

**TURKIYE MADENCİLİK BİLİMSEL  
VE TEKNİK 5.KONGRESİ  
14-18/2/1977.dsı salonu/ankara**

OCAK HAVASININ ETÜDÜ,  
GAZ VE KÖMÜR TOZU  
PATLAMALARI,  
AN! METAN PÜSKÜRMELERİ

**TMMOB**

**MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**

## OCAK HATASININ ETÜDÜ, GAZ VE KÖMÜR TOZU PATLAMALARI, ANİ METAN PÜSKÜRMELERİ

Şerafettin ÜSTÜNKOL\*

Tevfik GÜYAGÜLBR \*\*

### Özet :

Bu tebliğin amacı, ocak havası, gaz ve kömür tozu patlamaları ile ani metan püskürmelerinin, ayrıntılara inilmeden, önemini anlatmak ve alınacak önlemler hakkında pratik bilgi vermektir.

İnsan solunumuna ilişkin kısa bir girişten sonra ocak havası, içerdiği önemli gazlar, toz, özellikleri ve önleme yolları anlatılmıştır.

Ocak yangınlarının (özellikle kendi kendine yanmaya müsait kömür damarlarında oluşan) ilk safhalarında nasıl belirleneceği ve ocak havasında meydana gelen değişiklikler hakkında bilgi verilmiştir.

Gaz, kömür tozu ile toz-gaz karışımının oluşturduğu patlamalar özellikleri ve önleme metodları ve konu ile ilişkisi olması açısından COWARD üçgenleri tanıtılmıştır.

Son olarak, ocakta derinlere inildikçe karşılaşılma olasılığının arttığı, önemli bir konu, ani metan püskürmeleri, nedenleri, karakterleri ve önleme yolları üzerinde durulmuştur.

### Abstract :

The main purpose of this paper is to give information about mine air, mine gases, and coal-dust explosions, mine fires and sudden methane outburst.

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

(\*\*) Öğretim Üyesi, Maden Mühendisliği Bölümü O.D.T.Ü., Ankara.

Also brief explanation about human respiration, mine air elements, dust and dust prevention methods is yielded.

How to detect mine fires (especially fires because of spontaneous combustion) at early stages and the effects of these on the mine air is explained.

The explosion of gases, coaldust and gas-dust mixture, and their prevention are studied.

Coward triangles which are related with gas explosibility are explained.

The last but not the least, the reasons for sudden methane outburst, its characteristics and precautions to decrease this potential danger are given.

## 1. Giriş

Bilindiği gibi başlıca madencilik sorunlarından biri iş kazalarıdır. Ocak kazalarının büyük bir kısmı da yeraltı havasına karışan boğucu, zehirleyici ve patlayıcı gazlarla kömür-tozu patlamaları nedeniyle meydana gelmektedir. Ayrıca, kömür ve özellikle taş tozu bazı tehlikeli hastalıklara sebebiyet vermektedirler. Dolayısı ile ocak havasına karışan bu impuritelere özelliklerini iyice bilmek ve ona göre önlemler almak gereklidir.

Son yıllarda ülkemizde, özellikle Zonguldak Taşkömürü ocaklarında, gaz ve tozun sebep olduğu kazalar giderek artmaktadır. Bunun başlıca nedeni ocakların daha derinlere inmesi ve derinlerdeki kömür damarlarının gaz içeriğinin ve dolayısı ile gaz emisyonunun fazla olmasıdır. Zonguldak'ta bilhassa Acılık, Çay ve Sulu gibi kalın ve gazı bol olan damarlarda bu kazalar sık görülmektedir.

Boğulma ve zehirlenmelerin dışında yukarıda söz edilen kazalar iki şekilde olmaktadır; 1) Gaz ve/veya kömür-tozu patlamaları, 2) ani metan püskürmeleri :

Gaz patlamaları deyince hemen metan gazı patlamaları akla gelir. Yine derinliklere indikçe bu problem artmaktadır. Zira yerin derinliklerinde birikmiş ve yeryüzüne sızamamış metan gazı, sığıklara nazaran daha bol miktarda ocak havasına karışmaktadır.

Ülkemizde kömür - tozu patlamaları pek tanınmamakta-

dır. Kömür-tozu patlamaları daha ziyade taşkömürü ocaklarında meydana geldiğine göre, bu tanınmamanın bir sebebidir yurdumuzun tek taşkömürü havzası olan Zonguldak'm havasının nemli olması dolayısı ile kömür-tozu patlamalarına pek elverişli olmamasıdır. Diğer bir sebep de, kömür-tozu patlamalarının gaz patlamaları ile karıştırılmasıdır. Esas üstünde durulması gereken bu ikinci sebeptir.

Derinliklere indikçe en süratli önem kazanan problem ani metan püskürmeleridir. Zonguldak'ta önceleri görülmeyen ve hiç önem verilmeyen bu konu şimdi oldukça ağırlık kazanmıştır. Zira son yıllarda ani metan püskürmeleri birçok ölümlü kazaya neden olmuştur. Ani Metan püskürmelerinin karakteri iyice bilinip bu konuya önem verilmeye devam edildiği ve gerekli önlemler alındığı sürece kazaların çok azalacağı açıktır.

Kömür ve özellikle taş tozunun neden olduğu pnömokonyoz hastalığı da yurdumuzda önemli bir madencilik sorunu olarak ağırlığını gittikçe artırmakta ve dikkatleri üstüne çekmektedir. Bu yüzden, tozu önlemek ve tozdan korunmak için elden gelen tüm olanaklar kullanılmalıdır.

## 2. İnsan Sohmümü

Maden atmosferini ve gazları incelemeden önce insan solunumu ve solunumda rol alan gazları hatırlamakta yarar vardır.

İnsan solunum sistemi kanı temizlemek için oksijeni alır ve karbondioksiti geri verir. Tipik bir tanıtma yapmak için aşağıdaki örneği verebiliriz.

Elemanlar	Alınan hava, % hacim	Yerilev hava, % hacim
Oksijen	20,93	16,58
Azot	79,04	79,18
C0 <sub>2</sub>	0,03	4,24

Bu örnekte anlaşıldığı gibi insanın devamlı oksijene ihtiyacı vardır. Aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde solunumun sıklığı ve solunan havanın miktarı, dolayısı ile oksijen sarfiyatı, fiziksel hareketlilik ile artar<sup>1</sup>.

**Tablo 1 — İnsan. Solunumunda Oksijen ve Hava Teneffüs Miktarları**

Hareketlilik	Dakikada nefes sıklığı	Bir nefeste alınan hava miktarı (litre)	Dakikada alınan hava miktarı (litre)	Dakikada kullanılan oksijen (litre)	Akciğerlerin kullanılan bütünü
Dinlenme	12-18	0,4-0,7	4,8-12,6	0,28	0,75
Orta	30	1,5-2,0	45-60	1,96	0,9
Çok şiddetli	40	2,5	100	2,80	1,0

Yukarıdaki bilgilerden solunum için gerekli olan minimum hava miktarını hesap etmek olanaklıdır<sup>1</sup>.

Örnek problem : Genel olarak, maden emniyet nizamnamelerine göre havadaki minimum oksijen miktarı % 19,5 olmalıdır. Buna göre, ağır çalışma şartlarında çalışan bir insan için gerekli olan hava miktarı, Q, nedir ?

Çözümü : Önce denge denklemini yazalım;

$$\left( \begin{array}{c} \text{Alınan havadaki} \\ \text{O}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{Solunumda kullanılan} \\ \text{O}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Verilen havadaki} \\ \text{O}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right)$$

Değerleri yerlerine koyarsak,

$$\% 21 \times Q - 2,80 = \% 19,5 \times Q$$

$$Q - \frac{2,80}{0,21 - 0,195} = 186,7 \text{ litre/dak. buluruz.}$$

Şimdi de verilen havadaki maksimum CO<sub>2</sub> miktarına göre hesap edelim. Maksimum CO<sub>2</sub> % 0,5 olsun.

İndekse göre hacim olarak CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> = 1 dir.

Solunumda meydana gelen CO<sub>2</sub> = (1) (2,80) = 2,80 litre/dak.

$$\left( \begin{array}{c} \text{Alınan havadaki} \\ \text{CO}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Solunumdan meydana} \\ \text{gelen CO}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Verilen havadaki} \\ \text{CO}_2 \text{ miktarı} \end{array} \right)$$

$$(0,0003 \times Q) + (2,80) = 0,005 \times Q$$

$$Q - \frac{2,80}{0,005 - 0,0003} = 594 \text{ litre/dak. olarak buluruz.}$$

$$Q = \frac{2,80}{0,005 - 0,0003} = 594 \text{ litre/dak. olarak buluruz.}$$

### 3. Maden Atmosferi

Normal atmosfer havası oldukça sabit oranlarda olan gazlarla (azot, oksijen, karbondioksit) su buharının karışımından meydana gelmiştir. Kuru ve saf havanın terkibi hemen hemen aşağıdaki gibidir.

	Hacim %	Ağırlık.%
Azot	78,09	75,53
Oksijen	20,95	23,14
Karbondioksit	0,03	0,046
Argon ve diğer nadir gazlar	0,93	1,284

Yeraltına giren temiz hava bazı kimyasal ve fiziksel değişikliklere uğrar. Genel olarak, madene giren atmosfer havasındaki değişiklikler oksijen miktarında azalma ve CO<sub>2</sub> miktarında bir yükselme ile aşağıdaki impuritelere ilâvesini içerir.

- (1) Zararlı gazlar : Bunlar boğucu, zehirleyici ve patlayıcı gazlar (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S gibi) veya uranyum ve toryum madenlerindeki radyoaktif gazlardır.
- (2) Zararlı buharlar : Civa, arsenik buharları gibi.
- (3) Tozlar : Cevher, kömür ve taş tozları.

Maden havasının kirlenme derecesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır :

- (1) İşletilen cevher veya kömürün gaz muhtevası,
- (2) Çalışma yerlerindeki havanın miktarı ve hızı,
- (3) İşletilen cevher veya kömürün oksijen absorblama özelliği,
- (4) İşletme metodu.

Gazlar bakımından maden havası üç kısma ayrılabilir : Atmosferik hava, aktif gazlar ve artık gazlar.

«Aktif gaz» terimi zehirli veya patlayıcı özelliğe sahip ve maden havası ile karıştığı zaman tehlikeli olan herhangi bir gaz için kullanılabilir. Örneğin, CH<sub>4</sub>, CO ve H<sub>2</sub>S aktif gazlardır.

Artık gazlar (veya ölü hava) ise oksijene eşdeğer olması gerekenden fazla miktarda bulunan CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>'nin karışı-

mıdır. Ölü havanın karışımı çeşitli madenlere göre değişiktir. Bazı madenlerde ölü havanın % 100 emisyonu görülmüştür. Artık gazları daha iyi tanıtabilmek için aşağıdaki örnek problem yapılmıştır.

Problem : Madene giren ve çıkan havanın konsantrasyonu aşağıdaki gibidir.

	Girea hava %	Çıkan hava %
CO <sub>2</sub>	0,03	0,305
O <sub>2</sub>	20,93	20,340
N <sub>2</sub>	79,04	78,705
OH <sub>4</sub>	—	0,650

Artık gazların yüzde miktarlarını bulunuz.

Çözümü :

% 20, 340 oksijene eşdeğer azot;

$$\% N_2 = 79,04 \times \frac{20\ 340}{20,93} = 76,81 \text{ dir ve}$$

karbondioksit;

$$\% CO_2 = 0,03 \times \frac{20\ 340}{20,93} = 0,0291 < 0,03 \text{ dür.}$$

Dolayısı ile,

$$\text{Atmosferik hava} = 0,03 + 20,34 + 76,81 = 97,18$$

$$\text{Aktif gaz (CH}_4\text{)} = 0,65$$

$$\text{Artık gazlar} = CO_2 + N_2 = (0,305 - 0,03) + (78,705 - 76,81) = 0,275 + 1,895 = 2,170$$

$$\text{Maden havası} = 97,18 + 0,65 + 2,17 = 100,00$$

$$\% N_2 = \frac{1\ 895}{2,170} \times 100 = 87,3$$

$$\% CO_2 = \frac{0,275}{2,170} \times 100 = 12,7 \text{ olarak bulunur.}$$

Maden atmosferinde rastlanılan bazı gazlar özellikleri, kaynakları ve emniyet limitleri ile aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Şimdide bu gazları madencilik açısından biraz daha tanıyalım.

### 3.1. Gazlar

#### a. Oksijen

Maden havasının oksijen miktarı insan ve hayvan solunumu, lambaların yanması, organik ve inorganik materyalin yavaş oksidasyonu ve maden gazlarının havaya karışması dolayısı ile azalır. Bu azalmanın insan ve lambalar üzerindeki tesirleri şöyledir.

- % 21 Oksijen : Kolay nefes alış veriş.
- % 19 Oksijen Hiç bir tesir hissedilmez.
- % 17 Oksijen Normalden biraz daha hızlı ve derin nefes alma. Mumlar ve benzin lambaları söner.
- % 15 Oksijen Nefes alma zorlaşır. Baş dönmesi ile kulaklarda uğultu başlar. Kalp çarpıntısı hızlanır.
- % 13 Oksijen Fazla kalınırsa insan kendinden geçer. Şuurunu kaybeder.
- % 10 Oksijen Nefes alma çok 'zorlaşır. Hayat tehlikelidir.
- % 9 Oksijen Baygınlık ve şuuruzluk vuku bulur.
- % 7 Oksijen Hayat büyük ölçüde tehlikelidir. (8.5 km yüksekliğe eşdeğer).
- % 6 Oksijen Çırpınma hareketleri ve ÖLÜM.

Oksijen gazının havadaki miktarını tesbit etmek için Fyrite Dedektörü, MSA Portatif  $O_2$  indikatörü, Riken Gaz Indikatörü ve  $O_2$  analiz edicileri gibi modern aletlerden faydalanılabilir. Ayrıca oksijen miktarı % 16,2'ye düştüğü zaman mumlar ve emniyet lambaları; % 16,1'e düştüğü zaman açık alevler ve % 12,5'e düştüğü zaman karpit lambaları söner. Bunlarda oksijen miktarının tâyininde kullanılabilir.

#### b. Karbondioksit

Karbondioksitin,  $CO_2$ , büyük bir kısmı kömür damarlarından ve civarındaki taş tabakalarından ve çürümekte olan



ağaç tahkimattan gelir. Geri kalan kısmı insan ve hayvan solunumundan, alevli lambaların yanmasından ve organik materyalin ayrışmasından meydana gelir. Kömürden ve taş tabakalarından gelen CO<sub>2</sub> emisyonu tedricidir ve tehlikeli değildir. İstisnalar göz önünde bulundurulmalıdır.

Herhangi bir gaz veya kömür - tozu patlaması veya yangın varsa ocak havasındaki CO<sub>2</sub> miktarı oldukça artar. Böyle zamanlardaki CO<sub>2</sub> geliri madenden madene değişebilir.

Karbondioksitin insan solunumu üzerindeki tesirleri şöyledir :

- % 1 CO<sub>2</sub> Nefes alma oldukça sıklaşır.
- % 2 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 50 artar.
- % 3 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 100 artar.
- % 5 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 300 artar.
- % 6 CO<sub>2</sub> Halsizlik belirtileri başlar. Nefes alma çok zorlaşır.
- % 10 CO<sub>2</sub> Bir kaç dakikadan fazla dayanılmaz. Ölüm vuku bulur.

Yukarıdaki değerler dinlenme durumundaki insan içindir. Karbon dioksitin çalışan insan üzerindeki etkileri çalışma derecesine göre artarak şiddetlenir.

Karbon dioksiti ölçebilmek için Fyrite Dedektörü ve Riken İndikatörü gibi aletlerden faydalanılabilir. Ancak alevli lambalar da bu iş için kullanılabilir. Bu gaz havadan ağır olduğundan özellikle tabanda toplanır. Onun için lambayı yukarıdan aşağıya doğru gezdirmek gerekir. % 1,5 CO<sub>2</sub>'de sönen bir lambayı tekrar yakmak güçtür. CO<sub>2</sub> miktarı % 3 - 4 olduğu zaman benzin ve yağ lambaları söner. Ancak, havanın hareketliliği ve havadaki oksijen azlığı bu değerleri düşürür. Havanın CO<sub>2</sub> içeriği daima lamba alevi üzerine insan üzerine olduğundan daha kuvvetli etki eder. Bolayısı ile eğer bir benzin lambası yanmağa devam ediyorsa orada insanda tehlikesizce nefes alabilir.

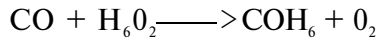
#### c. Karbonmonoksit

Yeraltında en çok dikkat edilmesi gereken gazlardan biridir. Çünkü hem yangın habercisidir, hemde çok zehirleyicidir. Ayrıca patlayıcıdır.

Tamamlanmamış herhangi bir yanma karbonmonoksit, CO, üretir. Onun için CO özellikle ocak yangınlarından, kömür tozu ve metan gazı patlamalarından, lağım atmalardan ve dizel motorlarından ortaya çıkar.

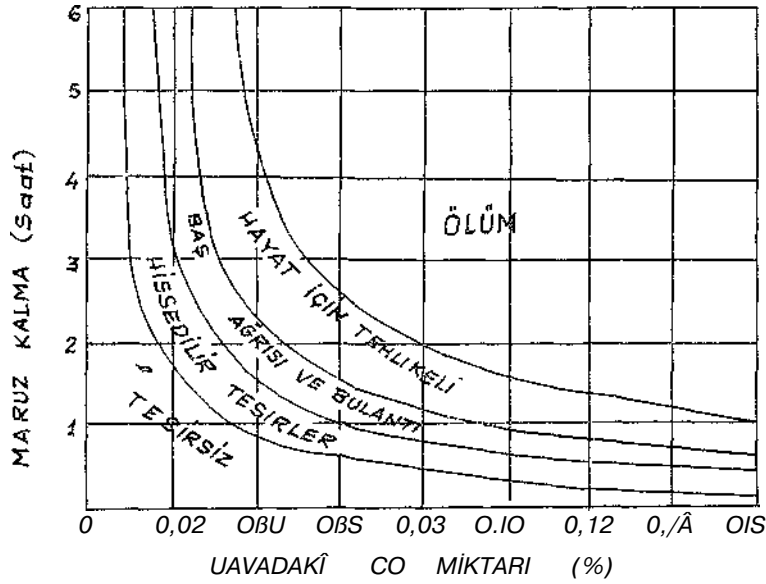
Karbonmonoksitin zehirleyici özelliği kandaki hemoglobinin kendisine olan aşırı düşkünlüğünden ileri gelir. Normal olarak, hemoglobin oksijenle birleşir. Fakat bulunduğu zaman karbonmonoksiti tercih eder. Bu tercih oksijene nazaran 250 - 300 defa daha fazladır.

Meydana gelen kimyasal reaksiyonun denklemi :



Görüldüğü gibi oksijen açığa çıkmaktadır. Dolayısı ile vücut oksijen kaybına uğrayarak zehirlenir. Hemoglobin % 70 - 80, CO ile birleştiğinde ölüm vuku bulur.

Karbonmonoksitin dinlenme halinde bulunan insan üzerindeki tesirleri Şekil - I'de gösterilmektedir. Çalışan insan üzerindeki etkiler daha da şiddetlidir.



Şekil I:- Karbonmonoksitin dinlenme durumunda insan üzerindeki etkileri.

Bu sekile göre dinlenme halindeki bir şahıs % 0,01 karbonmonoksiti bir kaç saat teneffüs ederse herhangi bir etki hissetmez.

Fakat CO yüzdesi 0,1 olduğu zaman zararsız olabilen zehirlenme belirtileri görülür. % 0,15 - 0,20 olduğu zaman şiddetli zehirlenme olayı görülür ve % 0,5 civarında insan 20-30 dakika içinde ölür. Bir maden havasında CO miktarı normal olarak % 0,0016 mn üzerine çıkmamalıdır.

Karbonmonoksiti ölçebilmek için eskiden kanaryalar kullanılırdı. Çünkü kanaryaların karbonmonoksite olan hassasiyetleri insandan çok fazladır. Az miktarda CO teneffüs ettikleri zaman hemen ölürlür. Şimdi ise birçok modern yöntemlerden ve aletlerden yararlanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları palladyum kloridli dedektörler, kalorimetre dedektörleri, iyod pentoksit dedektörleri, CO indikatörleri (Hopkalite Katalizörlü) ve enfraruj prensibiyle çalışan analiz edicilerdir.

#### d. Metan

Yeraltının en önemli ve tehlikeli gazı metandır. Kömür olan her yerde bulunan ve devamlı intişar eden son derece patlayıcı ve boğulmağa sebebiyet verici bir gazdır.

Metan gazı, CH<sub>4</sub>, ile havanın karışımına «grizo» da denilmektedir. Buna çok az miktarda etan ve etilen gibi bazı hidrokarbonlarda dahildir.

Metan gazı kömür ile aynı zamanda teşekkül eder. Serbest gazın bir kısmı kömürün ve kömürün civarındaki taş tabakalarının gözenek ve çatlaklarına dolar. Fakat metanın büyük bir kısmı kömür tarafından adsorplanır ve absorblanır. Adsorplanan gaz gözenekli kömür veya taşın yüzeyine sıkıştırılmıştır. Absorblanan gaz ise kömürün kendi içindedir.

Metan gazı kömür kazısı esnasında kısmen havaya karışır. Bu üç şekilde olur;

- (1) Kömür veya taşın gözle görülemeyeceği kadar küçük gözeneklerinden gelen tipik ve sürekli gaz emisyonu;

- (2) Görülebilir çatlaklar ve deliklerden gelen ve çoğunlukla uzun zaman devam eden gaz emisyonu;
- (3) Çok miktarda kömür ve taş kütleleriyle beraber gelen ani ve büyük gaz püskürmesi (ani degajman olayı da denir) bu boşalma ekseriya sadece bir an sürer.

Metan emisyonu madenin derinliği ile artar. Çünkü derinlerde biriken metan yeryüzüne sızma olanağı bulamamıştır.

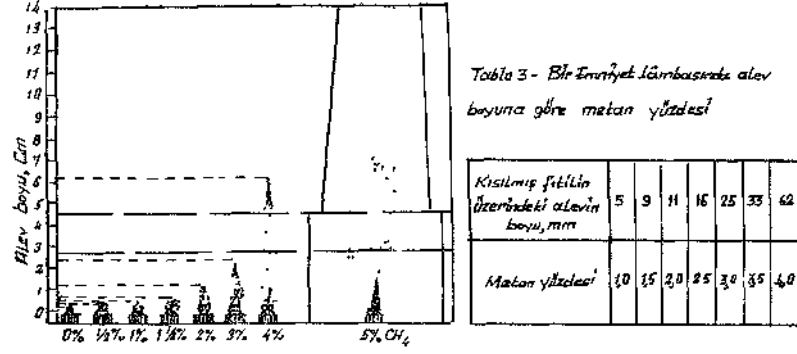
Metan renksiz, tatsız, kokusuz ve zehirsizdir. Havadan hafiftir. Tavanda toplanan CH<sub>4</sub> tehlikelidir. Çünkü hem patlayıcıdır hem de havanın oksijen içeriğini azalttığı için boğulmağa sebebiyet verir. Metan belirli sınırlar dışında yanıcıdır.

Metanın yanma şiddeti havadaki oksijen ve CH<sub>4</sub> miktarına bağlıdır. Metan havada % 5 den az olduğu zaman, tutuşturucu bir ısının tesiriyle, sadece .mavi bir alevle yanar; % 5,5 - 6 arası patlayıcı olmağa başlar, % 15 veya daha fazla olduğu zaman patlayıcı olma özeliğini kaybederek tekrar yanıcı olur. Yani % 5,5 -15 arası patlayıcıdır ve bu özelliği % 9,5 de maksimuma ulaşır.

Gaz patlamaları insanlar ve madenler için çok tehlikelidir. Dolayısı ile ocaklarda gaz patlamalarına karşı özel önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerin amacı havanın metan içeriğini azaltmak ve patlamalara engel olmaktır. Metan patlamalarından ve gerekli önlemlerden ileride daha ayrıntılı söz edilecektir.

Gazlı madenlerin gazsız olanlara oranla daha fazla temiz havaya gereksinmeleri vardır. Metan miktarı panolarda % 1'i, çıkış havasında ise % 0,75'i aşmamalıdır. Eğer bir iş yerinde CH<sub>4</sub> miktarı % 2'yi bulursa iş durdurulmalı ve işçiler orayı terk etmelidirler.

Havanın metan içeriği en az vardiyada iki defa kontrol edümelidir. Metanı ölçmek için yakın zamana kadar petrol-lü emniyet lambaları kullanılmıştır. Halen bazı ocaklarda kullanılmaktadır. Lambanın alevi metan konsantrasyonuna göre uzayıp kısalmır. Şekil - 2 ve Tablo - 3'de bu durum açık-



Şekil 2 - Kısıt alevli bir emniyet lâmbası ile gaz kontrolü yapıldığı zaman alev boyu

lanmaktadır. Şimdi ise metanı ölçmek için birçok modern metod ve aletler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları Wheatstone köprüsü metoduna göre çalışan MSX M-6 ve MSX W-8 dedektörleri, MSÂ Explasmetreleri, Riken idikatörleri, Analiz ediciler ve ORSAT Aparatlarıdır.

#### e. Azot Oksitleri

Azot oksitleri  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_4$ ,  $N_2O_3$ , ve  $N_2O_5$  gibi lâğım sonrası gazlardır. Bunlardan sadece nitroz oksit,  $N_2O$ , zararsızdır. En zehirlileri de nitrik oksit,  $NO$ , ve azot dioksit,  $NO_2$ , dir.

Nitrik oksit lâğım atma esnasında meydana gelir ve havanın oksijeni ile birleşerek son derece zehirli bir gaz olan azot dioksiti meydana getirir. Bu gaz gözlerin, burnun, boğazın ve akciğerlerin saydam zarlarını tahriş eder.

Azot oksitlerinin havadaki miktarı % 0,004 den az olduğu zaman insan sağlığını tehdit etmez. % 0,004 - 0,08 arasında tehlikelidirler. % 0,08'in üzerinde ise öldürücü olabilirler. Dolayısı ile, lâğım atıldıktan sonra lâğım atılan yer iyice havalandırılmadan oraya insan girmemelidir.

Azot oksitlerini tespit etmek için MSA Sulfanilik Asit metodu ile potasyum iyodür, Ki, ve nişasta karışımından ya-

puan turnusol kâğıtları kullanılır. Mavi renkteki turnusol kâğıtları azot oksitli ortamda gri renge dönüşür.

#### f. Hidrojen Sülfid

Hidrojen sülfid,  $H_2S$ , kuvvetli çürük yumurta kokusunda çok zehirli bir gazdır. % 0,1 ve daha fazla  $H_2S$  içeren bir havayı teneffüs etmek insanı öldürebilir. Havadaki  $H_2S$  miktarı % 4,3 - 45,5 arası olduğu zaman karışım patlayıcıdır. En kuvvetli patlama % 14,2 noktasında vuku bulur.

$H_2S$  gazı çürüten ağaç tahkimattan, tabakaların çatlak ve oyuklarından neşredilir. Kükürtlü maddelerin ayrışmasından meydana gelir.

Havadaki  $H_2S$  miktarı çok az olduğu zaman bile karakteristik kokusu hissedilir. Suda son derece eriyici olduğundan  $H_2S$  kokan sulara dikkat edilmelidir.

Hidrojen sülfid tipik kokusundan tanınabildiği gibi MS A dedektörleri, gümüş siyanid ve kurşun asetatlı turnusol kâğıtlarıyla da teşhis edilebilir. Beyaz renkteki gümüş siyanitli turnusol kâğıdı  $H_2S$  içeren bir ortamda gri renge; gri renkteki kurşun asetatlı turnusol kâğıdı ise kahverengine dönüşür.

#### g. Kükürt Dioksit

Kükürt dioksit,  $SO_2$ , son derece zehirli bir gazdır. Özellikle gözlerin saydam tabakasını tahriş eder. Sadece % 0,05  $SO_2$  içeren bir havayı kısa bir müddet teneffüs etmek insanı öldürebilir. Yanıcı ve yakıcı bir gaz değildir.

Maden yangınlarından, lâğımdan, dizel lokomotiflerden ve kükürt cevherinin yanmasından teşekkül eden oldukça ağır bir gaz olan  $SO_2$  suda kolayca eriyebilir. Ocak havasında çok az miktarda bulunur. MSA Dedektörleri ile tanınabilirler. Ayrıca mavi renkteki nişasta iyodidi beyaza çevirmesi ile de tanınabilir.

### 3.2. Tozlar

Madencilik cevher, kömür veya taşı kırıp parçalamak işlemini içerir ve bu tozlu bir işlemdir. Tozun bir kısmı yer-

altı-çalışma yerlerinde çökelir, bir kısımda hava ile birlikte dışarı çıkar.

Tozlar zararlı fizyolojik tesirlerine ve patlayıcı özelliklerine göre şöyle sıralandırılabilir :

- (1) Solunum sistemine 'zarar veren tozlar; silika, silikatlar, kömür ve Sn, Fe gibi bazı cevherler.
- (2) Zehirleyici tozlar; Be, Hg, Pb, As gibi.
- (3) Radyoaktif tozlar; Uranyum, radyum ve toryum.
- (4) Patlayıcı tozlar; kömür, Mg, Al, Zn, Fe gibi bazı metaller ve kükürt cevheri.
- (5) Nötr tozlar; kalker.

### 3.2.1. Toz Kavrama

#### i. Tozun Tanımı ve Fiziksel Özellikleri

Toz, yersel maddelerin mekanik işlemler sonucu küçük parçacıklar haline dönüşmesiyle meydana gelir. Bu işlemler, bünye yapısı ana maddenin aynı kalmak şartıyla mikroskopla dahi görülemiyem büyüklükten çıplak gözle görülebilir büyüklüğe kadar muhtelif boyutlarda tozun üremesine neden olurlar.

Katı bir madde toz meydana getirmek üzere parçalandığı ve havaya dağıldığı zaman iki önemli değişiklik görülür; (1) toplam yüzey alanı ve (2) ana maddenin hacmına nazaran dağılmış maddenin kapladığı hacim çok artar. Birim kütle başına düşen geniş yüzey alanı ve bunun neticesinden doğan yüksek hava direnci dolayısı ile havadaki toz tanecikleri normal yerçekimi kanunlarına uymaz ve artan bir hızla yere düşmez. Sonuç olarak, havadaki toz süspansiyonları hatırı sayılır derecede kararlılırlar ve bu kararlılıkları uzun zaman sürebilir. Böyle bir süspansiyondaki toz konsantrasyonu havanın metrekübünde miligram ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) veya santimetre küpünde tane sayısı ( $\text{tane}/\text{cm}^3$ ) olarak ifade edilir.

## ii. Yeraltı Toz Kaynakları

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

Toz meydana getiren madencilik çalışmaları azalan önem sırasına göre aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi sınıflandırılabilir. (2)

Tablo 4 — Toz oluşturan işlemler

İşlem	Birincil Kaynak	İkincil Kaynak
Lâğım atma, göçertme	+	+
Kömür kazı	+	—
Delik delme	+	0
Posta alma, yükleme	—	+
Araba tumba etme	—	+
Kömür kaydırma	—	+
Ramble yapma	—	+
Nakliyat	0	—
Tahkimat	0	—

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

### 3.2.2. *Tomn.* İnsan Üzerindeki Etkileri

Endüstride, özellikle yeraltı kömür ve metal madenlerinde işçiler çeşitli tozlara, dumanlara ve buharlara maruz kalırlar. Belirli tozların teneffüs edilmesi bazı hastalıklara yol açar. Bunların arasında inorganik tozların sebep olduğu pnömokonyoü en yaygını ve en önemlisidir. Ülkemizde madenci hastalığı deyince akla bu hastalık geldiğinden biz burada sadece pnömokonyozdan bahsedeceğiz.

Latince «Pneumon» akciğer ve «Conis» toz manasına gelmektedir. Pnömokonyoz deyimi buradan türemiştir ve toza maruz kalmaktan meydana gelen her türlü akciğer hastalığına genel olarak bu isim verilmektedir. 1971 Eylül ayı-

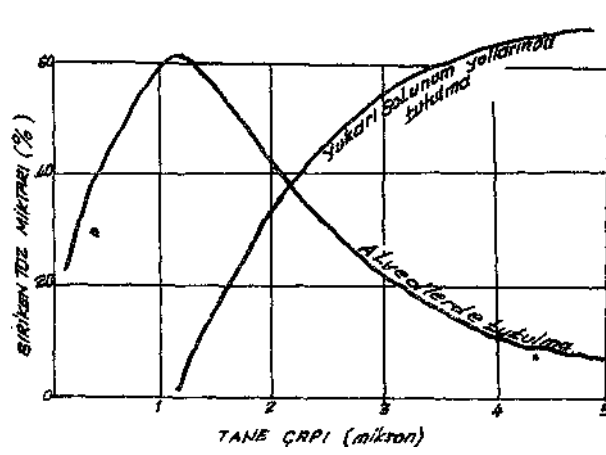


da Bükreş'de (Romanya) Uluslararası İşçi Dairesi (ILO) tarafından yapılan 4 neü Uluslararası Pnömkonyoz konferansı pnömkonyozu şöyle tarif etmiştir. «Pnömkonyoz, tozun akciğerlerde birikmesinin ve akciğer dokularının bu toza reaksiyon göstermesinin neticesidir.»

Tıbbi bakımdan pnömkonyoz hastalığının ne önlenmesi nede tedavisi henüz mümkün değildir. Ancak, ya tozun meydana gelişini önlemekle ya da tozu mümkün olduğu kadar kaynağına yakın bir yerde bastırmakla hastalığın önüne geçmek olanak dahilindedir. Toz konsantrasyonunu temiz havadaki seviyeye indirmek de mutlaka şart değildir. Zira insan vücudu muayyen bir sınıra kadar toza karşı koyabilir ve ancak konsantrasyonu bu sınırı geçtiği zaman hastalık başlayabilir. Bu limit değer tozun kimyasal yapısına göre değişir. Örneğin, en tehlikeli pnömkonyoz tipi olan silikoz'-da toz ne kadar fazla serbest silika,  $SiO_2$ , içeriyorsa hastalık o kadar erken başlar ve o kadar şiddetli olur.

Tehlike sadece tozun miktarı ile ilgili değil ayrıca tane büyüklüğü ile de ilgilidir. Çünkü belirli bir sınırdan aşağı büyüklükteki toz taneleri hastalığa sebebiyet verebilir. Tozun bir kısmı solunum organları tarafından tutulurlar. Âğız ve burundaki tozlar tükürük ve sümükle dışarı atılırlar. Nefes yollarında tutulan tozlarda bu organların cidarlarını kaplıyan kirpikli epitelyum tarafından ağıza doğru itilirler ve tükürükle dışarı atılırlar.

Solunum organlarında tutulan tozun yüzdesi ve tutulmadan indiği derinlik tozun tane büyüklüğü ile ilgilidir. İri taneler üst solunum yollarında tutulurlar. Sadece en küçük tanecikler akciğerlere ve alveollere ulaşabilirler. 5 -10 mikrondan büyük tanelerin nefes yollarında tutulma oranmm % 100 kadar olduğu ispatlanmıştır. Tozun tane büyüklüğü küçüldükçe nüfuz ettiğini derinlik artar. Fakat büyüklük 0,2 mikrondan az olunca bu tanecikler havanın bir parçası imiş gibi hareket edebilirler ve hava ile birlikte tekrar dışarı çıkabilirler. Dolayısı ile, tozun alveollere en fazla nüfuz edebilen ve orada tutulan bir optimum büyüklüğü olması gerekir. Deneylein gösterdiğine göre alveollerde birikme ile tane çapı arasındaki ilişki Şekil - 3'deki gibidir.



Şekil 1. Târfg eüyü&ltigü ite GfJ.veo//erv/g y& ytr&a/-/ SaJLu/iun ye//tr'vtt&cı

Şekilde görüldüğü üzere alveollerdeki maksimum birikme 1 ve 2 mikron arasındadır ve 0,2-0,3 mikron civarında minimume düşüş vardır. 5 mikrondan büyük tanelerin yukarı solunum organlarında tutulma oranı yüksektir. Fakat azalan büyüklükle birlikte bu da hızla azalır ve 1 mikron civarında sıfıra çok yaklaşır.

### 3.2.3. Numtune Alınması ve TOÜ Sınırları

Yukarıda söz edilen nedenlerden dolayı, toza karşı önlemler almadan evvel tozun konsantrasyonunu, ortalama tane büyüklüğünü ve kimyasal yapısını belirlemek için tozlu havadan numuneler almak gereklidir. Numune alma işleminde tozun kimyasal yapı, konsantrasyon ve tane büyüklüğü bakımından kendisini temsil edebilecek küçük bir kısmı havadan numune alıcı alet tarafından alınır. Numuneler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları çeşitli toz karakteristikleri ortaya koyar. Değişik ülkelerde değişik numune alma metodları ve aletleri kullanılır. Dolayısı ile her ülkede kabul edilen toz standardı kullandığı alet ve metoda göre değişiktir. Türkiye'de henüz kabul edilip uygulama safhasına ko-

nan böyle bir standart yoktur. Tablo - 5'de bazı ülkelerde kabul edilen toz standartları görülmektedir. (3)

#### 3.2.4. Tozan Önlenmesi Hattında Bazı Öneriler

Maden atmosferindeki toz konstanrosyonunu düşürmek için genel olarak şu önlemler alınmalıdır :

- 1 — Lâğımlarda ve tabanlarda sulu delik delmelidir.
- 2 — Ayaklarda olanaklı ise arma su enjekte ederek çalışılmalıdır.
- 3 — Transfer noktalarında ve ayakdibi oluklarında tozu bastırmak için su fisketeleri tesis edilmelidir.
- 4 — İş yerlerine gelen havanın önceden kirlenmesine engel olunmalı; olanak nispetinde temiz hava gelmesine çalışılmalıdır.
- 5 — Lâğım deliklerine sıkılma maddesi olarak içi toz emen kimyevi maddelerle doldurulmuş kartuşlar kullanılmalıdır.
- 6 — Ayak içindeki dar kesitleri genişletmelidir. Zira bu kesitler hem havayı boğarak yeteri kadar gelmesine engel olur, hem de havanın hızını artırarak toz kaldırılmasına sebep olur.
- 7 — Başyukarı, taban, lâğım veya desandri gibi yerlerde vantüp veya hava borusunun mümkün olduğu kadar arma yakın olması lâzımdır.
- 8 — Kuru ve tozlu yollar ve ayak içlerindeki insan geçen tozlu bürler sık sık temizlenmeli veya suyla yıkanmalıdır.
- 9 — Kaim damarlar katlar halinde çalışıldıkları zaman tavan ayakların arka kısmına su verilmelidir. Böylece taban ayakların tozlanması azaltılmış olur.
- 10 — İşçiler toz ve tozun zararlı tesirleî hakkında aydınlatılmalıdır. Bu onların kendilerini tozdan daha iyi korunmalarına ve mümkün olduğu kadar az toz çıkararak çalışmaya dikkat etmelerine yardım eder.
- 11 — Gerektiği yerlere toz yakalama aygıtları konmalıdır.

12 — Tozu temizlenemeyen yerlerde çalışan işçilere toz maskeleri verilmelidir.

### 3.3. Yangınların Ocak Havasına Tesirleri

Ocak yangınları maden havasında bulunan bir gazın konsantrasyonunu değiştirebilir veya yeni bir gazın meydana gelmesine neden olabilir. Yangınlarda oksijen sarfiyatı olacağından maden havasındaki oksijen miktarında daima bir eksilme görülür.

Oksidasyon reaksiyonları ısı üretir ve bu reaksiyonların hızı ısının artması ile faslalaşır. Bu sebepten, eğer bir yerde oksidasyon reaksiyonu başlarsa ve burada üretilen ısı dağıtılmazsa ısı ve reaksiyonun hızı kumulatif olarak artar. Yeraltında üretilen bu ısı havanın daha fazla nem almasına olanak sağlar. Bu nem içeren hava, daha soğuk kısımlara ulaşınca nemin bir kısmı yoğunlaşarak yüzeylerde toplanır ve terleme görüntüsü verir. Yeraltındaki kendiliğinden kızışma gelişiminin erken safhalarında oluşan, muhtemelen kimyasal değişimler, bir çeşit kokunun meydana gelmesine sebep olur. Bu koku ocaklara göre değişir ve gerçek sebebi henüz bilinmemektedir. Ancak, karbonmonoksit oksidasyon reaksiyonlarının ilk safhalarında bile üretildiğinden kızışmanın tesbitinde kulamlan en yararlı gazdır.

Kömür madenlerinde ocak havasının terkipteki değişme kendiliğinden tutuşmanın bir işareti sayılabilir. Kömür oksidasyonunun birinci derecede ürünleri karbon oksitler (CO ve CO<sub>2</sub>) ve su buharıdır. Çok az miktarda meydana gelen diğer gazlar ise etilen, doymamış hidrokarbonlar (Pentan ve hexan gibi), hidrojen, hidrojen sülfid ve kükürt dioksittir. Oksidasyon reaksiyonunda kulamlan oksijen ve üretilen karbon oksitlerinin değerlendirilmesi diğerlerinden daha pratiktir. Graham gözlemlerini şöyle formüle etmiştir.

.....Üretilen CO kullanılan oksijenin bir yüzdesi olarak ifade edilmiştir;

$$\frac{\text{CO üretilen}}{\text{O}_2 \text{ kulamlan}} \times 100$$

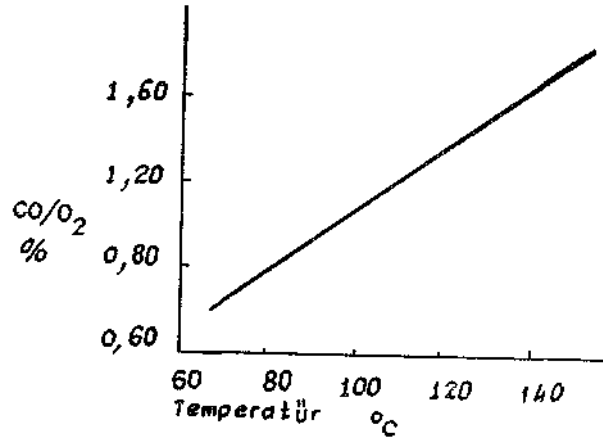
Üretilen CO<sub>2</sub> kullanılan oksijenin bir yüzdesi olarak ifade edilir;

$$\frac{\text{CO}_a \text{ üretilen}}{\text{O}_2 \text{ kullanılan}} \times 100$$

Üretilen CO üretilen CO<sub>2</sub>'in bir yüzdesi olarak ifade edilir;

$$\frac{\text{CO üretilen}}{\text{CO}_2 \text{ üretilen}} \times 100$$

Yukarıdaki formüllerden CO üretilen /O<sub>2</sub> kullanılan (eksilen metodu hava numunelerinin değerlendirilmesinde daha etkilidir. Zira deneyler ve pratik çalışmalar göstermiştir ki, birçok ocak yangınları bu metod sayesinde daha başlangıç safhasında meydana çıkarılmıştır. Normal ocak havasında, aynı yerden alınan numunelerde, CO/O<sub>2</sub> oranı sabittir ve normal şartlarda % 0,1 ila % 1,5 arasında olabilir. Bu sabit oranın yükselmesi kömürde bir kızışmanın olduğunu işaret edebilir. CO/O<sub>2</sub> eksilen oranı kömür damarlarındaki ısı yükselmesi ile linear bir bağıntıya sahiptir (Şekil-4).



Şekil 4: Temperature karşı Co/O<sub>2</sub> ek. Oranı

CO/0<sub>2</sub> Oranını bir örnekle açıklayalım.

Ocak havasından alınan gaz numunelerinin analizi :

Karbon Dioksit . . . . .	% 0.80
Metan . . . . .	% 0.42
Oksijen . . . . .	% 19.95
Nitrojen . . . . .	% 78.83
Karbon Monoksit . . . . .	% 0.005

Atmosferik havadaki N<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> yüzdeleri 79.04 ve 20.93 olsun. Numune içindeki % 78.83 N<sub>2</sub> gazına tekabül eden O<sub>2</sub> miktarı :

$$= 78.83 \times \frac{20.93}{79.04} = 20.87 \%$$

Oksijen azalma miktarı = 20.87 - 19.95 = 0.92 dir.

Sonuç olarak :

$$CO/0_2 = 0.005/0.92 \times 100 = 0.54 \text{ olur.}$$

Her pano için, CO miktarının ve CO/0<sub>2</sub> oranının tipik normları vardır ki, bunlar panodaki kömürün oksitlenmeye meyillilik derecesine ve çalışma ortamına göre değişir. Barometrik basıncın değişmesi ocak yollarındaki havanın terkinde değişmeler meydana getirebilir. Zira" ocaktaki göçükler genellikle bol miktarda CH<sub>4</sub> veya CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> (ölü hava) veya her ikisini birlikte içeren gaz depolarıdır. Barometrik basınç yavaş yavaş düştüğü takdirde göçüklerden dışarıya taşan gazlar havalandırma sayesinde yeterli miktarda dağıtılacaklardır.

Fakat, düşme süratli olursa, kısa zamanda taşan gazların miktarı çok fazla olabilir. Ve bu da hava yollarında tehlikeli kirlenmelere yol açar. Göçüklerdeki gazların terkiibi, panodan panoya büyük ölçüde değişebileceğinden, ancak barometrik basıncın değişik safhalarında yapılan hava numuneleri analizleri sadece ilgili saha hakkında doğru bir fikir verebilir.

Bölgelerin meteoroloji istasyonları ile bağlantı kurulup ani basınç düşmelerinin önceden haber alınması ve buna göre önlemler hazırlanması gereklidir. Basıncın üç saatte 3-6 mm. Hg arasında düşmesi ani bir düşüş sayılabilir.

Hidrojen 70°C üzerinde belirli olmaya başladığından bu ısı derecesi üzerinde aynen CO gibi yangın işareti olarak kullanılabilir. Lâğım atmalarda ve dizel motorlarının çalışmaları sırasında CO üretildiği için bunların faal olduğu saatlerde alınan numuneler ona göre değerlendirilmelidir.

#### 4. Gaz ve Toz Patlamaları

##### 4.1. Gaz Patlamaları

Yeraltında bir gaz patlaması olabilmesi için şu şartların gerçekleşmesi gereklidir :

- 1 — Patlayıcı gazların havadaki miktarı patlayıcı bir karışım meydana getirecek oranda olmalıdır.
- 2 — Patlamayı gerçekleştirebilecek derecede kuvvetli bir ısı kaynağı bulunmalıdır.
- 3 — Patlayıcı karışım ısı kaynağı ile, tutuşma için, yeterli bir süre temas halinde olmalıdır.
- 4 — Yeterli oksijen olmalıdır.

Daha önce metan bahsinde söz edildiği gibi metan-hava karışımındaki metan yüzdesi belirli sınırlar içinde olduğu zaman patlama gerçekleşebilir. Bunlara patlama sınırları denir. Genel olarak, bu sınırların aşağı değeri % 5; yukarı değeri ise % 14.5 civarındadır. Havadaki oksijen ve diğer patlayıcı gazların miktarına göre bu sınırlar değişebilir. Aşağıdaki tabloda metanın havadaki oksijen miktarına göre patlama sınırları gösterilmiştir. Bu sınırların dışındaki değerler için patlama olmaz; sadece, yeterli oksijen varsa, yanma olur.

Tablo 6 — Metanın Havadaki Oksijen Yüzdesine Göre Patlanıp Sınırları

Havadaki % O <sub>2</sub>	Metanın Patlama Sınırları %		
	Aşağı sınıır		<i>Ynk&amp;n mar</i>
20,93	5,3	En şiddetli patlama: 9,5	13,9
19	5,4		<b>12,0</b>
16	5,6		9,15
14	5,76		7,3
13	5,9		63
12,8		<b>Patlamaz</b>	

En şiddetli patlama mevcut bütün oksijen bütün metanla birleştiği zaman; % 9,5 metan konsantrasyonunda vuku bulur. Eğer patlayıcı karışım bir noktadan tutuşturuldu ise, patlama hatta % 5,3'den daha az metan içeren sahalara da yayılabilir.

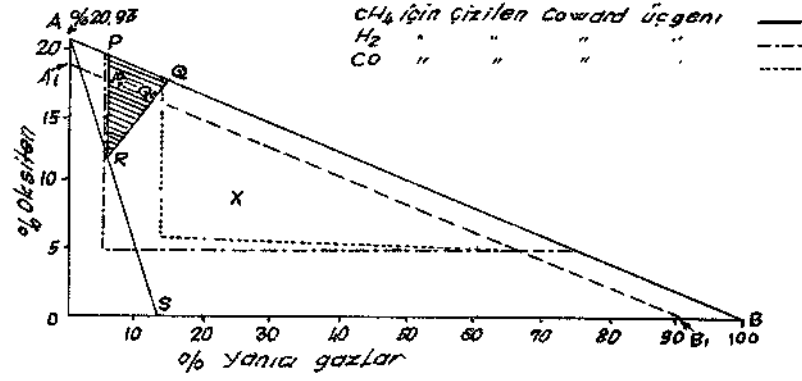
Metan-hava karışımı (grizu) çıplak bir ısı kaynağı ile temas ettiği zaman hemen patlamaz. Patlama derecesine ulaşması için biraz zaman geçmesi gereklidir. Bu zaman ısı kaynağının sıcaklık derecesine bağlıdır. Bundan dolayı, örneğin, 650°C'de grizu 10 saniye; fakat 1200°C'de 0,01-0,02 saniye sonra patlar.

Metan gazının patlama sınırlarını havadaki oksijen, azot ve karbondioksit gazlarıyla karbonmonoksit ve hidrojen gibi diğer yanıcı gazların miktarına göre tespit etmek isteyen Coward ve Jones, ocak hava analizlerini çizgisel yolla ifade eden bir yöntem geliştirmişlerdir.

#### 4.1.1. Coward Üçgenleri

Coward üçgenleri şekil 5'de görülmektedir. İçinde yanıcı gazlar (CH<sub>4</sub> + CO + H<sub>2</sub>), artık gazlar (CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>) ve hava bulunan herhangi bir karışım X gibi bir nokta ile gösterilecektir. X noktası, her üç unsurda karışımda mevcutsa diyagram içinde; herhangi ikisi mevcutsa kenarlardan biri üzerinde; sadece biri olduğunda ise köşelerden biri üzerinde yer alacaktır.





Şekil:5- Coward üçgenleri

A noktası % 100 temiz havayı, B noktası % 100 metanı ve O noktasında % 100 ölü havayı ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ) temsil etmektedir. Temiz havaya metan ilâve edildiğinde meydana gelen karışımın terkibi A'dan B'ye doğru ilerler. P noktasında % 95 hava % 5 metan karışımı alevle ancak yanmaya başlayacaktır, ve P noktasına «alt patlama sınırı» denir. Karışıma metan ilâve etmeye devam edildiğinde terkip, karışımın % 86'sı hava, % 14'nün metan olduğu Q noktasına erişecek ve buradada aynen P noktasındaki durum izlenecektir. Q noktasına «üst patlama sınırı» denir. QB doğrusu üzerindeki bütün karışımlar patlama için gerekenden fazla metan veya gerekenden az oksijen içereceğinden patlamayacaktır.

Eğer, yukarıdaki karışımda artık gazlardan bir miktar varsa bu takdirde terkip AB doğrusu üzerinde değilde AB doğrusu üzerinde hareket edecek ve PQ sınır değerlerini alacaktır. Artık gazların ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ) miktarı arttığı takdirde (oksijen azalır) sınır değerler birbirine yaklaşacak ve R noktasında birbirine eşit olacaktırlar. R noktasına tekabül eden oksijen miktarından daha az oksijen içeren hiç bir karışım patlamaz. R noktasına «üçlü sınır» ve bu terkipin karışımlarmada «üçlü sınır karışımları» denir.

Özellikle önemli olan çizgi A ve R'den geçen ve metan eksenini S noktasında kesen çizgidir. ARS doğrusunun sol tarafında kalan herhangi bir karışım hiç bir şekilde patlamaz. ARS doğrusunun sağ tarafındaki noktalara gelince; bunlar 3 çeşittir.

- 1 — pRA üçgeni içinde : Bu karışımlar metan bakımından çok zayıf olduğundan patlamaz.
- 2 — PQE üçgeni içinde : Bu karışımların tümü PATLAYICIDIR.
- 3 — SBQB dörtgeni içinde : Bu karışımlar gerekenden fazla metan içerdiğinden patlamazlar.

Şurası hatırlanmalıdır ki, gerektiğinden çok patlayıcı gaz içerdiği için patlamayan gaz karışımları temiz hava ile yanar. Ocaklarda görülen açık alev bunun bir örneğidir.

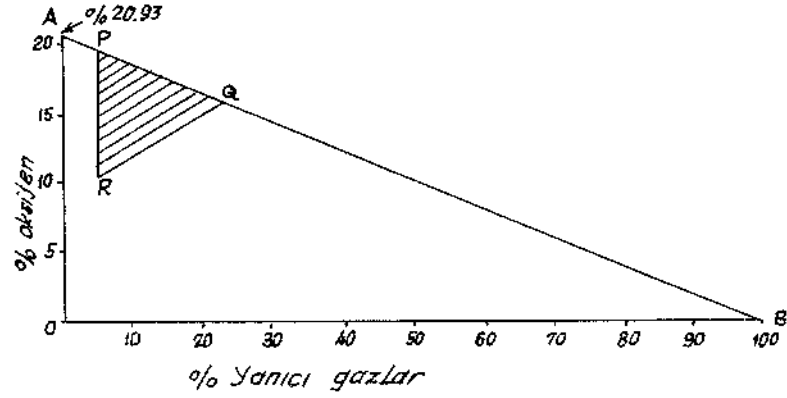
Coward üçgenleri hidrojen ve karbonmonoksit içinde çizilebilir (Şekil 5). Bunlar için temiz hava içinde kabul edilen sınırlar şöyledir :

Hidrojen : % 4 — % 74  
CO : % 12,5 - % 74

#### 4.1.2. Gaz Karışımları

Hava ile yanıcı gazların karışımında H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve CO'in üçü de mevcutsa karışık bir durum ortaya çıkabilir. Bu durumda infilâk üçgeninin bu gazlar için ayrı ayrı çizilen üçgenlerin arasında olacağı açıktır.

Metan için çizilen üçgenin şekli numunedeki metan yüzdesine göre değişmez. Aynı şekilde, gaz karışımı için olan infilâk üçgeninin şekli mevcut olan yanıcı gaz miktarına bağlı değildir. Üçgenin şekli, bu gazların birbirine bağlı miktarlarının değişmesi ile değişir. Bunun bir örneği şekil 6'da görülmektedir. (5)



Sekil-6. Yanıcı gazların karışımının infilak üçgeni  
(CH<sub>4</sub>: %15, H<sub>2</sub>: %6, CO: %3)

CH<sub>4</sub> yeraltında rastlanan en başta gelen bir yanıcı gaz olduğundan metan için çizilen orjinal Coward üçgeni, metanın yanıcı gazların % 98'ini veya daha fazlasını teşkil ettiği her durumda geçerlidir. Aşağıdaki ilave bilgiler, metan için olan patlama sınırlarındaki sapmaların ne zaman dikkate değer olduğunu göstermektedir.

- 1 — Grizu içindeki hidrojen alt patlama sınırını düşürür. Fakat hidrojenin yanıcı gazlar içindeki miktarı % 15'e erişinceye kadar bu düşüş % 0,2'den azdır.
- 2 — Eğer CO, H<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>'in hepsi bir arada mevcutsa; alt patlama sınırı, H<sub>2</sub> miktarı CO miktarının beş katından fazla olmadıkça, metanın kendi başına olan alt patlama sınırından daha aşağıda olmayacaktır.
- 3 — Yanıcı gazlar içindeki H<sub>2</sub> ve CO miktarları % 2'ye erişince, üst patlama sınırında % 0,2 kadarlık değişimler olabilir.

Burada, yukarıdaki bilgilerin ışığında bakıldığı zaman, madenlerimizde H<sub>2</sub> ve CO'ın havadaki miktarlarının, genellikle metanın kendi başına olan patlama üçgenini önemli derecede etkileyecek kadar artmadığını söyleyebiliriz.

#### 4.1.3. Gaz Patlamalarının Karakteristiği

Gaz patlamaları çoğunlukla sınırlı bir çevreye yayılır. Bunun sebebi de, patlayıcı gaz karışımı birikintisinin, ocağın toplam hacmi ile karşılaştırıldığında, küçük sayılabilecek boşluklara hapsedilmiş olmasıdır.

Çoğu zaman gaz patlamaları daha geniş alana yayılan ve daha tehlikeli olan kömür tozu patlamalarına sebebiyet verebilir.

#### 4.1.4. Gaz Patlamalarının Nedenleri

Kömür madenlerinde, grizo patlamalarını başlatan başlıca nedenler şöylece sıralandırılabilir :

- 1 — Açık alevler, örneğin;
  - (1) tahrip olmuş emniyet lâmbasının alevi
  - (2) lâğım deliklerinden fişkırان alev
- 2 — Akkor halindeki yüzeyler, örneğin;
  - (1) elektrik lambasının sıcak flaması
  - (2) kor halindeki kömür.
- 3 — Çok sıcak parçacıklar, örneğin;
  - (1) lâğım atma esnasında deliklerden fırlayan çok ısınmış taş parçaları
- 4 — Elektrik kıvılcımları, örneğin;
  - (1) sinyal aparatları ve manyetolar
  - (2) elektrostatik deşarj
- 5 — Gazların adiabatik kompresyonu (Patlayıcı gaz karışımının ısı kaybetmeksizin sıkıştırılması. Örneğin, lâğım atma esnasında, patlayıcı maddeden gelen şok dalgaları lâğım deliği ile irtibatı olan bir çatlak içindeki patlayıcı gaz karışımını sıkıştırarak patlamasına neden olabilir)

#### 4.1.5. Gaz Patlamalarının Önlenmesi

Grizo patlamalarının nedeni metan birikmesi olduğu için herşeyden önce metan birikmesine engel olmak lâzımdır. Bunun içinde yeteri kadar temiz hava ve uygun bir havalandırma sistemi gereklidir. Diğer önleyici faktörler şunlardır :

- 1 — Ocak içinde açık alevin yasaklanması.
- 2— Aydınlatma sisteminin, elektrik ve yakıt kullanan motorların antigrizo tertibatlı olması
- 3 — Patlayıcı maddelerin usulüne uygun olarak kullanılması.
- 4 — Muntazam gaz kontrolleri yapılması.
- 5 — Bütün elektrik ve kabloların usulüne uygun olarak tesis edilmesi, bakımı ve kontrolü.
- 6 — Emniyet lambalarının periyodik kontrolü.
- 7 — Emniyet nizamnamesine uygun olarak muntazam numune alınması.

#### 4.2. Kömür Tozu Patlamaları

Normal olarak, katı bir kömür parçası yanıcıdır. Fakat ufalanarak ince toz haline getirildiği zaman tutuşucu ve patlayıcı bir hal alır. Bunun açıklanması şöyledir :

(1) İnce tozun oksijenle temas eden yüzey alanı çok fazladır.

Eğer kenarları 1 cm olan küp şeklinde bir kömür parçası düşünürsek, ve bu parçayı bölerek önce kenarları 1 mm, sonra 0,1 mm ve nihayet 1 mikron olan küpler elde edersek aşağıdaki tabloda görülen neticeler hasıl olur.

Tablo 7 — Tozun Küçülmesiyle Toplan Yüzey Alanının Büyümjesi

Kübüo Bîr Kenanmn Uzunluğu	Eide Edilen Küp Sayı»	Küplerim Toplam Yüzey Alanı Cm²
1 cm = 10 mm	1	6
1 mm	10³	60
0,1 mm	10⁴	600
0,001 mm = 1 mikron	10¹²	60.000

Tablodan da görüldüğü gibi tozlar ufalandıkça toplam yüzey alan çok artmakta ve dolayısı ile daha çok oksijen absorblıyabilme olanağına sahip olmaktadır. Yani, yanabilme özellikleri oldukça artmaktadır.

(2) Isıtıldığı zaman kömürden yanıcı gazlar salınır.

Uygulamada ve bilimsel deneylerle görülmüştür ki :

- a) Hiç metan olmadığı zaman bile kömür tozu kendi basma patlayabilir.
- b) Toz, küçük bir metan patlamasını büyük bir patlamaya çevirebilir.
- c) Yanan bir tozun bulutunun alevi bir gaz birikintisine ulaşabilir ve onu patlatabilir.
- d) Küçük ve kuru kömür tozlarının varlığı metan-hava karışımının aşağı patlama sınırını daha aşağıya indirebilir.
- e) Patlamada kömür tozu rol aldığı zaman yanma artıkları arasında önemli miktarda CO'de vardır.

#### 4.2.1. Kömür Tozunun Patlayabilirliğine Tesir Eden Faktörler

Kömür tozunun patlayabilme yeteneğine tesir eden faktörler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir :

- 1 — Tozun büyüklüğü (inceliği)
- 2 — Tozun kimyasal yapısı (yanıcı ve uçucu gazlar, kül ve nem içeriği)
- 3 — Tozun miktarı (havada yüzen ve yere çökelmiş)
- 4 — Metanın mevcudiyeti
- 5 — • Tozun dağılımı (tahkimat üzerinde, tavanda, tabanda, yan duvarlarda)
- 6 — Tutuşturma kaynağı (tipi ve gücü)
- 7 — Çevre şartları (yüzelere taş veya kömür, kuru veya nemli, pürüzlü veya düzgün, sert veya yumuşak olabilir.)

Bu faktörlerin çoğunun genel tesirleri apaçıktır. Toz küçüldükçe bir toz bulutu meydana getirebilme olasılığı ve oksijenle temas eden yüzey alanı artar. İlk bakışta, kül miktarı fazla olan tozun, kül miktarı az olana göre daha az patlayıcı olduğu düşünülebilir. Fakat deneyler göstermiştir ki ek ayrımlar gereklidir. Yanıcı kısmın uçucu içeriği de dik-

kate alınmalıdır. Havada bulunan az miktardaki yanıcı gazın varlığı, gaz-hava karışımında süspansiyon halinde bulunan tozun patlayabilme özelliğini artırır. Toz bulutunun meydana gelebilme yeteneği, tozun bulunduğu yerde bağlıdır. Örneğin, tahkimatın üzerinde, tavanda, tabanda veya yan duvarlarda olabilir.

Çeşitli kömür madenlerindeki aynı analize sahip ve aynı büyüklükteki tozlar değişik patlama özellikleri gösterebilirler. Bunun nedeni henüz açıkça izah edilememiştir. Muhtemelen, kömürün kimyasal veya doğal yapı şeklinden olabilir.

Patlamaya neden olan kaynak ayrıca tozu kaldıran bir faktör de olabilir. Çeşitli kaynakların toz kaldırma güçleri değişiktir. Örnek olarak, lâğım atmada kullanılan çeşitli patlayıcı maddeleri ve çeşitli şiddetlerdeki gaz patlamalarını gösterebiliriz.

Patlamalara fiziki çevre de tesir eder. Kıvrımlar, engeller, yolların genişlemesi veya daralması ve diğer işyerleri ile irtibatların hepsi, aleve eşlik eden gaz basıncının düşmesine veya artmasına sebep oldukları gibi alevin ilerlemesine de etki ederler. Bu, patlamanın hızını, dolayısı ile ilerliyen ve tozu kaldıran hava dalgalarının gücünü azaltır veya çoğaltır.

Çevre şartları patlamalara etki eden son faktördür. Yüzeyler taş veya kömür, sert veya ufalanabilir, nemli veya kuru, düzgün veya pürüzlü, veya ağaçla örülmüş olabilir; ve bütün bu karakteristikler ya yanıcı, veya nötr toz ilâve ederek, yahutta ilerleyen alevden absorblanan ısının miktarını değiştirmek suretiyle yanan toz bulutunu etkilerler. Uzun ve nemli bir geçiş, ısı emmede oldukça tesirlidir.

Diğer ülkelerde yapılan deneyler kömür tozunun tutuşabilirliği ile içerdiği uçucu maddeler arasında kesin bir ilişki olduğunu göstermiştir. Daha ilerlemiş araştırmalar tutuşabilirliğin uçucu madde ile arttığını kanıtlamıştır.

A.B.D. Maden Dairesi tarafından, kömürün patlayabilirliğine ait bir indeks tespit edilmiştir. Buna «kömürün

uçucu-yanıcı oranı» denilmektedir ve «uçucu maddenin toplam yanıcı maddeye oranı» diye tarif edilir. Yani, oran ne kadar yüksek olursa, toz o derece patlayıcı demektir. Şu şekilde ifade edilir :

$$\text{Uçucu — Yanıcı oranı} = \frac{\text{Uçucu madde}}{\text{Uçucu madde} + \text{Sabit karbon}}$$

Örneğin, eğer bir bitümlü kömür % 37 uçucu madde ve % 54,6 sabit karbon içerirse; uçucu-yanıcı oranı :

$$U — Y \text{ oram} = \frac{37}{37 + 54,6} = 0,404 \text{ olarak bulunur.}$$

U — Y oram 0,12 ve daha yukarı olan kömür tozlarından bir patlama beklenebilir.

#### 4.2.2. Körapr Tozunun Uygulanabilir Empiyet Seviyeleri

Tozlu bir işyeri için güvenilebilir ve yeterli tek bir Standard tespit etmek güçtür. Muhtemel bir toz patlaması daha ziyade tozun (a) miktarına, (b) patlayabilirliğine, yani uçucu maddeler içeriğine, ve (c) inceliğine bağlıdır.

Genel olarak, toz konsantrasyonu 70-80 gr/cm<sup>3</sup>'den az olduğu zaman patlama beklenmez, bazan bu miktar 300 gr/cm<sup>3</sup>'e kadar çıkabilir. Bu değişimin nedenide yine uçucu maddeler içeriği, inceliği, kül miktarı ve rutubetidir. Konsantrasyon 1500-2000 gr/m<sup>3</sup> olduğu zaman, toz tekrar patlayıcı olma özelliğini yitirir.

En küçük parçacıktan 0,75-1 mm büyüklüktekilere kadar bütün tozlar patlamaya iştirak ederler. Fakat patlamanın yayılması 0,1 mm'den daha küçük parçacıklar aracılığı ile olur.

#### 4.3.3. Kömür Tozu Patlamalarının Karakteristikleri

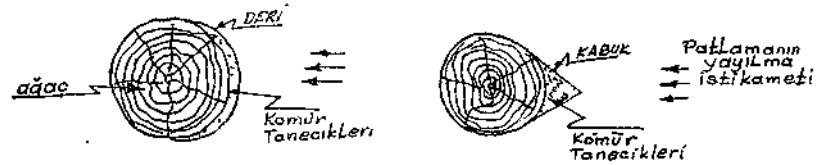
Yer altında meydana gelen ve biriken tozların çok çeşitli özellikler göstermesinden dolayı, toz patlamaları da son derece değişik şekillerde olurlar. Kömür tozu patlaması, tutuşma noktasından takriben 60-10 m mesafeye kadar rüspe-



ten yavaş ilerler. Deneylerin gösterdiğine göre, 50 m'de patlamanın yayılma hızı 20 - 50 m/san. iken 150 m'de 100 -150 m/saniye ulaşır. Patlamanın başlama noktasında 1,5 kg/cm<sup>2</sup> olan basınç giderek artarak 200 m'de maksimuma ulaşır, ve 30-40 kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar çıkabilir. Yine deneylerin gösterdiğine göre, eğer patlama tozlu sahanın kenarında başlamışsa hızı minimumdur; ve eğer ortasından başladı ise, bu takdirde hız 10 kat kadar daha fazla olabilir.

Genellikle patlamanın başlama noktasına yakın olan tahkimatta fazla hasar olmaz; ve bu tahribat yokluğu patlamanın başlangıç noktasını tahminde büyük rol oynar.

Toz patlamalarında tozun sadece bir kısmı tamamen yanar. Geri kalanı kavrulur ve kısmen koklaşır. Kavrulan ve koklaşan bu tozlar ağaç tahkimatın, yan duvarların ve tavanın yüzeylerinde karakteristik deriler ve kabuklar teşkil ederler. Deri, az veya çok koklaşmış bir toz sinteridir, ve oval şekillidir. Kabuk ise, genel olarak, ya hiç koklaşmamış ya da çok az koklaşmıştır; ve kesiti üçgen şeklindedir. Deri ve kabukların kalınlığı bazan birkaç santimetreyi bulur (Şekil- 1).



Şekil-7- Bir toz patlamasından sonra ağaç direkleri üstündeki bir deri (solda) ve bir kabuk (sağda)

Kömür tozu patlamalarında şu noktalar tespit edilmiştir.

- 1 — a) Patlama alevinin yavaş yayıldığı yerlerde, deri veya kabuk ağaç direklerin hemen hemen daima her iki tarafında görülür;

- b) Alev hızının orta derecede olduğu yerlerde, deri veya kabuk alevin geldiği taraftadır (şekil 7'de görüldüğü gibi) ;
  - c) Alev hızının çok yüksek olduğu yerlerde birikim daima alevin geldiği tarafın arka kısmındadır. Alev tarafında toz birikintisi görülmez; sadece yanık izleri görülebilir.
- 2 — Her patlamada iki şok vardır :
- a) Gaz ve havanın genişlemesinden hasıl olan doğrudan doğruya şok;
  - b) Patlama ürünlerin ısıları düştüğü zaman büzülmelerinden doğan karşıt şok.
- 3 — Kömür tozu patlamalarında karbonmonoksitin meydana gelmesi kaçınılmazdır. Meydana gelen CO miktarı % 5 - 6 kadar, hatta daha fazla olabilir.

#### 4.2.4. Kömür Tozu Patlamalarının Önlenmesi

Yeraltı kömür tozu patlamalarını önlemek için kullanılan metotları 4 grupta toplayabiliriz.

- 1 — Kömür tozunun yeraltında birikmesini önlemek. Bunun nasıl yapılabileceği «Tozun Önlenmesi Hakkında Bazı Öneriler» bahsinde sıralanmıştır.
- 2 — Biriken tozun tutuşmasını önlemek.  
Bunun önlenmesini de metan gazı patlamalarının önlenmesi gibidir. Alınabilecek önlemler «Gaz Patlamalarının önlenmesi» bahsinde anlatılmıştır.
- 3 — Kömür tozunu emniyetli şartlar içinde tutmak. Kömür tozuna taş tozu karıştırmak sureti ile kül yüzdesini yapay olarak artırabiliriz. Bütün nakliyat ve hava yollarına tam uzunlukları boyunca taş tozu serpilir. Kömür tozuna karıştırılabileceK

en ideal taş tozu, silis içermediği için, kalker tozudur.

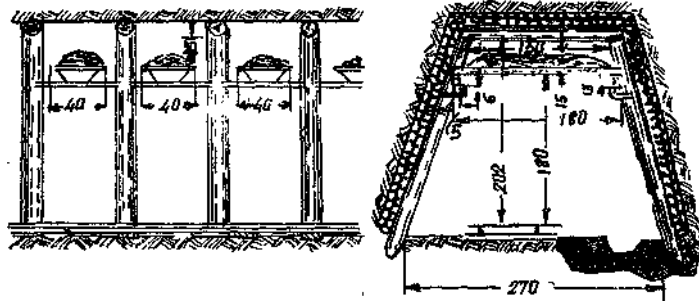
Gazlı madenlerde tozun kül içeriği % 80'e kadar çıkarılmalıdır.

Diğer bir metotta tozu su ile ıslatmaktır. Fakat bunun bazı sakıncaları vardır. Örneğin;

- Sulamanın, devamlı olması gerektiğinden çok miktarda suya gereksinim vardır.
- Sulama, ocak havasının nemliliğini artıracığından taş tabakalarda kavlaklar meydana gelmesine neden olur.
- Yüksek nemlilik, barsak hastalıklarına sebep olan bazı kurtların üremesini kolaylaştırır.
- Sulama tesisleri pahalıya mal olur.

#### 4 — Kömür tozu patlamalarının izolasyonu.

Taş tozu serpintisi kömür tozu patlamalarını önler; fakat bir kere başlamış olan bir patlamanın yayılmasını önleyemez. Bu yüzden kömür tozu patlamalarının yayılmasını önlemek, ve dar bir sahada hapsederek zararını azaltmak için taş tozu bariyerleri kullanılmaktadır. Bunlar, yolların üstüne yerleştirilmiş ve üzerine kalker tozu yığılmış raflardır. Şekil 8'de taş tozu bariyerleri görülmektedir.



Şekil 8- Taş tozu bariyerleri

Raflar şekilde görüldüğü gibi, muntazam aralıklarla tahkimatın üst kısmına yerleştirilir. Rafların yerden yüksekliği 180 cm, genişliği 40 cm kadar olmalıdır. Toz yığınının tepe kısmı ile tavan arasında 10-30 cm kadar mesafe bırakılmalıdır. Rafların aralığı ve sayısı toza olan ihtiyaca göre değişir.

Yolum kesiti göz önünde bulundurulduğu takdirde; toza olan ihtiyaç ana yollarda  $400 \text{ kg/m}^2$ , tali yollarda  $200 \text{ kg/m}^2$  olacağından, bir rafın üzerine ne miktarda toz bulunması gerektiği hesaplanabilir.

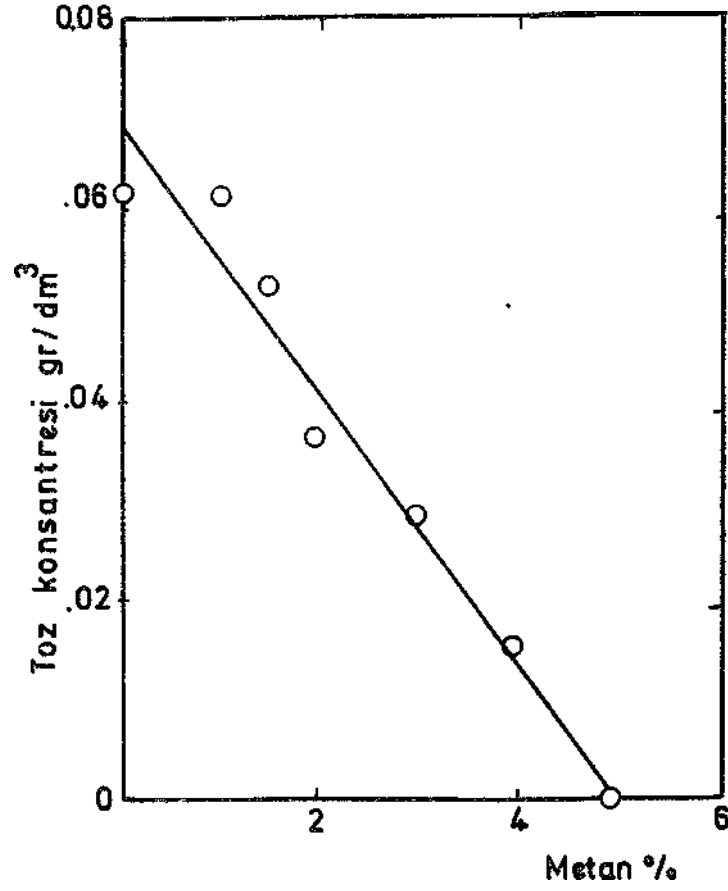
Patlamanın meydana getirdiği şiddetli hava dalgası raf devirdiği zaman, raftan dökülen toz havada alevin ilerlemesine engel olan bir perde vazifesi görür.

Raflar, alevden önce gelen şok dalgalarına maruz kaldıklarında hemen devrilebilecek şekilde yerleştirilmelidirler.

#### 4.3. Gaz - Toz Karışımının Patlaması

Ocak havasında patlayıcı bir gaz bulunmadığında toz patlamasının olabilmesi için hava içindeki toz miktarının yaklaşık olarak  $0.06 \text{ gr/dm}^3$  olması gerektiği deneysel olarak ispatlanmıştır. Aynı şekilde kömür tozu olmayan bir ortamda metan gazı patlaması olabilmesi için metan miktarının en az % 5 olması gereklidir.

Ancak ortamda kömür tozu ve metan karışık olarak bulunuyorsa yukarıda verilen minimum patlama konsantreleri azalır. Şöyleki hava içinde  $0.04 \text{ gr/dm}^3$  toz var ise, patlama limitinin çok altında olmasına rağmen % 2 metan patlamayı sebep olabilir. Diğer bir örnek % 4 metan ve  $0.02 \text{ gr/dm}^3$  kömür tozu karışımı patlamaya sebep olabilir (şekil 9). O halde metan gazı patlaması ihtimali kömür tozu ile beraber düşünülmeli ve tozlu ortamda metan gazı ölçümü ile beraber toz ölçümünde yapılmalıdır (7).



Şekil 9: Metan gazı™ kömür tozu karışımının patlaması

##### 5. Ani Metan Püskürmeleri

Ani metan püskürmelerinin (ani degajman olayları da denir) karakterini açıklamadan önce metanın kaynağını ve terkbini, ve ayrıca kömürün yapı şeklini kısaca gözden geçirmekte yarar vardır.

### 5.1. Metanın Kaynağı ve TerMbi

Herşeyden önce, metanın meydana gelişinde ve neşredilmesinde rol oynayan jeolojik, petrografik ve fiziksel şartlar bilmemiz gerekmektedir.

Metan, karbonifer devrinde biriken bitkisel artıkların yavaş yavaş değişmeye uğramasının bir ürünüdür. Çeşitli çevresel faktörler bu bitkisel artıkları önce turbaya, sonra linyit ve nihayet ramkı zamanla artan bitümlü kömüre çevirirler. Bu işlem esnasında çeşitli zaman aralıklarıyla farklı oranlarda olmak üzere çeşitli gazlar oluşur. Zamanımızdaki fosilizasyon safhasında bile hâla metan ve hidrojen gazları sürekli olarak üretilmekte olup, üretilen metan ve hidrojen oranları kömürün yaşı ile ters orantılı olmaktadır. Ve bu olay ismim yükselmesi ile hızlanmaktadır. Çeşitli zamanlarda meydana gelen gazların bir kısmı ya çeşitli yollarla kaçarak havaya karışmışlar, veya tabakalar arasında sızmışlardır. Diğer bir kısmı ise ana organik materyalin içinde hapsedilmiş olarak kalmışlardır.

### 5.2. Kömürün Yapı Şekli

Genel olarak, kömür, sünger gibi bir yapıya sahiptir. Birbirine çeşitli büyüklükte kılcal borularla irtibatlı gözeneklerle doludur. Kömürün iç yüzeyi bu gözenek ve kılcal boruların büyüklüğüne ve sıklığına bağlıdır.

Gazlar, küçük gözenekleri, yoğunlaşmış halde, tamamen doldurabilirler; fakat büyük gözeneklerin sadece çeperlerinde ince, bir tabaka halinde bulunurlar. Bu ince tabaka 1 veya 2 molekül kalınlığında olup, bu tip depolamaya verilen genel isim adsorpsiyondur. Çeşitli türde ve rankdaki kömürler, kılcal boşluklarının toplam hacimleriyle orantılı olarak, çeşitli derecelerde metan adsorbe ederler. Kül ve rutubet miktarı kömürün adsorpsiyon gücünü ters orantıda etkiler.

### 5.3. Ani Metan Püskürmelerinin Açıklanması

Yukarıda söz edildiği gibi, kömürün neşretmiş olduğu metan gazının bir kısmı kömürün içinde hapsedilmiş olarak kalır. Kömür içindeki boşluk ne kadar fazla ise hapsedilen

metan miktarıda o kadar fazla olur. Metan neşri durmaksızın devam ettiğine göre kömür içindeki boşluklarda biriken gazın basıncının devamlı olarak artacağı açıktır.

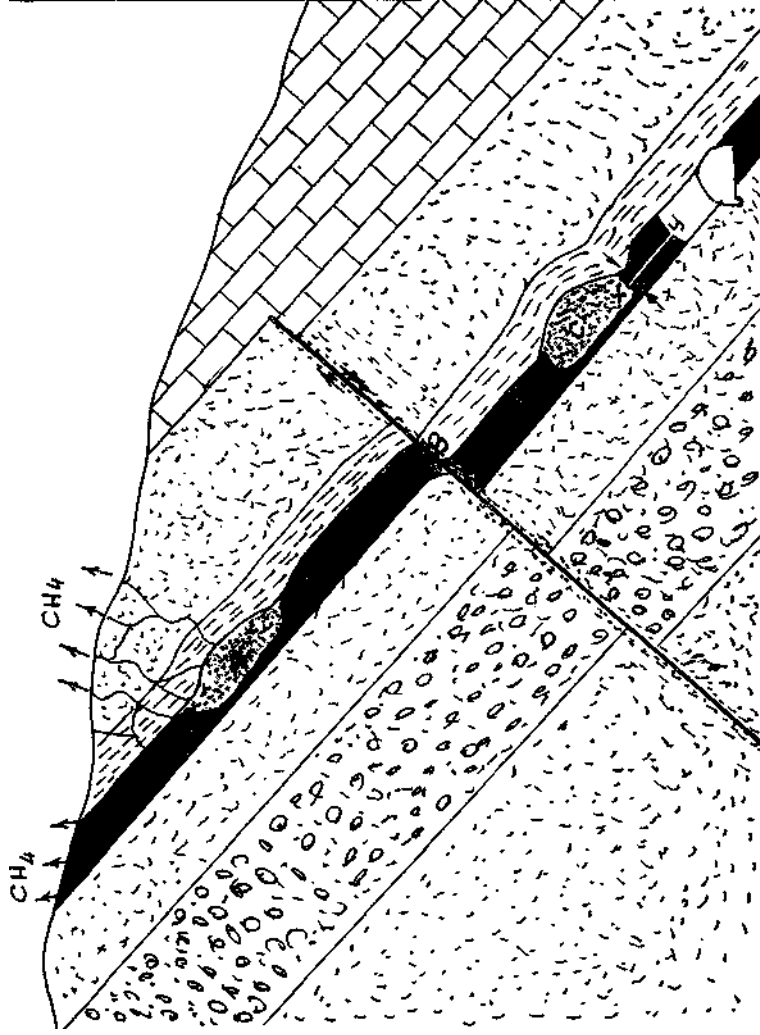
(Termodinamikten gazların durum formülünü hatırlıyalım;

$$P = \frac{n R T}{V} \text{'dir.}$$

Burada, P gaz basıncını; V gazı içeren kabın hacmini; R gazın sabitesini; T temperaturü ve n ise gaz moleküllerinin sayısını göstermektedir. V, R ve T sabit olduğuna göre, n arttıkça P'nin de artacağı açıkça görülmektedir.) Eğer gaz kaçmaları olanaksız ise bu basınç 100 atmosfere veya daha yukarılara çıkabilir. Kazı anında, belirli bir zonda biriken basınçlı gaz, örneğin Şekil - 10'da C zonu, kendisi ile kazı arını arasındaki kömür duvarını yeteri kadar zayıf bulduğu an bu duvarı yıkarak dışarı çıkmak isteyecektir.

Dolayısı ile ani metan püskürmesini şöyle tarif edebiliriz. Ani metan püskürmesi, kömür içerisinde ve arm ilerisinde bulunan yüksek metan gazı basıncı sonucu arının buna direnç gösteremiyerek parçalanması, ve fazla miktarda gaz ile birlikte kömür ve yan taşın ocak boşluğunu doldurmasıdır. Olayın meydana gelmesi için aşağıdaki şartların mevcut olması gerekmektedir :

- a) Kömür damarı içerisinde yeterli bir gaz konsantrasyonu ve gaz basıncına sahip olan bir zonun bulunması;
- b) Kayaç basıncı yardımıyla gaz ve kömür arasındaki bağıntının kalkması;
- c) Kömür içerisinde bulunan gazın yeterli bir hızla çıkması;
- d) Meydana gelen yüksek basınç zonunun yeterli büyüklükteki bir yüzeyden (kazı arım) yeterli bir uzaklıkta bulunmasıdır. Bu suretle kayaç ve gaz basınçlarının müşterek etkisi ile kömür arın direnci yenilmekte, dolayısıyla de ani püskürme olayı meydana gelmektedir.



Şekil:10- Kömür damarı içinde ani metan püskürmelerine  
yatkın zonlar.



#### 5.4. Ani Metan Püskürmelerine Yatkın Olan Damarların Özellikleri

Bir kömür damarında bulunan bazı özellikler ani metan püskürmelerine neden olduğu gibi olayın şiddetine de etki etmektedirler. Bu özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

##### 1. Damarın metan içeriği.

Kömür damarları gerek sütrüktürleri, gerekse rankları itibarıyla çeşitli derecelerde metan içerirler. Metan içeriği fazla olan damarlar ani metan püskürmelerine daha elverişlidirler. Örneğin Zonguldak Kömür Havzasındaki damarlardan Büyük, Sulu, Acılık ve Çay damarları diğerlerine nazaran ani metan püskürmelerine daha yatkındırlar ve şimdiye kadar havzada görülen olayların tamamı bu damarlarda meydana gelmiştir.

2. Damarın tektoniği : Tektonizma sonucu meydana gelen faylar, damarın sığıdığı yerler damar içerisinde ani metan püskürmelerine yatkın olan yerlerdir. Şekil 10'da görülen B ve C zonları bunlara birer örnektir.

B zonu bir fay zonudur. Fay zonunda kayaç ve kömür tabakaları kırılmış ve ufalanmıştır. Kırık taş ve kömür parçaları arasında boşluklar meydana gelmiştir. Metan bu boşluklarda kolaylıkla birikebilir.

C zonu bir sıkma zonudur. Bu zonun iki ucu tektonizma hareketleri sonucu sıkılmış; ortası ise az veya çok kabarak daha gözenekli bir hal almıştır. Sıkan kısımlarda yüksek kayaç basıncından dolayı kömür oldukça sertleşmekte, geçirgenliği azalmakta ve gazın sızmasını önleyen bir tıkaç vazifesi görmektedir. Dolayısı ile gaz orta kısımda depolanmak zorunda kalmaktadır.

Fay ve sıkma gibi arızasız damarlarda, metan gazı muayyen zonlarda depolanmayıp damar içinde müsavi bir şekilde dağıldığı için, ani metan püskürmelerine rastlanmaz. Örneğin, kömür damarları arızasız olan Almanya'da, bitümlü kömür surf azdan 800 -1200 m derinlerde çalışıldığı halde, şim-

diye kadar ani metan püskürmelerine tesadüf edilmemiştir. Halbuki, şiddetli tektonik stresslere maruz kalarak ezilen ve parçalanan Zonguldak Kömür Havzasındaki damarlarda bu olaya sık sık rastlanılmaktadır.

3. **Damarın Derinliği** : Damarın derinliği arttıkça ani metan püskürmelerinin olasılığı da artar. Tekrar Şekil 10'a bakarak A ve C zonlarını karşılaştıralım.

A zonu sufraza yakın olup, bu zonda biriken metan gazının bir kısmı kömür damarı içindeki kılcal boşluklardan migrasyon yaparak ve muhtelif çatlak ve yarıklardan sızarak atmosfere ulaşır. Dolayısı ile bu zondaki gaz basıncı belirli bir seviyenin üstüne çıkamaz. Halbuki C zonunda biriken gazın böyle olanakları yoktur. Onun için de bu zondaki gaz basıncı devamlı gaz intişarından dolayı giderek artacaktır.

4. **Damarın Meyili** : Bu faktör, kolay kırılabilen kömür damarları için önemli olup, fazla meyillerde olayın meydana gelişi hızlanabilir. Özellikle, dik damarlarda sürülen baş yukarılarda yerçekimi kuvveti ani püskürmelerin lehine çalışmaktadır.

5. **Damarın Kalınlığı** : Ani metan püskürmeleri daha ziyade orta ve kalın damarlarda görülmekte olup, kalınlığı 1 m'nin altında olan damarlarda rastlanılmamaktadır. Bunun sebebi, orta ve kalın damarların toplam hacim itibarıyla daha fazla gaz neşretmeleri ve depolamaya daha elverişli olan geniş çaplı zonlar içerebilmeleridir.

#### 5.5. Ani Metan Püskürmelerine Karşı Alınabilecek Önlemler

Ani metan püskürmesi ihtimali olan damarlarda bu püskürmeleri önlemek veya etkisini asgariye indirmek için alınabilecek önlemler ve öneriler şunlardır :

### 1. Gazın Çıkışını Sağlıyarak Gaz Basıncını Azaltan Sondaj Delikleri.

Bu önlem, özellikle Zonguldak Kömür Ocakları için en önemli önlemdir. Bu gaye için kullanılan delik çapları 64 -140 mm arasında olmalıdır. Şekil 10'da görüldüğü gibi, başyukan arınından sürülen x - y sondaj deliği C zonuna ulaştığı zaman, bu 'zond'aki basınçlı gaz delikten hızla çıkarak küçük bir ani püskürme olayı meydana getirir. Bu olay bir müddet devam ederek C zonundaki gaz basıncını tehlikesiz bir seviyeye düşürür veya tamamen yok eder.

Basınçlı gaz zonu herhangi bir yönde olabileceği için sondaj deliklerinin sağa, sola, tavana ve tabana yapılması gereklidir. Ayrıca, kazı arını ile sondaj arını arasındaki mesafe 4 m'den aşağı inmemelidir. Örneğin, kazı arınından 15 m'lik bir sondaj yapılmışsa, arın 11 m ilerledikten sonra ikinci bir sondaj yapılmalıdır. Böylece, kazı armında ani püskürmelere engel olan yeterli kalınlıkta koruyucu bir baraj tesis edilmiş olur.

### 2. Gaz Basıncını Hafifletmek İçin Başka Bir Damam Kazısı (Koruyucu Damar Kazısı)

Ani püskürme tehlikesi olan bir damarın üstündeki ve özellikle altındaki bir damarın daha önceden kazısı ile bahis konusu olan damarda gaz yükü bakımından bir hafifletme meydana gelir. Bu suretle de ani püskürmeye yatkın olan damarda kazı işi tehlikesizce yürütülür. Kaide olarak, koruyucu damarın kazı arını ile ani püskürmeye yatkın' olan damarın kazı arını arasındaki mesafe, bu iki damar arasındaki kot farkının 2 katından fazla olmalıdır.

Bu metodun çok kullanılmasına karşılık bazı sakıncalı yönleri de vardır. Koruyucu damarın olmaması, iki damar arasındaki mesafenin fazla olması, veya bütün damarların ani püskürmeye yatkın olması, metodun tatbikini kısıtlayan faktörlerdir.

### 3. Kasa Hızı.

Ani gaz püskürmelerine yatkın bir damarda tavan yükünün önemi fazladır. Ayak cephesi kendisinden ilerde bulunan yüksek basınç 'zonuna hızla yaklaşırsa, ani püskürme olayının meydana gelme şansı o kadar artar. Arın yavaş ilerlediği zaman, gazın kömür içindeki mikro çatlaklardan sızarak ocak havasına karışma olanağı artacağı için, ani püskürme olasılığı da azalır.

### 5.6. Ani Metan Püskürmelerine Karşı Dikkat Edilecek Baa Hususlar

- a) Ani püskürmeler özellikle başyukarılarda görülmekte ve buralarda tehlikeli olmaktadır. Bunun nedeni de başyukarıların süratli ilerlemesi, arm yüzeyinin dar olması, yerçekiminin ani püskürme lehinde çalışması ve havanın çift yönlü sirkülasyon yapmasıdır. Dolayısıyla ile, özellikle dik ve gaz içeriği fazla olan damarlarda sürülen başyukarılarda çok dikkatli olmak gereklidir. Mutlaka sondajla ilerleme yapılmalıdır.
- b) Lâğımlarda, özellikle damar kesileceğine yakın gaz sondajları yapılmalıdır.
- c) Sıkmaları geçerken ve faylara yaklaşırken çok dikkatli olmalı, güvenlik önlemlerini artırmalıdır.
- d) Yüksek gaz basıncı olan zonlara yaklaşırken görülen tipik belirtilere dikkat etmeli; bu belirtiler tespit edildiğinde o işyeri hemen terk edilmelidir. Örneğin, 1) Yüksek basınçlı gaz zonlarının hemen önünde kömür çok sertleşmekte, hatta kazı işini zorlaştıracak kadar direnç göstermektedir. Bu sert ve gaz geçirmez kömür nedeniyle buradaki gaz geliri nispeten düşük olmaktadır^) Ani gaz püskürmelerinden evvel arından pırtırtı, gıcırtı veya ıslık şeklinde sesler gelmekte, bunu takiben de arından kömür küçük parçacıklar halinde dökülmektedir.

Özellikle, Zonguldak Kömür Havzasında meydana gelen ani metan püskürmelerinden edinilen tecrübelerle dayanan bu kritler iyi değerlendirildiği takdirde can kaybı oldukça azaltılabilir.

#### Bibliyografik Tanıtım :

- 1 — GÜNEY, M. : Course Notes of Mine Environment, O.D.T.Ü., Ankara.
- 2 — BOKY, B. : Mining, Moscow 1967.
- 3 — ÜSTÜNKOL, Ş. : Toz Problemi ve E.K.I. Kilimli Bölümü Kömür Ocaklarındaki Tozlanma Durumunun Etüdü, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4. Kongresi Tebliğler Kitabı, S. 267-295, Ankara, 1975.
- 4 — SALTOĞLU, S. : Ani Degajman Olaylarının Açıklanması ve Zonguldak Havzasında Görülen Son Olayların Değerlendirilmesi, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi Tebliğler Kitabı, S. 503-519, Ankara, 1973.
- 5 — HOŞGÎT, M. E. : İngiltere Kömür İşletmelerinin (N.C.B.) «Naxious Gases Underground» yayınından derlenmiş çeviri, Zonguldak, 1975
- 6 — Lewis, R. S. and CLARK, G. B. : Elements of mining, Rolla, Missouri, 1964.
- 7 — GUYAGÜLER, T. : Toz Maden Müh. Odası, Madencilik Dergisi Ekim 1974, S. 13 -18.