

### III. BÖLÜM

Madendikle İlgili Bilimsel ve Teknik Araştırmalar



## MADENCİLİĞİMİZDE LOĞLARIN YERİ

Ferhan SANLAV (x)

### Özet :

Dünya madenciliğinde loğlardan kalitatif olarak istifade edilmesi oldukça eskidir. Son yıllarda ise loğlarda görülen büyük gelişme madencilik sahasında artan ilgiye paralel olarak kantitatif uygulamayı da sağlamıştır. Loğlarla elde edilen bilgiler cevherin kalitatif olarak kıymetlendirilmesine ilâveten madenciler için çok mühim olan tavan kayaçlarının özelliklerinin de tayininde kullanılabilirlerdir.

### Giriş :

Son yılların gelimleri esas itibarıyla petrol sanayiinin vazgeçilmez bir aleti olan loğları maden yataklarının aranmasında da geçerli bir metod olarak ortaya çıkarmıştır. Uygun şartlar altında, gerekli loğların alınması halinde kantitatif değerlendirme yapılması mümkündür.

Log deyimi ile bir sondaj kuyusunda geçilen tabakaların fiziksel özelliklerinin özel aletlerden yararlanarak bir ölçüğe göre kaydını kastediyoruz. Örneğin, elektrik loğunun tabakaların rezistivitesini, gama loğunun tabakaların tabii (doğal) radyoaktivitesini, veya densité loğunun tabakaların özgül ağırlığını ölçmesi gibi.

Şu hemen belirtilmelidir ki fiziksel özellikler loğlarda jeofizik metodlarda olduğu gibi, aranan mineralin parametreleri cinsinden yorumlanır. Yani, log yorumlaması indirekt bir methodtur. Diğer bir deyimle, loğların kullanılması, aranan mineralin fiziksel özelliklerinin log değerlerini belirli şekilde etkilemesine bağlıdır.

### Kantitatif değerlendirme şartları :

Yukarıda anlatılanlara göre kantitatif değerlendirme yapabilmek için başlıca iki şartın olması gerekmektedir.

1. Mineralin özelliklerinin loğları etkileyecek şekilde ve
2. Mineralin formasyondaki miktarının ölçüye gelir bir nitelikte olması. Bunu basit bir misalle açıklayalım :

Örneğin, özgül ağırlığı 2.5 gr/cm<sup>3</sup> olan bir tabakada özgül ağırlığı 5.0 gr/cm<sup>3</sup> olan bir mineral densité logu ile tayin edilmeye çalışılıyorsa ve ölçü hassasiyeti + 0.1 gr/cm<sup>3</sup> ise ve bu sapmanın en az 5 misli bir (yani .05 mg/cm<sup>3</sup>) değerde loğun etkilenmesi yeterli görülüyorsa aradığımız mineralin en azından % 20 oranında olması gerekir.

### Loğların Mineral aramaları ndaki başlıca faydaları :

1. Daha geniş bir sahadan bilgi alınır. Mineral aramalarında kullanılan Standard usûl karot alınmasıdır. Misal olarak 2 parmaklık bir karotier ile 1 parmaklık

(x) Jeofizik Y. Müh. TJP.A.O., Ankara.

bir karot aldığımızı farzedelim. Eğer log aletinin ölçü aldığı yarı çap 6 parmak (15 cm) ise, log ölçümü karota nazaran 32 misli daha büyük bir hacimden istifade ile ortalama değer veriyor demektir. Halbuki ölçü alınan yarı çap çok daha da fazla olabilir. Diğer bir deyimle takriben 6 parmaklık karot almakla elde edeceğimiz numuneye eşdeğer bir hacimden ortalama değer için yararlanılmaktadır.

2. Gerekli log - karot bağlantısı temin edildikten sonra karot almaya ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla karot rekooverisi (kurtarımı) veya ilginç seviyenin geçilmiş olması problemi yoktur. Ayrıca, karot alınmaması para ve zaman bakımından büyük çapta tasarruf sağlar.

3. Ölçüler «in situ» (Yerinde) yapılmaktadır. Kuyu başında veya laboratuvarda zaman zaman meydana gelen numune karışması problemi olmadığı gibi numunenin yüzeye çıktıktan sonra değişmesi de bahis konusu değildir. Elâstik parametrelerin ölçülmesi yoluyla kaya mekaniği özelliklerinin tayini de yerinde yapılmaktadır.

4. Loğlar objektiftir. Dolayısıyla, numune alımının objektif olup olmaması diye bir problem yoktur.

5. Zaman tasarrufu vardır. Loğlar alınır alınmaz ilkel de olsa kuyu başında geçerli bir değerlendirme yapılabilir.

6. Loğlar tekrar kullanılabilir. Saha ve dolayısıyla problemler daha iyi bilindikçe gerektiğinde Loğların yeniden kıymetlendirilmesi yapılabilir.

Loğlar kuyunun tümü için bilgi verdiği için korelasyon işlemi için kullanılabilir. Meselâ, faylarla ilgili problemler gibi.

7. Karotla elde edilemeyen veriler temin edilebilir. Karotlarla eğim ölçülebilir, fakat doğrultu ölçülemez. Eğim ve doğrultu ölçmek için özel loğlar alınabilir.

Eğer yapılan arama jeofizik metodların uygulanması sonucu ise değerlendirilmenin tamamlanabilmesi için açılan kuyularda jeofizik parametrelerin kontrolü gerekir. Bu da en iyi bir şekilde gerekli loğların alınması ile yapılabilir veya bu tür bilgiler aynı havalide yapılacak jeofizik metodların seçiminde ve verilerin değerlendirilmesinde olağanüstü etkili olabilirler.

8. En geçerli madencilik metodu uygulanabilir. Müstakbel bir maden işletmesi ile ilgili tabaka kalınlıkları, faylar, sulu seviyeler, tavan kayalarının özellikleri peşinen bilinebiliyorsa şüphesiz en iyi madencilik metodu da uygulanır. Loğlar bu yönde en güvenilir araçlardır.

Aynı bilgiler işletme süresince alınacak bir kısım emniyet tedbirlerinin tayininde de etkili olabilir.

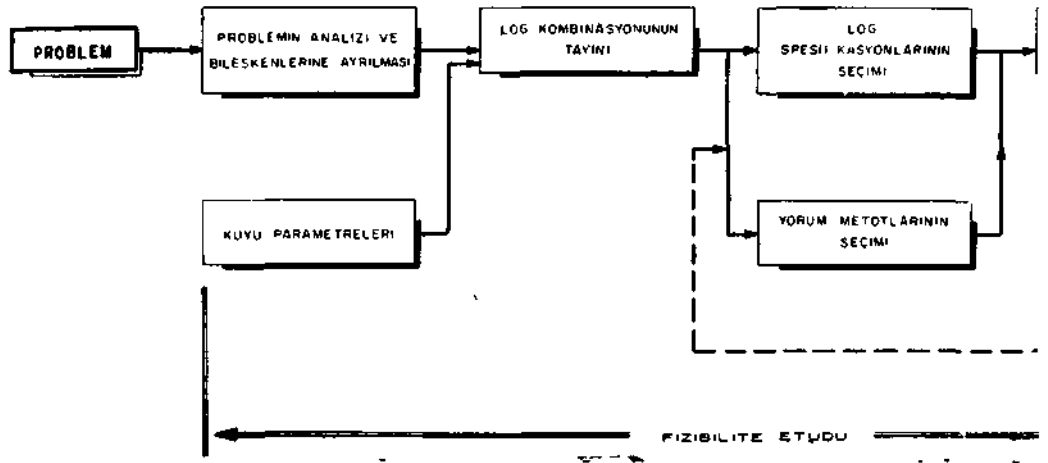
Logların kullanılmasındaki başlıca güçlükler :

Yukarıda loğların faydalarını saymıştık. Bu faydalara karşı bir kısım güçlükler de bulunmaktadır. Şunu hemen söylemek icap eder ki bu güçlükler yenilmediği oranda loğlardan beklenen faydalar da azalacaktır.

1. Logların kantitatif kullanılması henüz tam olarak gelişmemiştir. Yalnız Türkiye'de değil dünya madencilğinde bile logların kantitatif kullanılması oldukça yenidir, fakat bu yönde büyük adımlar atılmaktadır.

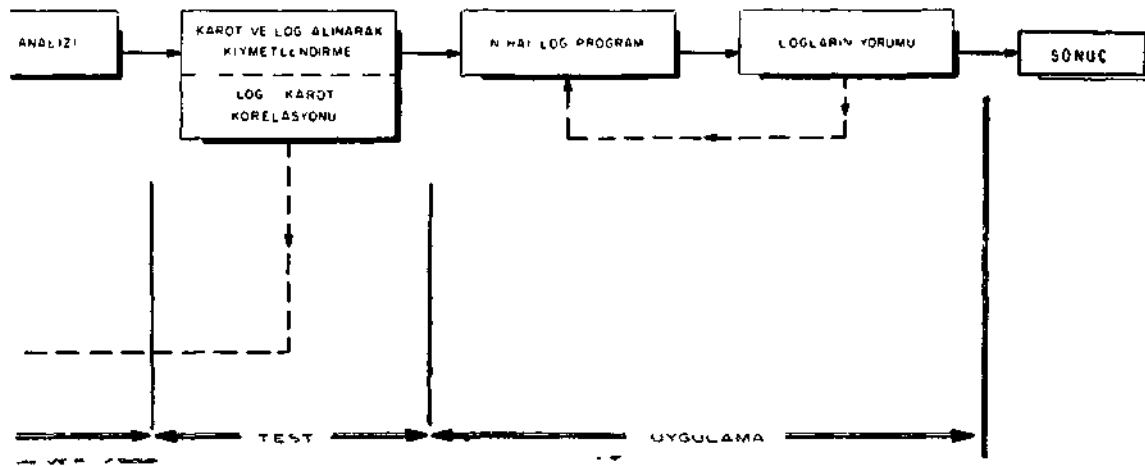


## LOGLARIN ETKİ



# KİLDE KULLANILIŞI

1A - 1







Hangi loğların alınacağıнын tayini kadar geçerli kalite kontrolünün yapılması ve loğların yorumlanması da bu sahada yetişmiş elemanlara ihtiyaç göstermektedir. Aynı şekilde karar mercilerinde olanların da log mevzuunda hiç değilse genel bir eğitime ihtiyaçları olabilir.

2. Koordinasyon problemi. Sondajcı ile loğu alacak teşkilât arasında çok iyi bir işbirliğine ve koordinasyona ihtiyaç vardır.

3. Log alma imkânı (Availability). Türkiye'nin loğlardan yararlanma bakımından en büyük problemi budur, istenildiği zaman, istenilen yerde, istenilen loğun alınması, yani bu alanda servis imkânı henüz yoktur, ihtiyacı çok evvelden görmek, plânlamak ve müşkül şartlar altında uygulamak gereği şu an için en büyük engeldir.

Loğların etkili şekilde kullanılışı : /•

Herhangi bir yeraltı probleminin çözümünde loğlar özellikle kantitatif olarak kullanmak isteniyorsa herhangi bir uygulamaya başlamadan evvel bir kısım kademelerden geçmemiz gerekmektedir. Bunlar Şema 1'de gösterildiği üzere : Fizibilite etüdü, test ve uygulama kademeleridir. .

Önce problemin analizi ve bileşenlerine ayrılması gerekmektedir. Uygulanması düşünülen sondaj sistemiyle ilgili parametrelerin teklif edilen log kombinasyonu ile birleştirilmesi maliyet analizine esas olan log spesifikasyonları ile yorum metodlarının seçimini sağlamaktadır. Elde edilen maliyet, karot ve karot analizi ile loğlardan elde edilecek bilgilerle karşılaştırıldığında loğlarla çalışıp çalışmayacağımız yani fizibilite ortaya çıkmaktadır. Sonuç olumlu ise seçilen birkaç kuyuda karot ve log alınarak gerekli karşılaştırma yapılır ve bu sefer de olumlu sonuç alınırsa uygulamaya geçilir.

Türkiye'deki başlıca kullanma imkânları :

1. Linyit ve Maden Kömürü : Dünyadaki uygulama densité, sonik, nötron ve rezistivite loğları ile kömür tabakalarının derinliği, kalınlığı, kül miktarı, nemliliği ile tavan kayalarının özelliklerinin ölçülebileceğini göstermiştir. Aynı tip uygulamayı yurdumuzda bekleyebiliriz.

2. Fosfat, Potas ve Radyoaktif Mineraller : Bu minerallerin aranması için en çok gama loğundan yararlanılmaktadır. Eldeki probleme göre diğer loğlarla yapılan kombinasyonlar en geçerli bilgileri verebilir.

3. Demir : Suseptibilite loğu ile demir yüzdesinin bulunması mümkündür. Yeni bir uygulamadır.

4. Bakır : Kullanılacak log tipi veya tipleri cevherin özellikleriyle bağıntılıdır. «Induced - Polarization» logu madencilik için geliştirilmekte olan loğların arasındadır.

5. Endüstriyel Ham Maddeler : Jips, kireçtaşı, dolomit, tuz, vesairenin arama ve değerlendirilmesinde loğlardan istifade edilebilir. Hangi loğların seçileceği eldeki probleme bağlıdır.

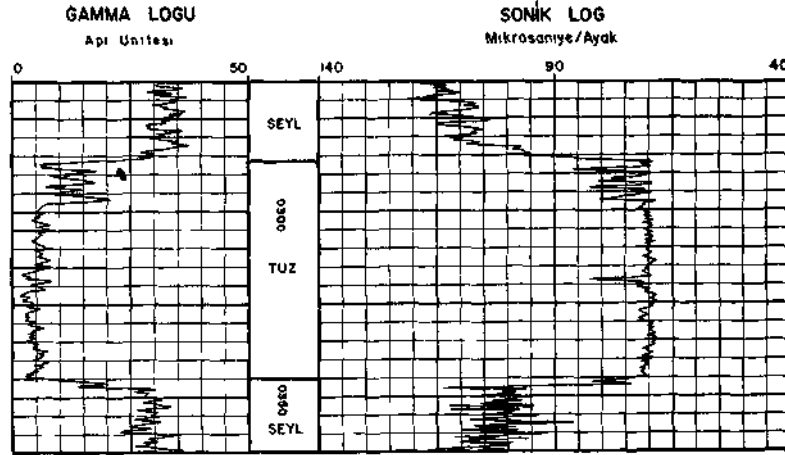
### Türkiye'den örnekler :

Loğların madencilüğümüzde ilk kez uygulanması yazarın bildiği kadar, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından 1953 yılında yeni Çeltek linyit madenin rezervlerinin tayininde başarıyla neticelenmiştir. Rezistivite metodu ile kömür tabakalarının derinlik ve kalınlıkları ölçülmüştür.

Tarafımızdan bilinen ilk kantitatif uygulama ise 1968 yılında Soda Sanayii Anonim Şirketi ham madde ihtiyacı için Mersin civarındaki tuz yataklarının sondajla tespitinde yapılmıştır.

Basit bir örnek Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığının Kozluk civarında Petrol aramasıyla ilgili olarak açtığı yapı sondajlarından Ahçlı — 1 kuyusunda geçilen kalın tuz tabakasıdır. Şekil — 1'de görüleceği üzere gama ve sonik loğu tuzun 287 — 354 metreler arasında 58 m. kalınlığında, üstte 11 metrenin kil ara tabakalı ve geri kalan kısmında yer yer ince kil ara tabakalı olduğunu göstermektedir. Sonik loğdan okunan  $At = 68 \text{ } ^\wedge \text{ s/ft}$  değeri (ideal  $At = 69 \text{ } ^\wedge \text{ s/ft}$ ) tuz tabakalarının tamamen temiz tuz ile  $At = 72 \text{ } ^\wedge \text{ s/ft}$  değeri az kil katkılı tuz arasında değiştiğini göstermektedir. Gama değerleri ise bu bulguları doğrulamakta, devamlı olarak düşük değerler okunduğundan potas veya benzeri yüksek radyoaktif değer veren mineralerin olmadığına işaret etmektedir.

### TUZ ARAMA ORNEĞİ TPAO ALIÇLI-I KUYUSU SEKIL-I



Yukarda işaret edildiği üzere bu basit bir örnektir. Bazı haller, örneğin, pore kireçtaşı içinde disemine olan iki mineralden meydana gelen bir cevherde her iki mineralin de yüzdelерinin loğlardan hesaplanması oldukça karışık bir yorum gerektirir.

**Sonuç :**

Yazımızın başında işaret edildiği üzere loğların kantitatif olarak kullanılması, aranılan cevherdeki minerallerin fiziksel özelliklerinin log değerlerini etkilemesine minerallerin ölçüye gelir bir nitelikte olmasına dayanır.

Loğların madencilğimizde kantitatif olarak kullanılması yepyeni bir çığır açabilir. Bu, servis imkânlarının doğmasına olduğu kadar log sahasında kalifiye personelin yetişmesine de bağlıdır.

**Bibliyografik Tanıtım :**

**PICKETT, G. R., 1970, Application for borehole geophysics in geophysical exploration : Geophysics, Vol. 35, No. 1, p. 81 - 92.**

**EVANS, H. B., 1970, Status and trends in logging : Geophysics, Vol. 35, No. 1. p. 93 - 112.**

**TIXIER, M. P. ve ALGER, R.P. 1970, Log evaluation of nonmetallic mineral deposits : Geophysics, Vol. 35, No. 1, p. 124 - 142.**

**BALTOSSER, R. W. ve LAWRENCE, 1970 H. W., Application of well logging techniques in metallic mineral mining : Geophysics, No. 1, p. 143 • 152.**

## ORHANFİT KROMİT YATAKLARININ JEOLJİK ETÜDÜ

M. Orhan ÖZKOÇAK (x)

### Özet :

Bursa ile Orhaneli arasındaki ultrabazik kayalar, E - W yönlü büyük bir masif tenkil ederler.

Doleritik magmanın çıkımı takiben ultrabazik magma, metamorfik kayalar, grovaklar ve üst Jura - alt Kretase yaşlı sedimanlardan müteşekkil bir aşınma yüzeyi üzerine yayılmıştır.

Ültrabazik kayalar, bariz bir magmatik tabakalanma gösterirler, Kromit yatakları, bu tabakalanmaya uygun olarak dünitler içinde teşekkil etmişlerdir.

Katlaşmanın bitiminden evvel E - W yönlü bir sıkışma, magmatik tabakalaşmanın ve kromit yataklarının N - S yönünde kıvamlanmasını sağlamıştır.

Katlaşmadan sonra oluşan N - S yönlü ikinci bir sıkışma masifin E - W şeklinde yönelmesine ve aynı yönlü arzaların teşekkilüne sebep olmuştur.

Bu iki sıkışma hareketi sonunda, masifin iç yapısı ile tabam arasında bir uyumsuzluk meydana gelmiştir.

### 1. Giriş :

Bursa ile Orhaneli arasındaki ultrabazik masifin jeolojik etüdü, 1965'de başlayıp 1969'da Paris Üniversitesi Fen Fakültesine sunduğum doktora çalışmamın konusunu teşkil eder.

Bu yazımda, Orhaneli kromit yataklarının teşekkilü ile ilgili sonuçları kısaca takdim edeceğim.

Kromit yataklarının büyük çoğunluğu, Orhaneli ultrabazik masifinin doğu kesiminde bulunmaktadır; batı kesiminde pek az kromite rastlandığından, etüd masifin doğu kesimini içine alır.

Ültrabazik masifin yerleşmesini ve iç yapısını anlamak için önce masifin jeolojik çerçevesini inceledim. Masifin yakın çevresi ayrıntılı olarak tetkik edildi; uzak kısımlarının etüdü derinleştirilmedi. Ültrabazik kayalarla, jeolojik çerçevenin bağlantıları tayin edildi. Ültrabazik masifin yapısal, petrografik ve metalojenik etüdünden sonra, kromit yataklarının teşekkilü izah edildi.

Arka arkaya dört yaz mevsiminde onüç ay arazi etüdüne hasredilmek üzere, doktora tezime, be; senelik bir çalışmanın neticesidir. Etüd sahası, 1/25000 ölçekli Bursa H21—C., H22—d<sub>4</sub> ve Kütahya İ21—b., İ22—al paftalarıyla temsil edilen bölgenin merkezi kısmını teşkil eder ve takriben 400 km<sup>2</sup>'dir.

(x) Dr. Jeolog M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

Arazi çalışmaları sırasında 400 kntf'lik sahanın 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını yaptım.

Laboratuvar çalışmaları sırasında ise 1200'den fazla ince kesitin mineralojik ve petragrafik etüdünü, 100'den fazla parlak kesit etüdü yaptım. Çok sayıda kimyasal analiz, makro ve mikro paleontolojik tayinler, X ışınları ve Flüoresans X ışınları ile etüdü yaptım.

## **2. Orhaneli Ültrabazik Masifinin ve Yakın Çevresinin Jeolojisi :**

Kretase yaşlı ultrabazik kayalar, Orhaneli ile Bursa arasında, E - W yönlü 35 km. uzunluğunda, 10 ilâ 20 km. genişliğinde büyük bir masif teşkil ederler. Masifin batı kesiminde pek az kromit yatağı bulunduğundan etüdü, masifin doğu kesimini içine alır. (Şekil 1)

Güneyde, metamorfik kayalar ile milonitler ve megabreşlerden ibaret bir kaide üzerine otururlar. (Şekil 2)

Kuzeyde ise ultrabazik kayalarla metamorfik kayalar ve Paleozoik yaşlı grovaklar arasında ters bir fay vardır. Fayın batı ucunun güneyinde, metamorfik kayalar, grovaklar ve üst Jura - alt Kretase kalkerlerinden müteşekkil kaide, ultrabazik kayaların altında yer yer aflöre eder. (Şekil 2)

Büyük bir granodiyorit masifi, ultrabazik kütlelerin doğu kısmını delmiştir. (Şekil 2 ve 3).

Orhaneli ultrabazik masifi esas olarak dünit ve piroksenli peridotitten müteşekkildir; az miktarda piroksenolit ve gabro - dolerit ihtiva eder. Masifin her iki kenarında, yer yer dolerit ve megabreşlere rastlanır. Önce doleritik magma çıkmış, onun üzerine ultrabazik magma yayılmıştır.

Ültrabazik kayalar bariz bir tabakalanma gösterirler. Bu magmatik tabakalanmanın genel yönü N - S, eğimi ise dike yakındır. Ültrabazik masifin iç yapısı ile kenarı arasında bir disharmoni mevcuttur.

Magmatik tabakalanma kuzeyde, dünit, piroksenli peridotit ve piroksenolit ardalanmaları ekinde görünür. Güneyde, piroksenolit tabakalarının yerini şeritli kromit yatakları alır.

## **3. Ültrabazik Masifin Yerleşmesi ve tç Yapısının Teşekkülü :**

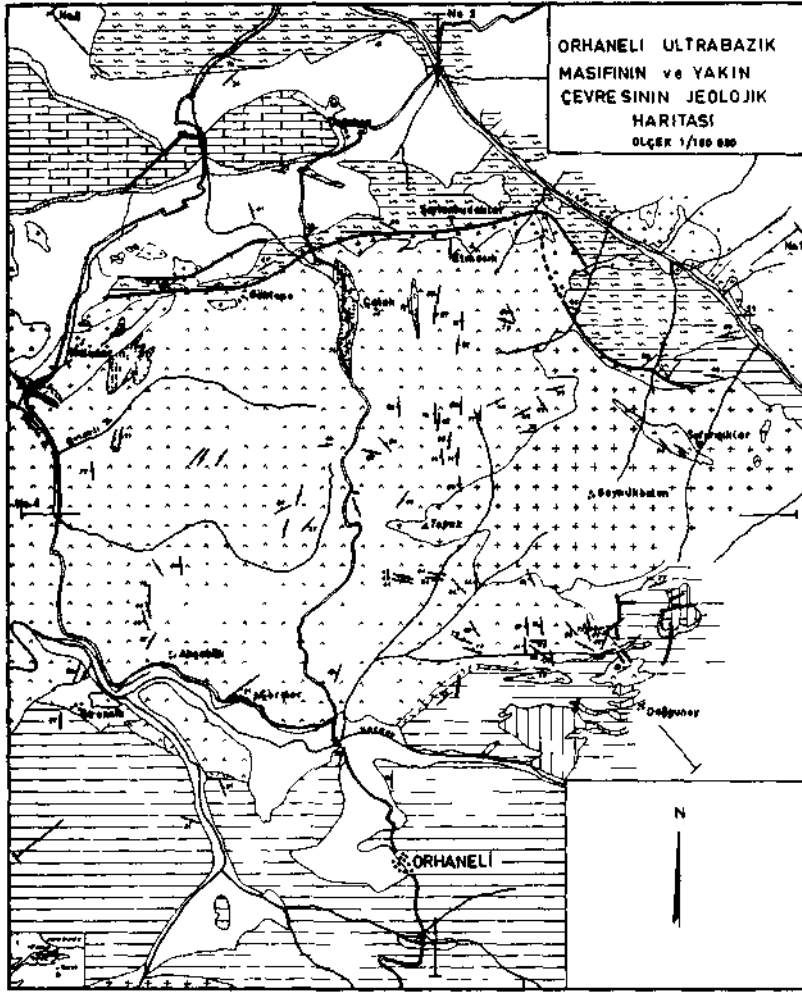
### **3.1. Ültrabazik masifin yerleşmesi :**

Ültrabazik kayalar, bir aşınma yüzeyi üzerine yayılmışlardır. Aşınma yüzeyi metamorfik ve sedimanter kayalardan ve bazan dolerit ve megabreşlerden müteşekkildir. Yerleşme çeşitli safhalarda olmuştur.

#### **3.1.1. tik ekstrüzyon :**

Aşınma yüzeyi üzerine ilk olarak doleritik bir magma yayılmıştır. Üst Kretase yaşlı kırmızı radyolaritlerin ve çeşitli formasyonların doleritlerle birlikte bulunuşu, bir denizaltı ortamına işarettir. Fakat pillow-lavların veya kaide ile doleritler arasında sedimanter formasyonların bulunmayışı, bu denizaltı ortamının bütün bölge-

Şekil 1



**LEJAND**

	ALUVYON
	MEZJEN
	DAŞIT ANDEZİT TOSUYER
	GRANODİYORİT PALEOSEN
	MİLDİT
	TRİOKSENİT
	ULTRABAZİK KANAK SERPANTİNİT ve LİTVENT
	DOLENT ve MEGABRES
	ÜST JÜR.-ALİ KRET KALKERİ
	DÖS-MALN DETRİTİK TABAK
	PERMIEN KALKERİ
	PERMIEN DETRİTİK TABAK
	GROVAK SERİSİ
	METAMORFİK BAZİK KANAK
	ÖRE-KALKER PASİYESİ
	ALT NET SERİ

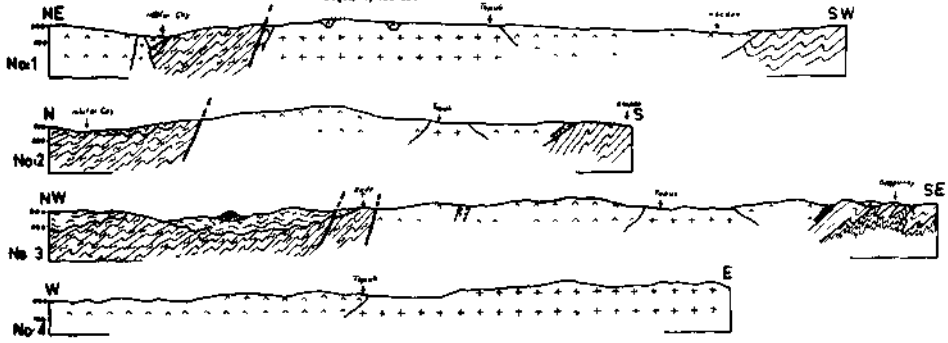
} ÜST  
MET  
SERİ

	FAY
	MUNTEHEL FAY
	NEĞİT YATAĞI (YÖN ve EĞİM)
	TABAKALARIN YÖN ve EĞİMİ

**KESİTLER**

Ölçek 1/100 000



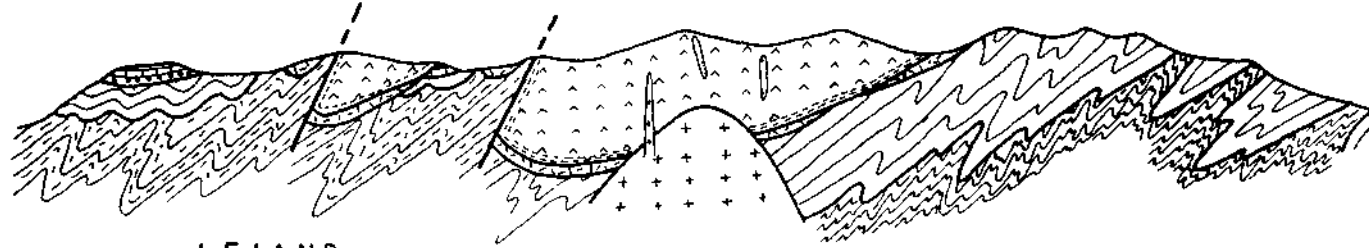
Şekil : 2

Orhaneli Ultrabazik masifinin ve yakın çevresinin sentetik kesiti

Ölçek: ~1/100.000

N

S



LEJAND

- + + GRANDİYORİT -PALEOSEN
- ▲▲▲▲ ÜST KRETASE ULTRABAZİK KAYAÇ, TABAN SERPANTİNİTİ VE GABRO-DOLERİT DAYKLARI
- ×××× DOLERİT VE MEGABREŞ: ÜST KRETASE
- ÜST JURA-ALT KRET KALKERİ VE TABAN KONGLOMERASI
- GROVAK SERİSİ ALT KARBONİFER-ALT PERMİYEN
- ▨▨▨▨ METAMORFİK BAZİK KAYAÇ } ÜST METAMORFİK SERİ DEVONİYEN(?)
- ▨▨▨▨ GRE-KALKER FASİYESİ } ÜST METAMORFİK SERİ DEVONİYEN(?)
- ▨▨▨▨ SİST-GRE FASİYESİ = ALT METAMORFİK SERİ SILÜRİYEN(?)

		100 m	YENİ VE ESKİ ALUYVONLAR	TERSİVER	NEOJEN	100 m	TRAVERTENLER DASITIK TÜFLER KONGLOMERA GRE, KILLER
DASIT ANDEZİT	100 m	FELSİTİK VEYA HIYALO-PORFİRİK DASIT VE ANDEZİTLER					
UST KRETASE	ULTRABAZİK KAYAÇLAR	1000 m	DUNIT PİROKSENİLİ PERİDİT PİROKSENELİT VE GABRO-DOLORİTLER				
	DOLO- RİTLER	1000 m	UST KRETASE YASLI RADYOLARİT VE DİĞER FORMASYONLARI İHTİVA EDEN DOLORİT VE MEGABRESLER				
UST JURA	BEJ KALKERLER	200 m	MASİF BEJ KALKERLER				
	KALKERLER	20-70 m	KONGLOMERAT KİLLİ GRE MARMİ GRE, KİL				
UST PERMIEN	CATALCA TEPE KALKERLERİ	50-75 m	GRİ BEYAZ MASİF HAFİF KRİSTALİZE CATALCA TEPE KALKERLERİ				
	KALKERLERİ	50-75 m	GROVAKLAR MİKROKONGLOMERALAR				
ALT KARBONFER	GROVAKLAR SERİSİ	500 m	BİRKAÇ KONGLOMERAT VE ŞERT SEVİYESİ İLE GROVAK VE KİLLİ SİST TABAKALARININ ARDALANMASI				
	SERİSİ	500 m	SİYAH VEYA GRİ BEYAZ KALKER, ANTRASİT VE ŞERT ARAKATKİLLİ SİYAH SİSTLER				
METAMORFİK PALEZOİK	UST MET SERİ BAZİK KAYAÇLAR	7 m	KALKER DOLOMİTİK KALKER VE RADYOLARİT ARAKATKİLLİ BAZİK VE ULTRABAZİK SERİ				
	GÜRE KALKER FASİYESİ	7 m	KONGLOMERA GRE KALKER KİLLİ SİST BAZİK VE ULTRABAZİK KAYAC ARAKATKİLLERİ				
	ALT MET SERİ	200 m	GRAFİTLİ SİSTLER İNCE GRE VE KALKER ARAKATKİLLERİ				

ETUD EDİLEN FORMASYONLARIN ŞEMATİK KESİTİ



ye teşmil edilemeyeceğini ve bütün ekstrüzyon süresince bu denizaltı ortamının devam etmediğini gösterir.

### 3.1.2. Esas ekstrüzyon :

Doleritik magmanın yayılışını, büyük bir ultrabazik magma kütesinin çıkışı takib etmiştir. Muhtemelen birkaç km. kalınlığında olan bu magma kütesinin yayılışı devamlı olmuştur. Zira ultrabazik kütle içinde petrografik veya yapısal hiçbir kesintiye rastlanmamıştır. (x)

### 3.1.3 Son yerleşmeler :

Ultrabazik kayalar içindeki sayısız gabro-dolerit daykları, son magmatik tezahürlerdir. Ultrabazik magmanın kristalleşmesi sonunda silis ve alkalice zenginleşen artık magmadan türerler.

### 3.1.4. Çıkış Kanalı :

Derin bir çatlağın satıhdaki tezahürü olabilen Kuzey Anadolu fay zonu Bursa bölgesinden geçmektedir. Bu fay zonu muhtemelen ultrabazik magmanın çıkış kanalı olarak kullandığı eski bir çatlaktır.

### 3.2. tç yapının teşekkülü :

Magmatik tabakalanma, bazik ve ultrabazik birçok masifden izlenmiştir. Magmatik tabakalanmanın teşekkül etmesi için ultrabazik magmanın bir satıh üzerine yayılması gerekir. İlk teşekkül eden kristaller yer çekimi tesiriyle tabana çökelir. (P. ROUTHLE, 1946; H. J. BRUNN, 1950, 1956). Ritmik kristalizasyon için bazı tâli sebepler de ileri sürülmektedir: Kısa türbülans devreleri, magmanın akış hızındaki değişmeler, mineraller kristalleştikçe magmanın kimyasal bileşimindeki farklılaşmalar...

Bazı bazik ve ultrabazik masiflerde, magmatik tabakalanma masifin tabanına paralel değildir. Bu uyumsuzluk durumu magmatik kristalizasyon sonrası bir kıvrımlanma üe izah edilmiştir. (E MOORES, 1968; J. H. GUILLION, 1968; W. J. SCHMIDT 1953/54).

Orhaneli ultrabazik masifinin kayaları <la masifin tabanıyla uyuşmayan bir magmatik tabakalanma gösterirler. Bu durumu u şekilde izah ediyoruz : Ultrabazik magmanın satıh üzerine yayılışı ve yer çekiminin etkisi magma içinde ritmik bir segregasyon başlatmış; dolayısıyla masifin tabanına paralel olarak dünit, peridotit ve piroksenolit tabakaları ve şeritli kromit yatakları teşekkül etmiştir.

Türbülans olayları nedeniyle kromit kristallerinin daha enerjik bir şekilde ardaşık tasnifleri, kromit ve dünit şeritlerinin ardaşık olmasına yardım etmiştir; türbülans olaylarına muhtemelen tektonik basınçlar veya akıntılar sebep olmuştur.

Sonra, kaide kayalarında kendini çok hafif hissettiren E - W yönlü bir sıkışma, magmatik tabakaların N - S yönünde kıvrılmasını sağlamıştır. Magma kütesi-

(x) Türkiye'nin bu bölgesinde, başlangıçta çok büyük bir kütle teşkil eden ultrabazik kayalar, aşınma sonunda münferit kütleler haline gelmiştir.

nin üst kısmı daha çabuk katılastığından, bu kabuk ile kaide arasında kalan yarı sıvı haldeki magma mukavemetsiz (incompétente) bir formasyon gibi hareket etmiş ve sıkışma sırasında şekil değiştirmiştir.

Katılaşmadan sonra, N - S yönlü bir sıkışma, ultrabazik kayaları etkilemiş; E-W yönlü fayların teşekkülünü ve piroksenolit tabakalarıyla şeritli kromit yataklarının kıvrımlanmasını sağlamıştır.

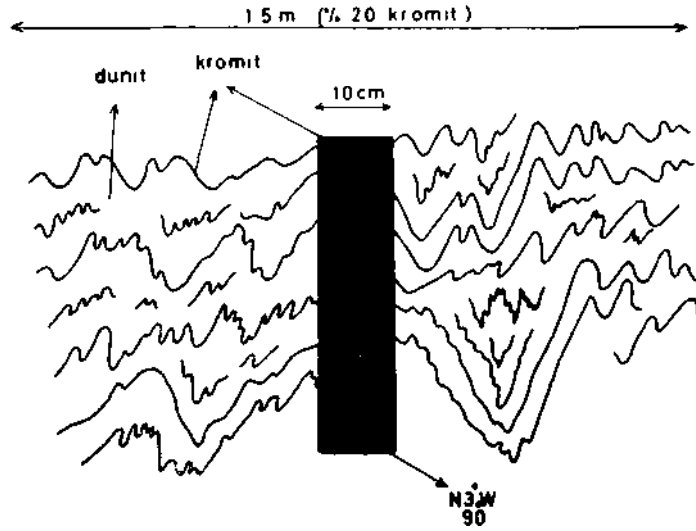
Bu izah tarzımızı destekleyen deliller şunlardır :

- Magmatik tabakalanmanın genellikle N - S yönlü ve dikleşmiş oluşu (piroksenolit tabakaları ve şeritli kromit yatakları).
- Ultrabazik kayalarda, sıkışmaların sonucu olan şistozitlerin bulunuşu (Şekil 7, fotoğraf 1)
- Şeritli piroksenolitlerde, serpantinlerde ve şeritli kromitlerde nadiren görülen kıvrımcıklar (Şekil 4-5; Şekil 8 Numune 928 ve 1110)

Şekil 1,

#### ELMACIK KROMİT OCAĞININ AYNASINDAKİ KROMİT KİVRİMCİKLARI

(Şeytanbudaklar koyu-BURSA, Orhaneli ultrabazik masifinin kuzey kesimi)



#### 4. Orhaneli Kromit Yatakları :

Orhaneli ultrabazik masifinin doğu kesimi takriben 80 kromit yatağı ihtiva eder. Batı kesiminde pek az kromit bulunduğuundan etüdümüz, masifin doğu kesimini içine alır (Şekil 1 ve Tablo 1)

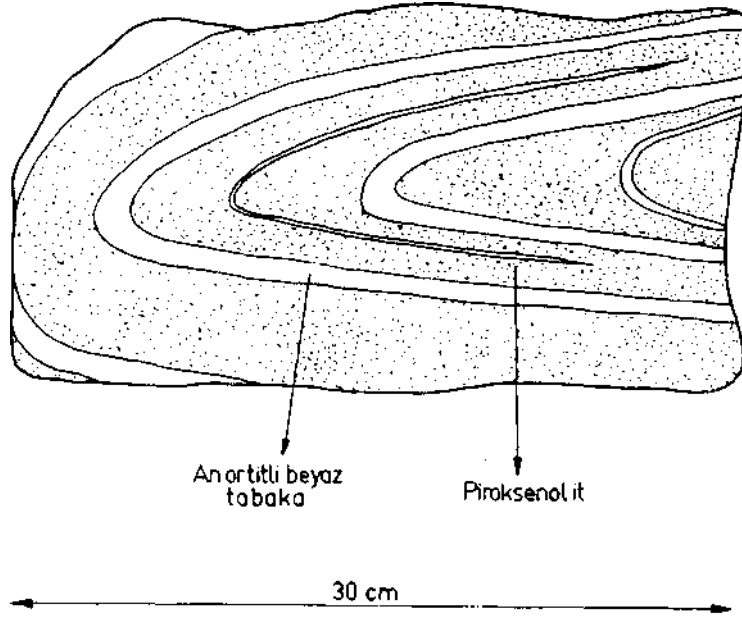




Şekil: 5

Çınarlıdere vadisinde Demircialanbaşı Tepe civarında bulunmuş tabakalı kıvrımlı bir piroksenolit bloku

(Nalınlar köyü-ORHANELİ)



Etüd edilen kesimde, kromit yatakları, Karandere köy, Sarılan, Tallica ve Çınarlı dere den geçen hattın güneyinde kalır; bu hattın kuzeyinde, kalınlıkları 20 - 30 cm. olan sadece birkaç zühür vardır; buna karşılık kuzeyde bol miktarda piroksenolit mevcuttur. Piroksenitli kesimden güneye doğru uzaklaştıkça kromit yatakları çoğalır ve kütleleri büyür.

Bu yataklar daima dünitler içersindedir ve dünitler bazan az miktarda ortorombik piroksen ihtiva eder.

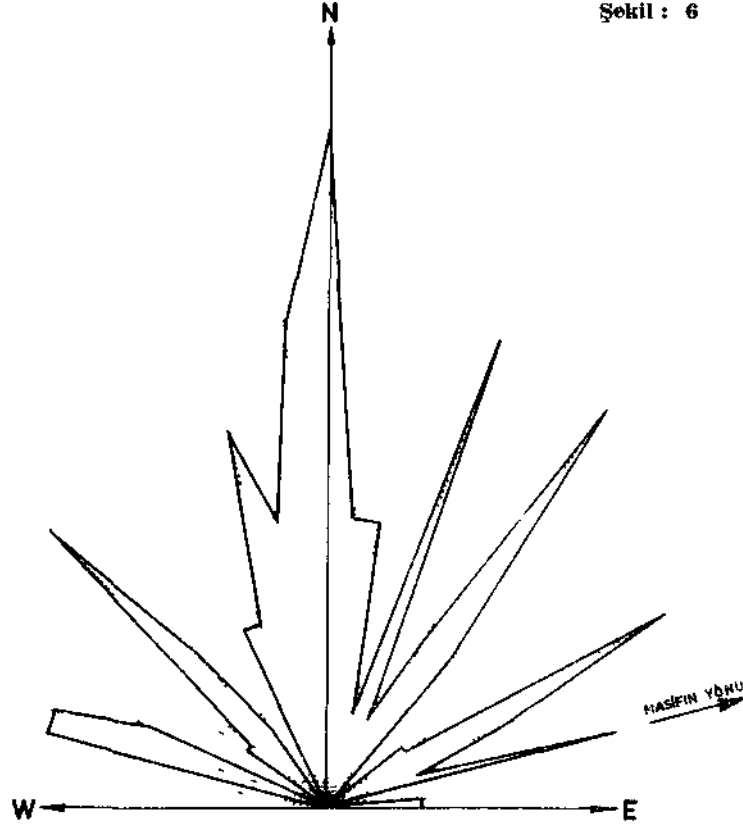
Yatakların % 80'i, ince kromit ve dünit şeritlerinin ardalanmasından meydana gelen tabakalar şeklinde tezahür eder (Şekil 9 Num. 156, 163, 168, 485 Şekil 8 Num. 197).

Kromit tabakalarının toplam kalınlığı en fazla 6 m. madencilik faaliyetleri sonunda görünen uzunluğu en fazla 250 m.'dir.

Kromit şeritlerinin kalınlığı, birkaç milimetre ile 50 cm. arasında değişir. Kromit şeritlerinin, yatağın toplam kalınlığına oranı genellikle % 40-50 arasındadır. Kromit şeritleri arasındaki dünitler, kromit tabakasını içine alan dünitlerle aynı özelliktedirler.

Yatakların % 20'si şeritli yapı göstermezler. Çeşitli kalınlıklardaki tek bir homojen tabaka veya belli bir düzleme göre sıralanan 1 - 2 m uzunluğundaki birkaç adededen müteşekkildirler.

Yatakların çoğunluğu, N - S veya N - S'ye yakın bir yöne sahiptirler. Kromit yataklarını, yönlerine göre 5 grupta toplayabiliriz (Şekil 6)



ORHANELİ ULTRABAZİK MASFİNDEKİ KROMİT YATAKLARININ YON DİYAGRAMI  
İki santimlik mesaf» bir kromit yatağını temsil »dir

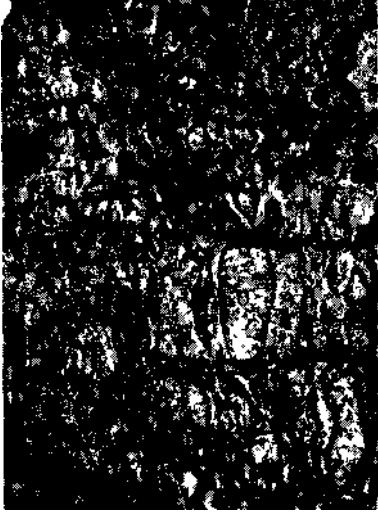
- |    |                            |                              |
|----|----------------------------|------------------------------|
| D  | N65° W ile W arasında      | 1 tanesi E-W olan 9 yatak    |
| 2) | N30° W ile N60° W arasında | 9 yatak                      |
| 3) | N25° W N25° E arasında     | 7 tanesi N - S olan 36 yatak |
| 4) | N30° E ile N25° E arasında | 15 yatak                     |
| 5) | N65° E ile E arasında      | 7 yatak                      |

En uzun ve kalın yataklar N - S veya N - S'ye yakın yöndedirler

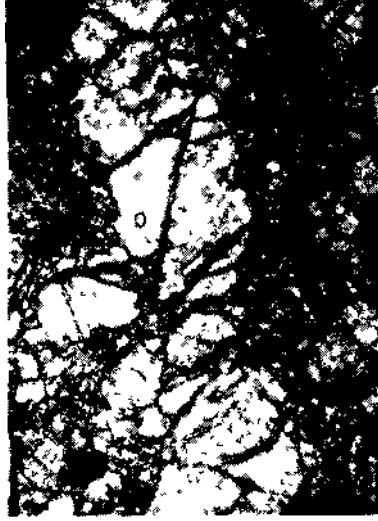
Kromit yatakları genellikle dik veya dike yakındırlar v eğimlerine göre şu şekilde sıralanabilirler :

- |    |                                     |            |
|----|-------------------------------------|------------|
| D  | 22° ile 28° arasında                | : 4 yatak  |
| 2) | 34° ile 59° arasında                | : 18 yatak |
| 3) | 64° ile 90° arasında<br>(90° dahil) | : 54 yatak |

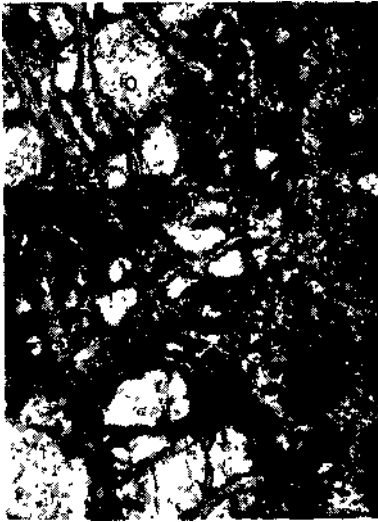
ŞEKİL: 7



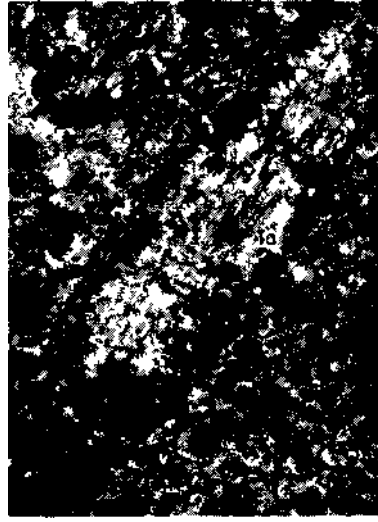
Fotoğraf 1  
Çok serpantinleşmiş dünit  
O = Olivin  
A = Antigorit  
Serpantinleşme sonunda olivin bakı-  
yelerinin uzanışı ve sıralanışı çok  
barizdir. Bu sökonder sıralanış, mag-  
matik tabakalanmaya paraleldir;  
buna dik kırıklar kolaylıkla ayırde-  
dilmektedir.  
Çatak Köy - Orhaneli



Fotoğraf 2  
Dünit  
O = Olivin  
Çok kırıklı, birbirine paralel iki uzun  
olivine kristali magmatik lineasyonu  
gösterir. Serpantinleşme çok azdır.

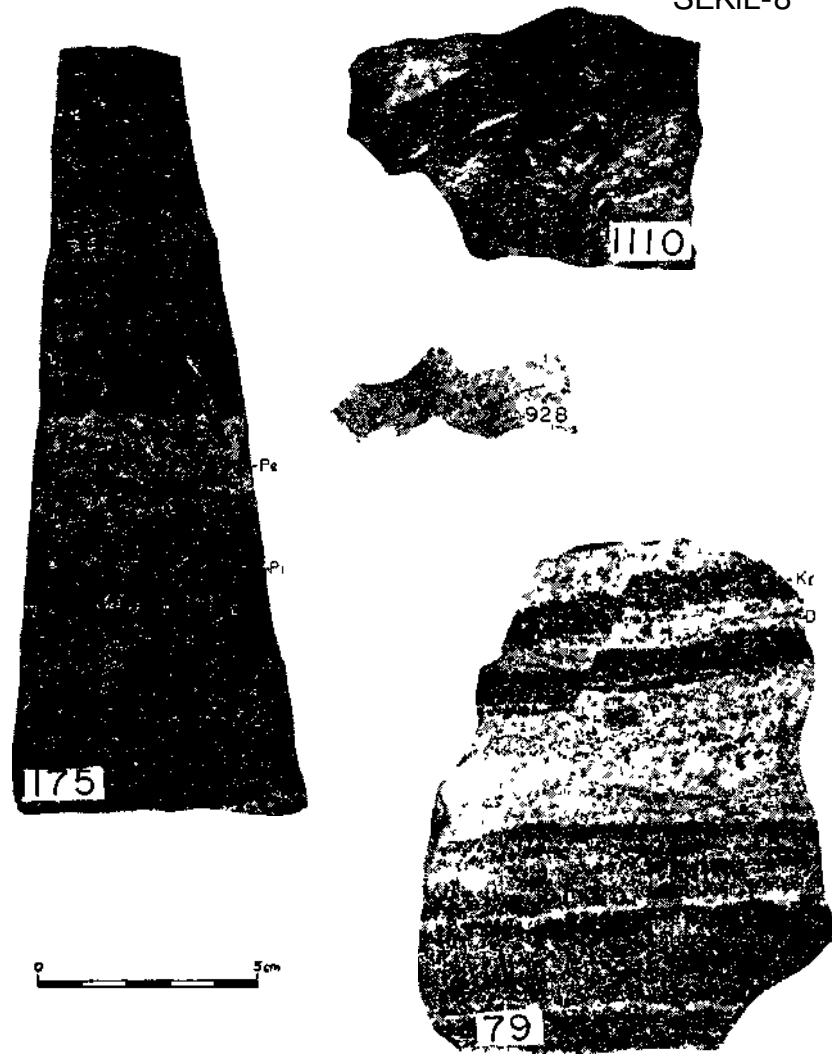


Fotoğraf 3  
İnce proksenolit şeridi ihtiva eden  
dünit  
O = Olivin  
A = Antigorit  
P = Piroksen (diopsid hafifçe talk-  
laşmış ve manyetitleşmiş)  
Dünit - pirosenolit kontağı  
Çatak Köy - Orhaneli



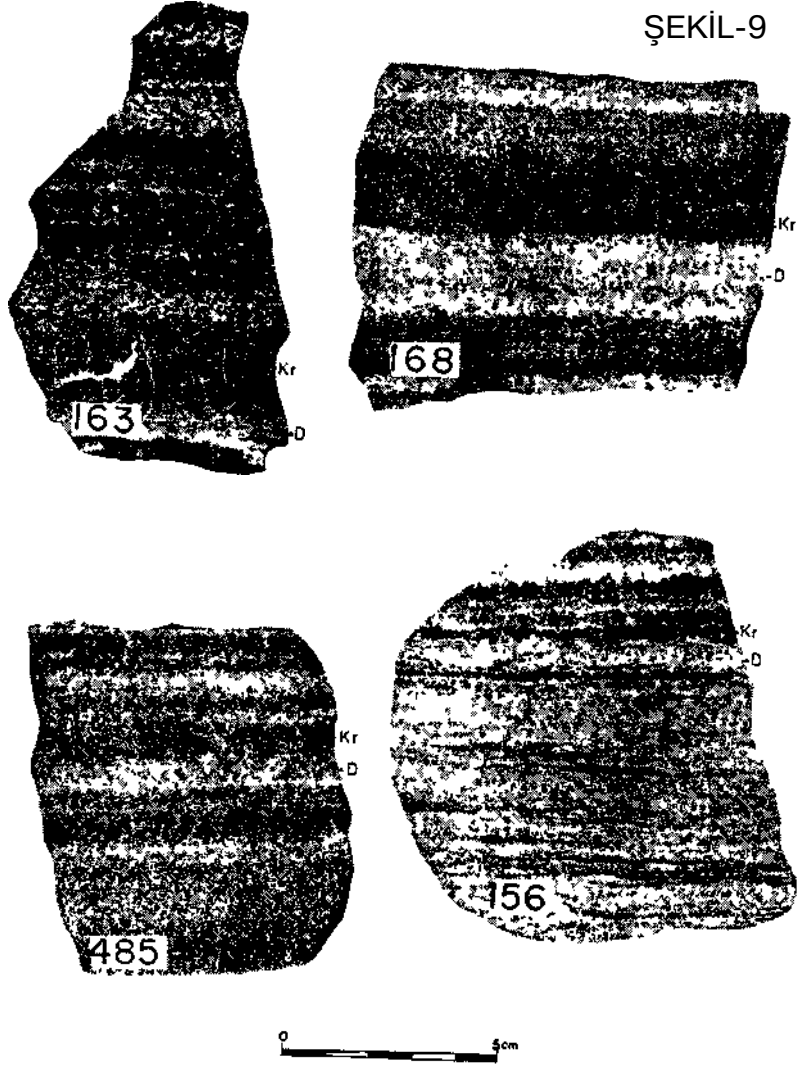
Fotoğraf 4  
Serpantinleşmiş peridotit  
A = Antigorit  
T = Tremolit  
Ta = Talk  
Kenarı talklaşmış bir tremolit çubu-  
gu  
Ana fay ile eski Bursa - Orhaneli  
yolunun kesiştiği nokta (Çatak Köy)

SEKIL-8



- 179 — Şeritli kromit  
Kr = Kromit tabakası  
D = Dünit tabakası  
Pırasalık ocağı - Topuk Köyü
- 928 — Şisti ve kıvrımlı serpantinlt  
Nalınlar değirmeni yakını
- 1110 — Kıvrımlı listvenit  
Karandere Köyü
- 1175 — Diopsid arakatlı peridotit  
Pi = Piroksenolit  
Pe = Peridotit  
Dümen Tepe - Çatak Köy





- 156 — Şeritli kromit  
Orhan ocağı (Topuk Köyü)
- 163 — Şeritli kromit  
Kalaycıkın ocağı (Topuk Köyü)
- 168 — Şeritli kromit  
Kim ocağı (Topuk Köyü)
- 485 — Şeritli kromit  
Çörelers No. 91 ocağı (Akgabük Köyü)
- D = Dünit  
Kr = Kromit

Hakikatte, bu istatistiki bilgiler, yatakların genel tertibi hakkında aldatıcı bir fikir verirler. İhtiva ettikleri kromit yataklarının tertibi, yukarıdaki verilere nisbeten daha muntazam olan birçok zon ayıdirmek mümkündür :

I. Zon :

Topuk köyünün kuzeyinde, hepsi aşağı yukarı N - S yönlü 10 kadar kromit yatağı vardır; Genel olarak büyük açılarla W'ya dalarlar (71° -90°). Biraz daha kuzeyde, aynı şekilde N- S yönlü ve Topuk köyü yataklarının devamı gibi görünen Çatak köy yatakları yer alır; bunlar 74° - 90° 'lik açılarla bazan batıya, bazan da doğuya dalarlar.

II. Zon :

Topuk köyünün NE'sında, 4 tanesi ENE, 1 tanesi NW yönlü 5 yatak mevcuttur. Bu yataklar, 39°-49° arasında değişen açılarla genel olarak güneye dalarlar. Kovalı ve Pırasalık yatakları, kuvvetli bir tektoniğe uğradıklarından ezilmiş ve parçalanmışlardır.

m. Zon :

Topuk köyünün NW ve W'sında, yönleri N22°E ile N77°E arasında değişen 10 yatak vardır. Sadece Inlikler yatağı N73°W ve Kaya yatağı N39°W yönündedirler. Eğimler 61° ile 90° arasında değişir, bazan NW'ya bazan da SE'ya doğrudur' Kaya, Geyikalan ve Karakova yatakları tektoniğe uğradıklarından faylı ve eziktirler.

IV. Zon :

Topuk köyünün güneyinde, altısı WNW yönlü, 34° ile 64° arasında değişen açılarla SW'ya dalan, 7 yatak mevcuttur. Sadece Kurtini yatağı, N - S yönlü olup 64° ile batıya dalar.

V. Zon :

Orhaneli ultrabazik masifinin SE kısmında yer alan Çaltıcek vadisinin hemen kuzeyinde 16 kromit yatağı vardır. Bunlardan :

- 8 tanesi N-S veya N-S'ye yakın yöndedirler ve 26° ile 90° arasında değişen açılarla batıya dalarlar.
- 5 tanesi NW yönlü olup 44° ile 90° arasında değişen açılarla NE'ye veya SW'ye eğimlidirler.
- 2 tanesi E-W yönlü olup 45° ve 55° ile güneye dalarlar.
- 1 tanesi NE yönlüdür ve 80° ile NW'ya dalar.

Hafif eğimli üç yatak sırtın yakınındadır. NW yönlü olan Arabaeyleş ve Damyalı yatakları kuvvetlice tektoniğe uğramıştır. Yan kayaç tamamen serpantinleşmiş, yatağın yönüne paralel bir şistozite kazanmış ve cevher toz haline gelmiştir. Yine NW yönlü olan yongahk yatağında breşli birçok fay vardır. NE yönlü Akça-

çam yatağı da kuvvetlice tektoniğe uğramıştır; yankayaç tamamen serpantinleşmiş ve şistozite kazanmıştır; 5 ile 10 cm. büyüklüğündeki kromit yumruları eğim yönünde hafifçe uzamışlardır. E - W yönlü Akçataş yatağında, kromit kütlesi yay pekinde hafifçe bükülmüştür.

Bu zonun yatakları E ve W olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Her iki grupta, yatakların yönleri, W - E istikametinde N - S'ye doğru döner.

#### VI. Zon :

Masifin güney kesiminde, Çörel köyünün hemen batısında, 2 tanesi ENE yönlü, 54° ve 84° ile SE'ya dalan 4 yatak vardır. Diğer ikisi satıhta görünmemektedir; kuyu ve galeriler kapalı olduğundan yönlerini ölçemedik. Çörel kromit zenginleştirme fabrikasında görevli arkadaşlardan, bunların, diğer iki yatakla aynı yönde olduklarını öğrendik. Üç yatak, ENE yönlü bir hat üzerinde sıralanırlar, yani Yeni Kaledonya'dald gibi (P. ROUTHIER 1953) yatakları ferdi yönü Ue sıralanma yönü arasında uygunluk vardır. Yatakların hepsi kuvvetlice tektoniğe uğramış, yantaş tamamen serpantinleşmiş ve şistozite kazanmıştır.

#### VII. Zon :

Bu zon, ultrabazik masifin batısındadır. Girencik köyünün güneyinden başlar, Akçabük köyünden geçer ve N'ye doğru Çınarlı dere vadisine kadar devam eder.

Bu zonda, yönleri N37°W ile N38°E arasında değişen 14 yatak vardır. Eğimleri 58° ile 90° arasında değişir. Akçabük köyü civarında bulunanlar dik veya batıya dalımlıdır.

Çınarlı dere vadisine doğru, yataklar dik veya doğuya dalımlıdır; Çınarlı dere vadisinin hemen kuzeyinde yer alan Nalınlar köy piroksenolitleri de E'ya dalımlıdır.

#### 5. Sonuç :

N - S yönlü kromit yataklarının büyük çoğunluğu batıya eğimlidir. Magmatik diferansiyasyon yoluyla teşekkül eden piroksenolitler, Çatak köy civarında N - S yönlü olup batıya dalarlar. Nalınlar köyünde, magmatik tabakalanmanın yönün genellikle N - S dir; bazan ve bilhassa Sarıcalık Tepede NE'ye doğru döner. Eğimi doğuya veya güney - doğuya doğrudur.

Çatak köy piroksenolitleri, I. zonun devamında bulunmaktadır; Nalınlar köyündekiler VII. zonun devamını tenkil eder.

Ültrabazik kayaların tabakalanma yönü ile kromit yataklarının ferdi yönü arasında bir uygunluk bulunduğunu görüyoruz. Bu uygunluk, Çatak köyünün doğusunda çok bariz bir şekilde görünür; Sarılan No. 1 ve No. 2 kromit yatakları piroksenolit tabakalarına paralel olan dünitler içindedir.

I. VI. ve VII. zonlarda, yatakların ferdi yönü Ue sıralanış yönü, Tiébagbi masifinde P. ROUTHIER, 1953) olduğu gibi, aynıdır,

Bu uygunluk, kromit yataklarının peridotitlerle aynı zamanda teşekkül ettiğini gösterir.

Eğer kromitler, sonradan te\*ekkul etbeledi, birbirlerini kesen çatlaklarda da kromit görmemiz gerekirdi. Halbuki bol miktarda bulunan bu tür çatlaklar cevherli değillerdir ve kromit tabakalarını da etkilemişlerdir.

Bundan başka, çok muntazam kromit şeritlerinin arılanmasını ranplisaj (dolgu) yoluyla izah etmek zordur. Eğer kromit, çatlak sistemleri içersine yerleşmiş olsaydı, yataklar, gayet muntazam ince kromit şeritlerinin arılanmasından meydana gelen tabakalar şeklinde teşekkül etmiyecekti. Ekseriyetle, yoğun ve gayri muntazam kütleler beklenecekti. Büyük çoğunluğu ince ve muntazam kromit şeritlerinin arılanmasından müteşekkil tabakalar halinde teşekkül eden bu kromit yataklarında böyle durum yoktur. Düñitiçinde, kromitlerin bulunduğu yerlerde herhangi bir kesiklik mevcut değildir. Bu hususta, kimyasal analizler, arazi ve mikroskop etüdlerini teyit etmiştir. (Tablo II)

Ültrabazik masifin çerçevesini teşkil eden kayaçlarda hiçbir kromit yatağına rastlamadık.

Piroksenolitlerin bol bulunduğu kuzey kesimde rastladığımız kromit yatakları magmatik tabakalanmanın yönüne paraleldir. Güney kesiminde ise piroksenolit tabakaları çok nadirdir; piroksen nisbetlerinin kısa mesafelerde azalıp çoğalmasıyla kendini gösteren magmatik tabakalanmaya çok ender rastlanır. Bu kesimde, magmatik tabakalanmayı kromit yatakları temsil eder. Düñitin mineralojik ve kimyasal bileşimi yataktan uzaklaştığında aynı kalır. (Tablo II)

Birbirini kesen kromit yataklarına rastlamadık. B'i durum, şeritli kromit yataklarının, peridotitlerin kristalizasyonundan ayrı olarak düşünölemiyebileğini teyit eder.

Kromitler, peridotitlerle aynı zamanda kristalleşmişlerdir. Orhaneli kromit yataklarının yerleşmesi, tümüyle, peridotitlerin kristalleşmesinden sonra meydana gelen bir hâdise deşildir.

(Tablo II)

ORHAN ve KİM KROMİT YATAKLARININ KONTAKLARINDAN ve İÇİNDEN ALINAN DÜNİT NUMUNELERİNİN KİMYASAL ANALİZLERİ (ORHANELİ - BURSA)

Yatağın ismi	: ORHAN			
No :	(156)	(157)	(168)	(169)
Cinsi	Yatak içinden alınan düñit	Kontakttan alınan düñit	Yatak içinden alınan düñit	Kontakttan alınan düñit
PF (ateşte kayıp)	6.86	8.80	3.31	2.24
SiO <sub>2</sub>	31.50	36.50	36.40	38.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00	0.50	0.40	0.20
FeO	6.25	6.70	6.60	12.10
TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0
CaO	0.14	0.14	0.21	0.14
MgO	38.16	47.00	43.85	46.01
N <sub>2</sub> O	0.03	0.44	0.11	0.09
N <sub>2</sub> O	0.03	0.03	0.04	0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.50		9.00	1.50
Toplam	97.47	100.11	99.92	100.62
Eser				
NiO	63.00	48.00	63.00	33.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13.5%	69.00	9%	1.5%
CoO	375	420	360	490

(Bu analizler Paris Üniversitesi Tatbiki Jeoloji Laboratuvarında yapılmıştır.)

**Bibliyografik Tanıtım :**

- ALPAN, S. (1954) : Les gîtes chromifères d'Akköprü, M.T.A. Rapor No. 869, Ankara.
- ALPAN (1955) : Chromite ore deposits in Turkey. Mining Tech. Mag. Univ. Birmingham Inb. Nr. 1955, 66-70.
- BORCHERT, H. (1961) : Türkiye krom cevheri yataklarında yapılan etüdlere göre öğrendiklerimiz. M.T.A., Mecm., No. 56, Nisan 1962,
- BORCHERT, H. (1963) : Kromit şirketinin Harmançık ve Göyniikbelen Köy (Bursa vilâyeti) kromit yatakları. M.T.A. Rapor. 1963, Ankara.
- BRUNN, J. H. (1955) : Contribution à l'Etude géologique du Pinde Septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale. Thèse Se. Nat. Paris 1955, No. 3697.
- DUBERTRET, L (1952) : Géologie des roches vertes du Mord Ouest de la Syrie et du Hatay (Turquie). Thèse es Sciences Nat. Paris, Muséum Nat, d'Hist. Nat. Notes et Mémoires sur le Moyen Orient, tome 6, Paris.
- HIESSLEITHER, G. (1954-55) : Güney Anadolu Torosu Kromitli peridotit serpantinlerinin jeolojisine yeni ilaveler M.T.A. Mecm. No. 46/47, 1954 - 55.
- KAADEN, G. v. d. (1959) : Güney - BatıTürkiye'de Peridotit kitleleri içinde zühür eden kromitlerin kompozisyonu ile Tektonik • Magmatik vaziyetleri arasındaki münasebet hakkında. M.T.A. Mecm. No. 52, Nisan 1959.
- KAADEN, G. v. d. (1963) : The différents concepts, of the genesis of alpine - type emplaced ultrabasic rocks and their implications of chromite prospection.
- KOVENKO, V. (1945) : Bursa bölgesindeki enjeksiyon tipinde kromit yatakları M.T.A. Mecm. Sayı 2/34, S. 343-353.
- OVALIOGLU, R. (1963) : Die chromerzlagernstätten des Pozanti Reviers und ihre ophiolithischen Muttergesteine. M.T.A., No. 114, Ankara.
- PETRASCHECK, W. E. (1958) : Doğu Türkiye krom ihtiva eden ofi olitlerinin jeolojisi hakkında. M.T.A., Mecm. No. 50, Nisan, 1958.
- ROUTHIER, P. (1953) : Etude géologique, minéralogique et structurale des gisements et minerais de chrome du massif de Tiébaghi (Nouvelle Calédonie). Bull. Soc. Géol. de France, 6 ème série VI, p, 169-187.
- ROUTHIER, P. (1963) : Les gisements métallifères. Géologie et Principes de recherche. Masson et Cie, Paris, tome I, n.
- SCHMIDT, W. J. (1953) : Das Chromitvorkommen van Basören, mittelanatolien. Berg - Und Hüttenu. Nh. 98, 53-56.
- THAYER, T. P. (1960) : Some critical differences between alpine type and stratiform peridotite - gabbro - complexes. XXI congrès intern. Copenhague (1960) part. Xm, p. 247.
- VUAGNAT, M. (1963) : Remarques sur la trilogie serpentines gabbros - dio - bases dans le bassin de la Méditerranée occidentale. Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau Bd. 53, Seite 336 - 358, 1963,
- WUKERSLOOTH, P. de (1942) : Les gîtes chromifères en Turquie et dans les pays helléniques et leurs relations avec la Tectonique générale de ces pays. M.T.A. Bull. 1942, Ankara.

**JEOTERMAL SAHALARIM DEĞERLENDİRİLMESİNDE, REZİSTİVİTE  
ETÜDLERİNİN ÖNEMİ VE ELEKTRİK SONDAJLAR SONUCU,  
REZERVUAR SICAKLIĞININ TAYİNİ HAKKINDA YENİ BİR METOD**

**Sırrı KAVLAKOĞLU (x)**

**özet :**

Bilindiği gibi, Jeotermal sahalarda ısı kaynağı olabilen bir mağmatik kütle bahis konusudur. Genellikle 5 - 6 km. derinlikte olabilen ve 2000 - 3000 °C sıcaklığında bulunabilen böyle bir kaynağa herhangi permiabiliteyle bağlı yer üstü ve yeraltı meteorik suları, mağmatik kütleyle delmek suretiyle ısınmakta ve daha ziyade düşey permiabiliteleri seçerek yukarı çıkmaktadır. Yukarıya çıkarken gerek içinden geçtiği kayalardan sıcaklığına uygun olarak erittiği materialleri ve gerekse mağmatik kütleden ayrılan iuvenil suyu da ihtiva edebileceği irin sıcak su artık bir sıcak çözelti halinde olacaktır.

Sıcak çözelti, yukarı bölgelerde bulunması muhtemel soğuk meteorik su rezervuana ulaşınca, Darcy Kanununa uygun olarak bir kısım soğuk meteorik suyun yerine yerleşecektir. Böylece rezervuarda tabanı geniş silindirik bir sıcak çözelti sütunu meydana gelecektir. Zamanla bu sütun daha ziyade küçük genlikli konveksiyon akımları sebebiyle genişliyecektir.

Rezervuarda meydana gelmiş olan sıcak çözelti sütunu, ihtiva ettiği tuzlar dolayısıyla, civarına nazaran daha iletken olabilecek ve netice olarak bu, sathıtan yapılan sabit aralıklı elektrot sistemi ve elektrik sondajlarla lokalize edilebilecek ve muhtemel derinliği bulunabilecektir. Ayrıca elektrik sondajlarla rezervuarın muhtemel sıcaklığı, burada teklif ettiğimiz bir metodla, tayin edilebilmektedir.

Görüldüğü gibi, rezistivite metodu ile sıcak çözelti lokalize edilebilmekte ve bunun muhtemel derinliği ile sıcaklığı tayin edilebilmektedir.

Jeotermik enerji sahaları için çok önemli olan kuru - buhar bölgelerinin tesbiti, sıcak çözeltinin ortaya konmasından sonra gelen bir çalışmadır. Ancak bu konuda Jeofizik yönden yeni araştırmalar yapılması gerekir.

**Giriş :**

Jeotermik enerji bugün önemli enerji kaynaklarından biri olmuştur. Meselâ İtalya'nın sadece Larderollo sahasından 400 MW civarında, Amerika'nın Gaysers Jeotermal sahasından 300 MW, Yeni Zelanda'nın Wairekei Jeotermal sahasında 200 MW civarında önemli olabilecek güçler temin edilmektedir. Bunlardan başka, yer altından satha çıkarılan bu enerji kaynağını kıymetli yan elementleri ihtiva etmesi dolayısıyla önemli olabilmektedir. Ayrıca derinleiden satha kadar ulaşırken bazı Jeolojik fikirleri yansıtmaması bakımından da faydalı olmaktadır.

Bu gün Türkiye'mizde, Kızıldere bölgesinde bu yönden enerji üretmek için projeler hazırlanmakta ve Afyon bölgelerinde de enerji elde etme, şehri ısıtma, Pamukkale tipinde turistik yerler meydana getirmek için projeler yapılmaktadır.

**(x) Dr. Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü**

Genç volkanik hareketlere sahne olan Türkiye'mizde, termal zuhurlar yaygın ve çoktur. Bugüne kadar, Sarayköy, Gönen, Agamemnun, Urla; Tuzla - Çanakkale ve Afyon'da yapılan çalışmalar memleketimizin Jeotermal potansiyel bakımından büyük bir potansiyele haiz olacağını göstermiştir. Dolayısıyla, bu konuya eğilmek Türkiye'ye faydalar sağlayacaktır.

Jeotermal potansiyelin önemi dolayısıyla geçen yıl Piza - italya'da Birleşmiş Milletler «Jeotermal Kaynakların Geliştirilmesi ve Faydalanma» konusunda bir simpozyum düzenlemiştir. Bu simpozyumda yüz elliye yakın tebliğ verilmiştir. Bunlardan J. Mc. Nitt (1970) Jeotermal sahaların Jeolojik yönden sınıflandırılması ve Jeotermal sahaların meydana gelmesinde mümkün olabilecek mekanizma'yı ele almıştır. D. E. White (1970), Jeoşimik yönden, Jeotermal sahaların, kuru - buhar ve sıcak - su sahaları olarak iki sınıfta mütalâa edilmesi ve Cl, SiO<sub>2</sub>, Na, K, Ca, B, CO<sub>2</sub> ihtivalarının sıcak su sistemlerini değerlendirmede önemli olabilecekleri ayrıca SiO<sub>2</sub> ve Na/K değerleri bir çok sistemde rezervuar sıcaklığını veren büyüklükler olabileceğini tartışmıştır. B, NH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Hg ihtivalarının fazlalığı kuru - buhar sistemlerinin müşterek vasıfları olarak belirlediği eleştirilmiştir.

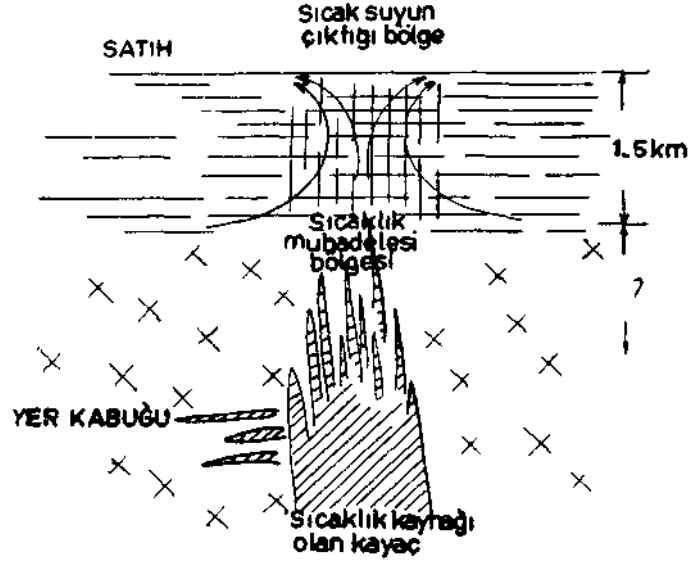
C. J. Banwell (1970) Jeofizik yönden, Jeotermal sahaların fizik modelleri, 15-30 m.'lik kuyularda gradiyent ölçüleri ve rezistivite etüdüleri ve istikşaf sondajlarının lokasyonu için kriterler üzerinde durmuştur. Bunlardan başka R. James (1970) buhar-su karışımı sahalarının hangi hallerde kuru-buhara dönüşebileceğini ve bol miktarda akmaya terkedilen sıcak suyun yere yeniden enjekte edilmesi konularını etüd ve münakaşa etmiştir.

Biz bunlara paralel olarak yeraltı sıcak çözeltilerinin, lokasyonu, takribi derinliği ve burada teklif ettiğimiz bir metotla, rezervuar sıcaklığını ortaya koymak yönünden rezistivite metodlarının önemini göstermeye çalışacağız. Bunun için sıcak suyun özelliğini ve rezervuara yerleşmesi ve muhtemel şekli hakkında bilgilere ihtiyacımız olacaktır. Bunlarla ilgili olarak, G. V. Keller (1970) Yeni - Zelanda Jeotermal sahası için hipotetik bir kesit vermiştir. Bu kesitini, manyeto-tellurik derin rezistivite çalışmalarıyla tesbite çalışmıştır. A. Mc. Nabb (1969) rezervuara yakın bir sıcaklık sorsu düşünerek bu sorsa Darcy Kanununa uygun olarak akan soğuk meteorik suyun değmek suretiyle ısınmasını ve aynı Darcy Kanunu uyarınca sütun halinde yükselmesini etüd etmiştir. K. Tezcan (1966) satıhtaki sıcak suların rezistivitesini tayin etmek suretiyle düşük rezistiviteli konturların önemli olacağını işaret etmiştir. S. T. Boniwellme (1968) sudaki klor ihtivasına göre, rezistivite değerlerindeki düşüşünü göstermiş ve buna istinaden düşük rezistiviteli konturların sıcak suyu lokazi ettiğini göstermiştir. S. Kavlakoğlu (1968) S. Kavlakoğlu (1970) sıcak suyun rezervuara yerleşmesini ve rezervuardaki şeklini Darcy Kanununa uygun olarak etüd etmiştir.

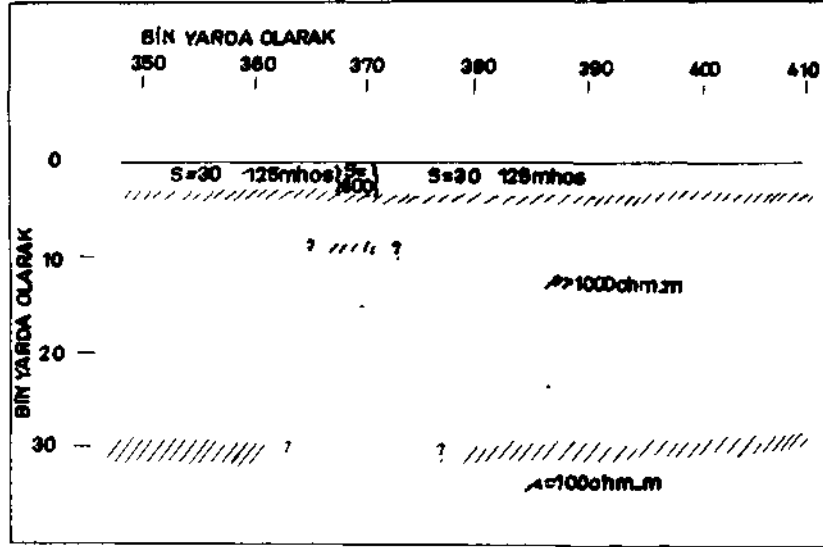
#### Jeotermal Sahaların Değerlendirilmesinde Rezistivite Etüdülerinin Önemi.

Sıcaklık kaynağı olarak satha çıkmamış bir erüptif kayaç magmasını nazarı itibare alalım. Bu konuda G. V. Keller'in hipotetik kesiti (Şekil 1) de görülmektedir.

G. V. Keller, satha çıkmamış ve arz kabuğu içinde seri halde dayklar düşünmüştür. Meteorik su bunlara değerek ısınmakta ve rezervuara yükselmektedir. Bu görüşünü doğrulamak için Yeni Zelanda Kuzey adasında bulunan Jeotermal bölgede magneto-tellurik derin rezistivite etüdüleri yapmıştır. (Şekil 2)



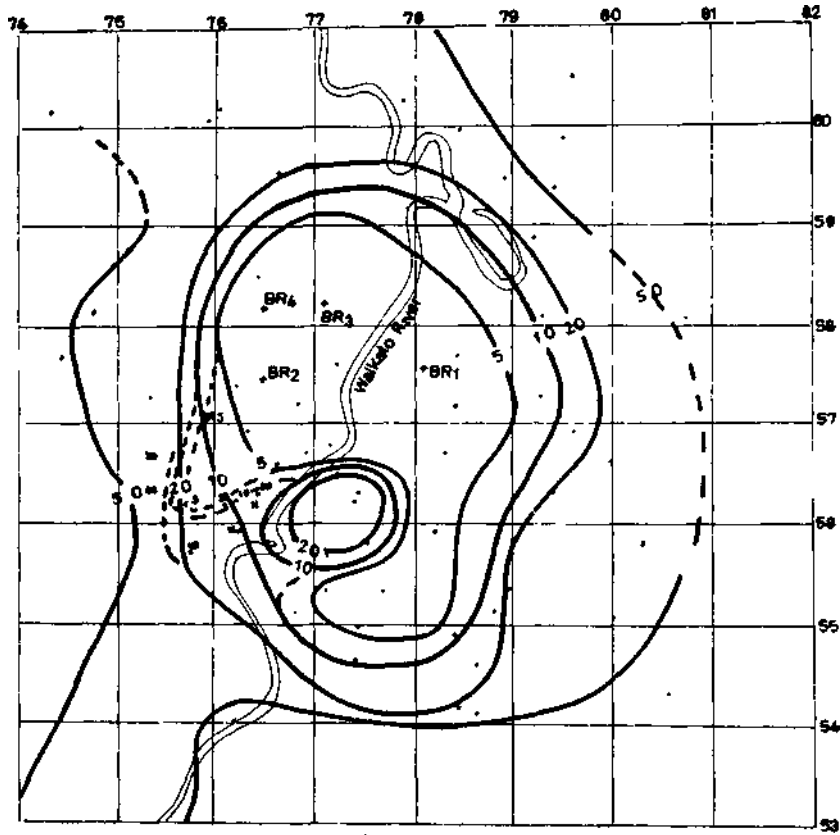
ŞEKİL . 1



ŞEKİL . 2

Şekilde görüldüğü gibi orta kısımda, iletkenliği civana nazaran yüksek olan bir bölge bölge mevcuttur. Bu, burayı dolduran sıcak suyla izah edilmektedir. Aynı şekilde P. Me. Donald (1968)'in rezistivite ile tesbit etmiş olduğu ve sondajlarla teyid edilen sıcak su sütunu (Şekil 3), Mc. Nabb (1969) tarafından teorik olarak izah edilmeye çalışılmıştır. Mc. Nabb, rezervuara bitişik sıcaklık kaynağı düşünmüş-





ŞEKİL- 3

BROADLANDS REZİSTİVİTE HARİTASI

Wenwır «lektrot aralık 1800ft

Rezistivite konturları ~ 20

Dışarı ohm.m

Sondajlar \*B/J

ÖLÇEK

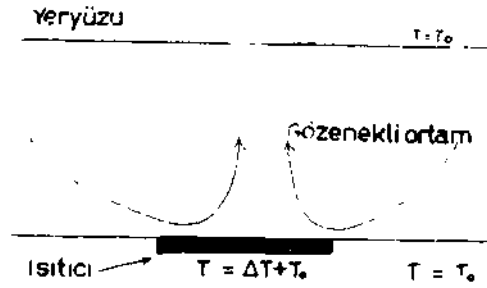
1000 0 1000 2000m

tür. (Şekil 4). Rezervuardaki meteorik soğuk su sıcaklık kaynağına kadar inerek ısınmakta ve bir sütun halinde yukarıya çıkmaktadır. Böylece rezistivite haritaları ve sondajlarla elde edilen neticeler teorik olarak izah edilmeye çalışılmıştır. K. Tezcan (1969) Sarayköy'de yapmış olduğu rezistivite etüdlarını değerlendiren sıcak suyun rezistivitesinin düşük olduğunu tesbit etmiş ve düşük rezistiviteli konturnun sıcak su bölgelerini belirttiğini ortaya koymuştur. (Şekil 5). (Şekil 6).

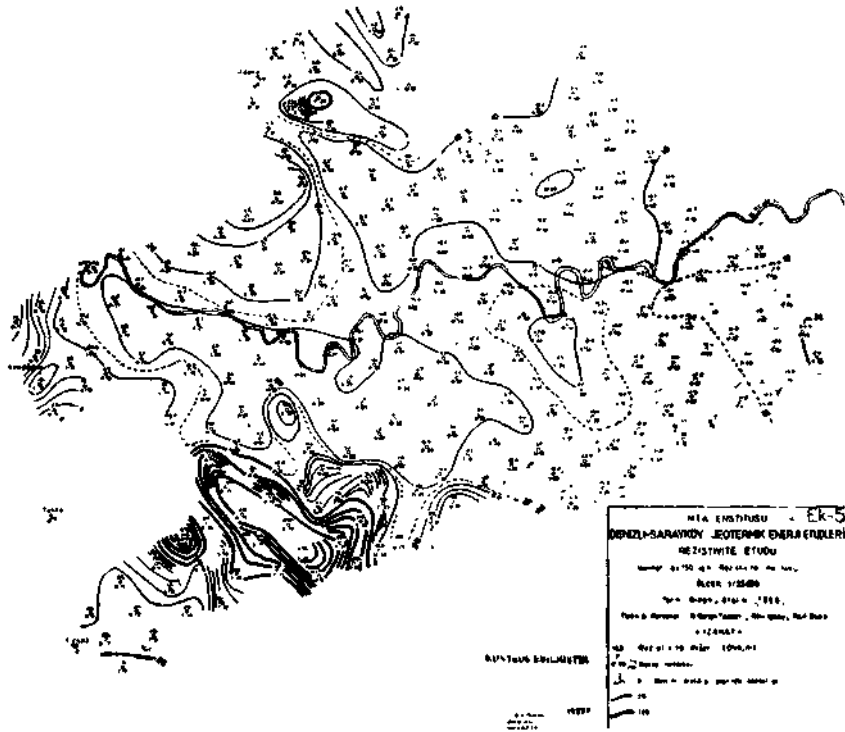
Kanaatimce, herhangi bir permiabl sistemle, sıcak kaynağına bağlı, yer üstü ve yer altı meteorik suları, derinlerdeki sıcak kaynağına değmek suretiyle ısınmaktadır. Isınan bu su, sıcak kaynaktan ayrılan juvenil suyu ve bazen aynı kaynaktan ayrılan sıcak gazları da ihtiva edebilmektedir. Bu sıcak su, termodinamik kanunlara uygun olarak ve daha çok şakuli permiabilitelelen seçerek örtü tabakası altında bulu-

nan gözenekli ve geçirgen rezervuara kadar yükselecektir. Muhtemelen derinlerden gelen bu sıcak su geçmiş olduğu zonlardan sıcaklığına uygun olarak erittiği mineral ve tuzları da ihtiva edecektir. Artık sıcak su yerine sıcak çözelti bahis konusudur. Bu önemli bir noktadır. Zira bundan böyle çözeltinin fizik özellikleri, değerlendirmelerimizde önemli olacaktır.

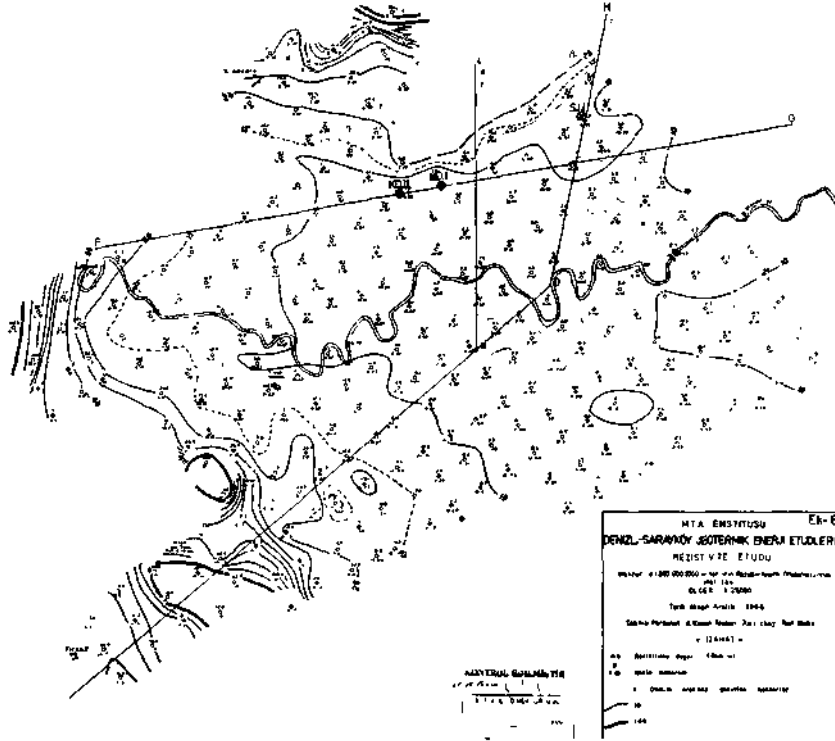
Sıcak çözelti rezervuarda bulunan meteorik suya nazaran farklı fizik özellikte olduğu için bu iki su birbirine karışmayacaktır. Basıncına ve fizik özelliğine uygun



ŞEKİL . 4



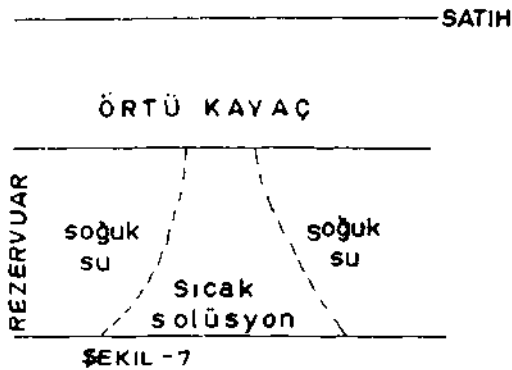
Şekil : 5



Şekil : 6

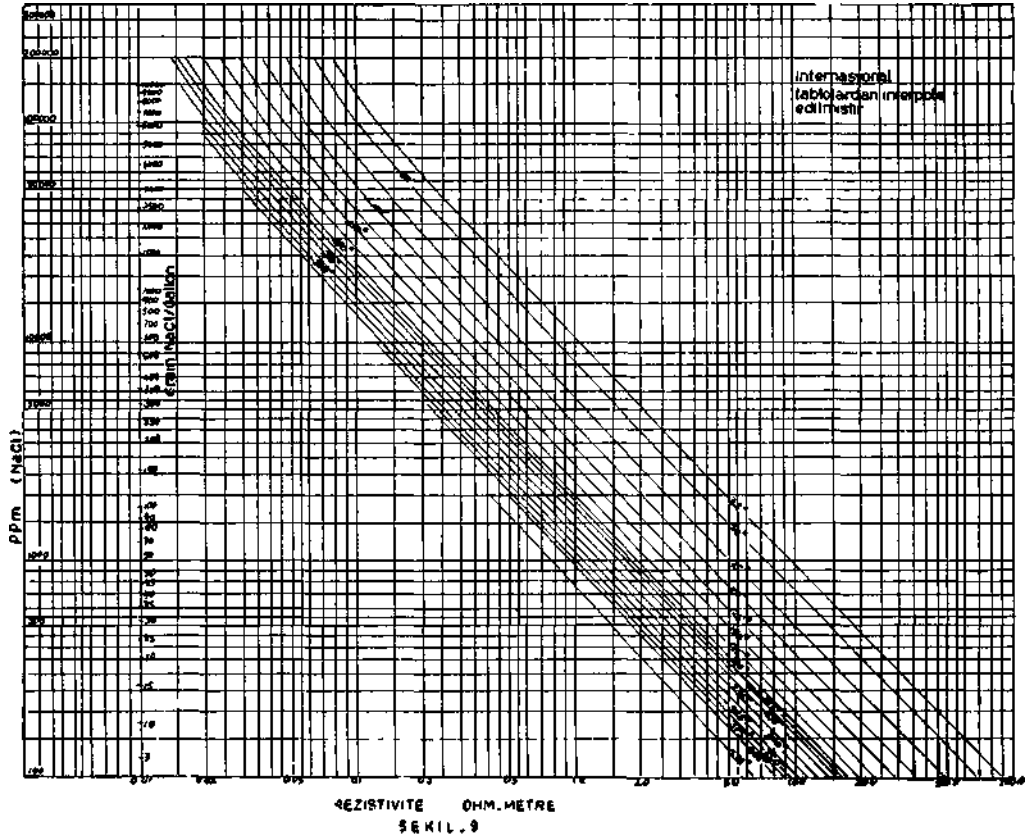
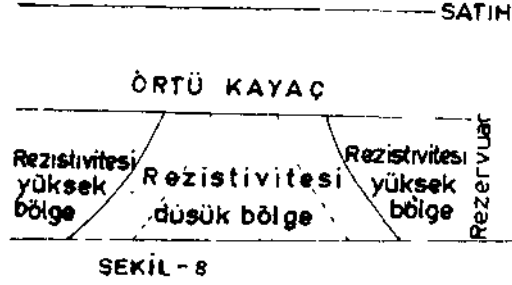
olarak Darcy Kanunu gereğince başlangıçta rezervuardaki meteorik suyun bir kısmının yerine yerleşecektir. (Şekil 7). Bunun teorik izahı, «Jeotermik enerji kaynağı Jeotermal akiferler hakkında yeni bir görüş Sarayköy sahası için uygulama» adlı makalemizde yapılmıştır. S. Kavlakoğlu (1968).

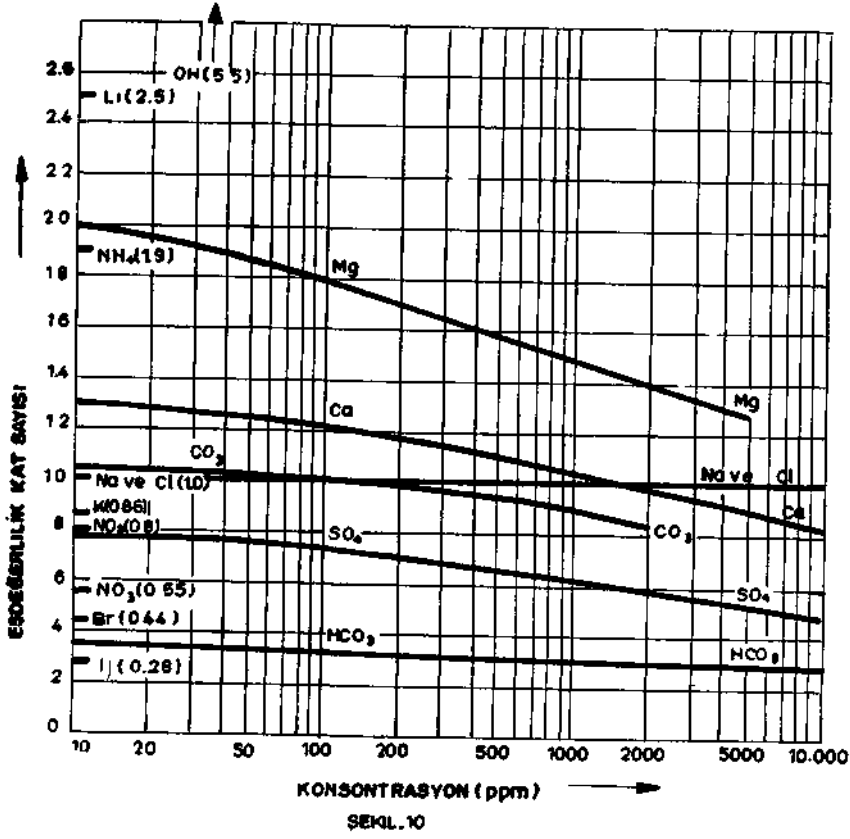
Meteorik su rezervuarına yerleşen sıcak çözelti daha ziyade küçük genlikli konveksiyon akımları sebebiyle meteorik soğuk su bölgelerine doğru genişliyecektir. (Şekil 8). Artık rezervuarda tabanı geniş silindirik şekilde bir sıcak çözelti bahis konusudur. Ve bu yapılan sondajlar sonucu doğrulanmıştır. (Meselâ Şekil 3)



ŞEKİL - 7

Bu çözeltinin rezistivitesi, konsantrasyon miktarı ve sıcaklığı arasındaki bağıntılar abakta görülmektedir. (Şekil 9). Abak sadece NaCl solüsyonu için hazırlanmıştır. Çözeltimiz meselâ Br,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , I,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ , K,  $\text{CO}_3$ , Ca,  $\text{NH}_4$ , Mg, Li, OH, v.s. gibi elemanları ihtiva ediyorsa, bunların NaCl'e eşdeğer değerlerini aşağıdaki abak vasıtasıyla hesap etmek mümkündür. (Şekil 10). Binaenaleyh çözeltimizin ihtiva ettiği elementlere göre, eşdeğer ppm değerlerini bulmak suretiyle, daima NaCl çözeltisi için yapılmış abak kullanılabilir.





Görüldüğü gibi, rezistivite sıcak çözeltinin sıcaklığının ve konsantrasyon değerinin fonksiyonudur. Yani

$$\rho_{\zeta} = f(t, k) \text{ şeklindedir.}$$

Burada  $\rho_{\zeta}$  çözeltinin rezistivitesi  $t$  sıcaklık ve  $k$  konsantrasyon değeridir, ve rezistivite sıcaklıkla ters, ppm değeri ile doğru orantılıdır. Demek oluyor ki, satıhtaki çözeltinin rezistivitesi ve sıcaklığı bilindiği takdirde derindeki çözeltinin rezistivitesinin mertebesi hakkında abaktan istifade etmek mümkündür. Genellikle çözeltiyi ihtiva eden formasyonun rezistivitesi civarına nazaran düşük olmaktadır. Binaenaleyh rezistivite metodunun, sabit elektrot aralığı sistemi, kullanılarak çözeltiyi ihtiva eden sütun lokalize edilebilecektir.

Bundan başka muhtemel Jeotermal sahada yapılacak elektrik sondajlar çözelti sütununun satıhtan itibaren muhtemel derinliği hakkında fikir verecektir. Ayrıca G. V. Kell'in çalışmalarına uygun çalışmalar yapmak suretiyle Jeotermal bölgenin rezistivite modelini çizmek mümkün olabilecektir. (Şekil 2) Bunların yanında rezistivite metodlarının vereceği klasik bilgileri de mütalâa edebiliriz.

Görülüyor ki yapılan ve yaptığımız teorik ve tatbiki çalışmalara istinaden, rezistivite metodlarıyla, termal bölgenin model olarak bir tasavvurunu yapmak, sıcak çözeltiyi ihtiva eden formasyonu derinliğine ve yatak olarak sınırlamak mümkün olabilmektedir.

### Elektrik Sondajlarla Rezervuar Sıcaklığının Tayini Hakkında Yeni bir Metod.

Yazımızın birinci kısmında, rezistivite metodlarıyla Jeotermal sahaların büyük çapta değerlendirilebilmekte olduğu gösterilmişti. Ancak bu metodlarla rezervuar sıcaklığı hakkında yaklaşıktaki olsa bir fikre sahip olamıyorduk. Bu bölümde vereceğimiz yeni bir metodla, elektrik sondajlar sonucu, bunun mümkün olabileceğini göreceğiz.

Biliyoruz ki, rezervuarlardaki sıcak çözeltinin rezistivitesi ile sıcaklığı arasında,

$$f_{\zeta} = f(k, t)$$

şeklinde fonksiyonel bir bağıntı vardır. Burada  $f_{\zeta}$  çözeltinin rezistivitesi,  $t$  çözeltinin sıcaklığı  $k$ ' de konsantrasyon miktarıdır. Ancak biz satıhtan yaptığımız elektrik sondajlarla, sıcak çözeltiyi ihtiva eden muhtemel rezervuarın rezistivitesini tayin edebiliyoruz. Bu  $f_r$  olsun,  $f_r$  ile  $f_{\zeta}$  arasında, yüzde yüz satürasyon halinde

$$\frac{\rho_r}{\rho} = F \frac{\rho_r}{\rho} \quad \text{bağıntısı vardır.}$$

Burada  $F$ . formasyon rezistivite faktörüdür.

Formasyon rezistivite faktörünü, Jeotermal bölgedeki muhtemel rezervuarların porositelerini tayin etme imkânına sahip olduğumuza göre, porosité cinsinden yazalım. Meselâ 0, yumuşak formasyon için

$$F = \frac{0.81}{\phi^2} \quad \text{şeklindedir.}$$

Bu takdirde rezervuardaki çözeltinin rezistivitesi

$$\rho_{\zeta} = \frac{\phi^2}{0.81} \rho_r \quad \text{şeklinde olacaktır.} \quad (1)$$

Diğer taraftan, petrol kuyuları çamurlarında kullanılmak üzere ve sabit konsantrasyon halinde, meselâ NaCl çözeltisi için J. J. Arps (1953) tarafından verilecek sıcaklıkla rezistivite arasındaki aşağıdaki amprik bağıntıyı

$$\left( R_w \right)_{t_2} = \left( R_w \right)_{t_1} \cdot \frac{t_1 + 677}{t_2 + 677} \cong \left( R_w \right)_{t_1} \frac{t_1 + 7}{t_2 + 7} \quad (2)$$

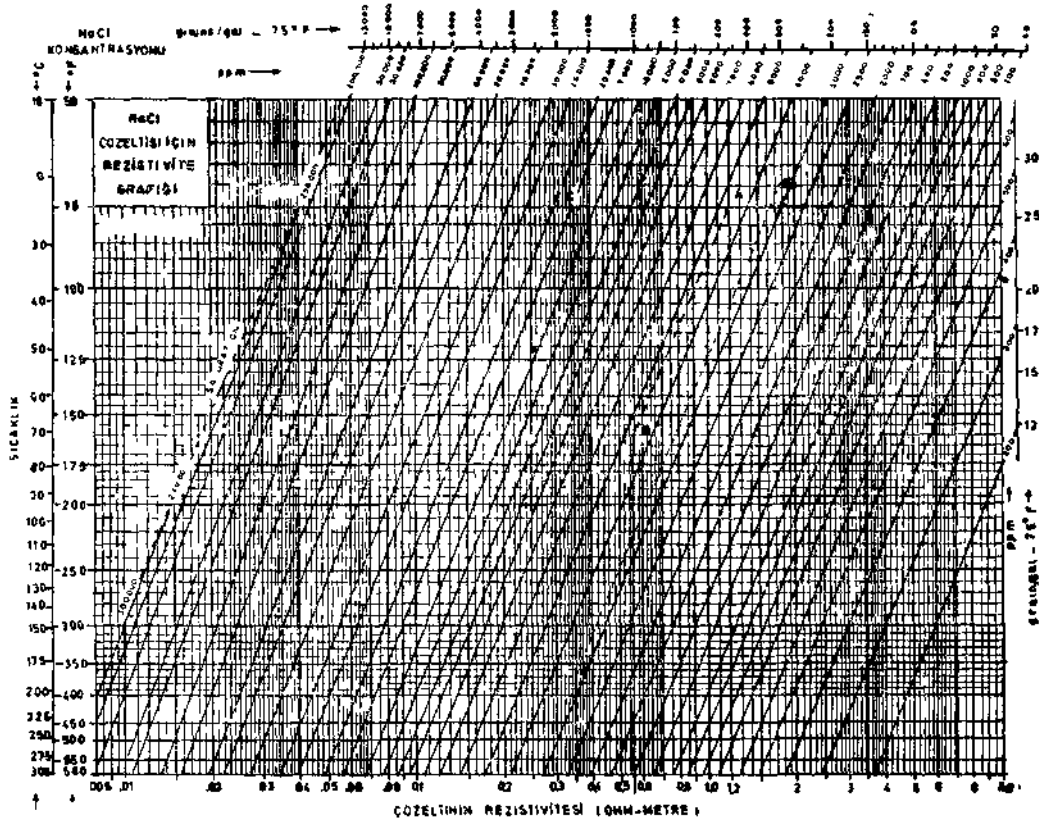
yazalım. Burada,  $(R_w)_{t_1}$  tuz çözeltisinin  $t_1$  sıcaklığındaki ohm-m cinsinden rezistivitesi,  $(R_w)_{t_2}$  tuz çözeltisinin  $t_2$  sıcaklığındaki ohm-m olarak rezistivitesidir.  $t_1$  ;  $t_2$  fahrenheit cinsinden iki muhtelif sıcaklıktır.

Jeotermal saharımızda, elektrik sondaj sonucu muhtemel rezervuara ait elde edilen rezervuar rezistivitesini rezervuar sıcaklığı yönünden değerlendirmek için (1) ve (2) formüllerinden

$$R_t = 0.81 \cdot \frac{(\rho)_{t'}}{\rho_R} (t + 7) - 7 \quad (3)$$

elde edilir. Böylece satıktaki ölçüler sonucu rezervuar sıcaklığını veren formülü bul-  
mu oluruz. Burada,  $R_2$  fahrenheit cinsinden rezervuar sıcaklığı,  $\theta$  rezervuarın porosi-  
tesi,  $(\rho)_{t'}$  satıhtaki  $t'$  sıcaklığındaki sıcak çözeltinin ohm-m cinsinden rezistivitesi,  
 $\rho_R$  elektrik sondaj sonucu elde edilmiş muhtemel rezervuarın ohm-m cinsinden rez-  
istivitesi ve  $t$  satıhtaki sıcak çözeltinin fahrenheit cinsinden sıcaklığıdır.

Ayrıca yukarıda (3) numaralı formülümüzden ve Schlumberger'in NaCl çözeltisi için çizmiş olduğu abaklardan, yararlanarak Jeotermal çalışmalarda kullanılmak üzere aşağıdaki abağı tertiplemek mümkündür. (Şekil 11). Tertiplemiş olduğumuz bu abağa göre, satha çıkan belli sıcaklıktaki çözeltinin rezistivitesi ve muhtemel rezervuarın porositesi bilindiği takdirde elektrik sondajla muhtemel rezervuara ait tayin



ŞEKİL 11

edilmiş rezistivite değerinden bu rezervuarın sıcaklığını bulmak mümkün olabilmektedir.

Örneğin; satıhta çıkan 70°F sıcaklığında çözeltinin rezistivitesi 1,8 ohm-m olsun. Düşey sıcaklık eksenindeki 70°F noktasından yatay eksene çizeceğimiz paralel çizgiyle, yatay eksen üzerinde 1,8 ohm-m noktasından düşey eksene çizeceğimiz paralel doğrunun kesim noktası P olsun. P noktasından konsantrasyon doğrularına paralel bir doğru çzelim. Bu doğru aynı zamanda sıcak çözeltinin konsantrasyon değerini de vermektedir. Elektrik sondaj sonucu bulunmuş olan meselâ fr = 2,8 ohm-m rezistivite değerini muhtemel rezervuara ait meselâ;

$$\frac{\varnothing^2}{0.81} \approx \frac{1}{8}$$

$$\text{(Burada } \varnothing = \frac{32}{100} \text{ alınmıştır.)}$$

değeri ile çarptıktan sonra elde edilen (0.35 ohm-m) değerini yatay eksen üzerinde alarak buradan çıkılacak dik doğrunun konsantrasyon eğrisini kestiği noktaya ait sıcaklık (375°F), muhtemel rezervuarın sıcaklığı olacaktır.

Netice :

Görüldüğü gibi, rezistivite metodu, Jeotermal sahaalrın değerlendirilmesinde en önemli Jeofizik metodlardan biri olmaktadır. Ve bu konuda kullanılan diğer metodlar içindede yegâne olarak belirlemektedir.

Bu bakımdan MTA Enstitüsü, Jeotermik enerji yönünden çok önemli olabilecek Afyon Jeotermik enerji bölgesini sadece rezistivite etüdüleriyle meydana çıkarmıştır. Bunun maliyeti, klâsik metodlar uygulanmak suretiyle ortaya konan diğer Jeotermik enerji bölgelerinin maliyeti yanında, sıfır mertebesindedir.

Zira sadece rezistivite metodlarıyla (Yeni teklif ettiğimiz metod dahil) sıcak çözeltiyi ihtiva eden formasyonu lokalize etmek bunun derinliği hakkında ve sıcaklığı hakkında bilgi edinmek mümkün olabilmektedir.

Kanaatimce, bu kadar bilgi, yapılacak istikşaf sondajları için yeterli sayılabilir.

Bu çalışmalardan sonra, sahanm kuru buhar imkânları bahi skonusu otenalıdır. Ancak bu konuda klasik etüdülerin dışında fikrimiz yoktur. Bazı araştırmaların yapılması gerektiği kanısındayım.

Bibliyografik Tanıtım :

- (1) J. Mc. Nitt, The Geologic Environment of Geothennal Fields as a Guide To Exploration.  
Piza 197» TV/1 Distr. Limited. U. N. Symposium.
- (2) D. E. White, Geochemistry Applied to the Discovery, Evaluation, and Exploration of Geothennal Energy Resources.  
Piza 1970 Distr. Limited. U. N. Symposium.



- (3) C. J. Banwell., Geophysical Techniques in Geothermal Exploration, Piza 1970 Distr. Limited. U. N. Symposium.
- (4) R. James., Reservoir Physics and production Management. Piza 1970 Distr. Limited. U. N. Symposium.
- (5) G. V. Keller., Induction Methods in Prospectiong for Hot Water Piza 1970 IV/1 Distr. Limited. U. N. Symposium.
- (6) A. Mc. Nabb., On Convection in a porous Medium.
- (7) K. Tezcan., Denizli - Sarayköy Jeotermik Enerji Araştırmaları, Gravite ve Re-zistivite Etiidleri Raporu 1966. MTA Rapor No: 3841.
- (8) C. J. Bamvell, P. Me. Donald., Broadlands Geothermal Area Geophysical Survey. 1967 D. S. I. R. New-Zealand.
- (9) S. Kavlakoğlu, Jeotermik Enerji kaynağı Jeotermal Akiferler Hakkında Yen] Bir Görüş; Türkiye 2. Genel Enerji Kongresi 1968
- (10) S. Kavlakoğlu, Origin Of The Geothermal Waters or Natural steam. Piza 1970. Distr. Limited. U. N. Symposium.
- (11) J. J. Arps, The Effect of Temperature On The Density and Electrical Re-sistivity of Sodium Chloride Solutions. J. Petroleum Technology Oct 1953, 5, No: 10)

## ÇATLAK KAYALAR İÇİNDE AÇILAN GALERİLERİN STABİLİTESİ

İrfan ERGÜN (\*)

Özet :

Günümüzde kaya içinde açılan galeri ve benzeri açıklıkların stabilitesi incelenirken kaya kütleleri elâstik, homogen ve yeknesak-katı olan bir yapı malzemesi gibi düşünülmektedir.

Bu yazıda kaya içinde mevcut çatlakların gerilme dağılımı üzerine yaptığı tesirler üzerinde durularak birbirine dikey iki logaritmik sspirall çatlak sistemini ihtiva eden bir kaya kütleli içinde açılan daire kesitli bir galerinin stabilitesi incelenmiştir.

Önsöz :

Kaya içinde açılan galeri, tünel ve diğer açıklıkların stabilitelelerini incelerken lüzumlu olan hesaplamalara girişebilmek için kaya kütlelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri hakkında bazı temel kabuller yapmak zorunluğu doğmaktadır. Yapılan hesaplardan mühendislikte faydalanabilmek ancak bu temel kabullerin gerçeğe uyması nisbetinde olabilir.

Jeolojik incelemeler genellikle kaya kütlelerinin birçok çatlaklar ve faylarla bölündüğünü ve çeşitli kaya tabakalarından müteşekkil olduğunu ortaya koymuştur. Çoğu hallerde mevcut çatlaklar rasgele değil belli yönlerde teşekkül etmiştir. Kaya çatlakları tamamen kapalı olabildiği gibi içlerinde birçok boşluklar ihtiva edebilirler. Bazı hallerde bu boşluklar su, kil veya ufalanmış kaya parçalarıyla dolu olabilir. Bunun yanında bir kaya kütleli içinde mevcut çeitli tabakaların basma ve çekme mukavemetleri, elâstik modülleri ve diğer mekanik ve fiziksel özellikleri birbirinden çok farklı olabilir.

Günümüzde gerilme-dağılımı hesapları yapılırken genellikle kaya kütlelerinin özellikleri elâstik, homogen ve yeknesak-katı olarak kabul edilir. Bu kabullenmeler adı geçen hesapların elâstik teori çerçevesinde yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. [Duvall (1967)]. Bunun en büyük faydası üzerinde çok çalışmış olan elâstik teorisinin genel prensip ve çözümlerinden kolayca istifade imkânının olmasından ileri gelmektedir, en zayıf tarafı ise kaya kütlelerini yeknesak-katı olarak kabul etmesidir. Bu son bahsedilen kabul ise mühendislikte karşılaşılan problemlerle bağdaşmamaktadır. [Bray (1967), Morgenstern (1965), Londe (1965)]. Çünkü kaya kütleleri ya jeolojik zamanlarda veya kazı esnasında meydana gelmiş çeşitli çatlaklıklarla doludur. Çok nadir hallerde mevcut çatlakların yönü ve fiziksel ve mekanik özellikleri açıklığın kesitine ve arazide mevcut gerilme yönlerine uygun olursa, açıklığın etrafındaki gerilme dağılımı üzerine fazla tesir etmediği düşünülebilirse de ge-

(\*) PH.D. D.I.C, B. SO. A.B.S.M.

netlikle kaya içindeki çatlakların gerilim dağılımı üzerinde büyük tesirleri vardır. Bu nedenle gerilme dağılımı hesaplan yapılırken çatlakların mutlaka nazarı itibare alınması lâzımdır.

Coulomb-Novier Mukavemet Teorisi :

Kayaların mukavemetinin kaya içinde mevcut çatlakların sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve cohezyonu (c) bilindiği takdirde hesaplanabileceğini ve doğrudan doğruya çatlaklar üzerine gelen normal gerilme ( $\sigma_n$ ) ve kayma gerilmesine ( $\tau$ ) bağlı olduğu ilk kez Coulomb tarafından ortaya atılmış olup Novier tarafından deneylerle ispatlanmıştır. Çatlağın limit-denge durumu Coulomb teorisine göre :

$$|\tau_{mn}| = (\sigma_n - u) \tan \phi + c \quad 1.1.$$

Bu denklemde u çatlak içindeki su basıncı olup mevzumuz dışında kaldığından u=0 kabul edilir ve  $H=C \cot \phi$  şeklinde yazılırsa denklem basitleştirilerek

$$|\tau_{mn}| = (\sigma_n + H) \tan \phi \quad 1.2.$$

şeklinde yazılabilir. İzahı kolaylaştırmak için  $C=H=0$  kabul edilirse denklem daha da basitleştirilerek

$$|\tau_{mn}| = \sigma_n \tan \phi \quad 1.3.$$

- (i) Eğer çatlak üzerindeki normal gerilme çekme gerilmesi ise ( $\sigma_n < 0$ ) çatlak açılır ve herhangi bir gerilme taşıyamaz.
- (ii) Çatlak üzerindeki normal gerilme basma gerilmesi ise ( $\sigma_n > 0$ ) çatlak palı kalır ve gerilme iletebilir. Bu takdirde :

(a)  $|\tau_{mn}| \geq \sigma_n \tan \phi$  ise çatlak üzerinde izafi kayma meydana gelir yani kaya mukavemeti aşılmış olur.

(b)  $|\tau_{mn}| < \sigma_n \tan \phi$  ise çatlak üzerinde herhangi bir kayma meydana gelmeyeceğinden çatlaklar ihtiva etmesine rağmen kaya yeknesak kaya mukavemeti yenilinceye kadar basma gerilmesi taşıyabilir.

Ayrıca birim kaya kütlesi üzerine gelen (Şekil 1) maximum ve minimum normal gerilme ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ) belli ve çatlağın maximum gerilme yönüyle yaptığı açı biliniyorsa

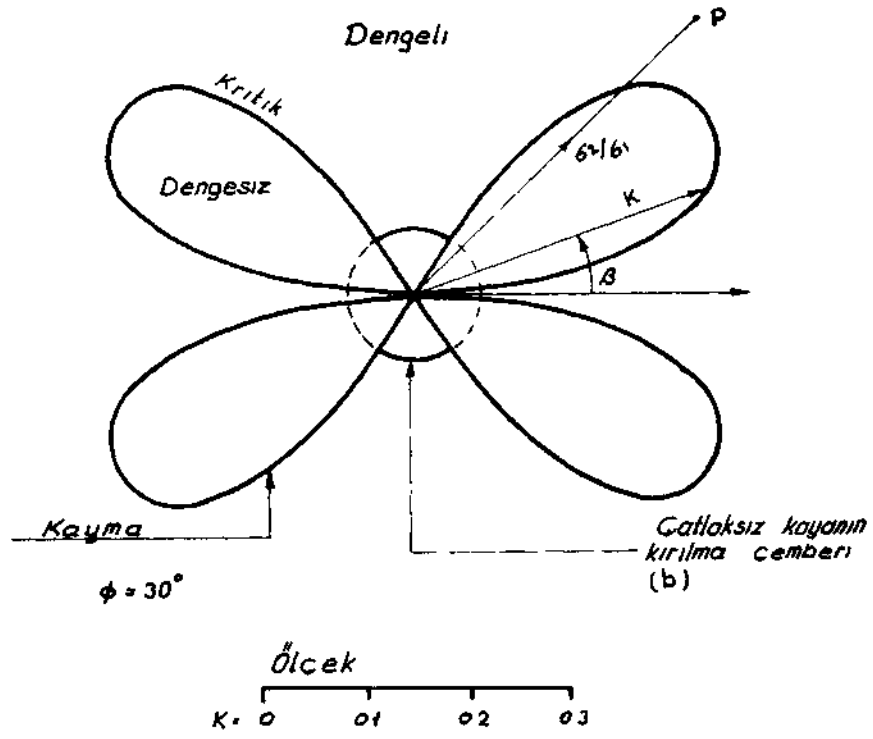
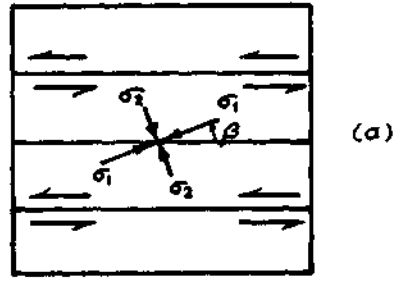
$$\sigma_n = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_2) - \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\beta \quad \dots \dots \dots 1.4.$$

$$\tau_{mn} = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\beta \quad \dots \dots \dots 1.5.$$

olacağından bu değerler 1.3 No. lu formüle konularak ve basitleştirilerek

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = K = \cot(1\beta_1 + \phi) \tan(1\beta_1) \quad \dots \dots \dots 1.6.$$

şeklinde formüle edilerek kaya mukavemeti  $\sigma_1$  ve  $\beta$  ya göre hesaplanabilir.



Şekil 1

### Çatlak Kayalar içindeki Gerilme Dağılımı :

Bu kısımda belli bir kuvvet sistemi altında bulunan çatlak kayalar içindeki gerilme dağılımının yeknesak katlar içinde meydana gelecek gerilme dağılımı ile mukayesesi yapılmakta olup izahı kolaylaştırmak için çatlakların kohezyonun olmadığı kabul edilmiştir. ( $C=0$ ).

Bir kaya çatlağının üzerine gelen normal gerilme çekme gerilmesi ise bu çatlak açılacağından adı geçen çatlak üzerinden herhangi bir gerilme iletimi olmayacaktır. Bu takdirde çatlağın hemen çevresindeki gerilme tek yönlü bir çekme gerilmesinden ibaret kalacaktır.

Eğer çatlaklar üzerindeki normal gerilme basma gerilmesi ise çatlaklar kapalı kalacaklar ve bu gerilimi iletebileceklerdir. Bu takdirde çatlağın mukavemeti  $0 \ll \sigma_{\text{max}} \ll \sigma_{\text{min}}$  olacaktır. Aynı çatlak üzerine gelen kayma gerilmesi bu mukavemetten az veya eşit ise kaya küüesi içindeki gerilme dağılımı bir elâstik yeknesak-katı içindeki gerilme dağılımının aynısı olacaktır. Çatlak üzerindeki kayma gerilmesi çatlak mukavemetine eşitse meydana gelen gerilme dağılımı hem elâstik teorisinin ve hem de limit denge teorisinin denge denklemlerini aynı zamanda sağlamış olacaklardır. Yani gerilim dağılımı iki teoriye göre hesaplanabilecektir. Buna mukabil eğer kayma gerilmesi çatlağın mukavemetinden fazla ise bu fazlalık çatlak üzerinde izafi bir kaymaya sebep olacaktır. Bu kaymanın sonunda tekrar çatlak üzerindeki kayma gerilmesi ile çatlağın mukavemeti eşit olabilir ve yeniden limit denge durumu sağlanabilirdi meydana gelecek gerilme dağılımı elâstik yeknesak katılar için bulunan gerilme dağılımından tamamen farklı olacaktır. Bundan dolayı elâstik denge durumunun yeniden meydana gelmesine imkân yoktur.

Yukarıdaki zahtan da anlaşılacağı üzere çatlak kayalar içinde kazılan bir açıklığın etrafında üç tip gerilme bölgesi bulunabilir.

- ( i ) Çatlakların açıldığı bölge. Bu çatlaklar arasındaki her tabaka veya blok **ayrı** birer yapı elemanı gibi kalmıştır. Bu yapı elemanları eksenlerine göre bükülme ve kıvrılma imkânlarına sahiptir.
- ( ii ) Bütün çatlakların kapalı kaldığı ve çatlaklar üzerinde bir kayma meydana gelmeyen bölgeler. Bu bölgelerde gerilme dağılımı yeknesak katı içindeki elâstik gerilme dağılımının aynısıdır.
- ( iii ) Çatlaklar üzerinde limit denge prensiplerine uygun kaymanın meydana geldiği kısımlar.

Kaya içinde açılan yapıların etrafındaki gerilme dağılımının hesaplarının ana zorluğu yukarıda bahsedilen bölgelerin sınırlarının tayininin zorluğundan ileri gelmektedir. Eğer yapı üzerindeki yükü başlangıçta sıfır imiş gibi düşünür ve yüklerin yavaş yavaş aynı oranda artırıldığını kabul edersek meydana gelecek gerilme bölgelerinin sınırları sabit kalacaktır. Yükün son durumuna göre her bölge içindeki gerilme dağılımı belli değerlerini almış olacaktır. Eğer yükleme bunun dışında bir metodla yapılırsa açıklık üzerine gelecek yükler değiştikçe hem gerilme bölgelerinin sınırları ve hem de gerilim dağılımı değişecektir. Bundan dolayı kaya içinde meydana gelecek gerilme dağılımı yüklemeye bağlı olduğu gibi yüklerin tatbik edilmiş şekline de bağlıdır.

**Temel Denklemler :**

Herhangi bir dengenin temin edilebilmesi için gerilme dağılımı aşağıdaki iki diferansiyel denklemleri sağlamak zorundadır.

$$\left( \frac{\delta \sigma_x}{\delta x} + \frac{\delta \tau_{xy}}{\delta y} = 0 \dots\dots\dots 2.2. \right.$$

Burada  $x, y$  Kartezyen koordinat sisteminin 'abziss' ve 'ordinat' eksenleri olup  $y$  düşey yönde yukarıdan aşağı doğru ölçülmüştür,  $y$  ise kayanın özgül ağırlığıdır.

Kayma halinde olan bir çatlak üzerindeki gerilme aşağıdaki eşitlikleri sağlaması gereklidir.

$$\tau_{mn} = \sigma_n \tan \phi \dots\dots\dots 2.3.$$

veya  $\sigma_2 = K \sigma_1 \dots\dots\dots 2.4.$

İki çatlak arasındaki kaya kütlesi elâstik ve yeknesak-katı olarak alırsak Hooke kanununa göre kaya içindeki birim uzama ve kısalma

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y - \nu \sigma_z) \dots\dots\dots 2.5.$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} (\tau_{xy}) \text{ etc. } \dots\dots\dots 2.6.$$

Burada  $\nu, \gamma_n$  normal ve kayma birim uzama ve kısalması, E, G ve  $\gamma$  ise kayanın elâstik modülü, kayma modülü ve Poisson katsayısıdır.

Bu denklemler bir açıklığın sınır şartlarıyla birlikte bir problemi tamamen tanımlamış olur. Çatlakların mevcut olması halinde gerilme kesitlikleri meydana getirmesi bakımından bir problem doğmaktadır. Bunu oradan kaldırmak için çatlaklar arasındaki mesafeyi sonsuz-küçük bir mesafe olarak kabullenmek yetmektedir. Bu kabulün iki avantajı vardır. Bunlardan biri gerilmenin Hooke kanununa bağlı olmadan hesaplanabilmesidir. Bunun nedeni kayma dolayısıyla meydana gelecek kaya hareketlerinin nisbeten kat be kat fazla olmasıdır. İkincisi ise gerilme kesikliklerini ortadan kaldırmasıdır. Bu nedenle bir problemin çözümü için yalnızca limit denge denklemlerini ve sınır şartlarını yerine getirmek kâfi gelmektedir.

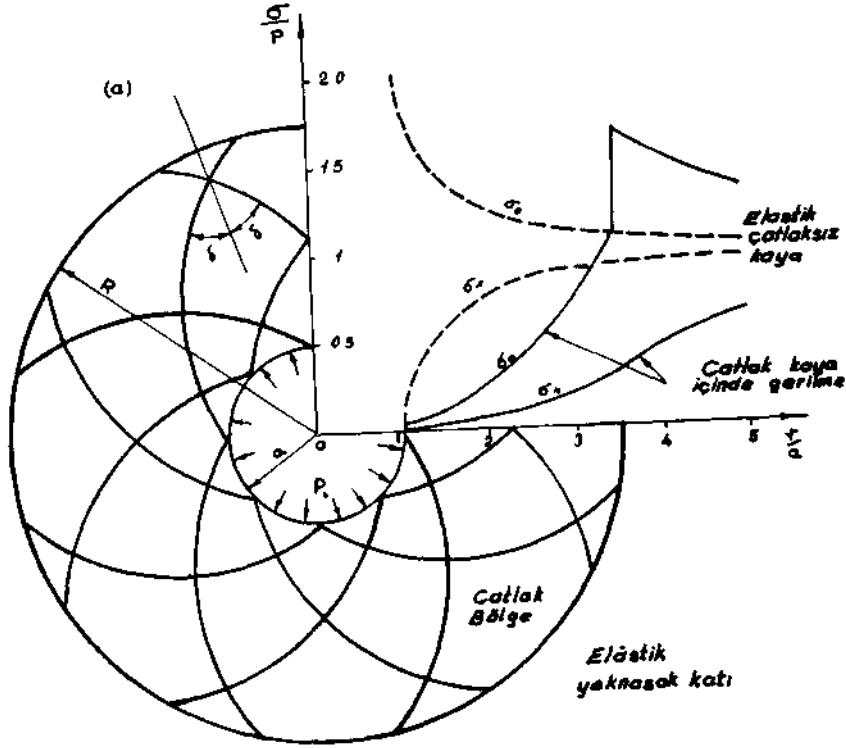
Hakikatte çatlaklar arasında belirli bir mesafe vardır. Buna rağmen bu kabule dayanan bazı çözümler model çalışmalarından elde edilen neticelerle karşılaştırılmış olup neticeler arasında iyi bir uygunluğun bulunduğu ispatlanmıştır. [Moore (1966)]

Logaritmik Spiral Çatlaklarla Dolu Kaya Kütleleri içinde açılan Dairesel Kesitli Galerilerin Stabilité Hesapları :

Hesaplama için yapılan kabuller

- ( i ) Kaya kütlesi içindeki asal basma gerilmesi hidrostatiktir. Yani yatay basma gerilmesi düşey basma gerilmesine eşittir. ( $P_x = P_y = P$ )

- (ii) Galeri cidarlarına verilen tahkimat cidarlara eşit olarak dağılmış bir basma gerilmesi (Pi) tatbik etmektedir ve bu gerilmenin miktarı galeri çerçevesinde kaya kütesinin dengesini temin etmeye yeterlidir.
- (iii) Galeri çerçevesindeki çatlaklar her noktada radyal yönle sabit bir  $\beta$  açısı yapan logaritmik spiral çatlaklardır.
- (iv) Mevcut çatlaklar birbirine sonsuz-küçük uzaklıktadır.
- (v) Galeri çerçevesindeki kaya kütesi ağırlığı olmayan bir madde gibi düşünülmüştür.



Şekil: 2

(a) Problemin Gerilme Dağılımı Açısından Çözümü :

Şekil 2 de gösterilen ve yarı çapı a olan daire kesitli bir galerinin cidarlarına verilen tahkimat (Pi) yalnızca galeri çerçevesindeki kaya kütesinin stabilitesini sağlayacak kadar olduğunu kabul ettiğimize göre, galeri çevresindeki maximum asal gerilme çap yönünde olacaktır. Çatlak bölge içinde ( $r < a$ )

$$\beta = 90 - \delta \quad 3.1.$$

1.6 ve 3.1 No. lu denklemlerden

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_\theta} = k = \tan(180 - \phi) \cot 180 \quad \dots \dots \dots 3.2.$$

Problem galeri çapına göre simetrik olduğundan galeri çevresindeki basınç dağılımı  $\sigma_{\theta}$  açısına bağlı değildir ve denge eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir. (Burada probleme daha uygun olması nedeniyle polar koordinat sistemi seçilmiştir)

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{\sigma_{\theta} - \sigma_r}{r} = q \frac{\sigma_r}{r} \quad \dots\dots\dots 3.3.$$

Entegral olarak ve galeri cidarlarındaki sınır şartlarından

$$(r = a \text{ ve } \sigma_r = P_i)$$

$$\sigma_r = P_i \left(\frac{r}{a}\right)^q \quad \dots\dots\dots 3.4.$$

$$\text{ve } \sigma_{\theta} = \frac{1}{K} \cdot \sigma_r = \frac{P_i}{K} \left(\frac{r}{a}\right)^q \quad \dots\dots\dots 3.5.$$

Galeri çevresindeki çatlak bölgedeki basınç dağılımını gösteren bu denklemler kayma mukavemetinin tamamen sürtünme açısından geldiği kabul edilerek bulunmuştur. Kohezyonu da hesaba katmak icabederse normal gerilmelere H kohezyon faktörünü ilâve ederek

$$\sigma_r + H = (P_i + H) \left(\frac{r}{a}\right)^q \quad \dots\dots\dots 3.6.$$

$$\sigma_{\theta} + H = \frac{P_i + H}{K} \left(\frac{r}{a}\right)^q \quad \dots\dots\dots 3.7.$$

bulunur.

Galeri çevresindeki çatlak bölgenin dışında kalan ( $r > R$ ) kaya kütleleri elastik yeknesak-katı gibi hasma gerilmesini taşıdığı için bu bölgedeki gerilme dağılımı :

$$\sigma_r = p - \frac{b}{r^2} \quad \dots\dots\dots 3.8.$$

$$\sigma_{\theta} = p + \frac{b}{r^2} \quad \dots\dots\dots 3.9.$$

$$\tau_{rg} = 0 \quad \dots\dots\dots 3.10.$$

formüllerinden hesaplanabilir. Burada b ve R elastik-katının mukavemeti bilindiği takdirde hesaplanabilen sabit değerlerdir. Eğer kaya mukavemeti Coulomb-Novier mukavemet teorisine göre hesaplanırsa

$$\sigma_{\theta} = h\sigma_r + J \quad \dots\dots\dots 3.11.$$

Burada h ve J deneyler neticesinde bulunan kayanın içsel sürtünme katsayısı ve kohezyonudur. Galerî çevresindeki çatlak bölgenin dış yarıçapı (R) yi hesaplamak için çatak bölgenin limitinde  $r=R$  olduğundan 3.6, 3.8, 3.9 ve 3.11 No. lu formüllerden



$$\sigma_{\theta} = h\sigma_{\phi} + J = p + \frac{b}{R^2}$$

$$\sigma_r = (P_i + H)\left(\frac{R}{a}\right)^q - H = p - \frac{b}{R^2}$$

yazdır ve bu iki denklem çözülerek

$$R = a \left[ \frac{2p - J + (h+1)H}{(h+1)(P_i + H)} \right]^{\frac{1}{q}} \dots\dots\dots 3.12$$

$$b = \left[ \frac{(h-1)P_i + J}{h+1} \right] R^2 \dots\dots\dots 3.13$$

bulunur. Bu kabullerin limiti içinde kaya kütlesinin belli fiziksel özelliği bilinirse herhangi bir galerinin stabilitesi yukarıdaki formüllerden hesaplanabilir.

Bu çözümlerin nasıl uygulanacağını nümerik bir misalle izah edebiliriz.

$$\delta = 450^\circ, \varnothing = 30^\circ, H = 0, h = 4.58$$

$$J = 90 \text{ Kg/Cm}^2, P = 280 \text{ Kg/Cm}^2, P_i = 2.8 \text{ Kg/Cm}^*$$

Bu değerleri yukarıdaki denklemlere koyarak  $K=0.268$ ,  $q=2.72$

$$R = 3.5a, b = 2390 a^2 \text{ ve çatlak bölgede}$$

$$\sigma_r = 2.8 \left( \frac{r}{a} \right)^{2.72}$$

$$\sigma_{\theta} = 10.5 \left( \frac{r}{a} \right)^{2.72}$$

Çatlak bölge dışında

$$\sigma_r = 280 - 2390 \left( \frac{a}{r} \right)^2$$

$$\sigma_{\theta} = 280 + 2390 \left( \frac{a}{r} \right)^2$$

bulunur.

Bu çözümün neticesi  $\sigma_{\theta}$ ,  $\sigma_r$  normalize edilerek yani arazi basıncı  $p$  ile bölünerek (Şekil 3) verilmiş olup içinde hiç çatlak bulunmayan elastik yeknesak-katı için açılacak daire kesitli bir galerinin çevresindeki gerilme dağılımı ile mukayese edilmiştir.

Burada pratikte faydalanabileceğimiz bazı faydalı prensipler hemen kendini göstermektedir. Bu prensipleri kısaca özetlersek :

- ( i ) Çatlak kayalar içinde açılan bir galeriye verilen tahkimat basıncı arazide mevcut basma gerilmesine nisbeten çok küçük dahi olsa, galerinin stabilitesi için çok önemli bir faktördür. Tahkimat mukavemetindeki çok az

bir ilâve galeri çevresindeki çatlak bölgenin sınırlarını hissedilir bir miktarda daraltmaktadır.

- (ii) Çatlak kayalar içinde açılan bir galeri etrafındaki gerilme dağılımını kaya kütlelerini elâstik yeknesak-katı gibi kabul ederek hesaplamak hakikate hiç uymamakta ve bu tip hesapların mühendislik problemlerinde faydalı olabilmesi için çok titizlikle kullanılması gerekmektedir.
- (iii) Kaya çatlaklarında mevcut olan kohezyon azda olsa stabilite için tahkimat kadar önemli bir faktördür.
- (iv) Yukarıda alınan değerlere göre galeri çevresindeki çatlak bölgenin dış yarı çap  $R = 5.47$  a dır. Yani bir galerinin çatlak kayalar içindeki tesir sahası galeri yarı çapının en az 5.47 misli olmaktadır. Halbuki elâstik teoriye göre yeknesak katılar için yapılan hesaplardan bu problem için galerinin tesir sahası en çok  $R = 3$  a bulunur.

Elde edilen neticeler tamamen hayali bir problem içindir ve pratikte tatbiki mümkün olmayan bir tahkimat sistemine göre yapılmıştır. Bu problemde tahkimatın kazı yapılır yapılmaz yerleştirilmesi gerekmektedir.

**(b) Daire Kesitli Bir Galerinin Stabilesinin Kaya Hareketleri Yönünden İncelenmesi :**

Gerilme yönünden incelenen çatlak kayalar içinde açılan daire kesitli bir galerinin stabilesini şimdide birim uzama, kısalma ve kaya hareketi yönünden inceleyelim, iki logaritmik spiral çatlak sisteminin çap yönüyle sabit  $S a$ ?<sup>181</sup> yaptığını kabul etmiştik. Bu çatlak sisteminin biri üzerindeki izafi kayma

$$\epsilon_{\theta} = \frac{1}{2} \Gamma \sin 2\delta \dots\dots\dots 4.1.$$

$$\epsilon_r = -\frac{1}{2} \Gamma \sin 2\delta \dots\dots\dots 4.2$$

$$\delta r_{\theta} = \Gamma \cos 2\delta \dots\dots\dots 4.3$$

İkinci çatlak sistem üzerindeki kayma dolayısıyla meydana gelecek birim uzama ve kısalmanın miktarı bunların aynı olacak yalnız kayma birim uzamasının yönü buradakinin aksi yönde olacaktır. Bu iki çatlak sistemlerinden meydana gelen uzama ve kısalmalara elâstik uzama ve kısalmalar ilâve edilirse

$$\epsilon_{\theta} = \Gamma \sin 2\delta + \frac{1}{E} (\sigma_{\theta} - \delta \sigma_r) \dots\dots\dots 4.4.$$

$$\epsilon_r = \Gamma \sin 2\delta + \frac{1}{E} (\sigma_r - \delta \sigma_{\theta}) \dots\dots\dots 4.5.$$

$$\delta r_{\theta} = \frac{1}{G} \tau_{r\theta} \dots\dots\dots 4.6.$$

Çatlakların kahezyonunu sıfır kabul edersek

$$\sigma_r = P_1 \left(\frac{r}{a}\right)^q$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_r}{K}$$

$$\epsilon_\theta = \frac{u_r}{r} = \Gamma \sin 2\delta + \frac{P_1}{E} \left(\frac{r}{a}\right)^q (K-\nu) \dots\dots\dots 4.7.$$

$$\epsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r} = -\Gamma \sin 2\delta + \frac{P_1}{E} \left(\frac{r}{a}\right)^q (1-\nu K) \dots\dots\dots 4.8.$$

4.7. No. lu eşitliğin iki tarafını r ile çarpan ve r ye göre türevi alırsak

$$\frac{d u_r}{d r} = \sin 2\delta \left( r + r \frac{d \Gamma}{d r} \right) + (q+1) \frac{P_1}{E} \left(\frac{r}{a}\right)^q (K-\nu)$$

Bu denklemi  $\epsilon_r$  ile eşitler ve  $q = \frac{1}{K} - 1$

olduğunu nazara itibara alırsak

$$\frac{d}{d r} \left( r^2 \Gamma \sin 2\delta \right) = \frac{\nu P_1}{E a^q} \left( \frac{1}{K} - K \right) r^{(q+1)}$$

Entegral olarak

$$\Gamma \sin 2\delta = \nu (1-K) \frac{P_1}{E} \left(\frac{r}{a}\right)^q + t r^{-2}$$

Burada t entegral sabitidir. Yukarıdaki 4.7 No. lu denklemden

$$u_r = (1-\nu) \frac{P_1}{E} \cdot \frac{r^{(q+1)}}{q^2} + t r^{-1} \dots\dots\dots 4.9.$$

Bu denkleme göre elde edilen toplam kaya hareketinden kaya basma gerilmesinden doğan elâstik kısalmayı çıkarırsak

$$u_r = \frac{(1-\nu)}{E} \left( P_1 \frac{r^{(q+1)}}{a^q} - p r \right) + t r^{-1} \dots\dots\dots 4.10.$$

bulunur. Çatlak bölgenin sınırında  $r=R$  olduğundan çatlak bölgenin sınırındaki elâstik gerilme

$$\sigma_r = p - \frac{b}{R^2}$$

$$\sigma_\theta = p + \frac{b}{R^2}$$

Burada çap yönündeki toplam kaya hareketi :

$$u_r = R \epsilon_\theta = \frac{R}{E} \left[ (\sigma_\theta - p) - \nu(\sigma_r - p) \right] = (1+\nu) \frac{b}{ER} \dots\dots\dots 4.11.$$

bulunur.

Buradan elde edilen Ur 4.10 No. lu denklemden r R iken elde edilecek Ur ile eşitlenirse

$$t = \left( \frac{1-\nu}{E} \right) R^2 \left[ P - P_0 \left( \frac{R}{a} \right)^4 \right] + \left( \frac{1+\nu}{E} \right) b \quad \dots 4.12.$$

bulunur. Buradan elde edilen t değeri 4.10 No. lu denklem yerine konulursa her yarıçapta doğacak toplam kaya hareketinin miktarını hesaplamak mümkün olmaktadır.

Bu çözümü de bir misalle izah edelim. Yukarıdaki misaldeki değerlere ilâveten kaya kütlesi için  $E = T \times 10^8$  Kgl crr<sup>2</sup>,  $\nu = -0.2$ ;  $a = 260$  cm. alırsak verilen denklemlerden  $b = 406$  cm<sup>2</sup> Ur = 1.57 cm. bulunur. Bunu elâstik katı içinde açılan aynı çaptaki bir galeride meydana gelecek toplam uzama Ur = 0.115 cm. ile mukayese edersek çatlak kayalar içindeki kaya hareketinin kat be kat daha fazla olduğu ortaya çıkar.

#### S o n u ç :

Kaya mekaniği çok genç bir ilim dalı olmasına rağmen mevcut çalışmalar mühendislikte karşılaşılan birçok problemlerin çözümlerinde yardımcı olabilecek duruma gelmiş bulunmaktadır. Bu ilim dalının geliştirilmesi ancak elde edilen çeşitli çözümlerin mühendislik problemlerine tatbiki ve alınan neticelerin teorik çözümlerin ışığı altında değerlendirilmesi ile mümkün olacağı kanısındayım.

#### tebliğ Hakkında :

Bu tebliğde verilen çözümler Londra Üniversitesine bağlı Imperial College of Science and Technology'de kaya mekaniği Öğretim Üyesi Sayın Dr. J. W. Bray'e aittir. Tebliğde ileri sürülen fikirler yazar aynı üniversitede doktora öğrenimi yaparken geliştirilmiş olup çözümlerde olan hatalar mevcutsa yazara aittir.

#### Bibliyografik Tanıtım :

- |             |   |
|-------------|---|
| BERNAIX,    | J., 1969. *New laboratory methods of studying the mechanical properties of rocks'. Int. J. Rock Mech. Min. Sei Vol. 6, pp. 43.90. |
| BIENIAWSKI, | Z. T., 1968. The effect of specimen size on compressive strength of coal'. Int J. Rock Mech. Min. Sei. VoL 5, pp. 325-335.        |
| BISHOP,     | A. W., 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes'. Geotechnique.                                       |
| BISHOP,     | A. W. and HENKEL, D. J., 1957 The measurement of soil properties in the Triaxial Tesf. Arnold, London.                            |
| BISHOP,     | A. W., 1966. The strength of soils as engineering materials'. Sixth Rankine Lecture, Geotechnique VoL 16 pp. 91-180.              |

- BRAY, J. W., 1966. 'Limiting equilibrium of fractured and jointed rock'. Proc. of the first congress on rock mechanics, Lisbon.
- BRAY, J. W., 1957. The teaching of rock mechanics to Mining engineers', Trans. Inst. Min. Engineers, No. 79.
- BRAY, J. W., 1967. 'A study of jointed and fractured Rock'. Parts I and II. Rock Mech. and Eng. Geol. Vol. v/2 - 3, 1967 and Vol. v/4.
- BYERLEE, J. D., 1967. 'Theory of friction based on brittle fracture'. Journal of Geophysical research,
- BYERLEE, J. D., 1968. 'Brittle - ductile transition in rocks' Journal of Geophysical Research.
- DEERE, D. U., 1968. 'Geological considerations' Rock Mech. in Eng. Practice, Stagg and Zienkiewicz, John Wiley.
- DENKHAUS, H. G., 1958. The application of the mathematical theory of elasticity to problems of stress in hard rock. Ass. Min. Mngrs. S. Afr. Vol. 1958/9.
- DUVALI, W. I. and Obert, L., 1967. 'Rock mechanics and the design of structures in rock', 1967.' N. Y. John Wiley.
- EINSTEIN, R. H., et al. 1969. 'Model studies of jointed-rock behavior'. Eleventh symposium on rock mech. Berkeley, California.
- FRANKLIN, J. A., 1970. 'Classification of rock according to its mechanical properties'. Ph. D. Thesis, London University.
- FAMUGALLI, E., 1968. 'Model simulation of rock mechanics problems. Rock, Mech. Eng. Practice. Stagg and Zienkiewicz.
- HAST, N., 1958. The measurement of rock pressure in mines'. Arsb. Sver. Geol Unders, 52.3
- HAYASHI, M., 1966. 'Strength and dilatancy of brittle jointed mass'. Proc. First. Cong. Rock Mech. Lisbon.
- HENDRON, A. J., 1968. 'Mechanical properties of rock'. Rock Mech. in Eng. Practice, Edit: Stagg and Zienkiewicz John Wiley and Sons.
- HOBBS, D. W., 1960. 'Scale model studies of strata movement around mine roadways.' Int. J. Rock Mech. Min. Sei. Vol. 3, pp. 101 - 127.
- MOORE, J. F. A., 1965. The Behaviour of Discontinuous Ground'. Ph. D thesis, London University.
- MORGENSTERN, N. R., 1964. The limit equilibrium method of slope stability analysis'. Ph. D. thesis, University of London.

- MORGENSTERN, N. R. and PRICE, V. E., 1965. The analysis of the stability of general slip surfaces'. *Heotechnique*, Vol. 15, pp. 79,93.
- PATTON, F.J.), 1966. 'Multiple modes of shear failure'. Proc. of First congress on Rock Mechanics, Lisbon.
- SAVIN, G. N., 1951. 'Stress concentration around holes'. Moscow.
- ERGÜN, I. 197», Stability of Underground openings. PH. D. thesis, University of London.
- ERGÜN, I. 1970, Stress distribution in jointed rock media. Proc. the and. Congress on rock mechanics, Belgrade.

## UZUN AYAKLARDA TAHKİMAT ESASLARI

Tacettin ATAMAN (x)

### 1 — AftAÇ TAHKİMAT

özet :

Uzun ayaklarda tavan Kontrolü, alın mekanizasyonu ve tahkimat seki birbirile sıkı sıkıya alâkalı hususlardır. Genellikle tam mekanize edilmiş bir uzun ayakta :

1 — Yürüyen tahkimat,

2 — Ayak arkasına göçertme,  
uygulanmaktadır.

Tam mekanize edilemeyen ayaklarda ise, alın mekanizasyonu uygulanmadığından direktten âri bir kazı alını ihdas etmeye lüzum yoktur. Böyle olan ayaklarda, alında kazı ameliyesi kazma ile, martopikörle veya sert kömürlerde lâğım atıldıktan sonra yine kazma veya martopikörle yapılmaktadır. Havzamızda mevcut bu tip ayaklarda tahkimat daha çok ağaç direklerle: ana tavan tahkimi domuz damlariyle, yalancı tavan tahkimi ise sarma, çatal direk ve kamalarla yapılmaktadır. Bu incelemenin konnsuda, bu ağaç tahkimatın, modern Kaya Mekanîği bilimi ışığında, nasıl yapılması hususudur.

#### 1. Giriş :

Uzun ayaklarda yapılması gerekli olan tahkimat şekilleri ayağın mekanize edilip edilmediğine ve elde mevcut tahkimat malzemesinin cinsine göre değişir. Günlük istihsali büyük olan Kömür ocaklarında, istihsal merkezlerini azaltıp her merkezden üretilen kömür miktarının artırılması istenildikçe ayakların mekanize edilmesi gerekir. Buna madencilikte Konsantrasyon denir.

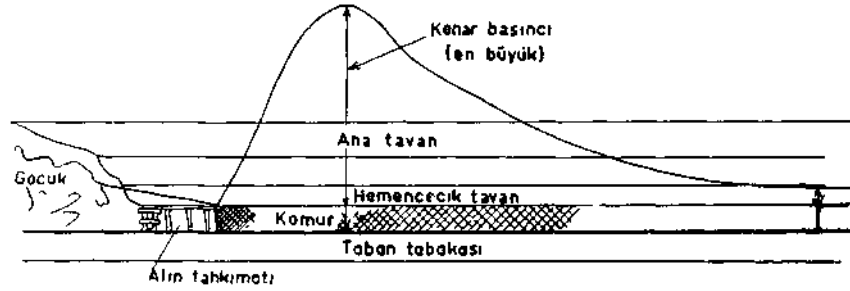
Birde günlük istihsali büyük olmayan ocaklarda mekanize olmayan ayaklar vardır. O halde mekanize ayaklarla mekanize olmayan ayakların tahkimat şekillerini ayrı ayrı incelemek gerekmektedir. Bu incelemede mekanize olmayan ayaklardaki ağaç tahkimatın esasları verilecektir.

#### 2. Mekanize Olmayan Ayaklar :

Bu ayaklarda kömür kazma, ya kazma ile veyahut martopikörle yapılır. Her iki halde de (direkten âri bir alın) ihdasına lüzum yoktur. Çünkü aim boyunca seyreden bir kömür kazı makinesi kullanılmamaktadır. Burada ayak tahkimatı ya ağaç direklerle (domuzdamlan, sarma ve çatal direklerle kamalar) veyahut da klâsik çelik tahkimat elemanları (çelik sarmalar ve ayarlı ve sürtünmeli demir direkler) kullanılarak yapılır.

(x) Assoc. Prof. Dr. O.D.T.Ü., Ankara.

Biz bu etüdümüzde bu iki farklı tahkimat sistemlerinden ağaç tahkimatın nasıl yapılması gerektiğini inceleyeceğiz. Ancak bu incelemeyi yapabilmek için, bir ayakta, kazı alınının önünde ve arkasında, ayak çalışırken neler olduğunu hatırlamamız lü zumludur. Alında ilerleme yapılmakta olan bir ayak (dinamik ayak) ta bir düşey kesit alınırsa (1).



Şekil 1  
Bir uzun ayakın düşey kesiti

F Spruth'a göre

$$\text{Konverjans} = \frac{\text{Tavan inmesi} + \text{taban kabarması}}{\text{damar kalınlığı}}$$

Konverjans daha çok tavan inmesi olarak göze çarptığı için tavan inmesine gilat olarak Konverjans denmekte ve S harfinin yayvan şekli olmakla tavan inmesi eğrisine S eğrisi adı verilmiştir. Ortaya bir takım yeni terimler çıkmaktadır. (2)

$$a - \text{Konverjans} = \frac{\text{tavan inmesi (cm olarak)} + \text{taban kabarması (cm)}}{\text{damar kalınlığı (cm olarak)}}$$

b — Péconvergence = ön konverjans, alının ilerisindeki kazılmamış kömür üzerinde meydana gelen tavan inmesidir.

c — Alında Kömürün boşluğa doğru şişmesi

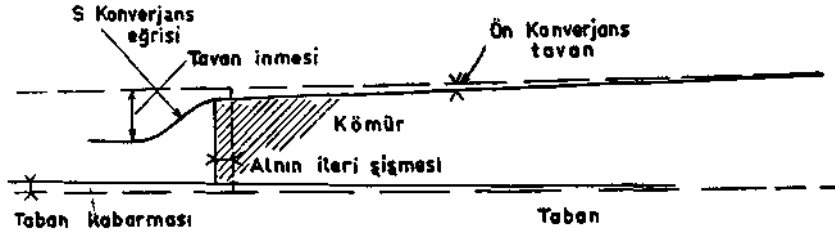
Ön Konvenjans dolayısıyla basılmış olan Kömürün alında boşluğa doğru şişmesi tesbit edilmiş bulunmaktadır.

d — Kömürde görülen çatlaklar

Ayak alından bir kaç metre ileride meydana gelen kenar basıncı (abutment pressure), genellikle statik basıncın 4 - 5 katına ulaşmaktadır. Buna göre, belli bir derinlikten itibaren bu kenar basıncı, kazılmakta olan Kömür damarının yerindeki (in situ) basınç mukavemetini (=Tc) ult aşmaktadır.

Böylece kömürde bir takım çatlaklar meydana gelmektedir. Kömürdeki bu gevşeme dolayısıyla kenar basıncı alından geriye doğru kaymakta ve ayrıca kömürün alında kazılması da kolaylaşmaktadır.





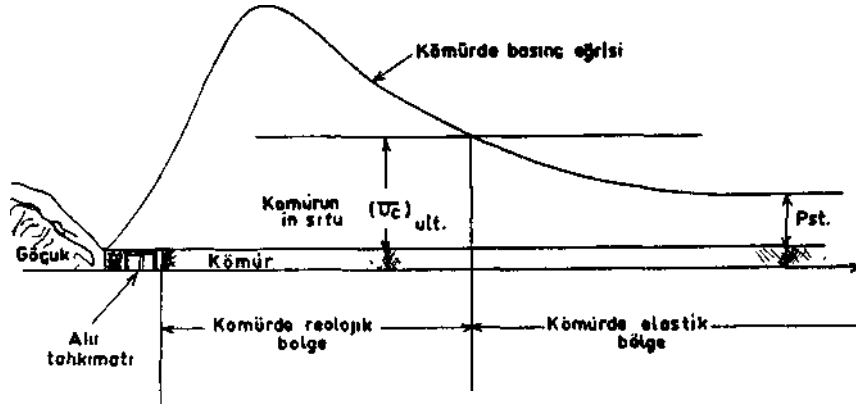
Şekil- 2

Ön Konverjans, alın sismesi ve  
S Konverjans  
eğrisi

T.Ataman'a göre

e — Tavan ve taban tabakalarında durum (3)

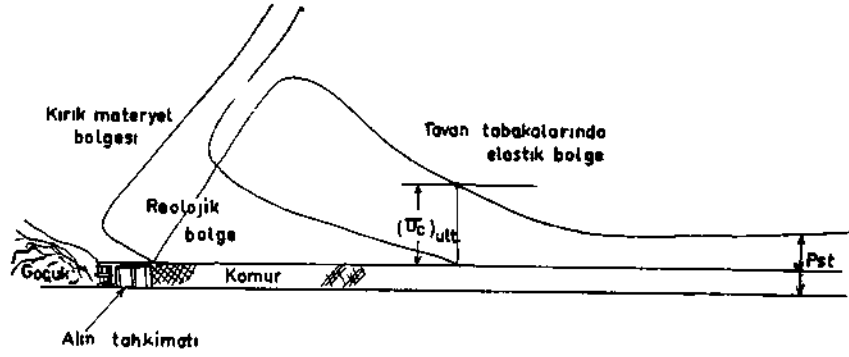
Kömür damarında ön Konverjans dolayısıyla tavan tabakaları bir miktar inerek üstteki tabakaların ağırlığı altında çatlamaya başlamakta ve bunların arasında bulunan kalın ve mukavemeti yüksek tabaka (ana tavan) altındaki ince tabakalar ile ana tavan arasında (tabaka ayrışması) demlen olay meydana gelmektedir.



Şekil - 3

Kömürün tutumu (dinamik uzun ayaklarda)

- f — Ana tavan inmesi :  $A_j$  önüne geçilmez bir olaydır.
- g — Yalancı tavan inmesi :  $A_j$ . Bu olay kuvvetli bir tahkim sistemi ile ve almda kömür kazılır kazılmaz tavan tahkim edilmekle önlenir.
- h • — Taban kabarması :  $A_j$  demir direklerin geniş taban parçası ile uygulanması veya yürüyen tahkimat üniteleri kullanmak suretile önlenir.
- i — Tavan Tabakalarının tutumu :



Şekil 4

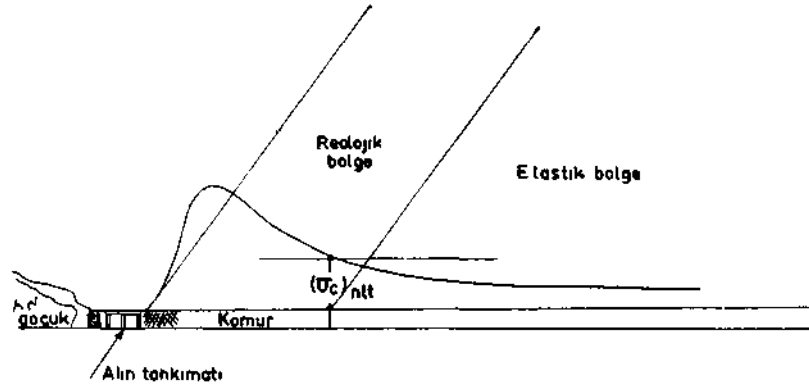
T Ataman a göre

Dinamik bir uzun ayakta tavan tabakalarının tutumu

Tavan tabakalarında elastik zon  
reolojik zon  
kırık materyel zonu.

Bu bir dinamik ayakta alın çevresinde olup bitenlerdir.

Statik ayakta ise :



Şekil 5

Statik bir ayakta tavan tabakalarının tutumu

Statik bir ayakta alında, tavan kısmının üzerinde, yer yüzüne kadar kırık materyel mevcut olduğu görülmektedir. Halbuki buna karşılık, dinamik bir ayakta, alında çalışılan iki - üç havelik kısmın üzerindeki kırık materyel bölgesi ancak bir kaç metrelik bir kalınlık aızetmektedir. Pst — 1-2 kgf/cm<sup>2</sup> yani 4-8 metrelik bir kalınlık).

Ayda 8-10 metre ilerleme yapılan yani alın ilerleme hızı çok yavaş olan bir ayakta durum statik ayaktakine çok yakındır.

Yani alında ilerleme hızı arttıkça, çalışılan havelerin üzerinde basınç azalmakta ve tahkimat işleri kolaylamaktadır. Bütün bu açıklamalardan sonra aşağıdaki neticelere ulaşmak kolaylaşır : (5)

### 3 — Ideal bir Tahkimat Şekli :

a — Taban kabarmasını ve tahkimat elemanlarının tabantaşına gömülmesini önliyecek,

b — Yalancı tavan tabakalarının ana tavan tabakasından ayrılmasını önliyecek kadar mukavemetli olacak,

c — Ana tavan inmesine müsaade edecek, yani anatavanın inmesine karşı direnmiyecek vasıfarda olması gerekir.

Bu vasıfları haiz olan tahkimat şekli ise yürüyen tahkimat şeklidir. Filhakika (Powered supports) denilen bu tahkimat şeklinde, yukarıda a, b, ve c maddelerinde anlatılan özellikler vardır. Bu tahkimat şekli ise ancak mekanize ayaklarda uygulanabilir. Hızlı bir kazı sistemine ayak uydurabilen bu yürüyen tahkimat sistemi, tam olarak mekanize edilmiş ayaklarda ekonomik olarak uygulanabilmektedir.

### 4 — Küçük İstihsal Kapasiteli ve Mekanize Olmayan Ayaklarda Tahkimat Şekilleri :

a — Ağaç Tahkimatına dik sarmalarla ve sert ağaçlardan (Okalıptüs, gürgen meşe) yapılmış domuz damlarla olmalıdır.

b — Klâsik, ayarlı, sürtünmeli demir direkler ve çelik sarmalarla yapılan tahkimat ile ideal tahkimata mümkün olduğu nisbette yaklaşmak gerekir.

Damarın taban taşı genellikle şist veya kumlu şistten ibaret olup su ile temasla yumuşamakta ve kabarmaktadır. Bu takdirde ağaç veya demir direklerle tabanına geniş pabuçlar koymak suretile direklerin taban taşına gömülmesi önlenmelidir.

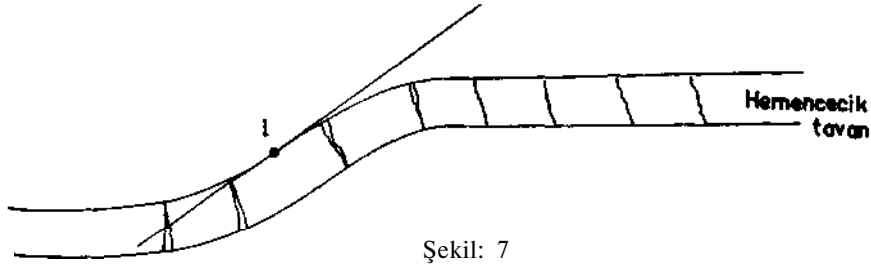
Ağaç sarmaların altına dik atılması çok önemli bir husustur. Bunun iki belli başlı sebebi vardır :

1 — Alında kömür kazılırken bir metrelik bir gedik açılarak have derinliğine en çok 1 - 5 saatte ulaşılır. Hemen altına dik iki have uzunlukta sarma atılarak çatal direkleri vurulur. Taban inmesine fazla fırsat verilmeden bu iş yapılır ve tavanın altı tahkim edilince fazla tavan inmesi önlenmiş olur. Ondan sonra ikinci altına dik sarma yeri açılır ve hemen tahkim edilir; böylece Kazmacıya verilen alın parçasında kömür kazılarak aynı zamanda tahkim edilmiş olur.

2 — Hemencecik tavanın kırılması altına paralel olarak meydana geldiğinden bunu önlemeye görevli olan kilisin kamalar yerine sarmaların olması gerekir. Kamalar bu işi yapacak mukavemette değildir. Bu sebepten ayaktaki göçüklerde kamalar bel verip kırılmakta ve altına paralel olan sarmalar ise çalışmaya fırsat bulmadan tumba (yana devrilmek) olmaktadır.

5 — S eğrisi (Konverjans eğrtesi) nin incelenmesi : (4)

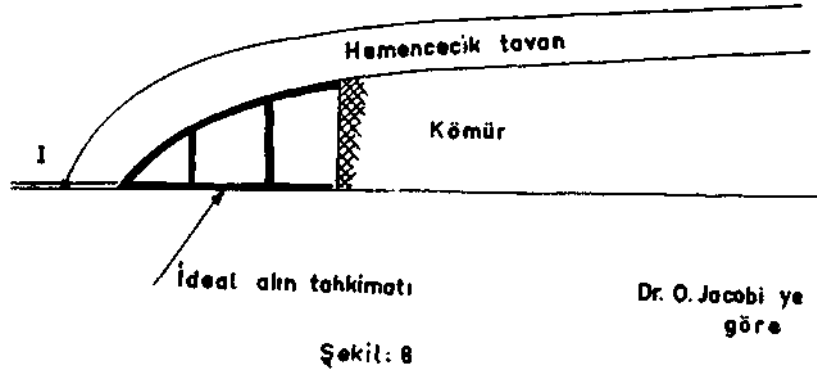
Konverjans eğrisi S şeklinde olup orta kısmında bir enfleksiyon noktası vardır.



Şekil: 7

S Konverjans «grisi, enfleksiyon noktası  
v« ağız açık çatlakların  
durumu

Bu enfleksiyon noktasının alın tarafında, tavan tabakasındaki çatlakların ağıze üst tarafta bulunur. I noktasının göçük tarafında ise tavan tabakasının çatlak ağızları tabakanın alt kısmında meydana gelir. Bu sebeple I noktası, tavan tabakası için reolojik bölge ile kırık materyel bölgesi arasında bir sınır noktasıdır. O halde I noktasını çalışılan havelerin arkasına atmakla tavan tahkimatı kolaylaşır. Nitekim, Kray/Essendeki araştırma merkezinde Dr. Jaccobi ve arkadaşlarının yapmış oldukları model etüdlerinde, tavan tabakalarının en uygun kırılma şeklinin



Şekil: 8

Kroy/Essen da modal modal deneylerin» gort  
idaal tahkimat şekli v«  
Konverjans eğrisi

şekilde görüldüğü gibi olduğu isbat edilmiştir. Görülüyor ki, I noktası göçük bölgesine atılmış bulunmaktadır. Burada kullanılan tahkimat şekli bunu sağlamaktadır.

6 — Herhangi bir Tahkimat Sekinin Randımanı : R (4)

$$R = \frac{D - (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3)}{D - \Delta_1}$$

Burada : D : Çaişılmakta olan damarın kalınlığı cm.

$\Delta_1$  : Ana tavan konverjaası cm.

$\Delta_2$  : Yalancı tavanın ana tavandan ayrılması cm.

$\Delta_3$  : Taban kabarması cm.

R ise yüzde olarak tahkimat sisteminin randımanı olup, o tahkimatın karakteristik bir niteliğidir.

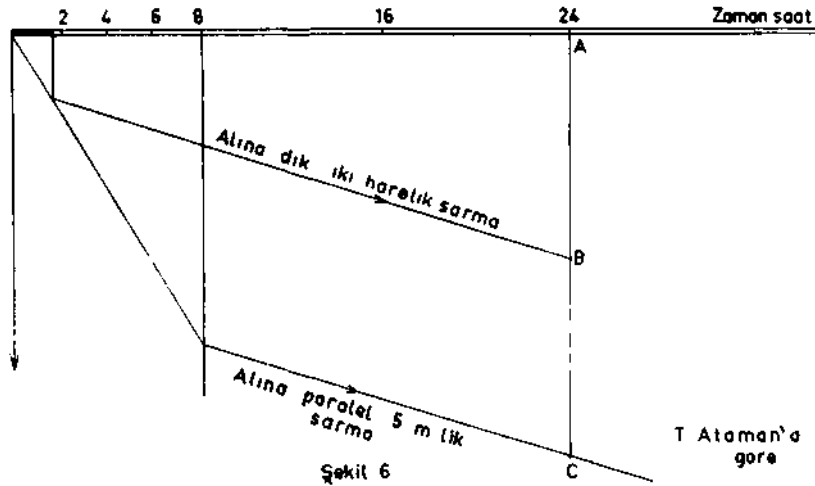
$\Delta_1$  in tayini

çalışılan yakta, demir direk yoğunluğu arttırılarak tavan inmesinin sabit bir değere ulaştırılması ile tayin edilir.

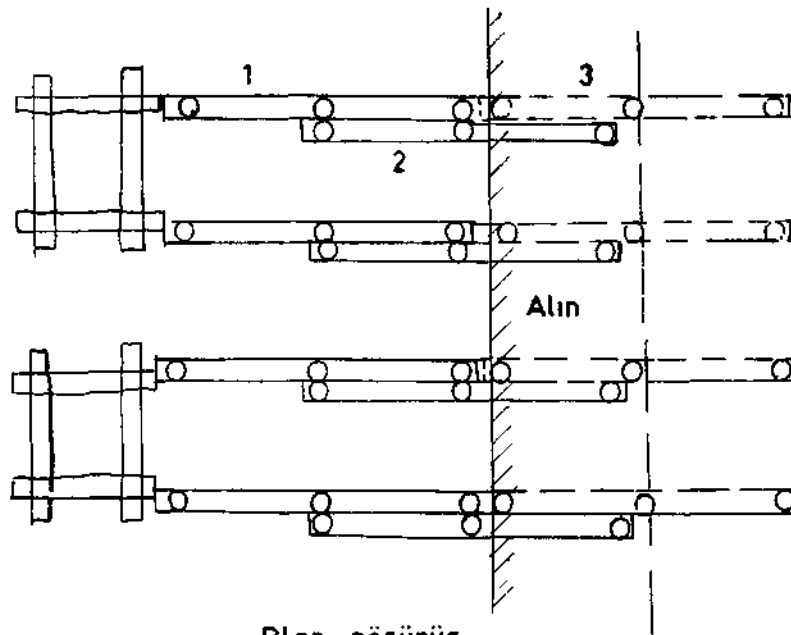
$\Delta_2$  ve  $\Delta_3$  ise ayakta arka havede konverjans ölçme aletile ölçülerek tayin edilir.

7 — Alına paralel Sarmalarla, Abna Dik Sarmaların mukayesesi :

Alına paralel sarmalarda, en az 4 metre ve hele son yıllarda 5-6 metre uzunluğa çıkarılmış olan ağaç sarma boyundaki alını bir have genişlikte açmak en az 6-8 saat sürmekte ve bu müddet sonuna kadar tavan inmesi (konverjans) had bir miktara ulaşınca hemencecik tavan bütün canlılığını (yani mukavemetini) kaybetmekte ve bu durum üst tabakalara ulaşmaktadır. Konverjans hadisesi incelendikte : Kazı süresinde Konverjans hızı çok büyük olduğundan :

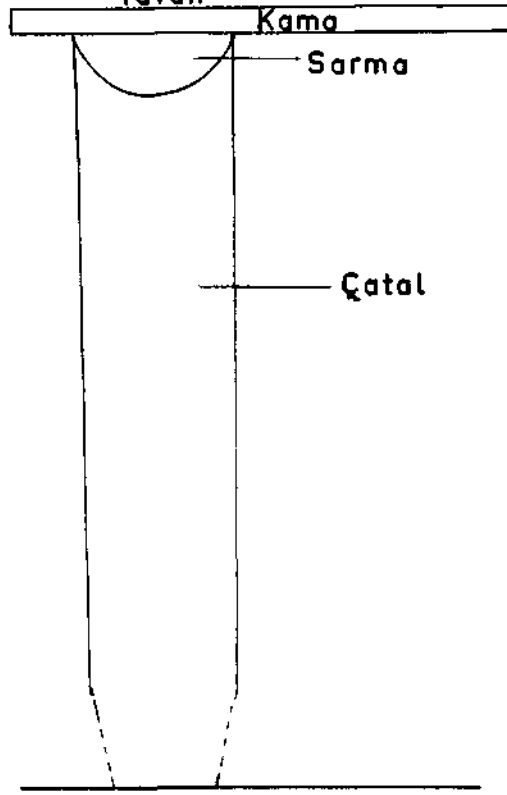


Alına paralel ve alına dik sarma atmada tavan inmeleri (Konverjans)



Plan görünüş

Tavan



Taban

Şekil: 9

Tavsiye edilen tahkim şekli

Kazı müddeti 8 saat (alına paralel 5 metrelik sarma)

**Konverjans** : AC

Alına dik sarma : Konverjans • AB

Bu durum her iki halde tavan inmesinin ne kadar farklı olduğunu göstermektedir.

#### **8. Netice :**

Günde bir have yapacak uzun ayaklarda ,

1 — Sert ağaçlardan domuz damları,

2 — Sert ağaçlardan çatal direk

3 — Çam ağacından yarım daire kesitli, 2 haveden az uzun sarmalar alma dik olarak kullanılmalıdır.

#### **Bibliyografik Tanıtım :**

##### **1. Fritzh Spruth**

«Strebuasbau in Stahl und Leichtmetall»  
1963 Verlag Glückauf GMBH. ESSEN

##### **2. R. Dubois**

«Les différents facteurs d'influence de la  
Convergence en taille» Pages : 406 - 414  
«Revue de l'Industrie Minérale», Mars 1961  
«Pressions de Terrains», Conférence Internationale  
Paris, 1960.

##### **3. W.HJV. Carter**

«Un exposé de l'expérience acquise en Grande • Bretagne  
sur le contrôle du toit dans l'exploitation par longues  
tailles.» Pages : 430 - 441  
Revue de l'Industrie Minerale Mars 1961  
«Pressions de Terrains» Conférence Internationale  
Paris 1960.

##### **4. Tacettin Ataman**

«La Thèse Principale de Doctorat»  
L'influence du contrôle du toit sur le comportement  
des épontes et sur la facilité d'abattage du charbon  
avec considération speciale du facteur temps»  
Mons : A vrille 1964  
Faculté Polytechnique de Mons.

##### **5. Tacettin Ataman**

«Beoloji Kanunları ışığında uzun ayaklarda Tavan Kon-  
verjansı ve Abn İlerleme Hızının Tavan Basıncı üze-  
rindeki Etkileri».  
«Madendik» Cilt VIII, Sayı : 3 1969

T.M.M.O.B.

Maden Mühendisleri Odası

## METAN, METAN DRENAJI VE ZONGULDAK KÖMÜR OCAKLARINDA UYGULAMA İMKÂN LARI

Mehmet GÜNEY (x)

### Özet :

Metan drenajı, kömür ocaklarında damar ve tabakalardan ocak atmosferi içine nüfuz eden grizunun iş yerlerine ulaşmadan bertaraf edilmesinde uygulanan bir işlemdir. Uygun drenaj tekniğinin seçimini etkileyen faktörler «kömür damarı - metan gazı - kömür üretimi» arasında mevcut olan münasebetlerdir. İlk kez bu parametrelerin tanımlanmasında faydalar vardır.

Zonguldak Havzası kömür ocakları zaman zaman grizu parlama ve patlamalarına sehne olmaktadır. Üretim kat derinliklerinin artması metan degaz problemlerini beraberinde getirmiştir. Çözümünü bekleyen bu hususların cevabını işletme tarafından metan drenajı tekniğinin benimsenmesinde aramak gerekir. Mevcut hal ve durum bu uygulamaya öncelik tanınmasını zorlamaktadır.

Üç bölümden oluşan tebliğin ilk ve ikinci kısımlarında «metan - kömür damarı - kömür üretimi» ilişkileri ile «metan drenaj» 'ma kısaca dokunulmuştur. Sonuncu bölüm Zonguldak Havzasında tatbiki mümkün olabilecek metodların seçim ve tarifine ayrılmıştır.

### 1. Giriş :

Kömür endüstrisinde, kömür damarının beraberinde taşıdığı metan gazının potansiyel parlama ve patlama tehlikeleri asırlar boyunca oluşa gelen maden kazaları ile saptanmıştır, iş yerlerinde emniyet tedbirlerinin alınmasında, kartiye, pano veya uzun ayaklarda kömür damarı ve komşu damar ile tabakalarından ocak havasına giriş yapan grizunun bileşimindeki metan yoğunluğunun düşürülmesi işleminde hava akımı ve debisinin artırılması etkisi bilinen ilk faktörlerden sayılır. Bunların ekonomik ve emniyet yönünden kısıtlayıcı karakteristiklere sahip olması son yirmi beş yıl içinde Avrupa memleketlerinde geliştirilen ve grizunun ayak gerisi göçük veya damar ile tabaka içlerinden toplanmasını öngören «metan drenajı»'na avantaj tanımıştır,

Toplam metan emisyonu çeşitli etkenlerin kontrolü altındadır. Metan drenajının uygulanmasında daha efektif bir drenaj tertibinin kurulabilmesinde metan - kömür - kömür üretimi parametreleri arasındaki ilişkilerin bilinmesinde faydalar vardır.

Zonguldak Havzası yeraltı ocaklarında zaman zaman meydana gelen grizu parlama ve patlamaları yanı sıra üretimin her geçen gün derinlere kayması sonucu ortaya çıkan metan degajı problemleri işletmede olduğu kadar hazırlık çalışmalarını da sekteye uğratmak istidadındadır. Bilinen zorlukların çözümünde metan drenajı tekniğinin uygulanmasına öncelik verilmesi zorunluğu vardır. Dolayısıyla, tebliğin

(x) Y. Prof. Dr. O.D.T.Ü. Maden Bölümü, Ankara



son kısmında Havzanın damarlarına tatbik edilen işletme sistemleri ile paralel yürütülebilecek drenaj metodlanmn seçimi ve bunların eleştirilmesine yer verilmiştir.

## **2. Metan - Kömür - Kömür Üretimi :**

### **2.1. Metan :**

Grizu, metan ile hava gazlarının belirli oranlarda fiziksel birleşmesinden meydana gelen gaz karışımını ifade eden bir terimdir .Pratik uygulamada, emniyet tedbirlerinin söz konusu olduğu hallerde, karışımın parlayıcı veya patlayıcı özellikleri taşınması halinde bileşenlerin çoğunluğu hava gazları ve azınlığı da metan gazıdır. Fakat, kömür damarı beraberindeki bu karışımın en az % 90'ı ve bazende % 95'inin metandan oluştuğu bilinir. Araştırmacı Graham (1) arta kalan gazların başlıca etan, karbon dioksit ve azot ile daha az miktarlarda hidrojen, yüksek hidrokarbonlar ve nadir gazlardan ibaret olduğunu bu sahadaki çalışmalarını ile göstermiştir. Lidin'e (2) göre bu husus kömür damarlarının ancak derinliklerde olması ile mümkündür, fakat sığ derinliklerde metan konsantrasyonu dikkati çeken değerlerde azalır ve yerini karbon dioksit ile azota bırakır.

Kömür damarı içindeki metanın, genellikle, orijinal bitki maddesinin kömüre transformasyonu anında meydana gelen esas reaksiyonlardaki yan ürünlerden olduğu kabul edilir. Kömür organik maddesinin metamorfizm olayına duçar kalması sonucu üreyen gazın pek çoğu yerüstüne doğru kaçmışsa da işlemin ileri safhalarında fazlaşan metan miktarı damar üstü tabaka kalınlıklarının artması ve arazi geçirgenliğinin azlması ile yeraltında tutulmuştur. Havanın, basınç farkları ve diğer etkenlerle arazi içine geçişi ve hava oksijeninin kimyasal ve bio - kimyasal reaksiyonlarla tüketilmesi ile açığa çıkan karbon dioksit gazı, tabakalar arası hareketi esnasında, kömür tarafından massedilmiştir. Kömür damarı beraberinde karbon dioksit miktarının azota hâkim olması kömür maddesinin azottan ziyade karbon dioksit karşı ilgisinin on defa daha fazla olmasındandır.

Kömürün koloidal yapısı bir kömür numunesinin 1 ilâ 40 misli hacmi kadar metan gazını içinde tutmasına imkân verir. Yeraltında, katı kömürle beraberindeki metan gazı bir basınç altında denge durumundadır. Bu basıncın miktarı kömürleşme derecesi (rank), damar derinliği ve kömürün porositisi ile bağlantılıdır. Yerinde veya laboratuvarlarda yapılan etüdümlerle Belçika'da 1.200 m. derinliklerde 46, Fransa'da 600 m. derinliklerde 30, İngiltere'de 34, Rusya'da 56 ve Amerika'da 36 atmosfere kadar basınçlar kaydedilmiştir. Metan gazının kömür damarı içinde basınç altında kalışı :

1. Kömür maddesinin iç satırları tarafından adsorpsiyonu,
2. Kılcal boşluklardaki sıkışması ve
3. Kömür maddesi içinde katı solüsyona geçmesi

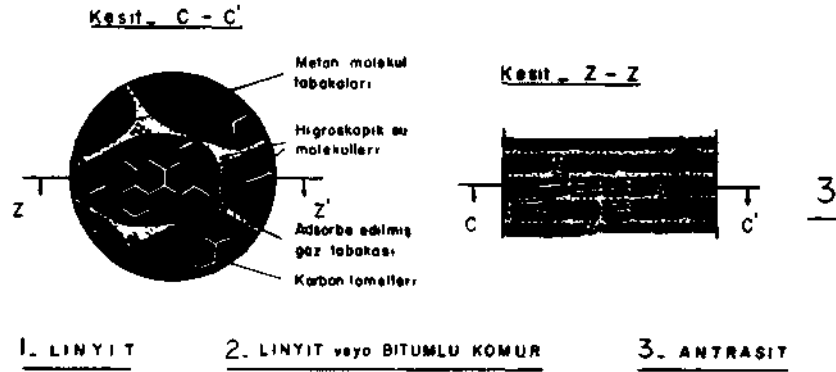
ile mümkündür. Her üç olayda kısaca metan gazının kömür maddesi tarafından sorpsiyonu olarak nitelendirilir. Dolayısıyla, kömürün gösterdiği özellikler metan gazında olandan çok daha önem taşır. Bu da kömür yapısının ilk kez anlaşılmasını zorlar.

### **2.2. Kömür :**

Bitki artıkları ve hayvan organizmalarından oluşan kömür maddesi herşeyden evvel koloidal bir yapıya sahiptir. Kömürün koloidal tabiatında kömürleşme dere-

cesi paralelinde değişmeler olmuştur. Fakat, bu koloidal yapı en yüksek kömürleşmeye kadar (turbadan antrasite) esas itibariyle değişmeden kalabilmiştir.

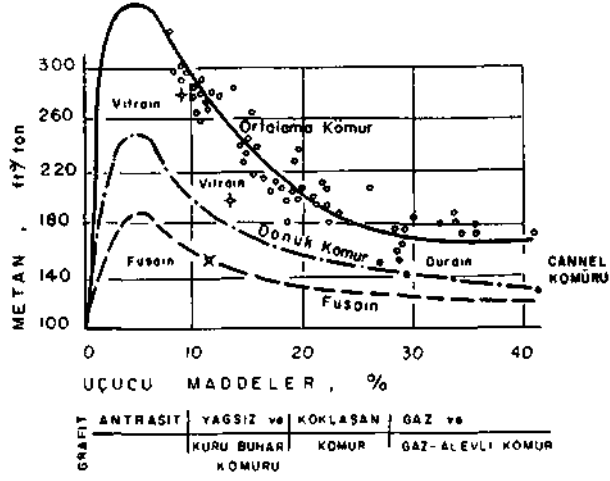
Çeşitli kömürlerin koloidal karakteristiklerinin tesbiti birçok araştırmacıya konu teşkil etmiştir. Linyit kömürlerinin koloidal yapısını X-ray etüdüleri ile inceleyen Agde, Schürenberg ve Jodl (3) buluşlarına dayanarak linyitleri «lyo - gel» olarak sınırlanmışlardır. Bir dereceye kadar yassı şeklindeki koloidal parçacıklar bir su filmi ile çevrelenmiştir: (Şekil 1). Bu parçaların su tabakası ile kaplanması nedeniyle yüzeyde gazı adsorbe edecek serbest boşluk yoktur.



Sakil /

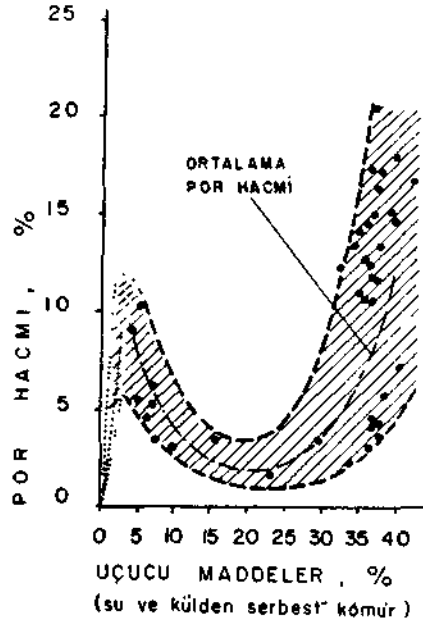
Kömürleşme olayının daha ileri safhalarında meydana gelen bitümlü kömürün koloidal yapısı Agde ve Hubertus (4) tarafından incelenerek («coagulating - gel» sınıfına dahil edilmiştir. Kömürün bitkisel artıklardan oluşan «vitrain» kısmı diğer kısımlara nazaran daha çok koloidal parçacıkları ihtiva eder. Düşük dereceli kömürlerde vitrain'in bitkisel yapısı gözle görülebilir. Linyitlerde çıplak gözle, ve düşük ve orta dereceli bitümlü kömürlerde sadece mikroskop altında müşahade edilen bu yapı yüksek dereceli kömürlerde kolaylıkla tesbit edilemez. Şekil 2 de parlak linyit veya düşük dereceli bitümlü bir kömürün «coagulating - gel» yapısı görülmektedir. Linyitlerdeki orijinal oval veya yumurta - şekilli kolloid parçacıklar tabakalı düz lameller halinde sıkıştırılmış bir durumdadır. Birbirine bitişik üç tabakadaki kolloid parçacıklar arasında iri taneli su moleküllerinin nasıl tutulduğu da şekilden açıkça görülmektedir. Bu durum karşısında su moleküllerinin sıkışmış iki koloidal lamel arasında kömür maddesinin içerisine girip yayılma zorlukları ile karşı karşıya olduğu söylenebilir. Mamafih, moleküsel ilgi ve katı kömür parçasındaki çatlakların darlığı göz önüne alınırsa daha küçük gaz molekülleri için adsorbe edilebilme durumu daha kolaydır. Gazlı olmayan kömürde dar kılcal boşlukları işgal eden su molekülleri kömürü terkettikten sonra bunların tekrar bu boşluklara girip buralarını doldurması zor olacaktır. Düz ince lamellerin kalınlığı 30 mili - mikron olup bunlar ortalama 6 mili - mikron mesafelerle sıralanmışlardır.

Yüksek dereceli kömürlerden antrasitin yapısı Şekil. 3 de görülmektedir. Winter (5) bu çeşit kömürlerde paralel tabaka tertipli altıgen lamel yapıya doğru meyil olduğunu ortaya çıkarmıştır. Burada altıgen topukların düzlemleri bir derece-



Şekil 2

ye kadar kolloid parçacıkların stratifikasyonuna eğik durumdadırlar. Gaz ve su molekülleri bunlar arasında absorbe olacak boşluk bulamazlar. Dolayısıyla, bu çeşit kömürlerin gaz ve su muhtevası değerlerinden çok daha azdır.



GRAFIT  
ANTRASİT  
ANTRASİTİK KÖMÜR  
YARI-ANTRASİTİK v. KURU BUHAR KÖMÜRÜ  
KOKLAŞAN KÖMÜR  
YÜKSEK-DERECELİ BITÜMLÜ KÖMÜR  
ORTA ve DÜŞÜK DERECELİ BITÜMLÜ KÖMÜR

Şekil : 3

Kömür maddesinin fiziksel yapısı, genel olarak, kömürleşme derecesinin bir fonksiyonudur. Bu fiziksel yapı dört kısımdan oluşur: vitrain, fusain, clarain ve durain. Patteisky (6) yaptığı literatür çalışmasında kömürün metan sorpsiyon kapasitesinin ait olduğu fiziksel yapısının etkisi altında kaldığına işaret ederek bu kapasitenin kömürleşme derecesi ve vitrain muhtevası ile gaz - aevli türden yağlı kömürlere ve sonrada antrasite kadar bir artış gösterdiğini ve grafikte gelindiğinde ani bir düşmenin var olduğunu belirtmektedir. Şekil. 2 bu hususları içine alan bir tertiptir.

Kömürün rutubeti, efektif porositesi ve geçirgenliği (permabilitesi) ile gazın damar içinde saklanması veya kolaylıkla çıkışı arasında yakın bağıntılar vardır. Kırık, yarık ve çatlaklardan serbest kömür damarının por hacmini büyük basınçlar altında dolduran metan gazını uzun sürelerde tutabildiği bilinmektedir. Por hacmi ile çeşitli kömürlerin mukayeseli ilişkileri Şekil. 3 de görülmektedir. (7). Artan rutubet miktarı tabii porositeyi azaltır ve dolayısıyla belirli basınçlar altında kömürde sıkışan gaz miktarını da düşürür. Kömürün higroskopik rutubet değerindeki düşme sonucu aevli kömürlerden antrasite kadar bunların adsorpsiyon kapasitelerinde de aynı paralelde artışlar olur. Bunun diğer bir izahını kısmen kılcal boşluklardaki su miktarının azalmasında aramak gerekir.

### 2.3. Kömür Üretimi :

Metan gazının kömür damarından emisyonu ile ocak atmosferine geçişi yeraltı madencilik faaliyetlerinin de bir fonksiyonudur. Bütünüyle maden mühendisliğinin kontrolünde bulunan bu parametrelere uygulanan üretim metodları, uzun ayak genişliği, günlük ilerleme, kömürün kırılma ve ufalanma derecesi, göçükde tavanı tutan tahkimat tipi, uzun ayağa yöneltilen havanın miktarı ile yönü dahildir. Atmosferik şartlardan basınç ve hava tububetide etkili faktörlerden sayılır.

İşletme sistemlerinin gaz emisyonu üzerindeki etkilerini inceleyen Forstmann ve Schulz'a (8) göre göçertme metodunda ramble usulüne nazaran bir azalma olur. Diğer taraftan, Hinsley (9) ancak ramblenin uygulanması halinde gaz intişarında azalmalar olduğunu, Güney Waller'de bu konuda yapılan ölçmelere dikkati çekerek, ortaya koymaktadır. Her ne kadar her iki görüşte bir çelişmezlik görülürse de mahalli şartlarda ki ayrılıkların ne dereceye kadar etken olduklarını incelemek gerekir.

Uzun ayağın have genişliği ile yerüstüne taşınan göçme (subsidence) arasında çok yakın bir ilişki vardır. Orchard'a (10) göre «have genişliği/damar derinliği» oranını belirli bir kritik değerin altında ise yerüstüne erişen göçme çalışılan damar seviyesinde meydana gelen konverjanslardan azdır. Bu tabakaların oturması tamamlanmış demektir. Bu olayın devamı müddetince tavan tabakaları içinde çöküntü devam eder ve bu da komşu tabakalardan açığa çıkan gazın emisyon süresini artırır.

Günlük ilerleme miktarının gaz intişarı üzerindeki tesirlerini araştıran Carter ve Hudson (11) ilerleme nisbetinin artması ile dakikada açığa çıkan metre küp gaz miktarının arttığını, fakat her ton başına düşen emisyonun azaldığını saptamışlardır. Bunun sebebi komşu tavan ve taban tabakalarından gelen gazın emisyonu için verilen zamanın az olmasındandır. Neticede damardan açığa çıkan gaz miktarında bir değişiklik olmayacak, fakat ilerleme oranındaki artış komşu tabakaların emisyonunu azaltacaktır.

Üretilen kömürün ufalanması doğrudan doğruya kullanılan işletme metoduna dayanır. Mekanik kazı ve yükleme makinalarının çalıştırılması ile en çok ve elle çalışma halinde en az kırılma ve çatlamlar meydana gelir. İrili ufaklı kömür parçala-

rının iç bünyesinde kalan metan miktarı farklıdır ve bu büyük parçalı-kömürün daha fazla miktarda metan gazını içinde saklayacağını gösterir. Kazılması ile nakledilmesi arasında geçen zaman süresi içinde ufalanan kömürdeki metan emisyonu daha fazla olur.

Uzun ayak gerisinde göçü tutan tahkimat sisteminin damardan kömürün alınması ile meydana gelen konvensans üzerindeki rolü büyüktür. Ani konverjanslara göçertme ve en az olanların da ramblenin uygulanmasında rastlanır. Dolayısıyla, göçüğün zayıf tahkimatı tabakalar arası çöküntü derecesini artırır ve bu da tabakalardan gaz intişarını yükseltir.

Ayak içi atmosferinde metan yüzdesinin emniyet limitleri altına düşürülmesinde bol havanın müessir olduğu kanaati umumidir. Winter (12) komşu damar ve tabakalarından gaz çıkışının az olduğu bir uzun ayak içinde yaptığı etüdlerini özetlerken işletilen damardan açığa çıkan «esas emisyon» 'un havalandırma akım nisbeti tesirinden serbest, fakat komşu damar ve tabakalardan intişar eden «tâli emisyon» 'un ise doğru orantılı olarak etkilendiğini belirtir. Dolayısıyla, tâli emisyonun ehemmiyetsiz olduğu uzun ayaklarda hava hacminin arttırılması metan çokluğunun azaltılmasında yetersizdir.

Uzun ayak yatımının artması halinde hava akım yönünün oynadığı rol küçümsemez. Burada akımın aşağıdan yukarıya gönderilmesi veya aksi söz konusudur. Metan emisyon dağılımının ayak yatımı paralelinde yükselen akımın tesirine karşı oldukça sabit kaldığı, fakat akımın yukarıdan aşağı istikâmette olması halinde, ayak yatımı ile orantılı olarak, büyük miktarlarda metan gazının ayak içine ve taban yolu giriş havasına itildiği anlaşılmıştır. Havanın ancak debisinin arttırılması sonucu metan gazının dönüş yoluna doğru hareketi temin edilir.

Ludlow (13) metan emisyonunun hava neminin artması ile arttığını, fakat kantitatif etkinin tesirsiz olduğu sonucuna erişmiştir. Atmosfer basıncı ile havalandırma basıncının zaman zaman yeraltı iş yerlerinde farklılıklar göstermesi kazılan kömürden açığa çıkan metan gazı miktarını etkilemektedir.

### 3. Metan Drenajı :

Genel olarak, üretim faaliyetleri sonucu oturmuş uzun ayak gerisinde sondaj delikleri vasıtasıyla grizu birikinti veya kaynağı ile temasa geçilmesi ve gazın emilmesi «metan drenaj» terimi ile tarif edilir. Ameliye, grizunun çelik bir boru sistemine dahil edilmesi, emici bir tulumbadan geçmesi ve yerüstü atmosferine veya kullanılmak üzere endüstriyel tesislere ulaştırılması ile tamamlanır. Böylece, ortalama % 50 ilâ % 60 oranında ve bazı hallerde % 90'a kadar saf metan yeraltı iş yerlerine erişmeden önce ocak dışına atılmış olur. Metan gazının kaynağından emilerek saf dışı bırakılması, nisbeten gazlı sınıfa dahil edilen kömür ocaklarının kartiye, pano ve uzun ayak havalandırma sistemlerinin verimin hissedilir derecede artırır.

Metan drenajı aşağıda belirtilen hususlardan bir veya fazlasının elde edilmesi maksadiyle :

1. Üst taban hava dönüş yolunda metan konsantrasyonunun düşürülmesinde,
2. Uzun ayak içinde ve ayak gerisi göçükde metan yoğunluğunun azaltılmasında,

3. Alt taban hava giriş yolunda metan akışının kontrolünde,
4. Alt ve üst taban yolları atmosferinde metan gazı tabaklarının kontrol altına alınmasında,
5. Uzun ayaklarda ve fay düzlemlerinde intişar eden grizu miktarının düşürülmesinde ve kontrol altına alınmasında,
6. Uzun ayaklarda emniyet talimatnameleri ile belirtilen uygun atmosfer şartlarını temin etmek gayesiyle gönderilen bol hava akımı nisbetlerinin islâh edilmesinde,
7. Terkedilmiş iş sahalarındaki metan emisyonunun giriş havasına dahil olarak meydana getirebileceği kirlenmenin limit altında tutulmasında,
8. Emniyetli, uygun ve tatminkâr havalandırma tertiplerini gerçekleştirmek suretiyle üretim ve prodüktivitenin artırılmasında,
9. Hava yolları kesitini artırmadan ve havalandırma standartlarını yeterli şekilde yükseltmek suretiyle havalandırma maliyet ve harcamalarını düşürmekte,
10. Mümkün olabilecek gazlı yakıt kaynağı temin etmekte uygulanır.

Son yirmi beş yıl içinde, Avrupa memleketlerinde sistematik metan drenajının geniş makyasda rağbet görmesi neticesi geliştirilen metodlar çeşitlidir. Kömür damarı karakteristikleri ve uygulanan işletme sisteminin dikkate alınmasıyla seçimi yapılan herhangi bir drenaj metodu kömür üretiminin belirli bir safhasında kullanılabilir. Bu üretim safhalarını aşağıda olduğu gibi sıralamak mümkündür :

1. İşletilen ve buna komşu kömür damarları içinde,
  - a) Üretim öncesi,
  - b) Üretim esnasında,
  - c) Üretim sonrası,
2. Taban ve lâğım hazırlıklarında,
3. Eskilerde.

Bunlara ilâveten, metan degajının lâğım ve tabanlarda önlenmesini temin etmek üzere inkişaf ettirilmiş metan drenajı usulleri mevcuttur.

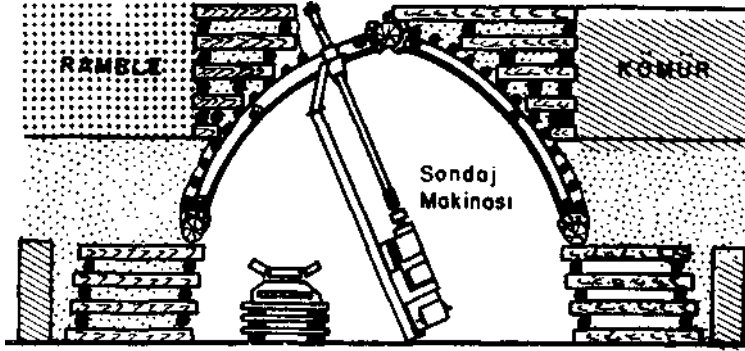
Benzeri metodları uygulayan muhtelif ocakların drenaj tertipleri birbirlerinden farklıdır. Bunun sebeplerini jeolojik şartların ve kömür damarı - metan gazı ilişkilerinin ocaktan ocağa ve hatta aynı ocak içinde damardan damara değişmesinde aramak gerekir. İstenileni veren bir drenaj örgütünün kurulması yeraltında yürütülen deneysel çalışmalardan kazanılan verilerin kullanılması ile gerçekleşir. Sistem kapasitesinin saptanması ile seçimi yapılan teçhizat, malzeme ve kontrol ölçü aletlerini aşağıdaki gruplara dağıtmak mümkündür :

- A. Yeraltı tesisleri :
  1. Delik delme teçhizatı: Sondaj makinası, Su/gaz ayırıcısı, hortumlar, tek yönlü valfler, metan kontrol ve ölçü cihazları.
  2. Ana-boru hattı: Çeşitli çapta borular, valfler ve kontrol aletleri.

B. Yerüstü tesisleri :

1. Emici tulumba ünitesi: Tulumbalar, yardımcı malzemeler.
2. Kalorimetre odası: Her türlü kontrol ve ölçme cihazları, emniyeti sağlayan cihazlar.

Delik delmede aranılan hususiyetler: a) işlemin emniyetle yerine getirilmesi (sulu metodun tatbiki), b) İlerleyen uzun ayakdan belirli aralıkların muhafaza edilmesi, c) Kısa sürde ve ekonomik delik açan delme metodunun tesbiti ve d) Besleyici miktarda gaz veren bir operasyon olmasıdır. Şekil. 4 dönüş hava yoluna tesis edilen sondaj makinasının yerleştirme düzenini göstermektedir.

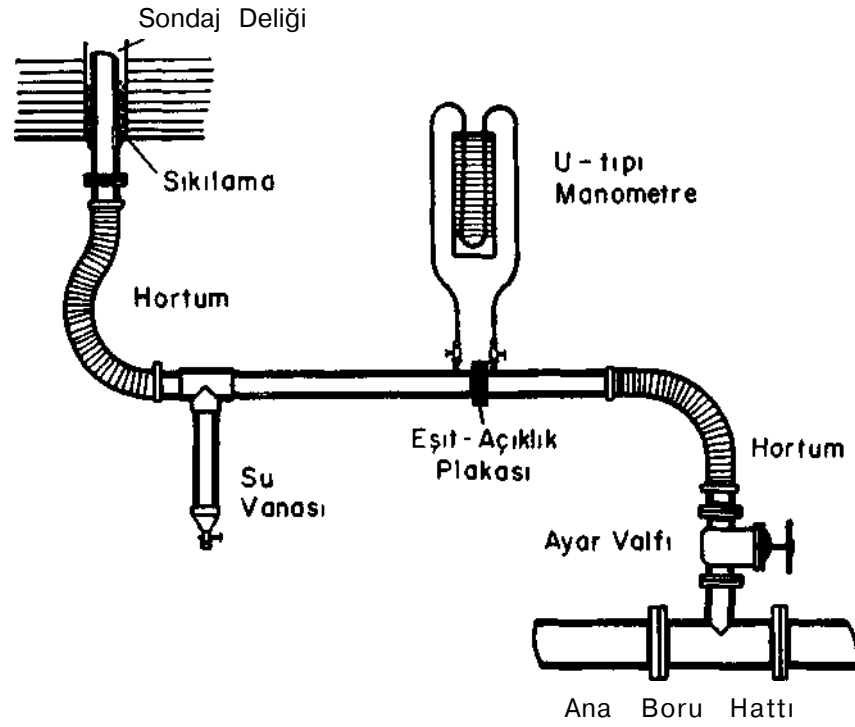


Şekil: 4

Kömür damarı ve yan tabakalar içinde açılan sondaj delikleri grizu ile ilk teması temin ettiği buralarda emniyet kontrol ve ölçmelerinin yapılması gereklidir. Dolayısıyla, deliği ana - boru hattına bağlayan kısma ilâve edilen cihaz ve terliplerin kullanılması ile grizu emme basıncının, gaz karışımı debisinin ve beraberindeki metan yoğunluğunun hesaplanması mümkün olur. Ayrıca, aynı istasyonda yapılan diğer ölçmelerle buradan geçen havanın debisi ve basıncı ile grizu yüzdesi de tayin edilir. Adı geçen düzenin genel durumu Şekil. 5 de belirtilmiştir.

Gaz karışımının emildiği noktadan yerüstüne taşınması borular vasıtasıyla yapılır. Bu gaye ile yeraltına döşenen boru uzunluğunun kilometreleri bulması ilk maliyetin esas unsuru olmasına sebebiyet verir. Ekonomiklik ancak yerinde lüzumu gereken çapı kullanmakla sağlanır. Tecrübelerle saptanan çaplar: Ana yol ve kuyularda 250 - 300 mm. ; taban yollarında 200 - 250 mm. ; ve iş mahallerinde 150 mm. dir. Boruların birleşme noktalarında sızdırmaz olmalarına bilhassa dikkat edilir. Aksi halde sistemden sızan % 80-90 saflıktaki metan gazı ocak havasını tehlikeli limitlere çok kısa bir süre içinde ulaştırır.

Emici tulumbanın seçiminde üzerinde durulan iki karakteristiği: (1) Drenaj projesine uygunluk gösteren kapasitesi ve (2) Emme basıncıdır. Gerektiği hallerde tulumbaların seri bağlanmaları ile basıncın artırılması yoluna gidilir. Her düzende bir veya iki tulumba da yedekte bekler. Damar ve tabakalar içinden emilen grizunun saf



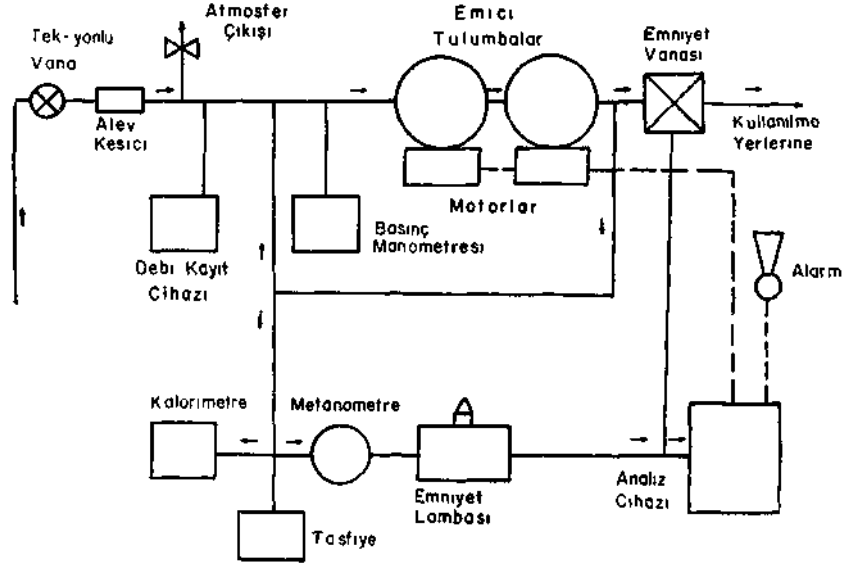
Şekil : 5

metan konsantrasyonu diğer parametrelerle beraber emme basıncına da bağlıdır. Bu basıncın yükseltilmesi bir ümit değere kadar gaz karışımındaki metan yüzdesini artırır. Daha fazla artışlar saflık derecesinin ani olarak düşmesine sebep olur. Bu olay her sondaj deliğine ait emme basıncının ayarlanmasını zorlar ki bu da düzene katılan valflarla sağlanır.

Kalorimetre odasına yerleştirilen teçhizat ve aletlerin esas fonksiyonları emilen gazın kalitesini devamlı surette bir seviyede tutabilmek ve drenaj örgütünde meydana gelebilecek tehlikeli bir durum karşısında otomatik olarak operasyonu durdurmaktır. Tipik bir örneği Şekil. 6 da görülen düzene ilâve edilen otomatik ölçme ve kayıt cihazları vasıtasıyla drenaj sistemi ve dolayısıyla kömür ocağı emniyete alınır. Uygun valfların ayarlanmaları ile grizunun atmosfere verilmesi veya kullanılmak üzere herhangi bir endüstriyel tesise ulaştırılması mümkün olur.

Yeraltı kömür ocaklarında emniyet tedbirlerine cevap verebilmek gayesini yerine getiren metan drenajı ile yerüstüne iletilen grizu çok hallerde endüstride ekonomik bir yakıt olarak rağbet görmektedir. Karışımındaki metan saflığı ile kullanılmasındaki basınca bağlı kalmak üzere 1 metre küp gaz 3000 ilâ 8000 k. cal. ısı temin eder. Genellikle, su kazanlarında; kok, cam - şişe, demir ve çelik fabrikalarında; kalorifik değerinin artırılmasında hava gazına ilâve edilmekte; ve basınçlı şişelere doldurularak evlerde yakıt olarak kullanılır.





Şekil : 6

#### 4. Metan Drenajının Zonguldak Kömür Ocaklarına Uygulanması :

Zonguldak Havzası ocaklarında uygulanması mümkün olabilecek metan drenajı tekniğinin saptanmasında rol oynayan hususlardan :

- Hangi damarların ne derecede gazlı olduklarının,
- Kömür damarı - metan gazı karakteristiklerinin ve
- Bu damarlara tatbik edilen işletme metodlarının

kesinlikle tanımlanması gerekir. Bilimsel bir araştırmaya dayanmayan, fakat pratik tecrübe yetenekleri ile gazlı sınıfa dahil edilen damarların başında Kozlu Serisinden Acılık, Sulu ve Çay Damar gelmektedir. Üretim katları derinlere ulaştıkça adı geçen damarlardan intişar eden grizu miktarı ve basıncının yükseldiği ve bunlara ilâveten diğer komşu damarlardan da metan emisyonlarının başladığı bilinmektedir. Maden ocaklarında yapılmış hiç bir deneysel araştırma olmadığından kömür damarı - metan gazı ilişkilerinin ne olduğu hakkında bilgiler mevcut değildir. Fakat, genellikle, bu damarlara ait kömürlerin parçalanmağa müsait tabiatı dolayısıyla kazılan kömür yüksek oranda tozlidir ve bu da kınlan kömür kütlesinden daha fazla gazın çıkışına sebep olmaktadır.

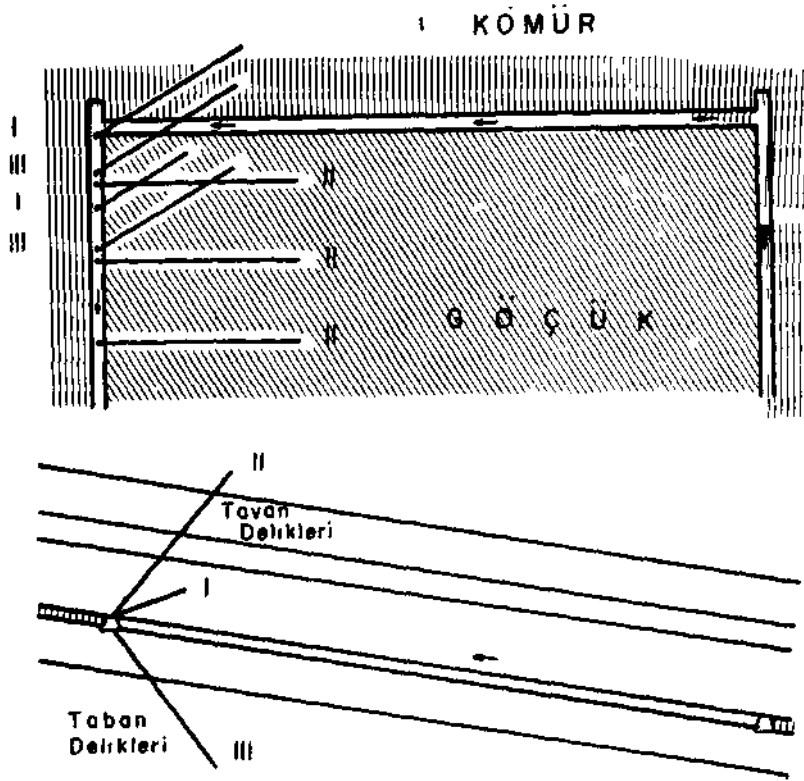
Havzanın kıvrılmış ve kırılmış jeolojik şartlarına ve teknik bünyemize uygun düşen ve bütün ocaklarda geniş makyasda kullanılan işletme sistemleri imâlat boşluklarında kontrollü göçertme ve pnömomatik ramblenin yapıldığı ilerletimli ve dönümlü klâsik uzun ayak metodlarıdır. Dönümlü uzun ayağı tatbik zorlayan unsur kömür damarlarının kendi kendine tutuşma (spontane yanma) özelliklerinde olmaktadır.

Bilinen şart ve karakteristiklerin ışığı altında adı belirtilen damaralarda metan drenajı tatbikatında :

1. İlerletimli uzun ayaklarda «Damarı Kesen Sondaj Metodu» ile
2. Dönümlü uzun ayaklarda «Kılavuz Sürme Metodu» 'nun seçilmesi uygun mütalâa edilebilir.

#### 4.1. Daman Kesin Sondaj Metodu :

İlerletimli uzun ayak sisteminin benimsendiği pekçok Avrupa memleketinin kömür madenlerinde muvaffakiyetle tatbik edilen bir metoddur. Şekil. 7 buna ait tipiksel bir örneği göstermektedir. Drenaj tekniği esas itibariyle hava dönüş taban yolundan üst ve bazende alt damar ve tabakalar içine sondaj deliklerinin sürülmesiyle grizu birikintileri ile temasa geçilmesinden ve emilen gaz karışımının yerüstüne iletilmesinden ibarettir. Deliklerin doğrultusu ile alın hattına paralel düzlem arasında kalan açı elde edilen gaz miktarının az veya çok olmasını tayin eder. Yerinde yapılan deneysel çalışmalarla en iyi sonucu veren açı değeri belirlenir. Genellikle, tavan delikleri için 40-80 ve taban delikleri için de 15-35 dereceleri bulunmuştur. Delikler arası mesafe 20 ilâ 30 m. arasında değişir. Bu mesafenin artması ile emilen grizu miktarının azaldığı ve metanın ocak atmosferine karıştığı tesbit edilmiştir.



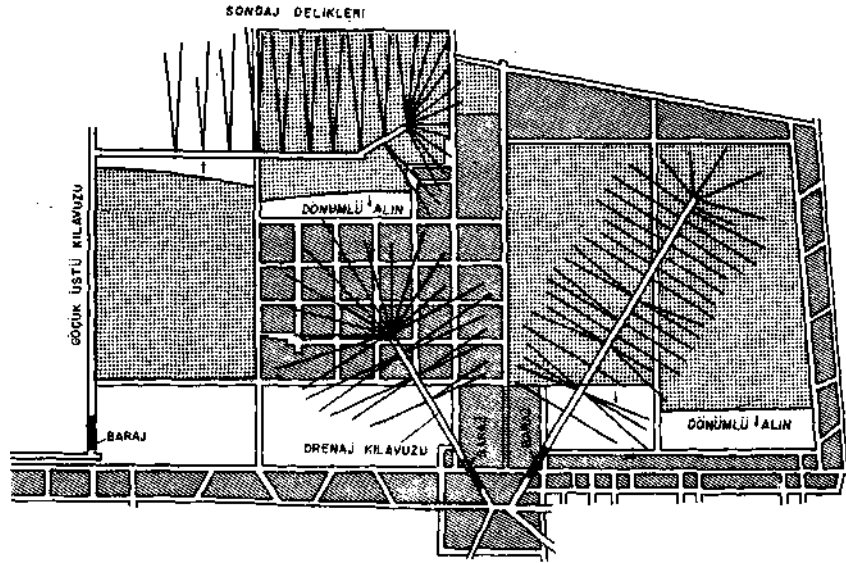
Şekil 7

Uzun ayak çalışmalarının değişen şartlara uygunluk göstermesi bakımından diğer metodlara karşı üstünlüğü vardır. Ayrıca, işletme masraflarının az oluşu tercih sebeplerindedir.

İlk yatırım masrafları kuyu derinliği, iş yerlerinin kuyu dibine olan mesafeleri ve ana boru hattı çapı ile doğru orantılıdır. Bu harcamalara tulumba ünitesi ile ana boru hattı tesisi, sondaj makinası ve teçhizatı dahildir. İşletme masrafları işçilikleri, delik delme işlemlerini, boru hattında yapılan uzatma ve değişiklikleri ve enerji sarfiyatlarını içine alır.

#### 4.2. Kılavuz Sürme Metodu :

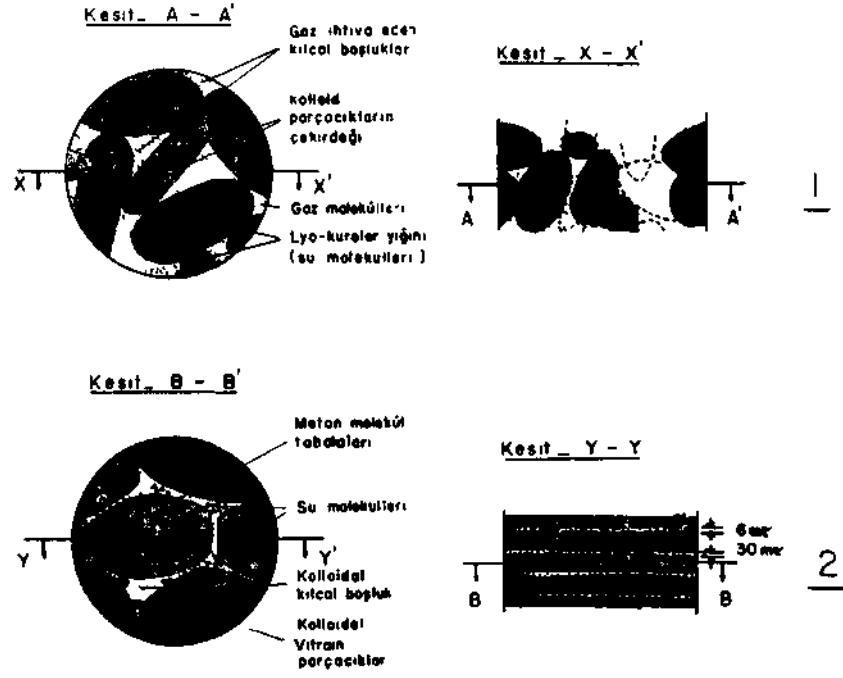
Saar Bölgesi Hırshbach Maden Ocağında geliştirilmiştir. Saar ve Ruhr Havzalarında muvaffakiyetle tatbik edilmektedir. Dönümlü uzun ayak ve oda - topuk metodu ile çalıştırılan bir damara ne şekilde uygulanacağı Şekil. 8 deki örnekte gösterilmiştir. İşletmeye geçmeden evvel damarın üstüne rastlayan komşu damar veya tabaka içinde 5 ilâ 7 metre kare kesitli bir drenaj kılavuzu sürülür. Alt damardan 20 - 30 m. mesafedeki bu kılavuzun pano veya uzun ayak sahasının tam ortasında olmasına dikkat edilir. Yeteri uzunluğa kadar ilerleyen kılavuzdan alt damar istikâmetinde meyilli sondaj delikleri açılır. Kılavuz gerisine sızdırmayan bir barajın inşası ikmâl edilirken bir boruda içinden geçirilir. Borunun bir ucu valf tertibi ile donatılır ve diğer ucu da ana boru hattına bağlanır.



Şekil 8

Uzun ayağın faaliyete geçmesi ile tabakalar arasından sızan grizu baraj gerisinde toplanır. Birinci veya ikinci aylar içinde valf kapalı tutulur ve bu esnada gaz karışımının metan muhtevası ile basıncında bir artış kaydedilir. Daha sonra, valfin belirli bir emme basıncına ayarlanması suretiyle hava dönüş yolunda gaz yoğunluğu düşürülür.

Grizu metan konsantrasyonunun yüksek olması ocak hava yollarından ve barajdan bir sızmanın olmadığına işarettir. Dönümlü sistemle yürütülen uzun ayak çalışmalarının sona ermesinden birkaç ay içinde dahi metan emisyonunun devam ettiği tesbit edilmiştir.



Şekil: 9

Bir evvelki metoda olan üstünlükleri : a) Dönümlü çalışmaya uygunluk göstermesi ve b) Boru ile diğer bazı malzemelerde tasarruf temin edebilmesidir. Diğer taraftan, dezavantajları : a) Uzun bir hazırlık devresine ihtiyaç göstermesi ve b) Damarın her türlü jeolojik ondülasyonlardan serbest olmasını gerektirmesi ve c) tik yatırım masraflarının yüksek olmasıdır.

ilk yatırım harcamalarına drenaj kılavuzlarının sürülmesi, sondaj deliklerinin açılması, bir veya birkaç barajın inşası ve ana boru hattının düşenmesi ve yerüstü tesisleri dahildir. İşletme giderleri diğer metoda kıyasla düşüktür.

##### 5. Sonuç :

Metan drenaj işlemine yer veren işletmelerin yeraltı hava dönüş yollarına ait metan miktarları çok düşük değerlerdedir. Damar ve komşu tabakalardan intişar eden ve işyerlerinde çalışma güvenliğini rahatsız eden grizunun yüzde elli ve bazı hallerde daha fazlasının drenaj tekniği ile bertaraf edildiği araştırmalarla tesbit edilmiştir. Metan yüzdesinin düşürülmesi havalandırma debisinin azalmasını, ocak havası şartlarının geliştirilmesini ve havalandırma maliyet ve işletme harcamalarını doğrudan doğruya etkisi altında tutmaktadır. Yüzde ellinin üzerinde saf metan ihtiva eden gaz karışımı endüstride gazlı yakıt olarak itibar görmektedir. Grizunun yerinde ve gereği şekilde değerlendirilmesi ile elde edilen kazanç ilk yatırım ve işletme masraflarını geri ödeyecektir.

Zonguldak Kömür Havzasında üretim her geçen gün derinliklere kaymaktadır. Artan basınç dolayısıyla damar içine sıkışan grizu ani boşalmalarla metan degajı problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu husus istihsalde olduğundn ziyade hazırlık işlerini sekteye uğratmakta ve böylece ön görülen hedeflere belirtilen zamanlarda erişilememektedir. Bu sebeplerle meydana gelen kazalarla ölüm nisbetleri artmaktadır. Metan drenajının Havza ocaklarında bir an evvel tatbik edilmesinin sebepleri açık ve seçiktir. Bilinen kömür damarları karakteristiklerinin ışığı altında, ilerletimli ve dönümlü uzun ayak metodunun tatbik edildiği ve gazlı sınıfa dahil damarlara, sırası ile, «Damarı kesen Sondaj metodu» ile «Kılavuz sürme metodu» 'nun uygulanması uygun görülmektedir. Bunlara kesinlikle karar vermeden önce yerinde yapılacak deneysel araştırmalarla metodların tayininde rol oynayan gerçek faktörlerin saptanması gereklidir.

#### **Bibliyografik Tamam :**

1. GRAHAM, J. I., ve SHAW, A., «The Composition of the Gaseous Mixture given off from Coal», Trans. Instn. Min. Engrs., 1926 - 27, 73 529.
2. LIDEV, G. D., «Gazoobilnost Kamennoougolnykh chakht C. C. C. P.», Academy of Sciences of the U. S. S. R., Moscow, 1949
3. AGDA, G., SCHÜRENBERG, H. ve JODL, R., «Untersuchungen fiber die Kolloidstructur der erdigen Braunkohlen]», Braunkohle 41, 1942, 41 - 48, 65 - 69.
4. AGDE, G. ve HUBERTUS, R., «Untersuchungen über die Kolloidstructor der Steinkohlen, «Braunkohlenarch vol. 46, Halle, 1936.
5. WINTER, H., «Der Übergang des amorphen Kohlenstoffs in Graphit», Glückauf, 79, 1943, 316 - 20.
6. PATTEISKY, K., «Die Art des Vorhandenseins des Grubengases im Gebirge und Seines Autretens», Bergbau Archiv, 1951, 12 (2), 29-61.
7. KING, J. G. ve WILKENS, E. T., «The Internal Structure of Coal», Proceedings of a Conf. on the Ultra - fine Structure of Coals and Cokes, London 1944, 46 - 56.
8. FORSTMANN, R. ve SCHULTS, P., «Present-day knowledge of the Occurrence of Methane and Measures to Combat it», Berg. - Archiv, 1946, 1, 81.
9. HINSLEY, F. B., «Ventilation Aspects of Firedamp in Coal Mines», Iron and Coal Trades Rev., 1951, 1029 - 1032 ve 1103 - 1106.
10. ORCHARD, R. J., «Surface Effects of Mining - the Main Factors», Trans. Instn. Min. Engrs., 1956-57, 116, 941.
11. CARTER, W. H. N. ve HUDSON, A., «Gas Evolution and Rate of Face Advance», Trans. Instn. Min. Engrs., 1935 - 36, 91, 285.
12. WINTER, K., «Present - Day State of Precalculation of Gas Emission during Extraction of Coal Seams», Bergfreiheit, 1958, 439.
13. LUDLOW, N. G. T., «Air Humidity and Firedamp Release», C. G., 1949, 179, 2«7.

## ZONGULDAK HAVZASI KOZLU ACILIK DAMARINDA TOZLANMA ÜZERİNE BİR ETÜD

Mehmet GÜNEY \*

### ÖZET :

Yeraltı maden ocaklarında hazırlık ve üretim faaliyetleri sonucu meydana gelen inorganik toza maruz kalan işçilerde «silikoz» veya «kömür işçisi pnömokonyozu» hastalıkları husule gelmektedir. Ocak havasını dolduran toz bulutları, çapı, biçimi, yoğunluğu ve kimyasal bileşimi çok farklı tozlardan oluşan karışık bir sistemdir. Bir iş yerinin toz bakımından tehlikeli olduğu alman numunelerde sayılan, miktarı ve terkibi tayin edilen tozun standart değerlerle mukayese edilmesi ile belirlenir.

Zonguldak kömür ocakları işyerleri tozludur. Tozla mücadelede etkili ve sistematik bir metod uygulaması yoktur. Bu pnömokonyoz vak'alarının artışı endüstriyel, sosyal ve hukuki problemleri beraberinde getirmiştir.

Bu araştırma Kozlu Acılık damarının tozlanma derecesini ortaya koymak amacıyla yönetilmiştir. Numunelerin alınmasında akciğer solunum işlemini örnek alan cihazlar ve bunların değerlendirilmelerinde en son geliştirilen analitiksel metodlar kullanılmıştır. Bulgular, tane/cm<sup>3</sup>, mg/m<sup>3</sup> ve % serbest silika itibarıyla, ifade edilmiş ve bunların diğer memleketlere ait standart değerlerle eleştirilmesi yapılmıştır. Buradan iş yerlerinin hastalık tevhit edecek karakterde olduğu neticesine varılmıştır.

### I. GİRİŞ :

Endüstride, özellikle yeraltı kömür ve metal ocaklarında, çalışan işçiler çeşitli toz, buğu ve dumana maruz kalarak akciğer toz hastalıklarından maluliyete uğramaktadırlar, inorganik tozlar tarafından oluşan pnömokonyoz bunların en zararlılarından olup işçinin çalışma gücünü hastalığın ilerleme derecesine oranla azaltır. Genellikle, yeraltı faaliyetlerinde mekanizasyonun artırılması, işlenen cevher ve kömürün ve bunlara uygulanan üretim metodlarının tozlanmağa müsait olması, ocak havasının kuruluşu ve tozla yapılan mücadelede yeteri tedbirlerin alınmaması toz problemini önüne geçilmez bir hale getirebilir.

Tıbbî müdahale henüz meslek hastalığının önlenmesi ve tedavisinde muvafakiyetli seviyeye ulaşmamıştır. Dolayısıyla, pnömokonyozu yakalanmamanın tek yolu yeraltı çalışmalarının muhtelif safhalarında ortaya çıkan tozun önlenmesi veya en azından çıkışına çok yakın bir noktada bastırılmasıdır. Bu, ocak havasına karışan tozların tümünün yok edilmesi anlamına gelmemelidir. Ocaklarda toz miktarı, büyüklüğü, tane sayısı, fiziksel şekli, bileşiminde ki ser-

\* Y. Profesör Dr. Maden Mühendislik Bölümü Orta. Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

best silika yüzdesi deneysel araştırmalarla gerçekleştirilen standartlar altına dūřürüldüğünde meslek hastalığı kontrol altına alınmış demektir.

Zonguldak Havzası kömür ocaklarında tozla ilgili hususlarda sistematik bir etüd veya araştırmaya yer verilmemektedir. alışmalara bn-ayak olması ümidiyle bu tebliğde neticeleri sunulan bir araştırma Kozlu Bölgesi Acılık damarına ait bir uzun ayak içinde yönetilmiştir. Diğer memleketlere ait standart ölçülerle yapılan mukayese mevzu bahis edilen iş yerlerinin aşırı derecede tozlu ve pnömokonyoz bakımından tehlikeli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu araştırmaya lâğım ve taban ilerleme çalışmaları esnasında meydana gelen tozların etüdü dahil edilmemiştir.

## 2. Toz - Pnömokonyoz ilişkileri :

Çeşitli tozların solunumu neticesi akciğerlerde fibrozis yapan meslek hastalıklarının tümü «pnömokonyoz» terimi ile tanımlanır. Bu terim aşağıdakileri içine alır:

- a) Silikoz (silika, Si(X, tozlarının teneffüsü ile ortaya çıkar),
- b) Kömür işçileri pnömokonyozu, antrakoz veya antrako-silikoz (kömür tozu ile),
- c) Asbestoz (asbes tozu ile).
- d) Sideroz (demir tozu ile),

Henüz bütün araştırmacılar tarafından kabul edilen ve tozun akciğerlerde yaptığı değişmeleri açık olarak anlatan bir teori yoktur. Çok uzun zamandır toz parçacıklarının mekaniksel faaliyetleri ile akciğer dokularını kaşımak, çizmek ve tahriş etmek suretiyle zedelediği fikri benimsenmiştir. Bugün üzerinde durulan husus, silika ve kömür tozlarına maruz kalan maden işçileri tarafından teneffüs edilen bu tozlar direkt veya endirekt olarak akciğer alveollerine ve alveoller arası dokulara kadar giderek kısmen fagosite edilmekte ve kısmende lenf yolları ile taşınarak dokularda toplanmaları sonucu bağ dokusunun meydana gelmesine ve dolayısıyla pnömokonyoz hastalığının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu işlemler taneciklerin fiziksel, kimyasal ve biokimyasal reaksiyon ve etkileri altındadır. Geçmişte sadece silika tozundan zarar geldiği bilinirken, son teorilerde ortaklaşılan görüş kömür tozununda silikozun gelişmesini hızlandırdığı ve daha ileri gidilerek saf kömürün de tek başına pnömokonyoz yaptığıdır, örneğin İngiltere de Güney Galler antrasit madenleri.

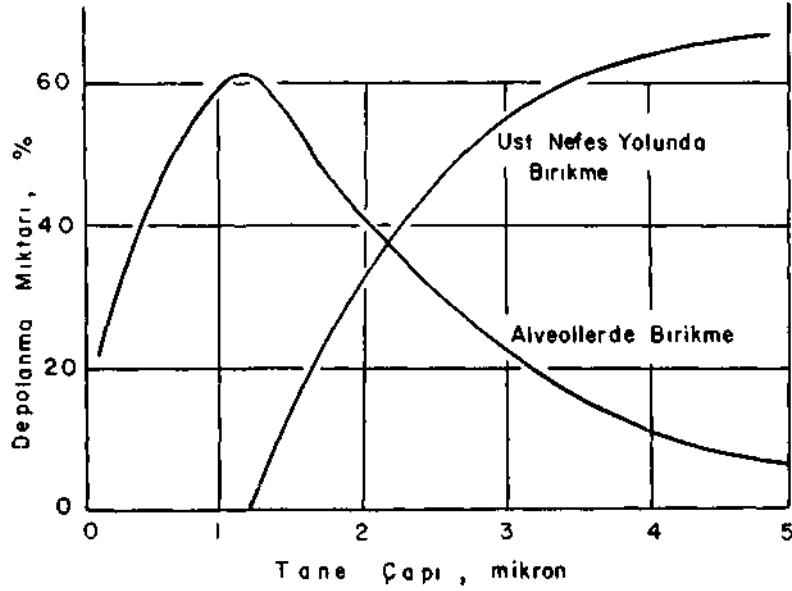
Maden tozunun pnömokonyoz meslek hastalığına sebebiyet verebilmesi için aşağıda ki üç karakteristiği beraberinde taşması gerekir:

1. kompozisyonunda kristal silika bulundurması,
2. solunulabilen tane büyüklüğünde olması, ve
3. yeterli yoğunlukta hava içinde var olmasıdır.

Böylece, silikozun önlenmesi tedbirlerinin başında ocak atmosferinde ki konsantrasyonunun kontrol altına alınması gelir.

Toz tanelerinin akciğer derinliklerine ulaşarak oralara yerleşmeleri ile çapları arasındaki bağıntı önemlidir. Büyük toz parçaları henüz akciğere var-

madan üst nefes yolunda tutulurlar ve yalnız çok küçük parçalar akciğere dahil olarak alveollere kadar ulaşırlar. 5 ilâ. 10 mikron çapında olan mineral tozlarının üst nefes yolunda takıldıkları ve bunun % 100 oranına kadar yaklaştığı araştırmalarla saptanmıştır. Çapları 0.2 ilâ 5 mikron olan toz taneleri ile bunların alveollerdeki birikmeleri arasındaki ilişkiyi gösteren deneysel grafik Şekil 1 de açıklanmıştır. Buna göre, en yüksek dereceli depolanmaya 1 ilâ 2 mikron ve en düşük birikmelere de 0.2 ilâ 0.3 mikronları arasında rastlanmaktadır. Dolayısıyla, ciddi zarar ve tehlikeleri yaratan tozlar 0.2 ilâ 5 mikron limitleri arasında yer alanlardır.



ŞEBEtU 1. TOZ TANE BÜYÜKLÜĞÜ İLE SOLÜNÜM SİSTEMİNDE BİRİKME ARASINDAKİ BAĞINTI.( J.H.Brown,Ref.1 ).

### 3. Zonguldak kömür havzasında pnömokonyoz :

Pnömokonyoz Zonguldak Havzasında sosyal ve endüstriyel bir problem olarak her geçen gün gelişmektedir, işletme, yeraltı ocaklarında periyodik toz kontrolü ve alınması gereken tedbirler konusunda hiçbir metoda yer vermediğinden işçiler arasında meslek hastalığında artışlar hızla devam etmektedir. Aşağıdaki tablo senelere göre çalıştırılan işçi sayısı ile radyofotografilerde tespit edilen pnömokonyoz sayısını vermektedir.

Maden ocaklarında tam imkanizasyon uygulaması ile kömür kazısı yapılmadığından çok aşın bir tozlanma meydana gelmemektedir. Fakat, muhtelif damar kömürlerinin fazlasiyle kırılma ve ufalanmağa müsait olmaları, ocak havasının nemliliğine rağmen, bir toz problemini doğuracak niteliktedir. Tavan ve taban tabakaları ile ara kesmelerin beraberinde % 30'a kadar serbest silika ihtiva etmeleri toz bileşimini pnömokonyoza yakalanma bakımından tehlikeli duruma getirmektedir.



Yü	İşçi Sayısı	Radyofotografilerle pnömokonyoz sayısı	Meslek Hastalığı Nisbeti, %
1955	31,152	209	0.67
1956	31,916	266	0.83
1957	33,063	440	1.3
1958	34,218	444	1.3
1959	35,532	393	1.15
1960	35,688	416	1.1
1961	32,560	418	1.16
1962	30,636	463	1.51
1963	29,592	477	1.61
1964	29,267	557	1.9
1965	30,441	825	2.71
1966	31,922	1445	4.52
1967	31,441	2234	7.1
1968	31,264	2354	7.56
Toplam:	438,694	Toplam: 10,941	Ortalama: 2.44

#### 4. Araştırmaların yönetimi :

##### 4.1. Araştırma yerinin seçimi ve tanımlanması :

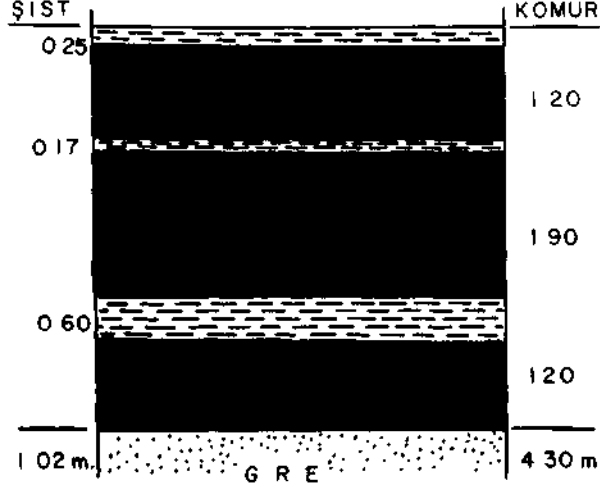
Deneysel araştırma yeri olarak Zonguldak Havzasının Kozlu Bölgesine ait denizaltı Acılık Daman seçilmiştir. Bu seçime karar vermede etkili olan husus damardan yüksek derecede üretim yapılması ve o nisbette de tozlanmaya müsait olmasıdır. Kömür stampı Şekil. 2 de açıklanmıştır. Kalınlığı 4.30 m. olan damamı tavanı şist ve tabanı gredir. 120 in. uzunluğunda -200 ile -300 kottan arasına tesis edilen uzun ayağın yatımı 45 ilâ 60 dereceleri arasında değişmektedir. Kalınlığın fazla olması dolayısıyla kademeli sistemde düzenlenen iki ayak birbirinden 30 m. mesafededir. Dönümlü ilerleyen alına paralel olarak domuz damlan yer değiştirmekte ve ayak gerisi gftçertilmektedir. Temiz hava -300 den gelerek iki ayrı kolda ayaklara dahil olmakta ve pis hava üst taban hava dönüş yolunda birleşerek Incivez kuyusuna yönelmektedir.

Her iki ayağın toplam üretimi 800 ton/gündür. Birinci ile ikinci istihsal ve üçüncüsude tahkimat vardiyasıdır. Kömür kazısı yerine göre el kazmaları, dokuz martopikör ve açılan kırk deliğe doldurulan patlayıcı maddelerin patlatılmadı ile yürütülmektedir. Üst ayak üretime çalıştığıında kömüre bol miktarda su tatbik edilmekte ve bu işlem sonucu alt ayağın kömürü de ıslanmaktadır. Kazılan kömür yer çekiminden istifade ile ayak içinde kayarak taban yolu çeyn konveyörüne yüklenmektedir. Şekil 3 çalışma düzenini ve havalandırma sistemini göstermektedir.

##### 4.2. Araştırmada kullanılan cihaz ve aletler :

Deneysel bulgularla, havada uçuşan veya askıda kalan tozların solunumu ile bunların tamamen akciğerlere girmediği saptanmıştır. Sıhhat bakımından mühim olanı ancak solunumu yapılan tümün bir parçasıdır ve buda «solunabilen toz» terimi ile ifade edilir. Dolayısıyla, ocak havası toz teMikesinin ortaya

konulmasında kullanılan alet ve cihazların numune alma işleminin solunum ameliyesini taklit edebilmelidir. Bunun mânası, yeraltı atmosferinde her çaptaki tozların toplanmasından ziyade akciğerlere kadar ulaşabilen ve alveollerde yerleşen büyüklükte ki taneleri seçmesini bilen aletlere ihtiyaç vardır. Son on yılda pnömokonyoz yapan tozların sıhhat üzerinde ki zarar ve tehlikelerini değerlendirme felsefesinde değişmeler olmuş ve bunun paralelinde numune alma tekniği ve analitiksel operasyonlar geliştirilmiştir. Bundan böyle, araştırmadan beklenenin elde edilmesinde aşağıda ki numune alma cihazları diğerlerine kıyasla en uygunu olarak kabul edilmiştir:

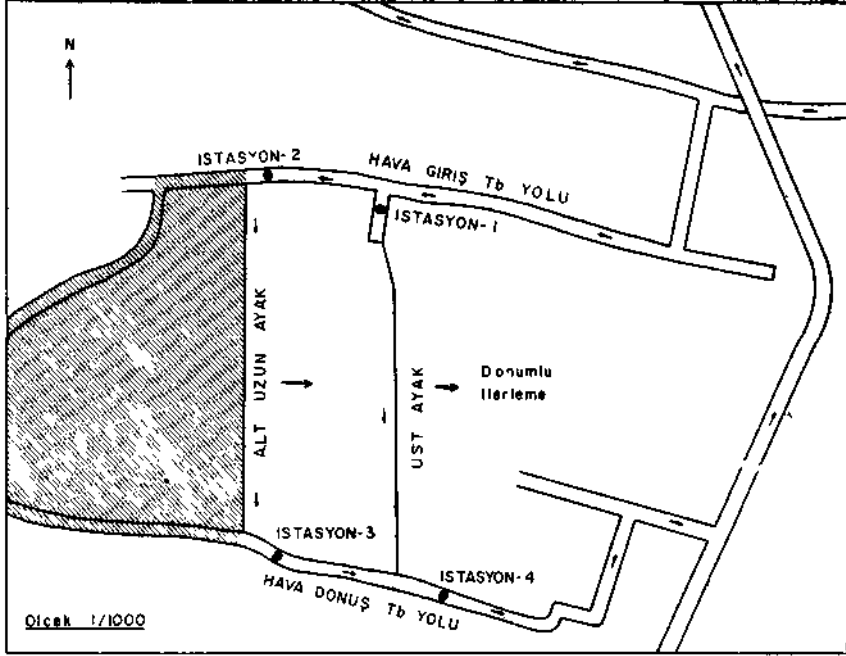


ŞEKİL. 2. ACILIK DAMARI STAMPI.

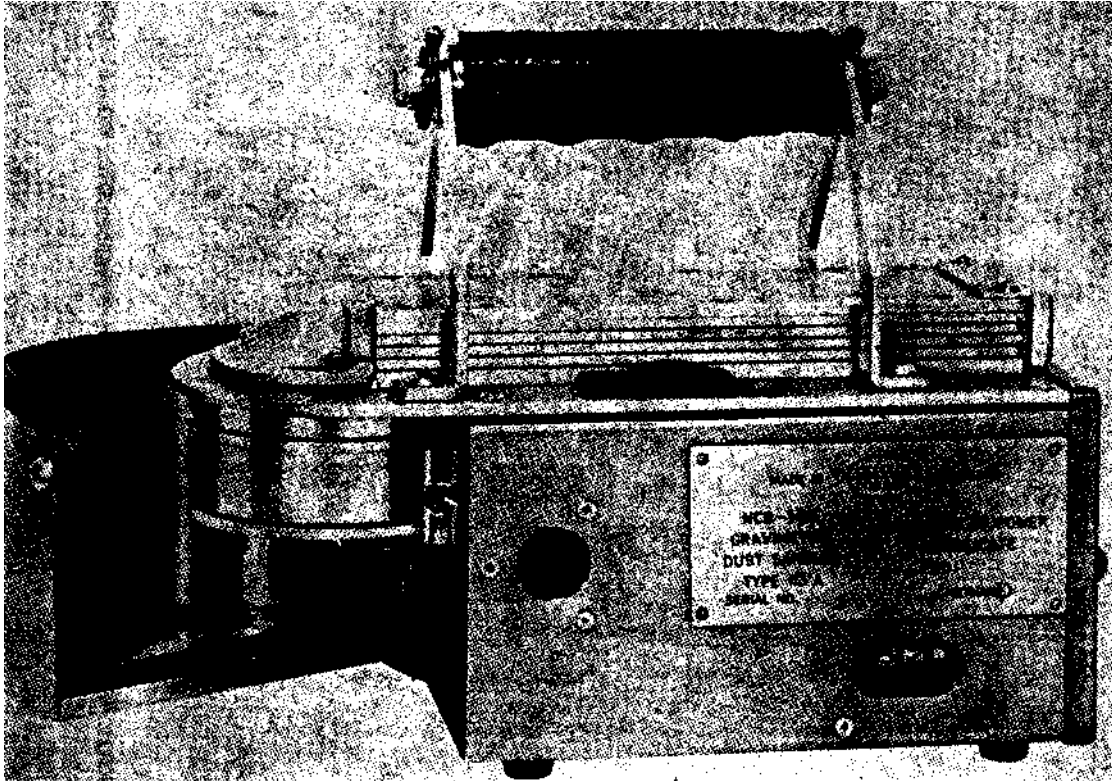
1. Gravimetrik Toz Numune Alma Cihazı, Tip: 113A (Şekil: 4). Doğru akımla çalışan diyafram tulumba toz ihtiva eden havayı yatay bir tasviye düzenden geçirek cam-lifli filtre diski üzerine üfler. Zaman birimi içinde cihazdan geçen hava hacmi litre cinsinden kaydedilir. Kuru filtre diski üzerine biriken toz miktarı ilk ve son tartı işlemleri sonucu hesaplanır. Sekiz saatlik tam bir vardiya süresince solunabilen tozdan numune alır. En büyük çap 6 mikrondur. Elde edilen toz miktarı  $mg/m^3$  ile ifade edilir.

2. Kısa Süreli Isısal Çökeltmeli Numune Alma Cihazı (Şekil: 5). Doğru akım vasıtasıyla ısıtılan ince bir telin her iki tarafına yerleştirilen cam diskler üzerinde çökeltilerek biriken toz parçaları arzu edilen numunelerdir. Toz ihtiva eden ocak havası akımının alet içinden geçişi su aspiratörü ile sağlanır. Kısa sürelerde numune almak üzere kullanılır. Mikroskop altında sayılan toz parçacıkları «tane adedi/ $cm^3$ » ile ifade edilir.

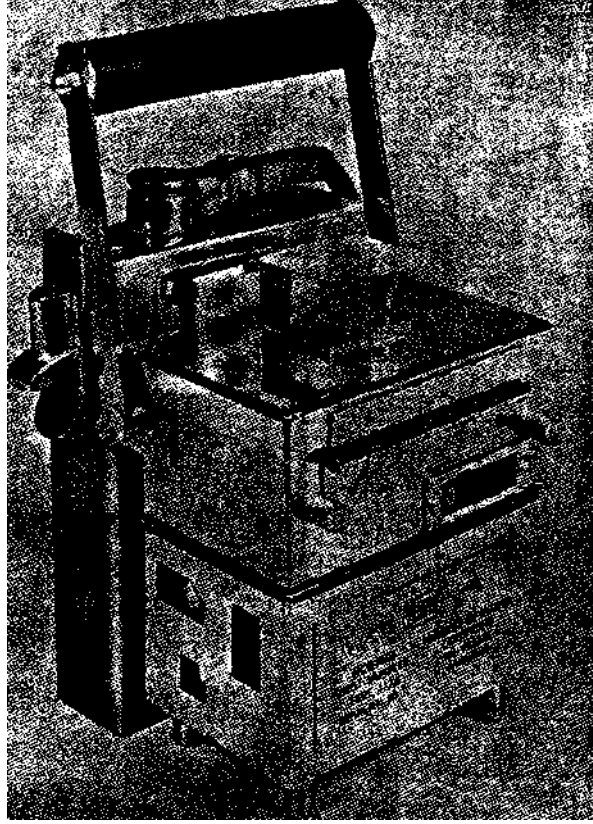
3. Uzun Süreli Isısal Çökeltmeli Numune Alma Cihazı (Şekil: 6). Bir evvelki ile aynı prensibi paylaşır. Aradaki fark sekiz saatlik bir vardiya devamınca numune alınmasının mümkün olmasıdır.



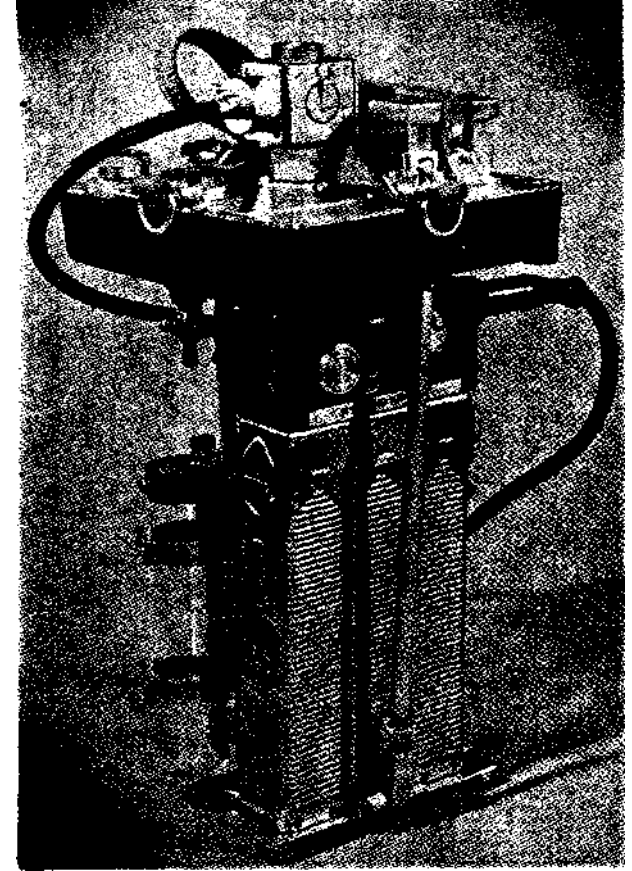
ŞEKİL. J. ACILIK DAMAK UZUC ATAKLARIN TETİTİBİ VE HAVALANDIKHA SİSTEMİ.



ŞEKİL: 4 — Gravimetrik Toz Numune Alma Cihazı



ŞEKİL: 5 — Kısa Süreli *Jamal* Çökeltmeli Numune Alma Cihazı



ŞEKİL: 6 — Uzun Süreli Isısal Çökeltmeli Numune Alma Cihazı

4. işçinin Toz Numune Alma Cihazı. Her işçinin çalıştığı iş yerlerinde yuttuğu toz miktarını tayin edebilmek için kullanılır. Numune alma işlemi emici bir tulumbanın tozlu havayı bir filtre kâğıdından geçirmekle tamamlanır ve bu arada zaman kayıt edilir. İlk ve son tartılar arasındaki fark toz miktarını  $\text{mg}/\text{m}^1$  olarak verir. 10 mikrona kadar çaplı tozlardan numune alınır.

5. UNICAM S. P. 600 Spektrometre. Alınan numunelerde serbest silika yüzdesinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Bunlara ilâveten, mikroskopik analizlerle yapılan toz tanesi sayımı ve bunların klassifikasyonunda N.C.B. (İngiltere)'a ait 4-noktalı gratikül ve havadaki tozun ağırlık cinsinden tayininde hassas balans kullanılmıştır.

#### 5. Deneysel bulgular ve yorum :

Ocaklardan alınan numuneler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendislik Bölümü toz laboratuvarında değerlendirilmiştir (2). Aynı ayrı cihazların kullanılması ile temin edilen numunelerin değerlendirilmesi aşağıda ki tablolarda gösterilmiştir.

Yabancı ülkeler işyerlerine ait toz durumunu, pnömokonyoz hastalığına karşı, kontrol altına alabilmek için tehlikeli toz limitlerini miktar, tane sayısı ve ihtiva ettikleri serbest silika yüzdesi cinsinden bir esasa bağlamışlardır. Memleketimizde, ocaklarımızın şartları ve sosyal yaşama bünyemizin ışığı altında tayin ve tesbit edilmiş bir sistem mevcut değildir. Dolayısıyla, araştırmalardan elde edilen bulguların ancak aynı numune alma ve değerlendirme metodlarını kullanan ülkelerde kabul edilen «toz standartları» ile mukayese edilmesi mümkündür.

İngiltere'de tozun serbest silika muhtevsından ziyade hangi iş yerinde ortaya çıkışı dikkate alınır. Müsaade edilen konsantrasyonlar :

toz yoğunluğu :  $3.0 \text{ mg}/\text{m}^1$  taş galerilerde,  
toz yoğunluğu :  $8.0 \text{ mg}/\text{m}^1$  kömür alımlarında,  
miktar olarak : 250 tane/cm<sup>3</sup> yol ve lâğımlarla eskilerde,  
sayısal olarak : 700 tane/cm<sup>1</sup> diğer iş yerlerinde.

Araştırma sonuçlarına göre saptanan  $12.7 \text{ mg}/\text{m}^1$  ve  $1,509 \text{ tane}/\text{cm}^3$  değerleri yukarıdakilerin çok üzerinde kalmaktadır.

Rusya'da itibar gösterilen toz boyutları 0.2 ilâ 5.0 mikron çapları arasındadır. Limit değerler :

$2 \text{ mg}/\text{m}^1$  olduğunda serbest silika miktarı % 10 dan az,  
 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  olduğunda serbest silika miktarı % 10 dan az,  
olarak belirlenmiştir. Acılık damarı için elde edilen toz yoğunluğu miktar ve serbest silika yüzdesi itibariyle çok yüksektir.

Çekoslovakya'da numunelerin temininde gravimetrik metodu uygulayan cihazlar kullanılır. Müsaade edilen tehlikeli yoğunluk limitleri •

$30 \text{ mg}/\text{m}^3$  olduğunda serbest silika % 5-10 arasında,  
 $10 \text{ mg}/\text{m}^1$  olduğunda serbest silika  $\frac{1}{r}$  5 den fazla,  
 $2 \text{ mg}/\text{m}^1$  olduğunda serbest silika  $\frac{1}{r}$  10 dan fazlası

Tablo : 1. 1 metre kttp hava içinde toz miktarının hesaplanması :

Vardiya	istasyon Yer ve No:	Kullanılan Cihaz	Filtre Ağırlığı gram	Hacim Lt.	Net Ağırlık mg.	mg/m <sup>3</sup> .
1 Üretim	Üst ayak (1) Girls taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1298	583	1.2	2.06
			0.0276	472	11.1	23.48
3 Tahkimat	Üst ayak (1) Giriş, taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1305	553	0.1	0.8
			0.0277	422	1.5	3.55
1 Üretim	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1330	634	0.6	0.95
			0.0266	490	7.4	15.12
3 Tahkimat	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1311	506	0.1	0.20
			0.0272	376	1.6	4.25
1 Üretim	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1318	613	7.8	12.72
			0.0273	496	12.5	25.20
3 Tahkimat	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1313	600	0.1	0.17
			0.0267	444	0.9	2.03
1 Üretim	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1316	610	2.0	3.28
			0.0267	470	4.4	9.37
3 Tahkimat	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	Gravimetric işçi Tipi	0.1330	611	0.3	0.49
			0.0266	464	1.7	3.66

**Tablo. 2. Bir santimetre küp bava içinde toz tanelerinin hesaplanması:**

Vardiya	İstasyon Ter ve No:	Travers No:	Hacim İt.	Tanelerin Sayısı				Toplam	Averaj Toplam	Tane/cm*
				0.5	1.0 mikron	2.5	5.0			
1 Üretim	Üst ayak (1) Giriş taban yolu	1	346	236	199	38	7	244	271	333
		2		289	243	47	9	299		
3 Tahkimat	Üst ayak (1) Giriş taban yolu	1	442	126	133	24	12	169	162	156
		2		143	116	27	9	152		
1 Üretim	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	1	507	342	354	63	22	439	436	365
		2		283	320	85	29	434		
3 Tahkimat	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	1	401	263	250	48	48	308	314	333
		2		237	239	61	20	20		
1 Üretim	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	1	486	437	837	635	240	1712	1732	1509
		2		483	903	580	268	1751		
3 Tahkimat	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	1	470	221	154	29	19	202	216	195
		2		246	160	41	28	229		
1 Üretim	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	1	486	232	413	123	53	589	539	470
		2		196	336	106	48	490		
3 Tahkimat	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	1	485	220	178	56	16	250	247	217
		2		176	159	71	15	245		

Tablo : 3. Ocak havasında bulunan toz miktar ve tane sayıların mukayesesi.

Vardiya	İstasyon, Yer ve No:	Kullanılan Cihazlar	Tane Sayıları, mikron			Toplam Tane/cm <sup>3</sup>	Toz Miktarı, mg/m <sup>3</sup> .
			1.0	2.5	5.0		
1 Üretim	Üst ayak (1) Giriş taban yolu	Gravimetrik					2.06
		İşçi Tipi					23.48
		U.S.I. Çökeltici	270	53	10	333	
3 Tahkimat	Üst ayak (1) Giriş taban yolu	K.S.I. Çökeltici	160	65	23	248	
		Gravimetrik					0.18
		İşçi Tipi					3.55
U.S.I. Çökeltici	U.S.I. Çökeltici		120	25	1	156	
		K.S.I. Çökeltici	118	56	24	198	
		Gravimetrik					0.95
1 Üretim	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	İşçi Tipi					15.12
		T.J.S.I. Çökeltici	281	62	22	365	
		K.S.I. Çökeltici	242	80	32	354	
3 Tahkimat	Alt ayak (2) Giriş taban yolu	Gravimetrik					0.20
		İşçi Tipi					4.25
		U.S.I. Çökeltici	259	58	16	333	
K.S.I. Çökeltici	K.S.I. Çökeltici		346	113	28	487	
		Gravimetrik					12.72
		İşçi Tipi					25.20
1 Üretim	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	U.S.I. Çökeltici	758	530	221	1509	
		K.S.I. Çökeltici	732	388	161	1281	
		Gravimetrik					0.17
3 Tahkimat	Alt ayak (3) Dönüş taban yolu	İşçi Tipi					2.03
		U.S.J. Çökeltici	141	32	22	195	
		K.S.I. Çökeltici	159	58	21	238	
1 Üretim	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	Gravimetrik					3.28
		İşçi Tipi					9.37
		U.S.I. Çökeltici	326	100	44	470	
K.S.I. Çökeltici	K.S.I. Çökeltici		389	163	58	610	
		Gravimetrik					0.49
		İşçi Tipi					3.66
3 Tahkimat	Üst ve alt ayak (4) Dönüş taban yolu	T.T.S.I. Çökeltici	147	56	14	217	
		K.S.X Çökeltici	167	69	26	262	



**Tablo : 4. Numunelerin ihtiva ettikleri serbest silika yüzdelерinin hesaplanması.**

Numune No:	Kullanılan Cihaz	Numune Ağırlığı S-	Sulandırma mi.	Absorpsiyon Okuması	Serbest Silika, %
1	Gravimetrik	0.005	200	0.0245	13.2
2	tşgi Tipi	0.012	100	0.1150	12.7
3	işçi Tipi	0.012	100	0.1220	13.5
Standart (Kuvars)		0.100	1000	0.7525	100.0

tehlikeli olur. Buna göre yapılan mukayesede de araştırmanın yürütüldüğü uzun ayak içi tozlanma durumu tehlike yaratacak nitelikte olmaktadır.

Avustralya'da toz konsantrasyonu 700 tane/cm<sup>3</sup> olduğunda serbest silika % 10 dan az olmalıdır. 1509 mg/m<sup>3</sup> tozun bileşiminde % 13.2 oranında serbest silika bulunması müsaade edilen limitin aşıldığına işarettir.

Polonya'da dikkate alınan toz çapları 0.5 ilâ 5.0 mikron arasındadır. Kabul edilen limit 1,200 tane/cm<sup>3</sup> yoğunluktaki toz içinde % 5 ilâ 15 oranında serbest silikanın bulunmasıdır. Aynı esas kabul edildiğinde, 1 ilâ 5.0 mikrona göre hesaplanan 1,509 tane/cm<sup>3</sup> sayısı 1,910 tane/cm<sup>3</sup> e yükselecektir. Bu da müsaade edilen limit değerinin çok üzerinde kaldığını gösterir.

#### 6. Sonuç :

İlk defa sistematik ve modern cihaz metodları kullanan bir araştırma Zonguldak Havzasının Kozlu Acılık Damarında yapılmıştır. Elde edilen bulguların diğer memleketlere ait toz standartları ile yapılan mukayesesinden iş yerinin pnömokonyoz bakımından tehlikeli olduğu neticesine varmak mümkündür. İşletmenin tozlanmaya karşı açılan mücadelede aldığı tedbirler istenileni verecek nitelikte değildir. Sistematik ve metodik çalışmalarla yeteri tedbirlerin alınma zamanı geçmiş, görülen sonuç hukuki haklarla kazılan tazminatların ödenmesinde karşılaşılan zorluklar olmuştur. Tekniğin gerektirdiği tedbirlerin tatbikatına bir an evvel yer verilmesinde sayısız faydalar vardır.

#### Bibliografik tanıtım :

1. BROWNS, J. H.; COOK, K. M.; NEY, F. G. ve HATCH, T. F.: «The Influence of Particle Size upon the Retention of Particulate Matter in Human Lung», Amer. J. Publ. Hlth., 1950, 40, s. 450-458.
2. BÖLÜKBAŞI, N.: «Studies on Sampling, Examining and Analysing Mine Dust», Master tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendislik Bölümü, 1970, s. 108.

**ZONGULDAK HAVZASINDAN ALINAN BAZI KÖMÜR TOZU  
NUMUNELERİNİN PATLAMA KOŞULLARININ ETÜDÜ**

Senai SALTOĞLU (x)

**1. Özet :**

Araştırmada Zonguldak havzasındaki kömür tozlarının patlama koşullarının etüdü yapılmıştır. Bu gaye için havzanın patlamaya en müsait olan dört damardan alınan numuneler Almanya'nın Dortmund - Derne şehrindeki Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke Araştırma Merkezinde incelenmiştir.

Kömür tozları 200 m. uzunluktaki bir Galeride isinde % 9 luk CH» olan grizu tarafından yeraltı şartlarına uygun olarak patlatılmıştır. Elde edilen neticeler, havza-nın bu bölümlerinde kömür tozu patlamalarının heran mümkün olabileceğini göstermiştir.

**2. Giriş :**

Zonguldak Maden Kömürü İşletmelerinde bugüne kadar kömür tozlarının patlayabilme durumlarının tesbiti üzerine bir araştırma bulunmadığından ve böyle bir araştırmanın gerek havzaya, gerekse madencilliğimize faydalı olacağı düşüncesinden Almanya'nın Dortmund - Derne şehrindeki Berggewerk - schaftliche Versuchsstrecke Araştırma Merkezinde aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

Bu etüd için havzanın patlamaya en müsait olan Kozlu Bölgesinde Acılık ve Çay; Gelik Bölgesinde Sulu; Kandilli Bölgesinde Büyük damardan, beherinden 100 kg. olmak üzere toplam 400 kg. stamp numunesi alınmıştır. Ayrıca 1 kg. kadarda tabii kömür tozu (ocakta birikmiş kömür tozu) alınmıştır. Tabii tozun alınmasına sebep öğütme ile sunî olarak elde edilen toz tane büyüklüğünün, ocakta rastlanan tabii toz tane büyüklüğüne uygunluğunun kontrolü içindir. Bunlar tahkimat üzerinde birikmiş kömür tozu olup, Kozlu bölgesinde Çay - Acılı - Sulu damarlarını kesen —300 kotundaki 22716 nolu galeriden toplanmıştır.

**3. Deney İçin Yapılan Ön Hazırlıklar :**

Parça halinde bulunan kömür ön kırmadan sonra SKM bilyalı değirmeninde öğütülmüştür. Öğütme neticesi elde edilen kısmın elek analizi Alpine tipi vakum prensibi ile çalışan laboratuvar eleği ile yapılmıştır. (1). Tablo 1 kömür tozlarının tane büyüklüğüne göre dağılımı ve ağırlık ortalamasına tekabül eden tane büyüklüklerini göstermektedir.

(x) Dr. Asistan, İ.T.Ü. Maden Fak. - İstanbul.

TABLO 1				
Damar	< 71 <sup>m</sup> m %	< 32 <sup>m</sup> m %	< 20 jam %	Ortalama değer <sup>m</sup> m
Kozlu — Acılık	100	66	38	24,5
Kozlu — Çay	99	71	45	22,5
Gelik — Sulu	100	76	49	20,5
Kandilli — Büyük	100	62	36	26,0
Tabii toz	96	47	17	33,5

Öğütme neticesinde elde edilen tane büyüklüğü, tabii ocak tozunun tane büyüklüğüne (33,5 <sup>m</sup>m) oldukça yaklaşıktır. Öğütme donanımı ve öğütme metodu aynı olduğu halde, Kandilli — Büyük damarından alınan numunede tane büyüklüğü daha yüksek olmaktadır. Bu husus; İngiltere, Polonya, Almanya kömürlerinden elde edilen neticelere benzemektedir. Muhtemelen kömürdeki fazla uçucu madde, kömürün kolayca parçalanmasını sağlamakta, fakat öğütmeye pek elverişli olmamaktadır (2).

Öğütülmüş bu kömür tozlarının daha sonra kimyasal analizleri yapılmıştır. Kimyasal analiz neticeleri, kömür tozunun patlama tehlikesini belirten kriterlerden biridir. Kimyasal analizde tesbit edilen hususlar su, kül ve uçucu madde miktarı olup, burada ayrıca nasıl yapıldığından bahsedilmeyecektir (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Tablo 2 de elde edilen neticeler görülmektedir.

TABLO 2			
Damar	Sn %	KOI %	Uçucu madde (s. k. sız) %
Kozlu — Acılık	1,0	12,3	31,6
Kozlu — Çay	0,8	13,2	27,9
Gelik — Sulu	1,0	30,0	32,6
Kandilli — Büyük	1,8	7,0	37,3
Tabii toz	1,2	15,1	30,8

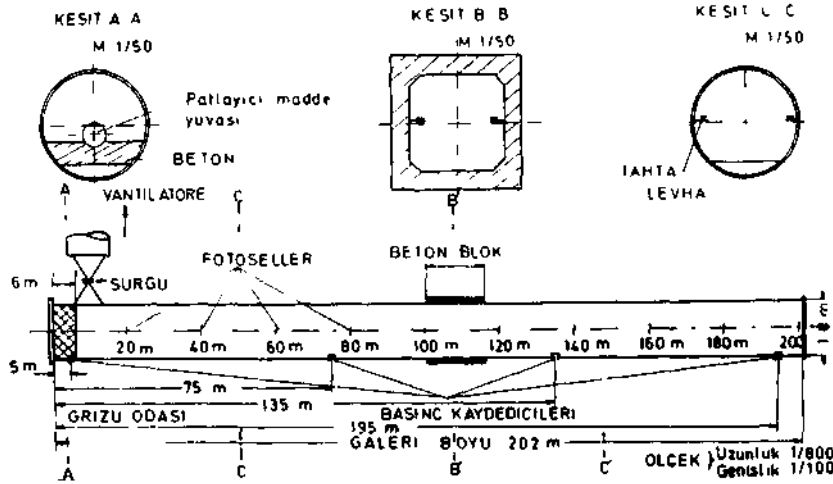
Yukarıdaki neticelere göre alman numuneler beynelmilel ve B. Alman standartlarına göre aşağıdaki sınıflara girmektedir.

Kozlu — Acılık	Yüksek bitümlü kömür	Gaskohle
Kozluk — Çay	» » » »	
Gelik — Sulu	» » »	Gasflammkohle
Kandilli — Büyük	» » »	»

#### 4. Patlama Deneyinin Yapıldığı Galerinin Yapısı :

Yeraltı şartlarına uygun olarak kömür tozlarının patlama deneyi 200 m. uzunluğunda ve 1,8 m. çapındaki demirden bir galeride yapılmıştır. (Şekil 1).

*Şekil 1*  
200 m lık GALERİNİN BOYUTLARI



Galerinin uzunluğuna olan eksenine paralel şekilde, zeminde 1 m. yükseklikte tahtadan levhalar bulunmaktadır. Tahta levhalar galerinin 10 - 110 metreleri arasında monte edilmiş olup, üzerine belirli bir konsantrasyonu verecek şekilde, belirli ağırlıkta kömür tozu dökülmektedir. Galerinin bir tarafı açıktır. Buna sebep, patlama neticesinde meydana gelen basınç etkisinin frenlenmemesi içindir. Galerinin diğer tarafı kapalıdır. Kapalı tarafın ilk 6 metresi grizu odası olarak isimlendirilmektedir.

Galeri içersine, patlama tehlikesi olmayan bir kömür tozu konulacak olursa, grizunun meydana getirdiği alev, galerinin 50. metresine kadar erişmekte ve burada sönmektedir. Şayet galeride patlama tehlikesi olan bir kömür tozu bulunuyorsa, patlama inkişafı kendiliğinden seyretmekte ve alev galeri içindeki toz/hava karışımını tamamen kapsamaktadır. Bu arada, patlama sesiyle birlikte büyük basınçlar kaydedilmektedir. Meydana gelen bu basınç ise tekrar galerinin ileriki kısmında bulunan tozu girdaplandırmakta ve neticede patlama alevi, galerinin ağzından dışarı çıkmaktadır.

200 m. uzunluğundaki galeride yapılan patlatma deneyleri, galeri üzerindeki pencerelerden takip edilmektedir. Ayrıca kaydedici donanımlar yardımıyla da patlama alevinin hızı, şiddeti, dağılımı, süresi diyagram üzerine otomatik olarak tesbit edilmekte ve buradan değerlendirilmektedir.

Bir kömür tozunun tehlikeli olarak sınıflandırılması hakkında hüküm, patlama alevinin toz serpili zomm üzerinden geçip geçmediğine göre verilmektedir. Şayet patlama neticesi meydana gelen alev, 100 m. uzunlukta olması icap eden toz serpili zonun üzerinden geçerse, bu kömür tozu patlama tehlikesi olan bir toz olarak sınıflandırılmaktadır.

#### 5. Patlama Deneyleri :

Galerinin 10 ilâ 110 metreleri arasında bulunan tahta levhalar üzerine belirli miktarda kömür tozu dökülmüştür. Bu suretle galeride elde edilen toz konsantrasyonu 134 - 173 gr/m., olmuştur (saf kömür cinsinden, yani yanmayan madde miktarı hariç).

Grizu odasına 6. metreden itibaren kâğıttan bir bölme gerilmiş ve geride kalan boşluğa, 9 hik metan konsantrasyonu olacak şekilde gaz doldurulmuştur. Grizunun ateşlemesi iki adet alev verici patlayıcı madde tarafından yapılmıştır. Kömür tozu olmaksızın, sadece grizunun patlatılmasında galeride elde edilen basınç 2 - 2,5 atü ve meydana gelen gelen alev uzunluğu ise 30 m. kadar tesbit edilmiştir. Meydana gelen bu basınç, kâğıt perdeyi parçalayıp, tahta levhalar üzerine konulmuş olan kömür tozlarını girdaplandırarak şiddettedir. Grizunun alevi ise, kömür tozlarının ateş almasını, dolayısıyla da patlamasını sağlayacak büyüklüktedir.

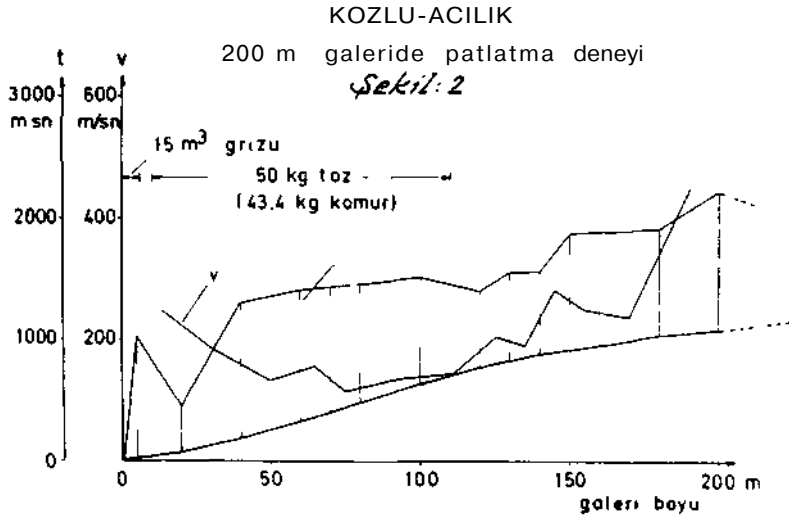
Patlama neticesi meydana gelen basınç, galerinin 5 - 75 - 135 ve 195. metrelerine konulmuş olan ölçü elemanları ile kaydedilmiştir. Tablo 3 elde edilen neticeleri göstermektedir.

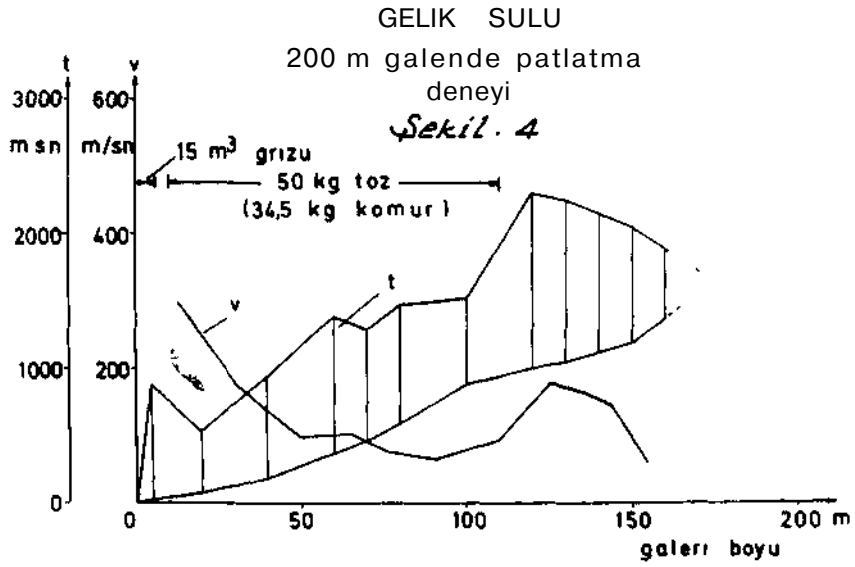
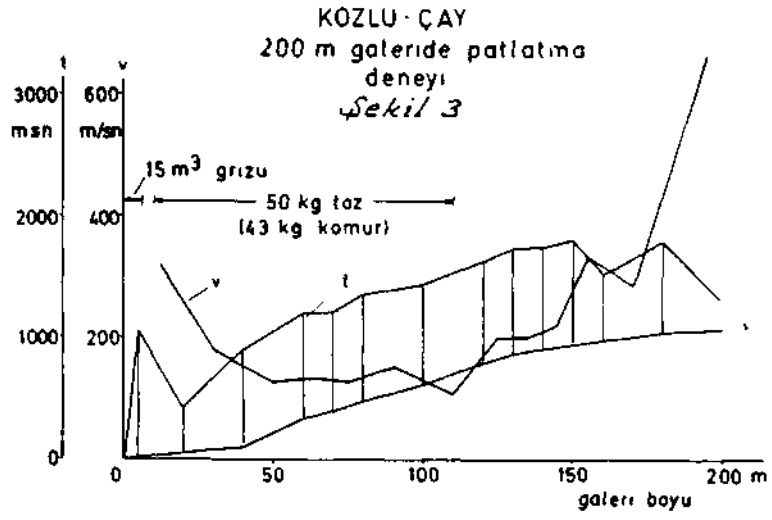
**TABLO 3**

Damar	Muhtelif galeri uzunluklarında kaydedilen max. basınçlar (atü)			
	5 m.	75 m.	135 m.	195 m.
Kozlu — Acılık	<b>0,85</b>	0,75	0,72	5,65
Kozlu — Çay	<b>1,00</b>	0,75	<b>0,75</b>	2,00
Gelik — Sulu	0,75	0,50	0,45	0,35
Kandılli — Büyük	<0,10	<0,10	0,20	0,20

#### 6. Elde Edilen Neticelerin Değerlendirilmesi ve Sonuç :

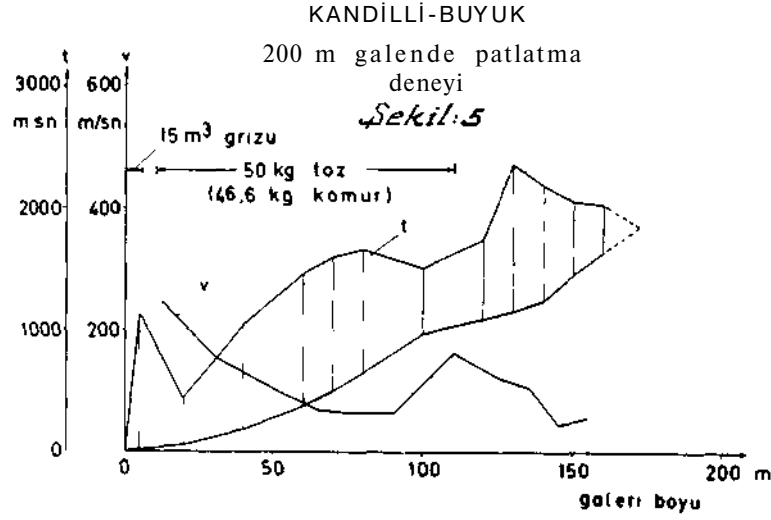
Galerinin her 10 metresine konulan fotosel hücreleri ve bunlara bağlı osilograf-lar yardımıyla alev hızı, dağılımı ve şiddeti kaydedilmiştir. Bu değerlere göre çizilen patlama alevinin hızı ve süresi Şekil 2, 3, 4, 5 de görülmektedir.





Kozlu — Acılık numunesinde (Şekil 2) kömür tozu PATLAMASI önce azalan bir hızla devam etmiş, muhtemelen galerinin 110 - 170. metreleri arasında ateşlenmeye elverişli bir toz/hava karışımı meydana gelmiş ve hız aniden 400 m/sn nin üzerine çıkmıştır.

Kozlu — Çay numunesinde (Şekil 3) buna benzer durum görülmekte ve alev hızı 110, metreden sonra artarak 600 m/sn nin üzerine çıkmıştır.



Gelik — Sulu (Şekil 4) ve Kandilli — Büyük (Şekil 5) numunelerinde alev hızları diğer iki numuneye nazaran daha küçük olmuştur. Buna rağmen alev süreleri her iki numunede de 200 m/sn nin üzerindeki değerlere erişmiştir.

Kozlu — Acılık ve Kozlu — Çay numunelerinde patlama alevi, galerinin çıkış tarafında görülmüştür. Gelik — Sulu numunesinde ise yüksek inert madde miktarı, patlama seyri frenleyici olarak etki etmiştir. Kandilli — Büyük numunesinde ise alevin galeri çıkışında görülmemesine sebep, ağırlık ortalamasına tekabül eden tane büyüklüğünün diğerlerine nazaran oldukça iri olmasındandır ( $26 \hat{^} m$ ).

Bunlara rağmen bütün deneylerde de patlama alevi ,100 m. uzunluktaki kömür tozu serpili zonun üzerinden geçmiştir. Bu ise, Zonguldak Kömür işletmelerindeki yeraltında bulunan kömür tozlarının heran patlama tehlikesine sahip olduğunun bir delilidir (10).

#### Bibliyografik Tanıtım :

1. BATEL, W. : Einführung in die Korngrößenmesstechnik. Springer — Verlag, Berlin 1960.
2. Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke Araştırma Netice Dosyalan.
3. Bestimmung des Wassergehaltes. DIN 51718 Deutsche Normen, Beuth — Vertrieb GmbH, Berlin 30.
4. Bestimmung des Aschegehaltes. DIN 51719 Deutsche Normen, Beuth — Vertrieb GmbH, Berlin 30.
5. Bestimmung des Gehaltes an Flüchtigen Bestandteilen. DIN 51720 Deutsche Normen, Beuth — Vertrieb GmbH, Berlin 30.

6. CİVAOĞLU, 1. : Yanma Kimyası. Berksoy Matbaası, İstanbul 1963.
7. GUMZ, W. : Kurzes Handbuch des Brennstof — und Feuerungstechnik. 2. Auflage, Springer — Verlag 1963.
8. Internationales Klassifikation — System für Steinkohlen. DIN 23003, Deutsche Normen, Beuth — Vertrieb GmbH, Berlin 30.
9. Ruhrkohlen Handbuch. Verlag Glückauf, Essen 1954.
10. SALTOĞLU, S. : Zonguldak havzası Kömür tozlarının patlama karakteristiklerinin tesbiti ve kömür tozu patlamalarının taş tozu ile önlenmesi üzerine yapılan etüd. \*İstanbul 1970, Yayınlanmamıştır.



## LİNYİT KÖMÜRLERİNDEN DUMANSIZ YAKIT YAPILMASI VE BUNUN TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİSİ

Gürbüz FINDIKGİL(\*)

Özet :

Dumansız yakıt çalışmaları bilhassa son iki sene zarfında yoğunlaştırılmış, ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi ile T.K.I. nin işbirliği neticesinde yeni bir metod geliştirilmiş bulunmaktadır. Ru metodun esası, parça kömürün parça durumunun konserve edilip (prosedür esnasında fazla parçalanmasına manii olacak şekilde) gazının alınarak alçak sühnette dumansız kok (sömi-kok) elde edilmesidir.

Yapılan lâboratuvar ve pilot tecrübeleri detaylı olarak anlatılmış, meydana getirilen prosesin teorisi tartışılmış ve kurulabilecek ilk tesis hakkında geniş malûmat verilmiştir. Son olarak dumansız yakıtın memleket ekonomisi ve halk sağlığı bakımından önemi üzerinde durulmuştur.

1. Giriş :

1.1. Dumansız yakıtın tanımı :

Büyük şehir havalarının, sakinlerinin sağlığını tehdit edecek seviyeye çıkan kirliliği, fazla miktarda linyit kömürünün ve diğer duman veren yakıtların teshinde kullanılması ile ilgili bulunmaktadır. Uçucu madde yüzdesi yüksek olması, çoğu zaman tam bir yanmaya uğramadan bacaları terkeden katran ve ağır yağ gibi bakiye unsurlara sahip oluşu, kükürt dioksit gibi zehirli yanma mahsulü yaratması ve nihayet yanmanın karbon partiküllerini duman ile etrafa yayması, kullanılan linyitin kirlenmedeki rolünü yaratan unsurlardır.

Bu sebeple yapılan çalışmalar yukarıda işaret olunan mahzurlardan uzak bir yakıtın temini yolunda olmuştur. «Dumansız yakıt» olarak vasıflandırdığımız bu yakıtın, mevcut tesislerde (soba ve kaloriferler) ancak yanmayı mümkün kılacak kadar bir uçucu madde ile mümkünse hiç mesabesinde kükürt ve katran nevinden ağır yağlara sahip olması gerekmektedir.

Linyit kömürleri karakter itibarıyla taş kömürlerinden farklı olduklarından, umumiyetle uzun zaman hava ile temas edince parçalanmakta ve toz haline gelmektedirler. Bu sebepten memleketimizdeki linyit yataklarını linyit ile değerlendirememekte ve dolayısıyla ekonomide büyük etkisi olacak linyitten lüzumu kadar istifade edilememektedir.

Dumansız yakıt haline getirilmiş olan linyit kömürleri bilâhare parçalanma vasfını kaybettiğinden ve içindeki yüksek nisbetteki su da alınmış olduğundan memleket ekonomisinde büyük rol oynayacaktır. Ayrıca, endüstride

(\*) T.K.I. Genel Müdür Muavini, Ankara

ve çelik sanayiinde kullanılması icabeden ve zaten miktarı az olan kokun ısı alanında yerini alacak ve bu şekilde kok da lüzumlu olan yerlerde kullanılabilir. Bundan başka linyitlerin doğrudan doğruya yakıldığı zaman ısı randımanlarının çok düşük olduğunu ve bilhassa çıkan gazların havayı kirletmesiyle insan sıhhatine zararlar tevhit ettiğini de burada zikretmek doğru olur.

#### 1.2. Yakıtların dumansız hale getirilmeleri :

Yakıtların dumanlarından korunma veya dumansız hale getirilmeleri çeşitli şekillerde mümkündür. Bunların en önemlileri şunlardır :

- a) Kömürün bizatihi dumansız hale getirilmesi,
- b) Linyitlerin gazifiye edilerek, elde edilen gazın teshinde kullanılması,
- c) Merkezi teshin,
- d) Kömür yakıtlarım yüzde yüze yakın bir nisbette yakmayı temin eden sobaların ve kazanların inkişafı,
- e) Bacalara duman alıcılar ve süzgeçlerin konması.

Bizler çalışmalarımızda doğrudan doğruya kömürün dumansız hale getirilmesini hedef tuttuk ve kanaatimizce diğer usuller hem pahalı ve hem de bu kadar rasyonel değildir.

#### 1.3. Dumansız yakıt İtsin yapılmış olan çalışmalar :

Memleketimizdeki dumansız yakıt problemi bütün dünya memleketlerinin bir çoğunda mevcuttur. Bu problemin halli, hava kirlenmesine mani olmayı ve linyitlerden azami istifade etmeyi hedef tutmaktadır.

Bu mevzuda uzun zamandan beri çalışılmakta olup, bazı memleketlerde metodlar inkişaf ettirilmiş ve tesisler kurulmuştur. Maden kömürü ve diğer yüksek kaliteli yakıtları zengin bulunan memleketler bu çalışmalar üzerinde durmamış ve durma ihtiyacını hissetmemiştir.

Bizler evvelce Türkiye'den gönderilen numunelere ile yabancı memleketler-yapılmış olan denemelerin neticelerini etüd ettik ve ona göre kendimize bir istikamet verdik. Esas itibariyle yapılan denemeler iki sistem üzerinde toplanıyordu, bunlardan birisi toz linyiti kuruttuktan sonra gazının alınması ve sonunda briket haline getirilmesi ve diğeri ise parça linyitin suyunun alınması ve parça halinin konserve edilmesi ve neticede gazının alınmasıdır. Daha önce yapılan tecrübelerde birinci sistem pahalı olması ve yapıştırıcı maddeye ihtiyaç göstermesi yüzünden kabul edilmemiş, ikinci sistem ise kullanılan usuller dolayısıyla neticede ince tane ve toz miktarı fazla olduğundan uygun bulunmamıştır. Bu suretle bir müddet için bu tip çalışmalara nihayet verilmiştir.

Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesinde Kimya Mühendisliği Bölümünde vazifeli bulunan Prof. Dr. - Ing. E. Weingaerther memleketimizin mühim olan bu ihtiyacını görmüş ve öğrencilerine muhtelif tezlerle bu sahada ara-malar yaptırmıştır. Kendisi kömür teknolojisinde büyük tecrübeye sahip olduğundan birçok yeni fikirleri (haddizatında bu fikirler kısmen eskiden de malûmdu) ortaya koyarak çalışmalarda bulunmuştur. Yapılan etüdlere değeri takdir eden TKİ Kurumu Prof. Weingaertner ile işbirliği yapıp, uygun metodu ortaya çıkarmış, lâboratuvar tecrübelerinden de ileri giderek pilot te-

sisleri kurmuş ve neticede memleket için faydalı ve istifade edilir bir duman-sız yakıt elde etmiştir.

Weingaertner'in inkişaf ettirdiği usul, parça kömür konserve edilmesi ve dumansız hale getirilmesidir.

Bu .meyanda MTA Enstitüsünün çalışmalarından da bahsetmek yerinde olur.

MTA Enstitüsü uzun zamandan beri birinci usulde, yani toz kömürün kurutulması, koklaştırılması ve katıksız olarak yapıştınlalarak briketleştirilmesi istikametinde çalışmaları yapmaktadır. Yapılan lâboratuvar denemeleri iyi netice vermiş olup, halen pilot tesisin kurulması üzerinde çalışılmaktadır. Bu tesisin dövize ihtiyacı olduğundan, dış memleketlerden temini uzun sürmüş, bu sebepten halihazırda lüzumlu parçalar ancak sipariş durumuna getirilebilmiştir. Muvaffakiyet vadeden bu usulün neticesinin alınması ve tesisin kurulması asgarî 5 seneye ihtiyaç gösterecektir.

2. Linyit kömürlerinin optimal bir ısıtma prosesi ile su, gaz ve katranının alınması ve bunlarla ilgili çalışmalar :

### 2.1. Prosesin Teorisi :

Yukarıda da belirtildiği gibi, hedef linyit kömürlerinin parçalanmaya mahal vermeyen bir ısıtma ile su, gaz ve katranının alınması olduğu için, bu ısıtma prosesi esnasında meydana gelen diğer yan fenomenleri daha detaylı etüd etmek zarureti hasıl olmuştur.

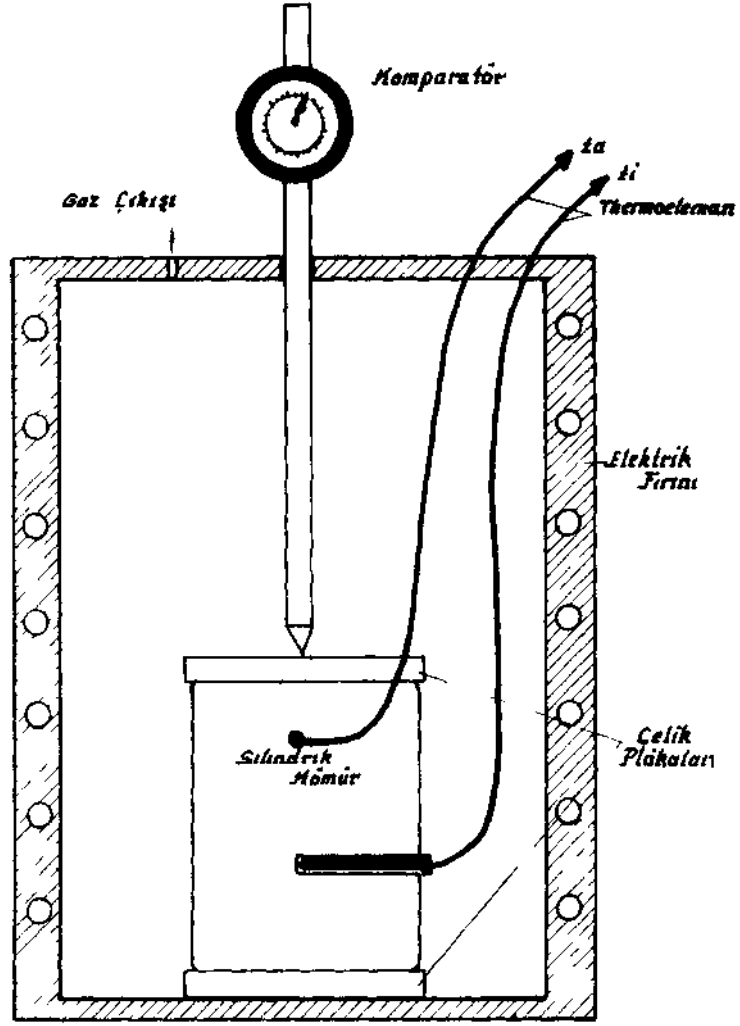
Acaba kömür kururken ve gazı alınırken neden parçalanıyor, içinde ne gibi kimyasal veya fiziksel değişiklikler meydana geliyor? Bu hakikati ortaya çıkarmak, problemin haline büyük katkıda bulunacağından evvelâ kömürün kururken yapraklanıp, parçalanması hadisesi uzun zaman etüd edilmiş ve bu hadiseyi bir deneyle tekrarlamak usulü düşünülmüştür. Netice olarak aşağıda belirtilen sistemle bu olay etüd edilmiştir.

incelenecek kömür, silindirik bir şekilde kesilerek şekil l'de gösterilen alet içinde denemelere tabi tutulmuştur. Isı, elektrik fırını vasıtası ile yükseltilirken, kömürün içine ve yüzeyine yakın bir yere yerleştirilen thermoelemanlar vasıtasıyla iç ve dış sıcaklıklar ölçülmektedir. Ayrıca, kömürün linear genişleme ve 'büzülmesi bütün ısıtma periyodu süresince bir komparatör yardımıyla takip edilmektedir.

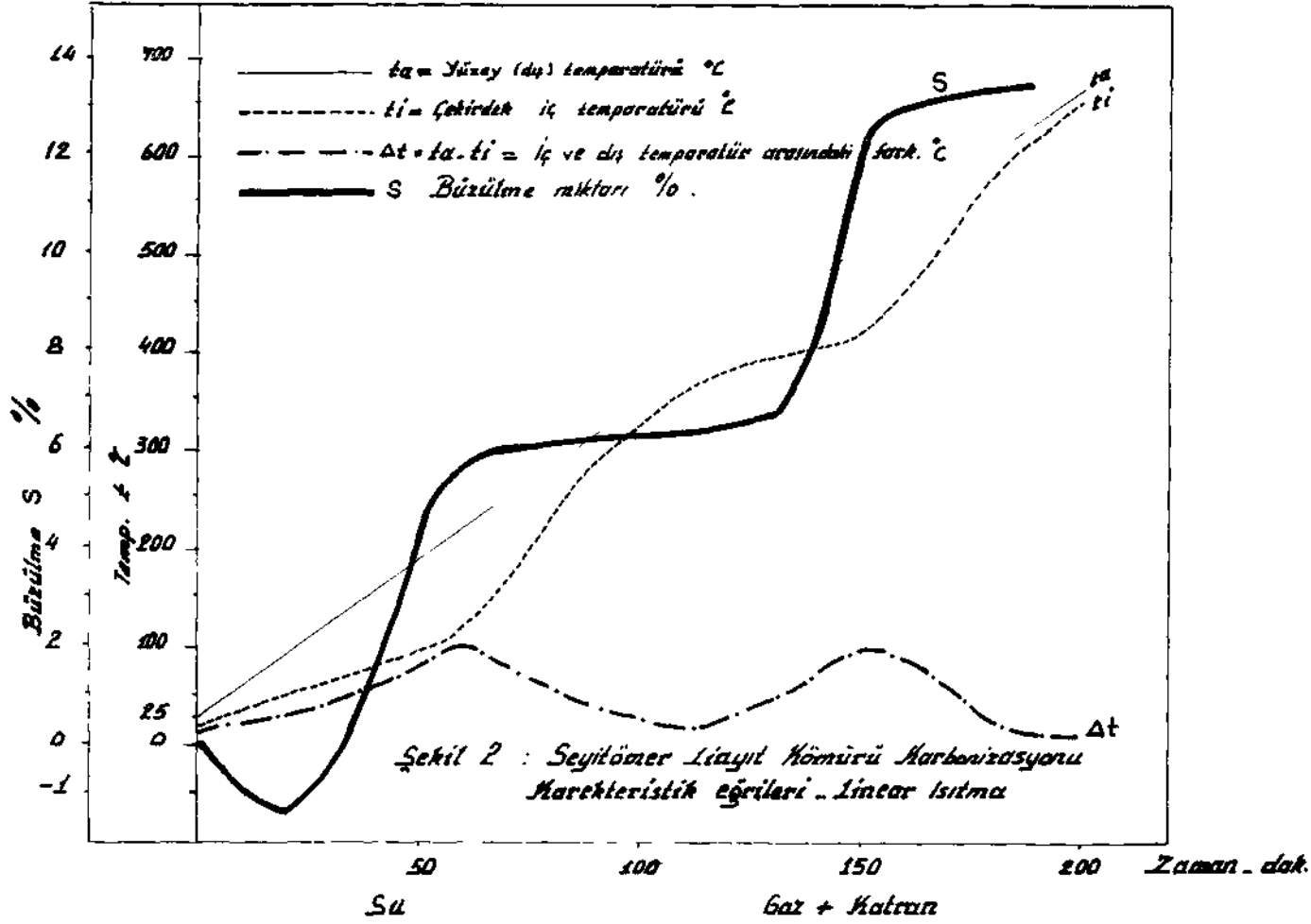
Alınan neticeler diagram halinde şekil 2'de gösterilmiştir. Ordinat, sıcaklık (C) büzülme (%) , absis ise zamanı (dak.) ihtiva etmektedir.

Fırının sıcaklığı linear olarak arttırılmaktadır. Bu ısı, kömür silindirin yüzey sıcaklığı olan ( $t_a$ ) ile aynıdır, ( $t_i$ ), kömürün içindeki sıcaklıktır. Diagramdan ( $t_i$ ) nin ( $t_a$ ) ya nazaran bir parça geride kaldığı bariz bir şekilde görülmektedir. Bu, iç kısımda meydana gelen buharlaşma nedeniyle ısının düşmesinden ileri gelmektedir.

iç ve dış sıcaklık arasındaki fark olan  $t = t_a - t_i$  zamana karşı taşınıldığı takdirde, bunun iki maksimal ekstrem noktadan geçtiği bulunur, iç sıcaklığın dış sıcaklığı bu kadar geriden takip etmesi ve ikisi arasındaki



Şekil 1 Linyit Mömürlerinin koklaşma özelliklerinin tesbitinde kullanılan alet



farkın daimi değişerek ekstrem değerler alması, kömürün iç kısmı ile dış kısmı arasında birbirine aksi istikamette olan gerilimlerin meydana gelmesine ve dolayısıyla kömürün parçalanmasına sebebiyet verir.

Kömür silindirin ısıtma esnasındaki büzülmesi + S, ve dilatasyonu — S ile gösterilmiştir. Bu eğri incelenince, ısıtmanın ilk anlarında bir genişlemenin meydana geldiği ve daha sonra bunun bir büzülme hareketine dönüştüğü görülmektedir. İlk anda meydana gelen bu genişleme çok hızlı olduğu takdirde daha başlangıçta bir parçalanma husule gelebilir. Ayrıca büzülme hızının kurutma ile gaz ve katran alma zonlarında oldukça büyük olduğu müşahade edilmektedir. Bu iki zon arasındaki kısımda büzülme oldukça yavaşlamaktadır.

Netice olarak kömürün ısıtma prosesi esnasındaki parçalanmasının sebebinin iç ve dış sıcaklıklar arasındaki fark olduğu görülür. Büzülme hızının yüksek olduğu zonlarda ısıtma hızını düşürerek parçalanma minimuma indirilebilir. Modifiye edilmiş ısıtma dediğimiz bu tip bir ısıtmada ta, t<sub>i</sub>'ye paralel gitmektedir, t küçük ve sabittir.

2.1.1. Yukarıdaki teorinin hakikate uygun olduğunun kurutma ve karbonizasyon deneyleri ile teyidi :

Uzun çalışmalar ve denemeler neticesinde, yukarıdaki teorinin doğru olduğu anlaşılmıştır.

Kurmuş olduğumuz kurutma pilot tesisinde sıcaklık ve rutubet faktörlerini değiştirmek suretiyle muhtelif kömürler üzerinde birçok denemeler yapılmış olup, kömürlerin karakterlerine uygun kurutma şartları tesbit edilmiştir.

Gerek sıcaklık ve gerekse rutubetin büyük bir rol oynamakta olduğu, kömürün parçalanmasına mani olmak için yavaş, aşağı sıcaklıkta ve muayyen rutubetli havayla kurutmak icabettiği hakikatlerine varılmıştır.

Kurutmadan sonra karbonizasyon deneyleri Fischer - Retortesinde ve bilâhare pilot tesisinde yapılmış ve orada da ısıtma şeklinin mühim rol oynadığı tesbit edilmiştir. Bilhassa karbonizasyonda başlangıçta kritik noktaya gelinceye kadar süratle ısıtılma ve bilâhare yavaşlatma suretiyle iyi neticeler alındığı ortaya çıkmıştır.

2.2. 'Seyitömer kömüründen dumansız kok elde edilmesi! :

Denemelerden sonra ve evvelâ hangi kömür üzerinde durularak pilot tecrübelerinin yapılması düşünüldü ve Alman Linyitlerine en yakın karakterde olan, üretim bakımından da müsait olan, Seyitömer linyit yataklarından istifade edilmesi öngörüldü. Bu kararda, Seyitömer kömürünün ince fraksiyonları gerek Azot Sanayiinde ve gerekse de Elektrik Santralında sarfedilebileceğinden, parça kömürün konserve edilmesi esas kabul edildi. Diğer linyit yataklarımızda toz kömürü satış bakımından mühim problem olduğundan ilk denemelerde tercih edildi.

3.2.1. Seyitömer kömürünün evsafi :

Seyitömer'den halka verilen parça kömürün (+ 100 mm) evsafi geçmiş yıllara göre incelendiği takdirde şu ortalama değerler çıkmaktadır :

	Orijinal Kömür	Kuru Kömür
Su %	38 — 40	—
Kül %	12 — 15	20 — 24

Umumi olarak orijinal kömür külü % 12-15 ve kuru kömürdeki külde % 20-'24 oranında değinmektedir. Bazı hallerde orijinal kömürdeki kül miktarı % 6'ya kadar düşmektedir. Bu da iyi bir kriblaj tesisi ile kömürün külünün alçak tutulabileceği imkânını belirtmektedir.

ODTÜ'ne gönderilen ve üzerinde denemeler yapılan linyit kömürünün Proximat ve Ultimat analizleri Tablo l'de belirtilmiştir.

Tablo : 1. Seyitömer linyit kömürünün analizi

Proximat analizi (460° C'de)	Susuz Kömür	Orijinal Kömür (% 40 rutubet)
Kok + Kül %	62,6	37,6
Gaz %	14,2	8,5
Katran %	3,4	2,0
Reaksiyon suyu %	19,8	11,0
	100,0	60,0
Ultimat Analizi	Susuz Kömür	Kok
C %	55,20	70,80
H %	4,63	2,71
S %	2,42	1,69 (anor- ganik)
N %	1,03	0,83
O %	23,05	4,42
Kül%	13,67	19,95
	100,00	100,00
H <sub>2</sub> O %	11,67	—
Yukarı ısı değeri (cal/kg kuru kömür)	5260	5730

2.2.2. Linyitin kurutulması ve alçak sühnette karbonizasyonuna ait genel bilgiler, ODTÜ'de yapılan deneylerin sonuçları :

Deneylerin gayesi büyük parçalı, sağlam ve dumansız, ucuz, iyi bir ev yakıt koku elde etmektir. Yukarıda evvelce bahsedilen metodlar bu gayeyi temin edemediği için yeni bir sistem İnkışaf ettirilmiştir. Üzerinde çalışılan linyitin içindeki su miktarı % 40'a kadardır ve tane büyüklüğü 8 -12 cm civarındadır. Bu tane büyüklüğündeki kömür özel bir şekilde % 15 H<sub>2</sub>O miktarına kadar, aşağıda belirtilen ve mümkün olduğu kadar büyük parça halini muhafaza etmeyi sağlayan özel şartlar altında, kurutulur, ön kurutmaya tabi tutulmuş kömür takriben yine özel şartlar altında 420° -440° OUK nihai temperature kadar damıtılır, damıtma mahsulleri su, katran, hafif yağ ve gaz çökeltir ve ayrılır veya özel işlenir, kok soğutulurak bilâhare eleme ile çeşitli fraksiyonlara ayrılır.

### 2.2.2.1. Linyitin kurutulması :

#### 2.2.2.1.1. Pilot kurutma tesisi :

Bu tesis ODTÜ'de kendi imkânlarımızla yapılmış olup, detayları aşağıdadır :

«Koruyucu Kurutma» pilot tecrübelerinin proses şeması Şekil 3'de gösterilmiştir. Kurutma için gerekli hava bir elektrik motoru (a) vasıtası ile temin edilmekte, miktarı manometre (b) ile ölçülüp, bir klape (c) ile ayarlanmaktadır.

Elektrikli ısıtıcıdan (d) geçen hava istenen sıcaklığa geldikten sonra, iki atü'lük kuru buhar ile karıştırılmaktadır. Buhar miktarı bir valf (e) vasıtası ile régüle edilmektedir. Isıtılmış hava ile buharın tam olarak karıştırılabilmesi için bir siklon (f) kullanılmaktadır. Rutubetli ısınmış hava kömür akış istikametine ters olarak kurutucu fırını (g) aşağıdan yukarıya doğru katetmekte ve rutubeti artmış olarak bacadan (h) çıkmaktadır. Kuru kömür, kurutucu fırının altında bulunan 4 segmentten ibaret döner bir tromelin (i) her bir buçuk saatte 180° çevrilmesi suretiyle boşalmaktadır. İlişik 1 No. lu fotoğraf bu kurutma tesisini göstermektedir.



Fotoğraf 1 : Pilot kurutma tesisinin bir görünüşü

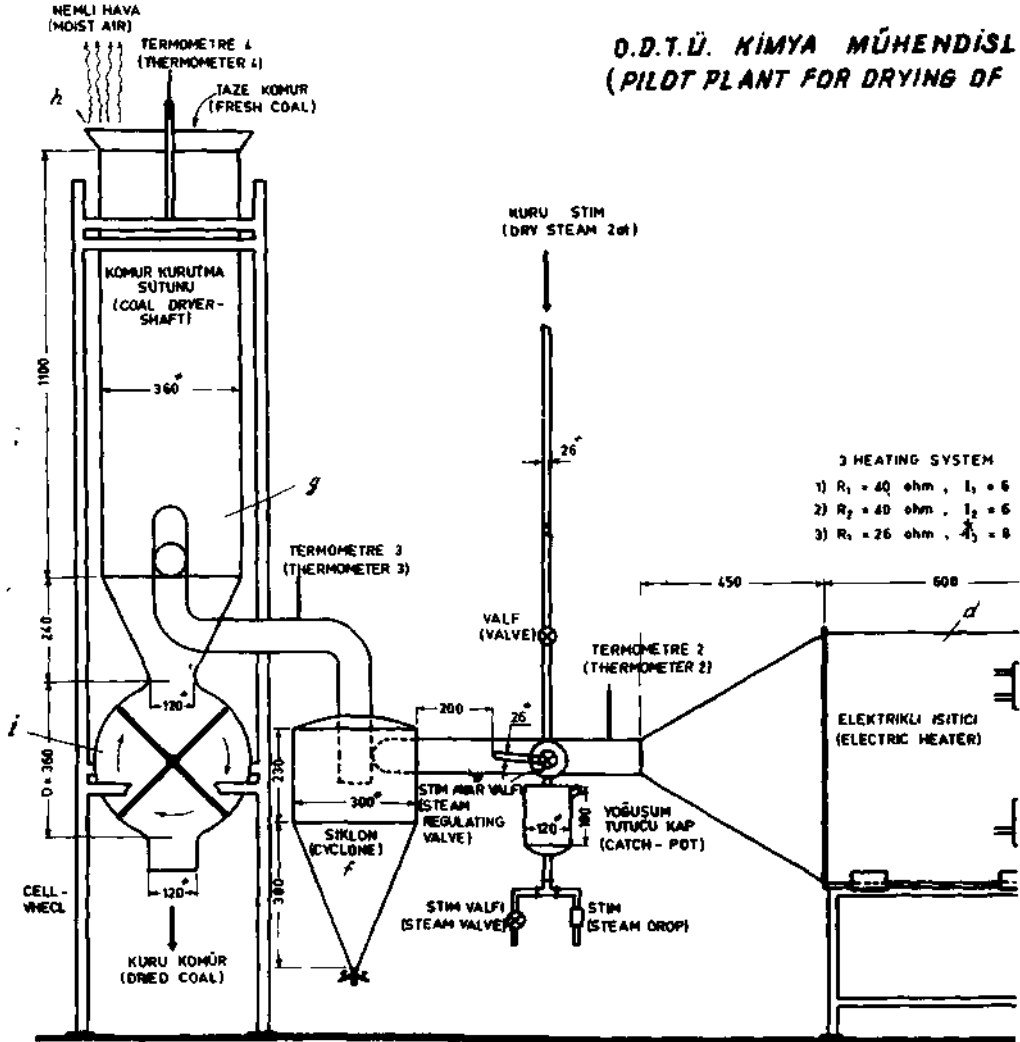
#### 2.2.2.1.2. Kurutma tecrübeleri :

Bugüne kadar başka memleketlerde bu mevzuda belirteceğimiz esas dahilinde denemeler yapılmamıştır. Göz önünde tutulan en mühim faktör kömürün parçalanmasına imkân nisbetinde mani olmak ve kömürü parç a halde muhafaza edebilmektedir Kömürün rutubeti alınırken parçalanma sebepleri iyice incelenmiş ve günlerce kömür rutubetini kaybetme esnasında inüşahade



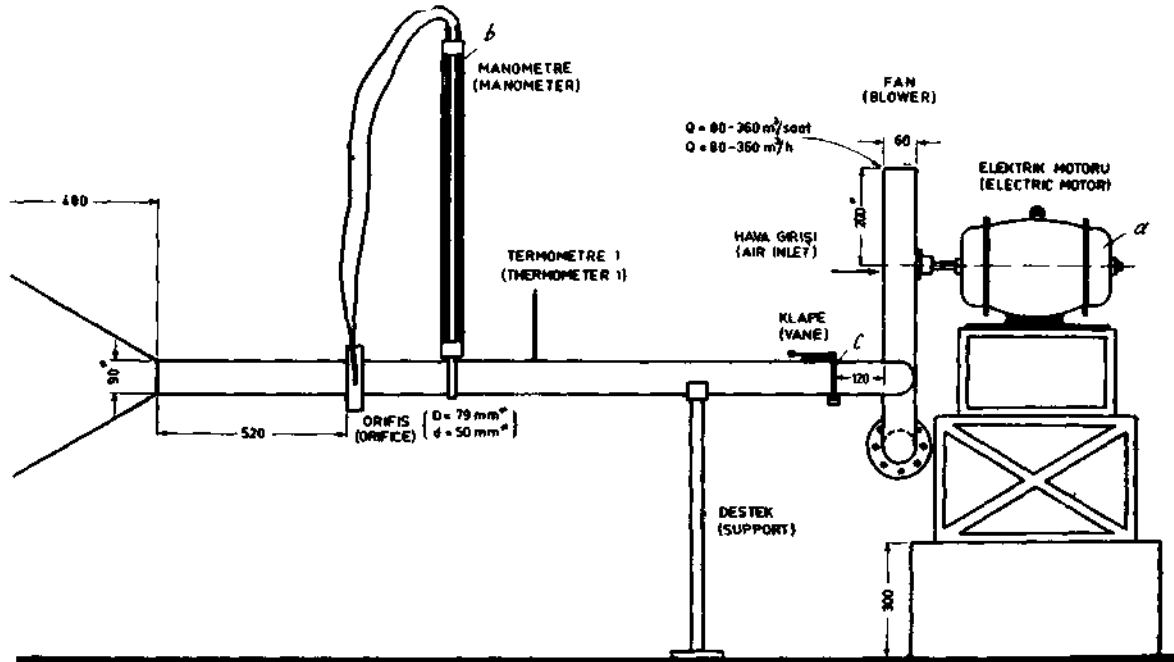


**D.D.T.Ü. KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**  
**(PILOT PLANT FOR DRYING OF ...)**



**BÖLÜMÜNDE SEYİT ÖMER KÖMÜRLERİ KURUTMA ŞEMASI  
(SEYİT ÖMER LIGNITE M.E.T.U. DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING)**

(Ölçüler mm dir.)



Şekil : 3.



altında tutulmuştur. Suya aç bir hava veya gaz karışımı ile kömür kurutulduğu takdirde parçalanmanın fazla olduğu tesbit edilmiş, ve denemelerde İçinde bol miktarda rutubet bulunan hava ile kurutma yapılması esas kabul edilmiştir. Tabii kömür içinde geçen hava ve gazın sür'ati de mühim bir rol oynadığından bu faktör üzerinde de geniş çapta denemeler yapılmıştır.

#### 2.3.3.1.3. Optimal Kurutma Şartları :

Yapılan deneyler neticesinde Seyitömer kömürünün, şayet Tablo 2 deki şartlar altında kurutulursa, parça büyüklüğünü muhafaza ettiği fakat kurutma sırasında toz haline gelmeksizin ağırlık kaybettiğinden büzülerek küçüldüğü müşahade edilmiştir.

Şimdi elde edilen en uygun neticeyi gözden geçirelim :

Kurutucunun girişinde kurutma gazı 65 - 75° C ısıya ve 42° C de doymuş olacak şekilde rölatif bir rutubete sahip olmalıdır (0, 050 kg H<sub>2</sub>O/kg kuru hava). Linyit bu şartlar altında % 40 başlangıç su miktarından % 15 nihai su miktarına kadar kurutulmalıdır. Bu toplam rutubet suyunun % 72 - 75 nln buharlaştırılması ve aynı zamanda linyitin 65 - 75° C lik nihai temperature kadar ısıtılması gerektiği demek oluyor. Bunun için lüzumlu ısı miktarı kurutma gazı vasıtası ile getirilir; burada kurutma fırınının boyutları o şekilde seçilmelidir ki, kömürün kurutulması için 0. 30 m/san. den fazla linear hızlar (serbest kesit üzerinden) meydana gelmesin, daha büyük hızlar kömürün ufak tanelerinin sürüklenmesine, bazı hallerde de tozlanmasına sebep olmaktadır. Tecrübelerde ortalama 20 kg/m<sup>2</sup> x h lık bir nemli kömür kesit yüküyle çalışılması uygun netice vermiştir. Kurutma fırının yüksekliği 1.20 m. idi. (Esas tesiste fırın yüksekliğinin ufalmaya sebep olmayacak şekilde seçilmesi doğru olur.)

Hava vasıtası ile belirtilen ısılardaki kurutmanın % 5 bakiye nem miktarına kadar yapılabileceği, tecrübeler neticesi bulunmuştur. Ancak o zaman daha yüksek oranda toz (= - 4 Tyler eleği = - 5 mm) teşekkül ediyor.

Kurutma prosesinde tane büyüklüklerinin muhafaza effektini Tablo 3 deki donelerden çıkarmak mümkündür Görüldüğü gibi, burada uygulanan koruyucu şartlar altında büyük taneleri oldukça muhafaza etmek mümkündür.

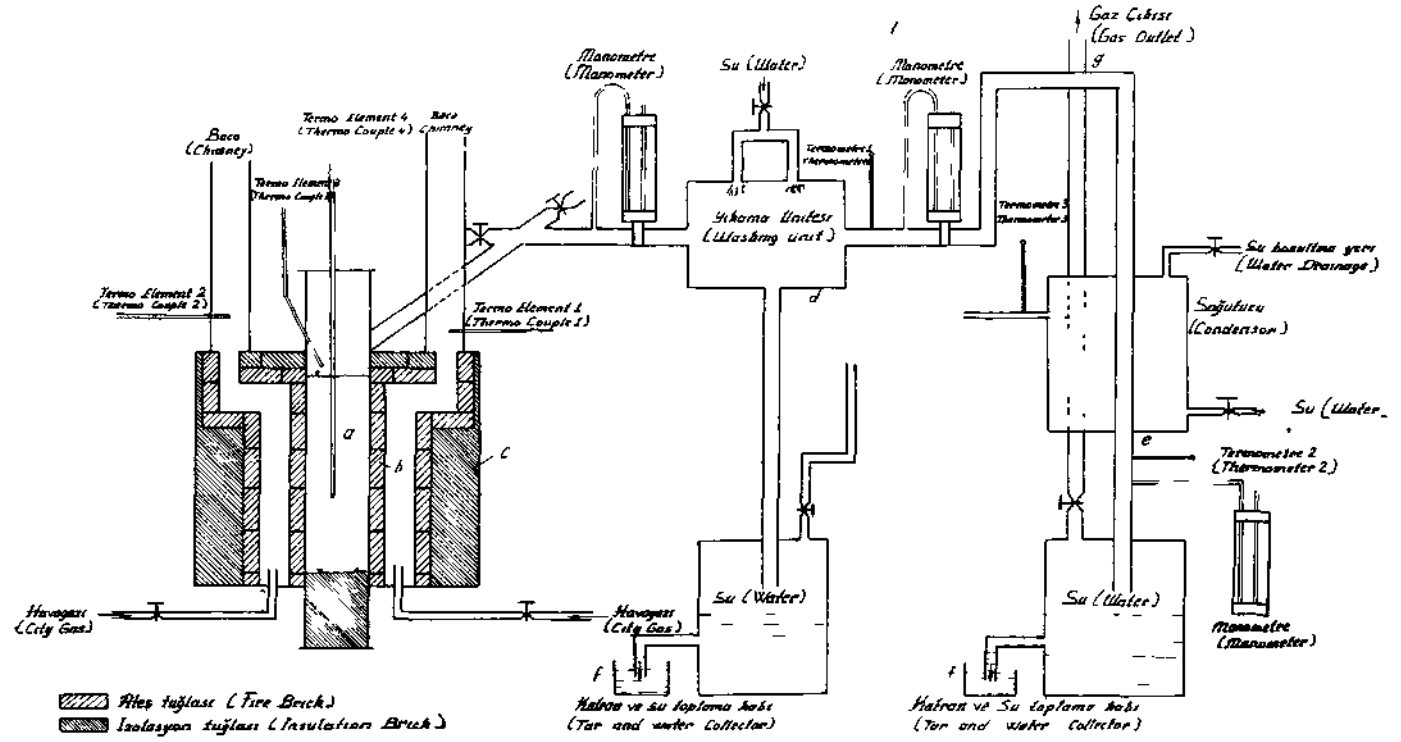
Yaklaşık olarak sadece % 5 toz meydana geliyor. Tyler - elek No. 3, 3.5 ve 4 ile yapılan elemeler esas olarak alınmıştır. Bunlar + 8 mm. 6-8 mm. 5-6 mm. ve - 5 mm. tane büyüklüklerine tekabül ediyor. 8 mm. den yukarı tane büyüklükleri daha derin incelenmiyor, çünkü bunlar son prodük olmayıp, karbonizasyona veriliyor.

Bizimpilot tesiste yaptığımız kurutma ile yıkayıcı gaz kurutması esas itibariyle farklı değildirler. Ancak, adından da anlaşılacağı üzere burada kurutucu olarak hava yerine proseste husule gelen inert gazlar kullanılmaktadır.

#### 2.3.2.3. Alçak euhnet karbonizasyonu (kömürün gazmm alınması) :

##### 2.3.2.2.1. Pilot karbonizasyon tesisi :

Karbonizasyon için kullandığımız pilot tesis, plânları Almanya'nın Heinrich Koppers GmbH firmasından getirilerek tamamen yerli malzeme ile burada yapılmış ve monte edilmiştir. Denemeler esnasında tesisin şeması Şekil 4 de gösterilmiştir Fırın satıh ısıtma prensibi üzerine yapılmış olup, 130

Şekil 4 Carbonizasyon Seması

kg.lık bir kapasiteye sahiptir. Isıtma için havagazı kullanılmaktadır. Kok kamarasının (a) etrafı ateş tuğlaları (b) ile çevrilmiş ve dışarı ile ısı alış-verişini önlemek için fırın izolasyon tuğlaları (c) ile kaplanmıştır. Bacalardaki ısı değişimleri 1 ve 2 No.lu kömür içinde ise 3 ve 4 No.lu termo elementlerle ölçülmektedir. Katran, hafif yağlar ve su, yıkama ünitesinde (d) ve soğutucuda (e) ayrılıp, biriktirme kaplarında (f) toplanıyor gazlar ise (g) de dışarı veriliyor, ilişik 2 No.lu fotoğraf tesisin bir görünüşünü vermektedir.



Tablo 2 : Seyitömer linyitlerinin kurutulması için doneler

310 saatlik bir kurutma zamanının avarajı olarak  $71^{\circ}\text{C}$ 'de  $122 \text{ m}^3/\text{saat}$  kuru hava ve  $65^{\circ}\text{C}$ 'de (doymuluk derecesi  $45^{\circ}$ )  $133 \text{ m}^3/\text{saat}$  yaş hava ile hesaplanmıştır :

Taze kömür miktarı	3.000 Kg/h
	= 25.0 $\text{g}/\text{m}^3$ kuru hava
	= 23.0 $\text{g}/\text{m}^3$ yaş hava
Su 'buharlaşması	0.975 Kg/h
	= 8.0 $\text{g}/\text{m}^3$ kuru hava
	= 7.4 $\text{g}/\text{m}^3$ yaş hava
Kuru kömür miktarı (14.5 % $\text{H}_2\text{O}$ )	2.300 Kg/h
	= 18.8 $\text{g}/\text{m}^3$ kuru hava
	= 18.3 $\text{g}/\text{m}^3$ yaş hava

**Kurutucu — yükü :** Serbest çap 0.40 m

Kurutucu serbest alanı :  $0,126 \text{ m}^2$ ,  $y=1.260 \text{ m}$ , yükseklik : 120 cm; hacim :  $0.151 \text{ m}^3$

$$\frac{\text{Taze kömür akımı}}{\text{serbest alan}} = \frac{3.000 \text{ Kg}}{0.126 \text{ h}} \frac{1}{\text{m}^2} = 23.8 \text{ kg taze kömür/m}^2\text{h}$$

Kömürün kurutucu içinde kalış zamanı (taze kömür esas alınarak)-

$$\frac{\text{Taze kömür akımı}}{\text{Hacim}} = \frac{3.000 \text{ Kg}}{0.151 \text{ h}} \frac{1}{\text{m}^3} = 20.0 \text{ Kg taze kömür/m}^3 \text{ kurutucu}$$

Hacımı x h

Kurutucu gaz veya hava hızı : (20°C ve 750 mm Hg üzerinden)

Kuru hava : 122 mVh; 42°C (Doygunluk derecesi) = 0.059 kg H<sub>2</sub>O/kg kuru hava

$$\text{Yaş hava : } \frac{59.0 \times 22.4}{18} = 73.5 \text{ litre H}_2\text{O/1 kg kuru hava}$$

$$1 \text{ kg kuru hava} = \frac{1}{1.280} = 0.782 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} 73.5 \text{ litre H}_2\text{O}/0.782 \text{ m}^3 \text{ kuru hava} &= 94.0 \text{ litre H}_2\text{O}/1 \text{ m}^3 \text{ kuru hava} \\ &= 0.94 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/1 \text{ m}^3 \text{ kuru hava} \end{aligned}$$

$$\text{Toplatn yaş hava} = 122 + 122 \times 0.094 = 122 + 11.50 = 133.50 \text{ m}^3 \text{ yaş gaz/h}$$

Doğrusal gaz hızı, serbest kurutucu alanı üzerinden :

$$V = \frac{133.50 \times 4}{3600 \times 0.16 \times 0.14} = 0.300 \text{ m/sec. } 65^\circ\text{C girişte ve } 45^\circ\text{C çıkışta (20}^\circ\text{C ve 750 mm Hg üzerinden)}$$

Yaş kömür esas alınarak kurutucu gaz ihtiyacı :

$$\frac{3.000 \text{ Kg}}{133.5 \text{ h}} \times \frac{h}{\text{m}^3} = 0.0226 \text{ kg yaş kömür/m}^3 \text{ yaş gaz} = 22.6 \text{ g/m}^3$$

Tablo 3 Seyitomer linyitinin % 40 dan % 15 su miktarına kadar kurutulmasından sonra tane büyüklüğü dağılımı :

Kurutmadan önce tane büyüklüğü 4-6 cm  
Kurutmadan sonra .

Tyler elek No.	ram	fraksiyon %
+ 3	+8	93.43
3.5 – 3	6 – 8	0.93
4 – 3.5	5 – 6	1.01
– 4	–	5 4.63
		100.00



#### 2.2.2.2. Karbonizasyon tecrübeleri :

Kurutma neticesinde içinde % 15 rutubet bulunan kömür bilâhare satıh ısıtma karbonizasyonuna tabi tutulmuştur. Yine bu prosedürdeki esas prensip, pilot tesise konan kömürün imkân nisbetinde az ufalanmasını temin etmektedir. Bu neticeye erişebilmek için sayılan çok miktarda olan denemeler yapılmış ve muhtelif faktörler değiştirilerek maksada uygun olan aşağıda belirtilen şartlar tesbit edilmiştir.

#### 2.2.2.2.8. Optimal Karbonizasyon şartları :

Isı yavaş yavaş, yükseltiyle 10-12 saat içersinde 70°C den 420°C ye çıkarılmıştır. Esas itibariyle 420°C de yapılan karbonizasyon neticesinde elde edilen kokun dumansız olduğu tesbit edilmekle beraber, her ihtimale karşı emniyetli çalışmayı sağlamak için 440° C ye kadar ısıtma imkâm mevcut bulunmasının faydalı olduğu görülmüştür.

Tablo 4 de bir kurutma ve karbonizasyon bilançosu 130 kg. rutubetli kömürle yapılan bir çok deneylerin ortalaması olarak gösterilmiştir. Buradan tesis boyutlarının hesaplanması için önemli bütün doneler, Tablo 1 deki kalori değerleri ile birlikte alınabilir.

Husule gelen katran satılabilecek veya tesiste yakıt maddesi olarak kullanılacak veyahutta içersinde bol parafin olduğundan parafin ayrılacaktır. Katranın bir kısmı hafif mazot (fuel - oil) olarak ayrıldığından traktörlerde kullanılabilir. Ayrılan sular içinde az miktarda fenol mevcut olduğundan bu da kazanılabilecektir.

Tablo 5 de yaklaşık olarak bileşimi verilen karbonizasyon gazı tüm olarak işletmenin ısıtmasına kullanılmalı, bunun artık gazları da kurutmaya hizmet etmelidir. Kurutma için gerekli su buharı kok soğutmasından alınmalıdır. Ev yakıtı olarak kullanılacak olan + 8 mm lik parça kok, elde edilen kokun takriben % 90 ını teşkil etmektedir, yükleme ve transport sırasındaki zorlamalar neticesinde parçalanmayacak bir sağlamlıktadır. Tablo 6 daki parçalanma testi neticesi de bunu teyid etmektedir. % 10u bulacak olan 8 mm den ufak parçalar ise sanayi koku olarak metalürjide ve diğer endüstride de değerlendirilebilir.

Burada«gaz karbonizasyonu» nun bizim tecrübelerde yaptığımız ve yukarıda izah ettiğimiz «satıh ısıtma karbonizasyonu» ndan daha uygun olduğunu ve kurulacak tesisin bu metodu esas alacağını da belirtmek gerekir.

#### 2.3. tik olarak yapılacak tesisin kapasitesi hakkında malûmat :

Yukarıda belirtilen pilot denemeleri müsbet netice verdiğiinden Seyitömer kömürlerinden dumansız yakıt yapılmasını temin maksadiyle bir tesis kurulması düşünülmüştür.

Tablo : 4

Seyltömer düşük derece krbaozasyon doneleri	Avaraj ve dUzeltim% Kg	%	Optimum istihsal ton/yıl min.	330 gün, 2 firm ton/yıl max.
Toplam yağ kömür miktarı (% 40 HO)	130.000	100.0	200.000	300.000
Toplam su miktarı	52.000	40.0	80.000	120.000
Kuru kömür + kül	78.000	60.0	120.000	180.000
Kuru kömür su miktarı		15.0	15 %	15 %
Kuru kömür miktarı	91.760	70.6	141.200	211.800
Uçan su miktarı	38.240	73.5*	58.800	88.200
Kuru kömür su miktarı	13.760	10.6	21.200	31.800
Kok miktarı	52.000	40.00	80.000	120.000
H <sub>2</sub> O miktarı	13.760	10.60	21.200	31.800
Kimyasal su miktarı	7.995	6.15	12.300	18.450
Katran miktarı	2.990	2.30	4.600	6.900
Gaz miktarı	12.545	9.65	19.300	28.950
Kayıplar	2.470	1.90	8.800	5.700
Toplam	91.760	70.60	141.200	211.800
Yaş kömürdeki kül miktarı	7.873	606	12.120	18.180
Kok verimi		56.60		
Hesaplanmış yukarı ısı değeri (kok/kg)	—	6000	—	—

Tane büyüklüğü dağılımı indirgenmiş %	Kuru kömür %	Kok %	⇒p fark	optimum istihsal Ton/yıl nün.	S30 gün 2 firm Ton/yıl max.
+ 3 Tyler + 8 mm	51.00	44.00	— 7	62.200	93.300
+ 3.5 + 6 mm	0.80	2.65	+ 1.75	3.580	5.370
+ 4 + 5 mm	0.90	2.57	+ 1.67	3.620	5.430
— 4 — 5 mm	3.90	7.48	+ 3.68	10.600	15.900
Toplam	56.60	56.60	:0.00	80.000	120.000

Kok elek analizi		Kuru kömür kg	Kok kg
+3 Tyler	+ 8 mm	82.700	40.000
+ 3.5	+ 6 mm	1.300	2.240
+ 4	+ 5 mm	1.460	2.260
— 4	— 6 mm	6.300	7.500
Toplam		91.760	52.000

\* Toplam su üzerinden = 100

Tablo 5 : Seyitömer linyitinin krabonizasyon gazı bileşimi

	Vol%	
<b>CO<sub>2</sub></b>	55	1.96.0.55 = 1.78
<b>CH<sub>4</sub> (C.H.)</b>	3	1.88.0.03 = 0.056
<b>CO m<sup>4</sup> 8'</b>	8	1.25.0.08 = 0.100
<b>H<sub>2</sub></b>	3	0.09.0.03 = 0.003
<b>CH<sub>4</sub></b>	33	0.72.0.31 = 0.223
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>1.460</b>
Molekül ağırlığı 32,4		
özgül ağırlık g/litre		1.460

Tablo 6 : Seyitömerkokunun parçalanma tesiti :

Avaraj büyüklüğü 3.5 cm olan + 8 mm 100 parça kok tartıldı ve 3 m yükseklikten 1.5 m<sup>2</sup> lik bir alan üzerine tek tek düğüldü. Tekiardan toplandı ve tartıldı ve elendi. Elek analizi neticesi

<b>Tyler-Elek No.</b>	<b>mm</b>	<b>% ağırlık</b>
<b>+ 3</b>	<b>+ 8</b>	<b>82.00</b>
<b>3.5 — 3</b>	<b>6 — 8</b>	<b>3.75</b>
<b>4 — 3.5</b>	<b>5 — 6</b>	<b>3.75</b>
<b>— 4</b>	<b>— 5</b>	<b>10.50</b>
		<b>100.00</b>

Tesisin planlanmasına esas alman linyitin ve elde edilecek kokun analizleri aşağıda belirtilmiştir :

<b>Linyit</b>	<b>Aşağı sınır</b>	<b>Yukarı sınır</b>
<b>Rutubet</b>	<b>% 42</b>	<b>% 38</b>
<b>Kül</b>	<b>% 15</b>	<b>% 6</b>
<b>Uçucu madde</b>	<b>% 18</b>	<b>% 22</b>
<b>Sabit karbon</b>	<b>% 25</b>	<b>% 34</b>
<b>Kalori (Ho)</b>	<b>2740 Kcal/kg</b>	<b>3200 Kcal/kg</b>
<b>Kalori (Ha)</b>	<b>2520 Kcal/kg</b>	<b>3070 Kcal/kg</b>
<b>Dumansız Kok</b>	<b>Aşağı sınır</b>	<b>Yukarı sınır</b>
<b>Rutubet</b>	<b>% 3</b>	<b>% 3</b>
<b>Kül</b>	<b>% 29</b>	<b>% 15</b>
<b>Uçucu madde</b>	<b>% 2</b>	<b>% 2</b>
<b>Sabit karbon</b>	<b>% 66</b>	<b>% 80</b>
<b>Kalori (Ha)</b>	<b>5000 Kcal/kg</b>	<b>6000 Kcal/kg</b>

Tesis 1000 t/gün ve + 100 mm tane büyüklüğündeki linyit için hazırlanacaktır. Böylece yılda 300.000 ton parça linyit islenerek, 120.000 t parça kok (8 +8 mm) ve 10.000 t sanayi koku (— 8 mm) elde edilecektir!

Bu gibi bir tesisin takriben 42 Mio TL. sına çıkabilecek ve iki senede de imkâl edilebilecektir.

Prossesin akım şeması Şekil 6 da gösterilmiştir.

3. Dumansız yakıt elde edilmesinin Türkiye JEkononülsi ve halk sağlığına tesirleri :

3.1. Türkiye Ekonomisine dumansız yakıtın katkısı :

Gerek memleketin nüfusunun süratle artması ve gerece sanayileşme, kömür ihtiyacını ehemmiyetle ortaya çıkarmaktadır.

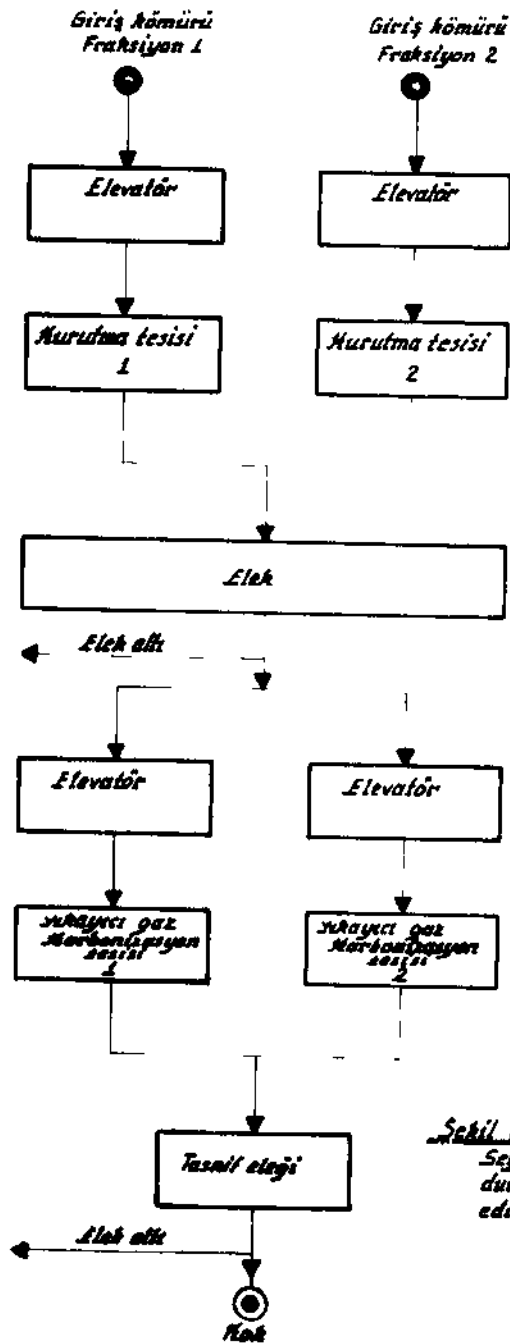
Odunun, yani ağaçların yakıt olarak kullanılmaması alınan tedbirlerle ve halk eğitimiyle temin edilmekte, bu da teshinde kömürün kullanılmasını arttırmaktadır. Sanayileşen Türkiye'nin maden kömürüne ve koka ihtiyacı günden güne yükselmekte, yaptığımız hesaplara göre ancak güçlkle 3. Demir Çelik Sanayiini karşılayacak durumdadır, yani yakın bir zamanda teshih için kok verememe zarureti hasıl olacaktır. Zaten maden kömürünün yakıt olarak kullanılması gerek kimyasal ve gerekse metalurjik özelliklerinden dolayı ekonomik değildir. Kömürden çıkarılacak talî maddeler ısıda elde edilecek kalori değerinden kat kat daha kıymetlidir.

Çok ufak olan taşkömürü rezervlerimizin ısı kaynağı olarak kullanılması, hiç bir zaman makbul olamaz ve bir hesapla da jüstifyie edilemez. Bu sebepten ısı kaynağı olarak linyitlere geçmek mecburiyeti vardı r.

Memleketimizin hemen her tarafına dağılmış olan linyit yatakları hali hazırda iyi bir şekilde aranmış olmamakla beraber, elimizde bugün çalışmakta olan, büyük denebilen linyit yataklarıımız mevcuttur. Bunların inkişafı, üretimlerinin artması, linyitin kısa zamanda tozlanmasından dolayı büyük güçlükler arz etmektedir. İçinde fazla miktarda su bulunan linyitler kendi kendisine kururken dahi parçalanmakta ve toz haline gelmektedir. Toz linyiti değerlendirmek ve kullanmak bugün için Türkiye'de ancak elektrik santrallerinde ve kısmen Çimento ve Azot Sanayiinde mümkündür. Bunun haricinde sobalarda ve kaloriferlerde toz linyit kullanılmasına imkân yoktur. İleri tekniği olan memleketlerde linyitin gazifiye edilmesi ile değerlendirme imkânı vardır. Ayrıca mevcut olan bazı usullerle de benzin vs. maddelerin yapılmasına gidilmektedir. Bu sanayiin de bir müddet sonra memleketimize inkişaf etmesi mümkündür.

Bir kısmı istihsal esnasında toz olarak çıkan linyit ve parça olarak çıkan fraksiyonların da tozlanması ve istifade edilemez hale gelmesi linyit ocaklarının karşısında olan bir problemdir. Bunlara misal olarak Beypazarı, Dodurga ocaklarımızı ve hususî sektörlerdeki ocakları verebiliriz. Yaz aylarında istihlâk azaldığından, ocakların istihsalini de azaltmak, kış aylarında çoğaltmak gibi madencilğe uymayan güçlükler mevcuttur.

Ocaklar, istihsal tempolarını zaman zaman değiştirmek, ayarlamak mecburiyetinde ve işçilerini de işten çıkarıp, tekrar işe almak zaruretindedirler. Bu nedenle memleketimizdeki linyit işletmelerinin inkişafı karşısında büyük bir duvardır



**Şekil 6.**  
Seyitömer kömüründen  
dumanlısız yakıt elde  
edilmesi akım şeması

Yukarda izah ettiğimiz parça kömürün konserve edilmesi ve dumansız hale getirilmesi bu problemi kısmen halledecek ve linyit istihsalinin gelişmesine bir miktar katkısı olacaktır. Yani bir miktar linyitin tozlanıp, değersiz hale gelmesine mani olunabilecektir.

Bilârahe M.T.A. nın yapmakta olduğu denemeler ve pilot tesisi iyi netice verdiği takdirde doğrudan doğruya tozun değerlendirilmesi imkânı hasıl olacak ve bu şekilde linyit problemi tamamen hallolabilecektir.

Bunun neticesi de kömür endüstrisi memleketimizde inkişaf edecek, ihtiyaç da kolaylıkla ve ekonomik bir şekilde temin edilebilecektir. Binaenaleyh yukarıda bahsettiğimiz tesislerin bir an evvel kurulması memleket için çok faydalı olacaktır.

## 8.2. Hava kirlenmesinin insan sıhhatine, (dolayısıyla memleket ekonomisine yaptığı etkiler :

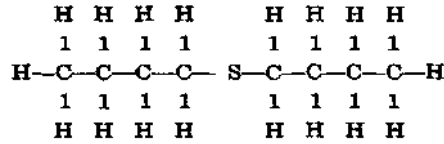
Batı Ülkelerinde bir çok lâboratuvarlarda uzmanlar, yıllardan ben hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerini araştırmaktadırlar. Anlaşılmıştır ki kirli havanın insan sağlığına yaptığı etkiler vardır.

Kirli havanın ne derece zararlı olduğu takriben 20 sene evvel Birleşik Amerika'da Pittsburg'un 40 km. kadar yakınındaki Donora şehrinde olan hadiselerle anlaşılmıştır. Bu şehirde, havanın hareketsiz ve sisli olduğu bir sırada, dumanlardan, toksit gazlardan ve sisten meydana gelmiş bir kubbe şehrin üstünü tamamen kapatmış ve bunun neticesinde 19 kişi, mahalli hastanede rahat teneffüs edememe neticesinde ölmüş, yüzlerce kalp hastası ve astımı olan hasta mıntıka dışınanakledilmişlerdir. Donora şehrinde olanlar olağanüstü bir hal değildir, başka gehirlerde de olmuştur ve tekrar birçok yerde meydana gelmesi mümkün olan bir haldir. Fakat ekseriya hava cereyanları naturel bir havalnadırma sağlar, kirli havayı uzaklaştırarak yerine temiz hava yollar ve kirlenmiş havayı dilüe bi hale sokar, Donora'da meydana gelen olay, rüzgârsız bir günde aşağı doğru çöken bir sise, duman ve toz gibi her türlü pisliğin yapışarak adeta yarı katı bir smır tabakası meydana getirmesi suretile olmuştur.

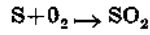
Ankara'da da buna benzer durumun kısmen meydana geldiği çok defalar görülmüştür.

Rüzgârsız günlerde şehrin üstünde duman ve sisten müteşekkil bir kubbe hasıl olduğunu görmüşüzdür. Muhakkak ki bunun insan sıhhati üzerinde gözümüzden kaçan pek çok tesiri olmuştur ve olmaktadır. Fakat bir gün, Donora'daki gibi kendini herkese duyuracak bir faciannın meydana gelmesi de pekâlâ mümkündür.

Linyit kömürünün hava kirlenmesindeki rolü, yandığı zaman içindeki kattan ve kükürt bileşiklerinin büyük bir oranda tam yanmadan dumana geçmelerinden ileri gelmektedir. Kömür mevcut kükürt, anorganik (CaS04) ve organik kükürt, yani,



olarak iki halde bulunur. Bunlardan birincisi tamamen zararsız olup, yanma neticesi havaya karışması mevzubahis değildir. Organik kükürt ise duman ile bacadan çıkarak havaya karışır ve



formülüne göre havanın oksijeni ile birleşir, teneffüs yollarını ve akciğerleri tahriş etmesi bakımından zararlıdır.

Diğer taraftan katran içinde bulunan tam yanmadan havaya karışan, aromatik gruba ait hidrokarbonlar kanser yaratıcı olarak tanınırlar. Bunların en zararlısı benzopyren diye adlandırılan bir hidrokarbondur.

Memleket ekonomisinde en büyük hazine insan sıhhati ve insan dehası olduğundan, kirlenen bir hava, insan sıhhatini bozması ve onu ölüme kadar götürmesiyle ekonomide de büyük etki yapar. Hastalanarak tam enerjisini kaybeden insanlar, çalıştıkları yerde randıman vermezler ve tedavi masrafları da memleket sırtına büyük bir yük olur.

Hava kirlenmesi neticesinde solunum organlarında arazlar çıkması ve kanser gibi, yıkıcı, öldürücü hastalıklar meydana gelmesi ekonomik gücümüzü zedeleyecek ve zayıflatacaktır.

Kömür yanması ile çıkan zararlı gazları bertaraf etmiş olan dumansız yakıtın kullanılması ile memleketimizde ekonomik etkiler hissedilecektir ve hiçbir para değeri ile ölçülemiyen insan sıhhati ve gücü kaybedilmeyecektir.

#### 4. Netice :

TKİ ve Orta Doğu Teknik Üniversitesinin işbirliği ile yürütmekte oldukları çalışmalar neticesinde yeni bir metod inkişaf ettirilmiştir. Metodun esası, parça kömürün parça durumunun konserve edilip (prosedür esnasından fazla parçalanmasına mani olacak şekilde) gazının alınarak alçak sühnette dumansız kok (sömi-kok) elde edilmesidir.

Dumansız yakıt, Türkiye ekonomisi ve halk sağlığı bakımından büyük bir önem taşımaktadır. Memleketimizde ilk defa olarak linyitten söm - kok elde edecek böyle bir tesisin kurulması faydalı olacaktır.

#### Bibliografik Tanıtım :

- 1) Prof. E. Weingaertner : Grundlagen zu einer Lignit - Trocke und Schwelanlage, Mai 1970.
- 2) R. Rummel öl und Kohle in Gem. mit Brennstoff - Chem. 45-48, S. 709-23.
- 3) Makina Mühendisleri Odası: Büyük şehirlerde havanın temizlenmesi kongresi, Nisan 1969.
- 4) Prof. E. Weingaertner ve H. Ergun: «Seyitömer linyit kömüründen kurutma ve takiben alçak sühnet karbonizasyonu yoluyla dumansız yakıt elde edilməsi fizibilite etüdü\*, Ankara. Eylül, 1970.

- 5) K. özhan: «Investigation in the drying of Seyitömer lignites and it's influence on the production of a stable smokeless fuel», Master Tezi, O.D.T.Ü.
- 6) A. Çuflaz: «Low temperature carbonization of Seyitömer (Kütahya) lignites for smokeless fuel production», Master tezi, O.D.T.Ü.
- 7) Dr. C. Otto: Rauchfreier OHausbrand aus türkischen Ligniten, 16.11.1964.
- 8) Heinrich Koppers GmbH, Essen: «Über die Untersuchungen türkischer Braunkohlen von Tuñbilek hinsichtlich ihrer Eignung für die Herstellung von Hausbrandkoks», 7.4.1967.
- 9) Dipl. - Kfm. Dr. Ing. Otto Gold: «Untersuchung auf Braunkohle. Bekämpfung der Rauch - und Russplage. Die Schwelversuche mit türk. Braunkohle,» 30.3.1967.
- 10) österreichisch Alpine Montangesellschaft: «Seyitömer Kohlentrocknungsanlagen - Projekt», 30.12.1969.
- 11) Grossinsky: «Handbuch des Kokereiwesens».



## PAYAS BÖLGESİNDEKİ ALÜMİNALI DEMİR CEVHERLERİNİN TEKNOLOJİK ETÜDÜ

M. Hayri ERTEN (x)

önsöz :

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmekte olan MAC— 210 sayılı ve «Payas Bölgesindeki Alüminalı Demir Cevherlerinin Teknolojik Etüdü» isimli araştırma projesinin bir parçasıdır.

Yazar, bu projede Baş Yardımcı Araştırmacı olarak çalışan Sayın Assist. Prof. Dr. Zeki Doğan'a; Yardımcı Araştırmacı Sayın Öğ. Görevlisi Gülhan Özbayoğlu'na; mineralojik etüdü yapan Sayın Prof. Dr. J. H. Bernard'a ve projenin teknoloji müşaviri Sayın Prof. Dr. R. B. Bhappu'ya teşekkürü bir borç bilir.

Bu çalışmada Payas bölgesindeki mevcut olan alüminalı demir cevherlerinin sarsıntılı masa, Humphrys Spirali, flotasyon, kalsinasyon ve manyetik kavurma usulleriyle zenginleştirilmesine çalışılmıştır. Yapılan mikroskopik ve kimyasal etüdü sonunda, bu yatakların 6 ayrı tip cevher ihtiva ettiği tesbit edilmiştir.

İlk deneyler, A tipi diye adlandırılan ve Kuzguncuk ve Arı Dere mevkilerinde bol miktarda bulunan % 50 Fe tenörlü cevher üzerinde yapılmış olup, orijinal cevherden sarsıntılı masa veya manyetik kavurma sonucunda elde edilen konsantrelerde demir tenörünün ancak % 54.5'e yükseldiği görülmüştür.

Sarsıntılı masa ve Humphreys spiralinden alınan konsantrelerin manyetik kavurmağa tâbi tutulması sureti ile de demir tenörü % 58'i bulan konsantreler elde edilmiştir.

### 1. Genel Bilgiler ve Amaç :

Payas Bögesinde, oldukça geniş bir sahayı kaplayan alüminalı demir yatakları, bu muntıkada kurulmakta olan Üçüncü Demir Çelik Fabrikalarına ortalama dört kilometre uzaklıktadır. Kuzey - Güney uzantısında 15 km., Doğu - Batı (1) istikametinde 8 km. takip edilebilmekte olan bu yataklar, Kretase kalkerinde tortusal bir görünüş arz etmekte ve 5-20 metre kalınlık göstermektedir. Bu yataklar için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından verilen rezerv 18-30 milyon ton ise de, bazı tahminlere göre (2) bu rezerv 80 milyon tonun üstündedir.

Payas yataklarının en ciddi etüdü 1957 - 1958 yıllarında Krup firması (3) tarafından yapılmıştır. Bu etüd, cevherin jeolojik yapısının tayini ve zenginleştirilme imkânlarının araştırılması hedeflerini gütmüştür. Krup'un vardığı sonuca göre, cevher içindeki hematit zerreciklerinin çok ince olması nedeniyle, cevherin ocaktan istihsal edildiği haliyle gravimetrik veya manyetik usullerle zenginleştirilmesi mümkün değildir. Ayrıca, doğrudan doğruya izabe (Direct reduction) yönünden yapılan inceleme-

(x) Assoc. Prof. Dr.' O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Başkanı.

lerde alınan sonuçlar da rantabl görülmediğinden, etüdlere tamamen vazgeçilmiştir.

Demire ilâveten, alüminyumun alumina halinde değerlendirilmesi, Krup tarafından dikkat nazarına alınmamıştır.

Bu araştırmanın amacı, son yıllarda cevher zenginleştirme sahasında gelişmiş olan teknoloji muvacehesinde (5), Payas'taki alüminalı demir cevherlerinden ekonomik bir usulle demir konsantresi ve alumina elde edilemeyeceğini tahkik etmektedir. Payas yataklarının Üçüncü Demir ve Çelik Fabrikalarına (6) ve deniz kıyısına çok yakın oluşu, zenginleştirme için yapılacak olan masrafların limiti üzerinde olumlu bir katkıda bulunacaktır. Zenginleştirme konusunda başarılı bir teknoloji geliştirildiği takdirde, Üçüncü Demir ve Çelik Fabrikalarının cevher ihtiyacı uzun yıllar bu kaynaktan karşılanacaktır. Buna ilâveten deniz yoluyla Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarına da bir miktar cevher şevki mümkün görülmektedir.

Bir aramahsülü olarak alumina istihsal edilebildiği takdirde, bunun da dış memleketlere ihracı veya Seydişehir'de kurulmakta olan Alüminyum fabrikasında ham madde olarak kullanılması mümkündür.

Araştırmada uygulanan zenginleştirme usulleri şunlardır : Wülfley sarsıntılı masası, Humpbrys Spirali, flotasyon, kalsinasyon, manyetik kavurma ve Davis tüpü ile sulu manyetik konsantrasyon.

## **2. Etüd Sonuçları :**

### **2.1 — Mineralojik Etüdlere :**

Payas yataklarının değişik görüntü arzeden mostralardan alınan numunelerden birer ince kesit ve parlak kesit numuneleri yapılarak mikroskop altında gereken incelemeler yapıldı. Bu etüdlere sonucunda aşağıda sayılan cevher tipleri tesbit edildi.

#### **2.1.1 — A Tipi (No. 1) :**

Bu numunede fazlaca bulunan hematitin tane büyüklüğü 0.07-0.10 mm. arasındadır. Hematitten başka kuvarz, alüminyum minerali olarak Jibsit (Gibbsite) ve titanyum minerali olarak ta sütun şeklinde kristaller halinde (genişlik 0.003 - 0.006 mm. uzunluk 0.03 - 0.08 mm.) rutil mevcuttur. Matriste çok ince taneler halinde, jibsit içinde hematit ve kuvarz görülmektedir.

Demir bakımından en zengin olan bu cevher Kuzguncuk ve Arı Dere bölgelerinde bol miktarda mevcuttur.

#### **2.1.2 — B. Tipi (No. 2 ve 9) :**

Çok ince taneli matris içinde, büyük taneli ...0.1- 1.5 mm. hematit birikintileri bulunmaktadır. Bu numunede rutil mineraline de rastlanmış, fakat kuvarz görülmemiştir. Çok sert olan bu cevher, demir bakımından «A» tipinden daha fakirdir. Matrisin esas unsuru çok ince hematitle boyanmış alüminyum hidroksitler ve kil mineralleridir. Rutil sütunlarının büyüklüğü 0.005 - 0.05 mm. dir.

Yapılan kalsinasyon deneylerinde, B tipi cevherlerin değişik bünye suları ihtiva ettikleri tesbit edildiğinden, Kuzguncuk mahallindeki bu tip cevherlere B, (No. 2) ve Kuzey Tarla adıyla anılan mahaldekilere de B<sub>2</sub> (No. 9) işareti verilmiştir.

### 2.1.3 — C Tipi (No. 7) :

Mikroskop altında A tipine benzeyen bu cevherde hematit hakim olup, matris alüminyum bakımından zengindir. Hematit akümülyasyonları **0.1 - 0.2** mm. boyutundadır. Çok ince hematitle boyanmış olan matriste genellikle diaspor ve jibsit mineraleri görülmektedir. Bu numunelere Sarpdam Kuzey Kömürlük üstü denen mahalde bol miktarda rastlanmıştır.

### 2.1.4 — D Tipi (No. 4) :

Bu numune oolitik bir demir cevheridir. İnce taneli hematit ihtiva eden ve orta kısımlarında gang mineralleri bulunan oolitlerin boyutları 0.07 - 0.5 mm. arasında değişmektedir. Oldukça kompleks olan matriste jibsit, klorit, kuvarz, kalsit, pirit ve rutil minerallerini teşhis etmek mümkün olmuştur. Arazi üzerinde yapılan çalışmada oolitik cevherin Piç maden denilen ve esas Payas yatağının 20 metre kadar üst kısmında bulunan cevher çeşidine uygun düştüğü tesbit edilmiştir.

### 2.1.5 — E Tipi (No. 3) :

Bu numune manyetik olup, oolitik bir yapıya sahiptir. Oolitlerin büyüklükleri 0.07 - 0.5 mm. arasındadır. Oolitlerde bulunan hematit çok küçük tanelidir. Fazla derecede mıknatıslık gösteren cevher parçalarında hematitin büyük bir kısmının manyetite altere olduğu görülmüştür. Manyetit kristallerinin boyutları 0.002 - 0.01 mm. arasında değişmektedir. Matriste genellikle jibsit, kuvarz, klorit, ve çok az mıknatıslanmış hematit bulunmaktadır.

Bu numuneye yatağın bazı kısımlarına yakın yerlerde serpinti halinde rastlanmıştır. Esas yatakla olan ilişkisi kesin olarak tesbit edilememiştir.

### 2.1.6 — F tipi (No. 10) :

B tipi cevhere benzeyen, fakat demir bakımından biraz daha zengin görünen bir numunedir. Matris çok ince taneli hematitle boyanmış olup, bazı yerlerde rutil ve kuvarz tanelerini görmek mümkündür. Numuneler Kuzey Tarla Madeni 2 No. lu Ocaktan alınmıştır.

## 2.2 — Spektral Analizleri :

O.D.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümünde mevcut olan (Hilger and Watts) emisyon kuvarz tipi spektrografta — yarı kantitatif sistemle yapılan analizlerde Tablo 1 de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo : 1 — Spektral Analiz Sonuçları

Konsantrasyon	A Tipi	B Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi	F Tipi
% 5	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si
% 1-5	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti Si
% 1	—	—	Mg	Mn,Mg	Mg	<sup>1</sup> Ti Ca
% 0.5	Mn,Mg,Cu	Mg	Mn,Cu	—	—	<sup>1</sup> Mn,Mg,Ca
% 0.1	—	Mn,Cu	—	Cu	Mn,Cu	<sup>1</sup> Cu,Cr
% 0.05	Ni, Co	As,Zn	—	Co	Co	V
% 0.01	As,Zn	Ca, Co	As,Ni,Co	Zn,Ni	As,2n,Ni	Zn
% 0.005	Ca,Va	Va,Ni	Ca,Va,Zn	Va	Va	Ni Co
% 0.001	—	—	—	Ca	Ca	Ga

### 2.3 — Özgül Ağırlık Tayinleri :

Laboratuvarlarımızdaki Piknometre aletini kullanmak sureti ile bazı cevher tiplerine ait numunelerin özgül ağırlıkları tayin edilmiş ve şu sonuçlar bulunmuştur.

Numune Cinsi	Özgül Ağırlık
A Tipi	3.96
B 1 Tipi	3.59
B 2 Tipi	3.59
C Tipi	3.83
D Tipi	4.10
F Tipi	4.15

Mikroskopta elde edilen bulgular, özgül ağırlıkları doğrulamaktadır. Demirce en fakir olan B tipi numunelerin özgül ağırlığı 3.59 dur.

### 2.4 — Sarsıntılı Masa Deneyleri :

#### 2.4.1 — A Tipi Cevher :

Demir bakımından en zengin görünen A tipi cevherden alınan numunelerin MTA Enstitüsünde yaptırılan analizlerinde orijinal cevherin % 46 - 52 arasında demir ihtiva ettiği tesbit edilmiştir. Bunlardan aşağıda belirtilen analizlerdeki A tipi numune üzerinde ilk sarsıntılı masa deneyleri yapılmıştır.

% Fe	=	51.66
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	8.61
% TiO <sub>2</sub>	=	1.32
% SiO <sub>2</sub>	=	10.49

Sarsıntılı masada kullanılan cevher, evvela çeneli ve silindirli kırıcılarda —2 mm. ye ufaltılmış ve daha sonra da çubuklu değirmende 15'er dakikalık iki kademede —48 meş'in altına öğütülmüştür. Bu cevherdeki —325 mes inceliğindeki şlam, yaş olarak elenerek, masaya verilecek olan numuneden ayrılmıştır. 325 meş'in üstündeki cevher de kurutulduktan sonra 150 meşlik elekten elenmek suretiyle iki fraksiyona bölünmüştür.

4 Kg. lık orijinal cevherden bu şekilde elde edilen fraksiyonlar şunlardır :

		% Ağırlık	
— 48+150 meş	=	1826 gr.	45.65
—150+325 meş	=	787 gr.	19.67
—325 meş	=	<u>1387 gr.</u>	34.68
Toplam	-=	4000 gr.	100.00

—325 meş dışındaki fraksiyonların sarsıntılı masada zenginleştirilmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur :

— **48+150 meslik fraksiyon :**

		% Fe	
Konsantre	=	1570 gr.	54.15
Artık	=	242 gr.	40.92

— 150+325 meşlik fraksiyon :

		% Fe
Konsantre	= 575 gr.	55.31
Artık	= 242 gr.	42.68

— 325 Meşlik fraksiyon yaş olarak sarsıntılı masaya verilmiş ve ancak 100 gramlık % 51.66 Fe ihtiva eden bir konsantre elde edilmiştir.

Yalnız konsantreler gözönünde tutulmak suretiyle bu deneydeki randımanlar şöyledir :

	% Ağırlık	% Fe	% Fe randımanı
Beslenen cevher	100.00	51.66	100.00
— 48+150 Konsantre	39.55	54.15	41.40
— 150+325 Konsantre	15.80	55.31	16.90
— 325 Konsantre	3.50	51.66	3.50

Sırf — 48+150 ve — 150+325 meşlik konsantreleri hesaba katılırsa, demir randımanının % 58.3 ve tenörün de % 54.5 olduğu görülecektir. Aynı cevherden alınan 4 Kg. lık başka bir numune, — 48+100, — 100+325 ve — 325 meşlik fraksiyonlara ayrıldıktan sonra tekrar masada yıkanmağa tâbi tutulunca şu sonuçlar bulunmuştur.

	% Ağırlık	% Fe	% Fe randımanı
Beslenen cevher	100.00	51.66	100.00
— 48+100 Konsantre	31.80	53.64	33.50
— 100+325 Konsantre	32.50	54.53	34.00

Bu iki konsantre beraber alındısı takdirde, demir randımanının % 67.50 ve tenörün de % 54.5 olduğu hesaba bulunacaktır.

— 48+100 ve — 100+325 meş fraksiyonların konsantrasyon artıklarının demir tenörleri % 34.27 ve % 34.62 olarak bulunmuştur. — 325 meş fraksiyonunun demir tenörü ise % 45.80 dir.

#### 2.4.2 — Diğer Cevherler :

Bunlar üzerinde yapılan sarsıntılı masa deneylerinden elde edilen konsantreler % 45 - 50 civarında bir demir tenörü gösterdiklerinden, burada ayrıntılı bilgi verilmemiştir.

#### 2.5 — Humphreys Spiral Deneyleri :

##### 2.5.1 — A Tipi Cevher :

6 Kg. lık A tipi cevher, sarsıntılı masa deneyinde olduğu gibi — 48 meş öğütüldü ve — 325 meşlik fraksiyon sulu olarak elendi.

— 48—h 325 meş numuneye 20 litre su katmak suretiyle meydana getirilen karışım, cihazın haznesine boşaltıldı ve tulumba çalıştırılmağa başlandı. Gereken ayar-

lar yapıldıktan sonra, 10 saniye süreli numuneler alınarak konsantrenin hepsinin toplanmasına çalışıldı. Deney sonuçları şöyledir :

		<b>% Ağırlık</b>	<b>% Fe</b>
Beslenen cevher	3980 gr.	<b>100.00</b>	<b>51.65</b>
Konsantre	3312 gr.	<b>83.20</b>	<b>51.78</b>
Artık	492 gr.	<b>12.40</b>	<b>45.00</b>
Şlam	176 gr.	<b>4.4</b>	<b>48.76</b>

Yukarıda görüleceği üzere Humphreys konsantrasyon deneyi olumlu bir sonuç vermemiştir.

Ancak, bu cihazdan elde edilen konsantre — 48/+100 ve —100/+ 325 meşlik fraksiyonlara ayrılarak tekrar sarsıntılı masada yıkanmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

	<b>% Ağırlık</b>	<b>% Fe</b>	<b>% Fe randımanı</b>
— 48+325 Humphreys Kons.	100.00	51.65	100.00
— 48+100 Masa Konsantresi	55.20	52.80	50.8
—100+325 Masa Konsantresi	22.20	54.95	31.2

Buradaki demir randımanı % 82.0 olmakla beraber ortalama demir tenörü % 53.4 tür. Bu sonucun da henüz piyasa şartlarına uygun olmadığı görülmektedir.

Yukarıdaki iki konsantreden en yüksek demir tenörü gösteren —100+325 meşlik masa fraksiyonu, bu kere MTA Enstitüsünde bulunan «Super-panner» cihazından geçirilmiş ve teorik olarak gravite yoluyla hangi demir tenörüne yükseltmenin mümkün olabileceği tahkik edilmiştir. Bu deney sonunda alınan konsantrenin analizi şöyledir :

% Fe	= 59.60
% SiO <sub>2</sub>	= 6.74
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 6.33
% TiO <sub>2</sub>	= Eser

2.5.2 — Humphreys Spiralinde A tipi cevher üzerinde olumlu bir sonuç alınmadığı nedeniyle bu deney daha düşük tenörlü olan diğer cevherlere şimdilik uygulanmamıştır.

## 2.6 — Kalsinasyon Deneyleri :

Çeşitli cevherler üzerinde değişik sıcaklıklarda yapılan kalsinasyon deneyleri sonuçları Tablo 2 de gösterilmiştir.

TABLO 2 — KALSİNASYON DENEYLERİ SONUÇLARI

<b>Cevher Tipi</b>	<b>No.su</b>	<b>110° C de Kayıp %</b>	<b>400° C de Kayıp %</b>	<b>600° C de Kayıp %</b>	<b>1100 °C de Kayıp %</b>
A	1	1,5	1,5	4,7	4,7
B,	2	0,7	1,5	6,2	6,0
B,	9	1,0	1,0	10,5	10,6
C	7	0,5	1,0	5,3	6,0
F	10	0,5	1,5	3,8	4,6

Kalsinasyon kayıplarının 600°C nin üstünde vukua gelmesi, bu cevherlerdeki alüminyum minerallerinin bir miktar kristalizasyon suyu ihtiva ettiğini göstermektedir, özellikle B<sub>2</sub> tipi diye anılan 9 No. lu numuneyi sırf 600°C ye ısıtmakla tönöründ'e % 10 kadar bir artış, sağlamak mümkündür. Nitekim, böyle bir cevherin değişik sıcaklıklara ısıtıldıktan sonra yapılan kimyasal analizler sonundaki demir tenörleri Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3 — B<sub>2</sub> Cevherinin Demir Tenörleri

Cevher Tipi	No su	110°C de % Fe	600°C de % Fe	1110°C de % Fe
B	9	19.45	21.20	24.16

Kalsinasyona tâbi tutulan cevherlerde su kaybıyla orantılı olarak bir renk değişikliği de meydana gelmektedir. Başlangıçta koyu kahverengi olan renk, kalsinasyondan sonra kızıl kahverengiye dönmektedir. Kanaatımızca bu renk değişikliği, su kaybı esnasında matriste bulunan çok ince taneli hematitin serbest hale gelmesi nedeniyle meydana gelmektedir. Bu değişikliğin demir ve alüminyumun konsantrasyon durumlarına olan etkisi halen etüd edilmektedir.

#### 2.7 — Redükleyici Kavurma Deneyleri :

A, B, C, ve F tipi cevherlerin orijinaleri üzerinde yapılan redükleyici kavurma deneyleri hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

##### 2.7.1. — • A Tipi (1 No. lu) Cevher :

—200 meşe öğütülen cevher, % 0.5, % 1, % 1.5, ve % 2 oranlarında mangal kömürüyle karıştırılmış ve grafit bir potada bir saat süreyle 850°C de ısıtıldıktan sonra âni olarak suda soğutulmuştur. Başlangıçta koyu kahverengi olan cevher, şimdi siyah bir renk almış ve manyetik özelliği bulunan bir duruma gelmiştir. Aynı işlem, kömür karıştırılmadan tekrar edildiğinde veya kömür karıştırıldığı halde soğutma âni olarak suda yapılmadığı takdirde, yukarıda sayılan değişikliklerin meydana gelmediği tesbit edilmiştir.

Kavurma deneyleri sonucunda elde edilen Manyetik Cevher, MTA Enstitüsündeki «Davis» tüpte yıkanmış ve manyetik kısımlar, manyetik olmiyan artıktan ayrılmıştır.

Yapılan bir çok deneyler sonunda, % 1 kömürün manyetik kavurma için yeterli bulunduğu, ancak A tipi orijinal cevherden bu işlem sonucunda elde edilen konsantredeki demir tenörünün % 54 5'i geçmediği anlaşılmıştır. Bu tenöre göre demir kurtarma randımanı % 43 dir.

Demir tenörü bakımından sarsıntılı masa konsantresiyle manyetik kavurma konsantresi arasında bir fark olmadığına göre, bu tenörle yetinildiği takdirde sarsıntılı masayı tercih etmek daha ekonomiktir.

Diğer taraftan, daha önce sarsıntılı masada veya Humphrys Spiralinde A tipi cevherden elde edilen konsantrelerin % 1 kömürle karıştırıldıktan sonra manyetik kavurmağa tâbi tutulması düşünülmüş ve yapılan ilk deneylerde % 65 randımanla % 58 civarında bir konsantre elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Bu deneyler halen devam etmekte olup, alumina, silis ve titan bakımından gereken tahkikler yapılmaktadır.

### 2.7.2 — Diğer Cevherler :

B, C ve F tipi cevherlerin orijinal numunelerinin manyetik kavurmağa tâbi tutulmasıyla elde edilen konsantreler % 50 civarında demir ihtiva etmişse de bu sonuçlar henüz bizi tatmin etmemiş olup, deneyler devam etmektedir.

### 2.8 — Flotasyon Deneyleri :

Bu deneylerden şimdiye kadar olumlu bir sonuç alınamamıştır.

### 3 — Sonuç ve Tavsiyeler :

3.1 — A tipi cevherin —48—h 100 ve —100—+325 meş fraksiyonlara ayrılması suretiyle sarsıntılı masada yıkanması sonucunda % 67.50 randımanla, % 54.5 Fe ihtiva eden bir konsantre elde etmenin mümkün olduğu sarsıntılı masa deneylerinden anlaşılmıştır. Bu suretle elde edilen konsantre, manyetik kavurmağa tabi tutulduğunda ve «Davis» tüpte yıkandığında, yeni konsantrenin % 58 civarında demir ihtiva ettiği ve randımanın % 65 olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumda orijinal cevhere göre demir randımanı % 44 dür.

3.2 — A tipi orijinal cevherin manyetik kavrulması sonucunda elde edilen konsantrenin demir tenörü bakımından sarsıntılı masaya üstünlüğü görülmemiş ve tenor % 54.5 in üzerine çıkmamıştır.

3.3 — B, C ve F tipi cevherler, sarsıntılı masa veya manyetik kavurma deneylerinde olumlu sonuçlar vermemiştir.

3.4 — Humphrys Spirali ve flotasyon cihazlarında yapılan deneylerden de olumlu sonuçlar alınamamıştır.

3.5 — Şimdiki halde, % 58 Fe tenörüne ulaşan konsantredeki silis, alumina ve titan miktarlarının tesbitine çalışılmaktadır.

Ayrıca, orijinal cevherler yerine, kalsinasyona veya manyetik kavurmağa tâbi tutulan numunelerin sarsıntılı masada yıkanmasıyla elde edilen konsantreler de etüd edilmektedir.

3.6 — Projenin ilk çalışmalarında bütün gayretler demir tenorunu yükseltmek amacına yönelmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda alumina üzerinde de durulacaktır.

3.6 — Projenin ilk çalışmalarında bütün gayretler demir tenorunu yükseltmek amacına yönelmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda alumina üzerinde de durulacaktır.

3.7 — Projenin fizibilite etüdü ancak kesin bir zenginleştirme metodu tavsiye edilebildikten sonra yapılacaktır.

### Bibliyografik Tanıtım :

- 1 — M.T.A. Rapor 118 «Türkiye Demir Cevheri Yatakları, Ankara 1964, Sayfa 48.
- 2 — «Symposium on Iron Ore» Held in Isphahan, Iran, Oct. 2 - 5, 1963 Cento Yayını Sayfa 65.
- 3 — H. Riedl et Coll., «Untersuchung Eisenerzvorkommen Turkey.» Abschlussbericht einer Kruppechen Experten gruppe 1957 - 1958, Essen **1959**.
- 4 — W. E. Petraschek, «Die Bauxitischen Eisenerze von Payas bei İskenderun» Bull. M.T.A., No. 65, pp. 22 - 26, 1965.
- 5 — W. A. Calhoun and T. E. Hill, Jr., «Metallurgical Testing of Hawaiian Ferruginous Bauxites». Bureau of Mines, RI 6944, 1967.
- 6 — M. Hayri Erten, «Üçüncü Demir-Çelik Sanayii» Madencilik Dergisi, Cilt VU, Ağustos 1968, Sayı 3, Sayfa 133 - 140.

Yazar Hakkında Bilgiler



## TOZ DEMİR CEVHERLERİNİN SİNERLEME YOLU İLE AGLOMERASYONU

Nazmi ŞENAKAY (x)

### Ö z e t :

Ereğli Demir Çelik tesislerinde kullanılmakta olan yurdumuzun çeşitli bölgelerine ait demir cevherlerinin ocaklarda ve tesiste birikmiş bulunan ve yüksek fırında direkt olarak gerek fiziksel, gerekse kimyasal yanılan sebebiyle değerlendirilemeyen toz kısımları üzerinde sinterlenebilme şartlarını tesbit etmek gayesiyle bir seri sinterleme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen optimum şartlara dayanarak 450.000 ton/sene kapasiteli bir sinter tesisinde sinterleme maliyetleri takribi olarak hesaplanmıştır.

### 1. Giriş :

Yurdumuzun Eğinır, Çetinkaya, Akdağ, Devci ve Karamadaı böğelerine ait demir cevherlerinden ocaklarda olduğu gibi, değerlendirildikleri tesiste de Ereğli Demir Çelik İşletmelerinin verdiği rakamlara göre senede ortalama olarak 500.000 ton kadar toz cevher birikmekte olup, bu toz kısımlar yüksek fırın evsafına uygun olmadıkları için değerlendirilememektedir.

Bu çalışmanın ana gayesi de; her sene birikmekte olan bu toz cevherlerin, yüksek fırının istediği evsafı vermek maksadiyle, sinterlenebilmelerinde lüzumlu olan optimum şartları tesbit etmek idi.

### 2. Sinterlemenin Gayesi ve Sinterleme Özellikleri :

Sinterlemenin ilk gayesi toz cevherleri aglomere ederek cevhere yüksek fırının istediği parça iriliğini, mukavemeti ve gaz geçirgenliğini vermektir. Sinterleme esnasında cevherin kimyasal yapısında mevcut olan ve zararlı miktarlarda bulunan bazı elementleri (S ve As gibi) bertaraf etmek te, sinterlemenin diğer bir amacıdır. Cevherlerin sinterlenerek şarj edilmesi halinde, yüksek fırının ham demir kapasitesinde bir artma temin edildiği gib, kok sarfiyatında, teşekkül edecek olan cüruf ve baca tozlarının miktarlarında bir azalma görölmektedir (1). Meselâ The Republic Corporation tarafından 1000 tonluk bir yüksek fırında 4 sene müddetle yapılan tecrübeler neticesinde yüksek fırına yapılan şarjdaki sinter miktarını % 45'e kadar çıkardıklarında, fırının ham demir veriminde % 14 bir artmaya karşılık, kok sarfiyatında % 16 bir düşme tesbit etmişlerdir. 1200 ton/gün kapasiteli bir sinter tesisinin, —ki bu günde 500 - 550 ton çeliğe tekabül etmektedir— kuruluş maliyeti amerikalıların verdikleri rakamlara göre aynı miktarda çeliği üretebilecek yüksek fırın tesisi maliyetinin % 5 ini teşkil etmektedir.

Genellikle demir izabe tesislerinde yüksek fırınlarda değerlendirilemeyen, gerek istihsal gerekse tesis içindeki nakliye esnasında meydana gelen 0 - 30 mm lik **önemli**

(x) Metalürji Y. Müh., M.T.A. Enstitüsü,

miktarlarda kok tozu birikmektedir. Bu miktar Ereğli Demir Çelik İşletmelerinde senede ortalama olarak 35-40 bin ton kadardır. Sinterlemede bu kok tozunun değerlendirilmesini de sinterlemenin diğer önemli faydalarından biri olarak gösterebiliriz.

Sinterleme olayını 3 safhada toplamak mümkündür :

1. Safha : Sinter şarjının ateşlemeye kadar olan hazırlanma ve sinter ızgarasına yerleştirme safhasıdır. Bu safhada sinter şarjında herhangi bir termik değişme vuku bulmamaktadır.
2. Safha : Sinter yatağının ateşlenmesi ile başlayarak, gittikçe artan sıcaklık neticesinde yatağın tamamen kurumasına kadar devam eden safhadır.
3. Safha : Sinter yatağının tamamen kuruduktan sonra şarj içindeki yakıtın yanması neticesinde artan sıcaklıkla yatağın kısmi erimesi, yakıtın tamamen yanıp sıcaklığın tekrar düşmesi ile donması ve soğuması safhasıdır. Erime ile donma arasında geçen zaman ne kadar kısa ise sinterleme sürati de o kadar hızlı demektir.

Bu safhalardan görülebileceği gibi sinterleme süratine, dolayısıyla kapasiteye tesir eden en büyük faktör sinterlenecek olan yatağın gaz geçirgenliğidir. Yatağın geçirgenliğinin ne çok yüksek ne de çok düşük olması lâzımdır. Yüksek gaz geçirgenliği sıcak gazlardan cevher taneciklerine olan ısı nakli için lüzumlu zamanı kısaltmış, düşük gaz geçirgenliği ise şarj içindeki yakıt maddesinin yanmasını frenlemiş olur.

Sinterlemede önemli rol oynayan yatağın gaz geçirgenliğine tesir eden faktörler çeşitlidir. Bunlar;

- a) **Cevherin tane iriliği** : İnce taneli cevherin gaz geçirgenliği iri taneli cevhere göre daha düşüktür.
- b) **Şarjın rutubet miktarı** : İnce taneli cevherlere gaz geçirgenliğini arttırmak için belli miktarlarda su ilâve edilerek, ince tanelerin iri taneler haline gelmesi temin edilir. Bu arada yatağın çamur haline gelmemesine dikkat etmek lâzımdır.
- c) **Yakıt maddesinin tane iriliği** : Yapılan deneylerde en iyi gaz geçirgenliği tane iriliği 3 - 5 mm arasında olan kok tozu ile elde edilmiştir (2).
- d) **İlâve edilen sinter ufağı** : Bilhassa ince taneli cevherlerde 8 mm altındaki sinter ufağının şarja ilâvesi gaz geçirgenliğine pozitif yönden tesir etmektedir. Yalnız ilâve edilen sinter ufağı sinter kapasitesini negatif yönden etkileyeceğinden, istenilen gaz geçirgenliğinin başka yönlerden temin edilmesine gitmek daha yerinde olur.
- e) **Cevherin kimyasal yapısı** : Kolay eriyen, kimyasal yapıları icabı «uzun cüruflar» teşkil eden cevherlerin gaz geçirgenlikleri oldukça düşüktür. Bilhassa yüksek silisli cevherlerde kolayca eriyebilen demir silikatlar meydana gelerek gaz geçirgenliği azalır. Buna mani olmak için şarja kireç taşı veya sönmüş kireç ilâve etmek icap eder.
- f) **Homojen karışım** : Homojen olmıyan sinter yatağında kanallar meydana gelerek yatağın bünyesinde farklı gaz geçirgenliği elde edilir, bu da elde edilen sinterin farklı kalitelere olmasına sebep olur.

- g) Basınç farkı : Yatak altında elde edilen basınç düşmesi yatağın gaz geçiriliğine, dolayısıyla sinter kapasitesine tesir etmektedir. Basınç farkının artması ile kapasite de artar, fakat bu artış yüksek basınç farklarında gittikçe azalır.

### 3. Sinterleme Deneyleri :

Sinterleme deneyleri, Ereğli Demir Çelik İşletmelerinden temin edilmiş olan Eğinir, Çetinkaya, Akdağ, Deveci ve Karamadazı toz demir cevherleri üzerinde ayrı ayrı yapıldığı gibi, bu cevherlerin birikme oranlarına göre karıştırılarak elde edilen karışım cevher üzerinde de yapılmıştır. Kullanılan cevherlerin kimyasal yapısı Tablo 1, elek analizleri Tablo 2 de verilmiştir.

Cevherler hiçbir kuma ve öğütmeye tabi tutulmadan, kok ve kireç taşı 5 mm nin altına kırıldıktan sonra sinterlemeye tabi tutulmuştur.  $CaO+MgO/SiO_2+Al_2O_3$  oranı birden küçük olan bütün cevherlere, bu oranı bir yapacak miktarlarda  $CaCO_3$  ilâve edilerek elde edilen sinterler kendinden fondalı (self flux) hale getirilmiştir.

Tablo 1 : Sinterlemede Kullanılan Toz Demir Cevherlerinin Kimyasal Analizleri

Cevherin Adı	%						
	Fe	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	As
Eğinir	52,71	0,09	0,10	14,91	3,43	0,12	0,16
Karamadazı	57,41	4,50	1,54	6,90	0,89	0,80	0,02
Çetinkaya	53,50	2,54	0,58	9,01	3,08	0,02	0,045
Akdağ	47,23	3,16	0,90	11,97	3,81	0,02	0,067
Deveci	49,00	1,36	4,80	5,93	3,98	0,02	0,015
Karışım Cevher	55,30	2,87	1,30	9,93	3,03	0,20	0,073

Tablo 2 : Sinterlemede Kullanılan Toz Demir Cevherlerinin Elek Analizleri

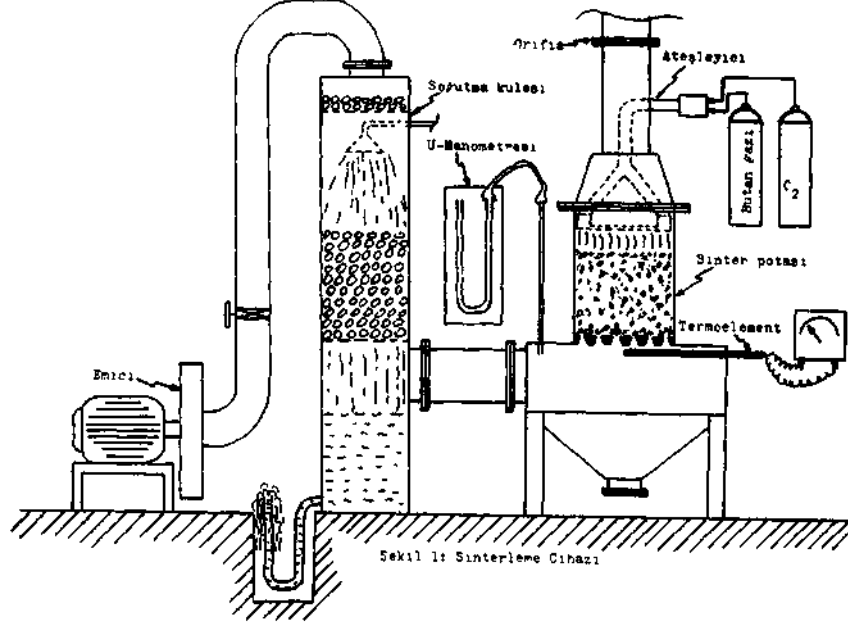
Elek Açıklığı (mm)	%						
	Eğinir	Çetinkaya	Karamadazı	Akdağ	Deveci	Kar.	Cevher
+ 26,67	1,79	—	—	—	0,78	—	—
+ 18,85	1,02	—	0,82	3,99	1,33	—	2,7
+ 13,33	6,80	—	1,54	3,94	2,73	—	2,8
+ 9,423	12,42	23,70	6,34	6,19	7,68	—	5,4
+ 6,68	9,03	17,50	8,77	6,45	12,90	—	9,7
+ 4,699	9,32	12,90	9,68	6,93	13,80	—	9,7
+ 3,327	8,14	8,90	9,22	6,94	13,05	—	8,5
+ 2,362	6,54	6,30	7,46	6,22	9,64	—	9,4
+ 1,651	6,02	5,40	6,55	6,52	7,90	—	9,1
+ 1,168	5,75	4,50	6,96	7,98	8,00	—	8,2
+ 0,833	5,97	4,10	7,58	4,78	6,08	—	7,4
— 0,833	27,20	16,70	35,08	40,06	16,10	—	27,1

### 3.1 Sinterleme Cihazı :

Sinterleme deneylerinin yapıldığı cihaz toplu olarak Şekil 1 de görülmektedir.

Izgara yüzeyi 30x30 cm. boyutlarında olan sinterleme potası 45 cm. kalınlığında şarj edilebilecek kapasitededir. Sinterleme olayı esnasında emiciye giden sıcak gazları soğutmak için sinterleme potası ile emici arasına bir soğutma kulesi konulmuştur.

Sinter yatağında basınç farkı elde etmekte kullanılan emirici hiçbir dirence maruz kalmadığı takdirde 950 mm. SS basınç düzmesi temin etmekte ve 750 m<sup>3</sup>/h hava emebilmektedir. Elde edilen basınç farkı izgara altı ile atmosfer arasındaki basınç farkı olup bir U—manometresi ile ölçülmüştür.



Sinter yatağından geçen hava miktarı sinter potası üzerine sıkıca kapatılabilen kapağa yerleştirilmiş orifis vasıtasıyla tesbit edilmiştir. Baca gazlarının sıcaklığını ölçmek için sinter ızgarasının hemen altına bir Ni/Ni - Cr termoelementi takılmıştır. Sinter yatağı bütan gazı + oksijen karışımı ile ateşlenmiştir.

### 3.2 Sinterleme Metodu :

110°C de 8 saat kurutulmuş sinter ham maddeleri 50x50x70 cm. boyutlarındaki ve bir köşegeni etrafında dönebilen dikdörtgenler prizması şeklindeki karıştırıcıya konarak homojen bir şekilde karıştırılmış, elde edilen karışıma sinter şarjına istenilen ıslaklığı verebilecek miktarda su ilâve edilerek terar karıştırılmıştır.

Tartılmış olan ıslak şarj, ızgarasının üstü 10 - 30 mm. çapındaki ve m<sup>2</sup> ızgara yüzeyine 32 - 36 kg tekabül edecek şekilde 2 - 3 cm. kalınlığında sinter tabakası ile örtülmüş olan sinter potasına istenilen yatak kalınlığında dökülmüştür. Geri kalan karışım tartılarak şarj miktarı tesbit edilmiştir.

Pota şarj edildikten sonra, kapak ile örtülmüş, emici çalıştırılarak yatağın gaz geçirgenliği tesbit edilmiştir. Bundan sonra ateşleme esnasında yataktan 32 - 37 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dak. hava geçecek şekilde emici vanası kapatılmış, kapak kaldırılarak şarj bir dakika süre ile ateşlenmiştir. Ateşlemenin bitiminde pota kapak ile tekrar kapanmıştır.

Alttan emmeli sinterlemede, sinterleme ateşleme ile başlayarak şarj içindeki kok kömürünün üst tabakalardan gelen sıcak gazlarla yanması ile yukarıdan aşağıya doğru devam eder ve baca gazı sıcaklığı maksimum değerine ulaştığı zaman ızgara seviyesine gelmiş olur. Bundan sonra sinter yatağından yatağın soğuması için bir süre daha hava emdirilir.

Sinterlemenin bitişi baca gazı sıcaklığının ölçülmesi ile takip edilmiştir. Sıcaklığın maksimum değerine ulaşıp tekrar 100°, 200° ve 250°C ye düştüğü anlarda sinterlemeye son verilmiş, 100 ve 200°C lerd e sinterin tamamen soğuk olduğu, 250°C de ise ızgara seviyesinden itibaren 3-4 cm. lik bir sinter tabaksının ılık, diğer kısımlarının ise tamamen soğuk olduğu görülmüştür. Bu sebepten baca gazı sıcaklığının maksimum değerine ulaşıp tekrar 250°C ye düşmesine kadar geçen zaman Sinterleme müddeti olarak kabul edilmiştir. 1,0 m<sup>2</sup> ızgara yüzeyinin 24 saat içinde sinterleyebileceği ham cevherin ton cinsinden değeri de Sinter Kapasitesidir.

### 3.3 Sinter Kalite Tayini :

Sinterlemenin bitiminde potadan alınan sinter, kalite tayini için Test Tamburu na konulmuştur. Kalite tayininde kullanılan tambur ASTM standardına göre kok testinde kullanılan tamburun eşidir (3);

Tambur içine konulan sinter 24+1 devir/dak. hızla 200 defa döndürüldükten sonra Majör ve Minör indeksleri tayin etmek için 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", 1/8" ve 20 meş lik eleklerle elek analizine tabi tutulmuştur. Majör indeks sinterin zahiri ortalama tane çapının (apparent mean partide diameter) mm. cinsinden değeri, Minör indeks ise —20 meş in % sidir, iyi bir sinterde majör indeksin 8,0 mm. nin üstünde, minör indeksin % 12 nin altında olması lâzımdır.

### 4. Sinterleme sonuçları :

Çeşitli cevherlerle yapılan sinterleme deneylerinde sinter kalitesi bakımından en iyi olanlar Tablo 3 te toplu olarak verilmiştir. Her cevherin optimum sinterlenebilme şartlarını tesbit edebilmek maksadiyle bir seri sinterleme deneyleri yapılmış ise de tabloda bunlardan hem sinter kalitesi, hemde kapasite bakımından en iyileri gösterilmiştir. Orijinal Deveci cevherini tek başına sinterleyebilmek mümkün olamamıştır. Bu cevhere % 25 oranında Karamadazı cevherinin ilâvesi ile sinterleme imkânı temin edilmiştir. Ayrıca 1500 t—cevher/gün kapasiteli bir sinter bandındaki takribi sinterleme maliyetleri hesaplanmıştır. (Tablo 4). Hesaplamalarda bir sinter **bandının Şekil 2** deki ısı enerjisi denge diyagramından istifade edilmiştir.

Tablo 3 ve Tablo 4 tetkik edildiklerinde sinterlemeye en müsait cevherin Çe-tinkaya cevheri olduğu görülür. As ve S tenörleri yüksek olan Eğmir, Akdağ, Karamadazı ve Karışım cevher, bu tenörlerin sinterleme sonucunda müsaade edilen **maksimum değerlerin** (As=max. % 0,04, S= max. % 0,1) altına düşmesiyle, kimyasal yapıları bakımında istifade edilir hale gelmişlerdir.

Tablo 3 : TOZ DEMİR CEVHERLERİNİ SİNTERLEME ŞARTLARI

Cevherin Adı	Eğmir		Çetinkaya		Akdağ		Deveci (x)		Karamadazı		Karışım Cevher	
	d)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)
Sinterlenen Cevher (kg)	21,2	24,9	37,9	36,5	27,7	28,7	26,0	36,0	28,3	21,9	30,2	29,3
Kok (%)	8,5	8,0	6,0	6,0	8,5	7,5	7,5	7,0	8,3	8,5	9,5	9,0
Rutubet (%)	7,5	7,5	9,0	11,0	7,3	7,3	10,0	10,0	7,5	7,5	10,0	9,5
Sinter ufağı (%)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Yatak kalınlığı (cm)	30	35	40	40	30	30	30	40	25	20	40	40
Ateşlemeden önceki basınç farkı (mm SS)	475	555	565	620	625	580	510	550	645	590	540	590
Ortalama hava geçirgenliği (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /dak.)	57,8	52,0	48,2	46,0	53,3	56,6	56,0	55,0	55,6	54,0	45,0	44,3
max. Baca gazı temp. (°C)	305	290	287	288	232	262	301	338	252	225	255	255
Sinterleme müddeti (dak.)	13,2	15,2	17,7	20,0	18,0	18,3	13,5	19,2	31,7	25,0	18,7	18,7
Kapasite (t/m <sup>2</sup> /gün)	25,8	26,3	34,2	29,2	24,6	25,0	30,6	30,0	14,3	14,1	26,0	25,1
Majör indeks (mm)	8,29	8,76	8,54	8,12	8,99	8,62	8,04	8,15	11,7	10,4	8,4	8,3
Minör indeks (%)	7,63	8,02	9,31	8,30	7,84	10,4	6,15	5,38	8,9	9,7	6,1	5,8
Cevher As (%)	0,16	0,16	0,03	0,03	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,07
Sinterde As (%)	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	eser	eser	eser	eser	0,02	0,02
Cevherde S (%)	0,12	0,12	0,07	0,07	0,02	0,02	0,21	0,21	0,8	0,8	0,21	0,21
Sinterde S (%)	0,04	0,07	0,03	0,03	—	—	0,05	0,05	0,06	0,06	0,02	0,02

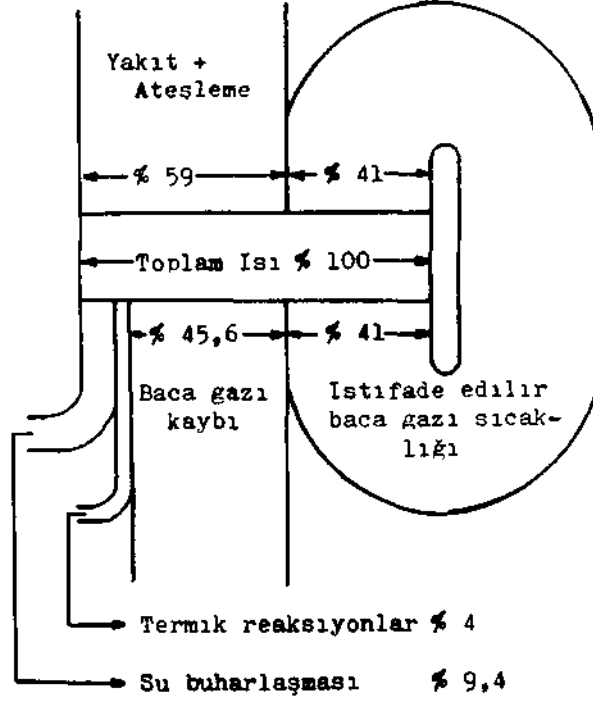
(x) Deveci cevherine % 25 oranında Karamadazı cevheri ilâve edilmiştir.

**Tablo 4 : 450000 t—CEVHER/SENE (1500 t/GÜN) KAPASİTELİ  
SINTER TESİSİNDE 1,0 TON CEVHERİ SINTERLEME MALİYETİ**

Sinter	Koktozu Kg	Kokgazı (Nm3)	Su (m3)	Elektrik Enerjisi (KWh)	İşçilik İşçi/gün)	Sinterband (m2)	Maliyet (TL/t—cevher)
Eğmir (2)	80	7,60	0,127	21,00	25	58	23,0
Çetinkaya (2)	60	10,10	0,129	16,14	25	44	18,0
Akdağ (1)	85	5,70	0,115	22,50	25	61	24,0
Deveci (2)	70	4,13	0,138	18,40	25	50	20,0
Karamadazi (1)	85	2,22	0,100	38,50	35	105	34,5
Karışım Cevher (2)	90	3,44	0,145	22,00	25	60	23,0

**Not :**

- 1 — Koktozu fiyatı = 65 TL/t, Kalorisi = 6000 Kcal/kg
- 2 — Kokgazı fiyat = 0,11 TL/Nm3, Kalorisi = 4300 Kcal/Nm3
- 3 — Elektrik fiyatı = 0,20 TL/KWh
- 4 — Su fiyatı = 0,90 TL/m3
- 5 — Amortisman = % 10
- 6 — Bakım + Yedek parça = Amortisman payının % 35'i
- 7 — Sinter maliyetine kırma masrafı dahil edilmemiştir.



Şekil 2: Sinter bandının  
ısı dengesini diyagramı

### 5.Sonuç i

Fiziksel ve kimyasal yapıları sebebiyle değerlendirilemeyen demir cevherlerimizi sinterleme yolu ile kıymetlendirmek imkân dahilindedir. Diğer taraftan memleketimizde kendisini gösteren demir cevheri dar boğazı sebebiyle, yurdumuzda miktarı 300 milyon tonu bulan düşük tenörlü cevherlerimizin zenginleştirilmesi neticesinde elde edilecek konsantrelerin aglotnerasyonu için yapılacak olan yatırım masraflarının, tesislerimizde elde edilecek randıman artması, kok tasarrufu gibi nedenlerle ham demir maliyetindeki kârdan dolayı ham cevher ve konsantre cevher maliyetleri arasındaki farklara rağmen, kısa zamanda amorti edileceğine bir defa daha değinmek yerinde olur.

### Bibliyografik Tamam :

- (1) Grethe, K. Leistungssteigerung der Hochöfen durch Erhöhung des Sinteranteils, Stahl u. Eisen; 63. Jahrgang S. 240 (1943).
- (2) Wittenberg, H und K. Meyer, Saugzugsintening von Eisenerzen, Stahl u. Eisen; 63. Jahrgang S. 817 (1943).
- (3) Standard method of Tumbler Test for Coke; ASTM Designation D 294 - 64.



## TAVŞANLI BÖLGESİ MANYEZİT CEVHERLERİNİN KONSANTRASYONU

Zeki DOĞAN\*

özet :

Tavşanlı Bölgesi manyezit cevherlerinin silis miktarını azaltmak üzere yapılan laboratuvar çalışmaları izah edilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

%3.15 ve %8.73 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit cevherleri ve % 2.6 SiO<sub>2</sub> li kalsine manyezit sırasıyla silindri kırıcıda 30 meşin altına ufaltıldıktan sonra -20 + 200 meşük kısım manyetik separatörden kuru olarak geçirilerek silis manyetik fraksiyonda alınmak suretiyle manyetik olmiyan manzeyit'in silisten temizlenmesi yoluna gidilmiştir. 200 meşin altında olan kısma manyetik ayırma uygulanmamıştır.

Kuru manyetik ayırma metodunun -20 + 200 meşlik fraksiyonda iyi sonuç vermesine rağmen bu tane büyüklüğü manyezit cevherinin kalsinasyonu için çok ince olduğundan ancak kalsine manyezitin bu şekilde konsantrasyonu pratik ve ekonomik olarak uygundur.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiş olan MAC-225 sayılı araştırma projesinin bir parçasıdır.

1. Giriş :

Tavşanlı Bölgesinde bulunan manyezit madenlerinin büyük bir kısmı Continental Magnezit (OOMAG) Şirketine aittir. Comag Şirketinin biri Tavşanlı'da diğeri de Kütahya yakınında Kümbet'te olmak üzere iki adet kalsinasyon tesisi mevcuttur. Tavşanlı kalsinasyon tesisinde işlenen manyezit cevheri Heinrich, Erna, Çaltılı, Turan, Foralı, Altan ve Aktaşlar ocaklarından gelmektedir.

Manyezit cevheri ultrabazik sahrelerde serpantinler içinde damar halinde tezahür etmektedir. Bu çevre manyezitleri amorf tip olup kripto - kristal'en durum arz etmektedir. Cevher kompakt, sert, sedefi kırımlı, porselen görünümlüdür. Silis muhtevası opal ve serpantinden ileri gelmektedir. Opal, cevherin çatlaklarında-sekonder bir oluşumdur; amorf, kolloid, gri mavimtrak rengeyle dikkati çeker manyezitten elle ayıklanarak temizlenmesi kabildir (1).

Manyezit'le serpantin karışık bir durumda biri diğerrinin içine dağılmış bulunduğundan tavuklama ile serpantinin manyezitten arınması mümkün değildir.

Tavşanlı Bölgesinde zuhur eden cevherlerin ancak bir kısmı yüksek kalsiteli kalsine manyezit verebilecek niteliktedir. Geriye kalan manyezit cevherlerinin yüksek silis muhtevası serpantinden meydana gelmektedir. Serpantinin manyezitten ayrılması sağlanabildiği takdirde bu cevherlerin kalsine edilmek sureti ile kıymetlendirilmesi mümkün olacaktır. Bu bölgenin manyezit cevher rezervleri bu şekilde arttırılınca daha çok kalsine manyezit elde edilmesi imkân dahiline girecektir.

\* Asst. Prof. Dr. Maden Y. Müh. O.D.T.Ü.

## 2. Manyezit Cevheri Konsantrasyon usulleri :

A.B.D. de manyezit, serpantin ve talk ihtiva ederse aşağıda belirtilen konsantrasyon işlemi uygulanmaktadır. 3/8 inç'in altına kırılmış cevherin ağırlıkça % 98 lik kısmı 100 meş'in altına geçecek şekilde bilyalı değirmende öğütülmektedir. Buradan alınan palp flotasyon selüllerine verilerek talk ve serpantin köpükle beraber alınmaktadır. Bu şekilde temizlenmiş olan manyezit filtreden geçirilerek kurutulduktan sonra kalsinasyon tesisine verilmektedir (18).

Manyezitin oleik asit'le flotasyonu mümkündür, ancak beraber bulunduğu kalsit, dolomit, talk ve serpantinden manyezit'in bu şekilde ayrılması kolay değildir. (9, 16).

Talk kolektöre ihtiyaç göstermeden «Vermont» tesisinde reaktif olarak bir köpürtücü kullanmak suretiyle manyezitten ayrılmaktadır. Washington cevherlerinde ise nötr palpta (pH = 7.8) kationik kolektörlerle, köpürtücü olarak DP B-23 ve depresör olarak tanik asit kullanmak suretiyle silis mineralleri önce yüzdürülmektedir. Kationik kolektörlerle manyezit randımanı % 80'dir ve aniyonik flotasyonla ilk temizlemede köpükle önce saf manyezit alınmakta ve flotasyona devam edildiğinde artan miktarda dolomit köpüğe karışarak manyezitin kalitesini bozmaktadır. Pilot tesiste yapılan deneylerde de önce silis minerallerinin flotasyonla alınmasında DI1 699; Emulsol 90S L. ve DP 243 tipi kationik kolektörler eşit derecede etkili olmuş ve tanik asit veya alkali nişasta selektivite yönünden yardımcı olmuş ve manyezitte kalan SiO<sub>2</sub> ve CaO miktarları sırasıyla % 1 ve % 2 den daha az olmuştur. (5, 7, 8).

A.B.D. de «Basic Magnesium Inc.» Şirketi (14), manyezit flotasyon yolu ile konsantre etmektedir. Cevher bilyalı değirmende ağırlıkça % 55'i 325 meş'in altına geçecek şekilde öğütüldükten sonra flotasyon selüllerine verilmektedir. Kullanılan reaktifler alüminyum sülfat, sodyum metafosfat, alkali nişasta, asitlendirilmiş sodyum silikat ve naftenik asittir. Bu tesiste manyezit randımanı % 70 olup, manyezit konsantresi en çok % 1.5 CaO; en çok % 1 SiO<sub>2</sub>, en çok % 0.5 Fe ve en çok % 0.5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ihtiva etmektedir.

«Canadian Refractories Ltd.», şirketinin Kanada'da Kilmar'daki tesisinde ağır vasat konsantrasyon metodu uygulanarak serpantin manyezit'ten ayrılmaktadır. Ağır vasat olarak ferrosilikon pH: 8.5 da kullanılmakta ve yoğunluğu 2.7 olarak tutulmaktadır. (4, 5).

Kent (11) manyezit cevherinden flotasyon ve manyetik ayırma ile yaklaşık olarak % 2 Fe ve % 0.5 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit konsantresi elde etmiştir. Bu konsantre kalsine edildikten sonra flotasyon ve manyetik ayırma metodlarıyla Fe % 1'in altına ve SiO<sub>2</sub> % 0.4'e düşürülmüştür. Manyezit konsantresi veya kalsine manyezit «leaching» yapılmak suretiyle Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> muhtevası % 0.01'in altına ve SiO<sub>2</sub> çok düşük bir değere indirilmiştir.

D. Ivankovic (10 ve T. Kostic, sırasıyla % 6.54 ve % 7.70 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden numune A ve B olarak adlandırılan Yugoslav manyezitlerini elektrostatik separatorlardan geçirerek yüksek kaliteli manyezit konsantreleri elde etmiştir.

	% SiO <sub>2</sub>	% CaO
Numune A Konsantresi	1.23	1.03
Numune B Konsantresi	1.29	1.41

Cevherin Serpantin içinde tezahür etmesi halinde elektrostatik yolla manyezitin konsantrasyonu mümkün olmaktadır.

Manyezit cevherlerinin konsantrasyonunda tavuklama, manyetik ve elektrostatik separatörden geçirme gibi kuru usûllerle ağır vasatta ayırma ve flotasyon gibi yaş usûller uygulanmaktadır. Manyezitin filitreden geçirilmesi ve kurutulması gibi işlemler gerekmediğinden kuru usûller daha pratik ve ekonomik olarak gözükmektedir.

### 3. Manyezit'in özellikleri :

Manyezitin formülü  $MgCO_3$  olup teorik olarak bileşiminde % 52.4  $CO_2$  ve % 47.6 MgO bulunur ve genellikle çok az miktarda  $FeCO_3$  da mevcuttur. Sertliği H = 3.4-4.5 arasında olup özgül ağırlığı G = 2.9 - 3.1 dir. Manyezitin rengi beyaz, sarı veya gri ve kahverengi arasında değişir. Tabiatında iki şekilde zühür eder. Birincisi kriptokristalen tipi, (buna amorf da denilir). Sert ve kompak bir mineral olup konkoidal bir kırılmaya sahiptir; parlatılmış porselene benzer ve serpantin veya benzeri kayaların bir alterasyon ürünüdür. Bu tip manyezitler kolloidal karakterde olup, opal veya kalsedon ihtiva ederler. Kriptokristalen manyezit genellikle saf olarak bulunur, ancak az miktarda demir, alümin, kireç ve pek az serbest silisle karışmış olabilir.

İkinci tip olan kristalen manyezit ise bazik asidik veya porfirik entrüzyonların etkisi ile dolomitin yerine ikame olmak suretiyle teşekkül eder. Genellikle bu tip manyezit yatakları masif tabakalar halinde kalker veya dolomitlerle birlikte tezahür eder (6, 12, 13).

Kalsit ve dolomitte olduğu gibi manyezit ısıtılınca  $CO_2$  muhtevasını kaybetmektedir. 700 ile 1000° C arasında manyezit ısıtılarak kostik kalsine manyezit elde olunur ve  $CO_2$  muhtevası % 2-10 arasında değişir. Kostik kalsine manyezit  $MgCl_2$  eriyiği ilâvesiyle Sorel (oksiklorür) çimentosu imâlinde, refrakter madde, izole malzemesi, renk alıcı reaktif ve sun'i gübre olarak kâğıt, sun'i pek ve kauçuk endüstrilerinde kullanılmaktadır.

1450°-1750°C arasında yapılan kalsinasyon işlemi ile % 0.5  $CO_2$  ihtiva eden oldukça yoğun ve sert sinter manyezit elde olunur. İstihsal edilen manyezitin % 90'dan fazlası sinterleştirilerek bazik tuğla imâlinde sarf edilir. (2, 3).

Fe tenörü % 0.1 in altında olan saf manyezit bazen elektrik fırınında 1700° C üstünde kalsine edilerek çakmaktaşı benzer yoğun bir madde olan ergitilmiş magnezyum oksit (suni periklaz) telde olunur. Bu ürünün özgül ağırlığı 3.65 olup daha çok ısıtılmakta hacimce azalma göstermemektedir.

Manyezit şakulî ve döner fırınlarda kalsine edilmektedir. Şakulî fırınlarda parça cevher işlenir ve yalnız kostik kalsine manyezit elde olunur. Döner fırınlarda ise manyezite demir oksit veya başka reaktifler ilâvesi gerektiğinde kullanılır; Bu tip fırınlar, hem kostik kalsine manyezit ve hem de sinter manyezit istihsalı için elverişlidir. (12).

Continental Magnezit Şirketinin Tavşanlı'da günde 60 ton manyezit cevheri işleyebilecek kapasitede bir şakulî fırını ile günde 120 ton kapasiteli döner fırını ve ayrıca Kümbet mevkiinde günde 40 ton kapasiteli ikinci bir şakulî fırını mevcuttur. 1968 yılında 9 bin tona yakın kalsine manyezit istihsal edil-

mistir. Döner fırının 1970 yılında faaliyete geçmesiyle bu şirketin yılda kalsine manyezit kapasitesi 28 bin tona çıkmaktadır. (17).

Continental Magnezit Şirketinin bugünkü sahibi olan Transtürk şirketinin satış şartnamesine göre «special»; «Extra II» ve «Extra I» olmak üzere üç tip kalsine manyezit vardır. Bunların en çok silis muhtevaları sırasıyla % 5.0; % 4.0 ve % 2.0'dir. Avrupaya sevkedilmek üzere (Electrofusion) elektrik fırınında ergitilecek tipi % 0.1'den az Fe ve >% 2.5'dan az SiO<sub>2</sub> ihtiva etmelidir. A.B.D. şartnamesi % 4'e kadar SiO<sub>2</sub>'e müsaade etmektedir. Bu da «Extra I» ve «Extra n» ye karşıt olmaktadır. En az % 94.0 MgO ihtiva eden «Special» kalsine manyezit'in F.O.B. Mudanya fiyatı 50-60 Amerikan doları arasındadır. Halbuki «Extra» kalsine manyezitin fiyatı 100 doların üstündedir. Tavşanlı bölgesinde «Extra» kaliteli kalsine manyezit verecek cevher bütün rezervin % 20 si civarındadır. (17).

Tavşanlı bölgesinden muhtelif cevher numuneleriyle kalsine edilmiş manyezitten yerinde numune alınmıştır.

4 No.lu kalsine manyezit numunesinden kırma ve öğütme uygulamadan temsili bir kısım alınarak elek analizi yapıldı ve binoküler mikroskopta tane serbestliği yönünden incelendi. Yapılan bu inceleme, tane Serbestliğinin 20 meş (Ü65 mm) civarında olduğunu göstermektedir. 1 no.lu çaltılı manyezit cevheri numunesi ile yapılan incelemede de serpantinin manyezitten ayrılarak serbest taneler haline gelmesi 10 ilâ 20 meş arasında (-1.651 mm + 0.833 mm) olmaktadır.

1. No.lu Çaltılı Manyezit cevheri numunesi (% SiO<sub>2</sub> = 3.15); 4 no.lu kalsine manyezit numunesi (% SiO<sub>2</sub> = 2.6) ve 8 no.lu 0-5 mm arası stoktan alınan manyezit cevheri numunesinden (% SiO<sub>2</sub> = 8.73) ibaret olan bu üç numunenin herbirinden alman temsili bir numune silindri kırıcıdan geçirilerek 20 meşin altına ufaltılmış ve elek analizi ile her bir fraksiyonun silis yüzdesi aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 1 — 1 No.lu Çaltılı Manyezit Cevhetri Numunesinin Elek Analizi ve % SiO<sub>2</sub> Dağıtan

Meş	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>	% Küm. Ağırlık
— 20 + 28	17.4	2.15	17.4
— 28 + 35	20.0	2.55	37.4
— 35 + 48	15.1	2.75	52.5
— 48 + 65	11.4	2.54	63.9
— 65 + 100	9.1	3.85	73.0
—100 + 150	7.8	4.19	80.8
—150 + 200	4.6	5.00	85.4
—200	14.6	4.36	100.0
	100.0		

Ortalama yüzdesi % 3.15 SiO<sub>2</sub> olan bu numunede —65 + 100 meş'lik fraksiyondan itibaren SiO<sub>2</sub> ortalamanın üstüne çıkmakta yani silis ince fraksiyon-

Tablo 2 — 4 No.lu Kalsine Manyezit Numunesinin Elek Analizi ve % SiO<sub>2</sub> Dağılımı

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>	% Kttm. Ağırlık
— 20 + 28	24.7	2.11	24.7
— 28 + 35	22.8	2.43	47.5
— 35 + 48	15.6	2.67	63.1
— 48 + 65	11.4	2.86	74.5
— 65 + 100	8.5	3.02	83.0
—100 + 150	5.2	2.91	88.2
—150 + 200	3.8	3.20	92.0
—200	8.0	3.47	100.0
	100.0		

Tablo 3 — 8 No.lu 0-5 mm. Arası stoktan Alınan; Manyezit Cevher Numunesinin Elek Analizi ve % SiO<sub>2</sub> Dağılımı

Meş	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>	% Küm.Ağırlık
— 20 + 28	28.5	7.61	28.5
— 28 + 35	25.9	8.06	54.4
— 35 + 48	13.6	9.16	68.0
— 48 + 65	8.9	10.06	76.9
— 65 + 100	6.3	10.63	83.2
—100 + 150	3.6	11.00	86.8
—150 + 200	2.9	11.41	89.7
—200	10.3	8.97	100.0
	100.0		

SiO<sub>2</sub> tenörü 65 meş'in altına geçildiğinde belirli olarak artmaktadır.

#### 4. Manyetik Ayırma Deneyleri ve Konsantrasyon Akım Şeması :

##### 4.1 Manyetik Ayırma Deneyleri :

Manyetik ayırma deneylerinde «Carpc» firmasının M 127 laboratuvar modeli endüksiyonlu silindir tip manyetik separatörü kullanılmıştır. 4 No.lu kalsine manyezit 1 no.lu çaltılı ve 8 no.lu 0.5 mm. arası stoktan alınan numunelerinin her birinden alınan temsili birer numune silindirik kırıcıdan geçirilerek 20 meş'in altına ufaltılmış ve elenerek suretiyle 200 meş'ten daha ince olan kısımlar atılmıştır. —200 meş'lik fraksiyon silişçe zengin olup çok ince olduğundan kuru olarak manyetik ayırma sinin dışındadır. Deneyler için her bir temsili numuneden —20 + 48; —48 + 100; —100 + 200 ve —20 + 200 meş'lik fraksiyonlar hazırlanarak manyetik ayırma uygulanmıştır.

4 no.lu kalsine manyezit numunesi fraksiyonları üzerine yapılan manyetik ayırma deney sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Manyetik separator, her bir fraksiyon için 1 amper 20 ayarda çalıştırılmıştır.

**Tablo: 4**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
— 20 + 48 Meş	100.0	2.36
Manyetik kısım	9.5	11.71
Kalsine Manyezit		
Kalsine Manyezit Kons.	90.5	1.32

**Tablo: 6**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
— 48 + 100 Meş		
Kalsine Manyezit	100.0	2.92
Manyetik kısım	9.7	12.80
Kalsine Manyezit Kons.	90.3	1.72

**Tablo: 6**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
— 100 + 200 meş		
Kalsine Manyezit	100.0	3.20
Manyetik kısım	11.5	9.02
Kalsine Manyezit Kons.	88.5	1.68

**Tablo: 7**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
— 20 + 200 Meş		
Kalsine Manyezit	100.0	2.55
Manyetik kısım	8.5	13.23
Kalsine Manyezit Kons.	91.5	1.41

% 0.53 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 2.55 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden —20 + 200 meş'lik fraksiyonda manyetik ayırma ile elde olunan kalsine manyezit konsantrisinin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, muhtevası % 0.11'e ve SiO<sub>2</sub> miktarı da % 1.41'e düşmüştür. Bu da silis bakımından «Extra I» şartnamesine uymakta ve demir bakımından da «Extra I» için en çok % 0.08 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerine yaklaşmaktadır.

1 No.lu Çaltılı manyezit cevher numunesi ile yapılan deneylerden yalnız —20 + 200 meş'lik fraksiyona ait sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo: 8**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
— 20 + 200 Meş		
1 No.lu Manyezit Cevheri	100.0	2.91
Manyetik Kısım	10.8	16.80
Manyezit Konsantrisi	89.2	1.10

% 1.10 SiO<sub>2</sub> ve % 0.64 Fe<sub>2</sub>O<sub>a</sub> ihtiva eden manyezit konsantresinin kalsine edilmesi halinde «Extra II» için şartnamede belirtilen en çok % 4.0 SiO<sub>2</sub>'e uymakta ise de Fe<sub>2</sub>O<sub>a</sub> miktarı «Special» için bile yüksektir.

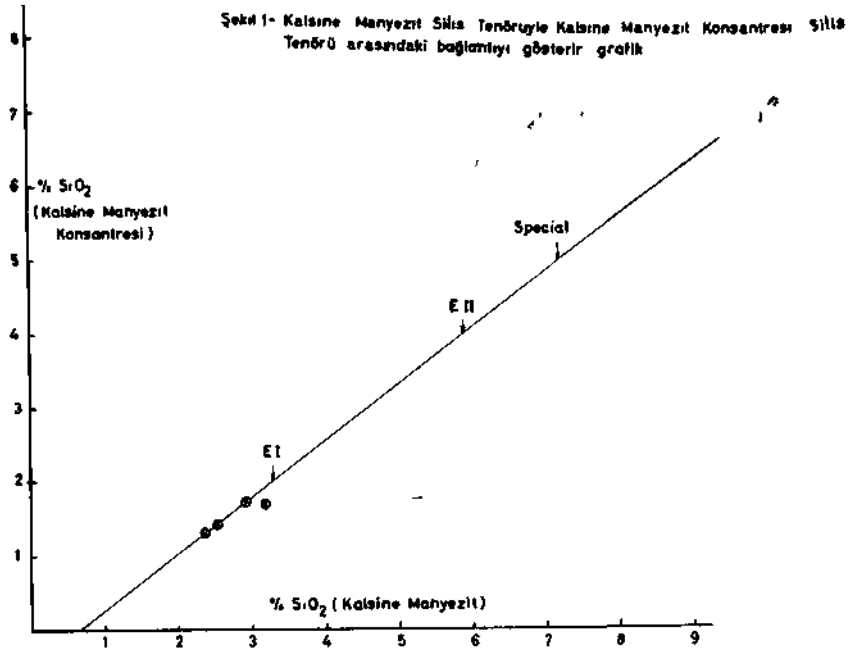
8 No.lu manyezit cevher numunesi ile yapılan deneylerden -20 + 200 meş'lik fraksiyona ait sonuçlar 9 No lu tabloda gösterilmiştir.

**Tablo: 9**

	% Ağırlık	% SiO <sub>2</sub>
-20 + 200 Meş		
8 No.lu Manyezit Cevheri	100.0	8.70
Manyetik Kısım	44.0	13.70
Manyezit Konsantresi	56.0	4.82

% 4.82 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit konsantresinin kalsine edilmesi halinde SiO<sub>2</sub> muhtevası % 9'u geçeceğinden şartnamede belirtilen «Special» için en çok % 5.0 SiO<sub>2</sub> e uymamaktadır.

Kalsine manyezitin her bir fraksiyonu için manyetik ayırıcıya beslenen kalsine manyezit ve kalsine manyezit silis yüzdeleri arasındaki bağlantı 1 No.lu şekilde gösterilmiştir. Bu şekildeki grafik doğru olarak uzatılmış ve «Extra I ; «Extra H» ve «Special» için hangi % SiO<sub>2</sub>'li manyezit cevherlerinin kalsine edilerek manyetik ayırıcıdan geçirilmesi gerekeceği hesaplanmıştır. «Extra I» için SiO<sub>2</sub>: % 2 olup bunun karşıt olduğu kalsine manyezitin silis yüzdesi



% 3.30 dur. Bu da yaklaşık olarak % 1.65 SiO<sub>2</sub> li manyezit cevherine karşittır. Aynı şekilde «Extra II» ye % 2.95 SK<sub>2</sub>, ve «Speciabe % 3.6 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit cevherlerinin karşıt oldukları hesaplanmıştır. Sonuç olarak «Extra I» için en çok % 1.65; «Extra II» için % 1.66 – 2.95 ve «Special» için % 2.96 – 3.6 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit cevherleri önce kalsine 'edilmeli sonra da manyetik ayırıcıdan geçirilmelidir.

#### 4.2. Konsantrasyon Akım Şeması :

Kuru manyetik ayırma metodu –20 I- 200 meş'lik fraksiyonda iyi sonuç vermesine rağmen şakulî fırında kalsine edilecek manyezit cevherinin tane büyüklüğü 40 - 80 mm. ve döner fırında ise 0-22 mm. arasında olmalıdır. Bu durumda kalsine manyezit'e uygulamak üzere konsantrasyon akım şeması 2 no. lu şekilde gösterilmiştir. Böyle bir konsantrasyon tesisinin günlük kapasitesi 100 ton alarak öngörülmüştür. Zira Continental Magnezit Şirketinin Tavşanlı'da günde 60 ton döner fırından ve 30 ton şakulî fırından olmak üzere 90 tonluk kalsine manyezit üretme kapasitesi mevcuttur.

Akım şemasına esas olan hususlar : Kalsine manyezit çekiçli değirmende 20 meş'in altına ufaltmak; hava separatörü ile –20 meş'lik kısmı bir siloda toplamak ve –20 + 200 meş'lik kalsine manyeziti endüksiyonlu silindir tipi manyetik separatörde konsantre etmektir. Manyetik seperatörden manyetik ve manyetik olmıyan olmak üzere iki ürün elde edilir; manyetik fraksiyon atılır ve manyetik olmıyan kalsine manyezit konsantresi bir bant konveyörüyle torbalama yerine gönderilir.

Bu konsantrasyon tesisinde öğütme kısmının iki vardiye (16 saat) ve manyetik ayırma kısmının ise üç vardiye (24 saat) çalışması öngörülmüştür.

Kuru sistem uygulandığından çekiçli değirmen, elek ve hava separatöründe çok toz meydana geleceği aşikârdır. Buradan da husule gelen ince tozun devreden alınması için akım şemasına siklon, aspiratör ve vibratörlü, torbalı filitre odası dahil edilmiştir.

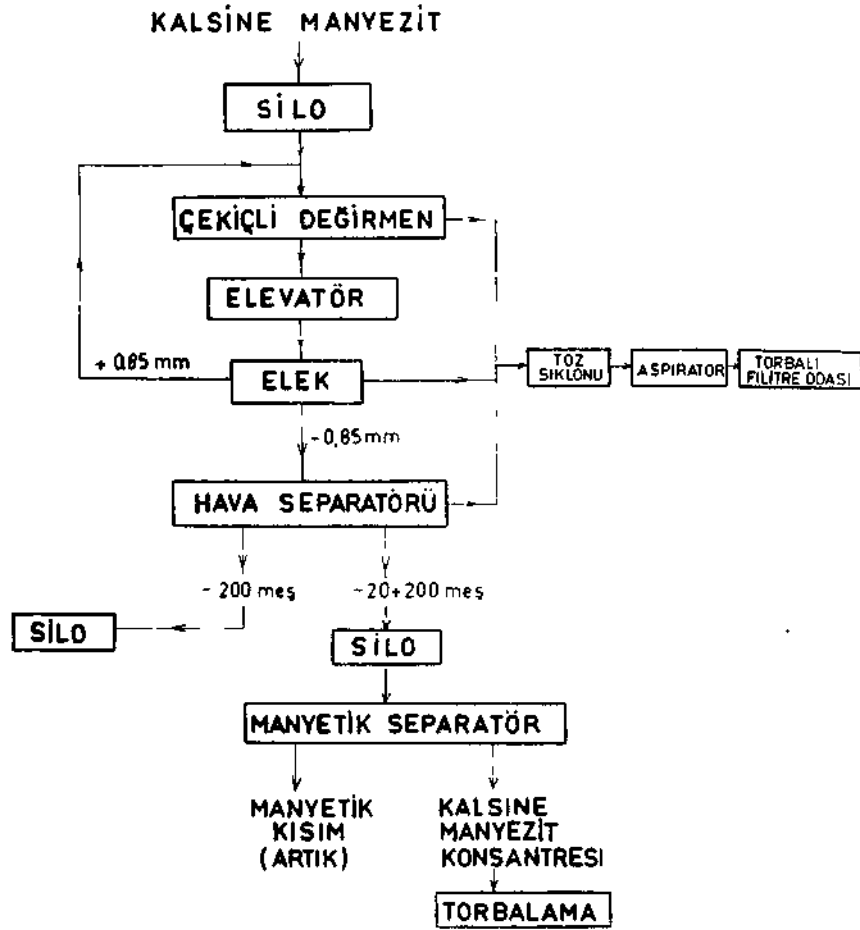
#### 5. Sonuçlar :

a. Tavşanlı Bölgesi Manyezit cevherlerinin silis muhtevası opal ile serpantinden ileri gelmektedir. Opalin tavuklama ile manyezitten ayrılması kabildir.

b. Gerek manyezit cevheri ve gerekse kalsine manyezit içinde karışık bir şekilde dağılmış bulunan serpantinın ayrılması için manyezit cevheri veya kalsine manyezit önce kuru olarak 20 meş'in altına ufaltılmış ve sonra da –20 + 200 meş'lik fraksiyon manyetik separatörden geçirilerek manyetik olmıyan manyezit veya kalsine manyezit konsantresi elde edilmiştir. Manyetik ayırma işlemi –200 meş'lik fraksiyona uygulanmamıştır.

c. Manyetik ayırma metodu kullanmak suretiyle % 3.15 SiO<sub>2</sub>'li manyezit cevherinden ağırlıkça % 76.2 randımanla –20 + 200 meş'lik konsantre elde edilmiş ve bu konsantrenin SiO<sub>2</sub> muhtevası % 1.1'e, >% 8.73 SiO<sub>2</sub> ihtiva eden manyezit cevherinden ağırlıkça % 50.3 randımanla elde olunan –20 + 200 meş'lik konsantrenin silisi % 48.2'ye ve % 2.6 SiCX'li kalsine manyezitten ağırlıkça % 84.2 randımanla elde edilen –20 + 200 meş'lik konsantrenin SiO<sub>2</sub> muhtevası % 1.41'e düşürülmüştür





**Şekil: 2— Konsantrasyon akım şeması**

d. 1 no. lu şekilde gösterilen grafikten faydalanarak ve kalsine manyezite manyetik ayırma işlemi uygulamak suretiyle aşağıda belirtilen sonuçlara varabiliriz. % 1.65 SiO<sub>2</sub>'li manyezit cevherinden «Extra 1», % 1.66-2.95 SiO<sub>2</sub> li manyezit cevherinden «Extra n» ve % 2.96 - 3.6 SiO<sub>2</sub>/li manyezit cevherinden «Special» kaliteli kalsine manyezit elde edilmesi mümkündür.

e. Olumlu sonuç vermesine rağmen manyetik ayırma metodunun manyezit cevherine endüstriyel çapta uygulanmasında tane büyüklüğü bakımından zorluklar mevcuttur. Manyezit cevheri tane büyüklüğü şakulü fırın için 40 - 80 mm. ve döner fırın için ise 0 - 22 ram. arasında olmalıdır. Tane büyüklüğü bir zorluk teşkil etmediğinden kalsine manyezite uygulamak üzere günde 100 ton kapasiteli bir konsantrasyon tesisinin akım şeması 2 no. lu şekilde gösterilmiştir

**Bibliyografik Tanıtım :**

- 1) Barutoglu, ö. H., Tavşanlı Bölgesi Manyezitleri Hakkında Rapor.
- 2) Bates, *Geology of the Industrial Rocks and Minerals*, pp. 296 - 297.
- 3) Birch, R. E., *Industrial Minerals and Rocks*, Seeley W. Mudd Series; Chapter XXIV on Magnesite, First Edition, 1937, pp. 433 - 448.
- 4) Bray, W. T., The Kilmar Magnesite Mine and Heavy Media Separation Plant, *The Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin*, Vo. 44, 1951, pp. 83 - 88.
- 5) Clemmer, J. B., H. A. Doerner and F. D. De Vaney, *Experimental Flotation of Washington Magnesite Ores*, AIMME, Technical Publication no. 1148, 1940; pp. 1-10.
- 6) Dana, E. S., and W. E. Ford, *A Text book of Mineralogy*; Fourth Edition, Revised and Enlarged, Seventh Printing, November 1955; pp. 517-518.
- 7) Doerner, H. A., and D. Harris, *Concentration of Low Grade Magnesite Ores by Flotation*, Washington State College Mine Experiment Station, Bulletin P - 1, 1938, pp. 1 - 30.
- 8) Doerner, H. A., and D. Harris, U. S. Patent No. 2205923; 1940.
- 9) Gaudin, A. M., *Flotation*, Second Edition; 1957; p. 469.
- 10) Ivankovic, D., and T. Kostic, *Concentrating Magnesite*; *Rudarski Glasnik*, 1969 No. 2, p. 37 (*Mining Magazine*, May 1970, p. 245).
- 11) Kent, G. A., *Production of High Purity Magnesia*, Canadian Dept. Mines Tech. Surv. Mines Branch Research Report, R-163, 11 pages, 1965, Eng. (Chemical Abstract, Vol. 63 No. 10-11, p. 12708 h).
- 12) Ladoo, R. B., and W. M. Myers, *Nonmetallic Minerals*; Second Edition 1955; pp. 296-309.
- 13) Lingren, W., *Mineral Deposits*, Fourth Edition; 1933.
- 14) Ramsey, R. H., *The Why and How of Basic Magnesium*, *Engineering and Mining Journal* Vol. 144, October 1943, pp. 61 - 64.
- 15) Rice, H. R., *Heavy Media Separation at Kilmar*, *Canadian Mining Journal*; Vol. 71; March 1950, pp. 63-69.
- 16) Taggart, A. F., *Handbook of Mineral Dressing*, Fourth Printing; September 1950; pp. 12 -124.
- 17) Wendel, C. A., *Magnesite Resources and Industry of Turkey*, U. S. Embassy Ankara; Turkey, A - 786, May. 12, 1966; pp; 1-20.
- 18) Williams, L. R., *Mineral Facts and Problems*, Bulletin 630; U. S. Bureau of Mines, 1965, pp. 537 - 551.

## IMPERIAL SMELTING PROSESİNİN TERMODİNAMİK ETÜDÜ

Fuat Yavuz BOR (\*)

Özet :

Düşey bir şaft fırını içerisinde cevherdeki çinkonun buhar şeklinde prodüksiyonu ve diğer metalurjik işlemlerin gerçekleşmesinin bağlı olduğu şartlar termodinamik bakımdan incelenmiştir.

Fınn içerisinde yaklaşık olarak termodinamik bir denge tesis olduğu varsayımından hareketle reaksiyonlar;

- Gaz ile katı fazlar arasında,
- Gaz fazı içerisinde,
- Gaz Ue Ukid fazlar arasında.

olmak üzere üç bölümde incelenmiş ve her bölüm için gerekli şartlar hesaplanarak prosesin sınırlarının gaz ile (katı fazlar arasındaki reaksiyonlar tarafından kontrol edildiği) esbit edilmiştir.

Toplam reaksiyonların teknolojik değerlendirilmesi yapılarak, prosesin zor kontrol edilebileceği kanaatine varılmış ve (teknik cüruflarda kalan yüksek çinko (miktarla dolayısıyla) prosesin teknolojik tatbikatının teorik imkânlarından oldukça uzak bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Giriş :

Imperial Smelting prosesinin ana karakteristiği, demir yüksek fırınına benzer bir şaft fırını içerisinde ve demir redaksiyonu şartlarına oldukça yakın redükleyici bir ortamda kurşun ve çinko metallerinin birarada istihali ve bu esnada ferro-silikatlı bir cürufun elde edilmesi olarak belirtilebilir. Imperial Smelting fırınında gerçekleştirilmesi gereken şartların başında metalurjik bakımdan kurşun ve çinkoyu oksitlerinden redükleyebilecek, fakat demir oksitleri metalik demire tahvil etmeyecek redükleyici bir gaz ortamının yaratılması gelmektedir.

Bu sebepten redükleyici olarak kullanılan kok kömürünün iki şartı yerine getirecek şekilde yakılması icap etmektedir. Birinci şart yukarıda bahsedilen redükleyici ortamın gerçekleşmesine yeterli bir  $\text{CO}_2/\text{CO}$  oranının belli sınırlar dahilinde sabit tutulması, ikincisi ise yakma olayının fırının ısı balansını karşılayacak derecede yeterli  $\text{CO}_2$  miktarını verecek şekilde ayarlanmasıdır. Kaktan azami istifade edilmesini sağlamak babında çözülmesi gereken ana problem, metalurjik şartların gerçekleştiği şartlar içerisinde, kokun  $\text{CO}_2$  şekline yakılabilecek azami oranım bulmaktan ibarettir.

(\*) Dr. Maden-İzabe Y. Müh., D.P.T., Ankara.

Bu probleme uygun bir çözüm yolu bulmak için, vuku bulan metalürjik olayları,

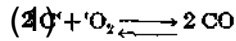
- Gaz ile katı fazlar arasındaki reaksiyonlar,
- Gaz fazı içerisindeki reaksiyonlar,
- Gaz ile likid fazlar arasındaki reaksiyonlar.

olmak üzere üç ayrı bölüm halinde incelemekte ve fırın içerisinde her bölümde yaklaşık bir termodinamik denge durumu teşekkül ettiği varsayımından hareketle sistematik bir sonuca varmakta fayda vardır. Metalürjik şartların ısısal balans şartları ile birleştirilmesi problemin tüm olarak aranan çözümünü verir.

1. Gaz ile katı fazlar arasındaki reaksiyonlar :

1.1. Kokun yakılması ve katı karbon ile denge durumu :

Fırın içerisine gonderilen havada, havanın fırına hemen girişinde, serbest oksijen mevcuttur. Kokun karbonu ile temasında yüzeyzel yanma vuku bulur ve,



reaksiyonuna göre karbon monoksit teşekkül eder. Richardson ve Jeffes (1) e göre bu reaksiyonun serbest enerjisi,

$$\Delta G^\circ(1) = -53400 - 41.90T \quad T = 298 \dots 2500^\circ K$$

formülüyle ifade edilmektedir.

Karbon dioksit teşekkülünün gaz fırını içerisinde ve



reaksiyonuna göre vuku bulduğu genellikle doğrulanmaktadır. Bu reaksiyonun serbest enerjisi de keza Richardson ve Jeffes (1) tarafından

$$\Delta G^\circ(2) = -135100 + 41.50T \quad T = 298 \dots 2500^\circ K$$

formülüyle belirtilmektedir.

Sıcak fırın içerisinde karbon dioksit ile sıcak kokun teması sonucu tekrar karbon monoksite dönüşüm mümkündür.



reaksiyonu Richardson (2) tarafından incelenmiş ve serbest enerjisi

$$\Delta G^\circ(3) = +40500 - 41.5T \quad T = 298 \dots 2273^\circ K$$

formülüyle verilmiştir.

[3] numaralı reaksiyonun denge sabitesi

$$K_{(3)} = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2} \cdot a_C} \text{ veya } K_{(3)} \cdot a_C = P^2_{CO} \cdot P_{CO_2}$$

şeklinde verilebilir.  $K_{(3)} \cdot a_C = K^B$  diyecek olursak ve karbon aktivitesini bi-

rtm kabullenirsek ( $a_c = 1.0$ ) sabit bir toplam basınç için meşhur Boudouard sabitesini elde ederiz;

$$K_p^B = p^2 \text{CO} / p \text{CO}_2.$$

Bu sabite serbest enerji ile

$$\Delta G^\circ (3) = R \cdot T \cdot \ln K_p^B = -4,575 \cdot T \cdot \lg K_p^B$$

denkleminde göre bağıntılıdır. Bu denklem yardımı ile temperaturün bir fonksiyonu olarak Boudouard denge diyagramı hesaplanabilir.

## 1.2. Demir Oksitlerin Bedüksiyonu :

Demir oksitlerinin bir CO/CO<sub>2</sub> gaz karışıma ile redüksiyonu ancak gaz fazının kısmi oksijen buhar basıncının, demir oksitleri kısmi oksijen buhar basıncından daha küçük olduğu hallerde mümkündür.

Sembolik olarak demir oksitleri Fe<sub>x</sub> O şeklinde belirtilirse redüksiyon

$$P_{O_2} (Fe_x O_y) > P_{O_2} (CO/CO_2) \text{ şartına bağlıdır.}$$

Termodinamik denge hali

$$P_{O_2} (Fe_x O_y) = P_{O_2} (CO/CO_2) \text{ eşitliği ile belirtilir.}$$

Demir oksitlerin CO/CO<sub>2</sub> gaz karışımları ile denge durumları ilk olarak Bauer ve Glaessner (3) ve Schenk (4) tarafından ölçülmüştür. Darken ve Gurry (5) tarafından daha sonraki yıllarda yapılan ölçmelerle bu denge durumları artık kat'i bir şekilde belirtilmiş bulunmaktadır.

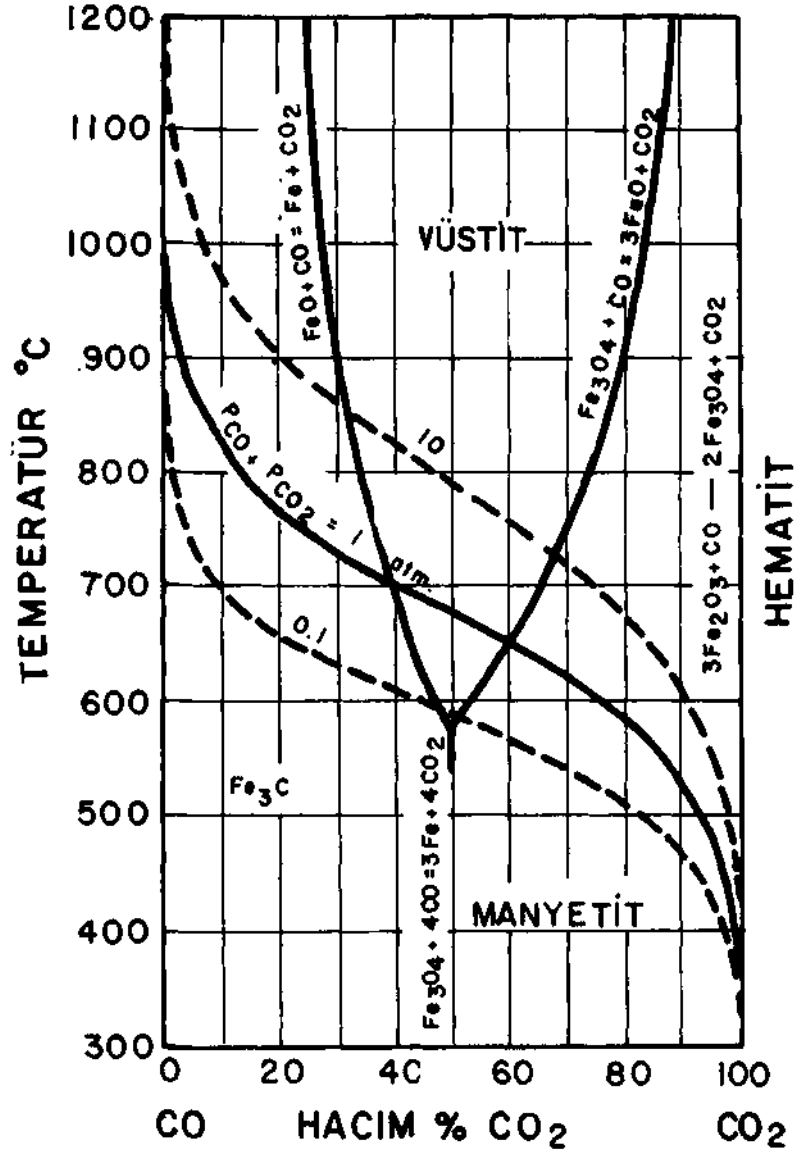
Son ölçmelere göre düzeltilmiş Bauer-Glaessner denge diyagramı Şekil 1 de verilmiştir.

Saf karbon ile ( $a_c = 1,0$ ) temas halindeki gazların denge durumu çeşitli toplam basınçlarda temperaturün bir fonksiyonu olarak görülmektedir.  $K^B$  değerlerinin ifade ettiği mana burada açıkça görülmektedir. Sabit bir toplam basınçta temperatur yükseldikçe denge gaz karışımındaki CO miktarı artmakta, yani gazın redüksiyon kabiliyeti yükselmektedir.

Bu sabiteler toplam basınç arttıkça, sabit bir temperaturde, gaz karışımındaki CO<sub>2</sub> miktarının arttığını (veya başka bir deyişle gazın kısmi oksijen buhar basıncının yükseldiğini) göstermektedir; yani gazın redüksiyon kabiliyeti azalmaktadır.

Bu meyanda zikre değer diğer bir husus karbon aktivitesinin denge durumlarına etkisi sorunudur. Kısaca söylemek gerekirse, şekildeki denge eğrilerinin altında karbon aktivitesi birden küçük, üstünde ise birden büyüktür.

Bu şekilde demir oksitleri ile CO/CO<sub>2</sub> gaz karışımları arasındaki denge durumları toplam gaz basıncının bir fonksiyonu olarak ta gösterilmektedir. Görüleceği gibi, toplam basıncın bir atmosfer olduğu şartlarda karbon demir oksitlerini 705° C in altında metalik demire redükliyelemektedir. Sadece Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> şeklinden Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> haline ve 650°C ile 706°C arasında da Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> şeklinden FeO haline dönüşüm mümkün olmaktadır.



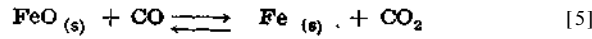
Şekil : 1 — Son ölçmelere göre düzeltilmiş Bauer - Glaessner denge diyagramı.

Toplam basıncın bir atmosferden küçük olması halinde aynı gaz bileşiminin redüksiyon gücü artmaktadır. Toplam basıncın birden büyük olması redüksiyon gücünde azalma meydana gelmesini gerektirmektedir.

Olsen ve Schürmann (6) demir oksitlerin redüksiyon reaksiyonlarını son ölçmelere dayanarak yeniden hesaplamışlar ve aşağıda verilen formal reaksiyonların termodinamik değerlerini bulmuşlardır.



$$\log K_{(4)} = \frac{-1834}{T} + 2,17$$



$$\log K_{(5)} = \frac{+914}{T} + 1,097.$$

Imperial Smelting prosesi açısından manyetit redüksiyonunu gösteren [4] numaralı denklem, önemli değildir, zira bu işlem, gayet büyük bir kolaylıkla yapılabilmektedir. Buna karşılık wüstitin metalik demire tahvilini gösteren denklem (ki IS prosesinde bunun önlenmesi gerekmektedir) üzerinde durmak lazımdır.

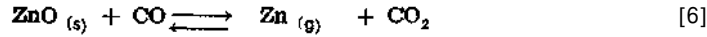
[5] numaralı reaksiyonun denge sabitesi Fe ve FeO aktiviteleri birim ünite kabul edildiğinde

$$K_{(5)} = P_{\text{CO}_2}/P_{\text{CO}} \quad (a_{\text{Fe}} = a_{\text{FeO}} = 1,0)$$

şeklini alır. Oelsen ve Schürmann (6) in bu reaksiyon için verdiği eşitlikten istifade ile reaksiyonun denge sabitesi çeşitli sıcaklıklar için hesaplanabilir. Bu sabite  $P_{\text{CO}_2}/P_{\text{CO}}$  oranına eşit olması dolayısıyla katı wüstitin belli bir sıcaklıkta redüklenme şartlarını direkt ifade eder. Eğer kullanılan gazın  $P_{\text{CO}_2}/P_{\text{CO}}$  oranı bu sabiteden küçük ise wüstit dekire redüklenir.

### 1.3. Çinko Oksitin Redüksiyonu :

Çinko oksitin karbon ile redaksiyonu genellikle reversible ve endotermik bir reaksiyon olarak bilinmektedir. Formal olarak



denklemleri ile ifade edilen bu reaksiyonun en göze çarpan özelliği sağ taraftaki ürünlerin her ikisinin de gaz halinde oluşudur. Bu özellik IS fırını ile demir yüksek fırınının bilimsel bakımdan en büyük ayrıntısına işaret etmektedir.

[6] numaralı reaksiyon termodinamik yönden bilhassa kurşun şaft fırını cüruflarından çinko uçurulması (fuming) olaylarının tetkiki nedeniyle incelenmiştir. Bell ve d. (7) bu reaksiyonun denge sabitesini literatürde mevcut değerlerden faydalanarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada daha yeni termodinamik değerler kullanılarak hakikate yaklaşma oranı artırılmaya çalışılmıştır. Kellogg (8), «fuming» prosesiyle alakalı bir yazısında empirik bazı sabiteler vermektedir. Bu sabitelerden istifade yoluyla ve iki reaksiyonun birleştirilmesi sonucu [6] numaralı reaksiyon için

$$\ln K_{(6)} = \frac{-21879}{T} + 13,735$$

formülü hesaplanmıştır. Hernekadar Kellogg bu denklemin 1400 ila 1600°K sınırları dışında kullanılmamasını tavsiye etmekte ise de, hesaplar için lüzumlu

olması sebebiyle daha alçak sıcaklıklar için de bu formül aynen geçerli sayılmıştır.

[6] numaralı reaksiyonun denge sabitesi

$$K_{(6)} = \frac{p_{Zn}}{a_{ZnO(s)}} \cdot \frac{p_{CO_2}}{p_{CO}} \text{ şeklindedir.}$$

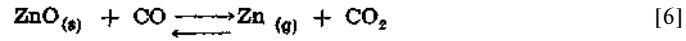
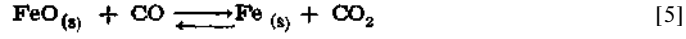
Fırın içerisinde şarjın henüz erimediği kısımlarda katı halde çinko oksit kristalleri veya parçacıkları mevcuttur. Dolayısıyla çinko oksit aktivitesi bir Lm ünite ( $a_{ZnO(s)} = 1,0$ ) kabul edilebilir. Böylece de reaksiyonun denge  $p_{CO_2}/p_{CO}$  oranı  $K_{(6)}$  sabitesine göre çeşitli sıcaklıklar için sistemdeki çinko kısmi buhar basıncının bir fonksiyonu olarak kolayca ifade ve hesaplanabilir.

Katı haldeki çinko oksit gaz halinde metalik çinkoya gazdaki  $p_{CO_2}/p_{CO}$  oranının  $K_{(6)}$  sabitesinden küçük olduğu hallerde dönüşebilir. Bu oranın sabite ile eşitlik hali termodinamik denge durumudur. Belli bir sıcaklıkta ve belli bir çinko kısmi buhar basıncında bu oranın sabiteden büyük olması gaz halindeki metalik çinkonun katı haldeki çinko oksite geri oksitleneceğine delalet eder.

#### 1.4. Katı Şarj İçindeki Reaksiyonların Birarada Tahlili :

Imperial Smelting fırınında işlenecek bir şarj içerisinde gerçekleşmesi istenen olay sadece katı haldeki çinko oksitinin gaz halinde metalik çinkoya dönüşümüdür. Bu esnada demir oksitlerin metalik hale geçmemesi gereklidir.

Bu şartları göstermek amacıyla Şekil 3'te



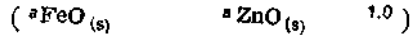
reaksiyonları için hesaplanmış denge durumları sıcaklığın bir fonksiyonu olarak  $p_{CO_2}/p_{CO}$  oranı şeklinde gösterilmiştir. Burada [3] numaralı reaksiyon bir atmosfer toplam basınç şartındadır ve [6] numaralı reaksiyon üç çeşitli çinko kısmi buhar basıncı için verilmiştir. Bunlardan 0,06 atmosfer olan çinko buhar basıncı endüstride tatbik edilen değerlere tekabül etmektedir.

[6] numaralı reaksiyonun çinko buhar basıncının bir atmosfer olduğu haldeki eğrisi ile [3] numaralı reaksiyonun kesiştiği nokta 1223°K (950°C) birim aktivitedeki çinko oksitten bir atmosfer basınçta metalik çinko istihsalinin denge şartlarını göstermektedir. Bu sıcaklıkta tekabül eden  $CO_2/CO$  oranındaki gaz karışımı ile sürekli olarak çinko istihsalini ancak sıcaklığın bu değerin üzerine çıkarılması ile mümkündür. Toplam ( $CO_2 + CO$ ) basıncının bir atmosferin altına düşmesi çinko istihsalini mümkün olan sıcaklığın daha aşağı değerlere inmesini sağlar. Aynı şekilde istihsal edilen çinkonun kısmi buhar basıncındaki bir azalma keza sıcaklığın düşmesini sağlar. İşte muflar içinde çinko istihsalinin dayandığı termodinamik şartlar bu civardadır.

IS prosesinde istenen sadece çinko oksitinin redüksiyonudur, demir oksit redüklenmemelidir. Bunu kontrol eden şartlar bu şekilde gösterilen [5] numaralı



reaksiyona ait eğri ile [6] numaralı reaksiyona ait eğrilerin kesim noktalarıdır. Birim aktivitede çinko oksit ve birim aktivitede demir oksit



ile temas halinde bulunan bir atmosfer buhar basıncını havi metalik çinko bütün komponentler ile 1470°K (1193°C) noktasında termodinamik denge halindedir. Denge gaz pCO<sub>2</sub>/pCO oranı 0,355 dir. Bu şartlar altında sadece çinko oksitin çinkoya redüklenmesi temperaturün 1193°C üzerine çıkarılması ile mümkündür. Bu temperaturün altına düşülecek olursa demir oksit redüklenir, çinko oksit haline geçer.

Çinko kısmi buhar basıncındaki bir azalma denge temperaturünün alçalmasını sağlar. Teknikte Imperial Smelting fırınlarında istihsal edilen çinko buharının basıncı 0,06 atm. değeri civarındadır. Bu durumda denge temperaturü 980°C ve denge gaz karışımındaki pCO<sub>2</sub>/pCO oranı 0,42 dir. Bunun ifade ettiği mana teknikte 0,06 atm. kısmi basıncında çinko istihsal etmek için 0,42 değerini verecek CO<sub>2</sub>/CO oranında katı şarj içinde asgari 980°C sıcaklığının gerçekleştirilmesidir. Bu derece üzerindeki her temperaturde -yukadaki şartlar altında- katı şarjdan sadece çinko oksit redüksiyona uğrar, demir oksitlerinde herhangi bir değişiklik vuku bulmaz.

Denge değerleri olarak burada tesbit edilmiş olan 980°C ve pCO<sub>2</sub>/pCO oranının 0,42'ye eşitliği termodinamik bakımdan Imperial Smelting prosesini gaz ile katı fazlar arasındaki reaksiyonlar yönünden kontrol eden ana unsurlardır.

## 2. Gaz Fazındaki Reaksiyonlar :

Çinkonun katı faz içerisinden redüksiyonu sonucu teşekkül eden mahsul-ler tümüyle gaz halindedirler. Bu gazlar fırının en üst kısımlarında halen katı şarj ile temas halindedirler. Buradan şok kondansörlerine kadar herhangi bir değişikliğe uğramadan bu gazların ulaştırılması gerekir. Bu şartların termodinamik olarak incelenmesi için [6] numaralı reaksiyondan faydalanmak mümkün ve gerektir.

Demiroksitin redüksiyona uğramadığı şartlarda 0,06 atm. çinko buharı için denge temperaturü 980°C ve pCO<sub>2</sub>/pCO oranı 0,42 olarak tesbit edilmişti. Bu şartları haiz bir gazın fırını terk edip şok kondansörlerine ulaşana kadar en azından aynı temperaturü muhafaza etmesi şarttır. Temperaturde bir azalma vuku bulduğu halde [6] numaralı reaksiyon reversible olduğundan karbon dioksit metalik çinko buharını oksitler ve katı halde çinko oksit teşekkül eder, ta ki Şekil 3'te bunu gösteren eğri boyunca daha alçak bir temperaturde ve daha düşük bir CO<sub>2</sub>/CO oranında yeni bir denge durumu teşekkül etsin. Dolayısıyla bu prosesin can damarlarından birisi ve çinko istihsalini etkileyen önemli bir faktör tepe gazının denge temperaturü üzerinde tutulması problemidir.

Görülmektedir ki, verilen şartlar altında, çinko istihsalinin kolaylaşması hem gaz-katı fazlar arasındaki, hem de gazlar içindeki reaksiyonlar bakımından temperaturün termodinamik denge temperaturünün biraz üzerinde tutulmasıyla mümkün olmaktadır. Bunu temin için finnlarda tepe gazı içerisine belli bir miktar hava liflenmekte ve gazdaki karbon monoksitin bir kısmı karbon dioksit haline geçirilmektedir. Bu reaksiyon ekzoterm olması dolayısıyla

tepe gazı temperatüründe az da olsa bir yükselmeye sebebiyet vermektedir. Tabiatıyla bu işlem sonucu tepe gazındaki CO<sub>2</sub>/CO oranı önemli olmayan çok cüzi bir yükselmeye uğramaktadır.

Imperial Smelting prosesinin teknolojik bakımdan metalürjiye getirdiği asıl yenilik gazlardan ergimiş kurşun vasıtasıyla çinkonun şok halinde kondansasyona uğratılması ve kurşun içerisinde çözünerek fırından alınmasıdır. Ne var ki likid kurşun ile kondansasyon bu işlemin hale hazır teknolojik tatbikat imkânları açısından sınırlıdır. Teknik literatürün tetkikinden 1957 yılına kadar başarı ile kondanse edilebilen gazların % 8 ilâ 10 CO<sub>2</sub> ihtiva ettikleri (Morgan (9)) daha sonraki yıllarda teknolojik gelişmeler sonucu bunun % 11 hatta kısa süreler için % 15'e kadar çıkarıldığı (Morgan (10)) görülmektedir. Son rakam ile ilgili olarak ilave edilmelidir ki, bu şartlarda gaz içindeki çinkonun kısmen tekrar okside olması tamamen önlenememektedir.

Teknikte çinkonun oksidasyonuna imkân verilmeyen azami değer pCO<sub>2</sub>/pCO oranının 0,57 olduğu durum olarak kabul edilebilir. Bu şartlarda Şekil 2'de görülebileceği gibi 0,06 atm. çinko buhar basıncına tekabül eden temperatur yaklaşık olarak 1278°K, yani 1005°C dir.

Buradan görülmektedir ki temperatürün 980 ile 1005° C gibi küçük bir miktarda büyümesi denge gaz oranının 0,42 den 0,57 ye yükselmesini, yani büyük bir oranda artmasını sağlamaktadır. Bu, fırının ısı balansı açısından pozitif bir etkidir.

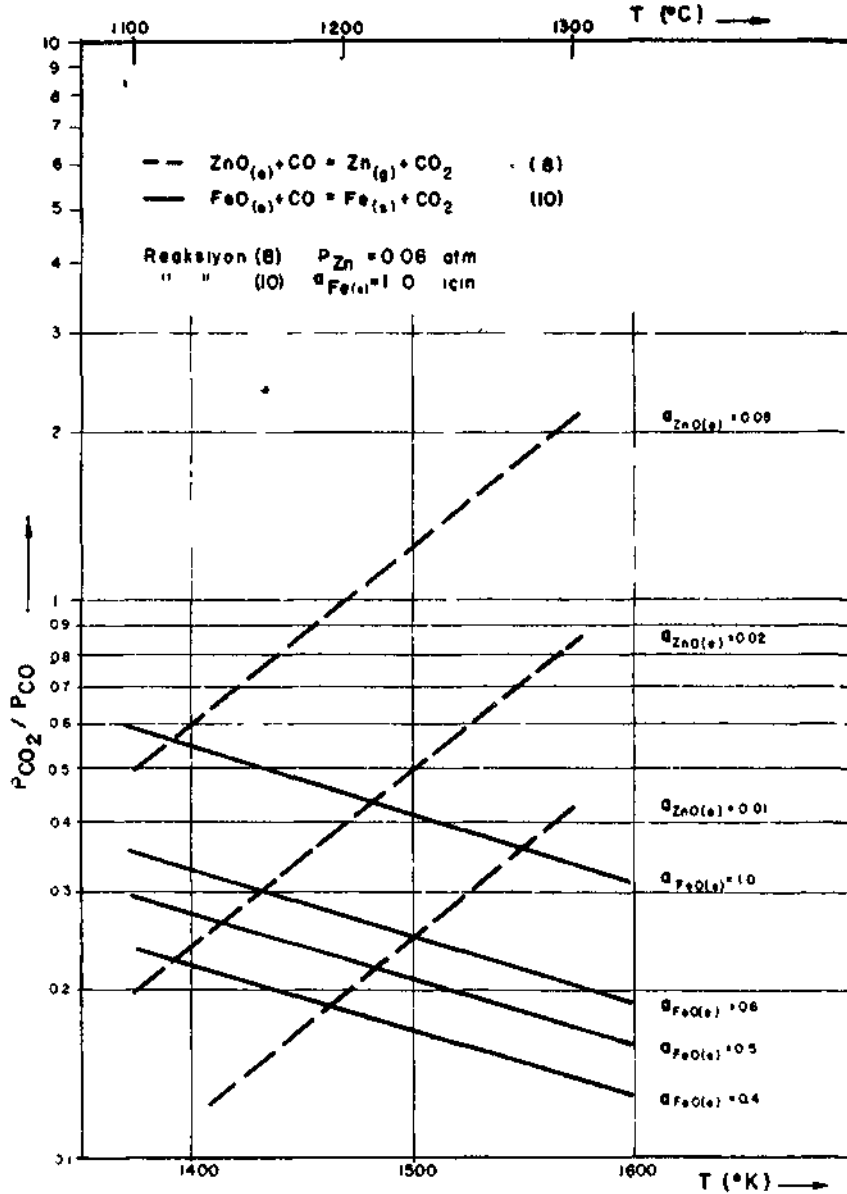
Termodinamik denge hesaplamalarını teknik tatbikat ile burada bir karşılaştırmasını yapmak mümkündür. 0,57 oranı için hesaplanan temperatur 1005° C dir. Fırın içinde yapılan ölçmeler tepe gazı temperatürünün fırın normal çalıştığı zamanlarda 1000°C civarında olduğunu göstermiştir

### 3. Gaz lite likid fazlar arasındaki reaksiyonlar :

Teorik olarak fırına verilen şarj içerisindeki bütün çinkonun katı-gaz reaksiyonları yoluyla fırının en üst kısımlarında redüklenmesi pekâlâ mümkündür. Ne var ki aşağıda izah edileceği üzere tüm çinkonun üst kısımlarda bu yolla redüksiyonu fırının daha alt zonlarında da demir oksitin redüklenmesine sebebiyet verecektir.

Morgan ve Lumsden (11) hacim olarak gaz haline redüklenmiş her % çinko biriminin fırın içerisinde gaz temperatüründe 80°C bir düşüşe eşit olduğunu bildirmektedir. Buna göre tepe gazlarının hacim olarak % 6 çinko ihtiva etmesiyle bağlı temperatur düşmesi  $6 \times 80 = 480$  derecedir. Termodinamik denge durumu olarak 0,06 atm. çinko için hesaplanan temperatur 980° C idi. Demek ki tepe gazlarının 980° C olabilmesi için fırının alt seviyelerindeki gazın asgari  $980 + 480 = 1460$ °C sıcaklığına sahip olması gerekmektedir. Bu ise Boudouard reaksiyonu nedeniyle gazın yaklaşık olarak saf karbon monoksitten ibaret olduğunu gösterir ki, bu şartlar altında demir oksitin de tamamen redüksiyona uğrayacağı sarihdir.

Teknik tatbikat değerleri (pCO<sub>2</sub>/pCO = 0,57) alt kısımlardaki gazın temperatürü için 1485°C ye tekabül eder. Bu nedenle fırın içinde gaz - katı fazlar reaksiyonları vasıtasıyla çinkonun tümünün redüksiyonuna çalışmak doğru de-

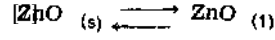


Şekil : 2 — Katı şarj içindeki reaksiyonların denge durumları.

ğildir. Literatürde (11) teknolojik tatbikatın çinkonun takriben % 40'ı bu şekilde redüklendiği sonuçlarını verdiğini belirtmektedir. Çinkonun geri kalan kısmı gaz ile likid fazlar arasındaki olaylar sonucu istihsal edilmekle prosesin tatbikası gerçekleşmektedir.

### 3.1. Çinko Oksidin Likid Fazda Redaksiyonu :

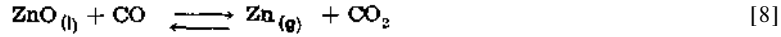
Finnin alt kısımlarında şarj artık ergimeye başlamıştır. Dolayısıyla bundan sonraki reaksiyonlar gaz ile likid fazlar arasında etüd edilmelidir. Çinko oksitin bu şartlar altında incelenebilmesi için likit çinko oksitin termodinamik değerlerinin yeteri bir sınıfta bilinmesi gerekir. Ne var ki literatürde, (çinko ve çinko oksitin özelliklerinden dolayı), ölçülmüş değerler yoktur. Detaylı literatür etüdümüz sadece Richards ve Thorn (12), tarafından verilen



[7] numaralı reaksiyonun tahmini

$$\Delta G^\circ_{(7)} = 11100 - 5,00 T$$

değerlerinin bulunmasını sağlamıştır. Arzu edilen reaksiyon ve termodinamik değerler [6] ve [7] numaralı reaksiyonların birleştirilmesi sonucu elde edilmiştir :



Bu reaksiyonun denge sabitesinden hareketle ve endüstriyel şartların incelenmesi bakımından çinko kısmi buhar basıncını 0,06 atn. olarak denge  $p\text{CO}_2/p\text{CO}$  oranını likid çinko oksit aktivitesinin bir fonksiyonu olarak çeşitli sıcaklıklarda hesaplamak mümkündür.

Şekil 3 bu hesaplamaların sonuçlarını likid çinko oksit aktiviteleri 0,05 , 0,02 ve 0,01 olduğu hallerde göstermektedir. Bu değerler Şekil 3'teki değerlerle karşılaştırıldığında görülebilir ki, aynı şartlar altında likid çinko oksitin redüksiyonu katı çinko oksitin redüksiyonuna nazaran çok daha kolaydır. Diğer taraftan yine tekrarlanabilir ki, teorik olarak cüruftaki çinkonun yaklaşık olarak tümünün redüksiyon yolu ile destilasyonu mümkündür. Bunun yegâne sınırı cüruftaki demir oksitin redükte olmaya başladığı şartlar tarafından çizilmektedir.

### 3.2. Demir Oksitin Likid Fazda Redaksiyonu :

Yukarıda bahsedilen sebepten ötürü cürufa geçmiş likit demir oksit redüksiyon şartları büyük öneme sahiptir.

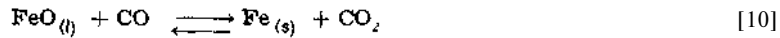
[5] numaralı reaksiyona termodinamik değerleri Sothmann (13) tarafından tablolannuş olan :



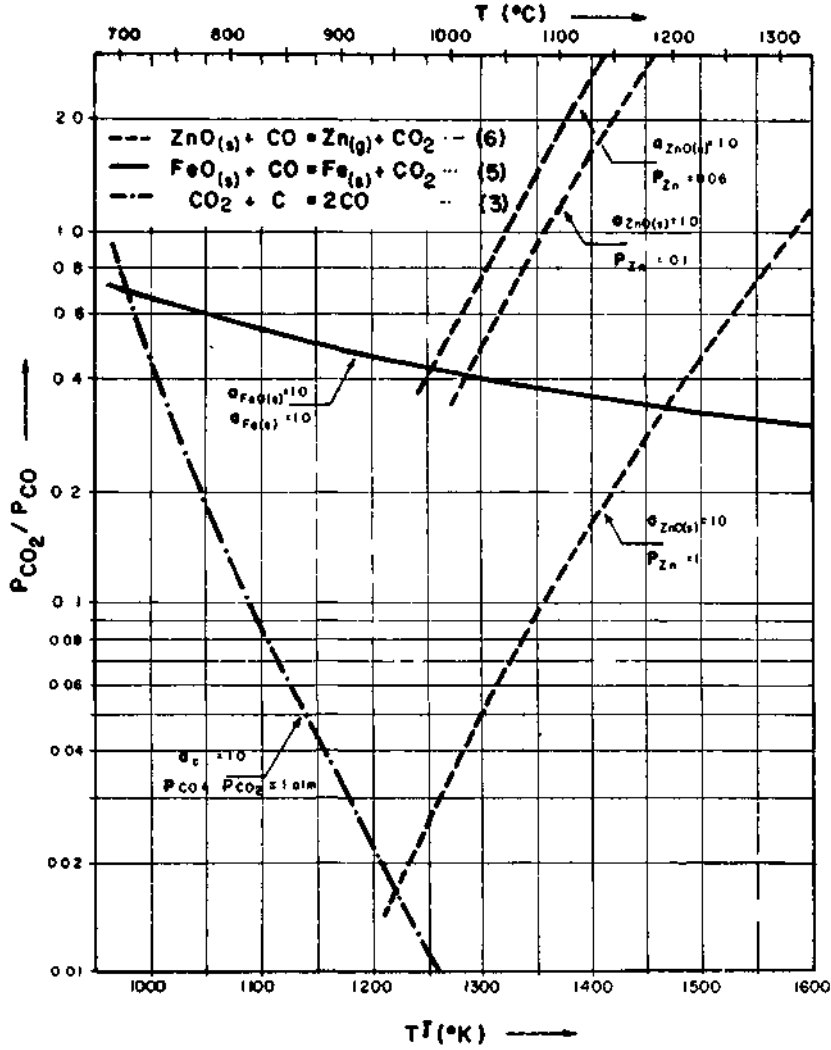
eşitliği olan [9] numaralı reaksiyonun ve bunun değerleri olan :

$$\Delta G^\circ_{(9)} = 8200 - 5,00 T$$

eşitliğinin katılmasıyla arzulanan reaksiyon ve bu reaksiyonun termodinamik değerleri bulunmuş olur :



Şekil 3 demir aktivitesinin birim ünite olduğu şartlarda ( $a_{\text{Fe}(s)} = 1,0$ ) likid demir oksit aktiviteleri 1,0 , 0,6 , 0,5 ve 0,4 olduğuna göre hesaplanmış bağlantıları çinko oksit redüksiyon eğrileri ile müşterek olarak göstermektedir.



Şekil : 3 — Gaz ile likid fazlar arasındaki reaksiyonların denge durumları.

[8] numaralı reaksiyon eğrileri ile [10] numaralı reaksiyon eğrilerinin keşişme noktaları, demirin redüksiyona uğramaması şartından hareketle, cüruf içerisinde kalacak çinko miktarının bir ölçüsü olup, Imperial Smelting prosesinde elde edilebilecek azamî çinko randımanının teorik sınırlarına tekbül etmektedirler.

Yalnız Şekil'den görüldüğü üzere bu hesaplamalardan çıkan sonuçlar sadece aktivite değerleridir ve ağırlık yüzdesi bakımından cürufta kalan çinko miktarını veya cüruf bileşimini direkt vermemektedirler. Buna rağmen literatürdeki çeşitli ölçmelerden faydalanarak, büyük bir yakınlıkla, bu aktivite değerlerini teknolojik açıdan anlamlı hale getirmek mümkündür.

Imperial Smelting prosesinde istihsal edilen cüruflar bileşim olarak Fe-Ca-Al-Si-O multikomponent sistemi içerisinde dirler. Genellikle CaO-FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> dörtlü sistemi yardımıyla bu tip cürufların bileşimleri yaklaşık olarak tasvir edilebilirler. Literatürde bu dörtlü sistem içinde demir oksit aktivitelerini tayin için yapılmış çalışma yoktur. Sadece Taylor ve Chipmann (14) tarafından FeO-CaO (MgO)-SiO<sub>2</sub> sisteminde demir oksit aktiviteleri ölçülmüş ve Kameda ve Yazawa (15) FeO(FeS)-CaO-SiO<sub>2</sub> sistemi için bazı tahminlerde bulunmuşlardır. Bunlardan istifade yoluyla Imperial Smelting prosesi cinsinden bir cürufun içindeki demir oksit aktivitesini, bu etüd çerçevesinde büyük bir hataya düşmeden tahmin etmek mümkündür. Her hal-ü kârda FeO aktivitesi 0,3 ile 0,6 değerleri arasında olacaktır. Cüruftaki CaO/SiO<sub>2</sub> oranını kabaca 1,0 ve FeO konsantrasyonunu % 50 mol kabul edersek teknikte kullanılan cürufların bileşimini kabaca tayin etmiş oluruz. Bu şartlar altında bu cüruftaki demir oksit aktivitesi yaklaşık olarak 0,4'dür.

, Şekil 4'deki eğrilerin demir oksit aktivitesinin 0,4 olduğu eğri ile kesişme noktaları 1120° C'de çinko oksit için 0,02 ve 1190° C de ise 0,01 olarak bulunur. Denge gaz bileşiminin buna tekabül ettiği şartlarda cüruf içindeki çinko, bahsi geçen sıcaklıkların üzerindeki her sıcaklıkta gaz şekline redüklenebilir ve bu esnada cüruftaki demir oksitlerde herhangi bir değişim olması ihtimali yoktur.

Imperial Smelting prosesi cüruflarının ergime dereceleri bu değerlerin üzerindedir. Yaklaşık olarak cüruf sıcaklığını 1250 ile 1300° C kabul edebiliriz. Şekil'den görülebileceği gibi sıcaklık yükseldikçe hem demir oksitinin redükte olması ihtimali azalır ve hem de cüruftaki çinkonun aktivitesi daha küçük değerlere düşer. Bu çinko aktivitelerine tekabül eden ağırlık yüzdesi cinsinden çinko miktarını kafi olarak bilmiyoruz. Sadece BeU ve arkadaşları (7) tarafından verilen değerler muvacehesinde cürufta kalan çinko miktarının % 1 ila 2 arasında olması gerektiği sonucuna varırız kf, bu da Imperial Smelting prosesinin yüksek çinko randımanının teorik olarak bir ifadesi olur.

#### 4. Toplam Reaksiyonların Teknolojik Değerlendirilmesi :

Teknolojik şartlarda tepe gazı içindeki çinkonun konsantrasyonu % 6 (hacim) dir. Bunun j% 60 kısmı gaz ile likid fazlar arasındaki reaksiyon sonucu redüklenecek ve tepe gazı 980° C sıcaklık ve pCO<sub>2</sub>/pCO oranı olarak 0,42 değerlerinde elde edilecektir. Buradan hareketle gazın likid cüruf üzerindeki oranı 0,37 olarak hesaplanır. Bu orana bahsi geçen cüruf sıcaklığında tekabül eden çinko konsantrasyonu % 1 civarındadır.

Aslında likid cüruftan demir oksitleri redüklemeden çok daha fazla çinko destile etmek mümkündür. Ne var ki, bunun temini, gazdaki pCO<sub>2</sub>/pCO oranını küçültmekle, yani gazı daha fazla redükleyici bir karaktere sokmakla mümkündür. Bu ise fırın içinde yukarı doğru yükselen gazların şaft içinde katı fazlar - gaz reaksiyonuna göre mühim miktarda demir redükleyeceğini gösterir, tşte bu husus Imperial Smelting prosesinin termodinamik bakımından diğer bir sınırır.

Sonuç olarak denilebilir ki Imperial Smelting prosesinin tüm imkânları katı fazlar ile gaz arasındaki reaksiyonların vuku bulduğu şaft içerisindeki termodinamik şartlar tarafından sınırlandırılmaktadır.

Bilimsel bakımdan görünüş bu merkezde olmasına rağmen, teknolojik tatbikat prosesin zor kontrol edilebildiğini göstermektedir. Fırın içerisinde ideal şartların yaratılması, bir taraftan ideal şarj temini ile diğer taraftan şarjın homojenitesi ve ısı balansının gerçekleştirilmesi bakımlarından pek mümkün olamamaktadır. Nitekim Belledun (Kanada) daki tesis yıllardır halen design kapasitesine yaklaşan bir üretim yapamamıştır. Cüruf içindeki çinko kayıpları halen tesisin kâr getirecek bir duruma geçmesine imkân vermemektedirler. Bu güne kadar en mükemmel işletme neticelerinin alındığı Berzelius (B. Almanya) tesislerinde bile cüruftaki çinko miktarı % 4 - 5 Zn değerlerinin altına düşürülememiştir. Genel olarak denilebilir ki hali hazır tatbikatında cüruflarda kalan çinko miktarı % 5-10 Zn olmakla Imperial Smelting proses teorik imkânlarından oldukça uzak bulunmaktadır.

#### **Bibliyografik tanıtım :**

- (1) Richardson, F. D. Ve J. H. E. Jeffes; J. of Iron and Steel Inst. London, 163 (1949) s. 397 - 420.
- (2) Richardson, F. D.; J. of Iron and Steel Inst. London, 175 (1953) s. 33 - 51.
- (3) Bauer ve Glaessner; Zeitzchrift für Physikalische Chemie 48 (1903) s 354 - 368.
- (4) Schenck, R.; Einführung in die Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse, Bd. 1, Springer Verlag, Berlin, 1932.
- (5) Darken, L. S. ve R. Gurry; J. Amer. Chem. Soc. 67 (1945) s. 1398-1412.
- (6) Oelsen, W. ve E. Schürmann; Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, 5. Ed., Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1961, s. 94.
- (7) Bell, R. C G. H. Turner ve E. Peters; J. Metals, Trans. A.I.M.E. 203 (1955) s. 472-477.
- (8) Kellogg, H. H.; Trans. A.I.M.E. 239 (1967) s. 1429-1449.
- (9) Morgan, J. W. K.; Inst. Min. Met. Bullet., London, 609 (1957) s. 553-565.
- (10) Morgan, J. W. K.; J. Metals (1964), January, s. 33-36.
- (11) Morgan, J. W. K. ve J. Lumsden; J. Metals (1959) April, s. 27Q-275.
- (12) Richards, A. W. ve D. F. J. Thorne; Physical Chemistry of Process Metallurgy, Part 1, Interscience Publishers, New York - London (1961) s. 277-291.
- (13) Schuhmann, R. Jr.; Trans. A.I.M.E. 188 (1950) s. 873-884.
- (14) Taylor, C. R. ve J. Chipmann; Trans. A.I.M.E. 153 (1943) s. 228-247
- (15) Kameda, M. ve A. Yazawa; J. Min. Met. Inst. Japan, 78 (1962) s 414

## ZAMANTI - DEREKOY KURŞUN - ÇİNKO CEVHERİNİN KONSANTRASYONU

Melih İMRE (\*)

### Özet :

Bu tebliğle, tenörü % 22,8 Zn. ve % 12,7 Pb. olan oksitli kurşun i çinko cevheri üzerinde yapılan zenginleştirme etüdünün ana hatları verilmiştir. Mineralojik bileşimi ve özellikleri tesbit edilen cevherin gravimetrik metodlarla zenginleştirilmesinin uygun olmadığı anlaşılmış, flotasyon tecrübeleri sonunda, serüzinin  $\text{Na}_2\text{S}$  aktivanı ve KAX koUektörü ile, smitsonitin ise yüksek pHlı ortamda  $\text{Na}_2\text{S}$  ve katyonik bir kolektör kullanılarak yüzdürülebileceği sonucuna varılmıştır.

Teknik ve ekonomik faktörler gözönünde bulundurularak cevherin flotasyon metodu ile zenginleştirilmesi uygun görülmüş, ve bir akım şeması sunulmuştur.

### Giriş:

Oksitli Pb - Zn minerallerinin flotasyon metodu ile zenginleştirilmesi (bilhassa oksitli Zn mineralleri) süflürlü minerallere nazaran çok daha zordur. Bu çeşit flotasyonlarda önemli hususlar, selektivitenin daha az olması ve kimyasal reaktiflerin nisbeten daha fazla kullanılmasıdır. Serüzin flotasyonunda aktivan olarak  $\text{Na}_2\text{S}$ , kolektör olarak da Ksantatlar kullanılır. Başarılı bir serüzin flotasyonu için reaktiflerin miktarı ve pülpün pH sı hassas bir şekilde kontrol edilmelidir. Aşağıda oksitli çinko minerallerinin flotasyonu için yapılan çalışmalardan bir kısmı sayılmıştır.

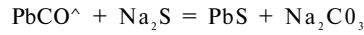
- Gauden, smitsonitin Mercaptans ile yüzdürülebileceğini göstermiştir.
- Smitsoniti yağ asitleri ile de yüzdürmek mümkündür fakat gang minerallerinden dolomit ve kalsitte yüzerler.
- Davis,  $\text{Na}_2\text{S}$  kullanıp,  $\text{CuSO}_4$  İle aktive ederek ksantat ile yüzdürmüştür.
- Bunge, kolektör olarak sodyum oleik, kalker bastırıcısı olarak da  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , sitrik asit karışımı kullanmıştır.
- Diğer bir metod ise  $\text{Na}_2\text{S}$  aktivanı kullanıp pülp pH sini yüksek tutarak flotasyonu katyonik bir kolektör ile yapmaktır.

Sonuncu metod oksitli Zn flotasyonunda en başarılı olup Rey (Fransa) tarafından bulunmuştur. Rey'e göre smitsonitin  $\text{Na}_2\text{S}$  ile aktiva edilme me-

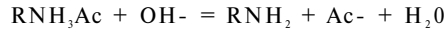
(\*) Mailen ve metalürji Y. Müh., M.T.A., Ankara



kanizması serüzitinkinden değişiktir. Serüzit flotasyonunda Na<sub>2</sub>S, mineralin yüzeyinde, aşağıda gösterilen reaksiyonu yapıp bir PbS tabakası meydana getirmektedir :



Halbuki çinko flotasyonunda böyle bir reaksiyon mevcut değildir. Katyonik bir kollektör kullanıldığında (amin asetat) yüksek pHlı bir ortamda aşağıda gösterilen hidroliz olayı meydana gelir :



Asıl kollektörün, yukarıdaki reaksiyonla meydana gelen serbest amin olup Na<sub>2</sub>S ün mevcudiyetinde çinko ile kompleksler yaptığı teorisi de gene Rey tarafından öne sürülmüştür.

Teorisine yukarıda kısaca değinilen bu metodun Zamantı - Dereköy kurşun - çinko cevherlerinin zenginleştirilmesinde uygulama olanaklarını araştırmak gayesiyle bir zenginleştirme etüdü yaptık. Etüdün ana-hatlarını ve alınan bazı sonuçları bu tebliğimize ilgililerin görüşlerine sunmayı faydalı buluyoruz.

## 1. Cevherlerin mineralojik bileşimi ve özellikleri

### 1.1. Mineralojik bileşim.

Mineralojik bileşimi tayin etmek için cevher önce ağır sıvılar kullanılarak özgül ağırlığa göre fraksiyonlara ayrıldı. Bu amaçla ağır sıvı olarak sırasıyla;

Tetrabromoethane + Carbontetrachloride. . . . .	(d = 2.7)
Tetrabromoethane. . . . .	(d = 2.96)
Methyleneiodide. . . . .	(d = 3.3)

kullanıldı ve bu sıvılarda yüzen fraksiyonlar ayrıldı.

Methyleniodid'de çökenler ise manyetik ayılmaya tabî tutuldu ve iki fraksiyona ayrıldı. Böylece beş fraksiyon elde edilmiş oldu. Fraksiyonlar ayrı ayrı mikroskop altında incelendi ve çeşitli kimyasal testlere tabi tutuldular.

«X — Ray fluorescence» ve «Electron - probe micro analyser» etüdülerinin sonuçları da değerlendirilerek cevherin aşağıda belirtilen mineralleri ihtiva ettiği anlaşıldı;

Çok miktarda : Smitsonit, hydrozincite, serüzit, kalsit serisit kil mineralleri, limonit.

Az miktarda : Manyetit, galen, ilmenit, spinel, barit kuara fluorit sillimanite.

### 1.2. Cevherin özellikleri

İncelemeler sonunda aşağıdaki özellikler saptanmıştır :

- Cevher genellikle yumuşak olup kolayca kırılabilen tanelerden müteşekkildir.
- Yukarıdaki özellikten ötürü kırma ve öğütme sonunda fazla miktarda şlam meydana gelir.

- Bazı çinko minerallerinin üstündeki killi tabakalar yıkama ile temizlenebilir.
- Bazı gang ve çinko mineralleri 1,5 - 2.0 cm. den itibaren serbestleşmeye başlar.

Cevherin gravimetrik metodlarla zenginleştirme olanaklarını araştırmak, teorik olarak gravimetrik metodlardan neler beklenebileceğini saptamak, bu metodlarla elde edilecek konsantrelerin kalitesi hakkında bilgi edinmek amacıyla ağır sıvı testleri yapılmıştır. Bu amaçla yukarıda belirtilen özellikler de gözüne alınarak —1.5 cm. tane iriliğindeki bir numune 500 gr./ton sodyum silikat kullanılarak yıkanmış, eleklerden geçirilmiş, elde edilen granülometrik fraksiyonlara ağır sıvı testleri uygulanmıştır. Yüzen ve çöken fraksiyonlarda Pb ve Zn analizleri yapılarak Tablo: 1'de verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo : 1. Ağır Sıvı Testleri

Tane İriliği p.	d > 3.30			8.30 > d > 2.96			d < 2.96		
	Ağırlık %	Pb %	Zn %	Ağırlık %	Pb %	Zn %	Ağırlık %	Pb %	Zn %
+ 9530	71.5	14.2	31.8	13.5	1.84	18.3	15.0	0.75	8.1
+ 6350	68.0	15.2	31.3	15.7	1.33	18.8	16.3	0.82	7.8
+ 3180	64.2	16.1	30.7	13.4	1.92	19.6	22.4	0.73	8.5
+ 2400	72.0	17.3	29.8	4.1	0.56	20.1	23.9	0.61	6.1
+ 1200	65.0	16.8	30.3	9.3	0.46	20.3	25.7	0.38	4.3
+ 600	69.7	18.1	28.2	5.4	0.45	22.6	24.9	0.41	5.2
+ 420	71.7	22.6	28.9	3.4	0.46	25.2	24.9	0.33	4.8
+ 300	70.1	22.4	28.1	6.1	0.42	26.7	23.8	0.26	3.5
+ 210	71.6	28.4	25.8	5.3	0.31	24.3	23.1	0.28	3.8
+ 150	74.2	31.5	24.2	4.0	0.32	25.7	21.8	0.32	3.2
+ 105	71.2	30.2	25.6	4.0	0.38	26.4	24.8	0.25	3.6
+ 75	69.6	28.3	26.8	5.4	0.35	26.6	25.0	0.29	3.3

Tablodan görülebileceği gibi nisbeten iri fraksiyonlar gravimetrik metodlarla zenginleştirilebilirler. Fakat tane serbestliğinin elverişli olmaması nedeniyle yüksek bir randımanla yüksek tenörlü bir konsantre elde etmek mümkün olmayacaktır, öte yandan 0.2 mm. den küçük fraksiyonlar tane serbestliği bakımından uygun olduğu halde bilhassa Zn mineralleri özgül ağırlıklarının kifayetsizliği nedeni ile tane iriliği bakımından gravimetrik metodların ayırma sınırının dışında olup randımanlı bir şekilde zenginleştirilemezler. Böylelikle gravimetrik metodların bu cevher için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

### 3. Flotasyon deneyleri :

Ön flotasyon deneylerinden aşağıdaki sonuçlar alınmıştır :

- Pülpte flokülasyon olup flotasyona aksi tesir yapmaktadır,
- Serüit flotasyonu için pH 9 dan yüksek olmamalıdır,
- Çinko flotasyonu için şlamın atılması zaruridir.

Takibeden flotasyon testlerinde şlam (-10 mikron) sodyum silikat kullanılarak atılmış, eerüzitin yüzdürülmesi için  $Ka_2S$  aktivam ve potasyum amyle xanthate (KAX) kollektörü muhtelif miktarlarda kullanılmıştır.

En iyi neticeleri veren serüzit flotasyonu esas olarak seçilmiş, testlere çin-ko flotasyonu için devam edilmiştir. Zn flotasyonunda amin asetat aşağıda belirtilen bileşimde bir emülziyon halinde kullanılmıştır.

% (ağırlık)	
Armac C	13.2
Pine oil	4.4
Parafin	2.2
Su	80.2

Pülp pH sı 12 ye yükseltilip sabit tutulmuş, 100 mg./l. amin asetat kullanılarak optimum Na S miktarını bulmak için testler yapılmıştır.

En iyi neticeleri veren test sonuçları aşağıda gösterilmiştir

Pb flotasyonu :  $Na_2S$  : 200 mg/l, KAX : 150 mg/l pH = 9

Zn flotasyonu :  $Na_2S$  : 2 g/l, Armac C : 100 mg/l, pH = 12

Mhasul	Ağırlık yüzdesi	% (ağırlık)		Randıman	
		% Pb	% Zn	Pb	Zn
Pb Kon.	17.0	64.3	1.88	89.3	1.4
Zn Kon.	38.7	0.83	43.6	2.6	72.9
Artık	24.7	0.92	12.6	19	13.4
Şlam	19.6	3.88	14.5	6.2	12.3
Toplam	100.0	(12.2)	(23.1)	100.0	100.0

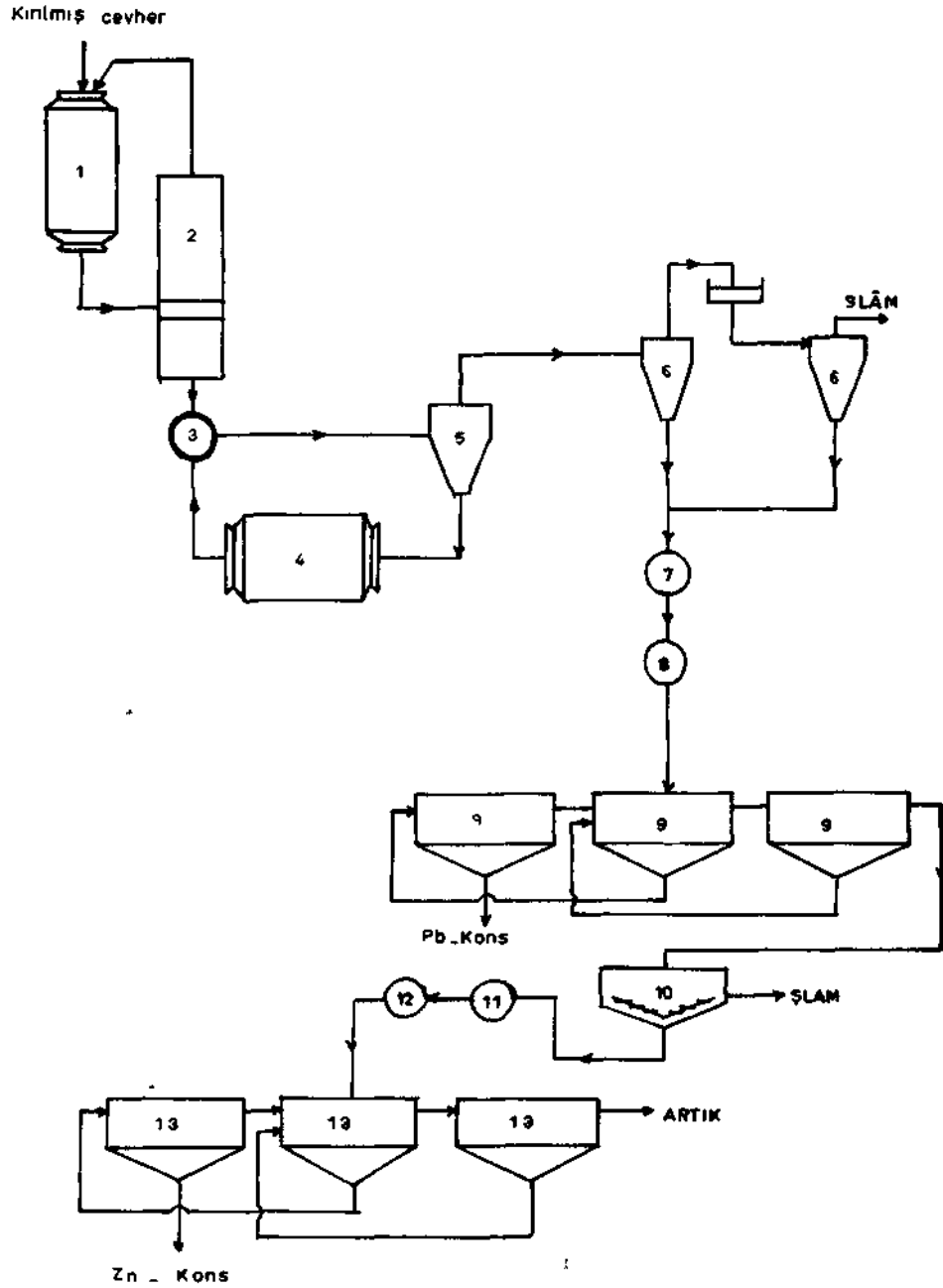
Yukarıda görüldüğü gibi, randımanı % 89.3 olan % 64.3 Pb tenörlü bir Pb konsantresi ve randımanı % 72.9 olan bir Zn konsantresi elde edilmiştir. Zn konsantresinin aynı zamanda % 0.22 Cd ihtiva ettiği yapılan analiz sonucunda anlaşılmıştır. Flotasyon konsantreleri ve artıkları mikroskop altında incelenmiş ve aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

— Kurşun konsantresinin içinde bulunan az miktarda çinko (% 1.88) mineralleri serbest olarak bulunmuş ve bunların temizleme işlemi ile daha da azaltılacağı anlaşılmıştır.

— Artıklar içinde ise, çinko mineralleri nisbeten iri (200 M) taneler olarak bulunmuştur. Bu irilikteki Zn minerallerinin de yüzdürülmesi için emülsiyondaki parafin oranının artırılması düşünülebilir

#### 4. Akım şeması :

Yaptığımız tecrübelerle dayanarak, cevher için uygun gördüğümüz bir akım şeması şekil l'de verilmiştir.



1.Cubuklu değirmen\_2.Klasifikatör\_4\_.Bilyalı değirmen 5,6 Sıkılın\_7,8,11 Kondisyoner  
10.Koyulaştırma tankı\_ 9,13\_.Flotasyon selülleri

ŞEKİL.1. AKIM SEMASI

Cevher yumuşak olduğu için kırma ve öğütme işlemleri çok dikkatli bir şekilde yapılmalı, aşırı öğütmeye meydan verilmemelidir. Bunun için de, çubuklu değirmen ve «low discharge» tipinde bilyalı değirmen tavsiye edilebilir. Şlam, flotasyon için güçlük çıkardığından randımanlı bir şekilde atılmalıdır. Ancak bu da tek bir siklon işlemi ile mümkün olamayacağından, şekilde gösterilen kademeli siklon düzeni kullanılabilir. Diğer önemli bir nokta ise, Zn flotasyonunda çok miktarda sarf edilen  $Na_2S$  ün daha ekonomik bir şekilde kullanılması için, Zn flotasyonu safhasında pülp yoğunluğunun yüksek tutulmasıdır.

Reaktiflerden,  $Na_2SiO_3$  1 no'lu değirmende,  $Na^+S$  7 ve 11 no'lu, KAX 8 no'lu kondisyonörlerde, amin kolektör ise 12 no'lu kondisyonörde ve Zn flotasyon selüllerinin sonuncusunda ilâve edilir (Şekil 1).

##### 5. Sonuç :

Flotasyon metodu ile elde edilen konsantreler yüksek kalitede olup, metalürjik tesislerin ve satış pazarlarının şartlarını kolaylıkla karşılayacak niteliktedir. Yüksek tenörlü Pb - Zn konsantrelerinin elde edilmesi ve bunların iki konsantre halinde ayrılması, metalürjik metodların tatbikini büyük ölçüde kolaylaştıracağından, flotasyon metodunun önemli ekonomik avantajlar Bağlıyacağı muhakkaktır.

Kuzey Afrika ve İtalya gibi memleketlerde oksitli kurşun - çinko cevherlerinde başarı ile uygulanan flotasyon metodunun Zamantlı bölgesi cevherleri için uygulama olanaklarını daha geniş ölçüde araştırmak gerektiği kanısındayız.

## BOR TEKNOLOJİSİNDE GELİŞMELER

Temel ÇAKALOZ (x)

### özet :

Bu raporda O.D.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümünde, Bor teknolojisinin ana ürünleri sayılan, Boraks, Borikasit, Bortrioksit ve Sodyum Perboratın üretim metodları üzerinde yürütülmekte olan araştırmaların bir özeti verilmiştir.

### Takdim :

Bor bileşikleri, kullanma yerlerinin çokluğu ve ham madde kaynaklarının başlıca iki devletin sınırları içinde kalışı nedeni ile stratejik önemi günden güne artan maddelerdir. Dünyada (sosyalist ülkeler hariç) 1969 yılında istihsal edilen Bor mineralleri miktarları  $B_2O_3$  cinsinden 609,000 tona ulaşmış, bunun 450,000 tonu Amerika Birleşik Devletlerinde, 100,000 tonu da Türkiye'de istihsal etmiştir. Ancak Türkiye'de istihsal edilen mineralin % 10'u kimyasal proses görmekte ve teknikte kullanılan 30 kadar cins bor bileşiklerinden yalnızca 2 cinsi (Boraks ve Borikasit) üretilmektedir. Bu durumda Türkiye'nin bir ham madde ihracatçısı olduğu ortaya çıkmaktadır. 1969 yılında Etibank tarafından üretilen 29.000 ton boraks ve borik asitten yaklaşık olarak 21 milyon TL. zarar edilmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi Türkiye'nin ekonomik şartlarına uygun üretim metodları üzerinde araştırma ve incelemelerin yürütülmesi gerekmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinde önemli miktar boraks «Scarless Lake» adı verilen buzul gölünden elde edilmektedir. Göl suyu içinde sodyum tuzları yanında potasyum tuzları da bulunur. Göl suyundan ya fraksiyonlu kristallendirme ya da karbon-dioksit geçirilerek sodyum bikarbonatın çöktürülmesinden sonra kristallendirme yoluyla boraks üretilir. Proses bakımından yöntem basittir. Türkiye'de uygulanan üretim yöntemleri ise Boraks için : Kolemanit, kalsine edildikten sonra sodyum karbonat ile reaktörlerde çözümlenir, çökelti süzülür, ana çözelti kristallendirilir. Borik asit için : Kalsine kolemanit sülfürik asit ile reaktörlerde çözünürleştirilir, çökelti süzülür, sülfürik asitli çözelti kristallendirilir. Başlıca sodyum karbonat ve sülfürik asit fiyatları üretilen maddelerin maliyetine önemli derecede etkin olduğu gibi, Sülfürik asitli çözeltinin süzülmesi Borik asit fabrikasyonunda dar boğazlar meydana getirmektedir.

Böylece halihazır metodları uygun metodlarla değiştirmek ve yeni bor bileşiklerini üretim tekniğini incelemek amacıyla ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümünde aşağıda belirtilen projeler üzerinde araştırmalar yürütülmektedir.

- 1 — Kolemanitten Arseniğin ayrılması.
- 2 — Karbonasyon metodu ile  $H_2BO_3$  üretilmesi,
- 3 — Dehidrasyon metodu ile  $B_2O_3$  üretilmesi,

(x) Assoc. Prof. Dr., O.D.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü Başkanı

- 4 — Tinkal mineralinin arıtılması ve susuz boraks üretimi,
- 5 — Hidrolitik oksidasyonu yolu ile sodyum perborat üretimi.

Konularla alakalı 7 master tezi ile 2 doktora tezi verilmiştir.

Araştırma ve Geliştirme Projelerimiz :

- 1 — Kolemanitten Arseniğin ayrılması :

«TB TAK Simpozyum 1969» da Tebliğ olarak verilmiştir.  
Bu proje gelişme aşamasındadır.

- 2 — Karbonasyon metodu ile  $H_2BO_3$  üretimi :

Etibank «Boraks ve Borik asit» tesislerinde uygulanan metotta kalsine edilmiş kolemanit sülfürik asit ile çözünürleştirilir, çözelti süzülür, süzüntü kristallendirilir. Bu metotta sülfürik asit masrafı ile süzme işlemindeki darboğazdan ileri gelen işçilik masrafı Borik asidin maliyetini arttırmaktadır.

Karbonasyon metodunda sülfürik asit devreden çıkmakta yerini karbondioksit almakta, reaktif ve işçilik masraflarının düşmesi beklenmektedir, ilk aşamada metodun çözünürlük ve kristallendirme karakterleri incelenmiştir. Çözünürleştirme için, sıcaklık, kolemanit konsantrasyonu ve zaman değişkeni olarak alınmıştır.

Bulgulardan anlaşıldığına göre en uygun sıcaklık olan  $65\text{ }^\circ\text{C}$  da kolemanit konsantrasyonuna bağlı olarak çözünürlük % 80-95 arasında değişmekte ve reaksiyon zamanı 60 dakikada tamamlanmaktadır. Kristallendirme aşırı doygunluk yatkinliği % 10 u geçmemektedir.

Karbondioksit atmosferinde ve basınç altında çözünürlük diyagramlarının hazırlanmasına başlanmıştır.

- 3 — Dehidrasyon metodu ile  $B_2O_3$  üretimi :

Bor trioksit ( $B_2O_3$ ), bor ve bor bileşiklerinin çıkış maddesi olarak bilindiğine göre önemli miktarlarda istihsal edilen bir maddedir.

Dehidrasyon  $H_2O - H_3BO_3 - B_2O_3$  faz diyagramına uygun olarak, ötektik noktalara çarpmaksızın 3 sıcaklık aşamasında yürütülmüştür. Bu işlem için akışkan yatak kalsinasyon modeli seçilmiştir. Her aşama için uygun zaman aralıkları, sıcaklıklar partikül büyüklükleri ve vakum değerleri saptanmış bulunmaktadır. Bu şartlarda granül halde % 98 saflıkta  $B_2O_3$  elde edilebilmektedir. Bir prototip akışkan yataklı kalsinasyon cihazının dizaynı yapılmaktadır.

- 4 — Tinkal mineralinin arıtılması ve susuz boraks üretimi :

Eskişehir Kırka bölgesinde bulunan ve 480 milyon ton rezerv tespit edilen tinkal mineralini, içinde disperse olmuş kilinden ayırma ve kalsinasyon işlemi üzerinde çalışılmaktadır. Bu iş için bir fırçalı skraber ve pilot tesisin diğer üniteleri imâl edilmiş ve testlere başlanmıştır. Ayrıca, kil partiküllerini sulu ortamda çöktürmede kullanılacak flokülant üzerinde çalışmalar da ilerlemektedir.

## 5 — Hidrolitik oksidasyon yoluyla sodyum perborat üretimi :

Tekstil, deri, kâğıt ve deterjan sanayiinde ağartıcı ve temizleyici olarak geniş mikyasta kullanılan bu bor bileşiginden 1969 yılında yalnız Avrupa'da üretilen miktar 400,000 ton'a ulaşmaktadır. Elektrolitik metod üzerinde araştırmalara girişilmiştir. İlk ağızda bir döner anodlu elektroliz cihazı modeli imâl edilmiştir. Bu modelde, elektrodlar arası optimum uzaklık, çözelti sıcaklığı, çözeltideki komponentlerin oranı, işlem için uygun Volt ve Amper değerleri tespit edilecektir.

### **Bor Teknolojisi Ünitesi :**

Yukarda belirtilen projelerde 6 master öğrencisi 2 doktora öğrencisi 8 part - time teknisyen çalışmaktadır. Çalışmaların daha verimli ve etkin yürütülebilmesi için Üniversite ve endüstriden alınacak teknik elemanlarla devamlı çalışacak bir araştırmacı ve yönetici ünitesinin tesisi zorunlu görülmektedir. Böyle bir ünitenin aşağıda belirtilen çalışmalarını gerçekleştirmesi düşünülebilir.

- a — Bor bileşiklerinin piyasa etüdünü yapmak,
- b — Teknik bakımdan önemli bileşiklerin, ülke ekonomisi gözönünde tutularak, proses metodlarını saptamak,
- c — Metodların, fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini laboratuvar ve pilot tesis çapında çalışmalarla aydınlatmak,
- d — Proto - tip pilot tesis çalışmalarını ile metodların ekonomik analizlerini gerçekleştirmek,
- e — Proto - tip pilot tesis esas alınarak gerçek tesisin dizaynını gerçekleştirmek,
- f — Kurulmuş olan tesisleri için müşavirlik hizmeti görmek.

Hernekadar yukarda sayılan işlemleri patent ve «know - how» lan ile bilen bazı yabancı firmalar mevcut ise de, bunlar, Türkiye'de Bor teknolojisini kurulmasına girişmemekte ancak önemsiz müşavirlik hizmetleri görmektedirler. Bu nedenle Türkiye'de Üniversite, endüstri insan ve malzeme güçleri birleştirilerek Bor teknolojisi ünitesi kurulması zorunlu görülmektedir. Araştırmacı, projelere maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna teşekkürü bir borç sayar.



## KOLEMANİTTEN BORAKS ELDE EDİLMESİ KONUSUNDA BÜİ ETÜD

Ali DEMİRCİOĞLU \*

Bor ve bileşikleri gün geçtikçe önemi artan bir maddedir. Bor cevherlerinin diğer bir özelliği ticarî rezervlerin dünyanın sayılı ülkelerinde bulunmasıdır. Türkiye bu sayılı şanslı ülkelerden biridir.

Bor endüstrisi bugüne kadar tekellerin elinde kalmıştır. Bu nedenle bor teknolojisine ait literatür bilgisi; patent kanunlarının himayesinde ve tekellerin elindedir. Elde edilen bütün bilgiler sır vermeyen ve okuyucunun işine yaramayacak niteliktedir.

Türkiye son yıllarda önemli bor cevheri ihracaatçısı olmuştur. Döviz temini yönünden cevherlerin işlenmiş olarak satılması üretici ülkelerin ilk amacıdır. Bor cevheri yönünden ticarî önemdeki en çok satılan bor ürünü borakstır. En çok üretilen cevherimiz kolemanittir. Kolemanitten boraks yapan iki işletmemiz vardır. Bu işletmelerde yapılan çalışmalara katkıda bulunmak üzere bu etüd yapıldı. Çalışmalar işletmelere faydalı olmak amacını güdüyor, çalışma şartlarj işletmelerin kolay tatbik edebileceği yönde seçildi.

Burada kolemanitten boraks elde ederken; kolemanitin geçirmesi gerekli basamaklardan en önemli ikisi üzerinde, duruldu. Kıydırmanın mekanizması üzerinde duruldu, kimyasal maddelerin hesabında kullanılacak yeni bir hesap formülü açıklandı.

Hesap formülü değişik cevherlerde; uygun bir iandımanla en az madde sarfiyle boraks aide etmed<e yardımcı oluyor. Değişik tenörlü ve kimyasal yapıdaki cevherlere tatbiki halinde de sevindirici sonuçlar veriyor. Bu formül aynı zamanda işletmede önemli kontrol unsurlarını da gideriyor. PH değerini, karbonat ve sodyum bikarbonat fazlalığını, çöken kalsiyum karbonat taneceklerinin kolay süzülebilir cinstе teşekkülüne de yardım ediyor. Böylece işletmecilere çalışma kolaylıklarını beraberinde getiriyor.

Burada bor ve bileşikleriyle kullanma yerleri ve tarihine kısaca değinmek yerinde olur.

Bor bileşiklerinin ilk defa nerede kullanıldığı bilinmemekle birlikte; Gobi çölünden getirilen boraksı Babil demircileri kullanmışlar, Çinliler Milâttan önce 300 yıllarında seramik sırcılığına başarıyla uygulamışlar, Markopolo ile Avrupa'ya gelmiş sonra 1856 yılında Kaliforniya yatakları bulunmuştur. Türkiye'de ilk cevher 1856 yılında Balıkesir, Susurluk, Sultançayırı yatakları bulunmuştur. Bu tarihten sonra yurdumuzda amatör madenciler harekete geçmiş, 1952 de Bigadiç yatakları 1958 Emet, 1960 Kırka yatakları keşfedilmiştir,

\* Kimya Y, Mühendisi M.T.A. Enstitüsü, Ankara

Bor ve bileşiklerinin isimleri uzun yıllar halk arasında hattâ teknolojiye yanlış kullanılmıştır. Meselâ Amerika Birleşik Devletleri'nde boraks, bor ve bileşikleriyle eşdeğer isimde uzun yıllar söylenmiştir. Borasit; bir bor mitierali olduğu halde; Türkiye'de bor minerallerinin hepsini içine alan bir tabir olmuş, resmi kayıtlara geçmiş, bu yanlış kullanma son yıllarda üreticilere geniş maddi zararlar verdirmiştir.

Ticari bor minerallerinin sayısı onu geçmez; en önemlileri sodyum, kalsiyum, magnezyum, boratlar veya karışımlarıdır. Boraks kernit, razorit, kolemanit, üleksit, pandermit, borasit v.s. dir.

Bor bileşiklerinin kullanma yerlerinin sayısı pek fazladır, en çok bor bileşiği kullanan endüstri, seramiktir. Erimiş boraks içinde oksitlerin çözünürlüğü çok yüksektir, porselen sıralığı cam sanayinin diğer en büyük alanıdır. Sıcaklığa ve sıcaklık değişmelerine dayanan esnek camların imali ancak borun mevcudiyeti ile mümkün olmaktadır. Sabun ve deterjan sanayide önemli ölçüde kullanılır.

Suni elmas imalinde, katı füze yakıtı imalinde, metalürjide ve daha birçok alanda sarfedür.

Boraks : Bor tuzlarının en önemlisi ve en çok satılanıdır. Bor cevheri değerlendirilmesinin ilk basamağıdır. Yukarıda sözü edilen kullanma yerlerinin ham maddesi, yardımcı maddesidir.

Kimyasal adı; sodyum tetra borat deka hidrattır. % 16.2  $N\&O$ ; <% 36.6  $B_2O_3$  ve % 47.2  $H_2O$  ihtiva eder. Ticarete ayrıca pentahidrat, anhidrid yani eusuzboraks olarak satılmaktadır.

Borik asit ve bor oksitleriyle diğer boratlar konu dışı olduğundan burada ayrıca üzerinde durulmadı.

Boraks elde edilmesinde genel olarak iki metod vardır :

Birinci metod tabii boraksın saflaştırılması esasına dayanır.

İkinci metodta, kalsiyum, magnezyum boratları uygun şartlarda, sodyum karbonat ve sodyum bikarbonatla reaksiyona sokularak, kalsiyum, magnezyum karbonatlar teşekkül ettirilir. Suda çözünmeyen bu bileşikler süzülerek ayrılır. Boraksça zengin berrak çözelti, kristallendirilerek boraks elde edilir.

Bu etudte daha ziyade ikinci metodla ilgili bazı faktörler incelenmiştir.

Kolemanitten Boraks elde edilmesi :

Kolemanit;  $2 CaO \cdot 3 B_2O_3 \cdot 5 H_2O$  kimyasal bileşiminde bir mineraldir. Teorik olarak % 50.85  $B_2O_3$ , % 27.27  $CaO$ , % 22.1  $H_2O$  ihtiva eder.

Türkiye'de üretilen bor mineralleri başlangıçta yalnız pandermit iken son yıllarda % 98'e varan bir oranda kolemanit olmuştur.

Kolemanit bazı endüstride doğrudan doğruya kullanılmakla beraber; daha ziyade boraks veya borik asite dönüştürülerek elde edilmektedir.

Türkiye'deki kolemanitlere ait bir fikir vermek amacı ile 3 adet analiz Tablo : 1 de verilmiştir. Bu analizler konuşmacı tarafından M.T.A. Enstitüsü'nde yapılmıştır.

**TABLO : I**

	I	II	III
SiO <sub>2</sub> : %	6.04	5.25	4.68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>a</sub> %	1.10	<b>0.17</b>	0.18
CaO : %	25.95	27.00	28.58
MgO : %	2.17	2.22	2.21
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : %	46.60	45.55	42.22
CO <sub>2</sub> : %	1.61	2.90	4.55
Na <sub>2</sub> O : %	0.15	0.23	0.30

Dikkat edilirse CaO yükselirken CO<sub>2</sub> de artmaktadır. Bu da cevherin tabiat etkileriyle bozunarak CaCO<sub>a</sub> teşekkül ettiğinden ileri gelmektedir.

Kolemanitten boraks elde ederken takibedilen yol şöyledir :

- 1 — Cevher kırılır, öğütülür, kavrulur.
- 2 — Sodyum karbonat + Sodyum bikarbonatla reaksiyona sokulur.
- 3 — Süzülür ve kristallendirilir .
- 4 — Santrfüjözlerde kristal ayrılır, kurutulur.
- 5 — Torbalanıp satılır.

Boraks teknolojisine ait literatür yukarda kısaca belirtildiği gibi çok azdır. Açıklayıcı bir tarafı yoktur.

Yazıdaki açıklamalar, Türkiye'de yapılan araştırmaların, çalışmaların değerlendirilmesi ve konuşmacının M.T.A. Enstitüsünde yaptığı denemelerin sonucudur.

Yukarıdaki safhalardan kolemanitin kavurma ve reaksiyona sokulması safhaları üzerinde önemle durulması lâzımdır. Çünkü kolemanitten boraks üretimi teknolojisine ekonomik yönden en çok etki eden bu iki safhadır. Şimdi bu safhaları sırayla inceleyelim.

#### 1. Kavurma safhası :

Cevherin kırılması, çeneli ve çekiçli kırıcılarla olur. Bundan sonra baza işletmeler kavurmaktadır. Aslında cevherin bilyalı değirmenlerde öğütülmesi daha doğrudur, öğütme işlemi bazı yerlerde taş değirmenlerden de faydalanılmaktadır, öğütme inceliği U.S. standart elek No. 20 den geçecek şekilde ayarlanır (809 Mikron).

Daha ince öğütülmesine lüzum yoktur.

Kavurma işlemi; öğütülmüş cevherin belli bir temperature kadar kızdırılmasıdır. Kızdırma işleminden maksat bazılarında göre cevherdeki organik maddelerin yakılmasıdır. Halbuki gerçekleri deneme ile açıklıyan Dr. Hüseyin Gülensoy olmuştur. Dr. Gülensoy çalışmalarını, pandermilt, kolemanit ve Hoiwit üzerine yapmıştır Burada sadece kolemanite alt olanlar sözkonusu edilmektedir.

TABLO : 2

temp	Kızdırılmış kolemanite		Çözünürlük %	Çözeltildeki $B_2O_3$ mgr	Çözeltildeki CaO. mgr.
	$B_2O_3$ %	CaO : %			
150°C	50.88	27.29	12.08	61.5	33.0
200	50.96	27.33	15.06	76.7	41.2
250	51.81	27.79	17.84	92.4	49.6
300	58.08	31.15	37.00	218.4	517.1
350	64.18	34.42	36.44	233.9	125.4
400	65.10	34.90	45.97	299.5	160.4
450	65.10	34.90	43.05	280.3	150.2
500	65.10	34.90	39.00	253.9	136.1
550°	65.10	34.90	34.85	226.9	121.6

Dr. Gülensoy uzun demelerinde; 50°C lik aralarla saf kristalden elde ettiği numuneleri, belli sıcaklıklarda sabit tartıma kadar kızdırmış, bunlarda, çözünürlük, PH, su kaybı gibi özelliklerini incelemiştir. Kolemanın 750° C da sinterleştiğini tesbit etmiştir. Ayrıca çözünen kısımların  $B_2O_3$  ve CaO. yüzdeleri için de tablo 2 Dr. Hüseyin Gülensoy'un çeşitli sıcaklıklardaki 100°C daki kolemanit çözünürlüğünü vermektedir. Bu denemelere dayanarak çözeltilde geçen  $B_2O_3$  ve CaO miktarları hesaplanarak 4 ve 5 nci sütunlara kaydedildi. Tablonun incelenmesinden bazı önemli sonuçlar çıkarmak mümkündür. Örneğin 300°C daki çözünürlük 250°C daki çözünürlüğe göre 2.07 kat fazladır. Bu sıcaklıklarda çözeltilde geçen  $B_2O_3$  ise 2.36 kat CaO ise gene 2.36 kat fazladır. Keza 400°C daki çözünürlük 150°C ile karşılaştırılma, çözünürlük 3.75 kat fazla, çözeltilde geçen  $B_2O_3$  4.90 CaO ise 4.85 kat fazladır.

Son rakamlar çözünürlüğün kızdırma sıcaklığı ile değiştiğini, değişimden faydalanmak zorunluluğunda kalındığı açıktır. Demek oluyor ki kızdırma işlemi çözünürlüğü arttırmak için yapıyor. Böylelikle kolemanitten boraks yapıyor; çözünürlüğün uygun değerinde seçilmesi suretiyle daha kısa zamanda sonuca ulaşmanın mümkün olduğunu gösteriyor.

Yukarıda kullanılan çözünürlük tabirini açıklamak gereklidir. 0.1 mgr. hassasiyetle tartılmış tam bir gr. numunenin 100°C de 100 nü. suda 20 dakika karıştırıldıktan sonra çözeltilde geçen kolemanın yüzdesidir

Uygun kavrmanın bir başka önemli faydası da reaksiyon sonucu sulu olarak ele geçen ve süzülerek uzaklaştırılan kalsiyum karbonat parçacıklarının tane büyüklüğüne etkilemesidir. Uygun kavrma ile reaksiyona sokulan kolemanitten teşekkül eden kalsiyum karbonat daha iri taneli kolay süzülür cinsten, çözeltildeki bazı kil parçacıklarını tutabilir cinsten oluyor. Çözeltinin berraklaşmasında süzme yardımcısı rolü oynuyor. Süzme kolaylığı sağlıyor. Basınçlı süzgecin süzme periodunu uzatıyor.

Tablo : 2. de uygun deneme sıcaklığının 400°C olduğu tesbit ediliyor, işletmede kavrma sıcaklığını deneme ile bulmak lazımdır. Döner fırın çalışma düzeninde en iyi sonuçları veren baca sonu sıcaklığı, gazların giriş sıcaklığı mutlaka denemeyle bulunmalıdır. Bu sıcaklık her işletmeye göre değiştiği gibi, kolemanın geldiği ocağa da bağlı olduğunu gözden ırak

tutmamalıdır. Kavurma temperaturunu tesbit ederken çözeltiye geçen  $B_2O_3$  ten ve CaO dan faydalanmak mümkündür.

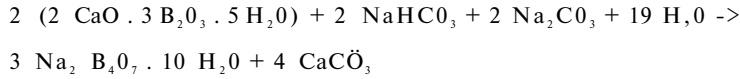
Tekrar özetlemek gerekirse, kavurma İşlemi  $-20$ . meş'e öğütülmüş cevher üzerinden yapılmalıdır. Uygun kavurma temperaturun denemeyle bulunmalıdır .En çok çözünürlüğü veren aralık en iyi kavurma temperaturu aralığıdır.

önemli bir konu da mineralojik yapısı aynı olan ve fakat ayrj. ocaklardan çıkarılan cevherin karakteri değişiktir. Kavurma temperaturda değişebilir

## 2. Reaksiyon Safhası :

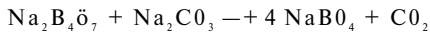
Kolamanitten boraks elde edilmesi bu dönemdeki reaksiyonun istenilen yönde yürütülmesine bağlıdır. Buradaki reaksiyonda yukarda kısaca değinildiği gibi; kalsiyum ionu ilâve edilen sodyum karbonat veya sodyum bikarbonattaki karbonat ionu ile birleşir, Çözünmeyen kalsiyum karbonat olur. Çözeltideki borat anionu ve sodyum katyonu uygun şartlarda sodyum tetraborat deka hidrat halinde kristallendirilir. Çözeltiden katı haldeki kalsiyum karbonat süzülerek uzaklaştırılır. Kristallendjirme işlemi mutlaka berrak çözeltide yapılmalıdır.

Teorik reaksiyon formülü şöyledir :

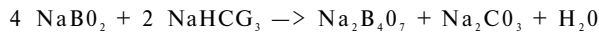


Fakat teori ile tatbikat her zaman birbirine uymaz, önce cevher teorik cevher değildir. Sonra çalışma şartları her zaman aynı değerlerde temin edilemez. Miktarlar gene aynı oranlarda verilemez. Belli toleranslar içinde aynı olan değerler baza durumlarda istenmiyen şartlar yaratabilir. Bu gerekçe ile işletmeci devamlı güçlüklerle karşı karşıyadır. İşletme değerlerini devamlı kontrol etmek zorundadır.

Güçlüklerden biri Sodyum karbonat fazlalığıdır.



Yani Sodyum tetra borat; sodyum karbonatla reaksiyona girerek sodyum Meta borata dönüşür. Bu ürün boraksın kristalleşmesini güçleştirir. Boraks kristalleşse bile beraberinde taşıdığından; ticari boraksta  $B_2O_3$ . teorik değere göre % 1.0 - 1.4 fazlalık görülür. Bu da istenmez. Demekki çözeltide sodyum karbonat fazlalığına yer verilmemelidir. Yukardaki durumu önlemek için çözeltide devamlı olarak sodyum bikarbonat fazlalığı bulunmalıdır.



Bu reaksiyon anidir. Fazlalığın miktarı deneme ile bulunmalıdır.

Boraks başka yönden incelendiğinde; zayıf bir asidin kuvvetli bir bazla yaptığı tuzdur. Tetraborik asidin sodyum tuzudur. Bu maddenin sudaki çözeltisi hidroliz olur. Çözelti alkalidir. Hatta boraks tayininde bu olaydan faydalanılmaktadır. Boraks çözeltisinin çeşitli konsantrasyonlarında PH. sabittir.

ve PH = 9.3 tür. Kristallendirme yapılırken PH değeri bu değerden büyük olmalıdır. Daha büyük PH değerlerinde boraks metaborata dönüşür. Bu nedenle ortalama bir aralıkta tutmak gereklidir. Kol'emanitten boraks elde etme çalışmalarında çözeltinin PH değeri ölçüldüğünde 9.6 olduğu görüldü. Fakat uygun PH değeri işletme içerisinde deneyle bulunmalıdır.

Boraks teşekkülünde karbonat ionlarının rolü var mıdır? Bu soruya verilecek cevap; büyük bir ihtimalle vardır olacaktır. Tahminimce karbonat ionları PH değerinin uygun aralıkta elde edilmesine katkıda bulunur. Çeşitli borat anionlarının tetra borat anionlarına dönüşmesinde önemli rol oynar. Kalsiyum iyonunu kalsiyum karbonat halinde bağlayarak son görevini yerine getirir.

Demekki reaksiyon safhalarında dikkat edilecek hususlar arasında uygun PH değerini sağlamak, sodyum bikarbonat fazlalığı, metaborata teşekkülünün önlenmesi ve cevherden gelen yabancı maddelerle kalsiyum iyonu tam ve süzülebilir tarzda çökmesini sağlamaktır.

Yukarda belirtilen hususların ayrı ayrı incelenmesi sonucu; sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat miktarlarının uygun olarak tesbit edilmesi bu teknolojinin en önemli kısmı olarak karşınıza çıkmaktadır.

Bu güne kadar çeşitli işletmeler kolemanitten boraks üretimi yapmaktadırlar. Literatürde buna ait tek kayıt 1928 tarihli Ullmann'da vardır.

Ullmann'daki sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat miktarlarını veren formül şöyledir :

a : %  $B_2O_3$       b : % CaO      c : %  $Na_2O$   
olduğuna göre :

$$\text{Sodyum karbonat} = \frac{108}{280} (4a - 5b) - \frac{108}{31} c$$

$$\text{Sodyum bikarbonat} = \frac{168}{280} (5b - 2a) - \frac{168}{62} c$$

$$\text{Sodyum Karbonat fazlası} = 25 - 30 \text{ gr/litre}$$

$$\text{Son Çözelti} = 28 - 30 \text{ Be veya}$$

$$\text{Formül 100 kg hammadde içindir } d = 1.240 - 1.265$$

Ullmann'ın daha sonraki 1938 ve 1962 yılı yayınlarında bu formülden bahsedilmemektedir. Demek ki hesap formülüyle yapılan çalışmalarda sevindirici sonuçlar alınamamış olmalıdır. Bu endüstride çalışanlara yararlı olamamıştır.

Bu etüdün konusu olarak yaptığımız laboratuvar çalışmalarında; kolemanitten boraks elde edilmesinde yön verici değerler üzerinde duruldu. Teorik formüle göre hesaplanan sodyum karbonat ve bikarbonat miktarlarıyla yapılan denemelerde 3 veya 4 devir sonra metaborata teşekkülü dolayısıyla, PH değerinin arttığı tesbit edilmiştir. Dolayısıyla bu miktarlar uygun görülmemiştir  $B_2O_3$  ve CaO değerine bağlı olarak; uygun randımanla (En az % 90) ve

çamurdan en az  $B_2O_3$  kaybıyla boraks elde edilmesi için gerekli sodyum karbonat ve bikarbonat değerleri deneme ile tesbit edildi. Çamurda  $B_2O_3$  kaybı kuru çamur üzerinde en fazla % 5 olarak alındı böylece. Sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat sarfiyatlarıyla CaO ve  $B_2O_3$  arasında bir bağıntı kuruldu. Bu bağıntıyı, kolayca hesaplamaya yardım edebilecek denklem haline koyma çalışmaları izledi. Bu formül değişen  $B_2O_3$  ve CaO değerlerine göre aynı sonucu verip vermediği denemelerle incelendi. Sonuç çok olumlu oldu.

Formül gene  $B_2O_3$  ve CaO değeri belli olan 100 kg kolemanit için doğrudur. Sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat miktarlarını kilogram olarak verir.

$$\text{Sodyum karbonat} = 1.470 \times B_2O_3 - 1.818 \times CaO$$

$$\text{Sodyum bikarbonat} = 2.871 \times CaO - 1163 \times B_2O_3$$

Böylece basitleştirilmiş ve kullanışlı bir denklem elde edilmiş, oldu. Başlangıçta gerekli sodyum karbonat ve sodyum bikarbonatın % 15 fazlasını almak lazımdır.

Yukarda belirtilen formülün işletmede tatbik edilecek çalışma düzenini de kısaca belirtmek yerinde olur.

Kristallendirme süzüntüsü ana çözelti, 70 - 80°C kadar ısıtılır. Yukardaki formülle hesaplanan sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat miktarı beraberce ilâve edilir ve devamlı karıştırılır. 85°C'a çıkınca hesaplanan miktar kolemanit konulur. Karıştırıcı devamlı çalıştırılır. Reaksiyon müddeti 6-9 saatir. Reaksiyon sonu çamurdaki  $B_2O_3$  kontrolü ile tesbit edilir. Yaş çamurda  $B_2O_3$  % 2.50 den az olmalıdır. Çözeltideki boraks miktarı işletme şartlarına göre tesbit edilmelidir.

Reaksiyon temperaturü 85 - 90°C arasında tutulmalıdır.

Reaksiyon tankındaki karışım basınçlı süzgeçlerde süzülür. (Filter-pres). Süzüntü berrak olmalıdır. Yukarda belirtilen hususlara dikkat edilerek yapılan çalışmalarda çözelti daima berraktır. Daha sonra berrak çözelti kristallendirme tanklarına gönderilir.

Ürünün satış şartları kristallendirme şartlarını tesbit eder. Kullanma yerinde kristallerin iriliği istenmez. Zira teknolojik bazı aksaklıklar beraberinde getirir. Suda yavaş çözünür, öğütme güclüğü vardır. Eritiş sırasında karışım homojenliği için fırında daha uzun bir zaman bekler.

İnce kristaller ise hacimli olur. Beraberinde ana çözülden gelen karışık tuzları taşır. Rutubetli olur.

Boraks bu nevi alıcı - satıcı arasındaki çekişmeleri gidermek amacı ile tane büyüklüğü bakımından 3 sınıfa ayrılmıştır.

- Granulartip 30 mesh ten büyük.
- 30 mesh. 200 mesh. arası.
- 200 mesh ten geçen toz gibi.

Yukandanberi bazı teorik bilgiden bahsedildi. Bazı denemelere dayanan fikirler açıklandı Laboratuvar ölçüsünde de olsa deneme sonuçları hakkında

birşeyler söylemek mümkün olup olmadığı sorusu hatıra gelebilir. Burada kısaca ona da değinmek gerektir.

Şimdi; Laboratuvar deney değerlerini 1. ton boraks için hesaplamak şöyledir :

Cevherde  $B_2O_3$  : % 43.8

CaO : % 28.2

Bin ton boraks için

Cevher : 906 kg.

Havada kuru çamur . 574 kg.

Sodyum karbonat + Sodyum bikarbonat : 380 kg.

Boraksta  $Bf_d$  : % 37.14

Havada kuru çamurda  $B_2O_3$  :  $\frac{< /_B}{< /_B}$  3.68

Reaksiyon temperaturü : 85 - 90°C

Reaksiyon müddeti : 7 saat

Randıman  $B_2O_3$  üzerinde . % 93.5

Bu sonuçlar deneylerle elde edildi, ve ortalamadır.

Sonuç olarak; Denemelere dayanarak kolemanitten boraks elde edilmesi şartlarının tesbiti amacını güden bir etüdün önemli kısımları hakkında açıklayıcı bilgiler verildi. Kısada olsa; karışma hakkında kavurmanın amacı hakkında, bilgi sunuldu. Uygun kavrulmuş kolemanitle çalışıldığında çözünürlüğün arttığı, reaksiyon müddetinin kısaldığı, teşekkül eden kalsiyum karbonatın kolay süzülür cinsden olduğu belirtildi.

Sonra reaksiyon safhaları incelendi. Dikkat edilecek hususlar belirtildi PH, metaborat teşekkülü, Randıman v.s. gibi ayrıca kimyasal reaksiyonu düzenliyen ekonomikliği etkileyen, bir hesap bildirildi. Bu şartlar yerine getirildiğinde kolemanitten, boraks elde edilmesinin teknolojik değerlerin hudutları belirtildi.

Sabırla dinlemek lütfunda bulunduğunuz için hepinize en iyi dileklerimi sunarım.

#### Bibliyografik Tanıtım :

- 1) D. S. Dinsmore, F. J. Weis haupl. Boron; its past, present and Futures (1958).
- 2) Madencilik «Neden Boraks» Mayıs 1970 özel sayı Cilt DC. Sayı 2 - 3.
- 3) Türkiye Bor Yatakları. M. T. A. Enstitüsü yayınları No. 125 (1965).
- 4) Dr. Hüseyin Gülensoy Türkiye'deki Bor mineralleri ile bunların dehidrolanmaları, çözünürlükleri ve katı cisim reaksiyonları hakkında (1961).
- 5) Ullmann. Enzyklopedie der Technischen Chemie, Cilt II. Sayfa 552. (1928).
- 6) Dr. Ünal Sanıgok Türkiyedeki Bor ımdnerallerinden Üleksit ve tnyoit üzerinde araştırmalar (1964).



## CIVA ÜRETİMİNDE FLOTASYON

Mehmet Ali KAÇI (\*\*)

### Özet :

Yurdumuzda cıva üretimi günden güne artan bir önem kazanmaktadır. Madencilik sektörümüzde katkısı yıldan yıla artmakta olan bu cevherlerin en ekonomik ve randımanlı şekilde üretilmesi zorunlu olmaktadır.

Bugüne kadar yurdumuzda pirometalürjik yoldan cıva üretimi takip edilen yegâne yol olmuştur. Bu metodla işlenen çeşitli tenö ve miktarlardaki cevherinden elde edilen randımanlar hakkında yeterli ve güvenilir kaynaklara dayanan neticeler sıhhatle derlenememektedir. Çeşitli işletme ilgilileri ile yapılan temaslarda yüksek ve düşük randımanlar bahis konusu edilmiştir.

Banı'lımana paralel olarak yatırım ihtiyaçları ve işletme maliyetleri de cıva üretimindeki önemli ekonomik unsurla« etkilemektedir.

Alışıl gelmiş pirometalürjik cıva istihsali ile flotasyon yolu ile cıva üretiminin bazı incelemelere dayanarak mukayesesi bu yazının esasını teşkil etmektedir.

Yakıda dünyadaki tatbikattan elde edilen neticeler ile yurdumuzda tesadüf edilen cevherlerin tenor, mineralojik yapı, diğer özellikleri özetlenerek flotasyon metodunun tatbiki ile sağlanabilecek faydalar da açıklanmaktadır.

### Giriş :

Sinabar ve metalik cıva 23 asırdan daha fazla bir zamandanberi kullanılmaktadır. 1850 yılına kadar Almaden (İspanya), İdria (Yugoslavya) ve Santa Barbara (Peru) maden yatakları dünya cıva istihsalini ellerinde tutmuşlardır. Mezkûr tarihten itibaren de Almaden, İdria, Monte Amiata (İtalya) ve Kalifornia (ABD) dünya istihsalinin büyük bir kısmını karşılamıştır.

Zengin yatakların günümüze kadar istismar edilmiş olması ve dünya cıva istihsalinin artması düşük tenörlü cıva tezahürlerinin de istismarını mücbir kılmıştır. Diğer taraftan sabit izabe masrafları karşısında düşük tenörlü cevherlerin işlenebilmesi ancak cıva fiyatlarının yükseldiği periyotlara inhisar etmiştir.

Düşük tenörlü cıva cevherlerinin de ekonomisini sağlamak gayesiyle 1871 yılından itibaren cevher zenginleştirme ameliyesi tatbikatına başlanmıştır (1). Sinabar'ın cevherde ekseriyetle ince kristalin olması yüzünden tatbik edilen

(\*) Mineral Yüksek Mühendisi. Metağ Mühendislik Limited Şti. İSTANBUL.

gravite zenginleştirmesi randımsız olmuş ve bu sistem az tatbikat görmüştür. 1918'den sonra cıva cevherlerine flotasyon tatbikatı başlaması üzerine (1) yüksek randımanlar ile cıva konsantresi istihsal edilmiş ve muhtelif cıva işletmelerine flotasyon tesisleri ilğve edilmiştir.

1969 yılına kadar dünya cıva istihsalı (2) + (3) 20.240.000 şişeyi (698.280 ton) bulduğu tahmin edilmektedir. Diğer taraftan 1962 yılı bilgilerine göre (4) dünya cıva rezervi görünür 1.100.000 şişe (37.950 ton) ve muhtemel 2.100.000 şişe (72.450 ton) olarak belirtilmiştir. Bu bilgiler 1962 yılına kadar tesbit edilmiş yataklara inhisar etmektedir. Mezkûr tarihten bu yana dünyanın muhtelif yerlerinde yeni yataklar bulunduğu gibi memleketimizde de yeni yataklar tesbit edilmiş ve bilinen maden yatağı rezervlerinin vüsatlarının daha büyük oldukları görülmüştür. Tabiatile bu durum cıva fiyatlarını etkilemekte ve düşük tenörlü cevher yataklarının istismarını mücbir kılmaktadır. Tesis ve işletme masraflarının daha düşük olması nedeni ile cıva istihsalı için düşük tenörlü cevherlere dönülmesi halinde flotasyon tatbikatı bir mecburiyet olacaktır.

#### Cıva Flotasyonu :

Sinabar flotasyon metodu ile zenginleştirilmeye müsait olan minerallerin başında gelenlerdendir. Bu yüzden çok yüksek randımanlarla ve kolaylıkla yüzdürülmesi mümkündür. Sinabar flotasyonu, operasyon şartlarında titiz bir kontrole ihtiyaç göstermemektedir. Cevherin durumuna ve İstenilen konsantrinin tenörüne bağlı olarak tek kademe bir kaba konsantre veya kaba konsantrasyonu müteakip bir temiz konsantre kademesile matlup zenginleştirme elde edilebilmektedir.

Flotasyon tatbikatını yapmış olan tesislerden dokuzu hakkında derlenen bilgilere göre, bunlardan ikisi Exploradora de Mercurio de Huitzucó ve Beneficiadora de Mercurio Sain Alto Meksikada ve yedisi Sulphur Bank Syndicate, Cloverdale Mining Co., New Idria, Bretz Mill, Bottle Creek Mill, United Mercury Co., Holly Minerals Corp. ABide kurulmuşlardır. Bu tesislerin günlük kapasiteleri :

2 adedinin . . . . .	.50 ton/gün
3 « . . . . .	.125 ton/gün
2 « . . . . .	.150 ton/gün
2 « . . . . .	.300 ton/gün'ün üzerindedir.

Bu tesislerin işledikleri cevher tenörleri >% 0.05 - 0.67 Hg arasında tahavül etmektedir.

Cloverdale Mining Co. hariç flotasyon randımanları % 90 - 95.4 arasında tahavül etmekte ve konsantre tenörleri ise % 30-50 Hg mertabesini bulmaktadır. Bu tesislerde işlenen cevher tenörlerinin düşüklüğü ve konsantre tenörlerinin yüksekliği nedeniyle 200:1 - 40:1 arasında bir konsantrasyon nisbeti sağlanmaktadır.

- (1) Bureau of Mines, Bulletin 222 L. H. Duschak, C. N. Schuette.
- (2) D. M. Liddell Handbook of Nonferrous Metallurgy.
- (3) Banaz Cıva Projesi Fizibilite ön Etüdü MET AG — Haz. 1970.
- (4) John E. Shelton, Mercury, Bureau of Mines preprinted from Bulletin 630

1927'den bu yana kurulmuş olan bu tesislerden Sulphure Bank Syndicate dört sene çalıştırdıktan sonra, cevherin fazla miktar element kükürt ihtiva etmesi ve kükürdün cıva konsantresile gelmesi yüzünden, devreden çıkartılmıştır. Diğerleri ise bugüne kadar çalıştırılmaktadırlar. Mezkûr tesislere ait performans neticeleri ekteki Tablo 1'de gösterilmiştir.

Diğer taraftan muhtelif cevherler ile Bureau of Mines'ta yapılan laboratuvar flotasyon deneyleri de çok ilgi çekicidir. Malûm olduğu veçhile çalışma şekli ve çalışılan miktardan azlığı yüzünden, tesis neticelerinin laboratuvara nazaran daha üstün olacağı söylenebilir. Kaldı ki, toplanan bilgilerde laboratuvar neticelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Ekteki Tablo 2/de muhtelif ABD cevherleri ile yapılan laboratuvar flotasyon deney neticeleri verilmiştir.

Tablo 1'de bahsolunan Holly Minerals Corporation, Hermes ocağının cevherini işlemektedir. Aynı ocağın daha yüksek tenörlü cevher ile yapılan laboratuvar deney sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Laboratuvar da daha yüksek tenörlü cevher ile çalışılmasına rağmen tesis neticelerinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır, özet olarak •

	Cevher tenoru % Hg	Konsantre tenoru % Hg	Randıman %
Tesisten	0,41	48,6	94,2
Laboratuvar deneylerinden	0,51	32,0	93,0

elde edilmiştir.

Yukarıdaki verilenler tesis ve laboratuvar performans farkları hakkında söylenileni teyid etmektedir. Denenmiş olan cevherlerin tenor dışındaki özellikleri de aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

New Idria cevheri silisli gang içinde sinabar, Red Devil cevheri ankerit, dolomit, muskovit ve kuvars içinde stibnit ve sinabar Black Butte ve Hermes cevherleri ile silisli gang içinde disemine sinabar realgar orpiment, Lucky Five cevheri silisli opalize sinabar (sinabar sürme halinde) Zane Gray cevheri altere volkanik kayalar (camsı yapıda feldspatlar ve biraz kil) içinde sinabar; Orlon, Elkhead I + n cevherleri ise dekompoze olmuş killi kaolinit ve montmorillonit gang matrisi içinde sinabar şeklindeki tezahürlerdir .

Tenörler ise % 0.08 ile % 3.78 Hg arasında değişmektedir. 11 cevherden yalnızca üçü % 0.8 Hg tenorun üzerindedir. Randımanlar ise % 73.6 ile % 98.3 arasında değişmektedir.

İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Laboratuvarlarında buyüünde yapılmış bazı deneylerin sonuçları ekteki tablo : 3'te gösterilmiştir. Bu deneyler Germencik, Sızma, Banaz ve Türkönü cevherleri üzerinde olup cevher tenörleri % 0,036ı, Hg ile •% 1,46 Hg arasındadır. Flotasyondan elde edilen randımanlar ise % 40 ile % 98.5 arasında değişmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus alt hududu teşkil eden düşük randımanın flotasyonun tatbik kabiliyetini denemek üzere tenörü anormal derecede düşük olan bir numuneye ait olmasıdır.

**TABLO : 1**  
**Sinabar Flotasyon Tesisleri Performansları**

Tesis	Yeri	C e v h e r			Konsantre		Artık		Randı- man	Kon- santr. Nisbeti
		Günlük Tonaj	% Hg	Mineral	Ton/ Gün	Tenör % Hg	Ton/ Gün	Tenör % Hg		
Exploradora de Mer- curio de Huitzucó	(1) Guerrero Meksika	160	0,24	Livingstonite (Ci- va sülfentimonit)	4	7 - 11	156	—	90	40 : 1
Beneficiadora de Marcurio	(2) San Alto, Zaca- tecas Meksika	50	0 67	Sinabar ve Meta- sinabar	0.7	46.21	49,3	0,03	95,4	72 : 1
Cloverdale Minin Co.	(1) Cloverdale Calif. USA	520	0 05				—	—	50	—
Bretz Mill, Arentz- Comstock Ventur	(3) Malheur, Oregon USA	150	—		—	30 - 50	—	—	90+	—
Bottle Creek Mill Tri- angle Mining Co.	(3) Winnemucca Nevada, USA	125	—		—	30 - 50	—	—	90+	200 : 1
United Mercury Camp.	(3) Lovelock Nevada, USA	125	—		—	30 - 50	—	—	90+	—
Hilly Minerals Corporation	(4) Yellow Pine, Idaho USA	Pilot	0,41	Sinebar realgar, orpimend pirit rasenopirit	—	46,8	—	0,024	94,2	—

(1) A. F. Taggart, Handbook of Mineral Dressing, 2 - 207.

(2) Denver Equip. Co. publication. Bulletin No. M4 -B24.

(3) Keith Kuntz World Mining 10 (1957) No. 10. Sayfa 48 - 50.

(4) E Oberbillig, Min. World 20 (1958) No. 2 Sayfa 53 - 56

**TABLO : 2**  
**Muhtelif A.B.D. Cevherleriyle yapılmış Flotasyon Deney Sonuçları**

Referans	Deneyi yürüten	Cevherin orijini	Cevher		Konsantre		Ara Mahsul		Artık		Randıman %
			Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	
Duschak - Schuette Bur. of Mines, Bull. 222	Varley	New Idria San Benito	100,0	0,76	2,9	21,40	14,0	0,38	83,1	0,04	87,6 (95,3)
» , » »	»	Goldbanks mine Winnemucca	100,0	3,78	10,6	31,30	32,4	1,06	57,0	0,44	84,8 (93,6)
Wells and Sterling Bur. of Mines, R. I 5433	Wells	Red Devilmine Steelmute	100,0	151	7,1	20,2	—	—	92,9	0,07	95,7
Town, McClain, Stickney Bur. of Mi- nes, R. I. 5598	Town	Hermes, Idaho	100,0	0,51	1,5	32,0	15,6	0,07	82,9	0,03	93,0 (95,2)
» » »	»	Black Butte Oregon	100,0	0,16	3,9	3,1	13,5	0,04	82,6	0,02	84,7 (88,5)
» » »	»	Lucky Five	100,0	0,27	1,9	10,7	15,6	0,11	82,5	0,06	75,3 (81,8)
» » »	»	Zane Gray	100,0	0,14	1,4	7,6	8,3	0,07	90,3	0,03	75,7
» » »	»	Orion (düşük tenörlü)	100,0	0,09	3,2	2,52	4,2	0,02	92,6	0,01	88,9 (90,8)
» » »	»	Elkhead I	100,0	0,14	1,8	6,15	10,0	0,06	88,2	0,03	77,3 (81,5)
» » »	»	Elkhead II	100,0	0,08	25,8	0,23	—	—	74,2	0,03	73,6
» » »	»	Orion (Yüksek tenörlü)	100,0	2,79	17,8	15,20	30,4	0,11	51,8	0,09	97,1 (98,3)

( ) Kaba konsantrasyon randımanı

**TABLO : 3**  
**Muhtelif Cevherlerimizle Yayınış Florasyon Deney Sonuçları**

Referans	Deneyi yürüten	Cevherin orijini	Cevher		Konsantre		Ara Mahsul		Artık		Bantman %
			Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	Ağırlık %	Tenör % Hg	
İTÜ Maden Fakültesi Cevh. Hazırlama Kürsü. çalışması	Suna Atak	Germencik	100,0	1,00	2,0	50,00	4,0	0,35	94,0	0,02	96,9 (98,2)
> > > >	Suna Atak	> >	100,0	0,30	0,8	32,50	3,2	0,30	96,0	0,02	89,8 (93,3)
İTÜ Maden Fakültesi Diploma travayı, Tem. 1969	Abidin Temel	> >	100,0	0,80	7,0	10,81	23,3	0,13	69,7	0,017	94,6 (98,6)
İTÜ Maden Fakültesi Diploma travayı Haz. 1969	Mehmet Arpacı	Sızma (zayıf cevher)	100,0	0,22	0,75	19,00	14,05	0,51	85,20	0,007	64,7 (97,5)
İTÜ Maden Fakültesi Cevher Kürsüsü çalg. Haz. 1970	Suna Atak Güven Önal	Banaz-Baltalı (Eski pasalar)	100,0	0,30	1,92	14,90	—	—	98,08	0,014	95,5
İTÜ Maden Fakültesi Diploma travayı, Tem. 1970	Hikmet Bilge	Türkönü (Ödemis)	100,0	0,28	1,87	13,84	11,60	0,06	86,53	0,013	93,6 (95,9)
İTÜ Maden Fakültesi Diploma travayı, Tem. 1970	Atilla Tuncay	Türkönü (Ödemis)	100,0	1,46	9,70	14,71	—	—	90,30	0,036	97,81
> > > >	>	>	100,0	0,33	0,77	31,84	8,80	0,84	90,43	0,027	74,65 (97,22)
> > > >	>	>	100,0	0,036	0,67	2,13	18,71	0,01	80,62	0,019	39,94 (57,77)

( ) Kaba konsantrasyon randımanı

Flotasyon tatbikatının cıva üretiminde muhtelif yönlerden avantaj sağlayıcı ve durumu islâh edici etkileri bulunmaktadır.

Flotasyonun sağladığı faydaların başında daha ekonomik oluşu gelmektedir. Cıva kansantresi elde etmekle müteakip işlemlere girecek olan tonaj 1/50 1/200 oranında azalmış olacaktır. Maliyet yönünden ise 1970 senesi ilkbaharında detaylı olarak yapılmış bir mukayese etüdü neticelerini vermek uygun mütalea edilmiştir. Bahis konusu olan durumda, günde 150 ton., % 0,3 Hg tenörlü cevher işleyecek bir tesisin direkt izabe ve flotasyon ve retort cıva izabesi arasında mukayese yapılması idi. Her iki şart için tesislerin 15 senede amorti edilecekleri gözönüne alınarak madencilik, nakil ve tesislerin diğer yan ve yardımcı tesisleri hariç tutularak cevher işleme masrafları mukayese edilmiştir.

**Direkt İzabe Flotasyon + Betört**

1 ton cevher işleme masrafı	65,40 TL.	54,90 TL.
-----------------------------	-----------	-----------

Böylece flotasyon lehine ton cevher başına 10,50 TL bir avantaj sağlanacağı hesaplanmıştır. Yılda 50.000 ton cevher işleneceğine göre yüda 500.000 TL üstünde bir tasarrufun yapılabileceği görülmektedir. Diğer taraftan, cevherin flotasyonu bozucu özellikleri olmaması halinde, flotasyon randımanının direkt İzabe tesislerinin verdikleri randımanlardan düşük olmadığı görülmektedir. Düşük tenörlü, yüksek rutubetli, tozlu ve diğer sülfür cevherlerini ihtiva eden tezahürlerde flotasyon tatbikatı bilhassa bariz randıman üstünlüğü sağlamaktadır.

Bugüne kadar memleketimizde tesadüf olunan cıva yataklarının genellikle düşük tenörlü ve flotasyona elverişli olduğu anlaşılmaktadır.

Netice olarak cıva cevherlerinin flotasyonuna gidilmekle küçük rezervlerin değerlendirilmesi sağlanabileceği gibi büyüklerde de yatırım ve işletme masraflarında tasarruflar sağlanacaktı. Günlük işlenen tonaj arttıkça bahis konusu tasarruflar da artmış olacaktır.





## **DEMİR EXPORT ANONİM ŞİRKETİ**

**Sermayesi : 6.000.000 TL.**

**İhtiyatlar : 3.000.000 TL.**

**Ulus Meydanı, Ulus Han Kat 4 - Ankara  
Telefon : 11 78 95 - 11 75 20**

**Demir Export A.Ş. her nevi madenle ilgilenmekte olup işbirliği yapmak isteyen maden arama ve işletme ruhsat sahiplerinin bilâ ticret emrinde ve hizmetinde olan güvenilir tek müessesesidir.**

**Demir Export A.Ş. bugüne kadar Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. nin demir cevheri ihtiyacının takriben % 50 sini karşılamıştır. Bu Fabrikaya 1970 yılı sonuna kadar teslim edilen demir cevheri miktarı 2.000.000 ton civarındadır.**

**Senelik kapasitemiz :**

**Yerinde hafriyat : 2.000.000 m<sup>2</sup>**

**Cevher istihsali : 1.000.000 Ton**

**Şirketimizin mevcut işletmeleri :**

- Kangal - Çetinkaya Demir Madeni İşletmesi**
- Kangal - Otlukilise Demir Madeni İşletmesi**
- Divriği Bölgesi Demir Madeni İşletmesi**
- Pınarbaşı - Uzunpınar Demir Madeni İşletmesi**
- Giresun - Balançak Kurşun, Çinko, Bakır İşletmesi**

# COMAG

CONTINENTAL MAGNETİ LİMİTED ŞİRKETİ  
SERMAYESİ : 7.500.000

İDARE MERKEZİ ADRESİ : PERŞEMBEPAZARI YEMENÇİLER  
CADDESİ KÖSEÇLU İŞ HANI NO: 66 KAT 4 DA. 401  
KARAKÖY/İSTANBUL  
TELGRAF : COMAGNEZİT  
TELEFON : 44 05 64

İŞLETMELERİ : A - MANTYETİ İSTİHSAL SAHALARI  
B - TAŞANLI KALSİNE TESİSLERİ  
C - KÜMBET KALSİNE TESİSLERİ

İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ : TAŞANLI  
TELGRAF : COMAGNEZİT  
TELEFON : 117

YAPTIĞI İŞLER : 1 - HAM MANTYETİ İSTİHSALI VE İHRACATI  
2 - KALSİNE MANTYETİ İSTİHSALI VE İHRA-  
CATI  
3 - HAM MANTYETİ ALIM VE SATIMI

ŞARK LİNYİTLERİ, AŞKALE/ERZURUM

ORTA ANADOLU LİNYİTLERİ,  
ÇAYIRHAN/NALLIHAN

ALPAĞUT - DODURGA/ÇORUM

İŞLETMELERİ :

EKTİ ..... ZONGULDAK  
GİA ..... TAŞANLI  
KST ..... ANKARA

MÜŞŞESLERİ :

SERMAYESİ : 750.000.000 TL.  
MERKEZİ : ANKARA

TÜRKİYE  
KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU

# DATA SONDAJ

## Anonim Şirketi

\* **Danışma**

\* **Araştırma**

\* **Tatbikat**

\* **Sondajcılık**

- Su Sondajları
- Maden Sondajları
- Temel Sondajları
- Enjeksiyon Sondajları
- Drenaj Sondajları
- Yeraltısuyu Fizibilite Etüdüleri
- Jeofizik Etüdüleri
- Hidrojeolojik Etüdüleri
- Kaya ve Zemin Mekaniği Etüdüleri
- Galeri ve Tünel İşleri

için hizmetinizdedir.

ANKARA : Karanfil Sokak No: 14/8, Yenışehir

İSTANBUL : Zambak Sokak No: 7/4, Beyoğlu Tel : 44 05 35

# SİZİN TÜRK MÜHENDİSLİK VE MÜŞAVİRLİK ŞİRKETİNİZ



# TÜMAŞ

- Petrol sanayii
- Petrokimya sanayii
- Madencilik sanayii
- Tabii gaz
- Gübre sanayii
- Gıda sanayii
- Yem sanayii
- Cam sanayii
- Enerji üretimi, dağıtımı
- Su kaynaklarının geliştirilmesi

PROJELERİNDE HER TÜRLÜ MÜHENDİSLİK ve  
MÜŞAVİRLİK HİZMETLERİNİZ İÇİN EMRİNİZDEDİR.

ADRES : TÜMAŞ TÜRK MÜHENDİSLİK, MÜŞAVİRLİK VE MÜTEAHHİTLİK A.Ş.  
ZİYA GÖKALP CADDESİ NO 17 KAT. 1 - 2

YENİŞEHİR, ANKARA

TELGRAF: TUMAS -- ANKARA

TELEFON: 181941, 181968, 181981

# B A M A Ş

Büyük Anadolu Madenleri A.Ş.

Sermaye : 4.200.000 TL.

- Maden Arama ve İşletme
- Cevher Zenginleştirme ve İzabe
- Makine ve Teçhizat İmalâtı
- Maden Cevheri Test ve Analizi

konularında

Jeolojik etüdler, yeraltı ve yerüstü topoğrafik ve jeolojik harita yapımı, fizibilite etüdleri, avan ve kat'i proje hazırlama, müşavirlik hizmetleri, komple tesis kurma, işletmeye alma, mevcut tesislerin ıslahı, makine ve teçhizat imalâtı, montaj, lâboratuvar testleri ve kimyasal analiz,

hizmetleri yapmakta olduğunu iftiharla duyurur.

BAMAŞ özel teşebbüse ait ilk kimya lâboratuvarını Ankara'da kurmuş ve madencilerin hizmetine sunmuştur.

BAMAŞ özel teşebbüse ait 20 kadar muhtelif maden sahasının etüdlerini yapmış ve aramalarını yönetmiştir.

BAMAŞ Akdeniz Gübre Sanayii A.Ş. ve Etibank için 1970 yılında 250 ton ağırlıkta makine, teçhizat ve sair sanai tesis çelik imalât işi yapmıştır.

BAMAŞ dinamit yerine kullanılan ve % 40 tasarruf sağlayan teknik amonyum nitrat'ın deliklere kolayca doldurulması için sarj tabancaları imâl etmiş ve kaya hafriyatı yapanların hizmetine sunmuştur.

BAMAŞ Şavşat civarında yürüttüğü madencilik aramaları sonunda 300.000 ton civarında bakır - kurşun - çinko cevher rezervi tesbit etmiş ve bu cevherleri konsantre etmek üzere kurmayı kararlaştırdığı bir flotasyon tesisinin fizibilite etüdü ve projesini hazırlamıştır.

**BAMAŞ GÜVENLE BAŞVURACAĞINIZ BİR MÜHENDİSLİK ŞİRKETİDİR.**

Merkez : Karanfil Sokak No: 55 BAKANLIKLAR/ANKARA  
Telgraf : BAMAŞ Ankara  
Telefon : 12 78 05


Şube : Bamaş Şavşat İşletme Müdürlüğü ŞAVŞAT/Artvin  
Telefon : 61



**METAŞ**  
**Nervürlü**  
**IIIa Çeliği**  
**Betonarme İnşaatta**  
**%40 TASARRUF**  
**Sağlıyor\***

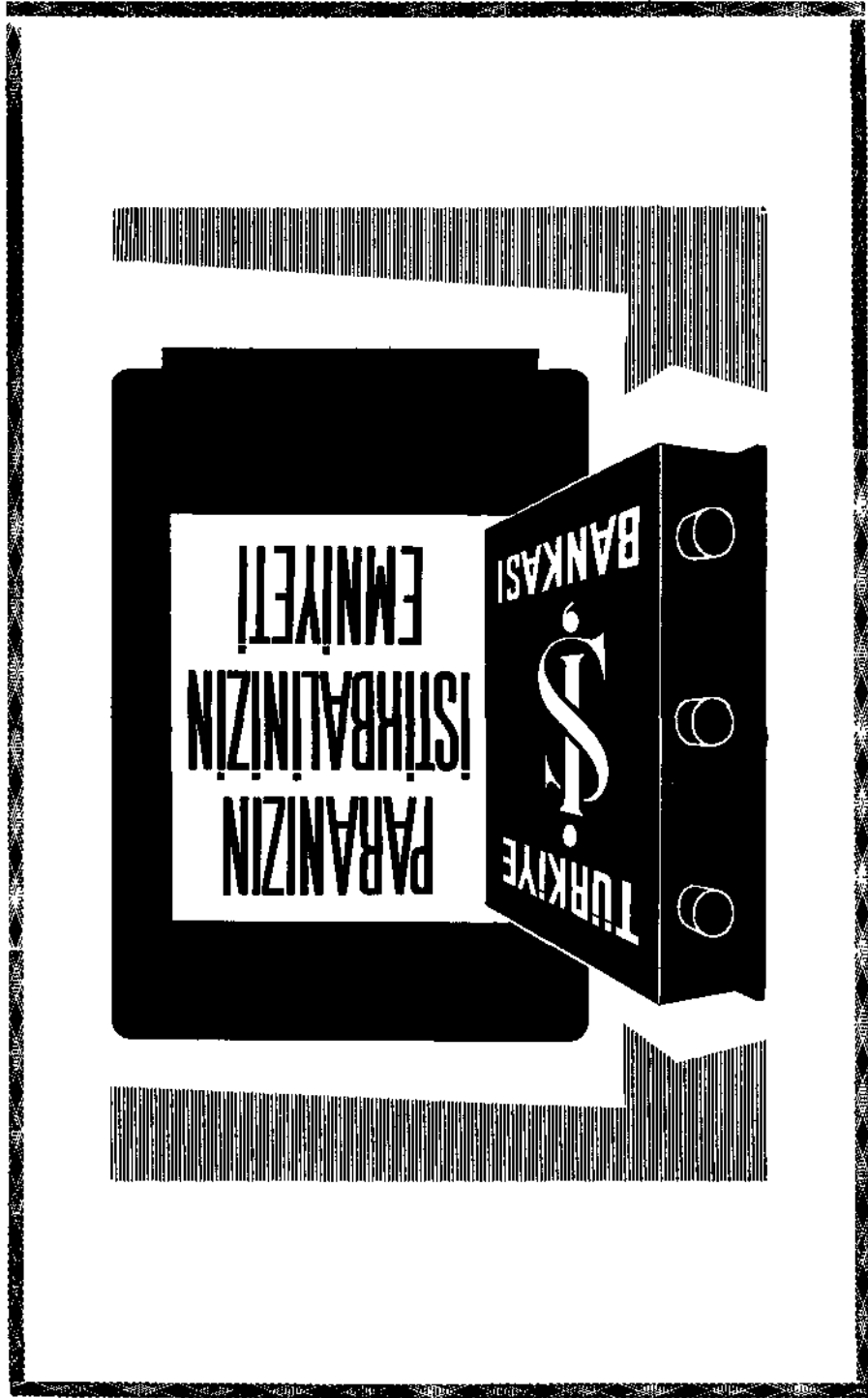


Balkanların en büyük ve modern stadyumu olarak inşa edilmekte olan İzmir Olimpiyat Stadyumunda tamamen Metaş Nervürlü IIIa çelikleri kullanılmaktadır.

TURK STANDARTLARI ENSTITUSU'nun  garantisine sahiptir

**METAŞ İZMİR METALURJİ FABRİKASI T.A.Ş**  
**Kemalpaşa şosesi Işıklar Köyü girişi - İZMİR**

P. K. 458 - İZMİR • Telgraf: METAŞ - İZMİR  
Telefon: 39740



**V e h b i L a  i n**

**Maden Makineleri ithalâtında  
Türk Madenciliğinin  
Hizmetindedir**

Çituris Han - Karaköy — İSTANBUL

**Madencilik ve Diğer Bütün  
Araştırma - Mühendislik  
Müşavirlik Hizmetlerinizde**

**S A D A**

Sanayi Araştırma Danışma Ltd. Şti.

Mithatpaşa Cad. 54/10 - 11, Tel : 12 04 88 - 17 92 80



# **E G E M E T A L**

## **M A D E N C İ L İ K A . Ş .**

**KROM KONSANTRE ORHANELİ TESİSLERİ**  
**KROM VE MANGANEZ İŞLETMELERİ**  
**KIRIKKALE MOLİBDEN ARAMA VE İŞLETMELERİ**

**KROM**  
**MANYEZİT**  
**ANTİMUAN**  
**BARİT**  
**CİVA - BAKIR ÇİNKO**  
**VE DİĞER CEVHERLERİ**  
**SATIN ALIR VE İŞLETİR**

**MERKEZ :**

**Cumhuriyet Cad. Fransız Geçiti Sok. Kaya Apt. 349/9**  
**Harbiye - İstanbul**

**TELEFON :**

**47 46 96 - 46 32 90 - 46 75 75**

**TELEKS :**

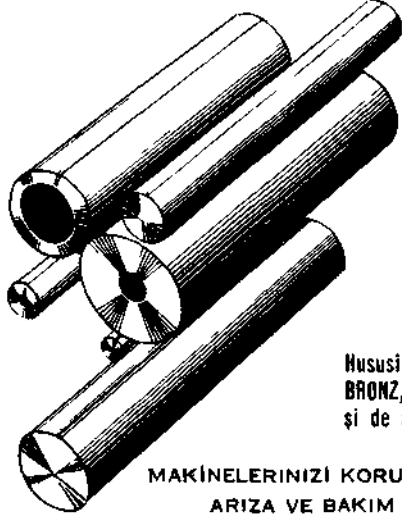
**İst. EGE 407, İst. EGE 471**

**POSTA KUTUSU :**

**285 Osmanbey - İstanbul**

**TELGRAF :**

**TECHNOLOGY - İSTANBUL**



**YATAKLIK  
BRONZ ÇUBUKLAR  
PİRİNÇ ÇUBUKLAR  
ALÜMİNYUM ÇUBUKLAR**

- İÇİ DOLU
- İÇİ BOŞ
- MUHTELİF ALAŞIMLARDA

Hususi parça dokum imalı için istenen alaşımda  
BRONZ, PİRİNÇ ve ALÜMİNYUM ana alaşım sipari-  
şi de alınmaktadır.

MAKİNELERİNİZİ KORUMAK

ARIZA VE BAKIM MUDDETLERİNİ AZALTMAK  
MAKİNE VERİMİNİ ARTTIRMAK

İSTİYORSANIZ RABAK YATAKLIK BRONZ ÇUBUKLARINI KULLANINIZ.

DAHA FAZLA BİLGİ İÇİN BROŞÜR İSTEYİNİZ.



**RABAK**

ELEKTROLİTİK BAKIR VE MAMULLERİ A.Ş.

Topağaçlar Cad. No. 37 Kâğıthane - Şişli - İstanbul  
P.K 354 Şişli - İstanbul

*Piyasaya arz etmiş olduğumuz bu yeni imalât çeşidi dolayısıyla tebrîk ve teşekkürlerini esirgemeyen sanayicilerimize bu vesile ile şükranlarımızı arz ederiz.*

# KOÇTUĞ DENİZCİLİK ve TİCARET A.Ş.

Denizciliğimize Hizmet Duygusuyla Doğmuş  
Bir Millî Kuruluş

SITKI KOÇMAN -  
SELAHATTİN GÖKTUĞ

KOÇTUĞ DENİZCİLİK  
İŞLETMESİ

İSTANBUL

BÜNTÜN DÜNYA İÇİN BAŞ  
ACENTELİĞİ

AMERICAN EXPORT  
ISBRANDSTEN LINES INC.

NEW YORK

TÜRKİYE GENEL ACENTELİĞİ

PHS. VAN OMMEREN  
(ROTTERDAM) N, V.

ROTTERDAM

TÜRKİYE GENEL ACENTELİĞİ

BADISCHE ANILIN UND SODA  
FABRIK (B. A. S. F.)

GEMİ ACENTELİĞİ

Her türlü Denizcilik, Gemi İşletme-  
ciliği, Kiralama, Ulaştırma Yükleme  
ve Boşaltma, Sevkiyat, Ambarlama,  
Gümrükleme, v.s. işleriniz için bü-  
tün imkânları hizmetinizdedir.

İlkemiz tam bir çözüm, amacımız si-  
zi memnun edebilmektir.

## İZMİR ŞUBESİ

Gazi Bulvarı No. 85 - İzmir

Telefon : 32 506 - 32 888 - P.K. 874

Telgraf : KOÇTUĞ - İzmir -  
Teleks - 108

## İSKENDERUN ŞUBESİ

Atatürk Bulvarı No. 65/3 -  
İskenderun

Telefon : 26 73 - 31 73

Telgraf : KOÇTUĞ - İskenderun -

P. K. 273, Teleks : 8

## ANKARA BÜROSU

Meşrutiyet Caddesi Servet Apt.  
No. 5/5, Yenışehir - Ankara

Telefon : 12 62 46 - 18 34 28

Telgraf : KOÇTUĞ - Ankara -

Teleks - 13

## MERSİN BÜROSU

Uray Caddesi No. 61/B - Mersin

Telefon : 14 44

Telgraf : KOÇTUĞ - P. K. 207

# **T E T İ C O**

## **TEKNİK TİCARET LTD. ŞİRKETİ**

**SERMAYESİ : 1.000.000,—**

### ■ **MADENCİLİK**

- **Demir**
  - **Bakır**
    - **Amyant**
      - **Kömür**
        - **Çinko - Kurşun**

### ■ **İNŞAAT**

### ■ **MÜMESSİLLİK**

- **General Electric - ABD**
- **Koehring - ABD**
  - **Joy Manufacturing Co. - ABD**
    - **Ferrostaal - Batı Almanya**
      - **GHH - Batı Almanya**
        - **Dorr Oliver - ABD**
          - **Continental Engineering - Hollanda**
            - **McNally Pittsburg Mfg. - ABD**
              - **Reynolds Metals Inc. - ABD**

**Merkez : Mithatpaşa Caddesi 44/7 - 9      Tel : 17 89 09 - 17 88 53**

**Yenişehir - Ankara      Telg : Tetico - Ankara**

**İrtibat Bürosu : Cumhuriyet Caddesi      Tel : 48 43 72**

**139/3, İstanbul      Telg : Tetreymag - İstanbul**



# BERİL

## MADEN ve SANAYİ LİMİTET ŞİRKETİ

SERMAYESİ 1.000.000 TL.

Emek İşhanı Kat: 11, No: 1105  
Yenişehir - ANKARA

Tic. Sic. No: 14228  
Tel: 17 24 47

- TÜRKİYE'DE 3000 - 3200 M. YÜKSEKLİKTE MADEN İSTİHSAL EDEN YEGÂNE ŞİRKETTİR.
- TÜRKİYE'NİN İKİNCİ BÜYÜK ÇİNKO MÜSTAHSİLİDİR.
- KALSİYASYON TESİSLERİ İLE CEVHER ZENGİNLEŞTİRMEDE İLK ADIMI ATMIŞTIR.
- MADEN SAHASINDA SİNEMA YEMEKHANE VE DİĞER SOSYAL TESİSLERİYLE İŞÇİLERE HUZUR SAĞLAMAKTA VE MADENDEN KAZANCINI MADENE YATIRMAKTADIR.
- BERİL MADENCİLİKTEN EDİNDİĞİ PRATİK TECRÜBEYE İSTİNADEN; TECRÜBELİ TEKNİK KADROSUYLA HER TÜR LÜ MÜHENDİSLİK HİZMETLERİNİ SELÂHİYETLE VE REALİST OLARAK YAPMAKTADIR.
- BERİL MADENCİLİĞİMİZİN İFTİHAR VE GÜVEN SEMBOLÜ OLACAKTIR.

**ALAYCAN**

**MÜŞAVİR MÜHENDİSLİK**

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ  
MADEN FİZİBİLİTE ETÜDÜ  
JEOLJİK ETÜD  
MADEN İŞLETME  
SONDAJ  
YER ALTI SUYU ETÜDÜ  
PIYASA ARAŞTIRMASI  
CEVHER HAZIRLAMA TESİSLERİ FİZİBİLİTE ETÜDÜ  
VE KURULMASI  
SANAYİ EKONOMİSİ

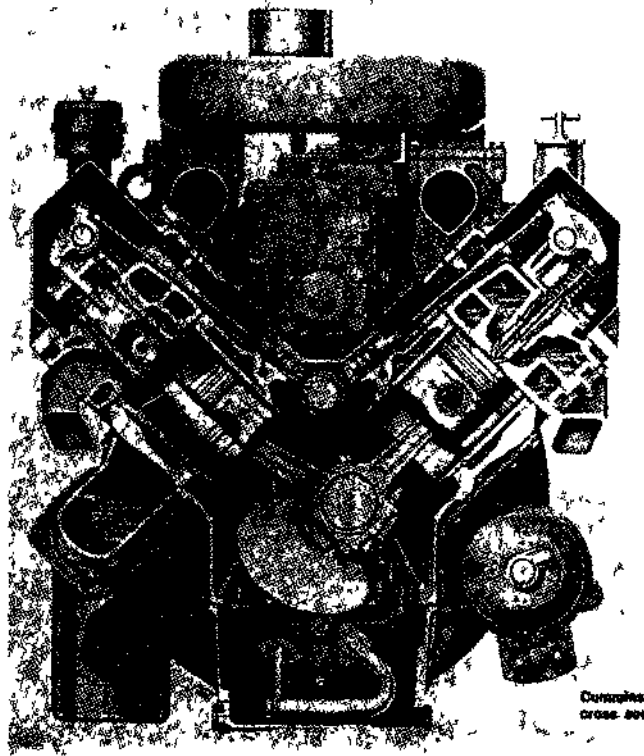
MİTHATPAŞA CADDESİ No. 51/10 - ANKARA - TEL. 17 36 13

Maden Mühendisi

**M. Fahrettin Çevirgen**  
**Cevher Madencilik Bürosu**

MADENCİLİĞİN HİZMETİNDE

Karanfil Sokak 12/13, Kızılay - ANKARA  
Telgraf: CEVHER - Tel: 12 57 86



Cummins Diesel ekonomik, uzun ömürlü, bakım ve yedek parça ikmalî kolay, üstün motor design ile en az toplam masrafı olan motor.

**TÜRKİYE UMUMİ DİSTRİBÜTÖRÜ  
HAMAMCIOĞLU MÜESSESELERİ TİCARET T. A. Ş.**

Büyükdere Caddesi 13/A

Şişli - İSTANBUL

Telefon : 46 31 43

Telgraf : Hamamcioğlu - İstanbul

İzmir Caddesi 33/23

ANKARA

Telefon : 12 62 55 - 17 93 81

**EN MÜKEMMEL...**  
**SEYYAR**  
**ROTATİF TİP**  
**HAVA KOMPRESÖRLERİ**  
**Ingersoll - Rand**

**EN AĞIR ŞARTLARDA**

- ASGARİ PARÇA SARFIYATI
- ASGARİ YAKIT SARFIYATI
- ASGARİ BAKIM
- AZAMİ ÖMÜRİ

**TÜRKİYE UMUMİ DİSTRİBÜTÖRÜ**  
**HAMAMCIOĞLU MÜESSESELERİ TİCARET T. A. Ş.**

Büyükdere Caddesi 13/A

Şişli - İSTANBUL

Telefon : 46 31 43

Telgraf : Hamamcioğlu - İstanbul

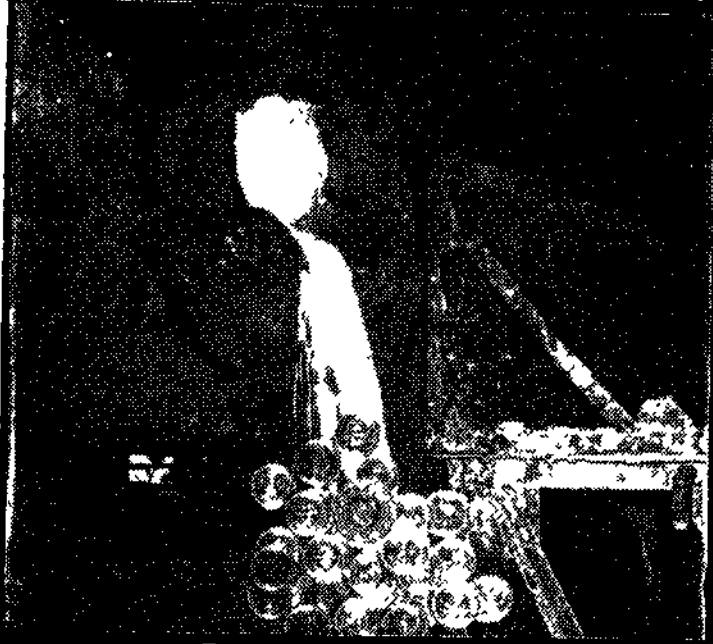
Izmir Caddesi 33/23

ANKARA

Telefon : 12 62 55 - 17 93 81



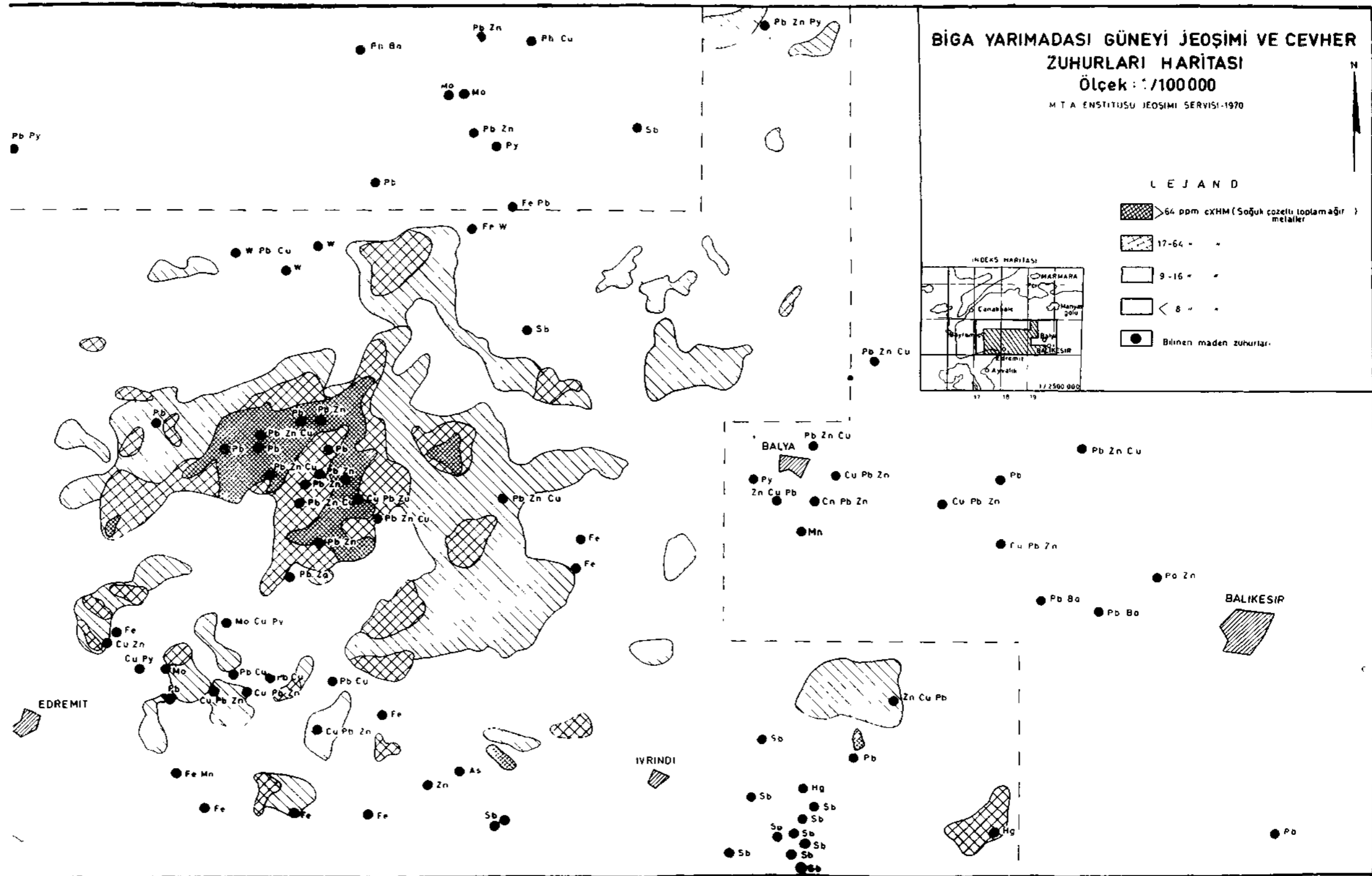
**ALTIN VE GÜMÜS**  
üreten tek banka



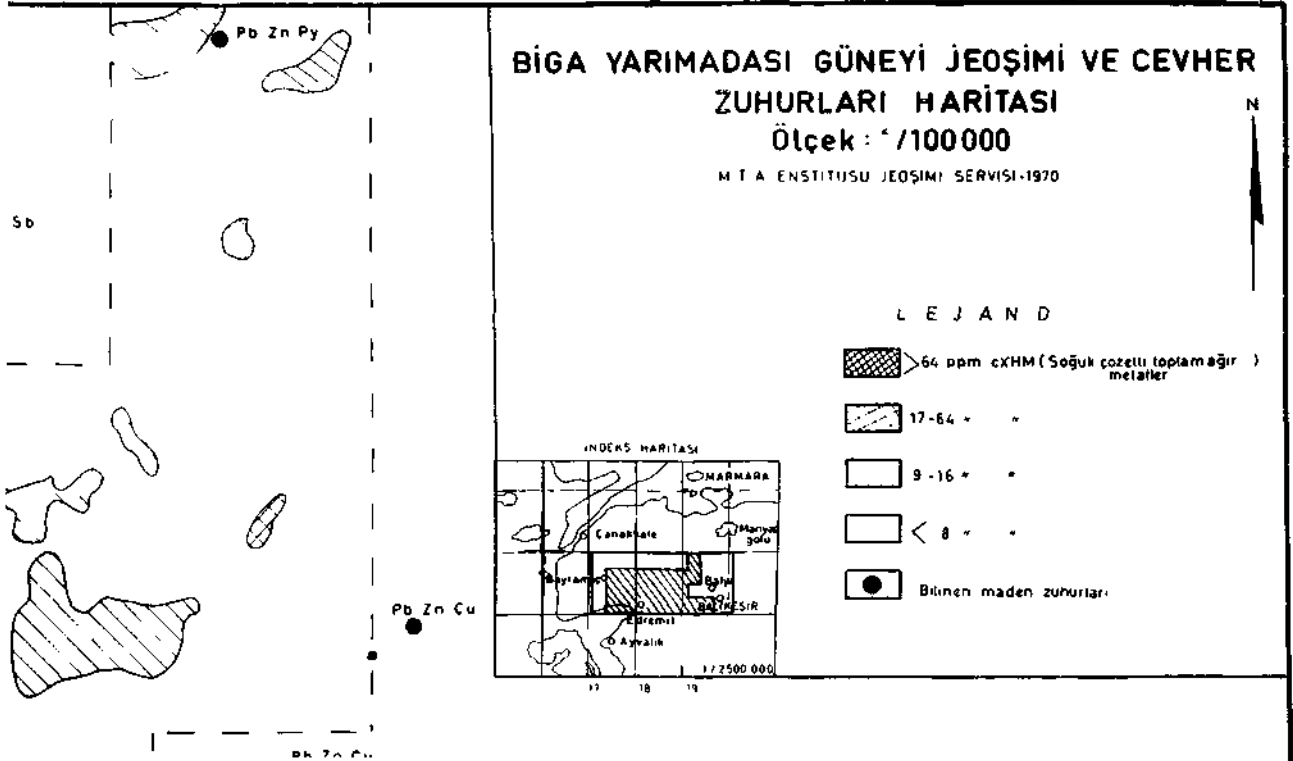
**ETİBANK**  
SİZİNDİR



AKCATAŞUSTU	N6°W	26°SW	30cm	20m	Şeritli	%60		Serpantileşmiş dunit	900m	Cebelgüney
DEDEBELENI	N17°W	49°SW	1m	8m	Seritli	%40		Serpantin	780m	Cebelgüney
YONGALIK	N47°W	84°SW	1m	30m	Yoğun ve seritli	%50	%44,19	Az serp dunit	1010m	Cebelgüney
GEYİKTÜYDÜ	N22°W	90°	60cm	20m	Şeritli	%40		Serpantileşmiş dunit	1000m	Cebelgüney
YAYLAYERİ	N17°W	78°SW	3m	20m	Seritli ve yoğun	%50		Serpantileşmiş dunit	870m	Cebelgüney
YONGALIKALTI	N51°W		Galen kapalı					Serpantileşmiş dunit	980m	Cebelgüney
KAMIŞLI	N25°E	69°NW	1m	20m	Seritli	%40		Dunit	1000m	Cebelgüney
AKCAÇAM	N47°E	80°NW	1m		Yoğun adese	%10		Ezik serpantin	1000m	Cebelgüney
SINCAN	N80°E	55°SE	1m	30m	Şeritli	%50		Dunit	1000m	Cebelgüney
TUZLAKAYA No 1	N71°W	43°SW	1,5m	20m	Serpinti	%30		Serpantin	650m	Topuk
TUZLAKAYA No 2	N77°W	44°SW	1m	20m	Serpinti	%30		Serpantin	650m	Topuk
TUZLAKAYA No 3	N68°W	43°SW	2m	10m		%30		Serpantin	650m	Topuk
AKKAYALAR No 1	N64°W	34°SW	1,5m	30m	Seritli ve serpinti	%30	%32,67	Serpantin	520m	Topuk
AKKAYALAR No 2	N68°W	69°SW	1m	20m	Şeritli	%40		Az serp dunit	520m	Topuk
DEĞİRMENTEPE	N46°W	68°SW	2m	50m		%38	%40-47,3	Serpantin	660m	Topuk
KURTINI	NS	64°W	50cm	20m	Yoğun	%90		Az serp dunit	610m	Topuk
ÇITLEMBİK	N20°E	22°NW	40cm	15m	Yoğun	%90		Serpantin	750m	Topuk
KAYMAKLITEPE	N37°E	65°SE	1m	30m	Yoğun	%90		Serpantin	850m	Topuk
KEÇİTARLA	N8°W	90°	50cm	Kuyu	Seritli	%40		Az serp dunit	840m	Topuk
INLIKLER	N73°W	87°SW	15m	40m	Yoğun	%70		Serpantin	935m	Topuk
KAYA	N39°W	84°NE	50cm	30m	Seritli	%40		Ayrılmış serpantin	1020m	Topuk
GEYİKALAN	N77°E	66°NW	1-4m	200m	Şeritli	%50	%50-52	Ezik serpantin	860m	Topuk
YUKARIKOCABELENI	N50°E	90°	1m	15m	Yoğun	%40		Az serp dunit	840m	Topuk
BOSTANINSIKI	N35°E		Yarma ortulu	40m				Az serp dunit	780m	Topuk
DAVULKUZU	N56°E	82°NW	1,5m	40m	Şeritli	%40		Ayrılmış serpantin	800m	Topuk
KARAOVA	N40°E	67°SE	1,25m	10m	Yoğun	%90		Serpantin	780m	Topuk
KARNIKUYU	N22°E	90°	0,5-1m	30m	Yoğun	%90		Serpantin	720m	Topuk
KARAKIRAZ	N14°W	80°SW	1m	20m	Şeritli	%40		Serpantin	880m	Topuk
SULUKLUK	N5°E	71°NW	1m	40m	Şeritli	%40	%45,86	Dunit	1000m	Topuk
YILDIRIM	N15°W	71°SW	2m	250m	Seritli	%40		Az serp dunit	1000m	Topuk
HALDEDE	N7°E	85°NW	1,5m	20m	Seritli	%40		Serpantin	1200m	Topuk
ORHAN	N2°W	76°SW	2m	150m	Seritli	%40	%32,35	Az serp dunit	1100m	Topuk
SELÇUK	NS	90°	1m	Güçlü kapalı	Seritli	%40		Dunit	1050m	Topuk
KALAYCIKIRI	N2°E	84°NW	2m	150m	Şeritli	%50	%35,40	Dunit	1070m	Topuk
KIM	N2°E	80°NW	1,5m	5m	Seritli	%40	%37,40	Dunit	1270m	Topuk
ORTADERE	NS	77°W	6m	30m	Şeritli	%40	%37,27	Dunit	1030m	Topuk
HACİOMER	N66°E	40°SE	1,5	20m	Seritli	%40		Dunit	1020m	Topuk
PIRASALIK	N59°E	49°SE	1m	200m	Yoğun ve seritli	%40	%46,74888	Dunit	1100m	Topuk
KOVALI	N84°E	74°NW		50m	Seritli			Ezik serpantin	1000m	Topuk
KIRTARLA	N42°W	45°SW	2m	30m	Seritli	%40		Serpantileşmiş dunit	1160m	Topuk
SAPSALAK	N74°E	39°SE	1m	50m	Şeritli	%40		Serpantileşmiş dunit	1065m	Topuk
SARIALAN No 1	N8°E	67°SE	1,4m	200m	Seritli	%40	%44,5	Az serp dunit	1060m	Çatak
SARIALAN No 2	N7°E	85°NW	1m	Kuyu	Seritli	%40	%39	Dunit	1015m	Çatak
SARIALAN No 3	NS	74°W	1,5m	60m	Seritli	%40	%36,8	Dunit	1160m	Çatak
TUZLA SIRTİ	N9°E	82°SE	1m	50m	Seritli	%50	%34,6	Dunit	1140m	Çatak
AKPINAR No 1	N24°W	87°SW	2m	30m	Seritli ve yoğun	%70		Serpantin	925m	Çatak
AKPINAR No 2	N73°W	75°SW	1m	30m	Yoğun	%80		Ezik serpantin	960m	Çatak
ELMACIK	N3°W	90°	1,5m	5m	Seritli	%20		Dunit	1000m	Çatak
ORTABURUN No 1	N28°E	90°	2m	20m	Şeritli	%40	%5,25	Az serp dunit	660m	Nalınlar
ORTABURUN No 2	N38°E		Yarma	15m	Şeritli	%40		Serpantileşmiş dunit	660m	Nalınlar
ORTABURUN No 3	N31°E	90°	2,5m	20m	Seritli	%40		Ayrılmış serpantin	730m	Nalınlar
SULUALANUSTU	N14°E	85°SE	1m	5m	Yoğun	%60		Ayrılmış serpantin	680m	Nalınlar
ÇINARLI	N7°W	77°SW	0,5m	15m	Seritli	%50		Dunit	700m	Nalınlar
MAĞARA No 1	N20°E	82°SE	Yarma 2m	40m	Karışık			Serpantin	620m	Nalınlar
MAĞARA No 2	N8°E	71°SE	1,5m	20m	Yoğun	%60		Serpantin	630m	Nalınlar

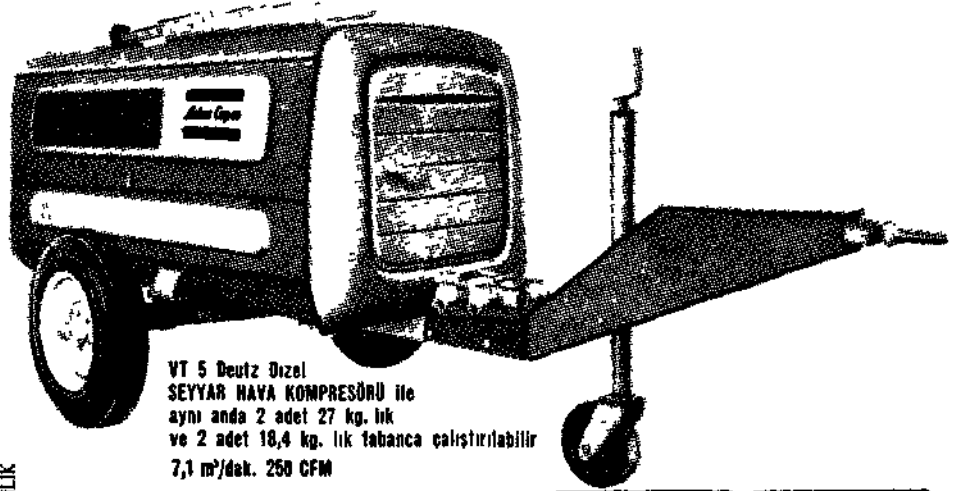


Şekil : 3



# derhal teslim

# emin servis



VT 5 Deutz Dizel  
SEYYAR HAVA KOMPRESÖRÜ ile  
aynı anda 2 adet 27 kg. lık  
ve 2 adet 18,4 kg. lık tabanca çalıştırılabilir  
7,1 m<sup>3</sup>/dak. 250 CFM

ILANCIKLIK



DELİCI TABANCA



KIRICI TABANCA

**Atlas Copco** tazyikli hava

ANKARA İLETİŞİM BÜROSU :  
Fazıl Erişir, Cad. 12  
P.K. 148 Yenimahalle - Ankara Tel: 332 25 28

İZMİR İRTİBAT BÜROSU :  
Gaz Bulvarı No. 96  
P.K. 106 Balçısaray - İzmir Tel: 37051

MİTAKREZ - Beyoğlu Cad. No. 21 - Beşiktaş - İstanbul  
Tel: 341 16 40 00 Telex: 540200 MİTAKREZ  
Telex: 540200 MİTAKREZ  
FABRİKASI - Z.A. Tel: 141