları 178 teknik/alt komite, 449 çalışma grubu, 240 proje takımı, 411 sürdürme

takımı tarafından yürütülmektedir. Mevcut durumda 5613 (uluslararası standard ve diğer teknik dokümanlar) adet doküman hazırlanmıştır.

15. ULUSLARARASI STANDARDLARIN HAZIRLANMA AŞAMALARI

Uluslararası standartların hazırlanma aşamaları Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Uluslararası standartların hazırlanma aşamaları.

Proje Aşamaları	İlgili Doküman		SORUMLU ORGAN
	Adı	Kısaltması	
Ön aşama	Ön çalışma maddesi	PWI	Teknik Komite (TC)
Öneri aşaması	Yeni çalışma maddesi teklifi	NWIP	Teknik Komite (TC)
Hazırlık aşaması	Çalışma taslağı	WD	Çalışma Grubu (WG)
Komite aşaması	Komite taslağı	CD	Teknik Komite (TC)
Mütalaa aşaması	Mütalaa taslağı	ISO/DIS - IEC/CDV	Merkez Sekreterya, ISO/IEC Üyeleri
Onay aşaması	Son uluslararası Standard taslağı	FDIS	Merkez Sekreterya, ISO/IEC Üyeleri
Yayın aşaması	Uluslararası standard	ISO, IEC veya ISO/IEC	ISO/IEC Merkez Sekreterya

ISO/IEC ve CEN /CENELEC arasındaki temel farklar aşağıda sıralanmıştır.

ISO ve IEC ‘de dünya genelinde üyelik söz konusudur. CEN/CENELEC üyeleri, ISO/IEC’nin tüm teknik komitelerine katılabilirler. Her ülkenin bir oy hakkı vardır. Standartların uygulama zorunluluğu yoktur. Standard harici yayınlar içinde harmonize dokümanlar mevcut değildir. Politik anlamda tarafsız kuruluşlardır. CEN/CENELEC üyeleri AB ülkeleri, EFTA ve aday ülkelerden oluşmaktadır. Birlik dışındaki ISO/IEC üyeleri, ISO ve CEN tarafından imzalanmış bulunan Viyana ve IEC ve CEN tarafından imzalanmış bulunan Dresden Anlaşması yoluyla çalışmalara katılabilir. Ağırlıklı oylama ulusal adaptasyon ve askıya alma zorunluluğu vardır. Standard harici yayınlar içinde herkesin kullanımına açık spesifikasyonlar bulunmamaktadır.

16. MADEN MAKİNALARI STANDARDLARI

Türk Standartları bünyesinde maden makinaları ile ilgili standartlar Maden İhtisas Grubu tarafından hazırlanmaktadır. Bu standartlar hazırlanırken ISO/TC 101 ve CEN/TC 196 komitelerinin çalışmaları takip edilmektedir.

ISO/TC 101'nin sekreteryası Almanya tarafından yürütülmekte ve komitenin bu güne kadar hazırladığı 37 adet standard bulunmaktadır. CEN/TC 196 nin sekreteryası ise yine Almanya tarafından yürütülmekte ve komitenin bu güne kadar hazırladığı 8 adet standard bulunmaktadır. Söz konusu standartlardan Türk Standardı olarak kabul edilenler aşağıda sıralanmıştır. Maden İhtisas grubumuz tarafından hazırlanan standart:

TS 5475 23.02.1988 Maden Makinaları-Bantlı Taşıyıcılar, İstifleyiciler, Yükleyiciler ve Boşaltıcılar Kısım 1:Yapı Dizaynı ile İlgili Kurallar.

ISO/TC 101 “Continuous Mechanical Handling Equipment” teknik komitesinin hazırladığı ve grubumuzca tercüme edilip Türk Standardı olarak kabul edilen:

TS ISO 2140 Sürekli Taşıma Cihazları için Güvenlik Kuralları

TS ISO 3569 Sürekli Mekanik Taşıma Donanımları-Birim Yüklerin Sınıflandırılması

TS ISO 4123 Bantlı Konveyörleri-Geri Dönüş Makaraları için Diskler ve Taşıyıcı Makaralar için Çarpma Halkaları-Ana Boyutlar

TSE ISO/TR 5045 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Bant Konveyör için Emniyet Kuralı-Sıkışma Noktalarının Mahfaza Altına Alınmasının Örnekleri

TSE ISO /TR 5046 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Zincir Elemanlı Konveyörler ve Elevatörler için Emniyet Kuralı-Sıkıştırma Mahfaza Altına Alınmasının Örnekleri

TSE ISO/TR 5047 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Taşıma Tertibatları veya Yük Taşıyıcıları Bulunan Zincirli Konveyörler-Yük Taşıyıcılardan Kaynaklanan Yaralanmalara Karşı Koruma Örnekleri

TS 3964 ISO 5048 Sürekli Mekanik Taşıma Donanımları-Taşıyıcı Makaralı Bant Konveyörler-Çalıştırma Gücünün ve Çekme Kuvvetlerinin Hesaplanması

TS ISO 5050 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Kalibre Edilmiş Yuvarlak Çelik Bakla Zincirli, Düşey Kepçeli Elevatörler-Genel Özellikler

TS ISO 7189 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Eklemlili Plakalı (Apron) Konveyörler-Tasarım Kuralları

TSE ISO/TR 8435 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı- Bantlı Konveyörler için Emniyet Kuralı-Taşıyıcı Makaralar Üzerindeki Kıştırma Noktalarının Korunması Örnekleri

TSE ISO/TR 9172 Sürekli Mekanik Taşıma Teçhizatı-Vidalı Konveyörler için Emniyet Kuralı-Kaptırma ve Kopma Noktalarının Mahfaza Altına Alınması Örnekleri

CEN/TC 196 “Machines for Underground Mines” Teknik komitesinin hazırladığı ve tercüme edilip Türk Standardı olarak kabul edilen standartlar:

TS EN 1552 Yeraltı Maden Makinaları-Ayak İçinde Çalışan Hareketli Kazı Makinaları- Kesici Yükleyiciler ve Saban Sistemleri için Güvenlik Kuralları,

TS EN 1804-1 Yeraltı Maden Makinaları-Hidrolik Tahrikli Tavan Tahkimatları için Güvenlik Kuralları-Bölüm 1: Tahkimat Üniteleri ve Genel Kurallar,

TS EN 1804-2 Yeraltı Maden Makinaları-Hidrolik Tahrikli Tavan Tahkimatları için Güvenlik Kuralları-Bölüm 2 -Tahrikli Direkler ve Hareket Elemanları,

TS EN 1804-3 Yeraltı Maden Makinaları-Hidrolik Tahrikli Tavan Tahkimatları için Güvenlik Kuralları-Bölüm 3-Hidrolik Kumanda Sistemleri,

TS EN 1889-1 Yeraltı Maden Makinaları-Yeraltında Çalışan Hareketli Makinalar-Güvenlik-Bölüm 1: Lastik Tekerlekli Araçlar,

TS EN 1889-2 Yeraltı Maden Makinaları-Yeraltında Çalışan Hareketli Makinalar-Güvenlik -Bölüm 2: Raylı Lokomotifler,

TS EN 12321 Yeraltı Maden Makinaları-Zırhlı Ayak Konveyörleri ile İlgili Güvenlik Kuralları,

TS EN 14658 Sürekli Taşıma Donanımları ve Sistemleri-Açık Ocak Linyit Madenlerinde Kullanılan Sürekli Taşıma Donanımları-Genel Güvenlik Kuralları.

17. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türk Standardları Enstitüsü, uluslararası, bölgesel ve ulusal standardizasyon faaliyetlerin gerçekleştirme süreçlerinde tüm paydaşların katılımı ile doğru, etkin, güvenilir ve ülkemiz sanayisini ilgilendiren konularda ülkemizin menfaatleri doğrultusunda standardların hazırlanmasını sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkıları nedeniyle, Türk Standardları Enstitüsü Standard Hazırlama Merkez Başkanlığında çalışan tüm arkadaşlara teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

ISO/IEC (2004)Yönergeler Bölüm 2.

CEN/CENELEC İÇ REGÜLASYONLARI (2002-2003) Bölüm 2:, Bölüm 3.

Ayna Komite Çalışma Prensipleri

<http://www.tse.org.tr/>

<http://www.iso.org/iso/home.htm>

<http://www.iec.ch/>

<http://www.cenorm.be/boss/index.htm>

<http://www.cenelec.eu/Cenelec/Homepage.htm>

ALEVSIZDIRMAZLIK TEST İSTASYONU FALİYETLERİ, ALEVSIZDIRMAZLIK, PATLAMALAR, ATEX VE AKREDİTEASYON

FACILITIES OF FLAMEPROOF TEST STATION, FLAMEPROOF, EXPLOSIONS, ATEX AND ACCREDITATION

Hasan Tuncay ÇELİK, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

ÖZET

12 Kasım 1973 tarihinde kurulan Alevsızdırmazlık Test İstasyonunun kuruluşundan bu güne kadar olan faaliyetleri özetlenmiştir. Alevsızdırmazlık konusu, patlayıcı ortam, gaz ve toz patlamaları, koruma tipleri, ALSz standartlar, patlamayı önleme metotları, ATEX direktifi, AB direktiflerine ve uyum yasalarına göre akreditasyon konusunda çalışmalar ve hedefler.

ABSTRACT

Facilities of flameproof test station, which founded in October 12 1973 was summarized. Subject of flameproof, explosive environments, gas powder explosions, type of protections, standards of ALSz, methods of preventing explosions are explained. ATEX directive and studies on consistency of EU unison laws are identified together with the feature targets of the station.

1. ALEVSIZDIRMAZLIK VE TEST İSTASYONU

1.1. Alevsizedirmazlık Test İstasyonu Kuruluşu

Alevsizedirmazlık Test İstasyonu 19.09.1973 tarih ve 14660 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan y6netmeliğe g6re kurulmuştur ve Onay mercii MİGEM'dir.

Bu y6netmeliğe g6re Alevsizedirmazlık Test istasyonu g6revini s6rd6rmekte ve sertifika vermektedir. Gerekli denetlemeleri yaparak verdiği sertifikaların s6relerini her yıl uzatmaktadır.

1.2. Faaliyetler

Alevsizedirmazlık Test İstasyonu 1974 yılında inşa ve tesisini takiben TTK elemanı olan 1 m6d6r; 2 başm6hendis, 2 teknisyen, 2 idari elemanla faaliyete ge6miştir. İlk sertifikasını, 1976 yılında MS 01 / 76 no ile Mutlu firmasının "Ak6l6 Madenci Baş Lambası" cihazına vermiş ve b6ylece ALSz sertifikalı cihaz imalatı T6rkiye'de ilk kez başlamıştır.

- Bug6ne kadar ALSz Test İstasyonuna 393 adet sertifika m6racaatı, tesis kontrol istemi, bilgi alma başvurusu olmuştur.
- Toplam 231 adet sertifika verilmiştir.
- 112 adet sertifika; yenileme, gruplandırma, sertifikalama şartlarına uymama gibi nedenlerle iptal edilip y6r6rl6kten kaldırılmıştır.
- 212 m6racaat; ALSz Y6netmelik h6k6mlerine, standartlara uymadığından veya testlerde başarısız olduğundan iptal edilip y6r6rl6kten kaldırılmıştır.
- B6t6n bu faaliyetler, 2008 yılsonu itibari ile arşivde muhafaza edilen 1393 adet MT (M6hendis-Test), 385 adet MR (M6d6rl6k); 87 adet P (Planlama) raporu olmak 6zere toplam 1865 adet raporla belirlenmiştir.
- TTK ya ait manyetoların test ve kontrol sayısı 26285 dır (23.07.2009 tarihine kadar) .
- Maden ocaklarında kullanılan ve T6rkiye'de standardı bulunmayan Ex cihaz ve kabloların yapım ve test esaslarının belirlendiği 18 adet standart şartname "MGM Standart şartnameleri" adı altında (Maden İşleri Genel M6d6rl6ę6 adına hazırlanmış, bunlardan 17 adedi Resmi Gazetede yayımlanmıştır.
- ALSz Test İstasyonunun m6racaat, test, sertifika verme gibi faaliyetlerinin en yoğun olduğu d6nem 1976- 1986 yılları arasındadır
- ALSz Test İstasyonu halen bir başm6hendis, bir m6hendis, bir işçi ve bir idari eleman olmak 6zere toplam 4 elemanla bu g6nk6 faaliyetlerini s6rd6rmektedir.
- ALSz Test İstasyonu bir 6retim birimi değil, bir hizmet (m6hendislik) birimidir. Bu hizmetin verilebilmesi ise talep edilmesine bağlıdır.
- ALSz Test İstasyonu sadece TTK i6in kurulmamıştır. Ex cihaz 6reten ve kullanan t6m T6rkiye sanayi i6in kurulmuştur. Bug6ne kadar verdiği

hizmetlerin %15'e yakını TTK'ya % 85'i ise TTK dışı sanayi kuruluşlarına verilmiştir.

1.3. Alevsizedirmazlık

Patlayabilir gaz ve yanabilir her maddenin tozunun bulunduğu sahalalar PATLAYICI ORTAMDIR. Patlamayı önleme için yapılan işlere Alevsizedirmazlık denir. Bunlar kurallar ve kullanılan cihazlarla sağlanır.

1.4. Koruma Tipleri

Patlayıcı ortamlarda çalışacak ve tehlike kaynağı olan cihazların, patlamaya karşı güvenli hale getirilmesi amacı ile uygulanan türlü tekniklerdir. Bu korumalar patlayıcı ortamda kullanılacak cihazın cins ve türüne göre:

- Cihaz muhafazası,
- Cihazın tüm giriş ve çıkışları
- Cihazın kumanda tertipleri ile eleman ve bağlantılarını kapsamakta olup standartlarca belirlenmiştir.

Patlamaya karşı koruma tip ve sembolleri şöyledir:

d- alevsizedirmaz koruma
e- artırılmış emniyetli
i-kendinden emniyetli
m- kapsülasyon
p- basınçlı
n- sınırlı hava sızdırmaz
o- yağa daldırılmış
q- tozla koruma

1.5. Harmonize Standartlar

Atex ile ilgili standartlar Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Atex ile ilgili standartlar.

Standrt no	Standartın ismi
IEC	
60079-0	Explosive atmospheres - Part 0: Equipment - General requirements
60079-1	Explosive atmospheres - Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures 'd'
60079-2	Explosive atmospheres - Part 2: Equipment protection by pressurized enclosures 'p'
60079-5	Explosive atmospheres - Part 5: Equipment protection by powder filling 'q'
60079-6	Explosive atmospheres - Part 6: Equipment protection by oil immersion 'o'

Çizelge 1. Atex ile ilgili standartlar (devam ediyor).

60079-7	Explosive atmospheres - Part 7: Equipment protection by increased safety 'e'
60079-11	Explosive atmospheres - Part 11: Equipment protection by intrinsic safety 'i'
60079-15	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 15: Construction, test and marking of type of protection 'n' electrical apparatus
60079-18	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 18: Construction, test and marking of type of protection encapsulation 'm' electrical apparatus
60079-19	Explosive atmospheres - Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation
60079-25	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 25: Intrinsically safe systems
60079-26	Explosive atmospheres - Part 26: Equipment with equipment protection level (EPL) Ga
60079-27	Explosive atmospheres - Part 27: Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO)
60079-28	Explosive atmospheres - Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation
60079-29-1	Explosive atmospheres - Part 29-1: Gas detectors - Performance requirements of detectors for flammable gases
60079-29-2	Explosive atmospheres - Part 29-2: Gas detectors - Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen
60079-30-1	Explosive atmospheres - Part 30-1: Electrical resistance trace heating - General and testing requirements
60079-31	Explosive atmospheres - Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosure 't'
61241-0	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 0: General requirements
61241-1	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 1: Protection by enclosures 'tD'
61241-1-1	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 1: Electrical apparatus protected by enclosures and surface temperature limitation - Specification for apparatus
61241-4	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 4: Type of protection 'pD'
61241-11	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 11: Protection by intrinsic safety 'iD'
61241-18	Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 18: Protection by encapsulation 'mD'
61779-1	Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases - Part 1: General requirements and test methods
61779-2	Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases - Part 2: Performance requirements for group I apparatus indicating a volume fraction up to 5% methane in air
61779-3	Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases - Part 3: Performance requirements for group I apparatus indicating a volume fraction up to 100% methane in air

Çizelge 1. Atex ile ilgili standartlar (devam ediyor).

61779-4	Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases - Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating a volume fraction up to 100% lower explosive limit
61779-5	Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases - Part 5: Performance requirements for group II apparatus indicating a volume fraction up to 100% gas
62013-1	Caplights for use in mines susceptible to firedamp - Part 1: General requirements - Construction and testing in relation to the risk of explosion
62013-2	Caplights for use in mines susceptible to firedamp - Part 2: Performance and other safety-related matters
62086-1	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Electrical resistance trace heating – Part 1: General and testing requirements

1.6. ALSz-MGM Standart Şartnameleri

Yetkili otorite Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Maden İşleri Genel Müdürlüğüne Resmi Gazete’de yayımlanmış; patlayıcı ortamlarda çalışacak cihaz ve parçalarının genel yapım ve test esaslarını belirleyen özel standart şartnameler:

1. MGM 101/1982 (R.G: 30.04.1982-17680) Akülü Madenci Başlambası İçin Esnek Kablo
2. MGM 102/1982 (R.G: 25.05.1982-17704) Madenci Başlambası
3. MGM 103/1982 (R.G: 25.05.1982-17704) Maden Ocakları için Benzin Alevli Emniyet Lambası
4. MGM 104/1982 (R.G: 22.12.1982-17906) Alevsizedirmaz Kablo Glendleri
5. MGM 105/1983 (R.G: 11.03.1983-17984) Alevsizedirmaz Dizel Lokomotifler
6. MGM 106/1983 (R.G: 11.03.1983-17984) Alevsizedirmaz Sıvılı Yolverme Dirençleri
7. MGM 107/1983 (R.G: 07.05.1983-18040) Alevsizedirmaz Güç Trafoları
8. MGM 108/1983 (R.G: 22.07.1983-18112) Alevsizedirmaz Cihazlar için Alevigeciktirici Kablolar
9. MGM 109/1983 (R.G: 15.08.1983-18136) Maden Ocakları için PVC Güç Kabloları
10. MGM 110/1984 (R.G: 04.02.1984-18302) Maden Ocakları için Telefon ve Sinyal Kabloları
11. MGM 111/1984 (R.G: 22.02.1985-18674) Açık İşletmeler için Lastik-Esnek Kablolar
12. MGM 112/1984 (R.G: 22.02.1985-18674) Yeraltı Kömür Maden Ocakları için Lastik-Esnek Kablolar

13. MGM 113/1984 (R.G: 21.05.1984-18407) Maden Ocakları İçin Kablo Birleştirici ve Adaptörler
14. MGM 114/1984 (R.G: 21.05.1984- 18407) Sürgülü ve Civatalı Fiş ve Prizler
15. MGM 115/1985 (R.G: 04.01.1986-18978) Yeraltı Kömür Maden Ocakları için Esnek, İletken kılıflı, Zırhsız Lastik Kablolar
16. MGM 116/1986 (R.G: 20.03.1986-19053) Akaryakıt Satış Pompaları
17. MGM 117/1986 (R.G: 20.03.1986-19053) Çekici Taşıyıcı ve Kaldırıcılar için Alevsizedirmaz Akü Bataryaları
18. MGM 118/1989 Yeraltı Kömür Maden Ocakları için PVC kılıflı, Çelik tel Zırhlı, 3800/6600 V.Güç Kabloları

1.7. Patlama

Yanıcı gaz ve tozun oksijenle karışması ve kapalı bir ortamda bir enerji kaynağı ile tutuşması sonucu zincirleme reaksiyon neticesinde basınç ve enerjinin ortaya çıkmasıdır.

Toz ve gaz patlamaları insan hayatını, mal varlığını ve doğal kaynakları tehdit eden ciddi bir olaydır. İşyerlerinde, konutlarda meydana gelen patlamalar gaz sıkışması tabiriyle tanımlanması kesinlikle yanlıştır ve hataları, alınacak tedbirleri saklar. O tip patlamalarda gaz sızıntısı ve kapalı bir ortamda gazın birikmesi ve bir ateşleme kaynağı mevcuttur. Ateşleme kaynağı bir elektrik anahtarının kontağından, bir buzdolabı motorunun termik rölesinin kontağından çıkan mili joule kademesindeki enerji olabilir. Patlayıcı atmosferi patlatmaya yeterli minimum enerji Çizelge 2’de verilmiştir. Gaz sıkışması olayında ancak adyabatik sıkışma sonucu ateşleme enerjisi olmadan patlama olabilir. Bu da dizel motorda yanma odasında mazot buharının yüksek basınç altında sıkışmasına benzer bir olaydır.

Çizelge 2. Patlatma enerjileri.

GRUP	GAZIN TÜRÜ	PATLATMA ENERJİSİ (μJ)	PATLAMA ARALIĞI (MESG) mm
I	METAN	300	1,14
	PROPAN	240	0,92
IIA	ETİLEN	70	0,65
IIB	ASETİLEN	17	0,37
IIC	HİDROJEN	13	0,29

Ateşleme kaynakları

- Alev ya da sıcak gazlar
- Sıcak yüzeyler
- Mekanik olarak üretilmiş kıvılcımlar
- Elektrik tesisatı
- Eşitleme akımları
- Statik elektrik
- Yıldırım akımı

- Elektro manyetik dalgalar
- İyonizasyon radyasyonu

1.8. Patlamayı Önleme Metotları

Patlama için gereken üç etkenden en az birini ortadan kaldırmak patlamayı önler. Havanın varlığı kaçınılmazdır, mutlaka patlayıcı atmosfer oluşmasını önlemek gerekir. Bu da öncelikle uygun havalandırma ile olmalıdır. Bunun yanında ateşleme kaynaklarını ortadan kaldırmak gerekmektedir. Bu da Alevsizedirmez teçhizat kullanmakla olur.

1.9. Emniyetin Temel Prensipleri

Emniyet tedbirleri aşağıdaki sıra ile yerine getirilmelidir:

1. Patlayıcı atmosferin oluşumu önlenmelidir.
2. Patlayıcı atmosferin ateşlenmesi önlenmelidir.
3. Patlamanın etkileri azaltılmalıdır.

2. AKREDİTASYON VE ATEX

AB uyum yasaları kapsamında yapılan hizmet türlerine göre akreditasyon şartı getirilmiştir. Akreditasyon, ulusal veya uluslar arası kuruluşlar tarafından; laboratuvarların, muayene ve belgelendirme kuruluşlarının ulusal ve uluslar arası kabul görmüş teknik kriterlere göre değerlendirilmesi, yeterliliğinin onaylanması ve düzenli aralıklarla denetlenmesidir. Denklik anlamına da gelir. Akreditasyonun temeli kalite sistemidir.

Nasıl bir doktor, avukat diploması olmadan görev yapamazsa hizmet üreten birimlerin, laboratuvar veya belgelendirme kuruluşunun raporu, belgesi uluslar arası ve ulusal alanlarda geçerli sayılmayabilir.

Akreditasyon başta laboratuvar hizmetleri, belgelendirme, eğitim gibi hizmetlerde zorunlu hale gelmiştir. Maalesef bu konuda yabancı şirketlerin faaliyetleri çoğunluktadır. Bu şirketlerin hizmet ücretleri ülke standartlarının üzerindedir. Bu da KOBİ ve daha küçük ölçekteki sanayicimize ağır gelmektedir.

Akreditasyon, standardizasyon aynı dili konuşmaktır, kaliteyi tanımlamaktır. Hazırlıksız yakalanırsanız büyük maliyettir.

Bu amaçla ülkeler tarafından tanımlanan ve ikili anlaşmalar çerçevesinde karşılıklı tanınan akreditasyon teşkilatları bulunmaktadır. Örneğin Almanya da DAR (Tg), İngiltere de UKAS, Hollanda da RvA, Türkiye’de TÜRKAK vb kuruluşların asli amacı kendisine müracaat eden kuruluşları talep ettikleri kapsamda denetleyerek ilgili uluslar arası standarda uygun olarak bu hizmeti verip vermediğini denetlemektir. Bu denetimlerin sonucunun uygun olması halinde söz konusu hizmeti veren şirketin uluslar arası kurallara uygun olarak bu hizmeti verdiği tescillenmektedir.

Akreditasyon standartlarına örnekler:

- TS EN 45012:1993- Kalite Sistem Belgelendirmesi Yapan Belgelendirme Kuruluşları İçin Genel kriterler.
- TS EN ISO/IEC 17025:2000 -Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar.
- TS EN 45004:1997- Çeşitli Tipteki Muayene Kuruluşlarının Çalıştırılması İçin Genel Kriterler.
- TS EN 45011:1993- Ürün Belgelendirmesi Yapan Belgelendirme Kuruluşları İçin Genel Kriterler.
- TS EN 45013:1993- Personel Belgelendirmesi Yapan Belgelendirme

2.1. ATEX Direktifleri

- a) 99/ 92/ EC (ATEX 137) sayılı kimyasal madde direktifini de uygulayan tehlikeli maddeler ve patlayıcılar yönetmeliği.(işyerlerine yönelik)
- b) 94/ 9 /EC Muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipman ve koruyucu sistemlere ilişkin

(ATEX 100 a ve ATEX 95) sayılı direktif

4703 Sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun'a dayanılarak Ticaret Bakanlığınca 94/9/AT sayılı “ Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler “ ile ilgili Direktif yani yönetmelik AB Resmi Gazetesinde yayınlanıp (O.J:27/10/2002 - 24919) yürürlüğe girmiş olup Mecburi Uygulama ise Gümrük Birliği kapsamındaki ülkelerde 31.12.2003 tarihin itibarı ile başlatılmıştır

Anılan yönetmelik 1/95 sayılı Avrupa Birliği Ortaklık Konseyi Kararının 8 ve 11 inci maddelerine ve 2/97 Avrupa Birliği Ortaklık Konseyinin “Uyumlaştırılacak Mevzuat” kararına uygun olarak T.C.Bakanlar Kurulunun 29.04.1997 gün ve 22974 sayılı Resmi Gazetede “Uyumlaştırılacak Mevzuat” başlığı altında yayımlanan kararına göre hazırlanan ve Ulusal Programda da yer alan “ Elektriksel Risk ve Elektriksel Ekipman” konu başlığı kapsamındaki 94/9/EC sayılı ATEX (ATmosphere EXplosive) direktif hükümlerinden oluşmaktadır. Bu yönetmelikte “ONAYLANMIŞ KURULUŞ-NOTIFIED BODY” olarak tanımlanan ve nitelikleri ve yetkisi belirlenen bir kuruluşun Türkiye’de varlığının belirlenmesi ve faaliyete geçirilmesi söz konusudur. Türkiye’de böyle bir kuruluşun önemi şudur: Avrupa Birliğinin ATEX yönetmeliği hükümlerince öngörülen niteliklere uymayan ya da bir başka deyişle Onaylanmış Kuruluş kimliği Avrupa Komisyonunca tanınmamış bir kuruluşça alınan belgeler bundan böyle AB nezdinde (ve dolayısı ile müktesebata uyum çalışmalarının ve üyelik müzakerelerinin sürdüğü Türkiye’de de) geçerli olmayacaktır. Bu tür elektrikli cihazları usulüne göre test edip sertifikalandıran kuruluş sayısı bütün dünyada sayılıdır ve bu teknolojiye sahip olmayan ülkeler bunun fiyatını yüksek know-how bedelleriyle ödemektedirler.

Ayrıca “Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler” ATEX yönetmeliğince öngörülen (PİYASA GÖZETİMİ = MARKET

SURVEILLANCE) konusunda da yukarıda faaliyeti özetlenen Alevisizdirmazlık Test İstasyonunun bilgi birikimi ve yirmi yılı aşkın uygulama deneyiminden yararlanılabilecektir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca hazırlanan ve 4703 sayılı "Ürünlerle İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun" ile bu kanuna istinaden hazırlanan "Ürünlerin Piyasa Gözetimi ve Denetimine Dair Yönetmelik" 11 Ocak 2002 tarihinden itibaren yürürlükte bulunmaktadır. Piyasa gözetimi ve denetimi esas olarak, ürüne ilişkin teknik mevzuatı hazırlamaya ve yürütmeye yasal olarak yetkili bulunan kamu kuruluşlarının ürünün piyasaya arzı veya dağıtımı aşamasında veya ürün piyasada iken ilgili teknik düzenlemeye uygun olarak üretilip üretilmediğini, güvenli olup olmadığını denetlemesi veya denetlettirilmesi faaliyetini içermektedir. Yani ATEX (94/9/AT) yönetmeliğine uygun üretilmeyen ve dolayısı ile CE işareti taşımayan ürünlerin yurt içi piyasada da (aynen AB üyesi ülkelerde de olduğu gibi) yer almamasını sağlayacak bir danışman ve gözetmen kuruluş hüviyeti söz konusudur. Bu kuruluşun da nitelikleri anılan yönetmelikte belirlenmiştir. Bu konuda ülkemizde akredite kuruluş yoktur. Akreditasyona en yakın kuruluş bilgi birikimi, tecrübe ve laboratuvar olarak TTK Alevisizdirmazlık Test İstasyonudur.

2.2. Akreditasyon için Yapılanlar Çalışmalar

Akreditasyon için aşağıda sayılan eğitimler alınmış ve laboratuvar imkânları arttırılmıştır.

- 17025 Laboratuvar Akreditasyonu
- 45011 Onaylanmış kuruluş esasları
- CE Eğitimleri
- Genel Ürün Güvenliği
- Kişisel Koruyucular
- 45012 Muayene Kuruluşları Esasları
- ISO 9001
- Dokümantasyon
- İç Tetkikçilik

Bu eğitimlerin bir kısmı AB MEDA projesi kapsamında olup yabancı uzmanlar tarafından verilmiş olup Karaelmas Üniversitesi Kimya ve Maden Bölümleri öğretim üyeleri de katılmışlardır.

2.3. Kurulması Gerekli Olan Birimler

Aşağıdaki iki birimin kurulması yeterlidir:

- TS EN 17025 standardına göre akredite laboratuvar,
- TS EN 45011 standardına göre Onaylanmış Kuruluş(ATEX ve belgesi veren)

2.4. ATEX Direktifi Teknik Bazda Ne Gibi Yenilikler Getirmektedir?

ATEX'in (Directive 94/9/EC) girişindeki izahat bölümünde gerekli açıklamalar yapılarak ne gibi yenilik ve değişiklikler getirildiği izah edilmektedir.

ATEX bir standart değil, bir yönetmeliktir. Mevcut standartlar bu yönetmeliğe uyumlu hale getirilmek zorundadır ve birçoğu da TSE tarafından değiştirilerek uyumlu hale getirilmişlerdir. Zaten konu ile ilgili standartların çıkarılış nedeni ve hukuki dayanağı ATEX dir.

ATEX in getirdiği en önemli yenilikler şunlardır:

- a) Patlayıcı ortamda kullanılan elektrikli ve mekanik tüm cihazları kapsamaktadır. Bu güne kadar yalnızca elektrikli cihazlardan söz edilir idi. Bundan böyle patlayıcı ortamlarda kullanılan mekanik cihazların da Ex-Proof sertifikası bulunmak zorundadır. Örneğin bu güne kadar bir tulumbanın yalnızca elektrik motorunun Ex (Explosion-Proof: Patlamaya Dayanıklılık ya da genel bilinişi ile alevsızdırmazlık sertifikası bulunması yeterli olmaktı idi. Bundan böyle tümüne sertifika almak zorunluluğu getirilmiştir. Önemli yeniliklerden biri de bu uygulamadır. CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) mekanik cihazlarla ilgili yeni standartlar yayınlamaya başlamıştır.
- b) Koruyucu sistemleri de kapsamaktadır. Patlamayı önlemek veya yayılmasına mani olmak için yapılan tüm sistemler, örneğin alev tutucular (flame arrestors), madenlerde kullanılan su püskürtme sistemleri ve petrol sanayiinde kullanılan “buhar bariyerleri” ATEX e uyumlu olmak zorundadır. Bu tip tertibatlar da bundan böyle Exproof sertifika alacak ve CE işareti bulunacaktır.
- c) Muhtemel patlayıcı ortamlar; cihazların kullanma ortamlarına göre kategorilere (ZONE'lara) ayırmıştır. İlk defa cihaz kategorilerden bahsedilmeye başlanmıştır.
- d) Zone ayrımı eskisi gibi Zone 0, 1, 2 şeklinde olacak; tozlarda Zone 10, 11, 12 yerini Zone 20, 21, 22 alacaktır. Tehlikeli bölge girişlerine üçgen şeklinde EX-tehlike işareti konulacaktır.
- e) Etiket şekli değişecek ve cihazların etiketinden, kullanılacağı yer (gaz grubu), kullanılacağı ortam; ZONE (kategori) ve kullanılacağı ortamın cinsi (gaz, toz gibi) anlaşılabilecektir.

2.5. Avrupa Birliği (94/9/EC) ATEX Direktifi Kapsamında ALSz Test İstasyonunun Yeniden Yapılandırılması

29.06.2001 tarihli ve 4703 sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun'a dayanılarak kısaca ATEX direktifi olarak adlandırılan 94/9/EC sayılı Avrupa Birliği direktifi 30.12.2006 tarih ve 26392 sayılı Resmi Gazetede de yayınlanarak zorunlu yürürlüğe girmiştir. Bundan böyle Alevsızdırmazlık Test İstasyonu da dâhil hiçbir belgelendirme kuruluşunun ATEX direktifinde öngörülen hususlar dışında alevsızdırmazlık test sertifikası vb. uygunluk belgesi verebilmesi mümkün değildir.

Bu direktifte patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanmış cihazlara uygunluk belgesi verebilme yetkisine sahip ve “Onaylanmış Kuruluş- Notified Body” olarak tanımlanan ve nitelikleri ve yetkisi TURKAK tarafından ve Avrupa Komisyonu tarafından onaylanan bir kuruluşun Türkiye’de de varlığının belirlenmesi ve faaliyete geçirilmesi söz konusudur. Bu kapsamda, alevsizedirmazlık konularında Avrupa’da söz sahibi ve aynı zamanda tüm dünyada kabul edilen bir belgelendirme kuruluşu olan Almanya’nın PTB (Physicalisch Technische Bundesanstalt) ile irtibata geçilmiş ve bu kurumun yetkilisi Sayın Uwe KLAUSMEYER ile görüşülmüştür. Kendisi 27 Ağustos 2008 tarihinde ALSz Test İstasyonunu ziyaret etmiş; edindiğı olumlu izlenimler sonrasında kendisinin daveti üzerine 21–26 Eylül 2008 de Almanya’da PTB kuruluşu ALSz elemanları tarafından ziyaret edilmiş ve orada TSE’nin elemanlarının da bulunduğı incelemeler sonucunda yapılan toplantıda belirli alanlarda işbirliğı yapılması hususunda görüş birliğıne varılmıştır. Bu bağlamda Türkiye’de patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanan cihazların ATEX Direktifi doğrultusunda belgelendirilebilmesi için yerine getirilmesi gereken hususlar görüşülmüş ve şu konularda görüş birliğıne varılmıştır:

- a) ALSz ve PTB belgelendirme ve testlerin gerçekleştirilebilmesinde personelin eğitimi konusunda işbirliğı yapacaklardır. IEC/EN 60079 standart grubunun gerekleri konusunda Türkiye’deki TSE ve TTK elemanları uluslararası standartlardaki temel gereklilikler hakkında bilgi sahibidirler. Türkiye’de patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere imalat yapan üreticilerin bundan sonraki müracaatları üzerinde yapılacak olan test ve belgelendirme süreci her üç kurum (TSE, TTK ve PTB) için “Yaparak Öğrenme” şeklinde gelişecektir.
- b) TSE ve ALSz yetkililerinin Avrupa ve Uluslararası alanda bilgi alışverişine ihtiyaçları vardır. ATEX kapsamında gerçekleştirilecek toplantılara, IECEx in yıllık Toplantılarına, CENELEC/TC 31 ve CEN/TC 305 in ortaklaşa gerçekleştirdikleri yıllık toplantılara, IEC/TC 31 in gerçekleştirdiğı patlama koruması uygulama komitesinin toplantılarına katılımı sağlanacaktır. Bu bağlamda TSE, TC31 in katılımcı üye olması sağlanacaktır

3. SONUÇLAR

Avrupa da ATEX yönetmeliğıne göre “Onaylanmış Kuruluş” olarak enstitü olarak faaliyet gösteren kuruluşlar hem Alevsizedirmazlık (ATEX) belgesi vermekte hem de üreticiye ürünü üzerinde CE işareti kullanması konusunda yetki vermektedirler. Böyle bir kuruluşa hem ülkemizin hem de kurumumuzun ihtiyacı vardır. Kurumumuz her yıl yaklaşık her yıl 100 adet ALSz motor, yol verici, devre kesici, trafo gibi ekipmanlar ve yedeklerini üretmektedir. ALSz Test İstasyonunun akredite bir laboratuvar olmaması sonucunda ATEX Direktifine uygun olamayan yerli üretimlere izin verilmeyecek ve yurt dışından satın almak durumunda kalacağız. Ülkemizde her yıl en az 500 milyon dolar tutarında Alevsizedirmaz (ATEX) sertifikalı cihaz ithal edilmektedir. Ülkemizde şu anda Ulusal Test İstasyonu durumunda olan ALSz Test İstasyonunun ATEX onaylanmış kuruluşu (Notified Body) olması durumunda birçok cihaz üreticisi alevsizedirmaz cihaz sertifikası alıp ürettikleri cihazları yurt içi ve AB üye ülkelerine satarak ülke ekonomisine ve istihdamına katkıda bulunacaktır. Patlayıcı ortam

kapsamındaki iş yerlerinde pahalı ve ithal zorluğu olduğu için patlayıcı ortamda kullanılmaya uygun cihaz kullanımı azdır. Yerli üretimlerin artmasıyla alevsizedirmaz cihaz kullanımı artacak ve daha güvenli çalışma ortamları sağlanacaktır.

ALSz Test İstasyonunun ATEX onaylanmış kuruluğu (Notified Body) olması durumunda dünyadaki tüm onaylanmış kuruluşların ortak bağlantı sistemi olan NANDO (veritabanı) da yer alması mümkün olacak ve dünyanın her yerinden benzer kuruluşlarla ortak çalışabilmemiz mümkün olacaktır. ALSz Test İstasyonunca verilecek belgeler Avrupa çapında geçerli olacağı için her ülke cihaz üreticisi istasyonumuza başvurabilecektir. Ülkemizde yer alan alevsizedirmaz cihaz üreticileri ALSz Test İstasyonundan alacakları belgelerle ürünlerini diğer ülkelere pazarlayabileceklerdir. Nitekim 21 Ekim 2008 tarihinde Alman PTB kuruluşunun da katılımı ile Gebze’de yerli üreticilerle yapılan toplantıda; alevsizedirmaz cihaz üreticilerinin bu konuda yurt dışı belgelendirme kuruluşlarına başvurdukları ve önemli ölçüde belgelendirme maliyetleri ile karşılaştıkları gözlenmiştir.

Test istasyonumuzun ATEX direktifine göre akreditasyonunun gerçekleşmesi sonrasında yerli üreticilerin üretimlerinin artması; yurdumuzda da alevsizedirmaz cihaz maliyetlerinde düşüşü beraberinde getireceği için; maden ocakları ile yerüstündeki patlayıcı ortamlarda daha güvenli çalışma imkânının artacağı ve işgüvenliği önlemlerinde önemli ölçüde artış ve patlama kazalarında ise önemli ölçüde azalma olacağı açıktır.

Bölgedeki üniversite öğrencilerinin staj ve akademik tez çalışmaları yapabileceği ortam sağlanmış olacaktır. Bölge Üniversiteleri ATEX, direktifler ve akreditasyon konularında Alevsizedirmazlık Test istasyonunun bilgi birikiminden faydalanmalı. Mühendislik ve işletme bölümleri uygun gördükleri dersleri kendi eğitim programlarına almaları mezun olan öğrencilerimiz en azından bu konuların varlığından haberdar olmaları sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Alevsizedirmazlık Yönetmeliği

ATEX DİREKTİFİ

IEC Ex Yayınları.

KARABAKAL, N. <http://www.taskomuru.gov.tr>

TS IEC 60079 Serisi Standartlar.

ÜNAL, E. Patlayıcı Ortamlar ve Patlamayı Önleme Metotları Kitabı (EMO Yayını)

TTK MADEN MAKİNALARI FABRİKASININ TANITIMI VE İMALATLARININ DÜNÜ BUGÜNÜ

INTRODUCTION OF MINING MACHINERY FACTORY OF TTK AND YESTERDAY AND TODAY'S PRODUCTIONS

Tanju ÜNVER, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*
Kadir ÇELİK, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

ÖZET

Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü, elektrik, döküm, sıcak-soğuk şekillendirme, talaşlı ve talaşsız imalat atölyeleri ile entegre bir tesistir. Amacı, TTK Kurumunun üretim faaliyetlerini aksatmadan yürütülebilmesi ve geliştirebilmesi için gerekli makina, teçhizat ve tesislerin fabrikada planlanmış olanlarını imal ve tamir etmektir. Ayrıca, fabrikada imal edilen maden makina ve teçhizatlarını havzanın şartlarına uygun olarak geliştirmek ve standardizasyonunu yapmaktır.

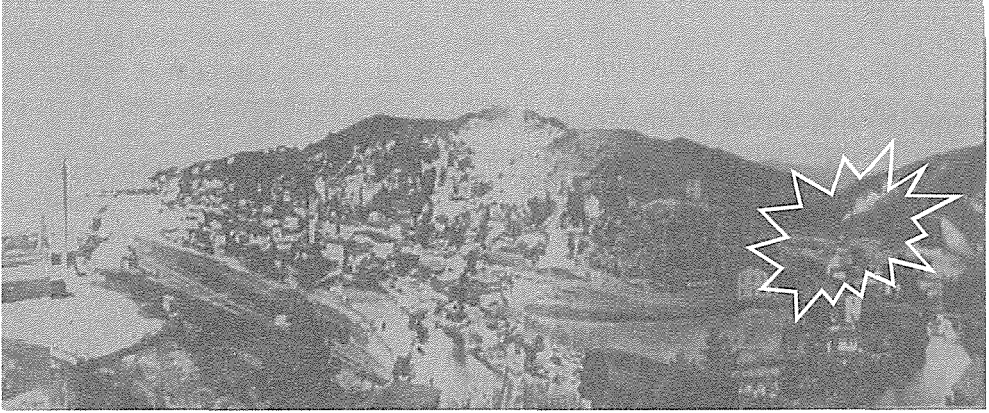
ABSTRACT

Managing Directory of Mining Machinery Factory is an integrated installation complete with its electrical, casting, hot-cold forming, chip and non-chip manufacturing shops. The objective is, for continuous manufacturing activities and development of TTK, to manufacture planned tools and equipment and repairment of them. Other than this, to develop manufactured mining machine and equipments according to conditions of mining area and making necessary standardizations.

1. GİRİŞ

Bu bildiride, TTK Kurumuna bağılı Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğünün tanıtımı ele alınmıştır. Fabrikanın kuruluşu, başlıca çalışma konuları, personel durumu, üretim birimleri ve üretim faaliyetleri hakkında genel bilgi verilmiştir.

Fabrika ilk olarak, 1910 yılında buharlı lokomotiflerin ve kömür vagonlarının tamiri için kurulmuştur (Şekil 1). Ereğli Kömürleri İşletmesinin kurulması üzerine 1940 yılında Fransızlardan devir alınmış ve Merkez Atölyeleri adı ile 1949 yılında faaliyete geçmiştir.



Şekil 1. 1910 yılında Zonguldak şehir merkezi ve buharlı lokomotif atölyesi.

Ocaklarımızda maden makinalarının kullanılmaya başlanması ile atölyelerde makinaların önce onarımı, daha sonra yedeklerinin yapımına gidilmiş, neticede ithal edilen birçok maden makinasının imalatı gerçekleştirilmiştir. 1972 yılında Merkez Atölyeleri Şube Müdürlüğü, 1987 yılında ise Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü olmuştur.

2. KURULUŞU VE BAŞLICA ÇALIŞMA KONULARI:

Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü 18.000 m²'si kapalı alan olmak üzere 40.000 m²'lik alan üzerine kurulmuştur (Şekil 2). Tezgahlarının kurulu gücü 2.200 KW.'tır. Fabrikada 2008 yılında, 70 ton yuvarlak çelik, 635 ton sac, 112 ton köşebent, 31 ton lama ve 124 ton profil malzeme kullanılmıştır. Ayrıca 31 ton çelik döküm, 62 ton pik döküm, 5 ton demir dışı metal dökülmüştür. Elektrik tüketimi ise 974.741 KWS olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Maden Makinaları Fabrikasının uydu fotoğrafı.

Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü; Çizelge 1'deki Atölye ve Servisleri ile entegre bir tesistir.

Çizelge 1. Fabrikadaki atölyeler ve servisler.

Muhasebe	Resimhane	Modelhane	Torna	Kalıphane	Elektrik	Elektrik.
Yazı İşleri	Metot	Pik Döküm	Freze	Sıcak Demir	Elektronik	Bakım
İdari İşler	İş hazırlama	Çelik Döküm	Planya	Soğuk Demir	Test İstasyonu	Makina Bakım
	Kalite Kontrol	Kumlama	Matkap	Kaynakhane		İş Mak. Bakım
	Asetilen Fab.	Isıl İşlem	Taşılama	(*) AISz İşleri		Nakliye
	08 Ambarı		Tes.-Montaj	Şantiye		Yemekhane
	10 Ambarı		Takımhane			
	Mamul Ambarı					

(*) AISz: Alev Sızdırmaz.

Başlıca çalışma konuları; TTK Kurumunun üretim faaliyetlerini aksatmadan yürütülebilmesi ve geliştirebilmesi için gerekli makina, yedek parça ve tesislerin fabrikada planlanmış olanlarını imal etmektir

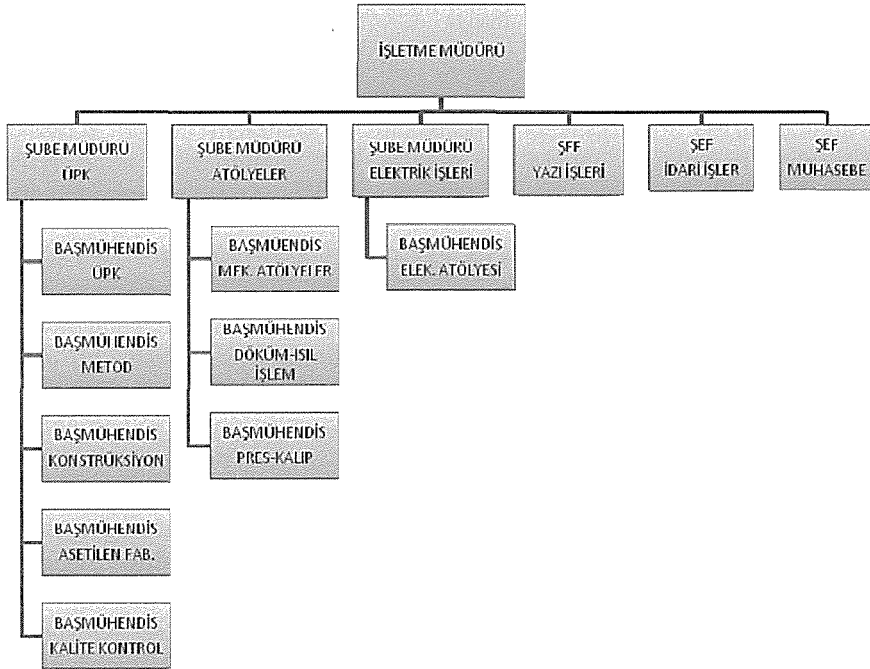
İthal edilen makina, teçhizat ve yedek parçalarının fabrikada imalatını gerçekleştirmek için gerekli araştırma ve çalışmaları yapmaktadır. Fabrikada imal edilen maden makina ve teçhizatlarını havzanın şartlarına uygun olarak geliştirmek ve standardizasyonunu yapmaktır. Şekil 3'de kapalı kömür işletmeciliğinde madencinin en temel,aracı olan martopikör görülmektedir.



Şekil 3. Martopikör, kapalı kömür işletmeciliğinde madencinin en temel aracı.

3. PERSONEL DURUMU

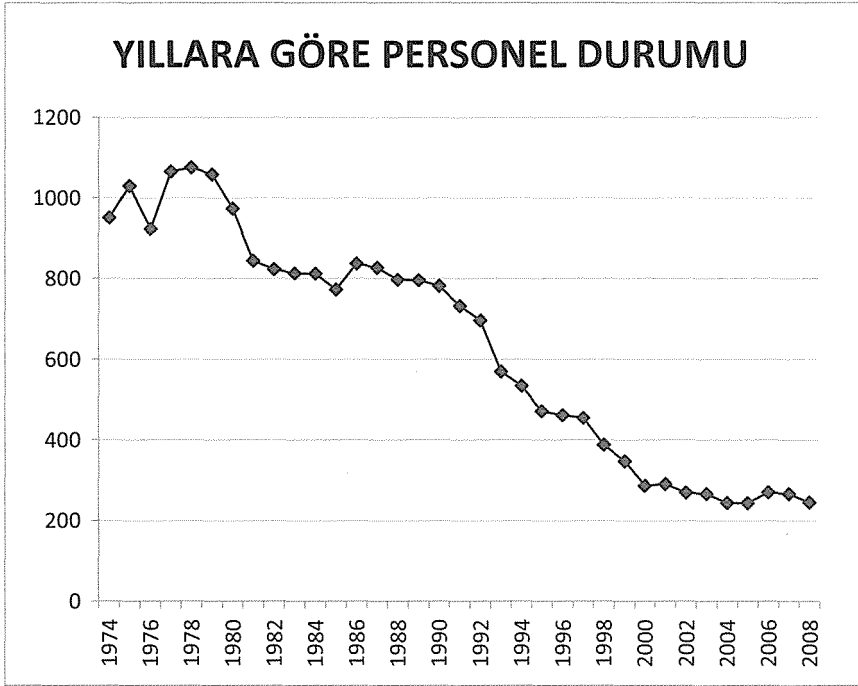
Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü organizasyon şeması Şekil 4’de verilmektedir. Fabrikamız bünyesinde 13 Ağustos 2009 tarihi itibarı ile 15 mühendis, 2 tekniker, 2 şef, 9 memur, 226 işçi olmak üzere toplam 254 eleman çalışmaktadır. Atölyelerde çalışan eleman sayısı 200 olup, direkt işçilik oranı % 88,5 tir. 2009 Ağustos ayı itibarı ile personel durumu Çizelge 2’de verilmiştir. Şekil 5’de 1974-2009 yılları arasındaki personel durumu gösterilmiştir.



Şekil 4. Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü organizasyon şeması.

Çizelge 2. Personel durumu (13 Ağustos 2009).

PERSONEL DURUMU		
DAĞILIM	TOPLAM	
	PROGRAM	FİİLİ
MUHENDİS	17	15
TEKNİKER	-	2
ŞEF	3	2
MEMUR	10	9
İŞÇİ	300	226
TOPLAM	330	254



Şekil 5. Yıllara göre personel durumu.

4. ÜRETİM BİRİMLERİ

4.1. Mekanik Atölyeler

Fabrikada imalat ve tamirat gibi tüm üretimin gerçekleştiği bölümlerdir (Şekil 6). Kurumun, Müessese ve diğer servis atölyelerinde değişik nedenlerden dolayı yapılamayan onarım işleri de yapılmaktadır. Özellikle ithal edilen makina ve teçhizatların fabrikada imalatını gerçekleştirmek için gerekli çalışmalar yapılmaktadır. İmalatı yapılan ürünler gerektiğinde, çalıştıkları ortamlarındaki işletme şartlarında incelenmekte ve havzanın şartlarına göre geliştirilmektedir.



Şekil 6. Fabrikadaki mekanik atölyelerden kesitler.

Öncelik TTK kurumunun olmak üzere, kapasitesi dâhilinde diğer kamu ve özel sektörün talepleri de, öncelik kamu kesimine verilmek üzere, yerine getirilmektedir. Fabrikanın kısa ve uzun vadeli yatırım ve imalat planları hazırlanmaktadır. Kurumun ve talep halinde diğer kuruluşların da malzeme muayeneleri yapılmaktadır.

4.2. Elektrik Atölyesi

Elektrik atölyesi Fabrikanın, elektrik makinaları ile AISz elektrik teçhizatları üretimi ve tamiri konusunda hizmet veren en önemli bölümdür (Şekil 7). Bu güne kadar Kurum ile birçok kamu ve özel firmanın, 5 MW güce kadar, tamirat işlerini projelerine uygun olarak başarıyla yerine getirmiştir. Elektrik atölyesi gücünü, bilgili ve tecrübeli uzman kadrosundan almaktadır.

4.3. Asetilen Fabrikası

Asetilen fabrikası 1974 yılından beri faaliyet göstermektedir. 6-9 kg kapasiteli tüplere 18-20 kg/cm² basınç ile asetilen gazı üretilerek doldurulmaktadır. Tek vardiyada 265 kg (35 tüp) kapasite ile faaliyetini sürdürmektedir.

5. ÜRETİM FAALİYETLERİ

Kurulduğu günden günümüze kadar imalat programında 76 çeşit makina yer almıştır (Şekil 8). Son dönemde makina imalatında konsantrasyona gidilmiş ve 35 çeşide düşürülmüştür. 2009 yılı imalat programında ise 23 çeşit makina yer almaktadır.

2008 yılında yapılan iş tutarı 13.080.989,98 YTL'dir. Dış kuruluş iş tutarı ise 509.659,96 YTL. olup, toplam işe göre oranı % 3,90'dır. İmalat programı her yıl % 100 gerçekleşmektedir.



Şekil 7. Elektrik Atölyesinden genel görünüş.



Şekil 8. Fabrikada üretilen maden makinalarının sergilendiği salondan bir görüntü.

Fabrikada 1967-2008 yılları arasındaki makina üretimi üç farklı dönem için Çizelge 3’de incelenmiştir.

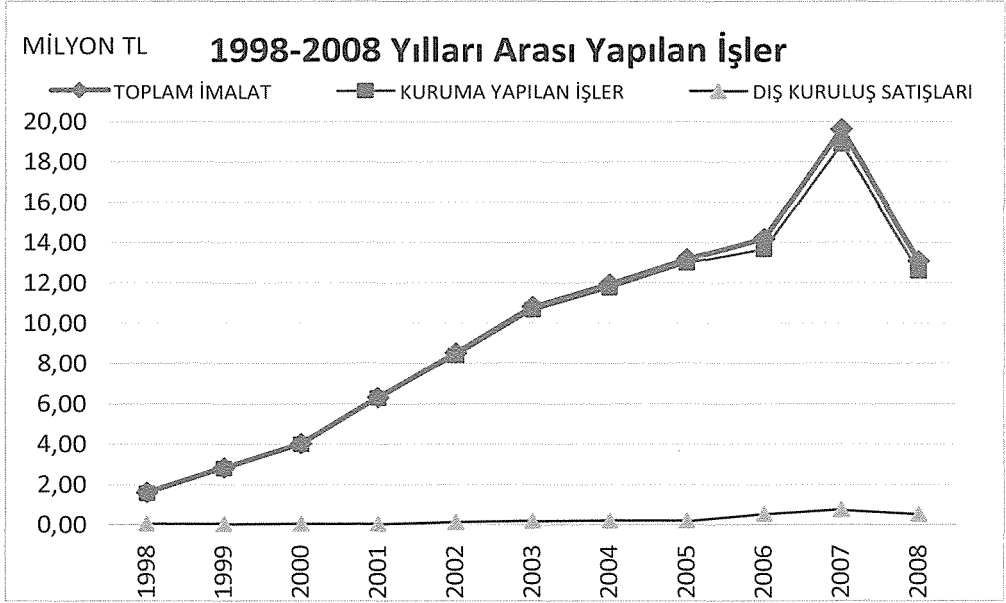
Çizelge 3. 1967-2008 yılları arasında üretilen makine ve teçhizat çizelgesi.

KONVEYÖR GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Tek Zincirli (60m) Elek-B.H	10	589	114	753
Çift Zincirli (60m) Elektrikli	24	211	229	464
Çift Zincirli (60m) B. H.	5	107	73	185
Bant Konveyör 30"	5	62	7	74
Bant Konveyör 36"	3	13	8	24
ARABA GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Fayton 8 kişilik	-	-	6	6
Fayton 18 kişilik	-	-	22	22
Ocak arabası	-	7220	1350	8570
Ocak arabası	188	1776	1298	3262
VİNÇ GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Tek tamburlu vinç 15PS	12	230	92	334
Tek tamburlu vinç 20PS	19	199	52	270
TULUMBA GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Santrifüj tulumba Q= 70 m ³ /h	-	42	41	83
Santrifüj tulumba Q=270 m ³ /h	-	9	28	37
Santrifüj tulumba Q=360 m ³ /h	-	13	37	50
Dalma tulumba (şamandralı) Q=40 m ³ /h H=36m	-	116	97	213
<i>Dalma tulumba (paletli) Q=25 m³/h H=30 m.</i>	22	280	146	448
KAZICI VE DELİCİ GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Martopikör	37	6327	2796	9160
Martoperforatör	260	1491	994	2745
Kömür delme makinası	27	693	895	1615
Sondaj makinası P2/5 PS	-	-	66	66

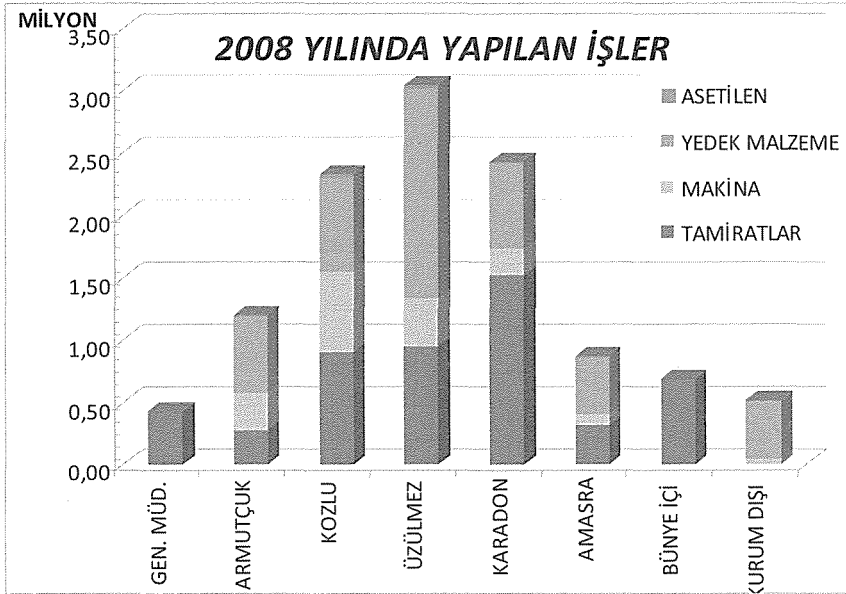
Çizelge 3.1967-2008 yılları arasında üretilen makine ve teçhizat çizelgesi (devam ediyor).

AlSz (Alev Sızdırmaz) GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Elektrik motoru 18,5 KW	-	104	264	368
Elektrik motoru 37 KW	-	105	287	392
Devre kesici 550V.300A.AlSz.	-	10	225	235
Yol verici 550V.150A.AlSz	-	134	398	532
Uzaktan kumanda anahtarı	-	43	834	877
Limit şalteri 50V.1A.AlSz.	-	46	190	236
Aydınlatma Trafosu 4KVA.550V./220V.	-	21	94	115
Emniyet stop butonu 380V.10A.AlSz.	-	15	119	134
HAVA MOTORU GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Hava motoru 15 PS	60	171	153	384
Hava motoru 20 PS	-	85	36	121
VANTİLATÖR GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Hava vantilatörü ϕ 400 B.H.	179	683	222	1084
Hava vantilatörü ϕ 600 B.H.	27	305	99	431
YENİ İMALAT MAKİNA TEÇHİZAT	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Kül püskürtme tankı	-	-	7	7
Malzeme çekme mekanizması	-	-	40	40
MUHTELİF MAKİNA GURUBU	MAZ 1967-1971	Şube Müd. 1972-1986	Mad.Mak.Fab. 1987-2008	Toplam
Bağ presi (ocak içi)	-	25	6	31
Havalı hızar Pala-Zincir dahil	-	-	329	329
Direk söküm vinci 8 TONLUK	-	51	3	54

1998-2008 yılları arasında yapılan işlerin Şekil 9'da yıllara göre dağılımı incelenmiştir. 2008 yılında Kuruma bağlı müesseselere ve kurum dışına yapılan işlerin (makina demirbaşlar, yedek malzemeler, tamiratlar ve asetlen), Şekil 10'da parasal değerleri incelenmiştir.



Şekil 9. 1998-2008 yılları arasında yapılan işler (Milyon TL).



Şekil 10. 2008 yılında fabrikada yapılan işlerin TL tutarları (Milyon TL).

6. SONUÇ

Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü personeli, maden makinaları konusunda bilgisi ve tecrübesiyle uzmandır. İthal edilen birçok maden makinası ve yedekleri imal edildiğinden, Kuruma ve dolayısıyla Ülkeye önemli oranda döviz tasarrufu sağlanmaktadır. Yeraltı madenlerinde kullanılan ve patlayıcı gaz ortamında çalışan sertifikalı AISz elektrik teçhizatlarını yurt içinde imal eden tek kuruluştur.

Maden Makinaları Fabrikasının personel sayısı Şekil 5'den de görüleceği üzere yıllara göre emekliliklerden dolayı sürekli azalmaktadır. Üretim sürecindeki, personel sayısından kaynaklanan, olumsuzluklar için yeniden yapılandırma çalışmaları başlatılmıştır.

Yeniden yapılanma kapsamında, işgücü ve kaynak verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Üretkenliği ve verimliliği artırarak maliyetleri düşürmek için fabrikasyon imalattan montaj imalatına geçiş politikası izlenmektedir. Ekonomik ömrünü tamamlamış tezgahlar satılmaktadır. Son teknolojiye uygun üretim tezgâhları alınarak, kaynak verimliliğini sağlamak ve mevcut personel ile daha fazla iş yapmak amaçlanmaktadır (Şekil 11). 2007 Aralık ayında 1 adet 3 eksenli yatay CNC Torna tezgâhı, 2009 yılında 1 adet 4 eksenli CNC Dik İşleme Merkezi alınmıştır (Şekil 12). Ayrıca, bilgisayar ortamında gerekli tasarımları oluşturmak, montaj kontrollerini yapmak, imalat resimlerini ve CNC tezgahlarda üretilecek parçaların ISO kodlarını almak için CAD-CAM yazılımları ile birlikte gerekli donanımlar da alınmıştır.



Şekil 11.Üniversal tezgahlara göre çok daha verimli olan CNC tezgahları.



Şekil 12. Fabrikada CNC servisinden bir görünüş.

Fabrika, Kurum Müesseselerine etkin ve hızlı hizmet verecek şekilde organize edilmiştir. Kömür havzasında kurulu olduğundan, kömür üretiminin kesintiye uğradığı veya acil durumlarda derhal müdahale edebilmekte, 24 saat aralıksız çalışabilmektedir. TTK Kurumunun faaliyetleri sürdükçe, Maden Makinaları Fabrikasının Kuruma destek hizmetlerinin sürekliliği zorunludur.

TTK KOZLU MÜESSESESİ 2008 YILI MEKANİZASYON KAZALARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF MECHANIZATION ACCIDENTS OF TTK KOZLU COAL ESTABLISHMENT IN 2008

Alaaddin ÇAKIR, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*
Aydın KASAPOĞLU, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

ÖZET

Bu bildiride, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessesesi Kuyubaşı İlk Yardım Odası 2008 Yılı İlk Yardım Kayıt Defteri'nde yer alan mekanizasyon kazaları kayıtları incelenmiştir. Bu kayıtlar, Kuyubaşı İlk Yardım Odası'na yeraltında kazalanarak sevk edilen veya yerüstünde kazalanarak başvuruda bulunan işçilere ait bilgi ve beyanları içermektedir. Bu çalışma kapsamında, toplam 240 adet kayıt, 7 ana başlık altında sınıflandırılmış ve kazalanma olaylarında yer alan makina veya makina elemanları ve bunların neden olduğu kazalanmaların oluş şekilleri ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bu makina veya makina elemanlarının neden olduğu kazalardan etkilenen işçilik grupları da belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this paper, mechanization related accidents records taken from the First Aid Record Book in Shaft Top First Aid Room of Kozlu Hardcoal Establishment of Turkish Hardcoal Enterprise have been investigated. These records contain information and declarations of workers who had accident at underground or surface works. Within the context of this work, total of 240 records have been classified under 7 main groups. Machine or machine components that took place in these accidents and the type of occurrence of accidents have been determined in detail. Also, worker groups affected from these accidents caused by machine or machine components have been specified.

1. GİRİŞ

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), 7246 yeraltı işçisi, 2196 yerüstü işçisi, 215 kadrolu personel ve 1695 sözleşmeli personel olmak üzere, toplam 11352 çalışanı ile 5 ayrı müessesede taşkömürü üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Kurum tarafından, 2008 yılında 2.335.457 ton tüvanan ve 1.586.531 ton satılabilir taşkömürü üretimi gerçekleştirilmiştir. Kozlu Müessesesi, gerçekleştirdiği üretim miktarı açısından havzanın 2. büyük üretim müessesesi durumundadır (TTK, 2009a).

Kozlu Müessesesi, Zonguldak şehir merkezinin 6 km batısında, yaklaşık 9 km²'lik bir alanda yer almakta olup, üretim sahaları doğusunda Damlar Fayı, güneyinde Midi Fayı ve batısında Karadon ve Öküşne Fayları ile sınırlanmış durumdadır. Üretim faaliyetleri +155/+20 ile -300/-560 kotları arasında kalan ve kalınlıkları 0,80-8,00 m arasında değişen 22 adet kömür damarında devam etmektedir. Müessesenin rezerv durumu Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Kozlu Müessesesi rezerv durumu (TTK, 2009b).

HAZIR	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
+155/-560	+155/-700	-700/-900	-900/-1200	159.934.032
2.933.854	68.486.178	40.539.000	47.975.000	

Kozlu Müessesesinde yürütülmekte olan hazırlık çalışmaları kapsamında, 2008 yılı için öngörülen üretim hedeflerine ulaşabilmek amacıyla çeşitli kesitlerde, 420 m taştaki galeri açılmış, kömürde ise 8780 m taban ilerlemesi yapılmıştır. Müessese tarafından, 2008 yılında 518.230 tüvanan ve 345.101 ton satılabilir taşkömürü üretimi gerçekleştirilmiştir. Kozlu Müessesesi, 1368 yeraltı işçisi, 325 yerüstü işçisi, 24 kadrolu personel ve 204 sözleşmeli personel olmak üzere, toplam 1921 çalışanı ile taşkömürü üretim çalışmalarını sürdürmekte olup, 2009 yılı ilk 7 aylık ortalama günlük üretimi tüvanan olarak 1972 ton ve satılabilir olarak 1191 ton'dur (TTK, 2009a).

Bu çalışmada, Kozlu Müessesesi Kuyubaşı İlk Yardım Odası İlk Yardım Kayıt Defteri'nde 02/01/2008 - 31/12/2008 tarihleri arasında kayıt altına alınan 1653 adet başvuru incelenmiş ve bunların içindeki 240 adet mekanizasyon kazası 7 ana grup altında sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın amacı, yeraltında ve yerüstünde çalışan işçilerin maruz kaldıkları mekanizasyon kazalarına ait ayrıntıları ortaya koyarak iş sağlığı ve güvenliği açısından, gerek hizmet içi eğitim faaliyetlerine ve gerekse çalışma ortamlarının daha da iyileştirilmesi çalışmalarına katkıda bulunmaktır.

2. KUYUBAŞI İLK YARDIM ODASININ TANITILMASI

Kozlu Müessesesinde, 1 tanesi yerüstünde, 2 tanesi yeraltında (-425 ve -560 katlarında) olmak üzere toplam 3 adet ilkyardım odası hizmet vermektedir. Yeraltında çalışırken kazalanarak veya hastalanarak yeraltı ilkyardım odalarına başvuran işçiler, burada ilkyardım ve acil tedavisi uygulandıktan sonra Kuyubaşı İlk Yardım Odası'na sevk edilmektedir. Yerüstünde çalışan işçiler ise, kazalanmaları veya hastalanmaları durumunda, doğrudan doğruya Kuyubaşı İlk Yardım Odası'na başvurumaktadırlar. Kasapoğlu ve Çakır (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, 2007 yılında, Kozlu

Taşkömürü İşletme Müessesesi'nde yeraltı kömür üretim çalışmaları esnasında meydana gelen kazalanmalar veya hastalanmalar sonucunda yeraltı ilkyardım odalarında kayıt altına alınan 972 adet başvuru incelenmiş ve bu başvurular kazalanma ve hastalanma durumlarına göre ayrıntılı olarak sınıflandırılmıştır.

Kuyubaşı İlkyardım Odası, Müessesenin yerüstü karo tesisleri içinde, Uzun Mehmet-1 kuyusuna yakın bir işyeri binası içinde yer almaktadır. Küçük ölçekli bir 'revir' tipi sağlık odası olan bu odada, resmi tatil günleri de dahil 24 saat 3 vardiya görev yapan 2 sıhhiye işçisi bulundurulmaktadır. Bu sıhhiyeler, TTK'nun ilgili sağlık birimi tarafından eğitilerek "Sıhhiyeci Ehliyeti" verilen ve yerüstü yevmiyesi ile işyeri hekimliğine bağlı olarak çalışan işçilerdir. Sıhhiyeler, yeraltında veya yerüstünde çalışan işçilerin maruz kaldıkları her türlü kazalanma veya hastalanma durumlarına karşı ilk tıbbi müdahalede bulunan kişiler olup, ilk müdahaleden sonra İlkyardım Kayıt Defteri'ne (Poliklinik Defteri) Protokol No, Bakım Tarihi, Adı ve Soyadı, Yaşı, Memleketi, Sicil No, İşyeri, Vazifesi, Hastalığı, Yapılan Tedavi ile Sonuç bilgilerini yazarlar ve gerektiğinde hastaneye nakil için garajdan ambulans çağırarak işçinin sevkini sağlarlar.

3. MEKANİZASYON KAZALARINI İNCELEME ÇALIŞMALARI

Bu çalışma kapsamında, Kuyubaşı İlkyardım Odası İlkyardım Kayıt Defteri'nde 02/01/2008 ile 31/12/2008 tarihleri arasında kayıt altına alınan 1653 adet kazalanma ve hastalanma başvurusu tek tek ele alınmış ve bu kayıtlarda yer alan veriler; tarih, sicil numarası, adı ve soyadı, sanatı, işyeri, vardiyası, kayıt saati, hastalığı, kazalanma ise kazanın beyan edilen ayrıntıları ve hastaneye sevk edilip edilmediğine ait bilgiler, bu başlıklar altında Microsoft Excel® programına yüklenmiştir (TTK, 2008).

Tüm bu kayıtlardan; öncelikle hastalanma beyanları ayıklanmış, ardından kazalanma beyanlarında bir makina veya makina elemanının yer almadığı kaza kayıtları (desandre içinde düşerek ayağını burkmak, taş veya kömür düşmesi sonucu yaralanmalar vb.) hariç tutulmuştur. Son olarak, bu kayıtlarda önemli bir yer tutan Belini Ağrıtmaz kazaları ayrı bir başlık altında bir araya getirilmiştir.

Yapılan bu eleme çalışmasının sonucunda ayıklanan 240 kaza kaydının ayrıntılı biçimde sınıflandırılması çalışmalarına başlanmış ve bu kazalar "Demiryolu Nakliyatı Kazaları" başlığı altında 66, "Demiryolu Nakliyatıyla İlgili Diğer Kazalar" başlığı altında 13, "Kazı İşyerleri Ortamlarındaki Kazalar" başlığı altında 48, "Kuyu Nakliyatı Kazaları" başlığı altında 8, "Diğer Makina Kazaları" başlığı altında 44, "Belini Ağrıtmaz Kazaları" başlığı altında 35 ve "Yerüstü Tesislerinde Meydana Gelen Kazalar" başlığı altında 26 kaza olmak üzere 7 ana başlık altında bir araya getirilmiştir.

3.1. Demiryolu Nakliyatı Kazaları

Bu grupta demiryolu nakliyatında kullanılan tonluk veya 5 tonluk vagon, triko, lokomotif, fayton ve tumba kazaları yer almaktadır (Çizelge 2). Toplam 66 kazanın meydana geldiği bu grupta 26 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı %39'dur. Bu kazalarda etkilenen vücut bölgeleri toplamaları ise sırasıyla, El-Kol=32, Ayak-Bacak=15, Gövde=14 ve Kafa=5'dir.

Çizelge 2. Demiryolu nakliyatı kazaları.

A*	B*	C*
Vagon: 25 (%38)	Düşen Vagonu Kaldırırken Yaralanma: 8 (%32)	AB: 3 K: 2/2 EK: 2 G: 1
	Vagonları Kancalarken Yaralanma: 7 (%28)	EK: 5/2 G: 1 AB: 1
	İki Vagon Arasına Sıkışma: 4 (%16)	G: 3/2 AB: 1/1
	Vagona Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 3 (%12)	EK: 1/1 G: 1/1 AB: 1
	Vagonu Tamir Ederken Düşme: 1 (%4)	G: 1/1
	Vagonları Kancalarken Lamba Asidi Dökülmesi: 1 (%4)	G: 1
	Vagona İnip Binerken Düşme: 1 (%4)	EK: 1
	Toplam: EK=9, G=8, AB=6, K=2	
Triko: 20 (%30)	Trikoya Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 15 (%75)	EK: 11/2 AB: 2/2 G: 2
	Trikoya İnip Binerken Düşme: 2 (%10)	EK: 1 G: 1
	Düşen Trikoyu Kaldırırken Yaralanma: 1 (%5)	EK: 1/1
	Trikoları Kancalarken Yaralanma: 1 (%5)	EK: 1
	İki Triko Arasına Sıkışma: 1 (%5)	G: 1/1
	Toplam: EK=14, G=4, AB=2	
Lokomotif: 17 (%26)	Yeraltı Akülü Motor Garajında Çalışırken Yaralanma: 7 (%41)	EK: 4/2 AB: 3/1
	Lokomotifi Kullanırken Yaralanma: 5 (%29)	EK: 2 AB: 2 K: 1/1
	Lokomotifin İnip Binerken Yaralanma: 2 (%12)	AB: 2/1
	Düşen Lokomotifi Kaldırırken Yaralanma: 2 (%12)	EK: 1/1 G: 1/1
	Yeraltı Akülü Motor Garajında Akü Asidi Sıçraması: 1 (%6)	K: 1
	Toplam: EK=7, AB=7, K=2, G=1	
Fayton: 2 (%3)	Faytonun Raydan Çıkması Esnasında Yaralanma: 1 (%50)	G: 1/1
	Faytonun Ani Hareketi Esnasında Yaralanma: 1 (%50)	K: 1/1
Tumba: 2 (%3)	Toplam: G=1, K=1	
	Tumbarın Zincirine Sıkıştırma: 2 (%100)	EK: 2/1
		Toplam: EK: 2

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.2. Demiryolu Nakliyatıyla İlgili Diğer Kazalar

Bu grupta demiryolu nakliyatıyla ilgili silo, ray demiri, travers, makas ve yol çivisi kazaları yer almaktadır (Çizelge 3). Toplam 13 kazanın meydana geldiği bu grupta 1 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı %8'dir. Bu kazalarda etkilenen vücut bölgeleri toplamaları ise sırasıyla, El-Kol=7, Ayak-Bacak=5 ve Gövde=1'dir

Çizelge 3. Demiryolu nakliyatıyla ilgili diğer kazalar.

A*	B*	C*
Silo: 4 (%31)	Silo Kapağını Kullanırken Yaralanma: 2 (%50)	EK: 2
	Siloda Çalışırken Taş Çarpması: 2 (%50)	EK: 2
	Toplam: EK: 4	
Ray Demiri: 3 (%23)	Ray Demirini Taşırken Düşürme: 2 (%67)	AB: 1 G: 1
	Ray Demirine Takılarak Düşme: 1 (%33)	AB: 1/1
	Toplam: AB: 2, G: 1	
Travers: 3 (%23)	Traversi Taşırken Düşürme: 3 (%100)	EK: 2 AB: 1
	Toplam: EK: 2 AB: 1	
Makas: 2 (%15)	Makas Aktarma (Kol) Demirinin Çarpması: 2 (%100)	EK: 1 AB: 1
	Toplam: EK=1, AB=1	
Yol Çivisi: 1 (%8)	Yol Çivisine Takılarak Düşme: 1 (%100)	AB: 1
	Toplam: AB=1	

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.3. Kazı İşyeri Ortamlarındaki Kazalar

Bu grupta kömür veya taştaki kazı işyeri ortamlarında kullanılan konveyör, martopikör, martoperfaratör, posta makinası ve sondaj makinası kazaları yer almaktadır (Çizelge 4). Toplam 48 kazanın meydana geldiği bu grupta 16 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı %33'dür. Bu kazalarda etkilenen vücut bölgeleri toplamaları ise sırasıyla, El-Kol=24, Ayak-Bacak=18, Kafa=4 ve Gövde=2'dir.

Çizelge 4. Kazı işleri ortamlarındaki kazalar.

A*	B*	C*
Konveyör: 33 (%69)	Konveyöre Çarpma: 10 (%30)	AB: 6/1 EK: 3 K: 1/1
	Konveyör Malzemesi Taşırken Yaralanma: 8 (%24)	EK: 5/2 AB: 3
	Konveyör ile Çeşitli Malzemeler (Direk vb.) Arasına Sıkıştırma: 4 (%12)	EK: 3/1 AB: 1/1
	Konveyör Üzerinden Geçerken Düşme: 4 (%12)	G: 2 EK: 1 AB: 1/1
	Konveyör Üzerindeki Malzemenin (Taş vb.) Çarpması: 4 (%12)	EK: 3/2 AB: 1
	Konveyör Elemanına (Kuyruk vb.) Sıkıştırma: 3 (%9)	EK: 3/1
	Toplam: EK=18, AB=12, G=2, K=1	
Martopikör: 6 (%13)	Martopikör Ucunun Batması: 2 (%33)	AB: 2/2
	Martopikörü Kullanırken Sıkıştırma: 2 (%33)	EK: 2
	Martopikörü Kullanırken Taş Sıçraması: 2 (%33)	K: 2
	Toplam: AB=2, EK=2, K=2	
Martoperfaratör: 5 (%10)	Eldivenin Burguya Dolanması: 2 (%40)	EK: 2/1
	Martoperfaratörü Düşürme: 2 (%40)	EK: 1 AB: 1
	Martoperfaratörü Kullanırken Sıkıştırma: 1 (%20)	AB: 1
	Toplam: EK=3, AB=2	

Çizelge 4. Kazı işleri ortamlarındaki kazalar (devam ediyor).

A*	B*	C*
Posta Makinası: 2 (%4)	Posta Makinasının Ezmesi: 1 (%50)	AB: 1/1
	Posta Makinasının Küreğinin Çarpması: 1 (%50)	K: 1/1
	Toplam: AB=1, K=1	
Sondaj Makinası: 2 (%4)	Sondaj Makinasını Kullanırken Sıkıştırma: 1 (%50)	EK: 1/1
	Sondaj Makinasının İtici Motorunun Çarpması: 1 (%50)	AB: 1
	Toplam: AB=1, EK=1	

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.4. Kuyu Nakliyatı Kazaları

Bu grupta kuyu nakliyatında kullanılan kafes, kuyu vinci, gıdaj ve itici kazaları yer almaktadır (Çizelge 5). Toplam 8 kazanın meydana geldiği bu grupta 2 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup hastaneye sevk oranı %25'tir. Etkilenen vücut bölgeleri toplamı ise sırasıyla, Ayak-Bacak=4 ve El-Kol=4'dür.

Çizelge 5. Kuyu nakliyatı kazaları.

A*	B*	C*
Kafes: 5 (%63)	Kafese İnip Binerken Yaralanma: 3 (%60)	AB: 1 EK: 2
	Kafese Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 1 (%20)	AB: 1
	Kafesin Ani Durması Esnasında Yaralanma: 1 (%20)	AB: 1/1
	Toplam: AB=3 EK=2	
Kuyu Vinci: 1 (%13)	Vinç Dairesinde Tamirat Yaparken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1/1
	Toplam: EK=1	
Gıdaj: 1 (%13)	Gıdaj Makarası Tamiraty Yaparken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1
	Toplam: EK=1	
İtici: 1 (%13)	İtici Kurarken Yaralanma: 1 (%100)	AB: 1
	Toplam: AB=1	

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.5. Diğer Makina Kazaları

Bu grupta stim hortumu veya borusu, çekirtme, gondol (yüksek eğimli desandrelerde manevra vincine bağlı olarak tahta zemin üzerinde kayan kızaklı triko sistemi), su borusu, manevra vinci, odun motoru, pres, malzeme vinci, monoray ve su tulumbası gibi diğer makina kazaları yer almaktadır (Çizelge 6). Toplam 44 kazanın meydana geldiği bu grupta 16 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı % 36'dır. Etkilenen vücut bölgeleri toplamı ise sırasıyla, El-Kol=21, Ayak-Bacak=10, Kafa=9 ve Gövde=4'dür.

Çizelge 6. Diğer makina kazaları.

A*	B*	C*
Stim Hortumu veya Borusu: 12 (%27)	Stim Hortumunun Çarpması: 6 (%50)	K: 6/3
	Stim Borusuyla Çalışırken Yaralanma: 6 (%50)	EK: 3
		G: 2
		K: 1/1
Toplam: K=7, EK=3, G=2		

Çizelge 6. Diğer Makina Kazaları (devam ediyor).

A*	B*	C*
Çektirme: 7 (%16)	Çektirmeyle Çalışırken Sıkıştırma: 4 (%57)	EK: 4/2
	Çektirmenin veya Kolunun Çarpması: 2 (%29)	K: 1 AB: 1
	Çektirme Halatının Koparak Çarpması: 1 (%14)	EK: 1/1
	Toplam: EK=5, K=1, AB=1	
Gondol: 6 (%14)	Gondola Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Sıkıştırma: 3 (%50)	EK: 3/2
	Gondola Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Düşürme: 3 (%50)	AB: 2 EK: 1
	Toplam: EK=4, AB=2	
Su Borusu: 5 (%11)	Su Borusuyla Çalışırken Yaralanma: 5 (%100)	EK: 3/1 G: 1 AB: 1
	Toplam: EK=3, G: 1, AB: 1	
Manevra Vinci: 4 (%9)	Manevra Vinci Halatının Çarpması: 3 (%75)	AB: 2 K: 1/1
	Manevra Vinci Halatından Tel Batması: 1 (%25)	EK: 1
	Toplam: AB=2, EK=1, K=1	
Odun Motoru: 3 (%7)	Odun Motoru Kullanırken Yaralanma: 3 (%100)	AB: 2/2 EK: 1/1
	Toplam: AB=2, EK=1	
Pres: 3 (%7)	Bağ Demirinin Düzeltilirken Patlaması: 2 (%67)	G: 1 AB: 1
	Presteki Demirbağın Çarpması: 1 (%33)	EK: 1/1
	Toplam: EK=1, G=1, AB=1	
Malzeme Vinci: 2 (%5)	Malzeme Vinci Halatının Çarpması: 1 (%50)	EK: 1/1
	Malzeme Vinci Çalışırken Sıkıştırma: 1 (%50)	AB: 1
	Toplam: EK=1, AB=1	
Monoray: 1 (%2)	Monoraya Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1
	Toplam: EK=1	
Su Tulumbası: 1 (%2)	Su Tulumbası Kaplinine Sıkıştırma: 1 (%100)	EK: 1
	Toplam: EK=1	

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.6. Belini Ağrıta Kazaları

Bu grupta konveyör, vagon, martoperfaratör, su borusu, triko, gondol, kaynak makinası, makas, manevra vinci, martopikör, ray demiri, sondaj makinası ve tumbanın neden olduğu belini ağrıta kazaları yer almaktadır (Çizelge 7). Toplam 35 kazanın meydana geldiği bu grupta 6 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı % 17'dir.

Çizelge 7. Belini ağrıta kazaları.

A*	B*	C*
Konveyör: 14 (%40)	Konveyör Malzemesi Taşırken: 8 (%57)	-
	Konveyörü Öterlerken: 6 (%43)	-
Vagon: 7 (%20)	Düşen Vagonu Kaldırırken: 5 (%71)	2
	Vagonları Kancalarken: 1 (%14)	-
	Vagonu Tamir Ederken: 1 (%14)	-
Martoperfaratör: 2 (%8)	Martoperfaratörle Delik Delerken: 2 (%100)	1
Su Borusu: 2 (%8)	Su Borusu Kaldırırken: 2 (%100)	1

Çizelge 7. Belini ağrıtırma kazaları (devam ediyor).

A*	B*	C*
Triko: 2 (%8)	Trikodan Malzeme Boşaltırken: 1 (%50)	-
	Trikodan Çimento Boşaltırken: 1 (%50)	-
Gondol: 1 (%3)	Gondoldan Demirbağ Boşaltırken: 1 (%100)	-
Kaynak Mak.: 1 (%3)	Oksijen Tüpünü Kaldırırken: 1 (%100)	1
Makas: 1 (%3)	Makas Değiştirirken: 1 (%100)	-
Manevra Vinci: 1 (%3)	Manevra Vincini Tamir Ederken: 1 (%100)	1
Martopikör: 1 (%3)	Martopikörü Kaldırırken: 1 (%100)	-
Ray Demiri: 1 (%3)	Ray Demiri Değiştirirken: 1 (%100)	-
Sondaj Mak.: 1 (%3)	Sondaj Yaparken: 1 (%100)	-
Tumba: 1 (%3)	Tumbada Çalışırken: 1 (%100)	-

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Sevk Sayısı

3.7. Yerüstü Tesislerinde Meydana Gelen Kazalar

Bu grupta yerüstü tesislerinde meydana gelen kafes, kaynak makinası, triyaj, lokomotif, kuyu vinci, kantar, manevra vinci, su borusu, torna, triko, tumba ve vagon kazaları yer almaktadır (Çizelge 8). Toplam 26 kazanın meydana geldiği bu grupta 11 kazalı hastaneye sevk edilmiş olup, hastaneye sevk oranı % 42'dir. Etkilenen vücut bölgeleri toplamaları ise sırasıyla, El-Kol=13, Ayak-Bacak=10 ve Kafa=3'dür.

Çizelge 8. Yerüstü tesislerinde meydana gelen kazalar.

A*	B*	C*
Kafes: 8 (%32)	Kafese İnip Binerken Yaralanma: 4 (%50)	EK: 2 K: 1 AB: 1
	Kafese Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 4 (%50)	EK: 2/1 AB: 2/1
	Toplam: EK=4, AB=3, K=1	
Kaynak Mak.: 4 (%16)	Kaynak Yaparken Çapak Yakması: 2 (%50)	EK: 2
	Kaynak Yaparken Yaralanma: 2 (%50)	EK: 2/1
	Toplam: EK=4	
Triyaj: 4 (%16)	Triyajda Çalışırken Yaralanma: 3 (%75)	EK: 2/1 AB: 1/1
	Triyaj Üzerindeki Malzemenin (Taş vb.) Çarpması: 1 (%25)	AB: 1
	Toplam: EK=2, AB: 2	
Lokomotif: 2 (%8)	Lokomotif İnip Binerken Yaralanma: 1 (% 50)	K: 1/1
	Yerüstü Motor Garajında Çalışırken Yaralanma: 1 (% 50)	AB: 1/1
	Toplam: K=1, AB=1	
Kuyu Vinci: 1 (%4)	Kuyu Vincinde Tamirat Yaparken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1/1
Toplam: EK=1		
Kantar: 1 (%4)	Kantarda Çalışırken Yaralanma: 1 (%100)	AB: 1/1
Toplam: AB=1		
Manevra Vinci: 1 (%4)	Vagona Vinç Halatı Takarken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1/1
Toplam: EK=1		
Su Borusu: 1 (%4)	Su Borusuyla Çalışırken Yaralanma: 1 (%100)	K: 1/1
Toplam: K=1		
Torna: 1 (%4)	Tornada Çalışırken Yaralanma: 1 (%100)	EK: 1
Toplam: EK=1		

Çizelge 8. Yerüstü tesislerinde meydana gelen kazalar (devam ediyor).

A*	B*	C*
Triko: 1 (%4)	Trikoya Malzeme Yüklerken veya Boşaltırken Yaralanma: 1 (%100)	AB: 1
	Toplam: AB=1	
Tumba: 1 (%4)	Tumbada Çalışırken Yaralanma: 1 (%100)	AB: 1
	Toplam: AB=1	
Vagon: 1 (%4)	Vagonları Kancalarırken Yaralanma: 1 (%100)	AB: 1
	Toplam: AB=1	

A: Makina veya Makina Elemanının Adı, Toplam Kaza Sayısı ve Yüzdesi - B: Kazanın Tanımı, Sayısı ve Yüzdesi
C: Etkilenen Vücut Bölgesi ve Kazalı Sayısı (/ Sevk Sayısı) - K: Kafa, EK: El-Kol, G: Gövde, AB: Ayak-Bacak

3.8. Mekanizasyon Kazalarının İşçilik Sanatlarına Dağılımı

Çizelge 9'da, kazalanmalara neden olan makina veya makina elemanları ile kazalanan işçi sayıları, işçilerin sanatları da göz önünde bulundurularak, büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu sıralamada belini ağrıtmaz kazaları ayrı bir başlık altında ele alınmıştır. Bununla birlikte, çizelgenin yorumunu kolaylaştırma amacıyla belini ağrıtmaya neden olan makina veya makina elemanı sayıları, toplam sütununda parantez içinde ek bir bilgi olarak verilmiş olup, toplama dahil edilmemiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

2008 yılında TTK Kozlu Müessesesi Kuyubaşı İlk Yardım Odası'nda kayıt altına alınan hastalanma ve kazalanma başvurularının incelendiği bu çalışmada, mevcut 1653 kayıt ele alınmış ve mekanizasyon kazası olarak değerlendirilen 240 kayıt 7 ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sırasıyla, demiryolu nakliyatı ve demiryolu nakliyatıyla ilgili kazalar (%28+%5=%33), kazı işyeri ortamlarındaki kazalar (%20) ve diğer makina kazalarının (%18) ilk sıralarda yer aldığı, onları, belini ağrıtmaz kazaları (%16), yerüstü tesislerinde meydana gelen kazalar (%11) ve kuyu nakliyatı kazalarının (%3) izlediği görülmektedir. Bu kazalanmaların hiçbirisi ölümle sonuçlanmamıştır.

Belini ağrıtmaz kazalarında konveyör (%40) ve vagon (%20) kazalarının ilk sıralarda yer aldığı, onları, martoperforatör (%8), su borusu (%8) ve triko (%8) kazalarının izlediği görülmektedir.

Belini ağrıtmaz kazaları da edildiğinde, kazalanmalara neden olan makina veya makina elemanları sıralamasında konveyör (%20), vagon (%14) ve triko (%10) kazalarının ilk sıralarda yer aldığı, onları, lokomotif (%8) kafes (%5) ve stim hortumu veya borusu (%5) kazalarının izlediği görülmektedir.

Kazalanan vücut bölgeleri olarak; demiryolu nakliyatı kazalarında El-Kol (%48) ve Ayak-Bacak (%23), demiryolu nakliyatıyla ilgili kazalarda El-Kol (%54) ve Ayak-Bacak (%38), kazı işyeri ortamlarındaki kazalarda El-Kol (%50) ve Ayak-Bacak (%40), kuyu nakliyatı kazalarında Ayak-Bacak (%50) ve El-Kol (%50), diğer makina kazalarında El-Kol (%48) ve Ayak-Bacak (%23), yerüstü tesislerinde meydana gelen kazalarda ise El-Kol (%50) ve Ayak-Bacak (%38) kazalanmaları dikkati çekmektedir.

Çizelge 9. Mekanizasyon kazalarının sanatlara dağılımı.

	Pano Üretim	Motorcu	Nakliyat	Hazırlık	Mekanikçi	Ajüstör	Ekipvolan	Presçi	Sinyalci	Elektrikçi	Lokomotif Tamircisi	Kaynakçı	Kuyucu	Koruyucu Bakım	Nezaretçi	Vinççi	Yol Marangozu	Bakım Onarım	Barutçu	Cihaz Bakım	Kancacı	Marangoz	Sondör	Tekniker	Topoğraf	Tornacı	Tulumbacı	TOPLAM#
Belini Ağırıtma	10	2	4	1	7	2	4	1	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	35
Konveyör	15	-	4	2	6	-	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	33 (14)
Vagon	1	10	4	2	-	1	-	2	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	26 (7)
Triko	6	1	3	4	3	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	21 (2)
Lokomotif	1	10	-	-	1	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
Kafes	4	-	3	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	13
Stim Hortumu veya Borusu	7	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Çektirme	2	1	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Gondol	4	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (1)
Martopikör	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (1)
Su Borusu	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (2)
Manevra Vinci	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 (1)
Martoperfaratör	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 (2)
Kaynak Mak.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 (1)
Silo	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Triyaj	1	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Odun Motoru	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Pres	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3

Çizelge 9. Mekanizasyon kazalarının sanatlara dağılımı (devam ediyor).

	Pano Üretim	Motorcu	Nakliyat	Hazırlık	Mekanikçi	Ajustör	Ekipvolan	Presçi	Sinyalci	Elektrikçi	Lokomotif Tamircisi	Kaynakçı	Kuyucu	Koruyucu Bakım	Nezaretçi	Vinççi	Yol Marangozu	Bakım Onarım	Barutçu	Cihaz Bakım	Kancacı	Marangoz	Sondör	Tekniker	Topoğraf	Tornacı	Tulumacı	TOPLAM*
Ray Demiri	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (1)
Travers	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Tumba	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (1)
Fayton	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Kuyu Vinci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Makas	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (1)
Malzeme Vinci	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Posta Mak.	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Sondaj Mak.	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (1)
Gidaj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
İtici	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Kantar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Monoray	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Su Tulumbası	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Torna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Yol Çivisi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
TOPLAM	72	26	26	23	20	16	7	7	7	6	6	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	240

*: Parantez içindeki rakamlar belini ağırtma kazaları sayılarını vermekte olup toplama dahil değildir.

El-Kol ve Ayak-Bacak kazalanmalarındaki bu oranların yüksekliği, işçilerin eldiven, dizlik vb. kişisel koruyucular kullanmalarının teşvik edilmesi ve denetlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Kazalıların hastaneye sevk oranları; yerüstü tesislerinde meydana gelen kazalar (%42), demiryolu nakliyatı kazaları (%39) diğer makina kazaları (%36), kazı işyeri ortamlarındaki kazalar (%33), kuyu nakliyatı kazaları (%25), belini ağrıtırma kazaları (%17) ve demiryolu nakliyatıyla ilgili kazalar (%8) olarak sıralanmaktadır. Yerüstü tesislerinde meydana gelen kazaların sayısının düşük (26), ancak hastaneye sevk oranının yüksek (%42) olması, aynı şekilde, belini ağrıtırma kazalarının sayısının yüksek (35), ancak hastaneye sevk oranının düşük (%17) olması dikkati çekmektedir.

Kazalanan işçilerin sanatlarına göre yapılan sıralamada, pano üretim işçileri (%30), motorcular (%11), nakliyat işçileri (%11) ve hazırlık işçilerinin (%10) ilk sıralarda yer aldığı, onları, mekanikçiler (%8) ajüstörler (%7) ve ekipvolan işçilerinin (%3) izlediği görülmektedir.

Kozlu Müessesesinde işçilerin kişisel koruyucu kullanma alışkanlıklarının geliştirilmesi çalışmalarının sürdürüldüğü bilinmekte ve bu çalışmaların daha da etkin bir biçimde devamında büyük yarar görülmektedir. Ayrıca, ilkyardım odaları kayıtlarının, gelecekte daha da düzenli ve işlevsel olabilmesi için özenle tutulmaları gerektiği konusu da sıhhiyelerin eğitime verilen önemin sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır. Bu kayıtların, özel olarak hazırlanmış formlar kullanılarak tutulmasında ve bu formlara uygun olarak hazırlanmış bir bilgisayar veritabanı ortamına günlük olarak yüklenmesinde, kazalanmaların yakından takibi açısından büyük yarar görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkıları nedeniyle, TTK İşletmeler Daire Başkanlığı ve TTK Kozlu Müessesesi Kuyubaşı İlkyardım Odası çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirlir.

KAYNAKLAR

- Kasapoğlu, A. ve Çakır, A.** (2007) TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Yeraltı İlkyardım Odası Kayıtlarının İncelenmesi. *Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Adana, s. 37-49.
- TTK** (2008) *Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi 2008 Yılı Kuyubaşı İlkyardım Odası Kayıt Defteri*, Türkiye Taşkömürü Kurumu Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Müdürlüğü (yayınlanmamış), 300 s.
- TTK** (2009a) *Türkiye Taşkömürü Kurumu 2009 Yılı Temmuz Ayı Aylık Faaliyet Raporu*. Türkiye Taşkömürü Kurumu İşletmeler Daire Başkanlığı (yayınlanmamış), Zonguldak, 35 s.
- TTK** (2009b) *Türkiye Taşkömürü Kurumu 2008 Yılı İstatistik Yıllığı*. Türkiye Taşkömürü Kurumu İşletmeler Daire Başkanlığı (yayınlanmamış), Zonguldak, 70 s.

YOL DÜZENSİZLİKLERİNİN OCAK LOKOMOTİFİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

THE INVESTIGATION OF TRACK IRREGULARITY EFFECTS ON MINE LOCOMOTIVE

Nihal EKMEKÇİ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*
Nuri Ali AKÇIN, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*
Bülent EKMEKÇİ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*

ÖZET

Yeraltında; taban yolları ve ana galeride ocağın yapısına göre lastik bantlı taşıma sistemleri, ayaklarda ve üretim noktalarında zincirli oluk ve raylı taşıma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Lokomotif taşımacılığında, katarın raydan çıkması, kancanın kesilmesi, lokomotif milinin yenilmesi vb. sorunlarla karşılaşılabilir. Bu çalışmada; Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) kullanılan ve mil yenilmesinin sıkça görüldüğü 17 tonluk akülü Eimco lokomotifi üzerinde saha ölçümleri yapılarak mil yenilmesine sebep olabilecek yol düzensizliklerinin etkisi incelenmiştir. Saha ölçümleri, yol düzensizliklerinin, lokomotif mil yatakları üzerinde, ortalama yatak yükünü 4 kat aşan ani kuvvet değişimlerinin oluştuğunu göstermiştir. Bu sonuç, ocak lokomotiflerinde yol düzensizliklerinin mil yenilmesi üzerinde birincil etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

Belt and chain conveyors and railway systems in main gallery and production places are commonly used and selected according to the structure of the mine. Several problems are faced as derail the railway train, fracture of the hook and locomotive shaft at railway conveying. In this study, the effects of track irregularities that possibly cause to fracture of shafts are investigated by on site measurements. For this purpose, 17 tons of Eimco locomotives that is used in TTK and frequently exposed to fracture of shafts are analyzed. Measurements have revealed that shaft-bearing forces suddenly exceed values that are four times greater than the nominal bearing force. This result implies that track irregularities are the main source of shaft failures in mine locomotives.

1. GİRİŞ

Tüm sektörlerde olduğu gibi madencilikte de taşıma işinin önemi tartışılmaz. Bu sebeple gelişmiş endüstri ülkelerinde, taşımacılığın da aynı ölçüde gelişmiş olduğu görülmektedir. Madencilikte öncelikle personelin taşınması bunu takiben donanım ve malzemenin taşınması ve son olarak da çalışma esnasında çıkacak olan postanın ve üretilen cevherin taşınması gelmektedir. Yeraltında; ayaklarda ve üretim noktalarında zincirli oluk, taban yolları ve ana galeride ocağın yapısına göre lastik bantlı taşıma sistemleri ve raylı taşıma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Su yolu ve boru hatlarından sonra, demiryolu taşımacılığı için en ekonomik taşıma sistemi denilebilir. Bunun sebebi, tüketilen enerjinin ton-kilometre ve yolcu-kilometre bakımından diğer yöntemlere nazaran daha az olmasıdır. İstatistiksel verilere göre demiryolu, kara taşımacılığına göre 5 kat hava taşımacılığına göre 22 kat daha ekonomiktir (Bozkurt, 1985).

Her türlü iş kolunda nakliyatın önemi bu denli büyükken, herhangi bir sebeple aksaması büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir. Ayrıca iş ahengi ve konsantrasyonu da bozulmaktadır. İyi planlanmış bir işletme metodu ancak, düzenli çalışan ve iyi organize edilmiş bir taşıma sistemiyle başarıya ulaşabilir.

Ocaklarda raylı taşıma sistemleri geniş ölçüde kullanılmaktadır. Lokomotif ve vagonlarda herhangi bir makina elemanının kırılması veya işlevini yitirmesi sonucu yukarıda saydığımız sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Lokomotif taşımacılığı uygulamalarında, katarın raydan çıkması, kancanın kesilmesi, lokomotif milinin kırılması vb. sorunlarla karşılaşabilmektedir.

Taşıma işinde büyük ölçüde kayıplara sebep olabilecek mil kırılması olayını zamanla tüm lokomotif millerinde görülebilmektedir. Kırılmalara; eğimler, kurbalar ve ray travers bağlantılarının esnemeleri ve yeterince balast kullanılmaması gibi durumlardan kaynaklanan yol düzensizlikleri, aşırı yükleme, tekerlek ve ray profilindeki aşınmalar, bakım ve yağlamanın aksaması ve malzeme seçimi etkili olabilmektedir.

Raylı taşıt millerinde yorulma, çatlak oluşumu ve kırılma olayları ile ilgili çalışmalar ve kırılma mekaniğinin temelleri Wöhler tarafından 1858-1866 yılları arasında yapılan dingil mili kırılması deneylerine dayanmaktadır (Dikmen,1989). More, Föppl ve Peterson'ın 1920' li yıllarda bu çalışmalara paralel çalışmalar yapmışlardır (More, 1927; Föppl, 1929; Peterson, 1930). 1930'lu yıllarda Kühnel dingile pres geçirilmiş tekerleğin dingilin yorulma karakteristiğine etkisini incelerken (Kühnel, 1932), Horger ve Neifert yorulma mukavemetine ısıl işlemin etkisini, (Horger ve Neifert, 1942) Horger ve Cantly de soğuk haddeme etkisini incelemişlerdir (Horger ve Cantly, 1946). Bilgisayarların gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla, deneysel çalışmaların yerini daha çok sayısal model ve simülasyonlar almıştır. Dikmen (1989); yaptığı doktora tezi çalışmasında raylı taşıtlarda dingil kırılması ve önlenmesi üzerinde çalışmış ve bilgisayar yardımıyla dinamik analiz ve konstrüksiyon değerlendirmesi yapmıştır. Hirakawa et al. (1998); demiryolu taşıtlarında güvenlik açısından dingillerin önemi üzerinde durmuşlardır. Sıkı geçmeli dingillerde sürtmeden dolayı yorulma çatlak oluşumunu incelemişlerdir. Zerbst et al. (2005a); miller, tekerlekler ve raylar gibi demiryolu parçaları için kırılma mekaniği uygulamalarını özetlemişlerdir. Emniyet-

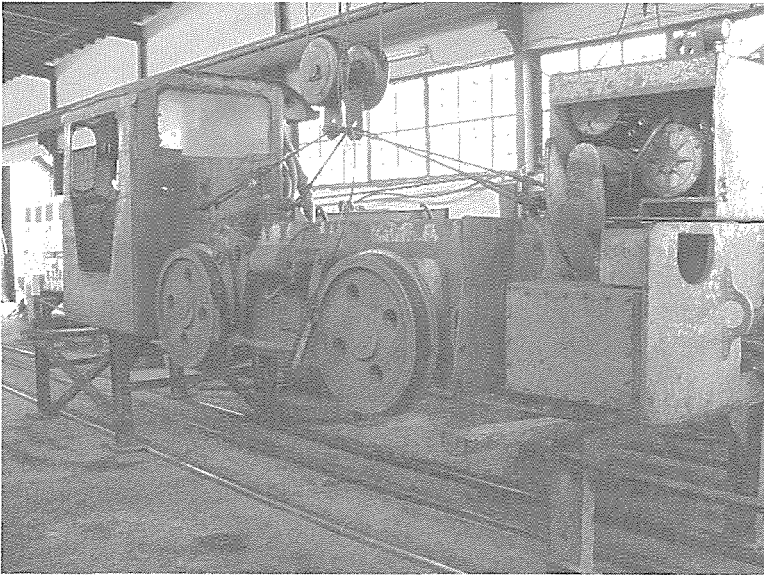
ömür, emniyet-yenilme ve hasar toleransı üzerinde durmuşlar ve bu konuda literatürden çeşitli örnekler sunmuşlardır. Zerbst et al. (2005b); demiryolu bileşenleri için hasar toleransı ve bir mile uygulaması üzerinde çalışmışlardır. Çatlak ilerleme analizinde ABAQUS, ANSYS, LSDYNA gibi sonlu eleman metodlarından yararlanılmıştır. Ekmekci vd. (2008); TTK'da kullanılan akülü ocak lokomotiflerinde meydana gelen mil yenilmesi sorunlarını incelemişler ve çözüm önerileri sunmuşlardır.

Bu çalışma kapsamında, ocak lokomotifleri üzerinde saha ölçümleri yapılarak, yol düzensizliklerin lokomotif mil yatakları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

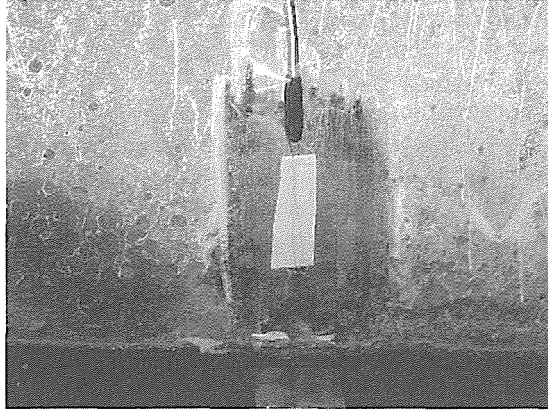
2. LOKOMOTİFİN ÖLÇÜMLER İÇİN HAZIRLANMASI

Ölçümler TTK Kozlu Müessesesi'nde 17 tonluk Eimco akülü lokomotifinde gerçekleştirilmiştir. Lokomotif; eğimler, kurbalar ve ray düzensizliklerini kapsayan bir güzergah üzerinde hareket ettirilmiş ve bu esnada mil yatakları üzerine düşen yükler ölçülmüştür. Şekil 1'de 17 tonluk Eimco lokomotifin ölçümler için hazırlanma aşaması görülmektedir. Öncelikle lokomotif, bandajlarından (tekerlekler, mil ve mil yataklarının tümü) ayırmak için askıya alınmıştır. Bu kapsamda, petegres (mil yatağı) ve iç şasi üzerine yerleştirme ve gerinimleri ölçmek için gerinim-ölçerler yapıştırılmıştır. Şekil 2'de iç şasi üzerine düşey yönde yapıştırılmış gerinim ölçerler görülmektedir.

Çalışanların sağlığının korunması, işyerinde iş sağlığı ve güvenliği ile birlikte koruma ve önleme bilincinin yerleştirilmesi ve geliştirilmesi, toplumun sağlığına yönelik çalışmalar içinde önemli ve vazgeçilmez bir yer tutmaktadır.



Şekil 1. Lokomotifin test için hazırlanma aşaması.



Şekil 2. İç şasi üzerine düşey yönde yapıştırılmış gerinim ölçerler.

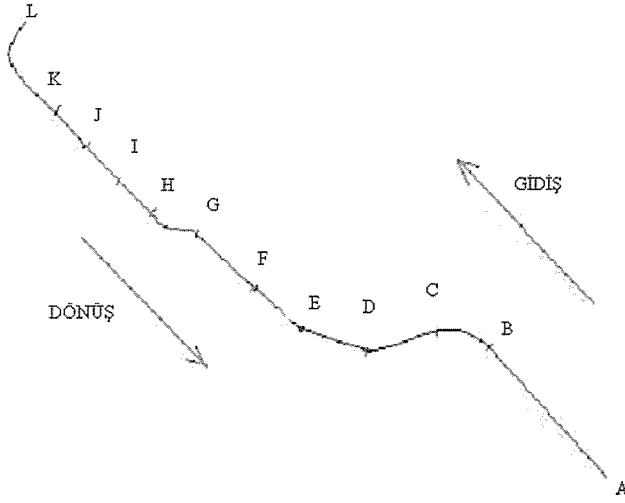
Şekil 3’de iç şasi üzerine yapıştırılan gerinim ölçerlerin üstten görünüşü verilmiştir. Gerinim-ölçerlerden birden fazla veri alınmış ve yatak kuvvetlerinin hesaplanmasında bu verilerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Gerinim-ölçerler; lokomotifin üzerine akü konulmadan yapıştırılmış ve bu sayede akünün konulmasıyla kalibrasyonun yapılması sağlanmıştır.



Şekil 3. İç şasi üzerine yapıştırılan gerinim-ölçerlerin üstten görünüşü.

3. TEST GÜZERGAHININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Test güzergahı; her bir etkinin ayrı ayrı incelenebilmesi için eğim, kurba ve düz yol içeren kısımlardan bölümlenmiştir. Şekil 4’de güzergahın, bölümlenmiş şematik görüntüsü verilmiştir. Burada, raylardaki düzensizliğin lokomotifin performansına etkisini görebilmek amacıyla güzergah üzerinde H ve I ile gösterilen noktalar arasında bir bölgede çift taraflı rayların destekleri alınarak, düşey yönde yaklaşık 5 cm’lik bir düzensizlik oluşturulmuştur. Şekil 5’de oluşturulan bu düzensizlik görülmektedir.



Şekil 4. Test güzergahının şematik görüntüsü.



Şekil 5. Rayların destekleri kaldırılarak düşey yönde düzensizlik verilmesi.

Çizelge 1’de ölçümlerin yapıldığı güzergahın; senaryolar kapsamında bölümlenmiş ve her bölmenin özelliklerinin gösterildiği bir etüdü verilmiştir. Çizelge 1’de verilen kot farkları başlangıçtan itibaren yani A noktası referans alınarak verilmiştir. Uzunluklar ise her bölmeye ait mesafelerdir. Örneğin B-C aralığının uzunluğu 36 m’dir. Buna göre testin gerçekleştirildiği güzergahın toplam uzunluğu 745 m ve lokomotifin ortalama hızı 8-12 km/h’dır.

Çizelge 1’e göre:

- Kot farkının direk 5 m’ye çıktığı A-B aralığı maksimum eğime sahiptir.
- Eğimin en az ve kurbaların olmadığı G-H aralığı düz yol olarak alınabilir.
- Kot farkının azaldığı yani eğim aşağı olarak nitelendirilecek aralık G-H ve H-I aralığıdır.

- Kurba yarıçaplarına bakıldığında en keskin kurba C-D aralığı olarak görülmektedir. Ayrıca K-L aralığının sonlarına doğru da keskin bir kurba görülmektedir.
- Yol üzerinde H-I arasında H'a yakın bölgede sağ ve sol raylar karşılıklı olarak bozularak düzensizlik verilmiştir.

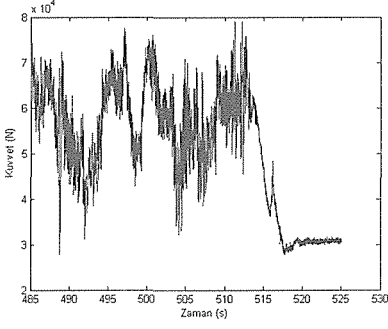
Çizelge 1. Ölçümlerin yapıldığı güzergah etüdü.

Senaryo Güzergah	Kot Farkı (m)	Uzunluk (m)	Kurba Yarıçapı (m)
A-B	5	174	-
B-C	6.38	36	31.174
C-D	6.5	15	18.904
D-E	6.76	53	34.296
E-F	7.32	72	98.24
F-G	7.4	110	-
G-H	7.14	50	-
H-I	6.92	60	-
I-J	7.03	50	-
J-K	7.55	60	-
K-L	7.4	65	25.134
Toplam	-	745	-

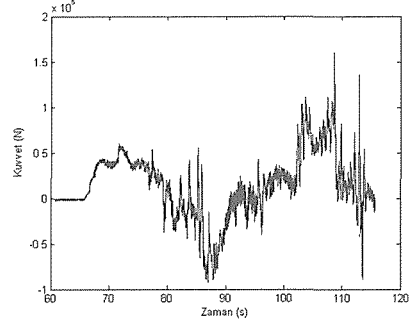
4. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil 6-7'de test güzergahında hareket eden lokomotifte düşey yönde etkiyen ortalama kuvvetler her bir aralık için ayrı ayrı verilmiştir. Çizelge 2'de ise şekillerden çıkarılan sonuçlar verilmiştir. Test kapsamında aynı hat üzerinde lokomotifte 3 gidiş ve 3 dönüş olmak üzere 6 tur attırılmıştır. Şekil 6-7'deki sonuçlar yalnız bir gidiş turuna ait sonuçlardır.

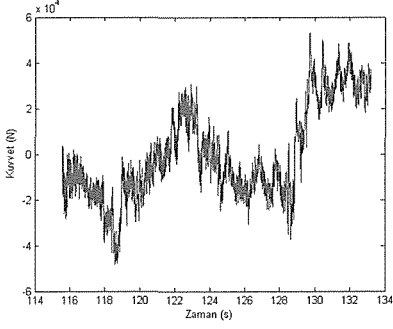
Çizelge 2'de görülen kuvvet değerleri 4 mil yatağına düşen kuvvetlerin ortalamasıdır. Ölçüm değerlerinin kalibrasyonunun yapılabilmesi için akü lokomotiften alınmış, tartılmış ve gerinim-ölçerler takıldıktan sonra tekrar yerine konulmuştur. Böylece bilinen bir yükü bir değer okunmuş, elde edilen veriler de lokomotifin toplam ağırlığı göz önüne alınarak dönüştürülmüştür. Lokomotif hareket ederken, özellikle düzensizliklerin olduğu kısımlarda, dört mil yatağına eşit kuvvetler düşmemektedir. Özellikle kurba dönerken çapraz olarak ön ve arka mil yataklarının ikisinde kuvvetler artarken diğer ikisinde düşmektedir. Bu sebeple kuvvetlerin azaldığı yataklarda negatif değerler elde edilmiştir. İncelenen lokomotif 17 ton civarındadır. Bu durumda mil yataklarının alt kısmında kalan tekerlek vb. ağırlıklar çıkarıldığında her bir mil yatağına düşey yönde ortalama 4 ton yani 40 000 N yük düşmesi gerekmektedir. Buna göre çizelge 2'deki sonuçlarda; pozitif ve negatif yöndeki kuvvetlerin ortalaması alınarak kuvvet genliği bulunmuş, karşılaştırmalar kuvvet genliği baz alınarak yapılmıştır. Buna göre:



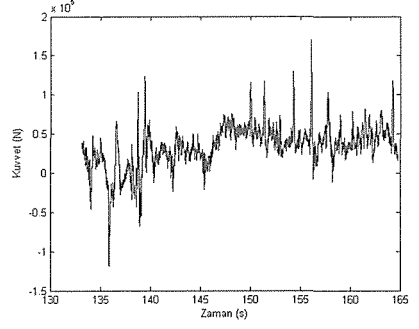
a)



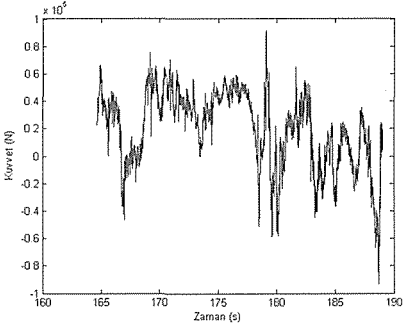
b)



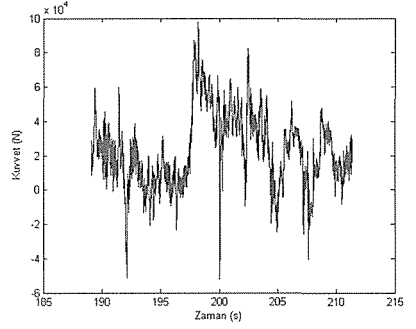
c)



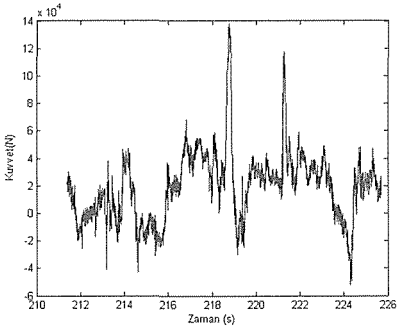
d)



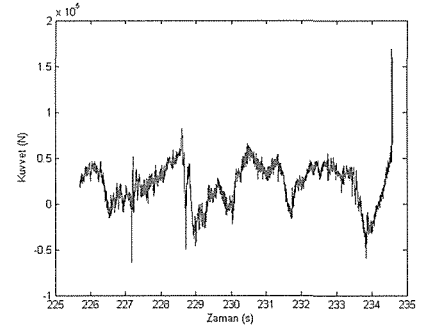
e)



f)

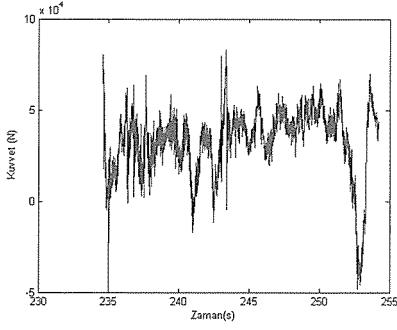


g)

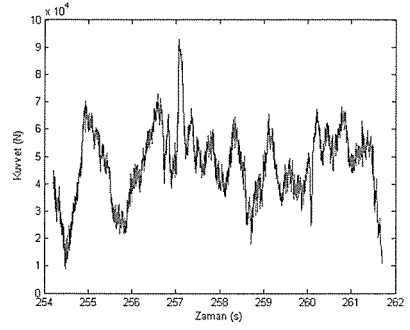


h)

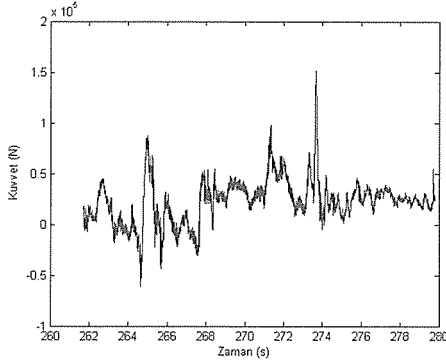
Şekil 6. a) A-B b) B-C c) C-D d) D-E e) E-F f) F-G g) G-H h) H-I aralığında lokomotifte düşey yönde etkiyen ortalama kuvvetler.



a)



b)



c)

Şekil 7. a) I-J b) J-K c) K-L aralığında lokomotifte düşey yönde etkiyen ortalama kuvvetler.

Çizelge 2. Ölçüm sonuçları.

Aralık	Pozitif Kuvvet Ortalaması (N)	Negatif Kuvvet Ortalaması (N)	Kuvvet Genliği (N)	Zaman (s)
A-B	5.1481e+004	-	5.1481e+004	40
B-C	3.3830 e+004	-2.0337e+004	5.4167 e+004	55
C-D	2.1419e+004	-1.4007e+004	3.5426e+004	17
D-E	4.0094e+004	-2.1839e+004	6.1933e+004	32
E-F	3.2172e+004	-1.9681e+004	5.1853e+004	24
F-G	2.7198e+004	-8.8525e+003	11.5723e+004	68
G-H	2.9657e+004	-1.1845e+004	4.1502e+004	105
H-I	2.9859e+004	-1.3848e+004	4.3707e+004	8
I-J	3.6093e+004	-1.9789e+004	5.5882e+004	19
J-K	4.6793e+004	-	4.6793e+004	8
K-L	2.9120e+004	-1.1379e+004	4.0499e+004	19

- En fazla eğim AB aralığındadır. A-B aralığında ortalama kuvvet genliği 51 481 N'dur ve olması gerekenden (40 000 N) yaklaşık % 28 daha fazladır. Lokomotif eğim yukarı çıkarken zorlanmakta ve patinaj yaptığından ve ayrıca sık sık tork verildiğinden 30 000 N- 80 000 N arasında kuvvet zıplamaları da görülmektedir.

- B-C, C-D ve D-E’de aralığında peş peşe keskin kurbalar gelmektedir. E-F’de lokomotif yine geniş bir kurbayı dönmektedir. BC’de -90 000 N ile 160 000 N aralığında çok yüksek anlık yükler görülmektedir. C-D aralığında ise -50 000 N ile 55 000 N arasında değişen ani kuvvet zıplamaları yine görülmektedir. D-E ve E-F aralığında ise bu iki keskin kurbanın etkisi devam etmektedir. Çünkü ölçümler lokomotif üzerinden alınmakta ve arkasındaki katarın etkisi sonraki kısımlara da yansımaktadır. Bu sebeple D-E aralığında da -125 000 N ile 175 000 N arasında değişen kuvvet zıplamaları görülmektedir. Burada E-F aralığına bakıldığında kuvvet ortalaması 51 000 N civarındadır ve yine % 28 kadar daha fazladır. Ani kuvvet zıplamaları ise % 400’lere varmaktadır. Bu kısımlarda sadece kurbalar değil eğimler ve yol düzensizliklerinin etkisi de vardır.
- F-G aralığında kurba bulunmamakta ve eğim de diğer kısımlara nazaran daha az olmasına rağmen buradaki kuvvet genliği 115 723 N civarındadır. Bunun sebebi buradan önce peş peşe kurbaların dönmüş olması ve etkilerinin yansımadır. F-G’nin sonuna doğru kuvvetler ortalama değerlere yaklaşmaktadır.
- G-H, H-I, I-J, J-K arasında da kurba bulunmamakta ve standartların çok üstünde bir eğim (max. % 0.5) bulunmamaktadır. Bu aralıkta ortalama kuvvet genliği 46 000 N civarındadır ve 40 000 N ile karşılaştırıldığında % 15 fazladır. G-H aralığında kuvvet genliği ortalama değerlerde seyrederken özellikle 218 ve 222. saniyelerdeki kuvvetler 120 000 – 140 000 N seviyesine kadar çıkmaktadır. Bu değerler bu kısımlarda düzensizlikleri açıkça göstermektedir.
- H-I aralığında raylar bozularak yola düzensizlik verilmiştir. Bu düzensizliğin etkisi 227. saniyede ön mil yatakları üzerinde ve 229. saniyede ise arka mil yataklarındaki kuvvet zıplamaları ile gözükmemektedir. Mil yatakları üzerindeki kuvvetlere tek tek bakıldığında bu etki daha çok gözükmemektedir. Çünkü mil yatak kuvvetlerinin ortalaması alınırken pozitif ve negatif değerler etkiyi daha az gösterebilmektedir. Yine H-I arasındaki düzensizliğin etkisi 235. saniyede vagonların da bu noktaya gelmesiyle ani kuvvet artışı şeklinde görülmektedir. I-J ve J-K aralığında da vagonların bu düzensizliğe batıp çıkmalarıyla ortaya çıkan kuvvet zıplamaları görülmektedir.
- KL arasında yine bir kurbaya girilmektedir. Bunun etkisiyle kuvvetler -50 000 N ile 150 000 N arasında çok büyük genlikler göstermektedirler.

Şekil 6-7’den de görüleceği gibi kurbalar, eğimler ve yol ve raylardaki düzensizlik olarak nitelendirilen bozuklukların lokomotif üzerindeki etkileri çok büyüktür. Bu durumlarda mil yataklarına düşen kuvvetler % 400 kadar artıp, azalabilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Saha ölçümleri, yol düzensizliklerinin, lokomotif mil yatakları üzerinde, ortalama yatak yükünü önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya kaymaktadır. Kuvvetlerdeki bu ani artışlar mil üzerinde genlik gerilmelerinin yükselmesi ile sonuçlanmaktadır. Genlik gerilmelerinin bir makina parçası üzerinde, çatlak ilerlemesine ve çalışma sırasında ani kırılmalara yol açtığı bilinmektedir. Elde edilen veriler, mil malzemesinin sürekli mukavemet sınırının, yol düzensizliklerinden ötürü aşıldığını göstermektedir. Bu durum, ocak lokomotiflerinde belirli periyotlar arasında millerin yenilmesi ile sonuçlanmaktadır. Bu sonuç, ocak lokomotiflerinde yol düzensizliklerinin mil yenilmesi üzerinde birincil etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bakımdan, ocak lokomotif

hatlarının periyodik bakım ve yenilenmelerinin, ocak lokomotifinin ekonomik ömür ve verimliliğini önemli ölçüde arttıracakı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, M.** (1985) *Demiryolu I*, İTÜ İnşaat Fakültesi Ders Notları, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 162 s.
- Dikmen, F.** (1989) *Raylı taşıtlarda dingil kırılmaları ve önlenmesi, bilgisayar yardımıyla dinamik analiz ve konstrüksiyon*, Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 118 s.
- Ekmekci, N., Ekmekci, B. ve Akçın, N.** (2008), *TTK'da kullanılan akülü ocak lokomotiflerinde mil kırılması sorunları*, Türkiye 16. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Mayıs, Zonguldak, s. 93-103.
- Föppl, O.** (1929) *Das drücken der oberfläche von bauteilen aus stahl*, Stahl Eisen, Nr.49, s. 575.
- Hirakawa, K., Toyama, K. and Kubota, M.** (1998) *The analysis and prevention of failure in railway axles*. Int. J. Fatigue, Vol 20, pp. 135-144.
- Horger, O.J. and Neifert, H.R.** (1942) *Correlation of residual stresses in the fatigue strength of axles*, J. Appl. Mech., Trans. Am. Soc. Mech. Engrs., No.40, s. A-85.
- Horger, O.J. and Cantly, W.I.** (1946) *Design of crankpins for locomotives*, J. Appl. Mech., Trans. Am. Soc. Mech. Engrs., No.68, s. A-17.
- Kühnel, R.** (1932) *Axles breakages and their causes*, Glas. Ann., Gewerbe Bauw., Nr. 110, s. 39.
- More, H. F.** (1927) *A study of fatigue cracks in car axles*, Uni. Of Illinois, Bul. No.165.
- Peterson, R.E.** (1930) *Fatigue test on small specimen with particular reference to size effect*, Trans. Am. Soc. Steel Treat., No.18, s. 1041.
- Zerbst, U., Mädler, K. and Hintze, H.** (2005a) *Fracture mechanics in railway applications-an overview*, Engineering Fracture Mechanics, Vol 72, pp. 163-194
- Zerbst, U., Michael, V., Andersch, C., Mädler, K. and Pfuff, M.** (2005b) *The development of a damage tolerance concept for railway components and its demonstration for a railway axle*, Engineering Fracture Mechanics, Vol 72, pp. 209-239.

ZİNCİRLİ KESME MAKİNALARININ PERFORMANS TAHMİNİNE YÖNELİK YAPILAN KÖŞE KESME DENEYLERİ VE YORUMU

CORNER CUTTING TESTS AND THEIR INTERPRETATION TOWARDS PREDICTING PERFORMANCE OF CHAIN SAW MACHINES

Hanifi ÇOPUR, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*
Cemal BALCI, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*
Deniz TUMAÇ, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*
Nuh BİLGİN, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*

ÖZET

Bu çalışmada, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenen bir projenin bazı sonuçları sunulmaktadır. Çeşitli doğal taş ocaklarından alınan blok mermer numuneleri üzerinde kazılabilirliği belirlemek ve zincir ile kesme işlemini simüle etmek amacıyla laboratuarda bir seri tam boyutlu doğrusal kesme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada özellikle köşe kesme deneylerinden söz edilecektir. Deneylerde zincirli kesme makinalarında kullanılan keskilere benzer kama tipi keskiler kullanılmıştır. Köşe kesme deneyleri sonucunda, keskilere gelen kuvvetler ve birim hacimdeki kayayı kesmek için gereken spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar yardımsız (etkileşimsiz) kesme deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. Köşe kesmede keski kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin aynı kesme derinliğinde yardımsız kesme değerlerine göre 1,2 ile 1,7 katı kadar büyük olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Some results of a project supported by TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) are presented in this paper. A set of full-scale laboratory linear rock cutting tests are performed on different block samples of natural stones to simulate action of chain cutting and determine sample cuttability. Especially, corner cutting tests are mentioned in this study. Linear cutting tests are performed using chisel tools similar to chain saw cutting tools. As a result of corner cutting tests, tool forces and specific energy to cut a unit volume of rock are obtained. The results are compared to unrelieved cutting test results. It is seen that the tool forces and specific energy values are 1.2 to 1.7 times greater than the values of unrelieved cutting.

1. GİRİŞ

Doğal taş ihtiyacının tüm dünyada sürekli artması nedeniyle, sektörle ilgili teknolojiler de gelişmektedir. Günümüzde aşındırıcı ve sert doğal taşlardan blok çıkarılmasında önemli problemlerle karşılaşmaktadır. Problemler genel olarak düşük kesme hızları ve aşırı keski aşınmalarıdır. Bu nedenle sektör teknolojik gelişmelere açıktır. Bu makinelerin kesme hızlarının artırılması, daha sert taşların da kesilebilmesi ve daha büyük blokların kesilebilmesi yönünde yapılacak bir gelişme, hem maden hem de makina üreticilerinin rekabet gücünü arttıracaktır.

Zincirli kesme makineleri düşük veya orta dereceli aşındırıcı olan yumuşak ve orta sert doğal taşların, hem açık ocaklarda hem de yeraltı ocaklarında düşey ve/veya yatay kesim yaparak blok olarak çıkarılmasında ve sayalama amacı ile kullanılmaktadırlar. Yaygın kullanım şekli olan elmas boncuklu tel kesme makineleri ile birlikte kullanıldıklarında ocak verimini arttırırlar. Bir traverten açık ocağında kullanılan elmas boncuklu tel kesme makinelerinin yanına sadece bir adet zincirli kesme makinesi ilave edilerek, ocağın genel veriminin %20 arttığı görülmüştür, (Çopur vd, 2006). Zincirli kesme makinelerinin avantajları Çizelge 1’de ve performansı (kesme hızı ve keski aşınmaları) etkileyen parametreler ise Çizelge 2’de özetlenmektedir.

Roxborough ve Philips (1981) kama tipi keskilerle bir kumtaşı numunesi (Bunter Sandstone) üzerinde bazı deneyler yaparak köşe kesmenin kesme performansına etkilerini incelemişlerdir; sonuçlar yardımsız (etkileşimsiz, tekil) kesme deney sonuçları ile kıyaslandığında kesme kuvvetlerinin yaklaşık 2 kat arttığı ve normal kuvvetlerin fazlaca değişmediğini göstermiştir. Hekimoğlu ve Fowell (1990) yaptıkları deneysel çalışmalarda kollu galeri açma makinelerinde kullanılan radyal ve kalem uçlu (konik) keskiler ile köşe kesme deneyleri yapmışlardır ve bu keskiler için köşe kesmede optimum çalışma koşullarını belirlemişlerdir. Çopur vd (2008a) doğal taş numuneleri üzerinde köşe kesme deneyleri yapmışlardır (Çopur vd, 2008a).

Kazı mekaniği prensiplerine göre taşın cinsi değiştiğinde optimum kesme koşulları da değişmektedir. Bu nedenle, daha yüksek verim alabilmek için, değişik doğal taşların kesiminde keskinin zincir üzerindeki konumlandırılması ya da dizilimleri de ona göre tasarlanmalıdır. Bu durumda hem kazı hızı artacak hem de keski tüketimleri azalacaktır.

Çeşitli doğal taş ocaklarından alınan blok mermer numuneleri üzerinde kazılabilirliği belirlemek ve zincir ile kesme işlemini deterministik olarak simüle etmek amacıyla laboratuarda bir seri tam boyutlu doğrusal kesme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada özellikle köşe kesme deneylerinden söz edilecektir. Sonuçlar yardımsız kesme deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. TÜBİTAK tarafından desteklenen bir projenin (Çopur vd, 2008a) bazı sonuçlarının yer aldığı bu çalışmanın, doğal taş endüstrisinde blok çıkarmakta kullanılan zincirli kesme makinelerinin performans (kazı hızı) tahmininde ve tasarımılandırılmasında faydalı olabilecek bilgiler sağlaması beklenmektedir.

Çizelge 1. Zincirli kesme makinalarının avantajları.

Özellikle 6-7 m'den yüksek basamaklarda elmas boncuklu tel kesme makinaları ile birlikte kullanıldıklarında, tel geçirmek için gereken delik sayısını azaltarak ve delik çakıştırma problemini ortadan kaldırarak zamandan ve işçilikten tasarruf sağlar.

Yeni bir basamağa yatay veya düşey olarak kolaylıkla giriş yapabildikleri ve üçgen parça kesme işlemini ortadan kaldırdıkları için üretim ve zaman kayıplarını azaltırlar.

Oldukça düzgün yüzeyler oluşturdıkları için mükemmel çalışma ortamı oluşturlar.

Doğrudan satılabilir ürün çıkarabilirler.

Daha az atık üretirler.

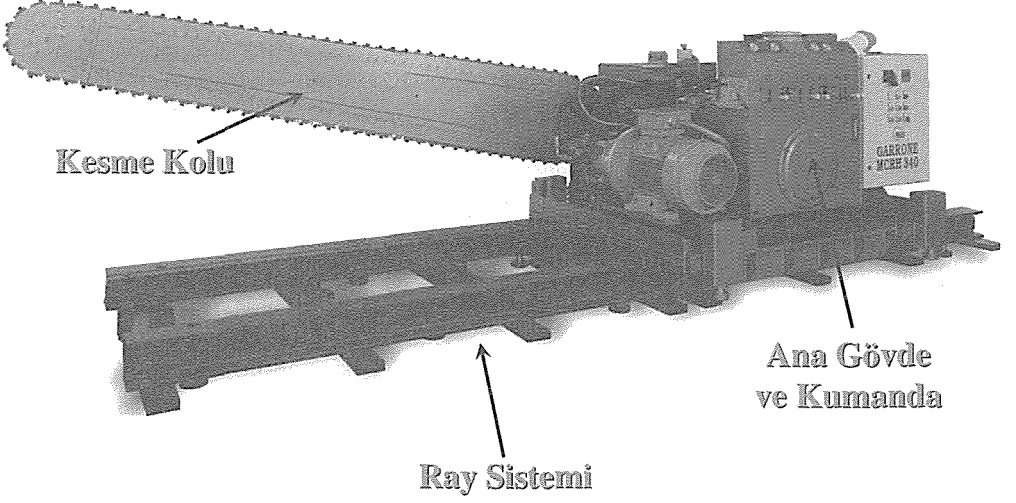
Çizelge 2. Zincirli kesme makinalarının performanslarını etkileyen parametreler.

Kütlesel ve malzeme (fiziksel-mekanik) parametreleri	- çatlak set sayısı ve aralığı - yatağın doğrultu ve eğimi - yataklanma ve foliasyon - kesilebilirlik ve aşındırıcılık - dayanım ve elastisite özellikleri - petrografik ve dokusal özellikler
Makina parametreleri	- güç-tork-baskı kapasitesi - kol uzunluğu ve kesme genişliği - keskinin zincir üzerindeki dizilimleri - keskinin metalürjik ve geometrik özellikleri
İşletme parametreler	- kesme derinliği, kesme açısı ve kesme uzunluğu - araba ilerleme hızı ve zincir dönme hızı - zincir öngerilmesi ve zincir yağlama - kuru veya sulu kesim - yatay veya düşey kesim - işçilerin ve malzeme kalitesi ve bulunabilirliği

2. ZİNCİRLİ KESME MAKİNALARI

Kömür kazısında Potkapaç makinalarının kullanımının başlangıcından itibaren zincirli kesme makinaları 70 yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Doğal taş endüstrisinde kullanılmaları ise potkapaçlarda yapılan bazı tasarım değişikliklerinden sonra son 50 yıl içinde olmuştur (Karaca, 2007). Bu makinalar genellikle elmas boncuklu tel kesme makinaları ile birlikte kullanılmakta, nadiren de yalnız başlarına blok kesiminde dikey veya yatay kesimlerde kullanılabilirler. Zincir dönüşü ve araba hareketi, bir elektrik motoru ile tahrik edilen 2 ayrı motor vasıtasıyla sağlanır. Sistem kol (bıçak), ray sistemi ve ana gövde-kumanda panosu olmak üzere üç ana üniteden oluşmaktadır (Şekil 1). Ana gövde ray üzerinde hareket ederken kol ve üzerindeki kama tipi keskin

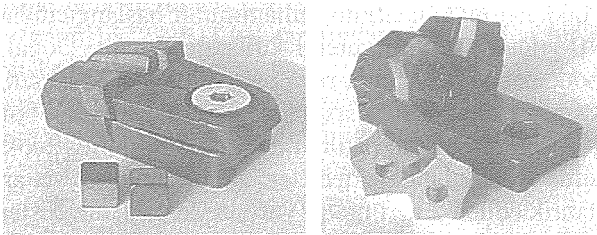
yardımıyla kesme işlemi gerçekleştirilir. Kol uzunlukları 7 m'ye kadar olabilmektedir. Kolun kesme dilim kalınlığı üretici firmaya bağlı olarak 42 mm (en yaygın) veya 38 mm olabilmektedir.



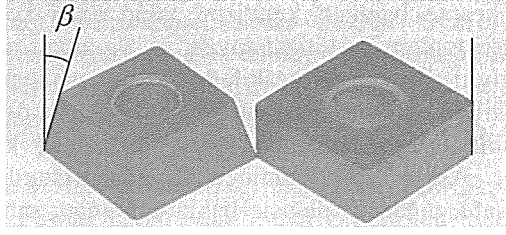
Şekil 1. Zincirli kesme makinasının ana üniteleri (Garrone, 2008).

Keskiler, genellikle pabuç denilen keski tutuculara cıvata ile tutturulur. Pabuçlar ise bakla denilen zincir ünitesine cıvatalanır. Birbirine bağlı olan baklalar, kol üzerinde bir ön-gerilme verilen ve kayarak hareket eden sonsuz halat şeklindeki zinciri oluşturur. Makinanın tork ihtiyacını azaltmak için zincirin kola temas ettiği yüzey gres yağı ile yağlanır.

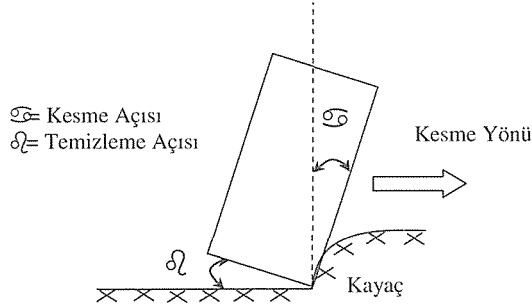
Geometri, bileşim ve metalürjik özellikler bakımından farklı keski türleri vardır (Şekil 2 ve 3). Dört kenarlı veya 8 kenarlı kullanılabilen prizma şeklindeki keski türleri en yaygın olarak kullanılan keski türleridir. Dört kenarlı keski türlerinde kesme açısı 0° ve temizleme açısı 10° 'dir. Sekiz kenarlı keski türlerinde negatif kesme açıları (genellikle -5°) kullanılır, ve temizleme açısı 5° 'dir. Kesme açısı, keski ön yüzünün dikeyle yaptığı açıdır ve temizleme açısı keski alt yüzünün yatayla yaptığı açıdır (Şekil 4). Keski türleri bir kenar aşındıktan sonra, tüm keski türleri aynı zamanda döndürülerek keski türlerinin diğer bir keskin kenarı kullanılmaya başlanır. Erken kırılan keski türleri hariç, keski türlerinin hepsinin aynı anda döndürülmesi kazı performansını artırmaktadır.



Şekil 2. Kübik (solda) ve yıldız şeklinde (sağda) keski geometrileri (Fantini, 2008).

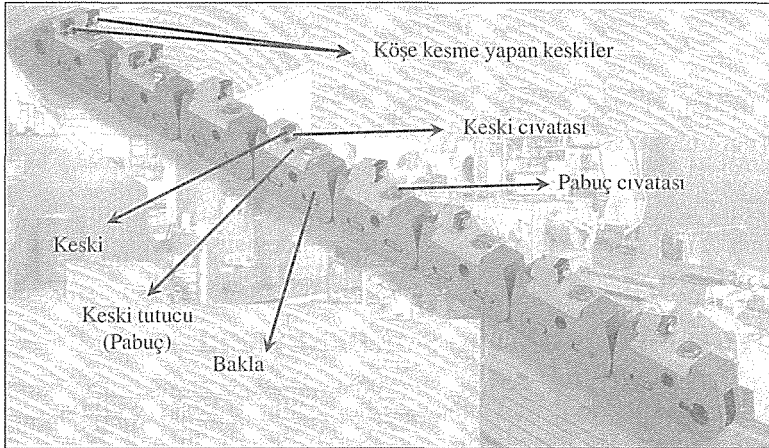


Şekil 3. Dört kenarlı keski (solda) ve sekiz kenarlı keski (sağda).



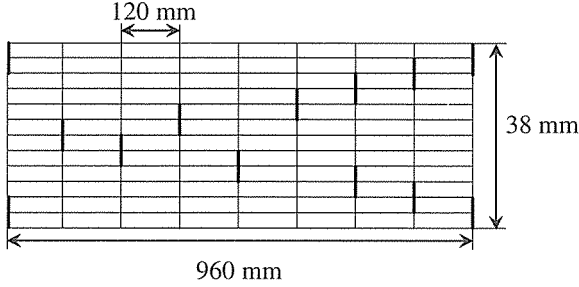
Şekil 4. Kesme açısı ve temizleme açısı.

Üreticisine bağlı olarak farklı kesme düzenleri vardır. Aynı kesme düzenine sahip olan kesme setleri arka arkaya gelerek zincirin tamamını oluşturur (Şekil 5). Bir kesme seti genellikle 8-10 pabuç (ve bakla) içerir. Genellikle setteki son 2 veya 3 pabuç üzerinde 2'şer ve diğerlerinde 1'er adet keski bulunur. Bir set üzerinde en son pabuçta bulunan 2 keski köşe kesme yaptıkları için daha zor koşullarda kazı yaparlar ve aşınmaları-kırılmaları diğer keskilere göre daha fazladır. Benzer şekilde, setteki ilk keski de yardımsız kazı yaptığı için zor koşullarda çalışır. Bir setteki keski, keskilere gelen kuvvetleri dengelemek ve keski ve kol plakasının dengeli aşınmasını sağlamak amacıyla genellikle simetrik olarak yerleştirilir.

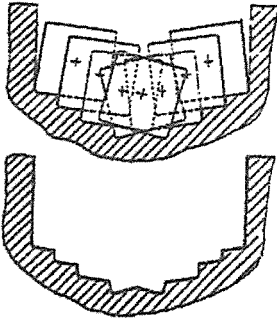


Şekil 5. Bir keski seti (Garrone, 2008).

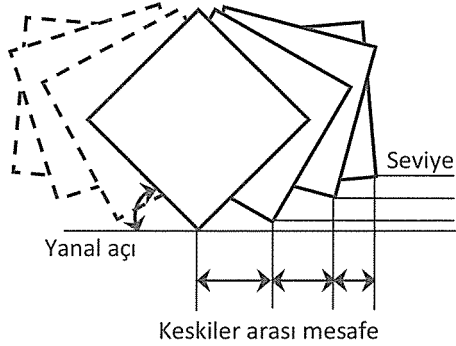
Bir setteki keskinin kesme hareketi kendisini takip eden keski setleri tarafından tekrarlanır. Bir zincirdeki toplam keski seti sayısı, set ve zincir uzunluklarına, dolayısı ile kol uzunluğuna bağlıdır. Bir setteki keskinin konumları keski düzeni veya kesme düzenini oluşturur (Şekil 6) ve üretici firmalara bağlı olarak değişik keski düzenleri vardır. Keskinin kesme hatları arasındaki yanal mesafesi, kesme dilim kalınlığı boyunca değişmektedir. Ancak, kol uzunluğu veya set uzunluğu boyunca ardışık keskinin arasındaki mesafe, diğer bir değişle bakla uzunluğu, sabittir. Kesme profiline bakıldığında her bir keskinin vuruş noktasının yataya göre seviyesinin farklı olduğu görülmektedir (Şekil 7). Keski yanal açısı, kesme hatları arasındaki mesafe ve vuruş noktası seviyesi kesme profilini oluşturur (Şekil 8).



Şekil 6. Bir kesme düzeni (Çopur vd, 2007b).



Şekil 7. Örnek bir kesme profili (Fantini, 2008).



Şekil 8. Kesme profilini oluşturan parametreler (Copur, 2009).

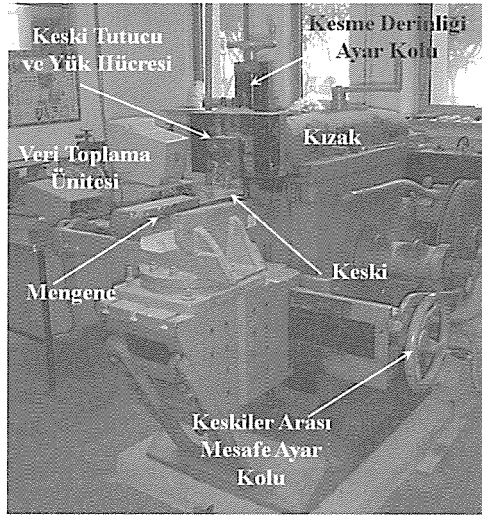
Her bir keskinin açısal konumu (yanal açısı) set üzerindeki konumuna göre değişiklik gösterir. Yanal açılar genellikle 45° ile -5° arasında değişir ve bu açı en öndeki keskinin maksimumundan başlar ve arkadaki keskinin yanlara doğru azalır.

3. TAM BOYUTLU DOĞRUSAL KESME DENEYLERİ

Bu deneyde, bir kaya bloğu gerçek bir keski ile kesilir ve keskiye etkiyen kuvvetler üç boyutlu olarak ölçülür. Bu deneylerin tam ölçekli olması, bir çok belirsizliği ortadan kaldırmakta ve amaca uygun veriler elde edilmesini temin etmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlar, kazıcı makina seçimi ve tasarımı, keski seçimi ve tasarımı, optimum

kesme parametrelerinin belirlenmesi, keski düzeni tasarımı, deterministik olarak performans (üretim/kazı/kesme hızı) tahmini-optimizasyonu ve maliyet tahmini amaçlarına yönelik olarak fizibilite/planlama aşamalarında kullanılabilir. Bu amaçlara yönelik kendini kanıtlamış bir yöntemdir.

Deneylerde kullanılan kesme makinası, orijinal olarak Fowell ve McFeat-Smith (1976) ve McFeat-Smith ve Fowell (1977) tarafından geliştirilen makinanın benzeri olan ve Bilgin ve Shahriar (1987) tarafından bir Tübitak projesi kapsamında kurulan bir torna tezgâhıdır (Şekil 9). Bu kazı makinasının yük hücresi, daha sonra Balcı (2004) tarafından revize edilerek geliştirilmiştir. Orijinaline “karot kesme makinası” veya “küçük ölçekli doğrusal kesme makinası” denmesine rağmen, bu çalışmada zincirli kesme makinalarında kullanılan keskilerin benzeri keski ve blok numuneler kullanıldığından “tam boyutlu doğrusal kesme makinası” denmiştir. Bu deney sistemi ile ilgili detaylı bilgi (deney ekipmanı, sistemin çalışması, deneysel yöntem, vs) başka kaynaklarda verilmiştir (Çopur vd, 2006, 2007a,b, 2008b, 2009; Balcı ve Bilgin, 2007).

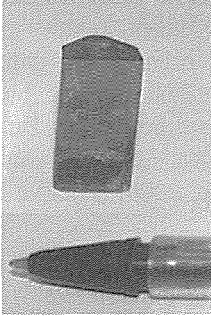


Şekil 9. Tam boyutlu doğrusal kesme makinası.

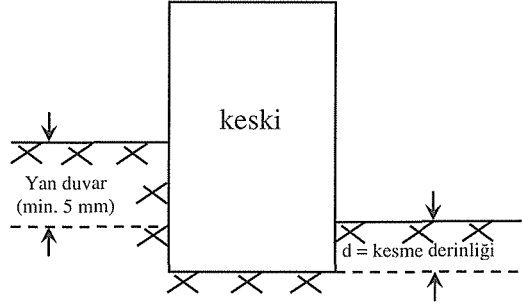
Bu çalışma çerçevesindeki “bağımsız değişken”ler doğal taş çeşidi (beyaz mermer, bej mermer ve traverten (P)) ve kesme derinliğidir (1, 2 ve 3 mm). “Bağımlı değişkenler” (ölçülen veya hesaplanan) ise şunlardır: ortalama keski kuvvetleri (normal ve kesme kuvvetleri) ve spesifik enerji (kırınıtı ağırlığı, kesme uzunluğu ve kesme kuvvetinin fonksiyonu). Deneylerdeki “sabit parametreler” şunlardır: keski tipi (standart kama tipi keski), kesme düzeni (köşe kesme), numune tabakalanma yönü (ocaktaki kesim yönü ile aynı), kesme hızı (~40 cm/sn), veri toplama hızı (1000 Hz), kesme açısı (-5°), temizleme açısı (5°).

Traverten numunesi, 10 mm’ye kadar değişen boyutlarda gözenekler içermesine rağmen diğer iki numune homojen olarak kabul edilebilir. Deneylerde kullanılan keski tungsten karbürden yapılmıştır. Keskinin genişliği 12,7 mm’dir. Şekil 10’da görülen keski, kollu galeri açma makinalarının (roadheader) performans tahminleri için kullanılan standart bir kama tipi (chisel) keskidir.

Köşe kesme deney serisi, bir zincirli kesme makinasının keski setinde yer alan sonuncu keskinin kesme hareketini simüle etmek için düzenlenmiştir. Sonuncu keskinin yanall açlları çoğu durumda 0°'ye yakındır ve en zor (köşe) koşullarda çalıştlklarından en fazla aşınan-kırılan keskinler bunlardır. Bu deney serisinde kesme hattının bir tarafı serbest iken diğer tarafında bir duvar vardır. Deneyler esnasında bu duvarın yüksekliği en az 5 mm veya kesme derinliğinin en az 3 katı olarak tutulmuştur ve keskinin yan yüzeyinin bu duvara hafifçe değmesi sağlanmıştır. Bu kesme düzeni şekil 11'de açıklanmıştır.



şekil 10. Deneylerde kullanılan keski.



şekil 11. Köşe kesme deneyi.

4. DENEYSSEL SONUÇLAR VE TARTIşMA

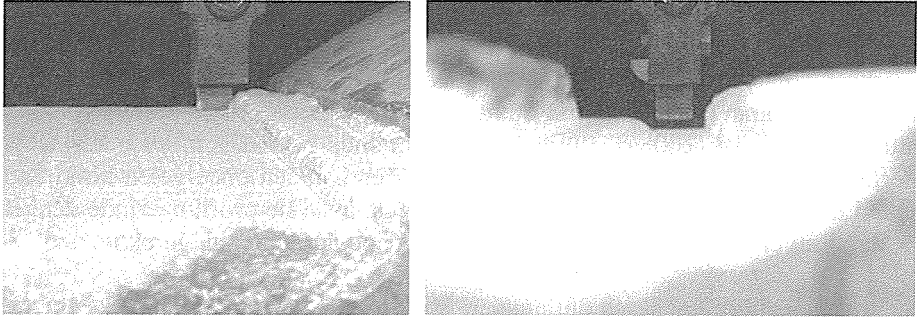
Kesme deneylerinde kullanılan doğal taşların fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3'de özetlenmiştir. Kesme deneyleri sonucu oluşan numune yüzeyi şekil 12'de görölmektedir ve deney sonuçları beyaz mermer numunesi için yardımsız kesme deneyleri ile kıyaslamalı olarak şekil 13'de verilmiştir.

Çizelge 3. Numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin özeti (Çopur vd, 2008a).

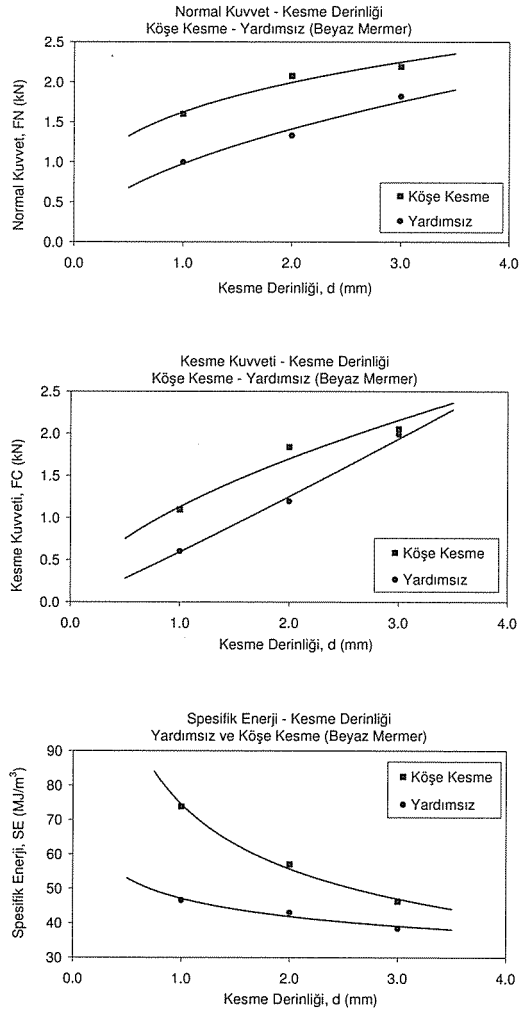
	Bej Mermer	Beyaz Mermer	Traverten (P)
ρ (g/cm ³)	2,69 ± 0,01	2,70 ± 0,00	2,44 ± 0,02
UCS (MPa)	83,7 ± 25,1	35,8 ± 7,1	36,7 ± 2,42
BTS (MPa)	8,50 ± 1,29	5,03 ± 0,93	6,76 ± 1,24
CAI	1,10	1,50	0,25
SS (Masif)	59,9 ± 1,3	55,4 ± 3,4	48,7 ± 4,0
SH (Masif)	70 ± 1,6	54,2 ± 4,1	53,9 ± 8,7
KD	2,72 ± 0,26	1,36 ± 0,36	1,19 ± 0,16
(^a) Porozite (%)	-	-	7 - 8
(^a) Tane Boyutu (mm)	<< 0,1	0,5 - 2,0	~0,1-1,0

ρ = yoğunluk, UCS = tek eksenli basınç dayanımı, BTS = dolaylı çekme dayanımı, CAI = Cerchar aşındırıcılık indeksi, SS = Shore sclerescope sertlik indeksi, SH = L-9 tipi Schmidt çekici sertlik indeksi, KD = koni delici indeksi.

(^a) Petrografik analizlerden elde edilmiştir.



Şekil 12. Kesilmiş yüzeye ait fotoğraflar.



Şekil 13. Beyaz mermer numunesi için köşe kesme deneylerinde kesme derinliği ile normal kuvvet, kesme kuvveti ve spesifik enerji arasındaki ilişkiler, yardımsız kesme deneyleri ile kıyaslamalı (Çopur vd, 2008a, 2007a).

Görüldüğü gibi, köşe kesmede keski kuvvetleri yardımsız kesmeye kıyasla oldukça fazla miktarda artmaktadır. Köşe kesmede yan duvar çatlakların gelişimini engellediği için (serbest olmayan bir yüzey) taşı kesmek oldukça zor olmaktadır (Şekil 11). Bu durum, keski aşınma ve kırılmalarını olumsuz etkilemektedir; bu da arazi gözlemleri ile uyumludur (Çopur vd, 2008a). Bu sorunu minimumda tutmak için köşe kesme yapan keskilerin kesme genişliklerini, diğer bir değişle kendisinden önce gelen keski hattı ile arasındaki mesafeyi küçük tutmakta fayda vardır; dolayısı ile profil üzerinde dengeli bir kuvvet dağılımı elde etmek ve dolayısı ile kesme deneyleri yapmak gerekmektedir.

Benzer sonuçlar diğer doğal taş numuneleri için de elde edilmiştir. Köşe kesmede elde edilen keski kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin yardımsız kesme deneylerinden elde edilen değerlere oranları Çizelge 4’de verilmektedir. Deney yapılan kesme derinliği aralığında ve 3 doğal taş numunesi için köşe kesmede elde edilen ortalama normal kuvvet ile yardımsız kesmede elde edilen ortalama normal kuvvet arasındaki ortalama oranlar 1,19 ile 1,46 arasında değişmektedir. Benzer şekilde, köşe kesmede elde edilen ortalama kesme kuvveti ile yardımsız kesmede elde edilen ortalama kesme kuvveti arasındaki ortalama oranlar 1,46 ile 1,59 arasında değişmektedir. Köşe kesmede elde edilen ortalama spesifik enerji ile yardımsız kesmede elde edilen ortalama spesifik enerji arasındaki ortalama oranlar 1,37 ile 1,73 arasında değişmektedir.

Çizelge 4. Köşe kesmede elde edilen keski kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin yardımsız kesme deneylerinden elde edilen değerlere oranları (Copur, 2009).

Kesme	Bej Mermer (^a)			Beyaz Mermer			Traverten (P)		
Derinliği (mm)	$\frac{FN_K}{FN_U}$	$\frac{FC_K}{FC_U}$	$\frac{SE_K}{SE_U}$	$\frac{FN_K}{FN_U}$	$\frac{FC_K}{FC_U}$	$\frac{SE_K}{SE_U}$	$\frac{FN_K}{FN_U}$	$\frac{FC_K}{FC_U}$	$\frac{SE_K}{SE_U}$
1	1,28	1,21	1,78	1,60	1,82	1,58	1,25	1,51	1,61
2	1,18	1,63	1,73	1,56	1,54	1,32	1,44	1,54	1,86
3	1,12	1,94	1,69	1,20	1,03	1,20	1,10	1,37	1,42
Ortalama	1,19	1,59	1,73	1,46	1,46	1,37	1,26	1,47	1,63

(^a) Bej mermer numunesine ait değerler, veriler eğriye uyarlandıktan sonra 1, 2 ve 3 mm kesme derinlikleri için ekstrapolasyon ile hesaplanmıştır.

FN_K = Köşe kesmede ortalama normal kuvvet, FN_U = Yardımsız kesmede ortalama normal kuvvet, FC_K = Köşe kesmede ortalama kesme kuvveti, FC_U = Yardımsız kesmede ortalama kesme kuvveti, SE_K = Köşe kesmede ortalama spesifik enerji, SE_U = Yardımsız kesmede ortalama spesifik enerji.

Diğer önemli bir sonuç da, bej ve beyaz mermerler için kesme derinliği arttıkça normal kuvvet oranlarının ve spesifik enerji oranlarının azaldığıdır; oysaki kesme kuvveti oranları bej mermer için artmakta ve daha iri kristalli olan beyaz mermerde azalmaktadır. Bu durum, köşe kesme deneylerini her tür mermer için genellemenin eldeki verilerle mümkün olmadığını göstermektedir. Bir genelleme yapabilmek için daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Ayrıca, traverten (P) numunesinde kesme derinliğine

bağlı olarak herhangi bir değişim görülmemektedir. Bunun başlıca nedeni numunenin homojen olmayan gözenekli bir yapıya sahip olmasıdır.

Normal koşullarda mermerlerde zincirli kesme makinaları milimetrenin ondalık mertebesinde kesme derinliğinde çalışırlar, travertenlerde ise çoğu zaman 1-2 mm arasında çalışırlar. Deneylerde kullanılan doğrusal kesme deney setinde milimetrenin ondalık mertebesinde deneyler yapmak zor olduğundan, ekstrapolasyon yapılması gerekmektedir.

Roxborough ve Phillips (1981), 10° kesme açısı olan 10 mm genişliğindeki bir kama tipi keski ile bir kumtaşı numunesi (Bunter Sandstone) üzerinde 3 mm kesme derinliğinde yaptıkları deneyler sonucunda, köşe kesmede elde edilen normal kuvvetlerin yardımsız kesmede elde edilen normal kuvvetlere oranının 2 kat kadar olduğunu, kesme kuvveti oranının pek değişmediğini ve spesifik enerji oranının 2.5 kadar olduğunu bulmuştur. Bu çalışma ile Roxborough ve Phillips'in (1981) çalışması arasındaki farkın temel nedeni olarak Roxborough ve Phillips'in kullandığı keski ve numunenin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, normal koşullarda köşe keskinin yan tarafı ile yan duvar arasında yaklaşık 5° civarında bir açı vardır. Oysa deneylerde bu açı 0°'dir. Bu durumun deneysel sonuçları etkilemeyeceği kabul edilmiştir.

Bir zincirli kesme keski setinde köşe kesme yapan keskinin en verimsiz kesme yapan keskinin olduğu yapılan deneylerin sonucunda görülmüştür. Bu nedenle, köşe keskilere gelen kuvvetleri azaltmak ve dolayısı ile set üzerindeki tüm keskilere gelen yükleri dengeli bir duruma getirmek için köşe keskinin kendilerinden önce gelen keskinin ile arasında olan mesafeyi kabul edilebilir bir düzeye azaltmak gerekmektedir. Böylece, keskinin dengesiz (birbirinden farklı hızlarda) aşınmaları ve zamansız (erken) kırılmaları önlenir.

5. SONUÇLAR

Tam boyutlu doğrusal kesme deneyleri yapılarak bir zincirli kesme makinasındaki keski setinde bulunan köşe keskinin simüle edilmiştir. Köşe kesmede keski kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin aynı kesme derinliğindeki (1-3 mm arasında) yardımsız kesme değerlerine göre 1,2 ile 1,7 katı kadar büyük olduğu görülmüştür. Köşe kesme yapan setin en sonundaki iki keskiye etkiyen kuvvetler ve spesifik enerji değerleri, tüm set içindeki en yüksek değerlerdir. Bu nedenle, keski kuvvetlerini ve keski aşınma ve kırılmalarını azaltmak ve set içinde dengelemek için köşe kesme yapan keskinin keskinin arası mesafesi diğer keskilere etkiyen kuvvetler de göz önüne alınarak kısa tutulmalıdır. Köşe kesmede elde edilen kesme performans değerlerinin tahmini için bir genelleme yapmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle her bir numune için ayrıca köşe kesme deneyi yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, 105M017 nolu projeye verdiği çok değerli destek için Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Sayın Yetkililerine, ayrıca, Set Makina Ltd. Şti.

sahibi Sayın Adnan Saraçoğlu'na bu projedeki değerli katkılarından dolayı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Balcı, C.** (2004) *Mekanize kazı makinalarının seçiminde küçük boyutlu kazı ile tam boyutlu kazı deneylerinin Karşılaştırılması*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 269 s.
- Balcı, C. and Bilgin, N.** (2007) Correlative study of linear small and full-scale rock cutting tests to select mechanized excavation machines. *Int J Rock Mech Min Sci*, Vol. 44; 3: pp. 468-476.
- Bilgin, N. ve Shahriar, K.** (1987) *Madenlerde Mekanize Kazı İçin Bir Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve T.T.K. Amasra Kömür Bölgesine Uygulanışı*. TÜBİTAK Projesi, MAG, Proje No: 674, 99 s.
- Copur, H.** (2009) Linear cutting tests for identification of cutting principals and predicting performance of chain saw machines. *Int J Rock Mech Min Sci* (Under Review).
- Çopur, H., Bilgin, N., Balcı, C. ve Tumaç, D.** (2008a) *Doğal Taş Madenciliğinde Kullanılan Zincirli Kesme Makinalarının Kazı Performanslarının Optimizasyonu*. TÜBİTAK Proje No: 105M017. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü.
- Copur, H., Balcı, C., Bilgin, N. and Tumaç, D.** (2008b) Laboratory cutting tests for performance prediction of chain saw machines. *Proc. The 21st World Mining Congress and Expo 2008*, Krakow-Katowice-Sosnowiec, Poland, 7-12 Sept., ISBN: 978-83-88519-81-9, pp. 97-107.
- Copur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tumaç, D. and Duzyol, I.** (2007a) Full-scale linear cutting tests towards performance prediction of chain saw machines. *20th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET2007*, TMMOB Turkey Chamber of Mining Engineers, Eds. C. Karpuz, M.A. Hindistan and E. Tercan. June 6 to 8, Ankara, Turkey, pp. 161-169.
- Çopur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tumaç, D., Düzyol, İ. ve Kekeç, N.** (2007b) Doğal taş madenciliğinde kullanılan zincirli kesme makinalarının performansı. *Türkiye 1. Maden Makinaları Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Dumlupınar Üniv., Kütahya, Editör: C. Şensöğüt. ISBN 978-9944-89-277-3, 10-12 Mayıs. s. 37-46.
- Copur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tumaç, D., Feridunoglu, C., Dincer, T. and Serter, A.** (2006) Cutting performance of chain saw machines in quarries and laboratory. *Proc. 15th Int. Symp. on Mine Planning and Equipment Selection*, Torino-Italy, Sep.20-22. Eds: M. Cardu, R. Ciccu, E. Lovera and E. Michelotti. pp. 1324-1329.

Fantini (2008) *Ürün Katalogları*.

Fowell, R.J. and McFeat-Smith, I. (1976) Factors influencing the cutting performance of a selective tunnelling machine. *In: Int. Tunnelling '76 Symp.*, London, 1-5 March, pp. 301-318.

Garrone (2008) *Ürün Katalogları*.

Hekimoglu, O.Z. and Fowell, R.J. (1990) From research into practice: in-situ studies for design of boom tunneling machines. *31st U.S. Rock Mech. Symp.*, pp. 481-488.

Karaca, Z. (2007) Mermer ocaklarında kullanılan kollu kesme makinaları. *Türkiye 1. Maden Makinaları Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Dumlupınar Üniv., Kütahya, Editör: C. Şensöğüt. ISBN 978-9944-89-277-3, 10-12 Mayıs. s. 3-11.

McFeat-Smith, I. and Fowell, R.J. (1977) Correlation of rock properties and the cutting performance of tunnelling machines. *In: Conference on Rock Engineering*, UK, organized jointly by the British Geotechnical Society and Department of Mining Engineering, The University of Newcastle Upon Tyne. pp. 581-602.

Roxborough, F.F. and Phillips, H.R. (1981) *Applied Rock and Coal Cutting Mechanics*. Workshop Course, Australian Mineral Foundation, Adelaide, 11-15 May.

KAZIYICI İLETİCİ ZİNCİRLERİNDE OLUŞAN GERİLMELERİN İNCELENMESİ

THE INVESTIGATION OF STRESSES ON CHAINS OF SCRAPER CONVEYORS

Serpil KARAKUŞ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*
Yasin MANAV, *Erdemir, Zonguldak*

ÖZET

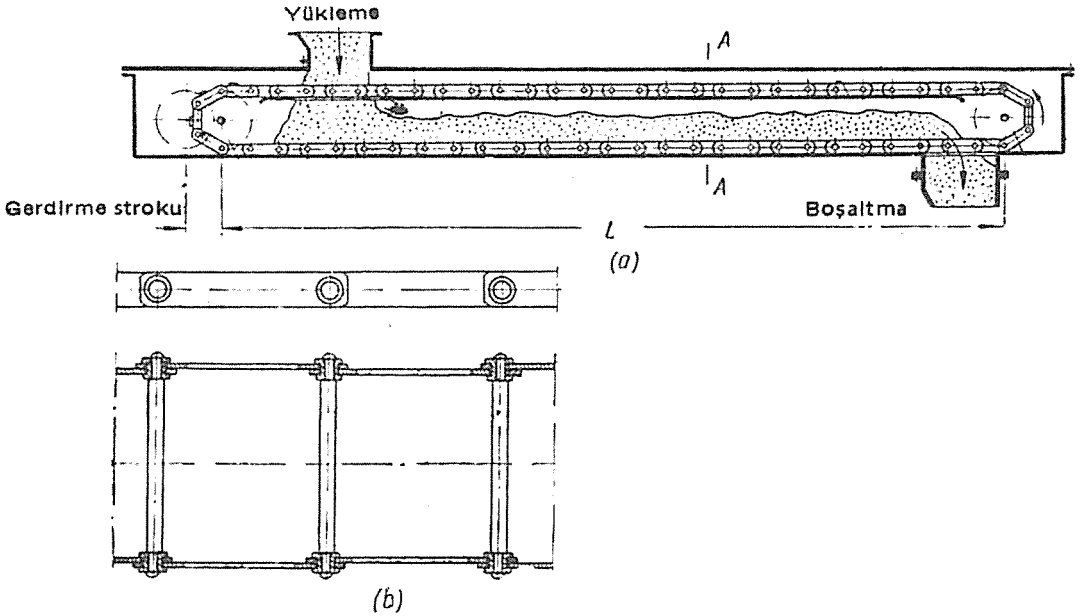
Madencilik sektöründe, kömür kırıcı tesislerinde ve sinter fabrikalarında kullanılan kazıyıcı iletiler kullanıldıkları tesislerde besleyici konveyör olarak görev yaptıkları için sürekli çalışmaları çok önemlidir. Kazıyıcı iletilerde en sık yaşanan problemler götürücü zincirlerin kopmasıdır. Bu nedenle mekanizmaya etkiyen kuvvetlerin tespiti ve gerilme dağılımlarının belirlenmesi alınacak önlemler açısından önemlidir. Bu çalışmada ERDEMİR’de yüksek fırınlar kömür enjeksiyon tesisine kömür taşıyan çift zincirli bir konveyörün teknik özellikleri model olarak alınmıştır. Zincir baklalarındaki gerilme dağılımları Sonlu Elemanlar Metodu ile analiz edilmiştir. Kullanılan zincirler Solid Edge V19 programı ile 3 boyutlu olarak modellendikten sonra ANSYS Workbench 11 programı ile gerilme analizleri yapılmıştır.

ABSTRACT

The scraper conveyors are used in the mining sector, the coal grinding and the sinter facilities. Their functions are feeder conveyors; therefore, their continuous driving is very important. The well known problems about the scraper conveyors are broken out of their chains. It is important to determine the forces effecting on the mechanism and the corresponding stress distributions in it to be taken precautions before its failure. In this study, the technical properties of a couple chains conveyor of which conveying the coal to the facility of pulverized coal injection on the blast furnace in ERDEMİR are selected. The stress distribution along the chain links are analyzed by the FEM. The chains were solid modeled in Solid Edge V19 software with 3-Dimensional, then stress analysis were performed using ANSYS Workbench 11.

1. KAZIYICI İLETİCİLER

Kazıyıcı ileticiler, kömür madenlerinde, cevher ve kömür hazırlama tesislerinde ve kimya sanayinde, taneli toz ve parça halindeki yığın malların taşınmasında kullanılırlar. İletim malı bir kanal içerisinde zincir üzerine monte edilmiş paletler vasıtasıyla sürüklenerek taşınır. Bu iletim sistemlerinde ileticinin herhangi bir yerinden yükleme ve boşaltma işlemi yapılabilir ve basit bir yapıya sahiptirler. Küçük genişlikleri ve küçük yükseklikleri nedeniyle dar ortamlarda kullanılmaları uygun olmaktadır (Şekil 1). Bu nedenlerle genellikle kazıyıcı ileticilerin iletim mesafesi 60 m, iletim kapasitesi ise 200 t/saat ile sınırlandırılmaktadır. İletim kapasitesi zincir mukavemeti nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Zincirler statik ve dinamik kuvvetlerle zorlanırlar. Eğik hatlarda hem aşağı hem de yukarı doğru iletim mümkündür. Eğim açısı en fazla 40^0 olabilir. Artan eğim ile iletim kapasitesi azalır. İletim hızı, iletim malına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 1'de bir kazıyıcı ileticinin a) önden, b) üstten görüşleri verilmiştir. (Spivakovski, 1984).

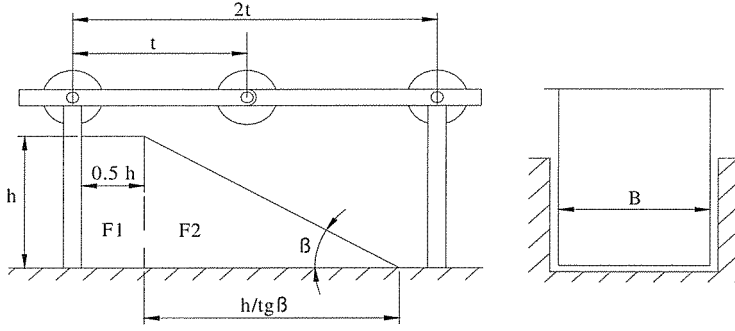


Şekil 1. Kazıyıcı iletici şematik görünüşü.

2. KAZIYICI İLETİCİLERİN HESABI

2.1. İletim Kapasitesi

Kazıyıcı ileticilerin hesabı için gerekli ana boyut, tekne için kesit alanıdır. Bu elemanı ρ yığın yoğunluğu ve iletim hızı dikkate alınarak Eşitlik 2'de görülen Q (ton/saat) kapasitesi belirler (Demirsoy, 1993).



Şekil 2. Paletler arası iki zincir hatvesi olan kazıyıcı iletici.

Doldurma kesiti F Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$F = F_1 + F_2 = 0,5 \cdot h \cdot h + \frac{h}{\tan \beta} \cdot \frac{h}{2} = \frac{h^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\tan \beta}\right) \quad (m^2) \quad [1]$$

İletim kapasitesi Q Eşitlik 2’de verilmiştir.

$$Q = 3600 \cdot B \cdot F \cdot \frac{v}{2t} \cdot \rho = 900 \cdot B \cdot h^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{\tan \beta}\right) \cdot \frac{v}{t} \cdot \rho \quad (t / saat) \quad [2]$$

F : Teknenin kesiti (m^2)

B : Tekne genişliği (m)

Q : İletim miktarı ($t/saat$)

v : İletim hızı (m/s)

t : Zincir hatvesi (m)

ρ : Yığın yoğunluğu (t/m^2)

β : Yığın açısı ($^\circ$)

h : Yığın yüksekliği

2.2. Tahrik Gücü

Tahrik gücünü belirleyen dirençler, yığın ağırlığı (iletici eğim açısı 0’dan büyükse), yığının iletici ile arasındaki sürtünme kuvveti, iletici mekanizmasındaki sürtünme kuvvetleri ile besleme dirençleri ve ön gerilme nedeniyle oluşan kuvvetlerdir. Bu dirençler göz önüne alındığında tahrik gücü P_a Eşitlik 3’de verilmiştir. (Demirsoy, 1993).

$$P_a = \frac{Q \cdot L \cdot \sin \delta}{367} + \frac{L}{367} \cdot (Q \cdot f_1 + 3,6 \cdot m_m \cdot v \cdot f) + P_z \quad [3]$$

bulunur.

L : İletim mesafesi (m)

δ : Eğik iletim açısı ($^\circ$)

f, f_1 : Katsayı

P_z : İlave güç gereksinimi (kW)

m_m : Hareket eden parçaların kütlesi (kg/m)

2.3. Zincir Çeki Kuvveti

Zincirde oluşan çeki kuvveti tahrik sistemi tarafından zincire iletilen çeki kuvveti ile zincir hattının ağırlığından meydana gelmektedir. Sonuç olarak zincir çeki kuvveti Eşitlik 4’de verilmiştir (Demirsoy, 1993).

$$F_{\zeta} = \frac{P_a}{v} + \frac{1}{2} \cdot m_m \cdot L \cdot g \cdot \sin \delta \quad [4]$$

bulunur. Burada; F_{ζ} : Zincir çeki kuvveti (N) g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

Çizelge 1. Konveyör teknik özellikleri (Erdemir, 1995).

Kapasite	7 – 40 ton/h
İletilen malzeme	Kömür
Malzeme tane büyüklüğü	0 – 50 mm
Etkin uzunluk	10 m
Eğim	2,5°
Sıyırıcı genişliği	600 mm
Sıyırıcı adım	284 mm
Götürücü zincir adımı	142 mm
Zincirlerin ve paletlerin malzemesi	Ck 45
ANSYS Workbench 11 ‘deki malzeme	GS-42 çelik döküm
Güç	7,5 kW
Götürücü zincir dişliler	ϕ 371 mm, Z:8
Kontrol enstrümanları	Seviye algılayıcı ve ayarlayıcı
Motor	7,5 kW gücünde 1500 d/d elektrik motoru
İletim hızı	0,5 m/s

İleticinin farklı iletim kapasitelerinde kullanılabilmesi amacıyla elektrik motoru frekans konvertörü ile desteklenmiş değişken hızlı bir motordur.

Katı modeli çizilen parçaların kütleleri SolidWorks programında hesaplanmıştır. Zincir hattının toplam kütlesi $m_m=42,2 \text{ kg/m}$ olarak bulunmuştur. Besleme dirençleri ve ön gerilme toplam kayıp katsayıları $f=0,34$ ve $f_I=0,56$ ve ilave güç gereksinimi $P_z=1,5 \text{ kW}$ olarak alınmıştır (Demirsoy, 1995).

2.4. Götürücü Zincirlere Etkiyen Kuvvetlerin Belirlenmesi

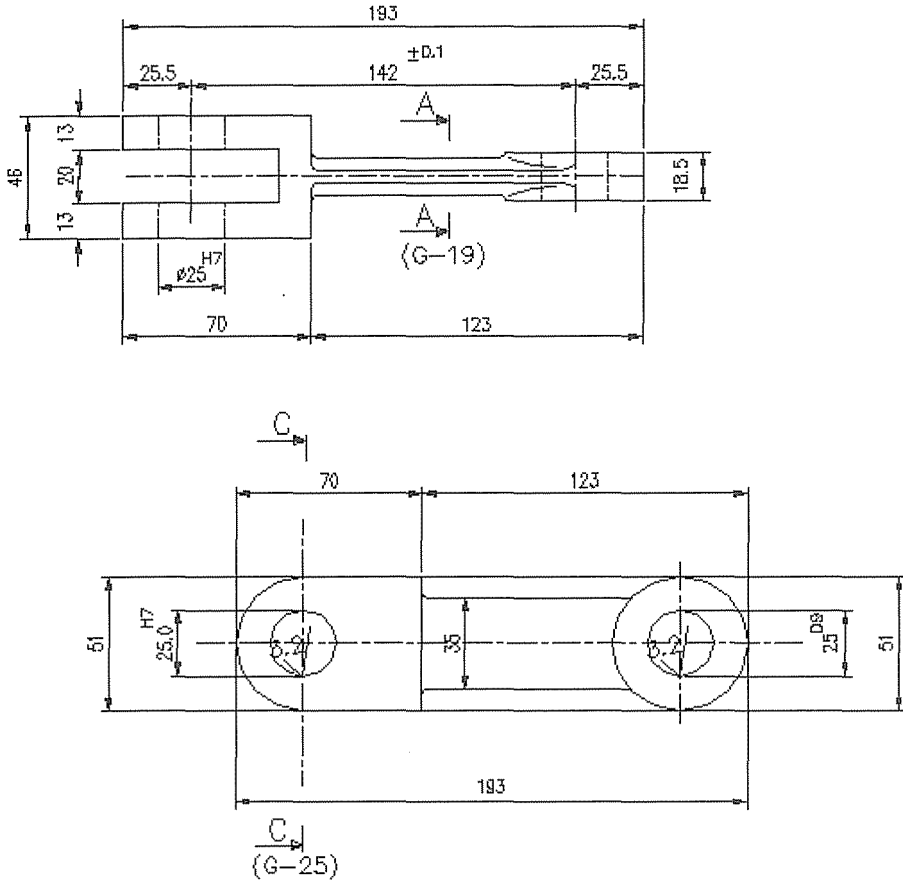
Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’deki formüllere veri olarak konveyör teknik özelliklerinin girilmesi ile Eşitlik 6’daki zincir çekme kuvveti F_{ζ} belirlenmiştir.

$$P_a = \frac{40000 \cdot \sin(2,5)}{367} + \frac{10}{367} \cdot (40000 \cdot f_I + 3,6 \cdot 42,2 \cdot 0,5 \cdot f) + P_z = 5,564 \quad (kW) \quad [5]$$

$$F_{\zeta} = \frac{P_a}{V} + \frac{1}{2} \cdot m_m \cdot L \cdot g \cdot \sin \delta = \frac{5564}{0,5} + \frac{1}{2} \cdot 42,2 \cdot 10 \cdot 9,81 \cdot \sin 2,5 = 5660 \quad (N) \quad [6]$$

3. MODELLERİN OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada incelenecek olan konveyörün zincir ölçüleri Şekil 3’de verilmiştir



Şekil 3. Analizi yapılacak zincir ölçüleri (Erdemir, 1995).

4. ANALİTİK YOLLA GERİLME ANALİZİ

Zincir , zincir dişlisi üzerinde hareket ederken çekme kuvvetinin hareketi 2 konumda meydana gelmektedir.

- 1) Eksenel yönde yani 0° açılı altında, 2) 45°'lik açılı altında

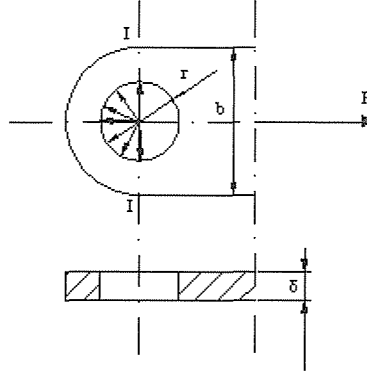
4.1. $F_{\text{ç}}$ Kuvveti Eksenel Yönde Etkidiği Zaman I-I Kesitinde Çekme Gerilmesi

I-I kesitindeki çekme gerilmesi Şekil 4 yardımı ile hesaplanmıştır (Manav, 2008; Savcı, 1999).

$$\sigma_{I-I} = \frac{F_{\text{ç}}}{\delta \cdot (b - 2 \cdot r)} = \frac{5660}{13,5 \cdot (51 - 25)} = 16,12 \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad [7]$$

$$\alpha_{\zeta} = \frac{3 + \left(\frac{r}{b/2}\right)^2}{1 + \left(\frac{r}{b/2}\right)} = 2,02 \text{ (Çentik etkisi katsayısı)} \quad [8]$$

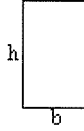
$$\sigma_{\zeta I-I} = 16,12 \cdot 2,02 = 32,56 \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad [9]$$



Şekil 4. Götürücü zincirde kuvvetlerin düzgün dağılımı.

4.2. F_{ζ} Kuvveti 45^0 lik Açı Altında Etkidiği Zaman Eğilme Gerilmesi

Bu durumda 5660 N' luk F_{ζ} kuvveti 4000 N' luk iki bileşenine ayırılır.



Şekil 5. Gerilmenin inceleneceği kesit alanı.

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 51^3 = 221085 \text{ (mm}^4\text{)} \quad [10]$$

$$M_e = 4000 \cdot 142 + 4000 \cdot (51/2) \text{ (Nmm)} \quad [11]$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{I_z} \cdot c = \frac{670000}{221085} \cdot 25,5 = 77,28 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [12]$$

$\alpha_{\zeta} = 1,1$ Çift faturalı lamada çentik katsayısıdır (Kutay, 2004).

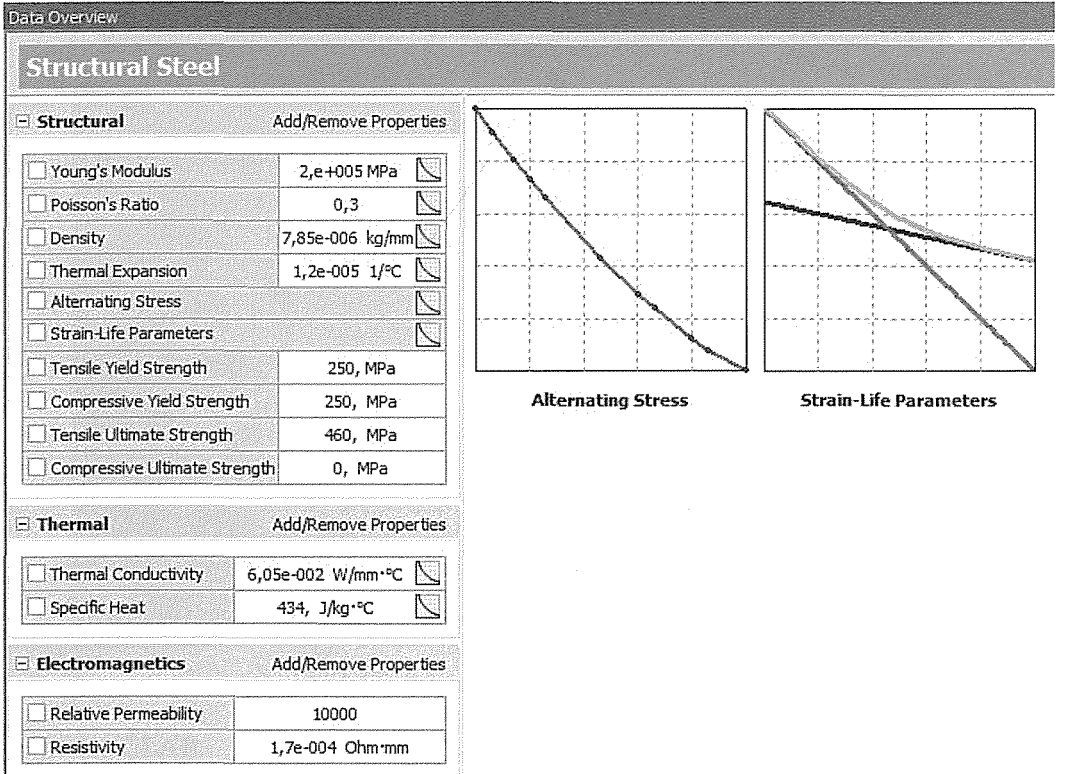
$$\sigma_e = 77,28 \cdot 1,1 = 85 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [13]$$

Şekil 5'deki şematik kesit alanı, Şekil 10'da kritik bölgedeki zx kesit alanıdır.

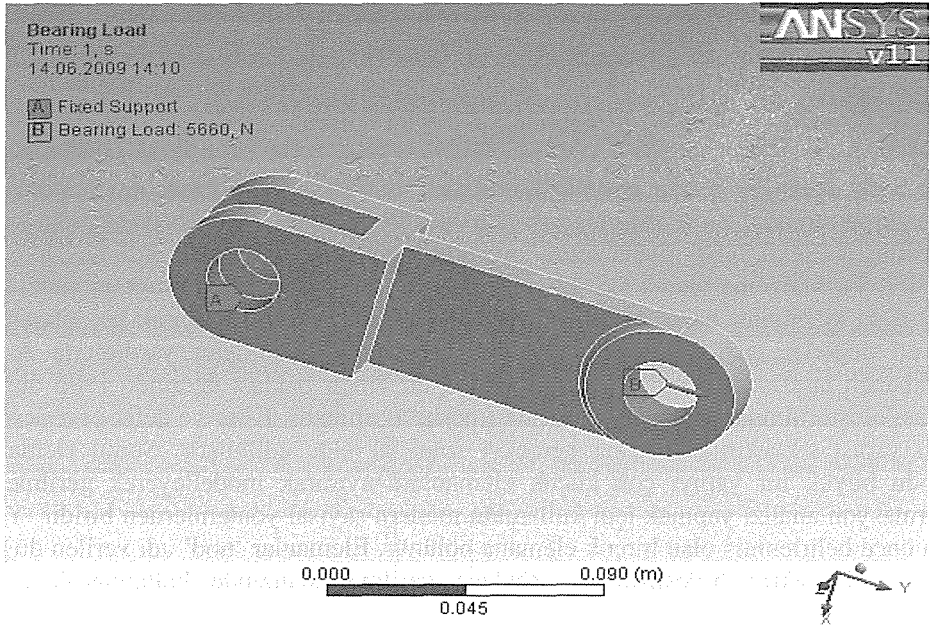
5. ANSYS WORKBENCH 11 İLE GERİLME ANALİZİ

Analizi yapılacak parçalar için GS-42 çelik döküm malzeme seçilmiştir. Malzemeye ait mekanik bilgilerin girildiği Ansys ekranı Şekil 6’da gösterilmiştir.

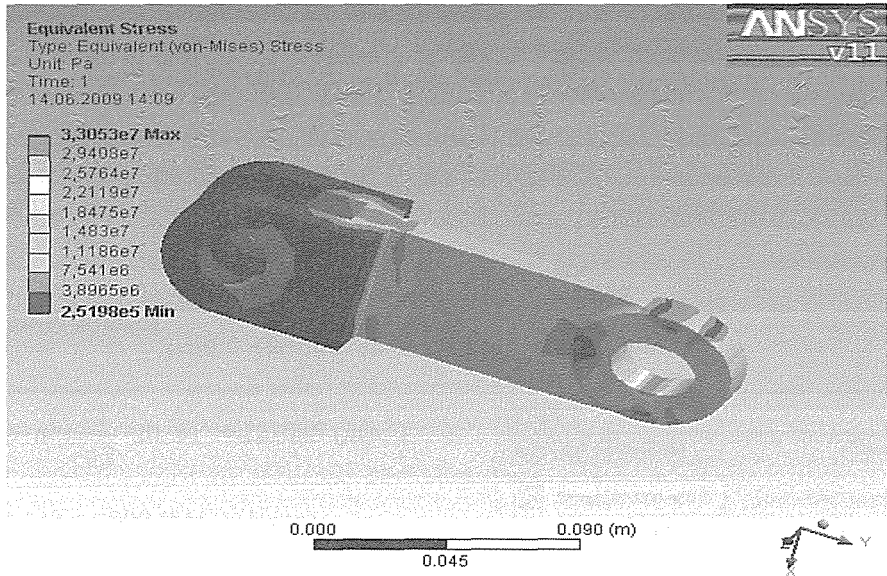
Şekil 3’de önden ve üstten görünüşleri verilen zincir baklasının katı modelleri Solid Edge programında elde edilmiş ve bu şekiller Ansys Workbench programına aktarılmıştır (Şekil 7-10). Daha sonra kuvvetlerin yerleri şekiller üzerinde belirtilmiştir (Şekil 7, 9). Malzeme olarak GS-42 çelik döküm seçildikten sonra program tarafından Şekil 6’da ki bilgiler hazırlanmıştır. Programa daha önce analitik olarak hesaplanan F_c kuvveti değerleri girilmiştir. Sonlu elemanlar analizi bu bilgiler yardımıyla Ansys Workbench tarafından yapılmış ve bu esnada bir zincir baklası üzerinde 1886 düğüm noktası oluşturulmuş, parça 828 elemana (mesh) ayrılmıştır. Köşe ve delik çevrelerinde mesh yapısı sıklaştırılarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir. Sonlu elemanlar metodu büyük bir yapıyı çok küçük elemanlara ayırarak modelleyerek gerilme ve deformasyon analizi yapmak için kullanılan modern sayısal yöntemlerden biridir. Yapı, daha önce belirlenmiş olan birçok elemana bölünür. Elemanlar ‘nod’ adı verilen düğüm noktalarında tekrar birleştirilirler. Böylece gerilme analizinde kullanılacak denge denklemleri elde edilir.



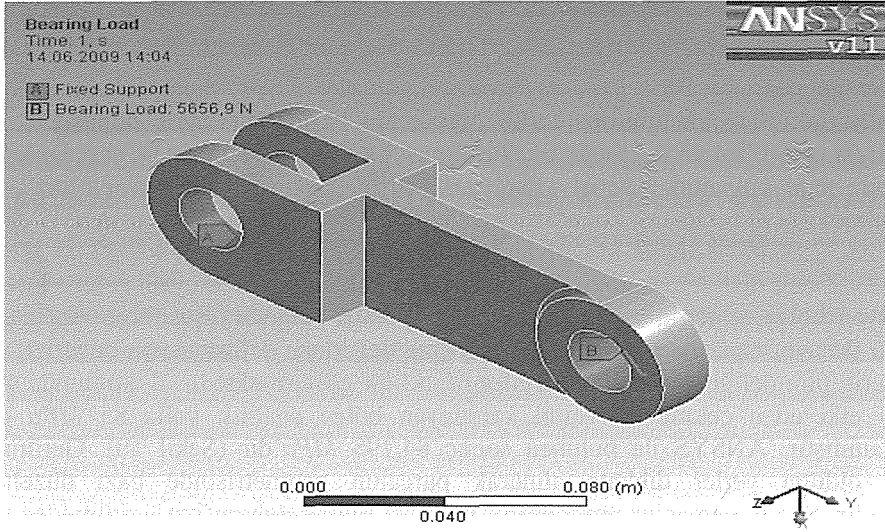
Şekil 6. Malzeme bilgileri giriş ekranı.



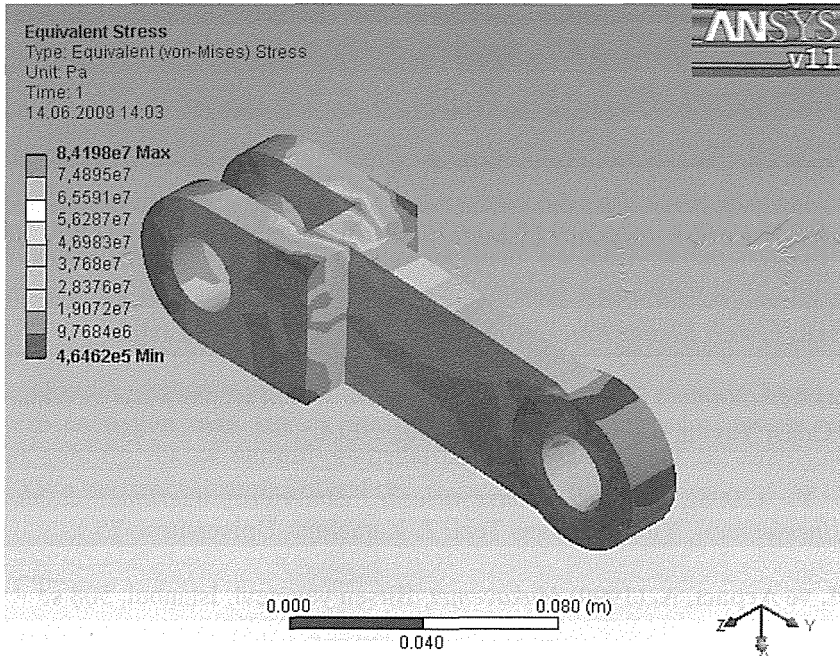
Şekil 7. 1. konumda mesnet ve kuvvet durumu.



Şekil 8. 1. konumda gerilme dağılımı.



Şekil 9. 2. konumda mesnet ve kuvvet durumu.



Şekil 10. 2. konumda gerilme dağılımı.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada kazıyıcı iletici olarak adlandırılan bir zincirli konveyörün götürücü zincirlerinin analitik yöntemle ve sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizleri yapılmıştır. Gerilmeler Ansys Workbench11 programındaki Von-Mises gerilmesine göre hesaplanmıştır. Götürücü zincir iki farklı yükleme ve mesnetleme (Şekil 7, 9)

koşuluyla incelenmiş ve gerilme dağılımları hesaplanmıştır. Konveyör zincirleri için hesaplanan maksimum çekme kuvveti zincire, zincir dişli ile temas ettiği noktada meydana gelmektedir. Bu çalışmada incelenen götüürücü zincir, yaygın olarak endüstride kullanılan götüürücü zincirlerden farklı olarak zincir dişli üzerinde dönüşünü pimler vasıtasıyla değil zincir üzerinde oluşturulmuş bir fatura yardımıyla yapmaktadır. 1. konumda yani kuvvetin aksenel yönde etki ettiği durumda zincir-zincir dişli temas bölgesindeki gerilme analiz sonuçları incelendiğinde zincir pim bölgesinde en yüksek zorlanma 32,56 MPa olarak hesaplanmıştır. ANSYS ile bulunan sonuç 33,05 MPa 'dır (Şekil 7). Zincir dişli temas noktasında mesnet olarak kabul edilen yani çekme kuvvetini karşılayan bölge, zincirin zincir dişliye temas ettiği bölgedir. Bu bölge zincir çekme kuvveti ile aynı eksende olmadığından gerilme değerleri, deformasyon değerleri ile bu değerlerin pim deliği içerisindeki dağılımı farklılık göstermektedir. 2. konumda 45° açı altında etki eden çekme kuvvetini karşılayan bölge analitik yolla 85 MPa olarak hesaplanmıştır. ANSYS ile bulunan sonuç 84,198 MPa'dır (Şekil 10). Gerilmelerin yoğun olduğu yerler dikkate alınarak parçanın geometrisinde bazı düzeltmeler yapılabilir. Sonlu elemanlar programının iyi yanı olarak daha parça üretilmeden uygun sınır şartları ve yükler uygulayarak, kritik görülen yerlerin konstrüksiyonunun önceden değiştirilebilmesine olanak sağlar. Böylece zaman, ekonomi ve iş gücü bakımından kazanç sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

ANSYS Inc. (2007) *Ansys 11.0 New Features Workshop Supplement 2nd Edition*.

ANSYS Software Ver. 11.0, *ANSYS Help Topics*.

Demirsoy, M. (1993) *Transport Tekniği*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Cilt 1,2,3, İzmir, 1200 s.

ERDEMİR, (1995) *Kömür Enjeksiyon Tesisi Proje Arşivi*, Kdz. Ereğli.

Kutay, G.M. (2004) *Temel Mukavemet Değerleri*, TMMOB, Makina Mühendisleri Odası Yayını, Yayın No:353, İstanbul, 249 s.

Manav, Y. (2008), *Zincirli Konveyörlerde Zincirlerin Gerilme dağılımlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Z. Karaelmas Üniversitesi, 75 s.

Savcı, M. ve Arpacı, A. (1999) *Mukavemet*, Birsen yayınevi, İstanbul, 508 s.

Solid Edge Software Ver. 19, *Solid Edge Help Topics*.

Spivakovsky, A. and Dyachkov, V. (1984) *Götürücüler*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını (Çeviren Cerit, M.), Yayın No: 105, Ankara, 427 s.

KOZLU ANA KAT POMPALARININ YÜKSEK VERİMLİ POMPALAR İLE YENİLENMESİ PROJESİ

THE RENOVATION PROJECT OF KOZLU MINE'S MAIN-GATE PUMPS WITH MORE EFFICIENT PUMPS

Halim BULTAN, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

İzzet KURTMAN, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

Tuncer ÖZKAN, *Bartın*

ÖZET

Elli yılı aşkın süredir çalışan ancak günümüz teknolojisine göre oldukça eski ve verimsiz kalan Kozlu ana kat pompalarının yeni teknoloji ürünü, yüksek verimli pompalar ile değiştirilmesi amacı ile yapılan çalışmanın sonuçlarını içeren bir projedir. Projede pompa istasyonlarının ve su havuzlarının fiziki konumları dikkate alınarak bu şartlara uygun ideal pompa seçilmesine çalışılmıştır. Bir yıl süresince katlardaki ocak su gelirleri ölçülerek değerlendirilmiş ve kullanılacak pompanın debileri tespit edilerek şartlarımıza en uygun olan yüksek verimli dik milli su pompaları tercih edilmiştir. Kurulacak yeni tip yüksek verimli pompalardan sonra sadece elektrik enerjisinde yılda 2207520 kWh tasarruf sağlanmış olacaktır.

ABSTRACT

This Project covers the consequences of the work of replacement Kozlu Mine's technologically too old and inefficient main-gate pumps, which have been working over fifty years, with high efficient new technology product ones. In Project considering the existing situations of the pump stations and pools, it was studied to choose ideal pumps comply with these conditions. Along a year the amount of water incoming from the main level was surveyed, then as the most suitable pumps for our situations, high performance water pumps with vertical shaft was preferred. By this way 2207520 kWh electrical energy is going to be saved per annum.

1. GİRİŞ

Enerji verimliliği, yaşam kalitemizden ve üretimimizden ödün vermeden enerjiyi tasarruflu kullanmaktır. Tasarruf edebileceğimiz enerji, bedeli diğerlerinden daha ucuz olan ve öncelikle başvurmamız gereken yerli ve temiz bir enerji kaynağıdır.

Elektrik enerjisi, ekonomik ve sosyal refahın sağlanabilmesi, sürdürülebilmesi ve geliştirilebilmesi yönünde çok önemli işlevler yüklenmekte, birçok sınai ve ticari faaliyetin gerçekleşmesinde vazgeçilmez niteliklere sahip, temel bir öge olarak öne çıkmaktadır. Kurumumuzda üretim faaliyetlerinin sürdürülmesinde en etken faktörlerden biri de elektrik enerjisidir.

Ülke Enerji sistemlerinin daha ekonomik kullanılması, doğal kaynaklarının daha verimli tüketilmesi gerektiği için enerji kullanımındaki verimlilik stratejik ve ekonomik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle enerji tüketiminin azaltılması konusunda alınacak önlemlerin başında da enerji tasarrufu çalışmaları gelmektedir.

Enerji tasarrufu deyince, enerjiyi hiç kullanmamak veya enerji arz hizmetlerinin azaltılması ve kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. İhtiyacımız olan enerjiyi verimli ve tasarruf ederek yeterince kullanmak zorundayız. Enerji tasarrufu, kullanılan enerji miktarının değil ürün başına tüketilen enerjinin (özellik enerji) azaltılmasıdır.

Bu çalışma, TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Müdürlüğümüzün yer altı su atım tesislerinde tasarruf edilebilecek enerji miktarı ile karşılığındaki mali değerinin hesabı için yapılan çalışmalar ve sonuçlarını içermektedir. Bu yöntemlerin başında ise verimsiz ve ekonomik ömrünü doldurmuş pompaların yenilenmesi gelmektedir. Proje sonunda enerji verimliliği dışında eleman tasarrufu da sağlanacaktır. Ancak buradan tasarruf edilen elemanlar açık olan kadrolara aktarılacağından ilk etapta maddi kazanç gözükmesi de işgücü kazancı sağlanmış olacaktır. Bu nedenle eleman tasarrufu, uzun vadede kendini göstereceğinden burada hesaplarımıza konmamıştır.

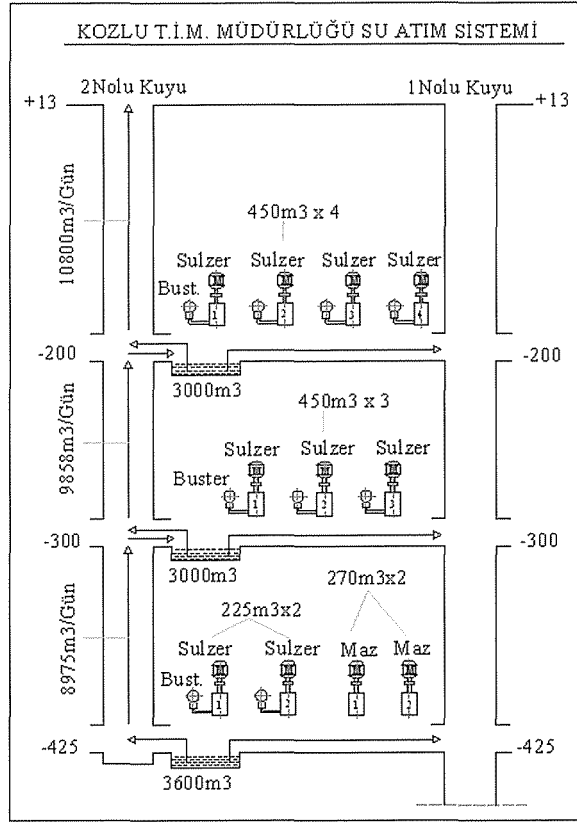
2. MEVCUT DURUM

Yenilenmesini düşündüğümüz ve şu anda inceleme konusu olan pompalar -425, -300, -200 katları pompa istasyonlarındaki pompalardır. -425 katı altında kalan (-485, -560, -630) katlardan çeşitli desendrelere vasıtası ile gelen sular -425 su havuzunda toplanarak buradan -300 katı su havuzuna basılır. -300 su kat geliri ile birlikte bu toplanan sular buradan -200 katına, -200 katından da yerüstüne (+13) basılarak ocak sularının boşaltılması sağlanır.

3. GÜNLÜK KATLARDAN BASILAN SU MİKTARI

Kozlu Müessesesinde katlardaki pompaların günlük çalışma saatleri, ayrı ayrı bastıkları su miktarları ve çektikleri enerjinin son 10 yıllık süreci kapsayan ölçüm değerleri incelenerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Mevcut durumda yeraltından sular Şekil 1’de görüleceği gibi 3 kademede basılmaktadır.



Şekil 1. Kat pompa istasyonları.

3.1. 425 Katı

3.1.1. Pompa istasyonu ve ölçülen pompa karakteristik değerleri

Çizelge 1. Pompa karakteristikleri.

POMPA	Debi [m³/saat] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Akım [A] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Gerilim [V]	Güç [kW] Etiket/Ölçülen (hesaplanan)
1a	225/157	27.5/19.5	3.300	150/98.5
1b		20/17	550	18/14.5
2a	225/157	27.5/19.5	3.300	150/98.5
2b		20/17	550	18/14.5

3.2.2. 425 Katından basılan su miktarı ve harcanan enerji

Son 10 yıllık ölçüm değerleri istatistiği ile son 1 yılda fiili olarak deney amaçlı ölçülen ve hesaplara girmesi için kaydedilen ölçüm değerleri sonucu -425 katından -300 katına günlük ortalama basılan su miktarı 8975 m³ olarak hesaplanmıştır. Yine son 1 yıllık

ölçüm sırasında hangi pompanın kaç saat çalıştığı tespit edilerek bu pompa motorlarından çekilen akımlar sürekli kaydedilmiş ve -425 katından -300 katına basılan su için ortalama harcanan günlük enerji miktarı 4806.8 kWh olarak bulunmuştur. Bu ölçümler sonucu; -425 katından -300 katına basılan 1 m³ için gerekli enerji ortalama **0.54 kWh** tir.

3.2. 300 Katı

3.2.1. Pompa istasyonu ve ölçülen pompa karakteristik değerleri

Çizelge 2. Pompa karakteristikleri.

POMPA	Debi [m ³ /saat] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Akım [A] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Gerilim [V]	Güç [kW] Etiket/Ölçülen (hesaplanan)
1a	450/350	43/32	3300	177/161
1b		65/52	550	60/44
2a	450/350	43/32	3300	177/161
2b		65/52	550	60/44
3a	450/350	43/32	3300	177/161
3b		65/51	550	60/43

3.2.2. 300 Katından basılan su miktarı ve harcanan enerji

Son 10 yıllık ölçüm değerleri istatistiği ile son 1 yılda fiili olarak deney amaçlı ölçülen ve hesaplara girmesi için kaydedilen ölçüm değerleri sonucu -300 katından günlük ortalama basılan su miktarı 9858 m³ olarak hesaplanmıştır. Yine son 1 yıllık ölçüm sırasında hangi pompanın kaç saat çalıştığı tespit edilerek bu pompa motorlarından çekilen akımlar sürekli kaydedilmiş ve -300 katından basılan su için ortalama harcanan günlük enerji miktarı 5774.5 kWh olarak bulunmuştur.

Bu ölçümler sonucu; -300 katından -200 katına basılan 1 m³ için gerekli enerji ortalama **0.60 kWh** tir.

3.3. 200 Katı

3.3.1. 200 katından basılan su miktarı ve harcanan enerji

Son 10 yıllık ölçüm değerleri istatistiği ile son 1 yılda fiili olarak deney amaçlı ölçülen ve hesaplara girmesi için kaydedilen ölçüm değerleri sonucu -200 katından yerüstüne (+13) günlük ortalama basılan su miktarı 10800 m³ olarak hesaplanmıştır. Yine son 1 yıllık ölçüm sırasında hangi pompanın kaç saat çalıştığı tespit edilerek bu pompa motorlarından çekilen akımlar sürekli kaydedilmiş ve -200 katından yerüstüne (+13) basılan su için ortalama harcanan günlük enerji miktarı 12528 kWh olarak bulunmuştur.

Bu ölçümler sonucu; -200 katından +13 katına basılan 1 m³ için gerekli olan enerji ortalama **1.16 kWh**'tir.

3.3.2. Pompa istasyonu ve ölçülen pompa karakteristik değerleri

Çizelge 3. Pompa karakteristikleri.

POMPA	Debi [m ³ /saat] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Akım [A] Etiket/Ölçülen (ortalama)	Gerilim [V]	Güç [kW] Etiket/Ölçülen (hesaplanan)
1a	450/310	88/63	3300	370/317:6
1b		65/51	550	60/43
2a	450/310	88/63	3300	370/317:6
2b		65/51	550	60/43
3a	450/290	88/58	3300	370/292.4
3b		65/52	550	60/43.7
4a	450/331	88/65	3300	370/327.7
4b		88/50	550	60/42

3.4. Sonuç

Mevcut durumda 1 m³ suyun -425 katından 3 kademede +13 yeryüzüne atılması için gerekli olan enerji **0.54 + 0.60 + 1.16 = 2.3 kWh** olmaktadır. Başka bir deyişle, uygulamadaki özgül enerji **2.3 kWh/m³** dur.

Tablolardan, kat pompalarının ölçülen karakteristik büyüklükleri incelenecek olursa, pompaların genel verimlerinin $\eta_g = \%33 - \%48$ arasında değiştikleri kolayca görülür. Günümüz teknolojisinde %82 değerlerine varan verimler göz önüne alınırsa, pompalardaki enerji kayıplarının ne kadar büyük boyutlarda olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.5. Yeni Su Atım Seçeneklerinin İncelenmesi

3.5.1. Tüm suların 425 katında toplanarak buradan direk yerüstüne atılması.

Dışarı atılan su miktarının yaklaşık 10800 m³/gün ($Q = 450 \text{ m}^3/\text{h}$) olarak hesaplanmıştır.

-Geometrik yükseklik $H_g = 13 + 425 + 9$ (havuz derinliği) = 447 mSS

-Manometrik basma yüksekliği $H_m = H_g + H_{ke} + H_{kb}$

Formülünde emme ve basma borusundaki kayıplar hesaplanırsa

$H_m = 447 + 0.52 + 5 = 453 \text{ mSS}$ (Yaklaşık) bulunur. Buradan da $H_m = 460 \text{ mSS}$ olarak kabul edilmiştir.

$H_m = 460 \text{ mSS}$, $Q = 450 \text{ m}^3/\text{h}$, $\eta_g = 0.76$ (min.) karakteristik değerlerinde bir pompa (emme yüksekliği 9 m. olduğuna göre, yatay dalgıç veya derin kuyu pompası) seçilirse;

$$N_e = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_g} = \frac{1 \cdot 450 \cdot 460}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} = 1009 \text{ BG} = 743 \text{ kW (pompa gücü) olur.}$$

-Elektrik motorunun gücü ise;

$N_m = \alpha \cdot N_e = (1.05 \dots 1.1) \cdot N_e = (1.05..1.1) \cdot 743 = 850 \text{ kW}$ (seçilen) olacaktır.

Seçilen yaklaşık 16 kademeli (1450 d/d) dalgıç veya derin kuyu pompası ile elektrik motorunun toplam boyu elimizdeki bilgilere göre yaklaşık 10 metre civarında olacaktır.

-425 katı pompa dairesi incelenecek olursa;

-Düşey dalgıç pompa montajında pompa üzerinde en az 0.5 m su bulunması gerektiğinden havuz yüksekliği buna imkan vermeyecektir.

-Yatay dalgıç pompa ise 10 m olan pompa sisteminin mevcut şartlardaki havuza indirilebilmesi havuz boyutlarından dolayı mümkün değildir.

-Derin kuyu pompa sisteminde ise havuz yüksekliği yeterli ancak havuz üstü pompa dairesi yüksekliği bu kademe ve güçteki elektrik motoru olan pompa için yeterli değildir.

Bu seçenekte önerilen -425/+13 arası direk su basma uygulamasının imkansızlığı nedeni ile “özellik enerji” hesabı yapılmamıştır.

3.5.2. Suyun 425 Katından Yerüstüne (+13) 3 Kademe Boşaltılması.

Her üç kattaki pompa istasyonlarındaki havuz derinliği ve galeri yükseklikleri pompa sisteminin montajı için yeterli olduğundan “özellik enerji” hesabı yapılmıştır.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 140 \text{ mSS} \\ -425/-300 \quad \frac{\text{-----}}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} = 0.7 \text{ BG (yaklaşık)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1 \cdot 120 \\ -300/-200 \quad \frac{\text{-----}}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} = 0.6 \text{ BG (yaklaşık)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1 \cdot 240 \\ -200/+13 \quad \frac{\text{-----}}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} = 1.17 \text{ BG (yaklaşık)} \end{array}$$

$$\text{Toplam} = 2.47 \text{ BG} = 1.82 \text{ kW}$$

Özellik enerji = 1.82 kWh/m³ olarak elde edilir.

3.5.3. Suyun 425 ile yerüstü (+13) arasında iki kademe boşaltılması

Bu seçenekte -300 katı iptal edilerek su, -425 katından -200 katına, oradan da yerüstüne (+13) olmak üzere iki kademe basılacaktır. -300 kat sularının bir kısmı desendrelere doğallakışı ile -425 katına inmekte geri kalan kısmı ise -300 kat havuzuna dolmaktadır. Kat havuzunda biriken sular ise belli seviyeye geldiğinde sifon yaptırılarak mevcut boru ile -425 havuzuna aktarılacaktır. Yaptığımız araştırmalara göre, her iki katta da (-425, -200) havuz derinlikleri ve pompa istasyonu galeri boyutları düşündüğümüz pompa sisteminin montajı için yeterli olmaktadır. Düşünölen ve önerilen pompa sistemi;

Hm = 240 mSS (hesaplandı)

Q = 450 m³/h (10800 m³/gün suyun 24 saatte basılacağı hesabı ile kabul edilmiştir.)

ηg = %76 (min.)

karakteristik değerlerine sahip “**DERİN KUYU POMPA SİSTEMİ**” dir. Sistemin en büyük avantajı, havuz tabanından 300mm’ye kadar su emebilmesidir.

Önerilen bu sistem için özgül enerjiyi hesaplayalım.

$$\begin{array}{rcl} & 1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 240 \text{ mSS} & \\ -425/-200 & \frac{\text{-----}}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} & = 1.17 \text{ BG (yaklaşık)} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} & 1 \cdot 240 & \\ -200/+13 & \frac{\text{-----}}{3.6 \cdot 75 \cdot 0.76} & = 1.17 \text{ BG (yaklaşık)} \end{array}$$

$$\text{Toplam} = 2.34 \text{ BG} = 1.72 \text{ kW}$$

Özgül enerji = 1.72 kWh/ m³ olarak hesaplanır.

Şu halde; -425/+13 katları arasında iki kademede yüksek verimli (min. %76) yeni derin kuyu pompaları ile pompalanan suyun bize olan enerji maliyeti 1.72 kWh/ m³ olacaktır.

Seçeneklerin irdelenmesi:

İncelediğimiz üç sistemdeki özgül enerji değerleri

-Mevcut sistem = 2.3 kWh/ m³

-Üç kademe ile pompalama = 1.82 kWh/m³

-İki kademe ile pompalama = 1.72 kWh/m³

Değerleri göz önüne alınırsa; iki kademede pompalamanın mevcut sisteme göre en avantajlı bir seçenek olduğu görülmektedir. Bu seçenekte enerji tasarrufu (işçilik, tamir ve bakım giderleri hariç) 2.3 kWh/m³ - 1.72 kWh/m³ = 0.58 kWh/m³ olmaktadır. Günde ortalama 10800 m³ atılacağı varsayımı ile 365 günde öngörülen enerji tasarrufu ise 0.58 · 10800 · 365 = 2.3 milyon kWh/yıl olacaktır.

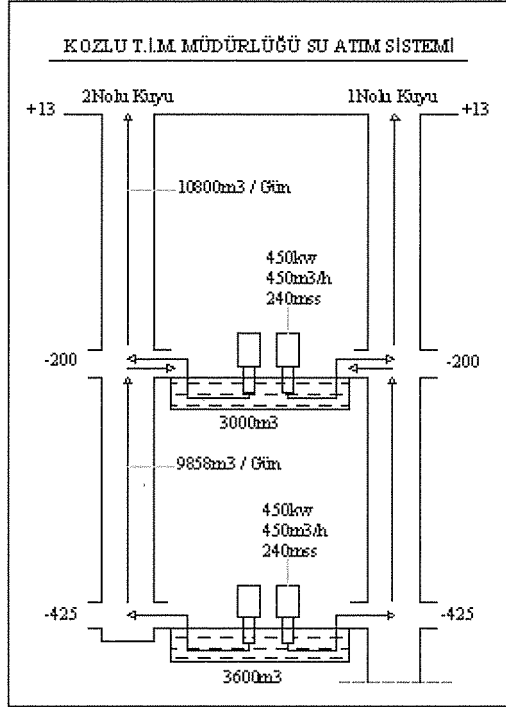
3.6. Önerilen Durum

Yenileme projesinde günlük ortalama 425 havuzundan basılacak su miktarı 9858 m³ tür. -200 kat geliri ile birlikte -200 kat havuzundan günlük ortalama basılacak su miktarı da 10800 m³ olarak tespit edilmiştir. Seçilecek pompa tipi için -425 ve -200 kat havuzlarında 24 saatte birikecek ortalama suyun miktarı göz önüne alınarak debi hesabı yapılacaktır.

4. YENİ POMPA SEÇİMİ

4.1. Katlar İtibari ile Basılacak Günlük Ortalama Su Miktarı

-425 kat havuzlarında toplanan su miktarının (daha alt katlardan ve -300 den gelenlerle birlikte) 9858 m³/gün, -200 kat havuzlarında toplanan su miktarının ise (-425 katından basılan sularla birlikte) 10800 m³/gün olarak tespit edilmiştir. Toplanan su miktarları mevsimlere göre değişmekte olup alınan değerler bir yılın ortalamasıdır. Bu değerlerde +/- 300 m³/gün değişimler olabilmektedir. Pompa seçiminde ve debi hesaplamalarında günlük genel ortalama değerler alınmıştır.



Şekil 2. Su atım sisteminin son şekli.

4.2. Debi ve Hm (Basma yüksekliği) Hesaplanması

-425 su havuzu 2 adet 1800 m³ olmak üzere 3600 m³ havuz kapasitesine, -200 su havuzu da 2 adet 1500 m³ olmak üzere 3000 m³ havuz kapasitesine sahiptir. Yüksek irtifa ve yüksek basınçlı pompalarda sık sık yol verilip stop edilmesi tavsiye edilmeyen bir olaydır. Bu nedenle seçilecek pompanın debisi, atılacak suyun bir saatlik miktarına eşit veya yakın olması düşünülerek $10800 \text{ m}^3 / 24 \text{ saat} = 450 \text{ m}^3 / \text{saat}$ olarak hesaplanmıştır. Her iki katta da 2 adet pompa düşünülmüş olup bir tanesi sürekli çalışacak, su geliri arttığı takdirde diğer yedeği kısa bir süre devreye girerek havuzlardaki su dengesini sağlayacaktır. Belirli aralıklarla 2 pompanın çalışma şekilleri değiştirilerek (aktif pompa yedeğe, yedekteki de aktif hale getirilerek) her iki pompanın eşit çalışması sağlanmış olacaktır.

Pompa istasyonlarının konumları itibari ile çalışacak pompaların basma yükseklikleri birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle her iki kata seçilecek pompaların ideal çalışmada basma yüksekliği 240 mSS olarak tespit edilmiştir. Boru güzergahlarının farklı olmasından dolayı meydana gelecek kayıpların farklı olması durumunda pompa çıkışına konan vanadan ideal Hm ayarı yapılabilecektir.

4.3. Seçilecek Pompanın İşletme Karakteristikleri

Seçilecek derin kuyu (düşey milli) pompanın çalışma koşulları ve bu koşulların proje işletme karakteristik büyüklükleri üzerindeki etkisini ele alalım.

4.3.1. Emme derinliği ve kavitasyon

Pompaların emme derinliği, genellikle işletme karakteristikleri ile birlikte ön şart olarak istenir. Emme derinliğini sınırlayan en büyük etkenin kavitasyon olduğu bilinmektedir. Bir sıvı akımında mutlak basınç, sıvının maksimum buharlaşma basıncının (doymuş buhar basıncını) altına düşerse sıvı içersinde küçük gaz kabarcıkları oluşmaya başlar. Oluşan bu gaz kabarcıkları su akımı tarafından sürüklenerek basıncın yeterince yüksek olduğu bir bölgeye gelince, yaklaşık 0.003 saniyeden kısa bir süre içinde patlayarak yok olurlar. İçlerindeki sıvı buharı yoğunlaşır, hava ve diğer gazlar da yeniden sıvı içinde erir. Bu olaya “kavitasyon” adı verilir ve yalnız sıvı akımlarında meydana gelebilir. Gaz kabarcıklarının hemen hemen ani olarak birbirinin ardından patlamaları ve bunlardan boşalan hacimlerin aynı hızla sıvı tarafından doldurulması, basıncın yer yer yüzlerce bar gibi son derece yüksek değerlere erişebilmesine ve sıvının sıkışabilme özelliğinin de karıştığı basınç titreşimlerine neden olurlar.

4.3.2. Buharlaşma basıncı

Buharlaşma basıncı, sıvının buharlaştığı ve kendi buharıyla dengede olduğu basınç olup su için bu basınç değerleri, sıcaklığın bir fonksiyonudur.

4.3.3. Emmedeki net pozitif yükseklik (ENPY)

Pompaların, kavitasyon olayına karşı duyarlılığı incelenirken, emmedeki net pozitif yük (ENPY) karakteristik büyüklüğünün ele alınması gerekir.

(ENPY) mevcut ---- Tesisata ait ENPY

(ENPY) pompa ----- Pompaya ait ENPY

Olmak üzere (ENPY) mevcut değeri;

Pozitif emme yüksekliğinde (pompa su seviyesinin üstünde olması durumunda),

(ENPY)mevcut = $H_a - H_{smax} - H_v - H_{ke}$

Negatif emme yüksekliğinde (pompa su seviyesinin altında olması durumunda), şekil.3

(ENPY)mevcut = $H_a + H_{smin} - H_v - H_{ke}$ bağıntılarından bulunabilir.

Ayrıca, σ_{mevcut} --- tesisata ait mevcut THOMA kavitasyon faktörü

σ_{kr} ---- Pompaya ait kritik THOMA kavitezyon faktörü tanımlarıyla,

$$\sigma_{mevcut} = \frac{H_a \pm H_s - H_v - H_{ke}}{H_{m1}} = \frac{(ENPY)_{mevcut}}{H_{m1}}$$

Pompanın kavitezyonsuz çalışabilmesi için, $\sigma_{mevcut} > \sigma_{kr}$ olmalıdır.

Kavitezyon emniyeti bakımından $\sigma_{mevcut} = 1.1 \sigma_{kr}$ olmasında fayda vardır.

$(ENPY)_{mevcut} = \sigma_{mevcut} \times H_{m1}$ gibi,

$(ENPY)_{pompa} = \sigma_{kr} \times H_{m1}$ olarak tanımlanırsa, kavitezyon olayının zararlı etkilerinden kaçınmak için;

$(ENPY)_{mevcut} > (ENPY)_{pompa}$ olmalıdır.

Bu nedenle, kavitezyon kontrolünün sağlıklı yapılabilmesinde imalatçı firmadan mutlaka diğer karakteristik eğrilerin yanında $(ENPY)_{pompa}$ eğrisinin de istenmesi gerekmektedir.

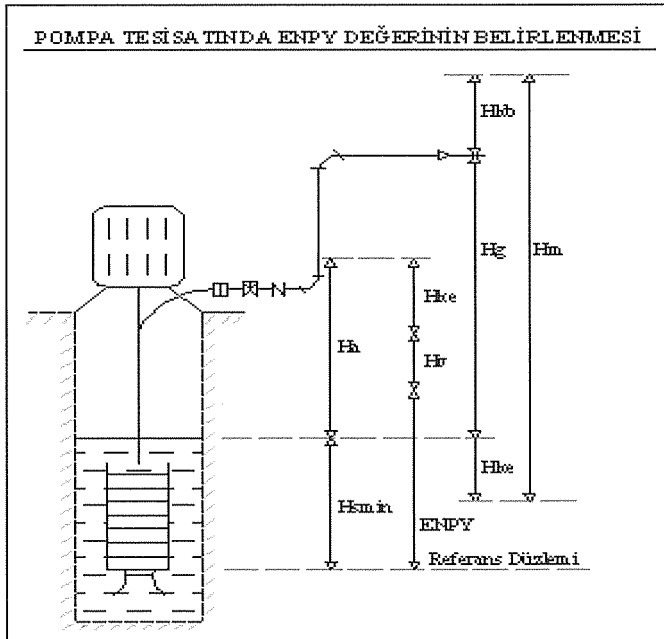
H_a - Pompanın bulunduğu kottaki atmosfer basıncı

H_s - Pompanın emme derinliği

H_v - Suyun o sıcaklıktaki buharlaşma basıncı

H_{ke} - Emmedeki toplam kayıplar

H_{m1} - Kademe başına manometrik basma yüksekliği

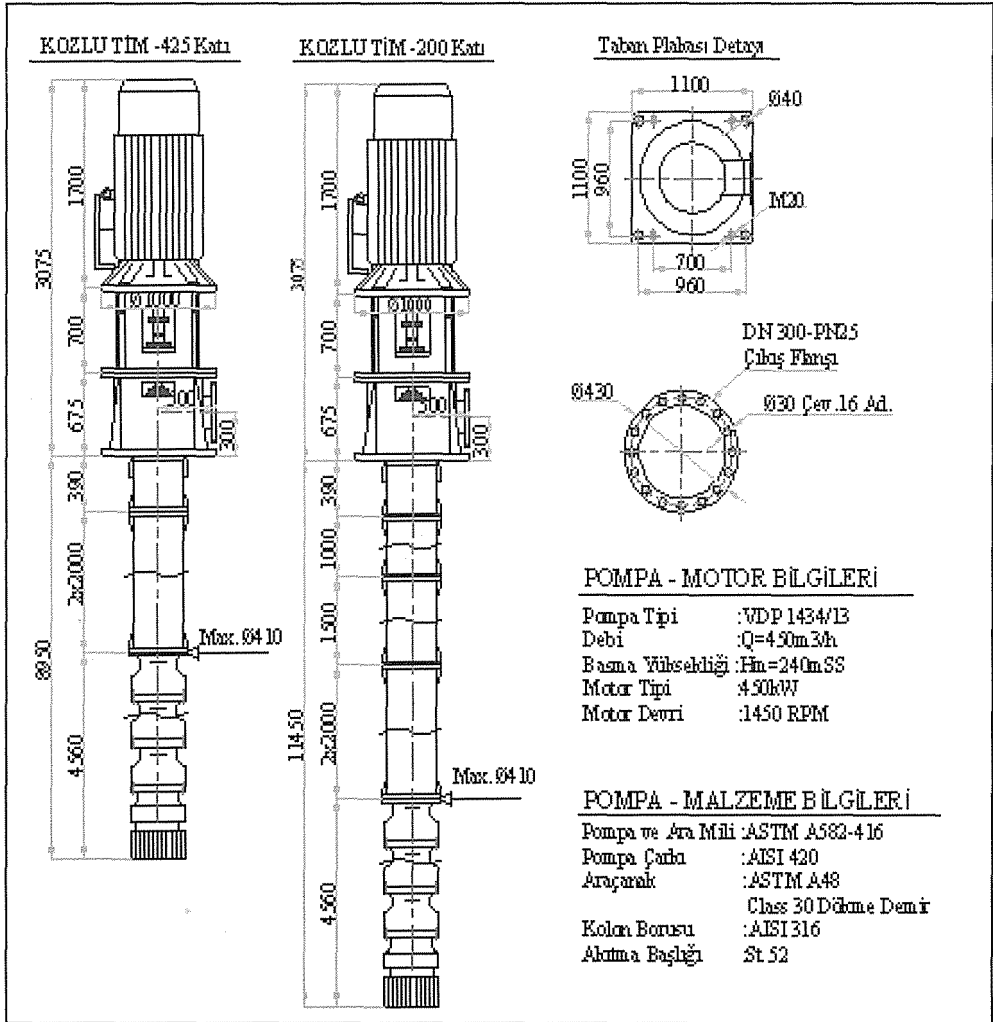


Şekil 3. Pompanın ENPY değeriinin belirlenmesi.

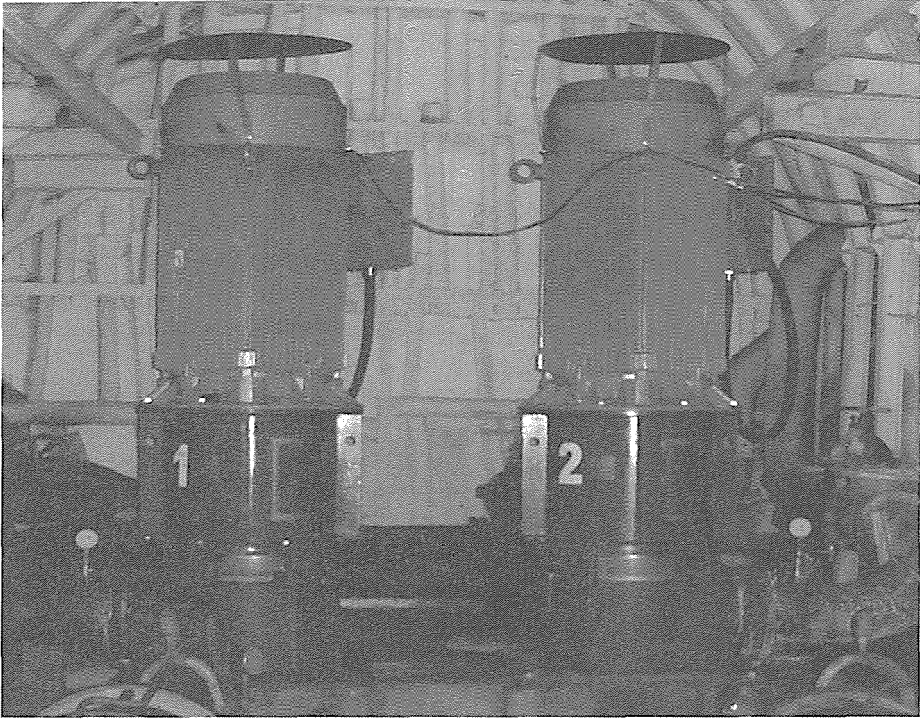
Sabit dönme hızında çalışan bir santrifüj pompanın geometrik emme yüksekliği kritik bir değerin altında kaldığı sürece, bu yüksekliğin değiştirilmesi ile pompanın performansında herhangi bir değişiklik gözlenmez. Ama pompa bu kritik değeri aşan bir emme yüksekliğine yerleştirilirse, performans eğrilerinde ani düşmeler olur ve aynı anda “kavitasyon” olayı baş gösterir.

4.3.4. Seçilecek pompa tipi ve detay resmi

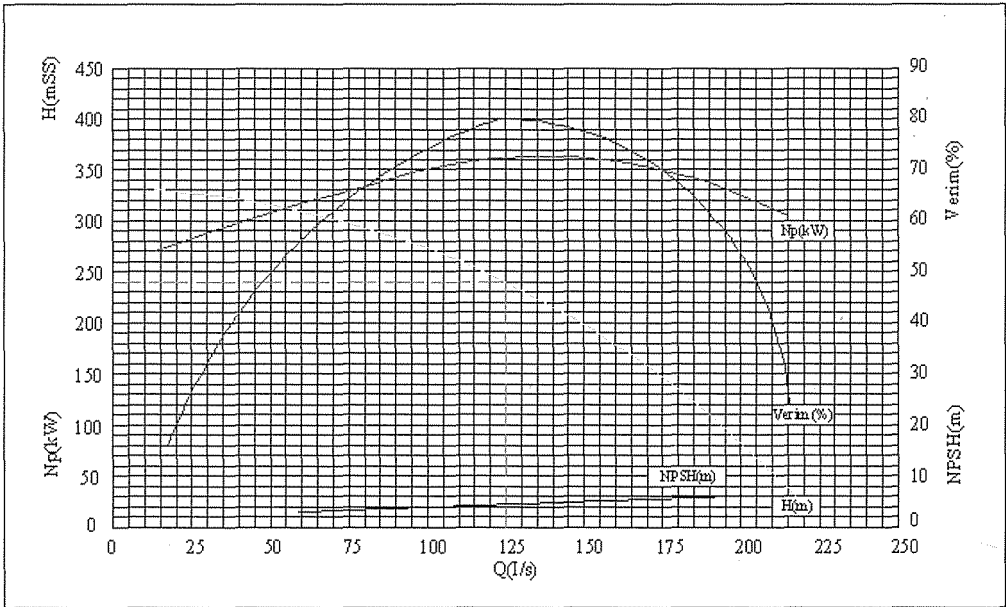
Pompalar ile ilgili ayrıntılar Şekil 4 – 6’da verilmektedir.



Şekil 4. Pompaların detay resimleri .



Şekil 5. -425 katında kurulan iki yeni pompa resmi.



Şekil 6. Pompaların karakteristik eğrileri.

5. SONUÇ

Bu çalışmalar sonucu alınan 4 adet 450 m³/h, 240 mSS ve 450 kW dik pompalardan 2 adeti -425 katına, 2 adeti de -200 katına konarak çalıştırılmıştır. Daha öncede belirttiğimiz gibi yıllık elektrik tasarrufumuz 2.3 milyon kW tır. Bu tahmini bir değer olup pompalar çalıştığında şebekemizin yeni olması ve tesisatı yaparken direnç noktalarının az olmasına dikkat edilmesi sonucu, kayıplar tahminlerimizin altında çıktığından pompa istenen debinin biraz daha üstünde debi ile su basmakta, böyle olunca da pompaların günlük çalışma süreleri daha az olmaktadır. Yıl sonu itibarı ile gerçek tasarruf miktarı ortaya çıkacaktır. Tasarruf edilen enerjinin parasal karşılığı, yedek parça ve bakım giderleri göz önüne alındığında yapılan tasarruf miktarı pompaları bir yılda amorti etmektedir.

KAYNAKLAR

- Baysal, K.** (1975) *Tam Santrifüj Pompalar*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 7-9; 68-82.
- Yazıcı, H.S.** (1983) *Su Makinaları Problemleri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 44-62; 325-448.
- Ergin, A.** (1968) *Santrifüj Tulumba Soru ve Cevapları*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Sayı: 507, İstanbul, 56-75.
- Özgür, C.** (1966) *Deneysel Hidromekanik*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Sayı: 660, İstanbul, 125-135; 190-196; 223.
- Köprülü, K.** (2006) *Akışkanlar Mekaniği*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 39-40; 892-893.

TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMUNUN AÇIK OCAK MAKİNA PARKINA GENEL BİR BAKIŞ

A GENERAL VIEW TO OPEN PIT MACHINERY OF TURKISH COAL CORPORATION

Mustafa ZIYPAK, *Türkiye Kömür İşletmeleri, Ankara*

ÖZET

Ülkemizin önde gelen madencilik Kuruluşları arasında bulunan Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu, linyit üretimi ile iştigal eden bir iktisadi devlet teşekkülüdür. Üretiminin büyük çoğunluğunu açık ocaklardan sağlayan Kurum, müteahhit desteğinin yanında, dekapaj ve kömür üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde kendi imkanlarını da kullanmaktadır. Anılan işlerin yürütülmesinde çoğunlukla yüksek kapasiteli maden makinaları kullanılmaktadır. TKİ Kurumu, yıllardır açık ocaklarındaki üretim yükünün önemli bir bölümünü, makinalarını başarıyla çalıştırarak karşılamıştır. Halihazırda da üretim belli düzeyde Kurumun kendi kaynakları ile sağlanmakta; ileriye yönelik de bu durumun devam etmesi beklenmektedir. Ancak Kurumun makina parkının çoğunluğunun ekonomik ömrünün doldurması nedeniyle süratla yenileme çalışmaları başlanılması gerekmektedir.

ABSTRACT

Turkish Coal Corporation (TCC), which is among the outstanding mining companies of our country, carrying out lignite production is an economical state organization. In addition to sub-contractor support, The Corporation, in performing overburden removal and coal production, also uses its own facilities. For carrying on the mentioned works, mostly high capacity mining machineries are used. TCC has met considerable portion of production load by operating its machinery successfully for years. In addition, the production has now been achieved to some extent by means of TCC's own sources; it is expected that this situation will also go on in coming years. However, due to economical life completion of most of TCC's machinery, replacement operations should be started urgently.

1. TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU

1.1. Genel Hususlar

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu, Devletin genel enerji ve yakıt politikasına uygun olarak ülkemizin en önemli enerji hammaddeleri arasında yer alan linyitin üretim, zenginleştirme ve pazarlama faaliyetlerini yürüten ülkemizin önde gelen madencilik kuruluşları arasındadır. 1957 yılında kurulmuş olan Kurum, bir iktisadi devlet teşekkülüdür. 2008 sonu itibariyle TKİ'de 2277 memur, 6791 işçi olmak üzere toplam 9068 personel istihdam edilmektedir. TKİ Kurumu genelde karlı bir kuruluş olup 2008 yılı karı 196.000.000 TL'dir.

Kurumun üretim faaliyetleri yurt sathına yayılmış olan 4 Müessese (Soma, Tavşanlı, Seyitömer, Yatağan) ve 4 İşletme (Çan, Orhaneli, Milas, Iğın) vasıtasıyla yürütülmektedir. Ülkemizin bilinen 9.3 milyar ton linyit rezervinin yaklaşık 2.5 milyar tonu TKİ Kurumuna aittir. Kurumun 2008 yılı toplam fiili üretimi yaklaşık 46 milyon (rödövanla ürettirilen dahil) tondur.

TKİ'nin üretmiş olduğu linyit kömürünün yaklaşık %80'i termik santrallarda, kalan %20'si ise ısınma ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Kurum ülkemizin toplam kurulu gücünün %10'na tekabül eden 4273 MW gücündeki 8 adet termik santralı beslemektedir.

TKİ Kurumu linyit üretimini hem açık ocak hem de yer altı ocaklarından sağlamakta olup 2008 itibariyle açık ocak üretim oranı %80, yer altı oranı %20'dir. Kurum, açık ocak işletmeciliğinin yanında yer altı işletmeciliği de yapılan 2 bölgede (Soma, Tunçbilek), rezerv yapısını da dikkate alarak son yıllarda yer altı üretimine ağırlık vermektedir. Söz konusu yer altı sahalarında kendi operasyonlarının yanında, rödövan (rüşhan hakkı uygulamalı) ve hizmet alımı uygulamalarını da başlatmıştır.

1.2. Açık Ocak Çalışmaları

TKİ, linyit üretimini 80'li yıllardan itibaren büyük çoğunlukla açık ocaklardan sağlamaktadır. Soma ve Tunçbilek sahalarında son yıllarda yer altı işletmeciliğine önem verilmesine rağmen, genel olarak orta vadede Kurumun açık ocak ağırlığının devam edeceği tahmin edilmektedir.

Bilindiği gibi açık ocak işletmeciliğinin en önemli ve en fazla harcama yapılan faaliyeti dekapaj (örtü kazı) işidir. TKİ Kurumu, dekapajı hem kendi imkanıyla (TKİ makina-teçhizatı ve personeli), hem de müteahhit marifetiyle gerçekleştirmektedir. Kurum son yıllarda kendi imkanlarıyla yıllık 90-100 milyon m³, yıldan yıla farklılık gösteren müteahhit dekapajı ile birlikte toplam 200-300 milyon m³ arasında dekapaj yapmaktadır. Diğer taraftan Kurumun son yıllarda açık ocaklardan üretmiş olduğu kömür miktarı 25-30 milyon ton arasında değişmekte olup kömür üretiminde çoğunlukla Kurum olanakları kullanılmaktadır.

TKİ, açık ocaklarında kendi imkanları yürüttüğü dekapaj işinde, öncelikle delme-patlatma yapılarak malzeme gevşetilir, genelde elektrikli ekskavatör (shovel)-kaya

kamyonu kombinezonu uygulanır. Elektrikli ekskavatörlerin bulunmadığı ya da zemin şartlarına göre elektrikli shovel yerine bazen hidrolik ekskavatörler (beko) de kullanılabilmektedir. Heyalanlı sahalarda elektrikli ekskavatörlerin yanında şartlara göre hidrolik ekskavatör ve yüksek kapasiteli yükleyiciler (12-14 yd³) de kullanılmaktadır. Kömür üretiminde çoğunlukla hidrolik ekskavatör ve yükleyiciler, ara kesmeli damarlarda ise tamamen hidrolik ekskavatörler çalıştırılmaktadır. Ayrıca bazı sahalarımızda kamyon-ekskavatör metodu ile entegre çalışan ve kömür üstü dekapajı ile kömür üretiminde dragline makinaları kullanılmaktadır.

2. AÇIK OCAK MAKİNA PARKI ANALİZİ

2.1. Cinslerine Göre Makina Parkı

TKİ kendi imkanları ile yaptığı dekapaj ve kömür üretim işinde; düşük kapasitelerden çok yüksek kapasitelere kadar değişen muhtelif cins, marka, model ve tipte yaklaşık 1000 adet iş ve maden makinası kullanılmaktadır. Ayrıca Kurumun 800 civarında yardımcı makina ve muhtelif aracı mevcuttur. Kurumun açık ocaklarında çalışan ana makinaların sayısal dağılımı aşağıdaki gibidir.

Çizelge 1. TKİ makina parkı dağılımı.

Sıra-no	Makina-cinsi	Miktar (adet)	Oran (%)
1	Dragline	8	0,8
2	Elektrikli ekskavatör	67	6,8
3	Hidrolik ekskavatör	41	4,2
4	Yükleyici	69	7,0
5	Kaya kamyonu	462	47,1
6	Buldozer	153	15,6
7	Paydozer	19	2,0
8	Grayder	45	4,6
9	Delik makinası	56	5,7
10	Sondaj makinası	8	0,8
11	Yol silindiri	10	1,0
12	Mobil vinç	43	4,4
T o p l a m		981	100,0

Çizelge 1'deki sayısal dağılıma bakıldığında, kaya kamyonu ve dozerlerin makina parkının ekseriyatını (yaklaşık üçte ikisi) teşkil ettiği görülmektedir. Diğer bir değerlendirmede ise yükleme ve taşıma guruplarının toplam makina parkı içindeki payının da 2/3 olduğu anlaşılmaktadır.

TKİ ülkemizin nitelik ve nicelik açısından en büyük iş ve maden makinası parkına sahiptir; dünya ölçeğinde de önemli bir yere sahip olduğu söylenebilir. TKİ makina parkındaki çarpıcı örneklerden bazıları aşağıda verilmiştir.

- 72 yd³ kapasiteli (3000 ton ağırlığında) dragline
- 20 yd³ kapasiteli elektrikli (halatlı) ekskavatör
- 6,5 yd³ kapasiteli (110 ton) hidrolik ekskavatör

- 170 short ton kapasiteli kaya kamyonu
- 150 short ton kapasiteli kömür kamyonu
- 450 hp gücünde buldozer (50840 kg)
- 280 hp gücünde grayder (27607 kg)
- 220 ton kapasiteli paletli mobil vinç
- 2000m delme kapasiteli karotlu sondaj makinesi (yeni sipariş)

2.2. Kapasitelerine Göre Makina Parkı

TKİ Makina parkında yer alan her cins makina gurubu, kapasite açısından genelde çeşitlilik göstermekte; düşük kapasitelerden çok yüksek kapasitelere kadar değişmektedir. Kurumun makina parkında yer alan kazı-yükleme ve taşıma gurubu makinaları ile delicilerin kapasite dağılımları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 2. Dragline kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(yd ³)	25	32-40	65-72	Toplam kapasite
Makina sayısı	1	5	2	327 yd ³

Çizelge 3. Elektrikli ekskavatörler kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(yd ³)	10	15	17	20	Toplam kapasite
Makina sayısı	25	22	5	15	965 yd ³

Çizelge 4. Hidrolik ekskavatörler kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(yd ³)	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	6-7	Toplam kap.
Makina sayısı	3	5	7	1		25	193 yd ³

Çizelge 5. Yükleyiciler kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(yd ³)	<2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	Toplam kap.
Makina sayısı	6	24	5	12	0	4	17	460 yd ³

Çizelge 6. Kaya kamyonları kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(S.ton)	50	85	120	150	170	Toplam kapasite
Makina sayısı	50	372	9	15	20	40850 short ton

Çizelge 7. Delik makinaları kapasite dağılımı.

Kap.aralığı(Inch)	2-3	7	9	Toplam kapasite
Makina sayısı	2	3	51	486 Inch

Yukarıdaki çizelgelerden anlaşılacağı gibi TKİ Kurumunun toplam kazı-yükleme kapasitesi 1945 yd³ (dragline+elektrikli ekskavatör+hidrolik ekskavatör+yükleyici),

taşıma kapasitesi 40850 short ton, delme kapasitesi 486 inçtir. Kapasite dağılımları detaylı olarak incelendiğinde, dağılımların genelde üniform olmayıp bazı kapasitelerde yoğunlaşmalar gözlemlenmektedir; örneğin 10-15 yd³ ekskavatör, 6-7 yd³ hidrolik ekskavatör, 2-4 ve 12-14 yd³ yükleyici, 85 short ton kaya kamyonu ve 9 inç delik makinaları makina parkının çoğunluğunu teşkil etmektedir.

2.3. Makinalarda Kullanılan Motorlar

Motor, bir makinanın en önemli organı ve kapasitesinin belirleyicisidir; performansını direk etkiler. Dizel iş makinelerinde ağır hizmet tipi turboşarjlı ve aftercoolarlı motorlar kullanılmakta olup son zamanlarda düşük emisyon sağlayan common-rail (yakıt enjeksiyon sistemi) teknolojisine sahip elektronik kontrol modüllü motorlara geçilmiştir. Elektronik teknolojiye uygulanmış motorlar, TKİ'nin 2000 yılından sonra satın almış olduğu makinelerde kullanılmakta olduğundan bunların toplam içindeki payı (yaklaşık % 7,5) oldukça düşüktür.

TKİ açık ocaklarında kullanılan halatlı ekskavatör ve draglineler elektrik tahrikli makinelerdir. Açık ocaklardaki şebeke gerilimi 6,3 veya 3,3 kv olup makinelerin dönüş, yürüyüş, kepçe kaldırma ve kepçe çekme fonksiyonları farklı motorlarla (doğru akım) sağlanmaktadır.

Kurumun açık ocaklarında çalışan dizel ve elektrikli makinelerin motor gücü dağılımları sırasıyla Çizelge 8 ve Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Dizel makineler motor gücü dağılım tablosu.

Motor gücü (hp)	<200	200-399	400-599	800-999	1600	Toplam güç	
						hp	%
Hidrolik eks.say.	7	9	3			19.060	3,5
Yükleyici sayısı	30	17		7		24.622	4,5
Kaya kamyonu say.				387	20	407.235	74,8
Buldozer sayısı		112	41			53.847	9,9
Paydozer sayısı		16	3			6.364	1,2
Grayder sayısı	17	28				9.648	1,8
Delik mak.say.			56			23.885	4,4
Genel toplam	54	182	103	394	20	544.661	100

Çizelge 9. Elektrikli makineler motor gücü dağılım tablosu.

Toplam.güç (kW)	1000	1118	1250	1490	1750	1937	6000	Toplam güç	
								kW	%
Dragline sayısı		1			4	1	2	22.055	21,7
Elektrikli eks.say.	25		37	5				79.700	78,3
Genel toplam	25	1	37	5	4	1	2	101.755	100,0

TKİ makina parkında bulunan ana makinaların motor güçleri, doğal olarak makinaların kapasitelerine paralel, yani küçük güçlerden çok yüksek güçlere kadar değişen, bir dağılım göstermektedir. Çizelge 8’den dizel makinaların motor güçlerinin 100 hp’lerden 1600 hp’ye kadar geniş bir aralıkta değiştiği, ancak yarıdan fazlasının 800-999 hp bandında yer aldığı görülmektedir. Çizelge 8’den ise elektrikli makinaların toplam güçlerinin daha düzensiz bir dağılım gösterdiği, makinaların büyük çoğunluğunun 1000-1500 kW aralığında bulunduğu tespit edilmektedir.

Yine anılan çizelgelerden dizel makinaların toplam güç değerinin 544.661 hp, bunun dörtte üçünün kamyon motorları olduğu; elektrikli makinalarının toplam gücünün ise 101.755 kW olduğu anlaşılmaktadır.

2.4. Makinaların Ömürleri

TKİ Kurumunun 1980 öncesinde açık ocak makina parkı sınırlı idi; dolayısıyla açık ocak üretimi de düşüktü. 80’li yıllar TKİ’nin açık ocaklarda atılım yılları oldu; çok büyük makina yatırımları gerçekleştirildi (ülkemizdeki kömüre dayalı termik santral yatırımlarının ağırlıklı bölümü de bu döneme rastlamaktadır). TKİ’nin mevcut makina parkının büyük çoğunluğunu bu dönemde satın alınan makinalar teşkil etmektedir. Daha sonra yapılan yatırımlar yenileme şeklinde ya da küçük hacimde yapılmıştır. 1990 sonrası yapılan en önemli yatırımlar 12-14 yd³ kapasiteli yükleyiciler (18 adet), 170 short ton kaya kamyonları (20 adet) ve 6,5 yd³ (100 ton) hidrolik ekskavatörlerdir. TKİ açık ocak makina parkının servise giriş yılına göre dağılımı aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 10. Servise giriş yılları itibariyle TKİ makina parkı dağılımı.

Makina	<1981	81-85	86-90	91-95	96-00	00-05	>2006	Toplam
Dragline	2	0	6	0	0	0	0	8
Elektrikli eks.	1	7	60	0	0	0	0	68
Hidrolik eks.	0	0	2	3	12	9	14	40
Kaya kamyonu	4	242	173	27	20	0	0	466
Dozer	1	91	65	0	9	7	0	173
Greyder	0	24	8	0	6	10	2	50
Yükleyici	4	16	12	7	8	16	8	71
Delik makinası	0	24	28	1	0	2	0	55
Toplam	12	404	354	38	55	44	24	931
%	1,3	43,4	38,0	4,1	5,9	4,7	2,6	100,0

Yukarıdaki çizelgeden Kurumun mevcut makina parkının % 80’inden fazlasının 80’li yıllarda alındığı, 1990 yılından günümüze kadar alınan makina nispetinin % 17-18’ler düzeyinde olduğu, 2000 yılından sonra parka dahil edilen makinalarının oranının % 7,3 olduğu anlaşılmaktadır. 25-30 yaşına ulaşmış yüksek orandaki makinalar, hem eski teknoloji ürünü olmaları, hem de performanslarının düşmesi nedeniyle ekonomik ömürlerini doldurmuşlardır. Dolayısıyla kullanımı ekonomik olan makina azınlıktadır.

3. MAKİNA PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Çalışma Saatleri

İş ve maden makinaları performanslarının en önemli göstergelerinden birisi çalışma saatleridir. Çünkü yıllık veya toplam olarak yüksek çalışma saatinin ulaşılması yüksek performans veya yüksek üretim anlamına gelmektedir. Bu nedenle Kurumun makina parkının değerlendirilebilmesi için çalışma saatlerinin analizinde fayda vardır. 2008 yılı sonu itibarıyla Kurumun ana makinalarının toplam ortalama çalışma saatleri dağılımı Çizelge 11’de gösterilmiştir.

Çizelge 11. Top. çalışma saatına göre TKİ açık ocak makina parkı dağılımı.

(x1000)

Makina	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	>70	Toplam
Dragline	0	0	1	0	0	2	1	4	8
Elektrikli eks.	1	3	7	21	18	10	6	2	68
Hidrolik eks.	19	11	9	2	1	0	0	0	42
Yükleyici	20	17	11	5	9	3	3	3	71
Kaya kamyonu	5	32	84	104	144	63	22	12	466
Dozer	11	27	73	28	20	10	5	0	174
Greyder	5	11	17	3	6	2	3	1	48
Delik makinası	13	21	13	9	1	0	0	0	57
Toplam	74	122	215	172	199	90	40	22	934
%	7,9	13,1	23,0	18,4	21,3	9,6	4,3	2,4	100,0

Bir önceki bölümde TKİ açık ocak makinalarının büyük çoğunluğunun yaşlanmış olduğu vurgulanmıştı. Çizelge 11’e bakıldığında, doğal olarak, makinaların yaşlanmasına paralel olarak çalışma saatlerinin de yükselmiş olduğu görülecektir. Anılan çizelgeden makinaların % 56’sının 30000 saati aştığı, 10000 saatin altındaki makina nispetinin sadece %8 olduğu, % 2,4 oranındaki makinanın ise 70000 saati aştığı, 20000-50000 saat aralığında % 60’ın üzerinde makina bulunduğu anlaşılmaktadır. Makinaların son yıllardaki performansını değerlendirmek amacıyla 2004-2008 dönemine ait yıllık ortalama çalışma saatlerini gösteren Çizelge 12 hazırlanmıştır.

Çizelge 12. 2004-2008 Açık ocak makinaları ortalama çalışma saatleri.

Makina	2004	2005	2006	2007	2008
Elektrikli ekskavatör	2060	1991	1817	1694	1614
Hidrolik ekskavatör(100 ton)	2330	2322	2172	1815	2400
Yükleyici (12-14 yd ³)	2205	2084	2728	2482	2348
Kaya kamyonu (85 s.ton)	1916	2066	1688	1852	1734
Kaya kamyonu (170 s.ton)	3660	3358	3448	3420	3556
Delik makinası	612	689	703	629	608
Buldozer	1126	1115	1192	1110	1013
Grayder (280 hp)	2405	2051	2816	2547	2556

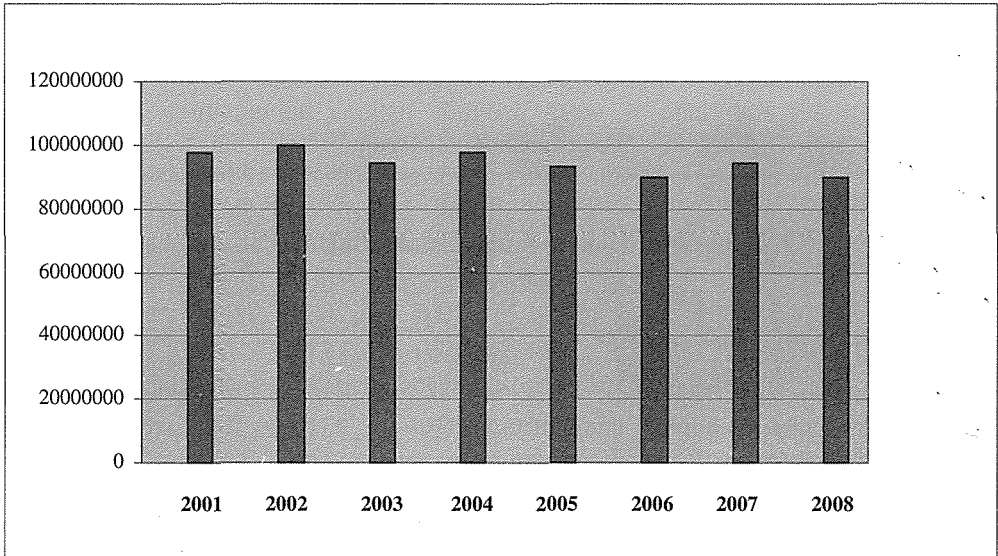
2004-2008 döneminde Kurumun ana makina guruplarının yıllık ortalama çalışma saatlarının , küçük iniş çıkışlara rağmen, yatay bir seyir izlediği söylenebilir. Diğer makina gurupları genelde 1700-2500 saat aralığında seyrederken, 170 short tonluk kamyonlar 3400-3600 saat aralığında tutunmuş, delik makinaları ve buldozerler en düşük performansı sergilemişlerdir.

TKİ makinalarında bölgeden bölgeye değişmekle birlikte yıllık ve toplam bazda dikkate değer, çarpıcı çalışma saatlarına ulaşılmıştır. Bunlardan bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

- Bazı draglinelerde yıllık 5000 saat
- 20 ve 40 yd³'lük draglinelerde toplamda 150000 ve 130000 saat
- 13 yd³'lük yükleyicilerde yıllık 5000 saat
- 170 short tonluk elektrikli kamyonlarda yıllık 4500 saat
- 85 short tonluk kamyonlarda (bir bölgede) ortalama toplam 62000 saat

3.2. Üretim Performansları

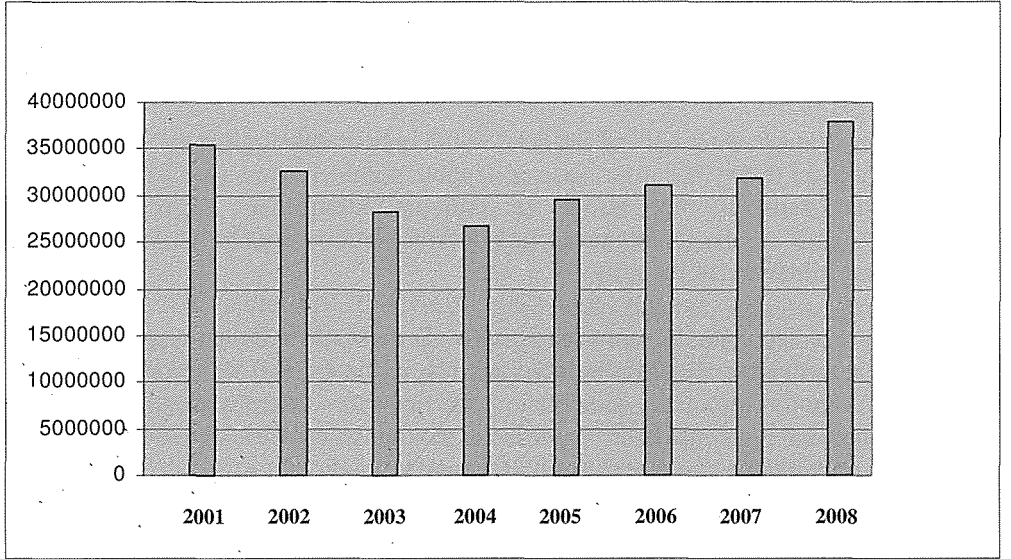
Makinaların gerçek performansları, gerçekleştirdikleri üretimle ortaya çıkar. Performans saatlik üretim, yıllık üretim, hayat boyu üretim, birim üretim maliyeti parametreleri ile değerlendirilebilir. TKİ Kurumu 1996 yılına kadar toplam dekapajın çoğunluğunu (%60-75) kendi makina-teçhizatı ile yaparken, 1996'den itibaren genelde azınlığa düşerek yaklaşık %30-50 kadarını gerçekleştirebilmektedir. Elbistan ve Kangal İşletmeleri Kurum bünyesinde iken kendi imkanları ile yapılan dekapaj 146 milyon m³'e, söz konusu işletmeler Kurumdan ayrıldıktan sonra 112 milyon m³'e kadar yükselmiştir. Daha spesifik analiz yapılabilmesi için son yıllarda Kurum imkanları ile yapılan dekapaj ve kömür üretim değerleri aşağıdaki grafiklerde ifade edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. TKİ Kurumunun kendi imkanları ile yaptığı dekapaj (2001-2008).

TKİ Kurumunun 2001-2008 döneminde kendi imkanları ile yapmış olduğu dekapaj yıllık ortalama 90-100 milyon m³ arasında değişmekte ve dikkate değer bir artış eksiliş eğilimi göstermemektedir. Makinaların gün geçtikçe yaşlanması ve bu dönemde çok ciddi yatırımlar yapılmamasına rağmen, Kurumun kendi imkanları ile yapmış olduğu dekapajı önemli bir düzeyde tutabilmesi başarı olarak değerlendirilmelidir.

Bazı ocaklarda müteahhitlerden hizmet alınmasına karşılık, TKİ açık ocaklarındaki kömür üretim faaliyetlerinin çoğunluğunu (yaklaşık $\frac{3}{4}$) kendi imkanları yürütmektedir. Şekil 2'den görüldüğü kadarıyla 2001'de 35 milyon ton olan tüvenan kömür üretim miktarı, göreceli olarak 2004'de 26 milyon tona düşmüş ve daha sonra yükseliş geçerek 2008'de 37 milyon tonu bulmuştur.



Şekil 2. TKİ Kurumu açık ocak kömür üretimi (2001-2008).

4. TAMİR-BAKIM VE REVİZYON FAALİYETLERİ

Maden ocaklarının çalışma şartları çetin ve zordur. Söz konusu kötü şartların çalışan makina üzerindeki etkisi arıza ve yıpranmadır. Bu olumsuz etkiyi en aza indirmenin yolu uygulanacak etkili ve yoğun tamir-bakım faaliyetleridir. Ayrıca maden teçhizatında tamir-bakımın performans ve işletme giderlerine etkisi göz ardı edilemez. Bu nedenle maden makinelerinde ciddi tamir-bakım ve revizyon programları uygulanmak zorundadır.

Dış kaynaklı olan ve yurdumuzda çok azı bulunabilen TKİ'nin açık ocak makinelerinin tamir-bakım ve revizyonu genelde Kurumun kendi imkanları ile yürütülmektedir. Tamir-bakım ve revizyon için gerekli altyapı (atelye v.s) ve personel madenin işletmeye açılışıyla birlikte Kurum tarafından sağlanmakta ve idame ettirilmektedir.

Genel olarak TKİ açık ocaklarda çalıştırılan iş ve maden makinelerinin tamir-bakımları aşağıda belirtildiği gibi 3 kademede yürütülmektedir:

1. Açık ocaklarda (yerinde) yürütülen tamir-bakımlar
2. Genel tamir atelyelerde yürütülen tamir-bakımlar
3. Revizyon atelyelerinde yürütülen revizyon faaliyetleri

1. kademede makinalarda meydana gelen arızalara ilk müdahale yapılmakta, giderilemeyen önemli arızalar için makina ilgili tamir atelyesine gönderilmektedir. Ayrıca sahalarda kısa periyodlu periyodik bakımlar ile test ve kontrol işlemleri de yapılmaktadır. Diğer taraftan mobilitesi sınırlı olan elektrikli ekskavatör ve dragline gibi makinaların tamir-bakım ve revizyonları da yerinde (ocakta) yapılmak zorundadır.

Genel tamir atelyelerinde (2. kademe) önemli arızaların tamiri, ünite ve yedek parça tamirleri, uzun periyodlu bakımlar, lastik değişimleri v.s yapılmaktadır.

3. kademe olan revizyon atelyelerinde komple şase revizyonu, ünite revizyonu, modifikasyon, adaptasyon işlemleri ile yedek parça imalat ve tamiraty yapılmaktadır.

Önemli derecede arızalanmış, hasarlanmış veya performansı düşmüş iş makinaları komple veya kısmi revizyona alınır; şase revizyonu, makinanın ana şase kalıncaya kadar sökülerek temizlenmesi, her parça ve ünitenin kontrolden geçirilerek gerekli görülenlerin tamir veya yenilenmesi, makinanın yeniden monte edilmesi, test ve kontrolden geçirilmesinden ibarettir.

Ünite revizyonu kapsamında tamir edilemeyecek derecede arızalanmış, anormal ses veya aşırı hararetle önemli arıza belirtisi vermiş ya da önemli düzeyde performansı düşmüş dizel motor, otomatik şanzuman, torkkonvertör, diferansiyel, hidrolik ünite v.s'nin revizyonları yapılmaktadır. Ayrıca elektrik atelyelerinde elektrik motoru, trafo gibi elektrik ünitelerinin tamir ve revizyonları yapılmaktadır.

Revizyonların yanında makinaların ömrünü artırmak amacıyla yoğun olarak ünite yenileme işlemleri de yapılmaktadır Revizyonu ekonomik olmayan motor, şanzuman damperler hurdaya ayrılarak yenileri alınmaktadır. Ünitelerin orijinalinin bulunamaması veya yapısal sorunlu olmaları durumunda ilgili makinalara başka ünite adaptasyonları yapılabilir. Bu çerçevede TKİ iş yerlerinde çok sayıda motor ve şanzumanın adaptasyonları yapılarak makinalar başarılı bir şekilde çalıştırılmaktadır. Bazen makinalardaki yapısal sorunlar modifiye edilerek giderilmektedir (200 hp'lik greyderlerin tandem sisteminin dişliden zincirliye dönüştürülmesi gibi).

Kurum iş yerlerinde yağ analizi vasıtasıyla kestirimci bakım uygulaması yapılmaktadır. Böylelikle üniteler (motor, şanzuman) arızalanmadan revizyona alınabilmekte, optimum yağ değişim periyodları tayin edilmekte ve neticede ekonomiklik sağlanmaktadır.

Yukarıda açıklanmış olan tamir-bakım ve revizyon aktiviteleri sayesinde büyük oranda yaşlanmış olan makinalar ayakta tutulabilmekte, makinalar ekonomik ömürlerinin artırılması sağlanmaktadır. Bunun sonucu olarak da Kurum kendi imkanları ile gerçekleştirdiği üretim ve dekapajı uzun yıllar belli düzeyde tutabilmiştir

5. SONUÇ

Ekonomiklik gerekçesiyle madencilik ve inşaat alanında faaliyet gösteren Devlet Kuruluşlarının kendi operasyonlarına son vererek müteahhide döndüğü, müteahhidin de küçük kapasiteli makinalarla çalışma yürüttüğü bir ortamda, ülkemizde maden makinaları kullanarak ciddi olarak üretim yapabilen en önemli Kurum TKİ'dir. Büyük kapasiteli, ileri teknoloji ürünü çok sayıdaki makinanın işletme ve tamir-bakımını yıllardır başarıyla yürüterek Kurum üretiminin önemli bölümünü gerçekleştirmektedir. Genel olarak TKİ makinalarını verimli olarak çalıştırdığı söylenebilir. Zira TKİ sürekli kar eden bir Kurumdur. Ekonomik ömrünü doldurmuş makinaların yenilenmesiyle verimliliğin daha da artacağı kuşkusuzdur.

Diğer taraftan maden makinaları uygulamasında Kurum bir okul görevi görerek ülkeye dolaylı katkı sağlamaktadır. Bu alanda operatör ve tamirciler yetişmekte; ayrıca yedek parça üretiminde yan sanayi gelişmektedir.

Yukarıdaki değerlendirmeler çerçevesinde aşağıdaki önerilerin yapılmasında fayda görülmektedir:

1. TKİ Kurumu, maden makinalarının çalıştırma tecrübesi ve kültürünü devam ettirmeli.
2. Gerekğinde müteahhit fiyatlarını etkilemek, rekabet ortamını güçlendirmek amacıyla ve stratejik açıdan Kurumun elinde iş yükünün belirli bir bölümünü (%30-50) yerine getirebilecek düzeyde ekonomik ömre sahip makina bulundurmalı,
3. Ekonomik ömrünü tamamlamış makinalar bir program dahilinde elden çıkartılmalı, yerlerine son teknoloji ürünü yüksek kapasiteli makinalar satın alınmalıdır.

KAYNAKLAR

TKİ (2001-2008) Faaliyet Raporu.

TKİ (2008) Makina Parkı Kitapçığı.

TKİ (2003-2008) Müesseseler Faaliyet Raporları.

Zıypak, M. (2007), Ege Linyitleri Müessesesi Bünyesinde Yürütülen İş Makinası Revizyon Faaliyetleri, I. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Kütahya, s. 335-346.

ÇAYIRHAN YERALTI İŞLETMELERİNDE YÜKSEK ARINLI MEKANİZE UZUNAYAKLARIN ÜRETİM HIZININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PRODUCTION RATE OF MECHANIZED LONGWALL WITH HIGH COAL FACE IN ÇAYIRHAN UNDERGROUND OPERATIONS

İbrahim ÇAVUŞOĞLU, *Park Termik A.Ş., Ankara*

Levent ŞENFİLO, *Park Teknik A.Ş., Ankara*

Şebnem TARHAN, *Park Teknik A.Ş., Ankara*

H. Hüseyin TURAN, *Park Teknik A.Ş., Ankara*

ÖZET

Uzunayak madenciliği, yeraltı üretimi için yüksek verimliliğe sahip bir yöntem olarak bilinmektedir. Uzunayak madenciliğinde üretimin ve randımanın yüksek olması büyük ölçüde üretim hızı ile bağlantılıdır. Hızlı üretim için ekipman seçimi ve ekipmanların verimli kullanılması önemlidir. Dünya’da yeraltı kömür madenciliğinde hızlı üretimler genellikle mekanize ocaklarda gerçekleşmektedir. Bu çalışmada, Park Teknik A.Ş. tarafından işletilen C sahasının (Çayırhan-Nallıhan) 3 ayrı panosunda tam mekanize üretimde kullanılan ekipmanlar ve üretim hızları incelenmiştir.

ABSTRACT

Longwall mining is known as a method with high efficiency for underground production. High production and efficiency is associated with production rate in longwall mining. Equipments selection and efficiency use of it is important for high-speed production. High-speed productions generally take place in mechanized operations in underground coal mining in the world. In this study, the production rates performed and equipments used in full-mechanized production were examined in 3 different panels of C field (Çayırhan-Nallıhan) operated by Park Teknik, Inc.

1. GİRİŞ

Genellikle yeraltı kömür işletmelerinde üretim ve randıman artışı büyük ölçüde ayak ilerleme hızlarının artırılması ile mümkün olmaktadır. Hızlı ilerlemenin ve yüksek üretimin yapıldığı ocaklar ise genellikle teknolojik gelişmelere bağlı olarak geliştirilen makina-ekipmanın kullanıldığı tam mekanize işletmelerdir (Hekimoğlu, 1991).

Kömür madenciliğinin en yaygın üretim yöntemlerinden birisi uzunayak işletme yöntemidir. 17.yy sonlarına kadar uzanan uzunayak madenciliği, 1950'lerde tam mekanize sisteme geçişle kömür üretiminde hız ve verimliliği de beraberinde getirmiştir (Anon, 1995; Peng, 2006). Uzunayak kömür işletme yöntemi, Batı Avrupa orijinli olmasına rağmen, Dünya'daki uygulamaları bu coğrafi sınırların ötesine taşarak, giderek daha yaygın bir üretim sistemi olarak gelişmektedir. Özellikle ABD ve Avustralya'da 1980'li yıllardan sonra önem kazanan bu yöntem kömür madenciliğinde verimliliği önemli ölçüde geliştirmiştir. Yöntemin yaygınlaşmasındaki en önemli sebeplerden bir tanesi de 1980'lerden günümüze kadar teknolojiye de bağlı olarak geliştirilen makina-ekipmanların bu sisteme uyarlanması ile birlikte verimliliği iki kat arttırmasıdır (Ünver, 1996).

Günümüzde kalın kömür damarlarına uygulanacak üretim yöntemiyle ilgili olarak yoğun insan gücü gerektiren operasyonların azaltılarak daha emniyetli ve daha randımanlı çalışma ortamı yaratacak kazı ve tahkimat yöntemlerinin tercih edildiği bilinmektedir (Demirbilek, 1987). Bu tip damarlarda kömür üretimi için üç ayrı mekanize yöntem uygulanmaktadır (Myszkowski, 2004):

- Çok dilimli uzunayak
- Tek ayak yöntemi (bütün damar kazısı)
- Arkadan göçertmeli uzunayak

Mekanize uzunayak yöntemi ülkemizde ilk olarak 1987 yılında TKİ'ye bağlı OAL işletmelerinde uygulamaya sokulmuştur. 1990'lı yıllardan sonra özelleştirme politikalarıyla beraber linyit üretim projeleri ve termik santral işletmelerinin özel sektör eliyle yürütülmesinin önü açılmıştır. 1996 yılında B ve C sahalarının üretim projesini, yatırımlarını ve işletmeciliğini alan Park Grubu daha sonra 2000 yılında A ve F sahalarının rehabilite edilerek işletilmesini, 2004 yılında da G sahasının proje ve yatırım safhalarını takiben üretim çalışmalarını üstlenmiştir. Bu çalışmada da C sahasının yeraltı ekipmanları ve bu ekipmanlar ile 3 ayrı panoda gerçekleştirilen üretim hızları incelenecektir.

2. ÇAYIRHAN YERALTI MEKANİZE SİSTEMİ

Yaklaşık 400 milyon ton kömür bulunan Çayırhan havzasında kömür, bir ara kesmeyle ayrılarak iki damar halinde konumlanmıştır. Bu iki damarın 150 m altında henüz işletmeye alınmamış ve kalınlığı 2–11 m arasında değişen üçüncü bir kömür damarı daha mevcuttur. Üst kömür için sahanın batısında iki damar arasındaki ara kesme kalınlığı 1,2–1,8 m kalınlığında iken sahanın doğu kesiminde ara kesmenin kalınlığı 0,5–1 m arasında değişmektedir. Bu nedenle sahanın batısında (B sahası) iki damar ayrı ayrı çalışılacak şekilde planlanırken sahanın doğusunda ise (C ve G sahaları) tek ayak

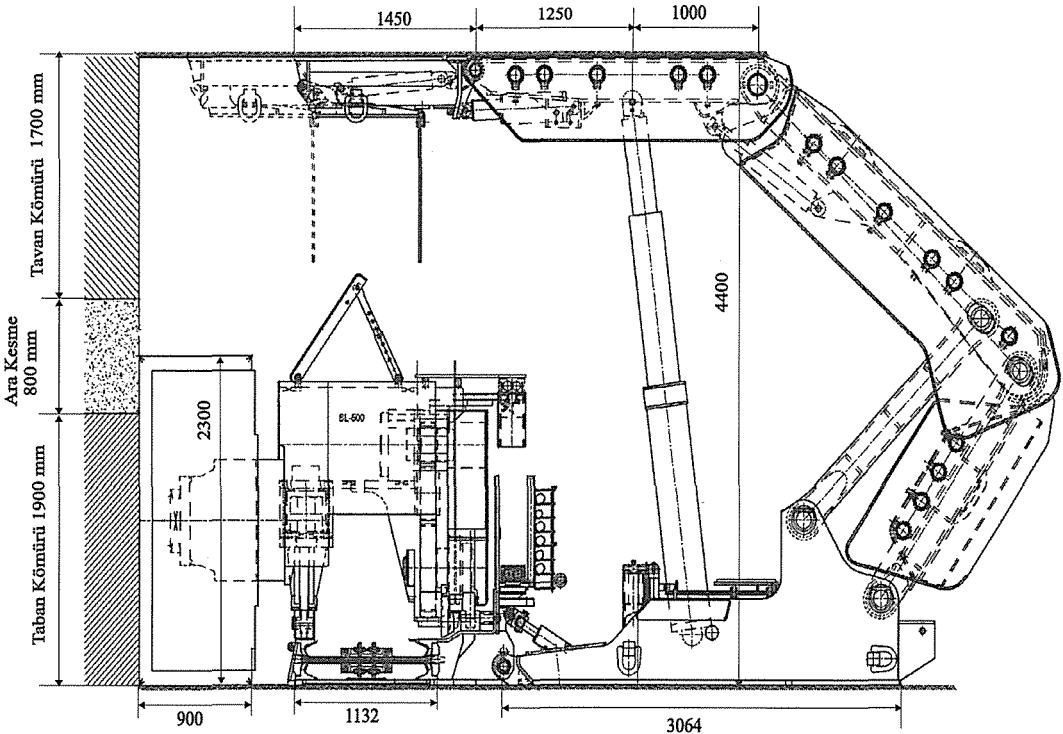
çalışılacak şekilde planlanmıştır ve bütün makina-ekipman buna göre seçilmiştir (Aydın, 2000).

Çayırhan yeraltı işletmelerinde kömür üretimi dönümlü göçertmeli uzun ayak şeklinde tam mekanize olarak gerçekleştirilmektedir. Yöntemde taban yolu ihtiyacını en aza indirmek, rezervlerin daha iyi kullanılmasını sağlamak, kömürün kendiliğinden yanma riskini azaltmak için her sahada panoların alt taban yolları bir sonraki pano için üst taban yolu olacak şekilde planlanmıştır. Bu panolarda ayak başlarına yapılan dolgu taban yollarında bulunan mevcut tahkimat sistemine destek olarak bir sonraki panoda kullanımı için yardımcı olmaktadır (Aydın, 2000; Çavuşoğlu, 2008).

Tam mekanize olarak üretim yapılan ocaklardaki uzunayak teçhizatları kesici-yükleyici, yürüyen tahkimat üniteleri, ayak zincirli konveyörü, aktarma zincirli konveyörü, bant konveyör, güç üniteleri, nakliyat üniteleri vb. gibi donanımlardan oluşmaktadır. Kesici-yükleyicinin kömürü kazmasıyla başlayan üretim işleminde kömür nakliyatı, ayak içi zincirli konveyör, aktarma konveyörü ve bant nakliyat sistemlerinin de devreye girmesiyle gerçekleşmektedir.

2.1. C Sahasında Kullanılan Üretim Makina ve Teçhizatları

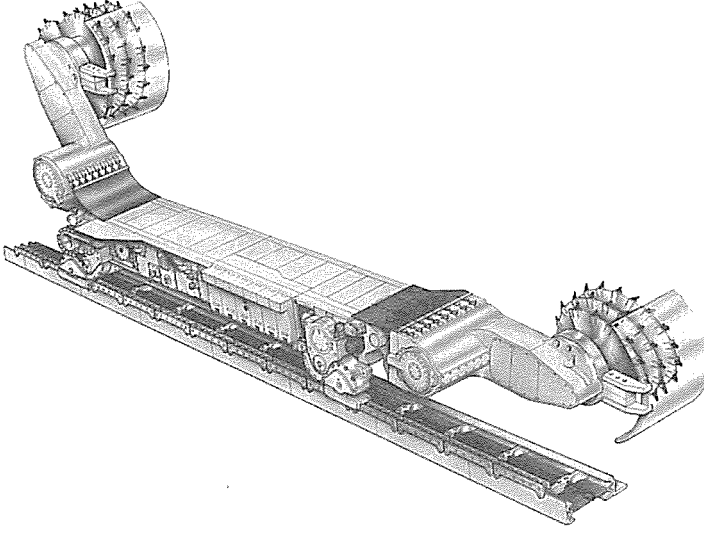
C sahasında yüksek arınlı kömür ocaklarında kazı üretimi gerçekleştiren makina-ekipman seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. C sahası ayak içi teçhizatının kesit görünüşü.

2.1.1. Kesici yükleyici

Üretim ayağında Eickhoff SL500 tipi çift tamburlu kesici yükleyici makina kullanılmaktadır (Şekil 2). Kesici tamburların her biri 500 kW'lık elektrik motoru ile tahrik edilmekte olup toplam kurulu güç 1148 kW, kesici kafa çalışma voltajı 3300 volt'tur. 2300 mm çaplı 900 mm dalma derinliğine sahip kesici tamburların her biri 76 adet kesici uç ile donatılmış olup; tambur devri 23 d/dk'dır. Makina 14,27 m uzunluktadır ve en fazla kesme yüksekliği 5,16 m'dir. HB-track yürüyüş sistemine sahip makinanın (en düşük çekme kuvvetinde) en fazla yürüyüş hızı 10,7 m/dk'dır. Makinanın ağırlığı yaklaşık 75 ton'dur (Çizelge 1).



Şekil 2. Eickhoff SL500 makinası görünümü.

2.1.2. Zincirli konveyörler

Ayak içi ve aktarma konveyörü olarak 1800 t/h taşıma kapasitesine sahip, HB 280/1000 tipi ortadan tek zincirli konveyörler kullanılmaktadır. Ayak içi konveyöründe her bir oluk 1750 mm, aktarma konveyöründe 1500 mm'dir. Ayak içi konveyörü PKPL-25 tipi 39:1 çevrim oranlı redüktörler ile 2 adet 400 kW'lık elektrik motoru ile tahrik edilir ve 1,12 m/s hızla çalışır. Aktarma konveyörü de yine PKPL-25 tipi 33:1 çevrim oranlı redüktör ile 1 adet 250 kW'lık elektrik motoru ile tahrik edilir; 1,32 m/s hızda çalışır (Çizelge 2).

Her iki konveyörde de yatık baklaları $\Phi=48$ mm $t=156$ mm dairesel kesitli; dik baklaları dövme malzemeden $\Phi=56$ mm $t=142$ mm kesik daire kesitli patentli zincir kullanılmaktadır. Ayak içi konveyörünün aktarma konveyörüne döküşü AR-25 tipi yandan boşaltmalı baş oluk sayesinde yapılmaktadır.

Aktarma konveyörünün üzerine SK 11-11 tipi, yüksekliği 4 kademedede ayarlanabilen çeneli kırıcı monte edilmiş olup 250 kW elektrik motoru ile kayış-kasnak sistemi ile tahrik edilmektedir.

Çizelge 1. Kesici-yükleyici makina özellikleri.

Özellik	Tanım
Tip	Double-Ended Ranging Drum Shearer SL500
Tambur Sayısı	2
Tambur Çapı	2.300 mm
Tambur Hızı	23 rpm
Gövde Yüksekliği	2.2 m
Kesme Derinliği	0,9 m
Maksimum Kesme Yüksekliği	5,16 m
Kesme Hızı (En Büyük)	10,7 m/dk.
Kesici Kol Uzunluğu	2,285 m
Motor	2 x 500 kW
Motor Voltajı	3300 V
Ağırlık	~ 75 ton

Çizelge 2. Ayak içi konveyörün özellikleri.

Özellik	Ayak içi Konveyörü	Aktarma Konveyörü
Tip	HB 280 - 1000	HB 280 - 1000
Kapasite	1800 t/h	1800 t/h
Uzunluk	233 m.	39 m
Kurulu Güç	2 x 400 kW	1 x 250 kW
Zincir Hızı	1,12 m/sn	1,32 m/sn
Zincir [Tek Sıra]	(48x156) / (56x142)	(48x156) / (56x142)
Levha Kalınlığı	50 mm	50 mm
Motor Gücü	400 kW	250 kW
Motor Voltajı	1000 V	1000 V

2.1.3. Yürüyen tahkimatlar

Üretim ayağında 130 adet STS 25/50L tipi yürüyen tahkimat kullanılmaktadır (Şekil 1). Tahkimatların açık yüksekliği 5 m, kapalı yüksekliği 2,5 m, genişliği 1,7 m, ağırlığı 25,6 t'dur. Tahkimatlar (her biri 300 bar basınçta 2340 kN ön sıkılama yüküne sahip) iki direklidir. Üretim sürekliliğini sağlayabilecek şekilde 850 mm stroklu sürgülü ana kapeye sahiptir. Aynı zamanda ilerleme mesafesi de 850 mm. dir. Ayak başındaki ilk 3 tahkimat 4 direkli ve uzun sürgü kapeli, kuyruktaki son 3 tahkimat ise uzun sürgü kapelidir.

2.1.4. Bant konveyörler

Üretilen kömür, 1200 mm genişliğinde 2000 t/h kapasiteli yaklaşık uzunluğu 5500 metre olan 5 adet bantlı konveyör vasıtası ile nakledilir. Bantlı konveyör şaselerinin tamamı tavana askılı sistemdir. Alt taban yolunda aktarma konveyörü önündeki bant konveyör teleskopik özellikte ve DIN 22109-T1 normuna uygundur. PVNI 1250/1-1200-2,5+2,5 V olarak tanımlanan ticari adı Solid Woven tipi olarak bilinen 1200 mm genişliğinde 1250 N/mm mukavemete sahip yer altı kullanımına (Atex normuna) uygun tekstil kortlu, anti statik, aleve dayanıklı ve kendi kendine sönebilen bant kayışı

kullanılmaktadır. Bant konveyörün boyu, üretim panosu boyuna bağlı olarak üretim başlangıcında 1250-1500 m'dir ve pano ilerlemesine bağlı olarak kısaltılır.

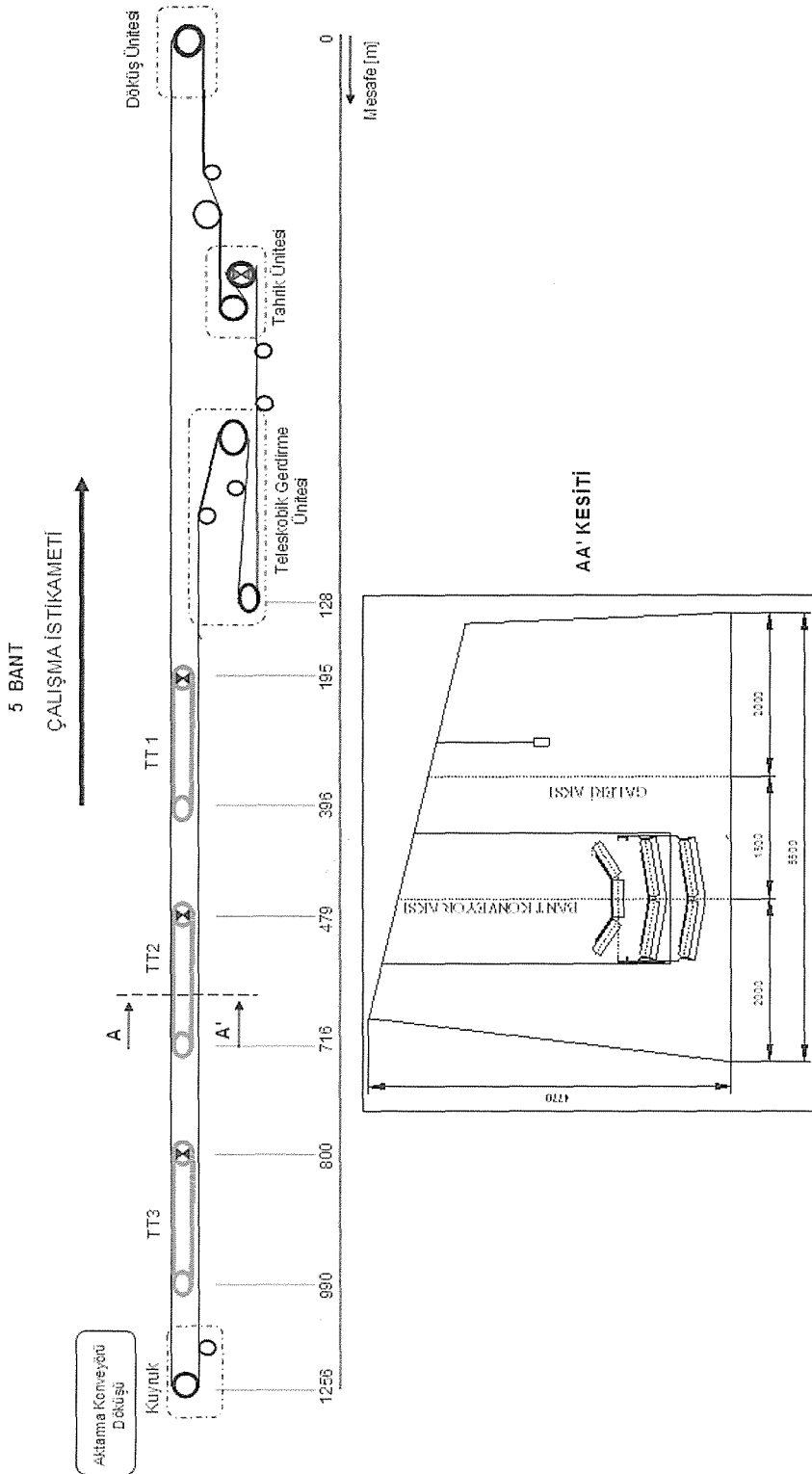
Geleneksel bant konveyör tahriklerinden farklı olarak alt taban yolu bandında, **TT tahrik** olarak adlandırılan içten konveyör destekli sürtünmeli tahrik sistemi kullanılmaktadır (Şekil 3). Yüksek kapasite ile çalışan bant konveyörlerde kayış kalitesinin optimize edilebilmesi için TT tahrikleri kullanılır. Böylece daha düşük kayış kalitesi ile daha yüksek tahrik veya frenleme güçleri elde edilmektedir. Diğer bant konveyörlerde geleneksel bant tahrikleri kullanılmaktadır. Özetle TT tipi tahrik, ana nakliye bandının içine kurulmuş ikinci bir bant konveyörden ibarettir. TT bandının üst kayışı, ana nakliye bandının üst kayışı ile kayışın kendi ağırlığı ve nakledilen malzemenin ağırlığı sayesinde sürekli temas halindedir. TT bandına uygulanan tahrik veya frenleme kuvveti, bandın üst kayışı ile ana bant üst kayışı arasındaki sürtünme sayesinde ana banda aktarılır. İhtiyaç duyulan tahrik veya frenleme gücüne bağlı olarak TT tahriklerinin sayısı 3'e kadar çikabilir.

2.1.5. Nakliyat sistemleri

Yeraltı ve yerüstü malzeme ve insan nakliyatları, sonsuz halat sistemi ile tahrik edilen raylı sistemler ile gerçekleştirilir. Özellikle 30 tona kadar ulaşabilen ağır yük nakliyeleri yerden döşenmiş raylar üzerinde (Yerkars/Coolie-car) yapılır. 250 kW elektrik motoru ile tahrik edilen hidrolik sistemden elde edilen 140 kN'luk çekme kuvveti 28 mm'lik çelik halata uygulanmak sureti ile nakliyat yapılır. Özellikle pano taşınmalarında yürüyen tahkimatların nakliyesinde kullanılan yerkars sistemi üretimin devam ettiğı süreçte de üst taban yolundaki nakliyatlarda esastır. Alt taban yollarında ve hazırlık galerilerindeki malzeme ve insan nakliyeleri, kapasitesi özel kirişler ile 12 tona kadar arttırılabilen ve rayları galeri tahkimatına askılı olan tekkars (monoray) sistemi ile yapılır. Tekkars (monoray) sistemi de yerkars sistemine benzer şekilde sonsuz halat sistemi ile çalışır. Kullanılan halat 18 mm'lik çelik halattır. Her iki nakliye sistemini de destekleyen ve genellikle bu sistemlerin bittiğı noktadan arına kadar kullanılan havalı monoraylar nakliyat sistemindeki diğer bileşenlerdir. Havalı monoraylar, 6 bar basınçlı hava ile tahrik edilir 6 kW veya 9 kW'lık tahrik gücüne sahip hava motorları ile donatılmıştır.

2.2. Hazırlık İşleri

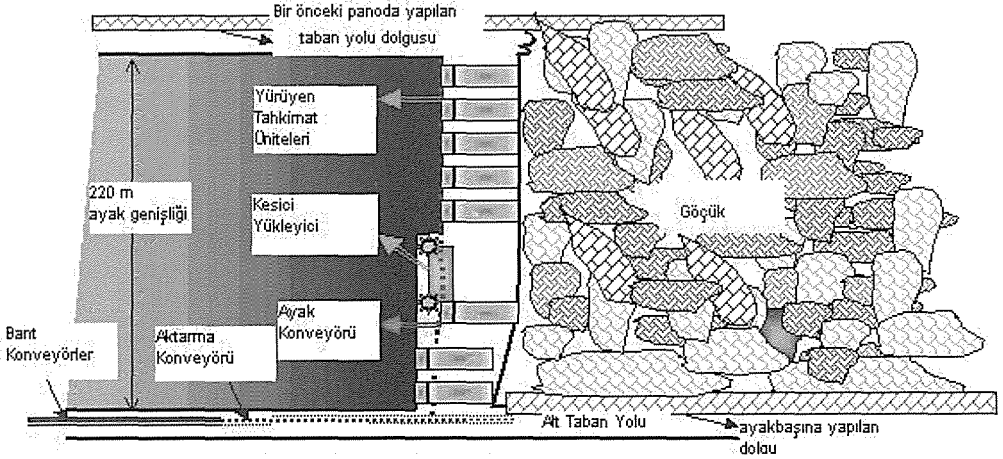
Çayırgan yeraltı işletmelerinde galeri açma işlemi Galeri Açma Makinaları (GAM) ile yapılmaktadır. Sahalarda yapılan hazırlık çalışmalarında ortalama 25 m² kesitli galerilerde günlük ilerleme hızı 7-12 m arasında değişmektedir. Üretim hızının 6-8 m olduğu sahada hazırlık galerilerinin üretime yetiştirilmesi amacıyla ilerleme hızlarının bu seviyelerin altında olmaması gerekmektedir. Sahadaki jeolojik yapıda meydana gelen değişimler ilerleme hızına etki etmektedir. C sahasında ilk olarak ana nakliye galerisi sürülmüştür. Ana galeri sürüldükten sonra ilk oluşturulan panonun alt taban ve üst taban yollarının açılması eş zamanlı yürütülmüştür. Taban yollarının tamamlanmasından sonra ayak içi üretim makina ve ekipmanın yerleştirileceğı klavuz galerileri ve genişletilmesi tek ayaklı panolarda GAM ile yapılmaktadır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra üretim için hazır halde bulunan makina ekipmanın ayak içine nakliye ve montajına başlanır.



Şekil 3. C sahasında kullanılan TT tahrik sistemi.

2.3. C Sahasında Kömür Üretimi

Tek ayak (single pass longwall) yöntemiyle (Şekil 4) üretim gerçekleştirilen sahada yıllık yaklaşık 2-2,5 milyon ton kömür üretimi yapılmaktadır. Sahada incelenen pano uzunlukları 1300 m, ayak boyları 220-230 m ve kömür kalınlığı ise 4,0-4,7 m civarındadır. Üretime, taban yollarının açılmasından sonra genişletilmiş klavuz galerisine ve taban yollarına üretim ve nakliyat ekipmanlarının montajını takiben başlanır.



Şekil 4. C sahaları ayak plan görünümü (İbuk, 2006).

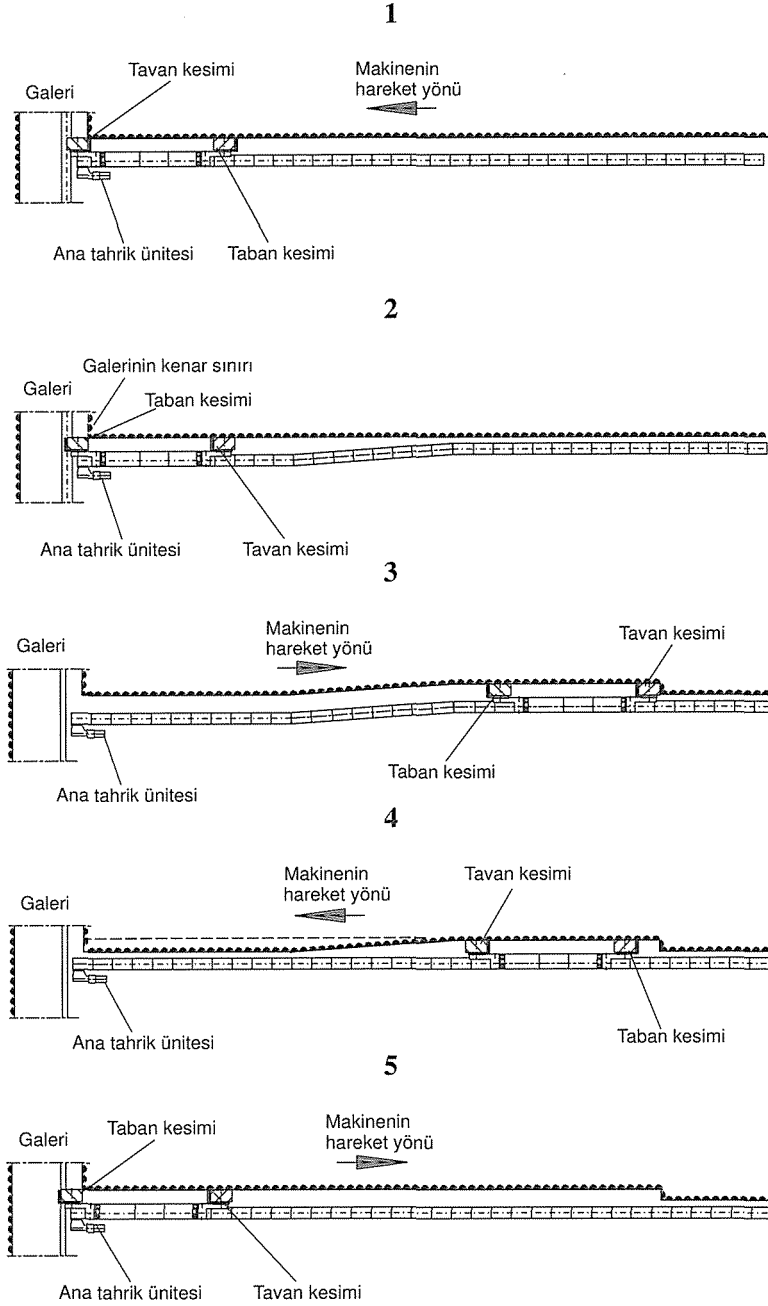
Ayakbaşının kesimi ve makinanın yeni have kesimine hazırlanması safhaları Şekil 5’de görülmektedir. Kuyruktan gelen makina galerinin içine kadar kesimini gerçekleştirir (1).

Daha sonra öndeki tambur kaldırılır arkadaki tambur indirilir. Ayak içi zincirli konveyör kuyruktan ayakbaşına 30 m mesafeye kadar olan kısımda arına doğru itilir ve ayak tahkimat üniteleri de galeri kenar noktasına yaklaşık 20 m mesafeye kadar itilir (2).

Sonrasında makina ayak ortasına bir makina boyu üretim yapacak kadar hızlı bir biçimde getirilir (3).

Daha sonra makinanın öndeki kesici tamburu kaldırılır, arkadaki tambur indirilir, galeriye yakın olan ve geride kalan konveyör itilir, tahkimat itilir ve galeri tarafına doğru kesim yapılır (4).

Öndeki kesici tambur kaldırılır, arkadaki tambur indirilir ve kuyruk bölgesine kadar hızlı bir şekilde ilerleme yapılarak kesim gerçekleştirilir (5). Kuyruğa gidildikten sonra (2)’den (4)’e kadar işlemler tekrar gerçekleştirilir.

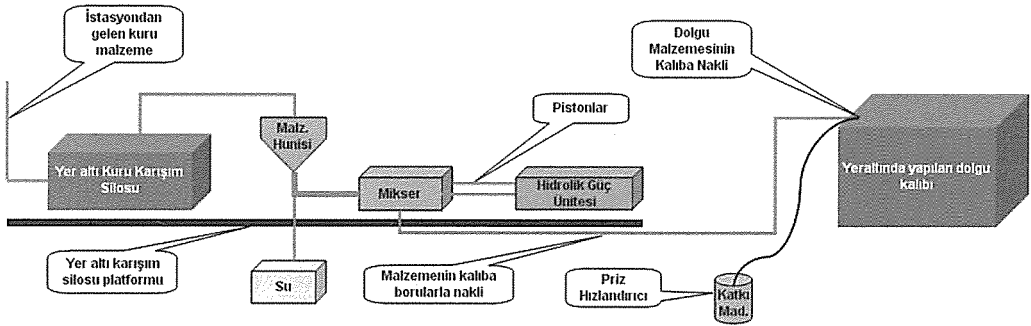


Şekil 5. Mekanize ayaklarda arın kesim yöntemi (Ayakbaşı Üretim Yöntemi).

2.3.1. Yeraltı dolgu

İşletmede dolgu malzemesi ilk olarak yerüstü tesisinde kuru bir biçimde karıştırılarak basınçlı hava ve borular vasıtasıyla yeraltına nakledilmektedir. İlk olarak termik santral atığı olan uçucu kül ve piyasadan temin edilen portland kompoze çimento (Cem II 42,5 R) silo kamyonlar vasıtasıyla yerüstü çimento ve kül silosuna boşaltılmaktadır. Buradan

ağırlıkça %75 kül ve %25 çimento olacak biçimde otomasyon haline getirilen kantarda malzemelerin tartımı yapılır ve hazırlanan bu karışım malzemesi taşıyıcı helezonlar vasıtasıyla ocakların karışım silolarına, buradan da basınçlı hava sistemi ile yeraltında konumlandırılmış elefantino adı verilen yer altı dolgu istasyonlarının bunkerlerine kuru bir biçimde nakledilir. Artık dolgunun nihai olarak bulamaç (macun kıvamı) halini aldığı bölge burasıdır. Mikserler vasıtasıyla yeteri kadar su ile (katı oranının yaklaşık %30-35'i kadar) karıştırılan karışım malzemesi istenen kıvama getirildikten sonra hidrolik güç ünitesi ile beraber boru vasıtasıyla dolgu kalıbına nakledilir (Şekil 6). Sistemin çok hareketli oluşundan dolayı dolgu malzemesinin erken dayanıma ulaşması istenmektedir. Bunu sağlamak için dolgu malzemesine kalıba alınmadan hemen önce katkı (priz hızlandırıcı) ilave edilmektedir.



Şekil 6. Yeraltı dolgu işleyiş şeması.

2.3.2 C sahası üretim hızının belirlenmesi

Çalışmada C sahasının en son çalışılan üç panosunun üretim verileri incelenmiştir (Çizelge 3). Çizelge incelendiğinde her üç panoda da üretim zamanının toplam zamanın yaklaşık %65'lik bir kısmını aldığı görülmektedir. Avustralya'da %50-60 (Ünver, 1996) arası olduğu düşünüldüğünde oldukça yüksek kabul edilebilir. Çayırhan yeraltı işletmelerinde yapılan işlerin tüm kayıtlarının tutulduğu ana kontrol merkezinden alınan üretim verilerine göre ilerleme hızları C13 panosunun 6,36 m/gün, C11 panosunun 7,20 m/gün ve C09 panosunun 7,41 m/gün şeklindedir. Bu ilerleme hızları panonun üretime başladığı ve bittiği zamanlara yakın durumlarda daha düşük olmaktadır ve ortalama ilerleme hızını düşürmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda öngörülen ayak ilerlemesi 2,7 m/gün (Ünver, 1996) olduğuna göre şimdiki gerçekleşen üretim hızının oldukça ileri düzeyde olduğu söylenebilir.

C13 panosunun diğer panolara oranla biraz daha düşük ilerleme hızına sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni C13 panosunun batı tarafında bulunan panolardan ilk üretim panosu olmasıdır (Şekil 7). İlk üretim panolarında üretime başladıktan sonra arka kısmın göçme (oturma) zamanı diğer panolara oranla daha geç olması üretim hızını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca üretim hızını etkileyen ayak eğimi, pano eğimi, su varlığı, kömürün ve yan kayacın yapısı vb. gibi diğer parametreler de mevcuttur. Çayırhan havzasında kömür yeraltında senkinal bir yapıya sahiptir. C13 panosunun ayak eğimi diğer panolara göre yüksektir. Panolarda ölçülen ayak eğimleri C13

panosunda üretime başlanılan yerlerde kuyruk-ayakbaşı arası -16° pano ortalarında ise -13,5°'dir. C11 panosunda tüm pano boyunca yaklaşık -6,5° ve C09 panosunda ise ortalama -5°'dir. Eğim artışının üretim hızını olumsuz etkilediği bu verilerden de görülmektedir.

Çizelgeye bakıldığında kesme derinlikleri arasında da bir fark olduğu görülmektedir. C13 panosunda ortalama kesme derinliği 0,77 m, diğer panolarda ise 0,75 m'dir. Yapılan ölçümlerden makina kesme hızının ayak içinde 1,5-4 m/dk arasında değiştiğini göstermektedir.

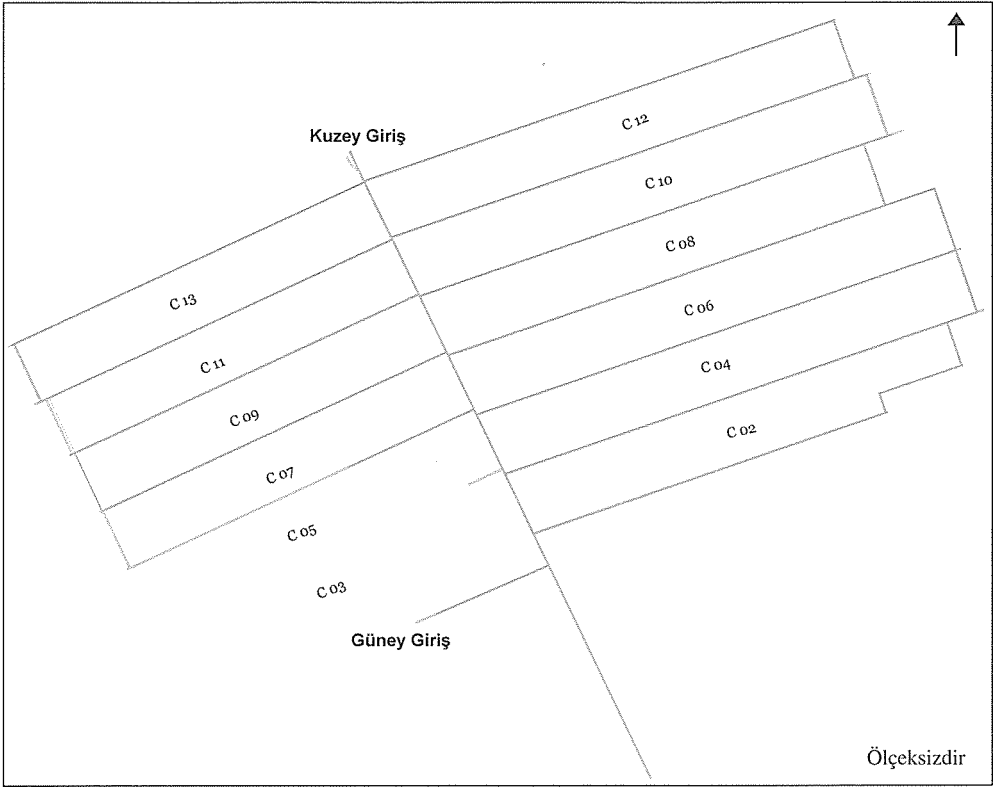
Çizelge 3. Yeraltı ana kontrol merkezinden elde edilen C sahası üretim verileri.

Pano Adı	Yıl	Toplam Çalışılan İş Günü	Toplam Üretim Zamanı (dk)	Toplam Zaman (dk)	Günlük Çalışma (dk/gün)	Fiili Çalışma Peryodu (%)	Pano Boyu (m)	Pano Üretim Zamanı (ay)	Pano Taşıma Zamanı (gün)	Tüvenan Rezerv (ton)	Ortalama Kesme Derinliği (m)	Ortalama İlerleme (m/gün)
C13	2007 2008	198	187055	285120	1440	65,61	1320	8	40	2.000.000	0,77	6,36
C11	2008	173	159225	249120	1440	63,91	1310	7	40	2.000.000	0,75	7,20
C09	2008 2009	162	154465	233280	1440	66,21	1310	7	40	2.000.000	0,75	7,41

Üretim yapılan panolarda fiili üretim zamanı tüm zamanın ortalama olarak %65'ini kapsamaktadır. Toplam zamanın geriye kalan %35'lik kısmını ise yeraltında yapılan ve üretimle bağlantılı olarak gerçekleşen işlemler almaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Fiili kazı zamanı dışında gerçekleşen ve tüm pano üretim zamanını etkileyen işlemler.

Vardiyada Gerçekleşen Fiili Kazı Dışı İşlemler	Ortalama Süreleri (dk)
Vardiya Değişimi	40-60
Aktarma Konveyörü Çekimi (10m için)	60-80
Ayakbaşı Tahkimat İşleri	40-60
Ayak İçi Ekipman Bakım	15-60
Tambur Uç Değişimi	5-25
Enjeksiyon Çalışması	Değişken
Diğer	-



Şekil 7. C sahası ocak plan görünümü.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde son yıllarda olan enerji talebini karşılamada kömür rezervlerinin etkin bir şekilde kullanılması belirlenen hedeflerden bir tanesidir. Kömür rezervlerinin son zamanlarda yapılan arama çalışmalarıyla daha da artması bu alanda yapılacak olan madencilik çalışmalarının da artmasına neden olacaktır. Ancak ülkemizde uygulanmakta olan teknoloji ve işletme modelleri nedeniyle kömürün verimli ve ucuz bir şekilde üretilmesi oldukça zor görünmektedir. Yeraltından düşük maliyetlerle kömür üretilmesini engelleyen en önemli iki unsur, modern teknolojinin yokluğu ve modern işletme yöntemlerinin sağlanmamış olmasıdır.

Çayırhan yeraltı linyit işletmelerinde tam mekanize üretim yapılan C sahasında kömür kalınlığı ortalama 4,4 m'dir. Tek ayak şeklinde üretim yapılan sahada bütün makina-ekipman bu özelliğe bağlı olarak seçilmiştir. Üretim hızı, damar kalınlığı, ayak eğimi, pano eğimi, su varlığı, kömürün ve yan kayacın yapısı vb. gibi koşullardan etkilenmesine rağmen 7,41 m/gün seviyelerine çıkmıştır. Fiili kazı zamanı ise toplam çalışma zamanının ortalama %65'i seviyelerindedir. Üretim hızının ve randımanın yüksek olduğu bu sahada yıllık üretim 2-2,5 milyon ton seviyelerindedir.

Ülkemizin önemli enerji kaynaklarından bir tanesi kömürdür. Kömür rezervlerimizin büyük bir bölümünü ise düşük kalori linyit oluşturmaktadır. Düşük kalorili bu rezervlerin ileri teknoloji kullanımı ve düşük maliyetlerle üretilerek enerji elde etme amacı değerlendirilmesi ile ülke menfaati bakımından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Anon** (1995) *Longwall Mining*, Energy Information Administration Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels U.S. Department of Energy Washington DC, 63 pp.
- Aydın, Y. ve Kaygusuz, Y.** (2000) Modern Teknolojiyle Donatılan Park Teknik Çayırhan Kömür İşletmesinin Tanıtılması, *Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, s. 117-128.
- Çavuşoğlu, İ.** (2008) Uçucu Küllerin Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılması; Örnek Bir Uygulama (Çayırhan). *Madencilik Dergisi*, Cilt: 47, Sayı:3, s. 3-13.
- Demirbilek, S.** (1987). Kalın Kömür Damarlarında Yeraltı Üretim Yöntemi Tasarımına Genel Bir Yaklaşım. *Madencilik Dergisi*, Cilt: XXVI, Sayı:4, s. 23-30.
- Hekimoğlu, O. Z.** (1991) OAL Müessesesindeki Tamburlu Kesici Yükleyiciler ve Karşılaşılan Sorunlar, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 12. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını*, Ankara, s. 133-146.
- İbuk, A.** (2006) Park Teknik Çayırhan Yeraltı İşletmesi, Yayınlanmamış Teknik Not, 50 s.
- Myszkowski, M.** (2004) Overview of Longwall Technologies for Extraction of Thick Seams, *Round Table "Mining"*, Moscow.
- Peng, S. S.** (2006) *Longwall Mining*, Department of Mining Engineering College of Engineering and Mineral Resources West Virginia University, Second Edition, 621 pp.
- Ünver, Ö.** (1996). Çayırhan Kömür İşletmesinde Süper Uzunayak. *Madencilik Dergisi*, Cilt: XXXV, Sayı:2, s. 27-39.

TÜRKİYE SONDAJ ÇALIŞMALARI, KAPASİTESİ VE SONDAJ MAKİNA İMALAT SEKTÖRÜ

UNDERGROUND DRILLING OPERATIONS, CAPACITY AND DRILLING MACHINE PRODUCTION INDUSTRY IN TURKEY

Veli ALTUNDAĞ, *Maden Tetkik Arama, Ankara*
Sedat TORAMAN, *Maden Tetkik Arama, Ankara*

ÖZET

Endüstriyel hammadde kaynakları ile metalik maden fiyatlarının yükselişte olduğu bu dönemde, yeraltı kaynaklarımızın reel ekonomiye kazandırılmaları için sondajlı arama çalışmalarının artırılması gerekmektedir. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli yönünden Avrupa'da 1. Dünya'da ise 7. ülke konumundadır. Bu bağlamda; ülkemiz yeraltı zenginliklerinin biran evvel ortaya çıkarılması için kamu kuruluşları ile özel sektör sondaj faaliyetlerini arttırmalıdır. Ülkemizde makina imalatı sektörü gelişmiş olmakla beraber sondaj makinası imalatında ciddi gelişmeler sağlanamamıştır. Ülkemizde soğuksu, zemin ve karotlu sondaj makinası imalatı yapılmaktadır. Bu çalışmada ülkemizin sondaj yapabilme kapasitesi ile makina imalat durumu irdelenecektir.

ABSTRACT

In this period of rise of the prices in industrial raw material resources and metallic minerals, we need to increase exploration operations with drilling to contribute our underground resources to real economy. Turkey is in the position of first country in Europe and seventh country in the World. In this context, in order to extract our underground richness immediately, government enterprises and private sector must increase drilling activities. In our country machinery, manufacturing sector is being well developed but no serious developments are achieved. In our country coldwater, ground and core drilling machines are manufactured. In this study, the drilling capacity and the machinery manufacturing status of our country will be evaluated.

1. GİRİŞ

Özel olarak imal edilmiş ekipmanlarla dik olarak yeraltına doğru silindirik delik açma işlemine “sondaj” denir. Sondaj çalışması; bilimsel yöntemlerle yer altında varlığı tahmin edilen madenlerin nitelik ve nicelik bakımından boyutlarının saptandığı teknik bir işlemdir. Sondaj çalışmaları sondaj mühendislerinin kontrol ve denetiminde, sondaj makinası ve ekipmanları ile gerçekleştirilen iş güvenliği açısından oldukça riskli ve maliyeti yüksek çalışmalardır.

Ülkemiz karmaşık jeolojik yapısı nedeniyle maden çeşitliliği bakımından Dünya’da, 10.sırada bulunmakla beraber; maden üretimi açısından 28. sırada yer almaktadır. Endüstriyel ham madde kaynakları ile metalik maden fiyatlarının yükselişte olduğu bu dönemde, yer altı kaynaklarımızın reel ekonomiye kazandırılmaları için sondajlı arama çalışmalarının artırılması gerekmektedir. Jeotermal sistemlerin geliştiği ülkeler, tektonik veya aktif volkanik kuşaklar üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizde de genç tektonizma ve volkanizmanın yaygın olarak gelişmesi nedeniyle zengin jeotermal sistemler oluşmuştur. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli yönünden Avrupa’da 1. Dünya’da ise 7. ülke konumundadır. Bu güne kadar yapılan sondaj çalışmaları ile ülkemizin öngörülen jeotermal enerji potansiyelinin % 14’ü ortaya çıkarılabilmektedir. Bu bağlamda; yer altı zenginliklerimizin ortaya çıkarılması için kamu kuruluşları ile özel sektör sondaj faaliyetlerini arttırmalıdır.

2. TÜRKİYE SONDAJ ÇALIŞMALARI

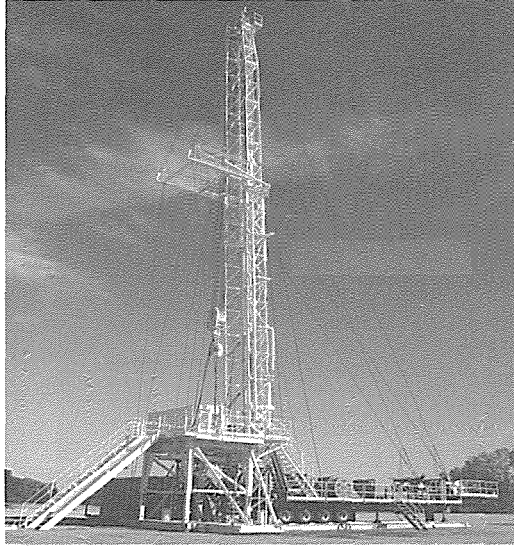
2.1. Petrol Sondajları

Petrol ve jeotermal enerji sondajlarında, Şekil 1’de görünen tipik sondaj makinası ile kuyu açma işlemine 70 cm çapla başlanarak 20 cm kuyu çapıyla bitirilir. Jeotermal sondaj kuyuları muhtelif derinliklere indirilen yüzey muhafaza borusu, üretim borusu ve filtreli borularla teçhiz edilir. Petrol sondajlarında ise bunlara ilave olarak kuyuya tubing indirilerek üretim yapılır.

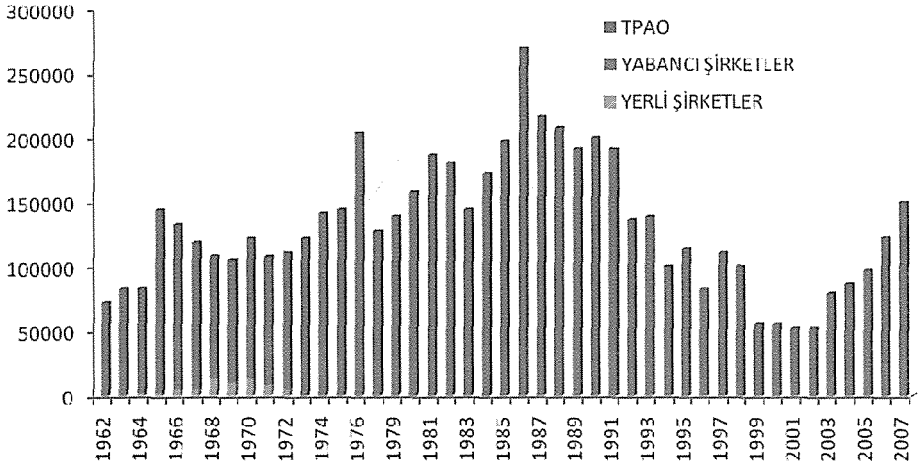
En derin petrol üretim kuyusu ABD-Kaliforniya’da 6.880 metre olarak kazılmıştır. En derin petrol araştırma sondajı ise Rusya’da 9.000 metre olarak yapılmıştır. Ülkemizde ise en derin petrol kuyusu Antalya’da 6.111 metre olarak kazılmıştır. Yılda Amerika’da 17.000, Romanya’da 6000 kuyu açılırken, ülkemizde bugüne kadar yaklaşık 7 milyon metre sondaj yapılarak 3.326 petrol kuyusu açılmıştır.

Türkiye’de petrol arama faaliyetleri Güneydoğu Anadolu’da ve Trakya’da yoğunlaşmıştır. Mevcut bilgiler ışığında Türkiye’deki bütün sedimanter havzaların petrol parametreleri ortaya çıkarılmıştır. Günümüzde petrol ve gaz üretiminin yapıldığı Güneydoğu Anadolu, Trakya ve Adana bölgeleri ile Tuz gölü, Antalya ve diğer iç sedimanter sahalarda petrol potansiyeli mevcuttur.

Türkiye’nin petrol tüketiminin %9’dan daha az bir kısmı yerli üretim ile karşılanabilmektedir. Bir petrol ülkesi olmamakla birlikte Türkiye Şekil 2’den de görüleceği üzere, petrol aramacılığı bakımından cazibesini korumaktadır.



Şekil 1. Petrol sondaj kulesi.

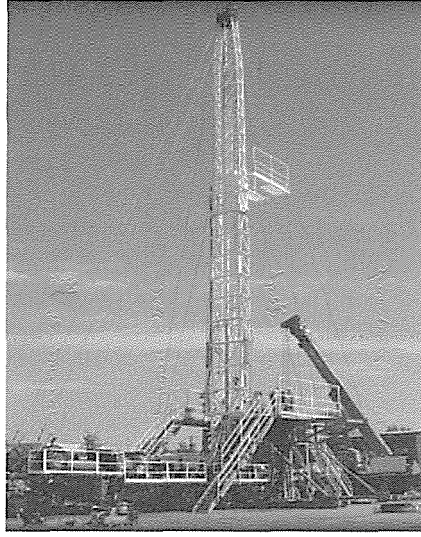


Şekil 2. Türkiye’de yapılan petrol sondajları (TPAO yıllık faaliyet raporları).

2.2. Jeotermal Enerji Sondajları

Jeotermal sistemler, tektonik ve aktif volkanik kuşaklar üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizde de genç tektonizma ve volkanizmanın yaygın olarak gelişmesi nedeniyle zengin jeotermal sistemler oluşmuştur.

Türkiye jeotermal enerji potansiyeli yönünden Avrupa’da 1. Dünya’da ise 7. ülke konumundadır. Ülkemizde ilk jeotermal sondaj kuyusu MTA tarafından 1963 yılında *İzmir-Balçova*’da 40 metre derinliğinde kazılmış ve 124 °C sıcaklıkta, 27 lt/sn debide jeotermal akışkan elde edilmiştir.



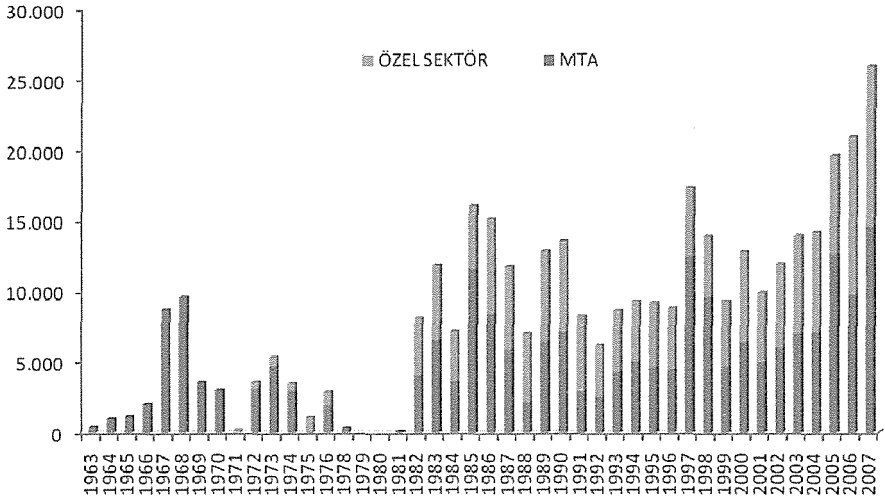
Şekil 3. Tipik bir rotary sondaj makinası.

Jeotermal kuyuların kazılması ve teçhiz edilerek üretime açılması işleri, bilimsel titizlikle yürütülen oldukça riskli çalışmalardır. Örnek verilecek olursa; kaynayan bir düdüklü tencereye delik açmak güvenlik açısından ne kadar riskli ise yüksek entalpili jeotermal bir sahada derin sondaj kuyuları kazmakta aynı ölçüde risklidir.

MTA Genel Müdürlüğü jeotermal konusunda hakem bir kurum olarak 1963 yılından beri makina parkında bulunan Amerikan ve Romen menşeli sondaj makinaları (Şekil 3) ile sığ ve derin jeotermal kuyularını kazmaya devam etmektedir. MTA, yaptığı sondajlı arama çalışmaları ile 186 adet jeotermal saha keşfetmiştir. Bu sahalarda 446 adet sondaj kuyusu kazılarak toplam 195.000 metre sondaj gerçekleştirilmiştir. Türkiye'deki yüksek entalpili jeotermal sahalar MTA tarafından gerçekleştirilen derin sondajlarla tespit edilmiştir. Yapılan bu sondajlı arama çalışmaları ile 3.328 MWt jeotermal enerji görünür hale getirilmiştir. Bu güne kadar yapılan sondaj çalışmaları ile ülkemizin öngörülen jeotermal enerji potansiyelinin %12'si ortaya çıkarılabilmektedir.

Ülkemizde sondaj makinası imalat sanayi, sığ derinlikte sondajları yapacak kapasitede makina üretimi yapmaktadır. Jeotermal enerji potansiyelimizin ortaya konulması için yerli sondaj makinası imalat sanayinin standartlara uygun ve derin jeotermal sondaj kuyuları kazabilen makina üretebilir hale getirilmesi gereklidir.

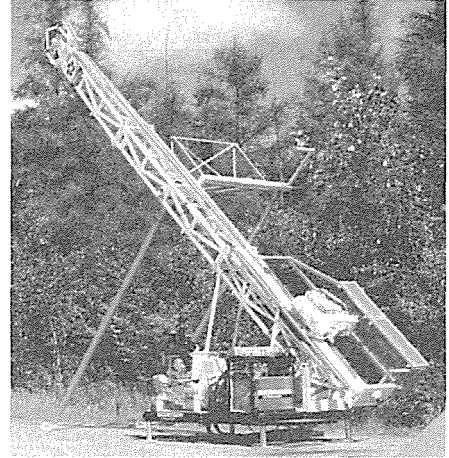
Son yıllarda jeotermal enerji sondajı yapan firma sayısı hızlı bir artış göstermiştir. Özel sektör firmaları 1971 yılından beri sığ sıcak su sondajları yapmaktadırlar. Ancak; özel sektör firmalarının kullandığı makinaların büyük bir kısmının eski makinalardan modifiye edilmiş düşük kapasiteli makinalar olduğu bilinmektedir. Bu nedenle firmalar 1.000 metreye kadar sığ sıcak su sondaj kuyularını güçlükle yapabilmektedirler. Ülkemizde bu güne kadar kamu ve özel sektörün yaptığı yaklaşık 400.000 metre jeotermal enerji sondajlarının yıllara göre dağılımları aşağıdaki grafikte (Şekil 4) verilmiştir.



Şekil 4. Türkiye’de yıllara göre yapılan jeotermal sondaj metrajları (MTA, 2007).

2.3. Maden Arama Sondajları

Maden arama sondajlarında kullanılan karotlu sondaj makinalarında (Şekil 5) karot çapı 90-20 mm arasında değişmektedir. Dünyada 3.500 metrelere kadar maden arama sondajları ve 11.000 metreye kadar araştırma sondajları yapılmaktadır.



Şekil 5. Karotlu sondaj makinaları.

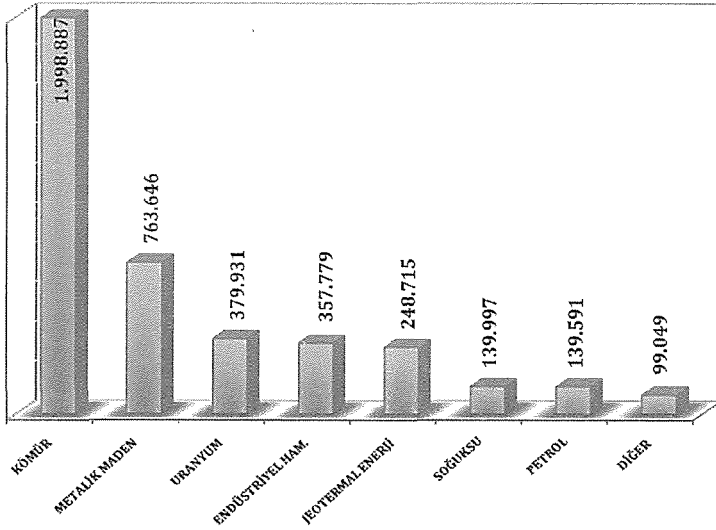
Ülkemizde yapılan sondajlı maden arama çalışmaları mostra madenciliği olarak tabir edilen yüzey madenciliğinin bittiğini göstermektedir. Türkiye’de bu güne kadar yapılmış olan maden arama sondajlarının ortalama derinliği 200 metre civarındadır. Madencilik yönünden gelişmiş ülkelerde ise bu derinlik 1.200 metredir. Ülkemiz karmaşık jeolojik yapısı nedeniyle maden çeşitliliği bakımından Dünya’da, 10. sırada bulunmakla beraber; maden üretimi açısından 28. sırada yer almaktadır.

Havali sondaj makinalari kullanilarak ters sirkulasyon sistemiyle kirintili numune alma sondajlari, hizli ve ekonomik bir yontem olarak madencilikte gelismis ulkelerde yogan olarak uygulanmaktadir. MTA Genel Mudurlugu de makina parkinda bulunan havali sondaj makinalari ile ters sirkulasyon sistemiyle kirintili numune alma sondajlarini basari ile gerceklestirmektedir.

Çizelge 1. Yapılan sondajlı aramalarla bazı madenlerde sağlanan rezerv artışları (MTA 2007).

Maden Cinsi	Yapılan Sondaj (son 5 yıl) (metre)	Görünür Rezerv (Ton)	Rezervdeki artış (Ton)	Rezervdeki artış oranı (%)
Kömür	180.000	8.3 milyar	800 milyon	10
Bor	45.000	2.06 milyar	1 milyar	50

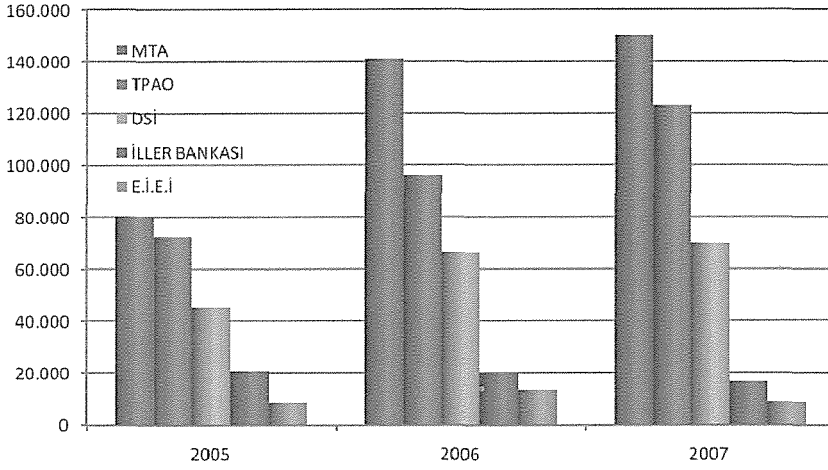
Yukarıdaki tablodan sondajlardaki artışın rezerv artışına direkt etki ettiği görülmektedir. Maden arama sondajları ile kaliteli bir sahanın bulunması yüzlerce sahada yapılan tüm arama çalışmalarının giderlerini fazlasıyla karşılamaktadır. Örneğin; metalik madenlerde son 3-4 yıllık sondajlar neticesinde bulunmuş olan Balıkesir-Havran sahasının ekonomik değeri 2 milyar dolar civarındadır. Ülkemizin yeraltı kaynaklarının ortaya çıkarılması için yıllık 1 milyon metre karotlu sondaj yapılmalıdır. Maden potansiyelimizin ortaya konulması için karotlu sondaj makinası imalat sanayinin standartlara uygun ve kaliteli makina üretir duruma getirilmesi sağlanmalıdır. MTA Genel Müdürlüğünün kuruluşundan günümüze kadar yaptığı arama sondaj metrajı Şekil 6'da görüldüğü gibi yaklaşık 4.5 milyon metredir.



Şekil 6. Maden cinslerine göre yapılan sondajlar (1935-2008) (MTA, 2007).

3. ÜLKEMİZİN SONDAJ KAPASİTESİ VE SONDAJ MAKİNA İMALATI

2007 yılında ülkemizde kamu kurumlarının yapmış olduğu toplam sondaj miktarı (Şekil 7) 350.000 metredir. Özel sektör ise, 250.000 metre civarında sondaj gerçekleştirmiştir. 2007 yılında kamu ve özel sektör olarak 600.000 metre sondaj kapasitesine ulaşılmıştır.



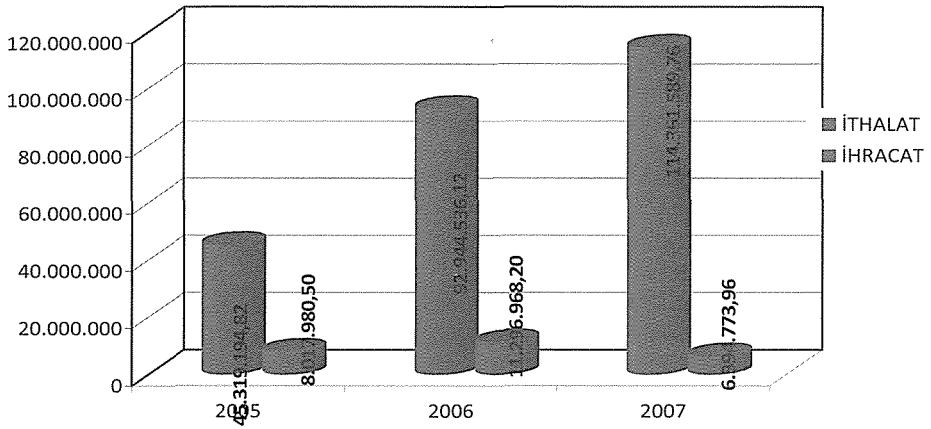
Şekil 7. Kamu kurumları sondaj çalışmaları (metre).

Çizelge 2 incelendiğinde ülkemizin su sondajları dışındaki sondaj kapasitesinin yıllık 500.000 metre civarında olduğu görülmektedir. Yeraltı kaynaklarımızın ivedilikle ortaya çıkarılabilmesi için yıllık sondaj kapasitemizin 1.000.000 metreyi aşması gerekmektedir.

Çizelge 2. Ülkemizin yaklaşık sondaj yapabilme kapasitesi.

KURUM ADI	Sondaj Kapasitesi (Metre)			
	Petrol	Jeotermal	Maden	Su ve Diğer
MTA		20.000	100.000	
TPAO	150.000			
DSİ				70.000
EİEİ				15.000
İLLER BANKASI		5.000		15.000
ÖZEL SEKTÖR	50.000	15.000	150.000	100.000
TOPLAM	200.000	40.000	250.000	200.000

Ülkemizde maden, jeotermal ve petrol arama mevzuatlarında yapılan yasal düzenlemelerle sondajcılık faaliyetlerinde ciddi artışlar gerçekleşmiştir. Sondajlı maden aramacılığındaki artıştan dolayı sondaj makinası ve ekipmanları imalatı ile ithalatında da artışlar görülmüştür. Ülkemizde 1.500 metre delme kapasiteli maden arama sondaj makinası üretilmiş ve sondajlarda kullanılmaktadır. Ancak petrol ve jeotermal enerji kuyuları kazabilen sondaj makinası imalatında kayda değer bir gelişme sağlanamamıştır.



Şekil 8. Türkiye sondaj makina ve ekipman ithalat-ihracat durumu.

Şekil 8 incelendiğinde sondaj sektörünün ihracat-ithalat rakamlarına bakıldığında sektörün halen yoğun olarak sondaj makinası ve ekipmanları ithalatı gerçekleştirdiği görülmektedir. Sondaj makinası ve ekipmanları ithalatındaki artış sondaj sektöründeki canlanmanın açık göstergesidir. Ülkemizdeki sondaj makinası imalat sektörünün de bu canlanmaya paralel olarak gelişmesi beklenmektedir. Dünyadaki petrol ve metal maden fiyatlarındaki artış sondaj taleplerini de arttırmıştır.

Dünyadaki bu gelişmeye paralel olarak grafikte görüldüğü gibi ülkemizde de sondaj makinası ve ekipmanlarına olan talep artmış, sondajlı arama faaliyetleri hız kazanmıştır. Dünyadaki sondajlı arama faaliyetlerindeki artış nedeniyle sondaj makinası ve ekipmanlarının yurtdışından teslimatları iki yılı bulabilmektedir. Bu nedenle; yerli sondaj makinası ve ekipmanları imalat sanayimizin güçlendirilmesi, sondajlı arama faaliyetlerimize hız kazandıracaktır. Böylece sondaj sektöründen kaynaklanan döviz kaybı azaltılacak ve üretilen katma değer ülkemizde kalacaktır.

Ülkemizde sondaj makina imalat sektörü ortalama 1500 metre delme kapasiteli karotlu, 700 metre kapasiteli su ve 1.000 metre kapasiteli sıcak su sondaj makinası imalatları gerçekleştirmektedir. Yoğunlukla Ankara ve Konya'da yer alan makina imalat firmaları sayısı oldukça sınırlıdır.

KAYNAKLAR

MTA (2007), Sondaj Faaliyet Raporu.

TPAO (2005-2006-2007) Yıllık Faaliyet Raporları.

EL ALETLERİNDEN KAYNAKLANAN TİTREŞİMİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

EFFECTS OF VIBRATION ARISE FROM HAND TOOLS ON HUMAN HEALTH

Necati ULUSOY, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*
Özgen Timuçin KILIÇ, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara*
Hatice SAĞLAM, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara*
Meltem Mete KILIÇ, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara*

ÖZET

Çalışanlar işyeri ortamında pek çok fiziksel ve kimyasal etkiye maruz kalmaktadırlar. Bu etkilerden birisi de pek çok meslek hastalığına, iş kazalarına ve çeşitli nedenlerle işin aksamasına neden olan titreşimli alet kullanıcılarının maruz kaldığı titreşimlerdir. Alet tarafından üretilen titreşim seviyesi kullanılan alet çeşidi ve ağırlığı, çalışma hızı, kullanılan aletin ergonomisi, çevresel koşullar, kullanılan anti-titreşim malzemeleri gibi birçok faktörden etkilenir. Bu etkilerinin dışında, çalışma ortamındaki fiziksel koşulları bozarak çalışma kalitesini düşürmekte, çalışanların ruhsal sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle mekanik titreşime maruz kalmaktan kaynaklanan risklerin yok edilmesi veya en aza indirilmesi için gerekli durumlarda çalışanların titreşim maruziyetini belirlemek amacıyla titreşim ölçümleri yapılmalıdır.

ABSTRACT

Workers are subjected to many physical and chemical effects in work environment. One of these effects is the vibration raised from hand tools. It causes many occupational diseases and accidents and thus delays on work. Level of vibration arises from the tool affected from the factors as model and weight, work speed, ergonomics, environmental conditions, anti-vibration materials. Besides, it affects the work environment unfavorably and causes decrease on working quality and psychological health. For that reason, in order to decrease and prevent vibration effect on workers, vibration levels of which workers subjected should be measured.

1. GİRİŞ

Çalışanlar işyeri ortamında pek çok fiziksel ve kimyasal etkiye maruz kalmaktadırlar. Bu etkilerden birisi de pek çok meslek hastalığına, iş kazalarına ve çeşitli nedenlerle işin aksamasına neden olan titreşimli alet kullanıcılarının maruz kaldığı titreşimlerdir. Elle kullanılan veya yine elle kullanılan makina ile işleyen aletleri kullanan çalışanlar bunların yaydıkları titreşimden etkilenmektedir. El-kol titreşimine maruziyet bir çok hastalığın meydana gelmesine sebep olabilir.

Titreşime iki çeşit maruziyet söz konusudur: Tutamak kısmı olan veya elle kullanılan aletlerden iletilen el-kol titreşimi ve motorlu bir makinanın üzerindeki koltuk veya yüzeyden iletilen tüm vücut titreşimi.

Titreşim maruziyetinden zarar görme riski, titreşimin çeşidine, büyüklüğüne, frekansına, maruziyet süresine, etkilenen vücut parçasına bağlı olarak değişiklik gösterir. Titreşim maruziyeti olarak çalışan kişilerde, yine bu faktörlere göre değişecek şekilde çok farklı sağlık etkileri görülebilir.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration)'nın verilerine göre, Avrupa'da her üç çalışandan birisi aletler veya makinalardan kaynaklanan; her dört çalışandan birisi de çalışma süresinin en az dörtte birinde titreşime maruz kalmaktadır. Yine OSHA verilerine göre, en fazla titreşim maruziyetinin olduğu çalışma alanları sırayla inşaat (çalışanların %63'ü), imalat sanayi ve madencilik (%44), tarım ve balıkçılık (%38), elektrik, gaz ve su sağlama (%34), ulaşım ve iletişim (%23) oluşturmaktadır. ACGIH (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists) verilerine göre, Amerika' da tahmini olarak 8 milyon çalışan mesleki titreşime maruz kalmaktadır. Bu sayının yaklaşık olarak 1 milyonunu pnömatik darbeli ve dönerli alet, zincirli testere, taşlama makinası gibi elle kullanılan aletlerden kaynaklanan el-kol, 7 milyonunu ise titreşen zemin, kamyon, forklift, traktör gibi araçlardan kaynaklanan tüm vücut titreşim maruziyeti oluşturmaktadır.

2. AMAÇ

Bu çalışmayla, çalışma ortamında El aletleri kullanan işçilerin el aletlerinden dolayı maruz kaldığı titreşimin fiziği, titreşime ait parametreler, titreşim çeşitleri, ölçüm yöntemleri, ölçüm cihazları, sağlık etkileri, maruziyet azaltma yöntemleri, maruziyetten korunma yöntemleri, İSGÜM (Merkez)'in daha önceki yıllarda yapmış olduğu işyeri faaliyet alanına göre titreşim ölçüm sonuçlarının verilmesi ve yorumlanması amaçlanmıştır.

3. TİTREŞİM

Titreşim denge etrafında gerçekleşen bir osilasyon hareketidir. Bu hareket düzenli veya rasgele olabilir. Tüm vücut titreşimi, vücut titreşen bir yüzeyle temas halinde iken meydana gelir (örneğin, titreşen bir yerde oturuyor, ayakta duruyor veya arkaya yaslanmış halde bulunuyorken) El-kol titreşimi ise vücuda eller yoluyla girer. Titreşim üreten aletlerin veya cihazların elle veya parmaklarla tutularak veya itilerek kullanıldığı endüstri, tarım, madencilik ve inşaat sektörlerinde meydana gelebilir.

4. EL-KOL TİTREŞİMİ

4.1. Mesleki Maruziyet

Enerji ile çalışan aletlerden yayılan, parmaklardan veya elin avuçlarından vücuda giren mekanik enerjiye el-kol titreşimi denir. Operatörü el-kol titreşimine maruz bırakan ve enerji ile çalışan aletler bir çok endüstri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. El-kol titreşim maruziyeti üretim, taşçılık, maden, inşaat, tarım ve ormancılık alanlarında elle kullanılan enerjili aletlerden kaynaklanabilir. Hollanda’ da 150 binden, İngiltere’ de 0.5 milyondan, Amerika’ da 1.5 milyondan fazla kişinin el-kol titreşimine maruziyetinin olduğu rapor edilmiştir. Avrupa ülkelerinde ve Amerika’ da çalışanların %1.7 ile 3.6’sının zararlı etkileri olabilecek titreşime maruz kaldıkları tahmin edilmektedir. El-kol titreşim sendromu (HAVS) terimi, el-kol titreşim maruziyeti ile ilgili işaret ve semptomları ifade etmek için kullanılır ve şu durumları içerir:

- damarsal hastalıklar
- kemik ve eklem hastalıkları
- kas hastalıkları
- diğer hastalıklar (tüm vücut, merkezi sinir sistemi)

Mesleki el-kol titreşim maruziyeti ile sağlık etkileri arasındaki ilişki basit değildir. Çizelge 1, el-kol titreşimi maruziyeti sırasında titreşimin zararlı etkileri ile ilgili olabilecek bazı faktörleri göstermektedir:

İnsanın titreşime verdiği tepki bir çok faktöre bağlıdır: Titreşimin frekansı, genliği, maruziyet süresi, yönü, uygulama noktası, vücut ve titreşimin vücuda girdiği noktanın bağlantısı, kıyafetlerin ve kullanılan aletler, vücut ağırlığı, kullanıcının boyu, vücudun duruş biçimi, vücut direnci, vücut bileşenleri gibi. Titreşim, yönü ve büyüklüğü olan vektörel bir niceliktir. Bu nedenle sayılan faktörler üç eksenle ele alınmalıdır. Eller ve titreşimli alet arasındaki bağlantı, el-kol titreşim büyüklüğü değerlendirilirken raporda bulunması gereken bir çok faktörden etkilenir. Bu faktörler şunlardır:

- Kullanılan aletin çeşidi ve durumu
- Normal çalışma koşulları altında kullanılan alet tarafından üretilen ivme ve frekans spektrumu
- Alet veya iş parçasına doğru uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve yönü (örneğin, tutma kuvveti, eksenel itme kuvveti, dönmesel momentler)
- Çalışma sırasında ellerin, kolların ve vücudun yönelimi ve duruşu (özellikle, dirsek, bilek ve omuz eklemlerinin açısı)
- Elin titreşen yüzeyle direk bağlantısı olan kısımları
- Yüzeyin ellerle bağlantısı olan kısmının çeşidi ve büyüklüğü
- Kullanılan çalışma şekli
- Çalışanın titreşimli alet kullanarak çalıştığı yıl sayısı
- Sıcaklık, nem ve kullanılan alet veya iş parçasının tutamak kısmının sıcaklığı gibi iklimsel koşullar.

Çizelge 1’de el-kol titreşim maruziyeti sırasında titreşimin zararlı etkileri ile ilgili olabilecek bazı faktörler gösterilmektedir.

Çizelge 1. El-kol titreşim maruziyeti sırasında zararlı ilişkisi olabilecek faktörler.

Titreşim karakteristikleri	Aletler veya Prosesler	Maruziyet koşulları	Çevresel koşullar	Kişisel karakteristikler
Büyüklik (r.m.s.,pik, ağırlıklandırılmış/ağırlıklandırılmamış)	Alet tasarımı (taşınabilir, sabit)	Süre (günlük, yıllık maruziyetler)	Çevre sıcaklığı	Çalışma yöntemi (tutuş kuvveti, itiş kuvveti, el-kol duruşu, vücut duruşu)
Frekans (spektrum, baskın frekanslar)	Alet çeşidi (darbeli, dönmeli, döner darbeli)	Maruziyet şekli (sürekli, aralıklı, dinlenme periyotları olan)	Hava akışı Nem Gürültü	Sağlık
Yön (x-, y-, z- eksenleri)	Durum		Parmak-el-kol sisteminin dinamik tepkisi	Eğitim
	İşlem	Toplam maruziyet süresi	Mekanik empedans	Yetenek
	Çalışılan malzeme		Titreşim geçirimi Absorbe edilen enerji	Eldiven kullanımı Zarara karşı kişisel hassasiyet

4.2. El-kol Titreşim Maruziyetinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Titreşim ölçümleri, yeni aletlerin geliştirilmesine katkı sağlamak, iş yerine alınacak aletlerin titreşim seviyelerini kontrol etmek, aletlerin bakım programlarını belirlemek ve iş yerinde çalışanların titreşim maruziyetlerini değerlendirmek amacıyla yapılabilir. Titreşim ölçüm cihazı genel olarak, bir transdüser (genellikle bir ivme ölçer), bir genlik yükselteç düzeneği, filtre (bant geçirimli ve/veya frekans ağırlıklı ağ), genlik veya seviye göstergesi veya kayıt düzeneği gibi bölümlerden oluşur. Titreşim ölçümleri, kullanılan aletin tutamak kısmında veya titreşimin vücuda girdiği kısım olan el yüzeyine en yakın iş parçasında yapılmalıdır.

4.3. El ve Alet Arasındaki Bağlantının Etkisi

Titreşim ölçüldüğünde, ölçülen titreşimin darbeli veya darbesiz tip aletten geldiğinin belirtilmesi gereklidir. Darbeli aletler, raspa, pnömatik çekiç, havalı matkap, pnömatik çivi makinası gibi tüm titreşim spektrumu içinde baskın olacak şekilde darbeli titreşim üreten aletlerdir. Darbesiz aletler, zincirli testere, pnömatik burgu makinaları, öğütücüler, freze tezgahları, motorlu yuvarlak testereler ve bunlara benzeyen aletlerdir. Darbeli aletlerin titreşim genliklerini ölçmek için, özel olarak tasarlanmış şok ivme ölçerlerin veya normal ivme ölçerlerin mekanik filtre ile kullanılmaları gereklidir.

Piyasalarda bulunabilen bu ivme ölçerler, tekrarlı yüksek seviyeye ve yüksek tepe faktörüne sahip titreşim pulslarına dayanabilirler. Darbelerin olduğu bir titreşim çeşidi ölçülürken sıradan bir ivme ölçer kullanılırsa ölçüm sonucunda ciddi hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatalar, ivme ölçerde meydana gelen, ölçülen düşük frekans titreşim genliğini büyük ölçüde değiştiren dc kayması nedeniyle gerçekleşmektedir. Şok ivme ölçerleri hem darbeli hem de darbesiz titreşimi ölçmek için kullanılabilirken şok olmayan ivme ölçerler yalnızca darbesiz titreşimi ölçmek için kullanılabilirler.

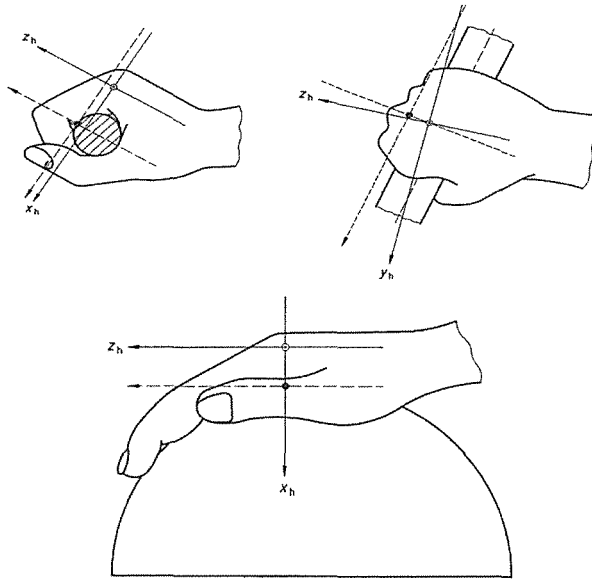
Titreşim vektörel bir nicelik olduğundan, ölçümler üç ortogonal ekseninde yapılmalıdır. Bu eksenlerin yönelimi standartlarda verildiği hali ile Şekil 1’de gösterilmektedir.

Üç eksenli titreşim ölçümleri, maksimum enerjinin ellere girdiği yer olan, kullanılan titreşimli aletin veya iş parçasının tutamak kısmında veya bu kısma en yakın yerde yapılmalıdır. Şekil 2’de bazı titreşimli aletler için ivme ölçerlerin monte edilebileceği konumları ve eksenlerin (x-, y-, z- ölçüm eksenleri) yönelimini vermektedir.

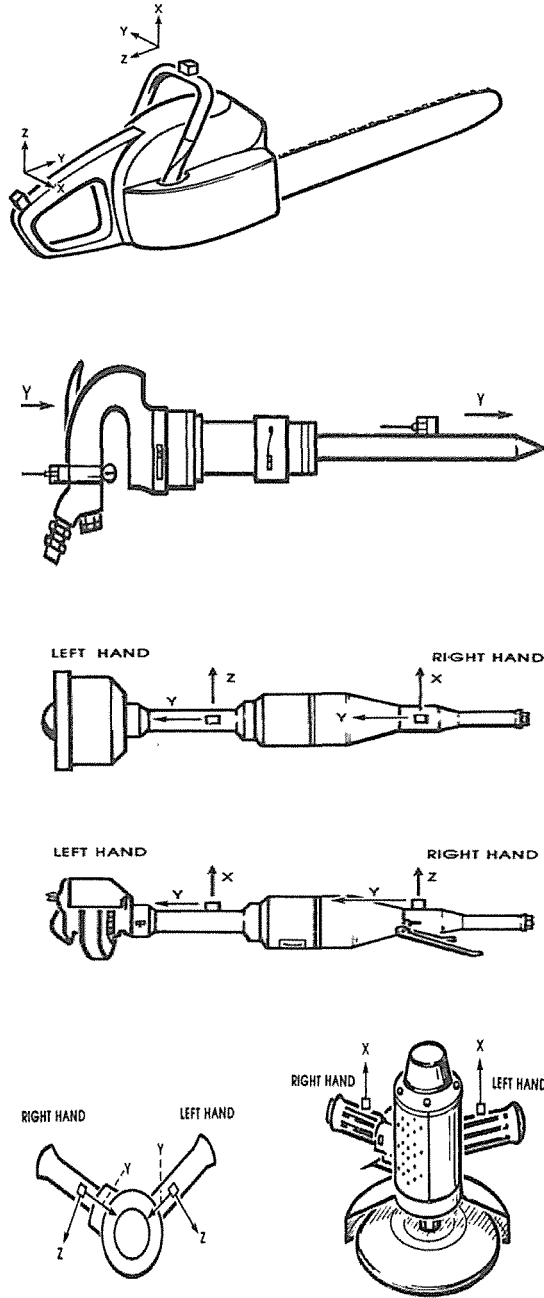
4.4. Tutamak Kısımına İvmeölçerin Monte Edilmesi

İvme ölçer, istenen ölçüm yönü, ivme ölçerin ana hassasiyet eksenine gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Titreşim ölçüm sonuçlarının doğru şekilde elde edilebilmesinde ivme ölçerin ölçüm noktasına yerleştirilme şekli en kritik faktördür. Özensiz bir ivme ölçer yerleştirimi, ivme ölçerin kullanılabilir frekans aralığını önemli ölçüde kısıtlar.

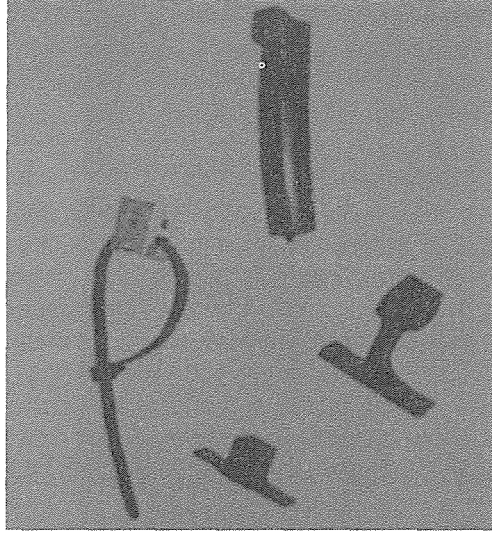
El-kol titreşim ölçümleri için en çok kullanılan monte etme yöntemi, her üç eksen için üzerinde boşlukları olan küçük bir alüminyum blok kullanmaktır. Üç eksenli ivme ölçerin sadece bir monte boşluğu varsa, ivme ölçer her üç eksen için sırayla monte edilebilir. Monte Blokların diğer yapıları Şekil 3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. Elle tutma ve el ayasının düz olduğu durumlar için kullanılacak eksen yönelimleri.



Şekil 2. Zincirli testere, havalı çekiç, yatay ve dikey taşlama makinaları için ivme ölçer konumları ve x-, y-, z- eksenlerinin yönelimi.



Şekil 3. Monte blokları.

5. TİTREŞİM GENLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

5.1. Alet Çeşidinin Etkisi

Titreşim seviyesini etkileyen bir çok faktör, titreşimli alet tarafından üretilir. Birincisi, aletin darbeli olup olmadığıdır. Darbeli aletlerdeki titreşim seviyeleri genellikle darbesiz aletlerden daha yüksektir. Titreşimli aletin el ile temas ettiği noktada titreşimi izole edecek esnek malzeme kullanıldığında, bu kısımdaki titreşim seviyesi azalır.

5.2. Çalışma Şeklinin Etkisi

Kullanılan aletin titreşim seviyesini etkileyen diğer faktörler, aletin ergonomisi ve dizaynı ile ilgilidir. Örneğin, bir havalı çekiç, basınç atmaları ile ileri geri hareket eden bir piston aracılığıyla çalışır. Bu aletteki titreşim, çekiç içerisinde keski kısmının sonuna yerleştirilmiş pistonun tekrarlı darbeleri nedeniyle oluşur. Temel titreşim frekansı, pistonun keski kısmını itme durumunun tekrarlanma oranı ile bağlantılıdır. Aynı zamanda çekicinin ağırlığı da ellere yönelen titreşim ivme genliğini etkiler. Benzer çalışmalar için daha ağır çekiçler ellerde daha düşük titreşim ivmelerine neden olur. Daha ağır aletler tarafından üretilen titreşim enerjisinin çoğu, alet kütlesi boyunca hareket eder ve ellere daha az enerji iletilir. Bununla birlikte, daha ağır alet, kullanımının sağlanması için daha sıkı tutma kuvveti gerektireceğinden ele iletilen titreşim seviyesinin artmasına sebep olabilir. Yine artan alet ağırlığı, bilek, dirsek ve omuzda stres artışına neden olarak karpal tünel sendromu gibi iskelet bozukluklarına yol açabilir.

Zincirli testere gibi kullanım mekanizmasında yakıtla çalışan kısım bulunan aletlerde, dengesizlik ve tekrarlı atmalar titreşimin temel nedenidir. Dengesizlik, makinanın dönmesiyle ve ileri geri hareket etmesi ile ilişkilidir. Ana titreşim frekansı direk olarak makinanın çalışma hızı ile bağlantılıdır. Tekrarlı atmalar, kılavuz çubuk boyunca

zincirin hareketi ve makina içerisinde gaz-hava karışımının patlaması nedeniyle oluşmaktadır. Bu tip titreşim mekanizmasına sahip makinalarda elle iletilen titreşim, iyi bir şekilde dizayn yapılarak ve makinanın tutamak kısmı ile el arasına titreşim izole edici tamponlar koyularak büyük ölçüde azaltılır.

Taşlama makinası ve benzeri aletlerden kaynaklanan titreşim, makinanın dengesiz döner kısmı veya iş parçası ile taşlama diskinin etkileşimi nedeniyle oluşmaktadır. Taşlama makinasının bakımı iyi bir şekilde yapılırsa, taşlama makinasının dengesiz döner kısmından kaynaklanan titreşim çoğunlukla bir problem yaratmaz. Taşlama diskinin üretilen titreşim genliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Taşlama diskinin bakımı iyi bir şekilde yapılır ve merkezlenmiş halde tutulursa, taşlama diski ve iş parçası arasındaki temastan kaynaklanan titreşim minimum düzeye indirilebilir. Kullanım süresince diskin periyodik olarak bakımı yapılmazsa merkezden kaymış hale gelir ve sarsıntılara neden olur. Bakımı düzenli olarak yapılmayan bir taşlama makinasında, yeni bir makina göre maruz kalınan titreşim ivme değeri daha büyüktür.

5.3. Alet Bakımının Etkisi

Titreşimli aletlerin yetersiz bakımları, üretilen titreşim ivme genliğini büyük ölçüde etkiler. Örneğin, bakımı yetersiz olarak yapılan bir taşlama makinası, yeni bir makina göre daha fazla titreşim maruziyetine neden olacaktır. Daha önce de bahsedildiği gibi, zincirli testerelede titreşimi izole edici elastik disklerin kullanılmasıyla ellere iletilen titreşim büyük ölçüde azaltılır. Kullanılan bu diskler, periyodik olarak kontrol edilmeli ve değiştirilmelidir.

5.4. Çalışma Devirlerinin ve Çalışma Koşullarının Etkisi

Çalışma devri ve çalışma koşulları, bir çok aletten kaynaklanan zaman ortalamalı titreşim ivme seviyesini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, dökümhanelerde, havalı çekiçler, kalıpları temizlemek için yaygın olarak kullanılırlar. Bazı dökümhanelerde çalışanlar, parça başına ücret alırlar yani ne kadar çok kalıp temizlenirse o kadar çok ücret alınır. Bu nedenle, havalı çekiçler 8 saatlik iş günü içinde tam güçle 4 veya daha fazla saat çalıştırılabilmektedir. (Havalı çekiçler, pervane kanatlarını düzeltmek amacıyla da kullanılırlar. Bu amaçla çekiçler 1/2-3/4 güçle 8 saatlik bir iş günü içinde 3 saat veya daha fazla çalıştırılabilmektedirler. Tipik olarak, taşlama makinaları, iş günü içerisinde 2.5-3 saat fazladan kullanılırlar. Havalı çekicinin tutamak kısmında zaman ortalamalı titreşim ivme değeri, çekiç 1/2-3/4 güçle çalışırken 10-14 m/sn² olurken, bu değer çekiç tam güç çalışırken 50-100 m/sn²'ye kadar çıkabilir (NIOSH 1981). Toplam zaman ağırlıklı rms ivme genliği, kullanım süresine ve zincirli testere ve taşlama makinasına karşı gelen ivme değerine bağlıdır.

6. EL KOL TİTREŞİM SENDROMU

6.1. HAVS ve Beyaz Parmak

El-kol titreşim sendromu (HAVS), el-kol sisteminin mekanik titreşime uzun süreli maruziyet sonunda ortaya çıkan durumu tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Üç bileşeni vardır: vasküler (kan damarları ile ilgili ya da onlardan kaynaklanan), nörolojik

(sinir sistemi ve bozukluklarıyla ilgili ya da bunları konu alan) ve m sk loskeletal (hem kas dokusu hem de iskelet sistemi ile ilgili) olmak üzere. Titreşimin beyaz parmak (VWF) olarak da bilinen vasküler bileşeni en çok bilinenidir. VWF terimi, çoğunlukla yanılıcı bir şekilde bütün olarak el-kol titreşim sendromunu belirtmek için kullanılır. Vasküler bileşen için geçmişte kullanılan diğer isimlerden olan “mesleki kaynaklı Raynaud fenomeni” terimi, diğer terimler “ l  parmak” veya “taşlamacı krambı (mesleki kramp. Sürekli aynı hareketleri yapan müzisyen, yazar, ayakkabıcı, saat i, v.b meslek gruplarında el, kol, parmak, boyun, sırt, v.b kaslarda rastlanılan tonik kasılmalar) gibi belirgin izleri anlatacak şekilde iken, uygun ancak uzun bir terimdir. Yüksek genlikte titreşim maruziyetine neden olmasına rağmen, sadece uzun süreli maruziyetler sağlık üzerinde zararlı etkiye sahiptir. Bu, kullanılan alete ve çalışan sayısına ve uygulanan prosese bağlı olacaktır. Çizelge 2’de HAVS ile ilgili olan bazı alet ve prosesler verilmektedir.

Çizelge 2. HAVS ile ilgili olan alet ve prosesler.

Endüstri/Meslek	Alet
Mühendislik	Taşlama makinaları-tezgah tipi ve elle kullanılan
	Cilalama makinaları
	Astarlama makinaları
	Havallı �eki�ler
	Darbeli anahtarlar
Ormancılık	çekiçleme makinaları
	Zincirli testereler
Bah�vanlık	Daire testere
	Ot biçme makinası
Tarım	�im biçme makinası
	Kazıcılar
	Ot kesme makinası
Madencilik	Taş kırıcılar
�nşaat	Yer deliciler
�nşaat mühendisliği	Taş testereleri
	Kaya matkapları
Yıkım	Profil taşlama makinaları
	�ğne kazıcılar
Diğer	Deri dövme makinaları

6.2. Çalışanların Korunması için Metotlar

6.2.1. Maruziyet izlemesi

Etkili bir kontrol prosedürü, çalışanların maruz kaldığı tehlikenin derecesine ilişkin objektif verileri gerektirir. Titreşimli alet kullanımı durumunda ihtiyaç duyulan veriler, üçlü koordinat sisteminde ölçülen m/sn^2 biriminden titreşim ivme değeri ve kullanılan titreşimli aletin bir iş günü içinde tam olarak ne kadar süre ile kullanıldığıdır.

6.2.2. Mühendislik kontrolleri

Titreşim maruziyetini yok etmeye veya azaltmaya yönelik temel mühendislik yaklaşımları kaynağında azaltma, geçirimin azaltılması ve proses değişimi yapılmasıdır.

6.2.3. Kaynağında azaltma

İvme seviyesi, kullanılan titreşimli aletin hızı artırıldıkça artar (örneğin, 2/3 güçle çalıştırılan bir zincirli testerenin üreteceği ivme seviyesi tam güçle çalışan bir zincirli testerenin üreteceği ivme seviyesinden azdır). İşin yapılabilmesini sağlayarak azaltılmış bir hızda çalışabilen bir alet kullanımı daha faydalıdır. Aletin ağırlığı ve kullanımı için gereken güç arasındaki ilişki de üretilen titreşim büyüklüğünü etkiler. Aynı işi yapabilen birden fazla alet varsa, kullanım için en düşük ivme seviyesini üreten alet seçilmelidir. Titreşimli aletin bakımının iyi yapılması çalışma sırasında üretilen titreşim seviyesini etkiler. Alet bakımlarının en iyi şekilde yapılabilmesi için kullanıcılarının bakım prosedürleri ve bakım yapılmasının önemi konularında iyi bir şekilde eğitilmeleri gerekir. Bakım çizelgelerinin oluşturulması bakım işlerinin düzenli bir şekilde yapılabilmesi için faydalı olacaktır.

6.2.4. Geçirimin azaltılması

Titreşimli alet tarafından üretilen titreşim enerjisi kullanıcının el veya kollarına zararlı sağlık etkileri oluşturmak üzere iletilir. Aletten ellere iletilen titreşimi azaltan herhangi bir yöntem, HAVS durumunun oluşmasına engel olacaktır. Titreşimli aletlerin tutamak kısımlarında veya eldivenlerin parmak ve avuç kısımlarında bir çok çeşit enerji sönümleyici malzeme kullanılmaktadır. Bazı malzemeler düşük frekanslarda titreşim geçirimini azaltırken bazı malzemeler azaltımı daha yüksek frekanslarda yaparlar. Eldivenlerde kullanılan sönümleyici malzemeler yüksek frekanslarda daha etkilidir. Tutamak kısımlarında, eldivenlerin parmak ve avuç kısımlarında kullanılan sönümleyici malzemeler, çalışma sırasında aleti kontrol etme yeteneğini azaltabilir. Bu durum üretimin azalmasına veya kaza riskinin artmasına neden olabilir. Sarsıntıya, kimyasallara ve sıcaklığa karşı kullanılan pamuklu veya deri eldivenlerin titreşim için bir koruma sağlamadığı hatta titreşim geçirimini artırdığı gözlenmiştir.

6.2.5. Proses değişikliği

Tüm endüstriyel prosesin bazı kısımlarında değişiklik yapıldığında titreşimli alet kullanımına olan ihtiyacı azaltıp azaltmayacağının ergonomik bir analizinin yapılması tavsiye edilen bir durumdur. Örneğin, bir dökümhanede farklı bir döküm prosesinin

kullanılması taşıma makinası veya motorlu keskilere olan ihtiyacı azaltabilir veya ortadan kaldırabilir. Otomasyon ve robot kullanımı sayesinde de titreşimli alet kullanan çalışan sayısı azaltılabilir. Ağaç büyüklüğü ve arazi uygun olduğunda otomatik ağaç kesme makinaları zincirli testere kullanımına olan ihtiyacı azaltabilir.

6.2.6. Ergonomi

Kullanılan titreşimli alet tarafından üretilen ve el-kol bölgesine iletilen titreşimin büyüklüğü tutuş kuvvetinden ve kullanıcı tarafından iş parçasına karşı uygulanan kuvvetten etkilenir. Titreşimli alet güvenli kontrolü ve işletmeyi sağlayacak mümkün olan en gevşek şekilde tutulmalıdır. İş parçasına uygulanan kuvvet minimum olmalıdır. Aletin ağırlığı, alet/iş parçası ara yüzüne gerekli çalışma hızını ve etkinliğini sağlayacak basıncı verebilmeye yeterli olmalıdır. El/alet yüzeyinde duruş, aletin kontrolünü sağlamak için çalışanın daha sıkı tutuş kuvveti uygulamasını gerektirebilir.

Diğer bir önemli ergonomik faktör, titreşimli alet kullanılırken vücudun konumudur. Aletin çalışması sırasında bilek, dirsek ve omuz açısı eklemlerde ve tendonlardaki stres seviyesini etkiler ve tendinitis, karpal tünel sendromu, sırt ağrısı, HAVS gibi durumlara neden olur.

6.2.7. Koruyucu kıyafet ve ekipman

Titreşimin etkilerine karşı iki çeşit koruyucu kıyafet ve ekipman kullanılabilir. Bunlardan biri, titreşim enerjisinin ellere geçişini azaltır, diğeri ise soğuğa ve travmaya karşı koruma sağlar.

Titreşimli alet kullanıcısını korumak için eldivenlerde bir çok çeşit titreşim sönümleyici malzeme kullanılmaktadır. Bu malzemeler enerji azaltımı için yeterli ise kabul edilebilir. Titreşimli alet kullanımını içeren bir çok görevde, soğuğa ve travmaya karşı koruma sağlamak için bazı eldiven tipleri kullanılmaktadır. Enerji sönümleyici malzeme konusunda karşılaşılan en büyük problemlerden birisi alet kullanımının güvenli ve etkin bir şekilde yapılmasına engel olmayacak incelikte sönümleyici malzeme bulmak, diğeri ise titreşim frekans spektrumunda HAVS durumuna neden olan bölgeye karşı koruma sağlayacak uygun malzemenin bulunmasıdır. Farklı çeşit malzemeler bulunsa da, tüm amaçları karşılayacak malzemenin bulunması her zaman mümkün değildir.

6.2.8. Çalışan eğitimi

Çalışanların titreşim dayanıklılıkları kişiler arasında çok büyük değişiklikler gösterdiğinden dolayı, her çalışanın HAVS'ın erken semptomlarının teşhisi, HAVS'ın nedenleri ve önlenmesi konularında eğitilmeleri zorunludur.

6.2.9. Tıbbi izleme

HAVS önleme ve kontrolünde titreşimli alet kullanarak çalışanların tıbbi gözlemleri en temel yaklaşımdır, ancak HAVS'ın objektif olarak teşhis edilmesinde ve varlığının değerlendirilmesinde belirli bir klinik veya tıbbi test olmadığından bazı zorluklar ile karşılaşmaktadır. HAVS, adından da anlaşılacağı gibi işaret ve semptomların bir

bileşkesidir. Tıbbi izleme programı, periferel vasküler ve nöral faktörlere özel dikkat verilerek işe alınmadan önce yapılan tıbbi tetkikler, erken HAVS durumu ile ilgili olabilecek tepkileri ortaya çıkarmak için yıllık olarak veya daha sık yapılan tetkikler ve erken semptom ve işaretleri rapor etmeleri için çalışanlarla sürekli bağlantı konularını içermelidir. Mevcut işaret ve semptomlar ne olursa olsun, HAVS durumunun tanısı için çalışanın mesleki olarak titreşimli alet kullanımına ait geçmiş tam incelenmeden bir karara varılamaz.

7. BULGULAR

İSGÜM (Merkez)'ün 2007-2009 yılları arasında iş yerlerinde, işyeri talebi, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı'nın isteği ve Titreşim Yönetmeliği gerekleri üzerine yapmış olduğu titreşim ölçüm ve analiz sonuçlarının tespiti için İSGÜM (Merkez)'de kayıtlı olan rapor dosyaları ayrıntılı olarak incelenmiş ve gerek mevzuatımızda gerekse uluslararası geçerliliği olan kuruluşlarda belirtilen sınır değerlerin üzerinde ve sınır değerlere yakın olan noktaların, ait oldukları iş yerleri tespit edilmiştir.

Raporlarda adı geçen iş yerlerinin faaliyet alanları SSK İstatistikleri'nde belirtilen faaliyet gruplarına göre ayrılmış ve olası toza bağlı meslek hastalığı riskleri belirlenerek tablolar halinde hazırlanmıştır. Bu tablolar, 2006 yılından geriye doğru gidilerek Çizelge 3'de gösterilmektedir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma hayatı söz konusu olduğunda, çalışan kişinin sağlığını etkileyen pek çok faktör vardır. Bu faktörler, fiziksel faktörler, kimyasal faktörler, tozlar, biyolojik faktörler, ergonomik koşullar ve psiko-sosyal koşullar olmak üzere sınıflandırılabilirler. Çalışma hayatında maruz kalınan titreşim, bu faktörler içerisinde fiziksel faktörler başlığı altında yer alır. Titreşim, yapılan işin çeşidine göre, insan vücudunda el-kol bölgesini etkileyebileceği gibi tüm vücudu da etkileyebilir. Titreşimin sağlık etkileri, maruz kalınan titreşimin büyüklüğü, süresi, frekansı, maruziyetin gün içerisindeki ve toplam çalışma hayatı içerisindeki süresi vb. gibi faktörlere bağlıdır.

El-kol titreşiminden kaynaklanan hasar ve rahatsızlıkları önlemek için idari, teknik ve tıbbi prosedürlerin uygulanması gereklidir. Titreşimli alet üreticilerine ve kullanıcılarına uygun tavsiyeler verilmelidir. İdari önlemler, titreşimli alet kullanıcılarına işlerini güvenli ve doğru yapmalarını sağlayacak yeterli bilgilendirme ve eğitim çalışmalarını kapsamalıdır. Sürekli titreşim maruziyetinin titreşimin verdiği zararları artırdığı bilindiği için çalışma programları, dinlenme periyotlarını içerecek şekilde ayarlanmalıdır. Teknik önlemler, en az titreşim yayan aletlerin seçimini ve uygun ergonomik dizaynlarını kapsamalıdır. Avrupa Konseyi' nin makina güvenliği direktifine göre, üreticiler, uygun deney kodları ile belirlenmiş yöntemlerle, bir makina için frekans ağırlıklı el-kol titreşim seviyesinin 2.5 m/sn^2 değerini aşp aşmadığını belirlemeli ve sonucu açıklamalıdır. Kullanılan titreşimli aletin bakım durumu, periyodik olarak yapılan titreşim ölçümleri ile kontrol edilmelidir. Titreşime maruz kalacak şekilde çalışacak kişiler işe alınmadan önce gerekli tıbbi taramalar ve titreşim maruziyeti olan çalışanlarda düzenli aralıklarla klinik incelemeler yapılmalıdır.

Çizelge 3. 2007-2009 yılları arasında İSGÜM (Merkez) tarafından yapılan titreşim ölçümleri (devam ediyor).

Çorap imali	1	-	Çorap burun dikiş makinası	Dikiş	El-kol titreşimi
Boya, vernik ve cilalar ile organik ve anorganik pigmentlerin imali işleri	1	-	İmalat yükleme Alkit yükleme	Yükleme Yükleme	Tüm vücut titreşimi
Diğer madenlerin üretimi, tüm madenlerin zenginleştirme yerleri	1	1	Pano Kepçe	Tabanca vurma işi Kepçe kullanma işi	El-kol titreşimi Tüm vücut titreşimi
Alçı ile ilgili işler	1	1	Taş kırma makinası Paketleme Forklift	Taş kırma Üst torbalama Taşıma	El-kol titreşimi Tüm vücut titreşimi
Ziraat makinaları imalatı ve tamirati	2	1	Dizel forklift Çeşitli montaj makinaları	Taşıma Kuyruk mili kapağı montaj Rediktör montaj Gövde motor birleştirme Karter Montaj	El-kol titreşimi Tüm vücut titreşimi
Vapur ve gemi inşa ve tamirati, tersaneler	8	8	Römorkör Hangar Yeni inşa gemi içi güverte Açık saha Forklift	Spiral taşlama Spirals taşlama Spirals taşlama	El-kol titreşimi Tüm vücut titreşimi
Otomobil, kamyon, römork, otobüs gibi motorlu nakil vasıtalarının imal ve montaj işleri	1	1	Havalı tornavida Forklift	Spiral taşlama Taşıma Havalı tornavida işi Taşıma	
Şeker pancarı ve kamışından şeker imali, şeker fabrikaları	1	-	Saha Saha	Türbin dairesi Santrifüj katı	El-kol titreşimi

Çizelge 3. 2007-2009 yılları arasında İSGÜM (Merkez) tarafından yapılan titreşim ölçümleri (devam ediyor).

Dövme metal imalatı	1	1	Parmak motoru Kesme taşı hava motoru Armut motoru	Havalı taşlama Havalı taşlama Havalı taşlama	El-kol titreşimi
Ekmek, ekmek çeşitleri ve simit üretimi	1	1	Marangozhane Sunta Kesme Makinası Dekopaj makinası	Matkap işi Sunta Kesme	El-kol titreşimi
Cam ve camdan mamul eşya ve ayna imalatı	1	1	A-4 imalat hattı B-2 imalat hattı	Ayakta yapılan iş	Tüm vücut titreşimi

Tıbbi gözetimin amacı, titreşim maruziyeti ile ilişkili olarak çalışan kişinin potansiyel riskini belirlemek, çalışanın sağlık durumunu belirlemek ve titreşimin neden olabileceği rahatsızlıkları erken aşamada belirleyip tedavisini sağlamaktır. İlk taramada, titreşim maruziyetinin şiddetlendirebileceği durumları (örneğin, beyaz parmak durumuna yapısal yatkınlık, ikincil Raynaud Hastalığı' nın bazı şekilleri, geçmişte üst uzuvlarda meydana gelen hasarlar, nörolojik rahatsızlıklar) belirlemek için özel bir dikkat harcanmalıdır. Etkilenmiş çalışanlar için maruziyeti önleme veya azaltmaya hem semptomların ciddiliği hem de tüm çalışma prosedürü göz önüne alındıktan sonra karar verilmelidir. Çalışanlara, tüm vücudu sıcak tutacak uygun kıyafet giyme, periferel dolaşımı etkileyebilecek sigara veya bazı ilaçları içmekten sakınma veya en aza indirme konularında bilgi verilmelidir. Parmak ve elleri sıcak tutmak ve zedelenmelerden korumak için eldiven kullanılmasının faydası olabilir. Anti-titreşim eldivenleri olarak adlandırılan eldivenler, bazı aletlerden kaynaklanan titreşimin yüksek frekans bileşenlerine karşı kısmen izolasyon sağlayabilirler.

KAYNAKLAR

İSGÜM Rapor Verileri

ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, Fourth Edition.

ISO 5349-1 (2001) Mechanical Vibration-Guidelines for the Measurement and the Assesment of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration.

NIOSH (1989) U.S Department of Salth and Human Services Occpuational Expasure to Hand Arm Vibration, Ohio.

TS EN 5349-2 (2001) Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi.

South, T. (2004) Managing Noise and Vibration at Work, Elsevier.

Zeyrek, S. (2009) Titreşim, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Enstitüsü Uzmanlık Tezi, 105 s.

SU YAĞLAMALI OYNAK SEGMANLI EKSENEL KAYMALI YATAK

WATER LUBRICATED AND JOINTED SEGMENTED AXIAL PLAIN BEARING

Kadir ÇELİK, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*
Tuncer ÖZKAN, *Bartın*

ÖZET

“3 Mart 1992 Kozlu GAZ-TOZ Patlamasında şehit olan 263 MADENCİ anısına”

Kozlu Müessesesi ocaklarında meydana gelen büyük bir patlama sonucu ortaya çıkan açık alevli ocak yangınlarının kontrol edilememesi nedeniyle dışarıdan ocaklara su basılmış, su -280 kotuna geldiğinde ise alınan ölçüm değerleri yeraltında yüksek ısının bulunmadığını ve yangının tamamen söndüğünü göstermiştir. Sıra, ocakların geri kazanılması işlemine gelmiştir ki birinci adım, basılan suyun geri atılmasıdır. Bu bildiri, suyun dışarı atılmasında kullanılan ve MAZ tarafından imal edilen “Dalgıç Elektro Pompa”ya ait “Su yağlamalı oynak segmanlı eksenel kaymalı yatağın”; projelendirme, hesaplama ve şekillendirilmesi ile “Elektrik motorunun ısınma kontrolü”nu kapsamaktadır.

ABSTRACT

“Dedicated to 263 coal miners who lost their life during the methane and dust explosions at Kozlu Coal Mine on March 3rd, 1992”

After the gas and dust explosion, a great amount of fresh water pumped into the mine until the water level was reached at -280 m below the sea level. After then, temperature measurements were made. Low temperature was observed at some critical locations and this indicated that the mine fire was extinguished completely. Next step was repumping mine water out of the working areas in order to restart coal mining activities. This paper describes the calculation of the design parameters related to some main parts (Water lubricated and jointed segmented axial plain bearing) of the electrical submersible pump which was manufactured by MAZ factory of Turkish Hard coal Enterprises (TTK) and also controlling of heat problems of electrical motor occurring during water pumping operations.

1. GİRİŞ

Bu bildiride, Ocaklardan su atımı için Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğünde projelendirilip imalatı yapılan dalgıç elektro-pompanın eksenel yatak problemi ve elektrik motorunun ısınma kontrolü ele alınmıştır.

Amacı, su yağlamalı oynak segmanlı eksenel yatağın geometrik olarak boyutlandırılması, yük taşıma kabiliyetinin irdelenmesi ve son olarak elektrik motorunun ısınma kontrolünün yapılmasıdır.

2. DALGIÇ POMPA VE EKSENEL YATAK PROBLEMİ

03 Mart 1992 Tarihinde TTK Kozlu Müessesesinde ocaklarında meydana gelen gaz ve toz patlaması sonucunda ocaklarda açık alevli yangınlar oluşmuştur. Yangınla mücadele için, önce bütün havalandırma ve kuyu başları hava geçirmeyecek şekilde kapatılmıştır. Tüm çabalara rağmen yangın söndürülemeyince zorunlu olarak ocaklara -280 katına kadar su doldurulmuştur.

Mevcut yönetim ve teknik kadro, ocaklardaki suyun geri boşaltılması işini kurumun kendi bilgi, beceri ve teknik imkânlarıyla yapabileceği kararını almıştır. Mevcut şartlar altında günde 25.000 m^3 ($3.500 \text{ m}^3/\text{gün}$ doğal gelir dahil) suyun boşaltılması gerekiyordu. Kuruma bağlı Maden Makinaları Fabrikasında, $H_m=140\text{mSS}$ ve $Q=325\text{m}^3$ karakteristik değerlerinde 3 adet dalgıç pompanın imalatı yapılacaktı.

Ön görülen proje kapsamında ilk olarak, 1972 yılında görevini tamamlamış ve 20 yıldır Karadon'da bekleyen, hurda haldeki, 3 adet KSB dalgıç pompanın, Maden Makinaları Fabrikasında tamir ve bakımı yapıldı. Bu pompalar üretildiği tarihte, Çizelge 1'de verilen karakteristik değerleri ve kütleleri bakımından, dünyadaki en büyük prototip pompalardı (Matthes, 1975)

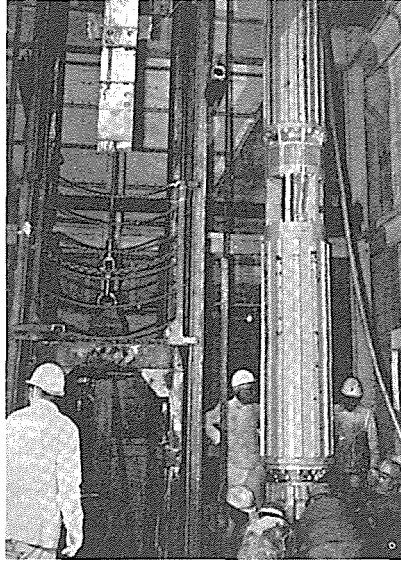
Çizelge 1. Çatalağzı kuyusunda kullanılan KSB (DPG 495 tipi) pompaların özellikleri.

KADEME	7+7 (Çift emişli)	8+8 (Çift emişli)	11+11 (Çift emişli)
DEBİ ($Q=\text{m}^3/\text{saat}$)	450	450	432
H_m (mSS)	320	350	425
Güç (kW)	660	700	780
N (dev/dak)	1480	1470	1470
U (V)	3000	3000	3000
I (A)	160,5	175	175
Boy (m)	5,35	6	8
Ağırlık (kg)	6400	7000	9500

Maden Makinaları Fabrikası Teknik Ekibi su yağlamalı oynak segmanlı eksenel yatak ile ilk kez bu tamirat ve bakım sırasında karşılaştılar. Pompaların orijinal eksenel yatakları aşırı aşınıp deforme olduklarından yeniden projelendirilmesi ve özellikle yatak malzemesinin seçilmesi gerekiyordu.

2.1. KSB (DPG 495 Tipi) Dalgıç Elektro-Pompalarının Kısa Tarihçesi

Kurumun, geçmişinde su boşaltımı ile ilgili bir tecrübesi vardı. Çatalağzı kuyusunun 1967 yılında derinleştirme çalışmaları tamamlanmış, kuyunun işletmeye açılabilmesi için -366 katında proje edilen, kontur, su havuzları, pompa dairesi ve Karadon kuyusu ile irtibat galerisinin sürülmesi gerekiyordu. Bu iş, su riskinden dolayı tecrübeli yabancı bir firmaya (Veruschacht) verilmesine rağmen 26 Eylül 1969 yılında su patlaması olmuş ve kuyu suya boğulmuş. Neticede 2.5 yıllık doğa ile insanın mücadelesinde 3 kez başarısız olunmasına rağmen sonunda insan doğa karşısında başarılı olmuştur (Özkan, 2007).



Şekil 1. Çatalağzı kuyuda su boşaltma çalışması (Matthes, 1975).

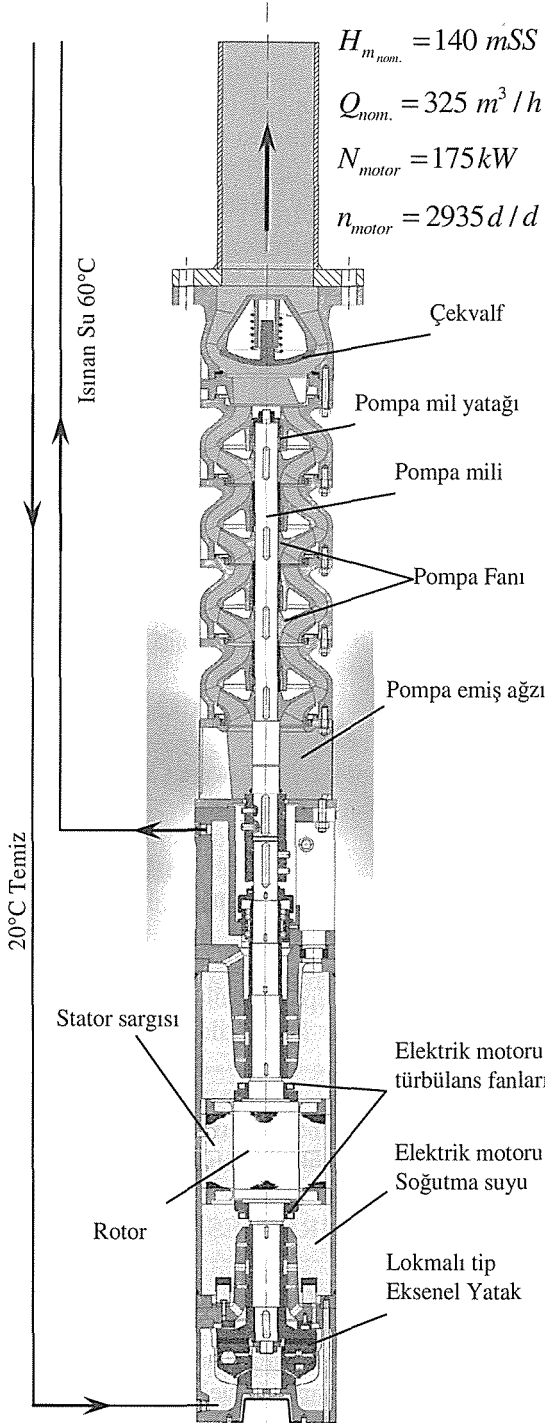
Almanya'daki KSB pompa firmasından, mevcut şartlar altında kuyudaki suyu boşaltabilecek farklı karakteristiklerde 3 farklı pompa sipariş usulü temin edilmiştir. Bu pompalar, karakteristik özelliklerinden dolayı (Çizelge 1), üretildiği tarihte dünyadaki en büyük dalgıç pompalardı

Çatalağzı'ndaki su ile mücadelede, Alman mühendis Gunter Matthes'in tüm tecrübelerini not alması ve notlarını kuruma bırakması çok faydalı olmuştur.

3. EKSENEL KAYMALI YATAĞIN PROJELENDİRİLMESİ

3.1. Eksenel Yatağın ve Dolayısıyla Problemin Tanımı

Eksenel yatak, pompa ve motor milleri ile millere sabitlenmiş hareketli ekipmanların, ayrıca basılan suyun pompa ve tesisat içinde kalan kısmının kütlelerinden dolayı oluşan eksenel yüke yataklık eder. Genel bir fikir vermesi açısından, Şekil 2'de işletme durumundaki dalgıç pompanın kesit gösterimi ve Şekil 3'de eksenel yatak konstrüksiyonunun pompa üzerindeki gösterimi verilmiştir.



Motor alta yerleştirilmiştir.

Emiş, pompa ile motor arasında bulunan emme odasından yapılır.

Motor ıslak rotorludur yani, su ile doldurulmuş kısa devre asenkron motorlardır.

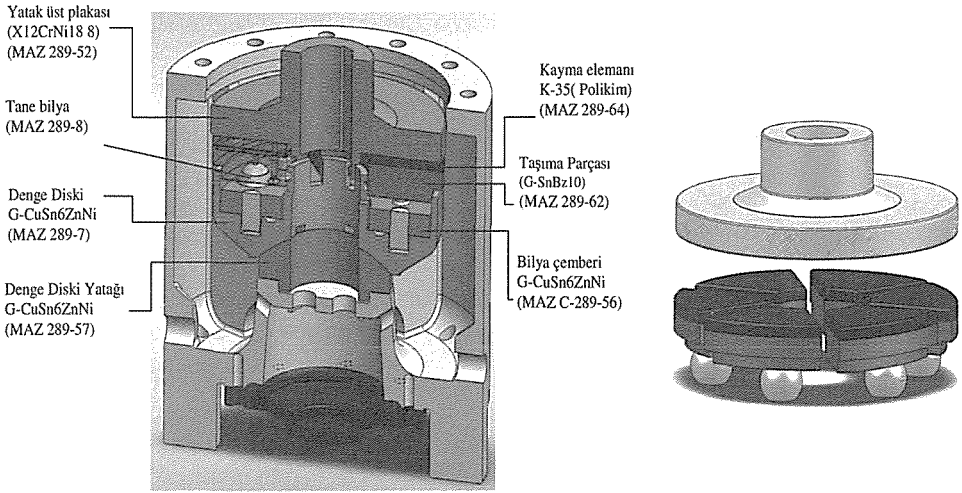
Radyal yatakları ve eksenel yükleri karşılayan eksenel yatağı su ile yağlanmaktadır.

Stator, su içinde çalışabilecek özellikteki izoleli (korumalı) bobin teli ile sarılmıştır.

Radyal su sızdırmaz keçeleri, motor içindeki su ile, pompanın bastığı suyun karışmamasını sağlar.

Eksenel yatağın altında bulunan bir denge diyaframı, motorun ısınması sonucu suyun genleşmesi ile oluşacak olan yüksek basıncı dengeler.

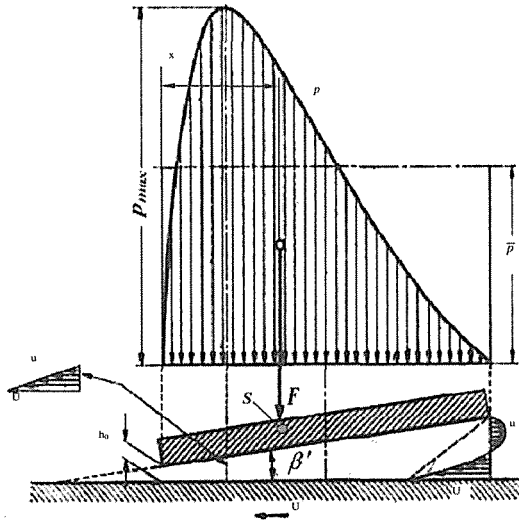
Şekil 2. Tamamı Maden Makinaları Fabrikasında imal edilen MAZ Dalgıç Elektro-Pompa'nın işletme durumundaki kesit görünüşü (Özkan ve Çelik, 2007).



Şekil 3. Oynak segmanlı (lokmalı) eksenel kaymalı yatak konstrüksiyonu.

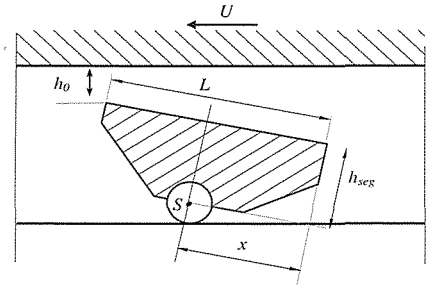
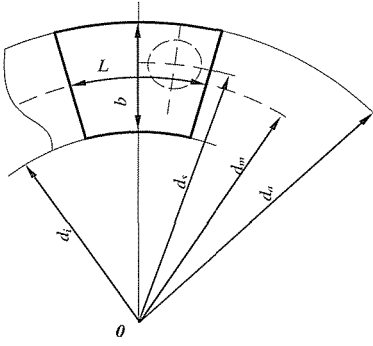
Eksenel yataklarda, kalınlığı hareket yönünde azalan yağ filmi sayesinde yük taşıyabilen bir yağ tabakası oluşur (Şekil 4).

Konstrüksiyonlarda, segmanların uygun açırı kendi kendine ayarlamasından başka, yükün bütün segmanlara eşit şekilde dağılmasına ve yükün segmanlara dik gelmesine gayret edilir. Oynak segman üzerinde oluşan yüklerin bileşkesinin etkidiği nokta “S” noktası olup bu nokta aynı zamanda bilye destek noktasıdır.



Şekil 4. β' eğimli düz levhanın yağ tabakasında, u hızı ve p yağ basıncı dağılışı (KLEMENCIC'e göre) (Neimann and Winter, 1983).

Her yük ve devir için en iyi çözüm, oynak segmanlı yataklardır (Şekil 5). Bu yataklar kendi yağ basınçlarını kendileri meydana getirirler ve sürtünme katsayıları küçüktür.



Şekil 5. Oynak segmanın geometrik boyutları (Özkan ve Çelik, 2007).

3.2. Bilinen ve Seçilmesi Gereken Parametreler

Eksenel yatak problemi için gerekli ve bilinen parametreler Çizelge 1’de, seçilmesi gereken parametreler ise Çizelge 2’de verilmiştir. Bilinen parametreler, pompa projesinde hesaplanan parametrelerdir (Özkan, 1997).

Çizelge 1. Dalgıç Elektro-Pompa proje değerleri.

$F_{ek} = 9050 \text{ N}$	$F_{motor} = 1200 \text{ N}$	$F_{pompa} = 320 \text{ N}$
$F = F_{ek} + F_{motor} + F_{pompa}$	$F = 10570 \text{ N}$	$n_{motor} = 2935 \text{ dev / dak.}$

F_{ek} : Pompada eksenel itme kuvveti.

F_{motor} : Rotor mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

F_{pompa} : Pompa mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

F : Eksenel yatağın taşınması gereken bileşke kuvvet.

n_{motor} : Pompa mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

Çizelge 2. Eksenel yatak projesi için seçilen parametreler.

$\bar{p} = 50 \text{ N / cm}^2$	$z = 6$	$\eta_{60^\circ C} = 469.87 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot s$
$\vartheta_{yatak} = 60^\circ C$	$\varepsilon = 1.25$	$\frac{L}{b} = 0.9$

$\bar{p}$: Elektrik ve su makinaları, $n > 1500$ ve durma zamanı < 8 dakika değerleri için seçildi.

z : Segman sayısı, yatak büyüklüğüne göre $z = 4 \dots 12$ aralığında seçilir.

$\eta_{60^\circ C}$: $60^\circ C$ su için dinamik viskozite (Çizelge 3).

$\vartheta_{60^\circ C}$: Yatağın emniyetli çalışabileceği işletme sıcaklığı (kabul).

ε : Yağ kaması boyutlar oranı, oynak segmanlı yataklar için 1,25 seçilir.
 $\frac{L}{b}$: $\left[\frac{L}{b} \cong 0.7 \dots 1.2 \right]$ en çok kullanılan değerlerdir. $\left[\frac{L}{b} \cong 1 \right]$ için taşıma kabiliyeti maksimum sürtünme minimumdur. Yüksek devirli yataklarda küçük değerleri seçilir.

3.3. Oynak Segmanın Boyutlandırılması ve Taşıma Kabiliyetinin Hesaplanması

Bilinen ve seçilen parametrelerden yola çıkılarak Şekil 5’de tanımlanan geometrik boyutlar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 3’de ise mevcut verilerle yatağın taşıma kabiliyeti irdelenmiştir.

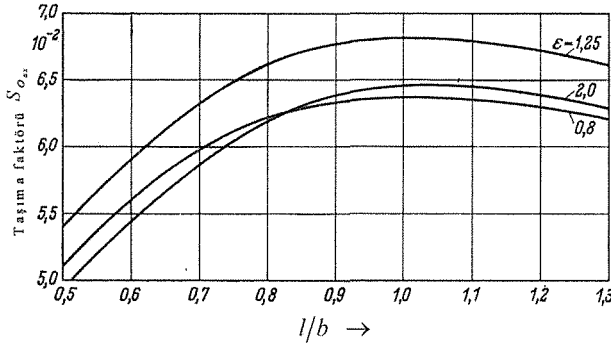
Çizelge 3. Oynak segmanın geometrik boyutlarını veren denklemler ve sonuçları (Neimann and Winter, 1983).

Ortalama segman uzunluğu (L)	$L = \sqrt{\frac{F \cdot (L/b)}{\bar{p} \cdot z}}$	$L = 56.3 \text{ mm}$
Taşıyıcı yatak genişliği (b)	$b = \frac{L}{0.9}$	$b = 63 \text{ mm}$
Ortalama yatak çapı (d_m)	$d_m = \frac{Z \cdot L}{\pi \cdot 0.8}$	$d_m = 134 \text{ mm}$
Yatak dış çapı (d_a)	$d_a = d_m + b$	$d_a = 197 \text{ mm}$
Yatak iç çapı (d_i)	$d_i = d_m - b$	$d_i = 72 \text{ mm}$
Destek ağırlık merkezi çapı (d_s)	$d_s = \sqrt{0.5 \cdot (d_a^2 + d_i^2)}$	$d_s \cong \phi 148 \text{ mm}$
Oynak eksenin konumu (x)	$x = 0.42 \cdot \frac{L \cdot d_s}{d_m}$	$x = 24 \text{ mm}$
Segman kalınlığı (h_{seg})	$h_{seg} = 0.25 \cdot \sqrt{b^2 + L^2}$	$h_{seg} \cong 21 \text{ mm}$
Ortalama çapın çevresel hızı (u)	$u = \pi \cdot d_m \cdot n / 60$	$u \cong 20.765 \text{ m / s}$

Çizelge 4. Oynak segmanın taşıma kabiliyetinin belirlenmesi ile ilgili eşitlikler ve sonuçlar (Neimann and Winter, 1983).

Min. yağ filmi kalınlığı (işletme şartlarında) h_0 ;	$h_0 = \sqrt{\frac{S_{o_{ax}}^{(*)} \cdot \eta \cdot u \cdot b}{\bar{p}}}$	$h_0 \cong 9.112 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Sürtünme gücü P_R ;	$P_R = 3 \cdot u \cdot \sqrt{F \cdot u \cdot Z \cdot L} \cdot \sqrt{\eta}$	$P_R = 367.72 \cong 0.4 \text{ kW}$
Geçiş yükü F_{ii}	$F_{ii} = 9.6 \cdot 10^8 \cdot \eta \cdot b^2 \cdot d_m \cdot n$	$F_{ii} \cong 11670 \text{ N}$
Sıvı sürtünmeye geçiş devir sayısı n_{ii} ;	$\frac{F_{ii}}{F} = \frac{n}{n_{ii}}$	$n_{ii} = 44.525 \text{ d / s}$
Yatağın aşınma emniyeti Sem	$Sem = \frac{F_{ii}}{F}$	$Sem = 1.104 > 1$

(*) ε ve L/b parametrelerine göre taşıma sayısı veya taşıma faktörü Şekil 6'dan faydalanılarak $S_{o_{ax}} = 6.78 \cdot 10^{-2}$ bulunmuştur.



Şekil 6. ε ve L/b ye bağlı olarak taşıma faktörü $S_{o_{ax}}$ değerleri (Drescher'e göre) (Neimann and Winter, 1983).

Yatağın aşınma emniyetinin 1'den büyük olması eş çalışan yatak parçaları, sürtünme diski ve aşınma plakası, arasında su filmi oluştuğunu gösterir. Yatak üzerine dik gelen $F = 10570 \text{ N}$ toplam yüke karşılık, oluşan su filmi üzerinde $F_{ii} \cong 11670 \text{ N}$ toplam bileşke etki kuvveti meydana gelir. Bu sayede eş çalışan iki yatak parçası birbirine temas etmez, aralarında tam sıvı sürtünme oluşur ki arzu edilen de budur.

Tam sıvı sürtünme $n_{ii} = 2671.5 \text{ dev / dak}$ olduğunda başlamış olur. Bunun anlamı, motora her yol verişimizde sıvı sürtünmeye geçiş devrine kadar, özellikle kuru sürtünme aralığında, eş parçalarda aşınma yüksek olur. Bu nedenle dalgıç pompalar, gereksiz sık durdur-çalıştır yapılmamalıdır.

3.4. Elektrik Motorunun Isınma Kontrolü (İşletme Şartlarında)

3.4.1. Düzlemsel bir yüzeydeki doğal ısı taşınımı

Düşey ve silindirik şeklindeki elektrik motoru gövdesinin su ile temas eden dış yüzeyi düzlemsel bir yüzey olarak alınır. Şekil 1 incelendiğinde, su içinde bulunan rotor miline bağlı 2 adet fanın bulunduğu görülür. Fanların dönmesiyle akış çizgilerinde bir karışıklık meydana gelir ki türbülanslı akış söz konusudur.

Düşey bir yüzeydeki türbülanslı doğal ısı taşınımında hava için $A=0.10$, su için $A=0.17$ olmak üzere Nusselt sayısı,

$$N_u = A \cdot \sqrt[3]{G_r \cdot P_r} \quad (\text{Dağsöz, 1984}) \quad [1]$$

ve

$$N_u = \frac{\alpha \cdot D_{mot}}{\lambda} \quad (\text{Kakaç, 1970}) \quad [2]$$

denklemleri ile ifade edilmektedir.

α = Isı taşınım katsayısı, yüzey film katsayısı veya yüzey ısı transferi (geçiş) katsayısı (Su havuzundaki su ile suyun temas ettiği elektrik motoru gövdesinin silindirik dış yüzeyi arasındaki ısı geçişi için)

D_{mot} = Elektrik motoru gövdesinin dış çapı $D = \phi 290 \text{ mm}$ (Proje değeri)

λ = Isı iletim katsayısı (ortalama sıcaklığa göre $(20+60)/2=40^\circ\text{C}$ için; Çizelge 5).

Çizelge 5. Isı transferinde (geçişinde), su için karakteristik değerler (Dubbel, 1981).

t °C	ρ kg/dm^3	c_p $\text{kJ}/(\text{kgK})$	$10^6 \cdot \eta$ $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$10^6 \cdot \nu$ m^2/s	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$10^6 \cdot a$ m^2/s	P_r	β K^{-1}
20	0.9982	4.183	1004.19	1.006	0.598	0.143	7.03	0.00020
40	0.9921	4.178	652.80	0.658	0.627	0.151	4.36	0.00038
60	0.983	4.191	469.87	0.478	0.651	0.158	3.03	0.00054
80	0.972	4.199	353.81	0.364	0.669	0.164	2.22	0.00065

Grashof sayısı;

$$G_r = g \cdot \beta \cdot (t_y - t_a) \cdot D^3 / \nu^2 \quad (\text{Dağsöz, 1984}) \quad [3]$$

Prandtl sayısı;

$$P_r = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = \frac{\nu}{a} \quad (\text{Dağsöz, 1984}) \quad [4]$$

β = Isıl genleşme katsayısı

ν = Kinematik viskozite

η = Dinamik viskozite

c_p = Özgül ısı

a = Isısal yayılma katsayısı

40°C ortalama sıcaklık için Çizelge 3’den gerekli parametreler yerine konarak sırayla:

$$G_r \cong 8.4 \cdot 10^9$$

$$N_u \cong 565$$

$$\alpha \cong 1222 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

hesaplanır.

3.4.2. Elektrik motor gövdesinin soğutma gücü P_K

Gövde tamamen su içinde olduğundan elektrik motoru gövdesinden transfer edilecek ısı enerjisi,

$$P_K = \alpha \cdot A_{mot.} \cdot \Delta \vartheta \quad [5]$$

$$\Delta \vartheta = \frac{\vartheta_{yatak} + \vartheta_{dış}}{2} \quad \Delta \vartheta = 40^\circ \text{C} \quad \text{Ortalama sıcaklık} \quad [6]$$

$$A_{mot} = \pi \cdot D_{mot} \cdot L_{mot} \quad [7]$$

L_{mot} :2000 mm (Motor boyu proje değeri)

A_{mot} :Motor gövdesinin su ile temastaki dış yüzeyi (Etkili soğutma yüzeyi)

$$P_K = 88 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Eğer motor su ortamında değil de hava ortamında olsaydı tüm hesaplamalar yapıldığında;

$$P_{K_{HAVA}} = 0.3 \text{ kW}$$

ısı enerjisi transfer edilecekti.

3.4.3. Toplam kayıp güç P_v

Motor ve pompa içerisinde oluşan sürtünme kayıplarına karşı harcanan kayıp güçleri ve proje değerleri Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Su içinde çalışan motorun maruz kaldığı sürtünme kayıp güçleri (Özkan ve Çelik, 2007).

$P_s = 0.11 \text{ kW}$	Su içerisinde ω hızı ile dönen rotorun sürtünme gücü
$P_{VD} = 0.3 \text{ kW}$	Motor içinde kullanılan 3 adet keçenin sürtünme gücü
$P_{VPL} \cong 1 \text{ kW}$ (Kabul)	Motor türbülans fanlarının kayıp gücü
$P_{VB} = 0.1 \text{ kW}$	Motor miline montajlı radyal kaymalı yatak kayıp gücü
$P_{VS} \cong 0.1 \text{ kW}$ (Kabul)	Motor ile beraber dönen diğer parçaların sürtünme gücü

Su içerisindeki motor parçalarını ω açısal hızı ile döndürebilmek için motor miline sürtünme kuvvetler toplamını yenecek bir güç uygulamak gerekmektedir.

Toplam sürtünme gücü,

$$P_{Ksürtünme} = P_s + P_{VD} + P_{VPL} + P_{VB} + P_{VS} \quad [8]$$

$$P_{Ksürtünme} = 1.61 \text{ kW}$$

$$P_{Ksürtünme} \cong 2 \text{ kW} \quad (\text{kabul edilir})$$

Ayrıca Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü Elektrik Atölyesi test istasyonunda elektrik motorunun demir ve bakır kayıpları,

$$P_{Fe} + P_{Cu} = 27 \text{ kW} \quad [9]$$

ölçülmüştür.

Toplam kayıp güç,

$$P_V = P_{Ksürtünme} + P_{Fe} + P_{Cu} \quad [10]$$

$$P_V = 29 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

$$P_{Ksu} = 88 \text{ kW} > P_V = 29 \text{ kW}$$

$60^\circ \text{C} / 20^\circ \text{C}$ su ortamında motor gövdesinin soğutma gücü yeterlidir.

$$P_{KHAVA} = 0.3 \text{ kW} < P_V = 29 \text{ kW}$$

olduğundan, hava ortamında bu elektrik motoru ÇALIŞAMAZ.

4. SONUÇ

Su ile dolu Kozlu Müessesesi ocaklarının yeniden geri kazanımı için ihtiyaç duyulan 3 adet MAZ Elektro-Pompa, Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü teknik personeli tarafından projelendirilip imalatı başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Pompa projesinin bir parçası olan eksenel kaymalı yatak problemi, projenin başarısındaki en hayati kısımlarından biri oldu. Projelendirme ve imalat sürecinde, kayma elemanı (MAZ 289-64)-yatak üst plakası (MAZ 289-52) (Şekil 3), malzeme çifti ve pompa mil malzemesi seçiminden kaynaklanan hatalar da yaşanmıştır. Motor daha test aşamasında iken eksenel yatağın sarması ve ocakta işletme esnasında pompa mili kesmesi gibi, olumsuzluklar da yaşanmıştır. Bu tecrübeler doğrultusunda proje ve imalat revize edilerek başarı sağlanabilmiştir. Her 3 pompanın da su boşaltımındaki görevlerini başarıyla yerine getirmesi, zamana karşı da yarışılan imalat sürecinde, katkısı olan her

personel için gurur kaynağı olmuştur. Ocaklardaki suyun yurtdışından bağımsız olarak, kurumun kendi öz kaynaklarıyla boşaltılabilmesinin kuruma zaman ve maddi kazanç olarak katkısı büyük olmuştur. TTK Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü, kuruluş amacına uygun olarak, kurum açısından stratejik bir konuda görevini başarı ile tamamlamıştır.

KAYNAKLAR

Bosch, M. ve İleri, H. *Makina Elemanları Hesabı*, İTÜ Kütüphanesi, Sayı: 721, 748.

Dağsöz, A.K. (1984) *Isı Geçişi*, Kipaş, İstanbul.

Dirk and Leimann, O. (1979) *Erhöhung der Wärmegrenzleistung bei Getrieben mit Luftkühlung*, Konstruktion 31 H.11, s. 434-438.

Dubbel (1981) *Taschenbuch für den Maschinenbau*, Sipringer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

Gediktaş, M. (1982) *Makina Elemanları Problemleri*, Fatih Yayınevi, İstanbul.

Kakaç, S. (1970) *Isı Transferi*, ODTÜ Yayın No:27, Ankara.

Karl and Decker, H. (1982) *Maschinen Elemente Gestaltung und Berechnung*, Karl Hanser Verlag München.

Matthes G. (1975) World Coal.

Niemann, G. and Winter, H. (1983) *Maschinen Elemente Band II – Band III*, Springer-Verlag

Özkan, T. (1997) *Bir Dalgıç Elektro-Pompanın Hesabı ve Projelendirilmesi*, TTK Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü, Zonguldak.

Özkan, T. ve Çelik, K. (2007), *Eksenel Kaymalı Yataklar*, TTK APK Daire Başkanlığı Sürdürülebilir Bilgi Paylaşımı III, Zonguldak.

Özkan, T. ve Çelik, K. (2007), *Karadon Müessesesi -360 m. Katı Su Haritası*, TTK APK Daire Başkanlığı Sürdürülebilir Bilgi Paylaşımı IV, Zonguldak, s. 1-10.

Roloff and Matek. (1983) *Maschinen Elemente*, Friedr. Vieweg Sohn.

Schröder, W. and Leimann, O. (1980) *Ermittlung der Getriebeverlustleistung*, Antriebstechnik 19 Nr. 11 s. 532 – 535.

Ulukan, L. (1970) *Yağlama Tekniği*, İTÜ Makina Fakültesi Makina Elemanları Kürsüsü, İstanbul.

TERMİK SANTRAL KÜLÜNÜN AYAK ARKASI YANGINLARINA KARŞI KULLANILMASI VE GÖTÜRÜCÜNÜN DİZAYNI

THE USE OF THERMAL POWER PLANTS ASHES AGAINST THE COMBUSTION OF LEAVED COALS IN CAVED AREA LONGWALLS AND DESIGN OF THE TRANSPORTER

Rıfat DAĞDELEN, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

Tuncer ÖZKAN, *Bartın*

Haşim DEMİRLER, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

Cüneyd YAMUDİ, *Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak*

ÖZET

Bu tebliğde; Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) uygulanmakta olan uzun ayak üretim sisteminde yangınları önlemek için tasarlanan ayak arkasına kül püskürtme sistemi ve Amasra Taşkömürü Müessesesindeki uygulaması açıklanmaktadır.

ABSTRACT

In this paper, in order to prevent the combustion of leaved coal in caved area of longwalls, the new designed sprinkler system in clouding thermal power plant ashes is explained and applications of this system are given for Amasra District.

1. GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliğinde kömürün kendiliğinden yanabilirliği madenciliğin en önemli sorunlarından biridir. Bu sorun emniyetli çalışma ortamını ortadan kaldırmakta ve ardından da madenciliğin amacı olan ekonomik değer oluşturma faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Belirtilen bu iki önemli sebepten ötürü önlem almanın önceliği ve hassasiyeti artmaktadır. Bu anlayışla, tasarım ve imalatı tamamıyla TTK'nın kendi olanakları ile yapılmış olan Götürücünün tasarım parametreleri ve teknik özellikleri verilecek ayrıca sistemde örtü malzemesi olarak kullanılan termik santral külü uygulaması konu edilecektir.

2. OCAK YANGINLARI

Oluşum şekline göre ocak yangınları *eksojen* ve *endojen* yangınlar olmak üzere ikiye ayrılır. *Eksojen yangınlar*; yüksek sıcaklık sonucu meydana gelir, ısı kaynağı yanan ortamın dışındaki başka bir kaynaktır. *Endojen yangınlar*; kömürün kendi kendine kızışması sonucu meydana gelir ve dış ısı kaynağının rolü yoktur. Endojen ocak yangınlarına etki eden faktörler ise aşağıda sıralanmıştır (Güney, 1965):

- Kömürün fiziko-kimyasal ve petrografik özellikleri (kükürt yüzdesi, rutubet, tane büyüklüğü, kimyasal bileşenler, kalorifik değeri),
- Yeraltı koşulları (ocak havası sıcaklığı, ocak rutubeti, oksijen konsantrasyonu)
- İşletme yöntemi,
- Havalandırma sistemi ve hava akımının miktarı,
- Kömür damarı ve tabakalarının durumu,
- Tahkimat cinsi vb. leridir.

2.1. Kömürün Kendiliğinden Yanması İle İlgili Kuramlar

Literatüre göre kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili araştırmalar 1686 yılında Dr. Plott ile başlamış olup, yangın ve patlamaların sebebi olağanüstü nedenlere bağlanmıştır. Daha sonra kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili teoriler ortaya çıkmıştır. İlk bilimsel teori "pirit kuramı" olarak tarihe geçmiştir. Bu kuramı daha sonra

- Bakteri kuramı,
- Oksidasyon kuramı,
- Nem kuramı,

izlemiştir. Tüm bu kuramlar içinde oksidasyon kuramı birçok araştırmacı tarafından desteklenmiş ve kendiliğinden yanmanın sebebi olarak kabul görmüştür (Eroğlu ve Gouws, 1993).

Kömürün kendiliğinden yanmasıyla ilgili olarak, genelde, kabul edilen teori, uygun atmosferik koşullarda kömürün oksijeni absorbe etmesine dayanmaktadır (Oksidasyon kuramı) Kömür ile oksijen arasında dışa ısıveren bir kimyasal tepkime söz konusudur.

Kömür yüzeyleri havayla temas eder etmez oksidasyon olayı başlamaktadır. Ocakta, normal koşullar altında, dışa verilen ısı alınmakta ve oksidasyon, yavaş bir biçimde ve bir kızışma tehlikesi doğurmaksızın sürmektedir. Ancak, bazı durumlarda dışa verilen

ısı, ortamdan uzaklaşmamakta ve sıcaklık giderek artmaktadır. Sıcaklık arttıkça ve ortamda yeterli oksijen de varsa oksidasyon hızı artmakta ve buna bağlı olarak kömürün sıcaklığı yükselmektedir. Kömürün tutuşma sıcaklığına (kritik sıcaklık) ulaşıldığında ise, yanma olayı gerçekleşmektedir (Didari, 1986).

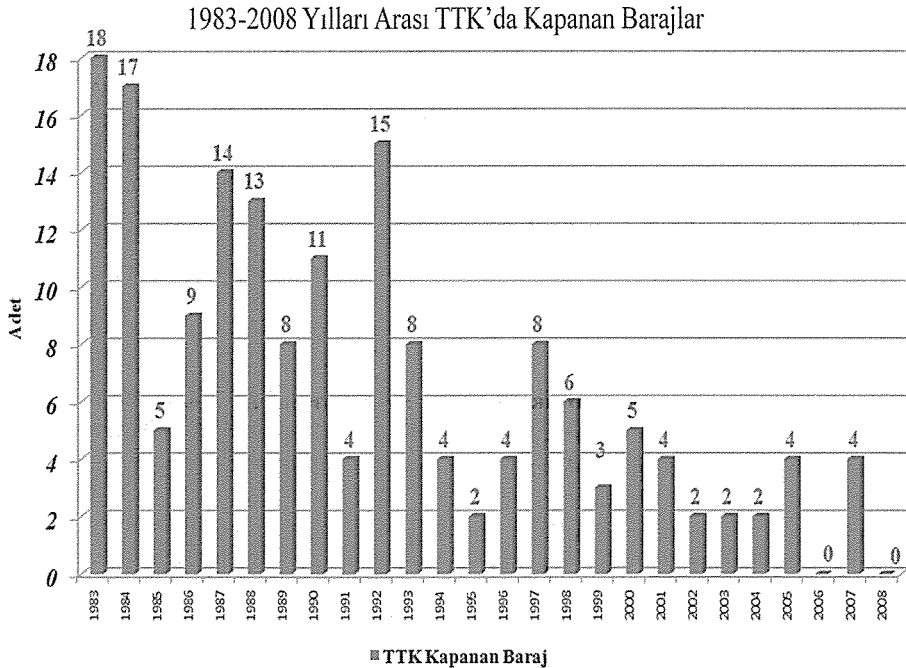
2.2. Türkiye Taşkömürleri Kurumunda Ocak Yangınları

Son çeyrek asırda TTK'da pano kapatmaya kadar varan yangınlar incelendiğinde; pano kapatmak amacı ile 172 adet barajın yapıldığı görülmektedir (Şekil 1).

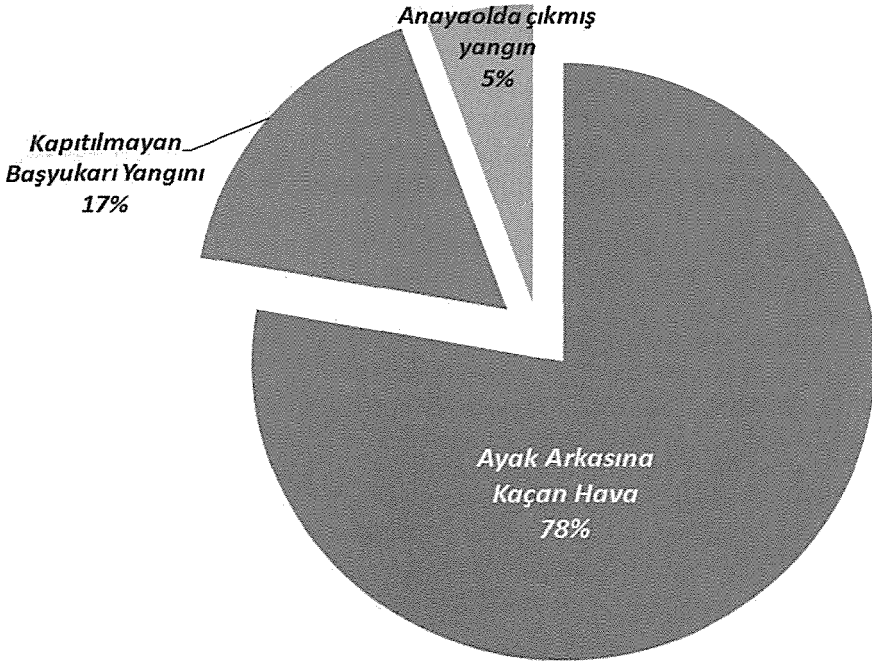
Bir ocak yangınının yarattığı maliyet maden işletmesi için oldukça yüksektir. Yapılan bir araştırmada; 1988 yılında TTK Kozlu Müessesesinde meydana gelen bir ocak yangını sonucu oluşan zararın, üretim, işçilik ve malzeme yönünden bir milyon doların üstünde olduğunu hesaplamıştır (Değirmenci, 1992).

1980-1990 yılları arasında TTK Kozlu Müessesesinde oluşan yangınlar incelendiğinde 18 yangından 14'nün ayak arkasına kaçan havadan kaynaklandığı görülmüştür (Şekil 2).

Şekil 2'de göçertmeli uzun ayak işletme yönteminde meydana gelen yangınların %78'inin sebebinin "arkaya kaçan hava sonucu oluşan oksidasyon" olduğu görülmektedir. Bu soruna karşı alınan önlemler, ayak arkasında mümkün olabildiğince kömür bırakmamak ve bununla beraber ayak ilerleme hızını oldukça yüksek tutmaktır.



Şekil 1. 1983-2008 yılları arası yangın sonucu kapanan panoların yıllara göre dağılımı.



Şekil 2. 1980–1990 yılları arası TTK Kozlu Müessesesindeki yangınlar.

3. TERMİK SANTRAL KÜLÜNÜN OCAK YANGINLARINDA ÖNLEM OLARAK KULLANIMI

Termik santral külü madencilikte ramble malzemesi olarak kullanılabilir. Literatürde ocak yangınlarına karşı kimyasallar araştırıldığında sodyum silikatın (Fransa), kalsiyum klorür'ün (Almanya, Macaristan, İngiltere) ve boratların (İngiltere) laboratuvarlarda araştırıldıkları görülmektedir (Didari, 1988).

Termik santral külünün ayak arkasına püskürtme uygulaması, TTK'daki son dönem Ar-Ge çalışmalarının ürünüdür. Yukarıda bahsi geçen kimyasallarla kıyaslandığında ise uçucu külün, atık malzeme oluşu nedeniyle ekonomikliği söz konusudur.

Sistemin temel prensibi, ayak arkasına püskürtülen külün, ayak arkasında kalan alınamamış kömürlerin üzerine kaplayarak, ayak arkasına kaçan hava ile temasını önlemek, yani oksidasyonu engellemektir.

4. TERMİK SANTRAL KÜLÜ ANALİZİ

Sistemde kullanılmakta olan Çatalağzı-B Termik Santral külünün E.Ü.A.Ş. Teknik Kontrol ve Laboratuvarları İşletme Müdürlüğünde yapılmış olan analizi Çizelge 1'de verilmiştir. Kullanılan külün filtre çıkışı elek analizi ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çatalağzı-B termik santral külüne ait kimyasal analiz sonuçları.

Yapılan Analizler	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	Yanma Kaybı
	TS 639		TS 639				Alev Fotometrisi		TS 639		TS 639
Numune	Sonuçlar %										
1. Ünite külü	54,21	5,94	0,98	26,43	3,39	5,33	0,69	1,84	0,01	0,11	1,05
2. Ünite külü	55,84	6,71	1,30	24,19	3,04	5,21	0,61	1,60	0,81	0,11	0,97

Çizelge 2. Santral külünün elek analizi.

Filtre çıkışı uçucu kül elek analizi	
Bakiye	Elek
(%)	(mm)
52,66	0,045
15,8	0,063
18,5	0,125
11,23	0,250
1,81	0,500

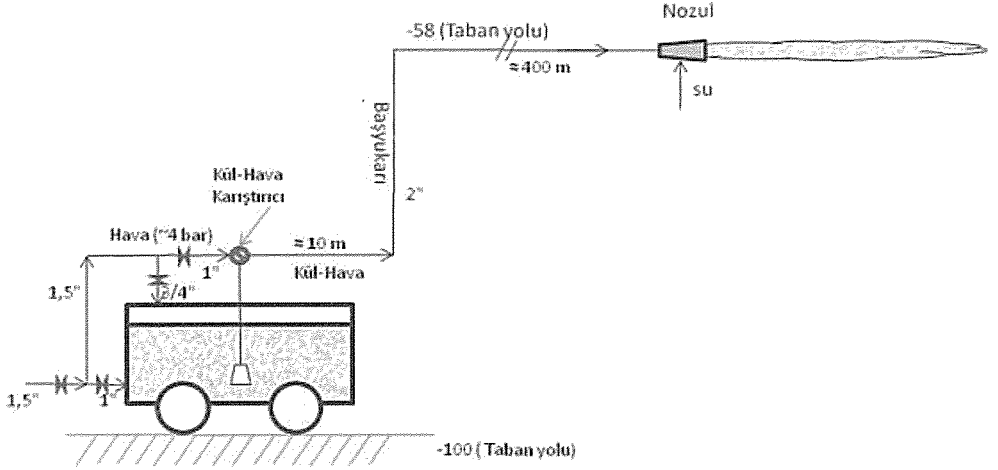
Yoğunluk ise 1,0835 ton/m³ ölçülmüştür

5. AMASRA MÜESSESSESİ İÇİN KÜL NAKİL ARACININ “GÖTÜRÜCÜ” DİZAYNI

Ocak yangınlarına karşı santral külü uygulaması Türkiye de ilk olarak TKİ Ege linyitleri Soma İşletmesinde gerçekleştirilmiş olup, taşıma işlemi gravite yöntemi ile sağlanmıştır.

TTK Amasra Müessesesinde bir ayakta kızışma olabileceği ihtimali üzerine, üretim panosuna kül tatbiki uygulanması planlanmış ve TKİ Soma işletmesindeki uygulamadan farklı olarak külün uygulama noktasına kadar transfer için yeni bir Götürücü’nün (transfer aracı) dizaynı gerekmiştir (Şekil 3).

Götürücü -100 kotunda alt taban yolunda duracak, kül başyukarı içinden -58 kotuna kadar dikey olarak çıkarılıp -58 kotuna yatay olarak 400 metre nakledilecektir.



Şekil 3. Amasra Müessesesi için tasarlanan kül götürücünün dizaynında kullanılan mekansal veriler.

5.1. Pnömatik Transport Sistemlerinin Hesap Esasları (Götürücü Dizaynı)

Dökme malzeme taşıyan bir pnömatik transport sistemi saate ton olarak istenen Q kapasitesine, uzunluğa ve borunun yörünge diyagramına bağlı olarak tasarlanır. Tasarımda, taşınan yükün fiziksel ve mekanik özellikleri de önemli bir rol oynar. (İmrak, 2009).

Bir pnömatik transport sisteminin hesabında belirlenmesi gereken en önemli parametreler

- Hava tüketimi V_{hava}^3 [m³/s],
- Hava basıncı P [kg/cm²] ve
- Taşıma borusunun iç çapı d_b [m] dir.

Pnömatik taşıma sürecini niteleyen ikinci derece parametreler de ayrıca belirlenmelidir. Bunların arasında,

- İndirgenmiş taşıma uzunluğu L_{ind} [m],
- Karışımın μ ağırlık konsantrasyonu,
- Malzeme parçacıklarının v_k kaldırma hızı [m/s],
- Boru içindeki hava akımının hızı v_{hava} [m/s] vardır.

Hesaplar genellikle işletme ve test birimlerindeki deneylerden elde edilen verilere dayanır. İndirgenmiş taşıma uzunluğu, taşıma borusunun geometrik uzunluğu ile eşdeğer uzunluklarının toplamı olarak elde edilir.

Bir yerel direncin eşdeğer boyu, içinde malzeme sürükleyen bir hava akımından dolayı bu dirence eşit bir basınç kaybı meydana gelen yatay ve düz bir boru parçasının boyudur.

5.2. İndirgenmiş Götürme Uzunluğu (Tasarım Eşdeğer Uzunluk Hesabı)

Hesaplamalarda götürücü hortumun düşeyde ve yatayda, ayrıca içerdiği dirsek ve vana sayısına göre eşdeğer uzunlukları hesaplanır.

$$L_{ind.} = \sum L_{yat} + \sum L_{düş} + \sum L_{eşd.d} + \sum L_{eşd.v} \quad (1)$$

$\sum L_{yat}$: toplam yatay götürme uzunluğu (m)

$\sum L_{düş}$: toplam düşey götürme uzunluğu (m)

$\sum L_{eşd.d}$: dirseklerin top. eşdeğer uzunluğu (m)

$\sum L_{eşd.v}$: vanaların top. eşdeğer uzunluğu (m)

$$\sum L_{yat} = 410 \text{ m}$$

$$\sum L_{düş} = 42 \text{ m}$$

R_0 - Dirseklerin eğrilik yarıçapı,

d_b - Götürme borusunu iç çapı,

$$R_0 / d_b = 6 \text{ (kabul)}$$

Çizelge 3'de pudra özelliği seçilmiş olup, dirsek eşdeğer uzunluğu ise 10 (m) olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Dirsekler için eşdeğer uzunluklar ((Spivakovsky vd., 1976).

Malzeme	Ro / db oranına göre $L_{eşd. d.}$ Değeri (m)			
	4	6	10	20
Pudra	4-8	5-10	6-10	8-10
Homojen taneli	-	8-10	12-16	16-20
Küçük parçalı düzgünsüz	-	-	28-35	38-45
İri parçalı düzgünsüz	-	-	60-80	70-90

$$\sum L_{eşd.a} = 10 \text{ m}$$

Sistemde kullanılan götürme borusu özel olup sürtünme katsayısı en aza indirilmiştir

Bükülebilir bölümlü dirsek sayısı 2 olup, götürme borusunda vana kullanılmamıştır.

$$L_{ind.} = 472 \text{ m}$$

5.3. Götürme Hava Hızı, Gerekli Hava Hızının Hesabı

Pnömatik ya da havalı konveyörler; dökme malzemeleri ya da özel taşıyıcılar içinde birim yükleri, bir kanal içinde hareket eden hava akımıyla iletimde kullanılırlar. Pnömatik transport makinalarının hepsinde ortak olan çalışma ilkesi, hareketin hızlı bir hava akımı tarafından yüke iletilmesidir (İmrak, 2009).

Hava hızı,

$$v_k = K \sqrt{\frac{\gamma_y}{\gamma_{hava}}} \alpha' \quad (2)$$

denkleminde hesaplanır.

γ_y ; yük parçacıklarının özgül ağırlığı (t/m^3)

γ_{hava} ; havanın özgül ağırlığı (kg/m^3)

α' ; yük parçacıklarının boyutu (m)

K ; yük parçacığının biçimine, boyutlarına ve yüzey koşullarına bağlı bir katsayı olup, küre biçimindeki parçacıklar için $K= 10-170$

Küçük parçacık çapı için K katsayısının küçük değerleri alınır.

Havanın atmosfer basıncındaki özgül ağırlığı

$$\gamma_{hava} : 1,2 \text{ kg}/m^3$$

Düşey boru bölümlerindeki ek hava sütununun basıncı hesaplanırken δ'_{hava} nın, basınçlı sistemlerde δ_{hava} dan (atmosferik basınçtaki özgül ağırlık) büyük ve emmeli sistemlerde ise δ_{hava} dan küçük olduğu dikkate alınmalıdır.

İlk hesaplamalar için yüksek basınçlı emmeli sistemlerde ise;

$$\gamma'_{hava} = 0,8 - 0,95 \text{ kg}/m^3 \text{ arasında alınır.}$$

Atmosfere yakın basınçtaki bir boru bölümünde yani bir basınçlı götürücünün boşaltma ya da bir emmeli götürücünün emme ağzında,

$\gamma_{hava} = \text{sabit} = 1 \text{ kg/m}^3$ iken,

gerekli hava hızı aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$v_{hava} = \sqrt{\gamma_y} + B \cdot L_{ind}^2 \quad (3)$$

$$v_{hava} = 14,5 \quad (m/sn)$$

Bu denklemde;

α ; yük parçacıklarına bağlı ve onların boyutlarıyla artan katsayı, $\alpha = 10$ (kabul, Çizelge 4),

γ_y ; yük parçacıklarının özgül ağırlığı (t / m^3)

$$\gamma_y \cong 1 \text{ ton}/m^3$$

B - Katsayı

$B = (2-5) \cdot 10^{-5}$ olup kuru pudra malzemelerde düşük değerler alınır, yani $2 \cdot 10^{-5}$ kabul edilir.

Çizelge 4. Yük parçacıklarının boyutlarına göre α katsayısının değerleri (Spivakovsky vd., 1976).

Malzeme	Max. Parçacık ölçüsü a	α
Pudra	1-1000 μ (mikron)	10-16
Homojen taneli	1-10 mm	17-20
Küçük parçalı, homojen	10-20 mm	17-22
Orta parçalı, homojen	40-80 mm	22-25

5.4. Karışımın Ağırlık Yığılması

Hava ve malzeme karışımının ağırlık yığılması (konsantrasyonu) μ , donanımın ağırlıkça kapasitesinin, malzemeyi götürmek için gerekli hava miktarına (ağırlıkça) oranıdır. Bu matematiksel olarak ifade edilirse:

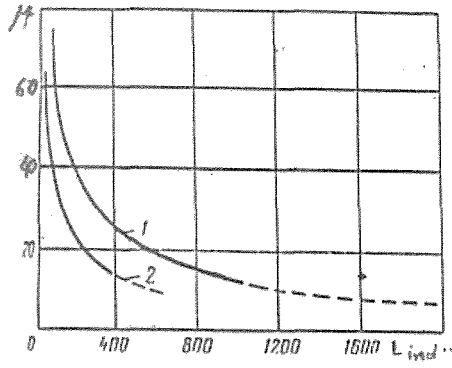
$$\mu = \frac{Q}{3,6 \cdot \gamma_{hava} \cdot v_{hava}} ; \text{kg malz} / \text{kg hava} \quad (4)$$

Q ; Donanımın kapasitesi (ton/saat)

γ_{hava} ; havanın özgül ağırlığı (kg/m^3)

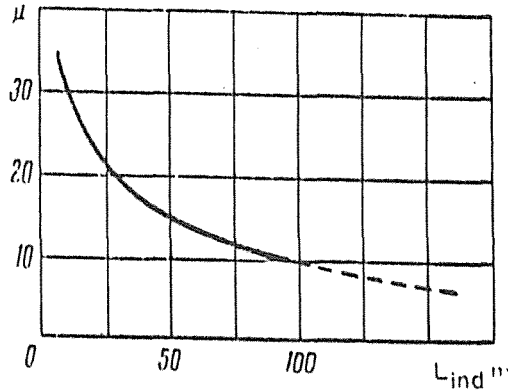
V_{hava} ; hava tüketimi (m^3/sn)

Mevcut donanımların çoğunluğunda, karışımın μ yığılması, götürme borusunun d_b çapına, p basıncına ve L_{ind} indirgenmiş götürme boyuna bağlıdır.



Şekil 4. Karışımın ağırlık yığılmasının indirgenmiş götürme uzunluğuna bağımlılığını gösterir grafik (Spivakovsky vd., 1976).

Şekil 4'de [1. eğri kuru ve serbest akışlı, özgül ağırlığı yüksek malzemeler ($\gamma_y = 2,5-3,2 \text{ t/m}^3$) için; 2. eğri düşük özgül ağırlıklı ($\gamma_y = 1,8-2,5 \text{ t/m}^3$) ancak yüksek nem miktarı ve çok aşındırıcı malzemeler için]



Şekil 5. Karışımın yığılmasının L_{ind} indirgenmiş götürme uzunluğuna bağımlılığını gösterir grafik (tahıl için) (Spivakovsky vd., 1976).

Her donanım tipi özgül hava basıncında çalıştığından örneğin yüksek basınçlı bir götürme düzeninde $p=2,5-5 \text{ kg/cm}^2$ orta basınçlıda $p=1,3-2,2 \text{ kg/cm}^2$ emmeli götürme düzeneğinde $p=0,2-0,45 \text{ kg/cm}^2$ alınır. Sonuç olarak, hesaplanan donanımın tümüne karşılık olarak verilmiş bir basınçta karışımın μ ağırlık yığılması, eşdeğer L_{ind} götürme uzunluğuna göre belirlenmelidir.

$L_{ind} = 472 \text{ m}$ için (Şekil 4)

$\mu \cong 23 \text{ [(kg malz) / (kg hava)]}$ (Şekil 4)

5.5. Gerekli Hava Tüketimi

Transfer işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli hava tüketiminin hesabı ise;

$$v_{hava} = \frac{Q}{3,6 \cdot \gamma_{hava} \cdot \mu} \quad (5)$$

$Q = 3$ ton/saat alınmıştır.

$v_{hava} \cong 0,03 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanır.

5.6. Götürme Borusunun İç Çapı

Tank içersindeki malzemenin hortum ucundaki nozule kadar olan kısmın, başka bir deyişle kullanılan götürme borusunun iç çapının hesaplanması ise

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{hava}}{\pi \cdot v_{hava}}} \quad (6)$$

$$d_b = \phi 50 \text{ mm}$$

5.7. Götürme Borusunun Başlangıcında (Girişinde) Gerekli Hava Basıncı (Mutlak Basınç)

Basıncılı götürme düzenleri için

$$p_g = \sqrt{1 + \frac{\beta \cdot \mu \cdot L_{ind} \cdot v_{hava}^2}{d_b}} \mp P_{kes} \quad (7)$$

(ata , mutlak basınç bar (a))

Eğer malzeme H yüksekliğine kaldırılacaksa, yalnız sürtünme kayıpları değil hava – malzeme sütununun boru kesitine indirgenmiş birim ağırlığı da hesaba katılmalıdır. Yani,

$$P_{kes} = \frac{H \cdot \gamma'_{hava} \cdot \mu}{10^4} \text{ kg/cm}^2 \quad (8)$$

verilen düşey bölüm için ortalama havanın özgül ağırlığı; γ_{hava}^0 ; düşey boru bölümlerindeki ek hava sütununun basıncı hesaplanırken γ'_{hava} nın basınçlı sistemlerde γ_{hava} dan (atmosferik basınçtaki özgül ağırlık) büyük ve emmeli sistemlerde ise γ_{hava} dan küçük olduğu hatırlanmalıdır. İlk hesaplar için;

yüksek basınçlı sistemlerde

$$\gamma_{hava} = 1,6-2 \text{ kg/m}^3$$

emmeli sistemlerde,

$$\gamma_{hava}^0 = 0,8- 0,95 \text{ kg/m}^3 \text{ alınır.}$$

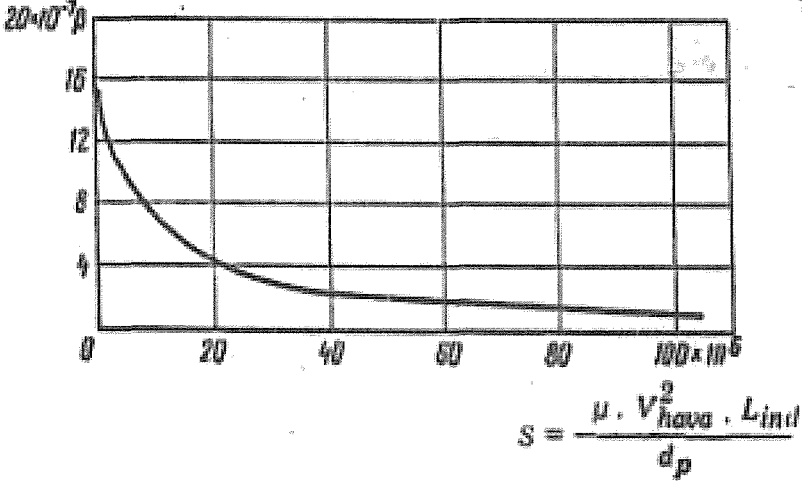
$$\gamma_{hava}^0 = 1,8 \text{ kg/m}^3 \text{ (kabul)}$$

β katsayısı;

basıncılı götürme düzenleri için

$$s = \frac{\mu \cdot L_{ind} \cdot v_{hava}^2}{d_b} \quad (9)$$

değerine bağlıdır (Şekil 6).



Şekil 6. Basıncılı götürme düzenleri için β katsayısı.

emmeli götürme düzenlerinde β 'nin değeri sabittir; $\beta = 1,5 \cdot 10^{-7}$

$$s \cong 46 \cdot 10^6$$

Bu değer için de Şekil 6'dan $\beta = 1,8 \cdot 10^{-7}$ olur.

(7) bağıntısında derlenen veriler yardımı ile hesaplandığında ise sonuç,

$$p_g = 3,22 \cong 3,5 \text{ (bar)}$$

5.8. Kompresörün Ana Hava Besleme Borusundaki Gerekli Hava Basıncı

$$P_k = P_w \cdot \alpha + P_{kayıp} \text{ (ata)} \quad (10)$$

P_w ; çalışma basıncı (bar veya ata)

α ; 1,15 – 1,25 kayıp katsayısı

$P_{kayıp}$; Ana besleme şebeke basınç kaybı

Kompresör için $p_{kayıp} \cong 0,3 \text{ kg/cm}^2$ alınabilir.

$$P_k = 3,5 \text{ bar}$$

5.9. Gerekli Kompresör Kapasitesi

Basıncılı hava şebekesindeki hava miktarını sağlayacak olan kompresör kapasite hesabı ise aşağıdaki gibidir.

$$v_0 = v_{hava} \cdot \alpha' \quad (11)$$

$$v_0 = \frac{\pi d_b^2}{4} \cdot v_{hava} \cdot \alpha' \cdot 60 \quad ; \quad m^3/dk$$

Burada $\alpha' = 1,1$ sistemdeki kaçakları göz önüne alan katsayıdır.

$$v_0 = 1,88 \cong 2 \quad ; \quad m^3/dk$$

Not $v_{hava} = 0,03 \text{ m}^3/\text{sn}$ hesaplandı (hava tüketimi)

$$v_0 = 0,03 \cdot 1,1 \cdot 60 = 1,98 \quad m^3/dk$$

$$v_0 \cong 2 \quad m^3/dk$$

6. AMASRA MÜESSESESİ UYGULAMASI

Sistemin tasarım aşamasının tamamlanmasının ardından, TTK'nın yeraltı üretim birimlerinin gereksinim duyduğu makina ve donanımın önemli bir bölümünün üretildiği Maden Makinaları Fabrikası İşletme Müdürlüğü (MAZ) bünyesindeki atölyelerde üretimi yapılmıştır.

Temmuz 2007'de ilk olarak Amasra Müessesesinde uygulama başlamıştır. Şekil 7 ve 8'de kül tankının görüntüleri, Şekil 9'da da boyutları verilmektedir. Ayrıca, Şekil 10 - 12'de yerindeki uygulamalardan örnekler görülmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Göçertmeli üretim yönteminin uygulandığı yangına müsait damarlarda göçüğe kül püskürtme uygulaması kömür madenciliğinde yeni bir uygulama olup sistem halen TTK'da uygulanmaktadır. Amasra Müessesesinde 1, Karadon Müessesesinde 3, Armutçuk Müessesesinde 2 ve Kozlu Müessesesinde 1 adet olmak üzere, kurum genelinde 7 adet kül tankı mevcut olup faal bir şekilde kullanılmaktadır.

Sistemin tasarımı ve imalatı tamamıyla TTK bünyesinde gerçekleşmiştir.

Sistemin tasarımında ocak yangınlarında oksidasyon kuramı gözönüne alınarak, o temelde çalışmalar yapılmıştır.

Sistemin kullanılmaya başlandığı Temmuz 2007'den bu yana uygulamanın gerçekleştirildiği üretim ayaklarında herhangi bir yangın veya kızışma belirtilerine rastlanmamıştır.

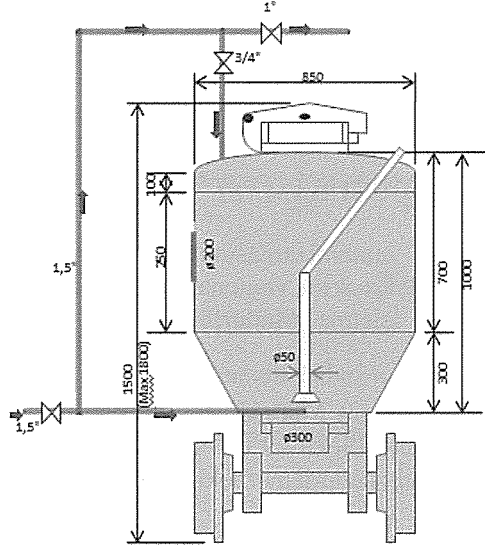
Sistem aynı zamanda toz patlamalarına karşı galeri ve taban yollarına serpilen taş tozu uygulamasında da kullanılabilmektedir.



Şekil 7. Oluk dibindeki kül tankı.



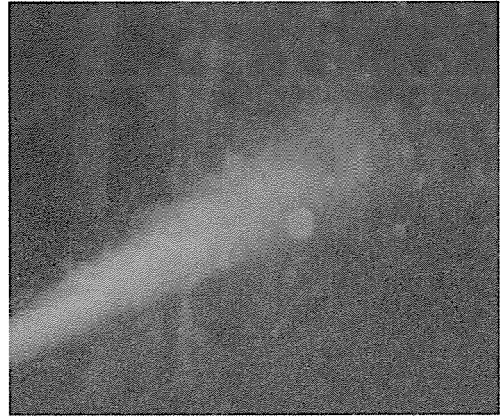
Şekil 8. Kül tankı.



Şekil 9. Kül tankının boyutlandırması.



Şekil 10. Ayak içersinde kül uygulaması.



Şekil 11. Külün püskürtülmesi.



Şekil 12. Kül püskürtme uygulamasının ahşap tahkimat direğindeki katman olarak kaplamasının görünümü.

KAYNAKLAR

- Değirmenci, A.** (1992) Kozlu Müessesesindeki ocak yangınları ve alınan önlemler, *Türkiye 8. Kömür Kongresi*, Zonguldak.
- Didari, V.** (1986) Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk endeksleri, *Madencilik*, Cilt XXV, Sayı 4, s. 29-34.
- Didari, V.** (1988) Kömürün kendiliğinden yanmasına karşı nem tutucu tuzların kullanılması ve bazı öneriler, *Madencilik*.
- Eroğlu, H.N. ve Gouws, M.J.** (1993) Kömürün kendiliğinden yanmasına ait kuramlar, *Madencilik Dergisi*, Cilt XXXII, Sayı 2, s. 15-18.
- Güney, M.** (1965) Yüksek genişlemeli köpük ve Zonguldak Havzasında tatbik imkanları, *Madencilik Dergisi*, Sayı 5, s. 15-18.
- İmrak, E.** (2009) MAK 419 Transport tekniği ders notları, İTÜ Makina Fakültesi (<http://www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK419/MAK419-13.pdf>)
- Spivakovsky, A., Dyachkov, V. ve Cerit M.** (1976) *Götürücüler*, TMMOB Makina M. O. Yayınları, Yayın No. 105, Ankara.

MATHEMATICAL MODELING OF COAL PULVERIZERS

KÖMÜR PULVERİZÖTÖRÜNÜN MATEMATİKSEL MODELİ

Nuray KAYAKOL, *Technical University Darmstadt, Germany*

Bernd EPPL, *Technical University Darmstadt, Germany*

Jan ERICSON, *VattenFall A/S, Älvkarleby, Sweden*

Mogens BERG, *VattenFall A/S, Älvkarleby, Sweden*

ABSTRACT

The study describes development of 3D numerical modeling to simulate complex flow structure of coal pulverizers. The internal geometry of this equipment is very complicated and has not been investigated in detail. Multiphase-phase swirling turbulent flow in a bowl-mill coal pulverizer is simulated using a higher level turbulence model, namely Reynold Stress turbulence Model (RSM) and Eulerian-Eulerian multiphase approach having six phases, one phase for air flow and five more for coal particles having size distribution. The CFD model takes full account of the internal geometrical features. The influence of the principal design and operational parameters on the flow field is brought out. Two-way coupling of mutliphase flow regime which takes into account fluid-particle interaction captures coal/air mixture flow pattern successfully.

ÖZET

Bu makalede kompleks bir akış yapısı olan kömür pulverizötörünün üç boyutlu modellemesini anlatılmaktadır. Bu ekipmanın geometrisi karmaşıktır ve yeterince detaylı incelenmemiştir. Kömür pulverizötörünün içindeki çok fazlı ve girdaplı akış, yüksek seviyeli bir türbülans modeli olan RSM ile modellenmiştir. Bu çalışmadaki Eulerian-Eulerian çok fazlı akış yaklaşımında altı faz mevcut olup bunun bir tanesi hava diğer beş tanesi ise boyut dağılımı olan kömür parçacıkları için kullanılmıştır. CFD modeli, tüm geometrik özellikleri içermektedir. Tasarım ve çalıştırma şartlarının akış alanına olan etkisi incelenmiştir. Akış-parçacık etkileşimini dikkate alan çok fazlı akış yaklaşımın, iki tarafın etkisini içerecek şekilde uygulanması ile hava/kömür akışı başarı ile modellenmiştir.

1. INTRODUCTION

In pulverized coal-fired utility boilers, control of coal fineness and uniform distribution of coal flow from pulverizers to burners lead directly to better control and performance of the firing system. Finer coal particles burn quickly and efficiently, reducing carbon in the flyash while maintaining low NO_x emissions and increasing boiler efficiency (Epple et al, 2008). However, non-uniform pulverized coal flow distribution to the burners is a well-known problem. This results in lower combustion efficiency due to different air/fuel ratios in the burners which can cause higher fly ash unburnt carbon and unstable combustion with higher carbon monoxide (CO) emissions. The generally poor combustion conditions also require increased levels of excess air with the expected negative impact on NO_x emissions, capacity and heat rate. Therefore, the improvement of pulverizer performance can play dominant role on the boiler efficiency and emission control (Storm, 2006).

The function of a modern pulverizer system is to dry and grind the power station's coal supply and distribute it to the burners. The bowl-mill coal pulverizer is illustrated in principles in Figure 1. Raw coal is fed through a central coal pipe at the top of coal mill and falls by gravity to rotating grinding table where it is pulverized between grinding rollers. Hot primary air, for drying and coal transport, enters from the primary air inlet, flows upward through a ring section having multiple sloped nozzles fixed to surrounding grinding table. The developed swirl air flow induces larger particles to return to the grinding table. During this first stage of classification, fine particles are carried upward from grinding zone into classifier zone in the stream of air and coarser particles fall back to the table for regrinding. In the next stage of classification, the velocity in the classifier zone decreases and larger particles are dropped out. Fine particles are carried to the classifiers. Oversized coarse coal particles return for regrinding.

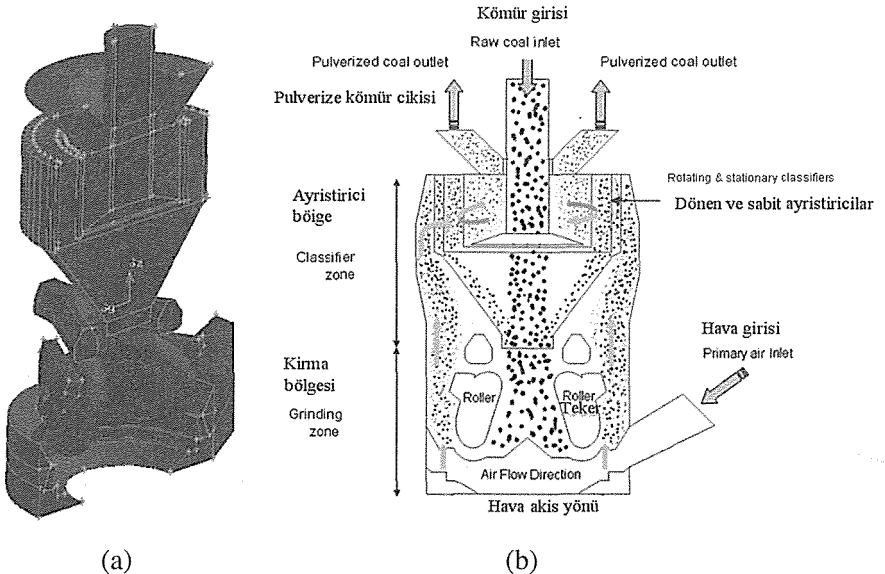


Figure 1. (a) Sketch of a half of the bowl-mill coal pulverizer. (b) Flow patterns in the pulverizer.

The last stage of classification takes place in the rotating and stationary classifiers located at top of the pulverizer. An arrangement of circumferentially angled vanes spins the air stream so that the coarser particles are thrown out and return to the grinding zone, while the finer particles pass on with the air stream. Coal is pulverized between the ring and three grinding rollers. The loading frame holds the rollers downward against the grinding ring. The rollers adjust vertically as the depth of the coal load increases or decreases.

The classification is dependent on the velocity of the primary air, rotation speed of classifier, position of blades and the cyclonic action of the primary air/coal mixture. Fine pulverized coal exits the outlet section through typically four discharge coal pipes leading to the burners.

Coal pulverizers rely on a uniform air flow distribution to entrain the varying sizes of pulverized coal particles. If the primary air flow is poorly distributed excess air in some regions of the pulverizer carries large coal particles that are not properly pulverized. This can lead to blocking of the pulverizer at the classifier, reducing the total pulverizer output. If air flow through the pulverizer is too low, pulverized coal can stagnate in ducts or irregular sections inside the pulverizer, therefore giving rise to fire or explosion risk. Thus, it is important to ensure proper air distribution in the pulverizer.

CFD has a great potential to predict the flow field characteristics and particle trajectories through the coal pulverizer as well as the pressure drop. The complicated swirling turbulent flow in a coal pulverizer places great demands on the numerical techniques and turbulence models employed in the CFD codes. In recent years there are several studies published for the prediction of two phase (air/coal) flow in cyclones and coal pulverizers which have swirl flows. The results show that the quality of the numerical solutions depends on the type of turbulence model used for the continuous phase flow. Vuthaluru et al. (2004) carried out multiphase flow simulation of a simplified pulverizer using a granular Eulerian-Eulerian approach. Turbulence was modeled using standard $k-\varepsilon$ model for individual phases. The study can be a good basis for the development of complex coal pulverizer model which includes stationary and rotating classifiers and air inlet duct. Bilirgen (2005)] focused on balancing of pulverized coal flows from verticle spindle pulverizer to burners in boilers. An experimental study were performed for a cyclone in order to use for coal pulverizer since both the pulverizer and cyclone have strong swirling flow and particle separation within the geometry. Based on the comparisons between the experimental data and the CFD model, the RSM was found to be the most suitable turbulence model in predicting the flow domain in strong swirling flow. The CFD model was used to understand the complex three-dimensional flow structures in the upper half of the coal pulverizer and to help design the flow control mechanism.

The aim of this study is to understand the flow structures within the coal pulverizer. CFD analysis of the pulverizer is first carried out only for a 3D single-phase flow (cold clean air) employing FLUENT 6.3 (2008). Clean air flow structure analysis is important to understand possible imbalances in the coal air flow (Vijiapurapu, 2006). Multiphase-phase swirling turbulent flow in the pulverizer is simulated using turbulence model,

RSM and Eulerian-Eulerian multiphase approach with six phases, one phase for air flow and five more for coal particles having size distribution.

2. MATHEMATICAL MODELING

Reynolds-averaged equations of single phase continuity and momentum can be written as follows:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_i)}{\partial x_i} = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial(\rho U_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_i U_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_i} (-\rho \overline{u_i u_j}) + \rho g_i \quad [2]$$

where ρ and μ are the density and viscosity of the fluid, U_i and u_i are x_i components of the mean and the fluctuating fluid velocities, p is pressure and g is gravity acceleration and $\rho \overline{u_i u_j}$ are the components of turbulent moment flux, known as “Reynolds stress”.

Governing equations are solved numerically employing finite volume based code, FLUENT. The SIMPLE (Semi Implicit Method on Pressure Linked Equations, Patankar 1980) method is used for pressure-velocity coupling. Due to difficulty in reaching convergence in simulations first order upwind scheme was applied for discretization of Reynold stresses and other flow variables. Figure 2 shows scanned real geometry of the pulverizer. The three-dimensional model was set up in GAMBIT using an unstructured grid with tetrahedral cells. Meshing of the pulverizer is shown Figure 3. The number of cells, 1.56 millions, is sufficient to obtain grid-independent solution for single phase simulations. The geometry was created considering the actual dimensions and thus no scaling was involved. All the geometric details of the equipment, such as air inlet duct, blades of air nozzle ring, grinding rollers, loading frame holding rollers, stationary and the rotating blades of the pulverizer and pulverized coal outlets, are considered. The pulverizer has one air inlet and four pulverized coal outlets. The pulverizer has commercial scale. Air flow rate at the inlet is 18.9 kg/s. The speed of rotating classifier is 88.2 rpm and bowl (grinding table) rotates at 24.9 rpm. Both of them rotate in clockwise direction. The number of blades in the stationary and rotating classifiers is 60. Number of blades in air nozzle ring is 42. At the walls, no-slip boundary condition was applied for velocity, and near walls treatment is achieved by using non-equilibrium wall functions, which includes pressure gradient effects. Table 1 gives coal particle size distribution with corresponding mass fractions that are used as boundary conditions. Particle size distribution belongs to exit of pulverizer. Inlet particles are as big as 5 cm.

Table 1. Coal particle size distribution with corresponding mass fractions.

Class	Particle size (μm)	% mass fraction
1	45	4.59
2	75	26.18
3	90	32.49
4	125	18.88
5	250	9.25

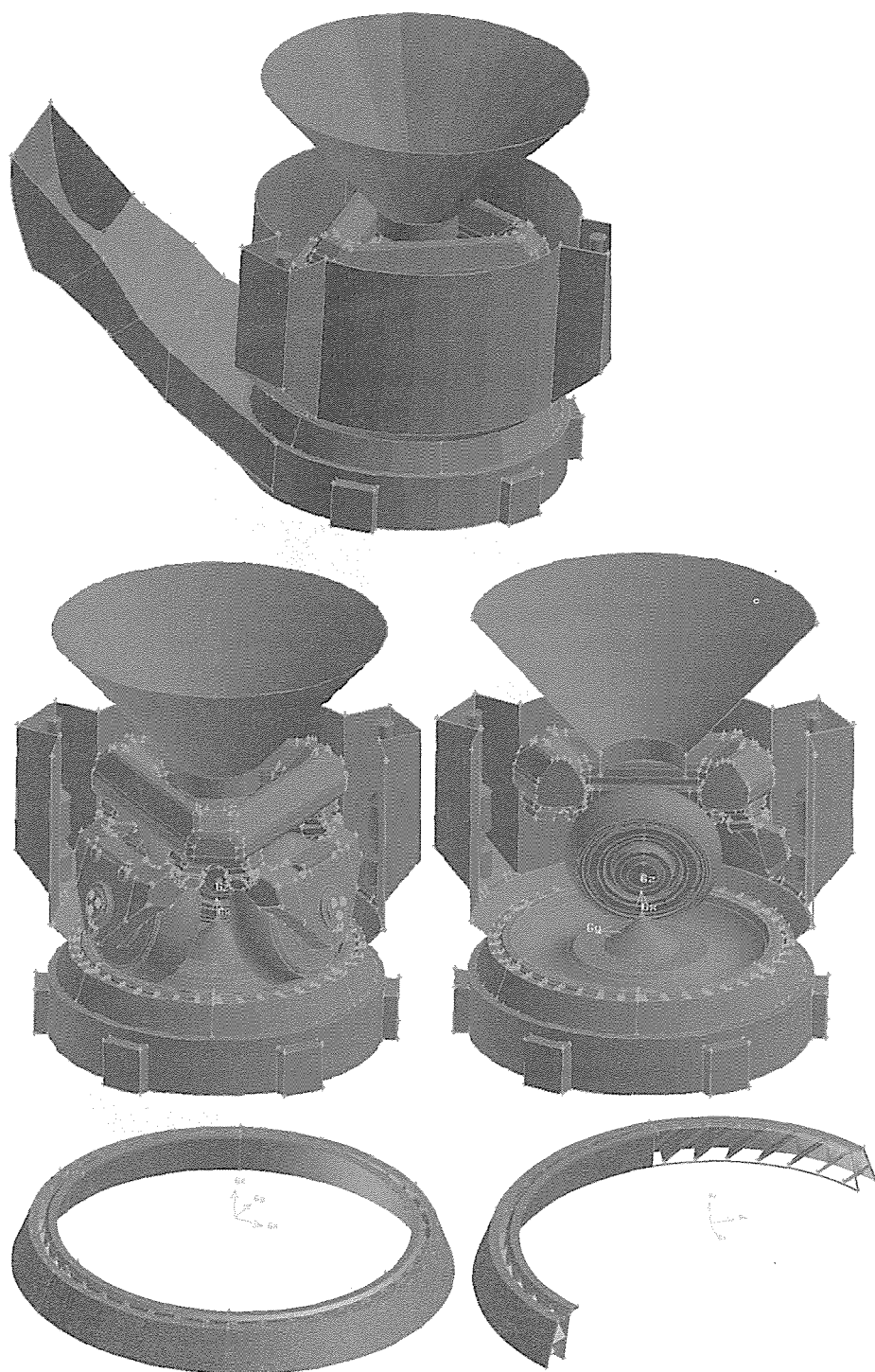


Figure 2. Scanned real geometry of the pulverizer.

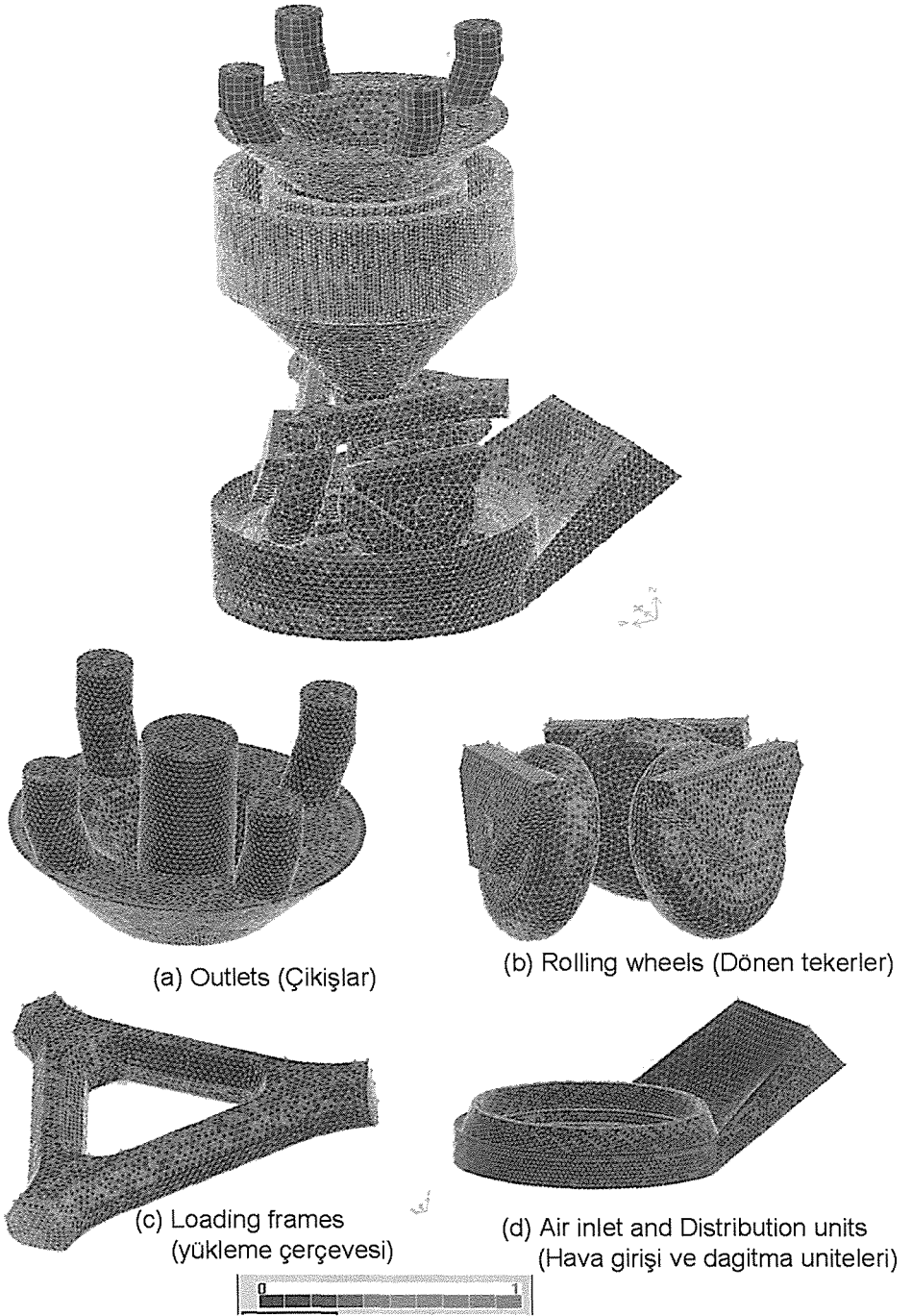


Figure 3. Meshing of the pulverizer.

Due to high CPU and RAM requirements for multiphase simulation number of cells is lowered from 1.56 million to 600 thousand. The CFD model has no coal crushing model. Coal inlet for pulverized particles needs to be added to the geometry, an annular

region which is very close grinding wheels. Coal particles are realased from an inlet with a very low velocity.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Contours of velocity magnitude (m/s) in the pulverizer are given in Figure 4. It can be seen that a profile for fully developed flow in the air inlet duct is obtained. The primary air exits from the nozzle ring as highly swirling air stream that moves upward through the pulverizer. The high speed air jet flow that comes from air nozzle ring is then reduced in the main pulverizer housing. The highly advanced turbulence model, namely RSM is captured swirling flow successfully, as shown in Figure 5.

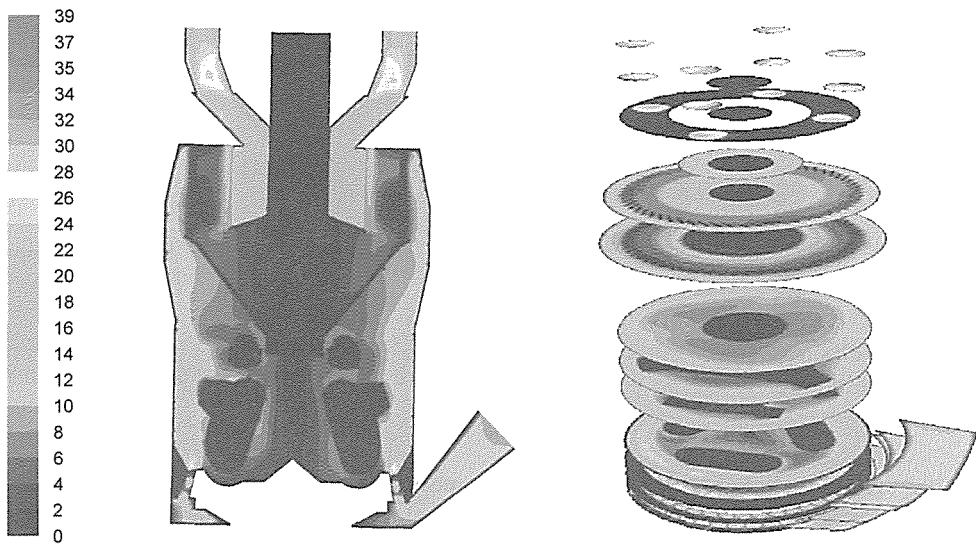


Figure 4. Contours of velocity magnitude in the the pulverizer.

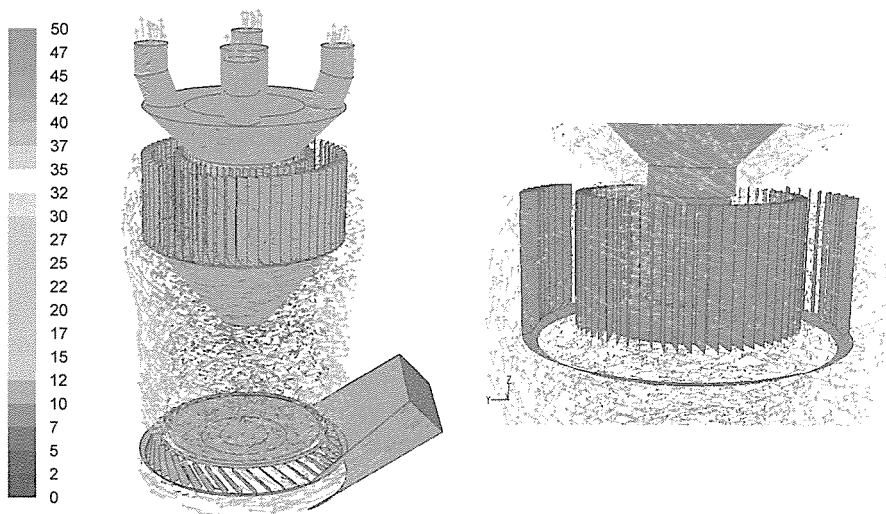


Figure 5. Velocity vectors (m/s) at the pulverizer.

Figure 6 shows contours of velocity vectors above air nozzle ring at the lower part of the coal pulverizer. Primary air is non symmetrically fed at the bottom of the pulverizer. The air stream goes down through the inclined air inlet duct and then enters the bottom part of the pulverizer. Then it splits into two streams in front of the cylindrical obstacle, which is at the bottom part of the grinding table. The velocity in these two streams increases due to lower flow area while turning over the cylindrical solid object. Then, the splitted flow streams come together at the back of the cylinder. Inclined blades accelerate and orient the flow through air nozzle ring.

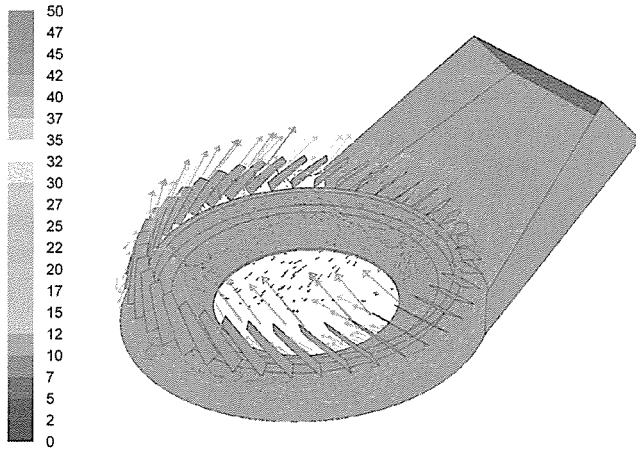


Figure 6. Velocity vectors (m/s) above air nozzle ring at the lower part of the coal pulverizer.

The required air jet velocity in a pulverizer pulverizer has a lower limit, because a minimum air velocity is needed to entrain the coal upwardly from the rotary table and prevent it from falling back down through the air port openings into the air plenum. This minimum air jet velocity is a function of the coal particle size and weight. For a coal particle size of about 40 mm the minimum required jet velocity is approximately 40 m/s for which velocity prevents the coal particles from falling back down through the air ports. The minimum jet velocity is the terminal velocity which can be calculated as

$$1.75\sqrt{\frac{gD_p(\rho_p-\rho)}{\rho}}=1.75\sqrt{\frac{9.81\times0.04*(1100-1.2)}{1.2}}=33\text{ m/s for coal particles having}$$

density of 1100 kg/m³. As can be seen from Figure 3 maximum air jet velocity calculated from CFD model is 50 m/s which is larger than the minimum required jet velocity. Figure 7 indicates a smooth uniform distribution of flow to each nozzle on the ring.

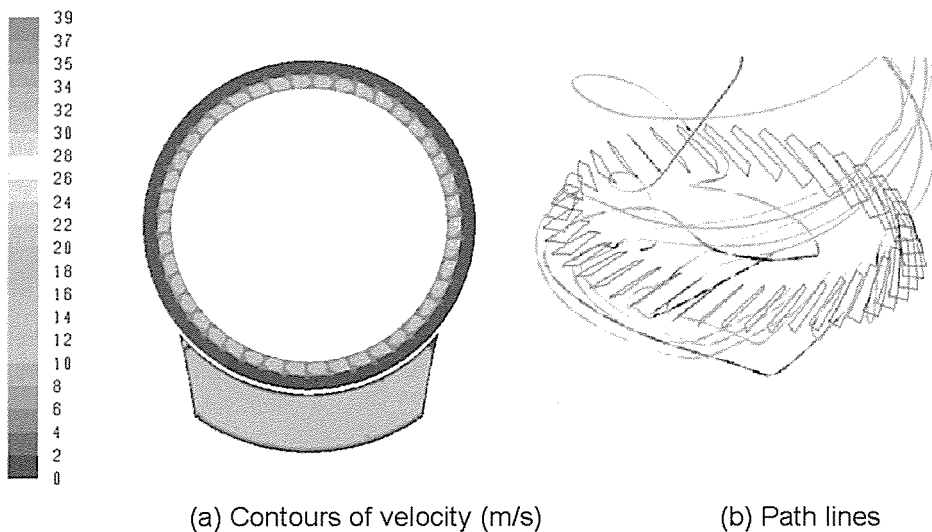


Figure 7. (a) Contours of velocity magnitude(m/s) on the horizontal plane at air nozzle ring and (b) path lines.

Figure 8 shows velocity vectors (m/s) in the air classifier having stationary and moving blades. As can be seen from figure the classifiers rotate in clockwise direction.

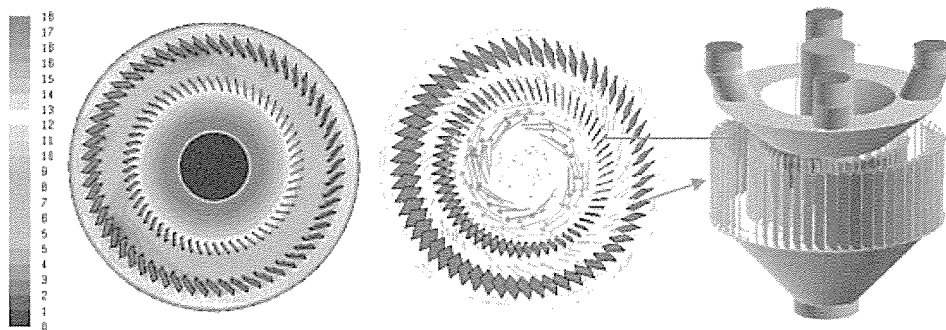


Figure 8. Velocity vectors (m/s) in the air classifier having stationary and moving blades.

Multiphase-phase swirling turbulent flow in the pulverizer is simulated using Reynold Stress turbulence Model and Eulerian-Eulerian multiphase approach with six phases, one phase for air flow and five more for coal particles having size distribution. The mixture model, which is the computationally less expensive multiphase model, fails due to presence of heavier particles. The mixture model works for small particle sizes, like $10\text{ }\mu\text{m}$. Therefore, Eulerian model of Eulerian-Eulerian approach, which is the most complex of the multiphase models available in FLUENT was selected in this study.

Figure 9 and 10 show contours of volume fraction of 45 μm and 250 μm coal respectively. All particles follow a circumferential motion near the walls due to swirling air flow. Particles of small and intermediate sizes are carried up from grinding to classifier zone. Largest particles of coal, 250 μm , stay more closer at the grinding zone and has difficulty in reaching classifier zone. Two-way coupling of mutliphase flow regime which takes into account fluid-particle interaction captures coal/air mixture flow pattern successfully.

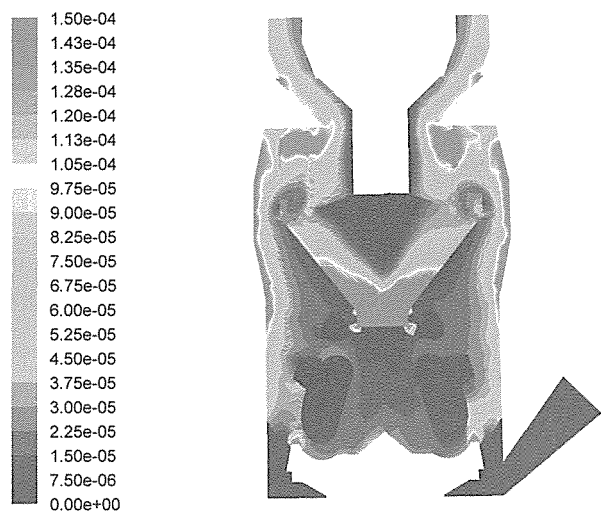


Figure 9. Contours of volume fraction of 45 μm coal particles at the vertical mid-plane of the pulverizer.

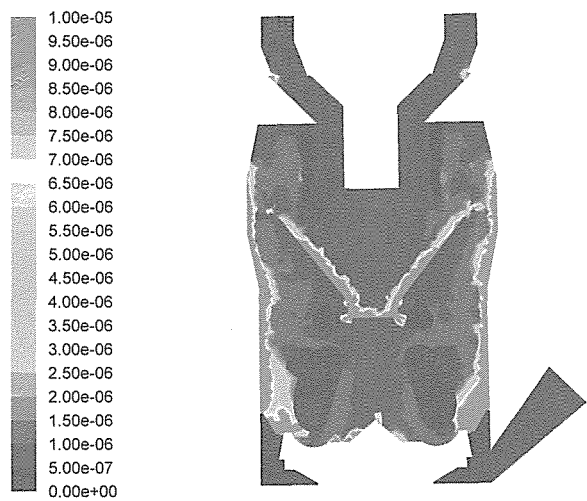


Figure 10. Contours of volume fraction of 250 μm coal particles at the vertical mid-plane of the pulverizer.

4. CONCLUSION

The 3D swirling turbulent flow field inside a bowl-mill coal pulverizer is calculated using FLUENT, taking full account of the internal geometrical features. High level turbulence model, namely RSM, which deals with high swirl effects is used. First, clean air flow without coal particles in the coal pulverizer is simulated to examine a range of geometry and flow options and increase the performance of the pulverizer. Uniformity of air flow distribution at each nozzle on the ring is investigated. This study also contributes to a better understanding of the operation of the stationary and rotating classifiers often used in many process industry applications.

Then, multiphase-phase swirling turbulent flow in the pulverizer is simulated using turbulence model RSM and Eulerian-Eulerian multiphase approach with six phases, one phase for air flow and 45 μm , 75 μm , 90 μm , 125 μm and 250 μm coal particles having mass fractions of 4.59, 26.18, 32.49, 18.88 and 9.25, respectively. Two-way coupling of multiphase flow regime which takes into account fluid-particle interaction captures coal/air mixture flow pattern successfully.

REFERENCES

- Bilirgen, H.** (2005) *Balancing of Pulverized Coal Flows to Burners in Boilers With Pressurized Vertical Spindle Mills*, DEO Report DE-FC26-03NT41867, Bethlehem, PA.
- Epple, B., Leithner, R. Linzer** (2008) *Numerical simulation of power plants and energy systems*, Springer Press.
- FLUENT 6.3** (2008) *Users Guide*, Lebanon, USA.
- Patankar, S.V.** (1980) *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing, New York.
- Storm, S.K., Storm, R.F., and Storm D.S, Tuzenew, S., McClellan, A.** (2006) *A case study of how vertical spindle pulverizer performance is related to overall plant performance*, ASME International Electric Power Conference, Atlanta, Georgia, pp. 1256-1260.
- Vuthaluru, H.B., Pareek, V.K. and Vuthaluru, R.** (2004) *Multiphase Flow Simulation of a Simplified Coal Pulverizer*, Fuel Processing Technology, Vol. 86, pp.1195-1205.
- Vijiapurapu, S., Cui, J. and Munukutla, S.** (2006) *CFD Application for Coal/Air Balancing in Power Plants Applied Mathematical Modeling*, Vol.30, pp. 854-866.

MİNERAL ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN HAVALI SINIFLANDIRICILAR

AIR CLASSIFIERS USED IN MINERAL INDUSTRY

Ömer Yusuf TORAMAN, *Niğde Üniversitesi, Niğde*
Metin UÇURUM, *Niğde Üniversitesi, Niğde*
Diler KATIRCIOĞLU, *Niğde Üniversitesi, Niğde*

ÖZET

Sınıflandırma prosesi mineral endüstrisindeki pek çok öğütme işlemi için kritik önem taşımaktadır. Genellikle, sınıflandırıcı veriminin yükseltilmesi ile birlikte toplam enerji tüketiminde önemli düşüşler elde edilebilmektedir. Ayrıca, pek çok uygulamada enerji tasarrufundan daha da önemlisi üretim kapasitelerinde artış sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, havalı sınıflandırıcıların çalışma prensipleri, performansları ve mineral endüstrisinde uygulama alanları açıklanarak ülkemizdeki bir uygulamaya yer verilmektedir.

ABSTRACT

The classification process is of critical importance for many grinding operations in mineral industry. In general, if classification efficiency is high the whole energy consumption for grinding can be reduced drastically. Furthermore, the production capacity can be significantly increased, which for many applications is even more important than energy savings.

In this study, it is explained the operation principles, performances and applications of the air classifiers in the mineral industry. Furthermore, one of the application areas in our country is given.

1. GİRİŞ

Sınıflandırma işlemi; özellikle sınıflandırıcı veriminin yükseltilmesi ile birlikte mineral endüstrisindeki pek çok öğütme prosesinde toplam enerji tüketiminde önemli düşüşler elde edilmesi bakımından oldukça önem kazanmaktadır. Değirmen çıkışı öğütülmüş ürünlerin sınıflandırmaya tabi tutulması ile aşırı öğünme engellenmekte ve kapasite artışı sağlanmaktadır. Sınıflandırma işleminde orijinal malzeme (besleme malı) iri ve ince olmak üzere iki ürüne ayrılmaktadır. Ayırma işlemi ise bu iki fraksiyon arasında bir sınır değer olan d_{50} ayırma boyutu (cut-size) ile ifade edilmektedir. Burada d_{50} boyutunun üzerindeki malzemeler iri fraksiyonu, altındakiler ise ince fraksiyonu oluşturmaktadır. Hava türbülansı, tane çarpışması vb. çeşitli olası faktörlerden dolayı bazı ince taneler iri üründe, iri taneler de ince üründe yer alabilmektedir. Ayırmanın kalitesi de her bir fraksiyondaki malzeme kütle oranları ile karakterize edilmektedir (Shapiro and Galperin, 2005).

Bu çalışmada havalı sınıflandırma, mineral endüstrisinde kullanılan havalı sınıflandırıcı ekipmanlar ve teknolojik özellikleri sunularak ülkemizdeki bir uygulaması aktarılacaktır.

2. HAVALI SINIFLANDIRMA PRENSİPLERİ

Havalı sınıflandırma toz ve granül malzemeleri tane boyutu, yoğunluk ve şekline göre farklı çökme hızlarına dayanarak ayırmak için uygulanan bir işlemdir. Mekanik havalı sınıflandırıcılarda taneleri hava akışında tane boyutuna veya yoğunluğa göre ayırmak için gravite kuvveti yanında santrifüj kuvvet de dahil olmaktadır. İdeal olarak bir havalı sınıflandırıcıda ince malzeme içerisindeki “ayırma boyutu” (cut-size) olarak isimlendirilen boyuttan daha iri taneler ile iri malzemedeki bu boyuttan daha ince tanelerin tümü yer değiştirmelidir. Gerçekte ise böyle bir kesin ayırma imkansızdır. Dolayısıyla iri fraksiyon daima bir miktar ince, ince fraksiyon da bir miktar iri malzeme içerebilmektedir. Bu ise havalı sınıflandırıcının veriminin veya ayırma derecesinin ölçülmesinde kullanılmaktadır.

Tanelerin ayrılmasında 4 bölge söz konusu olabilmektedir (Shapiro and Galperin, 2005);

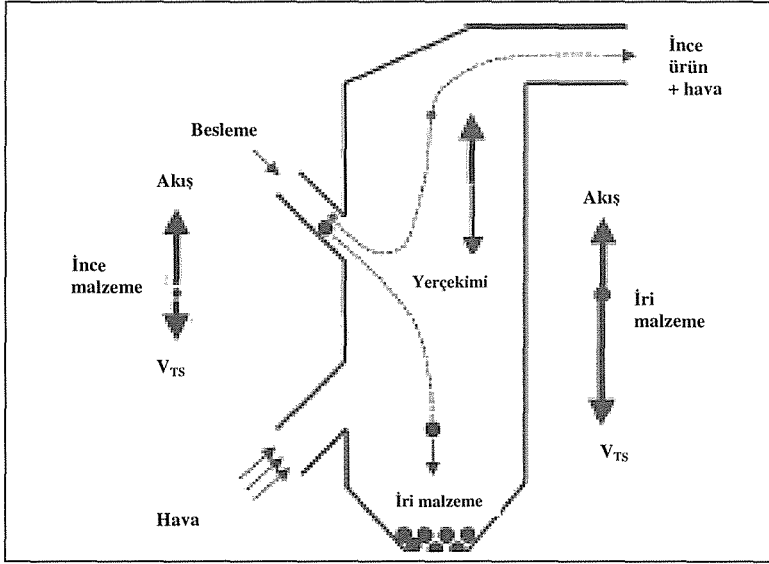
2.1. Yerçekimi-Ters Akış (Gravitational-Counterflow) Bölgesi

Ayırma düşey sınıflandırıcı ünite duvarlarına paralel olarak u hızıyla yükselen hava akımında gerçekleşmektedir (Şekil 1). Taneler zıt yönlerde hareket eden yerçekimi (G) ve sürüklenme (F_d) kuvvetine maruz kalırlar. Hava akış hızından daha yüksek çökme hızına (V_{Ts}) sahip iri taneler aşağı doğru çökerken, ince taneler yukarıya doğru sürüklenirler.

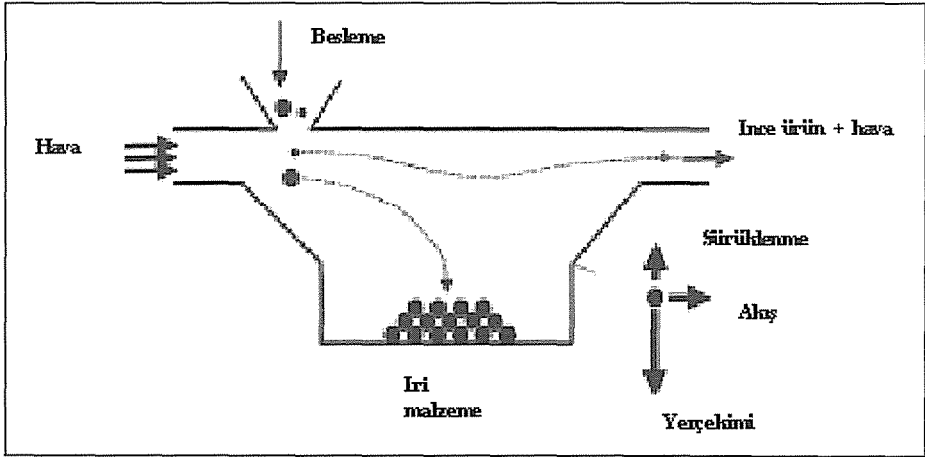
2.2. Yerçekimi-Çapraz Akış (Gravitational-Crossflow) Bölgesi

Bu bölgeye giren yatay hava akımı sınıflandırıcı ünite içerisinde genişlemekte ve çıkış kısmına doğru birleşmeye başlamaktadır (Şekil 2). Besleme malı sürüklenme kuvveti (F_d) ile yatay olarak ivme kazanmakta ve aşağı düşmektedir. Ayırma, tanelerin hava

akımına karşı düşey hareketinden dolayı oluşmaktadır. Her bir tane kendi çökme hızında aşağı düşmektedir. İri kısım sınıflandırıcı ünitenin altında toplanmakta, ince taneler ise aşağıya ulaşamadığından hava akımıyla birlikte dışarıya doğru taşınmaktadır. Ters akış bölgenin aksine ayırma boyutu sadece tanenin hızına değil aynı zamanda sınıflandırıcı ünitenin uzunluk ve yüksekliğine de bağlı olmaktadır.



Şekil 1. Yerçekimi-ters akış bölgesi (Shapiro and Galperin, 2005).

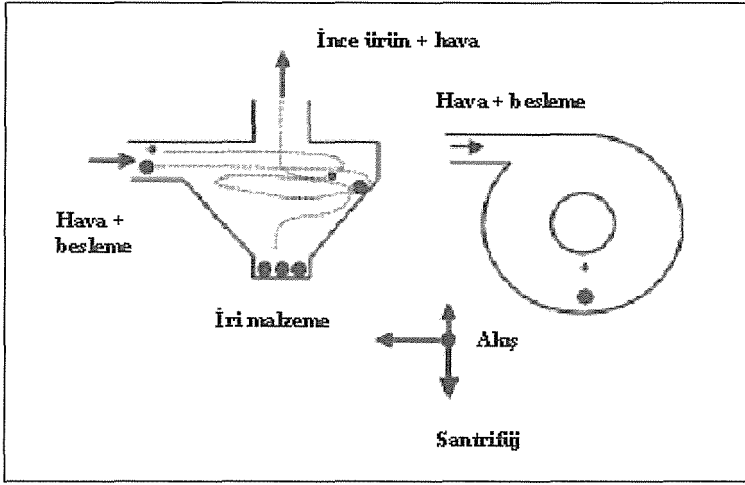


Şekil 2. Yerçekimi-çapraz akış bölgesi (Shapiro and Galperin, 2005).

2.3. Santrifüj-Ters Akış (Centrifugal-Counterflow) Bölgesi

Şekil 3'te gösterilen bu ayırma bölgesi teğetsel bir giriş ve merkezden çıkış özelliği olan silindirik bir üniteye düz bir hava girdabı ile karakterize edilmektedir. Bu girdapta

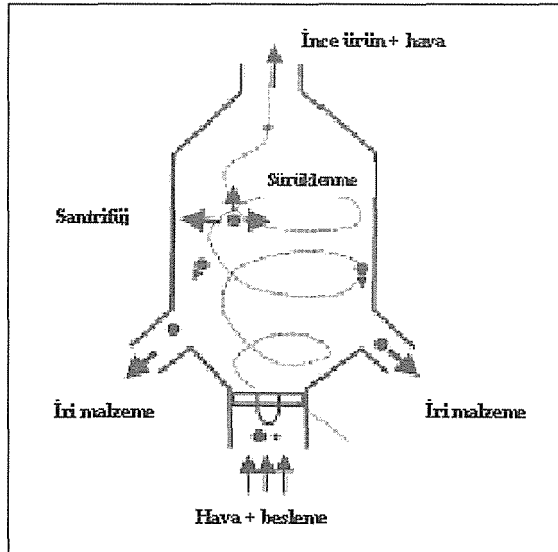
hava dönmekte ve radyal olarak çevreden merkeze doğru yayılmaktadır. Bu hava hareketi tanelerin ayrılmasına neden olmaktadır.



Şekil 3. Santrifüj-ters akış bölgesi (Shapiro and Galperin, 2005).

2.4. Santrifüj-Çapraz Akış (Centrifugal-Crossflow) Bölgesi

Bu bölge aksların zıt yönlerine yerleştirilen giriş ve çıkışı olan silindirik bir ünite de hava girdabında oluşturulur (Şekil 4). Ayırma işlemi siklonlardakine benzer olup, tasarım prensipleri birbirine oldukça yakındır.



Şekil 4. Santrifüj-çapraz akış bölgesi (Shapiro and Galperin, 2005).

Yukarıda tanımlanan ayırma bölgeleri havalı sınıflandırıcılarda belirleyici olup aynı cihazda birkaç bölge birlikte bulunabilmektedir. Havalı sınıflandırıcılarda öne çıkan tasarım ve işlem değişkenleri aşağıdaki gibidir:

- Ayırma bölgeleri
- Malzeme besleme şekli
- Hava akış şekli
- Sınıflandırıcı tasarım özellikleri
- İşletme şekli (sürekli veya kesikli)

3. HAVALI SINIFLANDIRICILAR

Mineral endüstrisinde en yaygın kullanılan havalı sınıflandırıcı ekipmanlar ticari isimleri ve üretici firmalarına göre Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Mineral endüstrisinde kullanılan havalı sınıflandırıcılar.

Sınıflandırıcı/Ticari İsmi	Üretici Firma	Ülke
Delta sizer	Metso Minerals Ind., Inc.	İngiltere
Comex	SINTEF	Norveç
KHD	Humboldt Wedag, AG	Almanya
Alpine	Hosokawa Alpine AG & Co.	Almanya

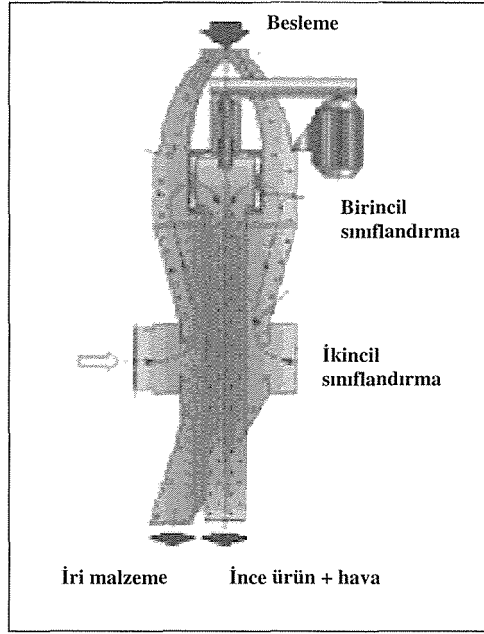
Aşağıda bu sınıflandırıcı makinalar ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

3.1. Delta Sizer Sınıflandırıcılar

Çok ince öğütülmüş ve 5-200 μm arası tane boyutundaki endüstriyel minerallerin istenilen boyutlara ayrılması için Metso Minerals Industries, Inc. (İngiltere) tarafından özel olarak tasarlanmış olan düşük enerji tüketimi ve yüksek ayırma verimine sahip bu sınıflandırıcılar, istenilen ayırma boyutu ve malzeme yoğunluğuna bağlı olarak saatte 0.1-25 ton beslemeye imkan sağlamaktadır.

Üst kısımdaki hava akışı ve rotorun etrafındaki türbülans besleme malının dağılmasını sağlamakta, santrifüj kuvvet iri malzemeleri iterken havanın aerodinamik direnci ince malzemeyi rotora doğru çekmektedir (birincil sınıflandırma). İri malzemeler kendilerine yapışan ince malzemelerin serbest hale geldiği konik orta bölümdeki hava akımının üstünden geçerek aşağı düşmekte ve ikincil sınıflandırma gerçekleştirilmektedir (Şekil 5).

Sınıflandırıcının tasarımı rotorun bakım ve muayenesi için kolaylık sağlamakta, rotor besleme ekipmanını sökmeden taşımaya imkan sağlamakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir. Delta sizer sınıflandırıcı tasarım özellikleri Çizelge 2’de sunulmaktadır. Bu sınıflandırıcılar klasik kapalı veya açık kuru öğütme devrelerinde rahatlıkla kullanılabilmektedir.



Şekil 5. Delta sizer havalı sınıflandırıcı (www.metsominerals.com).

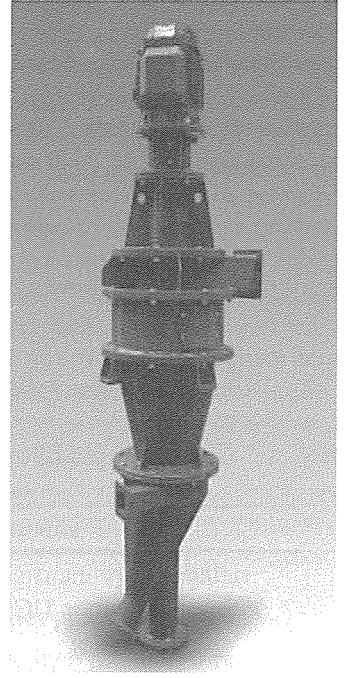
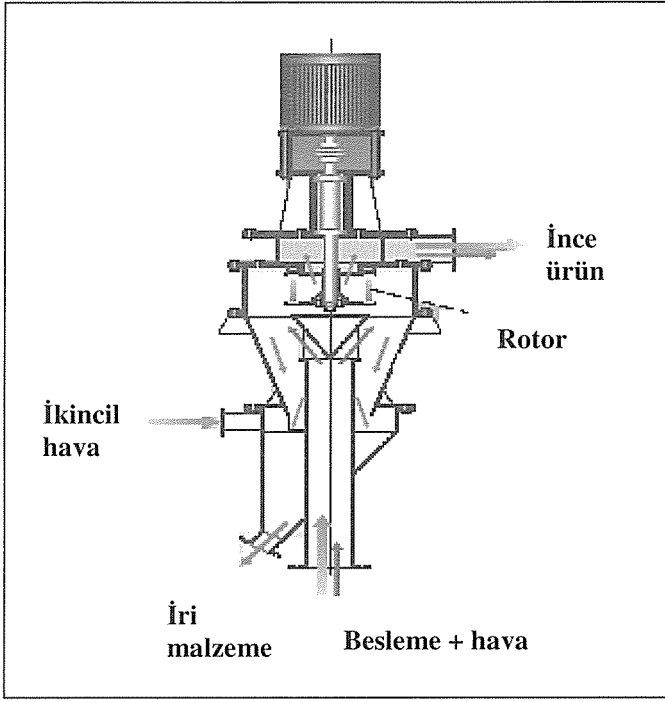
Çizelge 2. Delta sizer sınıflandırıcı tasarım özellikleri.

Tasarım Parametresi	Birim	Değer
Besleme hızı	(ton/saat)	0.1-25
Sınıflandırıcı gücü	(kW)	7.5-55
Tesis ana fan gücü	(kW)	18.5-110
Rotor hızı	(d/d)	0-8000
Ağırlık	(ton)	0.35-3.8

3.2. Comex Sınıflandırıcılar

SINTEF/NTNU (Norveç) cevher hazırlama laboratuvarlarında geliştirilen Comex ACX havalı sınıflandırıcıda ayrılacak malzeme hava ile birlikte alttan düşey bir boru ile beslenmekte, beslenen malzeme sınıflandırıcının ortasında yer alan statik dağıtıcı koni etrafına dağılmakta, ince malzemeler üstten, daha düşük hızlı hava akımında çöken iri boyutlu malzeme ise alttan alınmaktadır (Şekil 6).

İlk olarak 1994 yılında endüstriyel ölçekte mineral ayırma işlemlerinde uygulanmaya başlanan ve 200 mm-1500 mm arasında farklı rotor çaplarına sahip bu sınıflandırıcılar, 1.2-75 t/saat'lik bir ayırma kapasitesine sahiptir. Bu sınıflandırıcılar bilyalı ve otojen değirmen devrelerinde başarıyla uygulanmaktadır. Comex ACX sınıflandırıcıya ait diğer tasarım özellikleri ise Çizelge 3'te sunulmaktadır.

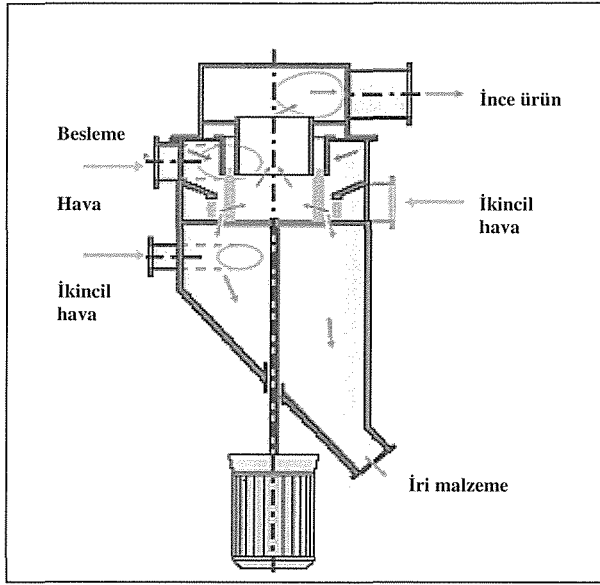


Şekil 6. Comex ACX havalı sınıflandırıcı (www.comex.com).

Çizelge 3. Comex ACX sınıflandırıcı tasarım özellikleri.

Tasarım Parametresi	Birim	Değer
Kapasite	(ton/saat)	1.2-75
Sınıflandırıcı motor gücü	(kW)	4-45
Fan motor gücü	(kW)	5.5-200
Rotor hızı	(1/dak)	760-6000
Hava akış hızı	(m ³ /saat)	800-45000
Ürün inceliği	(d ₉₇ =μm)	2-250
Ağırlık	(ton)	0.3-10.5
Yükseklik	(m)	1.8-10.6

UCX sınıflandırıcılar ise (Şekil 7) daha ince boyutta ayırma yapmak üzere tasarlanmış olup 90 m/s yatay hıza karşılık gelen 9000 d/d'lık dönme hareketi ile 240 kg/saat malzeme $d_{97}=1.65 \mu\text{m}$ olacak şekilde ayrılabilir (Yıldız, 2007). Comex UCX sınıflandırıcının temel tasarım özellikleri Çizelge 4'te verilmektedir.



Şekil 7. Comex UCX sınıflandırıcı kesit görünüşü (www.comex.com).

Çizelge 4. Comex UCX sınıflandırıcı tasarım özellikleri.

Tasarım Parametresi	Birim	Değer
Kapasite	(ton/saat)	0.3-100
Sınıflandırıcı motor gücü	(kW)	7.5-90
Fan motor gücü	(kW)	4-90
Hava akış hızı	(m ³ /saat)	800-62000
Ürün inceliği	(d ₉₇ =µm)	2-300
Ağırlık	(ton)	0.25-25
Yükseklik	(m)	1-9

COMEX havalı sınıflandırıcılar genel olarak şu avantajları sunmaktadır:

- Yüksek sınıflandırma verimi
- Yüksek kapasite
- Çok ince ayırma boyutu (d₉₇ < 2 µm)
- Düşük basınç ve güç kayıpları
- Hareketli kısımlarda daha az aşınma
- Düşük işletme ve bakım maliyeti
-

Bu sınıflandırma ekipmanlarının diğer özellikleri ise aşağıdaki şekildedir:

- Besleme malzemesi sınıflandırıcıya pnömatik olarak taşınmakta, bu da boru içerisindeki türbülans akış boyunca hava içerisindeki malzemenin mükemmel bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır.

- Birincil tane ivmelenmesini sağlayan tanjant besleme girişi rotor aşınma hızını düşürmektedir.
- Özel rotor geometrisi ve açılal kanat konumu geleneksel imalata göre daha fazla ince ürün elde etmeye imkan sağlamaktadır.
- İri malzeme daha düşük hızdaki hava akışında hemen ayrılmakta ve bu da sınıflandırmadaki hareketli kısımlara teması azaltarak daha az aşınmaya sebep olur.
- Değiştirilebilir rotor kanatlarına sahiptir.

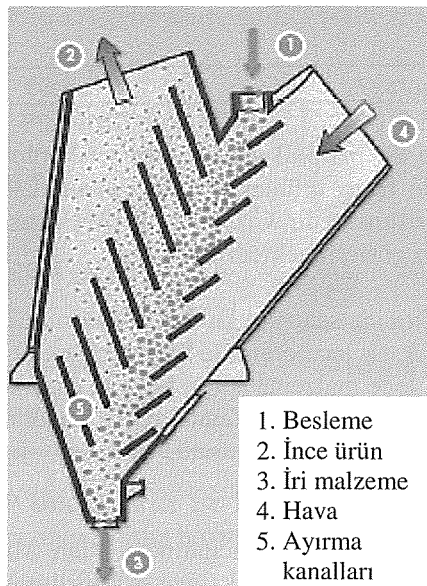
3.3. KHD Sınıflandırıcılar

Farklı uygulamalar için KHD Humboldt Wedag (Almanya) firması tarafından geliştirilen seperatör tipleri ve uygulama özellikleri Çizelge 5'te gösterilmektedir.

Çizelge 5. KHD sınıflandırıcı tipleri ve özellikleri.

Sınıflandırıcı Tipi	Uygulama
SKS tipi- dinamik sınıflandırıcı	Kapalı devre bilyalı değirmen uygulamaları
LS tipi- statik sınıflandırıcı	Bilyalı değirmen ve roller pres devreleri
V tipi- statik sınıflandırıcı	Roller pres devrelerinde ince ürünü ayırma
VSK tipi- dinamik ve statik sınıflandırıcı kombinasyonu	Roller presle nihai öğütme devreleri

Başlangıçta yüksek basınçlı merdaneli değirmen (HPRM) devrelerinden ince malzemeyi ayırmak için geliştirilen ve kendi özgün şekli ile isimlendirilen V- tipi sınıflandırıcılar (Şekil 8) daha sonra yüksek nem içerikli, aşındırıcı malzemelerde de uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 8. V tipi sınıflandırıcı (www.khdhumboldt-wedag.com).

Yaklaşık 6 m yüksekliğe ulaşan ve hareketli kısım içermeyen bu statik sınıflandırıcılarda malzeme yukarıdan beslenmekte, ince malzeme ayırma kanallarına doğru hava ile yukarıya taşınmakta, iri malzeme ise alttan alınmaktadır. Gerekli ürün inceliği ayırma kanallarındaki hava hızı ayarlanarak elde edilebilmekte ve ayırma boyutu 80 µm-1.5 mm arasında değişmektedir. Hareketli kısımdan oluşmayan bu sınıflandırıcılar aşınmaya karşı etkindir ve dolayısıyla bakım ihtiyacı düşüktür. Bu sınıflandırıcılar günümüzde artan enerji maliyetleri karşısında sağladıkları enerji tasarrufu ile öne çıkmaktadır. Bu sınıflandırıcıların ilk endüstriyel uygulaması Güney Kore'deki Hyundai çimento tesisinde başarıyla gerçekleştirilmiş ve daha sonra ince sınıflandırma amacıyla VSK sistemi geliştirilmiştir (Farahmand and Ehrentraut, 1997).

VSK- tipi sınıflandırıcılar V- tipi ile Sepmaster (SKS) modelinin bir kombinasyonu olup, aşındırıcı malzemelerin öğütülmesinde aşınmayı minimuma indirmektedir. Bu sınıflandırıcı sadece merdaneli değirmen (roller mill) ile değil tüp değirmenler (tube mill) ve çekiçli kırıcılarla (hammer mill) öğütme devrelerinde uygulanabilmektedir. Hava akışı ve rotor hızıyla kontrol edilen iki ayırma bölgesinin bulunduğu bu sınıflandırıcıların bazı özellikleri şu şekildedir:

- Tek bir üniteye 5 işlem gerçekleştirilmektedir:
 - İri malzemelerin ön-sınıflandırma ile dinamik olarak sınıflandırılması
 - Merdaneli prese girmeden önce besleme malzemesi ve devreden malzemenin karıştırılması
 - De-aglomerasyon
 - Kurutma/soğutma
 - Yüksek verimli sınıflandırma
- 25-150 µm arasında ayırma boyutu
- Aşınmalara karşı etkin koruma

Bu sınıflandırıcılarda yüksek besleme oranları ve düşük yatırım maliyeti mümkün olabilmektedir.

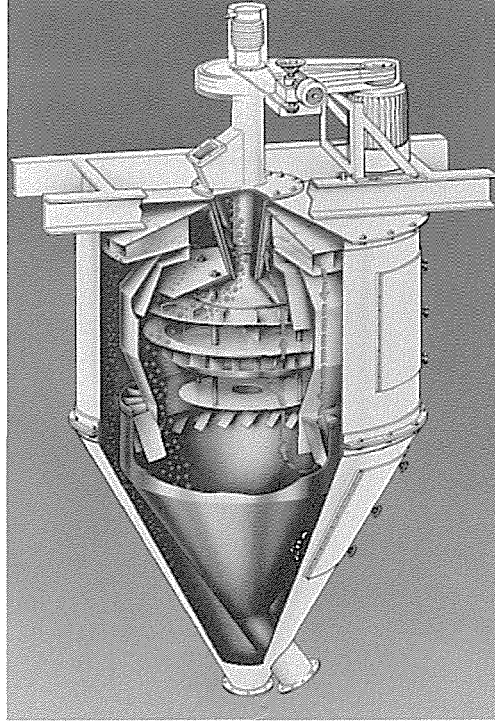
3.4. Alpine Sınıflandırıcılar

Hosokawa Mikron öğütme ve partikül sınıflandırma teknolojisinde öne çıkan üretici firma olup, Alpine ismi ile ticari ürünler piyasaya sunulmaktadır. Şekil 9'da Alpine sınıflandırıcının kesiti gösterilmektedir. Çizelge 6'da ise Hosokawa Alpine sınıflandırıcı çeşitleri ve ayırma boyutları gösterilmektedir.

Alpine Ventoplex sınıflandırıcıda santrifüj kuvvet oluşturmak için bir rotor kullanılır ve $d_{97}=45-150$ µm arasında yüksek ince oranı ile karakterize edilir. Hava akışı bir ana fan ile iç kısımda oluşturulur. İnce malzeme spiral hava akımında tutulmakta, iri malzeme ise aşağıdan alınmaktadır. Ayırma boyutu fanın konumu ayarlanarak değiştirilmektedir. Bu sınıflandırıcılar kireçtaşı, kireç, bentonit, dolomit, jips, kuvars ve feldspat cevherlerinde uygulanmaktadır.

Hosokawa'nın en çok bilinen sınıflandırıcılarından olan Micron Separator MS tipi sınıflandırıcıda besleme pnömatik olarak gerçekleştirilmekte ve $d_{97}=15-150$ µm

aralığındaki ayırma boyutlarında uygulanmaktadır. Merdaneli ve bilyalı değirmenlerle kapalı devre olarak çalıştırılabilmektedir.



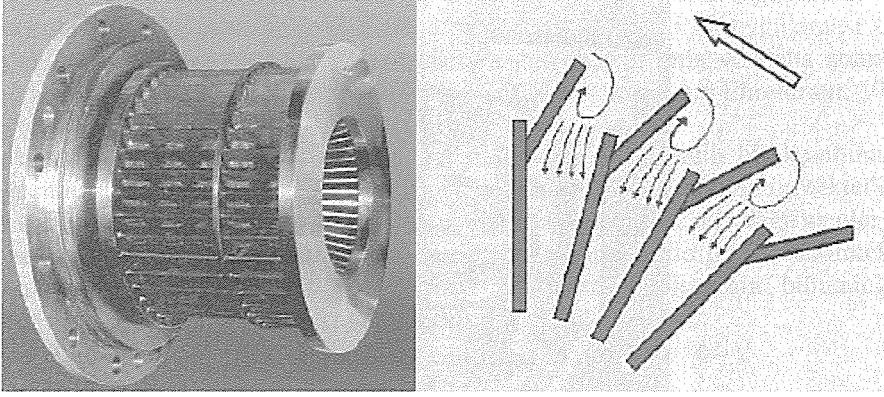
Şekil 9. Hosokawa Alpine sınıflandırıcı (www.hosokowa.com).

Çizelge 6. Hosokawa Alpine sınıflandırıcı çeşitleri ve ayırma boyutları.

Sınıflandırıcı Türü	Ayırma boyutu, d_{97}
Alpine Multi-Plex (MZM ve MZF)	0.3-10 mm
Alpine Ventoplex	45-150 μm
Micron Separator MS	15-150 μm
Alpine Stratoplex ASP	20-200 μm
Alpine Turboplex ATP	3-10 μm
Alpine Turboplex NG	3-10 μm den daha düşük
Alpine Turbo Twin TTC	2-4 μm

Alpine Stratoplex ASP sınıflandırıcı ise kompakt bir tasarıma sahip, düşük güç ve maliyetli bir sınıflandırıcı olup ayırma boyutu rotor hızı değiştirilerek ayarlanmaktadır.

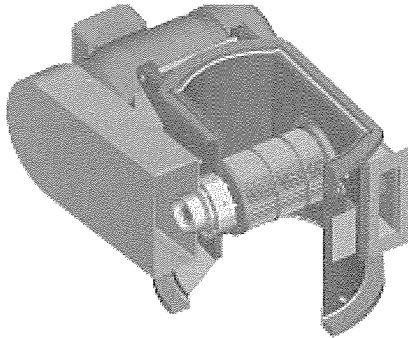
Alpine Turboplex ATP ince ve çok ince ayırmalarda ($d_{97}=3-10 \mu\text{m}$) kullanılırken, daha ince ayırma boyutlarında yeni nesil Turboplex NG kullanılmakta ve düşük enerji tüketimleri (standart ATP'den %50 daha az) ile öne çıkmaktadır (Şekil 10). Bu sınıflandırıcılarla 1.3-12.2 ton/saat kapasitelere ulaşmak mümkündür (Alber, 2007). Bu sınıflandırıcılarda yaklaşık %40 enerji tasarrufu sağlayan düşük basınçlı hava üfleyici kullanılmaktadır.



Şekil 10. Alpine Turboplex ATP/NG sınıflandırıcı rotor ve çalışma prensibi (Alber, 2007).

Alpine Turbo Twin TTC sınıflandırıcı da çok düşük ayırma boyutlarında ($d_{97}=2-4 \mu\text{m}$) çalışmakta olup yüksek üretim kapasitesine olanak sağlayan bir geometriye sahiptir (Şekil 11).

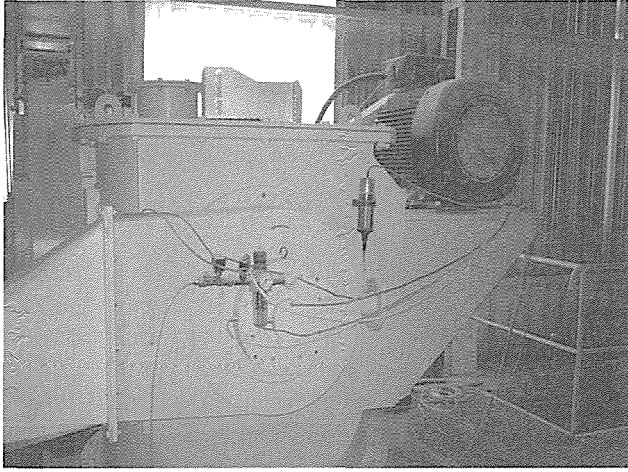
Hosokawa'nın öğütme ve sınıflandırmanın aynı ünite içerisinde gerçekleştirildiği sınıflandırıcı değirmenlerine (classifier mills) Alpine Fluid Bed Jet Mill AFG örnek verilebilir.



Şekil 11. Alpine Turbo Twin sınıflandırıcı rotor (Alber, 2007).

4. UYGULAMADAN BİR ÖRNEK

Ülkemizde başta kalsit olmak üzere, talk, kaolin, dolomit, boya pigmentleri gibi çeşitli endüstriyel minerallerin çok ince boyutlara öğütüldüğü birçok tesis bulunmaktadır. Önemli kalsit yataklarının bulunduğu Niğde bölgesinde de ince/çok ince öğütme yapan birçok tesis bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Sinpaş şirketler grubuna ait Mikron'S Mikronize Mineral A.Ş.'ye ait kalsit öğütme tesisidir. Yıllık 120 bin ton üretim kapasiteli ve tam otomasyonlu bu tesiste 200 μm 'ye ufalanan malzemeden *Hosokawa Alpine AG* dikey karıştırmalı bilyalı değirmende (ALPINE ATR Mill) yüksek özgül yüzey alanına sahip, %80'i <2 μm tane boyutuna kadar incelikte nihai ürün elde edilmektedir. Bu değirmen ALPINE (Hosokawa Alpine Turboplex) ince klasifikatörleriyle (Şekil 12) kapalı devre olarak çalıştırılmaktadır. Tesiste elde edilen sınıflandırılmış ürünler TurkCarb markasıyla yurtiçi ve yurtdışı (Ukrayna, Rusya vb.) piyasaya sunulmakta ve başta kâğıt, boya ve plastik olmak üzere endüstrinin çok çeşitli alanlarında dolgu ve kaplama maddesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 12. ALPINE Turboplex ultra ince seperatör.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sınıflandırma prosesi mineral endüstrisindeki pek çok öğütme işlemi için oldukça önem taşımaktadır. Özellikle sınıflandırıcı veriminin yükseltilmesi ile birlikte toplam enerji tüketiminde önemli düşüşler elde edilebilmekte ve ayrıca üretim kapasitesi önemli oranlarda artırılabilir. Havalı sınıflandırıcılarda tanelerin ayrılmasında yerçekimi ve santrifüj kuvvetler ile ters ve çapraz malzeme akışına göre dört farklı bölge söz konusu olabilmektedir. Abu ayırma bölgeleri havalı sınıflandırıcılarda oldukça belirleyici olup aynı cihazda birkaç bölge birlikte bulunabilmektedir. Havalı sınıflandırıcılarda öne çıkan tasarım ve işlem değişkenleri ise ayırma bölgeleri, malzeme besleme şekli, hava akış şekli, sınıflandırıcı tasarım özellikleri ve işletme şekli (sürekli veya kesikli) olabilmektedir.

Öte yandan, mineral endüstrisinde en yaygın kullanılan havalı sınıflandırıcı ekipmanlar Metso Minerals Ind., Inc. (İngiltere) Delta sizer sınıflandırıcı, SINTEF (Norveç)

Comex sınıflandırıcı, Humboldt Wedag, AG (Almanya) KHD sınıflandırıcılar ile Hosokawa Micron (Almanya) Alpine sınıflandırıcı ekipmanlarıdır. Ülkemizde ise özellikle mikronize kalsit sektöründe dikey karıştırmalı değirmen sonrası Alpine seperatörler çok ince sınıflandırma işlemlerinde başarıyla uygulanmaktadır. Niğde'deki Mikron'S Mikronize Mineral A.Ş. firmasına ait bir tesiste Hosokawa Alpine Turboplex klasifikatörleriyle yüksek özgül yüzey alanına sahip, %80'i <2 µm tane boyutuna kadar incelikte nihai ürün elde edilmektedir. Çok ince ürüne olan taleplerle birlikte ülkemizdeki mineral endüstrisinde bu tür sınıflandırıcı ekipmanların yaygınlaşması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Alber, D. (2007) Air classifiers: down to the limit, *Industrial Minerals*, December 2007, pp. 67-69.

Farahmand, A. and Ehrentraut, G.G. (1997) Use of the roller pres and the high efficiency seperator for the production of sorbent, *ERZMETALL*, No.3, pp. 201-210.

Shapiro, M. and Galperin, V. (2005) Air classification of solid particles: a review, *Chemical Engineering and Processing*, 44, pp. 279-285.

Yıldız, N. (2007) *Cevher Hazırlama Kitabı*, Ertem Basın Yayın, Ankara, 504 s

Air classification, <http://www.comex.com>.

The art of classifier selection, <http://www.hosokowa.com>.

Delta sizer air classifier, <http://www.metsominerals.com>.

KHD Seperators, http://www.khdhumboldt-wedag.com/index_files/Seperators.htm.

BİR MERMER FABRİKASINDA KUSURLU FAYANS ÜRETİMİNİN İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

ANALYSIS OF FAULTY TILE PRODUCTION IN A MARBLE FACTORY BY USING STATISTICAL PROCESS CONTROL METHODS

Erkan AYDOĞAN, *Eskişehir*

Mahmut YAVUZ, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir*

ÖZET

Bu çalışmada, bir mermer fabrikasındaki kusurlu fayans üretiminin nedenleri ve çözüm önerileri araştırılmıştır. Mermer fabrikalarında kusurlu fayans üretimi bir istatistiksel süreç kontrol problemi olarak değerlendirilmiştir. Bu problemin çözümü, istatistiksel süreç kontrol yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Mermer fabrikalarında Sebep-Sonuç diyagramları ve Pareto Analizi istatistiksel süreç kontrol yöntemi olarak kullanılmıştır. Üretimdeki genel hatalar Sebep-Sonuç diyagramları kullanılarak detaylı olarak incelenmiştir. Hatalı üretimin çözümü Pareto analizinin kullanımıyla fayans ve plaka hattında araştırılmıştır. Çözüm önerileri bütün analiz sonuçlarına göre sunulmuştur.

ABSTRACT

In the study, the reason of faulty tile production in a marble factory and suggestions for solution are investigated. The faulty tile production in marble factories is evaluated as a statistical process control problem. Solution of this problem is investigated by using statistical process control methods. In marble factories, Cause-Effect Diagrams and Pareto Analysis are used as statistical process control method. General faults in production are investigated in detail by using Cause-Effect Diagram. Solution of faulty production is explored in Tile and Plane line by using Pareto Analysis. Solution suggestions are presented according to all analysis.

1. GİRİŞ

Ülkemiz madencilik sektörünün en önemli bileşeni günümüzde mermer sektörü olarak görülmektedir. Her geçen yıl artan bir eğilim içerisinde olan toplam mermer ihracatımız milyar dolar sınırının üzerine çıkmıştır. Maden ihracatımızın yarısından fazlasını da mermer ürünleri oluşturmaktadır. Böyle büyük bir sektörün dünya üzerinde daha rekabetçi bir politika izleyebilmesi için hem mermer ocaklarında hem de mermer fabrikalarında daha kaliteli üretim yapılmasının önemi açıktır. Bu nedenle, istatistiksel süreç kontrol yöntemleri ile mermer üretim ve işleme süreçlerinin analiz edilmesi son derece önemli bir husustur.

Toplam kalite konusunda Japonya'daki en önemli isimlerden biri olan Ishikawa (1982), bir işletmedeki problemlerin % 95'inin kalite kontrolünün yedi tekniği ile çözülebileceğini savunmaktadır. Bu teknikler kalite kontrol elemanları tarafından çok yaygın olarak kullanıldığı gibi, mühendisler ve yöneticiler tarafından da sıkça kullanılmaktadırlar.

Mermer endüstrisinin ihracata yönelik en önemli bileşeni olan mermer işleme fabrikalarında kusurlu fayans üretimi bu çalışma kapsamında incelenmiştir. İstatistiksel süreç kontrol yöntemleri ile bir mermer fabrikasında üretim kusurları incelenmiş ve oluşan hatalar için çözüm yolları aranmıştır.

İstatistiksel süreç kontrol yöntemleri madencilik sektöründe kullanım alanı bulmuş bir bilim dalıdır. Ankara ve Bilir (1995) kömür kalitesinin tayininde, İpek vd. (1999) kolemanit tesislerinde, Saraç ve Özdemir (2003) mermer fayanslarının boyutlarının belirlenmesinde, Ankara vd. (2006) mermer fabrikalarında ST üretim kayıplarının incelenmesinde ve Yerel vd. (2007) cevher hazırlama tesislerinde koruyucu bakım planı belirlenmesinde çeşitli istatistiksel süreç kontrol yöntemlerini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, mermer fabrikalarında üretimdeki genel hatalar Sebep-Sonuç diyagramları kullanılarak detaylı olarak araştırılmıştır. Hatalı üretimin önlenmesi için kalite mühendisleri tarafından en fazla kullanılan istatistiksel yöntem olan Pareto analizi kullanımıyla fayans ve plaka hattındaki kusurlu üretimler incelenmiştir.

2. İSTATİKTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ

Toplam kalite yönetimi, organizasyonda liderlik, yönetim, insan, sistem ve ürün kalitesinin bir arada sürekli olarak geliştirilmesini, kalite geliştirme, kalite planlama ve kalite kontrol çalışmalarının yapılmasını ve aynı zamanda kalite güvence sistem standartlarının oluşturulmasını amaçlayan yönetim anlayışıdır (Kobu, 1987).

Toplam kalite yönetiminin amacı organizasyonda çalışanların, yöneticilerin, faaliyetlerin, süreçlerin, mal ve hizmetlerin kalitesinin sürekli olarak iyileştirilmesini sağlayarak müşteri memnuniyetini gerçekleştirmektir. Toplam kalite yönetimi alanında kullanılan çok sayıda teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerin bir kısmı Yedi İstatistiksel Araç olarak adlandırılmaktadır (Kavrakoğlu, 1996).

Yedi istatistiksel araç, herhangi bir konuda veri mevcut olduğunda bu verilerin analiz edilmesine olanak sağlar. Ancak bazen analiz edilmek istenilen konu veya olay hakkında yeterli sayısal veri mevcut olmayabilir. İşte bu durumda veri analizi yerine ekip çalışması ile problemlerin çözülmesine çalışılır. Bu araçlar:

1. Pareto Analizi,
2. Sebep-Sonuç Diyagramı,
3. Histogramlar,
4. Kontrol Grafikleri,
5. Serpme (Sarılm) Diyagramı,
6. Akış Şeması,
7. Kontrol Kartları ya da diğer bir adıyla çeteledir.

Ayrıca bu yedi araç dışında daha sonra geliştirilen ve kullanılan “yedi yeni araç” daha bulunmaktadır (Aktan, 1999). Bu araçlar, organizasyonda kalite planlama, kalite geliştirme ve kalite kontrol çalışmalarında ve aynı zamanda organizasyondaki problemlerin ortadan kaldırılması çalışmalarında kullanılması gerekli tekniklerdir. Bunlar;

1. İlişki Diyagramı,
2. Yakınlık Diyagramı,
3. Ağaç Diyagramı,
4. Matris Diyagramı,
5. Matris ve Veri Analiz Diyagramı,
6. Proses Karar Program Tablosu,
7. Ok Diyagramıdır.

Tüm bu yukarıda sayılan “7 + 7 Yeni” istatistik ve analitik teknikler özellikle kalite çemberleri ve benzeri kalite geliştirme ve problem çözüme çalışma grupları tarafından kullanılması gerekli araçlardır.

Toplam kalite konusunda yukarıda sözü edilen istatistiksel süreç kontrol yöntemleri yardımıyla işletmelerdeki problemlerinin büyük bir kısmının çözülebileceği daha önce yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir (Imai, 1997). Bu tekniklerden Pareto Analizi, kalite mühendisleri tarafından en fazla kullanılan istatistiksel yöntemdir.

2.1. Sebep-Sonuç Diyagramı

Bir problemin çözülebilmesi için problemin nedenlerinin ve kaynaklarının ayrıntılı olarak analiz edildiği bir diyagramdır. Toplam kalite yönetimine önemli katkılarda bulunan Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilen bu diyagram aynı zamanda Ishikawa Diyagramı olarak da bilinir. Bu diyagram balık iskeleti şeklinde olması dolayısıyla yaygın olarak “Balık Kılçığı Diyagramı” (Fishbone Diagram) olarak da bilinmektedir (Burnak, 1997).

2.2. Pareto Analizi

Pareto analizi verileri tasnif ederek karar alma işini kolaylaştırır. Söz konusu tasnif için Pareto grafikleri kullanılır. 19. yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto daha sonra kendi adıyla anılmaya başlayacak olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur. Pareto işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve aldığı sonuçları şu şekilde genelleştirmiştir: Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20'si, sonuçların %80'ini sonra gelen %30'u, sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır.

Maliyetin yaklaşık %80'ninin elemanların sadece %20'sinden kaynaklandığı veya milli gelirin yaklaşık %80'ninin nüfusun %20'sinin elinde olduğu gibi durumlarda bu konuya birer örnektir. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine “80–20” “90–10” kuralı veya “70–30” kuralı da denir. ABC analizi olarak da isimlendirilen Pareto grafiği, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır (Özcan, 2001).

Pareto analizi değişik sayıdaki önemli sebepleri daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir niteliktedir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir (Ishikawa, 1982). Pareto Analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için de kullanılmaktadır (Grant ve Leavenworth, 1988).

3. FABRİKA UYGULAMASI

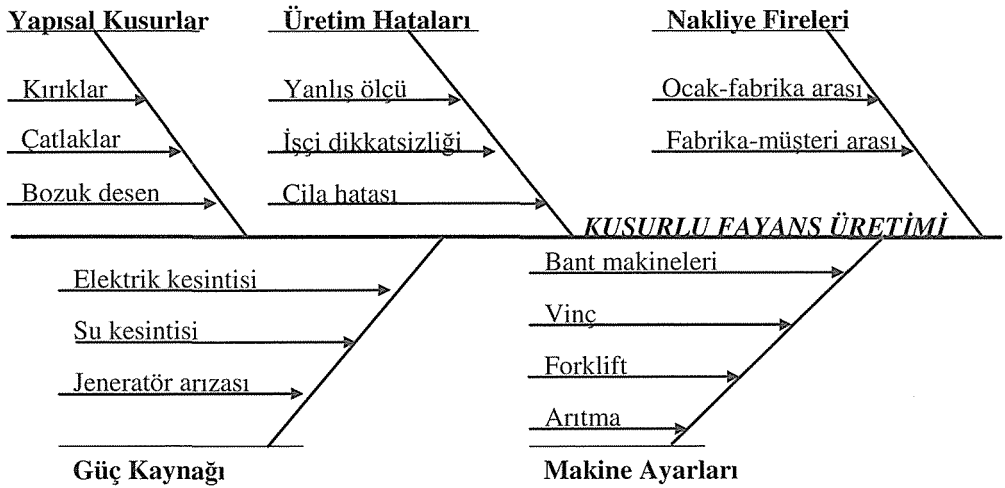
Bu çalışmada, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Çekiçler Mermer Fabrikasında istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinden Sebep-Sonuç diyagramı ve Pareto analizi yardımıyla kusurlu fayans üretiminin analizi yapılmıştır. 1957'de faaliyete başlayan fabrika, 1971 yılından beri Çekiçler Mermer Fabrikası ünvanıyla hizmet vermektedir. Antalya, Bilecik ve Eskişehir de bulunan ocaklarıyla gerek blok gerek ham kesim gerekse işlenmiş mermer şekliyle yurt içinden ve yurt dışından gelen talepleri karşılamaktadır.

Çekiçler Mermer Fabrikasında iki adet katrak, iki adet S/T, iki adet köprü kesme, iki adet kafa (baş) kesme, iki adet ebatlama makinası, iki adet cila makinası, bir adet geniş bant slim makinası, bir adet dolgu ve bir adet pah makinası bulunmaktadır. Fabrikada üretim, fayans hattı ve plaka hattı olarak iki farklı düzende yapılmaktadır.

3.1. Sebep-Sonuç Diyagramıyla Üretim Analizi

İşletmede karşılaşılan hataların tamamının görülmesi bu sayede çözüm yolları aranması amacıyla istatistiksel süreç kontrol araçlarından Sebep-Sonuç diyagramı oluşturularak kusurlu fayans üretiminin nedenleri araştırılmıştır. Çekiçler Mermer Fabrikasında

mermer işleme süreçlerinde Şekil 1’de görüldüğü gibi oluşturulan Sebep-Sonuç diyagramında hata sebepleri gösterilmiştir (Aydoğan, 2006).



Şekil 1. Mermer fabrikasında kusurlu fayans üretimi için Sebep-Sonuç diyagramı.

Fabrikada üretim esnasında karşılaşılan sorunlar mermerin yapısından kaynaklanan önlenemez hatalar, üretim sırasında karşılaşılan hatalar ve fabrika dışında sevkiyat esnasında karşılaşılan hatalar olarak sınıflandırılmıştır.

Bu hata sınıflamasında belli başlı hataların yapısal kusurlar ve personel kaynaklı üretim hataları olduğu tespit edilmiştir. Nakliye, güç kaynağı ve makina ayarlarından kaynaklı durmalar ve üretim aksaklıkları, yapısal kusurlar ve insan kaynaklı üretim hatalarının yanında oldukça seyrek zaman aralıklarıyla gerçekleşmektedir. Bunlara örnek olarak; nakliye esnasında nakliye araçlarının arızalanması veya trafik kazası yapmaları, güç kaynaklarında gözlenen elektrik şebekesinin bakımı sırasında 1–2 saati geçmeyen elektrik dağıtım firması kaynaklı durmalar verilebilir. Yine, zor kış şartlarında meydana gelen yılda en fazla 2–3 gün ile sınırlı olabilecek su donmaları ya da su borusu patlamaları ve nadiren kullanılmasına rağmen beklenmedik şekilde gelişen jeneratör arızaları bu grupta değerlendirilmektedir.

Üretim sırasında makina kaynaklı aksaklıklar ise; bant makinalarında kayış kopması, motor yanması, dişli dağılması veya bant kopması; vinçte görülen aksaklıklar raydaki millerin dağılması, makara kopmaları, metal halatların yıpranması olarak belirlenmiştir. Bunun yanında, arıtmada görülen aksaklıklar küçük motorların yanması, sıkma perdelerinin delinmesi, floklant tükenmesi olarak gözlenmiştir. Forkliftte ise lastik patlatması veya mazotunun bitmesi gibi sebeplerden kaynaklanan aksaklıklar meydana gelmektedir. Ayrıca ekipmanların yıllık bakımları sırasında duraksamaları nedeniyle de üretim aksamaktadır. Bu sebeplerden çok daha baskın olan, yapısal kusurlar ve insan kaynaklı üretim hatalarına oluşturulan Pareto grafiklerinde yer verilmiştir.

3.2. Pareto Diyagramı ile Fayans Hattında Kusurlu Fayans Üretiminin Analizi

Kusurlu fayans üretimini analiz etmek için hacimleri ve kesim numaraları belirli bloklardan yapılan üretimler dikkate alınmış belirli zaman aralıklarıyla mermerler üretim hattında gözlenmiştir. Fayans hattında bulunan slim makinasında, yarma makinasında ve dolgu makinasında bant hızı 1.2 m/dk olarak ölçülmüştür. Mermere uygulanan abrasif basınçları genelde 2.0 bar ve altında tutulmaktadır. Bu sayede 100 adet mermer için işlenme süreci 25–30 dakika civarında olmaktadır.

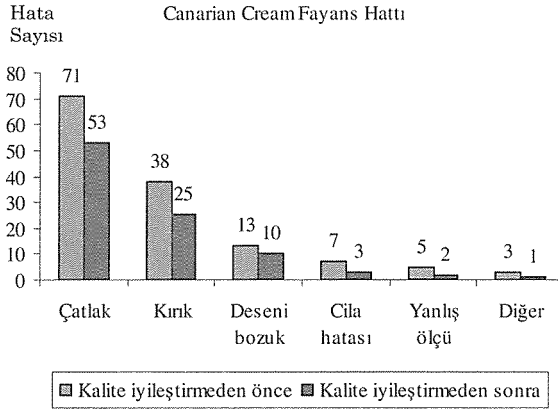
Analiz için hata sebeplerini gösteren kontrol kartları oluşturulmuş ve fabrikanın 08:00–16:00 vardiyasında bu kartlar yardımıyla veri tutulmuştur. Ölçümler ilgili mermerlerin 30.5×30.5×2.00 cm boyutlarında üretiminin yapıldığı 09:00–10:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Örnek miktarı mümkün olduğunca fazla tutulmaya çalışılmış, en fazla olabilecek şekilde tercih edilmiş bu sayede daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi hedeflenmiştir. Bu ebatta üretim için birim maliyet Canarian Cream adlı mermerde 1.0976 \$/adet, Crema Cybelle de 1.3172 \$/adet ve Lotus için 1.2623 \$/adet alınmıştır (Akyazı, 2006).

Her üç tipteki bej mermer için fayans hattında (üretim bandı) sonunda birbirinden bağımsız 100'erli 3 farklı hata tespit okuması yapılmıştır. Birbirinden farklı zamanlarda yapılmış olan okumalar sonunda, Canarian Cream, Crema Cybelle ve Lotus cinsi bej türü mermer fayansların hata sayılabilecek kusurları tespit edilmiştir. Her bir mermer türü için Pareto grafikleri hazırlanmıştır. Üç farklı bej türü mermer için ortak sayılabilecek hata kaynağı olarak mermerlerin yapısal kusurları görülmüştür. Bunun yanında ölçü hataları, desen bozuklukları ve cila hataları gibi kusurlar da grafikte yer almıştır. Yapılan ilk okumalarla hatalar tespit edildikten sonra süreçte iyileştirme çalışmalarına gidilmiş ve ikinci tur okumalar yapıp grafikler halinde Pareto analizleri Şekil 2, 3 ve 4'de sırasıyla verilmiştir.

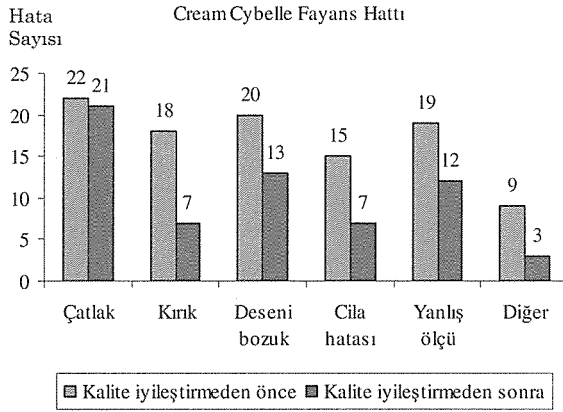
Şekil 2'de verilen Pareto grafiği incelendiğinde Canarian Cream adlı bej türü mermerde bütün kusur öğelerinde iyileşmeler ve değişmeler olduğu tespit edilmiştir. Crema Cybelle bej türü mermerin Şekil 3 ile verilen Pareto grafiği incelendiğinde çatlaklarda belirgin bir değişme olmasa da kırık, yanlış ölçü, cila hatası ve bozuk desende düzeltilmeler olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde ise kırık ve çatlakların adet bazında hala çok olduğu fakat kalan hataların azaldığı görülmektedir.

Her okumada farklı değerler elde edilmiş olsa da taşın doğal yapısından kaynaklanan ve fayans hattında kullanılan cila ve pah evrelerindeki makina ayar hatalarının üretim verimliliğini gözle görünür ölçüde olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

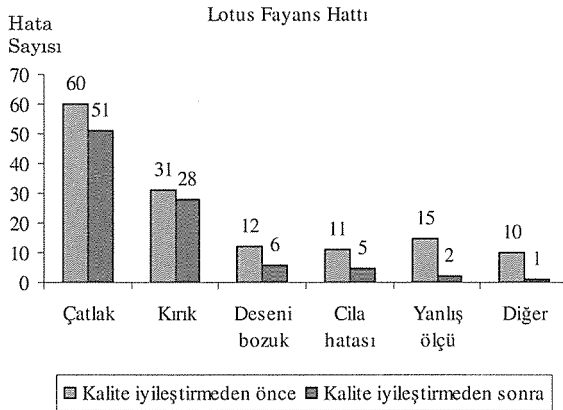
İlk okumalar sonrasında, toplam 457.44 \$ tutarında kusurlu fayans maliyeti bulunmuştur. Personelin bilinçlendirilmesi, sıklıkla yapılan kontroller ve makina ayarlarındaki titiz tutum sonrasında yapılan okumalarda 303.49 \$ tutarında kusurlu fayans maliyeti olduğu görülmüştür. Pareto analizi sonucunda gözlenen süreçte yaklaşık 153.95 \$ tutarında kazanç elde edilmiştir.



Şekil 2. Canarian Cream-fayans hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.



Şekil 3. Crema Cybelle-fayans hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.



Şekil 4. Lotus-fayans hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.

3.3. Plaka Hattında Kusurlu Üretim Analizi

Benzer bir çalışma da köprü kesme makinasında yapılmıştır. Köprü kesme makinasında üretilen fayansların ebatları fayans hattındakilerden daha büyük ve daha ince cidarla nihai ürün şeklindedir. Üretilen fayans boyutları 45×45×1.00 cm şeklinde olup fayanslar katraklardan alınan 1.50 m genişliğinde ve 2.00–2.50 m uzunluğundaki plakalar yardımıyla elde edilmektedir. Her bir fayansın maliyeti yaklaşık olarak, Canarian Cream için 2.3895 \$/adet, Crema Cybelle için 2.8674 \$/adet ve Lotus için ise 2.7479 \$/adet olarak belirlenmiştir (Akyazı, 2006).

Canarian Cream, Crema Cybelle ve Lotus türü mermerler için fayans hattında yapılan çalışmaların benzeri yapılmış ve yeni kontrol kartları hazırlanmıştır. Yapılan gözlem ve incelemeler sonrasında her bir mermer türü için yeni Pareto grafikleri düzenlenmiş, kusurlu üretimleri asgaride tutmak için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Plaka hattında kusurlu fayans analizi için yapılan okumalar sonrasında Canarian Cream, Crema Cybelle ve Lotus cinsi bej türü mermerler için elde edilen veriler incelendiğinde, fayans hattında uygulanan okumalara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5 – 7’de iyileştirme öncesi ve sonrası okumalardan elde edilen Pareto grafikleri verilmiştir.

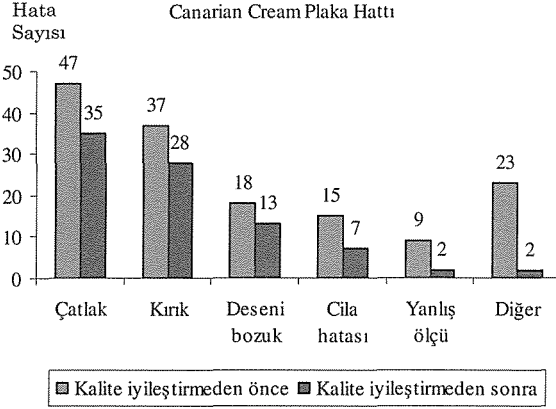
Fayans hattında kırık ve çatlaklardan kaynaklanan kayıplar plaka hattında da görülmüştür. Ancak, yüzey alanı geniş olduğundan ve müşteri talebi doğrultusunda mermerlerin yüzeyinde bulunan göze alınabilecek desen bozuklukları hata olarak değerlendirilmemektedir. İleri teknoloji ürünü plaka hattı makinaları kullanımıyla da cila hatalarının asgari değerlerde olduğu görülmüştür.

Genel hata nedeni olarak çatlak ve kırıkların baskın olduğu bunun yanında yanlış ölçü alımından, desen bozukluğundan ve cila hatalarından kaynaklanan kusurların üretimi etkilediği tespit edilmiştir.

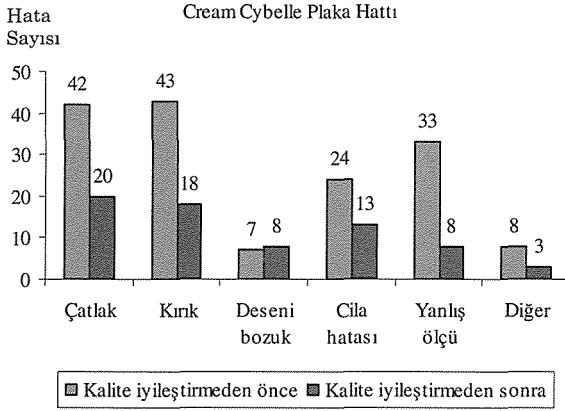
Tüm bu okumalar neticesinde elde edinilen verilerle her bir bej türü mermer için, gerekli personel dikkati, uygun makina ayarları ve kısa aralıklarla yapılan denetimler sayesinde plaka hattında ilk yapılan kusurlu fayans analizlerine göre daha düşük değerlerde üretim kayıplarının olduğu son yapılan okumalar sonrasında belirlenmiştir. Yüzdelik dilimlerde denklik görülse de adet bazında hatalı veya kusurlu mermerlerin azlığı, plaka hattında yapılan analizlerde istenilen iyileştirmelerin gerçekleştiğini göstermektedir.

Maliyetler esas alındığında yapılan iyileştirme çalışmalarının başarı ile gerçekleştiği ve sonuçların ilk okumalardaki kusurlara göre daha az olduğu görülmüştür.

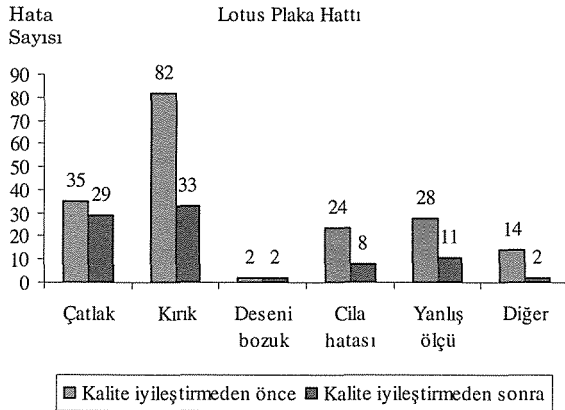
Yapılan ilk okuma sürecinde 1281.73 \$ tutarında mermerin kullanılamaz olduğu saptanmış, fakat sonrasında yapılan okumalar neticesinde 647.56 \$ tutarında mermerin kusurlu olduğu gözlenmiştir. Pareto analizinin fabrikaya analiz edilen süreç zarfında 634.17 \$ tutarında getirisi olmuştur.



Şekil 5. Canarian Cream-plaka hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.



Şekil 6. Crema Cybelle-plaka hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.



Şekil 7. Lotus-plaka hattı iyileştirme öncesi ve sonrası Pareto analizi.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çekiçler mermer fabrikasında işlenen üç farklı bej türü mermer için hem fayans hattında hem de plaka hattında 100'er adet bağımsız örnekler üzerinde okumalar yapılmıştır. Gözlem ve incelemelerden elde edilen hataların iyileştirilmesi çalışmalarına gidilmiş ve tekrar 100'er örnek ile her üç tip bej türü mermer için tekrar kusurlar araştırılmıştır. İkinci tur analizler sonucunda elde edilen verilerle ilk tur yapılan analizin sonuçları karşılaştırıldığında üretim sürecinde belirgin bir iyileşme ve verimlilik artışının Pareto grafikleri sayesinde görülmesi sağlanmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- ✓ Mermerlerin fiziksel özellikleri ve mineral yapıları nedeniyle, doğadan alınıp fabrikada işlenmelerine kadar ki evrede kırıkların ve çatlakların varlığından kaynaklanan düşük verimli bir üretim süreci bu çalışmada gözlenmiştir. Üç cins bej mermer için de yapılan Pareto analizinde baskın kusur nedeninin kırık ve çatlaklar olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Ocaktan, fabrikaya gönderilmek üzere kesilen blokların alındığı aynanın kırıklı, çatlaklı ya da istenilen desen ve renkten farklılaşmaya başladığının gözlenmesi durumunda üretim aynasının hatta ocak ağzının değiştirilmesi fabrikada kusurlu fayans üretimini azaltacaktır. Fabrikaya ulaştırılan blokların içerisinden ise tekrar elemeler yapılarak çatlaksız, kanalsız ve deseni istenene en yakın olanlarının üretime alınmasıyla kusurlu fayans üretiminin azalması sağlanacaktır.
- ✓ İstenilen verimin elde edilmesi amacıyla kırık ve çatlaklar için, gerekli maliyet analizleriyle de desteklenerek dolgu uygulaması yararlı olacaktır.
- ✓ Yanlış ölçü alımları, desen bozuklukları ve cila hataları gibi verimi düşüren kusurlar için fabrika bünyesinde yapılan vardiya içi kontrol ve denetimlerinin sıklaştırılmasının gerektiği görülmüştür.
- ✓ Her ne kadar doğal taşın yapısından kaynaklanan çatlaklı-kırıklı yapı ya da desen bozuklukları gibi nedenler önlenemez olsa da, üretim esnasında kullanılan makinaların düzenli bakımları ve bu makinaları kullanan işçilerin bilgilendirilmesiyle üretim hataları en asgari değerde tutulabilecektir.
- ✓ Mermer blokların, işlenmiş fayans ve plaka halindeki mermerlerin nakliyesinde uygun kapasitedeki ve donanımdaki araçların tercih edilmesi, sevkiyat esnasında ocaktan blokların araçlara muntazam yerleştirilmesi ve fabrikada işlenen ürünlerin sağlam paketlenerek araçlara özenle yerleştirilmesiyle de nakliye sırasında yaşanan kayıplar en aza indirilmiş olacaktır.
- ✓ Bu çalışmada, istatistiksel süreç kontrol tekniklerinden Sebep-Sonuç diyagramı yardımıyla bir mermer fabrikasındaki kusurlu fayans üretiminin nedenleri detaylı olarak incelenmiştir. Ardından uygulanan Pareto analizi ile de, hem fayans hem de plaka hattında oluşan kusurlu üretimler incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çalışmada görüldüğü gibi, istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinin madencilik alanında farklı yerlere uygulanmasıyla sektörde verimin ve karlılığın artması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Aktan, C.C.** (1999) *2000'li Yıllarda Yeni Yönetim Teknikleri (1)*, Değişim Mühendisliği, Simge Ofis, İstanbul.
- Akyazı, A.** (2006) Kişisel görüşme. Çekiçler Mermer Fabrikası, Eskişehir.
- Ankara, H. ve Bilir, K.** (1995) Kriblaj tesisinde kalite denetimi. *Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu*, İzmir, s. 235–240.
- Ankara, H., Yerel, S., Ersoy, A.H., Konuk, A. ve Yavuz, M.** (2006) Diskli blok kesme makinalarındaki kayıpların shewhart kontrol grafikleri ile belirlenmesi, *Türkiye V. Mermer Sempozyumu*, Afyon, s. 421–430.
- Aydoğan, E.** (2006) *Çekiçler Mermer Fabrikası'nda Kusurlu Fayans Üretiminin Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Burnak, N.** (1997) *Toplam Kalite Yönetimi*, Osmangazi Üniversitesi TEKAM Yayınları, No: TS-97-008-NB, Eskişehir.
- Grant, E.L. and Leavenworth R.S.** (1988) *Statistical Quality Control*, Mc Graw-Hill Company, 6th edition, New York.
- Imai, M.** (1997) *Kaizen - Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı*, BRİSA Yayınları, İstanbul.
- Ishikawa, K.** (1982) *Guide Quality Control*, Asian Productivity Organization, 2. Ed.
- İpek, H., Ankara, H. ve Özdağ, H.** (1999) The application of statistical process control, *Minerals Engineering*, Vol. 12, pp. 827–835.
- Kavrakoğlu, İ.** (1996) *Toplam Kalite Yönetimi*, KalDer Yayınları, İstanbul.
- Kobu, B.** (1987) *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3425, İstanbul.
- Özcan, S.** (2001) İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi Ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 2, s. 51–174.
- Saraç, S. ve Özdemir, G.** (2003) Mermer fayanslarının boyutlandırılmasında istatistiksel kalite kontrolü, *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, Afyon, s. 15–26.
- Yerel, S., Ankara, H., Konuk, A. ve Özdağ, H.** (2007) Preventive maintenance policy supported by a quality control chart and Kolmogorov-Smirnov tests: Emet Colemanite Mineral Processing Plant, Turkey, *Minerals & Metallurgical Processing*, Vol. 24, pp. 12–156.

MERMERLERDE DELME ORANI İNDEKSİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS EFFECTING DRILLING RATE INDEX (DRI) OF MARBLES

Hayati YENİCE, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
M. Kemal ÖZFIRAT, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
Zeki KARACA, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
Bayram KAHRAMAN, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*

ÖZET

Delinebilirlik bir malzeme içinde bir deliğin delinebilme kolaylığı olarak tanımlanabilir. Delinebilirliğe etki eden birçok etmen vardır. Bu çalışmada, farklı kristal boylarına sahip kalsitik monomineral (3), polimineral (2) mermerler kullanılmıştır. Örneklerin kimyasal, fiziksel, mekanik, dokusal özellikleri araştırılmıştır. Daha sonra örnekler Sievers' J minyatür delme testi ve kırılma testine tabi tutularak mermerlerin delinebilirlik indeks değerleri belirlenmiştir. Mermerlerin delinebilirlik indeks değerleri ile fiziksel, mekanik ve dokusal özellikleri arasında ilişkiler araştırılmıştır. Sonuçta, mermerlerin yoğunluk, sertlik, tek eksenli basma dayanımları, çekme dayanımları, darbe dayanımları ile DRI değerleri arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur. En anlamlı ilişki çalışılan mermerlerin yoğunlukları ile DRI'ları arasında %99.34'lük oranla doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

ABSTRACT

Drillability can be defined as drilling easiness of a hole in a rock. There are a lot of parameters affecting on drillability. In this study, calcitic monomineral (3) which has different crystal size, and polimineral (2) marbles are used. Chemical, physical, mechanical, tissue properties of samples are investigated. And then drillability index values are found by Sievers' J miniature drilling test and brittleness test. Relation between drillability index values and physical, chemical, mechanical, tissue properties of marbles is searched. In conclusion, significant correlations are found between density, hardness, UCS, çekme strength, darbe strength values and DRI values of marbles. The highest correlation turned out to be between density values and DRI values of marbles which has a correlation coefficient of 99.34% in linear regression.

1. GİRİŞ

Günümüzde, insanoğlunun artan nüfusu nedeni ile gereksinimlerini karşılamak için yeraltı ve yerüstü zenginliklerinin önemi daha da artmıştır. Bu zenginliklerden biri de doğal yapı taşlarıdır. Doğal yapı taşlarının kullanımı, insanoğlunun yeryüzündeki hareketi ile eş yaşıdır. Doğal taşlar uzun yıllar boyunca medeniyetle eş tutulmuş, bulundukları çağların görkemli yapılarına ve sanat abidelerine malzeme olmuştur. Doğal taşlar mermerler kireçtaşları, travertenler, oniksler, serttaşlar ve dekoratif taşlar olmak üzere altı grupta sınıflandırılır. Genel olarak, doğal taş endüstrisinde blok veren ve kesilip parlatılabilen, ekonomik değeri olan kayaca mermer adı verilir. Bilimsel olarak mermer, kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarının ısı ve basınç altında yeniden kristalleşmesi ile oluşmuş metamorfik kayalardır. Bilimsel olarak mermer terimini, endüstrideki tanımından ayırt etmek için gerçek mermer ya da metamorfik mermer tanımları da kullanılır (Karaca, 2008).

Yeraltındaki zenginliklere ulaşmak ya da yeraltında yapılar oluşturmak amacıyla, yeryüzünde kayaca bağlı yapılar oluşturmak için kayaçların kazılması (delme-patlatma) gereklidir. Kısacası, kayaçların kazılmasını gerektiren durumlarda delinebilirlik kavramı ortaya çıkmaktadır.

Delinebilirlik, delici ucun kayaç içinde belirli bir zamanda kayacı delerek ilerlemesidir. Bir diğer ifade ile kaya kütleğinde delik delme kolaylığıdır. Delme hızı ise kayaç içerisinde, dakikadaki santimetre ilerleme hızı olarak ölçülür. Delinebilirlik ile delinme hızı aynı kavram olarak tanımlanabilir. Delinebilirlik kolay ya da zor olarak delinme hızı ise hızlı ya da yavaş olarak ifade edilir. Delinebilirliğe etki eden birçok parametre vardır. Bunlar makina ve ekipmana bağlı parametreler (delme makinasının tipi, dönme hızı, bastırma kuvveti, keski tipi v.b.), delme işlemine bağlı parametreler (delme metotları, makinanın çalışma ve bakımı, makina operatörünün deneyimi, v.b.) ile jeolojik parametrelerdir (kaya tipi, kayaların mekanik özellikleri, süreksizlikler, mineral kompozisyonu). Makina, ekipman ve delme işlemine bağlı parametreler kontrol edilebilir parametreler olup, jeolojik özelliklere bağlı parametreler ise kontrol edilemeyen parametrelerdir (Karaman, 2008).

Literatürde delinebilirlik üzerine çok sayıda çalışma mevcuttur. Bilgin (1983)'te darbeli delinen bir deliğin delme oranından spesifik enerjiye dayanan bir model geliştirmiştir. Daha sonra, eklemli kayaç formasyonları için Schineider (1988), Gehring (1989, 1997), Thuro ve Plinninger (1998, 1999) tarafından delinebilirlik üzerine çeşitli modeller tanımlanmıştır. Kahraman vd. (2000)'de yaptıkları çalışmada kayaçların delinebilirlik indeksinin tek eksenli basma dayanımı, çekme dayanımı, N tipi Schmidt çekici sekme değeri, darbe dayanımı, P-dalga hızı, elastisite modülü ve kayaç yoğunluğu ile ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Yaralı 2005'te yaptığı çalışmada Zonguldak yöresi çevre kayaçlarının aşındırıcılıklarını kayaçların mekanik, petrografik özellikleriyle birlikte değerlendirmiştir. Çalışmada kayaçların aşındırıcılıkları ile tek eksenli basma dayanımı ve ortalama kuvars tane boyutu arasında doğrusal artan bir ilişki olduğunu bulmuştur.

Gong ve Zhao (2007), granitin kırılma indeksi azaldıkça aşındırma indeksinin arttığını bulmuştur. Kırılma indeksinin taze granitlerde sabit bir tek eksenli basma dayanım değeri için geniş aralıkta değiştiğini belirtmişlerdir. Dahl vd. (2007)'de

yaptıkları çalışmada Sievers' J test yönteminin kayacın yüzey sertliğinin güvenilir olarak ölçülmesinde iyi bir yöntem olduğunu vurgulamıştır. Kayacın yüzey sertliği ve aşındırıcılığı birlikte yorumlanarak kesici uç ömrünün tahmininin yapılabileceği belirtilmiştir. Yaralı vd.'nin (2008)'de yaptıkları çalışmada, kayacın yüzey sertliği ile delinebilirliği arasında ilişki olduğunu bulmuşlardır. Ekinicioğlu vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ile DRI indeksleri arasında ilişki olduğu vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada DRI ile en anlamlı ilişki kayaçların nokta yük dayanımı arasında elde edilmiştir.

Bu çalışmada, doğal yapı taşları mermer grubundan farklı özelliklere sahip beş örnek seçilmiştir. Öncelikle, örneklerin ince kesitleri üzerinden petrografik tanımlama yapılmıştır. Daha sonra sırasıyla kimyasal, fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Son olarak, örneklerle delinebilirlik ve kırılgenlik testleri uygulandıktan sonra sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. DELME ORANI İNDEKSİ

Delme oranı indeksi (DRI) kayaç delinebilirliğini belirlemek amacıyla kullanılan indeklerden biridir. DRI, kayaçların delinebilirliklerinin zorluğunun veya kolaylığının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bu indeks Norveç Teknoloji Enstitüsü ve SINTEF tarafından 1960'lı yıllardan itibaren kayaç delinebilirliği üzerinde yapılan çalışmaların derlenmesi sonucu geliştirilmiştir. 1988 yılından itibaren özellikle İskandinav ülkelerinde delinebilirlik konusunda standart bir deney haline gelmiştir (Yaralı ve Soyer, 2008).

Delme oranı indeksi (DRI) Olsen ve Blindheim tarafından 1970'de iki temel laboratuvar deneyi ile Kırılgenlik testi (S_{20}) ve Sievers' J minyatür delme testi sonuçlarına bağlı olarak belirlenmiştir. Deney yöntemindeki deney aletlerinin orijinali Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi SINTEF kayaç ve zemin mekaniği laboratuvarında bulunmaktadır (Dahl, 2003).

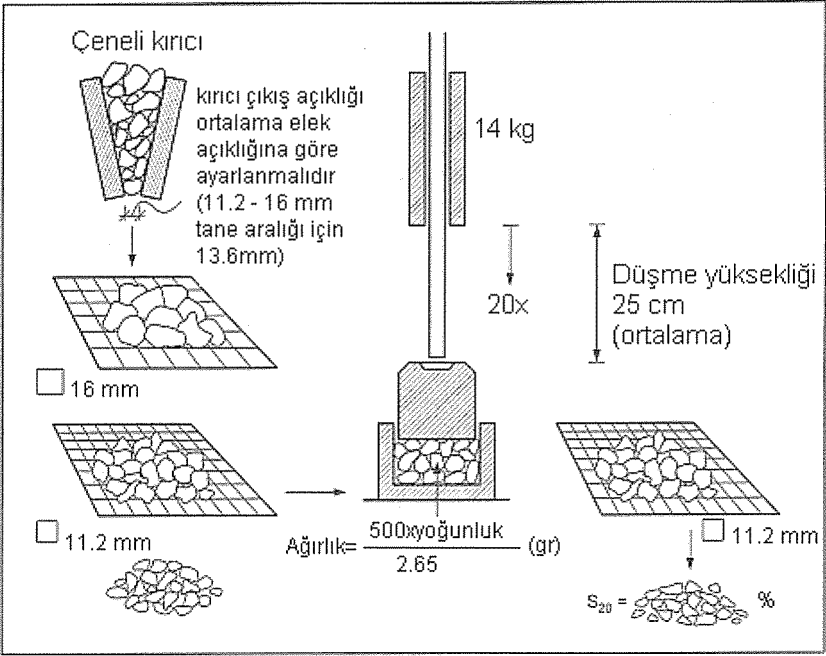
2.1. Kırılgenlik (Brittleness) Testi

Kırılgenlik testi 1943 yılında İsviçre'de N. Von Matern ve A. Hjelmer tarafından geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda farklı amaçlar için bir çok kez modifiye edilen testin prensip şeması Şekil 1'de verilmiştir (Dahl, 2003).

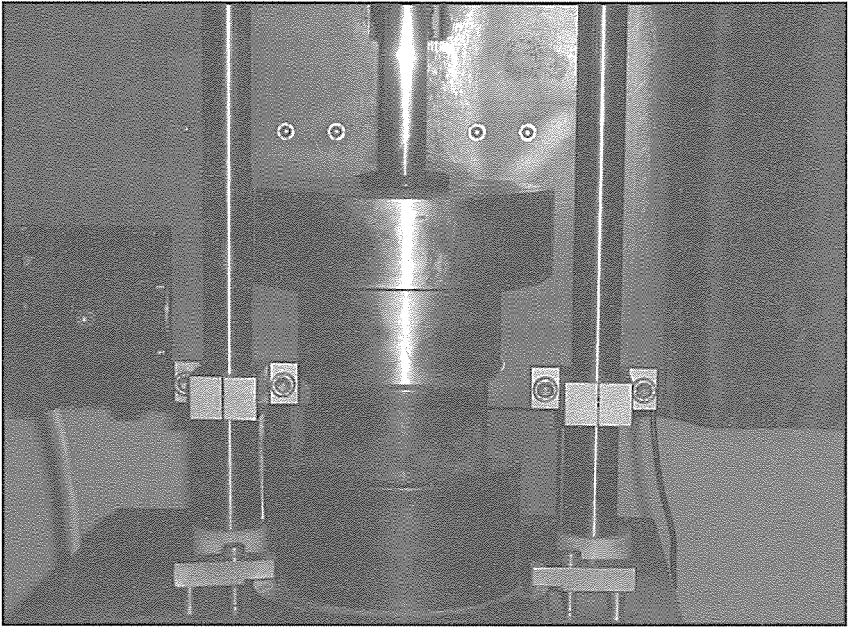
Kırılgenlik deneyinde kullanılacak numuneler çene açıklığı 13.6 mm'ye ayarlanmış bir çeneli kırıcıdan geçirilerek kırıldıktan sonra 16 mm ve 11.2 mm'lik elekler ile sınıflandırılarak -16 mm +11.2 mm arasında kalan malzeme kırılgenlik testine tabi tutulur. + 16 mm boyutundaki malzeme ise kayaç yoğunluğunun belirlenmesine kullanılır.

-16 +11.2 mm aralığındaki malzemeden alınan ve 2.65 gr/cm^3 yoğunluktaki 500 gram malzeme hacmine karşılık gelen numune hacmi test cihazının havanı içine yerleştirilir. Havan kısmına yerleştirilen malzeme üzerine ortalama 25 cm yükseklikten 14 kg kütleyle sahip tokmak 20 kez düşürülür (Şekil 2). Deney sonunda havan içindeki malzeme 11.2 mm'lik elekten tekrar elenerek elekten geçen malzeme ağırlığı belirlenir.

11.2 mm’lik elekten geçen malzeme miktarının deney başlangıcında havan içine konan malzeme miktarına oranı yüzde olarak malzemenin kırılgenlik değeri veriri. Bu işlemin en az üç farklı numune üzerinde yapılması gerekmektedir (Dahl, 2003).



Şekil 1. Kırılgenlik (Brittleness) testinin şematik görünüşü (Dahl, 2003).

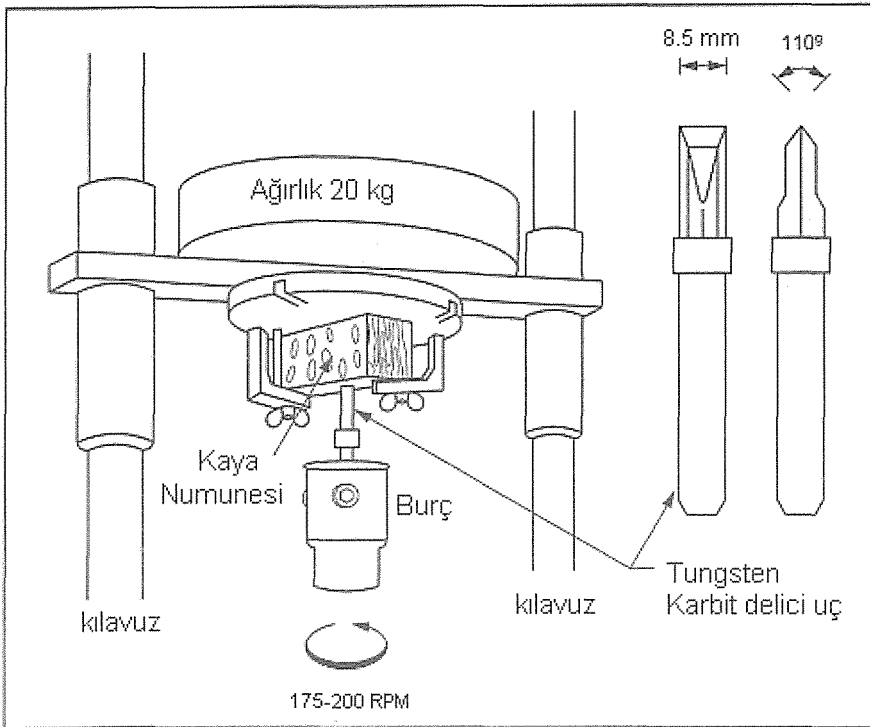


Şekil 2. Kırılgenlik (Brittleness) test cihazı.

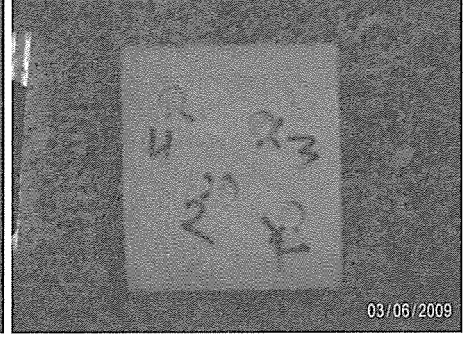
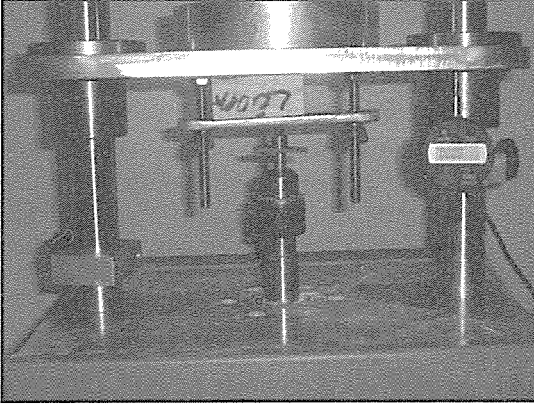
2.2. Minyatür Delme (Sievers' J) Testi

Kayaçların yüzey sertliğinin veya delinmeye karşı gösterdikleri direncin bir ölçüsünü veren minyatür delme deneyi 1950'li yıllarda H. Sievers tarafından geliştirilmiştir. Minyatür delme deneyinde; 99° tepe açısına sahip kama tipi, 8.5 mm çapında tungsten karbid uçlar kullanılmaktadır. Şekil 3 ve Şekil 4'te görüldüğü gibi minyatür delme cihazına yerleştirilen numune, üstüne bağlı 20 kg'lık kütle ile delici ucun üzerine oturtularak serbest bırakılır. Numune üzerinde daha önce 4–8 adet arasında işaretlenen noktalar üzerinde delme işlemi başlatılır.

Noktaların işaretlenmesi, kayanın yapısına göre seçilmelidir. Delme noktaları, kayanın görsel incelemesine göre, yumuşak ve sert tabakalarda konumlanmalıdır. Minyatür delme deneyi değeri, minyatür keskinlerin dakikada 200 dönüşü sonrasında kayaçta ölçülen delik derinliğidir. Ortalama minyatür delme deneyi değeri ise 4–8 delikten elde edilen test sonuçlarının ortalamasıdır (Dahl, 2003). Minyatür delme deneyi değeri, uçların 200 devir/dk devirle bir dakika boyunca dönmesinin ardından delik boyları ölçülerek elde edilen değerlerin ortalaması 10 ile çarpılarak Sievers minyatür delme deneyi değeri (S_J) bulunur.



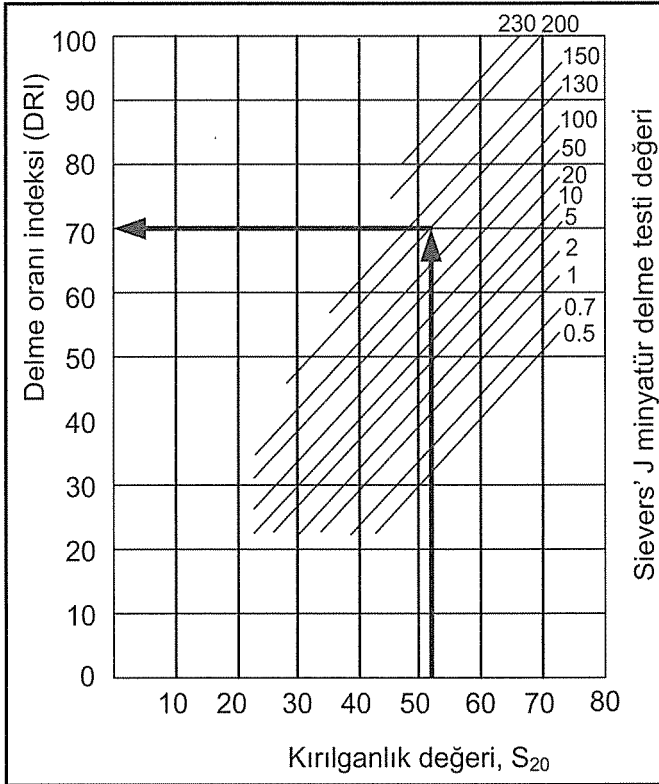
Şekil 3. Sievers minyatür delme deneyi şematik görünümü (Dahl, 2003).



Şekil 4. Sievers' J minyatür delik delme cihazı ve test yapılmış bir numune.

2.3 Delme Oranı İndeksi (DRI) Tayini

Delme oranı indeksi (DRI) değeri, kırılmalık testi (S_{20}) ve Sievers'J minyatür delme deneyi sonrasında elde edilen Sievers'J (S_j) değerlerinin Şekil 5'te verilen diyagramda kesiştirilmesi ile belirlenir.



Şekil 5. Delinebilirlik oranı (DRI) tayininde kullanılan diyagram (Dahl, 2003).

DRI sonuçlarına göre Dahl'ın (2003)'te yaptığı, kayaçların delinebilirliklerine göre sınıflaması Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. DRI değeri sınıflaması (Dahl, 2003).

Sınıf	DRI
Oldukça düşük	≤ 25
Çok düşük	26-32
Düşük	33-42
Orta	43-57
Yüksek	58-69
Çok yüksek	70-82
Oldukça yüksek	≥ 83

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada beş farklı mermer örneği üzerinde deneyler yapılmıştır. Öncelikle çalışılan mermer örneklerinin petrografik özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 2). Daha sonra mermerlerin DRI değerlerine etki edeceği düşünülen fiziksel, mekanik, kimyasal ve dokusal özellikleri belirlenmiştir. Numunelerin özellikleri TS 699 (1987) ve ISRM (1981)'e göre belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışılan mermerlerin petrografik özellikleri.

Örnek	Tanımlama
Belevi Siyah	Kalsitik mermer, 369 ± 85 μm , polimineral, % 94 kalsit, % 1.5 albit+kuvars, % 4 opak mineral, granoblastik doku, polisentetik ikizlenme, yer yer iki yönlü ikizlenme ve bazı kalsitlerde alterasyon
Afyon Beyaz	Kalsitik mermer, 222 ± 110 μm , monomineral, granoblastik doku, polisentetik ikizlenme
Karacasu Beyaz	Kalsitik mermer, 1075 ± 261 μm , monomineral, granoblastik doku, polisentetik ikizlenme, yer yer iki yönlü ikizlenme
Yatağan Beyaz	Kalsitik mermer, 1003 ± 117 μm , monomineral, granoblastik doku, polisentetik ikizlenme, yer yer iki yönlü ikizlenme ve bazı kalsitlerde alterasyon
Ege Gümüş	Kalsitik mermer, 416 ± 123 μm , polimineral, % 93 kalsit, % 6 dolomit, granoblastik doku, polisentetik ikizlenme

Numunelerin fiziksel ve mekanik deneyleri TS 699 ve ISRM 1981 koşullarına bağlı olarak yapılmıştır. Herbir deney en az 5 adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, numunelerin yoğunluk, kuru birim hacim ağırlık, doymun birim hacim ağırlığı, porozite, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı, darbe dayanımı, böhme aşınma değeri, shore sertlik değerleri hesaplanmıştır. Bulunan değerler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Çalışılan mermerlerin deney sonuçları.

	Yoğunluk, (g/cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı, (g/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı, (g/cm ³)	Porozite, (%)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı, (MPa)	Çekme Dayanımı, (MPa)	Darbe Dayanımı, (kgf.cm/cm ³)	Böhme Aşınma Değeri, (cm ³ /50 cm ²)	SiO ₂ içeriği (%)	MgO içeriği (%)	Kırılgenlik Değeri, S ₂₀ (%)	Sievers'J Değeri (mm)	Shore sertliği	Tane iriliği, µm	DRI
Ege Gümüş	2.78	2.72	2.73	0.23	110.39	10.06	8	18.13	0.33	5.7	46.85	41.0	56±2.48	416±123	54
Belevi Siyah	2.78	2.71	2.71	0.12	52.74	8.69	4	21.99	1.42	0.93	44.91	82.6	52±2.14	369±85	55
Afyon Beyaz	2.75	2.71	2.71	0.12	57.66	6.57	7	21.42	0.13	0.17	54.38	85.2	46±3.10	222±110	65
Yatağan Beyaz	2.75	2.71	2.71	0.10	45.67	5.40	3	25.17	0.03	0.18	58.44	52.5	42±2.61	1003±117	67
Karacasu Beyaz	2.69	2.68	2.71	0.26	23.43	3.61	2	22.14	0.16	0.5	82.83	52.3	37±3.14	1075±261	89

Çalışmada DRI belirlemek için yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 4 ve Çizelge 5'te ayrıntılı olarak verilmiştir. Çizelge 6'da ise çalışılan mermerler DRI değerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. Gerçek mermerlerin hesaplanan kırılgenlik değerleri.

Mermer çeşitleri	Kırılgenlik S_{20}
Belevi Siyah	$(43.30+45.53+45.90)/3 = \mathbf{44.91\pm1.41}$
Ege Gümüş	$(44.99+45.79+49.76)/3 = \mathbf{46.85\pm2.55}$
Afyon Beyaz	$(55.72+52.78+54.65)/3 = \mathbf{54.38\pm1.49}$
Yatağan Beyaz	$(55.22+61.15+58.95)/3 = \mathbf{58.44\pm3.00}$
Karacasu Beyaz	$(82.52+83.48+82.50)/3 = \mathbf{82.83\pm0.56}$

Çizelge 5. Gerçek mermerlerin hesaplanan minyatür delme deneyi değerleri.

Mermer çeşitleri	Minyatür delme deneyi değerleri (mm)
Ege Gümüş	$(3.65+4.26+4.14+4.34)/4 = \mathbf{4.10\pm0.31}$
Karacasu Beyaz	$(5.27+5.53+5.15+4.95)/4 = \mathbf{5.23\pm0.24}$
Yatağan Beyaz	$(5.58+5.61+5.48+4.31)/4 = \mathbf{5.25\pm0.63}$
Belevi Siyah	$(7.65+8.07+7.79+7.69+10.08)/5 = \mathbf{8.26\pm1.03}$
Afyon Beyaz	$(8.38+9.72+8.68+7.29)/4 = \mathbf{8.52\pm1.00}$

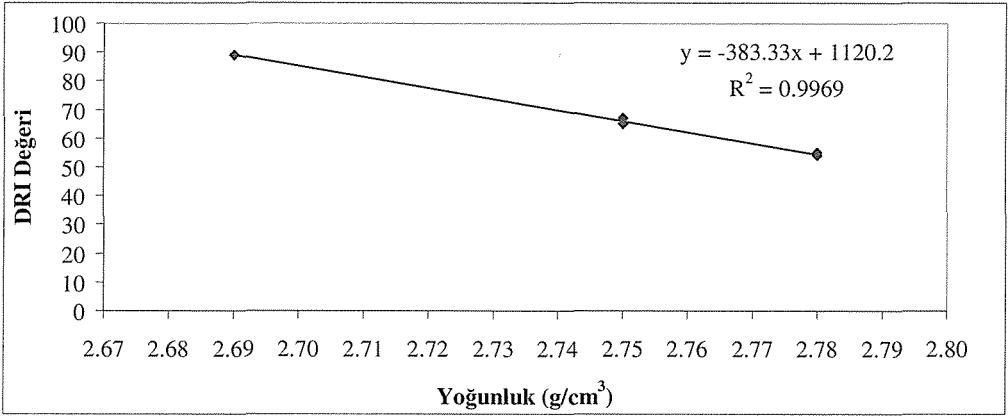
Çizelge 6. Çalışılan mermerlerin hesaplanan delinebilirlik değerleri.

Mermer çeşitleri	DRI değerleri
Ege Gümüş	54 (orta)
Belevi Siyah	56 (orta)
Afyon Beyaz	65 (yüksek)
Yatağan Beyaz	67 (yüksek)
Karacasu Beyaz	89 (oldukça yüksek)

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

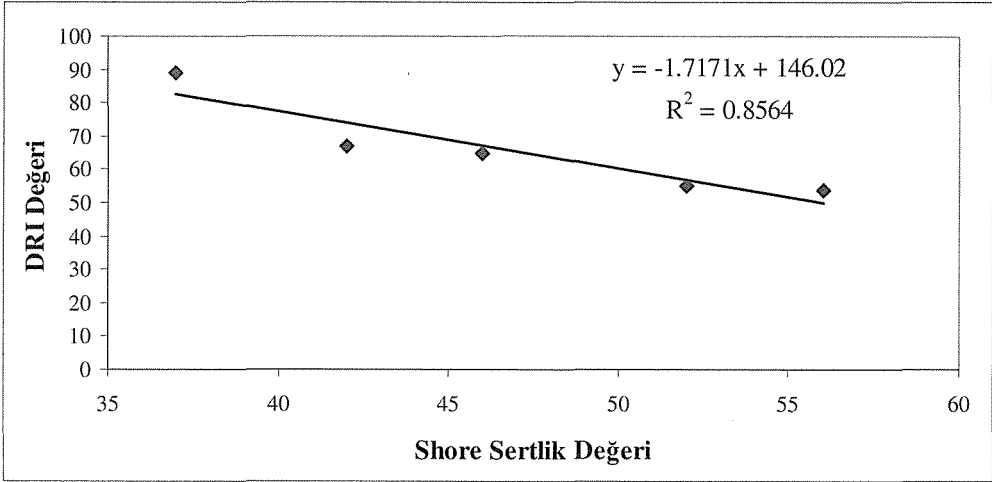
Çalışmada elde edilen tüm veriler DRI değeri ile karşılaştırılmış ve gerçek mermerlerin fiziksel, mekanik ve dokusal özellikleri ile DRI arasındaki ilişkinin nasıl değiştiği araştırılmıştır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, yoğunluk ile DRI arasında doğrusal değişen anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Mermerlerin yoğunlukları 2.69 ile 2.78 g/cm³ değerleri arasında değişen birbirine yakın değerlerdir. Elde edilen değerlere göre en düşük yoğunluğa sahip Karacasu beyaz mermerin DRI değeri oldukça yüksektir. Çalışılan mermerlerin içerisinde en kolay delinebilir mermer Karacasu Beyaz'dır. Ayrıca çalışılan mermerler için DRI ile yoğunluk arasında azalan doğrusal bir ilişki olduğu bulunmuştur (Şekil 6).



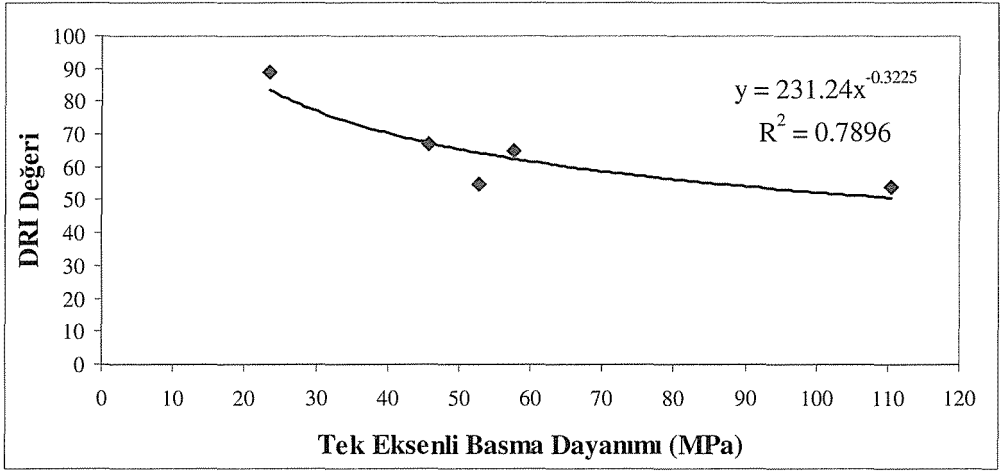
Şekil 6. DRI ile yoğunluk arasındaki ilişki.

Çalışılan mermer örneklerinde sertlik değerini belirlerken Shore sertlik deneyi kullanılmıştır. Shore sertlik değerleri ile DRI arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışılan mermerlerin sertlik değerleri arttıkça delinebilirlik değerleri azalmaktadır. Buna göre sertlik değeri 37 olan Karacasu Beyaz çalışılan mermerler arasında oldukça kolay delinebilir sınıfta iken, sertliği 56 olan Ege Gümüş orta delinebilir mermer sınıfındadır (Şekil 7).



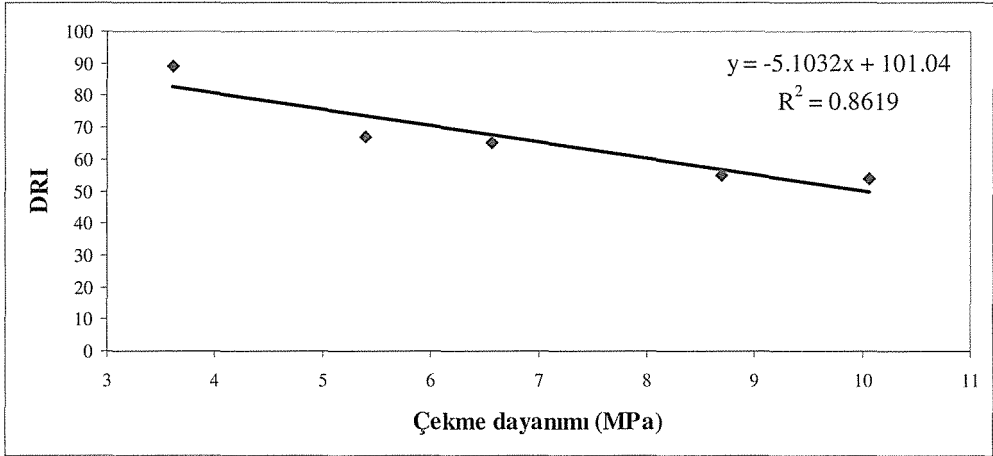
Şekil 7. DRI ile shore sertliği arasındaki ilişki.

Kayaçların tek eksenli basma dayanımı oldukça geniş aralıkta değiştiği için daha fazla deney yapılması düşünülmektedir. DRI ile tek eksenli basma dayanım değerleri arasında üssel bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Tek eksenli basma dayanımı arttıkça DRI değerinin azaldığı söylenebilir (Şekil 8). Çalışılan mermerlerden Ege gümüş en yüksek dayanıma (110.39 MPa) buna karşılık numuneler arasında en düşük DRI (54) değerine sahiptir.



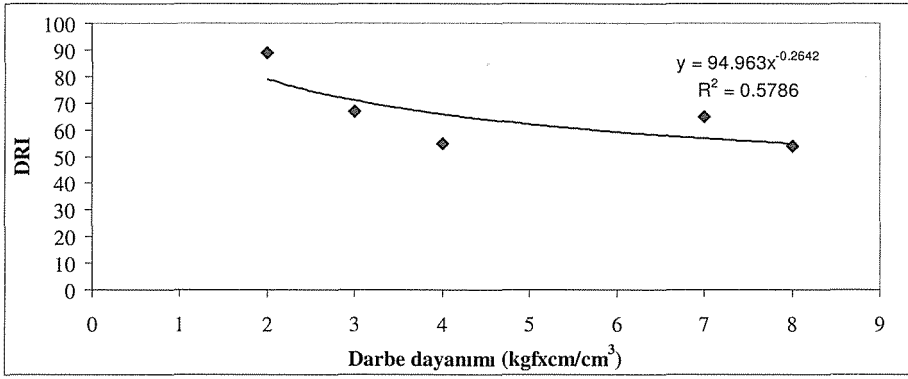
Şekil 8. DRI ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.

Çekme dayanımı ve DRI değerleri arasında azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Çalışılan mermerlerin çekme dayanımları arttıkça delinebilirlikleri zorlaşmaktadır. Grafikte Karacasu Beyaz en düşük çekme dayanımına (3.61 MPa) ve oldukça yüksek delinebilirliğe sahip iken Ege Gümüş (10.06 MPa) en yüksek çekme dayanımına ve orta sınıf delinebilirliğe sahiptir (Şekil 9).



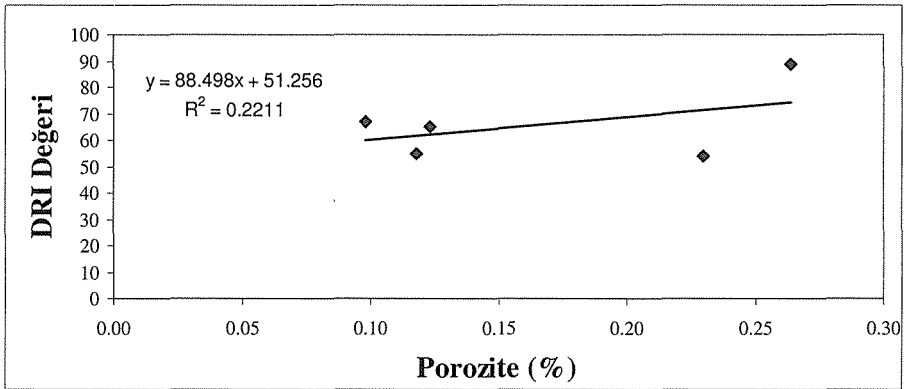
Şekil 9. DRI ile çekme dayanımı arasındaki ilişki.

Çalışılan mermerlerin darbe dayanımı ile DRI arasında üssel bir ilişki bulunmuştur. İlişkinin daha anlamlı olması için ilerleyen dönemde daha fazla deney yapılması düşünülmektedir. Çalışılan mermerlerin darbe dayanımları arttıkça DRI'ları üssel olarak azalmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. DRI ile darbe dayanımı arasındaki ilişki.

Çalışılan mermerlerin porozitesi ile DRI arasında zayıf doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Yapılacak deneylerin artırılması ile daha anlamlı ilişkiler bulunacaktır. Şekil 11’de görüldüğü gibi çalışılan mermerlerin porozitesi arttıkça DRI’ları artmaktadır. Başka bir deyişle, çalışılan mermerlerin porozitesi arttıkça delinebilirlikleri kolaylaşmaktadır.



Şekil 11. DRI ile porozite arasındaki ilişki.

5. SONUÇLAR

Çalışmada beş adet mermer örneğinin DRI değerleri ile fiziksel, mekanik ve dokusal özellikleri arasında ilişkiler incelenmiştir. Buna göre mermerlerin yoğunluk, sertlik, tek eksenli basma dayanımları, çekme dayanımları, darbe dayanımları ile DRI değerleri arasında anlamlı sonuçlar bulunmuştur. En anlamlı ilişki çalışılan mermerlerin yoğunlukları ile DRI’ları arasında bulunmuştur. Mermerlerin, yoğunluk, sertlik, tek eksenli basma dayanımı, çekme dayanımı ve darbe dayanımı arttıkça DRI değerleri azalmaktadır. DRI ile porozite arasında zayıf bir ilişki bulunmuştur. Buna göre porozite arttıkça azda olsa DRI artmaktadır. Ancak, mermeri oluşturan minerallerin tane çapları, sürtünme ile aşınma (böhme) değerleri, içerdiği kuvars (SiO_2) yüzdesi, içerdiği magnezyum yüzdesi (MgO) ile DRI arasında anlamlı sonuçlar bulunamamıştır. İlerleyen dönemde çalışılan numune sayısının artırılması ile daha anlamlı ve ayrıntılı sonuçlar bulunabileceği beklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar çalışmayı gerçekleştirdikleri deney setlerini kurmada mali destek sağlayan DEÜ BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederler. Ayrıca, cihazların oluşturulmasında başından sonuna kadar yardım ve bilgilerini esirgemeyen Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Olgay YARALI'ya ve deney setlerinin orijinalini elinde bulunduran SINTEF'e teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

- Bilgin, N.** (1983) Prediction of roadheader performance from penetration rates of percussive drills some applications to Turkish coalfields. In: Proceedings of Eurotunnel '83 Conference, pp. 111–114.
- Dahl, F.,** (2003) *DRI, BWI, CLI standards*, NTNU, Angleggsdrift, Trondheim, 23 p.
- Dahl, F., Grov, E., Breivik, T.** (2007) Development of a new direct test method for estimating cutter life, based on the Sievers' J miniature drill test. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 22, pp. 106–116.
- Ekincioglu, G., Şengün, N., Altındağ, R.** (2009) Kayaçların delme oranı indeksi (DRI) ile fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi. 4. *Sondaj Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, S. Aslan vd. (eds), s. 123-129.
- Gehring, K.H.** (1989) A cutting comparison. *Tunnels and Tunnelling*, Vol. 21, pp. 27–30.
- Gehring, K.H.,** (1997) Classification of drillability, cuttability, boreability and abrasivity in tunnelling. *Felsbau*, Vol. 15, pp. 183–191.
- Gong Q.M ve Zhao J.** (2007) Influence of rock brittleness on TBM penetration rate in Singapore granite. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 22, pp. 317–324.
- ISRM,** (1981) Rock characterization, testing and monitoring-*ISRM Suggested Methods*, Brown, E.T., (ed), Pergamon Press, 211 p.
- Kahraman, S., Balci, C., Yazıcı, S., Bilgin, N.** (2000) Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 37, pp. 729-743.
- Karaca Z.** (2008) Classification of natural building stones. *Proceedings of the International Conference on Construction and Building Technology 2008*, Al-Mattarneh et al. (eds), Kuala Lumpur, Malaysia, pp.101-108.
- Karaman, E.** (2008) *Sert Kayaçalarda Delinebilirlik Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 56 s.

- Olsen, R., Blindheim, O.T.** (1970) On the drillability of rock by percussive drilling. *Proceedings of the 2nd Congress of ISRM*, Belgrade, pp. 65-70.
- Olsen R., Lien, R.** (1960) Bergartens borbarhet og sprengbarhet. *Teknisk Ukeblad nr, 34*, Oslo, pp. 3-11.
- Schneider, H.** (1988) Criteria for selecting a boom-type roadheader, *Mining Magazine* September, pp. 183-187.
- Sievers, H.,** (1950) Die Bestimmung des Bohrwiderstandes von Gesteinen, *Glückauf* Vol. 86, 37/38, Glückauf G.M.B.H., Essen, pp. 776-784.
- Thuro, K., Plinninger, R.J.** (1998) *Geological limits in roadheader excavation – four case studies*. 8th International IAEG Congress, Vancouver, Vol. 2, pp. 3545-3552.
- Thuro, K., Plinninger, R.J.** (1999) Predicting roadheader advance rates. *Tunnels and Tunnelling International (June)*, pp. 36-39.
- TS 699,** (1987). *Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 75 s.
- Yaralı, O.** (2005) Zonguldak Taşkömür Havzası kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özelliklerinin araştırılması. *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı Bildiriler Kitabı*, A. H. Onur ve M. Tanrıverdi (eds), İzmir, s. 223-231.
- Yaralı, O., Kandemir, A., Eren, A.** (2008) *Bazı magmatik kayaçların kayaç dayanım katsayısı ve Schmidt Sertliği Arasındaki İlişkiler*. Madencilik Dergisi, Cilt 47, Sayı 2, s. 25-36.
- Yaralı, O., Soyer, E.** (2008) Tünel açma makinalarının performans analizinde kullanılan delme oranı indeksinin (DRI) tahmini. *Ulaşımında Yeraltı Kazıları 2. Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, N. Bilgin vd. (eds), İstanbul, s. 169-179.

KÖMÜR AÇIK İŞLETME ARAZİ REHABİLİTASYON YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN MADEN MAKİNALARI VE TEKNOLOJİSİ

MINING MACHINES AND TECHNOLOGY USED IN THE FIELD REHABILITATION METHODS OF OPENCAST COAL MINE

M. Suat DELİBALTA, *Niğde Üniversitesi, Niğde*

ÖZET

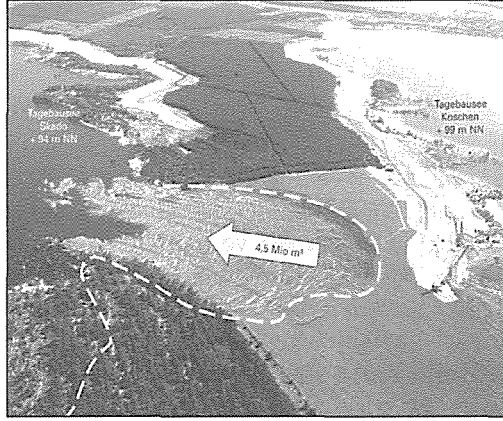
Kömür açık işletmelerinde gerek üretim gerekse dekapaj faaliyetleri sırasında ve sonrasında pek çok üretim çukurları ve şev yüzeyleri oluşmaktadır. Geometrileri örtü kalınlığına, işletme büyüklüğüne ve seçilen açık işletme üretim yöntemine bağlı olarak bozulan bu arazilerin, yeniden düzenlenmesi ve toplum yararına kullanıma sunulması, Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) bakımından büyük önem taşımaktadır. Maden planlaması aşamasında, arazi reklamasyon çalışmaları da planlanmalıdır. Madencilik faaliyetleri sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesi ve şev yüzeylerinin stabilitesi için, çeşitli rehabilitasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada; açık işletme arazi rehabilitasyon yöntemlerinde kullanılan maden makinaları, teknolojileri ve optimum kullanım alternatifleri tanıtılmaktadır.

ABSTRACT

In opencast coal mines during both mining and stripping operations, some holes and slopes can often occur. These land fields of which geometries are deformed depending on the overburden thickness, the size of the operation and the mining technique selected directly impact the effectiveness of the reclamation process and in turn proper preparation of the land (in terms of Environmental Impact Assessment-EIA) for public use. Reclamation of land fields during mine planning phase must also be planned. Various land rehabilitation methods were developed which will elucidate the risk of slide/flow behavior of these opencast coal mining. In this study, mining machines used in the field rehabilitation methods of opencast mine and their technologies and optimum use of alternatives will be introduced.

1. GİRİŞ

Madencilik sektörü diğer endüstriyel işletmelerden farklı olarak, doğal çevre ile çok daha sıkı ilişki halindedir. Ülkemizdeki toplam linyit üretiminin yaklaşık %90'nın açık işletme üretim yöntemiyle gerçekleştirildiği dikkate alınır, madencilik faaliyetleri nedeniyle bozulan arazilerin oldukça önemli boyutlara ulaştığı açıkça görülecektir (Ünal vd. 1994, Ünver ve Kara, 1994). Gerek iş güvenliği gerekse çevresel etki değerlendirme (ÇED) bakımından, bozulan bu arazilerin yeniden düzenlenmesi ve toplum yararına kullanıma sunulması yasal bir zorunluluktur. Farklı kullanım alternatiflerinin tasarlanabileceği bu arazilerin, başta jeoteknik bakımdan duraylı ortam koşullarına sahip olması gerekmektedir (Pierschke ve Boehm, 1996). Örtükazı (Dekapaj) malzemesinin gevşek yapısal ve oluşum özellikleri nedeniyle önemli bir kısmı kayma veya akma eğiliminde olmaktadır (Şekil 1). Çok kısa zaman dilimi (birkaç saniye veya dakika) içerisinde ani hızlara ulaşan ve büyük bir enerji boşalmasıyla sonuçlanan bu tür şev kaymaları, önemli tehlike potansiyelleri içermektedir (Kuyumcu, 2005). Bu nedenle, açık işletme sonrası bozulan arazilerin rehabilitasyonu ve pasa yığınlarında oluşabilecek kayma riskinin göreceli bir tahmini için, öncelikle bu bölgelerde şev kayma koşulları ve etki sahasının belirlenmesi gerekmektedir.



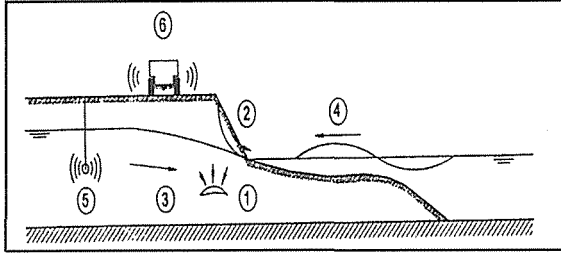
Şekil 1. Koschen-Skado (Almanya) açık işletmeleri şev duraysızlığı (LMBV, 1996).

2. PASA ŞEV KAYMA KOŞULLARI VE ETKİ SAHASI

Kömür açık işletmelerinde muhtemel bir pasa şev duraysızlığının oluşabilmesi, aşağıda belirtilen koşulların açığa çıkmasıyla mümkündür. Bunlar;

- Yığın tane boyut dağılım eğrisinde bir tane büyüklüğünün baskın olarak gözükmesi,
- Yığındaki tanelerin büyük bir kısmının iyi yuvarlaklık ve kaygan yüzey özellikleri göstermesi,
- Ortamın gevşek veya çok gevşek yığın halinde bulunması,
- Boşluk ve gözeneklerin tamamen su ile dolu olması,
- İç veya dış etkiyle şevin kritik denge durumunun bozulması,
- Dinamik kuvvetlerin etki büyüklükleri ve sıklığıdır.

Açık işletme pasa şevlerinde kaymayı kolaylaştıran olası etki kuvvetleri ise Şekil 2’de verilmiştir (Förster ve Jennrich, 1999).



Şekil 2. Açık işletmelerde pasa şev duraysızlığına neden olan etki kuvvetleri.

- ① Gözenek ve boşluk alanların oturması sonucu çökmesi,
- ② Yerel / dik şev kaymaları,
- ③ Yeraltı su tablasındaki akışlar,
- ④ Yüzey suları ve su dalgalarının etkisi,
- ⑤ Yeraltında oluşturulan dinamik etkiler (delme-patlatma vb.),
- ⑥ Yüzeyde oluşturulan dinamik etkiler (çalışan iş makinaları vb.),
- ⑦ Bölgenin depremsellik özelliğidir.

Burada, sadece dinamik kuvvetlerden ⑤ ve ⑥ etkisi zamansal olarak kontrol edilebilir. Diğer etki faktörlerinin öngörülebilir bir gerilme değişimine neden olup olmayacağı, kayma oluşturup oluşturmayacağı ve ne zaman meydana geleceği henüz belirsizdir. Ancak; şev kayma riski, işletme koşulları ve ortam büyüklüklerine (geometri, dekapaj sistemi, arazi durumu vb.) bağlı olarak, nitel ve deneysel bağıntılar ile göreceli olarak belirlenebilmektedir (Kızıl ve Köse, 1995, Ulusay, 2001, Delibalta, 2003). Pek çok etki büyüklüğüne bağlı bu problemin çözümü için pratik düşünceler;

- Gözlenmiş duraysızlık etki uzunlukları ile muhtemel bir kaymanın değerlendirilmesi,
- Teorik bir modelleme ile geriye dönük analiz sonuçlarının karşılaştırılmasıdır.

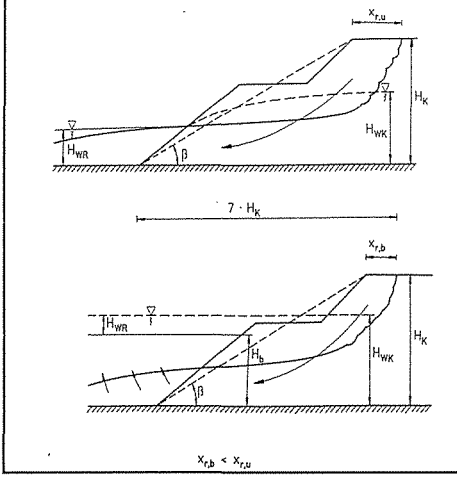
Buna göre; mevcut kayma etki uzunluğu $X_{r,v}$ (Şekil 3), belirlenen teorik etki uzunluğu ile ilişkilendirilir ve bu ilişki ilgili etki büyüklüklerine bağlı olarak ifade edilebilir.

Kayma etki sahasının belirlenmesinde önemli diğer parametrik büyüklükler ise; etkinin tür ve şiddeti, döküm teknolojisi (ilerleme yönüne göre kayma yönünün durumu (p) paralel ve (s) dikey, kayma koşulları önlemsiz (u) ve önlemlili (b) (Şekil 3). Diğer etki büyüklükleri; küçük belirsizlikler içermesi, net bir korelasyon ve sonucun daha da iyileşmesine katkı sağlamadığından dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle, belirleyici parametreler daha çok geometrik büyüklükler ve teknolojik faktörlerdir (Vogt, 1991, Förster ve Gudehus, 1998).

3. ARAZİ REHABİLİTASYONU VE MADEN MAKİNALARI TEKNOLOJİSİ

Maden yatağı ve morfolojisine bağlı olarak açık işletmelerde farklı üretim ve dekapaj sistemleri uygulanmaktadır. Bu sistemler, kazının kesintili ve sürekli olmasına göre sınıflandırılmaktadır. Zincirli ve döner kepçeli ekskavatörler, bant ve demiryolu, nakil köprüsü ve dökücü üniteleri sürekli çalışmaya, kepçeli ekskavatör, dragline, ripper, skrayper ve loder ise kesintili çalışmaya örnek gösterilebilir. Her iki yöneme bağlı

olarak, yeryüzü şekillerinde az ya da çok değişiklikler oluşur. Yapılacak reklamasyon çalışmaları, maden üretim süreci ile aynı zamanda planlanmalı ve sürdürülmelidir. Ancak bu durumda, arazi geri kazanımı daha ekonomik ve verimli olur.



H_K : Pasa şev yüksekliği (m),
 H_{WK} : Şev içerisindeki su seviyesi (m),
 H_{WR} : Şev önündeki su seviyesi (m)
 β : Şev açısı (genel eğim) (°).

Şekil 3. Etki sahasının belirlenmesinde parametrik büyüklükler ve şev koşulları, ($X_{r,u}$) önlemsiz, ($X_{r,b}$) önlemlili (Förster ve Jennrich, 1999).

Madencilik faaliyetleri sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesi ve ıslahında temel amaç; bu arazilerin eski ekolojik ve ekonomik değerine kavuşturulması veya daha da geliştirmesidir (Akpınar vd., 1993). Bu ise;

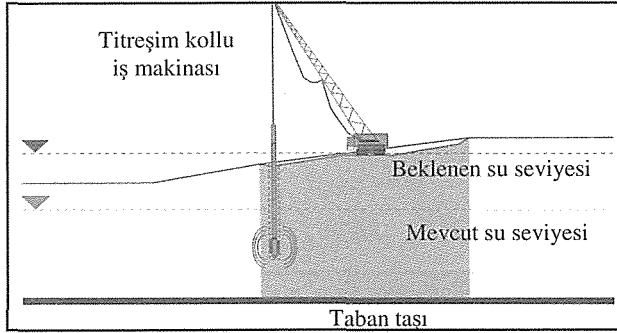
- Madencilik sonrası alan kullanım planlaması,
- Alan kullanım planlaması doğrultusunda yeniden düzenleme (kazı, döküm, su rejimi kontrolü, üst örtünün seçimli değerlendirilmesi vb.),
- İyileştirme (biyolojik reklamasyon),
- İzleme, bakım ve kontrol faaliyetleri ile sağlanabilir.

3.1. Arazi Rehabilitasyon Yöntemleri

Öngörülen alan kullanım planlaması ve işletme koşulları uygulanacak arazi rehabilitasyon yöntemini etkiler. Açık işletme sırasında ve sonrasında oluşan yüzeylerinin rehabilitasyonu için bir yöntem belirlemede, mevcut sahasın tamamen su ile dolu olması, kısmen su ile dolu olması veya susuz olması arasında farklılıklar vardır. Fakat; şev kayma koşullarını belirleyen kriterlerden hareketle, muhtemel bir rehabilitasyon yöntemi öngörülebilir (Dähnert ve Vogt, 1997). Bunlar;

- Örtükazı döküm yığın özelliklerini değiştirmek (konsolidasyon ile dayanım özelliklerini arttırmak ve yapısal değişiklikler),
- Hızlı bir işletme yöntemi ile oluşacak boşluk suyu basınçlarını azaltmak (drenajların yapılması),
- Olumsuz etki kuvvetlerinden sakınmak ve koruyucu olmak,

- Teknolojik planlamada önlemler almak (daha az üretim çukuru ve şev yüzeyine izin vermek),
- Kuvvetli geçirgen, iri daneli veya özel durumlarda bağlayıcı pasa malzemesini nihai şev önüne seçimli (selektif) olarak dökmek,
- Açık işletmenin tamamlanmasından hemen sonra, yeraltı su seviyesi yükselmeden şevlerin kaymaya karşı güvenli olarak boyutlandırılması şeklinde gerçekleştirilebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Titreşimli kolla pasa şev duraylılığı ve rehabilitasyonu (LMBV, 1996).

Uygulanacak optimum arazi iyileştirme yöntemi; ilgili sahanın jeolojik, hidrolojik ve zemin mekaniği koşullarına, üretim boşluğunun durumuna ve de öngörülen arazi kullanım planına bağlı olarak seçilmelidir (Çizelge 1). Özellikle arazi kullanım planı (Ziraat, park, ulaşım, bayındırlık vs. gibi) yapılacak rehabilitasyonun kapsam ve yoğunluğunu belirler. Genel olarak gerekli arazi rehabilitasyon etkisine yalnız bir yöntem ile değil, bilakis birden fazla yöntemin uygun bir kombinasyonu ile erişilebilir.

Çizelge 1. Arazi rehabilitasyon yöntemlerinin kullanılabilirliği (Dähnert ve Vogt, 1997).

Yöntemler	Uygulanabilirlik			
	Şev duraylılığı yeraltı su seviyesinin yükselmesinden		İmar alanı hazırlanması yeraltı su seviyesinin yükselmesinden	
	Önce	Sonra	Önce	Sonra
Seçimli döküm	+ o	-	+	-
Statik sıkıştırma	+ ! o	-	+ ! o	-
Titreşimli silindir	+ ! o	-	+ ! o	+ !
Karıştırıcı plaka	-	-	-	-
Derin titreşimli karıştırıcı (RDV)	+ !	X	+ !	+ !
Vibro flotasyon	-	X	+ !	+ !
Dinamik sıkıştırma (DYNIV)	-	-	-	+
Şok etki sıkıştırması	+ o	-	+	+
Patlatma ile dinamik sıkıştırma	+ !	-	+ !	+
Zemin (Enjeksiyon) kaplama	+ !	X	+ !	+ !
Karma destek bloğu	+	+	-	-
Dökme destek bloğu	+	X	-	-
Filtre (Drenaj) düzenleme	+	X	+ !	!

Sembollerin anlamı - : Yöntem uygun değildir, +: Yöntem sınırlama olmadan kullanılabilir, X: Yöntem sadece kayma eğiliminde malzeme bulunmuyorsa kullanılabilir, !: Yöntem yüksek maliyeti nedeniyle sadece özel durumlarda kullanılabilir, o: Pasa döküm yığın özelliklerine göre geçerlidir.

3.2. Rehabilitasyon ve Maden Makinaları Teknolojisi

Açık işletme sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesi için teknolojik süreçte kullanılan ekskavatörler, nakliyat araçları ve dökücüler (Çizelge 2), uygulanacak arazi rehabilitasyon yöntemini geniş ölçüde etkileyebilmektedir (Derbenstedt 1996, Brauer 1997). Bu nedenle; açık işletme üretim, nakliyat, döküm sisteminin seçimi (Şekil 5) ve ekipman planlamasında (Çizelge 3), madencilik sonrası arazilerin yeniden kullanım şekli ve dönüşüm planları da gözönünde tutulmalıdır (Köse vd., 1993). Yığın formu ve röliyef şekli için en iyi sistem olarak; Döner Kepçeli Ekskavatör + Bant/Demiryolu Nakliyatı + Dökücü ve Dragline + Kamyon kombinasyonları gösterilebilir.

Çizelge 2. Teknolojik sürecin arazi rehabilitasyonu üzerine etkileri (Brauer, 1997).

Teknolojik Süreç			Rehabilitasyon Değerlendirmeleri			
Üretim	Nakliyat	Döküm	Sellektif Üretim	Döküm	Yığın Formu	Röliyef Şekli
Döner Kepçeli Ekskavatör	Nakil Köprüleri		+	O	-	O
	Dökücü		+	O	O	O
	Bant/Demiryolu	Dökücü	+	+	+	+
	Demiryolu	Grayder	+	+	+	O
	Demiryolu	Hidrolik	+	-	O	-
Zincirli Ekskavatör	Nakil Köprüsü		O	O	-	O
	Bant/Demiryolu	Dökücü	O	+	+	+
	Demiryolu	Grayder	O	+	+	O
	Demiryolu	Hidrolik	O	-	O	-
Dragline	Demiryolu	Grayder	+	+	+	O
	Kamyon		+	+	+	+

Sembollerin anlamı - : Uygun değil, O: Koşullu uygun, + : Çok uygun



Şekil 5. Welzow-Süd açık işletmesinde dökücü dökümü (Wüstenhagen, 2005).

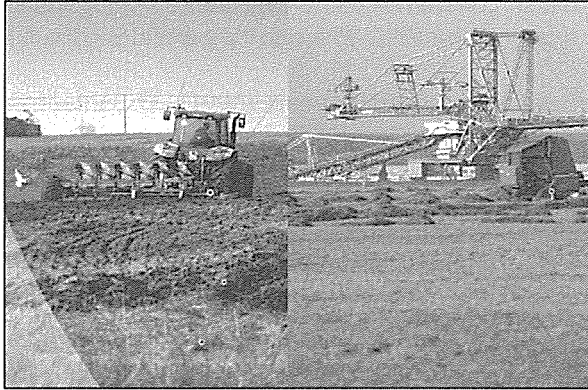
Çizelge 3. Döküm yöntemine bağlı olarak harman şeklinin belirlenmesi (Köse vd., 1993).

Döküm Yöntemi	Yatay Uzanım				Düşey Uzanım			
	çok iyi	iyi	orta	çok kötü	çok iyi	iyi	orta	çok kötü
Kamyon dökümü	x					x		
Skreyper dökümü		x				x		
Dökücü dökümü			x			x		
Hidrolik döküm			x					x

3.3. Reklamasyon Çalışmalarının Maliyet Analizi

Açık işletme sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesinde güzel bir peyzaj görünümüne ulaşmak kadar, buradan ekonomik olarak yararlanmakta hedeflenmelidir. Bu maksatla arazi geri dönüşüm planları;

- Ziraat (tarım, bahçe, mera vs. Şekil 6),
- Orman (ticari ve ticari olmayan),
- Rekreasyon (eğlence ve dinlenme yerleri, parklar, halka açık alanlar vs.),
- Su kullanımı (balıkçılık, toplumsal ihtiyaçlar için),
- Bayındırlık ve inşaat (hafif endüstriyel binalar, konut ve hizmet binaları, yol vs.),
- Yaban hayatı (biyotop, doğal koruma alanları vb.) gibi amaçlar için kullanılabilir (Dingethal vd., 1985, Saltoğlu, 1992, Köse vd., 1993).



Şekil 6. Açık işletme sonrası arazi rekültivasyon çalışmaları (Wüstenhagen, 2005).

Madencilik faaliyetleri sonrası bozulan arazilerin reklamasyon maliyeti, etkilenen toprak hacmine göre hesaplanır ve üretilen beher ton cevher esas alınarak metrekaşe ya da hektar başına düşen para birimi olarak gösterilmektedir. Yapılan geniş kapsamlı çalışmalar sonucunda, ABD'nin Batı Kentucky havzasında bu değer, toplam işletme maliyetinin %8'i civarında olduğu hesaplanmıştır. Diğer bir incelemede, örtü / kömür oranı 8:1 ve her 1000 ton üretim için 0,2 hektarlık arazinin bozulduğu bir açık işletmede reklamasyon maliyetinin 0,32 \$/ton veya toplam maliyetin %7,6'sı olduğu belirlenmiştir. Literatürde bu değer hektar başına 1000 ile 20.000\$ olarak değişim göstermektedir (Ünal vd.,1992, Kuzu vd.,1998). Ayrıca, Doğu Almanya linyit ocaklarının ıslahı projesi ile 7,5 milyar € harcanarak 100.000 hektardan fazla alan tekrar kullanılabilir hale getirilip çevreye entegre edilmiştir (Şekil 7). Devam eden çalışmalar için tahmini ihtiyaç ise 1,5 milyar € civarında bildirilmektedir (Kuyumcu, 2005).



Şekil 7. Açık işletme sonrası örnek bir arazi reklamasyonu (Wüstenhagen, 2005).

Türkiye’de reklamasyon çalışmalarıyla ilgili sayısal değerler vermek son derece zordur. İstanbul Ağaçlı-Kemberburgaz bölgesinde Kutman Şirketler Grubu tarafından sürdürülen, ormancılığa yönelik reklamasyon çalışmalarında toplam harcamaların %40-50’sinin arazinin düzenlenmesi için yapıldığı belirtilmiştir (Kuzu vd.,1998). 1988-1996 dönemini kapsayan çalışmalar sırasında, 1247 hektar alan düzenlenerek ağaçlandırılmış ve bu uygulama için 200 bin TL’nin üzerinde harcama yapılmıştır. Bu maliyetler TKİ-GELİ Muğla bölgesi için ortalama 58,5 TL/hektar gibi çok daha düşüktür (Bozoğlan, 1997, Delibalta, 2003). Çünkü ülkemizde bu tür sahalarda arazi reklamasyon çalışmaları olarak, genellikle daha çok teraslama, çapalama ve ağaçlandırma faaliyetleri yapılmaktadır. Ağaç tutma verimi %90-95 başarıyla gerçekleştirilmektedir.

4. SONUÇLAR

Madencilikğin amacı, ekonominin gelişimi için gerekli olan hammaddeyi sağlamaktır. Ancak; madencilik faaliyetleri sırasında kaçınılmaz olarak, arazi bozulmaları meydana gelmektedir. Madencilik faaliyetleri sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesi ve rekültivasyonu için, çeşitli arazi rehabilitasyon yöntemleri geliştirilmiştir. İşletme koşullarına bağlı olarak, optimum arazi rehabilitasyon etkisine yalnız bir yöntem ile değil, bilakis birden fazla yöntemin uygun bir kombinasyonu ile erişilebilmektedir.

Ayrıca; üretim sahası geometrik boyutu, öngörülen arazi kullanım planı ve işletme bölgesindeki jeolojik, hidrolojik, zemin mekaniği koşulları ve de kullanılan maden makineleri teknolojisi, uygulanacak arazi rehabilitasyon yöntemini etkilemektedir. Bu nedenle açık işletme üretim, nakliyat, döküm yöntemi seçimi ve ekipman planlamasında, madencilik sonrası bozulan arazilerin yeniden kullanım ve dönüşüm planları da gözönünde tutulmalıdır. Özellikle uygulanacak reklamasyon çalışmaları, üretim süreci ile aynı zamanda planlanmalı ve sürdürülmelidir.

Sonuç olarak; madencilik faaliyetleri sonrası bozulan arazilerin yeniden düzenlenmesi ve iyileştirilmesinde temel hedef, bu arazilerin güzel bir peyzaj görünümü kazanması yanında, eski ekolojik ve ekonomik değerine kavuşturulması veya daha da geliştirilmesi olmalıdır. Çok yönlü disiplinler arası çalışmayı gerektiren bu faaliyetler ise, ancak mevcut yasal, ekonomik ve zamansal olanaklar ölçüsünde gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akpınar, N., Kara, D. ve Ünal, E.** (1993) Açık Ocak Madencilği Sonrası Alan Kullanım Planlaması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, *Türkiye XIII. Madencilik Kongresi*, Ankara, s. 327-340.
- Bozoğlan, M.** (1997) TKİ Kurumu Bünyesindeki Çevresel Önlemler ve Bu Önlemlerin Maliyet Analizi, *TKİ Genel Müdürlüğü*, Ankara, s. 491-502.
- Brauer, H.** (1997) *Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik*, Bd.5, TU Berlin, Institut für Verfahrenstechnik, Springer Verlag Berlin, s.129-163.
- Derbenstedt, C.** (1996) Braunkohlenbergbau und Naturschutz, *Braunkohle*, Nr.5, Deutschland, s. 517-526.
- Delibalta, M.S.** (2003) *TKİ-GELİ (Muğla) Bölgesinde Dekapaj Döküm Sahasındaki Şev Duraysızlıklarının İncelenmesi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 154 s.
- Dähnert, R. ve Vogt, A.** (1997) Probleme und Lösungen zur Bodenmechanik im Sanierungsbergbau, *VDI- Berichte 1358*, Deutschland, s.77-97.
- Dingethal, F. J., Jürging, P., Kaule, G. ve Weinzerl, W.** (1985) *Kiesgrube und Landschaft*, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Förster, W. ve Gudehus, G.** (1998) Beurteilung der setzungsfließgefahr und schutz von kippen gegen setzungsfließen, *TU Bergakademie Freiberg*, Freiberg, 135 s.
- Förster, W. ve Jennrich, C.** (1999) Sanierung und Sicherung Setzungsfließgefährdeter Kippen und Kippenböschungen, *TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geotechnik Abteilung Bodenmechanik*, Teilprojekt 4, Freiberg, 36 s.
- Kızıl, M.S. ve Köse, H.** (1995) *Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi*, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 254, İzmir, 114 s.
- Köse, H., Şimşir, F. ve Güney, A.** (1993) *Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Regreasyon*, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 236, İzmir, 51 s.
- Kuyumcu, M.** (2005) Doğu Almanya Linyit Ocakları Islahı ve Çevreye Entegrasyonu, *Madencilik ve Çevre Sempozyumu*, Ankara, s.165-172.
- Kuzu, C., Ökten, G. ve Nasuf, E.** (1998) Kömür Ocaklarının Çevre Düzenlemesi, *Kömür*, Kural O. (edt), İstanbul, s. 585-601.
- LMBV mbH** (1996) *Sichere Gestaltung setzungfließgefährdeter Kippenbereiche*, Öffentlichkeitsarbeit, Berlin, 12 s.

- Pierschke, K-J. ve Boehm, B.** (1996) Geotechnische und Wasserwirtschaftliche Aspekte bei der Restseegestaltung im Rheinsichen Braunkohlenrevier, *Braunkohle*, Nr.6, Deutschland, s. 647-653.
- Saltoğlu, S.,** (1992) *Açık İşletmeler*, İTÜ Kütüphanesi Sayı:1472, İstanbul, s.150-152.
- Ulusay, R.** (2001) *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 38, Ankara, 385 s.
- Ünal, E., Kara, D. ve Aydoğan, O.** (1994) *Türkiye Madencilik Endüstrisinde İleri Teknoloji Uygulamaları*, Bölüm V, TÜBİTAK MAG-987/ YBAG-0028, Ankara,165 s.
- Ünal, E., Kara, D. ve Vatan, B.** (1992) Açık Ocak Kömür Madenciliği Sırasında Bozulan İşletme Sahalarının Yeniden Düzenlenmesi ve İyileştirilmesi, *Madencilik*, Cilt: XXXI, Sayı:1, Ankara, s. 5-16.
- Ünver, Ö. ve Kara, D.** (1994) Türkiye’de Kömür Madenciliği ve Çevre, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, *Madencilik*, Cilt: XXXIII, Sayı:2, Ankara, s. 3-9.
- Vogt, A. ve Förster, W.** (1991) Abschätzung der Rückgriffsweite von Setzungsfließbrutschungen, *Neue Bergbautechnik*, 21.Jg., Heft:10/11, Deutschland, s.366-371.
- Wüstenhagen, D.** (2005) *Neuland Rekultivierung im Lausitzer Braunkohlenrevier*, Vattenfall Europe Mining & Generation, Cottbus, 48 s.

ÇEKME KEPÇELİ YERKAZAR KEPÇELERİ VE BAŞARIM DEĞİŞTİRGENLERİ

DRAGLINE EXCAVATOR BUCKETS AND PERFORMANCE PARAMETERS

Metin ÖZDOĞAN, *İdeal Makina Danışmanlık Ltd. Şti., Ankara*

ÖZET

Bu bildiride, kepçe yapısı, kepçe koşumu, kepçe türleri ve karşılaştırılması, konik biçimli kepçe, taşıma açısı denetlenebilen kepçeler incelenmiştir. Kepçe içindeki yararlı yükü etkileyen kayaç yoğunluğu, kabarma çarpanı, doluş çarpanı, dolma boyu, boşaltma halatı boyu, taşıma açısı gibi değiştirgenler açıklanmıştır. İş döngüsü sayısının en çoğa çıkartılıp kepçe üretkenliğinin doruğa çıkartılması konusu, ve buna yardımcı düzeneklerden Bosmin kepçe üstü ağ örtüsü, kepçe taşıma açısının denetlenebildiği UDD Evrensel Kazı ve Dökme sistemi belirtilmiştir. Kayaç-kepçe etkileşimi çözümlemesi ve kepçeye kayaç akışı benzetimi modellemesinde kullanılan Ayrık-Element Modelleme yöntemi, ölçekli kepçe modellerinin başarımının deney evlerinde test edilmesi, çekme-kepçe üretim izleme sistemleri gibi teknolojik gelişmeler tartışılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, bucket construction, rigging, bucket types and their comparisons, tapered buckets; buckets with controllable carry angle are investigated. Parameters affecting payload, like rock density, swell factor, fill factor, fill distance, dump rope length, carry angle are explained. Maximizing the number of cycles and increasing bucket productivity to peak and productivity supporting systems like “Bosmin” top net system and UDD Universal Dig and Dump system are cited. Technological developments like rock-bucket interaction analysis and simulation of rock flow into bucket by Discrete Element Modeling; scaled model bucket tests at laboratories for their performances, and production monitors are discussed.

1. GİRİŞ

Kepçeler öyle tasarlanıp üretilmelidir ki hem yerkazı makinasının üretkenliğini arttırsın, hem de bakım-onarım giderlerini azaltsın. Çekme-kepçe üretkenliğini arttırmanın yolu kepçeyi en az çektiyiş enerjisi harcayarak, en kısa sürede doldurmaktan; ve kepçe içindeki yararlı yükün (payload) miktarını, kepçe içine dolan malzemenin yoğunluğunu en yüksek değere çıkartıp arttırmaktan geçer. İş döngü süresini kısaltmak, makina verimini arttırmak anlamına gelir. Döngü süresini kısaltmak için kepçe dolduruş süresinin kısaltılması dışında kepçeyi bırakma, kepçeyi kaldırma ve indirme, boşaltma ve dönüş sürelerinin de kısaltılmasına çalışılır.

Pundari (1988), en uygun kepçe tasarımı için izlenecek kesin ve hızlı bir yol yordam bulunmadığından söz ederek, alıcıların kepçe yapımcıları ile yakın ilişki içinde ocak ve kazı koşullarına en uygun kepçeyi ve kepçe ağız açısını birlikte geliştirmelerini önermektedir. Bu konuda en çok araştırma geliştirme çalışması Avustralya'da açık maden işletmeleri, üniversiteler ve yerkazı makinası üreticilerinin işbirliği ile yapılmaktadır.

2. KEPÇE YAPISI, DONANIMI, ÇİZİMİ

Çekme kepçeli yerkazarın kazı birimi kepçesi ya da kovaşıdır. Üstü açık tekne biçimli bu kazı biriminin dış kökü yardımı ile değiştirilebilen dişlerinin takıldığı kesici bir ağız bulunur. Kepçenin saplanması, kazışı, doldurulduğu ve boşaltıldığı kepçe koşumu adı verilen kaldırış zincirleri, çektiyiş zincirleri, denge (ayırma) çubuğu ve zincirleri, bağlantı makarası ve boşaltma halatı, ve bunların bağlantı yerleri ve bileşenlerinden oluşur. Kaldırış zincirleri kaldırış halatına, çektiyiş zincirleri ise çektiyiş halatına bağlıdır.

Kepçe boşaltma halatı kepçenin ön tarafına bağlıdır, ve çektiyiş halatının gerginliği ile kumanda edilir. Çektiyiş halatı ileri doğru salındığında, boşaltma halatındaki gerginlik düşer ve kepçenin ön tarafının aşağı doğru eğilmesine neden olur. Çektiyiş halatı çektiyişildiğinde, boşaltma halatı gerginliği artarak kepçenin ön tarafını yukarı doğru kaldırır (Anon c, 2005). Gerek kaldırış halatları ve gerekse çektiyiş halatları genellikle çift olur ancak bağlantıları tek bir halat gibi hareket edecek biçimde yapılır.

Kepçe çizimi öyle yapılmalıdır ki dolum hızı yüksek olsun, içindeki yararlı yük miktarı en çoğa çıksın. Ağız geniş ve kenarları alçak bir kepçe geometrisi makinanın ağıdırma yükü sınırını aşmadan olağanüstü yüksek yararlı yük miktarlarına ulaşılmasını sağlar (Liedke, 2009). Kısa geniş ağızlı kepçeler dar ağızlı uzun kepçelere göre daha hızlı dolarlar (Kavetsky, 1999).

2.1. Kepçe Koşumu (Donanımı)

Çekme-kepçe kepçesinin kazı yapabilmesi için kepçe koşumu ya da donanımı (rigging) denilen takımına gerek vardır. Bu donanım kepçeye saplanması, koparış, kaldırış ve boşaltış gibi devinimlerin gerçekleşmesini sağlar. Kepçenin saplanması, doldurulduğu, dolu kepçenin kayaktan çıkartılıp en az malzeme dökülecek şekilde döküm yerine taşınması ve boşaltılması gibi bu mekanizma ile sağlanır. Geleneksel koşum takımı, çektiirme zincirleri, kaldırma zincirleri, dengeleme çubuğu ve zincirleri, boşaltma halatı ve

makarasından oluşur, Şekil 2. Donanımda halat yerine zincir kullanılma nedeni, zincirin gevşetilmiş kayaç içinde halata göre sürtünmeye karşı daha dayanıklı olması yüzündendir.

Son yıllarda geliştirilen UDD Evrensel Kazı ve Boşaltma sistemi donanımı geleneksel koşum düzeneğinden çok farklı ve hafiftir. Kaldırış halatının biri kepçe kemerine ötekisi ise kepçe arkasına bağlandığından kepçe kaldırış zincirleri, dengeleme çubuğu, kepçe boşaltma makarası ve halatı yoktur. Bu her iki kaldırış halatı birbirinden bağımsız hareket edebilir. Sadece çekirme zincirleri vardır. Bu düzenekte makina kaldırış halatlarına bir bilgisayar düzeneği ile kumanda edilerek kepçe saplanış açısı, kazış noktası, dolu kepçe ayrılma açısı, dolu kepçe taşıma açısı makina kullanıcısınınca ayarlanabilir. Kaldırma zincirleri ve dengeleme çubuğu olmadığı için makinanın dökme yüksekliği bir miktar artar. Makina taşıma-erişme kolu ucu izdüşümü berisinde de döküm ve kazı yapabilir. Bu tür kepçelerde kaldırma zincirleri, dengeleme çubuğu, boşaltma halatı ve makarası var olmadığından kepçe daha az bakım-onarım gerektirmektedir (Anon d, 2005).

2.2. Kepçe Türleri ve Karşılaştırılması

Kullanıldığı işe göre hafif, orta ve ağır hizmet tipi kepçeler ile kemerli ve kemersiz kepçeler gibi çeşitleri vardır (Özdoğan, 2003). Ayrıca, yeni tür kepçelerden arkası eğik yüzeyli (konik) kepçe, UDD kepçe gibi çeşitler de sayılabilir.

2.2.1. Kemerli kepçeler

Şekil 1’de 50 m³ kapasiteli kemerli bir kepçe görülmektedir. Kemerce sağlanan ek katılık, bükülmezlik ve ön tarafa sağlanan ek ağırlık bu tür kepçelerin üstün yanları olarak sayılabilir. Makina oturduğu düzey üstünde kalan basamaklardan kazı yapması gerektiğinde kemerli kepçe önerilir (tepeden kazı), çünkü kemerin sağladığı ek ağırlık nedeniyle saplanış kuvveti daha yüksektir (Anon. a, 1988, Parlak, 1988). Bu tür kepçelerin eksileri ise şöyle dizelenebilir: Kemerin fazladan bir bileşen olarak ek bakım-onarım gerektirmesi. Boşaltma sırasında iri kayaç parçalarının kemere takılması. Kemerin getirdiği ek ölü ağırlık nedeniyle, makinanın anma yükünü aşmamak için, kepçenin gövdesinin yapımında daha ince çelik plakalar kullanmak durumunda kalınması. Ocak koşullarında, kemerli kepçe üstünde bakım-onarım çalışması yapmanın daha güç olması (Anon. a, 1988).

2.2.2. Kemersiz kepçeler

Şekil 2’de 25 m³ kapasiteli bir kemersiz kepçe görülmektedir. Bu tür kepçelerin üstünlükleri şöyle sayılabilir: Kemersiz kepçenin ölü ağırlığı daha az olduğundan yapımında, makinanın anma kaldırma kapasitesini aşmaksızın daha kalın çelik plakalar kullanılabilir. Döküş sırasında kemer engeli yoktur. Ocak koşullarında, bakım-onarım için kepçe üstünde çalışmak daha kolaydır. Yine ocak koşullarında kurulum için daha az işçilik (adam-saat) gerektirir. Bakım-onarım yapılacak ek bir kemer bileşeni yoktur. Bu kepçenin belirtilebilecek tek eksik yanı, ön ağırlığı görece daha hafif olduğundan kepçe saplanışının daha düşük olmasıdır (Anon a, 1988, Özdoğan, 2003).



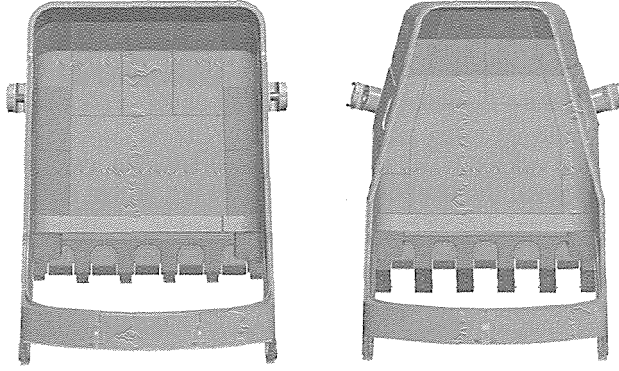
Şekil 1. 50 m³ kapasiteli bir kemerli kepçe.



Şekil 2. 25 m³ kapasiteli kemersiz bir kepçe ve koşum donanımı.

2.2.3. Arkası eğik yüzeyli (konik) kepçeler

Bu tür kepçeler UDD düzenekli çekme-kepçeler için geliştirilmiştir, ancak, geleneksel çekme-kepçede de kullanılabilir (Legg, et al. 2008). Şekil 3. geleneksel ve konik kepçenin (taper bucket) yapısını karşılaştırmaktadır. Bu kepçede en önemli yeniliklerden biri de kaldırma zincirleri arasında bulunan dengeleme çubuğunun (ayırma çubuğu) kaldırılmış olmasıdır. Kepçenin arkasındaki eğik yapı nedeniyle bu ayırma çubuğu olmasa da zincirler kepçe kenarlarına sürtmemektedir. Bu ölü ağırlığın kaldırılması hem yararlı yükü artırmakta hem de bakım-onarım yedekleme gerekecek bir bileşenden kurtarmakta, kepçe donanım maliyetini düşürmektedir. Geleneksel kepçelerde dengeleme çubuğu özellikle tepeden kazıda, kepçenin gerek kemer kısmına ve gerekse kenarlarına çarparak kepçeye zarar verir. Konik kepçe bu sorunu ortadan kaldırmıştır. Konik kepçede görülen bir başka yenilik de, kepçe kaldırma ve çekme zincirlerinin aynı özellikleri taşıyıp birbiriyle değiştirilebilir olmasıdır. Bu iki tür kolaylık ve ekonomi sağlamaktadır: Kaldırma zinciri stoklama gereği yoktur, ve aşınmış çekme zincirleri bir süre de kaldırma zinciri olarak kullanılıp ekonomi sağlanabilir. Kaldırma zinciri kayaca sürtünmediğinden aşınma ile karşı karşıya değildir (Legg et al., 2008).



Şekil 3. Geleneksel ve konik kepçe yapısının karşılaştırılması (Legg, 2008).

2.2.4. Taşıma açısı denetlenebilen kepçeler

Avustralya'da geliştirilen UDD Evrensel Kazı ve Dökme adı verilen kazı sistemi için üretilen kepçelerdir. Makinanın kaldırış halatlarından biri kepçenin ön tarafına biri de arka tarafına bağlanır. Her iki kaldırış halatı birbirinden bağımsız hareket edebilir. Koşumun kaldırma zincirleri, dengeleme çubuğu, boşaltma halatı ve makarası devreden çıkar ve önemli ölçüde ölü ağırlıktan kurtulunur. Bir bilgisayar sistemi sayesinde bu iki kaldırış halatı birbirinden bağımsız çalışarak kepçe taşıma açısının kontrolünü sağlar, dökülmeler önlendiği için kepçe içindeki yararlı yük artar. Ayrıca, makinanın taşıyabileceği toplam yük miktarı değiştirilmeden yararlı yükün arttırılabilmesi sağlanır (Anon d, 2003).

3. KEPÇE İÇİNDEKİ YARARLI YÜK

Jeoloji, delme-patlatma ve kayaç parçalanması, kepçe içindeki yükü tartan düzeneğin sürekli izlenmesi, kepçenin malzemeyi kavrama noktası, kepçe dolduktan sonra bırakma noktası, kepçe koşumu, kaldırılabilen yük, kepçe özellikleri, operatör becerisi, yenidenkazi miktarını en aza indirmeye gibi etkenler yararlı yük miktarını etkilemektedir. Yararlı yükü en yükseğe çıkartmak için bu değiştirenlerin etkilerini göz önüne almak gereği vardır. Dragline kepçesi kazı döngüsü sırasında kayaçla girişim durumunda olduğundan iş döngüsünün en önemli evresini oluşturur. Kepçenin dengelenmiş, iyi bakılmış, keskin dişleri olan ve uygun bir koşumla donatılmış olması gerekir. Kepçe kayaç içinde kendi boyunun iki-üç katı bir mesafe kat ettiğinde kepçeyi %70 ile %90 oranında doldurmalıdır (Lubbert et al, 2001).

3.1. Kayaç Yoğunluğu, Kabarma Çarpanı, Kepçe Dolma Çarpanı

Kayaç yoğunluğu kayacın birim hacimdeki ağırlığıdır. Kayaç delinip patlatıldığında ya da kazılıp gevşetildiğinde arasında oluşan boşluklar nedeni ile kabarmır bir diğer deyişle hacmi artar. Kabarma çarpanı bu kabarma miktarının yani parçaların arasındaki boşluğun ölçüsüdür. Kepçe dolma çarpanı ise kepçe içindeki kayacın gevşek hacminin kepçenin anma (silme) hacmine oranıdır. Gerek kabarma çarpanı ve gerekse kepçe

dolma çarpanı kayacın özelliklerine olduğu kadar delme patlatma düzeni ile oluşturulan kayaç parçalanma derecesine, kepçenin boyut ve çizim özelliklerine bağlı olarak değişebilir.

3.2. Kepçe Dolma Boyu

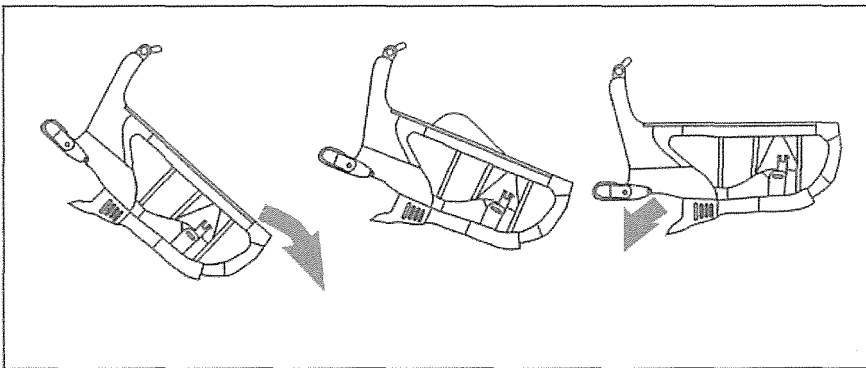
Kepçe kayaca saplandıktan sonra kendi boyunun 2-3 katı yol aldığında % 70 ile % 90 doluluk yüzdesinde dolmalıdır (Lubbert, et al. 2001 ve Anon d, 2008). Kepçe dolar dolmaz kayaçtan ayrılmalıdır. Kepçe dolduktan sonra çektirışı sürdürmek (aşırı sürüklenme) enerji tüketimini attırmaktan başka bir işe yaramaz, kepçedeki yararlı yük miktarını arttırmaz. Kavetsky (1999) tarafından yapılan kepçe incelemelerinde bu dolma boyunun kepçe uzunluğunun 2.5 - 4 katı olduğu belirtilmiştir. Anon b, (1999) ise dolma boyunun kepçe uzunluğunun 1.5-2 katı olması gerektiğini belirtmektedir. Anon e, (2008) bu mesafenin kepçe boyunun 2 katı olması gerektiğinden söz etmektedir.

3.3. Kepçe Boşaltma Halatı Boyu

Lubbert et al. (2001)'a göre kepçe boşaltma halatının boyunun kısaltılması üretkenlikte artış sağlamaktadır. Çünkü, kepçenin ne zaman kayaçtan ayrılacağı, taşıma açısı gibi devinimleri bu halatça denetlenmektedir. Yazar ve arkadaşları daha kısa bir boşaltma halatının ortalama iş döngüsü süresini kısaltacağı, elektrik enerjisi tüketimini düşüreceği, makina üzerine gelen gerilme yüklerini bile en aza indireceği savını ileri sürmektedir.

3.4. Kepçe Taşıma Açısı

Geleneksel çekme kepçe çalışmasında, kepçe içindeki yararlı yük, kepçe taşıma açısı tarafından doğrudan etkilenir. Dolu kepçe yatay açı ile taşınırsa, kayacın bir kısmı kepçenin ön tarafından dişlerin üzerinden dökülür. Dolu kepçenin yatay düzlemle açısı gereğinden fazla dik ise kepçe içindeki kayaç arka tarafından dökülür, Şekil 4. Kepçe taşıma açısı, β , 15° ile 25° arasında bir değerde olmalıdır. Bu aralık iki uç nokta arasında bir orta yol olarak kabul edilir, $15^\circ < \beta < 25^\circ$ (Beatty, 1996). Birbirini tutma özelliği düşük malzemelerde kepçenin yük kesiti yassıdır. Birbirini tutma özelliği yüksek kayaçlarda ise yük kesiti yığın biçimlidir (Beatty, 1996).



Şekil 4. En uygun kepçe taşıma açısı (Beatty, 1996).

4. ÇEKME KEPÇE ÜRETKENLİĞİNİN DORUKLAŞTIRILMASI

Yerkazı makinasının üretkenliğinin arttırılmasından kasıt kazılıp aktarılan örtü miktarının kazı basamağındaki yerinde hacim cinsinden miktarını arttırmak ve daha çok kömür damarı üstü açmaktır. Bunun da yolu kepçe içindeki yararlı yükün miktarını en çoğa ve iş döngüsü sayısını en yükseğe çıkarmaktan geçer (Vynne, 2008). Bu nedenle yararlı yük ve iş döngüsü sayısına etki eden değiştirgenlerin en uygun hale getirilmesi gerekir.

Çekme-kepçe üretim miktarı kepçe dolma çarpanı ile doğrudan orantılı olup kayaç kabarma çarpanı ile ters orantılıdır. Örtü kayacı iri parçalı, bloklı ise kepçe içinde çok boş hacim kalır. Yani kabarma çarpanı yüksek ise kepçe dolma çarpanı düşer. Delme patlatma işlemi kepçenin içinden kolaylıkla geçeceği (kazabileceği) gevşeklikte bir parçalanma yaratmalıdır. Kepçe kayaç içinde kendi boyunun iki katı uzunlukta bir izde dolmalıdır. Bu hem iş döngü süresini kısaltır, hem de enerji tüketimini düşürür (Anon e, 2008).

4.1. İş Döngüsü Sayısının En Çoğa Çıkartılması

İş döngü sayısının en çoğa çıkartılmasının yolu makinanın işte geçen süresinin (kazı iş döngüsü) arttırılması ile iş döngü süresi ve gecikme/duraklama sürelerinin en aza indirgenmesinden geçer (Vynne, 2008). İş döngü sayısı aşağıda belirtilen etkenlerce etkilenmektedir: İşletme gecikmelerini en aza indirgeyin. Mekanik gecikmeleri en aza indirgeyin. Boşta geçen süreyi en aza indirgeyin. Yürüyüşte geçen zamanı en aza indirgeyin. Kepçe doluş süresini en aza indirgeyin. Dönüş açısını en aza indirgeyin. Makinanın dönüş ve geri dönüş hızlarını en çoğa çıkartın. Yanaşma sürelerini en aza indirin.

4.2. Kayaç Dökülmesini Önleyen Kepçe Üstü Ağ Örtüsü

Taşıma açısı ve malzeme kohezyon sorununa çözüm bulmak ve kepçenin yararlı yükünü arttırmak üzere düşünülmüş ve geliştirilmiş bir düzeneştir. Avustralya’da “Bosmin” şirketi tarafından üretilmektedir. Bu hafif zincir bir ağ örtü olup kenarları kesilip alçaltılmış bir kepçe üzerine monte edilir ve böylece yararlı yükün kepçeden dökülmesi önlenir (Beatty, 1996). Firma, kepçedeki yararlı yükün yoğunluğunun arttığını, iş döngüsü süresinde kısalma olduğunu ve makina veriminin arttığını belirtmektedir. Birbirini tutma özelliği düşük malzemelerde dolu kepçe kesiti yatık olmaktadır. Firmanın savına göre kepçe üstü ağ monte edilmiş kepçelerde kenetlenmesi yüksek kayaç’ta olduğu gibi yığın kesitli bir doluş görülür.

4.3. Taşıma Açısı Denetlenebilen Kepçe Düzeneği

Avustralya’da geliştirilen Evrensel Kazı ve Boşaltma adı verilen bu sistem getirdiği koşum ve kontrol düzeneği ile kepçe taşıma açısı sorununa çözüm getirmiş, yararlı yük miktarını arttırarak çekme kepçeli yerkazar üretkenliğinde %30 civarında bir artış getirmiştir. Bu düzeneğin, çekme kepçelerin bulunuşundan beri gerçekleştirilen en büyük devrimci gelişme olduğu belirtilmektedir (Anon c, 2003 ve Anon d, 2005). Kepçe koşum donanımının kaldırma bileşenleri tamamen kaldırılmakta yerine kaldırış

halatının biri kepçenin ön tarafına diğeri de arka tarafına bağlanmakta, kepçe boşaltma halatı ve makarası, kaldırma zinciri dengeleme çubuğu gibi bileşenlerin tümü devreden çıkarılmaktadır. Burada devreden çıkan ölü ağırlık kadar bir yararlı yük kapasitesi artışından yararlanılmakta, ve kaldırış halatlarının her biri birbirinden bağımsız devrimin yeteneği ile kepçe taşıma açısı kontrol altına alınmaktadır. Bu tür kepçe, taşıma açısına kumanda edilebilmesi, dolar dolmaz malzemeden ayrılabilmesi ve boşaltmada esneklik, boşaltma yüksekliğinin artması, bum ucu makara izdüşümünün iç kısmında döküm yapabilmesi gibi çok sayıda üstünlük getirmektedir (Anon d, 2005).

4.4. Öteki teknolojik Gelişmelerin Olumlu Etkisi

Sayısal çekme-kepçe üretim izleme aygıtlarının kepçe başarımının arttırılmasında çok olumlu etkileri görülmektedir. Bu düzenek yardımı ile doluş süresi, doluş boyu, kazı yörüngesi, yararlı yük, döngü süresi ve sayıları, tüketilen enerji, duraksamalar gibi başarı etkileyicileri sürekli izlenip kayıt edilebilmekte, ana bilgisayara uzaktan aktarılabilmekte ve orada sonuçlar değerlendirilmektedir. İzlemelere göre gözlenen eksiklikler giderilmekte, verim arttırılmaya çalışılmaktadır.

Kepçe tasarımında Ayrık-Element Modellemesi uygulanması ile kayaç-kepçe etkileşimi benzetişimi ve çözümlemesi yapılabilmektedir. Bu yöntemle kepçe doluş özellikleri ve kepçe doluşu çözümlenebilmekte ve kepçe dolma verimi öngörülelebilmektedir (Favier, 2007). Tasarlanan ve geliştirilen kepçelerin 1/25 ölçekli modelleri yapılarak deneylik ortamında çalıştırılıp başarımı denenmektedir. Başarısı deney evinde kanıtlanmış modeller üretilip müşteriye sunulmakta müşteri yeni ürün serüvenine sürüklenmemiş olmaktadır.

5. SONUÇLAR

Kepçe geliştirmenin ana ilkesi kepçe içindeki yararlı yük miktarının yükseltilmesi ve kepçenin bakım giderlerinin düşürülmesidir. Kepçe çiziminde kepçe doluş verimliliğini arttırmak için kepçe eni, yüksekliği (kepçe boyutları) ve ağırlığı arasındaki en uygun ilişki bulunmaya çalışılır. Bundan amaç kepçe içindeki yararlı yükü bir diğer deyişle makina üretkenliğini arttırmak ve doluş için gereken enerjiyi düşürmek, bakım onarım giderlerini azaltmaktır. Kepçe tasarımının en yeni araçlarından biri Ayrık Element Modellemesi yöntemi ile dinamik kayaç-kepçe etkileşimini analiz etmek ve kepçeye kayaç akışının benzetimini yapmaktır.

Bakım-onarım giderlerini azaltmanın bir yolu da kepçe tasarımı kadar yapımında kullanılan malzemelerin çarpma, sürtünme ve aşınmaya dayanıklı malzemelerden yapılmış olması ve programlı kepçe bakım-onarım programları uygulanmasıdır. Kepçenin serviste kalma yüzdesinin arttırılması için kepçelerin programlı önceden planlanmış bakım-onarımına alınması gerekir. Bunu sağlamak içinde mutlaka bir yedek kepçe, yedek koşum donanımı, yeterli sayıda kepçe saplanması-kazış gereçleri hazır bulundurulmalıdır.

Kepçe tasarımı kolay bir iş olmayıp her ocağın kendine özgü koşullarına göre uyarlanması gerekir. Ancak, sayısal teknolojilerdeki hızlı gelişimler sayesinde, bilgisayar destekli çizim, bilgisayar destekli sonlu element çözümlemesi, bilgisayar

benzetişim tekniklerinin gelişmesi, 1/25 ölçekli kepçe modellerinin deneyliklerde test edilmesi, kepçe doluş çözümlemelerinin “Ayrık-Element Modellemesi” yöntemi ile yapılabilmesi, uygunlaştırma yöntemlerinin ilerlemesi, bilgisayarlı başarım izleme sistemleri gibi ilerlemeler ışığında kepçe tasarımı da hızla gelişmekte ve kolaylaşmaktadır. Bu gelişmeler sayesinde daha üretken, daha az bakım onarım gerektiren ürünler üretilebilmektedir.

Kepçe içindeki yararlı yükün arttırılmasında, kepçe tasarımı ve çizimi kadar kayaç parça büyüklüğünün de çok önemli etkisi vardır. Kepçe dolum yüzdesini doruğa çıkarmak için kayaç parçalanışını en uygun hale getirmek gerekir. Bugün bunları başarmak eskiye göre daha kolaydır. Çünkü kayaç delme-patlatma ve parçalama yazılımları, üretim izleme sistemleri ve kepçenin lazerle izlenmesi gibi yöntemlerle kayaç parçalanması, üretim, ve enerji tüketimi arasındaki ilişkileri araştırarak optimum çözüme ulaşmak olasıdır. Böylece en uygun parça boyutu dağılımına ve bu dağılımı sağılayacak lağımlama tasarımına ulaşılabilir; sonuçları ise günümüz bilgisayarlı izleme sistemleri ile kolaylıkla izlenebilir (Anon e, 2008).

Çekme kepçeli yerkazar kepçesinin kazı basamağında sadece kolay ve iyi dolması yetmemektedir. Kepçe dolduktan sonra kayaçtan ayrılırken ve havada yükü taşırken öyle bir açı ile taşınmalıdır ki içindeki yük kepçenin önünden dişlerin üzerinden ve arkasından dökölüp yararlı yük miktarı eksilmesin. Yani burada kepçenin yapısı kadar kepçe koşumu özellikleri, kepçe ayrılma ve taşıma açısına kumanda eden halat sistemleri de etki etmektedir. Geleneksel kepçede, kepçe hacmi daha doğırusu yararlı yük kepçenin malzemeden ayrıldığı andaki taşıma açısına ve kayacın birbirine kenetlenme özelliğine karşı duyarlıdır. En uygun dolu kepçe taşıma açısı 15° ile 25° arasında olmalıdır. Taşıma açısının ince ayarı boşaltma halatı ve/veya kaldırma zinciri boyları ayarlanarak yapılır (Beatty, 1996). Son yıllarda geliştirilen kepçe taşıma açısı kumanda edilebilen koşum ve denetim sistemi ile bu sorun büyük ölçüde açılmış ve yararlı yük arttırılmış olup çekme-kepçe üretkenliğinde % 30 kadar bir artış sağılanmıştır (Anon c, 2003).

KAYNAKLAR

- Anon. a.** (1988) *Bucket Sales Handbook*, Page Engineering Company, Chicago, USA.
- Anon. b.** (1999) *P&H Optima Plus Buckets and Dippers*, P&H Mining Equipment, Milwaukee, WI, USA
- Anon. c.** (2003) New dragline system boosts productivity, *Engineering and Mining Journal*, April 2003, USA. www.e-mj.com
- Anon. d.** (2005) UDDTek MineWare,
<http://www.mineware.co.au/UDDTek/Home.aspx>
- Anon. e.** (2008) AOG Advanced Optimization Group Advanced optimization news, Volume 7, Issue 1, s.3, February 18, 2008, USA.
www.topexinc.com/images/aognews.pdf

- Beatty, R.A.** (1996) Technical bulletin No. 1, Australia, www.bosmin.com
- Favier, J.** (2007) Simulation of particle-structure interaction using EDEM-Easy5/ADAMS Co-simulating, www.mscsoftware.com/events/vpd2007/emea/presentations/interactive-DEMDOLUTIONS-Favier.pdf
- Kavetsky, A.** (1999) Modelling dragline bucket dynamics and digging, ACARP Australian Coal Research Program, Australia, <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C3048>
- Legg, T., et al.** (2008) Taper versus conventional bucket, Dragline Manufacturing Division, Van Reenen Steel (Pty) Ltd., South Africa. www.vrsteel.co.za/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,15/
- Liedke, W.** (2009) Personal communication. P&H Mining Equipment (U.K.) Ltd., U.K.
- Lubbert, R.J. et al.** (2001) Transforming engineering education and experience into higher productivity in mining, *International Conference on Engineering Education*, Oslo, Norway. <http://www.ineer.org/events/icee2001/proceedings/papers/231.pdf>
- Özdoğan, M.** (2003) Dragline yerkazarlarda kepçe saplanmış mekanizması ve kuvveti, *Madencilik*, Cilt 42, Sayı 1, Mart 2003, Ankara, Sayfa 17-26.
- Parlak, T.** (1988) *Kömür Açık İşletmeciliğinde Uygulamalı Örtükazı Yöntemleri*, TKİ Bursa, s.47.
- Pundari, N.B.** (1981) Selecting and using large walking draglines for deeper overburden stripping, *Mining Engineering*, April 1981, pp. 337-381.
- Vynne, J.F.** (2008) Innovative dragline monitoring systems and technologies, *CIM Conference*, May 2008, Edmonton, Canada, Available online at: <http://tbirdpac.com/support/pdf/innovatedraglinevynne.pdf>

ÇEKME-KEPÇE PERFORMANSINI ETKİLEYEN OPERASYONEL FAKTÖRLER

OPERATIONAL FACTORS AFFECTING DRAGLINE PERFORMANCE

Nuray DEMİREL, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*

ÖZET

Çekme-kepçe açık ocak kömür madenciliğinde genellikle üstörtünün dekapajı için kullanılan kazı birimidir. Türkiye Kömür İşletmeleri bünyesindeki müesseselerde sekiz adet, özel sektörde bir adet olmak üzere ülkemizdeki çekme-kepçe popülasyonu dokuzdur. Yatırım maliyeti 100 milyon ABD doları bulan çekme-kepçelerin performansının yani üretkenliğinin ve verimliliğinin azami düzeyde olması maden işletmeciliğinin başarısı ve karlılığı açısından çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma çekme-kepçe verimliliğini ve üretkenliğini etkileyen operasyona bağlı faktörleri ve çekme-kepçe operasyonlarında azami performansı sağlamak için alınabilecek tedbirleri özetlemektedir.

ABSTRACT

Walking draglines are generally used for stripping overburden in open cast coal mines. In Turkey, nine walking draglines are operated for handling the overburden stripping in lignite coal mines. It is important to maximize the performance of walking draglines to justify its high capital investment requirement, which could reach 100 million USD, for sustaining the economic feasibility of the mine. This study summarizes the operational factors that determine the performance and efficiency of the walking draglines and also discusses the ways to achieve the maximized performance.

1. GİRİŞ

Çekme-kepçe açık ocak kömür madenciliğinde üst örtünün dekapajı için yaygınlıkla kullanılan yer kazar birimdir. Uygun kullanıldığında ekskavator-kamyon sisteminden çok daha ekonomik olması sebebiyle yıllar içerisinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde kepçe kapasitesi 40 ila 143 yd³ arasında, yaşları bir ila 31 arasında değişen Avustralya'da 68 adet, Güney Afrika'da 25 adet, Kanada'da 22 adet, Hindistan'da 17 adet, ve Brezilya, Colombia, Meksika, İngiltere, Zambia, Zimbabwe'de toplam sekiz adet çekme-kepçe faaliyet göstermektedir (Sharrock v.d., 1995; Gilewicz, 2000). Ülkemizde ise Türkiye Kömür İşletmeleri bünyesindeki müesseselerde sekiz adet, özel sektörde bir adet olmak üzere çekme-kepçe popülasyonu dokuzdur (Parlak, 1985). Ülkemizdeki çekme-kepçelerin yaşları ise 15 ila +30 arasında değişmektedir.

Yatırım maliyeti 100 milyon ABD doları bulan çekme-kepçelerin performansının yani üretkenliğinin, verimliliğinin ve servis ömürlerinin azami düzeyde olması maden işletmeciliğinin başarısı ve karlılığı açısından çok büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde kömür madenciliğinin gelişmesi ve çekme-kepçe kullanılan ocakların karlılığı açısından çekme-kepçelerde azami performans ve verimlilik sağlanmalıdır. Bu bağlamda çekme-kepçe performansını etkileyen faktörlerin iyice irdelenmesi, varolan sorunların belirlenip çözüm önerilerinin getirilmesi enerji sektörünün en önemli konularından biri ve üst yönetimden operatöre kadar herkesin sorumluluğu olmalıdır. Özellikle enerji konusunda ülkemizdeki linyit kaynaklarına odaklı geleceğe yönelik ciddi planlamaların yapılması gereken şu günlerde, bu konu daha büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada çekme-kepçe performansını etkileyen başlıca faktörler derlenmiş ve performansın azami düzeye çıkarılması için alınması gereken tedbirler tartışılmıştır.

2. ÇEKME-KEPÇE PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Çekme-kepçe doğru kullanıldığında ve en uygun operasyon şartları sağlandığında üretkenlik açısından diğer yer kazarlarla kıyaslandığında oldukça avantajlıdır. Kepçe kapasitesi 40 ila 143 yd³ arasında değişen, dökme yarıçapı 100 m'yi bulan bu yerkazarlar ortalama 60 saniyede yaklaşık 100 tonluk malzemeyi 100 m uzağa başka bir nakliye birimi kullanmadan dökebilmektedirler (Demirel, 2006). Çekme-kepçe operasyonlarının ekonomik fizibilitesi performansın bir başka deyişle üretkenliğin ve verimliliğin azamiyetini gerekli kılmaktadır.

Çekme-kepçenin üretkenliğini ve verimliliğini etkileyen başlıca faktörleri planlama ile ilgili faktörler ve operasyonla ilgili faktörler olarak sınıflandırabiliriz. Planlanan dilim geometrisi ve kazı-üretim programı ile seçilecek olan çekme-kepçenin tutarlı olması, uygun kepçe tasarımının seçilmesi, yeniden kazı oranının ekonomik olarak belirlenen belirli bir oranı geçmeyecek şekilde uygun birimin seçilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda çok katmanlı kömür damarlarında ara tabakaların kazılması işlemi de bilgisayar ortamında benzetim teknikleri ile modellenerek en verimli kullanım tespit edilmeli uzun vadede ekonomik olurluğuna bakılarak gerekli ise birden fazla çekme-kepçe birimi eşzamanlı kullanılmalıdır. Planlanması gereken diğer bir konu da malzemenin uygun tane boyutuna ve gevşekliğe sahip olması yani patlatma ve parçalama faaliyetleridir. Çekme-kepçe elektrikli ya da hidrolik yer kazarlar gibi yeri kazan değil yeri sürükleyen kazı birimleridir bu nedenle eğer dekapaj yapılacak

malzeme gevşek değilse uygun hale gelene kadar parçalanması gerekir. Uygun olmayan malzeme, çekme süresinin uzamasına dolayısıyla üretkenliğin azalmasına neden olduğu gibi yüksek bakım-onarım maliyeti de gerektirir. Planlama ile ilgili faktörler en başta dikkatle gözetilmesi gereken ve şartlara göre kısa sürede değiştirilmesi kolay olmayan etkenlerdir.

Çekme-kepçenin üretkenliği ve verimliliğinde planlama kadar önemli olan diğer etkenler de çekme-kepçenin kullanım şekli ve çalıştırıldığı şartlar, kepçe yükü, kullanılabilirlik oranı, tur periyodu, operatör eğitimi ve yetkinliği, yorgunluk ömrü, tamir-bakım planları, parça değiştirme politikası gibi birbirleri ile de çelişebilen operasyonel faktörlerdir. Bunlar alt bölümlerde detaylıca anlatılacaktır.

2.1. Çekme-Kepçe Yorgunluk Ömrü ve Üretkenlik

Çekme-kepçe kullanımındaki nihai amaç en kısa sürede en fazla üst örtünün kazılıp dökülmesidir. Makinanın kullanımı ve malzeme özelliklerine bağlı olan üretkenlik birbiri ile ilişkili birçok parametre tarafından belirlenmektedir. Çekme-kepçenin üretkenliği Eşitlik 1’de verilmiştir (Rai vd., 2000).

$$O = \frac{B \times BF \times HS \times A \times J \times 3600}{(1 + S) \times C \times (1 + R)} \quad [1]$$

O = aylık üretim (yerinde m³)

B = kepçe kapasitesi (m³)

BF = kepçe dolma faktörü

HS = planlanan aylık çalışma saati

A = mevcut olma oranı (çekme-kepçenin kullanıma hazır mevcut bulunma saatlerinin planlanan çalışma saatine göre yüzde oranı)

J = kullanılabilirlik oranı (çekme-kepçenin kullanılabilir olduğu saatlerin kullanıma hazır bulunduğu saatlere göre yüzde oranı)

S = kabarma faktörü

C = ortalama tur periyodu (saniye)

R = yeniden kazı oranı (%)

Eşitlik 1’den de anlaşılabacağı gibi üretkenlik tur periyodu arttıkça azalır, kepçedeki yük ve kullanılabilirlik oranı arttıkça da artar. Yeniden kazı oranının artması ise üretkenliği azaltmakla birlikte çekme-kepçenin işletme ve yatırım maliyetlerini artırmaktadır.

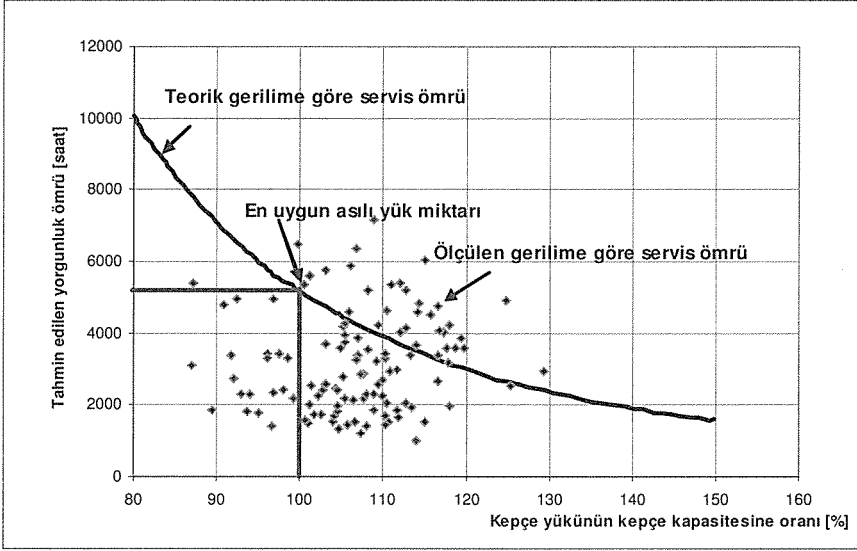
Yapılan araştırmalar çekme-kepçe üretkenliğini en fazla etkileyen faktörün kullanılabilirlik oranı ve tur periyodu olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan bir araştırmada kullanılabilirlik oranının yüzde beş oranında azaltılması üretkenliğin yüzde iki oranında azalmasına, tur periyodunun yüzde beş oranında artırılması ise saatlik üretkenliğin yüzde dört oranında azalmasına neden olmuştur (Bandopadhyay ve Ramani, 1985). Bir başka çalışmada ortalama bir tur periyotundaki bir saniyelik azalmanın yılda yaklaşık 500,000 ABD doları eş değeri kömür üretimine neden olacağı savunulmuştur (Lubbert vd., 2001).

Ancak üretkenliğin artırılmasına yönelik alınan, kepçe yükünün artırılması gibi tedbirler çekme-kepçenin uzun vadede, metal yorgunluğu ve gerilim dağılımındaki artış gibi

nedenlerle servis ömrünün kısalmasına veya bakım-onarım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır (Şekil 1). Kepçe yükü ile yorgunluk ömrü arasındaki bağıntı Eşitlik 2’de verilmiştir (Guan vd., 1999).

$$\text{Yorgunluk Ömrü (saat)} = 3 \times 10^9 / B^3 \quad [2]$$

B = kepçe yükünün toplam asılı yüke göre yüzde oranı



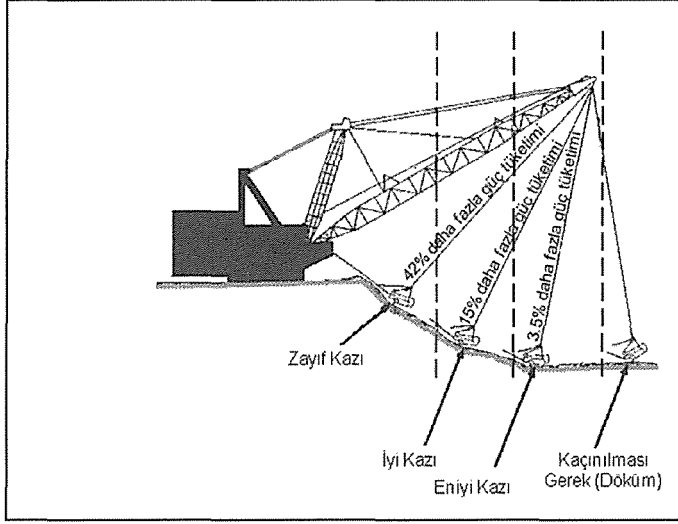
Şekil 1. Üretkenlik ve servis ömrü arasındaki ilişki (Guan vd., 1999; Townson vd., 2003).

Şekil 1’de üretkenlik ile çekme-kepçenin servis ömrü arasındaki ilişki gösterilmiştir. Kepçe yükü artırılarak üretkenlik artırıldıkça makinanın servis ömrü tahmin edilen servis ömrüne göre düşüş göstermiştir. Bu durumda çekme-kepçe üretkenliği ve servis ömrü arasında en uygun işletme parametrelerinin tespit edilmesi gerekmektedir.

2.2. En Uygun Kazı Alanları ve Enerji Sarfiyatına Etkisi

Çekme-kepçenin operasyonu sırasında çekme, kaldırma, ve dönme işlemleri tur periyotunun en önemli bileşenleridir. Kaldırma ve çekme en fazla güç gerektiren işlemlerdir. Çekme-kepçenin bir tur döngüsü sırasında tükettiği enerjinin % 41-52’si çektirış (drag), % 42-53’ü kaldırış (hoist) motoru, % 0-9’u döndürüş motorunca tüketilmektedir (Özdoğan, 2003b). Çekme-kepçenin yürümesi için gereken güç kepçenin kaldırılması için gereken gücün yaklaşık üçte biri kadardır (Martin vd., 1982). Kepçenin dolumu sırasında aynı zamanda kazı işlemi de gerçekleşmiş olur bu süreçte yalnızca çekme motoru güç sağlar. Kepçenin en verimli şekilde doldurulacağı alan ile kepçenin pozisyonu arasındaki ilişki, dört kazı alanı ve bu alanların güç tüketimindeki etkisi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2’de zayıf kazı diye işaretlenen alanda çekme-kepçe kepçeyi kaldırma sırasında düşey kaldırmaya göre % 42 daha fazla güç harcar. İyi kazı alanı olarak gösterilen alanda bu oran % 15’e, en iyi kazı alanı olarak gösterilen bölgede ise bu oran % 3½ olarak belirlenmiştir. Bum makarasını takip eden düşey doğrultudan kepçe saptıkça kepçedeki malzemenin dökülmesi gerçekleşebileceğinden bu alandan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.



Şekil 2. Çekme-kepçenin dört kazı bölümü ve bunların güç tüketimine etkisi (Lubbert, 2001).

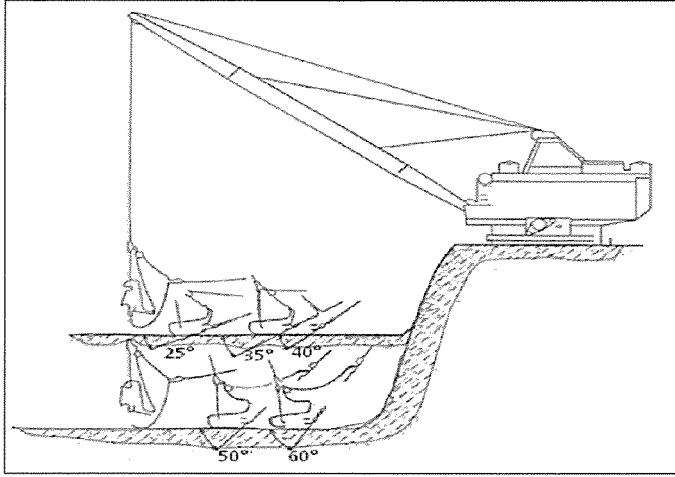
2.3. En Uygun Kepçe Dolum Alanları ve Dışlardaki Kuvvete Etkisi

Kepçe ucundaki dişlerin yere saplanması ve kepçenin ortalama kazı koşullarında 1,5-2 kepçe boyu mesafede sürüklenmesi yoluyla dolar. Bu süreçte yerin kopmaya karşı dişlere uyguladığı kuvvet, kepçenin dolma süresi, dişlerdeki aşınma-yıpranma ve üretkenlik açısından büyük rol oynar. Özdoğan (2003a) çekme-kepçe yerkazarlarda kepçe saplanış kuvveti ile kepçe saplanış açısı, kepçe ağırlığı, kazı basamağı eğim açısı gibi etkenler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kepçe saplanış kuvvetinin kepçenin saplanma açısı yani kepçe tabanın yatay düzlemle yaptığı açı ile arttığı bu açı 90° iken azami düzeye çıktığını ispatlamıştır (Özdoğan, 2003a). Kepçenin dişlerine yansıyan kuvvet ise kepçenin pozisyonu ve çekme halatının yatayla yaptığı açı ile yakından ilişkilidir. Bu bağıntı Çizelge 1 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.

Şekil 3 kepçenin en uygun doldurulma alanlarında, kepçenin dişlerindeki yükün toplam yüke göre yüzdesini ve çekme halatının yatayla yapması gereken açıları göstermektedir. Şekilden ve çizelgeden de anlaşılacağı gibi çekme halatının yatayla yaptığı açı arttıkça dişlere yansıyan yükün toplam yüke göre yüzdesi azalmaktadır. Dişlerdeki aşınma ve yıpranma da bu oranda azalmaktadır. Bu durumda operatörün yetkinliği ve tecrübesi büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 1. Çekme işleminin kepçenin dişlerindeki yüke etkisi. (Lubbert vd., 2001).

Çekme Halatının Yatayla Açısı	Dişlere Yansıyan Yükün Toplam Yüke Göre Yüzdesi
25°	% 52
35°	% 45
40°	% 32
50°	% 30
60°	% 18

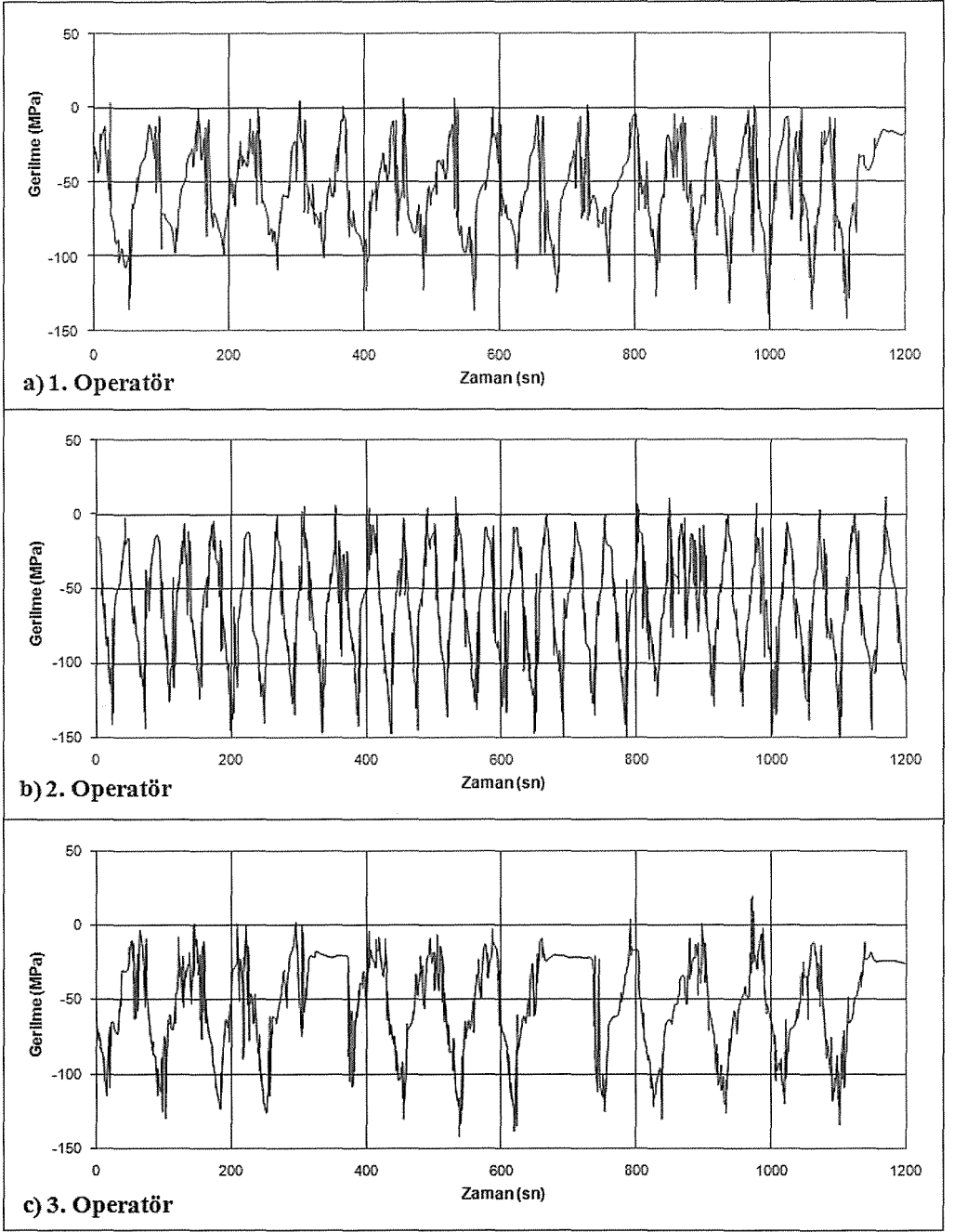


Şekil 3. Kepçenin yükleme alanları (Lubbert, 2001).

2.4. Tur Periyodu ve Operatör Etkisi

Makinanın kaz tur periyodu ya da döngü (kazı-nakil-döküm) süresi makinanın üretim yeteneğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür (Özdoğan, 2002). Çekme kepçeli yürüyen yer kazarların kazı döngüleri 90° dönüş açısında, 65-75 saniye arasında değişir (Özdoğan, 2004). Bu süre kazı basamağının geometrisine ve kazı türüne ve operatör yetkinliğine göre değişiklik gösterebilir. Artan (2005) dönme miktarlarının göreceli olarak kazı ve boşaltma yerine ve operatör yetisine, doldurma ve boşaltmanın ise sadece operatör yetisine bağlı olduğunu dolayısıyla operatör yetisinin önemini vurgulamıştır. Operatörün yetkinliği ve tecrübesi performansı etkilediği kadar çekme-kepçe bumu üzerindeki gerilmeleri de büyük oranda etkilemektedir. Aynı çekme-kepçede farklı vardiyalarda farklı operatörlerin çalışma saatlerinde alınan gerilim değerleri operatör etkisinin çekme-kepçe bumunun yorgunluk ömrüne etkisini ortaya çıkarmıştır (Guan vd., 1999) (Şekil 4).

Şekil 4’de çekme-kepçenin sol ana kolun bum makarasına yakın bir noktada üç farklı vardiyada alınan gerilim değerlerini göstermektedir. Şekil 4’de gerilim genliklerine bakıldığında ikinci operatörün üçüncü operatöre göre çekme-kepçedeki aşınma ve yıpranmaya katkısının iki kat daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Üç farklı vardiyada ölçülen gerilme değerleri (Guan vd., 1999).

Yani bu iki operatör iki farklı çekme-kepçeyi çalıştırmak üzere görevlendirilseler, her iki çekme-kepçede de aynı güvenilirliği elde etmek için ikinci operatörün kullanıldığı çekme-kepçe için iki kat daha fazla bakım-onarım yapılması gerekecektir. Üretkenlikleri kıyaslandığında ise ikinci operatör üçüncü operatöre göre iki kat daha hızlı ve % 50 daha fazla üretken demektir. Birinci operatörün ise diğer iki operatörün

arasında bir yerde olduğu görülmektedir. Görüldüğü gibi tur periyotunun, çekme-kepçe bumu üzerindeki gerilim dağılımına dolayısıyla da yorgunluk ömrüne etkisi büyüktür. Üretkenliğin artırılmasına yönelik tur periyotunun azaltılması çalışmaları yorgunluk ömrünü kısaltabilir dolayısıyla da uzun vadede çekme-kepçe performansına olumsuz etki edebilir.

3. ÇEKME-KEPÇE PERFORMANSINI ARTIRMAYA YÖNELİK TEDBİRLER

Çekme-kepçe performansını izlemek varolan operasyonel sorunların tespiti ve giderilmesi, bakım-onarım maliyetlerinin azaltılması, ve üretkenliğin artırılması için gereken önemli bir etkidir. Dünya üzerindeki çekme-kepçelerde 2000 tarihi itibari ile izleme sistemleri ile donatılmışların sayısı yaklaşık 65 olarak bilinmektedir, ancak bu sayı gün geçtikçe artmaktadır (Hansen, 2000). Operatör kabinindeki bilgisayar yardımı ile operatör operasyon sırasında tur periyodu, kepçe yükü, dönme açısı gibi operasyonel parametreleri gözlemleyebilir, en uygun çalışma koşullarının dışına çıktığı durumlarda ise uyarı sinyalleri ile uyarılabilmektedir. Yıllık üretimi yaklaşık 37 milyon s.ton olan Kennecott Cordero-Rojo Complex bir Marion 8200 ve iki adet Marion 8050 model çekme-kepçeyi izleme sistemleri ile geliştirdikten sonra yıllık üretiminde % 15'e varan bir artış gözlemlemiştir (Hansen, 2000). Yıllık üretimi yaklaşık 12 milyon ton olan Black Mesa kömür madeninde altı çekme-kepçeden beşine izleme sistemi monte edilmiş ve her bir tur için % 6-7 oranında bir azalma gözlemlemiştir. Kısaca izleme sistemlerinden sonra çekme-kepçelerin üretkenliği yaklaşık % 10-20 oranında artmıştır.

Operatör eğitimi de performansı artırmaya yönelik düşünülmesi gereken bir diğer önemli konudur. Çekme-kepçe operatörlüğü madencilik, yerbilimleri, kazı tekniği, ve kazı ekonomisini de kapsayan özel bir eğitim gerektirir. Operatörler süreksizliklerin, katmanlaşma düzlemlerinin, kırıkların, düzenlenmemiş yüzeylerin, iyi gevşetilmemiş kesimlerin makina için etkilerini bilmelidirler (Özdoğan, 1984). Operatör eğitimi farklı vardiyalarda çalışıp ortak zaman harcayamayan operatörler arasında iletişimi sağlayan, operatörün yetkinliğini artıran, gereksiz bir harcama değil önemli bir yatırımdır.

Bilgisayar ortamında sanal prototiplerin geliştirilmesi ve benzetim teknikleri ile en uygun çalışma parametrelerinin belirlenmesi de üretkenliğin artırılmasına katkı sağlayacak önemli bir adımdır.

4. SONUÇLAR

Çekme-kepçe performansı üretkenlik ve verimliliği kömür madenciliğinin başarısını ve karlılığını belirleyen önemli bir konudur. Bu çalışmada, çekme-kepçenin üretkenliğinin artırılmasına yönelik alınan tedbirlerin uzun vadedeki etkileri derlenmiş ve bu etkilerin de gözetilmesi için alınması gereken tedbirler özetlenmiştir.

Sonuç olarak çekme-kepçenin performansını etkileyen en önemli faktörler arasında kepçe yükü, tur periyodu, kullanılabilirlik oranı, operatör yetkinliği ve tecrübesi sayılabilir. Kepçe yükünün artırılması ile üretkenlik artmakla birlikte makinanın bum elemanları üzerindeki gerilim dağılımı artmakta bu da bakım-onarım maliyetlerinin artmasına ve makinanın yorgunluk ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde tur periyotunun azaltılması da bum elemanlarındaki gerilim genliğinin hızla değişmesine bu

da yine metal yorgunluğunun artmasına yani makinanın servis ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bir çekme-kepçe için performansın azami düzeye çıkartılması operatörden üst yönetime kadar herkesin sorumluluğunda olan karmaşık bir problemdir. Bu bağlamda operatör eğitimi, çekme-kepçelerin performans izleme sistemleri ile donatılması, ve sanal gerçeklik kullanılarak çekme-kepçenin operasyonunun benzetim sistemi ile benzetiminin yapılması performansı arttırmaya yönelik alınması gereken tedbirler arasındadır.

KAYNAKLAR

- Artan, K.** (2005), Çekme Kepçe Seçiminde Matematiksel Benzetim Modellemesi İçin Etkin Faktörler, Soma MYO Dergisi, (en son ulaşım 17 Temmuz 2009) <http://www.bayar.edu.tr/~somamyo/files/SMYO310.pdf>.
- Bandopadhyay, S. and Ramani, R. V.** (1985) Simulation of a Dragline Operation in an Eastern Kentucky Mine. *CIM Bulletin*, Vol. 78, No. 882, s. 52-58.
- Demirel, N.** (2006). "Dynamic Dragline Modeling and Boom Stress Analysis for Efficient Excavation," (*PhD Dissertation*, Missouri University of Science and Technology, 2007), 148 sayfa.
- Gilewicz, P.** (2000) International Dragline Population Matures, *Coal Age*, s. 30-32.
- Guan, Z., Gurgenci, H., Austin, K. and Fry R.** (1999), "Optimization of Design Load Levels for Dragline Buckets," Australian Coal Association Research Program, CSIRO Division of Exploration and Mining, Final Report, No C7003, 87 sayfa.
- Hansen, J.** (2000), Dragline Monitoring, Control and Navigation. *CIM Bulletin*, Vol. 93, No. 1040, s. 59-62.
- Lubbert, R. J., J. S. Mead, and T. Wiltowski** (2001), "Transforming Engineering Education and Experience into Higher Productivity in Mining," *International Conference on Engineering Education*, © ICEE 2001, Oslo, Norway, 6-10 August, 2001, s. 6B4-23-24.
- Martin, J. W., Martin, T. J., Bennett, T. P. and K. M. Martin** (1982), Surface Mining Equipment, Martin Consultants Inc., Golden, Colorado, USA, s. 285-332.
- Özdoğan, M.** (1984), Çekme-Kepçe (Dragline) Örtükazı Yöntemleri ve Tunçbilek Uygulaması, Madencilik Dergisi, Cilt XXIII, Sayı 2, s. 25-42.
- Özdoğan, M.** (2002), Elektrikli Yerkazı Makinalarının Kazı Gücü Etkileyicileri ve Karşılaştırma Öçütleri, Madencilik Dergisi, Cilt 41, Sayı 4, s. 3-10.
- Özdoğan, M.** (a) (2003), Dragline Yerkazarlarda Kepçe Saplanış Mekanizması ve Kuvveti, Madencilik Dergisi, Cilt 42, Sayı 1, s. 17-26.
- Özdoğan, M.** (b) (2003), Elektrikli Yerkazı Makinalarında Özgül Enerji Tüketimi ve Kazı Zorluğu Sınıflaması, Madencilik Dergisi, Cilt 42, Sayı 2, s. 3-10.

- Özdoğan, M.** (2004), Çekme-Kepçeli Yürüyen Yerkazarlarda Kepçe Koparış Kuvveti ve Makinanın Dengesini Etkileyen Kuvvetler, Madencilik Dergisi, Cilt 43, Sayı 1, s. 3-13.
- Parlak, T.** (1985), Açık Kömür İşletmeciliğinde Yerinde İncelenen Dragline Uygulamaları, Madencilik Dergisi, Cilt XXIV, Sayı 2, s. 5-24.
- Rai, P., Trivedi, R. and R. Nath.** (2000) Cycle Time and Idle Time Analysis of draglines for increased productivity-A case study. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, Vol. 7, April, s. 77-81.
- Sharrock, G.B., Aspinall, T. O., and Scott A.** (1995), "Measurement and Analysis of Dragline Operating Parameters for Block Excavation," *Proc. Int. Symp. On Mine Planning and Equipment Selection*, Raj Singhal et al. (eds) A. A Balkema, Balkema, Rotterdam, s. 517-522.
- Townson, P. G., Murthy, D. N. P. and H. Gurgenci** (2003), "Optimization of Dragline Load," Case Studies in Reliability and Maintenance, Ed. Wallace R. Blischke and D. N. Prabhakar Murthy, Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA, s. 517-544.

CEBRİ BORU TÜNEL ÇALIŞMASINDA PASANIN TAŞINMASI İÇİN YENİ BİR SİSTEM

A NEW SYSTEM FOR TRANSPORTING WASTE ROCK IN PENSTOCK TUNNEL STUDY

Mehmet ÇAPIK, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
Cengiz DEMİR, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
Attila TATARHAN, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
Ali Osman YILMAZ, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesi gerek aldığı yüksek yağış rejimi ve gerekse yüzeysel suların fazla olması nedeniyle su gücünden faydalanarak elektrik enerjisi üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bölgede bu potansiyelden yararlanmak için çok sayıda Hidroelektrik Santrali (HES) projesi gündeme gelmiştir. Bu projelerden bazıları sonuçlandırılmış olup birçoğu da değerlendirme aşamasındadır. Bu bildiride, Doğu Karadeniz Bölgesinde faaliyeti devam eden HES projelerinden bir tanesinin cebri boru hattı nakliye sisteminde pasanın taşınması için geliştirilen özel bir ekipmanın çalışma sistemi incelenmiş ve çalışmaların güvenli bir şekilde yürütülmesi için bazı öneriler sunulmuştur.

ABSTRACT

In Eastern Black Sea Region, precipitation regime is extremely high and so amount of surface water is much. Therefore, this region has a significant potential in point of generating electricity from water power. In last years, many HES projects became the main topic of conversation to benefit from this potential. Some of these projects have been completed and many of the projects are an evaluation phase. In this study, in İkizdere (Rize), waste rock transportation system used at Penstock tunnel which is one of the HES projects going on is dealt. In this context, working principle of special equipment developed to carry waste rock is investigated. In addition some suggestions are presented so that workings can be continued safely.

1. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğindeki en önemli uğraş alanlarından biri olan nakliye işleri; işi yapacak olan personelin taşınmasının yanında çalışmalar sonucu ortaya çıkacak olan pasa ve üretilen cevher ile ocakta kullanılacak olan malzeme ve donanımın taşınması işlerini kapsamaktadır. Yer üstüne pasa, malzeme ve insan taşıma işlemi kuyu, skip ve vinçli-bantlı sistemler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bir taşıma sisteminin tasarımı yapılırken göz önüne alınması gereken pek çok faktör vardır. Ancak değerlendirmelerde bu faktörlerden ocağın koşulları, istenen üretim miktarı ve üretimin yapıldığı derinlik gibi parametreler öne çıkarken diğer tasarım parametreleri bu üç parametreye bağlı olarak irdelenmektedir. Birim maliyeti etkileyen en önemli parametreyi makina ve donanım seçimi oluştururken teknik kullanılabilirlik, ekonomik hedefler, performans ve iş güvenliği gibi parametreler de bu değerlendirmenin içine dâhil edilmelidir. Özellikle yeraltı nakliye işi için makina ve ekipman seçimi yapılırken makinanın kapasitesi, ekonomikliği, iş güvenliği gibi parametreler birlikte düşünülmelidir.

Bu bildiriye konu olan cebri boru hattı tünel çalışmasında ilk olarak kazı arınında delik delme işlemi yapılmaktadır. Deliklerin delinmesi çalışma ortamına indirilen martoperfaratörler ile gerçekleştirilmekte ve 5-6 saat sürmektedir. Delik delme işlemini patlayıcı maddelerin deliklere yerleştirilmesi ve patlatma işleminin gerçekleştirilmesi izlemektedir. Delik şarjı ve patlatması 1.5 saat sürmektedir. Patlatma işleminden sonra, patlayıcı gaz ürünü ve tozun meydana gelmesi nedeni ile ortam yarım saat havalandırılarak çalışmaya uygun hale getirilmektedir. Son aşamada ise patlatma sonrası oluşan pasanın ortamdan taşınması işlemi yer almaktadır. Çalışma yukarıdan aşağıya doğru kazı şeklinde olduğundan ortaya çıkan pasanın taşınması için işletme koşullarına bağlı olarak halatlı elektrikli-vinç sistemi imal edilmiştir.

Taşıma sistemi ana ekipman olarak bir vinç, halat, raylar ve pasanın yüklendiği skipten oluşmaktadır. Eğimli galerinin başladığı noktanın üstünde kaya içine açılan bir boşlukta vinç sistemi kurulmuş ve vinç sistemine bağlı halat taşıma işlemini sağlayan skipi bağlanmıştır. Skip kazı yapılan galeri arını ile galeri başlangıcı arasında raylar üzerinde vinç vasıtası ile hareket ettirilmektedir. İşçiler çalışma arınına skip üzerinde kendileri için oluşturulan platforma oturarak inmekte ve arında beden gücü ile pasayı hidrolik kovaya yüklemektedirler. Hidrolik kova dolduktan sonra skip içine boşaltılmaktadır. Skip dolduktan sonra işçiler skip ile tekrar galeri başına çıkıp skipten inip belli bir mesafeye kadar uzaklaştıktan sonra skip, önünde bulunan kapak açılarak taşıdığı pasayı eğik galeri başlangıcındaki düz galeriye boşaltmaktadır. Boşaltma esnasında bir kısım pasa tekrar kazı yapılan arına düştüğü için iş verimi kaybına neden olmaktadır. Bu miktar da vardiyada 1 skip dolduracak hacme ulaşmaktadır. Pasa taşıma işlemi yaklaşık 32 saat sürmekte olup kazı çalışmasında en fazla zaman alan faaliyeti oluşturmaktadır.

Skipin tünel içindeki yükleme-boşaltma periyodu; kepçenin doldurulması, kaldırılması, işçilerin skip üstüne binmeleri-inmeleri, skipin boşaltılması ve tekrar ilk pozisyonadaki durumunu almasından oluşur. Yükleycilerin yükleme performansını etkileyen faktörler yükleme periyodu, parçalanma ve parça boyutu, malzemenin kabarma faktörü, yükleme sayısı ve işyeri verimidir (Atkinson, 1992). Delme patlatma sonucunda oluşan parçaların boyut dağılımı kolay yükleme yapılması ve dolayısıyla yükleme süresinin kısılması açısından oldukça önemlidir. Çünkü malzemenin iri boyutta olması işçilerin

daha fazla bedensel güç sarf etmelerine neden olmakta ve bunun sonucunda da işçilerin çalışma performansları düşmektedir.

Bu bildiride Doğu Karadeniz Bölgesi'nde faaliyeti devam eden HES projelerinden bir tanesinin cebri boru hattı nakliye sisteminde pasanın taşınması için geliştirilen özel bir ekipmanın çalışma sistemi incelenmiş ve çalışmaların güvenli bir şekilde yürütülebilmesi için gerekli öneriler sunulmuştur.

2. TAŞIMA TAHİRİK SİSTEMİNİN TANITIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

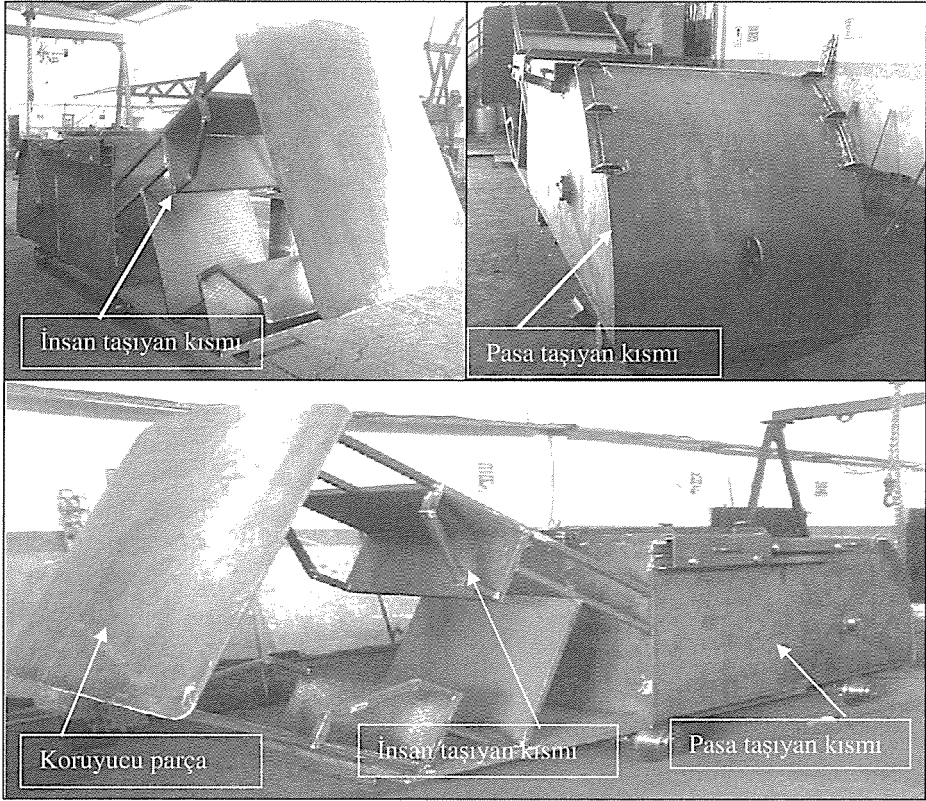
Madencilikte ve diğer alanlarda, zor çevre şartlarında yükleme ve taşıma işinde çalışan ekipmanlar genellikle vinçli-halatlı-vagonlu imal edilen makinalardır. Bu makinaların tasarım ve imalatı sırasında, makinanın yaptığı iş ve çalışma koşullarının güvenliği daima göz önünde tutulmalıdır. İş makinaları normal çalışma şartlarında zamana bağlı belli yüklerin etkisinde kalmakta ve kullanılan halat-vinç gibi malzemelerde yıpranmalar meydana gelmektedir. Çalışma şartlarında oluşan gerilmeler, malzeme için sınır değerleri aşmamasına rağmen, tekrarlı yüklemenin etkisi ile makina elemanlarında malzeme yıpranmasıyla hasarlar oluşur. Bu tip hasarlara pratikte çok sık rastlanır. İmal edilen taşıma sisteminin, iş ortamının ve çalışanların, sağlığı ve güvenliği için sürekli bakımlarının yapılması çok önemlidir.

Yeraltı veya yerüstü madencilik çalışmalarında kullanılmak üzere imalatı yapılacak makina ve ekipmanlar için tasarım ekibi ile imalat ekibi sürekli işbirliği halinde olmalıdır. Ocağın durumu ve çalışma şartları gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımcı, boyutlandırma ve şekillendirme yaparken, imal edilebilirliğine ve kolaylığına dikkat etmelidir. Parçalar kaynakla birleştirilirken, kaynak dikişlerinin en uygun ve kolay yapılabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımcı ve imalatçının kaynak dikiş boyutlarının belirlerken de dikkatli davranması gerekir. Bilhassa dinamik ve darbeli yüklerin etkisindeki iş makinalarında yapılacak kaynak hataları gerilme yığılmalarına ve hasarlara neden olmaktadır (Toprak vd., 2008).

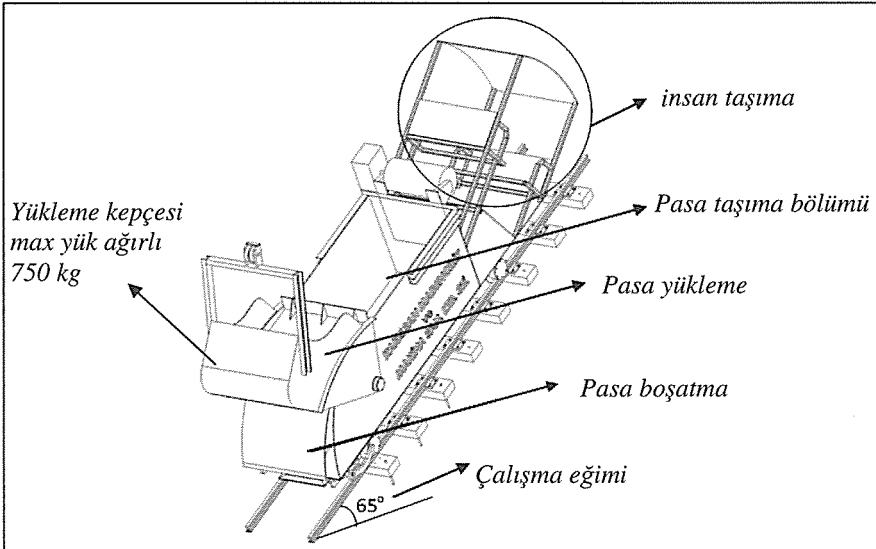
Bu bildiriye konu olan tünel çalışmasında, yaklaşık 5 metre kazı çapında 190 metre uzunluğunda yatayla 65 derece açı yapan cebri boru tüneli kazı işi yapılmaktadır. Tünel kazısı yukarıdan aşağıya doğru olduğundan ortaya çıkan pasanın özel ekipmanlarla aşağıdan yukarı taşınması gerekmektedir. Cebri Boru Tüneli inşaatında ortaya çıkan pasanın taşınması için özel bir taşıma sistemine ihtiyaç duyulmuş ve işin yapıldığı yerin çalışma şartlarına göre tasarlanarak imal edilmiştir. Şekil 1'de taşıma tahrik sistemi, Şekil 2'de taşıma tahrik sistemi elemanları verilmiştir.

Şekil 3'de skip sisteminin genel parametreleri gösterilmektedir. İmal edilen taşıma-tahrik sisteminin skip kova hacmi 4 m^3 , skip uzunluğu 5.4 m, skip yüksekliği 3.2 m, halat tambur çapı 0.75 m, motor gücü 75 kW 1450 dev/dak'dır.

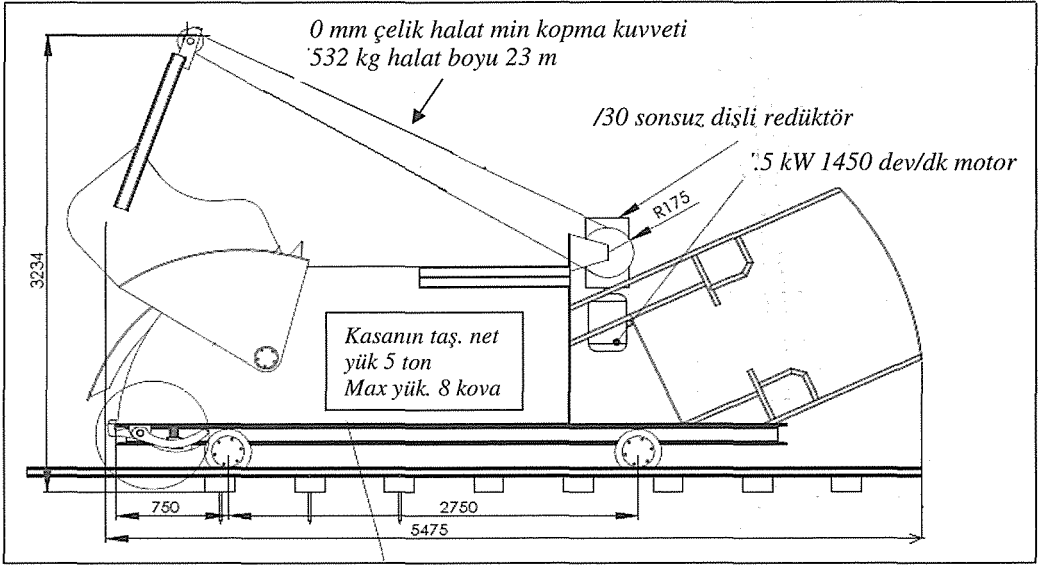
Skipin yapıldığı tüm malzemelerin demir saçların kalınlığı 8 mm, kullanılan halat çelik halat 10 mm kalınlığında ve halatın minimum kapma kuvveti 5532 kg, kullanılan halat boyu 23 m, kasanın taşıdığı net yük 5 ton (skip ağırlığı hariç), yükleme kepçesinin maksimum yük ağırlığı 750 kg'dır.



Şekil 1. Taşıma tahrik sistemi.

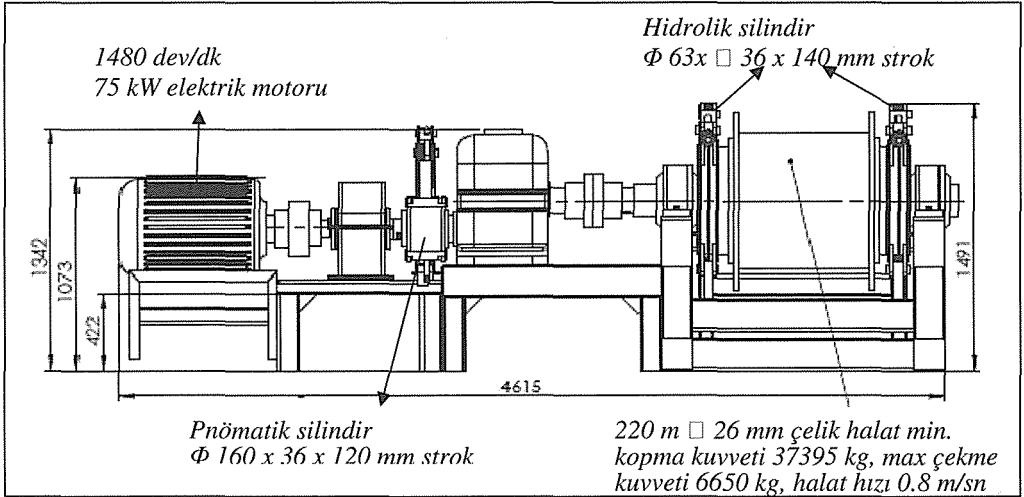


Şekil 2. Taşıma tahrik sisteminin elemanları.



Şekil 3. Skip sisteminin genel parametreleri.

Şekil 4'de taşıma sistemine ait motor ve çelik halat genel parametreleri verilmiştir. Taşıma sistemini çeken vinç sisteminin halat uzunluğu 220 m, kalınlığı 26 mm, minimum kopma kuvveti 37395 kg, skip taşıma hızı 0.8 m/sn ve maksimum çekme kuvveti 6650 kg olarak imal edilmiştir.



Şekil 4. Taşıma sistemine ait vinç komple montaj tasarımı.

Yeraltındaki pasa, malzeme ve işçileri taşınması işlemi sırasında emniyetle ilgili olarak önemli olan bir konu vinçlerin fren sistemleridir. Cebri boru hattı tüneline pasa ve işçi naklinde pnömatik-hidrolik fren sistemi kullanmaktadır. Pnömatik ve hidrolik fren sistemin kontrol kumanda valfları 24 voltluk bir düşük gerilimle çalıştırılmaktadır.

Pnömatik silindirin çalışma basıncı 6-8 bar hidrolik silindirin çalışma basıncı 120 bar hidrolik ünite maksimum basınç 200 bar'dır.

Şekil 5 sistemin çalışma durumu görülmektedir. Burada Şekil 5-a'da skip dolu bir şekilde işçilerle birlikte yukarı doğru halat ve vinç sistemi yardımıyla çekilmektedir. Dolu skip galeri başına geldiğinde işçiler skip üzerinde kendileri için oluşturulan platformdan inip belli bir mesafeye kadar uzaklaştıktan sonra skip önünde bulunan kapak açılarak taşıdığı pasayı eğik galeri başlangıcındaki düz galeriye boşaltmaktadır.

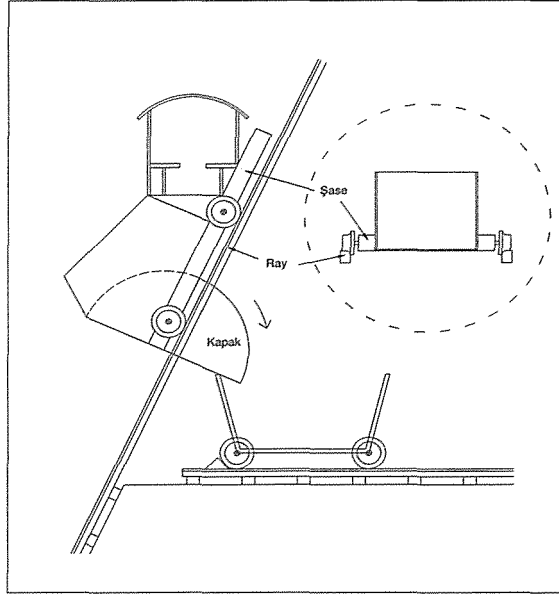
Skipli ihraç sisteminde kullanılan halatın sürtünme katsayısı; halat yapısına, halat baskı basıncına, halat yapımında öze emdirilen yağın özelliklerine, çevre sıcaklığına, halat yuvası malzemesine, yuvanın yiv şekli ve çalışma ortamına bağlıdır. Halat yuvası; ahşap, hayvan derisi, lastik bant, balata, alüminyum ve poliüretan kaplanabilir. Poliüretan kaplama yaygın olarak kullanılmaktadır. Sürtünme katsayısının değeri, halat yağına bağlı olarak 0,70'e kadar çıkabilmektedir. Ancak, tasarım yapılırken yönetmelikler gereği sürtünme katsayısının değeri 0,20 ile 0,25 arasında alınabilir (Akçın ve Eskikaya, 2002). Yeraltında yapılan skipli ihraç sisteminde tek bir halatla taşıma yapılması hem kapasiteyi azaltır hem de halatın kopması durumunda işçiler için büyük tehlike oluşturur. İhraç sistemlerinde yük ve insan nakliyesi için skip en az iki halatlı ve yükün halatlar üzerinde dağılımı eşit olmalıdır.



Şekil 5. Sistemin çalışma durumu.

Skip içindeki pasanın boşaltılma düzeni, ekipmanın çalışması açısından verimli olmadığı gibi iş güvenliği açısından da sakınca doğurmaktadır. Skip içindeki pasanın boşaltılmasını sağlayan kapak sisteminin, skip'in alt-ön tarafında yer alması ve tünel başında oluşturulması nedeniyle skip'teki pasa malzemesi kuyu başına boşaltılırken malzemenin tümü etrafa saçılarak dökülmekte, hatta bir miktar malzeme tekrar eğik tünel dibine düşmektedir. Malzeme boşaltılması sırasında etrafa gelişi-güzel sıçrayan parçalar çalışan personel için tehlike unsuru taşımaktadır. Skip'ten pasa boşaltılması sırasında yaşanan problem göz önünde bulundurularak skip'ten pasanın boşaltılması, skip'in altında yani raylara bakan yüzeyde kapak sistemi oluşturularak gerçekleştirilmelidir. Şekil 6'da gösterildiği gibi yapılan boşaltma sistemi ile hem hızlı

ve kolay, hem güvenli bir boşaltma yapılacağı için ekipmanın çalışma verimi de artacaktır.



Şekil 6. Skip için boşaltma sistemiyle ilgili iyileştirme önerisi.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde işletmelerde tasarımı yapılan makina ve ekipmanlardan maksimum yarar elde etmek istenmektedir. İşletme şartlarına göre çalışan her türlü makina ekipmanının zaman zaman arızalanması ve üretim faaliyetlerini etkilemesi söz konusu olabilir. Cebri Boru Hattı tüneline çıkarılan pasanın taşınması için işletme şartları göz önüne alınarak imal edilen taşıma sistemi ana ekipman olarak; vinç, halat, raylar ve skipten oluşmaktadır. Vinç sistemi galerinin üstünde kurulmuş ve vinç sistemine bağlı halat taşıma işlemini sağlayan skipe bağlanmıştır. İşçiler çalışma arınına skip üzerinde kendileri için oluşturulan platforma yerleşerek inmekte ve arında beden gücü ile pasayı hidrolik kovaya yüklemektedirler. Skip içindeki pasa malzemesinin boşaltılma düzeni ekipmanın çalışması açısından verimli olmadığı gibi iş güvenliği açısından bir çok sakıncayı da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle;

- Skip içindeki pasa malzemesinin boşaltılmasını sağlayan kapak sisteminin, skip'in alt-ön tarafında yer alması gerekmektedir.
- Ekipmanın tasarımı sırasında yapılan hesaplamalarla sistem için en güvenli halat çapı ve halat tipi seçilmiş olsa da sistemin çalışma esasında pasa malzemesi ile birlikte insan naklide yapıldığı göz önüne alındığında sistemde ikinci bir halat daha kullanılması uygun olacaktır.

- Sistemde herhangi bir aksama oluşabileceği göz önünde alınarak skip'in hareket ettiği rayların hemen sağında veya solunda bir merdiven sistemi oluşturulmalı ve bu merdiven kişi can güvenliğini tehlikeye sokmayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Ayrıca skip sisteminin tünel içinde hareket etmesini sağlayan motor ve vinç sisteminin bulunduğu bölüm ve bu bölüme çıkan merdivenin kişi can ve mal güvenliğini koruma altına alacak şekilde korkulukla çevrilmesi uygun olacaktır.
- Skip sisteminin ray üzerinde hareketi sırasında herhangi bir nedenden dolayı devrilmesi veya takla atması olasılığına karşılık gerekli emniyet sistemi oluşturulmalıdır.
- Pasa yüklemesini sağlayan hidrolik kovayı çalıştıran motor vb. ekipman skip üzerinde oturan personelin hemen altında bulunduğu için personele zarar vermeyecek şekilde koruma altına alınmalıdır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmaya konu olan ekipmanın tanıtılmasına destek olan Karelsan Makina Sanayi Ticaret Ltd. Şti. Müdürü Sn. Nihat KARAÇELİK'e teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- Akçın, N.A. ve Eskikaya, Ş.** (2002) Koepe ihraç sisteminde halat kayma riski ve kozlu yeni kuyudaki olayın incelenmesi, *Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, s. 229-224.
- Atkinson, T.** (1992) Selection and Sizing of Excavating Equipment, *SME Mining Engineering Handbook, 2nd edition*, Vol. 2, pp. 1311-1333.
- Toprak, T. Bozdağ, E. ve Sünbülöğlu, E.** (2008) Ağır iş makinalarının tasarımında teorik-deneyisel gerilme ve yorulma analizi, *Mühendis ve Makina*, Cilt, 49, Sayı, 585, s. 9-17.

YAZARLAR DİZİNİ

Akçın, N.A.	69	Manav, Y.	93
Altundağ, V.	143	Özdoğan, M.	257
Aydoğan, E.	221	Özfırat, M.K.	233
Balcı, C.	79	Özkan, T.	1, 103, 167, 179
Berg, M.	195	Sağlam, H.	151
Bilgin, N.	79	Şenfilo, L.	129
Bultan, H.	103	Tahran, Ş.	129
Çakır, A.	57	Tatarhan, A.	277
Çapık, M.	277	Toraman, Ö.Y.	207
Çavuşoğlu, İ.	129	Toraman, S.	143
Çelik, H.T.	33	Tumaç, D.	79
Çelik, K.	1, 45, 167	Turan, H.H.	129
Çopur, H.	79	Uçurum, M.	207
Dağ, H.	19	Ulusoy, N.	151
Dağdelen, R.	1, 179	Ünver, T.	45
Delibalta, M.S.	247	Yamudi, C.	1, 179
Demir, C.	277	Yavuz, M.	221
Demirel, N.	267	Yenice, H.	233
Demirler, H.	179	Yılmaz, A.O.	277
Ekmekci, B.	69	Zıypak, M.	117
Ekmekci, N.	69		
Epple, B.	195		
Ericson, J.	195		
Kahraman, B.	233		
Karaca, Z.	233		
Karakuş, S.	93		
Kasapoğlu, A.	57		
Katircioğlu, D.	207		
Kayakol, N.	195		
Kılıç, M.M.	151		
Kılıç, Ö.T.	151		
Kurtman, İ.	103		



TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU

Üretim müesseseleri : Armutçuk, Kozlu, Üzülmaz, Karadon Amasra

Rezervi : 1,33 Milyar Ton

Üretim Miktarı : Ortalama 1,5 - 2 Milyon ton/yıl (6.500 kcal/kg'a kadar çeşitli ısı değeri ve boyutta koklaşabilir / koklaşmaz nitelikte ürünler)

Önemli Tesisleri

Ana İhraç Kuyuları

Lavvarlar

<u>Müessese</u>	<u>Kuyu Adı</u>	<u>Çalışma Derinliği</u>	<u>Adı</u>	<u>Kurulu Kapasitesi (t/h)</u>
Armutçuk	13 Nolu	+191/-400	Armutçuk	200
Kozlu	Yeni Kuyu	+6/-560	Kozlu	250
	1 Nolu	+14/-700	Üzülmaz	250
Üzülmaz	1 Nolu	+38/-320	Çatalağzı	500
Karadon	KYSK	+50 /-700	Amasra	200
	GYSK	+126/-540		
Amasra	Amasra	+36/-250		

Limanlar

	<u>Zonguldak Limanı</u>	<u>Kdz.Ereğli limanı</u>
Alanı (m ²)	81.000	25.500
Liman Hizmeti	Kömür yükleme, General Kargo yükleme-boşaltma, Ro-Ro taşımacılığı, Tren ferisi	Kömür yükleme, General Kargo yükleme-boşaltma
Deniz vasıtaları	Romorkörler-2 Klavuz motor -1	

TTK Genel Müdürlüğü 67090, Zonguldak

Telefon: (372) 252 40 00 (8 hat) – Telefaks: (372) 251 19 00

WEB: www.taskomuru.gov.tr



TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



ISINMADA, SANAYİDE ve TERMİK SANTRALLARDA KÖMÜR İHTİYACINI KARŞILAYAN EN BÜYÜK KURULUŞ

Hipodrum Caddesi No: 12 - 06330 Yenimahalle / ANKARA

Tel : (0312) 384 17 20 – Faks : (0312) 384 16 35

www.tki.gov.tr

BAĞLI MÜESSESELER

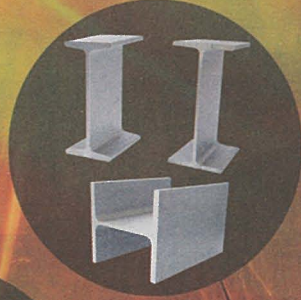
ELİ	Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü.....	SOMA / MANİSA
	Tel : (0236) 613 23 26 Faks : (0236) 613 20 13	
	Çan Linyitleri İşletme Müdürlüğü	ÇAN / ÇANAKKALE
	Tel : (0286) 416 20 01 Faks : (0286) 416 37 00	
GELİ	Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü	YATAĞAN / MUĞLA
	Tel : (0252) 572 59 05 Faks : (0252) 572 59 03	
	Yeniköy Linyitleri İşletme Müdürlüğü.....	MİLAS / MUĞLA
	Tel : (0252) 558 02 93 Faks : (0252) 558 03 07	
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü	TAVŞANLI / KÜTAHYA
	Tel : (0274) 614 10 07 Faks : (0274) 614 59 94	
	Ilgın Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü	ILGIN / KONYA
	Tel : (0332) 893 4211 Faks : (0332) 893 4090	
SLİ	Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	SEYİTÖMER / KÜTAHYA
	Tel : (0274) 248 56 70 Faks : (0274) 248 56 76	
	Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	ORHANELİ / BURSA
	Tel : (0224) 827 64 71 Faks : (0224) 827 64 79	

Genel Müdürlüğe Bağlı

Silopi Kontrol Müdürlüğü, Göynük Kontrol başmühendisliği, Dodurga Kontrol Başmühendisliği,

Ray ve büyük boy profilde tek adresiniz...

KARDEMİR



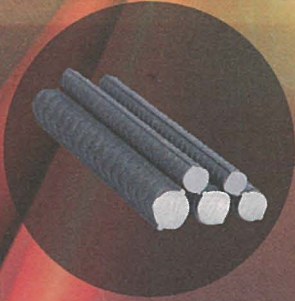
RAYLAR

72 metre boy a kadar
33 kg/m - 60 kg/m



I - PROFİLLER

IPE 140 - 550 mm
IPN 160 - 500 mm
HEA 120 - 260 mm
HEB 120 - 260 mm
HEM 120 - 260 mm



U - PROFİLLER

UPN 160 - 400 mm
UAP 150 - 300 mm

NERVÜRLÜ BETON ÇELİK ÇUBUKLARI

Ø 8 - 40 mm



KARABÜK DEMİR ÇELİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

78170 - KARABÜK / TÜRKİYE

TEL: +90 370 418 22 85 / FAX: +90 370 412 58 40

www.kardemir.com



EÜAŞ AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI ÇÖLLÖLÖR KÖMÜR SAHASI
AÇIK MADEN İŞLETMESİ PROJESİ
Türkiye'nin En Büyük Madencilik Projesi



* Proje Süresi: 28 Yıl * Sözleşme Bedeli: 4.296.112.500 YTL * 48.500.000 m3/Yıl Dekapaj * 17.250.000 Ton/Yıl Kömür Üretimi



PARK TEKNİK A.Ş.

SİM Söğütözü İş Merkezi Söğütözü Cad. No:14/D Beştepe / ANKARA Tel: 0 312 287 65 55 Faks: 0 312 285 53 83 Web: www.cinergroup.com.tr

BİR ciner KURULUŞUDUR

PENAmaden

www.penamaden.com

Havalandırma Fanları ve Aksesuarları

Havalandırma Fan Tüp ve Aksesuarları

Yeraltı Yükleyici Taşıyıcı Boşaltıcı Makineler (LHD)

Roadheader Tünel Makineleri

Jeoteknik Ölçüm ve İzleme Sistemleri

Maden ve Tünel Destek Sistemleri

Maden ve Tünel Kamyonları

Maden ve Tünel Mikserleri

Madenci Lambaları

Paletli Yeraltı Deliciler

Paletli Yüzey Deliciler

Islak Şatkirit Makineleri

Twinheader Kazıcı Ataçmanlar

Üstten Darbeli ve Delik Dibi Sistemler için Delici Takımlar

Merkez Ofis:

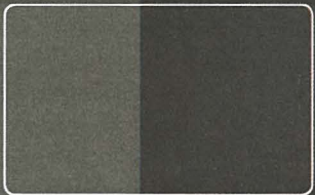
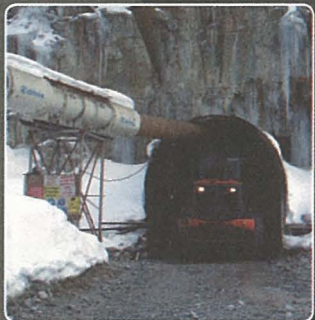
Koza Sokak No: 59 GOP 06700 Ankara
Tel: +90 312 443 00 70 Faks: +90 312 443 00 69

Ankara Servis:

İvedik Organize Sanayi Bölgesi 648. Sokak No:6 06370 Ankara
Tel: +90 312 394 62 64 Faks: +90 312 394 62 67

İstanbul Ofis:

İSTOÇ 2. Ada No: 122 İkitelli 34552 İstanbul
Tel: +90 212 659 76 20 Faks: +90 212 659 76 30



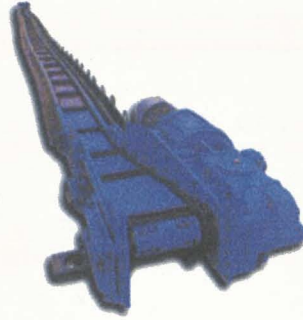
1976'dan beri çalışıyoruz.

ERKOM®



**HAVALI BURGU MOTORLARI,
DELİCİ TABANCALAR VE
KAYA DELİCİ TAKIMLARI**

**MADENCİ BAŞ LAMBALARI,
ZİNCİR KONVEYÖRLER,
AKÜLÜ VE DİZEL LOKOMOTİFLER**



**HİDROLİK MADEN DİREKLERİ,
HAVALANDIRMA FANLARI,
VE DİĞER YERALTI EKİPMANLARI**

ERKOM KOMPRESÖR MAKİNA İMALAT SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.

Merkez:
Alınteri Bulvarı, 17. Cad.No:29/E 06370 Oslım - Ankara / TÜRKİYE
Tel : +90 312 354 93 00 (10 hat) Fax : +90 312 354 93 10
<http://www.erkom.com.tr> erkom@erkom.com.tr

İstanbul Ofis:
Ali Nihat Tarlan Cad.Kahraman Sok.No:2/2 Bostancı - Kadıköy - İstanbul / TÜRKİYE
Tel : +90 216 362 42 00 - 361 21 24 - 361 21 29 Fax : +90 216 361 21 50

www.erkom.com.tr

1379 Sanayi Bölgesi

ERKOM®



Tünel ve Maden Jumboları

Yeraltı Kamyonları ve LHD'leri



Paletli Yüzey Delicileri

ERKOM KOMPRESÖR MAKİNA İMALAT SAN VE TİC.LTD.ŞTİ.

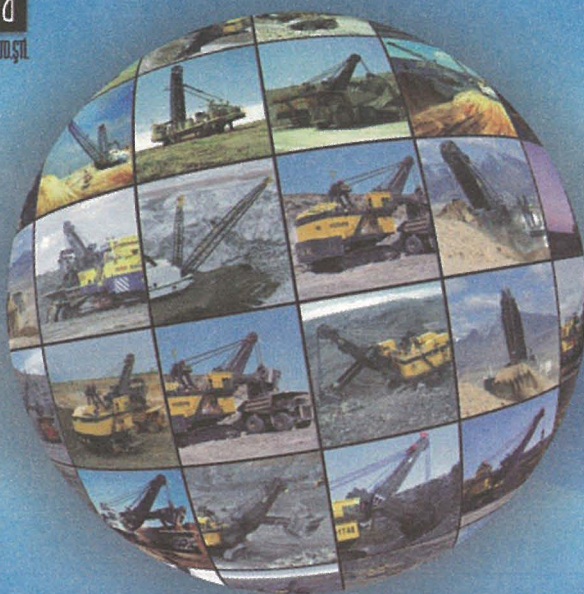
Merkez:
Alınları Bulvarı, 17.Cad.No:29/E 06370 Oslim - Ankara / TÜRKİYE
Tel : +90 312 354 93 00 (10 hat) Fax : +90 312 354 93 10
<http://www.erkom.com.tr> erk@erkom.com.tr

İstanbul Ofis:
Ali Nihal Tarkan Cad.Kahraman Sok.No:2/2 Bostancı-Kadıköy - İstanbul / TÜRKİYE
Tel : +90 216 362 42 00 - 361 21 24 - 361 21 29 Fax : +90 216 361 21 50

www.erkom.com.tr

IDEAL
makina

DEMİŞTAN MİNE MAKİNE TİC. LTD. ŞTİ.



Esat Caddesi No: 34/ 9 06660 K.Esat-ANKARA
Tel: 0.312.417 68 00 • Faks: 0.312. 418 94 85

Ant Group



Teknoloji Mühendislik İmalat Taahhüt San. ve Tic.Ltd.Şti.

E.Mail:info@antgroup.com.tr www.antgroup.com.tr

Sektörde **33** yıl

VAKUM TAMBUR FİLTRELER



VAKUM DİSK FİLTRELER



VAKUM BELT FİLTRELER



BELT PRES FİLTRELER



PRES FİLTRELER



KOYULAŞTIRICILAR



1.Fabrika / 1.Factory Çark Sanayi Sitesi Başak Sokak No:32 54100 Adapazarı
Tel: +90 264 274 5412, 278 06 87 Fax: +90 264 271 83 23

2.Fabrika / 2.Factory Kargalı Hanbaba 2. Organize Sanayi Bölgesi 3.Yol No:8
Hendek-Sakarya / TÜRKİYE

Tel: +90 264 654 59 45 / 46 / 47 Faks: +90 264 654 59 48

Alagözler

ŞİRKETLER GRUBU

- Asfalt Üretimi
- Beton Altyapı Tesisleri
- Yol Altyapı ve Üst Yapı İşleri
- Agregası İşleri
- Altyapı İşleri
- Üst Yapı İşleri
- Betonaj İşleri
- Sanat Yapıları
- Yol ve Ottoyol Yapımı



Kalitesiz
ISO 9001:2000



Alagözler ŞİRKETLER GRUBU
İNE, TAHI, YAPI HİZ. SAN. VE TİC. A.Ş.
BETON, İNE, TAHI, YAPI HİZ. SAN. VE TİC. A.Ş.
Tic. Sic. No: 272841/1 - T.C. M. M. K. S. No: 272841/1 - T.C. M. M. K. S. No: 272841/1
Tic. Sic. No: 272841/1 - T.C. M. M. K. S. No: 272841/1 - T.C. M. M. K. S. No: 272841/1

Kalitenin adresi...
Alagözler
ŞİRKETLER GRUBU



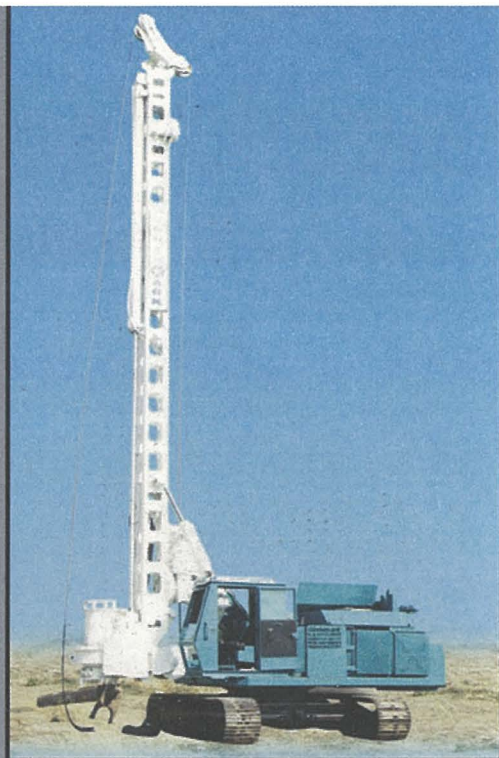
CAVUMA MERKEZ TEL : 0 372 615 74 12 FAX : 0 372 615 74 81 SİBE TEL : 0 372 557 01 54 FAX : 0 372 557 01 52
AYYAMAC SİBE TEL : 0 372 663 93 02 BARTIN SİBE TEL : 0 378 228 41 01 222 70 41 41 BETON İNŞAATLARI TEL : 0 372 23 70 27 28
info@alagozler.com

www.alagozler.com

GÜNGÖR YILDIZ

Group of Companies
ŞİRKETLER GRUBU

The Günhan Machinery and Drilling Industry in our group has been completed injection and drilling works over 1.500.000 meters in the dams and ponds in our country so far today as from its establishment date 1974



Services

- Groutings of dam curtains and covers
- Contact and consolidation groutings of derivation tunnels
- Boring for foundations, water and mine search
- Mini-piles and anchorage curtains
- Geological and geophysical studies
- Pilling Rig
- Tunnelling
- Engineering and Consulting services

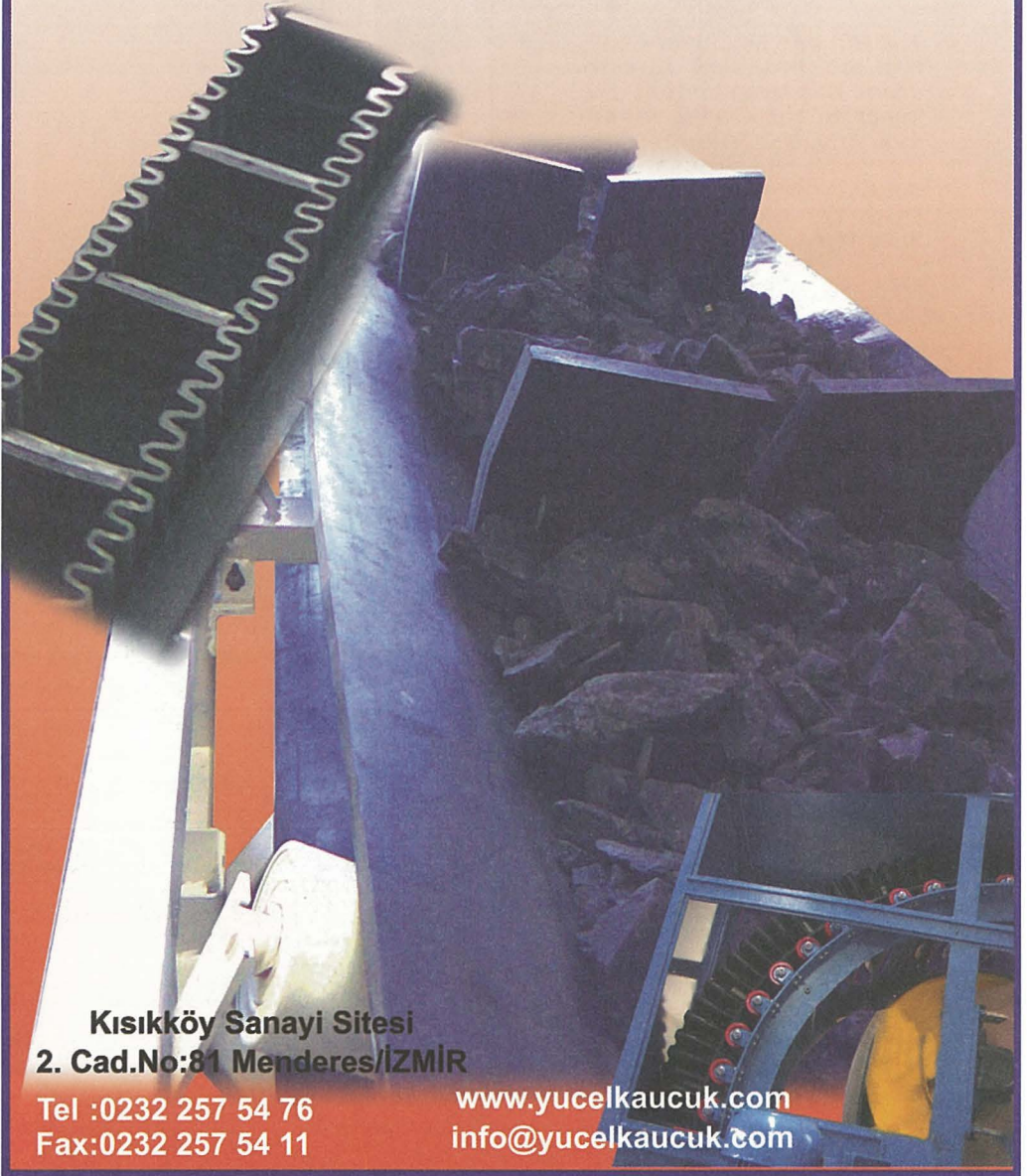
www.gunhanmakina.com

Günhan Machinery and Drilling Industry

Turgut Reis Caddesi Çatal Sokak 24/15 06570 Maltepe- Ankara - TÜRKİYE
Tel: +90(312) 231 67 32 • Fax: +90(312) 230 52 73 • gunhan@gunhanmakina.com
Factory: Kızılay Mh. Kazım Karabekir Caddesi No: 95-97 23050 Elazığ - TÜRKİYE
Tel: +90(424) 224 58 96 - 224 18 96 • Fax: +90(424) 224 15 13

YÜCEL

KONVEYÖR BANT



Kısıkköy Sanayi Sitesi
2. Cad.No:81 Menderes/İZMİR

Tel :0232 257 54 76
Fax:0232 257 54 11

www.yucelkaucuk.com
info@yucelkaucuk.com



ZİRVE MADENCİLİK
İNS. NAK. TAAH. PAZ. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ

Gazipaşa Cd. Yılmazlar İş Hanı Kat:1 No:7 ZONGULDAK Tel: 0.372251 91 51 Faks: 0.372 251 51 28
Bölüm Mh. Yeşilyayla Sk. No:3 / c KILIMLI / ZONGULDAK Tel: 0.372 265 27 56 Faks: 0.372 265 31 89

54. yılımız


Çaycuma
Süt®

"doğaya ve insana saygı"




Çaycuma Süt Ürünleri San.ve Tic.Ltd.Şti. 4.cad.O.S.B. Çaycuma Tel : 0 372 638 62 82 BPX
www.caycumasut.com.tr

KARBOMET Maden ve Liman Hiz. Tic. San. Ltd. Şti.



Değirmen Yanı Mevkii, Çatalağzı/Zonguldak
Tel: 0372 264 35 10 / Fax: 0 372 264 35 18
www.karbometmadencilik.com



4000-8000 kalori
her boyutta
kömür
satışı..

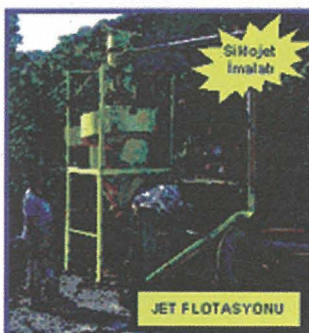


ÇİFT MAKARALI
AĞIR ORTAM SİSTEMİ

Çift Makaralı Ağır Ortam Ayırma Sistemi (ÇMS), 2009 yılında Karbomet Madencilik tarafından geliştirilmiş olan Türk yapımı bir kömür yıkama makinasıdır.

Bu makinede, in (150 mm) ve ince (0.3 mm) boyutlu kömür aynı anda yıkanabilmektedir. Bu bakımdan "Klasik Ağır Ortam Siklonlama" ve "Drewboy Teknesine" ihtiyaç duyulmamaktadır. 3 m'den küçük bir alanda 150 t/s'lik bir kapasiteye ulaşabilmektedir. Sistemden 3 ürün alınabilmekte ve ortalama %50-55 kumlu tivenan kömürden %5-10 kumlu temiz kömür elde edilebilmektedir. Atılan sistin kül içeriği ise en az %87 olmaktadır.

ÇMS makinasının patenti Karbomet madencilige ait olup, ayrıca "CE Belgesi" de bulunmaktadır.



JET FLOTASYONU

Silajet
İmalatı



Önce

Sonra

Elek
İmalatı

Firmamız, tivenan ve susuzlandırma eleleri üretimi yapmaktadır. Kullandığımız elek yüzeyleri Hein-Lohmann modüler elek sistemli olup, son teknolojiyi takip ederek üretmektedir.



Komple
Lavuar
Kurulumu

Laboratuvar Ölçekli Tüm Makineler



Bant
Konveyör

Hydroal Kon



Değirmen

KARBOMET MADEN... TEKNOLOJİ ÜRETİR



VELİOĞLU

MADENCİLİK
İNŞAAT
MİMARLIK

Ümit Velioğlu & Vahdettin Velioğlu

Atatürk Caddesi No: 68 Kilimli / Zonguldak Tel: +90 372 265 10 17 Fax: +90 372 265 13 38

