

T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ TEFTİŞ KURULU BAŞKANLIĞI

**YERALTI VE YERÜSTÜ MADEN İŞLETMELERİNDE  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ REHBERİ**



## **ÖNSÖZ**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı olarak temel amacımız, kaynaklarımıuzu etkin ve verimli kullanarak, çalışma barışının ve sosyal güvenliğin sağlanması yolunda, sunduğumuz hizmetlerin uluslararası normlara, iş hayatının gereklerine ve değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve sürekli iyileştirilmesidir.

Bu bağlamda, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının çalışma hayatını denetlemeye yetkili birimi olan ve çalışma barışının tesisi ve çalışanların sağlık ve güvenliğinin sağlanması amacıyla görev yapan İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının önlenmesi için programlar dahilinde denetim, bilinçlendirme ve eğitim faaliyetlerini sürdürmektedir.

Yeraltı ve yerüstü maden işletmeleri, iş sağlığı ve güvenliği açısından, çalışanların yaşamı için önemli riskler taşımaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumu İstatistiklerine göre ülkemizde, yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde 2008 yılı içerisinde toplam 7,638 iş kazası meydana gelmiş olup bu kazalardan 64'ü ölümle, 257'si ise sürekli iş göremezlik ile sonuçlanmıştır. Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde meydana gelen ve ölümle sonuçlanan iş kazası sayısı, ülkemizde ölümle sonuçlanan toplam iş kazaları sayısının %7,4 gibi bir oranını teşkil etmektedir.

Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde önleme politikalarının geliştirilmesi, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün oluşturulması, kalıcı ve sistematik iyileşme sağlanması, ilgili taraflara rehberlik edilmesi, iş sağlığı ve güvenliği yönünden yeni yaklaşımın etkin kılınması amacıyla yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde genel iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine yönelik bu rehber hazırlanmıştır.

Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde işveren ve çalışanlarımızın başvuru kaynağı olarak kullanacağımız düşündüğümüz bu rehberin hazırlanmasında görev alan İş Teftiş Kurulu Başkan Yardımcısı M. Nejdet ÇARIKCI ile katkı ve katılımı olan tüm taraflara teşekkür ederim.

**Mehmet TEZEL**

**İş Teftiş Kurulu Başkanı**

**Hüseyin KURU'nun anısına...**

İş Güvenliği Mufettişi  
Maden Mühendisi  
(1922 - 2009)

# İÇİNDEKİLER

<b>BÖLÜM 1 .....</b>	<b>7</b>
<b>GENEL YÜKÜMLÜLÜKLER .....</b>	<b>9</b>
<b>YERALTI İŞLETMELERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ .....</b>	<b>11</b>
<b>1. TAHKİMATTA ALINACAK ÖNLEMLER .....</b>	<b>12</b>
1.1. Tahkimat Çeşitleri .....	12
1.2. Tahkimatta Alınacak Önlemler.....	14
<b>2. NAKLİYAT .....</b>	<b>22</b>
2.1. Çelik Halat Sistemi İle Taşıma.....	22
2.2. Lokomotif İle Taşıma .....	23
2.3. Konveyör İle Taşıma .....	25
2.4. Ocak Nakliyatında Alınacak Önlemler .....	25
<b>3. HAVALANDIRMA.....</b>	<b>26</b>
3.1. Havalandırmada Temel İlke.....	27
3.2. Ocak Ölçümleri.....	27
3.3. Havalandırma Yönetimi .....	31
3.4. Havalandırma Sistemleri.....	32
3.5. Ocak Havası.....	34
3.6. Havalandırmada Alınacak Güvenlik Önlemleri.....	58
<b>4. OCAK TOZLARI VE TOZA KARŞI ALINACAK ÖNLEMLER .....</b>	<b>61</b>
4.1. Tozun Sınıflandırılması.....	61
4.2. Yer Altı Toz Kaynakları.....	62
4.3. Kömür Ocaklarındaki Kuvars Tozu .....	63
4.4. Tozun İnsan Sağlığına Zararları.....	63
4.5. Kömür Tozu Patlamaları.....	65
4.6. Kömür Tozu Patlamalarının Önlenmesi .....	65
4.7. Tozla Mücadele.....	67

<b>5. OCAK YANGINLARI.....</b>	<b>68</b>
5.1. Ocak Yangınlarının Nedenleri.....	68
5.2. Ocak Yangınları İle Mücadele.....	69
5.3. Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Bu Tür Yangınlara Karşı Alınan Önlemler.....	69
5.4. Yer Altı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanmanın Belirlenmesi .....	70
5.5. Kendiliğinden Yanma İle Mücadele.....	70
5.6. Ocak Yangınlarında Alınacak Güvenlik Önlemleri .....	73
<b>6. ELEKTRİK TESİSLERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ.....</b>	<b>75</b>
<b>7. PATLAYICI MADDELER.....</b>	<b>85</b>
7.1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması.....	86
7.2. Ateşleme Kaynakları .....	87
7.3. Patlayıcı Maddelerin Kullanılmasında Alınacak Güvenlik Önlemleri .....	89
7.4. Bozulan Patlayıcı Maddeler ve İmha Edilmeleri.....	95
7.5. Patlatma Cihazları Ve Aksesuarları .....	96
<b>8. MADENCİLİK SEKTÖRÜ VE KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR .....</b>	<b>99</b>
<b>BÖLÜM 2 .....</b>	<b>107</b>
<b>YERÜSTÜ MADEN İŞLETMELERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ.....</b>	<b>110</b>
<b>1.ŞEV.....</b>	<b>110</b>
1.1. Tanımlar .....	110
1.2. Şev Duraylılığına Etki Eden Faktörler .....	112
1.3. Basamak ve Şevlerde Alınması Gereken Güvenlik Önlemleri .....	112
1.4. Döküm Sahaları.....	114
<b>2.SU .....</b>	<b>116</b>
2.1. Açık İşletmelerde Drenaj .....	116
2.2. Yeraltı Su Seviyesini Etkileyen Parametreler .....	117
2.3. Açık Ocak İşletmelerinde Su ile İlgili Alınması Gereken Önlemleri.....	118
<b>3.YERÜSTÜ MADEN OCAKLARINDA YOL, NAKLİYAT VE TRAFİK ÖNLEMLERİ .....</b>	<b>120</b>
3.1. Yerüstü Maden Ocaklarında Yollar .....	120
3.2. Yerüstü Maden Ocaklarında Trafik.....	123
3.3. Açık İşletme Trafiğinde Operatörlerin Dikkat Etmesi Gereken Güvenlik Önlemleri .....	126
3.4. İş Makinelerinde Dikkat Edilmesi Gerekli Hususlar .....	128
3.5. Konveyörlerle İlgili Alınması Gerekli Önlemler .....	130
<b>4. PATLAYICILAR.....</b>	<b>133</b>
4.1. Doldurma Öncesi Alınacak Önlemler .....	134
4.2. Elektrikli Ateşleme .....	135
4.3. Patlamamış Şarjin Elden Çıkarılması.....	136
<b>5. MERMER OCAKLARINDA UYULMASI GEREKEN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ .....</b>	<b>137</b>
5.1. Mermer Ocaklarında Alınması Gereken Önlemler .....	134
5.2. Blok Üretim Yöntemi.....	138



# YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ REHBERİ

BÖLÜM I



## **YERALTI VE YERÜSTÜ MADEN İŞLETMELERİNDE SAĞLIK VE GÜVENLİK GENEL YÜKÜMLÜLÜKLER**



Yeraltı ve yerüstü maden işyerlerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gereken asgari şartlar Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde belirlenmiştir. İlgili yönetmelikte işverenin yerine getirmekle yükümlü olduğu genel hususlar aşağıda sunulmuştur.

- Çalışma yerleri, işçilerin işlerini yaparken kendilerinin ve diğer çalışanların sağlık ve güvenlikleri için tehlike oluşturmayacak şekilde tasarılanacak, inşa edilecek, teçhiz edilecek, hizmete alınacak, işletilecek ve bakımı yapılacaktır.
- İşyerinde yapılacak her türlü çalışma, yetkili kişinin nezaretinde ve sorumluluğu altında yapılacaktır.
- Özel riski bulunan işler yalnızca konunun uzmanı olan kişiler tarafından ve talimatlara uygun olarak yapılacaktır.
- Tüm güvenlik talimatları işçilerin anlayacağı şekilde olacaktır.
- Yeterli ilk yardım donanımı sağlanacaktır.
- Düzenli aralıklarla gerekli güvenlik tatbikatları yapılacaktır.
- İşveren “Sağlık ve Güvenlik Dokümanı” hazırlanmasını ve güncellenmesini sağlayacaktır.

Sağlık ve Güvenlik Dokümanında özellikle aşağıdaki hususlar yer alacaktır:

- İşçilerin işyerinde maruz kalabilecekleri risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi.
- Yönetmelik hükümlerini yerine getirmek için alınacak uygun önlemler.
- Çalışma yerlerinin ve ekipmanın güvenli şekilde düzenlenmesi, kullanılması ve bakımının yapılması.

www.itkb.gov.tr

Sağlık ve Güvenlik Dokümanı, çalışmaya başlanılmadan önce hazırlanacak ve işyerinde önemli değişiklikler veya ilaveler yapıldığında tekrar gözden geçirilecektir.

- Aynı işyerinde birden çok işletmeye ait işçilerin bulunması durumunda, her işveren kendi kontrolü altındaki işlerden sorumludur.
- Tüm işyerinden sorumlu olan işveren, işçilerin sağlık ve güvenliğinin korunması ile ilgili tedbirlerin uygulanmasını koordine edecek ve kendisine ait Sağlık ve Güvenlik Dokümanında koordinasyonun amacını ve bu koordinasyonu sağlamak için alınacak önlemleri ve uygulanacak yöntemleri belirtecektir.
- İşveren, ciddi veya ölümle sonuçlanan iş kazalarını ve tehlikeli olayları en geç iki iş günü içinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının ilgili Bölge Müdürlüğü'ne bildirecektir.

#### **• Patlama, Yangın ve Zararlı Ortam Havasından Korunma**

İşveren, patlama ve yangın çıkışmasını önlemek, patlama ve yangın başlangıçlarını tespit etmek, yayılmasını önlemek ve mücadele etmek, patlayıcı ve sağlığa zararlı ortam havasının oluşmasını önlemek için yapılan işe uygun önlemler alacaktır.

#### **• Kaçış ve Kurtarma Araçları**

İşveren, bir tehlike anında işçilerin çalışma yerlerini en kısa zamanda ve güvenli bir şekilde terk edebilmeleri için uygun kaçış ve kurtarma araçlarını sağlayacak ve kullanıma hazır bulunduracaktır.

#### **• İletişim, Uyarı ve Alarm Sistemleri**

İşveren, ihtiyaç halinde yardım, kaçma ve kurtarma işlemlerinin derhal uygulamaya konulabilmesi için gerekli uyarı ve diğer iletişim sistemlerini hazır bulunduracaktır.

#### **• İşçilerin Bilgilendirilmesi**

İşçiler veya temsilcileri, yukarıda belirtilen hususlar ile işyerinde sağlık ve güvenlikle ilgili alınması gereken tüm önlemlerin uygulanması hakkında bilgilendirilecektir.

Bu bilgiler işçiler tarafından anlaşılabilir şekilde olacaktır.

#### **• Sağlık Gözetimi**

İşçiler aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurularak sağlık gözetimine tabi tutulacaktır.

İşçilerin, yapmakta oldukları işlerde maruz kaldıkları sağlık ve güvenlik risklerine uygun olarak sağlık gözetimine tabi tutulmaları sağlanacaktır.

İşçilerin işe girişlerinde ve işin devamı süresince periyodik olarak sağlık gözetimleri yapılacaktır.

#### **• İşçilerin Görüşlerinin Alınması ve Katılımlarının Sağlanması**

İşveren, Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde belirtilen konularda işçilerin veya temsilcilerinin görüşlerini alacak ve katılımlarını sağlayacaktır.

## **YERALTI İŞLETMELERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ**

Bir yer altı ocağında iş sağlığı ve güvenliğine yönelik önlemlerin alınması, plan ve proje aşamasında başlar. Cevher damarları ve çevre kayaçların karakteristik özelliklerini, cevher üretim ve malzeme sarfiyat miktarları, yer altı su geliri, ocağın gazlılığı vb. parametreler ocak planlamasında dikkate alınır ve ocak ve altyapı tesisleri buna göre projelendirilir.

Ocak açıklıklarının boyutları ve tahkimat özellikleri kömür, tavan ve taban kayaçlarının jeomekanik özellikleri, ortamlardaki su varlığı vb. bilgiler doğrultusunda belirlenir.

Cevher üretim miktarları, taş, malzeme ve personel nakliyatı ve havalandırma ihtiyaçları dikkate alınarak havalandırma ve nakliyatta darboğaz oluşturmayacak en uygun galeri kesitleri seçilir.

Ocağın gaz yayılım karakteristikleri, yanına müsait damarların durumu, çalışan dizel motor ve personel sayısı, patlatmalar, toz oluşum özellikleri gibi veriler dikkate alınarak havalandırma projesi hazırlanır. Mümkün olan en düşük direnç ve depresyon oluşması arzu edilir.

Yer altı su geliri ve kullanma suyundan kaynaklanacak su miktarlarına göre su havuzları, tulumbalar ve su atım şebekesinin tasarımları yapılır.

Üretim miktarları, dolayısıyla ocak büyülüğu nakliyat miktarlarını belirler. Buna uygun nakliyat sistemlerinin projelendirilmesi, uygun kapasitede makine ekipman seçimi kazaları asgariye indirecektir.

Madencilik faaliyetlerinin gerektirdiği makine ve ekipmanın ihtiyaç duyduğu enerjinin işyerlerine sağlıklı ve güvenli bir şekilde iletilmesi için nakil ve dağıtım sistemleri uygun kapasitelerde projelendirilmelidir.

Yer altına girişte ilk faaliyet; güvenli bir şekilde kazı yaparak, daha sonra da açılan boşluğun içinde güvenli bir şekilde çalışmayı temin edecek şekilde tahkimatının yapılmasıdır. Madencilik faaliyetleri yer üstünden uzaklaşıkça da, havalandırma, su atımı, nakliyat vb. diğer ihtiyaçlar iş güvenliği açısından önem kazanmaya başlar.

## **1. TAHKİMATTA ALINACAK ÖNLEMLER**

İşletme faaliyeti sonucu açılan boşluğun çalışma süresince emniyetli şekilde açık tutulması için alınan tedbirlerin toplamına tahkimat adı verilir.

Tahkimat, işletme faaliyetlerinde kazıdan sonra uygulanan ve iş yerinin emniyetini sağlayan en önemli işlemdir. Kaza istatistiklerinde en yüksek oranı göçükler, tavandan ya da yan duvardan taş-cevher düşmesi ile ilgili kazalar oluşturmaktadır.

Yer altı işletmelerinde maden ocağını oluşturan kuyu, galeri ve üretim yerleri mal ve can emniyeti bakımından çalışabilir duruma sokmak ve çalışabilir durumda tutmak için yerine göre ağaç, demir ve beton kullanılarak takviye edilir.

Bütün yer altı işletmelerinde taş, toprak, kömür, cevher, v.b malzemelerin kayma ve düşmelerini önlemek üzere uygun ve yeterli tahkimat yapılmalıdır.

Yeraltı ocak projelerinde, yan kayaç özelliklerine ve üretim metoduna uygun tahkimatın projelendirilmesi ve tekniğine uygun şekilde icra edilmesi iş sağlığı ve güvenliği açısından hayatı önem taşıyan bir husustur.

İşletme giderlerinin en önemli kısımlarından birisini tahkimat malzemeleri giderleri oluşturmaktadır.

### **1.1. Tahkimat Çeşitleri**

Yer altında hazırlık, üretim, havalandırma, nakliyat vb. amaçlar için açılan boşlukların çeşitli tahkimat şekilleri mevcuttur. Çevre kayaçların yapısına, kullanılacak malzemenin teminindeki zorluk-kolaylık faktörlerine, iş gücünün durumuna, galerinin kullanım amacına, ekonomik etkenlere bağlı olarak bunlardan birisi seçilerek uygulanır. Başlıca tahkimat uygulamaları;

**1.1.1. Ahşap Tahkimat:** İlk madencilik faaliyetinden bugüne kadar kullanılmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan bu yana önemi giderek kaybolmuş ve yerini çelik tahkimata bırakmıştır. Ahşap sahip olduğu özellikler nedeniyle madencilik faaliyetlerinin kaçınılmaz tahkimat malzemesidir. En yaygın olanı iki yan direk ve bir boyunduruktan oluşan çintili bağıdır.

Özellikleri;

- Hafif olması nedeniyle ocak içinde taşıma ve tahkimat yapımında kolaylık sağlar, kolay işlenebilir.
- Dayanımı yüksektir.
- İşçiliği kolay ve basit olup kısa sürede hazırlanabilir.
- Kırılmadan önce kıymıklanır, ihbarlı kırılma özelliğine sahiptir, tahkimatın değiştirilmesi ve takviyesi için zaman sağlar.

Olumsuz Yönleri;

- Mekanik dirençleri büyük ölçüde değişim gösterebilir.
- Rutubete karşı duyarlıdır, mekanik özellikleri rutubet artışı ile düşer.
- Yanabilir bir malzeme olduğundan yanıklı ortamlarda kullanımı uygun değildir.

**1.1.2. Çelik Tahkimat:** Uzun ömürlü galerilerin ve ayak açıklıklarının çoğu çelik tahkimat ile tutulmaktadır.

Özellikleri;

- Yük taşıma kapasitesi yüksektir.
- Malzemeye istenilen şekil kolaylıkla verilebilmektedir. Şekli ve boyutları istenilen şekilde imal edilebilir.
- Deformasyona uğradıktan sonra birkaç kere düzeltilebilmektedir.
- Yapısındaki kusurlar diğer malzemelere göre daha azdır. Homojendir.
- Doğal koşullardan az etkilenir

Olumsuz Yönleri;

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Korozyon etkilerine açıktır.
- Taşınması, kurulması zordur.
- Şekillendirilmesi genellikle ocak dışında olup özel ekipman gerektirir.

**1.1.3. Kaya Saplamları:** Tavanın kaya saplaması ile tahkim prensibi, ayrılan tabakaları birbirine bağlamak, tabakaların çökme hareketini önlemek, özellikle deformasyon eğilimi fazla olan zayıf tabakaları daha sağlam tabakalara bağlayarak birlikte çalışmalarını sağlamak esasına dayanır. Mekanik ankrajlı, dolgulu, birleşik (mekanik ankraj + dolgulu) sürtünmeli ve çelik kablolu tipli kaya saplamaları vardır.

Tahkimat arını yakından izlemektedir. Açılan açıklık hemen tahkim edildiğinden büyük ölçüde tavan alçamasını azaltır. Kaya saplamaları patlamadan dolayı oluşan sarsıntılar ve buna benzer etkilerden etkilenmezler. Galerilerde makinelerin çalışması, nakliyat araçlarının geçmesi için engel teşkil etmediklerinden nakliyat verimi yüksektir. Kaya saplamalı galerilerin hava akımına karşı dirençleri daha azdır. Havalandırma ekonomisi yönünden önemli avantaj sağlar. Kaya saplamaları boruların, kabloların asılması için çok iyi bir mesnet imkânı verir. Kömür ocaklarında kullanıldığından tavan taşlarının düşüp kömüre karışması ile kül oranının artması diğer madenlerde ise cevhere yan kayaç karışması önlenmiştir.

**1.1.4. Beton Tahkimat:** Bu malzemeden oluşturulan taşıyıcı sistemler, genellikle kuyu ve galeri kaplamaları, taban yolu takviyeleri, suni tavan, su ve yangın barajlarıdır. Yangına karşı dirençlidir. Tahkimat içi pürüzsüz olduğundan havalandırma yük kayipları en az şiddettedir.

## 1.2. Tahkimatta Alınacak Önlemler

Yer altında açılan boşluğun muhtelif nedenlerden ötürü tutulamayarak çökmesi veya kayması olayına göçük denir. Çok nadir haller hariç, genellikle her göçükte bir hata veya ihmal vardır. Bunların başlıcaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Tahkimatin noksan yapılması,
- Tahkimatin yanlış yapılması,
- Tahkimat malzemelerinin uygun olmaması veya birbirine uyumlu olmaması,
- İş organizasyonunun iyi yapılmaması yüzünden zaman kaybı ve buna bağlı eksiklikler,
- Eğitim yetersizliği,
- Çeşitli sebepler nedeniyle işe yeterince konsantre olunmaması.

Yer altı kömür ocaklarında göçükler ağırlıklı olarak ayaklarda meydana gelir. Daha sonra tarama ve taban yolu ilerlemeleri ile lağım sürülmesi esnasında meydana gelen göçükler yer almaktadır. Bu tür kazaları önlemek için alınacak başlıca önlemler aşağıda ifade edilmiştir:

### **1.2.1. Tahkimat Öncesi Alınacak Önlemler**

Ocağın herhangi bir yerinde tahkimat yapılmadan önce bölgenin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla tavan ve yan duvarlarda mutlaka kontrol yapılmalı ve düşme tehlikesi taşıyan kaya parçaları düşürülmelidir. Tahkimatı yapılacak boşluğun boyutları ve boşluğu çevreleyen kaya özellikleri dikkate alınarak gerekli miktar ve özellikteki tahkimat malzemesi hazır bulundurulmalıdır. Örneğin ahşap tahkimat uygulanacak yerlerde direklerin mümkün olduğunda budaksız ve çatlaksız olması gerekmektedir. Tahkimat yapımında kullanılacak el aletleri (kazma, kürek, balta, testere, gönye, metre, kanca, tebeşir vb.) temin edilmelidir.

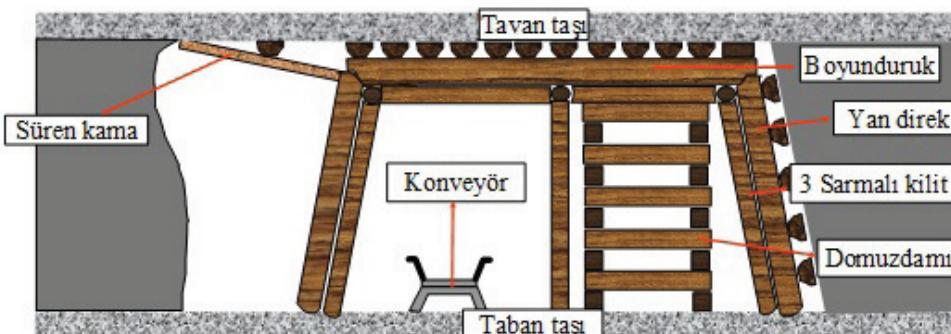
### **1.2.2. Tahkimat Yapılması Sırasında Alınacak Önlemler**

#### **1.2.2.1. Galeri Tahkimatında Alınacak Önlemler**

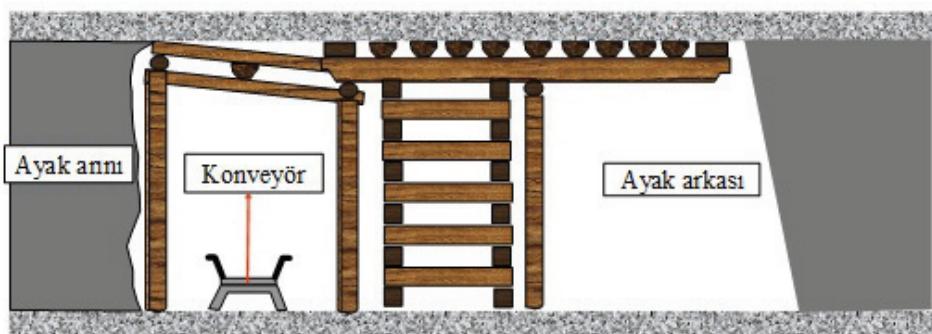
- 1- Ağaç tahkimatta direk ve boyunduruğa açılan çintiler, arazi basınç şartlarına göre ve birbirine iyice oturacak şekilde açılmalıdır.
- 2- Taş galerilerinde çelik tahkimat gerektiren kısımlardaki iki bağ arası mesafe 150 santimetreden az olmamalı, ağaç tahkimat kullanılan yerlerde iki bağ arası en fazla 200 santimetre yapılmalıdır.
- 3- Bağlar arasına konulacak kama sayısı arın şartlarına göre belirlenip, bağlar arası konacak kama, yan direk ve boyunduruklardan 10'ar santimetre taşacak şekilde iki bağa tutturulmalıdır.
- 4- Çelik bağlar yanlardan ve üstten, ağaç bağları ise iki direk başlarından ikisi de boyunduruk başlarından olmak üzere en az dört sıkıştırma takozu ile iyice sıkırtılmalıdır.
- 5- Tahkimatın anı basınçlara maruz kalıp bozulmaması için tahkimatın üzerinde ve yanlarında kalan boşluklar doldurulup sıkıştırılmalı, bağ aralarına yeterince fırça ve kama konulmalı, çürük olan kısımların altına gerekirse poligon tahkimat çekilmeli veya kilit vurulmalıdır.
- 6- Sürül>mekte olan lağımlarda atılan dinamitin bağları bozmaması için arında birkaç metrelilik tahkimatsız bir kısım bırakılıyorsa, özel olarak yapılmış en az iki ray süren kullanılır. Bu sürenler en az ikişer noktalarından demir bağlara sağlam askı tertibatlarıyla asılır. Sürenler üzerine kavlak düşmesini önleyecek şekilde kama konularak tavanın emniyeti sağlanır. Tavan ve yanların tehlike göstermesi halinde ilerleme durdurularak tahkimat tamamlanır.
- 7- Bütün yol kavşaklarında tahkimata özel önem verilmelidir. Ağaç tahkimatta kilit sarma ile takviye yapılmalıdır. Çelik tahkimatta ise takviyeli özel tahkimat yapılmalıdır.
- 8- Tabanı kabaran, sağlam ve sert olmayan yerlerde yapılan çelik bağlar ağaç, beton veya demir takozlar üzerine, ağaç bağları ise direk dipleri kurt ağızı açılarak, tabana döşenmiş direk (taban solo) üzerine oturtulmalıdır.
- 9- Eğimli galerilerde, bağlar birbirine sık sık fırçalanmalıdır.

10-Başyükarlarda arın kapaklı ilerleme yapılmalıdır.

11-Eğimli galerilerde adam yolu ile posta yolu ayrılmalı, adam yoluna ayrıca şeş-beş yarımkapaklar yapılmalıdır.



**BAŞYUKARI TAHKİMATI KESİT GÖRÜNÜŞÜ**



**BAŞYUKARIDAN AYAK TAHKİMATINA GEÇİŞ**

**Şekil 1**

12-Eğimleri  $55^{\circ}$  yi geçen başyükarlarda ağaç tahkimat yapıldığı takdirde kelebek bağı, demir, beton, taş veya bunların birlikte kullanıldığı durumlarda tabanları ile birlikte komple tahkimat yapılır.

13-Akıçı, bozuk ve çürüklere sürme kama ve alın kapaklı ilerleme yapılmalı, buradaki bağların altına daha sonra poligon, kilit, beton, kemer gibi takviye edici ek tahkimatlar yapılmalıdır.

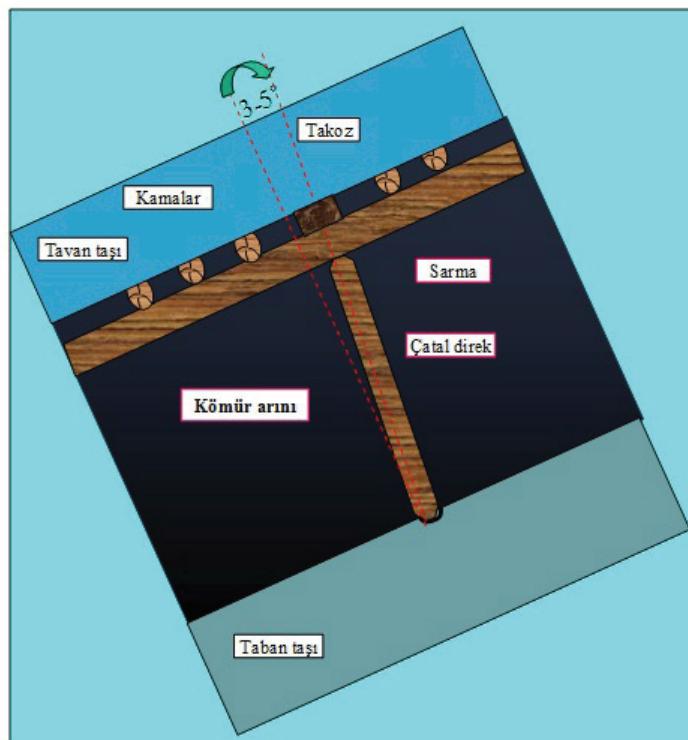
14-Kuyu dibi akrosaj lağımları, röset ağızları, vinç daireleri vb. yerler taş, tuğla ve beton kemerle kaplanmalıdır.

15-Tahkimatın tamiri, değiştirilmesi veya sökülmesi esnasında tavandan malzeme düşmelerine karşı tedbir alınmalıdır (Geçici tahkimat yapılır. Fazla göçük ve yan basınç olan yerlerde bir önceki sağlam bağdan tavan ve yanlara sürme kama çakılır. Değiştirilecek tahkimat sökülferek sağlam tahkimat yapılır.).

16-Göçük olan yerler tamir edilirken ve pasası kaldırılırken o civarın tahkimatı basınca karşı gereği kadar takviye edilmelidir.

### **1.2.2.2. Damar İçinde Sürülen Yolların Tahkimatında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

- 1- Taş galerilerindeki tahkimat kurallarına uyulur.
- 2- Başyükarı ve bacaların tahkimatı ağaç ise çintili ağaç bağ olarak kullanılır. Tavan ve damar şartlarının uygun olmadığı yerlerde kilit tahkimat ve orta çatalla takviye edilir.
- 3- Yollarda bağlar arası 120 cm.'yi geçmemelidir.
- 4- Başyükarıların başladığı dip taban yollarına ve baş taban yollarının başyükarılarına delinmesi beklenen kısımlarına kilit tahkimat yapılmalıdır.



**Şekil 2**

### **1.2.2.3. Göçertmeli Uzun Ayakların Tahkimatında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

Ayaklarda kullanılan tahkimat, malzemelerine göre ahşap ayak tahkimatı ve madeni ayak tahkimatı olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir.

#### ***Ahşap Ayak Tahkimatı***

Uzun ayak tahkimatı, arına paralel ve arına dik sarmalı olmak üzere iki kısma ayrılır. Arına dik veya paralel olarak konmuş sarma denilen 3-4 m uzunluğunda direk ile onu kurtağızı şeklinde tutan 3-4 çatal direkten ibaret bir tahkimat biçimidir. Sarmaların üzerine konulan kamalar ise hem tavan yükünün sarmalara aktarılmasını sağlar hem de kavlakların düşmesini engeller. Ayak arkasının emniyetli bir şekilde göçertilmesini ve ayağın üzerindeki tavan yükünün önemli bir kısmının taşınmasını domuzdamları sağlar. Tavanın sağlam olmadığı hallerde, kazı tamamlanmadan önce lata denilen bir yarımdirek alttan çatallar ile tutturularak sürülmekte olan kamaları geçici olarak tutar. Kazı tamamlandıktan sonra normal çatal ve sarma atılarak bu geçici lata tahkimatı alınır.

## *Madeni Ayak Tahkimatı*

Madeni ayak tahkimatı uygulaması sürtünmeli demir direkler ve sarmalarla başlamış, daha sonra hidrolik direk-çelik sarma ve son aşamada da şartların uygun olduğu damarlarda yürüyen tahkimata geçilmiştir. Esasında iç içe geçmiş iki adet demir direğin tavan ve taban arasına sıkıştırılıp kilitlenmesi ile tavan yükünün taşınma işlemi gerçekleştirilmektedir. Yürüyen tahkimat sistemleri mekanize kazı sistemleriyle de entegre edilerek komple mekanize ayaklar oluşturulmuştur.

### **Ayak Tahkimatında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

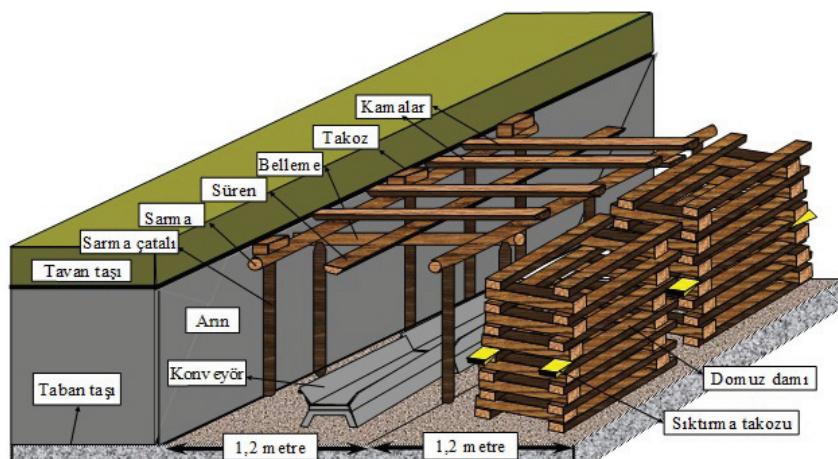
1- Ayak, taban ve tavan yolları işçilerin emniyetli gelip geçecekleri şekilde tahkim edilmiş iki ayrı yolla galeriye bağlanmalıdır.

2- İlerletimli çalışan ayakların taban ve tavan yolları damar kalınlığının en az iki katı mesafede ramble veya çift sıra taşlı sabit domuzdamı yapılmalıdır.

3- Ağaç sarmaların her iki ucuna vurulan direkler, sarma uçlarından 10–15 santimetre pay bırakılarak vurulmalıdır.

4- Ağaç direklerin başları, sarmaları kavrayacak şekilde kurtağızı yapılmalıdır. Direk diplerinin taban taşında açılacak oyuğa oturacak şekilde kenarları yuvarlatılmalıdır.

5- Tavan taşıının sert ve sağlam olduğu yerlerde, sarmaların çatal direklerinin vurulduğu kısımların üzerine sıkırtma takozları konulmalıdır.



**UZUN AYAK TAHKİMİ PERSPEKTİF GÖRÜNÜŞÜ**

**Şekil 3**

6- Göçertmeli ayakkalarda göçüğün önünde en az bir sıra domuzdamı yapılmalıdır. Domuzdamları çok iyi temizlenmiş taban taşına oturtulmalıdır. Direkler, köşelerden 10'ar santimetre pay bırakılıp birbiri üstüne konarak düzgün biçimde örülümelidir. Kurulan dam yüksekliğinin en üstten 1/3 oranında geniş ve konik sıkırtma tertibatı ile tavana iyice sıkıştırılmalıdır.

Domuzdamı meşe, kayın, gürgen gibi ezilmeye karşı dayanıklı sert ağaçlardan yapılmalıdır.

Ağaçların birbiri üzerine gelecek kısımları düz olarak biçilir.

Domuzdamları, ayak bir have ilerledikten sonra her damın önüne şeşbeş olarak emniyet damı yapıldıktan sonra sökülmelidir.

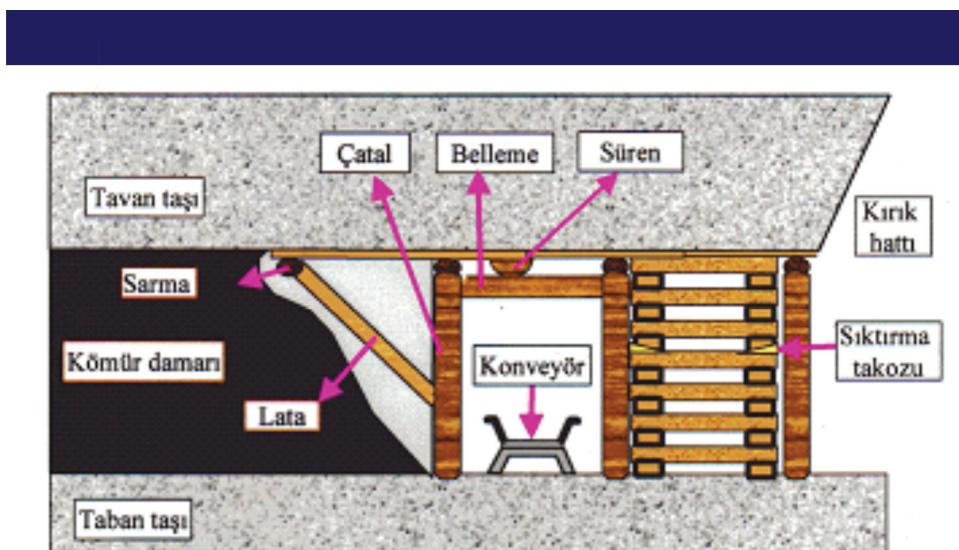
Eğimli damarlarda domuzdamlarının kaymaması için alt kısımlarına dayama direkleri dikilmeli, gerekirse payanda vurulmalıdır.

7- Ayak arkasındaki göçmeye terk edilen yerbeler girmek yasaktır. Ayak arkalarını dinamitleme, kesme ve göçertme işleri, bu işlerde eğitilmiş ustalar tarafından yapılmalıdır.

Açılmakta olan havelerin tıhkimatı tamamlanmamış kısımlarına ve tıhkimat bakımından tehlikeli görülen yerbeler görevlilerden başkası girmemelidir.

8- Arına paralel ağaç sarmalı ayak tıhkimatında;

- Göçertmenin kolay olması amacıyla çatallar arına doğru 5-10 derece eğimli vurulmalıdır.
- Sarmaların başları üç uca gelmelidir. Her sarmaya en az 3 direk vurulmalı, direkler arasındaki açıklık 1,5 metreden fazla olmamalıdır.
- Arındaki kazı işlemeye sarma başlarından başlanır. Have açıldıktan kamalar arına doğru, gerideki sarmanın üzerinden sürülecek ve her üç kamanın altına enine olarak bir kama koyup lata vurulacaktır.
- Have, sarma kaldırabilecek şekilde açıldığı zaman, sarma önce çatal direk üzerinde kaldırılır. Baş ve dip çatal direkleri vurulduktan sonra taban ayna kazısı tamamlanır.
- Arının çürük olduğu sarmalarda, sarma direklerinin arkasından arına kapak yapılır.



Şekil 4

9- Arına dik ağaç sarmalı ayak tahkimatında;

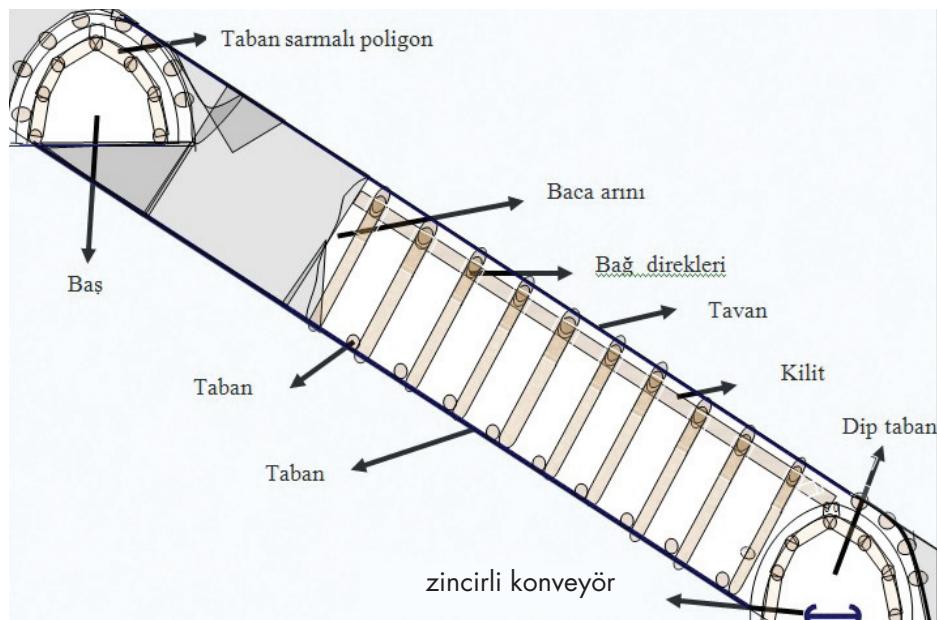
- Sarmalar yan yana konulmalı ve çatallar aynı sırada olmalıdır.
- Sarma uçları birbirini 20-30 cm geçmeli ve birbirine temas etmiş olmalıdır.
- Sarmalar en fazla 80-100 cm aralıklarla konulmalıdır.
- Yeri açılan sarma derhal kaldırılmalıdır.

10- Madeni Tahkimatlı Ayaklar-Sürtünmeli Demir Direkli Ayaklar;

- Demir tahkimatlı ayaklarda sarmalar en fazla 80 cm aralıklarla arına dik olarak konulur. Domuzdamı kullanma zorunluluğu yoktur.
- Tavanda kömür kaldığı takdirde sarmalar özellikle baş ve kuyruk kısımları üzerinde boşluk kalmayacak şekilde kamalar ve demir direkler(sürtünmeli-hidrolik) tavana iyice sıkıştırılır.
- Ayarlı demir direklerin pimleri hiçbir şekilde göçüge doğru sıkıştırılmaz.
- Ayağın herhangi bir kısmı tek sarma veya tek direk üzerinde bırakılamaz, sarmalar özelliklerine göre kama, pim veya papuçlarla birbirlerine bağlanır.
- Kömür pulluğu çalıştırılan ayaklarda tercihen madeni tahkimat yapılır. Sarmalar arasındaki aralık 60 santimetreden fazla olamaz. Sarmalar şeş-beş olarak atılır. Ayak ilerledikçe çalışmaya engel olmayacak şekilde direk yeri açılan sarmaların direkleri vakit kaybetmeden vurulur.
- Kazıcı ve yükleyici makineleri çeken motorlar daima bir gerdirme demirine bağlanır. Gerdirme demiri tahkimattan ayrı ve özel olarak takım edilip sağlam bir şekilde tespit edilir.
- Kazıcı makineler çalıştırılan ayaklarda kullanılan iticiler ayak tahkimatına dayatılmayıp ayrıca tespit edilirler.

11- Hidrolik Tahkimatlı Ayaklar;

- Yetkili otorite tarafından onaylanmamış hiçbir hidrolik tahkimat yeraltında kullanılamaz.
- Hidrolik tahkimat onaylanmadan kullanım yeri ile ilgili bazı özel testlerden geçirilmeli ve sertifikası bulunmalıdır.
- Hidrolik tahkimat ve bununla ilgili işlerde çalıştırılacak personel özel eğitimden geçirilir.



**Şekil 5**

### 1.2.3. Tahkimat Sonrasında Alınacak Önlemler

Açılan bir galerinin etrafındaki gerilmeler bir denge konumuna gelinceye kadar düşey ve yatay hareketler bir süre devam eder. Bu deformasyonlar sonucu demir bağlar hasar görebilir ve galeride göçükler meydana gelebilir. Bu durumda;

Tamir edilen bağlar mümkün olduğunda eski bağlar ile aynı yükseklikte olmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda bağ tabana mümkün olduğunda sıkıştırılmalıdır. Kırık boyunduruk değiştirilirken üstü kamalanmalı ve yan direklere süren sürülmelidir. Tamir edilen bağın üzerindeki boşluklar ahşap malzeme ile takvim edilerek doldurulmalıdır.

# 2

## ■ 2. NAKLİYAT

Nakliyat, hareket sistemi ve taşıyıcı güçe göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Raylı sistem
- Lokomotif ve maden arabaları
- Vinç-sonsuz halat
- Vinç-varagel
- Monoray
- Sonsuz halat makaralı
- Bant konveyörler
- Zincirli konveyörler
- Bant-sonsuz halat
- Tekerlekli sistem
- Lastik tekerlekli taşıyıcılar (kamyon, loder)
- Paletli taşıyıcılar

### 2.1. Çelik Halat Sistemi İle Taşıma

**Varagel:** Bu sistemde dolu vagonların bir düzlem boyunca inmesi esnasında boş vagonlar yukarı taşınmaktadır. Sistemin kurulmasında eğim derecesi ve durumu, vagon ve yük taşıma miktarı ve fren sistemi önemli faktörlerdir.

**Motor Sistemli (Vinçli) Nakliyat:** Varagel sisteminin tersidir. Yalnız bir nakliyat yolu vardır. Çift tamburlu ve çift yollu olabilir. Bu sistemde motor, yüklü vagonları aşağıdan yukarıya çekerek malzeme taşıma işlemini görmektedir.

**Sonsuz Çelik Halat ile Nakliyat:** Bu sistemde tek bir çelik halat bulunmaktadır. Saatte yaklaşık 3-6 km hızla devrede dolaşmaktadır. En çok 15° eğimli yollarda kullanılabilir. Sistemin bir ucunda bir elektrik motoru, diğer ucunda ise bunun sisteme aktarılmasını sağlayan tambur vardır. Düşük hız nedeniyle işletme ve bakım masrafları azdır, kaza ihtimali düşüktür. Düzenli bir vagon akışı ve yük taşınmasını sağlar.

**Ana ve Kuyruk Çelik Halat Nakliyatı:** Bu sistem varageller gibi hareket eder. Ana halat doluları bir yöne, kuyruk halat ise diğer yöne çeker. Sistem çift tambur veya iki vinç ile çalışır. Dik meyilli galerilerde ve kuyularda kullanılabilir. Asansör tipine göre genel olarak kafes ve skip sistemi olarak sınıflandırılır. Kafes sisteminde daha çok insan nakli yapılrken skip sisteminde hem insan hem de malzeme nakli yapılabilir.

**Havai Hatlar Sistemi-Teleferik:** Özellikle topografik olarak ulaşımın zor olduğu yerlerde kullanılır. Tek veya çift çelik halatlı olabilir. Halatların birine kovalar bağlanır, diğerine ise sallanmayı önlemek için sürtünme halatı bağlanarak emniyet sağlanır. Taşıyıcı halat sonsuz çelik kablo olarak hareket ettirilir.

**Kuli-Kar (Tabana Monteli Taşıma Sistemi):** Tahrik ünitesi yerüstünde olmak üzere özellikle mekanize panolarda kuyruk yolu sonuna kadar çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem mekanize ocaklarda montaj sırasında tüm ayak ekipmanlarının taşınması ve üretim sırasında malzeme ve insan nakli için kullanılmaktadır.

**Monoray (Tavana Monteli Taşıma Sistemi) :** Tahrik ünitesi hem yeraltıda hem yerüstünde olacak şekilde ayağa malzeme ve insan nakli yapmak için tasarlanmıştır. Özellikle mekanize ocaklarda kullanılmaktadır.

## 2.2. Lokomotif İle Taşıma

**Buharlı Lokomotifler:** Demir, kömür gibi ocaklarda ve yeryüzünde kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımı yok denecek kadar azalmıştır.

**Dizel Lokomotifler:** Üstünlükleri; güçlü, esnek, yerleştirilmesi kolay, çalışma maliyetlerinin düşük olmasıdır. En büyük zararı egzoz gazının bulunmasıdır. Dolayısıyla gazlı ve kömür tozlu ocaklarda içten yanmalı lokomotiflerin kullanılması yasaktır. Metan bulunan madenlerde özel olarak geliştirilen tipleri kullanılmaktadır.

**Akümülatörlü Lokomotifler:** Özellikle gazlı madenlerde ve havalandırma problemi olan ocaklarda kullanılmaktadır. Doğru akım ile çalışmakta ve 5-8 km/sa gibi düşük hızlarda malzeme taşımaktadır. Dezavantajları dik meyillerde ve ağır malzeme nakliyatına uygun olmamasıdır.

**Elektrikli Lokomotifler:** Uzun mesafe ve dik meyiller için idealdir. İki türlü elektrik kablosu gerekmektedir. Kablolardan bir tanesi raylar boyunca, ikincisi ise galeri tavanı boyunca bulunmaktadır.

**Basınçlı Havalı Lokomotifler:** Gazlı ocaklar için ideal bir nakliyat sistemidir. Dezavantajı maliyetinin yüksek olması ve basınçlı hava teminidir. 55-68 atm basınçlı hava kullanıldığından çalışma sırasında meydana gelen toz nedeniyle kullanışız duruma gelmiştir.

### 2.3. Konveyör İle Taşıma

**Zincirli Konveyör Nakliyatı:** Bu sistemde, bir oluk içine zincir yerleştirilmesi ve bu zincirin hareket ettirilmesi ile oluk boyunca malzemenin taşınmasıyla nakliyat gerçekleştirilmektedir. Eğimin 10° 'den az olduğu yerlerde ve ağır çalışma koşullarında rahatlıkla uygulanmaktadır. Zincir bir makara üzerinde sonsuz halat gibi hareket etmektedir. Özellikle ayaktaki üretimi ana galerilere taşımak için kullanılmaktadır.

**Bant Konveyör ile Nakliyat:** En önemli avantajları; gürültüsüz, yüksek kapasiteli ve 20° 'ye kadar eğimlerde iki yönlü olarak nakliyat yapabilmesidir. Sonsuz halat gibi kesintisiz olarak çalışmaktadır. Uzun ayak madenciliğinde ve büyük yerüstü maden işletmelerinde en iyi nakliyat aracıdır.

### 2.4. Ocak Nakliyatında Alınacak Önlemler

1- Kuyularda tel kafesli sistem bulunuyorsa insan ve malzeme taşıması ayrı ayrı yapılmalıdır. İki kafesli taşıma sistemi bulunan kuyularda kafesin birinde insan, diğerinde ise malzeme taşınmalıdır.

2- Otomatik hız ayarlama tertibatı bulunan kuyu taşıma sistemlerinde insan taşımasındaki hız saniyede 12 metreyi, otomatik hız ayarlama tertibatı bulunmayanlarda ise hız saniyede 6 metreyi geçmemelidir.

3- İnsan taşımasındaki en ağır yük malzeme taşımasındaki en ağır yükün % 75'ini geçmemelidir.

4- İnsan taşımasında kullanılan kafeslerin kapıları; dışarı açılmayacak, kafes dışına bir şey taşmayacak, kendiliğinden açılmayacak ve kilit tertibatları dış tarafta olacak şekilde yapılmalıdır.

5- Mekanik araçlarla işçi taşımacılığında, inip binilen yerler iyice aydınlatılmalıdır.

6- Bant konveyörlerle işçi taşımasında; işçi taşıma bantları işverence belirlenmeli, inip binme yerlerine uygun platformlar yapılmalı, bant boyunca binme yerlerine olan uzaklık levhalarla gösterilmeli ve bantla işçi taşımacılığında uyulması gereken kurallar belirlenerek binme ve inme yerlerine asılmalıdır.

7- İşçilerin cevher ve malzeme nakil vasıtaları ile taşınmalarına izin verilmemelidir.

8- İşçilerin gidiş ve gelişlerine yarayan ve eğimleri 25-45 derece arası olan yollarda zemine basamaklar yapılmalı veya merdiven koyulmalı ve bunların uzunluğunda halattan veya tahtadan korkuluk bulundurulmalıdır.

Eğim 45°yi geçtiği takdirde merdiven ve en az her 25 metrede bir yarımkapak, eğim 70°yi geçerse en az her 10 metrede bir dinlenme sahanlığı yapılmalıdır.

9- Ana ihraç kuyularında; kafesler, kayıtlar, molet, şövelman halat ve bağlantıları, vinç ve bağlantıları vb. tüm sistemler sağlam ve yeterli dayanıklılıkta olmalıdır.

10-Kuyularda rösette kafes kapıları, kafes yerine oturuncaya kadar insan gücü ile veya kendiliğinden açılılmamalıdır.

11-Ana yollarda mekanik araçlarla yapılan nakliyatta arabaların kancalandığı ve kancalarının çözüldüğü yollar eğimsiz olmalıdır. Kancalama yerlerinde vagonlar ile yan duvarlar arasında en az 60 cm'lik serbest kısım bulunmalıdır.

12-Nakliyatın gerçekleştirildiği yollarda galeri tabanından 180 cm yüksekliğe kadar araçlarla galeri yan duvarlarından birisi arasında en az 60 cm yaya yolu bırakılmalıdır.

13- Arabaların yoldan çıkması, kayması, devrilmesi vb. olayların önlenmesi için yollar bakımlı ve sağlam olmalıdır.

14- Arabaları kancalama ve kanca çözümlerinde sıkışma ve ezilmeleri önlemek için en az 10 cm. tampon çıktıları olmalıdır.

Alçak galerilerde arabaları elleri ile itmeye mecbur olan işçilerin ellerini korumak için bu arabalara, kulp ve benzeri uygun tertibat yapılmalıdır.

15- El ile yapılan nakliyatta araba süren her işçinin birer lamba taşıması, yolun %0,5'ten fazla eğimli olmaması ve iki araba arasında mesafenin 15 metreden az olmaması gereklidir.

Lokomotiflerin önünde beyaz veya sarı, katarların son arabalarında kırmızı bir işaret lambası bulunmalıdır.

16- Halatla yapılan taşımalarda, hareket halinde iken arabaları kancalamak ve kancalarını çözmek yasaktır. Varagel diplerinde boş araba beklenirken halatın boşta kalan kancası sağlam tespit edilmiş bir halkaya takılmalıdır.

Bütün varagel ve vinç başlarında ve ara katlarda arabaların kaçmasına engel olacak karakol veya durdurucu bir düzen kurulmalıdır.

17- Arızalı taşıma araçları servise verilmemelidir.

18- Malzeme ve cevher taşınan mekanik araçlara insan binmesinin yasak olduğu işaretlerle belirtilmelidir.

19- Bant ve zincirli konveyörler, makiniste haber vermek üzere, işaretleşme araçları ile veya herhangi bir noktada durdurmak amacıyla bir durdurucu düzende donatılmalıdır.

20- Konveyörler, altlarında, üstlerinde ve her iki yanlarında uygun, serbest bir alan kalacak ve tahkimata sürtünmeyecek, taşıyıcı araçla yan duvarlardan biri arasında en az 60 cm genişlikte, her türlü engelden arınmış bir geçit bırakılacak biçimde yerleştirilmelidir.

21- Konveyörlerin tehlikeli kısımları, özellikle baş ve kuyruk tamburları uygun ve güvenli bir koruyucu altında bulundurulmalıdır.

22- Kuyu başlarında, rösetlerde ve vinç dairelerinde insan nakliyatı sırasında kullanılmak üzere yedek aydınlatma araçları bulundurulmalıdır.

# 3

## ■ 3. HAVALANDIRMA

Yeraltıda bulunan doğal kaynakları yeryüzüne çıkarmanın ilk koşulu, yeraltındaki çalışma yerlerinde güvenli ve rahat çalışma koşullarının oluşturulmasıdır. Bu da ancak yeterli miktardaki temiz havayı yeraltına göndermekle sağlanmaktadır. Bu işleme "madenlerde havalandırma" adı verilmektedir.

Madenlerde yapılan hazırlık ve üretim çalışmaları sırasında yeraltına gönderilen temiz hava; cevher, kömür damarı ve çevre kayaçları içerisinde bulunan zararlı gazlar ile birlikte cevher ve kömürün oksidasyonu sonucu ocak havasına karışan gazlar ve oluşan tozlar nedeniyle kirlenmektedir. Ayrıca yer altı çalışanlarının solunumu, patlayıcı maddelerin kullanımı ve kullanılan makinelerin çalışması sonucunda ocak havasındaki oksijen miktarı azalmaktadır. Bunun yanında derin ocaklılardaki yüksek sıcaklık ve nem de çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Ocak havası içinde bulunması mümkün olan zehirli ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ , vb.), patlayıcı ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ , vb.), boğucu ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , vb.) gazlar; patlayıcı (kömür tozu) ve sağlığa zararlı olan ocak tozları yeraltında tehlikeli çalışma ortamı oluştururlar.

Bu olumsuzlukları gidermek ve gerekli oksijeni sağlamak amacıyla yeterli miktarda temiz havanın yeraltına gönderilmesi ve bu işlem yerine getirilirken düzenli hava ölçümünün yapılarak ocak havasının sürekli olarak kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Ocak havalandırılmasının amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Gerekli oksijenin sağlanması (solunum, emniyet lambası, dizel vb.),

- Tehlikeli gazların izin verilebilir oranlarda tutulması ve ocaktan atılması,
- Toz miktarının belirli bir seviyenin altında tutulması,
- Derin ocaklarda sıcaklığın azaltılması,
- Nemli ocaklarda ocak havasının nemliliğinin azaltılması
- Açık alevli lambalar ve motorlar için oksijen ihtiyacının karşılanması

Yeraltına hava gönderme, mekanik ve doğal olmak üzere iki şekilde sağlanır.

Mekanik havalandırma üfleyici veya emici pervaneler kullanılarak yapılır. Doğal havalandırma ise hava giriş ve çıkış kuyu veya galerilerinde hava yoğunluğunun farklı olmasının yarattığı basınç farkı nedeniyle oluşur.

### **3.1. Havalandırmada Temel İlke**

Havalandırmada temel ilke, temiz havayı en alt kota indirmek ve oradan dağıtmak, yeterli miktarda temiz havayı ocağa göndermektir. Havanın uzun mesafeler katetmesi önlenmelidir. Ana hava akımından etkilenmeyen yerler tali havalandırma ile havalandırılmalıdır. Tali pervanelere kısa devre yaptırılmamalıdır. Havalandırılmayan yerler insan girmeyecek şekilde kapatılmalıdır.

### **3.2. Ocak Ölçümleri**

Ocak havasını havalandırma açısından kontrol altında tutabilmek veya şebeke analizi yapabilmek için ocakta değişik ölçüler yapılır. Bunlar; basınç ve basınç düşmesi, hava akım hızı ile sıcaklık ve yükseklik ölçümleri olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Bu ölçüler için barometre, anemometre, termometre, altimetre vb. cihazlar kullanılmaktadır.

#### **3.2.1. Hız Ölçüm Aletleri**

Ocak havalandırmasında yeraltına ve çalışma yerlerine gönderilen hava miktarının gerçek değerinin bilinmesi çok önemlidir. Hava miktarı hava hızının ölçülmesi ile hesaplanır. Hız ile kesit alanının çarpımı, o kesitten birim zamanda geçen hava miktarını verir.

Yeraltında hava hızının gerekli hava hızından çok fazla ya da az olması yeraltında çalışanlar ve ocak için tehlikeli sonuçların doğmasına yol açmaktadır. Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde Ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzüğün 161'inci maddesine göre insan ve malzeme taşınmasında kullanılan kuyularda, galerilerde, ana nefeslik yollarında, eğimli ve düz yollarda hava hızı saniyede 8 metreden fazla olamaz.

Hava hızı kavramından genellikle ortalama hava hızı anlaşılmaktadır ve hava miktarının hesaplanması sırasında bu ortalama hız kullanılmaktadır. Hava hız ölçüm yöntemleri "yaklaşık ölçüm yöntemleri" ve "gerçek ölçüm yöntemleri" olmak üzere iki grupta toplanabilir.

Yaklaşık ölçü yöntemleri ile yapılan hız ölçümleri hava hızının çok düşük olduğu yerlerde kullanılır, koku ve dumandan faydalananır. Ara uzaklıği önceden bilinen iki noktanın, hava giriş tarafından koku verici bir gaz (örn. amonyak) veya duman havaya verildiğinde, ikinci noktada bekleyen şahıs kronometreyi çalıştırır. Kokuyu hissettiğinde ya da duman yanına geldiğinde kronometreyi durdurur. Noktalar arasındaki uzaklığın ölçülen zamana bölünmesiyle hava hızı hesaplanır. Bu yöntem gerçek ölçü yöntemleriyle karşılaştırıldığında güvenilir bir yöntem değildir. Gerçek ölçü yöntemleriyle yapılan hız ölçümleri sırasında aşağıdaki aletler kullanılır.

## 1. Anemometre

Genellikle 8 adet hafif ve düz kanat ile bu kanatların monte edildiği yatay bir mil, dişli sistemi ve gösterge tablosundan meydana gelir. Kanatlar, dişli sistemi vasıtasyyla kendi devrini gösteren bir sayıcı mekanizmayı çalıştırır. Belirli bir zaman aralığı içindeki dönme sayısının tespiti ile hava hızı ölçülür. Anemometreler, genellikle orta ve yüksek hava hızlarını ölçmek için kullanılırlar. Ölçme kapasiteleri 50 m/sn'ye kadar çıkabilmektedir.

Anemometreler ile yapılan ölçümlerin kalibre edilebilmeleri için üretici firma tarafından hazırlanmış kalibrasyon eğrileri kullanılmaktadır. Kalibrasyon eğrisi bulunmayan bir anemometre, kalibrasyon eğrisi bulunan bir kontrol anemometresi ile ayarlanabilir. *Ocak içerisinde farklı hava hızları olan iki veya üç yer seçilir. Bu noktalarda kesit tayini yapıldıktan sonra kontrol anemometresi ve ayarı yapılacak anemometre ile aynı noktalarda üç hız ölçümü yapılır. Kontrol anemometresi ile ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu değerlere göre grafikler veya düzeltme çizelgesi hazırlanır.*

## 2. Velometre

Çok hassas olan bu aletle 0.5 m/sn'ye kadar olan hava hızları ölçülebilir. Alet üzerinde hava akımına maruz kaldığında sapma yapan bir kanat vardır. Kanadın ağırlığı sabit olduğundan sapmanın miktarı, kanada çarpan hava akımı momentinin değişme miktarına bağlıdır. Kanat, özel olarak şekillendirilmiş bir hücreye yerleştirilmiştir. Alet hız okumalarını direkt olarak verir ve 0-600 m/dk. arasındaki hız değerlerini ölçübilecek şekilde ayarlanabilir.

## 3. Katatermometre

Katatermometre, havanın soğutma gücünü, nem içeriğini ve hızını bulmak için kullanılan bir alkol termometresidir. Gösterge üzerinde 95 °F ve 100 °F'yi gösteren işaretler vardır. Kullanım sırasında alet sıcak su içerisinde batırılarak alkol seviyesi 100 °F'yi gelinceye kadar beklenir. Sonra termometre hava akımı içinde asılı olarak tutulur ve alkol seviyesinin 95 °F'a düşmesi için geçen zaman ölçülür. Her katatermometrenin, üretici firma tarafından belirlenmiş bir "kata faktörü" vardır. Kata faktörü, 5 °F'lik düşme sırasında açığa çıkan ısının termometre haznesinin yüzey alanına oranıdır. Katatermometre ile hava hızını bulmak için havanın kuru sıcaklığı ölçülür ve alet için hazırlanmış grafik kullanılarak hava hızı bulunur.

#### **4. Pitot Tüpü**

Ocak içinde çok yüksek hız ölçümlerinde pitot tüp-manometre düzeni kullanılmaktadır. Pitot tüpü iç içe geçmiş iki borudan oluşur. Paslanmaz çelikten yapılan pitot tüpü "L" şeklinde olup içteki tüpün her iki ucu da açıktır. Dıştaki ucun bir ucu kapalıdır ve kapalı olan uç üzerinde 1 mm. çaplı 7 adet delik bulunmaktadır. Pitot tüpünün hava akım yönüne tutulması ile dış boruda statik basınç, iç boruda ise hem statik hem de hava hızının meydana getirdiği toplam basınç meydana gelir. Hız basıncı eşitliğinden (formülünden) faydalananarak hava hızı hesaplanır.

#### **3.2.2. Hız Ölçüm Yöntemleri**

Ocak içindeki yollarda ortalama hava hızını bulmak için yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır.

##### **3.2.2.1. Tek Nokta Yöntemi**

En hızlı ve en basit ölçme yöntemidir. En yüksek hızın galeri kesitinin merkezinde olduğu varsayımdan hareketle hava yolunun ortasında hız ölçümü yapılır ve ölçülen değer 0,8 ile çarpılır.

$$V_{\text{ort}} = 0,8 \times V$$

$V_{\text{ort}}$  : Ortalama hava hızı, m/sn

$V$  : Ölçülen hava hızı, m/sn

##### **3.2.2.2. Çok Noktalı Ölçüm Yöntemi**

Bu yöntem, tek nokta yöntemine göre daha hassas sonuçlar verir. Ölçümler sırasında hava yolu kesit alanı eşit parçalara bölünür ve her parçanın merkezinde hız ölçümü yapılır. Kesitteki ortalama hız aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$V_{\text{ort}} = 1/s \left( \sum_{i=1}^n S_i V_i \right)$$

$S_i$  :  $i$ 'nci parçanın alanı,  $m^2$

$V_i$  :  $i$ 'nci parçada ölçülen hız, m/sn

$S$  : Hava yolu kesit alanı,  $m^2$

$n$  : Küçük parça sayısı

### **3.2.2.3. Dolaştırma Yöntemi**

Anemometre ile hız ölçümü yapılan bu yöntem, ocaklarda en çok kullanılan ve anında sonuç veren bir hız ölçüm yöntemidir. Anemometre 1 dakika süre ile kesit içerisinde yavaş ve düzenli bir şekilde gezdirilir. 1 dakikalık süre sonunda anemometreden okunan değer, hava yolundan geçen havanın ortalama hızıdır.

Hız ölçümleri sırasında aşağıda belirtilen noktalara dikkat edilmelidir.

- Ölçme işlemi hava yolunun düz olan bir yerinde yapılmalıdır.
- Kullanılan anemometre kalibre edilmiş olmalıdır.
- Anemometre ayarının yapıldığı yerdeki hava yoğunluğu ile ölçüm yapılan yerdeki hava yoğunluğu birbirine yakın olmalıdır.
- Anemometre üzerine gelen hava hızı değişkenlik göstermemelidir. (Bunu sağlamak için ölçüm yapılan hava yolu çapının, anemometre çapından en az altı kat büyük olması gereklidir.)
- Ölçüm almadan önce anemometre kanatlarının dönüş hızının belirli bir seviyeye ulaşabilmesi için bir süre beklenmelidir.
- Anemometre yüzeyi hava akış yönüne dik tutulmalıdır.
- Her yer için en az 2 veya 3 ölçme yapılmalıdır.
- Ölçümü yapan kişi kesit alanı daraltacağından, hız ölçümlerinin bir doğrultman katsayısı ile çarpılarak düzeltilmesi gerekmektedir. Kesit alanına bağlı olarak kullanılacak olan doğrultman katsayıları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 1**

<b>Havayolu Kesit Alanı (<math>m^2</math>)</b>	<b>Doğrultman Katsayısı</b>
8	0,950
7	0,943
6	0,937
5	0,920
4	0,900
3	0,867
2	0,800

### **3.2.3. Sıcaklık Ölçüm Aletleri**

Ocak havasının sıcaklığını ölçmek için civalı termometre kullanılmaktadır. Termometreler çarpmalara ve darbelere maruz kaldıklarında kırılmamaları için metal koruyucu içerisine yerleştirilmiştir. Termometrelerin ölçü bölümleri  $0,2\text{--}0,5\ ^\circ\text{C}$  hassasiyetle okuma yapacak şekilde düzenlenmiştir.

### **3.2.4. Nem Ölçüm Aletleri**

Ocaklarda havanın nem içeriğini belirlemek için havanın kuru ve yaş sıcaklığının bilinmesi gerekmektedir. Kuru ve nemli sıcaklık arasındaki fark havanın nem içeriğinin bir göstergesidir. Havanın nem içeriği saç higrometresi, psikrometre, otomatik nem ölçerler ile ölçülmektedir.

### **3.2.5. Basınç Ölçüm Aletleri**

Havanın birim alana uyguladığı kuvvet basınç olarak tanımlanmakta ve mmHg veya mmSS ile ölçülmektedir.

## **3.3. Havalandırma Yönetimi**

Ocağa gönderilen hava, yolların direncine bağlı olarak doğal bir dağılım gösterir. Bununla birlikte bu dağılım istenen havalandırma şartlarını sağlamaktan uzaktır. Farklı ocak kesimlerinde, gerçekleştirilen işlere bağlı olarak ihtiyaç duyulan hava miktarları da farklılık göstermektedir. Ocağa gönderilen havanın bu ihtiyaçlara uygun olarak dağıtılması ve yönlendirilmesi gerekmektedir.

İyi bir havalandırma organizasyonu için aşağıdaki unsurların bilinmesi gereklidir;

- Ocak yollarının direnç özellikleri,
- Ana aspiratör karakteristikleri,
- Ocağın gaz yayılım özellikleri,
- Kömür damarlarının kendiliğinden yanmaya karşı eğilimli olup olmadığı,
- Ocağın tozluluk durumu.

### **Havalandırma Şebekelerinin Bilgisayarla Analizi**

Yer altı ocak havalandırma şebekeleri birbirine bağlı hava yollarından oluşan kapalı ve karmaşık bir sistemdir. Bu sistemin herhangi bir noktasındaki bir değişiklik diğer noktalarda çok farklı etkiler yapabilmektedir. Ocakta hazırlık galerilerinin sürülmesi, yeni havalandırma yollarının açılması, bazı ocak kesimleri ve üretim panolarının işletmeye kapatılması veya yenilerinin açılması, vantilatör yerlerinin değiştirilmesi ve benzeri haller karşısında dirençlerde ortaya çıkan farklılıklar hava dağılımına etki eder. Bu konuların ne gibi bir sonuç yaratacağının önceden bilinmesi sayısız yararlar sağlar.

Diğer taraftan yer altı üretim katlarının gittikçe derinlere inmesi ve karmaşıklAŞMASI havalandırma maliyetlerini artırmaktadır. Bu maliyetlerin en alt düzeye indirilmesi ancak mekanik yolla sağlanan hava akımının daha ekonomik kullanımıyla elde edilebilir.

Bu amaçların gerçekleştirilebilmesine yönelik olarak çeşitli bilgisayar programları mevcuttur. Bu programların istediği; aspiratör verileri, ocağın yollarındaki ve kavşaklarındaki direnç, sıcaklık, basınç vb. bilgileri girilerek ocak havalandırma şebekesinin bilgisayarda bir benzetişimi yapılmaktadır. Bu şekilde, yapılacak değişikliklerin sonuçları bilgisayarlardan çok kısa süreler içinde elde edilebilmektedir.

## **3.4. Havalandırma Sistemleri**

### **3.4.1. Doğal Havalandırma Basıncının Oluşumu**

Doğal havalandırma basıncı giriş ve çıkış hava yoğunluğunun farklı olması nedeniyle oluşur. Ocağın giriş ve çıkış kuyu ve galerilerinde hava yoğunluğunun aynı olmaması sonucu oluşan basıncın farkının ocak içerisinde oluşturduğu hava akımı olarak tanımlanır. Soğuk hava yoğunluğunun sıcak havaya göre daha fazla olması, soğuk hava kolunun sıcak hava koluna oranla daha ağır olmasına neden olacaktır. Ağır hava sütunu, bileşik kaplar esasına göre aşağıya doğru harekete geçecektir. Bu hareketin devamlılığı ise ocağın doğal olarak havalandırılmasını sağlayacaktır.

Ocağın hava giriş ve çıkış kuyu kotları aynı olduğunda normal koşullarda doğal havalandırma söz konusu değildir.

Doğal havalandırmada havanın yönü yaz ve kış aylarında farklı yönlerde oluşmaktadır. Özellikle derin ocklarda doğal havalandırma basıncı önem kazanmaktadır. Bu nedenle ocak işletmeye başlamadan, proje aşamasında doğal havalandırma dikkate alınmalıdır.

### **3.4.2. Suni havalandırma**

Doğal havalandırma esnasında sıcaklık farkından dolayı havalandırma akımının yön değiştirmesi ocak havalandırmasını olumsuz etkiler. Bu nedenle özellikle kömür ocaklarının suni olarak havalandırılması gerekmektedir.

En dip kota indirilen temiz hava bütün ocağı dolaşarak nefesliklerden yukarı çıkar ve pervaneler tarafından emilerek dışarı atılır. Genellikle ana havalandırma emici (aspiratör), tali havalandırma pervaneleri ise (vantilatör) üfleyicidir.

### **3.4.3. Seri/Paralel Havalandırma**

Seri havalandırma, havanın hiçbir kola ayrılmadan birbirini takip eden panoları dolaşması halidir. Grizulu ocklarda seri havalandırma sakincalıdır. Paralel havalandırmada her panodan temiz hava geçer.

### **3.4.4. Tali Havalandırma**

Tali havalandırma, lağım, başyükarı gibi diğer bir çalışma yeri ile irtibatı olmayan, ana pervane ile hava gönderilemeyen yerlerin havalandırılması olarak tanımlanabilir. Üfleyici ve emici olmak üzere iki farklı şekilde yapılır.

#### **3.4.4.1. Üfleyici Havalandırma**

Bu sistemde hava, üfleyici bir pervane ile hava boruları veya vantüpler içerisinde arına gönderilmekte, kirli hava ise tüm galeri kesiti içinden geri dönmektedir. Bu sistemin avantajları:

- Çalışma yerine doğrudan temiz ve serin hava gelmektedir.
- Hava borusu elastik malzemeden olabilmektedir.
- Arın daha iyi ve çabuk havalandırılmaktadır.

Dezavantajları ise:

- Arın gerisi galeri içi iyi havalandırılamamaktadır.
- Galeri kesitindeki düşük havalandırma hızı nedeniyle ateşleme sonrası oluşan zararlı gaz ve tozlar ocak ortamında daha fazla alanda ve sürede etkili olmaktadır.
- Arındaki yüksek hava hızı işçi sağlığı açısından iyi olmamaktadır.

#### **3.4.4.2. Emici Havalandırma**

Bu yöntemde arındaki kirli hava emilerek borularla çalışma yerlerinden uzaklaştırılmaktadır. Temiz hava ise oluşturulan alçak basınç nedeniyle galeri kesiti içinden arına kadar gelmektedir. Avantajları;

- Toz ve gaz çalışma yerinden anında uzaklaştırılmaktadır.
- Arın gerisinde galeri içinde hava daima temiz durumda bulunmaktadır.

#### **3.4.5. Sıcaklık**

5-25 °C Normal çalışma	25-30 °C Ağır işlerde durgunluk verir
30-32 °C Normal işlerde zorluk verir	32-35 °C Durgun havada çalışmaz
35 °C den sonra normal işte ancak 30 dakika çalışılabilir.	

#### **3.4.6. Gerekli Hava Miktarı**

Havalandırma işleminde çalışma yerlerine gönderilmesi gereken hava miktarı değişik gereksinimler için hesap edilmelidir. Bunlar;

- Solunum,
- Kullanılan patlayıcı madde miktarı,
- Ocağa yayılan gaz miktarıdır.

Solunum için gerekli hava miktarları her bir işçi için şu değerlerdir.

Grizu miktarı çok az olan ocaklarda : 1-2 m<sup>3</sup>/dak

Grizu miktarı orta seviyede olan ocaklarda : 3-6 m<sup>3</sup>/dak

Grizu miktarı yüksek seviyeli ocaklarda : 20-25 m<sup>3</sup>/dak

#### **3.4.7. Hava Ölçme İstasyonları**

Hava ölçme istasyonları;

1. Hava giriş ve çıkışını ayıran kısımlarda, havanın ikiye ayrıldığı kısımlarda,
2. Tek girişle havalandırılan topuklarda, topuk hattının girişlerinde ve son rekubun sonunda,
3. Uzun ayakların alt taban yolu girişinde,
4. Her çalışma yeri için hava giriş yerinde tesis edilmelidir.

### 3.5. Ocak Havası

Ocak havası, atmosferik hava ile ocakta bulunan gazlar ve bunların karışımından oluşur. Yerüstünden ocağa girerek işyerlerine ulaşan havaya "giriş havası", çalışma yerlerinde kirlenerek ocağı terk eden havaya da "dönüş havası" denilmektedir. Bu nedenle ocak havası temiz ve kirli hava olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Ocaklıarda henüz kirlenmemiş olan temiz havanın yerüstündeki atmosferik hava ile aynı bileşende olduğu kabul edilir. Temiz ocak havasını oluşturan gazlar hacimce;

% 78,09 azot,  $N_2$ ,

% 20,95 oksijen,  $O_2$ ,

% 0,03 karbondioksit,  $CO_2$ ,

% 0,93 argon, neon, kripton, xenon, helyum, hidrojen ve ozondur.

Ayrıca daima ve değişen miktarlarda da su buharı bulunur. Havadaki su buharı içeriği hacimce % 1 civarındadır, fakat  $N_2/O_2$  oranını etkilemez.

Yeraltına gönderilen temiz hava, işyeri çevresindeki cevher, kömür ve kayaç ortamından gelen zararlı gazlar ile birlikte, cevher ile kömürün oksidasyonu sonucu ocak havasına karışan gazlar ve oluşan tozlar nedeniyle kirlenmekte, yeraltında çalışanların solunumu, delme-patlatma işlemleri ve kullanılan çeşitli makinaların çalıştırılması sonucu oksijen miktarı azalmaktadır. Bu şekilde oluşan kirli ocak havası, içерdiği kirleticilerle ve dolayısıyla taşıdığı özelliklere göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

**Pis hava :** % 20'den daha az oksijen içerir. Bu özelliğe sahip işyerlerinde çalışanlarda kısa süre içinde yorgunluk belirtileri görülür. Bu hava, boğucu özellik gösterdiginden "boğucu hava" olarak da isimlendirilebilir.

**Zehirli Hava :** Organizmayı fiziksel etkileriyle bozan ve insan hayatı için son derece tehlikeli olan gazları içeren havadır. Bu zehirli gazlar: karbonmonoksit ( $CO$ ), hidrojen sülfür ( $H_2S$ ), azot oksitleri ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_3$  ve diğerleri), kükürt dioksit ( $SO_2$ ) ve radon ( $Ra$ ) gazlarıdır.

**Patlayıcı Hava:**  $C_nH_{2n+2}$  genel formülü ile gösterilen metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ ), propan ( $C_3H_8$ ), bütan ( $C_4H_{10}$ ) ile hidrojen ( $H_2$ ), karbonmonoksit ( $CO$ ) gibi bütün yanıcı gazları bünyesinde bulunduran havadır. Bunların en önemlisi hidrokarbonlar ve özellikle metan olup, metan ile havanın karışımı madencilikte "grizu" olarak isimlendirilir. Yüksek patlama şiddetine sahip olduğundan madencilerin korkulu rüyasıdır.

**Tozlu Hava :** İçeriğinde taş ve/veya kömür tozu bulunan havadır. Patlayıcı ve sağlığa zararlı özelliklere sahip olabilir. Kömür tozu her iki özelliği de taşır. Taş tozu ise daha çok sağlığa zararlıdır ve genel adı "pnömomokonyoz" olan akciğer toz hastalıklarına neden olur.

### 3.5.1. Ocak Havasındaki Gazlar

#### Oksijen ( $O_2$ )

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Suda çok az çözünür. Solunum ve yanma olayları için kaçınılmaz bir gazdır.

Ocaklıarda oksijen azalmasına neden olan başlıca kaynaklar şunlardır:

- Organik (ağaç) ve inorganik(kayaç ve cevher) maddelerin oksidasyonu,
- Ocak yangınları, metan ve kömür tozu patlamaları,
- Yantaş veya kömür çatıtlarından fazla miktarda metan veya karbondioksitin ocak içine yayılması,
- Çalışanların solunumu,
- Patlamalı motorların egzoz gazları ve açık alevli lambalar.

#### Oksijen Azalmasının Fizyolojik Etkileri

- % 21–18 arasında önemli bir etki yoktur. Uzun sürede baş ağrısı görülebilir.
- % 18–14 arasında solunum sıklaşır, nabız artar, koordinasyon bozulur. (1500m yükseklikteki durum)
- % 14–9 arasında solunum sık ve kesiklidir. Bulantı ve halsizlik, kulakta uğultu ve çınlama başlar.
- % 9–5 arasında oluşan rahatsızlıklarda artma görülebilir ve kısa zamanda komaya girilir. (10000m yükseklikteki durum)
- % 5–0 arasında yaşam olanaksızdır.

Yeraltında hiç havalandırılmayan veya kötü havalandırılan yerlerde patlamalardan veya yangılardan sonra oksijen konsantrasyonu % 1-3'e düşebilir. Böyle bir ortamda solunum ani ölüme neden olur. Bu nedenle, eski üretim bölgeleri, kör bacalar vb yerler çok iyi gözlenmeli, gerekli önlemler alınmalı ve kontroller yapılmalıdır.

Oksijen konsantrasyonunun düşme nedeni, karbondioksit veya diğer gaz oranlarının artması değilse, çalışanların düşük oksijen konsantrasyonlarına alışması olasıdır. Örneğin, 4000–5000 m yükseklikte yaşayan insanların sağlıklı oldukları bilinmektedir. Normal atmosfer koşullarında ve dinlenme durumundaki bir kişi dakikada 15–20 kez soluk alır ve bu sırada 5–7 litre havayı solur. Hareket halinde veya çalışma sırasında solunan hava 20 litre/dakika'ya ve ağır çalışma durumunda 40 litre/dakika'ya ulaşabilir. Solunan hava daha önceki soluma nedeniyle bir miktar kirlenmiş olacağından, hava kirliliği nedeninin yalnız çalışanların solunumuna bağlı olduğu ocaklıarda, işçi başına temiz hava gereksinimi  $1\text{ m}^3/\text{dakika}$ 'dan az olmamalıdır.

## Oksijen Ölçüm Aletleri

1. Emniyet lambası
2. Kimyasal yöntemle oksijen ölçümü
3. Fiziksel yöntemle oksijen ölçümü
4. Elektrokimyasal yöntemle oksijen ölçümü

## Azot ( $N_2$ )

Atmosfer koşullarında atıl (inert) bir gazdır. Renksiz, kokusuz, tatsız ve havadan hafif bir gazdır. Azot yanıcı ve zehirli bir gaz olmamakla birlikte çeşitli oksitleri çok zehirli olabilmektedir. Ortamda bulunan azot gazının artması, oksijen konsantrasyonunu düşürecekinden solunum yetmezliği ve boğulmalara neden olabilmektedir.

### Ocaklardaki Azot Kaynakları

- Organik maddelerin bozuşması.
- Patlamalar (1kg nitrogliserin 135 lt azot içeren 640 lt gaz açığa çıkarır).
- Sedimentasyon sırasında oluşarak zamanla kömür ya da yantaş çatıtlarından tek başına veya metan ile birlikte ocak içine azot yayılması.
- Eski üretim bölgelerindeki oksijen eksikliği olan havanın ocak içinde yayılması.

Ocak havasının azot içeriği çok az değildir. Ancak, barajlanmış olan eski üretim bölgelerindeki azot içeriği %10–20 veya daha fazla değişiklik gösterebilir.

## Karbondioksit ( $CO_2$ )

Renksiz, hafif asit kokusu ve tadında olan bir gazdır. Havadan ağır olduğundan ocakta üretim boşuklarının taban kısımlarında toplanır. Göz, ağız ve burun mukozasını tahrip eder. Yüksek konsantrasyonlarda ( $\geq 20\%$ ) cilt üzerinde yanma etkisi gösterir.

Havadaki karbondioksit miktarı artarsa (%1 veya daha fazla) soluk alma sıklaşır. % 3'lük konsantrasyonda solunum, dinlenme durumuna oranla iki kat artar. Bu durum çalışan bir insan için ölümle sonuçlanabilecek niteliktir. % 5'lük konsantrasyonda solunum 3 kat artar ve zorlaşır. % 10'luk konsantrasyonda komaya girilir, zamanla %20–25'e ulaşan konsantrasyonda ölüm kaçınılmazdır. Karbondioksitli hava organizmayı etkilemediği için boğucu hava olarak nitelendirilir. Ocak havasında müsaade edilen maksimum  $CO_2$  konsantrasyonu % 0,5'tir.

## Ocaktaki Karbondioksit Kaynakları

- Ağaçların çürümesi: Ocak havasındaki nem ve sıcaklık bakterilerin üremesine ve dolayısıyla çürümeye neden olur. Bu sırada bol miktarda karbondioksit açığa çıkar. Bu duruma uygun yerler, hava dönüş yolları ve eski üretim bölgeleridir. Bu nedenle eski üretim bölgeleri işçilerin giremeyeceği şekilde kapatılmalıdır.
- Kömürün oksidasyonu (kendiliğinden yanma): Kömürün oksidasyonu sonucu bol miktarda karbonmonoksit ile karbondioksit oluşur. Uçucu maddesi fazla olan kömürlerde oksidasyon hızı artar. Kömürle temas eden hava kesilmez veya oluşan sıcaklık bol miktarda hava ile uzaklaştırılmazsa yangın kaçınılmazdır.
- Kömürleşme olayı: Kömürleşme sırasında bitkisel maddelerin değişmesinden bir miktar karbondioksit ve metan oluşur ve saklı kalabilir. Oluşan bu karbondioksit ve metan zamanla ocak içerisine taşınabilir. Metanın üflenerek yayılması sırasında genellikle bol miktarda karbondioksit de yayılır.
- Karbonatların ayrışması: Sülfürlü mineraller ve su oksijenle reaksiyona uğradığında sülfürik asit oluşur. Oluşan sülfürik asit kalker, magnesit, dolomit, siderit gibi kayaçları etkileyerek karbondioksit oluşmasına neden olur. Piritli cevher işletilen bazı ocaklarda günde  $1000\text{m}^3$  karbondioksit oluştuğu tespit edilmiştir.
- Volkanik olaylar: Volkanik olaylar sonucu yerüstüne ulaşamayan karbondioksit ve diğer gazlar basınç altında çatıtlardan sızarak ocaklara ulaşabilir.
- Patlatmalar: 1kg patlayıcı madde patlatıldığında  $0,5\text{m}^3$  zararlı gaz açığa çıkar ve bunun  $0,25\text{m}^3$  ü karbondioksittir.
- Çalışanların solunumu: Bir insanın soluyarak dışarı verdiği havanın yaklaşık % 4'ü karbondioksit olabilir. Bir insan saatte 50 lt veya daha fazla karbondioksit yayabilir.
- Patlıclarlı motorlar: Birim güç başına saatte 60 lt karbondioksit oluşabilir.
- Açık alevli lambalar: Saatte yaklaşık 6–7 gr petrol ürünü yakarlar ve saatte 10 lt karbondioksit oluştururlar.
- Yangınlar ve patlamalar: Ocak yangınları, metan veya metan-kömür tozu patlamaları sonucu bol miktarda karbondioksit oluşur. Yangın nedeniyle kapatılmış eski üretim bölgelerinden de, barometrik basınç değişiklikleriyle bol miktarda karbondioksit ocak havasına karışır. Bu nedenle eski üretim alanlarının çok iyi barajlanması, denge barajlarının kurulması ve havalandırmanın iyileştirilmesi gereklidir.

## Karbondioksitli Ortamda Yapılması Gerekenler:

Karbondioksit, yoğunluğunun fazla olması nedeniyle tabanda toplanır ve zor dağılır. Bu nedenle yeterince havalandırılmayan yerlerde tehlike gösterecek konsantrasyonlarda toplanabilir. Dolayısıyla sürekli olarak gözlemler, kontroller ve ölçümler yapılmalı, gerekli önlemler (sağlam barajlar, denge barajları, havalandırılmayan yerlerin kapatılması vb) alınmalıdır.

## Karbonmonoksit (CO)

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Yoğunluğunun havanın yoğunluğuna çok yakın olması nedeniyle ocak havası içinde her noktaya yayılmış şekilde bulunur. Çok düşük konsantrasyonlarda bile zehirleyici etkisi vardır. Maden yangınlarında meydana gelen ölüm olaylarının % 90'ından fazlası karbonmonoksitten kaynaklanmaktadır.

Karbonmonoksitin insanlar üzerindeki etkisi, kandaki hemoglobin ile birleşmesi ve hemoglobinin dokulara oksijen taşıma kabiliyetini felce uğratmasıyla kendini gösterir. Hemoglobinin karbonmonoksite karşı çekiciliği oksijene göre 250-300 kat fazladır. Bu nedenle solunan havada çok az karbonmonoksit ve yeterli oksijen bulunsa bile kan karbonmonoksiti absorbe eder.

Karbonmonoksitli havanın solunmasında önce baş ağrısı, baş dönmesi sonra'da bulantı ve halsizlik görülür. Daha ileri safhada (yüksek karbonmonoksit konsantrasyonu veya uzun solunum süresi) denge bozukluğu, kendini kaybetme görülür ve komaya girilir. Sonuç, felç ve ölümdür. Yapay solunum gibi çözümler yararsızdır.

Karbonmonoksit zehirlenmesinin derecesi ve hızı aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Hava içerisindeki karbonmonoksit konsantrasyonu,
- Birim zamanda solunan havanın miktarı,
- Kan dolaşımı hızı (dinlenme ve çalışma durumundaki farklılık),
- Zehirli havanın sürekli veya aralıklı solunması (örneğin sigara dumanı %5-7 oranında karbonmonoksit içerebilir. Ancak dumanın aralıklı solunması nedeniyle ciddi zehirlenme olmaz).

**Tablo 2 Karbonmonoksit Tehlike Sınırları**

Grup	Zehirlenme Derecesi	Solunum Süresi	CO konsantrasyonu (100°C ve 760 mmHg de % olarak)
1	Çok az	Birkaç saat	0,0016
2	Hafif zehirlenme	1 saat ve daha az	0,048
3	Ciddi zehirlenme	30-60 dakika	0,128
4	Ölüm	Çok kısa zaman	0,4

Hava içindeki sınır değeri 50 ppm (%0,005)'dir. 200 ppm'e ulaşıldığında tahlisiye cihazı ile çalışılır.

## Karbonmonoksit Oluşum Nedenleri:

Maden ocaklarında karbonmonoksit aşağıda belirtilen olaylar sonucu açığa çıkmaktadır ve ocak havasına karışmaktadır.

- Kömürün oksidasyonu: Kömürün oksidasyonu sonucu bol miktarda karbonmonoksit ile karbondioksit oluşur.
- Ocak yangınları ve patlamalar: Çok küçük çaptaki yangınlar bile önemli karbonmonoksit oluşumuna neden olurlar.  $1\text{m}^3$  kuru ağaçın bütün karbonu karbonmonoksitle dönüşeceğ şekilde yanarsa, 673kg veya  $570\text{m}^3$  karbonmonoksit meydana gelir. Örneğin iki direk ve bir boyunduruktan ibaret bir normal galeri bağı  $97\text{m}^3$  karbonmonoksit oluşturabilir ve  $4\text{-}5\text{m}^2$  kesitli bir galerinin 2km uzunluğu içindeki havayı zehirleyici duruma getirebilir. % 75 karbonlu 1kg kömürün yanması durumunda ise  $1,5\text{m}^3$  karbonmonoksit oluşur.

Metanın tek başına yanması (metan patlaması) sırasında karbonmonoksit oluşmaz. Ancak metanın yanması kömür tozunun bulunduğu ortamda meydana gelirse, son aşamada kömür tozu patlaması olur ve bol miktarda CO oluşur.

- Patlatma işlemi: 1kg patlayıcı madde yaklaşık olarak  $0,04\text{m}^3$  CO açığa çıkarır. Tam yanmanın olmadığı patlamalarda CO çıkışları artabilir. Kömürde yapılan patlamalar daha tehlikeli olabilir.
- Patlıcarlı motorlar: Patlıcarlı motorların egzoz gazları hacimce %3,5–7 CO içerebilir.

## Karbonmonoksitli Havadan Korunma:

Karbonmonoksiti oluşturan kaynaklar göz önünde tutularak CO oluşabilecek bölgeler ve faaliyetler titizlikle incelenmelidir. Özellikle, yanın nedeniyle kapatılmış sahaların çevresi büyük tehlike oluşturabilir. Yangın barajlarının yapımında veya sağlamlaştırılmaları sırasında ölçümler ihmali edilmemeli ve görevli ekipler CO maskelerini takmalıdır. CO konsantrasyonunun artmasını önlemek için ana ve yardımcı havalandırma sağlanmalıdır. Kömürün oksidasyonunu önlemek için hava kaçakları kontrol edilmeli ve önlenmelidir. Karbonmonoksitten korunmak için en uygun yol CO oluşumunun sürekli olarak kayıtlarının tutulmasıdır.

Ocak havasında CO varlığı saptandığında CO maskeleri takılarak ortamdan hemen uzaklaşılması gereklidir. Bu maskelerde CuO ve MnO<sub>2</sub> içeren bir katalizör tabaka vardır. Katalizör tabaka üzerinden geçen hava içindeki CO, CO<sub>2</sub> 'ye dönüşür. Bu tabaka üzerinde aynı zamanda amonyak ve H<sub>2</sub>S de tutulur. Ancak havanın neminden etkinliğini kaybeder. Hava, higroskopik bir tabakadan geçirilse bile, maskelerin kullanılması kısıtlıdır. Bu nedenle CO maskeleri çalışırken kullanmak için değil tehlikeli ortamdan uzaklaşmak için kullanılır. Maskelerin kullanım süreleri üretici firmalar tarafından belirtilmekte olup yaklaşık olarak 1 saatdir. CO maskelerinin etkinliği ortam havasına (havanın oksijen içeriğine) bağlıdır. Oksijen konsantrasyonunu %15'in altına düşüğü ortamlarda kullanılamaz. *Bu nedenle bu tür ortamlarda oksijen ferdi kurtarıcılarının kullanılması uygundur.*

## **Hidrojen ( $H_2$ )**

Renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. Çok hafif olup zayıf, parlak ve çok sıcak bir avelle yanar. %4,1-74 oranlarında patlama özelliğine sahiptir ve en tehlikeli konsantrasyonu %28,6 dır.

### **Hidrojen Oluşumu**

- Akülerin şarj edilmesi sırasında
- Kömür ve potas ocaklarında görülür. Yantaş ve kömür bünyesinde bulunur. Ani gaz püskürmelerinde  $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $N_2$  ile birlikte %84-93 oranlarında yayıldığı saptanmıştır.
- Oksidasyon sırasında ve yangınlarda ayrışma ürünü olarak oluşur.

Ocak yangınlarının su ile söndürülmesi sırasında oluşan su buharı kızgın kömür üzerinden geçtiğinde su gazı (jeneratör gazı) oluşur ve patlama olur.

Hidrojen gazının bulunduğu ortam özel olarak havalandırılmak suretiyle korunma önlemi alınabilir.

## **Hidrojen Sülfür ( $H_2S$ )**

Hidrojen sülfür, çürüklük yumurta kokusunda, renksiz, yanıcı bir gaz olup hava içerisinde % 6 oranında patlayıcı özelliğe sahiptir, ancak bu konsantrasyonda çok nadir bulunur. Suda çok kolay ve çabuk çözünür. Çok zehirlidir, göz ve solunum yollarını tahrif eder. En düşük oranlarında bile kokusundan saptanabilir. Ancak  $H_2S$ 'li ortamda sürekli olarak kalındığı takdirde burunun koku alma duyarlığı azalır. Havadan ağır olup, ocakta taban kısımlarında bulunur.

Hacimce;

% 0,01'lik konsantrasyonda birkaç saatte az etki görülür.

% 0,02'lik konsantrasyonda bir saat içinde etki görülür, ciddi tehlike yoktur.

% 0,05-0,07'de  $\frac{1}{2}$  ile 1 saat arasında önemli etki vardır ve zehirlenme olabilir.

% 0,07-0,1 arasında çok kısa zamanda ölüm olur.

% 0,1'lik ve üzerindeki konsantrasyonda ani ölüm olur.

Emniyet sınırı, 8 saatlik süre için % 0,002'dir.

### **Hidrojen Sülfürün Ocaktaki Kaynakları**

- Organik maddelerin çözünmesi, bu nedenle sulu eski üretim bölgelerine girişte çok dikkatli olmak gereklidir.
- Pirit, jips vb.nin su ile ayrışması.
- Özellikle kaya tuzu ocaklarında çatlaklıarda ve boşluklarda toplanabilir ve buralardan ocak içine yayılması çok tehlikeli olur.
- Kükürtlü gaz çıkartan volkanik kaynaklardan yayılma olabilir.
- Patlatma işlemlerinde tam olmayan patlatmalar, patlatma kablolarının yanması ve kömür damarlarındaki yanmalar.
- Nadiren de olsa metanla birlikte yayıldığı görülmüştür.

## Korunma

Suda çok kolay ve çabuk çözünme özelliği nedeniyle su birikintilerinin bulunduğu ocklarda çok dikkatli olunması gereklidir. Su birikintilerinin çevresinde gaz kokusu çıktıığında tehlikeli durumlar oluşabilir. Su birikintisine düşen bir taş veya cevher parçası veya bir direk  $H_2S$ 'in bol miktarda açığamasına ve ölümlere neden olabilir. Bu nedenle durgun su birikintilerinin oluşumuna izin verilmemelidir.

$H_2S$  olduğu bölgeden bol ve temiz hava ile taşınmalıdır. Oluşumun sürekli olduğu yerlerde su spreyi ile çöktürülmelidir.

## Kükürtdioksit ( $SO_2$ )

Renksiz, keskin ve özel kokulu bir gazdır. Havadan ağır, yanmaz, kuvvetli kükürt kokulu, tahrış edici ve boğucudur. Ocakta taban kısımlarında bulunur. Sülfürlü maddelerin yanmasından meydana gelen bu gaz gözleri, burnu, nefes borularını ve akciğerleri tahrış eder. Çok düşük konsantrasyonlarda (%0,002) bile hissedilir ve %0,05 konsantrasyonda çok kısa sürede ölüme neden olur. Ocakta izin verilen sınırı %0,0007'dir.

Sülfürlü cevherlerin veya yantaşların bulunduğu ocklarda ocak yangınları ve patlamalar sonucu oluşur. Bu nedenle özellikle pirit ocaklarında tehlike oluşturur. Patlatmalar sonucu pirit tozu oluşur ve bu toz yanabilir ve patlayabilir. Bu sırada  $H_2S$  ve  $SO_2$  oluşur. Pirit tozunun büyük yoğunluğu nedeniyle, oluşan bir patlama, kazı aynasından uzaklara ulaşamaz ancak yine de tehlikelidir.

## Korunma

Yukarıda belirtildiği gibi bir patlamanın oluşmaması için pirit ocaklarında patlatma yapılan kazı aynasında alınması gereken önlemler:

- Etkin bir havalandırma,
- Patlatma yapılmadan önce arın ve yantaşların su spreyi ile ıslatılması,
- Patlama deliklerinin ıslak kil ile iyice sıkılanması,
- Patlatma işlemlerinin vardiya sonuna kaydırılması,
- Barutçulara gaz maskelerin verilmesi.

## Azot Oksitleri ( $N_2O$ , $NO_2$ , $N_2O_2$ , $N_2O_3$ , $N_2O_4$ , $N_2O_5$ )

Azot oksitleri, maden ocklarındaki yangılardan ve patlamayan dinamitlerin yanmasıyla meydana gelen gazlardır. Bu gazlar aynı zamanda ocak içerisinde çalışan gaz, benzin ve dizel motorlardan çıkan egzoz gazlarından meydana gelebilmektedir. Azot oksitleri nitratların ve nitratlı maddelerin ayrışmaları sonucu oluşur.

$NO_2$ , ağır ve kırmızı-kahverengi renkte olup, patlayıcı madde dumanlarının karakteristik rengini verir.  $NO_2$  dışındaki tüm azot oksitleri zehirlidir. Göz, burun, ağız mukozasını, akciğer ve bronşları tahrış eder. Akciğerlerde nitrik asit oluşturduğundan yapay solunum veya temiz havanın

yararı yoktur. Bu nedenle özellikle patlatmalardan sonra çok dikkat edilmelidir. Su tarafından kolayca absorbe edildiklerinden patlatmalardan sonra uygulanacak su spreyi havalandırma süresini kısaltabilir. Diğer bir oluşum kaynağı da egzoz gazlarıdır.

$\text{NO}_2$  nin insan üzerinde oluşturduğu etkiler:

%0,006'da öksürük başlar.

%0,01–0,015 arasında kısa sürede tehlikelidir.

%0,02–0,07'de kısa sürede ölüm olayı meydana gelir.

Tehlikesiz kabul edilecek oran %0,00025 dir. Emniyet sınırı ise %0,003 tür. Azot oksitleri az miktarda solunduğunda akciğerlerde toplanır ve nitrik asit oluşturur. Etkisi bir süre sonra görülebilir. Solunduğu andan itibaren 20–30 saatlik süre sonucunda ölümlerin meydana geldiği görülmüştür. Bu nedenle azot oksitlerinin solunması kesinlikle önlenmelidir.

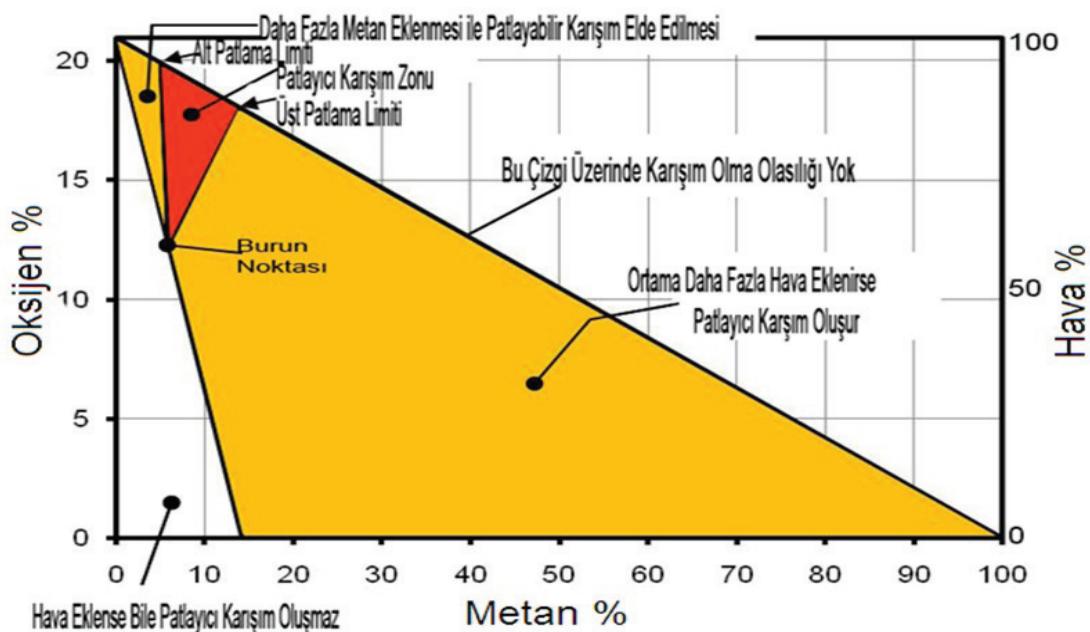
### Metan ( $\text{CH}_4$ )

$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  genel formülüyle bilinen hidrokarbonların gaz elemanlarının (metan, etan, propan ve bütan) birlikte düşünülmesi gereklidir. Ancak, çoğunlukla rastlanması ve diğerlerine yakın özellikler göstermesi, metan gazından daha fazla söz edilmesine neden olmuştur. Bu gazların bir veya daha fazlasının hava ile karışımına "grizu" denmektedir.



#### Metan Molekülü

Metan renksiz, kokusuz bir gaz olup, yoğunluğu,  $0,716 \text{ kg/m}^3$ 'tir. Havaya göre spesifik ağırlığı 0,554 olduğundan hafiftir ve tavanda toplanır. Hava içinde çok çabuk dağılır. Hava ile karışlığında tekrar ayrılma olanağı yoktur. Zehirli değildir. Dokular üzerinde bir etkisi yoktur. Ancak fazla miktarda metan bulunan havada oksijen oranı düşük kalacağından boğulma olayı görülür. Asıl tehlike metanın yanıcı ve patlayıcı olmasından ileri gelir. Tam yanma metan hava oranının  $1/11$  olduğu durumda veya %9,5 konsantrasyonda olur. Ancak yanmayı doğuran kaynağın cinsi, şiddeti ve süresi, karbondioksit ve su buharının varlığı, basınç ve galerinin şekli de etkili olduğundan tehlikeli patlama konsantrasyonu %5–15 olarak kabul edilir. Patlama için gerekli sıcaklık  $650\text{--}750^\circ\text{C}$ 'dir.



**Şekil 6**

### Havada Bulunan Metan Ve Oksijenin Hacimsel Olarak Yüzdeleri İle Patlama Riski Oluşturmasının Coward Üçgeni Üzerinde Gösterilmesi.

Metan konsantrasyonu %5'in altında ise patlama olmaz, yanar. Fakat yüksek sıcaklıkta ( $100^{\circ}\text{C}$ 'de %5,5,  $175^{\circ}\text{C}$ 'de %5,  $250^{\circ}\text{C}$ 'de %4,5,  $600^{\circ}\text{C}$ 'de %3 konsantrasyonda) patlama olabilir. %15'in üzerindeki konsantrasyonlarda, 0,53 olan yüksek özgül ısı ve oksijen azlığı (%12'nin altında) yüzünden patlama özelliği yok olur. Bu değerler metan-hava karışımına ait sınırlardır. Karışında başka yanıcı ve patlayıcı gazlar (etan, hidrojen, karbonmonoksit vb.) varsa patlama sınır değerleri değişebilir.

Metan patlamasında iki türlü etki görülür:

- 1- İleriye Şok (şiddetli dalga) : Gazın genleşmesinden dolayı olan etkidir ve patlama merkezinden uzaklara doğru yayılır.
- 2- Ters Dalga (ikincil dalga) : Oluşan vakumdan dolayı meydana gelir ve çevreden merkeze doğru yayılır.

Metan patlaması sonucunda sıcaklık, gaz konsantrasyonuna ve ortam basıncına bağlı olarak  $1850\text{--}2650^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşabilir. Patlama sonucunda önce ileriye doğru bir sıkışma olur, basınç yükselir. Dolayısıyla ters dalga olayındaki basınç daha yüksek olup hasar da daha büyktür. Bu gelişmenin başka bir sonucu olarak patlama sonucu oluşan yüksek basınç büyük hacimdeki bir havayı küçük bir hacimde sıkıştırır ve dolayısıyla bu hava içindeki metan konsantrasyonu artarak patlama sınırına ulaşır. Hem ortamın basıncı yüksek hem de ısı mevcut olduğundan ilk patlamanın ardından ikinci ve çok daha büyük bir patlamanın olması beklenebilir.

Metan alevinin rengi, (konsantrasyona bağlı olarak) maviden açık mavi ve beyaza değişir. Alevin hızı ise yanma merkezinin konumuna bağlıdır. Örneğin sürülmekte olan bir galerinin arısında oluşan patlamanın alevi girişe doğru çok daha hızlı ( $>100\text{m/s}$ ), fakat aynı galerinin girişindeki bir patlamanın alevi, arına doğu oldukça yavaş ( $0,6 \text{ m/s}$ ) hareket eder. İlk alev merkezden çevreye doğru gelişir ve bütün oksijeni yakar. Daha sonra ters dalga etkisiyle gelen oksijenle geri kalan gazlar yanar ve alev yönü merkeze doğrudur.

### Metanın Patlama Nedenleri

- 1- Patlamalar: Uygun biçimde yapılmayan patlamalar (temizleme, doldurma, sıklama, patlayıcı madde seçimi ve miktarının hesaplanmasındaki hatalar) sonucu oluşan ısı, metanı kolaylıkla patlatabilir. En önemli ve sık görülen bir kaynaktır.
- 2- Ocak yangınları ve açık alev: Ocak yangınları, kibrit, çakmak vb, kızarmış emniyet lambası kafesi metan patlamalarındaki önemli nedenlerdendir.
- 3- Elektrik arkları: Dişli kutuları, arızalı ve bakımsız elektrik şebekeleri, kısa devre vb yüksek ısı bakımından en tehlikeli kaynaklardır.
- 4- Egzoz gazları: Çok sıcak olan egzoz gazları metanı patlatabilir. Egzoz gazları soğutularak gereklili önlem alınabilir.
- 5- Taşların sürtünmesi: Tavan kırılmaları sırasında, kuvars taneleri, sürtünme sonucu kırılcım çıkartabilir ve dolayısıyla ayak arkasında tavan boşluklarında toplanmış olan metanı patlatabilir.
- 6- Metallerin taşa Sürtünmesi: Özellikle delici makine uçlarının sıkışarak ısınması önemli bir patlatma kaynağıdır.
- 7- Metalin Metale sürtünmesi: Metallerin birbirine sürtünmesi sonucu oluşan ısı önemli bir patlatma kaynağı olup sık rastlanır. Bu nedenle vantilatör kanatları alüminyumdan imal edilir ve % 6'dan fazla magnezyum içermez. Madeni direk kırılmaları da kırılcım üretebilir. Bu konuda makine donanımın hareketli metal parçalarına dikkat edilmelidir.
- 8- Statik elektrik: Basınçlı hava, pnömatik dolgu vb sistemler statik elektrik ile yüklenebilirler. Bu sistemlerin uç kısımlarından veya kaçak nedeniyle deşarj olabilirler.

### Metan Oluşumu

Bitki artıklarının durgun bir havada kömürleşmeye başlaması yani selülozun parçalanması sonucu bol miktarda metan ve karbondioksit oluşur ve kömür ile yantaşlar içinde saklı kalır. Selülozun ayrışmasına bakteriler ve mantarlar neden olur. Isı ve basıncında önemli rolü vardır.

Metan, kömürün yanı sıra kaya tuzu, potas, kükürt ve demir madenlerinde de görülebilir.

Oluşan gaz ocaklarda iki şekilde bulunur.

- 1- Serbest Gaz: Kömür ve yantaş gözeneklerinde, çatıtlaklarında saklı kalan metandır. Basınca, gözenek yapısına bağlı olarak ve yeni yüzeylerin açılmasıyla açığa çıkar.
- 2- Bağlı Gaz: Katı-gaz fazında bünyede olan metandır. Basınca, sıcaklığı, geçirgenliğe bağlı olarak serbest kalır.

#### Metan Varlığının Bağlı Olduğu Faktörler

Ocağa yayılan metan miktarı aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Damar yapısı: Bazı damarlar çok metan içermekte, bazıları ise az metan içermektedir. Genellikle kalın (geçirgenliği az) ve uçucu maddesi fazla (%10-%30) olan damarlar daha fazla metan içerirler. Kömürün yaşı ve yoğunluğu da önemlidir. Yaşı daha fazla olanlarda fazla metana rastlanır.
- Derinlik: Az (sığ) derinlikte metan içeriği de azdır. Çatıtlaklardan yerüstüne çıkararak azalmıştır. Derinlik arttıkça kömürün geçirgenliği azalır ve fazla miktarda metan saklı kalır.
- Orojenik olaylar: Faylar ve özellikle ters faylar, dom yapıları fazla metan toplanmış olan yerlerdir.
- Üretim alanı genişliği: Metanın yayılması açık yüzey ile doğru orantılıdır. Geniş alana yayılmış ocaklarda daha fazla metan ile karşılaşılır.
- Ocakların eskiliği: Henüz işletilmeyen ocaklarda metan saklı kalır ve fazla miktarda bulunur. Eski ocaklarda ise metan yayılmış ve azalmıştır.

#### Metan Yayılmasının Değişme nedenleri

- 1- Ayak arkasının oturması: Ayak arkasının oturması sırasında basınçla ilgili olarak metan yayımı artar. Yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine metan akışı olur.
- 2- Kazı: Kazı sırasında yeni yüzeylerin ortaya çıkmasıyla metan yayımı artar (kazı vardiyası sonunda ve kazıyı takiben metan yayımı artar.). Havalandırma hesapları yapılırken metan yayımının üniform olduğu kabul edilir.
- 3- Havalandırma basıncı: Vantilatörün emici olarak çalıştırılması durumunda atmosfer basıncından az, üfleyici olarak çalıştırılması durumunda ise atmosfer basıncından daha fazla basınç üretilmektedir. Üfleyici bir vantilatörün durması halinde ocak havalandırma basıncı düşecektir. Bu durumda metan yayımı artar. Emici sistemde ise durum tersinedir.
- 4- Barometrik basınç: Yerüstü barometrik basıncındaki değişimler ocak havalandırma basıncına aktarılır. Bu nedenle barometrik basıncındaki değişimler ocaktaki metan yayımını ters orantılı olarak etkiler.

- 5- Yantaş: Kömürün içerdeği metan ile yantaşların içerdeği metan arasındaki oran %35-80 arasında olabilir. Bazı ocaklarda yantaşlar kömürden daha fazla metan içerir. Dolayısıyla yeni yantaş yüzeylerinin artması, tavan kırılması gibi durumlarda metan yayılımı artar.
- 6- Üretim Yöntemi: Birkaç damarın üst üste bulunduğu durumlarda damarların yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru çalışılması metan yayılımını etkiler. Önce üstteki damarın çalışılması alttaki gazlı damarı rahatlatır.

#### Metanın Yayılım Şekilleri:

*Normal Yayılım:* Ocak faaliyetleri sırasında yeni yüzeylerin açılmasıyla metan ocak havasına karışır. Bu yayılım gözle görülmeyen çatlaklardan ve gözeneklerden olur. Yayılım yavaş ve sürekliidir. Ocakların gazlılık sınıflaması yapılrken esas alınan bu yayılımdır. Ocakların gazlılığı üretilen her ton kömüre karşılık yayılan metan miktarı( $m^3/ton$ ) olarak kabul edilir.

Metanın normal yayılımını oluşturan kaynaklar ve bunların yayılımdaki oranları aşağıdaki gibi olabilir.

- Kazı yüzeyleri %40-50  
(yakında gazlı damar varsa) % 80
- Kazılmış kömür %10-15
- Kazılmış taş %10-15
- Göçükteki kayaç %20-25
- Çalışılmayan damar
  - Açık yüzey %0-5
  - Göçük %5-10

Kömürdeki normal yayılım uzun süre devam edebilir. Bu nedenle yerüstünde ve kapalı silolarda da gaz yayılımı ve dolayısıyla birikim olabilir.

*Üflenerek Yayılım:* Metanın, faylardan, bazı sondajlardan, gözle görülebilen çatlak ve boşluklardan çok miktarda ve üflenme şeklinde yayılmasıdır. Genellikle kuyu kazısı, rekup sürme çalışmalarında ve gözenekli kumtaşında rastlanır. Gaz açık bir çatlaktan ve bir su gelirinden sonra gelmekte ve su azaldıkça artmaktadır. Gelen gazı borularla yerüstüne taşımak mümkün ve uygundur. Bu tür gaz yayılımı genellikle kısa ömürlüdür. Ancak bazen yıllarca ve hatta ocağın ömrü boyunca devam eden yayılımlara rastlanmıştır.

*Ani Püskürme:* Yüksek basıncı gazın arını patlatması ve kayaç tozlarıyla birlikte gelmesidir. Ani gaz ve kayaç püskürmesi ismini almaktadır. Kömür damarı içinde bulunan yüksek gaz basıncı sonucu, arın ile bu basınç zonu arasındaki kömür topuğunun bu basınçla dayanamayarak parçalanması ve fazla miktarda gaz ve kömürün ocak imalatını doldurmasıdır. Özellikle başyukarı sürülmesi sırasında, askıda kalan kömürün yerçekimi ile gevşemesi de gaz basıncına eklenecek degaja müsait damarlarda tehlike oluşturmaktadır.

Olayın açıklanmasına yönelik 2 ana teori bulunmaktadır.

- Yuvalanma teorisi: Bu teoriyle katı-gaz fazındaki kömür tozu ve gaz bir yuvada saklıdır. Buraya yaklaşıldığında püskürme olur.
  - Yüksek basınç altındaki gaz, az basınçlı zona doğru hareket eder ve zayıf zonu parçalayarak olayı meydana getirir.
  - Çatınlarda bulunan gaz ile absorbe edilmiş gaz arasında bir denge vardır. Ocak faaliyetleriyle çatınlardan açığa çıkan gaz mevcut dengeyi bozar ve püskürmeye yol açar.
- Kaya Basıncı Teorisi: Ocak faaliyetleri sonucu oluşan arazi hareketleriyle bir şok meydana gelir ve eğer gaz varsa püskürme olur. Gaz yoksa arazi hareketi şeklinde kalır. Bu nedenle püskürmenin patlatmalardan sonra olduğu vurgulanmaktadır. Püskürme olayının meydana gelmesi için bazı koşulların mevcut olması gereklidir.
  - Kömür damarlarında yeterli gaz konsantrasyonuna sahip bir zon bulunmalıdır.
  - Bu zondaki gaz ve kömür arasındaki denge kayaç basıncının yardımıyla kalkmalıdır.
  - Kömür içindeki gaz yeterli bir hızla çıkmalı ve bu sırada büyük bir basınç oluşmalıdır.
  - Oluşan yüksek basınç zonu yeterli büyülükteki bir yüzeyden yeterli uzaklıkta olmalıdır.

Ayrıca, kömürün mekanik özelliği (basınç altında deformasyona uğramalı ve kayaçtan daha az dayanıklı olmalıdır.), filtrasyon özelliği (basınç altında gaz geçirgenliği olmalı ve gaz çıkış hızı olmalıdır) ve aerodinamik faktörlerde (kömür ve gaz miktarı, gaz akış hızı, meydana gelen statik ve dinamik basınçlar) püskürme olayını etkilemektedir.

#### Ani Püskürmeye Eğilimin Tespiti

- 1- Serbest gaz basıncı: Basınç tam olarak ölçülemez ancak adsorbe edilen gaz miktarı ölçülebilir.
- 2- Gaz çıkış hızı: Ani püskürme desorbe olan gaz miktarıyla ilgilidir. Bu nedenle belli bir sürede desorbe edilen gaz miktarı ölçülmelidir.
- 3- Damarın mekanik özellikleri: Mekanik dayanım ve deformasyona uğrama özellikleri tespit edilmelidir.
- 4- Kayaç basıncı dağılımı: Bilinmesinde yarar bulunmakla birlikte tehlikeli ve tehlikesiz zonlar arasında önemli fark bulunamamıştır.

#### Ani Püskürme Olayının Önlenmesi

- 1- Ani püskürmeye eğilimin tespiti: Yukarıda belirtilen ölçüm ve gözlemlerin yapılmasıyla, damarların ve zonların ani püskürmeye eğilimli olup olmadıklarının öncelikle bilinmesi ve daha sonra önlem alınması gereklidir.

- 2- Gaz basıncının azaltılması için başka bir damar kazısı: Koruyucu damar olarak isimlendirilen bir damarın önce çalıştırılmasıyla daha alttaki ve ani püskürmeye eğilimli damarı rahatlatmak mümkündür. Ancak koruyucu damarın bulunmaması aradaki uzaklığın çok fazla olması ve bütün damarların ani püskürme eğilimli olması durumunda mümkün değildir.
- 3- Gaz basıncının azaltılması: Yapılacak sondajlarla arının ilerisindeki gazın çıkışı sağlanır ve basınç azaltılabilir. Böyle bir uygulama iki aşamada etki gösterir.
  - a. Küçük bir püskürme olur. Arında açılan sondaj deliği çapları 65–140 mm. seçilir ve 1 m/dakika'lık bir ilerleme sağlanarak küçük bir ani püskürme olayının meydana gelmesi için gerekli koşullar yerine getirilmiş olur.
  - b. Gaz çıkışı olur ve gazın basıncı azalır. Arına boyları 15–20 m ve aralarındaki uzaklık ince damarlarda 2,5–3 metre, kalın damarlarda 1–1,5 metre olan delikler delinir. Delikten çıkan kömür miktarı delik hacminden büyktür. Böylece geçirgenlik artmış ve gaz çıkışı kolaylaşmıştır. Açılan delikler yantaşı da kesmelidir. Bu yöntemle gaz basıncını 10 atm altına düşürmek mümkün olur.
- 4- Kazı hızının ayarlanması: Ayağın arını, ilerideki yüksek basınç zonuna hızla yaklaşmamalıdır. Böylece arada sağlam bir baraj kalacaktır.
- 5- Su emrenyesi: Kömür arınına açılacak 40–45 mm. çaplı sondaj delikleri yardımıyla 100–500 atm basınçta su enjekte edilir, böylece yüksek basınç zonu daha ileri atılmış olur.

#### Metana Karşı Güvenlik Önlemleri:

1. Havalandırma: Ocağa yeterli miktarda hava sağlayabilmek için seçilen vantilatörlerle metan konsantrasyonu tehlike sınırının altına düşürülebilir. Yedek vantilatör ve bunlara ait ikinci bir enerji kaynağı bulunmalıdır. Havalandırma, aşağıdan yukarıya doğru sağlanmalıdır. Havalandırma ekipmanlarının durması halinde ocak boşaltılmalıdır.
2. Eşit Ocak Açıklığı:  $1,5 \text{ m}^2$ 'den büyük olmalı veya basınç farkının 150–200 mmSS üzerinde olması sağlanmalıdır.
3. Doğal havalandırmaya izin verilmemeli, mutlaka mekanik havalandırma sistemi bulunmalıdır.
4. Karışık olmayan bir havalandırma şebekesi sağlanmalıdır.
5. Bütün ocak için emici, yardımcı havalandırmada üfleyici, uzun ve eğimli galerilerde emici-üfleyici havalandırma sistemleri uygulanmalıdır.
6. Yardımcı havalandırmada vantilatör dönüş havasına konulmamalıdır.
7. Hava kapıları güvenli olarak yapılmalıdır.
8. Gaz konsantrasyonları düzenli olarak izlenmelidir. Havalandırma ölçümleri 15 günden önce tekrarlanmalıdır. Fakat, bağımsız her işyerinde vardiya başında, vardiya süresince (1–3 saat ara ile) ve vardiya bitiminden 1 saat öncesine kadar sürdürülmelidir.

9. Patlamaya karşı önlemler (Ateşleme Kaynaklarının Engellenmesi): Metanın tehlike oluşturacak şekilde toplanması önlenmeli ve kontrol edilmelidir. Bu amaçla yukarıdaki önlemler alınabilir. Birikmiş olan metanın patlamasını önlemek üzere aşağıdaki önlemler alınabilir.

- Açık alevli lambaların kullanılması, sigara içilmesi kesin olarak önlenmelidir.
- Exproof ekipmanlar kullanılmalı ve kontrol altında bulundurulmalıdır.
- Patlatma işlemleri mümkün olduğunca sınırlanırılmalıdır.
- Patlatma işlemlerinde güvenli patlayıcı maddeler(grizotin kuş, grizotin roş) seçilmelidir.
- Patlatma işlemlerinde uygun sıkılama yapılmalıdır. Delik boyu 65 cm' den büyük olmalıdır. Gerekirse delik ağızına kalker tozu yiğilmalıdır.
- Kaynak yapılması, çelik kesilmesi gibi kırılcım oluşturacak işler ancak yetkili kişilerin gözetiminde yapılmalıdır.
- Patlamaları lokalize etmek:
  - i. Havalandırma sistemini ayrı havalandırmayı sağlayacak devrelere ayırmak gerekir. Kirli havanın tekrar tekrar kullanılması önlenmelidir. Aynı havayı kullanan ve birbirine seri olarak bağlanan üretim bölgeleri oluşturulmamalıdır. Bu durum aynı zamanda metan birikiminin önlenmesi açısından da yararlıdır,
  - ii. Havalandırma sistemi, ana hava giriş ve dönüşünün bir patlamayla kesintiye uğramayacağı biçimde oluşturulmalıdır,
  - iii. Metan patlaması sonucunda oluşma olasılığı yüksek kömür tozu patlamalarını önlemek için gerekli yerlere taş tozu barajları yapılmalıdır.

gibi önlemler alınmalıdır.

10. İzleme sistemi: Bir yeraltı madeninin farklı kısımlarındaki hava miktarı ve kalitesinin sürekli ölçülerek izlenmesi ve gerekli müdahalelerin yapılabilmesi için bilgisayarla kontrol edilen otomatik izleme sistemleri kullanılmaktadır. Günümüzde izleme ve erken uyarı sistemlerinin tüm yeraltı ocaklarında kullanılması mutlaka gereklidir.

Ocak hava miktarı ve kalitesine ek olarak, erken algılama-uyarı, ölçme ve kontrol sistemleri tarafından yeraltıda bulunan tüm makine ve teçhizat ile koşullar ölçülmekte ve kumanda merkezinden yönetilebilmektedir.



**Resim 1**

11. Metan Drenajı: Grizu patlamalarının önlenmesinin en etkin yolu çalışma öncesi ve sırasında drenaj yapılmasıdır.

#### **Metan İçerığının Belirlenmesi:**

Kömür sahip olduğu kolloidal yapısı gereği hacminin 1 ila 40 katı kadar metan gazı içerebilmektedir (Dallege and Barker, 1999)

Çalışma sırasında ocak havasına karışacak olan metan miktarı doğrudan kömürün metan içeriğine ve ortamın geçirgenliğine bağlıdır. Bu nedenle, öncelikle çalışma yapılacak olan bölgede kömürün ve yan kayacın metan içerikleri mutlaka belirlenmelidir. Kömürün metan içeriğinin belirlenmesinde temelde doğrudan, dolaylı ve pratik olmak üzere 3 farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıda özet halinde sunulmaktadır:

- i) Doğrudan Metan İçeriği Ölçüm Yöntemi: Doğrudan ölçüm yönteminde kömür damarının içerisine açılan bir sondajdan elde edilen kömür karot numunesi hemen sızdırmaz bir kap içerisine konulmakta ve daha sonra laboratuvara numuneden ne kadar metan salınımı olduğu ölçülmektedir. (Diamond and Schatzel, 1997).
- ii) Dolaylı Metan İçeriği Ölçüm Yöntemi: Dolaylı yöntemde ise görgül bağlantılarla, laboratuar ortamında geliştirilmiş soğurma eşsizliklerini dayanılarak kömürün metan içeriği hesaplanabilmektedir. (Diamond and Schatzel, 1998).
- iii) Pratik Metan Geliri Belirleme Yöntemi: Bu yöntem, ocağın hava giriş ve çıkış yolları üzerinde seçilen istasyon noktalarında, hava içindeki metan yüzdesinin ve hava miktarının ölçülmesine dayanmaktadır. Seçilen süre içinde, hava miktarı ve metan oranındaki değişimleri belirleyebilmek için ya belirli aralıklarla yapılan ölçülerin ortalaması alınmakta ya da sürekli kaydedici düzeneklerden yararlanılmaktadır. Seçilen süre içinde üretilen kömür miktarı da belirlenirse, özgü gazi gelirinin hesaplanması olanaklı olmaktadır. Bu şekilde elde edilen değerler, sadece, fikir verici niteliktir. (Ökten ve Didari, 1989).

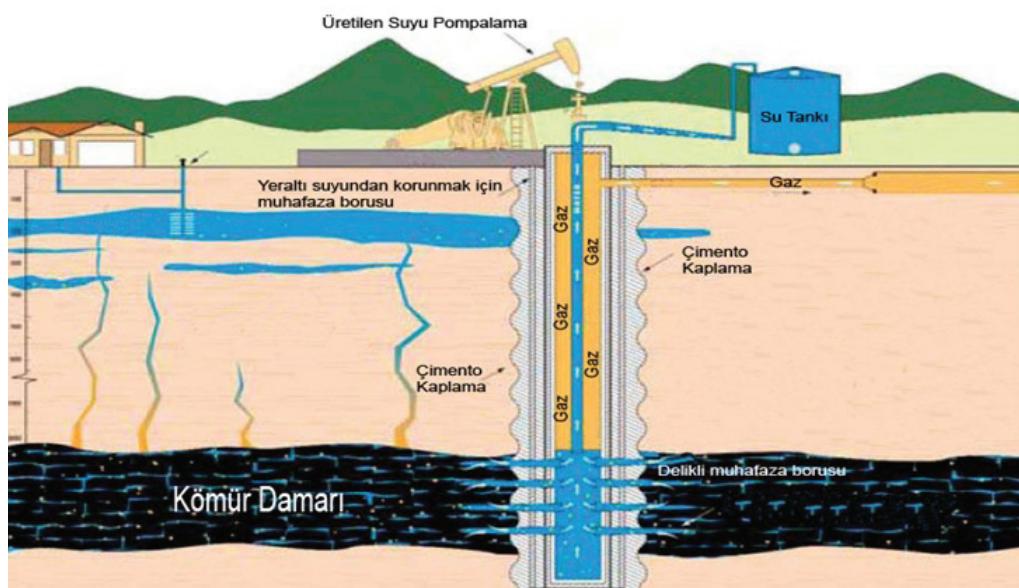
## **Metan Drenajı Ve Yöntemleri**

Yeraltı kömür ocaklarında öncelikle grizu tehlikesinin önlenmesi amacıyla metan drenajı yapılmaya başlanmıştır. İlk uygulama İngiltere'de yapılmış ve daha sonra tüm dünyada hem güvenlik hem de ekonomik yararlar sağlanması amacıyla uygulanır hale gelmiştir.

Metan drenajının sağlayacağı yararlar 4 ana başlık altında toplanabilir:

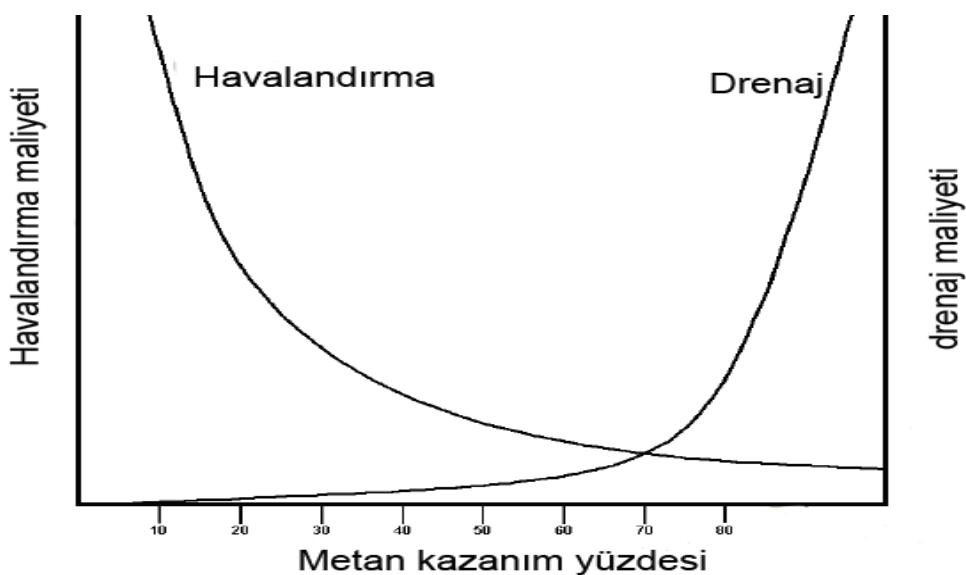
- 1) Üretim öncesi açığa çıkabilecek metanın yaklaşık %50 ila %90'ı emilerek uzaklaştırıldığı için yeraltı çalışması sırasında tehlike yaratacak boyutta metan gelirinin olması önlenecektir (Şekil 7).
- 2) Metan geliri azaldığı için havalandırma maliyetleri azalacak ve metan nedeniyle çalışmamayan süre önemli ölçüde kısalacağı için iş verimi artacak ve maliyetler düşecektir. Ayrıca toz oluşumu azalacak ve daha rahat bir çalışma ortamı oluşacaktır.
- 3) Üretilen metandan ekonomik bir gelir sağlanacaktır. Kömür metan içeriğinin yaklaşık 10 m<sup>3</sup>/ton'dan fazla olduğu yerlerde üretim öncesi mutlaka metan drenajı yapılması önerilmektedir. (ECEES No: 31, 2010)
- 4) İmzalamış olduğumuz Kyoto Protokolü'ne göre 2020 yılından sonra atmosfere salınan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve metan (CH<sub>4</sub>) miktarları sınırlanılacak ve her ülke için bir kota belirlenecektir. 1 birim metan salımının neden olduğu sera etkisi 23 birim karbondioksitinkine eşittir (ECEES No:31, 2010). Bu nedenle, ocak havasıyla atmosfere verilen metan için karbon kotası kullanılarak ceza ödemek zorunda kalınacaktır. Kömür üretimi sırasında açığa çıkması kesin olan metanın daha önceden drene edilmesi ile hem cezadan kurtulunacak hem de ekonomik değere sahip bir ürün elde edilebilecektir. Dünyada nefeslik havası içerisinde bulunan metandan dahi enerji üreten sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin ülkemizde uygulanabilirliğinin vakit geçirilmeden araştırılması oldukça önemlidir.

Ocak içerisinde metan geliri ile kömür üretimi arasında çok önemli bir ilişki vardır. Ortamda yüksek metan oranı tespit edilmesi nedeniyle zorunlu olarak üretime ara verilmesi sonucunda üretimin sekteye uğradığı ve önemli düşüşlerin olduğu açıkça görülmektedir.



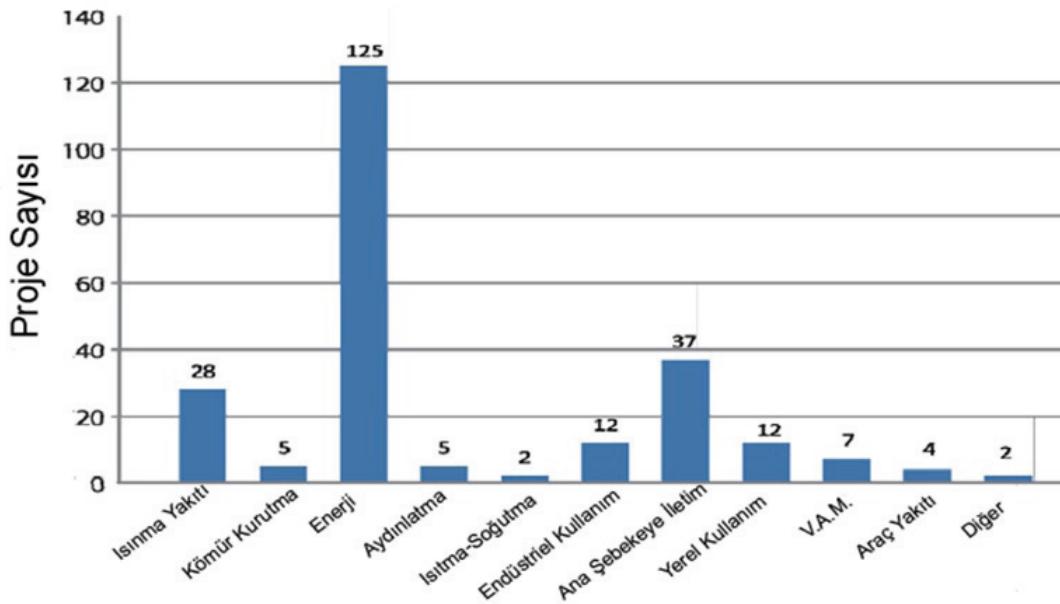
**Şekil 7. Yer Üstünden Açılan Dik Kuyularla Üretim Öncesi Metan Drenajı.**

Metan drenajının uygulandığı ocaklarda havalandırma maliyetinin büyük ölçüde azaltılması sağlanmaktadır. Şekil 8'de üretim öncesi yapılan metan drenajının havalandırma maliyetlerini önemli ölçüde düşürmekte olduğu açık bir biçimde görülmektedir (Kissell, 2006).



**Şekil 8. Metan Drenajının Havalandırma Maliyeti Üzerine Etkisi.**

Drenaj ile elde edilen metan; elektrik enerjisi üretiminde, kömür kurutmada, araçlarda yakıt olarak, ısınma ve soğutmada, endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yakma havasına katılarak kullanılmakta, doğal gaz boru hatlarına dahi verilmektedir. Şekil 9'da, 2009 yılı itibarıyla tüm dünyada kömür damalarından drenaj yoluyla elde edilen metanın kullanım alanları ile ilgili proje türleri gösterilmektedir. Sadece 2009 yılında 1,582 milyon m<sup>3</sup>'luk kömøre bağlı metan gazı üretimi yapılmıştır (ECEES No:31, 2010).

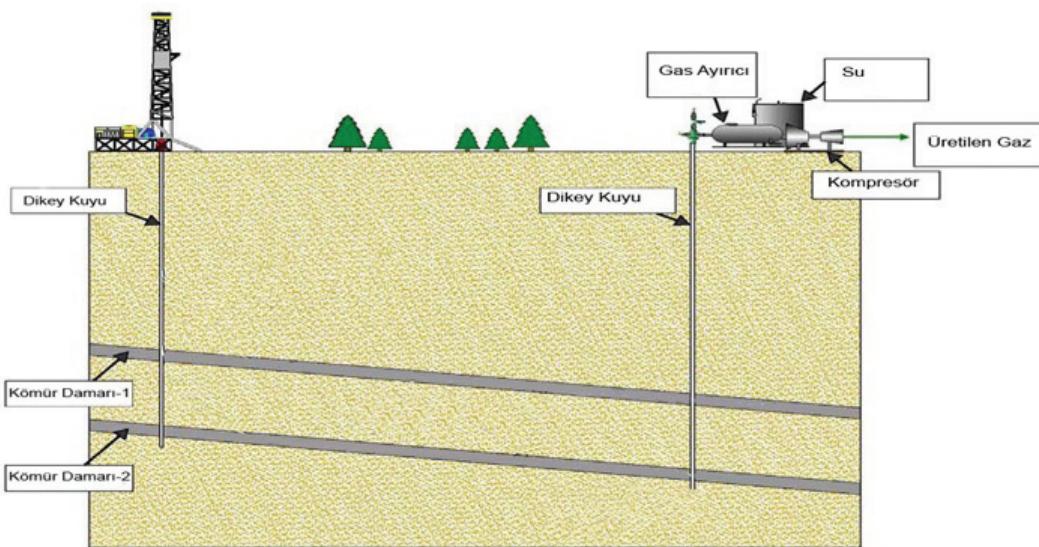


**Şekil 9. 2009 Yılı İtibarıyle Dünyada Drene Edilen Metanın Kullanım Alanları.**

Metan drenajı, üretim faaliyeti başlamadan önce ve üretim sırasında olmak üzere 2 farklı şekilde yapılabilmektedir. Üretim faaliyeti başlamadan önce yapılan metan drenajı uygulamasıyla, kömürün içermekte olduğu metanın % 50 - % 90 arasında bir oranda emilimi sağlanmaktadır. Üretim sırasında gerçekleştirilen metan drenajı uygulamasında ise % 30 – % 60 arasında bir oranda metan gazı emilimi sağlanabilmektedir. Emilimi yapılarak üretilerek kömür kökenli metan miktarı; kömür damarı ve çevreleyen tabakanın gaz içeriği, tabakaların geçirgenliği, drenaj süresi, pompa tarafından uygulanan negatif basıncın büyülüğu, üretim sistemi ve diğer jeolojik değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. Metan drenajının etkin ve verimli olarak yapılabilmesi için bu etmenlerin her saha için ayrıntılı olarak belirlenmesi gereklidir.

#### a) Üretim Faaliyeti Öncesi Metan Drenajı

Üretim faaliyeti başlamadan önce metan drenajı ile metan gazı doğrudan yer üstünden kömür damarına ulaşılan sondajlar yardımıyla yapılmaktadır (Şekil 10). Bu sayede kömürün metan içeriği azalacağından hazırlık ve üretim çalışmaları sırasında ocak havasına karışacak metan miktarı daha düşük olacak ve risk yaratma potansiyeli kabul edilebilir düzeyde olacaktır. Üretimi yapılacak olan kısımlarda üretimin başlayacağı tarihten itibaren 2 ile 7 yıl önce metan drenajının yapılması önerilmektedir (EPA, 1999b).

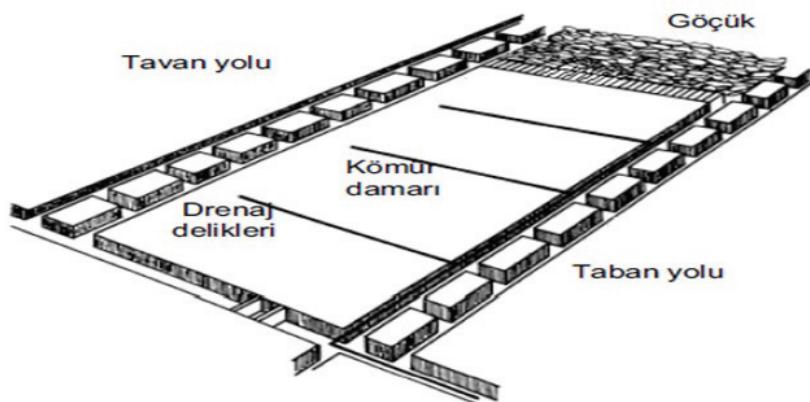


**Şekil 10. Üretim Öncesi Metan Drenajı.**

#### b) Üretim Sırasında Metan Drenajı

Artan üretim miktarı ve derin ve bakır alanlarda üretim yapılması nedenleriyle kömür madenlerinde metan daha önemli bir hale gelmektedir (Shinji vd., 2009). Bir sahada üretim öncesi metan drenajı yapılmış olsa dahi, üretim sırasında da metan drenajı uygulamasına devam edilmelidir. Kullanılan drenaj delik sistemi ve mühendislik teknolojisi açısından üretim sırasında metan drenajı uygulaması temel olarak 3'e ayrılmaktadır:

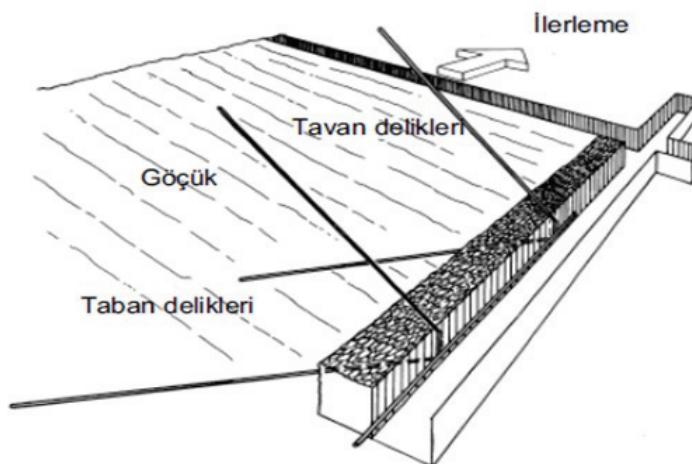
- **Yatay Sondaj Delikleri İle Drenaj:** Taban veya tavan yollarından delinen yatay sondaj deliklerinden uygun teçhizat ile metanın emilmesi ve emilen metanın bir pompa-iletim borusu ağı ile yeraltında toplanıp, yer üstüne iletim borularıyla naklinin gerçekleştirilmesi sağlanır (EPA, 1999b). Bu yöntem hazırlık çalışması adı altında yürütülen çalışmalarla dâhil bir uygulamadır ve panodan üretim yapılmadan önce drenaja başlanmalı ve üretim sürecinde devam edilmelidir. Taban ve tavan yollarının açılması sırasında yeni yapılacak pano hazır hale getirilirken, bir yandan da panodaki kömürün ihtiya ettiği metan gazı emilerek, daha panoda çalışmaya başlamadan önce iş sağlığı ve güvenliği yönünden metan hususunda gerekli önlemlerin alınması sağlanır. Şekil 11'de yatay sondaj delikleri ile metan drenajı işlemi şematik olarak gösterilmektedir.



**Şekil 11. Yatay Sondaj Delikleriyle Drenaj Yöntemi, (Mcpherson, 2004).**

300 metreye kadar olan uzunluktaki delikler kısa delik olarak kabul edilmekte olup, bu deliklerden metanın emilim verimliliği yaklaşık %20 oranında gerçekleşmektedir. Uzun deliklerdeki verimlilik ise, (örneğin yaklaşık 1200 metre uzunluğundaki bir delikte) metan kazanma verimi %40'a kadar çıkabilemektedir (EPA, 1999b).

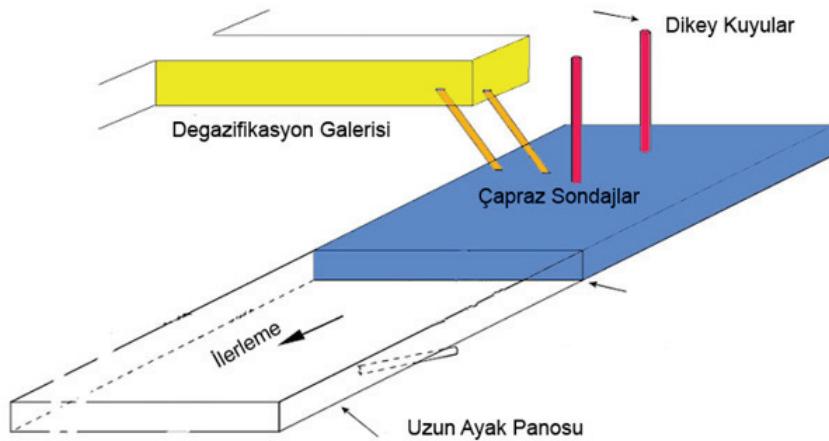
**Çapraz Sondaj Delikleri İle Drenaj:** Maden açıklıklarından açılı olaraq, çapraz şekilde delinen sondaj deliklerinden de metan drenajı yapılmaktadır (Şekil 12). Bu yöntem özellikle tavan ve taban taşından da metan gelirinin olduğu durumlarda uygulanmaktadır (ECEES No: 31, 2010).



**Şekil 12. Tavan Ve Tabana Açılan Çapraz Deliklerle Drenaj.**

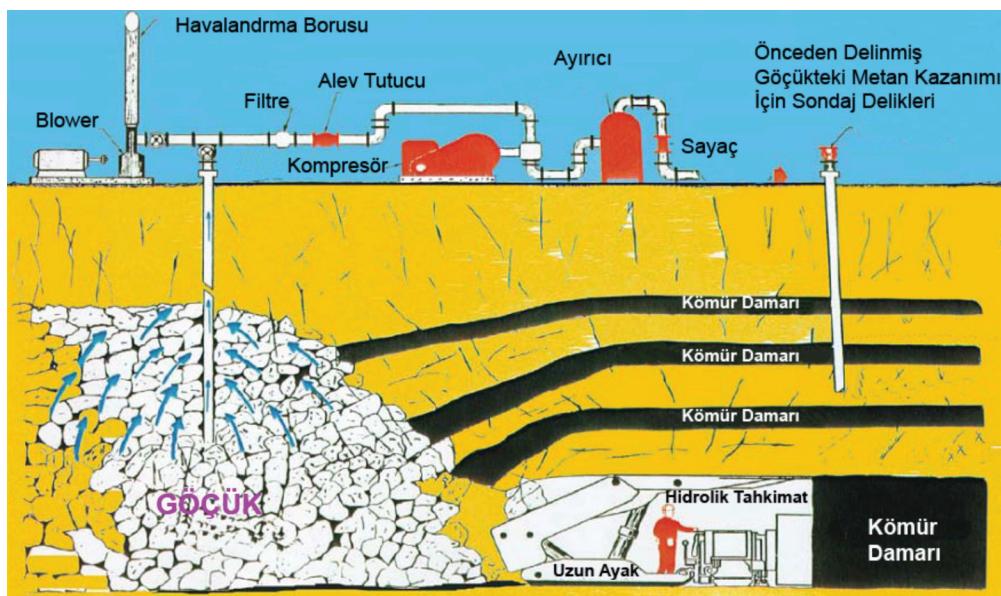
**Göçükten Metan Drenajı:** Yeraltı kömür madenciliğinde göçüğe bırakılan kısımda da metan oluşumu gözlenebilmektedir. Üretimin tamamlanmış olduğu kısımlarda metan varlığına bağlı grizu patlaması ve/veya yanım riski bulunmaktadır. Göçüğe bırakılan alanlarda yanım/patlama olması durumunda müdahale edebilmek çok zordur. Bu bağlamda, yeryüzünden göçüğe bırakılan alanın üstüne dikey sondajlar açılarak veya bir degazifikasyon galerisinden göçüğe bırakılan alana dik ve/veya açılı olarak sondajlar sayesinde göçüğe terk edilmiş alandaki metanın emilimi sağlanır (Şekil 13).

Göçük içerisindeki metan emilimi sırasında göçüğe hava girmemelidir. Göçük içerisinde bırakılan algılayıcılar tarafından oksijen varlığı tespit edilirse, metan iletim hattı ve sistem kapanmakta ve böylece yanım oluşumu önlenmektedir (Young, 2005).



**Şekil 13. Göçükten Metan Drenaj Yöntemi.**

Şekil 14'de, yer üstünden yapılan sondajlarla göçükten metan üretimi gösterilmektedir. Yerüstünden sondajlarla göçükten metan emilimi sırasında elde edilen gazın metan içeriği %30 - %70 arasında olmaktadır (Gatnar and Tor, 2003). Drenaj sistemlerinin performansı ve elde edilen gaz içerisindeki metan oranı; sondajların lokasyonuna, kömür damarının gaz içeriğine, üretim yöntemine, kömür damarı sayısına, kömür damarının kalınlığına ve gaz üretim süresine bağlı olarak değişmektedir (Kirchgessnervd, 2002).



**Şekil 14. Göçükten Metan Drenajı Uygulamasına Bir Örnek, (Hartman V.D., 1997).**

## Dünyada Metan Drenajı Uygulamaları

Dünyada metan drenajının geçmişi 18.yy'e kadar dayanmaktadır. İngiltere'de ilk metan drenajı 1730 tarihinde yapılmıştır. 1880'li yıllarda ilk kez kömür kökenli metan, aydınlatmada kullanılmıştır. 20. yy'nin ilk yarısında Avrupa'da metan drenajı yaygın hale gelmiş ve birçok ülkede uygulaması yapılmıştır (Upper Silesian/Polonya 1937 ve Almanya 1943). 1950'li yıllarda sistematik metan drenajı uygulaması Almanya'da geliştirilmiş ve uygulama tüm Avrupa'ya buradan yayılmıştır. 1960'lı yıllarda kömür kökenli metan, önceleri endüstride kullanılmaya başlanmış, sonraları enerji elde edilmesi uygulamaları gerçekleştirilmiştir (ECEES No:31, 2010).

Günümüzde dünyada yer altı kömür madenlerinden kömür kökenli metanın kazanılması ile ilgili bir çok proje yürütülmektedir. Avustralya, Çin, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Japonya, Kazakistan, Meksika, Polonya, Rusya, Ukrayna, İngiltere ve ABD'de kömür kökenli metan drenajı ile gaz üretimi ile ilgili projeler hayattadır. Ancak, bu ülkelerde projelendirme ve faaliyet aşamasında olan kömür kökenli metan drenajı uygulamalarına ilişkin ayrıntılı bilgiye ulaşmak mümkün değildir. Bazı ülkelerde metan drenajı ile ilgili yürütülen projeler hakkında kısa bilgiler aşağıda sunulmaktadır:

**ABD :** ABD'de halen kömür kökenli metanın drene edilmesi hakkında 39 adet proje bulunmaktadır. Virginya'da (88 MW) dünyanın ikinci büyük kömüre bağlı metandan enerji edilen enerji santrali bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008). ABD'de yürütülen kömür kökenli metan üretimi için günümüze kadar yaklaşık 40.000 adet sondaj yapılmış olduğu belirtilmektedir. 1990 yılı başından itibaren metan üretimi önemli düzeyde artmıştır. ABD'de doğal gaz üretiminin %10'u kömür kökenli metandan elden edilen gaza dayanmaktadır (Jessen vd, 2007).

**İngiltere :** İngiltere'de halen kömür kökenli metanın drene edilmesi hakkında 33 adet proje bulunmaktadır. 20 m<sup>3</sup>/ton metan bulunan South Wales'de önemli sayıda ticari yatırım bulunmaktadır (Methane to Markets-UK, 2005).

**Çin :** Çin'de 2006 verilerine göre 300'den fazla metan drenaj sistemi kurulmuş maden bulunmaktadır. Bu sistemlerden 3,24 milyar m<sup>3</sup> metan drene edilmiştir. Ayrıca, 2007 Ağustos itibarıyle 25'den fazla yeni proje de onaylanmıştır (Huang, 2007). Çin'de kömür kökenli metanın çeşitli alanlarda kullanılması amacıyla oluşturulmuş 41 adet proje bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008).

**Japonya :** Japonya'da halen kömür kökenli metanın drene edilmesi hakkında 2 adet proje bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008). Japonya ile Çin arasında kömür madenlerinde iş güvenliği husunda bir araştırma çalışma alanı oluşturulmuştur. Ayrıca iki ülke arasında; temiz kömür teknolojileri ve kömür kökenli metandan faydalananma konularında bir iş birliği bulunmaktadır (Shinji vd, 2009).

**Ukrayna :** Ukrayna'da 9 adet metan drenajı sistemi kurulmuş maden bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008).

**Rusya:** Rusya'da, halen 7 adet kömür kökenli metan drenajı ile ilgili proje bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008). Ayrıca 2 adet kömür madeninde göçükten metan drenaj yöntemi projelendirilmiştir (Methane to Markets Partnership, 2007).

**Polonya:** Polonya'da, 14 adet kömür kökenli metan drenajı ile ilgili proje bulunmaktadır. ayrıca, 7 metan drenajı sistemi kurulmuş maden bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008).

**Almanya:** Almanya'da, 47 adet kömür kökenli metan drenajı uygulamasından önemli bir ekonomik gelir elde edildiği bildirilmektedir (Methane to Markets Projects, 2008).

**Australya:** Avustralya'da, 15 adet kömür kökenli metan drenajı ile ilgili proje bulunmaktadır (Methane to Markets Projects, 2008).

Dünyadaki uygulamalardan da anlaşılacağı üzere metan drenajı oldukça yaygın bir uygulama olup birçok proje hayatı geçmiş durumdadır. Bu konuda dünyada önemli bir bilgi birikimi ve deneyim bulunmaktadır. Ülkemizde de yapılması zorunlu olan uygulamalardan önce bu bilgiye doğru şekilde erişmek ve tecrübelerden etkin bir şekilde yararlanmak çok önemlidir.

### 3.6. Havalandırmada Alınacak Güvenlik Önlemleri

- 1- Yeraltı maden ocağında çalışanların can ve iş güvenliğini sağlamak ve sağlığını korumak amacıyla, hava akımı çalışma yerlerine doğal veya mekanik araçlar ile planlı bir şekilde verilir.
  - 2- Üretime başlamadan önce her ocak uygun bir havalandırma sistemiyle havalandırılmalıdır.
- Bütün kömür ocakları mekanik havalandırma ile havalandırılmalıdır.**
- 3- Havalandırma, esas itibarıyle aşağıdan yukarıya doğru yapılmalıdır.
  - 4- Havalandırmada Sınır Değerler

- Havasında % 19'dan az oksijen, % 2'den çok metan, % 0,5'ten çok karbondioksit, % 0.01'den çok karbonmonoksit ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde çalışma yapılmamalıdır.
- Aynı hava akımından yararlanan ayaklarda ve damar içindeki düz ve eğimli yollarda, metan oranı % 1,5'i bunların bağındığı dönüş yollarında % 1'i geçmemelidir.
- Kontrollerde % 1,5 metan tespit edilirse ilgili hava devresinde elektrikler kesilmeldir.
- Metan % 2'yi aştığında çalışmalar durdurulmalı, çalışanlar çekilerek, grizu birikintisinin temizlenmesi dışında bir çalışma yapılmamalıdır.
- Çalışan arından dönen hava % 1'den fazla metan içerirse, havalandırmada metan % 1'den az olacak şekilde değişiklik yapılmalı, % 1'den fazla metan ölçülen yerlerde dinamit atımı yapılmamalıdır.
- Hava hızı insan ve malzeme taşınmasında kullanılan kuyularda, eğimli ve düz yollarda saniyede 8 metreyi geçmemelidir.
- Ayaklarda ve kömür kazılan arınlarda hava hızı en az 0,5 m/sn, en fazla 2 m/sn olmalıdır.

- 5- Uygun olmayan hava, çalışma yerlerini dolaşmadan en kısa yoldan ocak dışına atılmalıdır.
- 6- Hava yolu olarak kullanılacak baca ve yolların sürülmесinde;
- Düzgün, kesiti mümkün olduğu kadar değişmeyen, keskin dönüşlere, genişlemelere ve daralmalara meydan vermeyecek şekilde olmasına,
  - Eğimlerin anormal değişikliklere meydan vermemesine,
  - Tahkimatın sağlam olmasına,
  - Kesiti daraltacak hiçbir şey konulmamasına dikkat edilmelidir.
- 7- Hava yollarını ayıran rambleler sıkı yapılmalı, barajlar sızdırılmaz, kapılar kendiliğinden kapanır ve sızdırılmaz olmalıdır.
- 8- Hava Kapıları
- Kömür ocağında yapılacak hava kapıları çift hava kapısı olarak düzenlenmelidir.
  - Tahta hava kapıları, otomatik hava kapıları veya diğer patlamaya dayanıklı hava kapılarına dönüştürülmeli ve hergün kontrol edilmelidir.
  - Hava kapılarının kırılması veya hava akımını etkileyebilecek şekilde arızalanması durumunda derhal işyeri amirine bildirilerek gerekli önlemler alınmalıdır.
  - Hava kapılarına yaklaşan motor sürücülerini, hızlarını azaltmalı ve kapılara zarar vermemelidir.
  - Hava kapılarına yaklaşıldığını iğaz eden levhalar ve işaretler bulunmalıdır.
- 9- Ocaklarda vantilatörler uygun şekilde yerleştirilmeli, yanına karşı korunmalıdır. Arızalanmalarında otomatik sinyal tertibi ile haber alınabilmelidir.
- 10- Grizulu ocaklarda her biri tek başına ocağın havalandırmasını sağlayacak güçte iki havalandırma grubu bulunmalıdır.
- 11- Ana vantilatörler ve aspiratörler birbirinden bağımsız iki ayrı enerji kaynağına bağlanmalıdır.
- 12- Suni havalandırma mümkün olduğu kadar doğal havalandırma istikametinde olmalıdır.
- 13- Ocaklarda yeterli sayıda hava ölçme istasyonu yapılmalı ve daha tehlikeli ocaklar dışında bu istasyonlarda en az ayda bir kez; ana ve tali hava akım hızı, ocak ısı ve nem durumları ölçüлere özel deftere kayıt edilmelidir.
- 14- Her ocakta hava dağılım şebekesini, akımın yönünü, ana kapıların ve ölçme istasyonlarının yer ve durumlarını, buna ilişkin diğer bilgileri kapsayan havalandırma planı bulundurulmalıdır.
- 15- Hazırlık işleri veya metan gazı toplanmalarını dağıtma işi dışında bölme ile veya borularla havalandırma yapılmamalıdır.
- 16- Üretimi biten katların kapatılarak hava direnci yaratmasına ve kaçak hava akımlarına engel olunmalıdır.
- 17- Yangınlı kömür panolarının havalandırması seri olarak yapılmamalı, her ocağın bağımsız havalandırması sağlanmalıdır.
- 18- Yangınlı panolarda dönümlü çalışılan ayaklarda havanın göçükten geçmesine, ilerletimli ayakların başı ve dibine dolgu yapılarak kaçak hava akımlarına engel olunmalıdır.

19- Yardımcı havalandırma devreleri periyodik olarak kontrol edilmeli, arızalanması veya durması durumunda pervanenin konumunu ve gaz konsantrasyonunu otomatik olarak kaydeden ve pervanelere yol veren sistemlerle donatılması sağlanmalıdır.

20- Tali pervanede hava kısa devre yapmamalı ve pervanenin emdiği hava kurulduğu yerdeki temiz havanın % 70'ni geçmemelidir. Pervaneler kısa devre yapmayacak şekilde temiz hava yönünde rekup girişinden en az 10 m uzaklıkta kurulmalıdır.

21- Tali pervanelerin kullanıldığı yerlerde, ana aspiratörlerin durmasından dolayı gaz birikmeleri olduğunda, tali pervaneler durdurulmalı, normal havalandırma başlamadan tali pervaneye yol verilmemelidir.

22- Tali pervaneler durdurulmuş veya bozulmuşsa buralarda bulunan elektrikli ekipmanların çalışması durdurulmalıdır.

23- Tali pervaneler, ocak elektrikli ekipmanları ile birlikte otomatik elektrik kesme devresine bağlanmamalıdır. Ocağın elektrikli ekipmanlarının elektriği kesilse bile pervaneler çalışmaya devam etmelidir.

24- Başyükarı arınlarında posta geliri ile vantüpün kapanmasını önlemek için ve kavşak noktalarında vantüpün yapışmasını önlemek üzere gerekli tedbirler alınmalı ve bu yerlerde çelik telli akordeon tip vantüpler veya benzeri özellikle hava boruları kullanılmalıdır.

25- Vantüplerin arından olan uzaklıkları üfleyici pervanelerde 5 m, emici pervanelerde 2 m' den fazla olmamalıdır.

26- Havalandırma devreleri, ocak planaması yapıılırken en uygun çözümler bilgisayar programları ile irdelenerek, ekonomik olmayan ve ileride problemler yaratacak havalandırma devrelerine çok önceden müdahale edilecek alternatif çözümler geliştirilmelidir.

## 4. OCAK TOZLARI VE TOZA KARŞI ALINACAK TEDBİRLER



Toz, genel anlamda kayaç ve cevherin mekanik işlemler sonucunda küçük parçalara ayrılması ile oluşmuş, çapı 1 mm'den küçük, hava içinde asılı kalabilen veya zamanla çöken parçacıklardır.

Madencilikte hazırlık, üretim, doldurma, boşaltma, kırma, eleme ve nakliye çalışmaları sırasında cevher ve yantaşın özelliklerine ilişkin toz oluşmaktadır. Yer altı ocaklarında tozun büyük bir kısmı, madenlerin mekanik işlemler sonucu küçük parçacıklar haline dönüşmesiyle, çok az bir kısmı ise madenin havalandırılması sırasında tozun ocak içerisine taşınması ile oluşur. Oluşan tozlar, sağlığa zararlı (taş ve kömür tozu) veya patlayıcı (özellikle kömür tozu) olabilir. Bu nedenle, toz oluşumunu ve ocak havasına karışmasını önlemek için yapılacak çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır.

Ocak tozları, madencilik çevresinde meydana getirdiği zararlar dikkate alındığında önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Toz, çalışma ortamlarındaki görüş mesafesini azaltır, gözü tahrış eder, yeraltıda çalışanları psikolojik olarak etkiler ve çalışma verimini düşürür. Alet ve teçhizata, makinelere zarar verir. Bazı tozlar hava ile karışlığında patlayıcı özellik gösterirler, bazıları zehirli hatta radyoaktiftir. Bunlara ilaveten değişik türden tozlar yeterli miktarda ve belirli sürelerde teneffüs edildiğinde akciğer hastalıklarına neden olmaktadır.

### 4.1. Tozun Sınıflandırılması

Tozların sınıflandırılması, fizyolojik etkilerine veya patlama özelliklerine göre yapılabilir. Tozlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- 1) Fibrojenik Tozlar (solunum sistemine zararlı olanlar): Silis, silikatlar, berilyum cevheri, kalay cevheri, bazı demir cevherleri, kömür.

- 2) Kanserojen Tozlar: Radyum, asbest, arsenik vs.
- 3) Zehirli Tozlar (organları, dokuyu v.b. zehirleyen tozlar): Berilyum, arsenik, kurşun, uranyum, radyum, toryum, krom, vanadyum, civa, kadmiyum, antimuan, manganez, tungsten, nikel, gümüş cevherleri.
- 4) Radyoaktif Tozlar: Uranyum, radyum ve toryum cevherleri
- 5) Patlayıcı Tozlar (havada süspansiyon halindeyken yanabilenler): Metalik tozlar (magnezyum, alüminyum, çinko, kalay, demir), kömür, piritli cevherler, organik tozlar.
- 6) Az Zararlı Tozlar (İnsan üzerinde etkili olmayanlar): Jips, kaolen, kalker.

Sık olarak rastlanması ve önemli etkileri olması nedeniyle, ocak havasındaki tozlar genel olarak kömür tozu ve taş tozu başlığı altında ele alınmaktadır.

**Kömür Tozu:** Tane büyülüğu 0.3 mm'nin altında olan kömüre, kömür tozu denilmektedir. Eğer tane büyülüğu 0.075 mm'nin altında ise ince toz olarak tanımlanır. Kömür tozunun içinde bulunan ince toz oranı, süspansiyon halde bulunması ve patlayıcı olması nedeniyle önemlidir.

**Taş Tozu:** Taş tozunun önemi insan sağlığına zararlı olmasından ileri gelmektedir. İnsan tarafından solunan tozun bir kısmı burun ve boğazda tutulur ve tekrar dışarıya atılır. Geri kalan ve çoğunlukla 5 mikronun altında kalan tozlar, akciğer alveollerine ulaşır ve akciğer fibrozu meydana getirir. Akciğerlere ulaşan tozun bir kısmı çözünür ve kana karışır.

Tozun alveollerini etkilemesi ve vücut fonksiyonlarını bozması sonucu oluşan hastalıklara genel olarak pnömokonyoz denir. Pnömokonyoz, Latin dili kökenli, solunum yoluyla akciğerlere alınan tozlardan oluşan hastalıkların genel adıdır. Tozun cinsine göre yine aynı dilden kökenli olarak hastalıkların sınıflandırılması da yapılmış, demir tozlarından sideroz, alüminyum tozlarından alimünoz, silis tozlarından silikoz, pamuk tozundan pisiloz, asbest tozundan asbestoz ve kömür tozundan antrokoz ismini alan sınıflara ayrılmışlardır.

Hastalık yapıcı toz konsantrasyonu için kesin bir sınır yoktur. Toz konsantrasyonundan söz edildiğinde "vardiya ortalama toz konsantrasyonu"nu anlamak gereklidir. Vardiya başı ve sonundaki dinlenme süresindeki toz konsantrasyonları azdır. Kazı ve nakliyat sırasında konsantrasyon artar. Ortalama konsantrasyon ise her işyerine göre değişir.

## 4.2. Yer Altı Toz Kaynakları

Madencilikte görülen işlemlerin hemen hemen hepsi, hem toz oluşmasına hem de daha önce çökelmiş tozun dağımasına neden olabilmektedir.

Maden havasındaki tozun iki ana kaynağı vardır. Bunlar dışarıdan ocağa temiz hava ile gelenler ve yer altı çalışmaları sonucu oluşup ocak havasına karışan tozlardır.

Toz oluşturan belli başlı yer altı çalışmaları şöyle sıralanabilir;

- Lağım atma,
- Göçertme,
- Kömür veya cevher kazısı,

- Delik delme,
- Kıarma,
- Galerilerde yürüme,
- Göçükler,
- Kömür tozu patlamalarına karşı taş tozu serpilmesi,
- Cevher aynasının ve topukların arazi basıncı ile parçalanması,
- Posta alma,
- Yükleme,
- Araba tumba etme,
- Kömür kaydırma,
- Ramble yapma,
- Nakliyat,
- Tahkimat vb.

#### **4.3. Kömür Ocaklarındaki Kuvars Tozu**

Kömür işletmelerindeki işçiler de silikozdan zarar göründüğünden dolayı, kuvars tozunun nereden geldiğinin araştırılması gereklidir. Her şeyden önce, kömür işletmelerinde açılan galerilerin, taşta açıldığı, damarın tavan ve taban taşlarının kumtaşı, konglomera ve kuvars bulunduran şistlerden oluştuğunu unutmamak gerekmektedir. Bunlar çok ince toz olup, havada süspansiyon halinde bulunurlar ve bu yüzden su ile kolayca taşınırlar. Kömür işçilerindeki silikozun kaynağı bunlar olmaktadır. Linyit işletmelerindeki kömür ocaklarında ise fazla miktarda taş tozu bulunmadığından dolayı hastalanma tehlikesi çok daha azdır. Linyitler bataklıklarda oluşmuştur ve etrafı çok sık ormanlarla kaplıdır. Bundan dolayı tozun oluşma olasılığı çok azdır.

#### **4.4. Tozun İnsan Sağlığına Zararları**

Ince toz taneleri insan sağlığına değişik yönlerden zarar vermektedir.

- Solunum sistemine zarar veren tozlar; Silika, kömür ve demir gibi bazı cevher tozları,
- Zehirleyici tozlar: Berilyum, cıva, kurşun, arsenik..,
- Radyoaktif tozlar: Uranyum, radyum, toryum..,
- Patlayıcı tozlar: Kömür ve kükürt ile magnezyum, alüminyum, çinko, demir gibi bazı cevher tozları,

Tozun neden olduğu akciğer hastalıkları uzun senelerden beri bilinmesine karşın, konuya önem verilmesine ve önlemlerin alınmasına ancak 20. yüzyılda başlanmıştır. Son senelerde konunun önemi daha iyi anlaşılmış ve madencilikte, tünel açmada ve açık ocaklarda toz kontrol ve toz bastırma yöntemleri uygulanmaya başlanmıştır.

Toz, insan sağlığına verdiği zararlardan başka ocakta genel bir rahatsızlığa da neden olur. Rahatsızlık, toz bulutlarının oluşması ve görüş mesafesinin azalması sonucu artar ve morali bozar. Mekanik aletlere ve hassas elektronik sistemlere zarar verir, kaza sıklığını artırır, çalışmalarda değişik nedenlerle zaman kayıplarına neden olur, fazladan tamir ve bakım masrafı çıkararak işletme maliyetlerini artırır.

#### **4.5. Kömür Tozu Patlamaları**

Normal koşullar altında katı bir kömür parçası yanıcıdır. Ancak, ufalanarak ince toz haline getirildiğinde tutuşucu ve patlayıcı bir hal alır.

Kömür tozu patlamaları üzerinde yapılan araştırmalar ve yaşanan olaylar aşağıdaki önemli bulguları ortaya çıkarmıştır:

- Toz, küçük bir metan patlamasını büyük bir patlamaya çevirebilir.
- Ortamda hiç metan olmadığı zaman bile kömür tozu kendi başına patlayabilir.
- Yanan bir toz bulutunun alevi bir gaz birikintisine ulaştığında gazı patlatabilir.
- İnce ve kuru kömür tozlarının varlığı grizunun alt patlama sınırını daha aşağıya indirebilir.
- Patlama kömür tozunu da içeriyorsa önemli miktarda CO gazı oluşabilmektedir.

Toz patlamasının olabilmesi için havada askıya geçmiş bir toz bulutunun ateşleyici bir kaynakla teması geçmesi gerekmektedir. Araştırmalar ocaklıarda metan-hava karışımılarını patlatabilecek her türlü kaynağın bir toz bulutunu da patlatabileceğini göstermektedir. Ancak ocakların en tozlu yerlerinde bile askıdaki tozlar patlayıcı bir toz bulutu oluşturamazlar. Patlama için önemli olan tavan, taban ve yan duvarlarda birikmiş olan toz olup, bunun bir darbe etkisiyle gruplanarak havaya karışması gerekmektedir. Yani bir patlamanın olabilmesi için çökmüş tozu havalandıracak bir etken ile bulutu ateşleyecek etkenin bir araya gelmesi gerekmektedir.

Genellikle yağlı taş kömürü üreten ocaklıarda; kömür kazılırken ve ayak içinde zincirli konveyörlerle ayak dibine taşınırken ya da ayak dibinde arabalara ya da diğer konveyörlerle aktarılırken parçalanır ve kısmen ince toz haline gelir. Ayrıca, ocak arabaları tumba edilirken de çok ince tozlar havaya karışır. Hava ile karışan ince tozlar uzun süre havada askıda kalarak kömür tozu bulutu oluşturur. Toz bulutu elverişli tutuşturucu kaynağı maruz kaldığında kömür tozu gazlaşır ve  $H_2$ ,  $CH_4$  vb. gazlar oluşur ve bu gazlar patlamayı başlatır. Patlamadan sonra meydana gelen basınç dalgaları yararımla alevin önünde devamlı olarak havaya kalkan toz yığınları ile patlama bütün ocağa yayılır.

Kömür tozu patlamasından sonra, bacaların çıkışlı yerlerinde, özellikle tahkimat elemanları üzerinde koniler halinde koklaşma olayı görülür. Bu durum patlama başlangıç yerinin bulunmasına yarar.

Kömür tozunun patlayabilirliği aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Tozun tane iriliği ve miktarı,
- Uçucu madde oranı,
- Kimyasal yapısı,
- Havadaki ve yerdeki toz yoğunluğu,
- Oksijen ve metan gazının varlığı,
- Tozun çevredeki dağılımı (tavanda, tahkimat üzerinde, yan duvarlarda, tabanda),
- Tutuşturma kaynağı,
- Çevre koşulları (çevrenin taş veya kömür oluşu, nemliliği vb.)

Kömür tozunun uçucu madde oranı % 12'den fazla ise patlayıcı özelliğe sahiptir. Yanmaz madde içeriği % 65'ten fazla olan kömür tozları patlamaz kabul edilir.

#### 4.6. Kömür Tozu Patlamalarının Önlenmesi

Yer altı kömür tozu patlamalarına karşı alınacak önlemler dört ana başlık altında toplanabilir:

- Kömür tozunun yeraltında birikmesini önlemek,
- Biriken tozun patlamasını önlemek,
- Patlamanın yayılmasını en aza indirmek için kömür tozunu emniyetli koşullarda tutmak,
- Patlamanın etki alanını en aza indirmek için patlama yerini izole etmek.

Ocak içerisindeki kömür tozu kaynakları; kömür tozlarının toplanması ve ıslatılması, taş tozu kullanarak yanmaz madde miktarının artırılması, toz ve sulu sistemler kullanılması yöntemleri ile yok edilmelidir.

Kömür tozu patlamaları, ile metan gazı patlamaları beraber düşünülmelidir. Metan gazı patlamaları kömür tozu patlamalarına kaynak oluşturduğundan metan gazı birikimleri önlemelidir.

Tozun olduğu yerlere, toz toplayıcılar monte edilerek toz kaynağından emilmelidir. Basınçlı su borularıyla taban, tavan veya yanlara devamlı veya nöbetle su spreyi yaparak veya basınçlı hava ile su püskürtülerek tozlar sulama ile önlenmelidir.

Ocaklıarda bütün açık yerler, arınlara 10m. kalıncaya kadar, ıslak yerler hariç bütün açık yerlerin tavan, taban ve yanlarına, miktarı % 65'ten az olmamak koşuluyla el ile veya mekanik araçlarla taş tozu serpilmelidir.

Taş tozları; beyaz renkli, kolayca öğütülebilir maddeden olmalı ve rahatça dağıtılabilmeli, yüksek özgül ısısı ve hafif özgül ağırlığa sahip olmalı, % 5'ten fazla yanıcı madde ve % 5'ten fazla serbest silis içermeyen özelliklerde olmalıdır.

Toz patlamalarını önlemek için toz oluşumu ve metan birikimi önlenmelidir. Ayrıca doğal olarak tutuşma nedenleri giderilmelidir. Bu yeterli olmayacaksa, olabilecek bir patlama frenlenmeli ve yerinde tutulmalıdır. Bu amaçla şu önlemler alınabilir:

- 1) Taş tozu barajları: Galeri tavanına yakın olarak yerleştirilen ve üzerinde yanmaz toz bulunan tahta levhalardan oluşturulur. Bir patlama alevinin önündeki hava şoku, bu levhaları devirir ve dolayısıyla ortama yayılan taş tozu, ısı absorbsyonuna ve kömür tozu konsantrasyonunun düşmesine neden olur. Böylece patlama frenlenir. Barajlarda kullanılacak taş tozu miktarı, baraj yerine ve baraj yeri kesitine bağlıdır. Gazlı ocaklarda, üretim yeri ile hazırlıklar arasına yapılan barajlara "ana baraj" denir ve burada 400 kg/m<sup>2</sup> taş tozu kullanılır. Üretim panosu içine yapılan barajlara "tali baraj" denir ve burada 100 kg/m<sup>2</sup> taş tozu kullanılır.

Barajın hazırlanması:

- Her baraj veya baraj zonu, galeri tavanına, galeri yüksekliğinin 1/3'ü kadar mesafede yerleştirilmiş veya asılmış tahta levhalardan olmaktadır. Levhaların üzerine konan taş tozu ile galeri tavanı arasında en az 10cm aralık bulunmalıdır. Levhalar arasında en az 1,5m uzaklık olmalıdır. Levhaların genişliği tali barajlarda en fazla 35cm, ana barajlarda 50cm olmalıdır.
- Taş tozu barajlarında çoğunlukla kalker tozu kullanılır. Kullanılacak tozun kolayca uçabilme özelliği olmalı ve sağlığa zararlı olmamalıdır.
- Barajlar için özel kayıtlar tutulmalı, tozlar kuru olmalı, üflendiği zaman uçma özelliği kaybolanlar değiştirilmelidir.
- Taş tozu kasaları basit yapılışı ve kolay yerleştirilebilir olmalıdır.
- Kasalar, en zayıf kömür tozu patlamalarında harekete geçmeli fakat lağım atmalarında meydana gelen basınç dalgasından etkilenmemelidir.
- Kasalar taş tozunu aniden boşaltmamalıdır.
- Taş tozu, kasalara kürek veya tahta ile sıkıştırılarak konulmamalıdır.

Olabilecek kömür tozu patlama noktası ile taş tozu barajı arasındaki uzaklık, uzmanlar tarafından 35-50 m olarak belirtilmiştir. Ana barajlar, patlama noktasını 300m aşlığında, 100m içerisinde tali barajlar kurulmalıdır.

Taş tozu dağılma hassasiyetini kaybedeceği zaman değiştirilmelidir.

Taş tozu barajlarına aşağıdaki bilgileri içeren levha konulmalıdır:

- Yolun kesiti ( $m^2$ ) ,
- Barajda mevcut taş tozu miktarı (kg),
- Barajdaki kasa adedi,
- Her kasa üzerindeki taş tozu miktarı (kg) ,
- Taş tozunun yenilendiği tarih,
- Kontrol tarihi ve kontrolü yapan sorumlu elemanın imzası.

- 2) Su barajları: Taş tozu barajları yerine özellikle linyit ocaklarında su barajlarının kullanılması da mümkündür. Bu yöntemle galeri tavanına yakın raflar üzerine yerleştirilmiş demir veya plastik kaplar içine su konulur. Ana barajlarda 200 lt/ $m^2$ , tali barajlarda 100 lt/ $m^2$  su bulunur. Bu yöntemin sakıncası kullanılan su nedeniyle ocak havasındaki nemin artmasıdır.
- 3) Tuzlama yöntemleri: Taş tozu ve su barajları her zaman başarılı değildir. Başarılı olması için, taş tozu ve kömür tozu iyice karışmalı ve karışım içindeki yanmaz madde oranı %50 olmalıdır. Taş tozunun sağlığa zararlı yönü de vardır. Bu nedenle de tuzlama yöntemleri tercih edilebilmektedir (kaya tuzu yöntemi, kalsiyum klorür macunu yöntemi).

#### **4.7. Tozla Mücadele**

Tozla mücadele yöntemleri altı grupta toplanabilir.

1. Erken tanı ve önlem (işe giriş muayeneleri, 6 aylık periyodik muayeneler, iş değiştirme, iyi beslenme, alkol ve sigarayı bırakma),
2. Toz oluşumunu önleme (sulu delme, sulu kesme, sulu kazı, sulu poğaçaç),
3. Tozu bastırma (su empreyesi, su fisketeleri, elle veya hortumla sulama),
4. Tozu toplama (kuru delmede tozu emme, tuzlama, emici yardımcı havalandırma),
5. Toz konsantrasyonunu düşürme (ana ve yardımcı havalandırma),
6. Toz solunmasını önleme (toz maskesi, kısa süre ile çalıştırma).

# 5

## ■ 5. OCAK YANGINLARI

Yer altı kömür madenciliğinde gerek can kaybı gerekse üretimin aksaması ve rezerv kaybı bakımından ocak yangınları en önemli iş güvenliği problemlerinden biridir.

Ocaklarda kömür ve tahkimat malzemeleri ile diğer yanıcı maddelerin yanması ile meydana gelen ocak yangınları, büyük tehlikeler doğurur. Özellikle grizulu ocaklarda yangın kontrol edilemezse grizu patlamalarına neden olur.

Ocak yangınlarında en büyük tehlike ocak gazlarının patlaması, zararlı ve zehirli gazların ortaya çıkması ve ocağın diğer çalışma alanlarına yayılmasıdır. Bu nedenle, yangının oluşmasının ve diğer bölgelere sıçramasının önlenmesi, meydana gelen yangının en kısa sürede farkına varılabilmesi ve yangınların uygun cihazlarla erken ve etkili olarak söndürülebilmesi ana hedefler olarak açıklanabilir.

### 5.1. Ocak Yangınlarının Nedenleri

Ocak yangınları, nedenlerine göre aşağıdaki şekilde gruplanabilir:

- Mekanik sürtünme ile oluşan yangınlar,
- Elektrik ve elektrikli ekipmanlardan kaynaklanan yangınlar,
- Lağım atma işlemleri,
- Ocak içerisindeki açık alev, sigara ve benzeri nedenler,
- Yanıcı toz, gaz, buhar ve sıvıların tutuşması,
- Kömürün kendiliğinden yanması,
- Kaynak işlemleri,
- Grizu inflakı.

## **5.2. Ocak Yangınları İle Mücadele**

Kömürün kendiliğinden yanmasından kaynaklanan yangınların dışındaki açık alevli ve ulaşılabilir yangınların söndürülmesinde çoğunlukla su veya bir takım kimyasal maddeler içeren söndürücüler kullanılmaktadır. Karbondioksit, sodyumbikarbonat, potasyum bikarbonat vb. kimyasalların dışında yüksek genleşme nitelikli köpük kullanılarak da yanın söndürme işlemi yapılmaktadır.

Bütün bu yanınla mücadele yöntemlerinin başarılı olmaması durumunda ise yanın bölgesinin barajlanarak terk edilmesi, yanının hava kaynağının kesilerek söndürülmesi yöntemine başvurulmaktadır.

Ocak yangınlarının meydana gelmesini, sıçramasını ve yayılmasını önlemek için; ateşleme kaynaklarının yok edilmesi ve yanmaz tahkimat malzemesi ve yanmayan ünitelerin kullanılması ve hidrolik ünitelerde kullanılan sıvı maddelerin yanmayan ve zor tutuşur olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Yanının erken tespit edilmesi için alınacak birtakım tedbirler bulunmaktadır. Sabit ve devamlı çalışan CO ölçüm cihazlarıyla ve ocakta CO ölçen el aletleri ile yeraltıının sürekli olarak kontrol edilmesi, yeraltındaki bütün ölçü değerlerinin ocak ve emniyet izleme istasyonlarına iletilmesi ve iletilen bu değerlerin sürekli olarak değerlendirilmesi ve yüzde hesaplayıcılarının kullanımı ( $\text{CH}_4$  ve CO oranının gelişiminin işlenmesi, ölçümleri ters yönde etkileyen faktörlerin yok edilmesi, kritik değerlere ulaşıldığından ikaz edilmesi) bu tedbirler arasındadır.

## **5.3. Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Bu Tür Yangınlara Karşı Alınan Önlemler**

Kömürün kendiliğinden tutuşması bir fiziksel-kimyasal reaksiyondur. Bu reaksiyon sonucunda meydana gelen oksitlenmede sıcaklığın aşırı derecede yükselmesi tutuşmayı başlatır. Böyle yerbere hava girişi olduğunda açık aleve dönüşüm olur.

Kömürün kendiliğinden yanması nedeniyle ortaya çıkan gazlar gerek zehirleyici gerekse patlayıcı konsantrasyonlar oluşturarak maden kazalarına, dolayısıyla da birçok can kayıplarına neden olmuştur.

Kendiliğinden yanma her kömür madeninde aynı şekilde görülen bir olay değildir. Kömür yapısı ve üretim ile ilgili birçok etken farklı şartlarda farklı düzeyde kendiliğinden yanma şartları oluşturabilir. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler şunlardır:

- Kömürün rankı,
- Kömür damarlarının pirit içeriği (piritin su ile temasında oksitlenme olur),
- Kömür damarlarının ve/veya çevrenin nem içeriği,
- Kömürün petrografik yapısı,
- Kömürün parça boyutu ve yüzey alanı,
- Üretim yöntemi,

- Havalandırma sistemi,
- Kömür damarı ve çevre kayaçların yapısal özellikleri,
- Oksijen miktarı,
- Damar yatımı ve damar kalınlığı,
- Ramble çeşidi,
- İşletme sistemi,
- Söküm ve barajlama organizasyonu.

#### **5.4. Yer Altı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanmanın Belirlenmesi**

Başlıca belirtiler şunlardır:

- Kömür ve çevre kayaçlarda terleme,
- Ocak havasında görülen pus,
- Petrol benzeri koku,
- Ocak içerisinde sıcak yüzeylerin oluşması,
- Duman görülmesi,
- Ocak havasında karbonmonoksit konsantrasyonundaki artış.

#### **5.5. Kendiliğinden Yanma ile Mücadele**

Kendiliğinden yanma ile mücadele için genel olarak aşağıdaki önlemler alınır:

- En uygun üretim yöntemi seçilir (Dönümlü uzunayak, ara katlı göçertme vb.).
- Göçük bölgesinde kömür bırakılmaz.
- Göçüğe hava kaçmaması için gerekli tedbirler alınır (Tabanyolu kenar dolgusu, arkanın iyi göçertilmesi veya ramble, çatıaklı bölgelere enjeksiyon).
- Hava yollarında düşük dirençler ve düşük depresyonla havalandırma, en az sayıda kapı ve regülatör kullanılır.
- Yangın bölgесine karbondioksit veya azot enjekte edilir.
- Şartların uygun olması durumunda yanıklı pano suyla doldurulur.

Ocaklarda kendiliğinden tutuşmaya karşı planlama safhasında tedbir alınmaya başlanır. Bu kapsamda damarın ve buna komşu damarların yanın sahalarının plana işlenmesi, diğer komşu işletmelerin aynı damar ile ilgili tecrübeleri ve aynı damarın daha önce alınmış panolardaki CO seyrinin değerlendirilmesi ve kendiliğinden kızışmayı teşvik eden faktörlerin (kömürün çeşidi, kömür tanelerinin büyülüğu, uçucu maddelerin miktarı, nem miktarı, kükürt miktarı, prit oranı, oksitlenme eğilimi) bir araya getirilip değerlendirilmesi gerekmektedir.

Jeolojik konumları nedeniyle yanım koruma tedbirlerinin en fazla uygulanması gereken yerler olan arıza zonlarının önceden planlanması ve ön hazırlığının (sıkılama, enjeksiyon, galeri yüzeyinin betonla püskürtülmesi) yapılması gerekmektedir. Uygun işletme planının seçilmesi önemlidir.

Kendiliğinden tutuşmanın önlenmesi için ocakta alınacak tedbirler ise şu iki esas doğrultusunda olması gerekmektedir:

- Planlama esnasında tespit edilen sebeplerden dolayı alınacak tedbirler,
- Daha önce fark edilmeyen ve aniden meydana gelen olaylarda alınacak tedbirler.

Genel olarak ayağın çalışmasına başlamadan, normal şartlar altında tedbirler alınır ve kendiliğinden tutuşma yanıkları önlenebilir. Şayet durumlar değişir veya beklenmedik bir şekilde yanına sebep verecek faktörler ortaya çıkarsa çalışma esnasında da ayrıca tamamlayıcı ilave önlemler alınması gereklidir.

**Çalışan panolarda havalandırma önlemleri:** Çalışma esnasında hava akımlarını önlemek ve ayak arkasındaki basınç farkının en alt düzeyde tutulması için mümkün olan bütün tedbirler alınmalıdır.

Galeri kenarlarının sıkılanması da alınması gereken diğer tedbirlerdir. Jeolojik arızalar kendiliğinden tutuşma tehlikesini artırır. Bunun için ayrıca önlem alınması gerekmektedir.

Kömürün kendiliğinden tutuşmasının önlenmesi için aşağıda belirtilen tedbirler alınmalıdır:

- 1- İşletme esnasında elde edilen veya komşu işletmelerdeki aynı damar üzerindeki deneyimlerle birlikte kendiliğinden tutuşmayı oluşturacak kömür özelliklerinin sebepleri ve oluşum ağırlık hususları planlamada göz önünde bulundurulmalıdır.
- 2- Mümkün olduğu sürece ilerletimli değil dönümlü çalışma yapılmalıdır.
- 3- Üretime başlama yerleri arıza zonları olmamalıdır.
- 4- Havalandırma için, kesitlerin yeterli ve dar yerlerinin olmaması, üretim başlangıç yerlerinin hava girmeyecek şekilde olması, tabanların ayak arkasındaki göçüğe karşı betonlanması gereklidir.
- 5- Ayakların başlangıç ve bitiş yüzeyleri, su ile yoğrulup basılan materyal, içi köpük doldurulmuş domuzdamı ve taş tozu barajı ile sıkılanmalı veya  $\text{CaCl}_2$  gibi higroskopik tuzlarla yüzeysel müdahale yapılmalıdır.

Taban kenarları başlangıç ve bitiş yüzeyinin arkasından 5–10 metre uzunluğunda hava geçirgen olmayan sıkılama ile kalan kömürün hava irtibatı kesilir.

Başyükarı girişleri taş tozuyla (damar kalınlığı  $\times$  5m ) veya betonumsu malzemelerle (damar kalınlığı  $\times$  3m) sıkılanmalıdır.

- 6- Çalışma esnasında kaçak hava akımlarını önlemek ve ayak arkasındaki basınç farkının en alt düzeyde tutulması için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır.

- Galeri kesitleri tutulmalı,
- Planlanmış ayak girişleri tutulmalı,
- Lüzumsuz hava kısıntıları (hava kapısı çerçevesi gibi) önlenmeli,
- Kaçak havanın arkaya kaçmaması için kenarlar sıkılanmalı,
- Gerekli olan hava miktarı aynı olmalı,
- Hava miktarı değișebilecek üretim ve gaz durumlarına göre ayarlanabilir olmalıdır.

7- Jelojik arızalar kendiliğinden tutuşma tehlikesini artırdığından buralarda ilave olarak aşağıda belirtilen önleyici tedbirler alınmalıdır:

- Mümkün olduğu kadar ayak arkasında az miktarda kömür kalmalıdır.
- Arıza kısmındaki boşluklar odunla değil, yanına elverişli olmayan malzeme ile ( köpük, betonumsu malzeme ile traversler gibi) doldurulmalıdır.
- Taban kısımlardaki arızalarda, arızanın ilerisini ve gerisini içeren kubbemsi betonlama, arka doldurulması ve betonumsu maddelerin basılması gibi özel tedbirler alınır.
- Ayak arkasındaki arıza zonlarına  $\text{CaCl}_2$  veya  $\text{MgCl}_2$  gibi higroskopik tuzlarla müdahale edilmelidir.

8- Üretim esnasında arıza nedeniyle arkada bırakılabilen topuklar ayak basıncı nedeniyle gevşeyeceğinden ilaveten kendiliğinden tutuşma tehlikesi oluşturur. Bunu önlemek için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır.

- Tutucu sıvı doyumlu  $\text{CaCl}_2$  veya  $\text{MgCl}_2$  gibi tuzlar kalan topuğa enjekte edilir.
- Topuğun kömür yüzeylerine  $\text{CaCl}_2$  toz halinde serpilir.
- Geri kalan topuklar betonumsu maddelerle sıkılanır.

9- Göçüklerde, ayaklara vb. gibi yerlere azotla ön tedbir enjeksiyonu yapılarak ortam soğutulmalıdır.

10- Sökülmüş ve daha açık duran ocak kısımları kendiliğinden tutuşma yangınlarının ağırlık noktalarıdır. Sıcaklığın iyi havalandırma olmaması nedeniyle önlenmemesi ve durumun uzun zaman devam etmesi büyük olasılıkla kendiliğinden tutuşmayı oluşturur. Bunun için aşağıda belirtilen önleyici tedbirler alınmalıdır:

- Sökülmesi gereken yer, yeterince havalandırılır ve sökülm işleri hızla yapılır.
- Kapanacak yerlerin sağlam ve sıkı barajlanması için baraj yeri uygun seçilmelidir.
- Uygun duvar ve baraj malzemeleri seçilmelidir.
- Baraj uzunluğu havalandırmanın basınç farkına ve etrafındaki kayaçların çatlama derecesine göre belirlenmelidir.

## **5.6. Ocak Yangınlarında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

### **5.6.1. Yangının Meydana Gelmesini Ve Yayılmasını Önlemek İçin Alınacak Güvenlik Önlemleri**

- 1- Ocak içerisinde metan gazı ve patlayabilir kömür tozlarının birikiminin etkin yöntemlerle önlenecek daima tehlikeli sınırının altında tutulmalıdır.
- 2- Kullanılan kesici elmas uçlarının kivilcim saçması su ile soğutarak önlenebilir.
- 3- Ocak içerisindeki elektrik üniteleri exproof olmalıdır.
- 4- Statik elektriğe karşı gerekli önlem alınmalıdır.
- 5- Dizelle çalışan araçlar yanın önleme tekniğine uygun olmalıdır.
- 6- Bant nakliyat ünitelerinde bandın yandan sürtünmesi, fazla yüklenmesi ve boşluk yapması önlenebilir ve oluşan sıcaklığın kontrolü yapılmalıdır.
- 7- Ocak içerisinde, yanmaz tahlimat malzemesi, yanmayan üniteler kullanılmalıdır.
- 8- Ocaklıda kömürün kendiliğinden tutuşmasını önleyici tedbirler alınmalıdır.

### **5.6.2. Ocak Yangınlarının Erken Tespiti İçin Alınacak Güvenlik Önlemleri**

- 1- Yeraltı ocakları sabit ve devamlı çalışan CO ölçü cihazları ile ölçülmelidir. Sonuçlar, ocak ve emniyet izleme istasyonlarına iletilmeli ve değerlendirilmeler yapılmalıdır.
- 2- Ocaklıda kendiliğinden kızışmanın başlangıcını anlamak için;
  - CO gelişimi ( ppm-miktari veya üretilen CO miktarı lt/dk)
  - Kaçak hava akımları
  - Basınç farkı
  - Sıcaklık gelişmesi sürekli izlenmelidir.
- 3- İşletme deneyimlerine göre önceden saptanan havadaki CO miktarı ( 10 ppm'den 15 ppm'e kadar CO ) ve CO geliri ( 10 lt/dk) kritik değerlere ulaşıldığında ikaz sistemiyle yetkili birimler uyarılmalıdır.

### **5.6.3. Ocak Yangınlarının Söndürülmesi İçin Alınacak Güvenlik Önlemleri**

- 1- Kuyulara, ana galerilerine, rekup galerilerine, desandrelere, tabanlara ve burlere su şebekesi döşenmelidir. Ana kuyu içinde suyun donmasını önleyici tedbirler alınmalıdır.
- 2- Ocak içerisindeki su alım noktaları kolay ulaşılabilir yerlerde olmalıdır.
- 3- Bantların tahlrik ve kuyruk tamburlarına, tamirhanelere ve lokomotif garajlarına, yanıcı sıvıların olduğu odalara, burlere, yanabilir tahlimat bulunan galerilere ısı tesiriyle çalışan otomatik yangın söndürücüler yerleştirilmelidir.
- 4- Düz ve meyilli galerilerde bulunan konveyörler, elektrik cihazlarının bulunduğu yerlere, atölye ve garajlara, nakil araçlarına, galeri açma makinalarına taşınabilir yangın söndürme cihazları yerleştirilmelidir.
- 5- Azot enjeksiyonu için boru şebekesi ve armatürleri hazırlanılmalıdır.

6- Ocak yangınlarına karşı buraya kadar bahsedilen metodların yetersiz olduğu veya uygulanmadığı durumlarda saha barajla kapatılmalıdır. Sahanın barajlarla kapatılmasında yanın sahasına hava girişini önleme ve tehlikenin mevcut olduğu yerlerde oluşabilecek herhangi bir patlamayı hapsetmek amaçlanmaktadır.

7- İşletmedeki yanın baraj yerleri imalat planına işlenmelidir. Ayrıca baraj inşaatı detayları ve genel boyutları baraj defterine kaydedilmelidir.

8- Yangına müsait damarlarda bekleme barajları sistemi uygulanır. Bekleme barajlarının hızla kapatılması için, baraj kapısı, tahta, kil, kum, çakıl ve su gibi malzemeler baraj önünde daima hazır bulundurulmalıdır.

9- Patlamaya dayanıklı barajların yanından uzaklık mesafesi; Sahalardaki normal metan oluşumu ve yanın mevkiine bağlı olarak metanın ana gelir noktaları, havalandırmanın miktarı ve dağılımı, barajların yapımı sırasında ortaya çıkan kısıtlamaların, bunlar üzerinde oluşturacağı değişimeler, sahadaki eğilimler, yukarıdaki faktörlerin tutuşabileceği bir yerde bir metan birikimine imkân vermesi hali, kömür tozu tehlikesi faktörleri göz önünde tutularak belirlenmelidir.

10- Bütün barajlara: Baraj arkasına 10metre uzanan numune borusu , giriş barajına bir adet deveboynu su borusu, çıkış barajına ise bir adet metan drenaj borusu ile su ve çamurlama (ambalaj) borusu konulmalıdır.

11- Yangından dolayı gerek bekleme gereksiz kapatma barajları kapatıldıklarında, su borularından su akmadığı zamanlarda hava girişinin önlenmesi için deveboynu su ile doldurulmalıdır. Gaz muayene borusunun ağızı, hava geçirmeyecek ve gerektiğinde numune için açılabilen şekilde kör tappa ile kapatılmalıdır.

12- Yangınlı sahanın barajlarla kapatma işleminden önce, yanın sahası içerisinde, metan ve kömür tozu patlamalarına karşı gereken önlemler alınmalıdır.

13- Yanmanın ürünleri su ve karbondioksittir. Ancak yanma dışında ortamda karbondioksit olabileceğinden yanmanın kendine özgü ürünü karbonmonoksittir. Karbonmonoksit üretiminin havalandırma ölçümülerinden hesaplanan oranı kapatılan saha içindeki kıızışma durumu hakkında en hızlı bilgiyi vermektedir.

Kapatılan bir barajın arkasındaki yanının sönmüş kabul edilmesi için; oksijen miktarı % 5'den az, metan ve karbonmonoksit oranlarının yüksek olması, ısının düşük olması, herhangi bir buhar ve duman izine rastlanmaması gereklidir.

14- Kapalı barajın açılması sırasında tahlisiye ekipleri baraj yakınında hazır bulundurulmalıdır. Ayrıca açılmakta olan barajın yeniden başlaması ihtimaline karşı tekrar kapatılması için gerekli olan malzemeler barajda hazır bulundurulmalıdır.

## **6. ELEKTRİK TESİSLERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ**

### **Exproof Koruma**

Potansiyel patlama tehlikesi olan atmosferik ortamlarda kullanılacak ve patlamaya neden olabilecek tüm ekipmanların “**Patlamaya dayanıklı özel yapıda olması**” gerekmektedir. Bu özel yapı EX=“EXPLOSION PROOF” (patlamaya dayanıklı) olarak adlandırılmaktadır.

Avrupa Parlamentosu’nun çıkarmış olduğu ve patlamaya dayanıklılığın yasal dayanağını ATEX100a ve ATEX137 direktifleri oluşturmaktadır.

ATEX 137 (directive 99/9/EC) Aralık 1999 tarihinde yayınlanmış olup kullanıcıları (işverenleri) kapsamaktadır. Bu direktif ortaklık anlaşmasının 137. maddesine dayanılarak çıkarıldığı için ATEX 137 olarak anılmaktadır. ATEX137 ile uygulama ve işletme tek tip hale getirilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olan ATEX 137 ulusal uygulamaları kaldırılmış ve tüm Avrupa’da birlik sağlamıştır. ATEX 137, ulusal mevzuatımızda Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından çıkartılarak, 26 Aralık 2003 tarihinde “Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik” adı altında yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir.

ATEX 100a (directive 94/9/EC), 23 Mart 1994 tarihinde yayınlanmıştır. Ortaklık anlaşmasının 100a maddesine dayanılarak çıkarılması (serbest ticaret ve serbestçe mal alışverişi ile ilgili madde) ve patlayıcı ortamın Fransızca karşılığı olan ATmosphere EXPlosible kelimelerinin kısaltması olan ATEX 100a olarak anılmaktadır. ATEX 100a (directive 94/9/EC) ex-korumalı ekipmanların imalatı ile ilgili olup patlayıcı ortamlarda kullanılacak ekipmanları kapsamaktadır.

ATEX100a ile ekipman koruma tipleri ve sertifikalandırma tek tip hale gelmiştir. Ulusal bazda onaya gerek kalmamış olup Avrupa Birliği üye

ülkesinin verdiği sertifika diğer üye ülkelerde aynen geçerlilik kazanmıştır. Yönetmelik hükümlerince öngörülen niteliklere uymayan kuruluşça alınan belgeler geçerli değildir.

ATEX100a 94/9/EC 1996 dan itibaren geçerli olup uyum mecburiyeti 01.07.2003 tarihinden itibaren başlamıştır. 01.07.2003 den itibaren imal edilen ve Avrupa'da satılan (yerli veya yabancı) tüm tesis ve aletler 94/9/EC talimatına uyumlu olmak zorundadır.

Ulusal mevzuatımızda; ATEX 100a 26.10.2002 tarih ve 24919 sayılı resmi gazetede **"Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik (94/9/AT)"** adı altında yayınlanmış olup Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından çıkartılmıştır. Söz konusu yönetmelik, 30.12.2006 gün ve 26392 sayılı Resmi Gazete'de yayınlandığı şekliyle yenilenmiş ve yürürlüğe girmiştir.

### **ATEX 100a'nın Getirdiği Yenilikler**

- 1- Patlayıcı ortamda kullanılan elektrik ve mekanik tüm aletleri kapsamaktadır. Daha önce yalnızca elektrikli aletler söz konusuyken patlayıcı ortamlarda kullanılan mekanik aletlerin de ex sertifikası bulunması zorunluluğu gelmiştir.
- 2- Koruyucu sistemleri de kapsamaktadır. Patlamayı önlemek veya yayılmasına engel olmak için yapılan tüm sistemler (flame arrestor) ATEX 100a'ya uyumlu olmak zorundadır. Bu tip tertibatlar da bundan böyle exproof sertifika alacak ve CE belgesi ve damgası bulunacaktır.
- 3- Maden ve diğer sanayi kolları gibi bir ayırım yapılmamakta tüm patlayıcı ortamları kapsamaktadır.
- 4- Muhtemel patlayıcı ortamlar, cihazların kullanma ortamlarına göre kategorilere ayrılmıştır.
5. Etiket şekli değişmiş ve aletin etiketinden, kullanılacağı yer (gaz grubu), kullanılacağı ortam zon (kategori) ve kullanılacağı ortamın cinsi (gaz, toz gibi) anlaşılabilicektir.
- 6- Üzerinde "Ex" yazılı her alet rahatlıkla kullanılamayacaktır. Kullanıcı kategorilere, patlama gruplarına, ısı gruplarına ve koruma tiplerine dikkat etmek zorunda kalacaktır.
- 8- Ex korumalı ekipmanlara Avrupa Normuna uyululuk belgesi alınması mecburiyeti getirilmiştir. Bir Ex ekipman yalnızca ex-koruma standartlarına değil diğer geçerli EN normlarına da uygun imal edilmek ve CE işaretini taşımak mecburiyetindedir.
- 9- Uyumluluk belgesi (conformity) yetkili organlarca (notified bodies) verilecek ve tüm Avrupa ülkelerinde geçerli olacaktır.

### **Patlayıcı Ortam Sınıflandırması**

Patlayıcı ortamlarda çalışan ve bu ortamlara karşı korumalı bir cihaz almak isteyen kullanıcılar, cihazın kullanılacağı patlayıcı ortama uygun bir koruma tipine sahip ve bu koruma tipine ait uygunluk belgesi (sertifikası) olan cihazları seçmek ve bu sertifika ekinde kullanıcıya verilmek mecburiyeti olan, cihazın montaj ve kullanım talimatında yer alan kurallara mutlaka uymak zorundadırlar.

Patlayıcı ortama karşı korumalı cihazlarının seçiminde öncelikle, satın alınacak cihazın etiketine dikkat edilmelidir. Bu etiket üzerinde ve cihazın markalama etiketinden ayrıca bulunan Ex\_Proof etiketi, cihazın Ex Kodlarını içerir. Bu etikette cihazın kullanılacağı tehlikeli bölge (Zon), kullanılacağı gaz grubu (yeraltı maden ocaklarında veya yerüstündeki patlayıcı ortamlarda kullanılıp kullanılmayacağı) veya hangi gaz grupları için sertifikalandırılmış olduğu ya da hangi sıcaklık derecesine kadar ışınan bir cihaz olduğu ve bu maksimum yüzey sıcaklığı derecesinin hangi gazların patlamasına yol açabilecegi gibi bilgileri anlamak mümkündür.

Patlayıcı ortamlar:

- Gazın ortamda bulunma olasılığına göre; **Tehlikeli Bölge (Zon)** sınıflandırmasına,
- Gazların karakteristikleri (parlama ve patlama limitleri) dikkate alınarak; **Gaz Gruplandırmasına**,
- Ortamdağı gazın patlama sıcaklığına göre **Sıcaklık Sınıflandırmasına** tabi tutulmuştur.

### **Gaz Gruplandırılması**

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu IEC ve EN gazları iki patlama grubuna ayırmış ve metan gazını (grizulu madenleri) I.gruba dâhil etmiştir. Maden sanayi ile diğer sanayi dalları ayrılmıştır.

PATLAMA GRUBU I : Metan

PATLAMA GRUBU II A : Propan, bütan, aseton, kereson, hexan, trimat, hylamin, vs,

PATLAMA GRUBU II B : Etilen, karbonmonoksit, hidrojen sülfit, etil-, -metil, -eter, vs,

PATLAMA GRUBU II C : Hidrojen, Asetilen ve karbon di sülfit

### **Sıcaklık Sınıflandırması**

Patlayıcı gazlar bir kıvılcım ile patlayabildikleri gibi, ortamdağı aletlerin yüzey sıcaklıklarından da ateş alabilirler (statik patlama). Örneğin metan gazı 650°C de patlar. Bu nedenle kullanılan elektrik ve mekanik teçhizatların yüzey sıcaklıklarına da dikkat edilmelidir. Konunun uzmanları dikkat edilmesi gereken ısı gruplarını tarif etmişler ve bu ısı grupları standartlarda da yerini almıştır. Isı grupları tayin edilirken emniyet faktörü de dikkate alınarak gerçek ateş alma sıcaklıklarının biraz altında tarif edilmişlerdir. Örneğin metan gazının patlama sıcaklığı 450°C olarak verilmiştir. En zor ateş alan gaz metandır, diğerleri daha düşük sıcaklıkta da patlarlar.

Sıcaklık sınıflarının ekipmanların çalışabildikleri ortam sıcaklığı ile ilişkisi yoktur. Bu sıcaklık değerleri ekipmanların maksimum yüzey sıcaklıklarıdır. Aşıldığında ortam tehlikeye girer demektir.

## **Patlayıcı Gaz Ortamlarında Sıcaklık Sınıflandırılması**

**Tablo 3**

Sıcaklık Sınıfı	İzin Verilen, Yüzey Sıcaklığı En büyük Değeri, °C
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

### ***Exproof Alet Kategorileri***

Kullanıldığı karmaşayı önlemek için ATEX 100a patlayıcı ortamlarda konulan aletleri gruplarına göre kategorilere ayırmaktadır. Bunlar kısaca:

**1- Grup I:** Grizulu maden ocaklarını ve var ise yer üstü tesislerin, kısaca maden sanayini kapsamaktadır. Kullanılan aletlerin yüzey sıcaklığı metan ve kömür tozuna göre dizayn edilecektir. Kömür tozu var ise 150 °C yok ise 450 °C olabilmektedir.

**Kategori M1:** Bu kategorideki aletler sürekli veya aralıklı oluşan patlayıcı ortamı tehlkeye düşürmeyecek şekilde dizayn edilirler, yüksek bir koruma düzeyine sahiptirler. ZON 0 ortamında rahatlıkla çalışabilecek düzeydedirler.

ATEX ayrıca; aletin korumasında herhangi bir bozulma olduğunda ikinci bir önlem alınmasını ve yine birbirinden bağımsız iki arıza aynı anda meydana geldiğinde emniyetliliğin korunması şartını koymaktadır.

Etiketinde M1 işaretini olan bir alet en az 2 arızada tehlke yaratmayacak şekilde dizayn edilecektir. Ayrıca ikinci bir emniyet önlemi alınmalıdır. (Pratikte bu önlemler; grizu ölçülerek tehlke halinde (grizunun %1.5 seviyesini aşması) elektriğin kesilmesi ve çalışanlara alarm verilerek madenin terk edilmesi ile gerçekleştirilmektedir.)

Bu kategorideki teçhizatlar, patlayıcı ortam mevcut iken dahi çalışır durumda kalabilmeli, ortamı tehlkeye düşürmemelidir.

**Kategori M2:** Patlayıcı ortam oluştduğunda bu kategorideki aletlerin elektriğinin kesilmesi gerekmektedir. Elektrik hemen kesilemeyeceği için kısa süre de olsa patlayıcı ortama maruz kalacaklardır. Bu nedenle normal çalışmaları esnasında ortamı tehlkeye düşürmeyecek şekilde dizayn edilirler.

Grizulu bir maden işletmesinde metanın havadaki oranı %1,5 seviyesini aştığında madenin ilgili bölümünün elektriği kesilir. Buna göre uygun ölçüm tertibatı yapılmak zorunludur. Kullanılan metan ölçü aletinin, batarya beslemeli ve kendinden emniyetli tip ve Ex-ia kategorisinde olması gerekmektedir.

**2- Grup II:** Maden sanayi dışındaki sanayi kollarını kapsar. Aletlerin yüzey sıcaklıklarını kullanılan ortama göre farklı olabilmektedir. Tehlike bölgeleri üç ayrı ZON'a ayrılmıştır (Zon 0, 1 ,2).ve üç ayrı kategoride alet kullanılabilmektedir. Ayrıca kategori rakamlarının sonuna gaz ise G, toz ise D harfi konulur.

**KATEGORİ 1: Zon 0** Tip: ia,s

**KATEGORİ 2: Zon 1** Tip: d,e,ib,o,p,q,m

**KATEGORİ 3: Zon 2** Tip: n

### **Exproof Koruma Tipleri**

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

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

Patlamaya karşı koruma tip ve sembollerini şöyledir:

- 1- "d" tipi Alev Sızdırma Muhafaza
  - 2- "e" tipi Arttırılmış Emniyet
  - 3- "i" tipi Kendinden Emniyetli
- "ia" tipi Çok Arızalar İçin Kendinden Emniyetli  
"ib" tipi Tek Arızalar İçin Kendinden Emniyetli
- 4- "o" tipi Yağa Daldırma
  - 5- "p" tipi Basınçla koruma
  - 6- "q" tipi Toz Doldurma
  - 7- "n" tipi Sızdırmaz Korunma
  - 8- "s" tipi Özel Koruma
  - 9- "m" tipi Kapsül İçine Alma

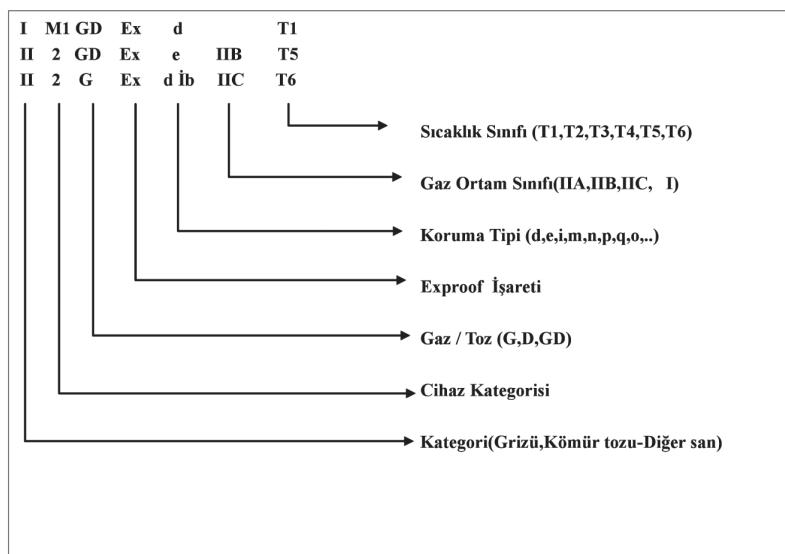
Tablo 4

KATEGORİLER VE KULLANIM BÖLGELERİ			
KULLANIM YERİ, ZON	GRUP	KATEGORİ	KORUMA TİPİ
Madenler, sürekli patlayıcı ortamda çalışabilir	I	M1	Ex I-ia
Madenler, patlayıcı gaz oluşumunda elektriği kesilir	I	M2 + M1	Ex I-ia, ib, d, e, o,p,q ve saire
Diğer sanayi	ZON 0	II	1G
Diğer sanayi	ZON 1	II	2G+1G
Diğer sanayi	ZON 2	II	3G+2G+1G
Diğer sanayi	ZON 20	II	1D
Diğer sanayi	ZON 21	II	2D+1D
Diğer sanayi	ZON 22	II	3D+2D+1D

### Patlamaya Karşı Korunmuş Ekipmanların Etiketleri

Ex korumalı aletin etiketi farklıdır ve bir aletin ex-korumalı olup olmadığı etiketinden anlaşılır. Bu etiketleme şekli konu ile ilgili standartlarda belirlenmiştir.

### Exproof Cihazlarda Etiket Kodlaması



## **Elektrikli Olmayan Aletlerin Etiketlenmesi**



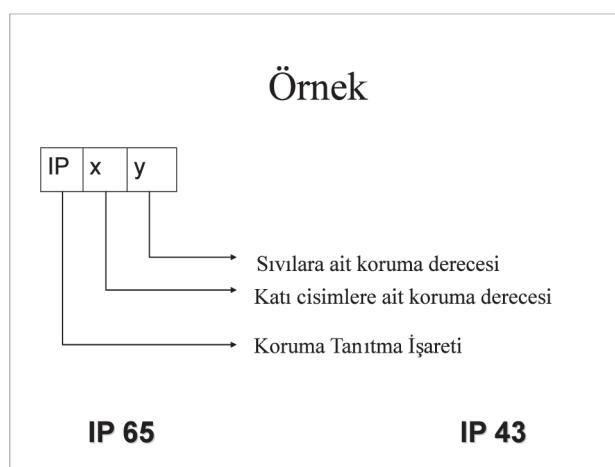
ATEX talimatlarının geçerlilik kazanması ile elektrikli olmayan aletlerin de ex-sertifikası alması ve aynı şekilde etiketlenmeleri gündeme gelmiştir. Yalnız elektrikli olmayan aletlerin etiketlenmelerindeki fark, yukarıdaki resimde görüldüğü gibi Ex işaretinin olmayacağıdır.

### **Patlayıcı Gaz Ortamında Kullanılan El Aletleri Seçimi**

Her türlü metal el aletleri darbe veya kullanım anında kıvılcım oluşturmayan malzemelerden seçilmelidir.

### **Yabancı Madde Girişine Karşı (Etanş) Koruma (Ip)**

Patlayıcı ortamlarla ilişkisi olmayan bu koruma yöntem ve tipleri ex-koruma ile karıştırılmamalıdır. Su, toz, nem, dokunma gibi etkenlere karşı alınan önlemleri içerir. Simgesi IP dir, "international protection" kelimesinden kısaltılmıştır. Etanş tabirinin Patlayıcı ortam kullanımı ile ilgisi yoktur.



## **Statik Elektriklenme**

Patlayıcı ortamlarda kullanılan fakat elektrikli olmayan aletlerde en çok statik elektriklenmeye dikkat edilir ve anti statik malzeme kullanılır. Patlamaların kaynağının %40'ın üzerinde statik elektriklenme sonucu çıkan ark olduğu bilinmekte olup yalnızca teçhizatın değil çalışan insanların da giyimine dikkat etmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Patlayıcı gaz ortamında kullanılan giysilerin seçimi statik yük oluşturmayacak malzemelerden yapılan giysiler seçilmelidir.

## **Tüm Teçhizatta Bulunması Gerekenler**

Tüm teçhizat ve koruyucu sistemler aşağıdaki asgari detaylara sahip, okunaklı ve silinmeyecek bir şekilde işaretlenmelidir:

- Üreticinin adı ve adresi

- CE işaretü

- Seri yada tip tanımları

- Varsa seri numarası

- İmal yılı

- Özel patlamaya karşı koruma işaretü, ve  bunun arkasından teçhizat grup yada kategorisinin simgesi

- Ayrıca emniyetli kullanımı için zorunlu tüm bilgiler teçhizat üzerine işaretlenmelidir.

- Talimatlar

(a) Tüm teçhizat ve koruyucu sistemlerin beraberinde en az aşağıdaki ayrıntıları içeren talimatlar bulunmalıdır:

- Seri numarası hariç bakımı kolaylaşırıacak uygun ilave bilgiler(örneğin; ithalatçının, tamircinin vs. adresleri) ile birlikte teçhizat yada koruyucu sistem üzerinde işaretli bulunan bilgilerin tekrarı,

- Emniyet için talimatlar,

- Hizmete alma,

- Kullanım

- Montaj ve demontaj,

- Bakım (servis ve olağanüstü onarım)

- Tesisat

- Ayar

- Gereğinde basınç tahliye cihazlarının ön tarafında tehlike alanlarının gösterilmesi

- Gereğinde eğitim talimatları
  - Herhangi bir şüphe halinde belli bir kategorideki bir teçhizatın yada bir koruyucu sistemin istenen alanda beklenen işletme koşulları altında emniyetli bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağına dair karar alınmasını sağlayan detaylar
  - Elektrik ve basınç parametreleri, maksimum yüzey sıcaklıklarını ve diğer sınır değerler
  - Gerektiğinde, tecrübe ile ortaya çıkabileceği anlaşılan olası yanlış kullanım detaylarını içeren özel kullanım şartları
  - Gerektiğinde, teçhizat yada koruyucu sisteme takılabilen araçların asgari özellikleri
- (b) Talimatlar, üretici tarafından Türkçe ve Avrupa Topluluğu dillerinden birinde hazırlanmalıdır.

### **Elektrik Tesislerinde Alınacak Güvenlik Önlemleri**

Yeraltı maden işletmelerinde ocak içerisinde elektrik; tumbalar, kuyu ihraç ve varagel tesisleri, vantilatör, aspiratörler, aydınlatma tesisleri, konveyör ve troley nakliyatında kullanılmaktadır.

Ocak içerisinde elektrik tesisatında alınması gereken temel güvenlik önlemleri şunlardır:

- 1- Ocak yönetim yerinde elektrik şebekesini ve şebedeki sabit aygit ve tesislerin yerlerini gösteren, ölcüklü ve ayrıntılı bir plan bulundurulmalıdır.
- 2- Grizulu ocaklıarda kullanılan ekipmanlar bu ortamlarda kullanılmaya uygun exproof ekipmanlar olmalıdır.
- 3- Elektrik kablolarının döşenmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:
  - Kuyularda döşenen kablolar kuyu cidarına sık aralıklarla monte edilmiş kelepçelerle sıkıca bağlanmalıdır.
  - Düz veya eğimli yerlerde lağım atılırken, tamir yapılırken veya değişik ocak işlerinde kablolar emniyete alınarak her türlü darbeden korunmalıdır.
  - Kablo ek yerleri nemden korunmalıdır.
  - Ana yollarda kablolar, nakliyat sırasında hasara uğramamaları için en az 1.60 metre yüksekliğe alınmalıdır.
  - Zırhlı kabloların üzerindeki tellerin soyulmasına özen gösterilmelidir.
- 4- Yeraltı trafo ve redresör devreleri tesislerinde aşağıdaki güvenlik önlemleri alınmalıdır.
  - Trafo ve redroßerler, ocak içinde havalandırılması sağlanmış, yanına dayanıklı, ayrı oda, hücre veya bölmelere konmalıdır. Buralara yanıcı, parlayıcı, patlayıcı ve aşındırıcı maddeler konulmamalıdır.
  - Trafo dairelerinin taban ve tavanı beton kemerli olmalıdır.
  - Trafo dairelerine karbondioksitli söndürme cihazları konmalıdır.
  - Yetkisiz ve izinsiz kişilerin trafo odasına girmesine izin verilmemeli ve bu durum uyarı levhaları ile belirtilmelidir.

- Yüksek gerilimli şebekelere bağlı aygıtlar, kontrol ve ölçüm aletleri ile kabloların madeni dış kılıfları topraklanarak güvenlik altına alınmalıdır.

5- Elektrik cihazlarında aşağıdaki güvenlik önlemleri alınmalıdır:

- Çalışma gerilimi küçük gerilimin üstündeyse, elektrik kaçagi yapabilecek elektrik aygıtlar ve madeni kısımlar topraklanarak güvenlik altına alınmalıdır.

- Elektrik cihazlarının üzerinde ve civarında toz birikmesine engel olunmalıdır.

- Ocağın genel havasındaki metan oranı %1,5'i geçen yerlerdeki iletkenlerin ve elektrikli aygıtların gerilimi derhal kesilmeli ve koşullar düzlemedikçe yeniden verilmemelidir.

- Yapılan onarımlar kullanılan elektrikli ekipmanların exproof özelliklerini değiştirmemelidir.

6- Bütün elektrikli ekipmanlarla kablolar ve ayrıntıları, haftada en az bir kere dışından, yılda en az bir kere de yalıtkanlık kontrolüne tabi tutulmalıdır.

Bütün koruyucu röle ve devrelere ayda en az bir kez deney uygulanmalıdır.

7- Kabloların yapılan kontrol ve deneylerde tehlike yaratacak biçimde hasara uğramış veya bozulmuş oldukları görülenler derhal onarımı alınmalı veya sağlamlarıyla değiştirilmelidir.

Hasara uğramış veya bozulmuş kablolar, onarılip kontrol edilmedikçe ocak içinde tekrar kullanılmamalıdır.

Yumuşak kablolar 3 ayda en az bir kez bulundukları yerlerde kontrol edilmelidirler.

# 7

## 7. PATLAYICI MADDELER

Patlayıcı maddeler, kıvılcım, darbe, sürtünme veya diğer bir patlayıcı maddenin şok etkisiyle kimyevi değişikliğe uğrayan ve yüksek derecede sıcaklık, fazla miktarda gaz meydana getiren kimyevi madde veya bileşiklerdir.

Patlayıcı maddenin meydana getirdiği kimyasal reaksiyon, alev alacak olursa ve ses hızının altında bir yayılma hızına sahipse buna **deflagrasyon**, bir sıkıştırma darbesi meydana getiriyor ve patlama hızı ses hızının üzerinde ise buna **detonasyon** denir. Parçalanma etkileri nedeniyle, patlayıcı maddeler madencilik kazı işlerinde çok önemli yere sahiptir. Kazı için patlayıcı maddeler ile yapılan ateşlemede, çıkarılması istenen malzeme doğal kaynağından söküllererek yüklenebilecek duruma getirilir. Bunun için istenilen derinliğe kadar lağım atılır. İçersine kapsül, ateşleme fitili veya kablo ile elektrik kaynağına bağlanan patlayıcı madde lokumu, lağım dip tarafına veya ortasına yerleştirilir. Lağımın geri kalan kısmı patlamada meydana gelen gazların dışarı kaçmasına engel olmak amacıyla uygun maddelerle sıkilanır. Gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra ateşleme yapılır.

Güvenlik tedbirleri alınmadan yapılan çalışmalarda patlayıcı madde kullanımından dolayı olan kazaların kurallara uymaması, lağımın uygun derinlikte delinmemesi, yeterli sıkılama yapılmaması, uygun yerden ve uzaklıktan ateşleme yapılmaması, ateşleme kaynaklarının periyodik kontrollerinin yapılmaması, patlayıcı madde ve kapsüllerdeki hatalar, yetkisiz kişilerin kullanımı ve patlayıcı madde imal edilerek kullanılması ana nedenlerdir.

## **7.1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması**

Madencilikte kullanılan patlayıcı maddeler; Yavaş yanın patlayıcı maddeler, yüksek hassasiyetli patlayıcı maddeler ve patlayabilir karışımlar olarak sınıflandırılır.

### **7.1.1. Yavaş Yanan Patlayıcı Maddeler**

Bunlara en iyi örnek kara baruttur. Bunun bileşimi, ağaç kömürü tozu, kükürt tozu ve güherçilelerden meydana gelir. Kara barutun patlama etkisi parçalayıcı değil iticidir. Tesiri çok zayıftır. En çok, fazla kırıklı parça elde edilmemesi istenilen granit, mermer ve benzeri ocaklarında kullanılır.

### **7.1.2. Yüksek Hassasiyetli Patlayıcı Maddeler**

Tek maddeli patlayıcıların (Nitrogliserin, Nitroglikol vb. gibi) karışım ve bileşik halinde kullanıldığı patlayıcı maddelerdir. Bunlar, yüksek detonasyon hızı, yüksek basınçlı şok dalgası ve yüksek yoğunluğa sahip kapsül hassasiyetli nitrogliserin, trinitrotoluol ve amonyum nitrat esaslı patlayıcı maddelerdir.

#### **7.1.2.1. Nitrogliserin Esaslı Patlayıcı Maddeler**

Bu tip patlayıcıların esas maddesi nitrogliserin olup sodyum nitrat ve ağaç hamuru gibi yanabilen ve emici maddelerden meydana gelir. Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler, Gom tipi, Jelatin tipi ve Antigrizu dinamitler olarak üretilirler.

Gom tipi dinamitler yüksek miktarda nitrogliserin içerirler. Şiddetli ve hızlı patlama özelliğine sahip olduğundan parçalayıcı etkisi fazladır. Darbe ve sürtünmeye karşı duyarlı, suya karşı dayanıklıdır. Zehirli gaz yönünden özellikleri iyi olmadığından yeraltı madencilik çalışmalarında kullanılmaz.

Jelatin tipi dinamitler suya karşı dayanıklı, patlatma şiddeti fazla, zararlı gaz çıkarması azdır. Şok etkilere karşı daha az duyarlı olduklarından deliklere yerleştirilirken iyi bir şekilde, birbirleriyle temas edecek şekilde boşlusuz olarak doldurulması gereklidir.

Antigrizu tipi dinamitler az miktarda nitrogliserin, fazla miktarda amonyum nitrat ve sodyum klorür maddelerinden elde edilir. En önemli özelliği patlama sırasında meydana gelen alevin sıcaklığı az ve süresinin çok kısa olmasıdır. Bu nedenle yeraltı kömür işletmelerinde kullanılır.

#### **7.1.2.2. Trinitrotoluol ve Amonyum Nitrat Esaslı Patlayıcı Maddeler**

Bu tip patlayıcılarda esas patlayıcı madde trinitrotoluol ve çok az miktarda amonyum nitratır. Toz halinde bulunurlar, donmazlar ve gaz özellikleri iyidir.

### **7.1.3. Patlayabilir Karışımalar**

Bu sınıfa giren patlayıcılar, yakıt ve oksitleyici maddeler içeren karışımalar olup içerisinde bulunan maddelerin hiçbirisi normalde patlayıcı değildir. Karışım haline geldiğinde patlayıcı özellik taşırlar. Patlatma işleminde mutlaka bir ilk ateşleyici kullanılmaktadır.

Patlayabilir karışımlarda esas madde amonyum nitratdır. Nakil ve kullanışları emniyetlidir. Madeni kutular içinde ambalaj yapılabildiklerinden suya karşı dayanıklılıkları sınırsızdır. Bunlar; Anfo, Anatol, Ammanol ve Emülsiyon tipi patlayıcı maddelerdir.

**ANFO:** En yaygın kullanılan patlayıcı olup % 94.5 amonyum nitrat ile % 5.5 oranında mazot karışımından ibarettir. Anfoyu ateşlemek üzere kullanılan yemleme dinamiti, patlatma deliğinin çapına yakın çapta ve yüksek patlayıcı dinamitler olması gereklidir. Donmaya karşı dayanıklı, kullanımı emniyetli ve çok ucuz patlayıcı maddelerdir. Detonasyon sırasında oluşan portakal-kahve renkli duman anfonun bünyesinde bulunan mazot miktarının gereğinden düşük olduğunu ve anfonun su ile temas ederek bozduğunu işaret eder.

**ANATOL:** Amonyum nitrat ve trinitrotoluol karışımından meydana gelir. Oksijen dengesi bakımından en ideal karışım oranı % 80 amonyum nitrat ve % 20 trinitrotoluoldür.

**AMMANOL:** Amonyum nitrata toz halinde alüminyum eklenerek elde edilen patlayıcı maddedir. Ağırlık olarak %18,4 alüminyum oksijen bakımından dengeli bir patlayıcı oluşturur. Fazla oksijen elde etmek için bazen su eklenir.

**EMÜLSİYON:** % 90 amonyum nitrat, % 8 mineral oil, wax ve diğer katkı maddelerinden oluşan karışımıma %2 oranında mikrobalon ilave ederek patlayıcı özellik kazandırılmıştır. Sıvı şeklinde dökme olarak lağım deliklerine tankerler vasıtasyyla şarj edilir. Hamur şeklinde imal edilen tipi ise plastik kartuşlara doldurularak kullanılır.

## **7.2. Ateşleme Kaynakları**

Kara barut gibi bazı patlayıcı maddeler bir fitilden elde edilen ateşle veya kibrit alevi ile patlatılır. Ancak dinamit cinsinden olan patlayıcı maddelerin patlaması için daha kuvvetli alev ve ani darbe veya basınç etkisine ihtiyaç vardır. Bu da bakır, gümüş, civa gibi metallerin nitrik asitle erimiş halde iken alkol ile muamelesiyle elde edilen çok hassas ve şiddetli patlayıcı madde olan flüminatların kullanılmasıyla sağlanır.

Günümüzde elektrikli ve elektriksiz ateşleme kaynakları kullanılmaktadır.

### **7.2.1. Elektriksiz Ateşleme Kaynakları**

Elektriksiz ateşleme kaynakları, adı kapsül, saniyeli ve infilaklı fitil, elektriksiz (Non-elektrik) kapsüllerdir.

**ADİ KAPSÜL:** Bir ucu açık, diğer ucu kapalı silindir biçiminde ve içi hassas patlayıcı maddesi ile dolu kovandan ibarettir. Kapsül için patlamayı sağlayan esas madde flüminatlardır. İkincil

patlayıcı ise TNT veya benzer bileşimdir. Duyarlı olan patlayıcı madde dış etkilerden korunmak için alüminyum veya bakır tüp içerisine konmuştur. Alüminyum kapsüller neme dayanıklı ancak akkor halde lağımdan fırlayabildikleri için grizu içeren kömür ocaklarında ve kükürt ocaklarında kullanılması sakıncalıdır.

Patlayıcı maddeler farklı hassasiyette olduğundan, çeşitli şiddette kapsüller değişik miktarlarda flüminat kullanılarak yapılip ayırım için numaralandırılmaktadır.

**SANIYELİ FİTİL:** Kapsülün uzaktan ateşlenebilmesi için kullanılır. Bunların iç kısmında yanıcı bir karışım (barut gibi), orta kısmında yanıcı maddeyi nemden ve fiziki etkilerden koruyan iplik örgü, üstte ise suya ve ezilmeye karşı dayanıklılık artırıcı katran ve sertleştirici madde ile emprenye edilmiş kısım bulunmaktadır. Fitilin yanma hızının en az saniyede 115 metre ve en çok saniyede 25 metre olması istenir. Bu nedenle uygulamada fitil boyunun en az 1 metre olmasına dikkat edilmelidir.

Saniyeli fitilin ateşlenmesi için, fitil uzunluk eksenine paralel olarak biraz yarırlır ve açığa çıkan barut sütun açık bir alevle tutuşturulur. Eğer atılan lağım sayısı dördü geçerse özel ateşleyiciler kullanmak daha emniyetlidir. Özel ateşleyiciler ise içerisinde yanıcı madde bulunan karton kovanlardır. Fitille birden fazla lağım aynı zamanda ateşlenecekse, ateşleme kordonu kullanılması tavsiye edilir. Ateşleme kordonu bir çeşit fitildir. Ancak bunun yanma süresi 6–10 m/sn'dir ve barut sütununun içinde mekanik mukavemeti sağlamak için ince bir tel bulunur. Ateşleme için, her lağımın kapsülüne bir parça fitil bağlanır. Sonra bu fitiller ateşleme kordonuyla ateşleme sırasına göre, irtibatlandırılır ve kılavuz fitiliyle ateşlenir.

**İNFLAKLI FİTİL:** Yapısı, saniyeli fitilin yapısına benzer. Yalnız bunların içinde barut yerine, patlama hızı çok yüksek olan (7 km/saniye gibi) bir patlayıcı madde bulunur ve kendisi de kapsülle ateşlenir. İnfilaklı fitili ateşlemek için, ucunda saniyeli fitil bulunan bir kapsül infilaklı fitilin ucuna bağlanır. Patlayıcı maddenin infilaklı için, başlatıcı lokumu bir ucundan veya ortasından delerek fitil içinden geçirilir ve düğümlenir.

Sürtünme ve çarpmaya karşı hassas değildir. Statik elektrikten etkilenmez. Bu özelliği nedeniyle elektrik kapsüllerinin sakıncalı olduğu yerlerde kullanılır. İnfilaklı fitilin en büyük avantajı birkaç noktayı aynı anda ateşleyebilmesidir.

İnfilaklı fitil ile ateşlemede, özel geliştirilmiş gecikme elemanları kullanarak yapılan patlatmalarda kaya kütlesinde daha fazla ufanınma sağlanır. Ayrıca yer sarsıntısı azaltılır.

**ELEKTRİKSİZ KAPSÜLLER:** Kapsül ve kapsüle bağlı bir plastik tüpten oluşur. Kablo şeklindeki plastik tüp içerisinde bulunan reaktif madde ile iletilen şok vasıtasyyla ateşleme gerçekleştirilir. Sürtünme ve ateşten etkilenmeyen bu kapsüller özel manyeto ile ateşlenmektedir. Elektriksiz kapsüller çeşitli gecikme aralıklarında üretilmekte veya ayrıca gecikme elemanları kullanılmaktadır.

### **7.2.2. Elektrikli Ateşleme Kaynakları**

Ekonominik ve pratik olması nedeniyle halen dünyada en yaygın kullanılan ateşleme yöntemidir. Elektrikli ateşleme kaynakları gecikme aralıklarına bağlı olarak gecikmesiz ve gecikmeli elektrikli kapsüllerdir.

**GECİKMESİZ ELEKTRİKLİ KAPSÜLLER:** Adı kapsülün geliştirilmişidir. Bu kapsülde saniyeli fitilin yerini elektrik kablosu almış, kapsül içinde bulunan ilk ateşleme maddesi elektrik akımı ile ateşlenmektedir.

**GECİKMELİ ELEKTRİKLİ KAPSÜLLER:** Bu tip kapsüller, saniyeli ve mili saniyeli elektrikli kapsüllerdir. Gecikmesiz elektrik kapsüllerine benzer. Ancak bunlarda alev alıcı hassas madde ile ilk madde arasında bir geciktirme elemanı bulunmaktadır. Geciktirme elemanın uzunluğu gecikme süresine göre ayarlıdır. Saniyeli kapsüllerde kademeler arası zaman aralığı 0,5 saniye, mili saniyeli kapsüllerde ise 25- 30 mili saniyedir. Saniyeli kapsüller 0-12, mili saniyeli kapsüller 1-18 numaralarına sahiptir.

Saniyeli kapsül, özellikle galeri sürme ve kuyu açma işlerinde çok kullanışlıdır. Grizulu kömür ocaklarında, önce patlayan delikler bir çat�ak meydana getirdiğinden ve bu çat�aklardan tehlikeli gaz çıkışısı olabileceğiinden sakınca doğurabilir.

### **7.3. Patlayıcı Maddelerin Kullanılmasında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

Patlayıcı maddelerin üretimi Ülkemizde ruhsata tabidir. Ruhsatsız üretim yasaktır ve üretimi halinde Ceza Kanunu Hükümlerine göre takibi yapılır. Yasağa rağmen madenciler maliyeti düşük ve kolay hazırlanabilen patlayıcı karışımı (Potasyum Klorat, Mazot ve Kükürt karışımı gibi), tehlikesini göz ardı ederek ve hazırlayıp kullanarak çeşitli iş kazalarına sebebiyet vermektedirler.

Madencilikte patlayıcı madde emniyeti ile ilgili tedbirler satın alma safhasında başlar. Nakil, depolama, kullanım sonuna kadar aynı hassasiyette devam eder.

#### **7.3.1. Patlayıcı Maddelerin Kara Yolları İle Taşınmasında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

1- Taşıma araçlarının kasaları; sağlam, metal kısmı bulunmayan, kenarları yüklenecek patlayıcı madde sandık boyundan yüksek veya tamamen kapalı ve arkadan kilitlenebilir kapılı olmalıdır.

2- Taşıma araçlarında uygun iki adet seyyar yanım söndürme cihazı bulunmalıdır.

3- Taşıma araçlarına uygun uyarı levhaları asılmalıdır.

4- Taşıma aracı arkasında statik elektriğe karşı, yola temas eden zincir takılmalıdır.

5- Bozulmuş veya kapsül takılmış olan dinamitler araçla taşınmamalıdır.

6- Dinamitler, barutlar kapsüllerle aynı taşıma aracında ve bir arada taşınmamalıdır.

7- Patlayıcı madde araçlarında yolcu taşınmamalıdır.

8- Patlayıcı maddelerin taşıma araçlarına yüklenmesi ve boşaltılması gündüzleri yapılmalı, ancak gerekli emniyet koşulları alınarak ve çevre elektrikli reflektörle aydınlatılarak geceleri de yapılabilir.

9- Patlayıcı madde kutuları araç kasasına birbirine bitişik kayma ve savrulmaya karşı önlem alınarak yerleştirilmelidir.

10- Yükleme-boşaltma ve taşıma esasında ateş yakılmamalıdır.

11- Taşıma araçları ile şehir içinde 25 km/sa, şehir dışında 50 km/sa'ten fazla hız yapılmamalıdır.

### **7.3.2. Patlayıcı Madde Depolarında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

Maden işletmeleri İç İşleri Bakanlığından muhafaza ve depolama ruhsatı alarak, patlayıcı maddeleri yerüstü ve yeraltı patlayıcı madde depolarında koruma altında bulundururlar. Depolar, nem geçirmeyen, yanına dayanıklı, kurşun geçirmeyen ve iyi havalandırması olan barınaklardır.

1- Yeraltı patlayıcı madde depoları aşağıda belirtilen özelliklerde olmalıdır:

- Bir yamaçtan galeri ile girilerek veya kuyu diplerinde müsait yerlerde tesis edilirler.
- Rutubete karşı gerekli önlemler alınmalıdır.
- Yeraltıda olanların havalandırılması bağımsız olarak yapılmalıdır.
- Depolar işçilerin çalıştığı yerlere, yollara ve ana havalandırma yoluna zarar vermeyecek uzaklıktır olmalıdır.
- Depolarda sıcaklık 8°C'den az 30°C'den çok olmamalıdır.

2- Yerüstü patlayıcı madde depoları aşağıda belirtilen özelliklerde olmalıdır:

- Depolar, demir, kara ve demir yolları taşımasına uygun rutubetsiz yerlerde yapılmalıdır.
- Depo binasının duvarları tuğla, metal aksamı az, çatısı eternit ve geniş saçaklı olmalıdır.
- Zemin seviyesinden tavan'a kadar olan bacularla havalandırma yapılmalıdır.
- Depo zemini temizlenmesi kolay ve kırılcım meydana getirmeyecek malzemeden yapılmalıdır.
- Depo pencereleri, demir parmaklı olmalı ve pencere boşluğununda pirinç veya galvaniz tel kafes konmalıdır.
- Depo kapıları dışarıya açılmalıdır.
- Depo çevresi, bina çatısını bir metre geçen ve en üst genişliği bir metre olan toprak siperlerle korunmalıdır.
- Depoda yıldırımdan korunmaya karşı paratoner sistemi yapılp her yıl kontrolü sağlanmalıdır.
- Depo çevresindeki kuru otlar temizlenmelidir.

3- Depo çevresi tel çit ile çevrilerek koruma altına alınmalıdır ve “**Tehlikeli Bölge Girilmez**” uyarı levhaları uygun yerlere konulmalıdır.

4- Depoda silahlı güvenlik koruması sağlanmalıdır.

5- Yangın başlangıcında kullanılacak seyyar yangın söndürücüler kullanılmalıdır.

6- Görevli olmayan veya izin verilmemiş kimselerin depoya girişleri engellenmelidir.

7- Depoya gireceklerin üzerinde ateş verici veya çıkarıcı maddeler depo sorumlusu tarafından alınmalıdır.

8- Depoya gireceklerin vücudundaki statik elektriğin boşaltılması için depo girişine nötralizör yapılip kullanılması sağlanmalıdır.

9- Depoya patlayıcı madde konulması veya alınması gündüz yapılmalıdır. Ancak gece çalışması gerekli olduğunda açık alevli lambalar dışındaki aydınlatma tertibatı kullanılmalıdır.

10- Depoda patlayıcı maddelerin teslim alınma, dağıtma ve geri alımlarına ilişkin bilgilerle birlikte bu işlerle ilgili, sorumlu ve yetkili kimselerin adı ve sicil numaralarının yazılı olduğu ve hesap dengesini her gün yaptığı bir patlayıcı kayıt defteri bulunmalıdır.

11- Kapsüller diğer patlayıcı maddelerle aynı bölümde veya sandıkta bulundurulmamalıdır.

12- Patlayıcı madde sandıkları ranzalar üzerine yerleştirilmeli ve ranza altının yerden yüksekliği 10 santimetre olmalıdır.

13- Patlayıcı madde depoya giriş tarihine göre ranzalara istiflenmeli ve kullanımda bu sira takip edilmelidir.

14- Patlayıcı madde sandıkları hiç bir şekilde yere atılarak, düşürülerek, sürüklenecek ve etrafı çaptırılarak taşınmamalıdır.

15- Patlayıcı madde sandıklarını açmak için bakır, bronz ve tunçtan yapılmış araçlar kullanılmalıdır.

### **7.3.3. Patlayıcı Maddenin Kullanıma Hazırlanmasında Alınacak Güvenlik Önlemleri**

1- Patlayıcı maddeler, ateşleyici yeterlilik belgesine sahip ve fenni nezaretcisi tarafından görevlendirilmiş ateşleyiciler tarafından alınıp hazırlanmalı ve ateşlenmelidir.

2- Ateşleyici depodan aldığı patlayıcı maddelerin miktarını patlayıcı madde kayıt defterine depo sorumlusu ile birlikte işlemelidir.

3- Patlayıcı maddenin işyeri dışına çıkarılması ve kullanılmasına izin verilmemelidir.

4- Ateşleyici patlayıcı maddeleri, tahtadan veya bu işe elverişli yalıtkan malzemeden yapılan iki bölmeli ve özel kilit düzeni bulunan sandıklardan yapmalıdır.

5- Ateşleyicinin başyükürlarda veya girip çıkışması zor olan yerlerde bez torba kullanılmasının izin verilmeyip uygun küçük sandıklar yapılip kullanırmalıdır.

6- Bir kişinin taşıyacağı patlayıcı madde miktarı 10 kg’ı geçmemelidir.

7- Kapsüller dinamit lokumlarına ateşleme yapılacağı sırada yerleştirilmelidir. Fitil ve adi kapsül ile yapılan ateşlemelerde, fitilin kapsüle girecek ucu fitil makası ile dikine kesilmeli ve bu uç kapsül içindeki patlayıcı madde içindeki patlayıcı maddeye temas edinceye kadar baskı yapılmaksızın sokulmalıdır. Daha sonra özel kerpeten ile boğularak sıkılmalıdır. Diş ile sıkmak tehlikelidir.

Dinamit lokumuna kapsül yerleştirmek için lokumun sargı kâğıdı bir ucundan açılarak, kapsül kalınlığında bir ağaç çubukla dinamit lokumunda hazırlanan yuvaya fitille tutturulmuş veya elektrikli kapsülün madeni kısmı tamamen sokulmalı ve iyice sıkılmalıdır.

İnfilaklı fitilin ateşlemeden önce hasar görmemesine dikkat edilmelidir. İnfilaklı fitili kıvırıp, büküp dolaştırmaktan kaçınılmalıdır. Patlatma hazırlığı bitinceye kadar infilaklı fitil ile kapsül birbirine bağlanmamalıdır. Kapsül ile infilaklı fitili birbirine bağlama ya bantla ya da üretici firmانın önerdiği şekilde yapılmalıdır.

8- Anfo lağım başında hazırlandığı gibi merkezi bir yerde hazırlanıp dağıtılabılır. Patlamada iyi sonuç alabilmek için amonyum nitrat ve mazotun homojen karışımı sağlanmalıdır.

#### **7.3.4. Patlayıcı Maddenin Lağima Yerleştirilmesinde Güvenlik Önlemleri**

1- Lağım delikleri basınçlı hava ile iyice temizlenmeli, gerekli hallerde temizlenen lağım dibine yastık maddesi yerleştirilmelidir.

2- Yemleme dinamiti ve diğer dinamitler deliğe yerleştirilirken kablo yalıtkanının sıyrılmamasına dikkat edilmelidir.

3- Dinamit lokumları lağima şekillерinin bozulmamasına özen gösterilerek zorlanmadan sokulmalı, sıkılıma iletken olmayan özel çubuklarla yapılmalıdır.

4- Anfo; düşey lağımlarda doğrudan doğruya veya huni yardımıyla, yatay ve başyükarı lağımlarda ise şarj tabancaları ile doldurulmalıdır.

5- Elektrikli kapsülle ateşleme yapılan yerlerde lağım deliklerine anfonun doldurulmasında kullanılan pnömatik ve mekanik araçlar uygun biçimde topraklanmalıdır.

6- Lağım atılacak delikte patlayıcı maddenin boyu delik derinliğinin yarısını geçmemeli, arta kalan boşluk kum, kil vb. gibi malzemelerden yapılan sıkılıma maddesi ile doldurulmalıdır.

İlk sıkılıma maddesi yavaşça, diğerleri gitgide daha kuvvetli sıkılanmalıdır. Anfo doldurulan lağımlarda sıkılıma basıncı patlatma şiddetini azalttılarından fazla sıkılanmamalıdır.

### **7.3.5. Ateşleme Bağlantıları ve Ateşleme Devresinin Kontrol Edilmesi**

1- Ateşleme kablosu olarak yalnız izole edilmiş elektrik iletkenleri kullanılmalıdır. Çiplak teller ancak alından itibaren 50 metreye kadar izolatör üzerine çekilmiş olmak koşuluyla kullanılır. Rutubetsiz yerlerde izolatör yerine yalıtkan takoz kullanılmalıdır.

2- Ateşleme kablolarının diğer elektrik iletkenleriyle teması önlenmelidir.

3- Ateşleme devresi mümkün olduğu kadar az eklem yerine sahip ve bu eklem yerleri sıkı olmalıdır. Kablolar birbirine kancalanmamalıdır.

4- Kapsül giriş telleri yeterli uzunlukta olmalı ve uçları oksitlenmiş buralar kazınmalıdır.

5- Devre tamamlandıktan sonra akımın gidiş ve dönüş kabloları birbirinden ayrılmalıdır. Boşta kalan fazla kablo uçları toplanarak ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

6- Lağım deliklerine yerleştirilen kapsül giriş telleri, küçük atımlarda ve kapsül sayısının az olduğu durumlarda seri bağlama, toplam direncin düşürülmesi uygun görülen büyük atımlarda paralel bağlama veya her iki bağlama yöntemi karışık olarak uygulanır.

7- Ateşleme devre bağlantıları tamamlandıktan sonra devre kontrolü hassasiyeti düşük ohm metre (gümüşklorür pilli galvonometre) ile ölçülerek aşağıdaki şekilde yapılır:

- Ateşleme kablosunun iletkenlik direnci (kopuk muayenesi) ölçümü: Kablonun bir ucu cihazın kutularına diğer ucu ise birbirleri ile irtibatlanarak kısa devre oluşturulur. Ohm metrenin ibresinin oynaması gereklidir.

- Ateşleme kablosunun yalıtkanlık direnci (kısa devre muayenesi) ölçümü: İki kablonun uçları ohm metreye bağlanır diğer üç açıkta bırakılır. Bu durumda akım geçmemesi gereklidir. Kablonun tek tek kontrolü için cihazın bir kutubuna iyi topraklanmış kablonun telleri bağlanır. Akım geçmemesi gereklidir.

- Devre direncinin kontrolü: Ateşleme devresi tamamen irtibatlandırıldıktan sonra devrenin ateşleme mahallindeki iki ucu, sıgnak içerisinde ohm metreye bağlanır. Okunan değer devrenin hesaplanan direnç değerlerinin aynısı veya yaklaşımı olmalıdır. Hesaplanan değerden küçükse büyük bir olasılıkla atlanmış kapsülün varlığı, büyük olursa bağlantıda hata olması veya devre tellerinde üretim hatası söz konusudur.

8- Ateşleme devresinin kontrolünün manyeto veya pil ile yapılmasına izin verilmemelidir.

9- Ateşlemede kullanılacak elektrikli ateşleme makinasına patlatabileceği kapsül sayısının yarısından fazla kapsül bağlanmamalıdır.

### **7.3.6. Ateşleme Öncesi Alınması Gereken Güvenlik Tedbirleri**

- 1- Ateşleyici, ateşleme tellerini manyetoya bağlamadan, fitil kullanılmasına izin verilen ocaklarda bunları ateşlemeden önce, lağım atılacak yere gelen bütün yol ağızlarına nöbetçi konulup konulmadığını, işçilerin geçişlerine kapatılıp kapatılmadığını denetlemelidir.
- 2- Ateşleyici, o civarda bulunanların savrulacak parçalardan korunacak şekilde sığındıklarından emin olduktan sonra ya sirenle ya da "Lağım Var" diye 3 kez bağırıp nöbetçilerden de aynı cevabı aldıktan sonra ateşlemeyi yapar.
- 3- Yol ağızlarına konacak nöbetçiler ve engeller, ateşleyici izin vermedikçe kaldırılmayıp, gidiş ve gelişlere izin verilmemelidir.

### **7.3.7. Ateşleme Sonrası Alınacak Güvenlik Önlemleri**

- 1- Lağım deliğinde patlamamış patlayıcı madde bulunma olasılığına karşın elektrikli ateşlemede en az 5 dakika, fitil vb. ile ateşlemede 1 saat geçtikten sonra ateşleme alanına girilmelidir.
- 2- Patlamamış, patlayıcı madde bulunan lağım olduğunda, bir nezaretçinin sorumluluğu altında, o lağımı delen kişi tarafından, patlamamış lağım deliğinin 30 santimetre yanında ona paralel yeni bir delik delinip doldurularak ateşlenir.

Açık işletmelerde normal sıkılamanın yapıldığı ve sıkılama dolgusunun tam olarak bilindiği lağım deliklerine sıkılama malzemesi çıkarılır. Lağima ikinci bir yemleme dinamiti konarak yeniden sıkılarak ateşlenir. Sonuç alınmazsa yukarıda bahsedilen yöntem uygulanır.

Lağımlardaki patlayıcı maddeler aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı patlamayabilir:

- İslak veya nemli fitil kullanmak,
  - Fitil ve kapsülün bağlantılarında hata yapmak,
  - Elektrikli ateşleme makinasının direnç sınırını aşmak,
  - Devrede kaçak akım bulunması,
  - Arızalı elektrikli ateşleme makinası kullanmak,
  - Islak lağımlarda, yanlış kapsül veya patlayıcı madde kullanmak
  - Bozulmuş patlayıcı madde kullanmak
- 3-Geri tepmeyle boşalmış veya patlamaya rağmen kalmış lağım deliklerini oyarak temizleme veya yakınlarında bu deliklere rastlayacak biçimde yeni delik açma yoluna gidilmemelidir.
  - 4-Lağım atılan bölüme, duman ve gazlar iyice temizlendikten ve ateşleyici ile yetkili kimseler tarafından gerekli muayeneler yapılip tehlike olmadığı görüldükten sonra girilmelidir.

### **7.3.8. Elektrikli Ateşleme Araçlarının Kontrolü**

Elektrikli ateşleme araçlarının güvenlikli çalışmalarının sağlamak amacıyla en az ayda bir kez kontrolden geçirilir. Aylık kontrolde şu hususlara dikkat edilmelidir:

- 1- Elektrikli ateşleme makinası özel kontrol cihazının kutularına bağlandıktan sonra çalıştırıldığında tam güç sağlanırsa kontrol cihazının ampulü ışıldar.
- 2- Kutup başları zorlanmadan donebilmelidir. Ateşleme kablosunun iyi bağlanması için dışarıda iyi durumda olmalı ve kontak yüzeyi temiz bulunmalıdır.
- 3- Elektrikli ateşleme makinasını çalıştıran mekanizma rahat bir şekilde iş görmelidir.
- 4- Makinanın muhafazası hasara uğramamış olmalıdır.

### **7.3.9. Patlayıcı Madde Kullanma Yasağı Olan Yerler**

Maden işletmelerinde patlayıcı madde kullanma yasağı olan yerler:

- 1- Yapılan bölümlerde % 1 veya daha fazla metan gazının varlığının saptanması,
- 2- Metan gazının bulunma ihtimali olan yerlerde,
- 3- Tıkalı kömür, bür ve siloların açılmasında,
- 4- Kapatılan yanın barajlarının açılmasında,
- 5- Yol, bina, köprü vb. sabit tesislere 70 metre uzaklık içerisinde patlayıcı madde kullanılmaz.

Grizu ve kömür tozu bulunan ocaklıarda ateşleme aşağıdaki şekilde yapılır:

Ateşleyici grizulu ocaklıarda lağım deliklerini doldurmadan önce 25 metre yarıçapındaki alan içinde metan gazı ölçümlerini yapar. Ölçümde % 1 veya daha fazla metan tespit edilirse lağımlar doldurmaz. Eğer metan gazı oranı tehlike sınırı altında ise, lağım doldurulur ve ateşleme öncesi ölçümler tekrarlanır. Metan oranı % 1'in altında ise lağımlar ateşlenir üstündeyse, % 1 'in altına düşunceye kadar ateşleme yapılmaz.

Kömür tozu bulunan veya oluşabilecek ocaklıarda, kömür tozu patlamasını önlemek için ortama taş tozu serperek veya su ile ıslatılarak tehlikesiz duruma geldikten sonra lağım delikleri patlayıcı madde ile doldurulur ve ateşleme yapılır.

## **7.4. Bozulan Patlayıcı Maddeler ve Yok Edilmeleri**

Patlayıcı maddeler değişik iklim şartları altında uzun süre depoda bekletilmeleri veya nem almaları halinde bozularak özelliklerini kaybederler.

Amonyumnitratlı patlayıcı maddeler ıslanır veya nem alırlarsa patlayıcı özelliği kaybolur ve iş yapma güçleri azalır. Nitroglycerinli olanlar yüksek sıcaklıklarda ve uzun süre içerisinde bünyelerindeki nitroglycerini kusarlar ve büyük patlama tehlikesi meydana getirirler. Toz halindeki amonyumnitratlı dinamitler nem etkisiyle yüzey kısmından sertleşerek külçeleşirler ve patlamaları

zorlaşır. Taneli olan kara barutlar ise nem aldıklarında birbirlerine yapışarak külçeleşirler, parlaklıklarını kaybederler ve patlama şiddetleri azalır. Kapsül ve fitillerde nem alma veya paslanma sonucunda özelliklerini kaybederler.

Patlayıcı maddelerin bozulmalarında şu belirtiler gözlenir: Depoda burun mukozasını yakan bir koku hissedilir ve lokumun üzerini saran kâğıtlarda sızıntı belirtileri görülür. Dinamit lokumları üzerine konulan bir parça mavi turnusol kâğıdının 15 dakika içerisinde renginin kırmızılışması ile anlaşılır. Dinamit lokumlarının uçlarında koyu esmer renk, çiçeklenme veya yer yer lekeler ile küflenme belirtilerinin görülmesi, lokumda sertleşmelerin olması bozulmayı kanıtlayan hususlardır.

Bozulmuş patlayıcı maddelerin patlatılarak imhasında resmi makamlardan gerekli izin alınmalıdır. Bunların yok edilmesi için, uygun bir yerde barut 1 metre uzunluğu 1 kg olacak şekilde yere dökülür ve rüzgârin esme yönünün ters yönüne gelmek üzere barut birikintisinin ucuna fitil konularak ateşleme yapılır. Bir defada yok edilmesi gereken barut miktarı 25 kg'dan fazla olmamalıdır.

Diğer patlayıcı maddelerin (gomlar, Jelatinler, vb. gibi) yok edilmesine uygun bir yer seçildikten sonra rüzgâr yönünde olmak üzere iki veya üç sıra halinde dizilirler. Bir defada yok edilecek miktar 25 kg'dan fazla olmamalıdır. Dinamitlerin rüzgâr yönüne ters olan tarafındaki dinamite fitil takılarak ateşleme yapılır.

İnfilaklı fitiller yere uzatılarak tek taraflı ateşlenir. Adi fitiller ise kangal halinde ateşle atılarak yok edilir.

Kapsüllerin yok edilmesi ya açık denizlerde suya atılarak ya da 30 adetlik gruplar halinde bir çukura yerleştirilip adi dinamit ile patlatılarak yapılır.

## 7.5. Patlatma Cihazları Ve Aksesuarları

Patlatma sahasında bulunması gereken patlatma cihazları ve aksesuarları üç ana başlık altında toplanır.

### 7.5.1. Şarj ve Patlatma Esnasında Bulunması Gerekli Cihaz ve Ekipmanlar

- Devre Kontrol Cihazları (Patlatma Ohmmetresi)** Ohmmetre ve Multimetre ateşlemede kullanılan devre kontrol cihazlarıdır. Multimetre, elektrikli ateşleme sisteminin kullanıldığı patlatma devrelerinde direnç, voltaj ve akımı ayrı ayrı ölçmek üzere özel olarak imal edilmiş çok amaçlı cihazlardır. Analog ve dijital olarak iki türde üretilen patlatma ohmmetreleri patlatma devresinin ve kapsüllerin direncini ölçümede kullanılır. Ülkemizde çoğunlukla elektrikçilerin kullandığı standart basit ohmmetreler ile multimetreler kullanılmaktadır. Bu cihazların devreye ne kadar güvenli ve hangi değerde akım verdiği bilinmemekte olup patlamayla sonuçlanan kazalara yol açabilmektedirler. Bu nedenle amacına uygun ve özel olarak üretilmiş cihazlar kullanılması gereklidir.

- **Ateşleme cihazı (Manyetolar):** Elektrikli kapsüllerin ateşlemesinde kullanılır. Resmi onaylı üreticiler tarafından üretilmiş olması, kapasitelerinin bilinmesi, baryalarının yeni olması ve kontrollerinin zamanında yapılmış olması gereklidir. Manyeto yerine akümülatör, sabit elektrik tesisatı, baş lambası vb enerji kaynaklarını kullanmak oldukça risklidir. Bu şekilde yapılan ateşlemelerde patlamayan delik çıkma olasılığı da fazladır. Ateşleme kablosunun cihaza bağlantısı düzgünce yapılmalıdır. Aksi takdirde kivilcim atlaması veya kısa devre sonucu zamanından önce ateşleme olabilir.
- **Kapsül Pensesi:** Emniyetli fitil ve kapsülün birbirine monte edilmesi sırasında kapsülün açık ucunun büzülmesi işi özel olarak üretilmiş kapsül pensesi kullanılarak yapılmalıdır. Bu şekilde fitilin kapsül içerisine tam ve güvenle yerleştirilmesi sağlanır. Bu işlem normal pense ile ya da ateşçinin dişlerini kullanarak sıkıştırması şeklinde yapılmamalıdır.
- **Bağlantı Kablosu:** Elektrikli ateşleme sistemlerinde patlama grubunda bulunan elektrikli kapsül kablolarının seri olarak ve birkaç serinin karışık olarak bağlanması ile patlatma grubunun ateşleme hattına bağlantısında kullanılmaktadır. Bağlantı kablosu olarak izole edilmiş ve düşük rezistansa sahip kablolar kullanılmalıdır. Kullanılacak kabloların kesitinin, izolasyon kalınlığının ve rezistansının bilinmesi önemlidir. Yüksek rezistans sahip kablolar kullanıldığında patlatma manyetosunun ateşleme kapasitesi düşecektir. Aşınmış yıpranmış veya kullanılmış kablolar bağlantılarında asla kullanılmamalıdır.
- **Ateşleme hattı kablosu ve makarası:** Ateşleme kablosu bir patlama grubunun ateşleme cihazına bağlantısında kullanılmaktadır. Ateşleme kablosu, izole edilmiş çift örgü hatlı, mümkün olan en düşük rezistanslı, diğer kablolara karıştırılmaması için farklı renklerde olmalı ve kablo makarasına sarılı olarak kullanılmalıdır. Ateşleme hattı kablolarının kesiti, izole kalınlığı ve özellikle rezistans ile renginin bilinmesi önemlidir. Ateşleme kablosunu uzatmak için ekleme yapılması ehil kişiler tarafından yapılmalı, ek yerleri iyice izole edilmelidir.
- **Bant:** Elektrikli ateşleme işlemlerinde kabloların bağlantı noktalarında izolasyon amaçlı kullanılmaktadır. Bu sayede hem akım kaybı azalmış olur hem de kısa devre veya atlama problemlerinin önüne geçilir.
- **Metre:** Delik boyunu, delikler arasını, sıralar arası mesafeleri, ayna yüksekliği vb değerleri ölçmek amacıyla kullanılır. Patlamanın verimli olması için bu ölçümlerin mutlaka yapılması gereklidir.
- **Sıkılama tapası:** Deliklerin şarj edilmesinin ardından uygun malzeme ile sıkılanması esnasında sıkılama malzemesinin delik içerisinde yerleşmesi amacıyla sıkılama tapası kullanılır. Bu amaçla yapılacak sıkılama tapası antistatik malzemeden (ahşap) imal edilmelidir. Ayrıca deliğin sıkılama boyunu takip etmek amacıyla sıkılama çubuğu üzerinde uzunluk belirtir işaretlendirmeler yapılmalıdır.
- **Delgi çubuğu:** Kapsülün yemleme içerisine yerleştirilmesi için yuva açmak amacıyla kullanılır.

- **Çaklı**
- **Ayna, Fener:** Deliklerin şarji esnasında delik içinde oluşabilecek göçük ve tıkanmaları görebilmek veya kablo, fitil kaçırılması gibi durumlarda delik içerisindeki görüntüyü görüntülenebilmesi amacıyla kullanılır.

### 7.5.2. Patlatma İzleme ve Ölçüm Cihazları

- **Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçü Cihazı:** Patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şokunun ölçülmesinde kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar parçacık hızını ve gürültüyü ölçer.
- **Yüksek Hızlı Video Kamera:** Kaya hareketlerinin izlenerek patlatma uygulamalarına çok önemli sonuçlar veren bu sistem ile patlatma tasarıının değerlendirilmesi, sorunların saptanması ve çözüm geliştirilebilmesi açısından gerekli bilgileri sağlar. Bu sistemle patlatma uygulamalarında saniyede 250–1000 kare görüntü alınabilir.
- **Laser Surveyin Sistemi:** Patlatma verimini artırmak için basamak aynasının ve yığın şeklinin modellemesinde kullanılır.

### 7.5.3. Güvenlik Ekipmanları

- **Baret-Kulaklık-Toz Maskesi-Gözlük**
- **Siren-Düdük**
- **Uyarı Flamaları**
- **Güvenlik Şeridi veya Dubalar**
- **Yıldırım Dedektörü**

Patlatma cihaz ve aksesuarları patlatma işleri için özel olarak üretilmiş olmalı ve düzenli olarak bakımları yapılmalıdır.

# 8

## 8. MADENCİLİK SEKTÖRÜ VE KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR

Madencilik sektörü, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de, iş kazaları ve meslek hastalıkları açısından en riskli sektörler arasındadır. Yangın, su baskınları, gaz ve toz patlamaları, göçükler gibi birçok tehlikeyi bünyesinde barındırmaktadır. Aynı zamanda pnömokonyoz olarak adlandırılan ve tozdan kaynaklanan Silikozis, Antrakozis gibi akciğer hastalıkları genellikle maden işçilerinde görülmektedir. Risk faktörlerini kaynağında yok etmek veya kontrol altında tutmak için alınan teknik ve organizasyonel tedbirler zaman zaman yeterli olamayabilmekte, bu tedbirlerin yanı sıra kişisel koruyucu donanımların (KKD) kullanılması da gerekmektedir.

### Kişisel Koruyucu Donanımlar

KKD, bir veya birden fazla sağlık ve güvenlik tehlikesine karşı korunmak için kişilerce giyilmek, takılmak veya taşınmak amacıyla tasarlanmış herhangi bir cihaz, alet veya malzemeyi ifade eder. KKD'lerin üretimi ve işyerlerinde kullanılması konusunda Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği ve Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik hükümlerine uyulmalıdır.

### CE İşareti ve Güvenli Ürün

Güvenli ürün, kullanım süresi içinde, normal kullanım koşullarında risk taşımayan veya kabul edilebilir ölçülerde risk taşıyan ve temel gerekler bakımından azami ölçüde koruma sağlayan üründür. CE işaretinin bu gerekleri karşıladığı bir göstergesidir. Piyasada bulunan tüm KKD'ler CE işaretini taşımak zorundadır.

## Madenlerde Kullanılanması Gerekli KKD'ler



Resim 2

### Baş Koruyucuları

Baş koruyucuları, madenlerde en yaygın olarak kullanılan koruyucudur. Geleneksel madenci baretləri, madenlerde çarpmadan dolayı meydana gelecek ve parça düşmesinden kaynaklanacak zararları önemli ölçüde azaltan özelliğe sahiptir. Baret ile kullanıcının kafası arasındaki boşluğun az olması, baretin koruyucu özelliğini azaltmaktadır. Baretlərde bir lamba ayağı ve kablo tutacağı bulunur ve buraya madenci lambası takılır. Yüz korumanın gereği maden işlerinde tam yüz siperli baretlər, gürültüden korunma gereken maden işlerinde kulak koruyuculu baretlər kullanılabilir. Sürekli aydınlatmanın sağlanamadığı madenlerde, baş lambaları, madencilerin etkin ve güvenli çalışmaları için çok önemlidir. Baş lambalarının sağlam olması, eldiven ile kolay kullanılabilmesi, yeterli aydınlatma düzeyi ve çalışma süresine sahip olması gerekmektedir.

### El ve Kol Koruyucuları

Bazı maden işleri el, kol ve deride tahişe neden olabilir. Buna karşı eldiven ve benzeri el ve kol koruyucuları kullanılmalıdır. Eldivenlerin giyilemediği durumlarda ek koruma olarak önleyici kremler kullanılmalıdır.



## Göz ve Yüz Koruyucuları

Birçok maden işlerinde, madencinin maruz kaldığı tehlikelerin özelliğine bağlı olarak göz ve yüz koruyucuları kullanılmalıdır. Tam yüz koruması gerektiren kaynak, kırma, öğütme, kesme, delme, doğrama ve benzeri işlemler sonucu oluşabilecek parçacıklara karşı madencyi korumada tam yüz siperi kullanılabilir. Yüzün yanı sıra solunum korunması da gerektiren işlerde tam yüz maskeli solunum koruyucu kullanılır.



## Kulak Koruyucuları

Yeraltı taşlıları, makineler ve güç kaynakları uzun vadede işitme kayıplarına sebep olabilecek yüksek seviyede gürültü oluşturabilirler. Bu ve benzeri gürültülerden korunmak amacıyla genellikle madenci barete monte edilen kulak koruyucular ve diğer tip kulak koruyucular kullanılabilir.



## Ayak Koruyucuları

Madenin kuru ya da ıslak olmasına bağlı olarak, deri ya da lastik iş ayakkabları kullanılabilir. Ayakkabılarda, delinme ve kırılmaya dayanıklı, kaymayı önleyici bir taban, darbeye karşı dayanıklı bir dış yüzey ve parça düşmelerine karşı burunda çelik maskarat bulunmalıdır.



## Koruyucu Giysiler

Madenlerde normal iş elbiseleri pamukludur. Yangın riski olan madenlerde aleve karşı dirençli pamuklu iş elbiseleri kullanılır. Genellikle yeraltındaki hareketli vasıtaların tehlikelerine karşı madencyi daha görünür kılmak için giysilere yansıtıcı malzeme şeritleri eklenebilir.



## Solunum Koruyucuları

Toz, madenlerde en çok karşılaşılan risk faktörüdür. Bu nedenle, toza karşı yeterli korunma sağlanmalıdır. Kömür tozu ve diğer ortam tozlarının çoğu, pahalı olmayan bir yarımyüz toz maskesi kullanımı ile etkin bir şekildefiltrelenebilir. Esnek yapıda kauçuk malzemeden yapılmış bir ağız/burun maskesi ve değiştirilebilir filtreli maskeler etkili koruma sağlayabilir. Ortamda bulundabilecek toz, sis, duman, organik



buharlar ve asit gazlarının bileşimleri gibi hava kirleticileri, akciğerde hasara veya geri dönüşü olmayan meslek hastalıklarına neden olabilir. Bunlardan korunmak için iki tarafında kartuş bulunan uygun solunum maskeleri kullanılması gereklidir. Madenlerde solunum koruyucu kullanımında şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Ortamda kirleticilerin belirlenmesi ve uygun maske seçimi
- Kirleticilerin özelliklerine göre maskede kullanılacak filtre seçimi
- Filtrelerin sürekli kontrol edilmesi ve zamanında değiştirilmesi
- Maskede kaçak olup olmadığı kontrol edilmesi
- Kullanım ve bakım konusunda çalışanların eğitimi
- Maskenin kullanım kılavuzuna uygun bakım ve temizliğinin yapılması
- Maskenin yüze tam olarak oturtulması
- Madenlerde oksijen miktarı %16'nın altında ise temiz hava beslemeli maskelerin veya oksijen maskelerinin kullanılması

### **Yüksekten Düşmeye Karşı Koruyucular**

Madencileri düşmeye karşı koruyan tek donanım, D şeklinde bir halka ile kürek kemikleri üzerinde birleşen, tüm vücutu kavrayan paraşüt tipi emniyet kemeleridir. Bu emniyet kemeleri kazı vb. işlerin yapıldığı çalışma alanlarında madenciler tarafından uygun bir ip ya da şok emici parça ile birlikte kullanılmalıdır. Hareket alanını genişletmek için ek olarak birkaç D halkası tüm vücut koruyucusuna eklenebilir.



### **Sıcağa ve Soğuğa Karşı Koruyucular**

Soğuk ortamlardaki açık maden işletmelerinde çalışanların soğuktan korunmaları için kışlık elbiseler ve termal çorap, iç çamaşırı ve eldivenler giymeleri gerekmektedir. Yer altı madenlerinde soğuktan ziyade sıcaklık problemidir. Madenlerde derinlikten dolayı ortam sıcaklığı yüksek olabilir. Sıcaktan kaynaklanan stres ve sıcak çarpmasından korunmak için; özel kumaştan yapılmış, içinde soğutma jelleri veya soğutucu sıvı dolaşan soğutma tüpleri ihtiyaç eden elbiseler veya iç çamaşırıları giyilmelidir. Cevherlerin kendilerinin sıcak olması durumunda, ısıya dayanıklı eldiven, çorap ve ayakkabılar giyilir. Vücuttaki su kaybı, tercihen elektrolit eklenmiş sıvı (örneğin tuzlu ayran) ile giderilmelidir.

## Ferdi Kurtarıcılar

Yer altı maden işletmelerinde olağanüstü durumlarda çalışanlara kaçış amacıyla kullanacakları ferdi kurtarıcılar verilmelidir.

**Oksijen Ferdi Kurtarıcı:** Her türlü zehirli ve boğucu ortamlardan kaçış amacı ile kullanılır. Kapalı devre solunum cihazı olup kullanıcının koşma, oturma desandre çıkma gibi aktivitelerine göre kullanma süreleri değişmektedir. Bir kullanımlık bir cihazdır ve tehlikeli durumlarda kaçış için kullanılır.



**Filtreli Ferdi CO Maskesi:** Yer altı kömür ocaklarında yanım ve patlama sonucu oluşan CO gazına karşı koruma sağlar. % 18'den az oksijen veya diğer zehirli gaz ve dumanların bulunduğu ortamlarda kullanılmamalıdır.

## Acil Durum Planlaması

### Acil Durum Planları:

- 1-Her işletme yeraltı ocaklarında acil durumlarda kaçma, kurtulma ve yanından korunmak için bir plan hazırlamalıdır. Bu plan acil durumlara karşı tüm ayrıntıları kapsmalıdır.
- 2- Acil Durum Planı; havalandırma planı, yanım söndürme planı, basınçlı hava şebekesi planı, elektrik şebeke planı, tozla mücadele planı, acil kaçış planı gibi planları ihtiva etmelidir.
- 3- Bu planlar özel olarak tutulmalı ve ocak planlarında yapılan değişiklikler bu planlara işlenmelidir.

### Acil Durum Planlarının Kapsayacağı Bilgiler:

- 1- Acil sığınma yerleri
- 2- Acil durumda haberleşme ve ikaz vasıtaları
- 3- Ferdi kurtarıcı sayısı, kullanma süresi, değiştirme noktaları
- 4- Acil durum kaçış yolları
- 5- Vardiyalarda çalışan işçi sayısı ve yerleri
- 6- Tahlisiye ve ilk yardım istasyonları
- 7- Tahlisiyeci ve ilk yardım personelinin adı, telefon numarası ve adres listesi
- 8- Yangınla mücadele vasıtaları
- 9- Yeraltındaki tüm telefon ve haberleşme noktaları
- 10- Dinamit ambarları
- 11- Yanabilir sıvıların bulunduğu yerler
- 12- Su şebekesi
- 13- Basınçlı hava şebekesi
- 14- Elektrik şebekesi ve kesiciler

- 15- Drenaj şebekesi
- 16- Patlamaya karşı alınan önlemler
- 17- Havalandırma bilgileri ve aspiratörler
- 18- Yetkililerin adı, adresi ve telefon numaraları
- 19- Teçhizat listesi
- 20- Yerüstü planları

### **Acil Durumlarda Kaçış Planlaması**

- 1- Acil durumlarda kaçış için yeraltına giren bütün işçiler ferdi kurtarıcılarla teçhiz edilmeli, kaçışlarda düz galerilerde 5 km/sa, desandrelerde 3 km/sa hız kaçış hızı olarak alınmalı ve buna uygun olarak ferdi kurtarıcı değiştirme veya bekleme odaları tesis edilmelidir.
- 2- Bütün ocak giriş çıkışları, katlar ve lağımalar isimlendirilerek, temiz hava yönü ve kaçma istikametleri gösterilmelidir.
- 3- Yeraltında çalışanlar önceden ferdi kurtarıcı kullanma, kaçma ve kurtulma konusunda eğitilmelidir.
- 4- Kaçış planlarına kaçışla ilgili bütün bilgiler işlenmelidir.

### **Kaçış Yolları**

- 1- Tüm yeraltı çalışmalarında, yeraltında çalışan işçilerin kolayca ulaşabileceği, birbirinden bağımsız ve güvenli yapıda en az iki ayrı yoldan yer üstü bağlantısı bulunmalıdır. Bu yollar personel geçişine uygun ve bunlardan bir tanesi hava giriş yolu olmalıdır.
- 2- Ocak girişleri; su baskınları, yangın ve dumandan korunmuş olmalıdır.
- 3- Acil kullanılacak vasıtalar periyodik olarak bakım ve kontrolden geçirilmelidir.
- 4- 6 m. ve daha kısa kaçış kuyularına merdiven konulmalıdır.
- 5- Çalışma yerlerinde kaçış yolu olarak tasarlanan bütün yollar ocak dışına güvenilir en kısa yol olacak şekilde düzenlenmelidir.
- 6- Bütün kaçış yolları bir yetkili tarafından ayda en az bir kere denetlenmelidir. Ocak çalışmadığı durumlarda, işçiler döndüklerinde ocağa girmeden denetleme yapılmalıdır. Denetlemeler kayıt altına alınmalı görülen eksiklikler derhal giderilmelidir.
- 7- Ana kaçış sistemini gösteren bir harita/plan, bütün madencilerin görebileceği bir yere, çalışılan kısımdan ana kaçış sistemine kaçışı gösteren plan ise çalışılan her panoya asılmalı böylece işçilerin bilgilendirilmesi sağlanmalıdır. Bütün planlar güncellenmeli, hava kapıları, hava yönü, yollardaki değişimeler işaretlenmelidir.
- 8- Kaçış yolları, hava kapıları, havalandırmadaki değişimelerle ilgili acil durum bilgilerini ve uygulamalarını artırmak ve alışkanlık sağlamak üzere kaçış tatbikatları yapılmalıdır.
- 9- Kömür ocaklarında ve yeni açılan panolarda, kaçış yolu, hava giriş yolu olmalı, kaçış yollarının bant ve troley galerilerinden ayrılması sağlanmalıdır.

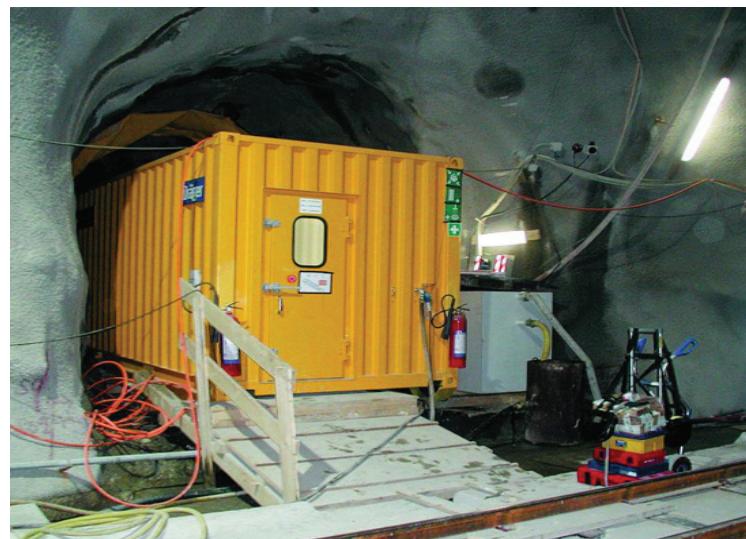
## **Acil Sığınma Odaları (Yeraltı Yaşam Destek Odaları)**

Acil sığınma odaları, acil bir durumda, kaçış yolunun çok uzun olması veya kesilmesi halinde, durumdan etkilenen insanların, kurtarma ekibinin ulaşmasına kadar korunmasını sağlayabilecek, göçük, patlama ve yanından etkilenmeyen sağlam malzemeden yapılan odalardır.

- 1- Bir kömür madeninde, acil durumlarda kurtarılana kadar uygun yerlerde beklemek için şahısların girip saklanabilecekleri sisdirmez, havalandırılmış kurtarma odalarının inşa edilmesi gerekebilir. Kurtarma odaları yardım malzemeleri, yeterli kapalı devre solunum cihazları, yerüstü ile bağımsız bir haberleşme sistemi, koltuk, acil durum aydınlatma cihazları, gaz dedektörleri, kimyasal tuvalet ve gerekli diğer teçhizatla donatılacaktır. Her ocak işletmecisi tarafından odaların bakımı, yapımı, kullanılması ve madencilerin eğitimini kapsayan bir talimat hazırlanmalıdır.
- 2- Odalarda basınçlı hava şebekesi yanında temiz hava dolu tüpler bulunmalıdır.
- 3- Basınçlı hava ve yüksek basınçlı tüpler şebekeye ayrı ayrı giriş ve çıkış valfleri ve basınç düşürücü valflerle bağlanmalıdır.
- 4- Her istasyon dışarıdan gelebilecek basınç ve kirli havaya karşı mukavim ve sisdirmez bir şekilde izole edilmelidir.
- 5- Her istasyonda yeterli sayıda ilave ferdi koruyucu bulunmalıdır.
- 6- Basınçlı hava şebekesine susturucu ve filtre takılmalıdır.
- 7- Odalar, 5, 10, 15, 20, 30 kişi ve daha fazla kişiyi alabilecek büyülüklerde olacak ve her şahıs için  $0.5 \text{ m}^2$  ve 1.8 m yükseklik olacak şekilde planlama yapılacaktır. Her odada barınabilecek insan sayısı belirtilecektir.
- 8- Yeraltıda depolanacak ferdi kurtarıcıların yeri planlarda belirtilmeli ve "Ferdi Kurtarıcı" tabelası asılarak, yeri işaretlerle gösterilmelidir.
- 9- Acil durumla ilgili bir uyarı alındığında derhal en yakın sığınma odasına gidilmelidir.
- 10-Sığınma odasında en kıdemli kişi sorumlu olmalı ve odada bulunanların isim listesini çıkarmalıdır.
- 11-Madenci lambalarının enerjisini tüketmemek için lambalar kapatılmalıdır.
- 12-Sigara içilmemelidir.
- 13-Yeterli miktarda su, yiyecek ve ilk yardım malzemesi bulundurulduğu düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.

### Yaşam Destek Odalarının Faydaları:

- Kurtarma operasyonunun uzun sürmesi durumunda hayatı kalma şansı,
- Arama kurtarma için güvenli bölge olması,
- Harita ve rotalarla erişimin kolay olması,
- Yerüstü ile iletişim olanağının bulunması,
- Ortak toplanma bölgesi olarak kullanılabilme,
- Su temini için güvenli bölge olması,
- Zehirlenmelere karşı güvenli bölge olması.



**Resim 3**



**Resim 4**

### Yeraltı Yaşam Destek Odalarına Örnekler



BÖLÜM II

# YERÜSTÜ MADEN İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ REHBERİ

## ■ YERÜSTÜ MADEN İŞLETMELERİNDE ALINACAK GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Dünyada maden üretiminin yaklaşık üçte ikisi açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Teknolojik gelişmelerle açık işletmelerde kullanılan makinelerin kapasitelerinin ve üretkenliklerinin artış göstermesi ve bunun sonucunda birim maliyetin düşmesi, yer altı madenciliği yerine açık ocak madenciliğinin tercih edilmesine sebep olmuştur.

Dünyada açık ocak madenciliğinde döner kepçeli kazı sistemi, ekskavatör –kamyon kazı sistemi ve kombine sistemler kullanılmaktadır.

Açık işletmelerde delme, patlatma, kazı-yükleme, taşıma ve dökme olmak üzere beş temel işlem yapılmaktadır.

Ocak planlamasında; jeoloji, jeoteknik ve hidrojeolojik koşullar, rezerv yayılımı, topoğrafya, ekipman, nakliyat sistemleri, enerji temini, ekonomik faktörler ve maliyet, cevher çeşidi, ocak ve basamak şev açıları, basamak yüksekliği, yol eğimleri, cevher zenginleştirme ve pazarlama olanakları vb. parametreler dikkate alınmaktadır.

Basamakların boyutları, basamak şev açısı, genel şev açısı; kaya kütlesi ve zeminin içsel sürtünme açısı ( $\Phi$ ), kohezyon ( $c$ ) ve makaslama dayanımına bağlıdır. Basamaklar tasarlanıp kalıcı şevler ve basamak genişlikleri belirlendikten sonra var olan jeolojik ve hidrojeolojik koşullar doğrultusunda şev stabilitet analizlerinin yapılması gereklidir.

Yıllık ortalama yağış miktarı, ocağın yakınında var olan doğal su kaynakları, nehir ve göller, yer altı su seviyesinin miktarını belirlemektedir. Ocakta drenaj yapılması gereken toplam alanın hesaplanması, bölgenin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınmalıdır. Su geçiren ve geçirmeyen tüm katmanların taban ve tavan sınırlarını ve yer altı su seviyesini gösteren haritalar hazırlanmalıdır. Daha sonra yer altı su seviyesi ve ocağa akışı, ocak etrafında yapılan pompalama testleri ile izlenmelidir.

Nakliyat sistemlerinin projelendirilmesi esnasında üretim miktarı göz önünde tutulur. Uygun kapasitede makine, ekipman seçimi yapılmalıdır.

Ocakta kullanılacak olan makine ve ekipmanlar için gerekli olan enerjinin işyerlerine güvenli iletimi açısından nakil ve dağıtım sistemleri uygun kapasitede seçilmelidir.

Açık işletmelerde, ocak içi trafik ve yollar uygun şekilde tasarılanmalıdır. Araçlarda aşırı hız, hatalı sollama, dar yollar, yetersiz aydınlatma ve yollardaki uygun olmayan eğimler kazaların nedenleri arasında yer almaktadır.

Açık ocak işletmeciliği sonrası arazinin yeniden düzenlenmesi ve iyileştirilmesi amacı ile yapılması gereken çalışmalar, işletmeye başlanmadan önce planlanmalıdır. Madencilik faaliyetleri ile bozulan ekosistemin yeniden oluşturulması ve yeni kullanım alanlarının oluşturulması rekültivasyon uygulamaları ile gerçekleştirilmelidir.

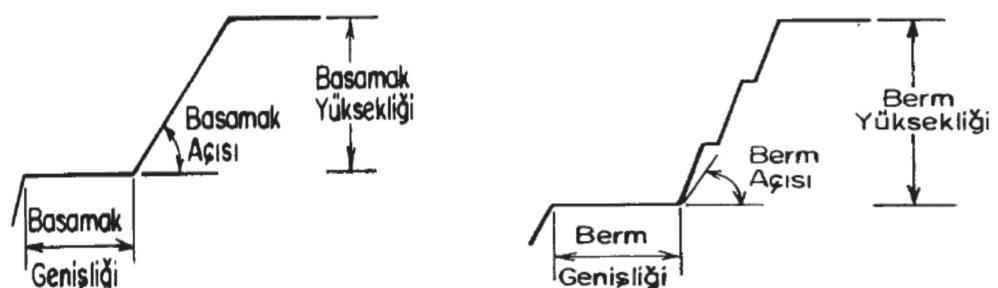
Yerüstü maden işletmelerinde yaşanabilecek kazalar yapılacak mühendislik çalışmaları ile en aza indirilebilir. Bunun için üretime başlanmadan önce arazinin yapısı ile ilgili yapılacak detaylı araştırmalar büyük önem taşımaktadır. Proje tamamlandıktan sonra her aşamada sürekli takip ve kontrol, olası kazaların oluşmasını engelleyecektir.

## 1.ŞEV

### 1.1.Tanımlar

**Basamak:** Açık ocaklıarda üretime dönük kazıyı oluşturan en küçük birimdeki geometrik yapıdır.

**Berm:** Ardarda iki veya daha çok basamaktan oluşan geometrik yapıdır.



Şekil 1. Basamak ve Berm Gösterimi

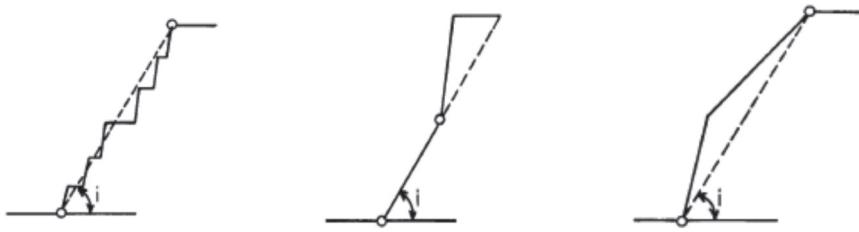
**Denge Sınırı:** Kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaymaya neden olan kuvvetlere eşit olduğu, güvenlik katsayısının kuramsal olarak 1'e eşit olduğu denge durumu.

**Doğrultu:** Mostra, eklem, fay yüzeyi gibi eğik bir düzlem üzerindeki yatay hattın kuzey ile yaptığı açıdır.

**Eklem :** Düzlemsel veya hafif kıvrımlı çat�ak veya fisür olup birbirine yaklaşık paralel olarak oluşan bir dizi eklem, "eklem takımı" olarak adlandırılır.

**Ekstensometre :** Küçük deformasyon veya yer değiştirmeleri ölçmekte kullanılan cihaz.

**Genel Şev Açıları:** Şev topuğundan şev tepesine çizilen hattın yatayla yaptığı açıdır. Şev profili içbükey ise şevin alt kısmının açısı genel şev açısı olarak alınır, ancak daha dik olan üst kısmın için ayrı analiz yapılır. Şev profili dış bükey ise genel şev açısını, şev topuğundan şev tepesine uzanan hat belirler, ancak daha dik olan şevin alt kısmını için ayrı analiz yapılır.



Şekil 2. Genel Şev Açısı

**İçsel Sürtünme Açısı( $\emptyset$ ):** Kaya veya zemin içinde bir yüzeyde etkin olan dikey (normal) ve makaslama gerilmeleri arasındaki maksimum yatıkklık açısı, kaymaya karşı koyan malzeme özelliği.

**Kohezyon (c) :** Aynı cins moleküllerin arasındaki çekim kuvvetine denir.

**Kritik Kayma Dairesi:** Zemin türü malzemelerde güvenlik katsayısının minimum olduğu kayma yüzeyi.

**Sektör:** Stabilite analizi sonucu tek bir şev açısı uygulanabilecek homojenliğe sahip şev aynası uzunluğu.

**Serbest Durma Açısı:** Yatay bir düzlem üzerinde kaymadan duran gevşek malzeme yığınının yatayla yaptığı açı.

**Şev Aynası:** Madencilik faaliyetleri sonucu oluşan dik veya dike yakın kesilmiş kaya yüzeyi.

**Şev Tepesi :** Kesilen şevin en üst noktası.

**Şev Topuğu:** Şev aynasının en dip noktası.

**Süreksizlik :** Kaya kütlesi içinde sağlam kaya bloklarını birbirinden ayıran fay, eklem, tabakalanma düzlemi, dilinim vb. jeolojik yapısal eleman, zayıflık düzlemi.

**Yatım :** Bir süreksizlik düzleminin veya şev aynasının yatayla yaptığı maksimum açı.

**Yatım Yönü :** Yatım hattının (eğik bir düzlem üzerinde maksimum yatım açısını veren hat) yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümünün saat yönünde ölçülen kuzeyle yaptığı açı.

**Yeraltı Suyu Tablosu :** Altında kalan kaya ve zemin içindeki gözenek ve çatıtlakların su ile dolu olduğu seviye.

**Çatıtlak (kavlak):** Ana kütleden ayrılmış, her an düşebilecek parçalar.

**Çatıtlak (kavlak) sökümü:** Bir kademedede kazı işlerinin devamı sırasında ana kitleden ayrılmış, düşebilecek durumdaki parçaların temizlenmesi.

**Kademe:** Açık işletmelerde belirli aralık, kod ve eğimlerle meydana getirilen basamak şeklindeki çalışma yerleri.

**Ters İskarpa:** Bir kademenin hazırlanmasından sonra kendi ağırlığıyla göçmesini sağlamak üzere altının boşaltılması.

**Topuk:** Maden işletmelerinin imalat sahalarında, kitle veya blok kaymasını önlemek üzere güvenlik için bırakılan maden kısımları.

## **1.2. Şev Duraylılığına Etki Eden Faktörler**

Açık ocaklarda çalışma alanlarının güvenliğini sağlamak amacıyla açılan şevlerin davranışları üzerinde yürütülen ayrıntılı çalışmalar, şevin geometrisi, jeolojik yapısı, yer altı suyu ve malzemenin özellikleri gibi faktörlerin şev duraylığını etkilediğini ortaya koymuştur.

Şev stabilité analizlerinde dikkat edilmesi gereken diğer faktörler ise kaya kütlesi dayanımı, şevdeki gerilmeler ve deformasyonlar, patlamadan oluşan sismik ivmenin yarattığı kuvvetler, iklim koşulları ve zamandır.

### **A- Şev Geometrisi, Jeolojik ve Yapısal Özellikler**

- Şev yüksekliği,
- Şev açısı,
- Süreksizliklerin eğimi ve yönü,
- Süreksizliklerin boyutu, sıklığı,
- Yüzey özellikleri,
- Gerilme çatlağının derinliği.

### **B- Yer Altı Suyu**

Yer altı suyunun yarattığı su basıncı, muhtemel kayma yüzeylerindeki makaslama dayanımı azaltabilir. Şev çatıtlarını dolduran su, yanal etki ile kaymayı yaratan kuvvetlerin artmasını sağlayabilir. Bunun yanında, patlatmanın yarattığı hidrodinamik şok, boşluk su basıncında artmalara neden olarak makaslama dayanımını azaltabilir. Ayrıca, şeyl ve benzeri kayalarda nem oranının değişmesi ayrışmanın hızlanması ve böylece duraylılığın bozulmasına neden olabilir. Kişişin yer altı suyunun donması çatıtların genişlemesine ve drenaj yollarının kapanmasına neden olabilir. Bu değişiklikler su basıncını arttırabilir.

### **C- Malzeme Özellikleri**

- Kohezyon,
- İçsel sürtünme açısı,
- Kaya veya zemin yoğunluğu.

## **1.3. Basamak ve Şevlerde Alınması Gereken Güvenlik Önlemleri**

Arazide yer alan kaya küteleri sürekli ortamlar olmayıp eklem takımları ve tabakalaşma düzlemleri süreksizlikleri içermektedir. Şevin davranışını yapı içerisinde yer alan süreksizlikler kontrol edebilmektedir. Süreksizlik boyunca oluşacak gerilmeler sonucu şevlerde duraysızlık meydana gelebilir.

Şevlerde yenilme türleri;

- Düzlemsel kayma,
- Kama tipi kayma,
- Dairesel kayma ve devrilme şeklinde oluşmaktadır.

Duraysızlığın saptanması, şev duraylılığını artırmaya yönelik iyileştirme yöntemlerinin performansının izlenmesi, kayma yüzeyinin derinliği, konumu, şekli ve kayma hızının belirlenmesi amacıyla şevlerde farklı hareket izleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında topografik ölçümler, elektronik mesafeölçerler kullanılması, fotogrametrik yöntem, gerilme çatlağı ve eklemelerde açılma miktarlarının ölçülmesi ve yüzeye yerleştirilen ekstansometreler kullanılmaktadır.

Şev stabilitesi ile ilgili hesaplamalarda empirik ve gözlemsel yaklaşım, denge sınırı, gerilme analizi ve bilgisayar modellemeleri gibi analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Buna göre kademeli çalışmalarda aşağıdaki güvenlik önlemlerinin alınması önerilmektedir;

- Kademeye yüksekliği ve şev açısı çalışılan kayacın yapısına uygun olmalıdır.
- Kademeye düzlükleri, iş makineleri, kamyonlar ve işçilerin rahatlıkla çalışabilecekleri ve tehlike alanında kolaylıkla terk edebilecekleri genişlik ve düzükte olmalıdır.
- Yapılan kazı çalışmaları sırasında kademelerin askiya alınarak çalışma yapılması yasaklanmalıdır.
- Şevler ve basamak genişlikleri güvenlik katsayısı 1,3 olarak belirlendikten sonra şev stabilité analizlerinin yapılması ve şevlerin duraylı olup olmadıkları belirlenmelidir.

**Güvenlik Katsayısı ( $F$ ):** Kaymaya karşı koyan toplam kuvvetlerin, kaymaya neden olan kuvvetlere oranıdır. Eğer ortamda ihmali edilemeyecek miktarda su varsa, suyun basınç etkisinin de güvenlik katsayısı formülüne yansıtılması zorunludur. Şevlerin dengede kalabilmesi için  $F > 1$  koşulu aranır. Üzerinde nakliye yolları bulunan, uzun ömürlü basamaklar için  $F = 1,5$  olması istenirken, pratikte yaygın olarak kullanılan değerler ise 1,2 ve 1,5 arasındadır.

- Sahada yapılan çalışmaları sırasında herhangi bir heyelana karşı sürekli çatılk kontrolü yapılmalıdır. Ocağın belirli yerlerine ekstonsometreler kurulmalıdır.
- Şevlerin kaymasını önlemek için şev eğimi azaltılmalı, zemin kuvvetlendirilmeli, drenaj sistemi kurulmalı ve istinat duvarı gibi tedbirlerle şev topuğunun önü tutulmalıdır.

**Tablo 1.Şev Duraylığını Sağlama Yöntemleri**

<b>Kazı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Şev eğimini azaltmak,</li> <li>➤ Yüksekliği düşürmek,</li> <li>➤ Şev yüzeyini kademelendirmek</li> </ul>
<b>Dolgu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Şev topuğuna destek yükü koymak</li> </ul>
<b>Su kontrolü</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yüzey suyunu toplamak,</li> <li>➤ Yüzeyi geçirimsiz yapmak,(kil kaplama, asfalt, püskürme beton)</li> <li>➤ Zemin kütlesinin drenajını sağlamak(yatay-düşey, drenler, galeri kuyu v.b.)</li> </ul>
<b>Yapısal destek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dayanma yapıları (geçirimli duvar)</li> <li>➤ Donatilandırma (donatılı zemin, çivi)</li> <li>➤ Kazıklar (sondaj, betonarme silindir)</li> <li>➤ Ankraj (mekanik, kimyasal enjeksiyon)</li> </ul>
<b>Özel yöntemler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erken uyarı sistemi (hareket ölçer, radyo verici)</li> <li>➤ Ağaçlandırma, çimlendirme</li> <li>➤ Enjeksiyon (çimento, kireç)</li> <li>➤ Isısal yöntemler (dondurma, pişirme)</li> </ul>

- Açık oacaklarda kayma ve parça düşme tehlikesi olan kademe, basamak ve yollar sürekli olarak işverençe yetkilendirilen kişiler tarafından gözlemlenmelidir.
- Kademe diplerinde işçilerin dinlenmesi, yemek yemesi veya oturması uyarı levhaları ile engellenmeli, işçiler bilgilendirilmelidir (Bkz. Resim 1).

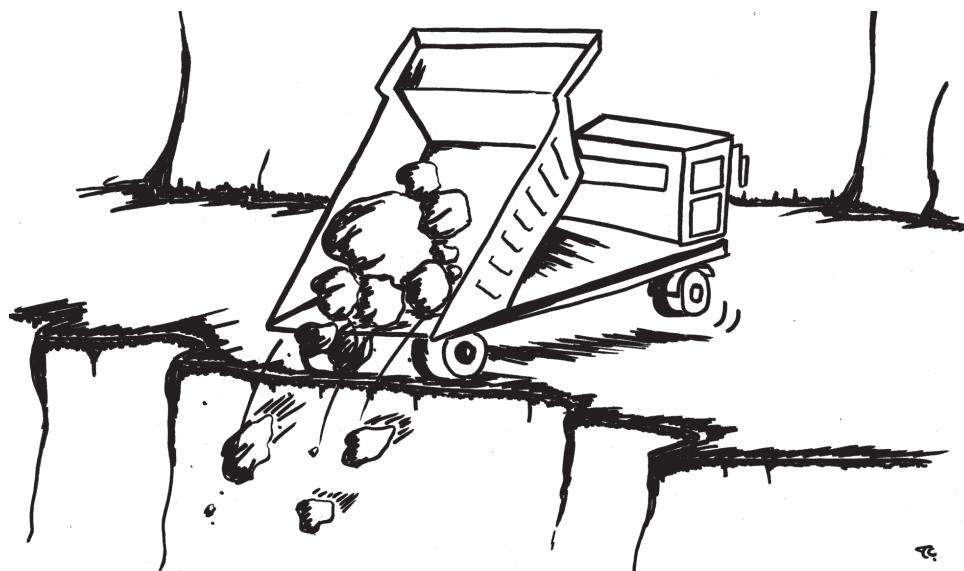


**Resim 1**

- Patlatma işlemlerinden ve yağmur, kar gibi doğa olaylarından sonra ve herhangi bir sebeple işe ara verilip tekrar işe başlandığında kademe yüzeyi ve çevresinde kavlak kontrolü ve sökümü deneyimli işçiler tarafından yukarıdan aşağıya doğru yapılmalıdır.

#### 1.4. Döküm Sahaları

- Döküm sahasında kademeler oluşturulmalıdır.
- Döküm sahasında manevracı bulunmalıdır.
- Döküm sahalarına direkt kamyonlarla malzeme boşaltımının yapılması engellenmelidir. Bunun yerine kamyonların belirlenen yerlere boşaltım yapmalarının ardından buradan dozerler vasıtasyyla döküm sahasına malzeme aktarımı sağlanmalıdır.
- Döküm sahasında boşaltma bölgесine uygun setler yapılmalıdır.
- Döküm sahasında da su drenajı ile ilgili önlemler alınmalıdır.
- Kademeli olarak iç döküm yapılan yerlerde, kademelerin duraylılığını sağlamak için dökülen malzeme sıkılaştırılmalıdır.



Resim 2

# 2

## 2.SU

Açık ocak işletmelerinde oluşturulan kademe ve şevlerin duraylılığının devamlılığında önemli parametrelerden biri de ortamda su miktarıdır. Ortamda bulunan su kabul edilen güvenlik katsayısının düşmesine ve dolayısıyla bir duraysızlığa sebebiyet vereceği için istenmeyen olayların gelişme olasılığı artabilir. İstenmeyen olayların gelişme olasılığını azaltmak için havzadan toplanacak su ile ilgili verilerin büyük önemi bulunmaktadır.

### 2.1. Açık İşletmelerde Drenaj

Açık ocaklarda üretimin devamlılığı açısından su drenajının yapılması gereklidir. Arazi yüzeyinden çok derinlerde yürütülen açık ocak çalışmalarında, su drenajı ve üretim birbirine paralellik göstermek zorundadır. Su drenajının tasarlanması aşamasında, yüzey suları ve yeraltı suları birlikte düşünülmeli ve atılacak suyun akacağı kanallar, havuzlar, eğimler göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapay olarak drenajın yapılabilmesi için drenaj galerileri açılır ya da yüksek kapasiteli pompalar kullanılır. Yeraltı su seviyesinin (YASS) düşürülmesi ve bölgede çalışmalara devam edilmesi sonucu göçükler meydana gelebilir. Bu nedenle sahanın sınırları dışından daha güçlü pompalarla drenaj yapılması gereklidir.

Yüzeysel akışların bir başka negatif etkisi de açık ocak işletmelerinin, aşırı yağışlar sonucu debisi yükselen akarsular tarafından basılmasıdır. Bu olasılık çok düşük dahi olsa asla göz ardı edilmemelidir.

## **2.2. Yeraltı Su Seviyesini Etkileyen Parametreler**

İklim, jeolojik ve hidrojeolojik şartlara bağlı olarak yer altı su seviyesi değişim göstermektedir. Bu değişimler sürekli ya da kısa zamanda oluşabilmektedir.

Yer altı su seviyesini etkileyen doğal parametrelerin başında yağışlar gelmektedir. Yağışlar yeraltına süzülecek seviyeye geldiğinde belirli bir süre sonra YASS'da yükselmeler meydana gelir. Bu süre; yağış türü, zeminin cinsi ve geçirgenlige bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

### **Maden Sahasından Toplanacak Hidrojeolojik Veriler**

1. Maden sahasını içeren su toplama havzasına dair yüzeysel verilerin toplanması

- a. Topografiya
- b. Jeolojik durum
  - Litolojik birimlerin tanımlanması
  - Litolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin saptanması
  - Yapısal öğeler (fay, eklem, çat�ak, kıvrım vb.)
- c. Su noktalarına ilişkin veriler (kaynaklar, sızıntılar, su kuyuları)
- d. Havzanın bitki örtüsü

2. Meteorolojik ve hidrolojik veriler

- a- Yağış ve sıcaklık
- b. Akarsu rejimleri ve süzülme

3. Yer altı incelemeleri

- a. Kuyu logları
- b. Kuyuların su düzeyi ölçümleri (statik ve dinamik)
- c. Yer altı suyu kalitesi
- d. Sondaj sırasında karşılaşılan su sorunları ve basınç deneyleri
- e. Pompaj deneyleri
- f. Yer altı suyu akış yönü ve hızının tespit edilmesi

4. Su havzasında yer alan eski işletmelere dair verilerin toplanması

5. Kuyu, tünel ve diğer işlemler esnasında elde edilen verilerin hidrojeolojik değerlendirilmesi.

Yüzeysel akışlara bağlı olarak gelişen değişimler de doğal parametreler arasında sayılmaktadır. Serbest bir akiferin yanından geçen akarsu, yeryüzünün topografyası, geçirgenlik ve formasyonun porozitesine bağlı olarak YASS'ı etkilemektedir. Akifer akarsu tarafından besleniyorsa, YASS yükselir, tepe oluşur. Akifer akarsuyu beslediği durumlarda ise YASS düşer ve çukur oluşur.

**Gözeneklilik**, kayacın depolama özelliğini; **geçirimlilik**, kayacın iletme fonksiyonunu kapsamaktadır. Hem depolama hem de iletme özelliğine sahip kayaçlara **akifer**; depolama ve iletme özelliği göstermeyen kayaçlara **akifüj**; depolama özelliği olup iletme özelliği zayıf olan kayaçlara **akiklüüt** denir.

### 2.3. Açık Ocak İşletmelerinde Su ile İlgili Alınması Gereken Önlemler

- Havzanın meteorolojik verileri olan aylık ortalama yağış ve sıcaklık ölçümleri derlenmelidir. Bunun için işletme sahasına en yakın gözlem istasyonlarından yararlanılmalıdır.
- Yeraltı suyunun görüldüğü kuyuların göçmesi önlenerek, bunlardan periyodik olarak su düzeyi ölçümü alınmalıdır.
- Kaynaklardan ve su kuyularından alınacak su örneklerinin, suyun mineralleşme ile ilişkisini, korozyon ve/veya kabuklaşma potansiyeli olup olmadığını saptamak için kimyasal analizleri yapılmalıdır.

**Kabuklaşma:** Jeotermal kaynaklardan yararlanma sırasında oluşan en önemli sorunlardan birisidir. Silika, silikat, karbonat, sülfat ve kükürt genel olarak kabul edilen esas kabuklaşma türleridir. Bazı malzemelerin akiferin poroz boşluklarında veya filtre yarıklarında birikmesi ile boşluk ve açıklıkların tıkanması ve bunun sonucunda kuyunun veriminde düşme olayına kabuklaşma denir. Kuyularda meydana gelen kabuklanmanın direkt su kalitesi ile ilgisi vardır. Su içerisinde bulunan çözülmemiş mineraller ve gazlar birikme suretiyle kabuklanmayı meydana getirirler.

**Korozyon:** Bazı metallerin su tarafından aşınması durumudur.

- Karotların incelenmesi sırasında gözenek, geçirimlilik, kuyu loglarından yararlanılarak fay zonlarına ilişkin özellikler, eklem ve çatlakların sıklığı, genişliği, etkin oldukları derinlikler analiz edilmelidir.
- Yer altı suyunun akış yönü ve hızı, radyoaktif izotoplar, renkli bileşikler ve kimyasal eriyikler gibi izleyiciler yardımıyla saptanabilir.
- Kuyularda yapılacak basınç deneyleri ile kayacın geçirgenlik özelliği anlaşılabılır.
- Sahanın hidrojeolojik açıdan değerlendirilmesi ve yer altı su seviyesinin ve miktarının saptanabilmesi için bir hidrojeologun düzenli aralıklarla sahayı kontrol etmesi önemlidir.
- Çalışma yapılan havzanın etrafında bir nehir veya göl gibi su rezervuarının bulunması durumunda yer altı su seviyesinin bu kaynaklardan etkilenmemesi için gerekli güvenlik tedbirleri alınmalıdır.

- Açık ocakta, kademelerde yer alan kayaçların gözeneklerdeki suyun hidrostatik basıncını dağıtmak için geçirgen bölgeye yüksek kapasiteli dikey pompalama kuyuları açılmalı ve piyezometreler ile periyodik olarak ölçülmelidir.

**Piyezometre:** *Sıvıntı ve sıkışma nedeniyle oluşan su basıncının kontrol edilmesinde, su tutulması sırasında drenaj işlemlerinin veriminin ve yapım aşamasında oluşan boşluk suyu basınçlarının belirlenmesinde kullanılan alet.*

- Açık oacaklarda güvenli eğim elde etmek için su basıncı verileri önemlidir. Kayacın altında mevcut olan sular, kayaç kütelerinin dayanım kuvvetini düşürebileceğinden ve kayma kuvvetini artırabileceğinden dolayı su basıncı verilerinin düzenli olarak takip edilmesi gereklidir.
- Açık ocağın bulunduğu bölgedeki yoğun yağmur ve kar yağışlarından sonra kademelerde oluşabilecek deformasyonlar gözlemlenmelidir.

# 3

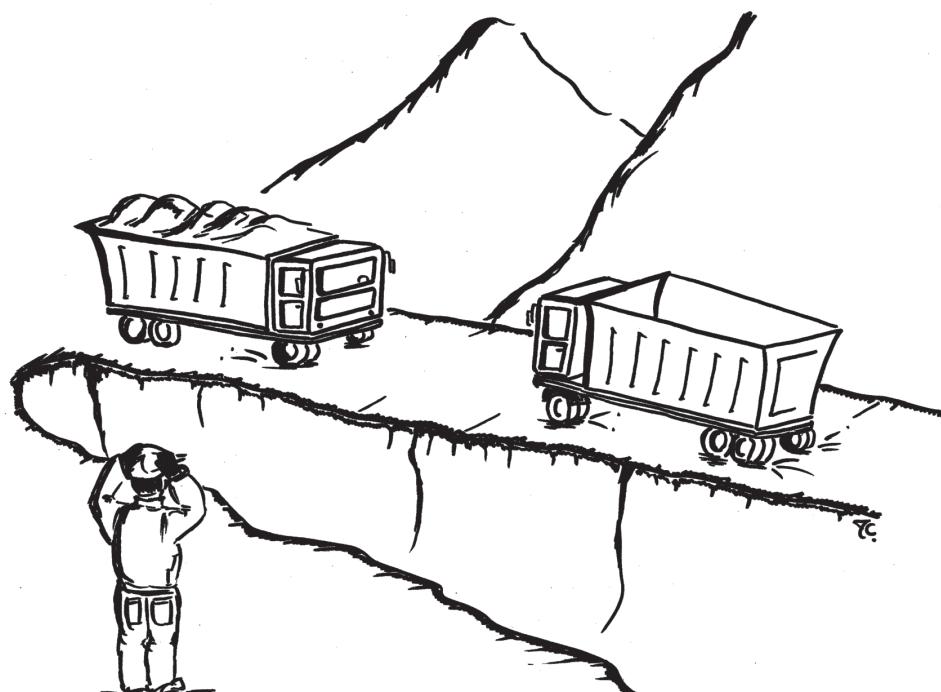
## ■ 3.YERÜSTÜ MADEN OCAKLARINDA YOL, NAKLİYAT VE TRAFİK ÖNLEMLERİ

Açık ocak işletmelerinde yolların tasarıımı, trafik düzeni, nakliyat sistemleri ve nakil hatları iyi projelendirilmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Yolların genişliği, eğimi ve trafik kuralları belirlenirken ocakta çalışacak ekipman ve iş makinelerinin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Gece çalışması yapılan ocaklarda, yeterli aydınlatma sistemi kurulmalı ve çalışan işçilerin fosforlu iş kıyafeti giyesi sağlanmalıdır.

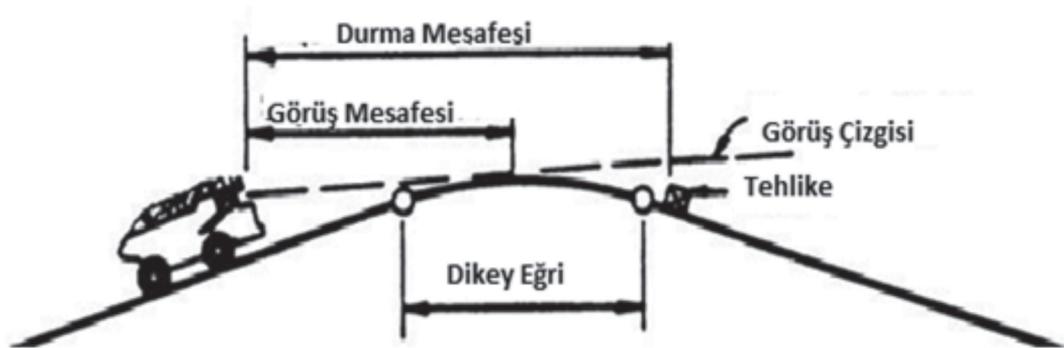
### 3.1.Yerüstü Maden Ocaklarında Yollar

- İşçilerin korunması amacıyla araç yolları ve geçişler açıkça işaretlenmelidir.
- Yol kenarında bulunan uyarı levhaları dikkatle yerleştirilmeli ve periyodik aralıklarla bu uyarı levhaları kontrol edilmelidir.
- En düşük kota ulaşan ve lastik tekerlikli bir aracın geçişine elverişli bir yol daima bakımlı ve açık olmalıdır.
- Basamak ve yol kenarlarında tehlike arz eden taşlar temizlenmelidir.
- Yolların tasarılanmasında sahada çalışan en geniş araçların karşı karşıya gelebileceği ayrıca çalışma yapılabilecek alanlara ihtiyaç duyulabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

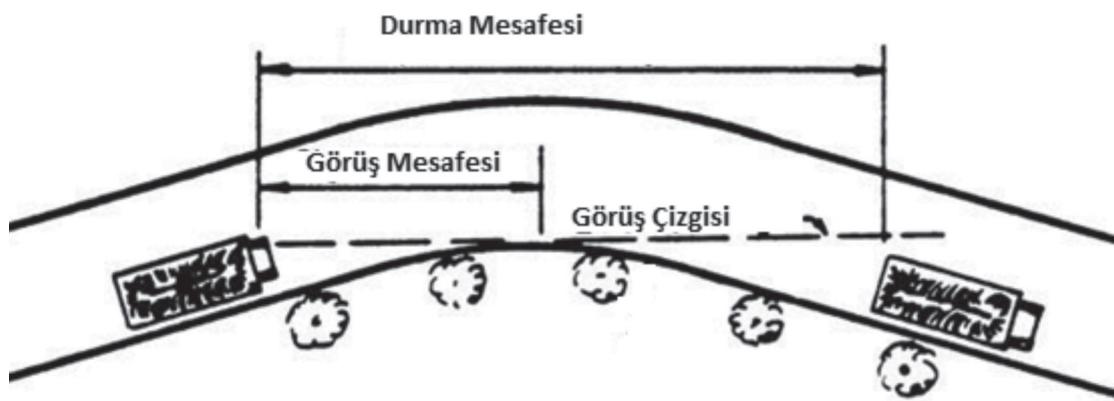


Resim 3

- Taşıma yapan araçları emniyete alabilmek için hem yamaç hem de ocak içi tarafında en az 1 m' lik emniyet mesafesi bırakılmalıdır.
- Ocak içi yolların eğimi en fazla  $10^{\circ}$  olmalıdır ( Aşırı dik yollarda görüş mesafesi olumsuz etkileneceğinden dolayı kazalar meydana gelebilir).

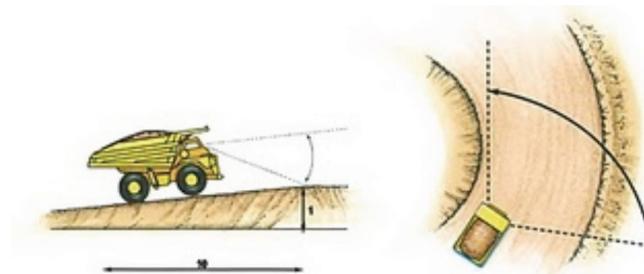


Şekil 3. Görüş Mesafesi



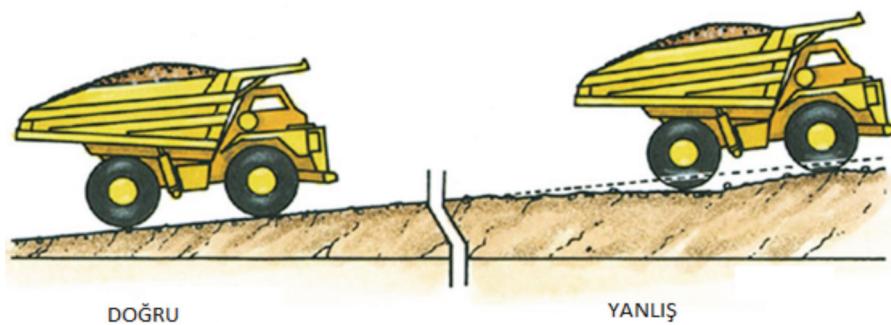
**Şekil 4. Virajlarda Görüş Mesafesi**

- Virajlar, merkezkaç kuvvetini azaltacak şekilde tasarılanmalıdır.
- Virajlar, normal hızda maksimum görüş alanı sağlayacak şekilde tasarılanmalıdır.



**Şekil 5. Virajlı Yollarda Görüş Alanı**

- Yol tasarımindan en üst örtüde, kolay sıkışma sağlayacak türden malzemeler kullanılmalıdır (Çakıl taşı, kırılmış taşlar vb. malzemeler).



**Şekil 6. Eğimli Yol Örnekleri**



**Resim 4**

- Çalışma yerlerine güvenli bir şekilde ulaşabilmek ve acil bir durumda hızlı ve güvenli bir şekilde bu yerleri terk edebilmek mümkün olmalıdır.
- Yollarda malzeme bırakılmamalıdır.
- Yayaların, araçların kullandığı yolu kullanması yasaklanmalıdır.
- Loder, forklift ve diğer iş makineleri, ehliyeti yetkili makamlarca verilmiş olan elemanlar tarafından kullanılmalıdır.
- Güvenlik ve acil durum tatbikatları yapılmalıdır.

### **3.1.1. Ulaşım Yolları**

- Merdivenler, yükleme platform ve rampaları da dâhil bütün ulaşım yolları, yayalar veya araçlar için kolay, güvenli ve uygun geçisi sağlayacak ve yakınındaki çalışanları tehlikeye düşürmeyecek şekilde hesaplanmalı, boyutlandırılmalı ve yerleştirilmelidir.
- Yayaların kullandığı ve/veya araçlarla malzeme taşımada kullanılan yollar, kullanıcı sayısına ve işyerinde yapılan işin özelliğine uygun boyutlarda olmalıdır.
- Araç trafiğine açık yollar ile kapılar, yaya geçiş yolları, koridorlar ve merdivenler arasında yeterli mesafe bulunmalıdır.
- Çalışma sahasında motorlu taşıtlar ve makine trafiğinin bulunması durumunda, trafik kurallarına uygun düzenleme yapılmalıdır.

## **3.2. Yerüstü Maden Ocaklarında Trafik**

Açık maden ocaklarında her tür ve boyuttan olmak üzere birçok iş makinesi ve mobil ekipman bulunmaktadır. Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulması için; tüm araçların hareketlerini düzenlemek, yerüstü çalışmalarında trafik düzenlemesi yapmak ve kontrol etmek gereklidir. Kontroller; araçların hareketini, araçların takip edecekleri güzergahların belirlenmesini ve uyulması gereken trafik işaretlerini ve kurallarını içerir.

### **3.2.1. Açık Ocak Trafik Kuralları**

Açık ocak trafik kuralları, genel trafik kuralları ile birlikte uygulanmalıdır. Özellikle aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir;

1. Emniyet kemeleri her zaman takılmalıdır.
2. Direksiyonlu iş makinelerinde, direksiyon simidi bağlantılarından tutulmamalıdır.
3. Hız limitleri aşağıdaki gibi olmalıdır;

<b>Yollar</b>	<b>En Fazla Hız Limiti (km/sa)</b>
Nakliye Yolu	40
Güvenlik çevre yolu	30
Ocak rampaları ve içindeki yollar	20
Tüm malzeme stok bölgeleri, güvenlik kapıları, proses tesisleri, ofisler ve ekipman bakım alanları	10

Bu hız limitlerinin azami/en fazla hız limitleri olduğu ve yol şartlarının veya kişili görüş mesafelerinin olduğu durumlarda daha düşük hızlarda araç kullanılması gereği unutulmamalıdır. Daima yol şartlarına uygun olarak araç kullanılmalıdır.

### **3.2.2. Sürüş / İşletme Mesafeleri**

#### **• Ekskavatörler**

Ekskavatör operatöründen izin alınmadan, çalışmakta olan bir ekskavatöre, hiçbir araç veya ekipman, 30 metreden fazla yaklaşmamalıdır.

#### **• Nakliye Kamyonları**

Bir ekipman veya araç operatörü, bir nakliye kamyonunun arkasından giderken, en az 50 metrelük bir emniyet mesafesi bırakmalıdır. Nakliye kamyonları konvoy şeklinde hareket ederken 50 metrelük bir emniyet mesafesi bırakılmalıdır. Hafif araç sürücülerini kamyon şoförlerinin kendilerini açıkça görebilecekleri bir pozisyonda ve nakliye kamyonlarından en az 30 metre mesafede uygun bir yere park etmelidir.

### **3.2.3. Yol Üstünlüğü**

Açık ocak işletmelerinde çalışan araç ve ekipmanlar arasında bir yol üstünlüğü sıralaması yapılmalıdır (Aşağıda bir örnek verilmiştir).

1. Acil durum araçları,
  2. Patlayıcı madde taşıyan araçlar,
  3. Yolları sulamakta ve tesviye etmekte olan arazöz ve greyderler,
  4. Nakliye kamyonları;
    - a.Dolu kamyonlar,
    - b.Boş kamyonlar,
  5. Mobil iş makinaları,
  6. Hafif araçlar.
- Trafik işaretlerinin olmadığı yerlerde, operatörler, yukarıdaki öncelik sıralamasına uymalıdır.
  - Yol işaretlerinin olmadığı kavşaklarda araçların soldan gelenlere yol vermeleri gereklidir.

### **3.2.4. Uyarı Sinyalleri**

Durmakta olan bir kamyonun sürücüsü, manevra yapmadan önce uygun sinyallerle uyarıda bulunmalıdır.

Uyarı sinyalleri aşağıdaki gibi olabilir:

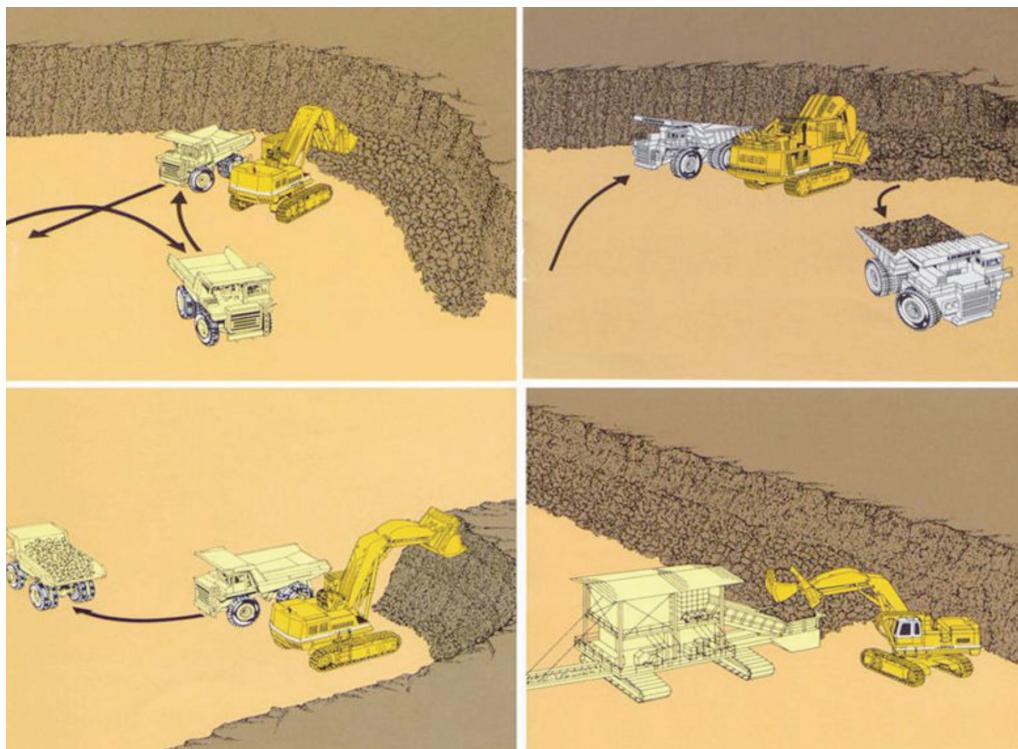
- 1** korna sinyali: motoru çalıştırma
- 2** korna sinyali: ileriye hareket
- 3** korna sinyali: geri hareket

### **3.2.5. Yetkili Kişiler**

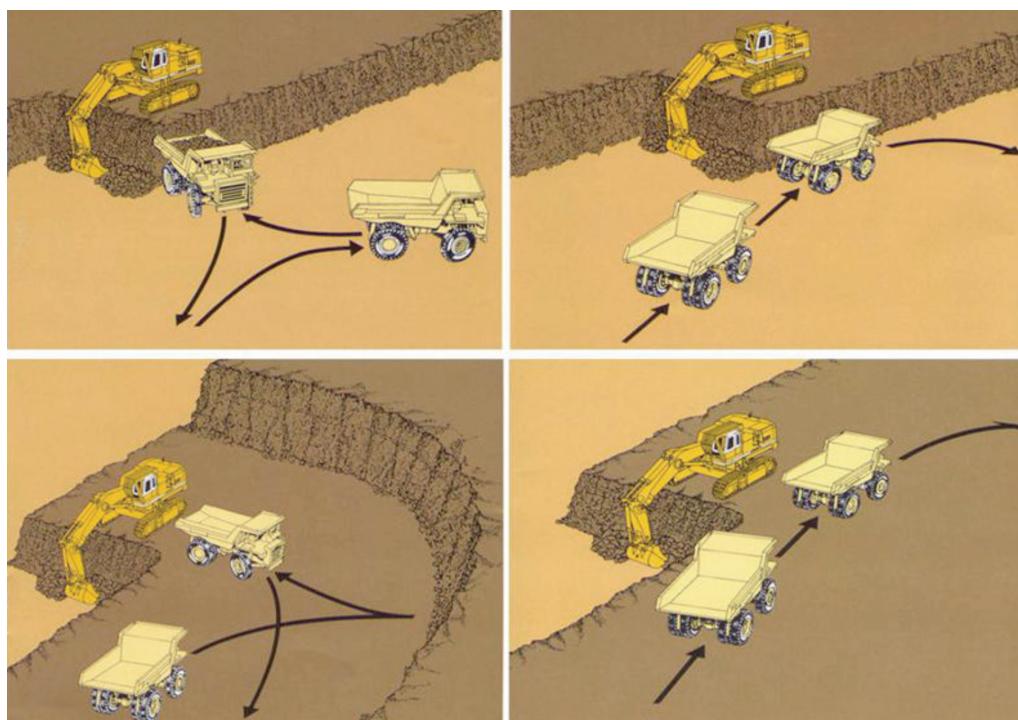
- Açık ocakta araç kullanacak kişilere görevi sadece İşletme Müdürü vermelidir.
- Bir kişinin açık ocakta araç kullanması için ocak trafik düzenlemesi hakkında eğitim almış olması gereklidir.
- Açık ocağa girecek yetkisiz kişilerin ocağa yetkili bir kişinin süreceği bir araçla girmeleri gereklidir.

### **3.2.6. Örnek Kazı ve Yüklemeler**

Ekskavatör ve kamyon çalışmasında yükleme yapma manevraları için açık işletme şartları göz önünde bulundurulmalıdır (aşağıda manevralarla ilgili birkaç örnek verilmiştir).



**Resim 5**

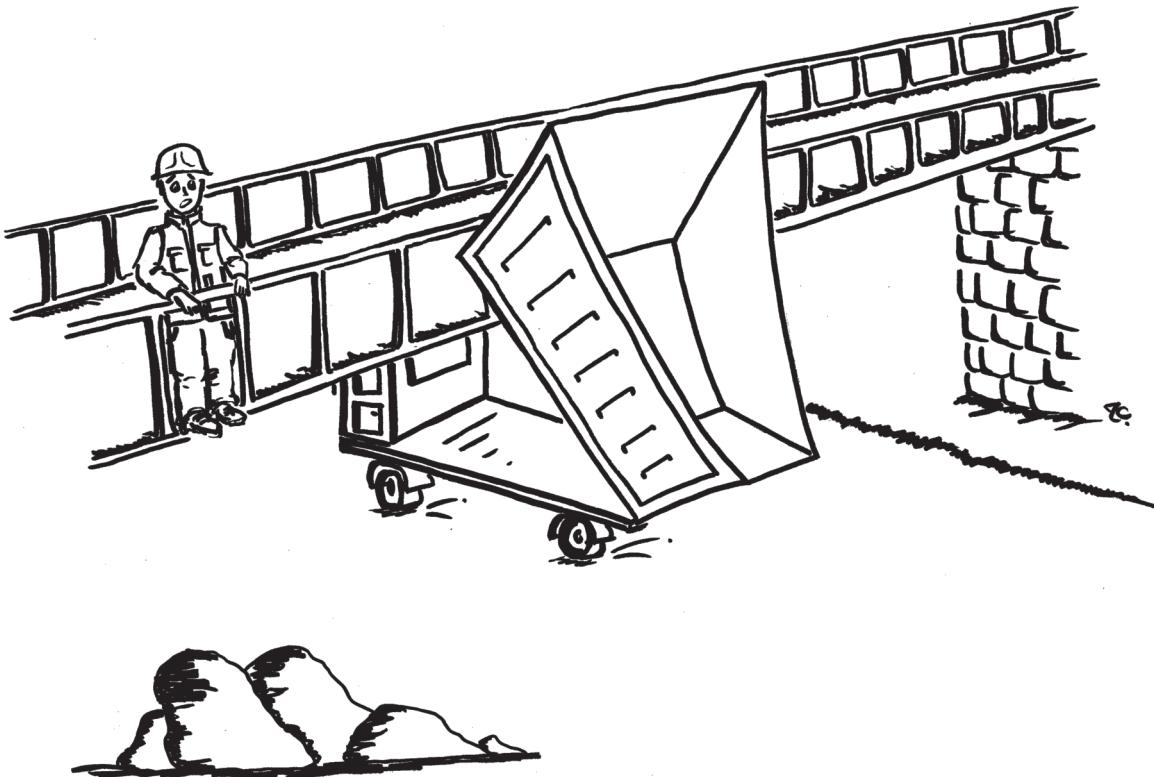


**Resim 6**

### 3.3. Açık İşletme Trafiğinde Operatörlerin Dikkat Etmesi Gereken Güvenlik Önlemleri

- Araç kapasitesi bilinmeli ve limitler geçilmemelidir.
- İşletmede bulunan trafik levhalarının ne anlama geldiği bilinmeli ve bu levhalara uyulmalıdır.

- Araçlar her gün kullanımından önce kontrol edilmeli, tamirat gerektiren bir durum varsa araç kullanılmamalı, derhal tamiratı yaptırılmalıdır.
- Yükleme sahasına dikkatli girilmeli, diğer vasitalara ve personele dikkat edilmelidir.
- Kamyonu hareket ettirmeden önce damperin tamamen indiğinden emin olunmalıdır.

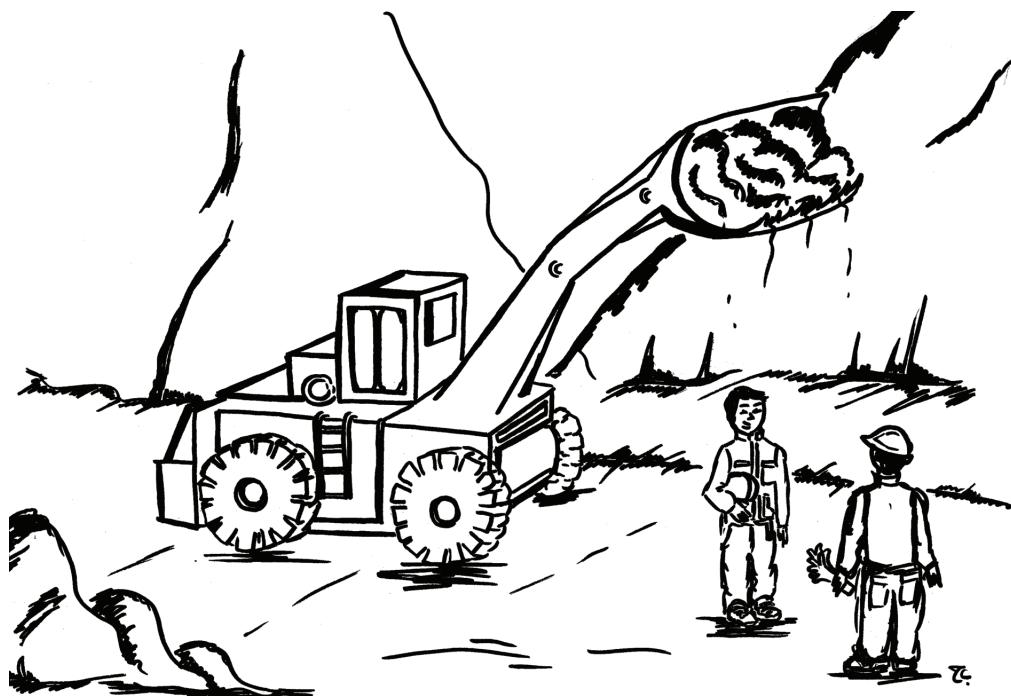


**Resim 7**

- Geriye gidiş yapmadan önce sahanın açık olduğuna kanaat getirilmeli ve arka ışıklar ile geri-vites ikaz sisteminin çalışıklarından emin olunmalıdır.
- Boşaltma veya doldurma yaparken, sürücü, koltuğu terk etmemelidir.
- Bir yamaçta park etmek gerekiyorsa iş makinesi yamacaya dik park edilebilir.
- Yakıt ikmali sırasında motor kapatılmalı, açık alev bulundurulmamalıdır (sigara içilmemeli, kaynak yapılmamalı vb.).
- Geçiş yüksekliklerine dikkat edilmelidir (köprü, havai hat vb.).
- Çukur ve şevlere yeterli mesafede durulmalıdır.

### 3.4. İş Makinelerinde Dikkat Edilmesi Gerekli Hususlar

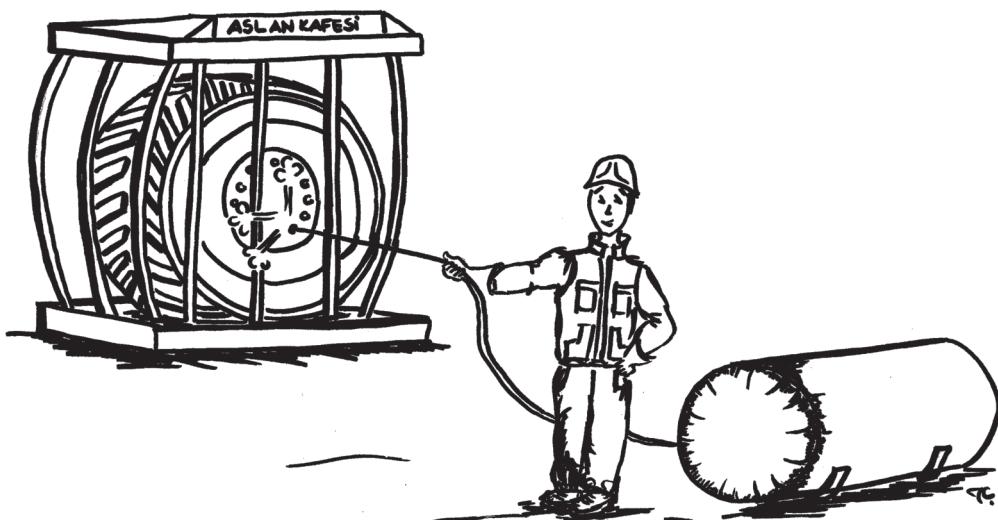
- İş makineleri personel nakil vasıtası olarak kullanılmamalıdır (iş makinelerinin operatör kabinlerine veya şoför mahallerine, operatörlerden başka kimse kesinlikle alınmamalıdır).
- İş makineleri, tayin edilen yol, geçit ve çalışma sahaları dışında hareket ettirilmemeli ve bulundurulmamalıdır.
- Arızası olduğu tespit edilen, normal bakım ve ikmalinin yapılması gereken veya çalışma vardiyası biten iş makineleri, tamir bakım veya park yerlerine çekilmelidir.
- Makinelerle mekanik aletlerin hareket halinde bulunan kısımlarına yağlama, muayene, temizlik veya diğer maksatlarla el, ayak, kol veya vücudun herhangi bir kısmı sokulmamalıdır.
- Vardiya aralarında ve her türlü durumlarda iş makinelerinin içerisinde, altında veya yakınında istirahat edilmemelidir.
- Açık işletme ile ilgili çeşitli işlerde görevli bulunan nezaretçilere, görevlendirildikleri iş yerleri ve iş makinelerini kontrol etmek ve tehlike gördükleri anda, tehlike ortadan kaldırılınca kadar çalışmayı durdurarak gerekli tedbirlerin alınmasını sağlayabilecek yetkiler verilmelidir.
- İş makinelerinde yük askıda bekletilmemelidir.



Resim 8

- Kayma, göçme, yuvarlanma tehlikesi gösteren ayna ve meyilli arazi diplerinde gerekli emniyet tedbirleri alınmadan çalışmamalıdır. Çalışan operatörler, kullandıkları makinenin cephesini daima tehlikeli tarafa çevirmek suretiyle çalışmalıdır.

- Dekpaj, cevher üretimi, toprak döküm, stok ve mermer üretim sahallarında çalışan iş makinelerinin hareket ve manevraları ile ilgili her türlü işaret ve kumanda, o iş yerinde manevracı ve harmançı olarak çalışan görevli kişiler tarafından verilmelidir.
- Şoför, yükleyici operatöründen işaret almadan önce aracını hareket ettirmemelidir.
- Taşıma aracı, yükleme makinesinin boşaltma ve operatörün görüş sahasına girip durmadan yükleme işine başlanmamalıdır.
- Taşıyıcı aracın şoförü, kepçeli makinelerle yükleme yapıldıken şoför mahallini terk etmemelidir.
- Operatörler, çalışıkları makinelerden birinci derece sorumlu olmalıdır.
- Operatörler ve şoförler, ocak içi trafik kurallarına uygun olarak hareket etmekle yükümlüdür.
- Her ne suretle olursa olsun, iş makinesini terk eden operatör ve şoförler, gerekli emniyet tedbirlerini almadan, elektrikli iş makinelerinde jeneratör gruplarını stop ettirmeden makinelerinden ayrılmamalıdır.
- Kompresör, belirtilen basınç aralığı dışında çalıştırılmamalıdır. Hava hortumu yeterli çapta ve çalışma basıncına uygun olmalıdır. Hasarlı veya bozulmuş hortum kullanılmamalı ve basınçlı hava ile oynanmamalıdır. Kompresör havası teneffüs edilmemelidir.
- İş makinelerinin lastikleri şişirilirken jant çemberlerinin yerlerinden fırlayarak herhangi bir olaya neden olmaması için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.



**Resim 9**

- Yükleyiciler veya diğer hareketli ekipmanlar çalışırken 30 metreden daha yakında durulmamalıdır. Mesafe korunmalı ve makine operatörünün görüş alanına girildiğinden veya kontak kurabilecek durumda olunduğundan emin olunmalıdır.
- Dragline kazı şev açısı, tabaka eğimine ve tabakalardaki süreksizliklere uygun seçilmelidir.
- Dragline'nin kazı yaptığı alan kuru, düzgün ve gevşetilmiş olmalıdır.
- Dragline kazı anında drak halatı toprakla sürtünmemelidir.
- Sallama kepçeli iş makineleri ile çalışırken makinenin devrilmesini önlemek üzere, makinenin çevresindeki muhtemel tehlikelere karşı, makine paletleri veya ayakları dibinden pasa alınmamalıdır. Makineye seri hareketler yaptırılmamalıdır.
- Dragline'ların çalıştırılması esnasında olumsuz hava şartlarına dikkat edilmelidir.

### **3.5. Konveyörlerle İlgili Alınması Gerekli Önlemler**



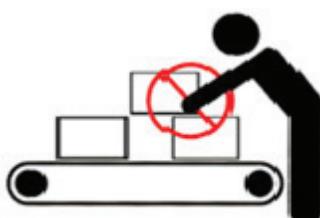
Konveyörlerin üzerine çıkışması, yürütünmesi yasaklanmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.



Konveyör çalışır durumdayken bakım işlemi uygulanmamalıdır.



Konveyörler gerekli koruyucular sağlanmadan çalıştırılmamalıdır.



Konveyör dururken yükleme yapılmamalıdır.



Konveyörün çalıştırılacağı (devreye alınacağı) ilgili personel tarafından bilinmesi sağlanmalıdır.



Konveyör bakımı sadece yetkili personel tarafından yapılmalıdır.



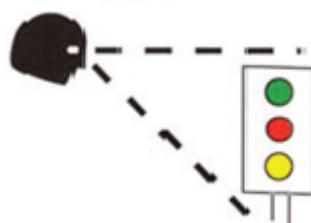
Konveyör kumandaları gereksiz yere kullanılmamalıdır.



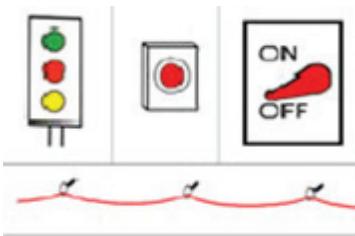
Konveyör çalışırken yaklaşılmamalıdır.



Konveyör çalışır durumdayken yakınında temizlik yapılmamalıdır.



Tüm kontrol sistemleri kolaylıkla görülebilir olmalıdır.



Tüm konveyör kontrol sistemlerinin fonksiyonları bilinmelidir.

- Bandın tambura sarıldığı yerler ve tahrik sistemindeki aktarma organları kimsenin ulaşamayacağı şekilde koruyucu ile kapatılmalıdır.
- Banttan dökülebilecek malzemelerin çalışanları yaralama ihtimali varsa, gerekli tedbirler alınmalıdır (bariyerler vb).
- Bant konveyörler hareket halindeyken devrilmeye karşı emniyetli olmalıdır.
- Eğimli konveyörlerin yüklü durumda kendi kendine hareket etmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır.

- Bantların her iki yanına 750 mm genişliğinde servis ve bakım sahası bulunmalıdır.
- Bant konveyörlerin belirli noktalarında durdurma düğmeleri veya hat boyunca durdurma teli monte edilmelidir.
- Bant herhangi bir şekilde durdurulduğunda arızanın bandın hangi noktasında olduğu kontrol panelinden de görülebilmelidir.
- Bant boyunca ışıklı uyarı ve iletişim sistemi bulunmalıdır.
- Bant çalışırken üzerinden veya altından insan geçisi engellenmelidir. Gerekiyorsa bant üzerinden geçiş için güvenli köprüler yapılmalıdır.
- Konveyörler uygun bir hızla ilerlemiyorsa, bant gerilmeleri vb. gibi nedenler kazalara neden olabilir. Operatör bu tür durumları rapor etmekle yükümlüdür.
- Arıza bakım gibi herhangi bir nedenle devre dışı bırakılmış konveyörler ancak devre dışı bırakılan kişilerce devreye alınmalı, başkaları tarafından alınmamalıdır.
- Konveyörlere yakın çalışan personel, karşılaşabileceği tehlikelere karşı eğitilmelidir.
- Konveyör bölgesinde çalışanlar, ekipmanın nasıl çalıştığı, nasıl kontrol edileceği konusunda bilgilendirilmelidir. Ayrıca durdurma ve acil durum kontrollerinin yerleri ilgili personele uygulamalı olarak anlatılmalıdır.
- Konveyörlere ait güvenlik şartlarının hiçbir şekilde yeri değiştirilmemelidir.
- Başlatma/durdurma butonlarının yerleri gözle görünür bir yerde olmalıdır.
- Tehlike arz eden tüm durumlar, ilgili personel tarafından rapor edilmelidir.
- Konveyörlerde tıhrik tamburlarının olduğu bölgeler, sıkışma noktaları ve boşaltma noktaları vb. tehlikelerin olduğu yerlerdir. Bu noktalara yakın bölgeler uygun boyutlarda bariyer kullanarak tehlikeler engellenmelidir.
- Konveyörler yerden 2.5 m yüksekte ise her 30 m de, 2.5 m den daha yukarıda ise her 100 m'de bir acil durdurma düğmesi konulmalıdır.
- Acil durdurma düğmeleri kırmızı olmalı, kolayca ulaşılabilcek, belirgin şekilde işaretlenmiş ve mantar şeklinde olmalıdır.
- Bariyerler altından ve üstünden insan geçemeyecek şekilde, tel aralıkları tırmanmayı engelleyecek sıkıkta tasarılanmalı, yere sabitlenmiş olmalı ve gerekli büyülüklükte uyarı levhaları taşılmalıdır.
- Bariyerler, diğer alanlarda çalışmayı engellememelidir.
- Bariyerler, başka tehlikelere neden olmayacak şekilde tasarılanmalıdır.
- Yüksekten geçen konveyör hatlarının altına malzeme düşmesini engellemek için uygun boyutlarda koruyucu kullanılmalıdır.

## 4. PATLAYICILAR



Yer üstü maden ocaklarında patlayıcı maddelerin kullanımı, taşınması, depolanması ve patlamayan maddelerin bertarafı iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ateşleyici belgesi olan kişiler tarafından uygun patlayıcılarla, düzgün patlatma sistemi ile yapılan işlemlerde herhangi bir sorunla karşılaşma olasılığı azaltılabilir.

### 4.1. Doldurma Öncesi Alınacak Önlemler

- Delik doldurma işi iyi planlanmalı ve eğitimli bir sorumlunun denetiminde yapılmalıdır. Birkaç kişinin yardımı söz konusu olduğu durumda, çalışmaya başlamadan önce tüm bireysel sorumluluklar paylaştırılmalı ve fikir birliğine varılmalıdır.
- Patlatmanın daha güvenli ve kontrollü yapılabilmesi için patlatma delik düzeni olmalıdır. Madencilikte genelde sıralı (kare), şeş-beş ve İsveç yöntemi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler sayesinde patlatma kontrolü daha kolaylaşmakta ve patlatma verimi artmaktadır.
- Doldurma işleminden önce, uygun bir atım planı yapılmalı, üzerinde anlaşılmalı ve kâğıt üzerinde çizilmelidir.
- Doldurma işlemlerine başlamadan önce patlatma sahası bayrak, huni ya da gözle kolayca görülebilir işaretler ile belirlenmelidir. Bu bölge, tehlikeli bölge olarak ilan edilmelidir.
- Gereksiz ekipmanlar patlatma sahasından uzaklaştırılmalıdır.
- Tehlikeli bölge ilan edilen bölgede sigara içilmemeli ve açık alev kaynakları bulundurulmamalıdır.
- Doldurma işiyle ilgisi olmayan tüm personel patlatma sahasından uzaklaştırılmalıdır.

- Ateşçi, açık ocak işletmesine ve komşu işyerlerine, atım yeri ile atım yapılması için planlanan gün ve saatı mümkün olduğunda erken bildirmelidir.
- Kapsüller ve patlayıcılar, güvenli bir yerde ayrı kutularda olmalı, bunlar uygun işaretlerle belirtilmeli ve diğer ekipmanlardan uzak bir yerde tutulmalıdır.
- Atım sahasında bulunan elektrik sistemlerinin gücü, meydana gelebilecek tehlikelere karşı atım sonuna kadar kesilmelidir.
- Elektrikli kapsül kullanılıyorsa harici elektrik (yer akımları, statik elektrik, radyo frekans enerjisi, yıldırım vs. gibi) testleri yapılmalıdır.

#### **4.1.1. Elektrik Yüklü Meteorolojik Şartlar**

- Kullanılan ateşleme sistemi ne olursa olsun fırtına daima bir tehlike arz edebilir.
- Elektrikli fırtınanın yaklaşması halinde doldurma işlemleri durdurulmalı ve bütün personel güvenli bir yere çekilmelidir.
- Elektrikli fırtınanın yaklaşğını ses veya ışıkla haber veren cihazlar kullanılabilir.

#### **4.1.2.Yemleyici Dinamitler**

- Kritik bir iş olan yemlemenin hazırlanması ve yerleştirilmesinde acele edilmemelidir. Hassas kapsüller ve yüksek birizanslı patlayıcılar bir araya getirildiği için tavsiye edilen yöntem dikkatle uygulanmalıdır.
- Yemleme deliğe yerleştirilmeden hemen önce delik başında hazırlanmalıdır. Asla önceden hazırlanıp etrafta gereksiz tehlike oluşturacak şekilde bırakılmamalıdır.
- Kapsüller kartuşa veya kalıplanmış yemlere yerleştirilirken zorlanmamalıdır. Uygun delici ile kartuşta açılan deliğe zorlamadan sokulmalıdır.
- Kapsüller ile yemleme dinamit kartuşları ya da kalıplanmış yemlemeler patlatma sahasında birbirinden yeterince ayrı uzaklıktır tutulmalıdır. Kapsül ile donatılmış dinamitler patlatma sahasında depolanmamalı ve hazırlanan yemleme hemen deliğe doldurulmalıdır.
- Donmuş dinamitler ve diğer patlayıcılar, sonradan çözülsé bile kullanılmamalıdır. Ambalajında sızcıtı olan, küflenmiş veya sertleşen bozuk dinamitler kullanılmamalıdır.

#### **4.1.3.Kapsüller**

- Kapsüller son derece duyarlı birincil (başlatıcı) patlayıcı ve piroteknik madde içerirler. Tüm kapsüller, ısı, şok ve darbeye karşı duyarlıdır, bu nedenle bu tehlikelere karşı korunmalıdır.
- Kapsüller, atım sahasına orijinal kaplarında veya kapsüller için özel yapılmış kaplarda taşınmalıdır.
- Ateşçiler, şarjlama başlamadan önce ateşleme sistemini ve kapsüller için alınacak önlemleri bilmelidir. Ateşleme sistemi için imalatçının yöntemleri ve tavsiyeleri dikkate alınmalıdır.

- Elektrikli kapsüller, yemleyici hazırlanmadan uygun aletle kontrol edilmelidir. Kapsül tellerinin dolumdan zarar görmediğinden emin olabilmek için sıkılamadan önce de kontrol edilmelidir. Dolum sırasında kapsül tellerinin zarar gördüğünden kuşku duyulursa test edilmeli, arızalıysa değiştirilmelidir.
- Kapsül, doldurma ve sıkıştırma esnasında darbe görebilir ve erken patlamaya neden olabilir. Kapsül, dinamitin patlamamasına yol açabilir. Bu yüzden kapsül dinamit içine tam olarak girmelidir ve kartuş yükü kapsül teline değil sağlam ek kablosuna gelecek şekilde bağlantı yapılmalıdır.
- Elektriksiz kapsüllerin kullanımında imalatçının yöntemleri ve tavsiyeleri dikkate alınmalıdır. Elektriksiz ateşleme sistemleri, kazara ateşlemeye (kaçak akımlar, radyo frekans enerjileri, statik elektrik vb.) elektrikli sistemlerden çok daha az duyarlı olmalarına rağmen hepsi hassas birincil patlayıcı içerirler. Bu nedenle bunların, yıldırım, statik elektrik veya güçlü elektriksel ortamlardan etkilenmeyeceği düşünülmelidir. Çünkü yıldırım düşmesi ile güçlü enerji boşalması olur, dolayısıyla elektrikli fırının yaklaşığı veya var olduğu ortamlarda, ateşleme sisteme bakılmaksızın patlatma durdurulmalı ve personel güvenli bir bölgeye alınmalıdır.
- Gecikmeli kapsül kullanılan patlatmalarda, birbirini takip eden kapsül numaraları arasında 0,5 veya 1 saniye patlama gecikmesi olmaktadır. Bu suretle çok sıralı bir ateşlemede, bu kapsüller sayesinde patlatılan bir delik, yanındaki deliklerin verimli bir şekilde patlamasını sağlayan yeni yüzeyler meydana getirdiğinden, düşük titreşim ve iyi parçalanma istenilen patlatmalarda, gecikmeli kapsül kullanılmalıdır.

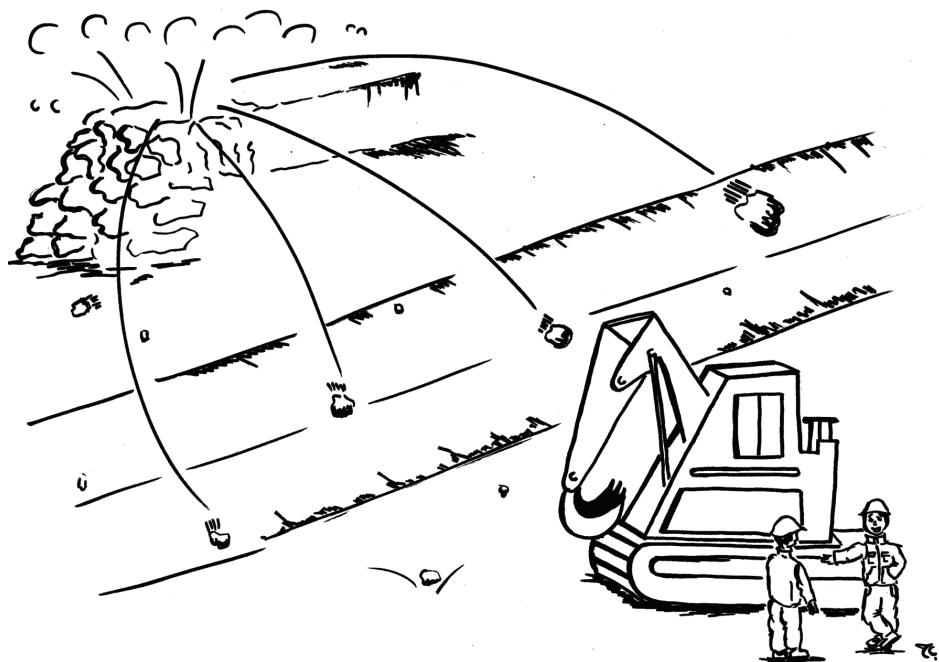
## **4.2.Elektrikli Ateşleme**

- Elektrikli patlatma yapılıyor ise patlatma sahası yakınında (10m mesafe içinde) cep telefonları, telsizler daima kapalı tutulmalıdır.
- Bu işle ilgili kişiler, anti-statik ayakkabı giymeli, yün, naylon, orlon, perlon gibi statik elektrik oluşturabilen giysiler kullanmamalı, pamuklu giysiler giymelidir.
- Elektrikli kapsüller, her türlü elektrik kaynağından ve potansiyel akım kaçagi tehlikesi olan yerlerden uzakta, sarılı halde, kullanılıncaya kadar saklanmalıdır.

### **4.2.1.Patlatma Öncesi Uyarıcı Siren Çalma**

- Patlatma öncesi işitme mesafesi yaklaşık 750m olan uyarıcı bir siren çalışmalıdır.
- İkaz ve uyarı levha işaretleri konulmalıdır.
- İşaretler ya da işitilebilir uyarıcı cihazlar tek başına patlatma sahası dışında bulunanlar için güvenilir değildir. Ayrıca gerekli diğer güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Atım esnasında meydana gelebilecek taş savrumlularına karşı gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.



Resim 10

#### 4.3.Patlamamış Şarjin Elden Çıkarılması

Sığ deliklerde patlamamış olan patlayıcıyı çıkarmak için su püskürtme ya da basınçlı hava yöntemi kullanılmalıdır. İşlemi yapan kişi tecrübeli olmalı ve gözlük gibi koruyucu malzeme kullanmalıdır. Geniş çaplı deliklerde iç içe iki PVC boru gereklidir. Bir ışık kaynağı kullanarak delik gözle incelenmelidir. Delik içerisinde hiç bir patlayıcı kalmadığından emin olunmalıdır.

##### 4.3.1.Patlamamış Deliklerin Yeniden Ateşlenmesi

Delik ağızından uzanan kapsül telleri, tüpleri, ya da infilaklı fitil kontrol edilmelidir. Hiçbir hasar görmemişler ise yeniden bağlantısı yapılarak ateşlenir. Eğer bu mümkün değil ise; sıkılıma malzemesi dikkatlice dışarı çıkarılır, şarjin üst kısmına yeni bir yemleme (primer) patlayıcı yerleştirilir, delik yeniden ateşlenir.

##### 4.3.2.Patlamamış Şarjin Bertarafı

Patlamamış şarj su ile doldurulur. Lağım deliğinde patlamamış patlayıcı maddenin kaldığı veya bundan kuşkulanıldığı takdirde, elektrikle ateşlemede en az 5 dakika, fitil vb, ile ateşlemede en az bir saat geçmeden ateşleme alanına kimse giremez. Patlamamış patlayıcı madde artıkları, bir nezaretçinin sorumluluğu altında, olanak varsa, o lağımı delen usta tarafından, patlamamış lağım deliğinin en az 30 santimetre yakınında, ona paralel başka bir delik delinip doldurularak patlatılır.

# 5

## 5. MERMER OCAKLARINDA UYULMASI GEREKEN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ

Mermer ocaklarında yapılan üretim diğer ocaklardan farklı olarak büyük yapıda blokların ana kayadan kesilerek alınması ve taşınabilir boyutlara getirilmesi şeklindedir. Bu nedenle mermer ocaklarında karşılaşılan kazaların nedenleri;

- Ağır blokların işçi üzerine düşmesi,
- Elmas telin kopması,
- Elektrik çarpmaları,
- Parça sıçramaları, olarak sıralanabilir.

### 5.1. Mermer Ocaklarında Alınması Gereken Önlemler

- Kesim makineleri hariç diğer makineler söz konusu tehlike bölgesinden emniyet mesafesi olarak 30 m geride bulundurulmalıdır.
- İş makineleri çalışır durumdayken çalışma bölgesinde sadece yetkili personel bulunmalıdır.
- Üst basamaklardan aşağıya doğru parça düşmesini engellemek için periyodik saha kontrolleri yapılmalıdır; tehlikeli olabilecek parçalar sökülmelidir.
- Elektrik ve elektrik kaçakları sonucu oluşabilecek iş kazalarını önlemek için elektrik taşıyan kablolar ve bağlantıları düzenli olarak kontrol edilmelidir.
- Elektrikkabloları ezilme veya kesilmeye karşı açıktan döşenmemelidir.
- Delik delme işinde çalışanlar eldiven, toz maskesi, kulaklık, baret kullanmalıdır.
- Sahada yapılan sayalama çalışmalarında kişisel koruyucular mutlaka kullanılmalıdır.

- Sayalama makinasında tel kopma ihtimali daha çok olduğundan makinanın arkası ocak içine doğru çevrilmemelidir.
- Kollu mermer kesme makinaları çalışırken makine etrafında kimse olmamalıdır.
- Makinalarda oluşan her türlü arıza yetkililere bildirilmelidir.
- Çalışan personel, kendi sorumlu olduğu işten başka işlere müdahale etmemelidir.

## **5.2. Blok Üretim Yöntemi**

Günümüzde mermer bloklarının üretiminde daha düzgün yapıda bloklar elde etmek için elmas tel kesme yöntemiyle üretim yapılmaktadır. Bu üretim yöntemi diğer yöntemlere göre verimli olmasına rağmen özel riskler arz eder. Bu yüzden mermer üretim sahalarında gerekli tedbirleri almak hayatı önem taşır.

### **5.2.1. Elmas Tel ile Kesim Yapılırken Karşılaşılan Muhtemel Riskler ve Alınması Gereken Önlemler**

- Her kesim işleminden önce kullanılacak telin durumu kontrol edilmelidir.
- Makine çalıştırılırken tele fazla gerilme verilmemesine dikkat edilmelidir. Teldeki fazla gerilme hemen ya da sonradan kopmalara neden olur. Kesim sırasında eğer çelik telde aşınma yoksa bağlantı ve sıkılık elemanlarının boşalmasından kaynaklanan sorumlara yol açabilir.
- Tel kopmalarında ocakta çalışanların emniyeti açısından dikkat edilmesi gereken önemli noktalar vardır;
  - ✓ Düşey kesimlerde elmas tel hizasında kimse bulunmamalıdır.
  - ✓ Operatör, kumanda tablosunu tel hizasında olmayacak şekilde yerleştirmelidir.
  - ✓ Yatay kesimlerde elmaslı telin yüksekliğinde hiç kimse bulunmamalı ve operatör kumanda tablosunu elmaslı tel seviyesinden daha yüksekte bir tümseğin üzerine yerleştirilmelidir.
  - ✓ Tel kesme makinelerinin orijinal muhafazaları asla çıkarılmamalıdır.
  - ✓ Kesme işlemi sırasında yeterli miktarda su beslemesi yapılmalıdır.
  - ✓ Elmas tel kesme makinesi uygun hızda çalıştırılmalıdır.
  - ✓ Elmas tel kesme makinesiyle kesim yaparken üst tel kesimin içine girmemelidir.
  - ✓ Tel kesme işleminde gereğinden fazla su verilmemelidir; yetersiz su vermek ise telin aşınmasına ve kopmasına neden olur.
  - ✓ Kullanılan rayın uzunluğu kesilecek uzun yüzeyden %10 daha fazla olmalıdır.
  - ✓ Makine aynadan en az 3 m uzağa yerleştirilmelidir. 7 m'den daha yüksek kesimler için bu uzaklık 4 m olmalıdır.
  - ✓ Makine sağlam bir şekilde yerleştirilmeden elektrik bağlantısı yapılmamalıdır.

- ✓ Makine titreşimsiz çalışacak şekilde ayarlanmalıdır.
- ✓ Telin kırılmaması için köşelerde makara kullanılmalıdır.
- ✓ Kesilen kayacın sertliğine göre uygun tel hızı ve germe kuvveti uygulanmalıdır.
- ✓ Telin kayaç içindeki yeri değiştirildikçe su hortumunun da yeri değiştirilmelidir.
- ✓ Kırılan teli keserken telin liflerini dağıtmayacak özel makaslar kullanılmalıdır.
- ✓ Önce taban kesmesi daha sonra yan ve orta kesmeler yapılmalıdır.
- ✓ Tel kesme makinesinin kasnağı ile telin geçtiği delik çıkışının hızda olmalıdır.
- ✓ Kesimi yapılan taşların düşme ve kopma ihtimaline karşı işçiler ve diğer ekipmanlar bu bölgelerde bulunmamalıdır.
- ✓ Tel kesme makinesi hiçbir zaman 500-600 mm'den küçük çaplarda ve uzun süreli kullanılmamalıdır.
- ✓ Mermerde optimum tel hızı 36-40 m/s olmalıdır.
- ✓ Telin homojen aşınması için tele burgu verilmelidir.
- ✓ Telin alışmasını sağlamak için 5-10 dk süresince tele fazla yük bindirmeden çalıştırılmalıdır.
- ✓ Boncuklar tel üzerinde dönmemelidir.
- ✓ Çalışma süresince pul, yay ve halat deformasyonları gözlenmelidir.
- ✓ Kayacın sertlik durumuna göre telin çalışma hızı ayarlanmalıdır (kayaç sert ise düşük hızda).
- ✓ Makinenin çeviremeyeceği uzunluklarda tel kullanılmamalıdır.
- ✓ Kesim boyunca çıkan toz aşındırıcıdır, su beslemesi ihmal edilmemelidir.
- ✓ Her türlü kesim çalışması ustası/nezaretçi tarafından yapılmalıdır.
- ✓ Tel kesmeler çalıştırılırken arkasına mutlaka korkuluk konulmalıdır. Emniyet mesafesi 30 m olarak ayarlanmalıdır.
- ✓ Makina çalıştırılırken telden uzak durulmalıdır. Dönen telin üzerinden geçilmemeli ve su verme işlemi tel dönerken yapılmamalıdır.

**Tablo2. Mermi Ocaklarında Karşılaşılabilecek Tehlikeler**

<b>YAPILANİŞ</b>	<b>PROSES AŞAMALARININ TANIMI</b>	<b>Sağlık ve Güvenlik açısından Tehlikeler</b>
<b>1.A. HAZIRLIK İŞLEMLERİ</b>	Çalışma alanının incelenmesi ve kesme sınırlarının belirlenmesi.	Yüksekten Düşme. Heyelan, kaya düşmesi sonucu travmalar, Hareketli araçlara kılavuzluk yaparken yaşanan kazalar.
<b>1.B. DELİK DELME</b>	Delik delme makinelerinin kurulumu, çalıştırılması, demontażı ve kontrolü; Alternatif olarak pnömatik delicilerin kullanılması.	Elmas telin kopması sonucu savrulması veya sıkışma elementlerinin fırlaması. Elle kaldırma ve taşıma.
<b>1.C. ELMAS TELLE KESİME</b>	Elmas tel kesme makinesinin konumlandırılması ve kontrolü. Elmas telin yerleştirilmesi. Kesme esnasında periodik kontroller.	Gürültü. Kuru delme sebebiyle toz oluşumu ve tozun yayılması. Pnömatik deliciler ve kazı makinelerinden kaynaklanan titreşim.
<b>1.BLOK KESİME</b>		
<b>2.A. HAZIRLIK</b>	Deliklerin delinmesi için pnömatik delicilerin kullanılması.	Darbeli delicilerden kaynaklanan aşırı gürültü. Kazı makinelerinin yaratığı aşırı titreşim.
<b>2.B. KUM YATAĞININ HAZIRLANMASI</b>	Atık malzemeyi loderlerle toplanması ve ocağın sınırlına stoklanması.	Kuru delik delme dolyayıyla toz oluşumu. Hareketli araçlara kılavuzluk yaparken yaşanan kazalar.
<b>2.C. HAVA YASTIKLARI VE HIDROLIK İTİCİLERİN KULLANIMI</b>	Hava yastıklarının ve hidrolik iticilerin açılan aralıklara yerleştirilmesi.	Yüklerin elle kaldırılması ve taşınması. Balyoz, çekici gibi aletleri kullanırken tekrarlanan hareketler. Hidrolik hava yastıklarının patlaması sonucu metal kısımlarının fırlaması.
<b>2.D.BLOĞU EKSİKAVATÖRLE DEVİRME</b>	Ana külteden hava yastığı ile ayrılan mermi bloğının eksikavatör yardımıyla devrilmesi.	Yüksekten düşme. Araçların devrilmesi veya yan yatması.
<b>2.BLOK DEVİRME</b>		
<b>3.A. BLOKLARIN STOK SAHASINA TAŞINMASI</b>	Vinç yardımıyla veya loderlerle taşıma	Hareketli araçlara kılavuzluk yaparken yaşanan kazalar. Araçların devrilmesi.
<b>3.B. ATIK MALZEMENİN ATIK STOK SAHASINA TAŞINMASI</b>	Küçük parçaların kürek ve mini loderlerle toplanarak yükleme alanına taşınması. Loderlerle ocağın sınırlına taşınması.	Yüklerin elle kaldırılması ve taşınması. Kazı makinelerinin yaratığı aşırı titreşim. Toz oluşumu.
<b>3.OCAKTAKİ DİĞER ÇALIŞMALAR</b>		
<b>4.A. KAMYONLARIN OCAK İÇİNDE KULLANIIMASI</b>	Ocak içindeki dar ve bozuk yollarda, sarp alanlarda ve keskin virajlarda kamyon şoförleri hakimiyet.	Kamyonların devrilmesi, yan yatması.
<b>4.B.KAMYONLARIN NORMAL YOLLarda KULLANIIMASI</b>		Kamyonlardan kaynaklanan aşırı titreşim.
<b>4.BLOKLARIN FABRİKAYA TAŞINMASI</b>		