

**A**  
**işletme**



## GLt SOMA AÇIK İŞLETMELERİNDE DELME, ATEŞLEME, YÜKLEME VE TAŞIMA FAALİYETLERİNE İLİŞKİN ARAŞTIRMALAR"

Sabahattin GAZANFER\*

### özet

Büyük kazı ve yükleme araçlarındaki gelişmeler sonucu, maden işletmecileri daha derin rezervleri de açık işletme metodlarıyla çıkarmayı tasarlamaktadırlar. Ancak gittikçe büyüyen bu işletmeler, madencilik operasyonlarında bazı sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Ana amaç minerali minimum gider ile çıkarmak olduğundan, maden mühendisi elindeki araçları en yararlı biçimde kullanma zorunluluğundadır. Bu işe öncelik, her bir madencilik faaliyetini incelemek, gerekirse değişiklikler yapmakla mümkün olmaktadır.

Yazı, GLt Soma linyit açık işletmelerindeki ana operasyonları açıklamakta ve daha fazla araştırma veya dikkat gerektiren konular tanımlamaya çalışmaktadır. Ağırılık özellikle son zamanlarda ortaya güçlükler çıkaran ateşleme sorunuна yöneltilmiştir.

### Summary

With the development of large open-pit excavating and loading equipment, mine planners are gradually considering the possibilities of extracting deeper ore-bodies by surface mining methods. However, the gradual increase in the size of mines and machinery has brought about some problems associated with the mining operations. Since the prime objective is to produce mineral at a minimum cost, the mining

(\*) Maden Y. Mühendisi.

engineer is confronted with the problem of making the best possible use out of the equipment available to him. This can only be achieved by examining each and every operation that is taking place, and finding areas of improvement or total change.

This paper describes the operations at the GLJ Soma lignite open-pits in some detail and attempts to define the subjects which require closer attention or investigation. Focus is more directed towards the blasting operations with which the open-pits had been experiencing some difficulties.

## 1. Giriş

Genellikle yüzeye yakın cevher rezervlerinin çıkarılmasında uygulanan açık işletme metodları, artık daha derin cevher sahalarının işletilebilmesinde de inceleme konusu olmaya başlamış bulunmaktadır. Bahsedilen başlangıca, şüphesiz, yeraltı çalışma giderlerinin endişe verici bir oranda artması ve açık işletmecilikte kullanılan araç kapasite ve dezinayında limiti henüz kestirilemeyen gelişmeler sebebiyet vermiştir.

Yaklaşık olarak 430 mm çaplı lâğım deliği açabüen delici makineleri (1), ayda herbiri 3-3.5 müyon m<sup>8</sup> örtü tabakası kaldırabüen 170 m<sup>8</sup> kova kapasiteli draglayn (2) ve 137 m<sup>8</sup> kepçe kapasiteli shovel (3) yamısıra, 300 ton kapasiteye ulaşan kamyon (4) dizayn ve imalâtları dahi madencilik sahasındaki teknolojik gelişmelerin sınırlarını henüz çizememiştir.

Üretim maliyetinin asgariye indirilmesi amacım kapsayar bu gelişmelere paralel olarak uygun çalışma metod seçimi ve değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde tüm mekanizasyona geçmiş açık işletmelerin hayatları yeni ve adetleri az olmakla birlikte, yakın gelecekte "dev" açık işletme projelerinin gerçekleştirilmesine başlanacaktır. Hâlen çalışılmakta olan açık işletmelerden elde edüen hügi ve tecrübelerin hem söz konusu işletmelerin devamında, hem de başlanacak dev projelerin yatırma ve işletme etüdllerinde çok değerli bügi kaynağı olabüceği şüphe kabul etmeyen bir gerçektir.

Sanayileşme hamlesinde olan ülkemizde, açık işletme araçlarının büyük bir kısmı halen dış ülkelerden temin edilmektedir. Delme, ateşleme, yükleme ve taşıma gibi açık işletmeciliğin ana operasyonlarında çalışan ve herbiri en az birkaç milyon TL karşılığı ithal edilen iş makinelerinin daha bir süre dış ülkelerden temin edileceği gerçeği, adı geçen araçların en uygun biçimde seçimini zorunlu kılmaktadır. Aynı derecede zorunlu olan bir diğer husus ise, büyük yatırımlara ihtiyaç gösteren araçların en randımanlı biçimde kullanımı için elverişli çalışma koşullarının hazırlanmasında, tamir ve bakımlarında gösterilmesi gereken titizliktir.

Bu yazının amacı, GLİ Soma açık ocaklarındaki delme, ateşleme, yükleme ve taşıma faaliyetleri üzerinde yapılan araştırmalara ve elde edilen sonuçlara kısaca değinmektir.

### **1.1 Bölgenin Kısa Tanıtımı**

GLİ Soma yeraltı ve açık ocakları, Soma Dçesi'nin 7 km. güneyinde ve deni zeviyesininin 450-900 m. üzerinde bulunmaktadır. Kömür ana damarı Miosen marnın altında ve taban kili üzerinde 15-22 m. kalınlık ve 15-30 derecelik yatımla kuzey-güney doğrultusunda uzanır. Bölge jeolojisi (5) ve kömür rezervleri hakkında yeterli bilgi mevcuttur.

Ana panolar Kısırakdere, Elmalı Batı ve 5 No Vinç Topuğu panoları olup, toplam 99 milyon m<sup>8</sup> örtü tabakası ve 21 milyon ton kömür ihtiva etmektedir. Toplam kömür rezervi yeraltı ocağı dahil 39 milyon ton civarındadır. Açık ocakların yıllık dekapaj toplamı 3.5 milyon m<sup>8</sup> (yerinde) ve kömür üretimi 800 000 ton üzerindedir. Yeraltı kömür üretimi yılda 600.000 tona yaklaşmaktadır.

Açık ocaklardaki faaliyetleri iki bölüme ayırmak mümkündür:

- A) Dekapaj (genellikle marn olan örtü tabakasını kaldırma)
- B) İstihsal (kömür üretimi).

Dekapaj faaliyetleri delme, ateşleme, yükleme, taşıma ve dökme olmak üzere beş safhada yapılmaktadır. Dekapaj safhasında kullanılan araçlar ve ek bilgiler Tablo I'de, kömür üretiminde kullanılanlar ise Tablo II'de gösterilmiştir. Kömür lâğım-lama yapılmadan kazı ve yüklemeye elverişli olduğundan üretimde delme safhası yoktur.

T A B L O I

G.L.İ. Soma Açık işletmesi'nde Kullanılan Araçlar

D E K A P A J						
	Marka/Model	E/D	Güç	Kapasite	Adet	Açıklama
D E L M E	IR DRILLMASTER DM3	D	205 HP	6"Ø	1	Down-hole
	PAILING RB-25	D	205 HP	6"Ø	1	Rotary
	HAUS-HERR 20KH <sub>y</sub>	E	132 KW	150mm Ø	2	Rotary
Y Ü K L E M E	M. EXPORT 3KF 460	E	250 KW	6 yd <sup>3</sup> kepçe	2	Shovel
	MARION III.M	E	148 KW	4 yd <sup>3</sup>	4	Shovel
T A Ş I M A	TEREX R-45	D	530 HP	45 ton	10	Damperli
	BELAZ	D	370 HP	28 ton	8	Damperli
	EUCLID 46 TD	D	310 HP	22 ton	12	Damperli
T A Ş I L I	JOY Kompresör	E		15m <sup>3</sup> /dak	1	Seyyar
	ATLAS "	D		4.8 "	1	Seyyar
	CATERPILLAR D-8	D	225 HP		2	Paletli
	CATERPILLAR D-8H	D	270 HP		4	Paletli
	DET 250 /	D-E	300 HP		3	Paletli
	PAYDOZER HI D-120	D	370 HP		1	Lâstik te.
	AUSTIN-WESTERN	D	106 HP		1	Grayder
	VOLVO VHK 115	D	110 HP		2	Grayder
	AVELING-BARFORD	D	110 HP		1	Grayder
	LIMA Vinç	D		26 ton	1	Seyyar
	MACK TRAILER	D		40 ton	1	
Sulama kamyonu	D			2		

E = Elektrikli D = Dizelli

T A B L O I I

G.1.1. Soma Açık İşletmesi'nde Kullanılan Araçlar

Ü R E T İ M						
	Marka/Model	E/D	Güç	Kapasite	Adet	Açıklama
Y	LIMA 1601	D	300 HP	4 yd <sup>3</sup>	1	Shovel
Ü	BUCYRUS-E 54B	D	180 HP	2.5 "	1	Shovel
K	DEMAG B 310	D	140 HP	2 "	1	Shovel
L	CAT 944A	D	110 HP	2 "	1	Lâstik teker.
E	CASE	D	105 HP	1.5 "	1	Paletli
M						
E						
T						
A	EUCLID 46TD	D	310 HP	22 ton	10	Damperli ve kasalı
Ş						
I.						
T	CATERPILLAR D-7	D	150 HP		1	Paletli dozer
A	EINCO	D	105 HP		1	Paletli dozer
L	Mazot kamyonu	D			1	
İ						

E = Elektrikli D = Dizelli

Fotoğraf l'de Kısırkdere Batı panosu görülmektedir. Dekapaj faaliyetleri yatay dilimler halinde kömür aynasına (kuzeye) doğru ilerleme şeklinde olmakta, döküm sahası güneyde yer almaktadır. Sağ tarafta görülen delici makine, bir sonraki yatay dilim hazırlığı için ara kademeli delmeler yapmaktadır.

## 1.2 Araştırma Konularının Tanıtımı

Aşağıda sıralanan araştırma konuları özellikle dekapaj faaliyetlerinde ortaya çıkan sorunların çözümüne yöneltilmiştir.

A) Delme ve ateşleme faaliyetlerinde karşılaşılan güçlüklerin tanımı ve bunların çözümüne ilişkin teorik ve pratik araştırmalar.

B) Yükleme ve taşıma faaliyetlerinde karşılaşılan sorunların tanımı ve çözüm imkânlarının araştırılması.



Fotoğraf 1 — Kısakdere Batı Panosu (GLİ - Soma)

C) Açık işletme faaliyetlerinde direkt görev alan araçlar ve bazı aksamalarının performans değerlendirmesi ve araç seçimi de dikkat edilmesi gerekli hususların tanımı.

Yazıda (A) ve (B) maddelerindeki faaliyetler sıra ile incelenecek, (C) maddesinde belirtilen performans değerlendirmeleri ise söz konusu makinenin bağlı bulunduğu faaliyet dalında açıklanmaya çalışılacaktır.

Soma açık ocakları için araştırma gerektiren şevlerin stabilitesi konusuna bir diğer yazıda değinilmişti (19).

### 1.3 Genel Tanımlar

Genel bir ifade ile, açık işletme araçlarının performans değerlendirmeleri, çalışmalar esnasında tutulan raporlardan veya kronometrajlardan elde edilen verilerin anlam kazandıracak biçimde özetlenmesi demektir, özetlemenin belli bir baza ve çoğunlukla kabul edilen şekle göre yapılması, işletme içerisinde aynı görevde bulunan araçlar arasında kıyaslama imkanı sağladığı gibi, benzer işletmelerdeki makinelerin performansları hakkında da fikir edinmeyi kolaylaştırır. Eğer;



- W = Makinenin fiili olarak çalıştığı saatler toplamı,  
 S = Makinenin (yürüyüş, yağlama, hava muhalefeti vs. den dolayı) durma saatleri toplamı ve  
 R = Makinenin arızalanma, tamir ve koruyucu bakımlarında geçen saatler toplamı ise, Mekanik Kullanım Faktörü (Mechanical Availability) :

$$\mathbf{MKF} = \frac{\mathbf{W + S}}{\mathbf{W + R + S}} \dots\dots\dots (1)$$

olarak tanımlanır Literatürde (özellikle Amerikan literatüründe) bazen;

$$\mathbf{MKF} = \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{W + R}} \dots\dots\dots (2)$$

formülüne de rastlanmakta, fakat zaruri durmaların 'S' nin çok yüksek değerler aldığı yerlerde (1) No'lu formül kullanılmaktadır.

(1) No'lu formülden anlaşılacağı gibi MKF, makinenin plânlanmış saatlere göre çalışmaya hazır durumunu göstermektedir. Fakat makine çalışmaya hazır saatler içerisinde çeşitli durmalara mecbur kaldığından bazı kayıplara yol açmaktadır. Bu özelliğin dikkate alınması, bir diğer faktörün tanımını gerektirmektedir. İşletme Faktörü (Job Operation Factor) olarak bilinen bu faktör;

$$\mathbf{IF} = \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{W + S}} \dots\dots\dots (3)$$

şeklinde formüle edilebilir. (1.) ve (3) No'lu formüllerin çarpımı Genel Randımanı (Overall Efficiency) vermektedir. Böylece :

$$\mathbf{GR} = \frac{\mathbf{W + S}}{\mathbf{W + R + S}} \times \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{W + S}} \dots\dots\dots, \text{veya}$$

$$\mathbf{GR} = \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{W + R + S}} \dots\dots\dots (4)$$

bulunmuş olur.

(4) No'lu formülden görülebileceği gibi Genel Randımanı bulmak için sadece makinenin fiili çalışma saatlerini bilmek yeterlidir. Çünkü (W + R + S), makinenin plânlanmış çalışma saatleri toplamıdır. Genel randımanı arttırmak için makinenin kullanılmadığı saatlerin analizini yapmak ve analiz neticelerine göre belli yönlerde daha etkili tedbirler almak ancak ayrıntılı verilerle mümkün olduğundan, sadece fiili çalışma saatlerini kaydetmek işletmecilik açısından faydasızdır. Bu nedenle, Soma açık ocaklarında kullanılan araçlara ait günlük kayıtlarda, W, R ve S değerleri ayrı ayrı belirtilmektedir.

## 2. Araştırmalar

### 2.1 Marnın Jeoteknik Etüdü.

Dekapaj ana faaliyetleri genellikle marnın delinme, ateşlenme, yüklenme ve taşınması olduğundan, bu kayanın jeoteknik özelliklerinin bilinmesi araştırmaların başlangıç konusunu teşkil etmelidir.

Arazide yapılan incelemelere göre marn, kömür yatımına paralel olarak, yatayla 15-30 derecelik açı yaparak kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır. Yatımdaki değişimler ara faylardan üeri gelmektedir. Ana tabakalaşmalar, yatıma dik doğrultuda çatlaklarla 6-10 m aralıklarla kesilmiştir. Tabaka kalınlıkları 30 cm - 2 m arasında değişmekte olup çatlak yüzeyler bazen killi, fakat genellikle pürüzsüz ve ara katkısızdır.

Marn, koyu gri, sarımsıtrak, kırmızımsıtrak ve açık kahverengi renkleri arasında değişmekte, genellikle açık kahverengi ve gri renklerinde olanlar uzun süre hava ile temas halinde kaldıklarında çatlamaktadırlar. Diğer bilgiler:

Sertlik . . . . . = 3.5 — 4

Özgül ağırlık . . . . . = 2.2 — 2.9 ton / m<sup>3</sup>

Kabarma faktörü . . . . . = 1.3 — 1.35

Sismik hız . . . . . = 3000 — 9000 ft/sn.

### 2.1.1. Baskı Mukavemeti Deneyleri

Ateşleme konusunda görüleceği gibi kayanm kırılmasında daha ziyade çekme gerilimli dalgalar rol oynamaktadır. Bu nedenle, ateşleme hesaplamalarını yapabilmek için kayanm çekme mukavemeti hakkında fikir edinmek gerekir. Ancak, çekme mukavemetleri testlerini yapmaya yarayan deneysel araçlar bölgede bulunmadığından, marnın baskı mukavemeti ölçülüp sonradan çekme mukavemetini hesaplama yoluna gidildi. Elde edilecek baskı mukavemeti değerlerinin, aynı zamanda, marn içerisinde sürülen yeraltı galerilerinin stabilite hesaplamalarında da faydalı olabileceği düşünüldü.

Baskı mukavemeti ( $S_c$ ) üe çekme mukavemeti ( $S_t$ ) arasında bir bağıntı varlığı ve ( $S_c$ )'nin yaklaşık olarak 10 ( $S_t$ )'ye eşit olduğu deneysel yollardan saptanmıştır (6), (7).

Deneyler GLt Soma Atölyelerinde mevcut 135 ton kapasiteli hidrolik baskı maküesi kullanılarak yapılmıştır. Numuneler değişik yerlerden, sert orta ve yumuşak marnı temsil edebilecek şekilde seçülmüştür. Elmas uçlarla kare prizması biçiminde işlenmiş altı adet marn numunesi üzerinde yapılan deney neticeleri Tablo UTte özetlenmiştir.

Marnın. Baskı Mukavemeti Deneyleri

Deney No'su	Numune boyutları Cm <sup>2</sup>	Baskı alanı Cm <sup>2</sup>	Kırılma yükü (Ton)	Baskı mukavemeti (Kg/Cm <sup>2</sup> )	AÇIKLAMA
1	15x15x11	225	120	533,3	Sert marn
2	15x15x17	225	115	511,1	Sert marn
3	16x16x20	256	130	507,8	Sert marn
4	15x15x12	225	100	444,4	Orta sert marn
5	16x16x16	256	75	292,9	Orta (Çatlaklı)
6	15x15x11	225	70	311,1	Yumuşak marn

Deneylerin amacı, marnın baskı mukavemeti hakkında değerler elde etmek olduğundan, burada deneysel değerlerin kaya

mekaniği açısından ayrıntılı yorumlanması yapılmıyacaktır. Sadece numune yüksekliği arttıkça baskı mukavemetinde azalma görüldüğü belirtilmekle yetinilecektir. (5) No'lu numune orta sertlikte olmasa rağmen, içerisinde bir çatlağı ihtiva etmesinden dolayı baskı mukavemeti dikkate değer bir azalma göstermektedir.

Marnın baskı mukavemeti hakkında gerçeğe yakın bir değer elde edebilmek için deney sayısının yeterli olmadığı kabul edilmekle birlikte, aşağıdaki değerlerin hesaplamalarda ciddi yanlışlıklara sebebiyet vermiyeceği sonucuna varılmıştır.

Mart (sert)	=	480 kg/cm <sup>2</sup>
Marn (orta)	=	420 kg/cm <sup>2</sup>
Marn (yumuşak)	=	330 kg/cm <sup>2</sup>

## 2.2. Delme ve Ateşleme Sorunu

Soma havzasında kömür ana damarım örten marn tabakaları ancak ateşleme üe gevşetildikten sonra yüklemeye elverişli duruma gelmektedir. Gevşetilme derecesinin iyi veya kötü oluşu diğer safhaları doğrudan doğruya etküemektedir. Günlük dekapaj miktarının artma veya azalmasında en büyük rolü oynayan bu faktör, aynı zamanda yükleyici makinelerin erken aşımma veya beklenmedik arızalanmalarında da suç ortağı addedümektedir.

Yazarın gezip gördüğü, Tunçbüek, Seyitömer, Dursunbey ve Orhaneli kömür sahalarındaki marn ile aynı yaşta olduğı sanılmakla birlikte, sertlik bakımından benzerine rastlanmayan Soma marnı, birim hacim gevşetme için en fazla patlayıcı maddeyi gerektirmektedir.

Dekapaj faahyetlerinin çok yoğun olduğı yaz aylarında aylık ateşleme giderleri 1 müyon TL civarındadır. Ateşleme giderlerinin gerçekten küçümsenmeyecek oranda ihtiyaç gösterdiği açık işletmede, ekskavatörlerin yüklemeye sık sık kazı güçlüğü üe karşı karşıya kalması, çalışma temposunun yavaşlamasına ve ikinci bir kırma safhasının uygulanmasına yol açmaktadır. Bahsedilen ikinci kırma safhası .ekskavatörlerin yükleme yap-

tığı ayna tabanının kopartılmayan kısımlarına marito-perforatörler ile delinen 2" çaplı deliklerin ateşlenme ameliyesidir. ikinci kırma safhasının dahi bazen arzulan sonuca verememesi delme ve ateşleme faaliyetleri üzerinde ayrıntılı araştırma gereğini ortaya koydu.

### 2.2.1. Biperleme Olanakları

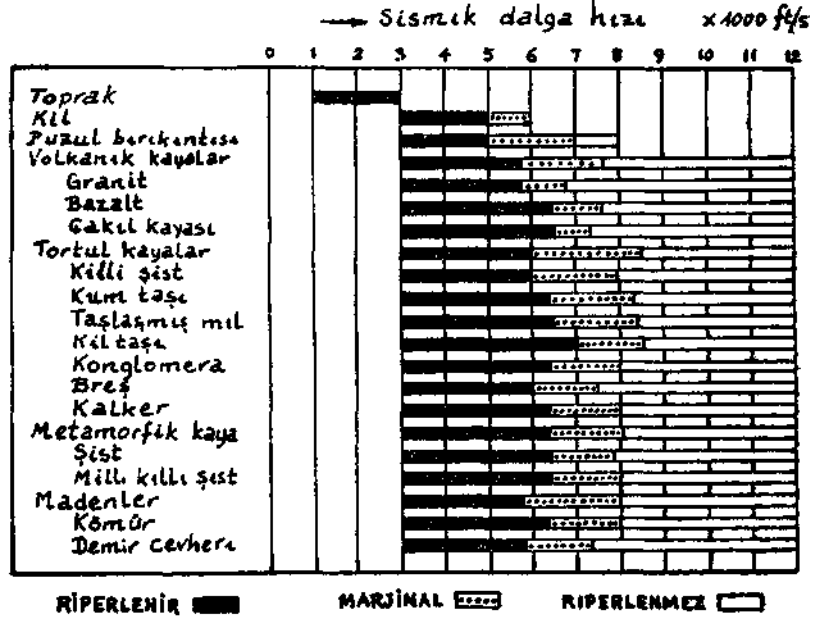
Son yıllarda birçok açık işletmelerde delme ve ateşleme yerine ripperleme usulünün uygulanma teşebbüsleri, ripperlemenin avantajları üzerinde değişik yorumların doğmasına sebebiyet vermiştir (8). Bazı işletmelerce ripperlemenin, delme ve ateşleme giderlerinin %50'sine mal olduğu iddia edilmektedir.

Soma Bölgesi'nde Miosen marnın ripperlenme imkânları 1968 yılında araştırılmıştır (9). Minnetech. Lab. Inc. Geophysical Specialities Division tarafından imal edilmiş MD3 Modeli sismograf ile ölçülen sismik hız değerleri 3500 - 6000 ft/sn (1100 - 1800 m/sn) arasında değişmiştir. Değerler sadece dört adet teste dayanmaktadır. Çok sert marn tabakaları da hesaba katılırsa, marnadaki sismik hızın 3500 - 9000 ft/sn (1100 - 2800 m/sn) arasında değiştiği söylenebilir.

Bilindiği gibi kaya sertliği ve yeknesaklığı arttıkça, sismik hız değerleri de yükselmektedir. Hernekadar, bu değerler bazı imalatçı firmalara göre ripperlenebilme sınırları içerisinde ise de (10) (Şekil 1), işletme sistemi üzerinde karara varılırken sismik hız yanısıra kaya tabaka kalınlığının da hesaba katılması gerekmektedir. Bölgede marn tabaka kalınlığının 30 cm - 2 m arasında değiştiği düşünülürse, ripperlemenin güçlüğü kendiliğinden ortaya çıkar. Genel olarak, kaya formasyonu ;

- (i) masif ve/veya homojen ise,
  - (ii) zayıf düzlemleri ihtiva etmiyorsa,
  - (iii) ince taneli olup bir etkenle çimentolaşmışsa,
  - (iv) basma, çekme ve kesme mukavemeti yüksek ise,
- ripperleme yerine lâğımlama metodunun seçilmesi daha uygun görülmektedir.

Şekil 1. Sismik dalga hızlarına kıyasla riper performansı(10).



### 2.3 Delme

Delme safhasında çalışan makineler Tablo I'de görüldüğü gibi dört adettir. 1972 yılı günlük delme raporlarından ve kronometraj değerlerinden elde edilen performans değerlendirmeleri Tablo IV'de özetlenmiştir. Delicilerin MKF, İF ve GR değerleri, sırasıyla (1), (3) ve (4) No'lu formüllerden hesaplanmıştır. Hava muhalefetinden dolayı çalışılmayan saatler toplamı zaruri durmalar olarak düşünülmüştür.

#### 2.3.1. Mekanik İncelemeler

Ana motorlar, Haus-Herr'lerde elektrikli, Drillmaster ve Failing delici makinelerinde ise dizellidir. Bilindiği gibi, yürüyüş motorları, matkap motoru, kompresör ve diğer kumandaların hareketleri ana motor tarafından sağlanmaktadır. Soma Bölgesindeki tecrübelerle göre elektrikli delici makineler, dizellilere kı-

T A B L O VI

Delici Makine Performansları (1972)

Delici Makinalar	Paalı Ç.	Arıza	Z.durma	H.K.F.	I.F.	G.R
	Saat	Saat	Saat	%	%	%
1- Haus Herr	2846	1302	716	73,3	79,2	58,1
2- Haus Herr	1579	1709	667	56,7	70,3	39,9
3- Drillmaster	3407	787	679	83,8	83,3	69,9
4- Failing x	441	300	86	63,7	83,6	53,3

x = Haziran ve Temmuz aylarına göre

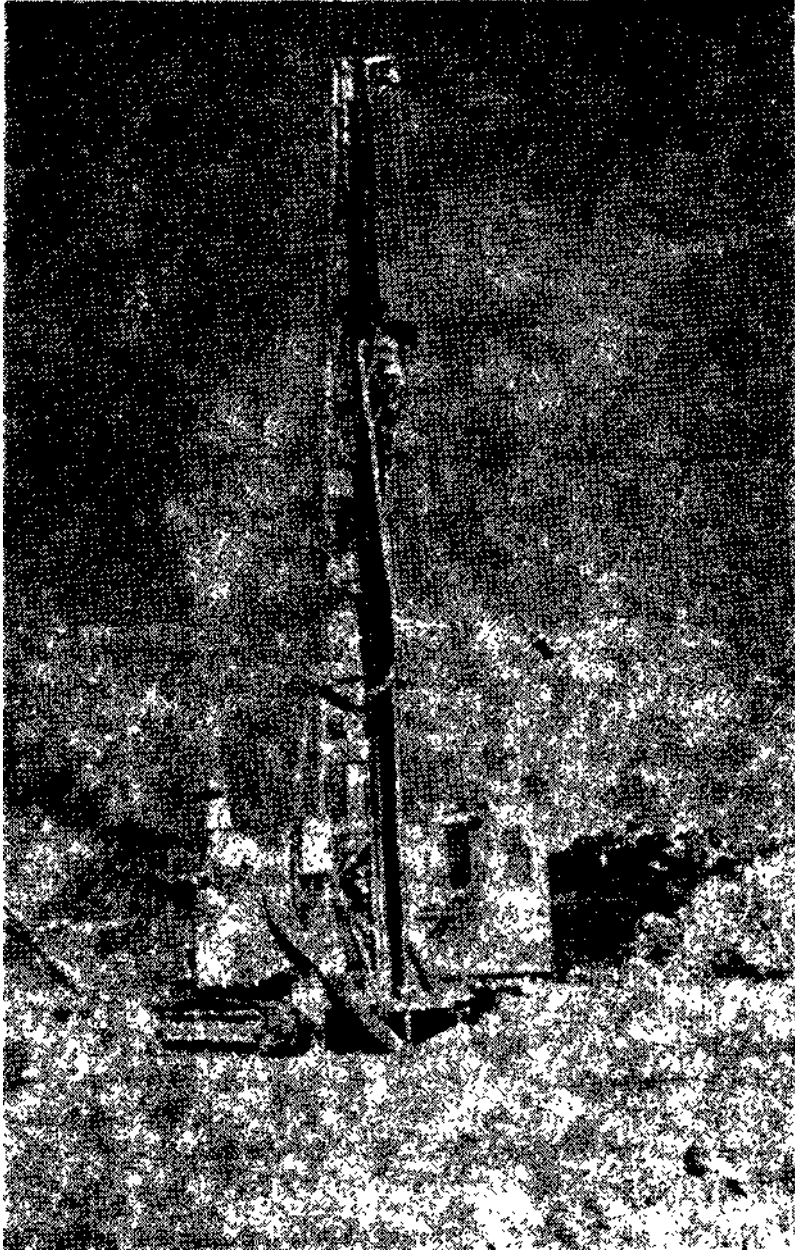
H.K.F. = İlekanık Kullanım Faktörü

I.F. = İşletme Faktörü

yaşla basit yapıya sahip olup daha az işletme giderleri gerektirmektedirler. Diğer taraftan, dizelli makineler daha fazla hareket serbestisine hais olduklarından panolar arası nakillerde kolaylık sağlamakta, dolayısıyla bazen elektrikli delicilere tercih edilmektedirler. (Fotoğraf 2'de bir dizelli delici makinenin çalışması görülmektedir.)

Delici makinelerin yürüyüşleri hidrolik motorların harekette geçirdiği paletler yardımıyla olmaktadır. Uzak mesafeler veya katlar arası nakillerde makine kulesi yatay duruma getirildikten sonra yürüyüşe geçmekte, kulenin inip kalkmasını sağlayan iki adet hidrolik silindir aynı zamanda eğimli delmelerde destek kolları vazifesini görmektedir. Delme işlemine başlamadan önce makinenin dengelenmesi için Haus-Herr'lerde ve Drillmaster'de dört, Failing'de ise üç adet hidrolik ayak mevcuttur. Bu ayaklar aynı zamanda delme anında yükün paletler üzerine gelmesini önlemektedir.

Matkap motorlarının baskı ve dönüşünü hidrolik pompalar sağlamakta, hareket kaynağını ana motordan alan kompresör-



Fotoğraf 2 — Dizelli delici maldne çalışma anında (GLİ - Soma)



lerden elde edilen basınçlı hava, hortumlarla tij içerisinde delici uçlara iletilmekte ve kaya parçacıkları delikten dışarıya atılmaktadır. Hareketi yine ana motor tarafından sağlanan toz kolektörü ise deliğin başına kadar uzanan hortum yardımıyla kaya parçacıkların delik yakınında biriktirmekte, tozu ise atmosfere püskürtmektedir. Biriken kaya parçacıkları sonradan sıkılama dolgusu olarak kullanılmaktadır.

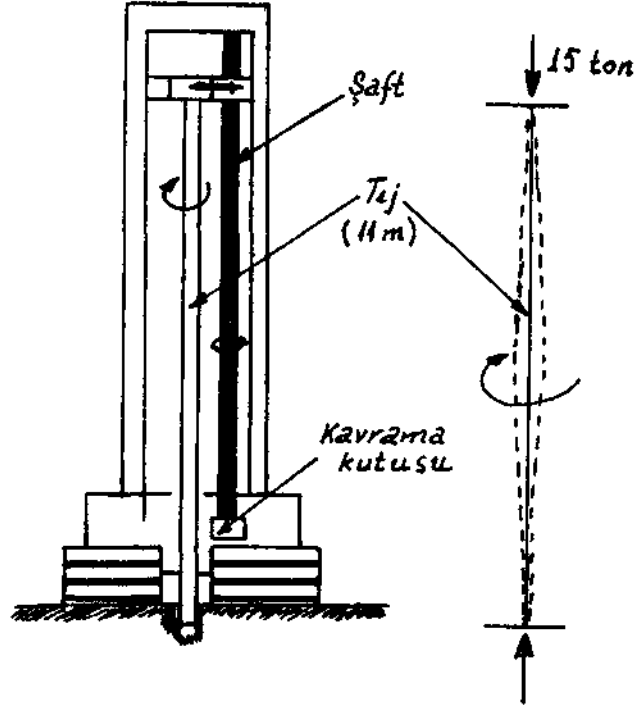
Failing delici makinesinde matkabın dönüşü değişik bir çalışma sistemine göre hazırlanmıştır. Ana motorun döndürdüğü yatay şaft, hareketli dişli ve kelepçeli kavramalar yardımıyla kule üzerindeki şafta üetmektedir. Bu şaft ise dişliler vasıtasıyla kendisine paralel bulunan tiji döndürmektedir. Ana motordan kavramalar ile tije direkt hareket getiren, dolayısıyla matkap motorunun kompleks yapısını ortadan kaldıran bu mekanizma ügüç bir dezayna sahip olmakla birlikte, aşağıda açıklanmaya çalışılacak bazı güçlüklerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir.

Şekü 2'de şematik olarak görüldüğü gibi, delme başlangıcında şaft-tij bağlantısı en üst seviyede iken, delici ucu taşıyan tije yaklaşık olarak 15 tonluk yük gelmektedir .Bu yük altında 11 m boyundaki tij, orta kısmında değeri maksimum olan elâstik bükülmeye uğramaktadır. Bükülmenin bir etkisi olarak, dönme anında tijde salgı meydana gelmekte .eksentrik delme neticesi bağlı bulunduğu şaft ile ritme girip giderek artan bir sarsıntı doğmaktadır. Tijde önceden mevcut olabilecek herhangi bir eğrilik ise bu sarsıntıyı endişe yaratacak seviyeye yükseltmektedir. Uçlar sert marn üe karşılaştığında, kayanın direnci dönme momentini yenmeye çalışmakta ve ilerleme hızı düşmektedir. Böyle anlarda operatörün vereceği üâve dönme momenti veya yük, tijin kırılmasına sebep olmaktadır.

Kırılma delik içerisinde ise, tijin ve uçların kurtarılabilme olanağı yok denecek kadar azdır. Kırılma delik dışarısında olmuşsa, kırılan kısmın kaynak yapılması veya tijin değişmesi çalışmaların aksamasına ve malzeme kaybına yol açmaktadır.

Benzer mekanizma ile çalışan delici makine seçiminde, şaft ve tij boylarının aşırı sarsıntıyı yaratacak uzunlukta olmama-

sına dikkat edilmesi gerektiğini Soma'daki tecrübelerimiz neticesinde öğrenmiş olduk. Seçim yapmadan önce makine performansının benzer arazide incelenmesi şüphesiz en emniyetli ve en garantili yoldur.



Şekil 2. Uç dönme mekanizması ve tej kırılma nedeni.

Delici uç tarafından kesilen kaya parçacıklarının basınçlı hava ile dışarıya atılma ve kollektör tarafından emilme işlemlerindeki aksaklıklar delme hızını etkileyen faktörler arasındadır. Delici uçlar arasındaki deliklerden geçen hava basıncı ve kollektör emme gücü yeterli olmayınca dışarıya atılamayan kaya parçacıkları uçların ilerlemesini engellemektedir. Bölge tamir atölyelerinde imal edilen ve hareket mekanizmasını kayış yar-

dimiyla ana motordan alan büyük bir toz kollektörü emme güçlüklerini yenmiştir.

Delici makinelerde karşılaşılan diğer arızalar, genellikle yürüyüş motorlarından, palet kopmalarından ve hidrolik yağ kaçaıklarından doğmaktadır. Yazıda bunların ayrıntılı açıklamasına lüzum görülmemiştir.

### 2.3.2. Delme Hızları

Delme hızları üe ilgili veriler arasında yapılan kronometraj neticelerinden elde edilmiş ve Tablo V'te özetlenmiştir. Ortalama hızlar, delici makinelerin delik başına yavaşlama, dengeleme, tij ekleme ve tij çıkarma gibi zamanlar da hesaba katılarak bulunmuştur.

Yıllık programlar Haus-Herr'lerin ortalama 25 m/saat, Drillmaster'in 15 m/saat hızda delme yapabüceğı kabul edüerek hazırlanmaktadır.

Haus-Herr uçları üç kademeli kesme yapmaktadır. Birinci uç 25 mm 0, ikinci uç 125 mm 0 ve üçüncü uç 150 mm 0 h ilerleme sağlar. Çamurlu veya çatlak arazide üç kademeli delme yapabilen döner (rotary) uçları kullanmak faydalı neticeler vermiştir. Aynı arazide darbeli uçlar sıkışmakta, dolayısıyla ilerleme hızı düşmektedir.

Döner makaralı uçlar orta sertlikteki arazide başarıyla kullanılmıştır. Delici uçtaki dişler iki ve az sayıda olunca sert marn-da ilerleme kolaylaşmakta, fakat dişler küçük ve çok sayıda ise çabuk kırılıp aşındığından ilerleme hızı düşmektedir. Tablo V'te ayrıca uç ömrü ve büenme ihtiyaçları gösterilmiştir. Değerler arazi cinsine bağılı olduğundan kesin rakkamlar vermek imkân-sızdır.

### 2.3.3. Otomatik Delici Makineler

Yükleme ve taşıma araçlarındaki son gelişmelere paralel olarak, delici makinelerinde de yenilikler yapma zorunluluğı doğmuş ve bazı büyük imalâtçı kuruluşlar kompüter kontrollü delme yapabilen makineler geliştirmişlerdir (1).

T A B L O V

Delici Makinelerin Ortalama Delme Hızları ve Uç Ömürleri

Delici Makine	Delme hızı, m/dk			Delik boyu (m)	Delik Çapa	Uç Cinsi	Uç Ömrü (m)	Bilenme ihtiyacı (m)
	Mara Cinsi							
	SERT	ORTA	YERİNE					
1- Haus-Herr	23.2	25.2	33.4	14	150 mm	Rotary Dragbit	1900-2200	300-350
2- Haus-Herr	20.4	23.3	30.1	14	150 mm	Rotary Dragbit	1900-2200	300-350
3- Drillmaster	12.0	15.1	18.2	9	6 inç	Harbeli K&G tipi	2300-2600	300-400
4- Felling	26.5	30.8	38.7	10	6 inç	Rotary Rockbit	1600-1800	Bilenmez

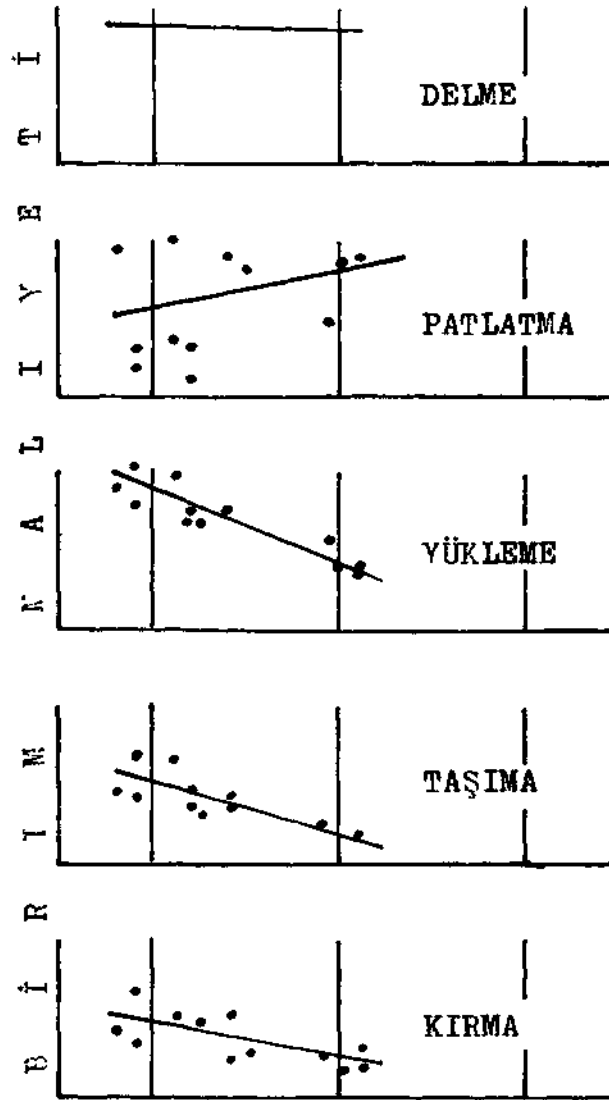
Not: Haus-Herr'ler çift tij ile  $2 \times 8 = 16$  m delerler.

Delme işlemi sırasında uçların zamansız aşınması veya diğe ranzalar, rotari tork, rotari hız, uçlara iletilen yük, hidrolik basıncı ve hava basıncı gibi daha birçok faktörlerin operatör tarafından ayarlanamamasından ileri gelmektedir. Bilgisayar kontrollü delici makinelerde bu faktörlerin limitleri ve faktörler arası bağıntılar önceden programlanmış olarak makinenin elektronik kontrol kısmında belirlenmekte, delme sırasında değişen faktörlerin bu limitler arasında kalması otomatik kumandalarla sağlanmakta, böylece operatörün hatalı veya gecikmiş müdahalesine yer verilmemektedir.

ABD'deki bazı açık işletmelerde bilgisayar kontrollü delici makineler çalıştırılmağa başlanmasına rağmen, yaygın bir uygulama sahası bulabilmesi için zaman henüz erkendir. Açık işletmelerimizde bu tür delici makinelerini görmek her ne kadar şimdük söz konusu değü ise de, diğer ülkelerdeki uygulama sonuçlarını ve gelişmelerini takipte fayda vardır.

#### 2.4. Ateşleme

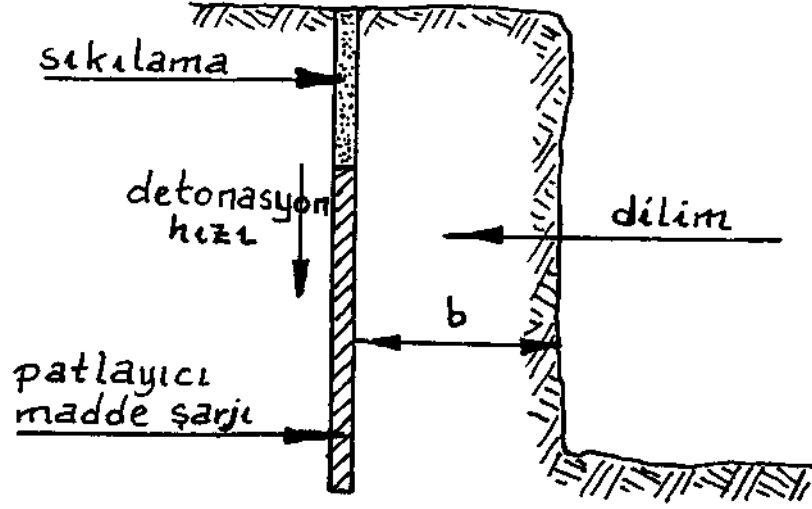
Delme, ateşleme, yükleme, taşıma ve cevher hazırlama gibi madencilik ana operasyonlarının birbirleriyle yakından bağlantılı oldukları açık işletme uzmanları tarafından sık sık iddia edilmektedir. Denüebilir ki, sadece ateşleme giderlerinde bilinçli olarak yapılacak ek harcamalar, diğer ana operasyon giderlerini asgariye indirmeye yeterlidir. Şekü 3'te malzeme gevşetilme



MALZEME KIRILMA DERECEŚİ

Şekil 3. Malzeme kırılma derecesinin ana operasyonlara birim maliyet açısından etkisi (11)

derecesinin ana operasyonları birim maliyet açısından nasıl etkilediği görülmektedir (11).



Şekil 4.

#### 2.4.1. İnfilâk Mekanizması

Patlayıcı maddeler infilâk yolu ile yüksek ısıda gazlara dönüştüğünde, bu gazlar civarlarına yüksek basınç uygulayıp "iş" yapma gücüne sahip olurlar. Diğer bir deyimle, patlayıcı maddedeki kimyasal enerji detonasyon neticesinde başka tür enerjiye dönüşür. Bunlar;

- (i) Isı,
- (ü) Sismik enerji (gerilim dalgaları),
- (iii) Yeni surf az enerjisi (fragmantasyon),
- (iv) Kütle kinetik enerjisi (atım,) ve
- (v) Şok ve gürültü (hava infilâkı) olarak sıralanabilir.

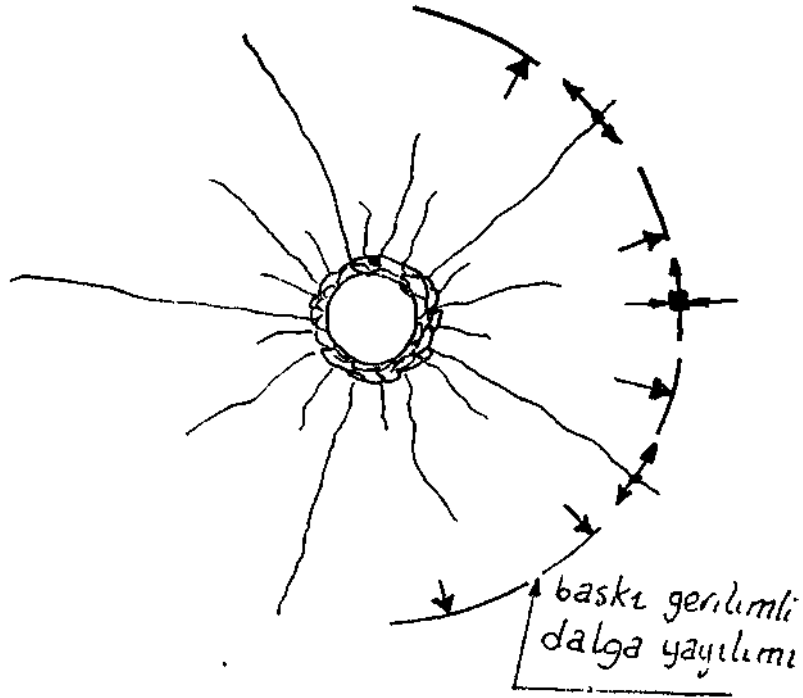
Yukarıdaki enerji türlerinin bazıları faydalı iş görmekte iken diğerleri faydasız hatta zararlı neticeler doğurmaktadır.

Teorik yönden ideal bir infilâk, ısı, şok veya sismik enerji kaybı olmadan malzemenin eşit büyüklükte kırılıp, yüklenme

için elverişli duruma gelmesi demektir. Sert kayalarda gerilim dalgalarının kırma olayında temel unsur olduğu bilinmektedir.

İdeal şartlar altında bile sismik enerji, lâğım deliği yakınındaki kayalarda çatlama ve içsel sürtünme hadiseleriyle absorbe edilmekte, daha ilerilerde, özellikle serbest aynadan uzaklaştıkça sismik enerjinin büyük bir kısmı zararsızca kaybolmaktadır. Sadece sismik enerjinin serbest aynaya doğru hareket eden bölümü çatlakların açılmasına ve kırılan parçaların itilmesine yardımcı olmakla faydalı iş yapmaktadır.

Açık işletmelerde patlayıcı maddelerle kaya kırma mekanizmasını daha iyi anlayabilme için Şekil 4'te serbest aynadan 'b' uzaklığında şarj edilmiş ve üzeri sıkılanmış lâğım deliğinde, ateşleme anındaki olaylar dizisini incelemek gerekmektedir. İn-



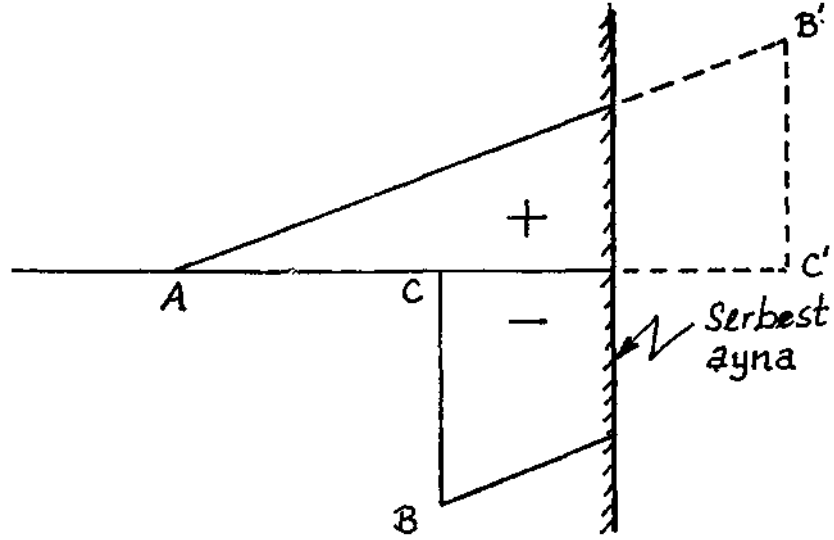
Şekil 5.

filâk başlangıcında reaksiyon, detonasyon hızına orantılı olarak kolon boyunca gerçekleşmekte, reaksiyonla birlikte yüksek sıcaklıkta teşekkül eden gazlar, lâğım deliği cidarlarına basmç yapmaktadır.

Delik basıncının hızla gelişmesi, çevredeki kayalar üzerinde dinamik bir etki yaratır. Böylece delikten dışa doğru radyal olarak yayılan baskı (kompresif) gerilimli dalgalar ortaya çıkmış olur.

Detonasyon neticesi meydana gelen yüksek basmç, delik cidarlarındaki malzemeyi tümüyle kırıp ezmekte, daha dışta teğetsel çekme gerilimli etküler nedeniyle radyal çatlaklar meydana gelmektedir (Şekü 5).

Baskı gerilimli dalgalar ise serbest aynaya ulaştıklarında çekme (tensional) gerilimli olarak yansır. Basitleştirici bir varsayım olarak, kompresif dalganın üçgen şeklinde ve düzlemsel (iki-boyutlu) olduğu düşünülürse, serbest aynaya varıldığı

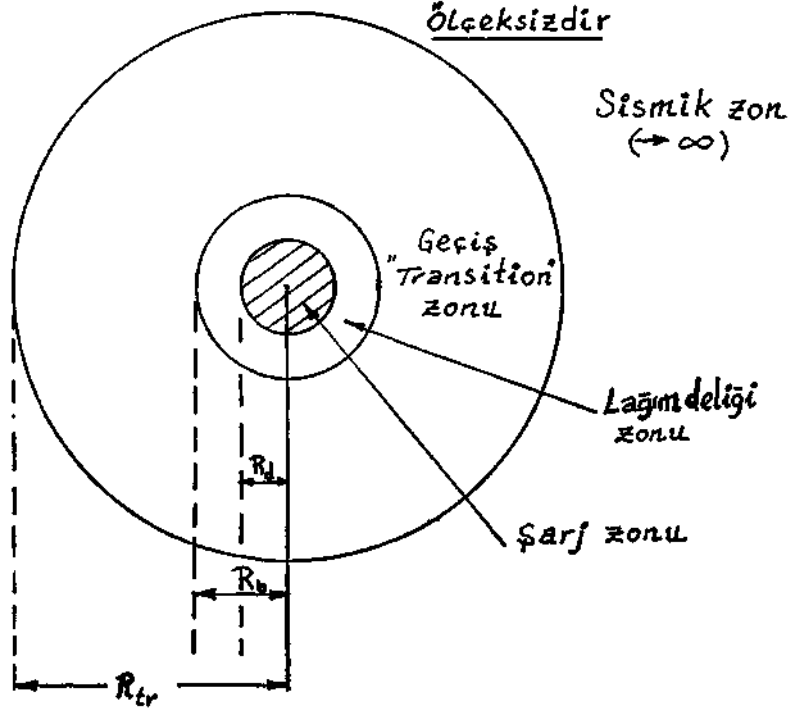


Şekil 6.



da, dalga şekü 6'da görüldüğü gibi yansıyacaktır. Yansımanın devam etmesi neticesi, aynadan belli uzaklıkta bir noktada baskı ve çekme (tensional) gerilimli dalgaların cebirsel toplamı net çekme gerilimli bir dalga verecektir. Sert kayaların baskı mukavemetleri çekme mukavemetlerine kıyasla çok daha fazla (8-10 defa) olduğundan kayalar, yeterli net çekme gerilimli dalgalatın teşekkül ettiği yerlerde kırılıp ayrılmaya (dilimlenme) başlarlar. Fotoğrafik gözlemler bu düşünce ve açıklamaların doğruluğunu kısmen ispatlamaktadır (12). İlâve olarak, ilk dilimlenme olayından sonra, delik içerisindeki infilak gazlarının radyal çatlaklara girip kayaların kırılma ve aynaya doğru itilmelerinde yardımcı olduklarına inanılmaktadır.

İnfilâk esnasında ortaya çıkan olaylar dizisinin tam ve ayrıntılı tasviri, ölçme güçlüklerinden dolayı imkânsızdır, özet



Şekil 7.

olarak kaya kırma mekanizması, önceden delik cıdarlarındaki gerilim çatlaklarını, yansıma neticesi serbest aynadaki dilimlenmeleri, radyal yarıkların gaz basıncı etkisiyle açılıp kayaların kırılma ve serbest aynaya doğru itilmelerini kapsıyan kompleks olaylar kombinasyonudur. Kırma mekanizmasında bu olaylardan hangisinin diğerine kıyasla daha büyük rol oynadığı hâlen tartışma konusu olmakla birlikte, çekme gerilimli dalgaların kırmada ana etken olduğu kanısı gittikçe artan bir kabul sahası bulmaya başlamıştır.

Yukarıda basitçe açıklanmağa çalışılan infilâk teorisi, birçok ateşleme hesaplamalarının dayanak noktasını teşkil etmektedir. Ancak yazıda bu hesaplamaların ayrıntılı açıklamasına girilmeyecektir.

#### 2.4.2. Soma Açık Ocakları için Ateşleme Geometrisi ve Şarj Miktarı Hesaplamaları

Detonasyon neticesi ortaya çıkan gerilim dalgalarının serbest aynadan yansıyıp tekrar delik basma gelerek çekme gerilimli (tensional) kırma yapmasını ifade eden formülün

$$\frac{2d_f}{a} = A \left( \frac{P_D}{S+D} \right)^{1/n} \dots\dots\dots(5)$$

olduğu HINO (14) tarafından hesaplanmıştır. Burada;

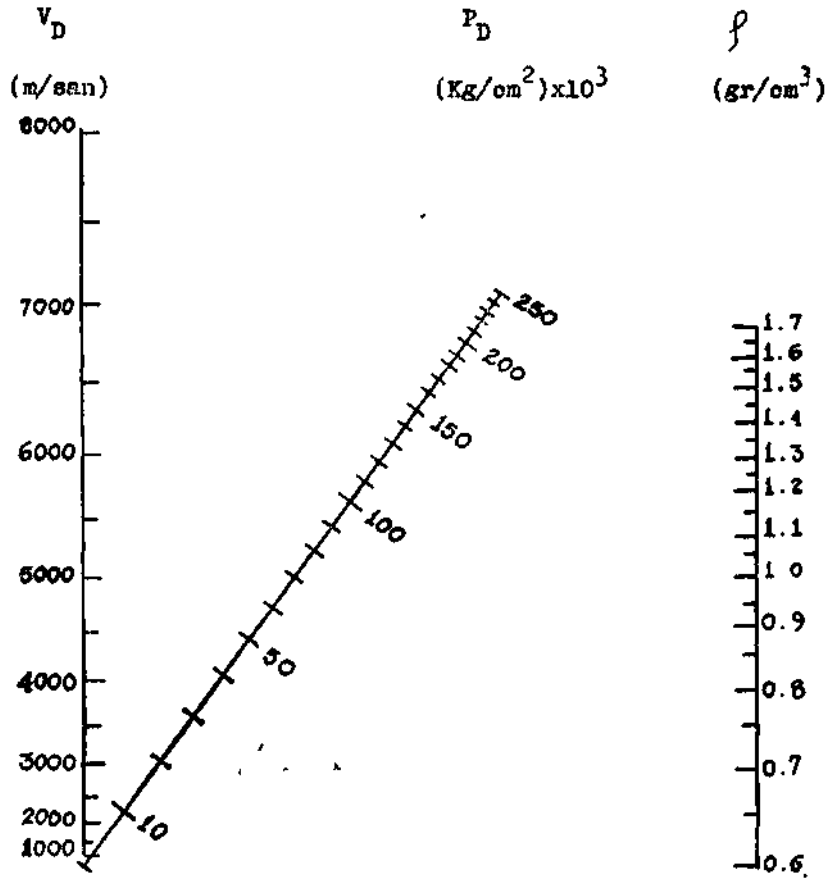
df = tam dilim (full burden) veya kayanın delik başında kırılma mesafesi (Şekil 9)

a = şarj deliği yarıçapı,

PD e= detonasyon anında meydana gelen basınç olup, patlayıcı maddenin detonasyon hızı ve şarj yoğunluğuna göre değişmektedir (Şekil 8).

StD = kayanın dinamik çekme mukavemeti,

A = sabit bir değer olup patlayıcı maddenin şarj şekline bağlı olarak 1-1.5 arasında değer almaktadır. Pat-

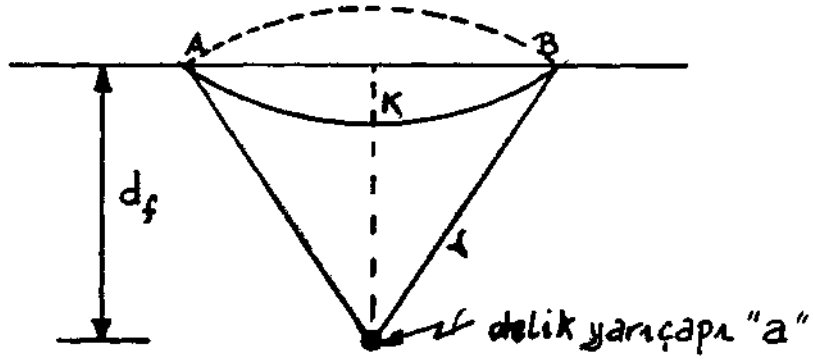


Şekil .8. Patlayıcı madde özgül ağırlığı  $\rho$ , detonaayon hızı  $V$  Te detonasyon basıncı  $P_D$  arasındaki bağıntıyı gösteren nomogram (13)

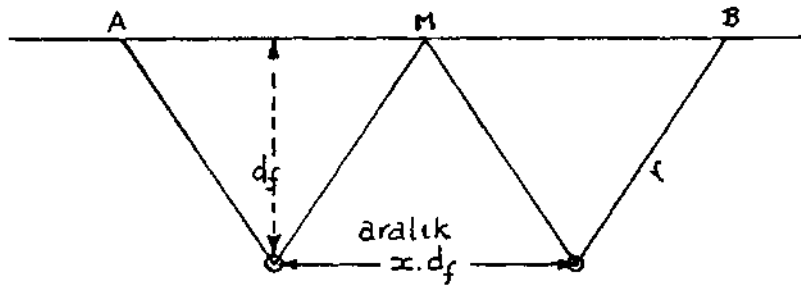
layıcı madde delik cıdarlarıyla temas halinde olduğunda  $A=1$ 'dir.

$n$  = patlayıcı madde ve kayaya bağlı sabit bir değer olup 1.5-2 arasında değişmektedir.

Delikler arası açıklık  $K-df$  değeriyle tesbit edilmektedir (Şekil 10). Burada 'x' değeri  $V$  değerine bağlı olarak değişmekte olup;



Şekil 9.



Şekil 10.

$11=1.5$  ise . . . . .  $x=1.4$

$n=2$  ise . . . . .  $x=1.3$  olarak kabul edilmektedir.

Kademe yüksekliğinin ' $2d_f$ ' değerine eşit olduğu kabul edildiğinde;

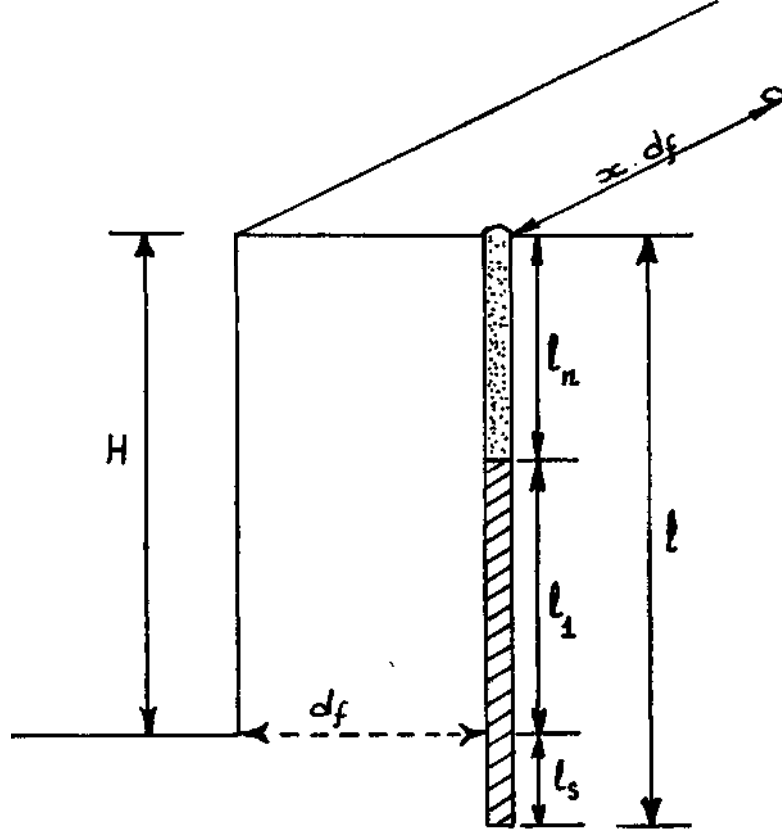
$$I_n = 1.1 d_f \dots\dots\dots (6a)$$

$$I_s = 0.3 d_f \dots\dots\dots (6b)$$

$$I_1 = 1 - (I_n + I_s) \dots\dots\dots (6c)$$

değerleri seçilmektedir. Şekil 11'den;

- $L_n$  = lâğım deliği sıkılama uzunluğu,  
 $L_s$  = kademe altı delme mesafesi,  
 $L_q$  = delik içindeki patlayıcı madde şarj uzunluğu olduğu görülebilir.



Şekil 11.

Ayna yüksekliğinin '2df' ten çok fazla olduğu hallerde ise, (F), yükseklik faktörü kullanmak gereklidir. Burada; olarak ifade edilmiştir.

$$(*) = T i 7$$

(7)

Soma bölgesinde patlayıcı madde olarak ağırlığının %6'sı oranında mazot ile karıştırılmış Teknik Amonyum Nitrat kullanılmaktadır. (Burada karışıma kısaca ANFO denilecektir). Karışım özgül ağırlığı  $1.0 \text{ gr/cm}^3$  ve detonasyon hızı  $4000 \text{ m/sn}$  ye ulaştığında Şekil 8'de gösterilen nomogramdan detonasyon basıncının  $43\,000 \text{ kg/cm}^2$  olduğu okunabilir. Karışım şarj esnasında lâğım deliği cıdarlarıyla temas halinde olduğundan  $R_b = R_d$ , yani  $A = 1$ 'dir. Ateşleme anında kayalar dinamik gerilim etkisi altında kaldıklarından, (5) No'lu denklemde marnın dinamik çekme mukavemeti değerini kullanmak gerekir. Bu değeri ölçecek deney aracının bölgede mevcut olmadığı daha önce belirtilmişti. Ancak kayaların dinamik çekme mukavemetlerinin, statik çekme mukavemetleri değerlerinin ise baskı mukavemetlerinin  $1/10$ 'u kadar olduğu kabul edilirse, marnın (madde 2.1.1. de özetlenen) baskı mukavemetleri değerlerinden faydalanmak mümkündür. Böylece sert marn için:

$$\text{Statik baskı mukavemeti, } S_c = 480 \text{ kg/cm}^2 \text{ (deneysel)}$$

$$\text{Statik çekme mukavemeti, } S^* = 48 \text{ kg/cm}^2$$

Dinamik çekme mukavemeti,  $S_t = 96 \text{ kg/cm}^2$  olarak tesbit edilmiştir. (5) No'lu denklemde değerler yerine konulduğunda:

$$\frac{2d_f}{a} = \left( \frac{43000}{96} \right)^{1/n} \text{ Vairuamış olur.}$$

bulunmuş olur.

Delik çapı  $2a = 150 \text{ mm}$  ve marn için  $n=1.5$  kabul edilirse, dilim kalınlığı;

$$df = 218.8 \text{ cm. olarak bulunur.}$$

Dilim kalınlığı diğer parametrelerin bir fonksiyonu olduğundan, delikler arası açıklık, yukarıda da belirtildiği gibi  $*x.df$  çarpımından, diğer değerler ise (6 a, b, c) ve (7) No'lu formlardan elde edilir. Tablo VI da sert marn, orta ve yumuşak maralı arazinin ateşlenmesi için ateşleme geometrisi ve şarj miktarı hesaplamaları özetlenmiştir.

T A B L O V I

O.L.I. Soma Açıkocakları için ateşleme parametreleri değerleri

	Birim	Marn Cinsi						Açıklama
		sert		orta		yumuşak		
Kademe yüksekliği, H,	m	9	12	9	12	9	12	Ekskavatör boom yüksekliği
Delik çapı, $d_d$ ,	mm	150	150	150	150	150	150	
Çekme mukavemeti, $S_{st}$ ,	kg/cm <sup>2</sup>	48	48	41	41	33	33	$S_{st}$ = statik çekme muk.
Çekme mukavemeti, $S_{dn}$ ,	kg/cm <sup>2</sup>	96	96	82	82	66	66	$S_{dn}$ = dinamik . . .
Dilim kalınlığı, $d_f$ ,	cm	218.8	218.8	243.0	243.0	280.6	280.6	$d_f/d_d = (P_0/S_{st})^{1/4}$ den
Aralık, $x$ $d_f$ ,	cm	306.3	328.2	340.2	364.9	392.8	420.9	9 m için $x = 14$ , 12 m için $x = 15$
Yükseklik faktörü, (F),	—	2.05	2.74	1.85	2.46	1.60	2.13	(F) = $H/2d_f$
Kademe altı derinliği, $L_1$ ,	m	1.345	1.792	1.348	1.793	1.347	1.793	$L_1 = 0.3d_f(F)$
Toplam delik boyu, $L$ ,	m	10.545	13.792	10.348	13.793	10.347	13.793	$L = H + L_1$
Şakılama, $L_2$ ,	m	4.933	6.594	4.945	6.575	4.938	6.574	$L_2 = L - L_1$
ANFO şarjı, $L_3$ ,	m	5.412	7.198	5.403	7.218	5.409	7.219	$L_3 = L - L_2$
ANFO şarjı, $L_4$ ,	kg	95.6	127.2	95.5	127.5	95.5	127.6	ANFO yoğunluğu = 1.0

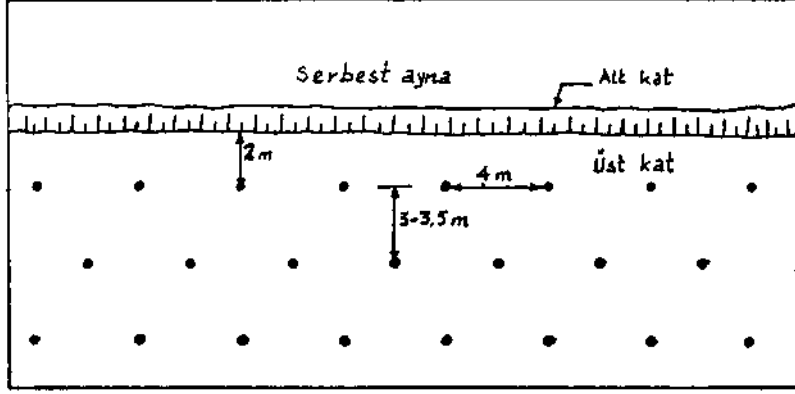
Yukarıdaki hesaplamalardan anlaşılacağı gibi, ateşleme geometrisi ve ilgili diğer parametreleri bazı kabullenmeler yapmaksızın bulmak imkânsızdır. Fakat hesaplamalar neticesi elde edilen değerlerin Soma'da daha önce pratik tecrübeler neticesi bulunmuş ve kullanılmakta olan değerlere çok yakın olması memnuniyet vericidir.

(5) No'lu formülde kullanılan detonasyon hız değeri ideal bir ANFO karışımı içindir. Karışım şekli idealden uzaklaştıkça PD değeri azalacak ve neticede delik aralıkları kısılacaktır.

### 2.4.3. Pratik Uygulamalar

Pratikte delik aralıklarını Tablo VI'da gösterildiği gibi en yakın cm'ye kadar ölçüp işaretlemek, şüphesiz, zordur. Sert marn arazide delme ve ateşleme geometrisi Şekü 12'de görüldüğü gibidir. Arazinin sertlik derecesi, delme raporlarından, delici makine operatörünün ifadesinden veya yükleme yapan en yakın ekskavatörün yüklediği malzeme cinsinden kolaylıkla tesbit edilebilir.

ANFO şarjı 14 m lik delikler için 120-140 kg, 10 m lik delikler için ise 70-95 kg arasında ve arazi sertliğine göre değişmektedir. Bilindiği gibi ANFO karışımının detonasyonu için 'yemleme' olarak adlandırılan inilâk başlatıcılarına ihtiyaç var-



ŞeUl II •• Sert marn için. ateşleme geometrisi

dır. Bölgede 14 m lik delikler için 250 gr Gom II ve 500 gr Grizotin Klorür (detonasyon hızları 7200 m/sn ve 5200 m/sn) bir veya iki kademeli olarak elektrikli kapsüllerle birlikte kullanılır. Kapsüller mili-saniye gecikmeli değildir. Ancak daha başarılı bir kırma elde etmek için mili-saniye gecikmeli kapsüllerle ateşleme denemeleri bir an önce yapılmalıdır.

Ateşlemeler 40 delikli gruplar halinde seri veya karışık bağlama yapıldıktan sonra 150 V gerilimli ateşleme makinesi ile gerçekleştirilir.

1972 yılma ait patlayıcı madde sarfı, toplam ve (yerinde) m<sup>3</sup> kayanın gevşetilmesine göre Tablo Vü'de ayrı ayrı gösterilmiştir. Genellikle sulu araziye ihtiva eden 5 No Vinç Topuğu Panosu'nda 1972 yılında, sulu deliklerin patlatılması için 125 mm 0 Gom II Al kullanılmıştır (Fotoğraf 3). Sulu deliklerin Gom II Al ile patlatma maliyeti ANFO'nun iki katı kadar olduğundan, suda infilak özelliğini kaybeden ANFO'nun, 1973 yılında, plastik torbalar içerisinde deliklere şarj edüme yoluna gidilmiş ve çok başarılı sonuçlar alınmıştır. (GLİ Tunçbük ve Seyitömer Açık Ocakları bu uygulamada öncülük yapmışlardır.)

#### 2.4.4. Ateşleme Tekniği

Ateşleme sorununun başmda belirtildiği gibi marnın sert oluşu ve ateşlemelerin bazen iyi neticeler verememesi, yükleyi-



**Tablo VII**  
**Patlayıcı madde sarfı (1972)**

Panolar	Hazırlanan m <sup>3</sup>	Patlayıcı madde Cinsi					
		T.A. Nitrat		Grazolın Kl + Gom II		E Kapsül	
		kg	gr/m <sup>3</sup>	kg	gr/m <sup>3</sup>	Adet	Adet/m <sup>3</sup>
5 No Vinç Top	450 000	57 900	129*	23 433	52*	3694	0,0082
Elmalı Batı	465 000	131 130	282	2 043	4	5647	0,0120
Kısrakdere B.	2 600 000	853 270	328	16 808	6	16 279	0,0062
<b>Toplam</b>	<b>3 515 000</b>	<b>1 042 000</b>	—	<b>42 284</b>	—	<b>25 620</b>	—
<b>Ortalama</b>	—	—	<b>296</b>	—	<b>15</b>	—	<b>0,0072</b>

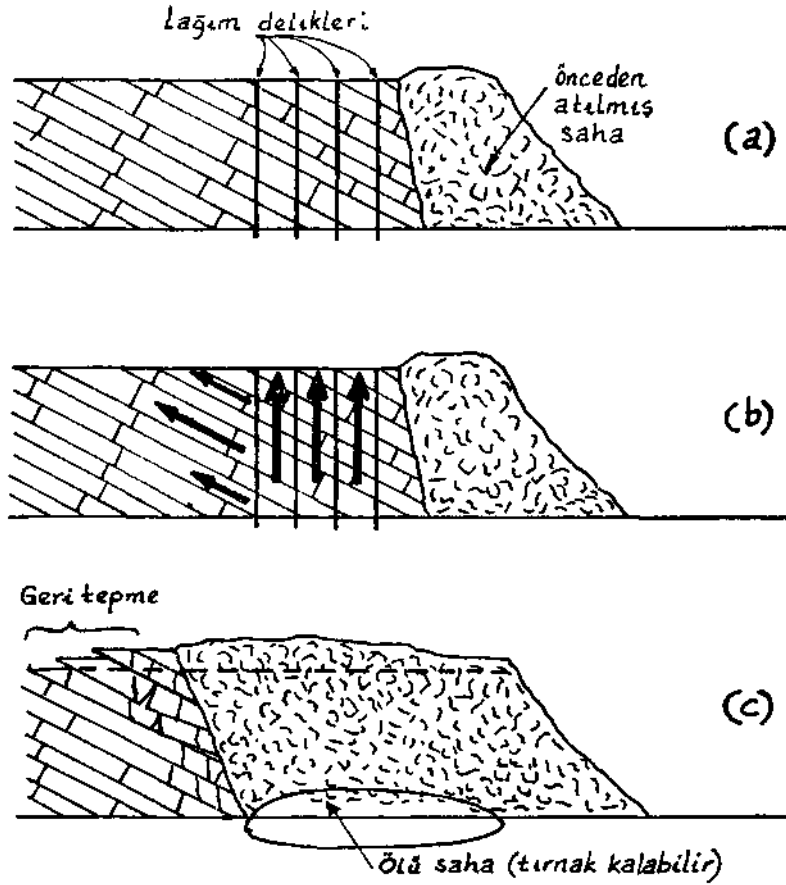
\* 5 No Vinç Topu Panosunda sulu deliklerde genellikle 125 mm  $\phi$  Gom II A1 kullanıldığından



Fotoğraf S — Sulu deliklere Gom II Al Şarjı (GLİ - Soma)

ci makinelerin çalışmalarını kısıtlamaktadır. Kısıtlamanın başlıca nedenlerinden birisi de ayna tabanındaki 'tırnak' kalmalarıydı.

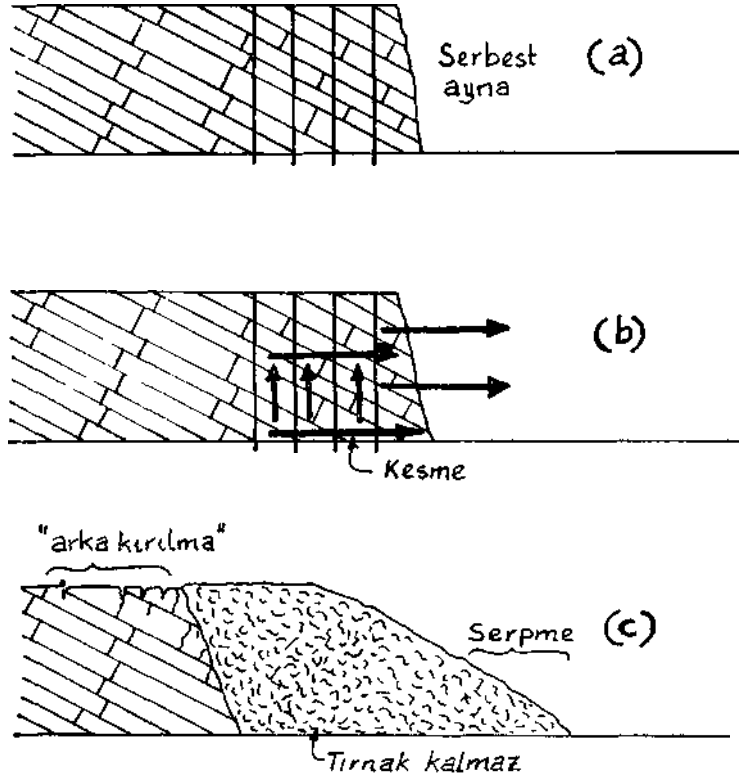
Ateşlemeler genellikle Şekil 13'te görüldüğü gibi önceden ateşlenmiş malzemenin arkasmda yapılmaktaydı. Yazarınkanı



Şekil 13. Engelli aynaya ateşleme

sına göre, ateşleme amuda yayılan gerilim dalgalarının iş yapma gücü, yatay yönde ve aynaya doğru azalmaktadır. Çünkü önceden gevşetilmiş marn parçaları, aralarında sürtünme yaparak gerilim dalgalarını kısmen absorbe etmektedirler. Geriye doğru hareket ise tabakalaşmadan dolayı ancak yatım doğrultusunda olmaktadır (Şekil 13b). Gerçekten böyle ateşlemelerde gevşetilmiş malzeme gerisinde arka kırılmalar, birbirlerine paralel basamaklar halinde kendini göstermektedir (Şekil 13c). Geriye tepmelerin olumsuz sonucu olarak, delici makinelerin

yüksekliği bazen 1 m'ye yaklaşan sunî basamaklar üzerine çıkmasından başka alternatif kalmamaktadır. Bu gibi hallerde tij uzunluğu yetmediğinden kademe altı delme yapılamamakta ve tırnak kalma ihtimalleri arttırılmaktadır. Düşey yöndeki kaldırmalarda ise, malzeme, kademe tabanına yakın yerlerdeki tabakalardan ayrılmakta ve yeterli kırma yapılmadığından buralarda da tırnak kalmasına sebebiyet verilmektedir.



Şekil 14 . Serbest aynaya ateşleme

Ateşlemeler tümüyle serbest aynaya yapıldığında Şekil 14 te görüldüğü gibi ana hareket yatay yönde ve serbest ayna doğrultusunda gerçekleşmekte, kademe alt kısmındaki kesme olayı tırnak kalmalarını önlemektedir. Gevşetilmiş malzeme gerisine doğru tepme olmamakta, fakat atılan saha tümüyle serbest ay-

naya doğru hareket eğilimi gösterdiğinden buralarda yer yer çatlamalara rastlanmaktadır (Şekil 14c). Öte yandan delici makineler çatlak araziye delmede bazen güçlük çekmektedirler. Serbest aynaya doğru ateşlemenin diğer bir olumsuz yönü ise ayna önünde uzak mesafelere kadar kaya parçalarını fırlatıp 'serpme' yapabilmeleridir. Aynaya daha yakın olan deliklerde daha az patlayıcı madde kullanmakla bu olumsuz etki kolayca önlenmektedir. Bölgede her iki ateşleme sisteminin olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Fakat şimdilik atılmış pasa arkasında ateşleme usulünden vazgeçilmiş ve serbest aynaya doğru ateşleme tekniği benimsenmiştir. Tırnak çıkma olaylarındaki dikkate değer azalmalar, bu tekniğin uzun bir süre kullanılacağını göstermektedir.

## 2.5. Yükleme ve Taşıma

Yükleme ve taşıma safhalarıyla ilgili incelemeler kepçeli ekskavatör - kamyon kombinasyonu üzerinde yapılmıştır. Bilindiği gibi, örtü tabakası veya cevherin yükleme metodu üzerinde karara varılırken, özellikle rezerv miktarı, jeolojik, jeoteknik, topoğrafik durumlar ve iklim şartları hesaba katılarak birim maliyet açısından çeşitli alternatifler incelenir. Yukarıda sayılan faktörler ışığı altında, başlangıçta, Soma Açık Ocaklarındaki örtü tabakalarının ekskavatör-kamyon ikilisi ile kaldırılması üzerine yapılan seçimin yerinde olduğu söylenebilir. Çünkü Soma'daki engebeli arazi konveyöre, eğimli ve tektoniğe uğramış rezerv draglayna, sert marn ise önden yükleyici (front-end loader) veya skreyper yükleyicisine (scraper-loader) elverişsiz çalışma koşulları arzeder.

### 2.5.1. Ekskavatör-Kamyon Hesaplamaları

Ekskavatör-kamyon kombinasyonu ile çalışılan açık işletmelerde, iş hacmi, ekskavatör kepçe kapasitesi ve kamyon tonajı arasında bir bağıntı mevcuttur. Bu bağıntı sağlanmadıkça mevcut yükleme ve taşıma araçlarından optimum verimi elde etmek imkânsızdır. Konu başka bir yazıda (18) nümerik örneklerle açıklandığından burada sadece kullanılan formüller belirtilmeye çalışılacaktır.

#### A. Kepçe Kapasitesi Seçimi

Ekskavatör kepçe kapasitesi aşağıdaki formülden tesbit edilebilir (16) ;

$$B_c = \frac{Q}{(C) \times (S) \times (MKF) \times (\hat{I}F) \times (B_f) \times (P)} \quad (8)$$

Burada;

$B_c$  = kepçe kapasitesi ( $m^3$ ),

$Q$  = iş hacmi ( $m^3$ /saat),

$C$  = Saatteki devir adedi (90 derecelik 'swing' için),

$S$  = 'swing' faktörü;

$MKF$  = Mekanik kullanım faktörü,

$\hat{I}F$  = İşletme faktörü,

$B_f$  = kepçe faktörü = doldurulabilirlik / kabarma faktörü,

$P$  = hareket faktörü (ayna yüksekliğine göre)

olarak tanımlanmıştır.

#### B. Kamyon Kapasitesi Secimi

Ekskavatör kepçe kapasitesi tesbit edildikten sonra uygun kamyon tonaj seçimi nisbeten kolaydır. Burada dikkat edilecek husus, kamyon kapasitelerinin ekskavatör kepçe kapasitesi değerinin tam sayü katları olmasıdır. Aynı zamanda kamyonun en az 4, en çok 6 kepçede dolması uygun bir seçim sayür. Çünkü ekskavatör kamyon üç veya daha az kepçelik yükleme üe doldurabüiyor ise, kepçeden boşalan malzeme ağırlığı kamyonu hasara uğratabilecek güçtedir. Öte yandan 7 veya daha fazla kepçelik yüklemeyen sonra kamyonun dolması, ekskavatörün yanında normalden falza beklemesi demektir. Böylece kamyon tonajı;

$$K_t = \text{Optimum kepçe adedi} \times B_c \quad (9)$$

olur. Burada;

Optimum kepçe adedi = 4-6 adet

$B_c$  = kepçe yükü (ton) veya

$BL$  =  $B_c \times p$  (gevşetilmiş)  $\times$  doldurabilirlik

olarak tanımlanır

### C. Ekskavatöre Verilmesi Gerekli Kamyon Adedinin Hesaplanması

Ekskavatöre tahsis edilmesi gerekli kamyon adedini hesaplayabilmek için, kamyon sefer sürelerini ve saatteki ortalama sefer adedini tesbit etmek gerekir. Çalışılmakta olan açık işletmelerde bu değerler kronometraj sonuçlarından, proje safhasında olan açık işletmelerde ise kamyon ortalama hızı ve döküm sahasının yükleme yapılan yere olan uzaklığı hesaba katılarak bulunur. Eğer:

$C_o$  = saatteki ortalama kamyon sefer adedi ve

$Q \times p$  (yerinde)  $s$  = saatteki yükleme (ton) ise, ekskavatöre verilmesi gerekli kamyon adedi:

$$N = \frac{Q \times p \text{ (yerinde)}}{K_t \times C_o} \dots\dots\dots (10)$$

formülü ile bulunabilir. (10) No'lu formül kamyonların süreksiz çalıştıkları kabul edilerek hazırlanmıştır. Gerçekte bakım ve arızalardan dolayı aylık plânlamalarda kamyonların Genel Randımanı da hesaba katılmalıdır. Bu nedenle ekskavatöre ayrılması gereken aylık kamyon adedi;

$$N_{\text{aylık}} = \frac{N}{(GR)} \dots\dots\dots (11)$$

formülünden hesaplanmalıdır.

#### 2.5.2. Pratik Uygulamalar

Soma Bölgesinde dekapajda kullanılan yükleyicülerden ikisi  $6 \text{ yd}^3$  ( $4.6 \text{ m}^3$ ), dört tanesi ise  $4 \text{ yd}^3$  ( $3.1 \text{ m}^3$ ) kepçe kapasiteli paletli ekskavatörlerdir. Büyük kapasiteli ekskavatörler 12-13 m arasında değişen ayna yüksekliğinde ilerlemektedir. Daha küçük kapasiteli ekskavatörlerin çalıştıkları ayna ise 9 m. civarındadır.

Ekskavatörlerin bir yıllık çalışma değerlerine ait MKF, İF ve GR değerlendirilmeleri Tablo Vm'de özetlenmiştir. Ekska-

Tablo VIII  
(1972) Ekskavatör Performans Değerlendirmeleri

Yükleyici Makine	Kepçe kapasite yd <sup>3</sup>	Perod Süresi sec	Toplam saatler			Yükleme		M.K.F. %	İ.F. %	G.R. %
			Filii G.	Arıza	E Durma	x 1000 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h			
1 No MARION	4	24	3057	329	762	630	206	92.0	86.3	79.3
2 No MARION	4	24	543	285	714	79	145	81.0	45.0	36.6
3 No MARION	4	24	2880	421	506	570	197	88.9	89.9	79.0
4 No MARION	4	24	2620	216	1204	449	171	94.6	76.4	72.3
5 No EXPORT	6	23	3205	312	611	1000	310	92.4	90.2	83.3
6 No EXPORT	6	23	2534	323	1580	690	272	92.1	67.4	62.1

vatörlerle ilgili yükleme değerleri bütün bir yılın ortalaması olduğundan istatistiksel anlamda güvenilir neticelerdir. Çeşitli pa-sa durumlarına göre yapılan kronometrajlarda 6 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerin saatte 360 m<sup>3</sup> (yerinde) ve 4 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerin 220 m<sup>3</sup>/saat (yerinde) yüklemeye yapabildikleri tesbit edilmiştir.

Yükleme kronometrajlarından çıkarılan sonuçlara göre, saatlik yüklemeye en büyük rolü oynayan faktör ekskavatör period süresidir. Periodu etkileyen faktörler ise, marnın gevşetilme derecesi, operatör mahareti ve kamyonun ekskavatöre göre yanaşma pozisyonudur. Kamyonun, yükleyici makinenin uzağına veya çok yakınma yanaşması durumlarında, her boşaltma anında kepçe kolunun ileriye veya geriye çekilmesi gerekeceğinden devir (period) süresi artacaktır. (Fotoğraf 4 uygun bir yanaşma ve yüklemeye pozisyonunu göstermektedir.)

Ekskavatörlerin yüklemeye randımanlarına etki eden diğer bir faktör ise iri maralı bir aynada yüklemeye yapılırken ortaya çıkmaktadır. Marn tabakalarının en üst bölümü küli toprak üe karışmış çok iri marn parçalarını ihtiva etmektedir. Ateşleme anında ortaya çıkan gerilim dalgalarının etkisi altında killi toprak plâstik akışa uğramakta ve gerilim dalgalarının yayılma şiddetini azaltmaktadır. Böylece kırılma istenen şekilde gerçekleşmemekte ve iri marn parçalarına yer yer rastlanmaktadır.



Fotoğraf 4 — Uygun bir yanasma ve yükleme pozisyonu (GL t- Soma)

Ekskavatör operatörü böyle bir ayna ile karşılaştığında, büyük parçaları kepçe içerisinden geçiremediğinden yakınında biriktirmek mecburiyetinde kalmaktadır. İri parçaların aynadan emniyetli bir şekilde alınması zaman kaybına ve yükleme randımanının düşmesine yol açmaktadır. Fotoğraf 5'te yüklemeye elverişsiz iri marn parçaları görülmektedir.

Yükleme yapılan aynaya göre ekskavatör pozisyonunun da çalışmaları ve randımanı etküediği göze çarpmıştır. Eğer ekskavatör yatım doğrultusunda (önden) yükleme yapmakta ise, iyi gevşetilmemiş bir aynada marn parçalarını tabandan koparıp yüklemek güçleşmekte ve tırnak kalmasına sebebiyet verilmektedir. Tecrübelerle göre, yatıma dik doğrultuda (yandan) yükleme yapıldığında bu mahzur ortadan kalkmakta ve devir süresi kısalmaktadır Fotoğraf 6'da yatana göre yandan yükleme yapmakta olan ekskavatör görülmektedir.

Bünyesinde çok sayıda yükleme ve taşıma aracı bulunan oldukça büyük açık işletmelerde, bu araçlar arasında optimum randımanı sağlayacak kombinasyonu hesaplamak ve uygulamak probleminde elektronik foügi işlem yöntemleriyle çözüm aranmaktadır (20).





**Fotoğraf 6 — Yatıma göre yandan yükleme şekli (Gil - Soma)**

Ekskavatör çalışma süresi boyunca en çok değişmesi gereken parçalar kepçe dişleri ve kepçe halatlarıdır. 1973 yılının ilk 6 aylık çalışmaları esnasında tutulan istatistiklere göre 6 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerde kepçe halatı, 190-240 saatlik çalışma veya 60.000-75.000 m<sup>3</sup> (yerinde) yüklemeden sonra kopmaktadır. Kepçe kapasitesi 4 yd<sup>3</sup> olan ekskavatörlerde ise kopmalara 280-440 saatlik çalışma veya 56.000 - 88.000 m<sup>3</sup> (yerinde) yüklemeden sonra rastlanmaktadır. Kepçe halatları (kazı halatı) kopma süreleri arasındaki farklılık doğrudan doğruya yüklenen malzeme cinsine bağlıdır.

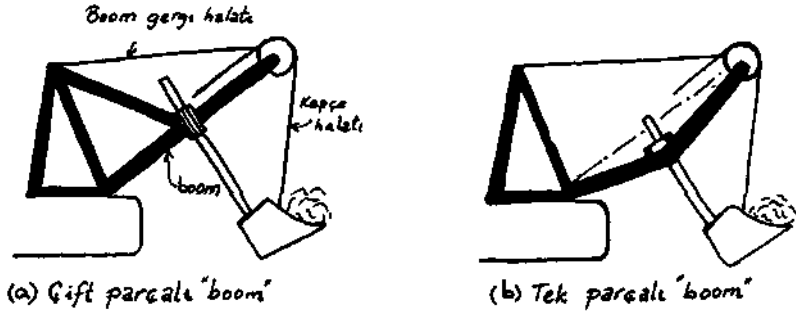
#### 2.5.2. Ekskavatör Seçiminde Bazı Prensipler

Maden işletmecülerini araç seçiminde çok defalar müşkül durumlarda bırakanı unsur, aynı işi yapma kapasitesinde olduğu imalâtçı firmalar tarafından iddia edilen değişik tip makine teklifleri arasından en uygununu tesbit etmekte ortaya çıkmaktadır.

Konu çok geniş kapsamlı olup, madencilik sahasının dışına da taşmaktadır. Ancak, maden mühendisliği açısından bazı ana

prensiplerin bilinmesinde fayda vardır. Aşağıda, fiyat faktörü dışında, dikkat edilmesi gereken bazı dizayn prensipleri gösterilmiştir.

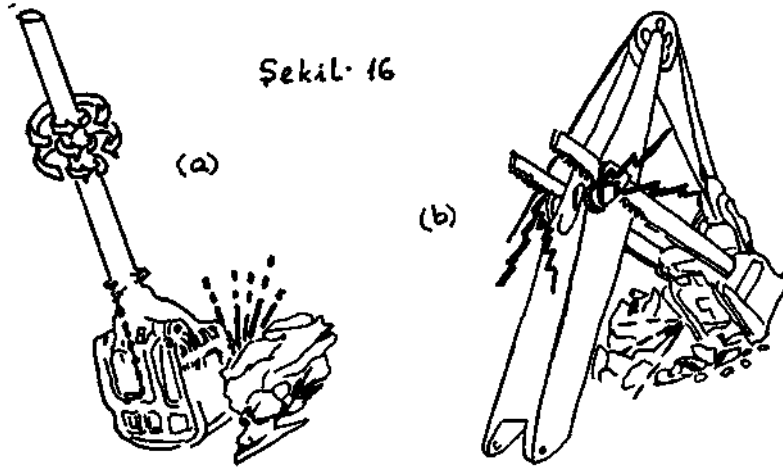
a) Ekskavatör kepçe kolunu taşıyan "boom"un iki parçalı kanstrüksiyondan olması sert kazılar için elverişlidir. (Şe-



Şekil 15

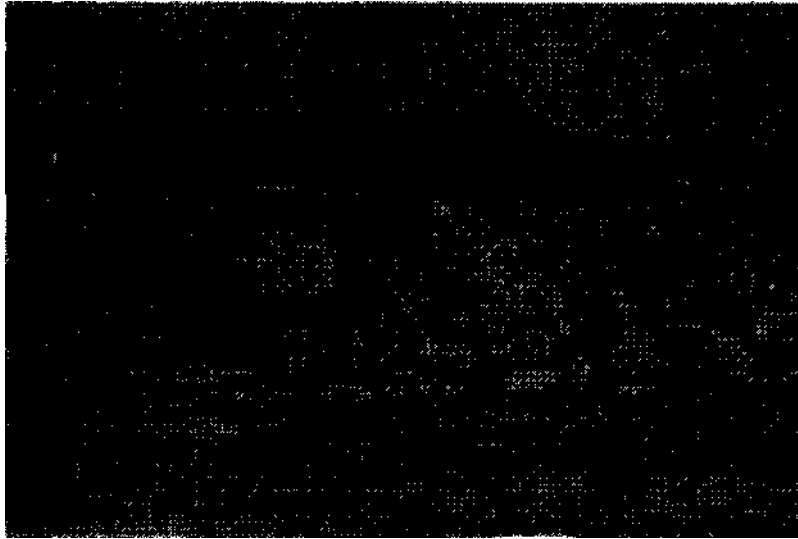
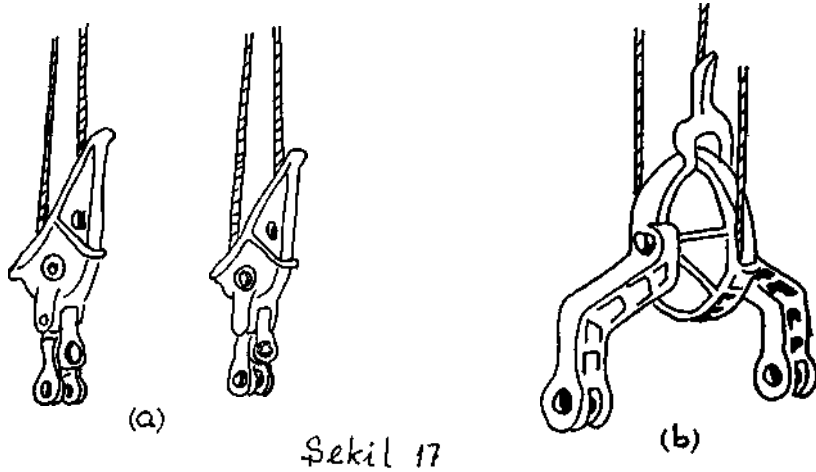
kil 15a) Tek parçalı "boom" bükme kuvvetlerine karşı dayanıklı değildir. (Şekil 15b).

b) "Boom"u askıda tutan gergi halatları iki veya daha fazla sayıda olmalıdır. Halatlardan birinin kopması halinde diğerleri "Boom"un yıkılmasını önler.



c) Silindir şeklindeki kepçe kolu (Şekil 16a), dişli ve prizmatik olanlara (Şekil 16b) tercih edilmelidir. Kolun hareketini sağlayan dişliler sert kazılarda çabuk aşınıp kırılmaktadır.

d) Kepçe halatının kepçe ile bağlantısı çift makara ve halatlarla olmalıdır. (Şekil 17a) tek makara ve halat kepçeye



"boynuzlar" ile bağlantılı olduğundan iri parçalı yüklemelerde kepçenin tıkanmasına yol açar (Şekil 17b) Fotoğraf 5'te görülen iri parçaların bir kısmı bu sebepten yüklenememiştir.

e) Ekskavatör "boom" ve denge ağırlıkları fazla olmamalıdır. Böylece "swing" atalet momenti, dolayısıyla "swing" süresi kısaltılmış olur (16).

### 2.5.3. Kamyonlar ve Taşıma

Tablo I'de dekapajda çalışan kamyon tonajları ve adetleri gösterilmiştir. Her ekskavatörde çalışan kamyonların günlük sefer adetleri ve çalışma saatleri ayrı ayrı tutulmaktadır. Çalışma saatleri kayıtlarına göre, kamyonların mekanik kullanım faktörleri:

45 tonluk Terex'lerde	=	1%85
28 " Belaz "	=	1%91
22 " Euclid "	=	1%59 kadardır.

Euclidlerin uzun yıllardan beri kullanılmakta olmaları (20.000 - 25.000 saat) düşük M.K.F. değerlerini vermektedir.

Kamyonlar yol eğimi  $\pm$  %6 arasıda değişen 800 -1200 m. uzaklıktaki döküm sahalarına mamı taşımaktadır. Kamyonların lastik giderleri, dekapaj masraflarının önemli bir oranını kapsamaktadır. Bölgede son dört yıllık istatistiklere göre yeni lastiklerin ortalama 2500 - 3000 saat arasıda ömürleri olmaktadır. Kaplama lastiklerde ise dayanma süresi 900 -1200 saat arasıda değişmektedir. Kamyonlardan yollara düşen taşlar, fazla yük, engebeli yol, çukurluklar, yağ ve hatalı lastik hava basıncı lastiklerin ömrünü kısaltan ana unsurlardır. Lastiklerden en iyi biçimde faydalanma yolları başka bir yazıda (17) ayrıntılı olarak bahsedümiştir.

### 3. Sonuç ve öneriler

Delme, ateşleme, yükleme ve taşıma gibi açık işletmeciliğin ana faaliyetleri birbirleriyle çok yakından bağlantılıdır. Ateşleme faaliyetlerinde bilinçli olarak yapılacak ilâve giderler, di-

ger ana faaliyetlerden maksimum randımanı elde etmeyi sağlayabilir.

Delme safhasında çalışan makinelerin tipleri ve çalışma sistemleri değişik olduğunda, herbir makine en çok randımanlı olduğu arazide çalıştırılmalıdır.

Ateşleme dizaynı yapılmadan önce, infilâk mekanizması iyice anlaşılmalı ve ANFO karışımlarının hazırlanma ve şarjı esnasında gerekli titizlik gösterilmelidir. Ateşleme ile ilgili teorik hesaplamalar halen birçok basitleştirici varsayımlara dayandığından, teorinin açıklığa kavuşturamadığını pratik çalışmalardan elde etmek mümkündür. MUi-saniye gecikmeli kapsüllerin kullanıma deneyleri, arka kırılma etkisini azaltması bakımından yapılmalıdır.

Ekskavatör-kamyon ikilisi üe örtü tabakası kaldırma işlemlerinde optimum verimi elde etmek için iş hacmi, kepçe kapasitesi ve kamyon tonajı arasındaki bağıntının tam olarak anlaşılması ve uygulanması gerekir.

Açık işletme ve araçlarının büyük bir kısmı dış ülkelerden temin edildiğinden, çalışma koşullarının (arazi cinsi, sertlik, iklim, v.s.) ve araç seçim kriterlerinin (performans değerlendirmeleri, mekanik faktörler v.s.) doğru ve ayrıntılı tesbiti, mühendislik hizmetlerinin önemli bir unsuru olarak düşünülmelidir.

#### **Bibliografik Tanıtım**

1. "Rotary Drilling with Automated Controls", Engineering and Mining Journal, August, (1974).
2. "Big Muskie, King of Giants", Coal Age, December, (1969).
3. "Stripping Two Seams at Captain with a 180 cu. yd dipper", Coal Age, Feb., (1969).
4. "Equipment News", Coal Age, July, (1972).
5. BRINKMANN, R. et al., "Soma Dağlarının Jeolojisi", MTA Dergisi, Sayı 74, Nisan, (1970).
6. JUDD, W., HUBER, C, "Correlation of Rock Properties by Statistical Methods", Intern. Symp. Mining Res., Univ. of Missouri, Pergamon, (1962).

7. COATES, D. F., "Rock Mechanics Principles", Dept. Mines and Technical Surveys, Ottawa, Mines Branch Monograph 874, (1965).
8. "Ripping or Blasting", Engineering and Mining Journal, May, (1965).
9. "GLİ Soma Bölgesi için Sismik Analizler ve tavsiye edilen makineler", Çukurova İthalat ve ihracat T.A.Ş. (yayınlanmamış), (1968).
10. "How Caterpillar-Built Tractor-Rippers Cut Rock Moving Costs", Caterpillar Tayını.
11. Mac KENZIE, A.S., "Cost of Explosives", Mining Congress Journal, May, (1966).
12. ATCHISON, T. C., "Fragmentation Principles", Surface Mining, Ed. E. P. FELEIDER, AIME, (1968).
13. COOK, M. A., "The Science of High Explosives", Reinhold Publishing Corporation, New York, (1958).
14. HINO, K., "Theory and Practice of Blasting", Nippon Kayaku Co., Asa, Japan, (1989).
15. ATKINSON, T., "Selection of Open-Pit Excavating and Loading Equipment", Trans. IMM., July, (1972). Türkçesi: ö. Ünver, Madencilik, Eylül, (1972).
16. ATKINSON, T. "Açık işletmecilik Ders Notları", Londra Univ., Imperial College, RSM., (1970). (yayınlanmamış)
17. EIGO, D.P., CHASE, C. H., "Getting the most out of mine tires", Engineering and Mining Journal, June (1960).
18. GAZANFER, S., "Açık işletmelerde Ekskavatör-Kamyon Hesaplamaları", GLt Linyel Bülteni ,Sayı H, (1973).
19. GAZANFER, S., "Kaya Mekaniği ve Açık işletmelerde Şev Stabilitesi", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik UT. Kongresi, Şubat, (1973).
20. GAZANFER, S., "Açık işletme Operasyonlarına Bilgisayar (Komputer) Yöntemlerinin Uygulaması", (Henüz yayınlanmamış).

## PULLUKLU KAZIDA ÖNGERİLMENİN PULLUK ZİNCİRİ VE TESPİT SİSTEMİ KUVVETLERİNE YAPTIĞI ETKİNİN ARAŞTIRILMASI

Naci BÖLÜKBAŞI\*

### özet

Pullukta kazıda üzerinde durulması gereken sorunlardan biri de, pulluk zincirine uygulanan öngerilme miktarının doğru olarak seçilmesidir. Çekme kuvvetine bağlı olarak değişik değerler alması gereken öngerilmenin, doğru olarak seçilip uygulanmaması birçok kazalara neden olmaktadır.

Değişik öngerilmelerin pulluk zinciri ve ayak başlarındaki tespit sistemlerinde oluşturacağı kuvvetlerin araştırılması, yeraltında emniyet açısından sakıncası ve gerekli elektriksel ölçü sistemlerinin uygulanmasındaki güçlüklerden dolayı, V<sup>4</sup> ölçekli bir model pulluk kullanılarak laboratuvarda yapılmıştır (1). Tebliğde bu araştırma ile bulunan pratik sonuçlar verilmiş, ve bunlar teorik olarak hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

### Abstract

One of the most important problems in coal ploughing is the correct selection of the chain pre-tension. If the correct pre-tension, which varies according to the value of the haulage force, is not applied to the haulage chain, various accidents at the longwall face may occur.

Since it is very difficult to make the necessary instrumentation and no safe to carry out experiments underground

(\*) Dr. Mad. Y. Müh., O.D.T.Ü. öğretim Üyesi, Ankara.

to study the effect of pre-tension on chain, and anchorage forces, this study was carried out in the laboratory using a 1/4 scale model plough. In this paper the theoretical relationships between pre-tension, haulage force, trailing chain force and anchorage forces are described and the experimental results are compared with the theoretical results.

## 1. Giriş

Kömür pulluğu, uzun ayağın her iki ucundaki tespit sistemlerine yerleştirilmiş dişlilerin üzerinden geçen bir sonsuz zincir üe ayak boyunca ileri geri hareket eder. Zincirin hareketi, dişlülerden birinde veya her ikisinde de motor kullanılarak sağlanır. Ayak boyunca uzanan bu zincirde, gerilme sonucu toplanan enerji her zaman bir tehlike kaynağıdır. Bu durum aşağıda belirtilen kazalara neden olabilir.

- a. Gevşek olan zincirin ani hareketiyle almda bulunan işçilere çarpmasından oluşan kazalar.
- b. Zincir kopması neticesi boşalan zincir ucunun ani hareketiyle oluşan kazalar.
- c. Zincir gerilmesinin serbest bırakılması ve pulluk bakım sırasında pulluğun ani hareketi üe oluşan kazalar.
- d. Fazla eğimli ayaklarda zincir kopması neticesi pulluğun aşağı doğru kaymasıyla oluşan kazalar.
- e. Çekme zincirinde meydana gelebilen yüksek gerilmeler, eğer ayak başlarındaki tespit sistemleri kapasitesi yetersiz ise, tespit sisteminin hareketine, dolayısıyla kazalara sebep olabilir.

Yukarıda belirtilen kazaların en az düzeye indirilmesi için, sonsuz zincirde hem gevşeklik hemde yüksek gerilme olmamalıdır. Bunun sağlanmasında pulluk zincirine verilecek öngerilme miktarının yeterli olması gerekir, öngerilme lüzumundan az olduğunda, pulluğu izleyen zincir kazı sırasında gevşeklik kazanmakta, fazla olduğunda ise, çekme zincirindeki gerilme ve tespit sisteminde oluşan kuvvet çok yüksek düzeylere çıkmaktadır.

Araştırma 1/4 ölçeğine göre inşa edilmiş bir model ayakta, "Gleithobel" tipi pulluk kullanılarak yapılmıştır. Temsili kö-



mür, çimento ve toz kömür karışımından, dayanımı ölçeğe göre azaltılmış tabakalar halinde dökülmüştür. Böylece 0,20 m'lik kesme yüksekliği ve 0.18 m'lik tavan oluşturulmuştur. Model ayak, ongenime, zincir gerilmesi, çekme kuvveti ve tespit sisteminde oluşan kuvvetlerin ölçülerek, otomatik olarak kağıt üzerine kaydedilmelerini sağlayacak biçimde, gerekli elektriksel ölçü sistemleri ile donatılmıştır. Yapılan araştırmada pulluk kesme derinliği arttırılarak değişik çekme kuvvetleri elde edilmiş ve zincire değişik öngerilme miktarları uygulanarak, pulluğu izleyen zincir ve tespit sistemlerindeki kuvvetler ölçülmüştür.

Deney sırasında ölçülen kuvvetlerin tam ölçekli bir sisteme dönüştürülmesi için, boyut analizi kullanılarak elde edilen kuvvet boyut faktörü (64) ile çarpılması gerekir.

## 2. Pulluk Zinciri ve Tespit Sistemlerinde Oluşan Kuvvetlerin Teorik Olarak Hesaplanması (2)

Şekil -1 düz bir zemin üzerine kurulan model ayağı göstermektedir. Görüldüğü gibi model ayakta çekme, sadece bir motor ve dişli tarafından yapılmakta, diğeri ise dönüş dişlisi olarak kullanılmaktadır. Böyle bir durumda kazı yönüne göre değişik kuvvetler oluşacağından, hesaplamaların ayrı ayrı yapılması gereklidir.

### 2.1. Pulluğun Çekme Dişlisinden Dönüş Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali (Şekil - 2 (a) ).

Hesaplamalarda aşağıdaki değişkenler kullanılmıştır:

$F_j$  : Pulluğu çeken zincir gerilmesi.

$F_2$  : Dönüş zinciri gerilmesi.

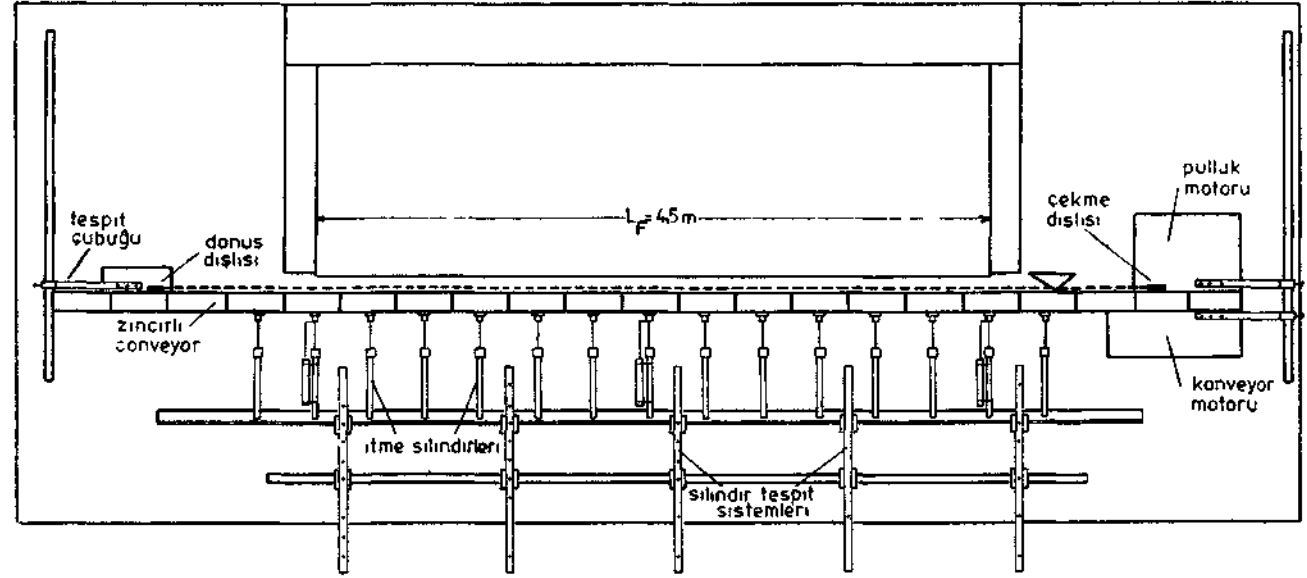
$F_3$  : Pulluğu izleyen zincir gerilmesi.

$F$  : Çekme kuvveti (kesme + yükleme + sürtünme kuvveti).

$L$  : Zincir dişlileri arası uzunluk.

$l$  : Pulluğun zincir dişlisinden itibaren aldığı yol uzunluğu.

254



ŞEKİL-1 MODEL AYAGIN GÖRÜŞÜ

Ad : Dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

Aç : Çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

$P_t$  : Sonsuz zincire verilen öngerilme.

K : Zincir modülü.

Uzun ayakta eğrilik olmadığı ve zincir dişlilerindeki sürtünme etkisinin az olduğu kabul edürse, Şekü - 2 (a) mn incelenmesiyle;

$$F_i = F_s$$

$$i - «s - üs ' - üs - ü$$

olduğu görülür. Sonsuz zincire  $P_t$  miktarında bir öngerilme verildiğinde,  $F_i = F_2 = F_a \cdot = P_t$  olup, pulluğun kazıya başlamasıyla  $F_j$  ve  $F_2$  gerilmeleri artarak zincirlerin uzamalarına sebep olur. Bu uzamalar pulluğu izleyen zincire aktarılarak zincirdeki gerilmeyi azaltır ve eğer öngerilme yeterli değilse gevşeklik meydana getirir. Gevşeklik oluşuncaya kadar toplam zincir uzunluğunun değişmemesinden faydalanılarak, zincirdeki gerilme aşağıdaki biçimde hesaplanabilir:

Eğer uygulanan öngerilme  $P_t$  ise;

$$\text{Çekme zincirindeki gerilim artması} = F_i - P_t$$

$$\text{Çekme zinciri uzunluğu} = L - 1$$

$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_i - P_t) (L - 1) / K$$

$$F_i = F_a + F \text{ olduğundan,}$$

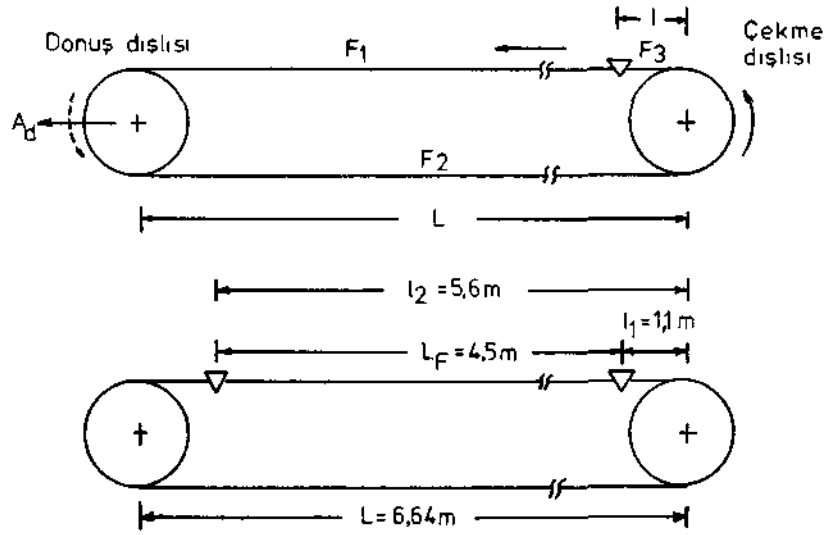
$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) (L - 1) / K$$

$$\text{Dönüş zincirindeki gerilim artması} = F_2 - P_t$$

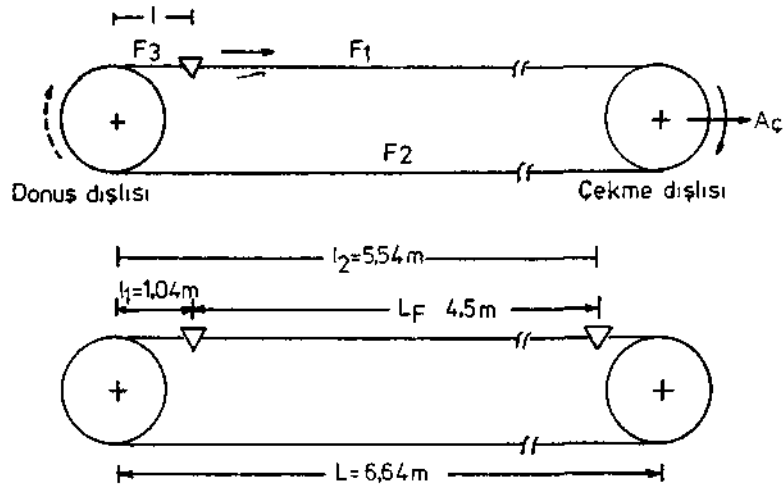
$$\text{Dönüş zinciri uzunluğu} = L$$

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 - P_t) L / K$$

$$F_2 = F - f F_3 \text{ olduğundan,}$$



(a) Kesme yonu çekme dışısından donuş dışısına doğru



(b) Kesme yonu donuş dışısından çekme dışısına doğru

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) L/K$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki gerilim artması} = F_3 - P_t$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincir uzunluğu} = 1$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki uzama} = (F_3 - P_t) l/K$$

Gevşeklik meydana gelinceye kadar zincir uzunluğu değişmeyeceğinden, zincir uzamaları toplamı sifira eşitlenerek  $F_3$  bulunur:

$$\frac{(F_3 + F - P_t) (L-1)}{K} - \frac{(F_3 + F - P_t) L}{K} - \frac{(F_3 - P_t)}{K} = 0$$

$$F_3 = P_t - F \left(1 - \frac{1}{2L}\right) \dots \dots (1)$$

(1) bağıntısında görüldüğü gibi, pulluğu izleyen zincirdeki gerilme ( $F_3$ ), pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak, aşağıda belirtilen en küçük ve en büyük değerleri almaktadır:

$$1 = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F \text{ (en küçük)}$$

$$1 = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en büyük)}$$

Buradan,  $F_3$  gerilmesinin, ongenime  $< F/2$  olduğunda daima sıfır (gevşek), öngerüme  $> F$  olduğunda ise daima sıfırdan büyük olduğu görülür.  $F/2 < P_t < F$  olduğunda, pulluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk  $h=2L (1-P_t/F)$  uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşecektir.

Şekil - 2 (a) da görüldüğü gibi dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde, zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$A_d = F_1 + F_2 = 2F_1 = 2(F + F_3)$$

dir.

2

## 2.2. Pulluğun Dönüş Dişlisinden Çekme Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, zincir gerilmeleri arasında aşağıdaki bağıntılar vardır:

$$F_a - F_a$$

$$F_2 - F_8 = F$$

$$F_t - F_2 = F$$

$F_3$  gerilmesi 2.1 de belirtildiği biçimde hesaplanırsa ;

$$F_3 = P_t - F (1/2 - 1/2L) \dots \dots (2)$$

olarak bulunur. Böylece;

$$l = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en küçük)}$$

$$l = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t \text{ (en büyük)}$$

olacaktır.  $P_t > F/2$  ise,  $F_3$  daima sıfırdan büyük, ve eğer  $P_t = 0$  ise,  $F_3$  daima sıfır olacaktır. Eğer  $0 < P_t < F/2$  ise, puluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk  $l = L (1 - 2P_t/F)$  uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşmektedir.

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$Aç = F_x + F_a = F + F_8 + F_3 = F + 2F_3$$

dir.

### 3. Deneysel Sonuçlar

#### 3.1. öngerilme, Çekme ve Pulluğa İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlılıklar (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Pulluk zincirine değişik miktarlarda öngerilme uygulanarak, pulluğu izleyen zincirdeki gerilme ( $F_8$ ), değişik çekme kuvvetlerinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Kazı sırasında çekme kuvveti sabit olmayıp, azalma ve çoğalmalar göstererek değiştiğinden, ortalama çekme kuvvetine karşı ortalama zincir kuvveti verilmiştir. Herbir sonuç, genellikle, dört ayrı deneyin ortalaması alınarak bulunmuştur. Tablo-1 ve Şekil-3 alman sonuçları göstermektedir.

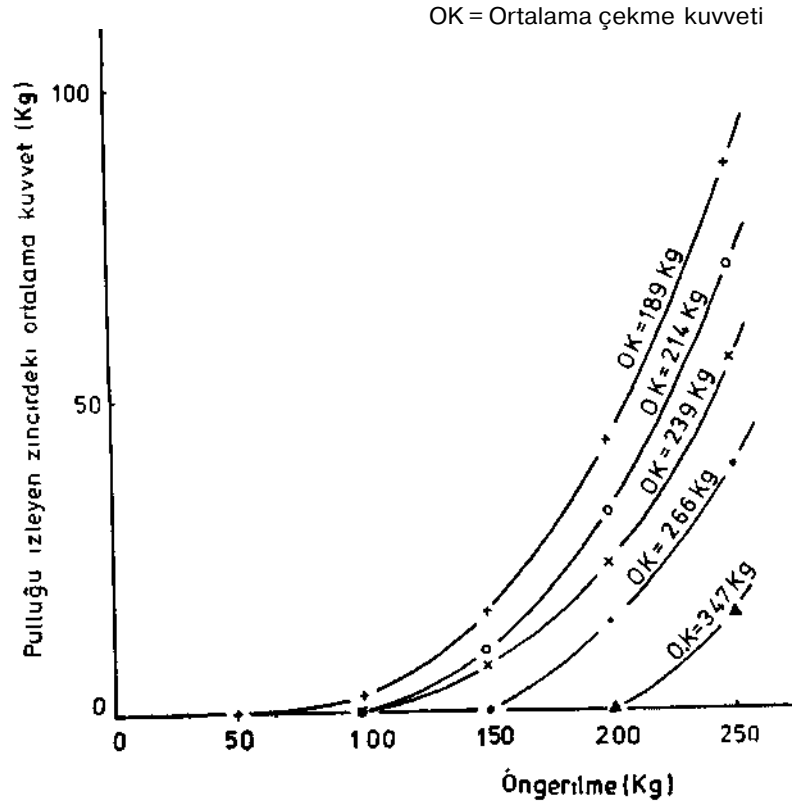
Şekil - 3'de görüldüğü gibi, teorik olarak bulunan (1) bağıntısına uygun olarak, pulluğu izleyen zincir, belirli bir önge-

Tablo 1 — öngerüme, Çekme ve Pulluğu İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlıntılar

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P) Kgt	Pulu İzleyen zincirdeki ortalama Kuvvet (F <sub>3</sub> ) Kgf* ± Standard sapma
188 ± 9	50	0
	100	3 ± 2
	150	16 ± 3
	200	43 ± 7
	250	87 ± 6
214 ± 12	100	0
	150	10 ± 3
	200	32 ± 6
	250	71 ± 2
239 ± 11	100	0
	150	8 ± 2
	200	22 ± 1
	250	56 ± 4
266 ± 13	150	0
	200	14 ± 4
	250	89 ± 7
347 ± 18	200	0
	250	15 ± 5

rilme miktarına kadar daima gevşek kalmaktadır, öngerilmenin arttırılmasıyla, F<sub>3</sub> önce yavaş, sonra hızlı bir biçimde artmaktadır. Buradan anlaşılmaktadır ki P<sub>1</sub> belirli bir miktardan az ise, pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmakta, fazla ise yüksek F<sub>8</sub>, ve dolayısıyla yüksek Pt değerleri oluşmaktadır. Bu nedenle öngerilmenin bu iki değer arasında, pulluğu izleyen zinciri yeterince gergin tutacak, fakat buradaki gerilmeyi çok fazlalaştırmayacak bir düzeyde seçilmesi gerekir.

Yine Şekü - 3'de görüldüğü gibi, F<sub>3</sub>'nin sıfırdan büyük olması için gereken öngerilme miktar çekme kuvvetiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle çekme kuvveti arttıkça daha fazla miktarda öngerilme uygulanması gerekir.



ŞEKİL-3. Öngerilme, çekme kuvveti ve pulluğu izleyen zincir kuvveti arasındaki bağıntı

### 3.2. Deneysel Sonuçları Teorik Sonuçlarla Karşılaştırılması

Deneysel sonuçların teorik sonuçlarla karşılaştırılabilmeleri için, deney sırasında ölçülen ortalama çekme kuvveti ve öngerilme miktarları için  $F_s$  değerleri Bölüm - 2'de belirtildiği biçimde hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Şekil - 2'de görülen model ayağa ait uzunluk değerleri kullanılmıştır. Pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak  $F_s$  değeri değiştiğinden, kazanın başladığı 1A ve bittiği 1B uzunlukları için ayrı ayrı  $F_s$  değerleri hesap-



lanarak pulluğu izleyen zincirdeki ortalama gerilme bulunmuştur.

Deneysel sonuçların karşılaştırılması Tablo - 2, Tablo - 3 ve Şekil-4'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, deneysel ve teorik sonuçlar büyük uygunluk göstermektedir.

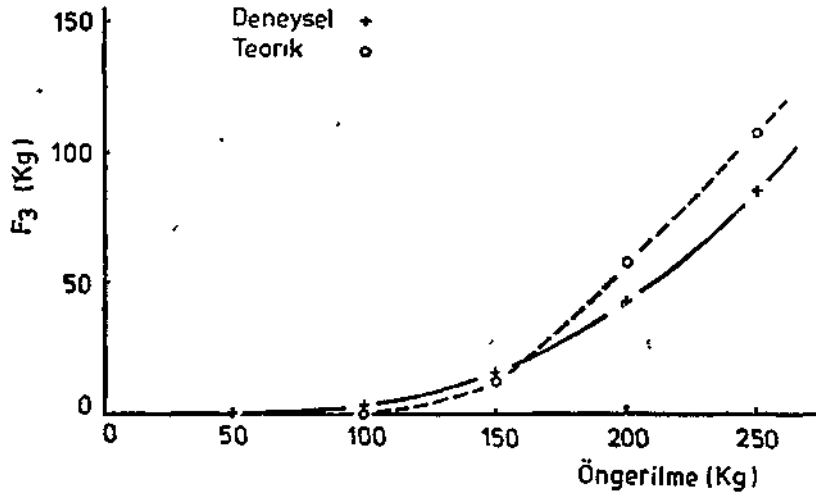
Tablo 2 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P <sub>i</sub> ) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F <sub>s</sub> )	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
<b>189 ± 9</b>	50	0	0
	100	3 ± 2	0
	150	16 ± 3	13
	200	43 ± 7	59
	250	87 ± 6	109

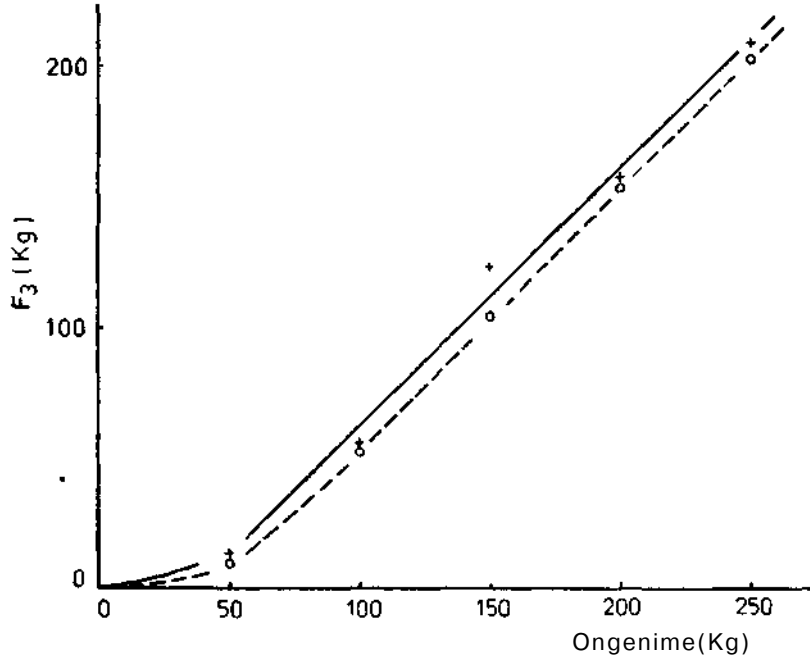
Tablo 3 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü dönüş dişlisinden çekme dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P <sub>i</sub> ) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F <sub>s</sub> )	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
182 ± 10	0	0	0
	50	16 ± 4	10
	100	56 ± 7	54
	150	123 ± 8	104
	200	158 ± 4	154
	250	209 ± 9	204

Yukarıdaki tablo ve şekillerden anlaşılacağı gibi, kazı yönüne bağ olarak değişik öngerilme miktarlarının kullanılması gereklidir.



(a) Kesme yönü çekme dışısından donuş dışısına doğru .



(b) Kesme yönü donuş dışısından çekme dışısına doğru .

ŞEKİL-A Deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması

### 3.3. öngerilmenin Tespit Sisteminde Olağan Kuvvetlere Yaptığı Etkiler (kazı yönü dönüş dışısından çekme dışisine doğru).

Yapılan deneylerde, tespit sisteminde yalnız zincir gerilmelerinin etkisi ile oluşan kuvvetleri ölçmek için, zincir dışıları ve konveyör ayn ayn sistemlerle tespit edilmiştir. Zincir dışısının bulunduğu taban levhasını tespit sistemine bağlayan demir çubuk, elektriksel birim deformasyon ölçerleri (strain gauge) ile donatılarak, burada oluşan kuvvetlerin ölçülebilmesi sağlanmıştır. "Ortalama en yüksek" kuvvet, her 0.5 metrelik kazı sırasında oluşan en yüksek kuvvetlerin ortalaması alınarak bulunmuştur. Kesme derinliği sabit tutularak, ongenime, belirli miktarlarda arttırılmış ve tespit sisteminde oluşan 'ortalama' ve 'ortalama en yüksek' kuvvetler bulunmuştur. Deney sırasında ayrıca, ortalama  $F_3$  kuvveti de ölçülerek, ortalama tespit sistemi kuvveti, Bölüm - 2.2 de belirtildiği biçimde teorik olarak hesaplanmıştır. Tablo - 4 ve Şekil - 5 bulunan deneysel sonuçları ve bunların teorik sonuçları karşılaştırılmasını göstermektedir.

Sonuçlardan görüldüğü gibi, çekme kuvveti değişmediği halde, öngerilmenin fazla olması halinde tespit sistemi kuvveti çok yüksek değerlere çıkabilmektedir. Deneysel sonuçların teorik sonuçları sağladığı burada da görülmüştür.

## 4 — Sonuç

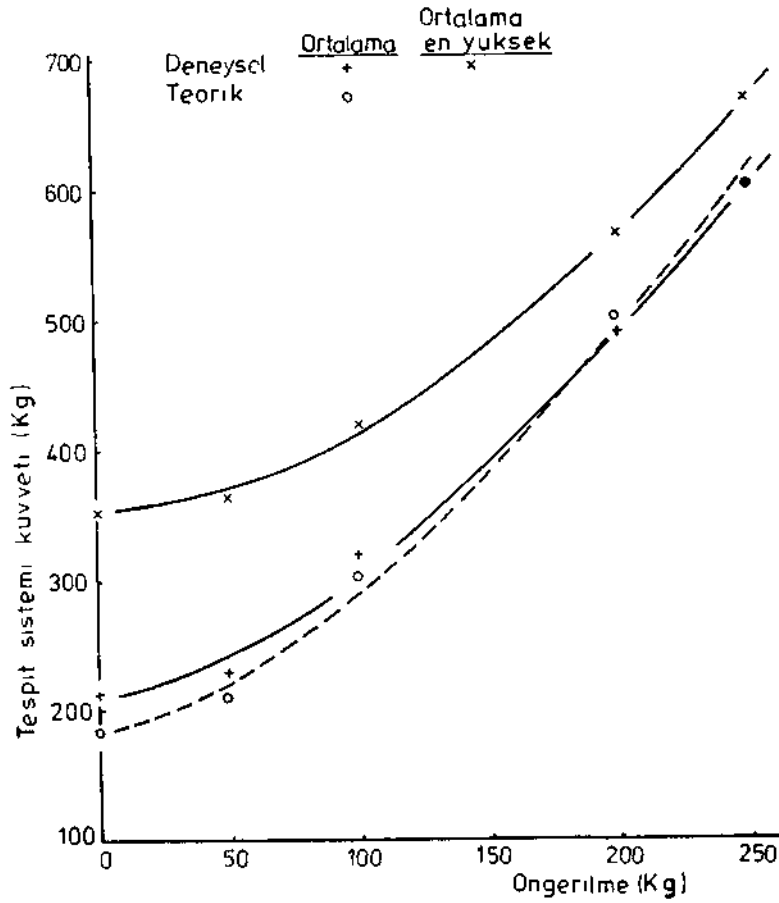
Bu tebliğde yer verilen çalışmadan çıkarılacak sonuçları şöyle özetlenebilir:

(i) Pulluklu kazıda sonsuz zincire uygulanan ongenime gereğinden az ise; pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmaktadır. Bu durum pulluğun düzensiz çalışmasına sebep olduğu gibi, daha önce belirtilen tehlikeli durumları da yaratabilir.

(ii) öngerüme gereğinden fazla olduğunda, zincir gerilmeleri ve dolayısıyla tespit sistemi kuvvetleri çok yüksek düzeylere çıkabilmekte ve böylece zincir kopmaları ve tespit sistemlerinde hareketler meydana gelebilmektedir.

**Tablo 4 — öngerilmenin Tespit Sisteminde Oluşan Kuvvetlere Etkisi**

Çekme Kuvveti		Tespit Sistemi Kuvveti (Aç)					
<F)		Öngerilme	Pulluğu İzleyen		Deneysel		Teorik
Kgf ± Standard sapma	Ortalama en yüksek		Zincirdeki Ortalama	Kuvvet (F,)	Kgf ± Standard sapma	en yüksek Ortalama	
Ortalama	Ortalama en yüksek	(P,) Kgf	Kgf ± Standard sapma	Ortalama	en yüksek Ortalama	Ortalama Kgf	
184 ± 12	328 ± 22	0	0	209 ± 13	350 ± 27	184	
		50	13 ± 3	226 ± 14	361 ± 21	210	
		100	59 ± 5	313 ± 19	415 ± 29	302	
		200	159 ± 12	485 ± 9	561 ± 21	502	
		250	209 ± 9	599 ± 24	664 ± 25	602	



SEKİL-5 Öngerilmenin tespit sistemi kuvvetine etkisi  
(Kesme yonu donus dişlisinden çekme dişlisine doğru)

(igi) Pulluğu izleyen zincirdeki gerilme kazı başlangıcında ve bitişinde en küçük ve en büyük değerleri aldığmdan, bu zincir gerilmesinin, kazı başlangıcında sıfırdan büyük ve bitişinde ise en az düzeyde olmasını sağlayacak bir öngerilme miktarı seçilmelidir.

(iv) Çekme kuvvetine bağlı olarak, pulluk zincirine verilmesi gereken öngerilme değışmekte, yüksek çekme kuvvetleri

için yüksek öngerilme miktarlarının uygulanması gerekmektedir.

(v) Pulluk tek bir motor kullanılarak çekildiğinde, kazı yönüne bağlı olarak farklı öngerilme miktarlarının uygulanması gerekir.

(vi) Yapılan çalışmada pulluk tek bir motor ile çekildiğinden, teorik hesaplamalar buna uygun olarak yapılmıştır. Pulluk, her iki dişlide de birer motor kullanılarak çekildiğinde, pulluk zinciri ve tespit sistemlerindeki kuvvetlerin teorik hesaplaması Bölüm - 2'deki yöntemin kullanılmasıyla ayrıca yapılmalı ve öngerilme miktarı buna *göre* seçümelidir (2, 3).

#### **Bibliyografik Tanıtım**

1. Bölükbaşı, N.: **Studies on the Design and Operation of Some Longwall Mining Systems Using a 1/4 Scale Model. Doktora Tezi, Aralık 1973, Newcastle Üniversitesi.**
2. Hlgson, G. R.: **Forces in Haulage Chains, Colliery Engineering, Şubat 1966, p. 73.**
3. Guppy, G. A.: and Johnson, S.N.: **Blade Shape and Power and Force Distribution Studies on a Raplb Plough Installation at Tir Pentwys Colliery, National Coal Board, M.R.E., Rapor No. 2247, Mart 1964.**

**TOZ PROBLEMİ  
VE  
E.K.İ. KİLİMLİ BÖLÜMÜ KÖMÜR OCAKLARINDAKİ  
TOZLAMA DURUMUNUN  
ETÜDÜ**

Şerafettin ÜSTÜNKÖLJ\*

özet

Havadaki tozun numune alınma işlemi ve incelenmesi, ayrıca toz hastalıkları ve diğer bazı ülkelerdeki toz standardisai hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Değişik tipte ve prensipte iki adet numune alıcı alet ile E.K.İ. Kilimli Bölümü yeraltı kömür ocaklarındaki tozlanma durumu incelenmiştir. Numune alma işlemi her üç vardiyada da yapılmış ve numuneler değişik çalışma yerlerinden alınmıştır.

Alınan numuneler laboratuarda incelenmiş ve analiz edilmiştir. 8 mikrondan küçük tozların havadaki konsantrasyonu mg/ms ve tane/cm olarak ifade edilmiştir.

Bulunan neticelerin bir tartışması yapılmış; genellikle bulunan toz konsantrasyonlarının diğer ülkelere kıyasla bizde oldukça yüksek olduğuna kanaat getirilmiştir. Neticede, yeraltı kömür madenlerindeki toz problemini önlemek hususunda bazı önerilerde bulunulmuştur.

Abstract

Some information is given on the sampling and examination of fafifrbome dust, also on dust diseases and the maximum acceptable dust concentrations in various countries.

(\*) Maden Y. Müh, E.K.1 Müessesesi - Zonguldak.

Dust conditions at Kilimli Colliery of E.K.I, underground coal mines were examined by taking the samples by two type of dust samplers which work at different principles. Sampling was carried out during the three shifts and samples were taken from various working places.

The samples were examined and analyzed in the laboratory. The concentration of dust particles smaller than 6 microns was found in terms of mg/m<sup>3</sup> and particles/cm<sup>3</sup>.

A discussion of the results is made and it is concluded that the concentrations of dust found are rather higher than those accepted by other countries as permissible concentrations. Finally, some recommendations are given about preventing the dust problem in the underground coal mines.

## 1. Giriş

Maden işçileri bazı hastalıklara sebebiyet veren çeşitli tozlar, buharlara ve dumanlara maruz kalırlar. Bu hastalıkların içinde en önemlisi inorganik tozun sebep olduğu pnömokonyoz'dur. Türkiye'deki madenlerde de en çok görülen ve en önemli hastalık pnömokonyoz'dur. Memleketimizde toz problemine gereken önem henüz verilmemiştir. Bilhassa yeraltı maden işçilerimiz toz ve tozun sebep olduğu hastalıklardan dolayı hem sağlıklarını kaybetmekte hem de daha az randımanla çalışmaktadır. Bunun yanında maden işletmeleri de meslek hastalıklarına ödenen yüksek maluliyet tazminatlarından dolayı oldukça zarara girmektedir.

Aslında maden mühendisliği master tezi çalışması olarak yapılan bu çalışmaya yer olarak E.K.İ. Karadon Bölgesi Kilimli Bölümü taşkömürü ocakları seçilmiştir. Bilindiği gibi E.K.İ. Türkiye'nin en büyük taşkömürü işletmesidir. Aynı zamanda en fazla maden işçisi çalıştıran müessesedir. Fakat hem toplam yekûn olarak hemde kömürün tonu başına düşen miktar olarak en fazla meslek hastalığı tazminatı ödemekle de rekoru elinde tutar. Bu miktar 1972 yılı istatistiklerine göre toplam 78.430.421,73 TL.; kömürün tonu başına 17,59 TL.'dir. 1973 yılı istatistiklerine göre ise toplam 35.000.000 TL.; ton başına da 7,92 TL.'dir. Eğer E.K.I. toz problemine karşı gereken tedbirleri



almazsa artan işçi ücretleri de nazarı itibara alındığında bu miktarlar çok daha artacaktır.

Tıbbî bakımdan pnömokonyoz hastalığının ne önlenmesi ne de tedavisi henüz mümkün değildir. Ancak, ya tozun meydana gelişini önlemekle ya da tozu mümkün olduğu kadar kaynağına yakm bir yerde bastırmakla hastalığın önüne geçmek olanak dahilindedir. Toz konsantrasyonunu temiz havadaki seviyeye indirmek ve mutlaka şart değildir. Zira insan vücudu muayyen bir şuura kadar toza mukavemet edebilir ve ancak toz konsantrasyonu bu sınırı geçtiği zaman hastalık başlayabilir. Bu limit değer tozun kimyasal yapışma göre değişir. Tehlike sadece tozun miktarı üe ügüli değü ayrıca tane büyüklüğü ile de ügülidir. Çünkü belirli bir sınırdan aşağı büyüklükteki toz taneleri hastalığa sebebiyet verebilir. Bu sebeplerden dolayı, toza karşı tedbir almadan evvel tozun konsantrasyonunu, ortalama tane büyüklüğünü ve kimyasal yapısını belirlemek için tozlu havadan numuneler almak gereklidir. Numune alma işleminde tozun kimyasal yapı, konsantrasyon ve tane büyüklüğü bakımından kendisini temsil eden küçük bir kısmı havadan numune alıcı alet tarafından alınır.

Numuneler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları çeşitli toz karakteristikleri ortaya koyar. Değişik ülkelerde değişik numune alma metodları ve aletleri kullanılır. Dolayısı ile her ülkede kabul edüen toz standardı kullandığı alet ve metoda göre değişiktir.

Kilimli Bölümü kömür ocaklarındaki toz şartlarını incelemek için madenin muhtelif kısımlarından numuneler alınmıştır. Bu çalışmada hem tip hem de çalışma prensibi bakımından birbirinden farklı iki adet numune alıcı alet kullanılmıştır. Bu aletler bütün bir vardiya boyunca sürekli olarak numune alma özelliğine sahiptirler. Bu aletlerle tozların havadaki konsantrasyonunu  $\text{mg}/\text{m}^3$  ve tane/ $\text{cm}^3$  cinsinden tayin etmek mümkün olmaktadır. Burada (mg) ve (tane) tozu ağırlık ve sayısal olarak ifade etmektedir, ( $\text{m}^3$ ) ve ( $\text{cm}^3$ ) ise alman numunenin içinde bulunduğu havayı hacim olarak ifade etmektedir. Memleketimizde henüz bir toz standardı tayin edilmediği için bulunan ne-

ticeleri benzer veya aynı metodları kullanan diğer bazı ülkelerin toz standartları ile mukayese ederek zararlılık derecelerini tespit edebiliriz.

## 2. Toz Kavramı

### 2.1. Tozun Tanımı ve Fiziksel Özellikleri

Toz, yersel maddelerin mekanik işlemler sonucu küçük parçacıklar haline dönüşmesiyle meydana gelir. Bu işlemler, bünye yapısı ana maddenin aynı kalmak şartıyla mikroskopla dahi görülemeyen büyüklükten çıplak gözle görülebilir büyüklüğe kadar muhtelif ebadta tozun istihsaline sebep **olurlar**.

Katı bir madde toz meydana getirmek üzere parçalandığı ve havaya dağıldığı zaman iki önemli değişiklik vuku bulur; (1) yüzey alan çok artar, ve (2) ana maddenin hacmine nazaran dağılmış maddenin kapladığı hacim bir çok defa artar. Birim kütle başına düşen geniş yüzey alan ve bunun neticesinden doğan yüksek hava direnci dolayısıyla ile havadaki bazı toz taneleri normal yerçekimi kanunlarına uymaz ve artan bir hızla yere düşmez. Sonuç olarak, havadaki toz süspansiyonları hatırı sayılır derecede kararlıdır ve bu kararlılıkları uzun zaman sürebilir. Böyle bir süspansiyondaki toz konsantrasyonu veya muhtevası havanın metre kübünde miligram (*mglm\**) veya santimetrekübünde tane sayısı ( $\text{tane/cm}^3$ ) olarak ifade edilir.

### 2.2. Yeraltı Toz Kaynakları

Eğer bir işlem toz meydana getiriyorsa buna primer veya birinci kaynak adı verilir. Eğer bu işlem mevcut tozu havaya kaldırır ve dağıtır ise buna sekonder veya ikincil kaynak denir. Maden havasındaki tozun iki ana kaynağı vardır: (1) dışarıdaki atmosferden madene temiz hava ile gelen toz, ve (2) yeraltı işlemleri sonucu meydana gelen toz.

Toz meydana getiren madencilik çalışmaları azalan önem sırasına göre aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.

**Tablo 1 — Toz Hasıl Eden işlemler**

t 9 l e m	Primer Kaynak	Sekonder Kaynak
Lağım atma, göçertme	+	+
Kömür kazı	+	—
Oluk çekme	—	+
Delik delme	+	0
Posta alma, yükleme	—	+
Araba tumba etme	—	+
Kömür kaydırma	—	+
Ramble yapma	—	+
Konveyör nakliyatı	0	—
Araba nakliyatı	0	—
Tahkimat	0	—

(+) sembolü önemli bir kaynağı, (—) sembolü orta derecede önemli bir kaynağı, ve (0) sembolü de önemsiz bir kaynağı işaret eder.

### 3. Toz Numune Alma Metodları

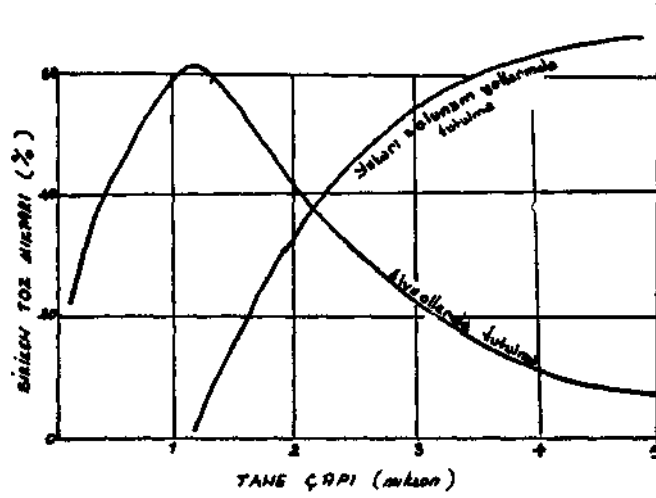
Havadaki toz konsantrasyonunu ölçmek için çeşitli metodlar ve aletler vardır. Fiziksel çalışma prensiplerine göre numune alıcı aletler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Filtrasyon
2. Sedimentasyon
3. Santrifüj
4. Yıkama
5. Çarpma ile çökeltme
6. Elektrostatik çökeltme
7. Isısal çökeltme
8. Toz bulutlarının muayyen optik özelliklerini ölçme
9. Gravimetrik çökeltme

Bizim çalışmalarımızda ısısal ve gravimetrik çökeltme metodları kullanılmıştır. Bunun için bir uzun zamanlı ısısal çökeltici ile bir gravimetrik numune alıcı aletten faydalanılmıştır\*. Bu aletlerden ikincisi hâlen İngiltere ve Amerika'da standard numune alıcısı olarak kullanılmaktadır.

a. Uzun Zamanlı Isısal Çökeltici

8 saatlik bir vardiyeye boyunca devamlı numune alabilen bu alet yalnız tozun insan sağlığı ile ilgili kısmını numune olarak alır. Alet içine yerleştirilen küçük bir akünün çalıştırdığı bir motor vasıtasıyla çalışan bir pompa dakikada  $2 \text{ cm}^3$  hava emer. Bu havada bulunan 6 mikrondan büyük toz taneleri havanın giriş kısmında bulunan bir tasfiye aygıtında gravimetrik yolla ayrılırlar. 6 mikrondan küçük taneler hava üzerine sürüklenerek dar bir kanaldan geçerler. Kanalın sonuna yakın bir yerde, kanalın tavanında ve kanal eksenine dik, takriben  $100^\circ\text{C}$  ısıtılmış bir resistans teli bulunmaktadır. Kanalın tabanını ise bir cam lamel teşkil etmektedir. Tozun bir kısmı daha telin altına gelmeden bu cam üzerine çöker. Telin altına kadar gelenler ise, sıcak bir Hgmin etrafında çeviren tozdan arı bir zonu bulunması fizik prensibi dolayısıyla (Şek. 1) telin altından geçerken bu zonu tarafından alttaki cama doğru saptırılırlar ve moleküler çekim vasıtasıyla cama yapışırlar. Bu arada aletten ne kadar hava geçtiği yine alet tarafından otomatikman kaydedilir. Numune alma işlemi bittikten sonra cam aletten alınır.



Şek. 1. Tane büyüklüğü ile akciğerlerde ve yukarı solunum yollarında tutulan tozun yüzdesi arasındaki bağlantı.

ve incelenmek üzere laboratuvara götürülür. Bazı özel metodlar kullanılarak bu cam üzerindeki tozlar mikroskopla sayılır. Netice tane/cm<sup>3</sup> cinsinden bulunur. Yalnız buna 0.5 mikrondan küçük parçacıklar dahil değildir.

#### **b. Gravimetrik Numune Alıcı**

Bu alet de 8 saat devamlı numune alabilir. Akü ile enerji sağlanan bir motorun çalıştırdığı küçük bir pompa dakikada 2.5 litre havayı emer. Havanın hızı öyle ayarlanmıştır ki aletin girişindeki kanallardan geçerken daha aletin diğer ucundaki cam elyafından yapılmış filitreye varmadan önce, içindeki 6 mikrondan büyük toz tanecikleri kanalların dibine çökerler. 6 mikrondan küçük olanlar filitre üzerine toplanırlar. Daha evvel boş olarak tartısı yapılan filitre numune alma işlemi bittikten sonra tekrar tartılır. Aradaki farktan ve yine alet tarafından otomatikman kaydedilmiş bulunan aletten geçen hava miktarından havadaki toz konsantrasyonu mg/m<sup>3</sup> olarak hesap edilir.

### **4. Tozun İnsan Üzerindeki Etkileri**

Endüstride, bilhassa yeraltı kömür ve metal madenlerinde, işçiler çeşitli tozlara, dumanlara ve buharlara maruz kalırlar. Muayyen tozların teneffüs edilmesi bazı hastalıklara yol açar. Bunların arasında inorganik tozların sebep olduğu pnömokonyoz en yaygını ve en önemlisidir. Biz burada sadece pnömokonyozdan bahsedeceğiz.

#### **4.1. Pnömokonyozun Tanımı**

Latince "Pneumon" akciğer ve "conis" toz manasına gelmektedir. Pnömokonyoz tabiri buradan türemiştir ve toza maruz kalmaktan meydana gelen her türlü akciğer hastalığına genel olarak bu isim verilmektedir.

1971 Eylül ayında Bükreş'de (Romanya) Uluslararası İşçi Dairesi (ILO) tarafından yapılan 4.ncü Uluslararası Pnömokonyoz Konferansı pnömokonyozu şöyle tarif etmiştir: "Pnömokonyoz, tozun akciğerlerde birikmesinin ve akciğer dokularının bu toza reaksiyon göstermesinin neticesidir."

## 4.2. Pnömokonyozun Sebepleri

### a. Fizyolojik Görünüm

Solunum organları sırasıyla ağız veya burun, yutak, gırtlak, nefes borusu, bronşlar ve bronşçuklar, alveoller ve akciğerlerdir.

Solunum yoluyla gelen toz taneciklerinin irilerinin bir kısmı burun cidarlarında bulunan kıllar ve sümük tarafından tutulurlar. Ağız veya burundan geçen hava yutağa gelir. Tozların bir kısmı da yutak cidarlarındaki kirpikli epitelyum tarafından yakalanırlar. Ayrıca yutağın duvarlarında bulunan kirpikli \* sümüksü hücrelerde tozların tutulmasına yardım eder. Nefes yollarındaki bütün bu kirpikler tutulan tozları ağıza doğru hareket ettirmek eğilimindedirler.

Nefes borusu iki bronşa ayrılarak akciğerlere ulaşır ve burada tekrar küçücük dallara ayrılarak terminal bronşçukları meydana getirir. Ana bronşların yapısı da nefes borusunun yapıya benzer. Terminal bronşçuklar teneffüs bronşçuklarına ayrılır. Bunların astar zan kirpik ihtiva etmez. Nihayet, teneffüs bronşçukları da uçları intizamsız çukurlara ve alveollere açılan alveolar kanallara ayrılır.

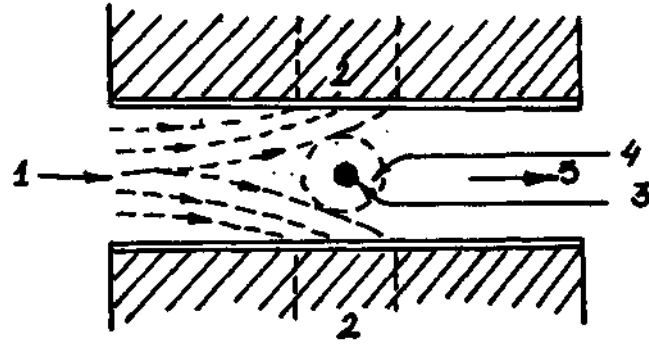
Teneffüs boşluklarındaki temizleme mekanizması üst teneffüs cihazlarınınkinden farklıdır. İnsan vücudunda, kanda ve lenf de serbestçe hareket edebilen ve fagosit adı verilen bir grup hücre vardır. Bu hücreler dokulardaki yabancı maddeleri yeme özelliğine sahiptirler. Yeme işleminden sonra bu hücrelerin bir kısmı alveol duvarlarından geçerek kana veya lenfe karışırlar. Bunlar tarafından taşınan toz akciğer dokularında birikir. İşte burada sıhhatli akciğer dokusunun fibrosis (liflenme) olması başlar. Fagositlerin diğer bir kısmı ise bronşçuklara gelir ve buradan ağıza doğru itilirler. Ağızda tükürkle birlikte dışarı atılır veya yutulurlar.

### b. Mekanik Görünüm

Solunum organlarında tutulan tozun yüzdesi ve tutulmadan indiği derinlik tozun tame büyüklüğü üe alâkalıdır. İri tane-

c e

ler üst solunum yollarında tutulurlar. Sadece en küçük tanecikler akciğerlere ve alveollere ulaşabilirler. 5-10 mikrondan büyük tanelerin nefes yollarında tutulma oranının %100 kadar olduğu ispatlanmıştır. Tozun tane büyüklüğü küçüldükçe nüfuz ettiği derinlik artar. Fakat büyüklük 0.2 mikrondan az olunca bu tanecikler havanın bir elementi imiş gibi hareket edebilirler ve hava ile birlikte tekrar dışarı çıkabilirler. Dolayısı ile, tozun alveollere en fazla nüfuz edebilen ve orada tutulan bir optimum büyüklüğü olması gerekir. Deneylerin gösterdiğine göre alveollerde birikme ile tane çapı arasındaki ilişki Şekil 2'deki gibidir.



### ŞEKİL 2 - İSİSAL ÇÖKELTME PRENSİBİ

- 1: Toz yüklü hava, 2: Çökeltme zonu,  
3: Sıcak tel, 4: Tozdan arınmış bölge,  
5: Temiz hava.

Şekilde görüldüğü üzere alveollerdeki maksimum birikme 1 ve 2 mikron arasındadır, ve 0.2 - 0.3 mikron civarında minimuma düşüş vardır. 5 mikrondan büyük tanelerin yukarı solunum organlarında tutulma oranı yüksektir. Fakat azalan büyüklükle birlikte bu da hıala azalır ve 1 mikron civarında sıfıra çok yaklaşır.

### c. Patolojik Görünüm

Tozun akciğerlerde yaptığı değişikliği izah eden kesin bir teori henüz yoktur. Uzun bir zaman için toz partiküllerinin akciğer dokularını mekanik hareketlerle çizdikleri ve tahriş ettikleri düşünülmüştür. Hayvanlar üzerindeki çeşitli deneyler bu teorinin doğru olmadığını göstermiştir. Tozun alveollere nüfuz ederek akciğer dokularında fibrosis yapması ve solunum kapasitesini daraltarak nefes alış verişim zorlaştırması ancak tozun kimyasal yapısı ile ügildir. Yani, tozun sertliği ve şekli ne olursa olsun ancak serbest silika ( $\text{SiO}_2$ ) ihtiva ettiği müddetçe akciğerlerde bir değişime ve tahribe sebep olabilir.

Teorilerden birine göre kuvars parçacıkları hücreler tarafından yenilirler. Fakat bunlar toksittirler ve hücreleri öldürürler. O zaman civardaki doku fibrosis olmaya başlar ve bu zamanda artarak daha geniş sahalara yayılır ve akciğerin vital kapasitesini azaltır.

Başka bir teori, dokulardaki silikanın yavaş yavaş erimesinin dokularda kimyasal tahribata yol açtığına inanmaktadır. Silikanın erimesinden meydana gelen madde muhtemelen silisik asittir. Tozun ne kadar çok serbest silika ihtiva ediyorsa o kadar çok fibrosis yapmaya müsait olduğu ispatlanmıştır.

### 4.3. Pnömokonyoz Tipleri

Akciğer reaksiyonunun şiddetine göre pnömokonyoz (1) fibrotik ve (2) benign pnömokonyoz diye iki kısma ayrılır.

Fibrotik pnömokonyozun karakteristik özellikleri şunlardır:

- a. Kati doku reaksiyonu, yani fibrosis
- b. Akciğer fonksiyonunun bozulması
- c. Nihayette tüberküloz veya kanser olma istidatı

Benign tipi pnömokonyozda bu özellikler görülmez. Sadece, fazla miktarda nötr toz teneffüs edildiği zaman bronşlarda, lenf ve kan damarlarında tıkanma olabilir. Bu da çalışma kapasitesini azaltır.



Fibrotik pnömokonyozda yine (1) silikoz (2) antrakonyoz (Kömür madencisi pnömokonyozu) ve (S) asbest pnömokonyozu diye çeşitlere ayrılır. Biz burada bizi en çok ilgilendirdiği için sadece silikozdan kısaca bahsedeceğiz.

#### 4.3.1. Silikoz

Silikoz, süika ihtiva eden tozun akciğerlerde meydana getirdiği ve akciğerlerin vital kapasitesini azaltan fibrotik bir durumdur. Bu durum X - ışınlarıyla tesbit edilebilmektedir. İlk araz çapı 3 mm. den fazla, müşterek merkezli tabakalardan oluşan silikotik nodüllerdir (küçük yumrular). Daha sonra bu ükel nodüller bir araya gelerek yalancı urlar meydana getirebilirler. Genel olarak silikozun yapmış olduğu tahribat geçici değildir. Çünkü akciğer dokuları tekrar eski hallerine getirilemeyecek şekilde değişikliğe uğrarlar.

Hastalık kendisini üç safhada gösterebilir. İlk safhada nefes alışverişlerindeki hastalık belirtileri çok hafiftir, veya hiç olmayabilir. İkinci safhada öksürük ve nefes darlığı, daha belirgin hal alır ve tükürük miktarı artar. Hasta nefes almanın güçlüğünden şikâyetçidir. Üçüncü safhada ise önemli derecede dermansızlık (maluliyet) görülür. Nefes darlığı, öksürük ve akciğerlerde yumrularına görüntüleri artık çok açıktır. Akciğer tüberkülozu da bu safhada görülebilir. Hastalığın ilerleme derecesini daha iyi ifade edebilmek için, akciğerlerin röntgen filimlerinde görülen tozun sebep olduğu lekelerin büyüklüğünü ve sayışım kriter olarak alan, uluslararası bir radyolojik sınıflandırma sistemi kabul edilmiştir.

İlerliyen fibrosisin iki türü vardır: Çabuk ilerliyen ve yavaş ilerliyen tip. Çabuk ilerliyen tip 3-5 yıldan kısa bir süre toza maruz kaldıktan sonra belirtilerini göstermekle karakterize edilir. Yavaş ilerliyen tip ise ilk belirtilerini 10-15 yıldan sonra gösterir. Talk, mika, pegmatit, feldspat, kaolin, sabuntaşı, boksit ve diatomit gibi silikatlarda silikoza benzer akciğer fibrosisine sebep olabilirler. Bu da kuvars impuritelere ihtiva ettiklerinden dolayıdır.

## 5. Toz Şartlarının Tayini ve Bazı Ülkelerde Kabul Edilen Standartlar

Havadaki toz miktarını ölçen çeşitli aletler ve ölçme metodları vardır. Bu aletler ve metodlar ülkeden ülkeye değişir. Dolayısı üe her ülkenin standardı kullandığı metoda ve alete göre değişiktir. Hatta bu standartlar üerliyen teknik ve artan bilgiler dolayısı üe zaman zaman değişikliğe uğramaktadır. Mamefih, toz miktarının tehlike derecesinin tespitinde bir çok memleketlerde başlıca iki ana metod kullanılmaktadır: (1) Tozun ağırlığını ölçmek ve kül yüzdesini veya kuvars miktarını tespit etmek, (2) muayyen bir sınırdan aşağıdaki veya iki sınır arasındaki büyüklükteki toz taneciklerinin sayısını bulmak ve taneciklerin ihtiva ettiği silika miktarını tespit etmek.

Tablo 2'de bazı ülkelerdeki toz tayin metodları ile kabul edilen standartlar **gösterilmiştir**.

## 6. Deneysel İşlemler

### 6.1. Madenin ve Numune Alman Seksiyonların Tanıtılması

Deneyler E.K.Î. Karadon Bölgesi Kilimli Bölümünde yapılmıştır.

#### 6.1.1. Kilimli Bölümü

Kilimli, Karadeniz sahilinde, Zonguldak'ın doğusunda bulunur. Jeolojik bakımdan saha daha ziyade aşağı karbonifer ve namurien formasyonlarından teşekkül etmiştir. Başlıca formasyonlar gre, şist ve konglameradır. Halen çalışan muhtelif kalınlıkta 15 kadar kömür damarı vardır. Bunların en önemlileri 5 m.'ye kadar kalınlıkları olan Çay ve Acılık damarlarıdır.

Kilimli Bölümünün günlük ortalama tüvenan istihsali 2300 ton kadardır. 8 saatlik üç vardiyada ortalama 1700-1800 yeraltı işçisi çahşır.

Genel olarak, üerletimli ve göçertmeli uzun ayak işletme metodu tatbik edilmektedir. Bölümde hâlen çalışan kotlar ge-

**Tablo 2 — Bazı Ülkelerde Kabul Edilen Toz Standartları**

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosüdü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz IJmitleri
Avustralya (N.S.W.)	Owen Jeti	Bir saat ara ile en 12 spot numune alınır	Tane/cm <sup>3</sup> (Tane < 5 <sub>(x,m)</sub> )	Toz limitleri ana materyaldeki % serbest silika miktarına göre değişir.	% silika 1-5(µm büyüklüğündeki tozların ortalama konsantrasyonunun sınırı 175 tane/cms 175 tane/cma 150 125 100 75 50
Belçika ve Hollanda (Kömür madenleri)	Soxhlet Filtresi	Numuneler en az 2 saat müddetle çalışma halindeki ayağın alnından 15-20 m. geride, hava dönüş yolundan alınır.	Havada suspan-siyon halindeki tozların toplamı: mg/ma	Toz limitleri numunenin kül muhtevasına göre değişir.	%kül 10 20 40 60 80 100 Toz Sınıfı <b>I n m</b> HOmg/mS 50 85 88 37 58 88 24 35 55 <b>17</b> 25 37 13 19 <b>28</b> 10 15 <b>22</b>

Tablo 2 (Devam)

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosedürü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz Limitleri									
Fransa	Eriyebilir veya Membran (zar) filtre		0,5-5 $\mu$ m büyüklüğündeki tane-ciklerin konsantrasyonundan (tane/cm <sup>3</sup> ) hesap edilen bir logaritmik indeks	Sadece kuvars miktarı nazarı itibare alınır.	İndeksi = 3.32 log <sub>10</sub> CQ-k, Bu formülde C = tane/cm <sup>3</sup> (tane büyüklüğü 0,5 — 5 $\mu$ m) Q = < 5 $\mu$ m tozların ihtiva ettiği % kuvars miktarı; k = konstant (eriyebilir filtre için 10,6, membran filtre için 8,9). Eşik limit, i = 5.									
Federal Almanya	Tyndalloscope ve Bergbau Konimetresi	Çalışma durumundaki arının muhtelif yerlerinden iki saatlik aralarla alınan spot numunelerin ortalaması alınır.	Toplam ince toz konsantrasyonu, k, ışığı kırma değeri ile ölçülür ve bulunan değer kalibrasyon tablosundan düzeltilir.	Külli muhtevası, b, konimetre numunelerinden tespit edilir. İnce kül konsantrasyonu kb = k $\times$ b. "İnce toz" ve "İnce kül" limitleri ayrıdır.	İnce toz konsantrasyonu, k, İnce kül kons., Kb, Toz Sınıfı <table border="1"> <tr> <td>I</td> <td>25</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>50</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>100</td> <td>20</td> </tr> </table> <p>III. sınıf tozlu yerlerde 5 yıl içinde hiç kimse 500 varyasyondan fazla çalışamaz.</p>	I	25	5	II	50	10	III	100	20
I	25	5												
II	50	10												
III	100	20												

Tablo 2 (Devam)

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosedürü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz Limitleri
Polonya	Zeiss Konimetresel veya Membran filtre		Tane/cm <sup>3</sup> <5µm	Toz limitleri kuvars yüzdesine göre değişir.	% Kuvars < 5 5—15 15—25 >25 Tane/cm <sup>3</sup> 1500 1200 850 500
Sovyetler Birliği	Gravimetrik Filtre	Çalışılan zonların atmosferindeki müsaade edilebilen maksimum toz muhtevası	Kütle konsantrasyonu mg/m <sup>3</sup> (Her büyüklükteki toz)	Serbest silika yüzdesine göre	%70 Serbest kristal halindeki silika 10—70 serbest silika Kömür veya silikat tozu < % 10 silika Silika ihtiva etmeyen kömür tozu 1 mg/m <sup>3</sup> 2 mg/m <sup>3</sup> 4 mg/m <sup>3</sup> 10 mg/m <sup>3</sup>
İngiltere	M.R.E. 113 A Tipi Gravimetrik Numune Alıcı	Çalışılan vardiya esnasında sürekli numune alma işlemi. Yer: Kömür madenlerinde uzun ayak hava dönüş yoluna alından 70 m. geriye, diğer yerlerde çalışma yerine	Teneffüs edilebilen tozun kütlesi	Standard, işyerinin cinsine göre değişir.	Taş galeriler Diğer yerler Normal olarak, bir iş yerindeki nominal toz konsantrasyonu o iş yerindeki üç aylık konsantrasyonların ortalama-sına göre hesap edilir. 3 mg/m <sup>3</sup> 8 mg/m <sup>3</sup>

**Tablo 2 (Devam)**

<b>Ülke</b>	<b>Numune Alma</b>	<b>Numune Alma Prosüdüü</b>	<b>Ölçülen Parametre</b>	<b>Bünyesel Değerlendirme</b>	<b>Toz Limitleri</b>
Amerika Birleşik Devletleri	M.R.E. 113 A Tipi Gravimetrik Numune Alıcı	Çalışılan vardiya esnasında sürekli numune alma işlemleri	Teneffüs edilebilen tozun kütlesi	Standart her yerde aynıdır.	2mg/m <sup>3</sup> (Bir iş yerinde mümkün olan bütün tedbirler alındığı halde toz konsantrasyonu 2 mg/ms'den fazla oluyorsa o iş yerine 3 mg/ms'e kadar müsaade edilebilir.)

nel olarak —160/—260 ve 260/—360 ana kotlardır. —260 ve —360 kotlarındaki ayak diplerinden 1 tonluk arabalarla ve dizel lokomotifler vasıtası ile nakledilen kömür ve taş ana kotlar arasındaki bür ve desandrilerden —160 kotundaki yükleme istasyonlarına getirilir. Yükleme istasyonlarında 5 tonluk arabalara boşaltılan kömür ve taş bu arabalarla Karadon 1 No.lu kuyuya gelir. 1 No.lu kuyudan surfasa çıkan kömür bant konveyörler vasıtası üe Çatalağzı Lavvarma gönderilir.

Havalandırma işlemi Kilimli'deki ana giriş galerisinin ağzında bulunan iki adet emici; ve Kilimli'nin batısındaki înağzında bulunan daha küçük kapasiteli iki adet üfleyici vantilatör vasıtasıyla yapılmaktadır. Hava Karadon 1 No.lu kuyudan, înağzı'ndaki desandriden ve surfasa açılan muhtelif bacalardan içeriye girer. Madene giren toplam temiz hava miktarı dakikada 5500 m<sup>3</sup>'dür.

### 6.1.2. Numune Alman Seksiyonlar

Bu çalışmada 5 seksiyon seçilmiştir. Bunlar:

#### a. Doğu Çay Uzun Ayak

Çay damarının kalınlığı 2 ilâ 5 metre arasında, yatımı ise 35° ilâ 50° arasında değişmektedir. Tavan ve taban gredir. Yer yer kalınlığı 40 cm.'ye varan orta kesmelere rastlanmaktadır. Ayağın lağım numarası 4325 olup —160 ve —260 kotları arasında doğu istikametine doğru ilerletimi olarak çalışmaktadır. Ayak uzunluğu 140 m.'dir. Damar kaim olduğu için iki dilim halinde çalışmak gerekmiştir. Tavan ayak bir kaç sene evvel çalışmış olup numuneler taban ayaktan alınmıştır. Anlaşılabileceği gibi taban ayağın tavanı tavan ayağın enkazından müteşekkeldir. Ayağın tahkimatı ağaç sarma, belleme ve domuzdamarlarıyla yapılmaktadır. Ayak üerledikçe zaten eski olan arkası kolayca oturmaktadır. Temiz hava —260 kotundan gelir ve —160 kotundan kirlenmiş olarak döner. Ayakta bir vardiyeye istihsal, bir vardiyeye da tahkimat yapılır. Üçüncü vardiyeye ayak dinlenmeye bırakılır. Günlük istihsal 150 ton kadardır. Kömür pnömatik mortapikörler vasıtasıyla kazılır ve sac oluklar vası-

tası ile ayak dibine kaydırılır, istihsal vardiyasında ortalama 12 kazmacı çalışmaktadır.

fo. 43027 Acenta Kuzey **Lağımı**

Bu lağım —160 kotunda, genel olarak gre içinde sürülmektedir. Kesiti 10 m<sup>2</sup> olup tahkimatı rijit sistem demir bağlarla yapılmaktadır. Temiz hava bir elektrik pervanesi vasıtasıyla 60 cm. çapındaki borularla arma basılır. Delik delme işlemi kuru olarak tatbik edilir.

c. **51100 Batı Lağımı**

Bu lağım —360 kotunda daha ziyade konglamera ve yumuşak gre içinde sürülür. Kesiti, tahkimatı, havalandırılması ve delik delme işlemi Acenta Kuzey Lağımındaki gibidir.

d. **Papaz Uzun Ayak**

Papaz damarının ortalama kalınlığı 1 m. ve yatımı 38° kaddır. Tavan ve taban taşları gredir. Ayak —160 ve —260 kotları arasında üretilimli olarak çalışmakta olup uzunluğu 140 m. dir. Lağım numarası 51050'dir. işletme, tahkimat ve havalandırma sistemleri Doğu Çay Ayaktaki gibidir.

Ayakta iki vardiya istihsal bir vardiya da tahkimat yapılmaktadır. Bir istihsal vardiyasında 14 kadar kazmacı çalışır ve günlük istihsal 250 ton civarındadır.

e. **46 Yükleme İstasyonu**

Bu yükleme istasyonu —160/4405 Lağımı üzerindedir. 46 Bür vasıtası ile —260 katından —150 katma çekilen dolu arabalar —150 ve —160 katları arasındaki bir siloya tumba edilir.



Bu silonun altından —160 katındaki 5 tonluk arabalara boşaltılan kömür ve taş Karadon 1 No.lu Kuyu dibine gönderilir.

## 6.2. Deneysel Prosüdür

Daha önce de belirtildiği gibi numune alma işlemi madenin muhtelif seksiyonlarında yürütülmüştür. Her seksiyonda, uygun noktalarda numune alma istasyonları seçilmiştir. Bu istasyonlar uzun ayaklarda, (a) ayak dip taban yolunda ayak alnından 10 m. geride, (b) yine dip taban yolunda ayak alnı üe taban alnı arasında, (c) ayak ortasında, ve (d) ayak baş taban yolunda ayak ahundan 8-10 m. geride; lağımlarda, arından 10 m. kadar geride; yükleme istasyonunda, (a) —150 kotundaki tumbadan 10 m. geride dönüş havası yolunda, ve (b) —160 kotunda süo dibinden 10 m. geride dönüş havası yolunda tespit edilmiştir. Numuneler vardiya içinde ara verilmeden sürekli olarak alınmıştır. Numune alma süreleri mümkün olduğu kadar uzun tutulmuş olup ortalama 6 saat kadardır.

Daha önce dışarıda bakımı ve hazırlığı yapılan aletler numune alma istasyonlarına getirilir ve yolun ortasına; yerden yüksekliği mümkün olduğu kadar ağız hizasına gelecek şekilde tavana asılır. Aletler aynı anda çalışmaya başlatılır ve aynı anda durdurulur. Dışarı çılınca gerekli doneler alınarak toz konsantrasyonları hesap edilir.

Serbest süikanın tayininde metod olarak Enfraruj-Spektrofotometre metodu seçilmiştir. Bunun için PERKIN-ELMER 137 Sodyum Klorid spektrofotometresi kullanılmıştır. Bazen aynı yerden alınan birkaç numune karıştırılarak tahlü edilmiştir. Bu metodun detaylarından burada bahsedilmeyecektir.

## 6.3. Deneysel Veriler

Deneylerin sonucunda bulunan toz konsantrasyonları Tablo 3'de, silika analizlerinin verileri ise Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3 — Toz Numunelerinin Karşılaştırmalı Verileri

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m <sup>3</sup>	Tane/cm <sup>3</sup>	İ z a h a t
1	3	Doğu Çay Ayağın üst taban hava dö-nüş yolu	Gravimetrik Isısal çöktelci	7,24	1393	—
2	3	"	Gravimetrik Isısal	11,74	712	—
3	3	"	Gravimetrik Isısal	9,70	1771	—
4	3	"	Gravimetrik Isısal	10,50	2099	—
5	2	Doğu Çay Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	13,47	1880	İstihsal: 184 ton kömür ve 8 ton taş.
6	2	"	Gravimetrik Isısal	8,55	1855	İstihsal: 158 ton kömür ve 6 ton taş.
7	3	Doğu Çay Ayağın dip taban yolu (ayak ile taban alını arası)	Gravimetrik Isısal	9,29	1818	Eski bir göçük yolu takip eden taban yolunun arındaki kömür kalınlığı 120 cm. kadardır.

(\*) 1. vardiya saat 16.00 - 24.00 arası; 2. vardiya 24.00 - 08.00 arası ve 3. vardiya 08.00 - 16.00 arası çalışmaktadır. Ayaklarda 1. ve 2. vardiyalar istihsal, üçüncü vardiya ise tahkimat vardiyasıdır.

**Tablo 3 (Devam)**

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m <sup>3</sup>	Tane/cm <sup>3</sup>	İ z a h a t
8	2	Doğu Çay Ayağın dip taban yolu temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	3,92	1265	Ayağa gelen temiz hava -360 kotundan buradaki yağmurlarda kusmen kirliymiş olarak geliyor.
9	3	Doğu Çay Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	8,73	744	İstihsal: 140 ton kömür (24 saatte) Tahkimat: 24 domuzdamı yapıldı.
10	3	"	Gravimetrik Isısal	5,04	560	İstihsal: 160 ton kömür Tahkimat: 26 domuzdamı yapıldı.
11	2	Doğu Çay ayak üst taban (Hava dönüş) yolu	Gravimetrik Isısal	9,57	1364	Ayak istihsalı: 169 ton kömür
12	2	"	Gravimetrik Isısal	4,71	1061	Ayak istihsalı: 127 ton kömür
13	2	"	Gravimetrik Isısal	6,63	1734	Ayak istihsalı: 217 ton kömür
14	2	"	Gravimetrik Isısal	6,62	2075	Ayak istihsalı: 193 ton kömür
15	1	-160/43027 Acanta Kuzey Lağımu	Gravimetrik Isısal	16,87	3161	Arun: Gre Posta: 6 ton alındı

Tablo 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m <sup>3</sup>	Tane/cm <sup>3</sup>	İ z a h a t
16	1	"	Gravimetrik İsisal	1,13	747	Arın: Gre Posta: 20 ton alındı
17	1	"	Gravimetrik İsisal	9,95	1557	Arın: Gre Posta: 5 ton alındı
18	2	"	Gravimetrik İsisal	13,53	2417	Arın: Gre
19	2	"	Gravimetrik İsisal	8,33	1485	Arın: Gre Posta: 10 ton alındı
20	1	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsisal	12,31	2320	Arın: Konglomera Posta: 6 ton alındı
21	1	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsisal	21,25	3791	Arın: Konglomera
22	1	"	Gravimetrik İsisal	16,50	3641	Arın: Konglomera
23	2	—160/43027 Acen- ta Kuzey Lagımı	Gravimetrik İsisal	23,63	5210	Arın: Gre (Sadere delik delme işlemi ya- pıldı)
24	2	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsisal	11,78	2944	Arın: Gre Posta: 8 ton alındı

Tabol 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m <sup>3</sup>	Tane/cm <sup>3</sup>	İ z a h a t
25	2	"	Gravimetrik İnsal	6,30	2948	Arın: Gre ve ince bir kömür bandı Posta: 12 ton alındı
26	2	"	Gravimetrik İnsal	18,42	3151	Arın: Gre ve konglomera
27	3	"	Gravimetrik İnsal	14,93	2464	Arın: Konglomera Posta: 10 ton alındı
28	3	"	Gravimetrik İnsal	10,38	2417	Arın: Yumuşak gre Posta: 16 ton alındı
29	3	"	Gravimetrik İnsal	18,49	2524	Arın: Yumuşak gre
30	3	—160/43027 Acen- ta Kuzey Lagımı	Gravimetrik İnsal	18,96	2002	Arın: Gre
31	3	"	Gravimetrik İnsal	7,42	1136	Arın: Gre Posta: 12 ton alındı
32	3	"	Gravimetrik İnsal	7,33	1013	Arın: Gre Posta: 13 ton alındı
33	1	Papas Ayagın or- tan	Gravimetrik İnsal	8,35	1051	İstihsal: 125 ton kömür
34	1	"	Gravimetrik İnsal	8,86	798	İstihsal: 150 ton kömür

Tablo 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m <sup>3</sup>	Tane/cm <sup>3</sup>	İ z a h a t
35	1	Papas Ayak üst taban (hava dö-nüğü) yolu	Gravimetrik Isısal	1,75	619	Ayak istihsalı: 96 ton kömür
36	1	"	Gravimetrik Isısal	0,95	804	Ayak istihsalı: 160 ton kömür
37	1	"	Gravimetrik Isısal	8,22	759	Ayak istihsalı: 130 ton kömür
38	1	Papas Ayak dip taban yolu temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	1,48	676	---
39	1	Papas Ayak üst taban yolu	Gravimetrik Isısal	0,81	626	Ayak istihsalı: 122 ton kömür
40	1	Papas Ayak dip taban (ayak ile ta-ban arası)	Gravimetrik Isısal	25,10	Sayıla-madı	Taban arındaki kömür kalın-lığı 90 cm.'dir. Kuru delmek ve lağım atmak suretiyle ilerleme yapıyor.
41	1	"	Gravimetrik Isısal	12,45	2027	"
42	3	"	Gravimetrik Isısal	14,00	1768	"
43	3	"	Gravimetrik Isısal	10,58	841	"

**Tablo 3 (Devam)**

44	3	Papas Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	7,86	392	38 domuzdamı yapıldı
45	3	"	Gravimetrik Isısal	5,09	243	34 domuzdamı yapıldı
46	3	Papaz Ayak üst taban yolu	Gravimetrik Isısal	1,30	561	—
47	3	"	Gravimetrik Isısal	7,04	682	—
48	3	Papas Ayak dip taban temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	2,76	894	—
49	2	"	Gravimetrik Isısal	2,68	902	—
50	1	46 yükleme tumbasının hava dönüş yolu	Gravimetrik Isısal	3,53	572	250 ton kömür tumba edildi
51	1	"	Gravimetrik Isısal	2,89	386	285 ton kömür tumba edildi
52	3	Papas Ayak üst taban	Gravimetrik Isısal	0,82	543	—
53	1	46 yükleme dip yolunun hava dönüş tarafı	Gravimetrik Isısal	2,71	1245	5-tonluk arabalara 177 ton kömür yüklendi

Tablo 3 (Devam)

54	1	"		Gravimetrik Isısal	3,57	957	164 ton kömür ve 20 ton tağ yüklendi.
55	2	46 yükleme tumba- basının hava dö- nüş yolu		Gravimetrik Isısal	3,16	599	96 ton kömür tumba edildi.
56	2	"		Gravimetrik Isısal	1,93	425	135 ton kömür tumba edildi.
57	2	46 yükleme dip yo- lunun hava dönüş tarafı		Gravimetrik Isısal	5,20	775	187 ton kömür yüklendi.
58	2	"		Gravimetrik Isısal	1,71	558	105 ton kömür yüklendi.
59	3	Doğu Çay Ayak dip taban yolu (Ayak ile taban ararı arası)		Gravimetrik Isısal	2,79	959	Eski bir göçük yolu takip eden taban yolunun ararındaki kömür kalınlığı 140 cm. kadardır.
60	3	Doğu Çay Ayak dip taban temiz hava girişi		Gravimetrik Isısal	1,16	708	Ayağa gelen hava —360 kottundan kısmen kirlenmiş olarak geliyor.



**Tablo 4 — Silika AnalMerinin Verileri**

<b>Numune Numarası</b>	<b>Analiz Edilen toz miktarı (mg)</b>	<b>Tozu yakıt-tan sonra çıkan kül miktarı (mg)</b>	<b>% Kül</b>	<b>Küldeki % SiO<sub>2</sub></b>	<b>Tozdaki % SiO<sub>2</sub></b>
5	4,2	1,4	33,3	19,75	6,58
11,12,13	11,2	2,5	22,3	16,13	3,60
18,30	20,5	18,5	90,2	58,75	53,00
22, 24, 25	12,9	10,2	79,0	60,63	47,90
27	6,9	6,0	87,0	77,50	67,42
31,32	5,0	4,8	96,0	45,00	43,20
33, 34, 37	14,8	6,5	43,9	19,82	8,70
42,43	12,5	10,5	84,0	35,00	29,40
50, 51,53	4,4	2,6	59,1	26,25	15,51
56,57, 58	6,0	2,3	38,3	15,44	5,92

## **7. Sonuç**

Yapmış olduğumuz çalışmalardan şu sonuçlara varılmıştır.

1 — Herşeyden önce, iş yerlerimizin tozlu olup olmadığına karar verebilmemiz için diğer milletlerde olduğu gibi bizim de bir toz standardı tayin etmemiz gerekmektedir.

2 — Bulduğumuz sonuçları diğer milletlerin standartları ile karşılaştırdığımız zaman madenlerimizin oldukça tozlu olduğunu görürüz. Bilhassa kuru delik delme sistemi üe çalışılan taş galerilerde durum çok ciddidir.

3 — Ayaklarda istihsal vardiyalarında tahkimat vardiyasına nazaran daha çok toz meydana gelmektedir.

4 — Lağımlarda kuru delme işlemi esnasında diğer işlere nazaran aşırı miktarda toz husule gelmektedir.

5 — • Umumiyetle bazı işyerlerine giriş havası olarak gelen hava daha önce başka işyerlerinde kirlenmiş bulunmaktadır.

6 — Uzun ayaklarda istihsal vardiyalarında ayak bütünüyle çalışmamakta olup sadece muayyen bir kısmı çalışmaktadır. Bu da fazla tozu önlemek bakımından yarar sağlamaktadır.

7 — Numuneler umumiyetle fiili çalışma saatlerinde alınmıştır. Vardiya başı ve sonu gibi işçilerin gelip gitmesi ve hazırlanması üe geçen saatler nazarı itibare alınmamıştır. Dolayısı ile değerlerimiz az çok yüksek olmuştur. Eger 8 saatlik tam bir vardiya esnasında numune alınmış olsaydı değerler biraz daha düşük olurdu.

8 — Ayak dibindeki oluktan araba doldurma esnasında çıkan tozların hava üe birlikte tekrar ayağa girerek toz huluğu artırdıkları tespit edilmiştir.

9 — Serbest silika yüzdesi genel olarak fazladır. Bu durum taş galerilerde daha barizdir. Ayaklarda silikanın fazla olmasının sebebi daha ziyade kömür içindeki ara kesmelerle tavan ve taban taşlarının parçalanmasıdır.

## 8. Baaa öneriler

Maden atmosferindeki toz konsantrasyonunu düşürmek için bazı tedbirler almamız gerekmektedir. Alman bu tedbirlerin iki avantajı vardır: (1) işçilerin sağlığı korunmuş olur; (2) Meslekî hastalıklar azalacağı için E.K.İ. daha az meslek hastalığı tazminatı öder.

Edindiğimiz tecrübelerle göre toz problemine karşı aşağıdaki tavsiyeleri yapabiliriz.

1. Taş galerilerde sulu delik delme metodunu mutlaka uygulamalıyız.

2. Eger mümkünse uzun ayaklarda arma su enjekte ederek çalışmak daha faydalıdır.

3. Transfer noktalarında ve ayakdibi oluklarında tozu bastırmak için su fisketeleri tesis edilmelidir.

4. İş yerlerine gelen havanın önceden kirlenmesine mani olunmalı; mümkün olduğu kadar temiz hava gelmesine çalışmalıdır.

5. Temiz hava miktarını yeteri kadar artırmalıdır. Böylece toz maden atmosferinden daha çabuk temizlenmiş olur.

6. Lağım deliklerine sıkılama maddesi olarak içi toz absorbe eden kimyevî maddelerle doldurulmuş kartuşlar kullanılmalıdır.

7. Ayak içindeki dar kesitleri genişletmelidir. Zira bu kesitler hem havayı boğarak yeteri kadar gelmesine mani olur, hem de havanın hızını artırarak toz kaldırmasına sebep olur.

8. Başyukan, taban, lağım veya desandri gibi yerlerde vantüp veya hava borusunun mümkün olduğu kadar arma yakın olması lazımdır.

9. Kuru ve tozlu yollar ve ayak içlerindeki insan geçen tozlu bürler sık sık temizlenmeli veya suyla yıkanmalıdır.

10. Kaim damarlar katlar halinde çalışıldıkları zaman tavan ayakların arka kısmına su vermek yerinde olur. Arka göçtükten bir müddet sonra tavan basıncı ile kırılan kayaç ve kömür parçaları toz ve suyun meydana getirdiği çimentolama yardımıyla sıkışarak sertleşirler. Böylece taban ayakların tavanları daha çok tozun meydana gelmesine elverişli olmaz.

11. İşçüer toz ve tozun zararlı tesirleri hakkında aydınlatılmalıdır. Bu onların kendilerini tozdan daha iyi korumalarına ve mümkün olduğu kadar az toz çıkararak çalışmaya dikkat etmelerine yardım eder. (E.K.I. kömür ocaklarında lağım deliğinden gelen tozu deliğe ağzını dayayarak emen işçiler görülmüştür. Sebebi sorulduğunda meslek hastalığı maluliyetini artırarak daha fazla tazminat almak istediklerim söylemişlerdir.)

#### Bibliyografik Tanıtım

1. Üstünkol, Ş.: "Study of Diust Conditions at Kilimli Colliery of Ereğli Coal Company", Master Tezi, Ankara 1973.
2. Bölükbağı, N.: "Studies on Sampling- and Analysing Mine Dust", Master Tezi, Ankara 1970.

3. **Lovenne, F.:** "Occupational Lung Diseases and Radiological Aspects of Pneumoconiosis", **Konferans Notları, Louvain (Belçika) 1972.**
4. ———, "Proceedings of the Symposium on Respirable Coal Mine Dust", U.S. Bureau of Mines, Information Circular 8458, s. 7-26, Washington **1970.**
5. Forbes, Devenport, and Morgis, "Physiological Effects of Breathing Dust", Review of Literature on Dusts, Bureau of Mines Bulletin **478, s. 18-57, Washington 1950.**
6. ———, "1972 ve 1973 Ereğli Kömür Havzası İstatistikleri", E.K.İ. İstatistik Servisi, Zonguldak.
7. ———, "Respirable Dust Sampling Requirements Under the Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969", U.S. Bureau of Mines, Information Circular **8484**, s. 3, July 1970 .