



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

YERALTI MADEN OCAKLARINDA İÇ HAVA KALİTESİ

ARKUN ANDIÇ
SİSTEMAİR HSK

ABDURRAHMAN KILIÇ
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YERALTI MADEN OCAKLARINDA İÇ HAVA KALİTESİ

Arkun ANDIÇ
Abdurrahman KILIÇ

ÖZET

Bu çalışmada uluslararası standartlara ve uygulamalara da dayanarak, yeraltı maden işletmelerindeki havalandırma prensiplerinden bahsedilmiştir. Zehirli gazlar ve etkileri, gerekli minimum hava miktarları, senaryolar ve gözetleme sistemleri bildirinin içeriğini oluşturmaktadır. Maden havalandırmasında kullanılan genel fan tipleri, birbirleriyle karşılaştırılmaları ve bunların içerisinde aksiyel fanların yapısı ile ilgili özellikler hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç Hava Kalitesi, Maden Havalandırması, Kömür

ABSTRACT

In this study, ventilation principles inside the underground mining facilities have been mentioned, referring to the international regulations and applications. Hazardous gases and their effects, minimum air requirements and monitoring systems are the content of this writing. General fan types being used in mining ventilation, comparisons between different types and the main specifications of axial fans have been stated.

Key Words: Indoor Air Quality, Mining Ventilation, Coal

1. GİRİŞ

Kömür madenleri açısından zengin kaynaklara sahip olan ülkemizde meydana gelen yeraltı kömür kazalarında havalandırma sisteminin uygun olmamasının önemli rolü bulunmaktadır. Bir kömür madeninde havalandırma sisteminin temel amacı; çalışanlar için gerekli oksijenin sağlanması, tehlikeli gazların izin verilebilir oranlara seyreltilerek ocaktan atılması, ocak havası neminin azaltılması, tozların belirli seviyenin altında tutulması, derin ocaklarda sıcaklığın düşürülmesi ve motorlar için oksijen ihtiyacının karşılanmasıdır. Yapılan araştırmalar, yeraltı kömür ocaklarındaki kazaların çoğunun doğru havalandırma ile önlenebileceğini ortaya koymaktadır.



Güvenlik açısından, yetersiz hava hızları istenmeyen birikimlere ve gazların perdelenmesine neden olabilir; çok yüksek hızlar ise toz bulutlarını yükseltebilir. Doğru havalandırma kazaları önlediği gibi, aynı zamanda normal çalışma durumunda işçi sağlığının korunmasını da sağlamaktadır. Ayrıca, sıcaklık, nem ve kokuların giderilmesi çalışma verimini de arttırmaktadır.

Belirli hava hızlarını ve izin verilen maksimum gaz konsantrasyonlarını sağlayabilecek uygun havalandırma sisteminin tasarımı; maden mühendisleri ile makine mühendislerinin ortak disiplini sonucunda olmalıdır. Sistemin tasarımı yapılırken, sadece madenin ilk açılması durumu değil, aynı zamanda madenin ömrü boyunca artacak olan kapasitesi de dikkate alınmalıdır. Ayrıca, normal havalandırmanın yanında yangın durumundaki duman egzozu da tasarımda göz önünde bulundurulmalıdır.

2. HAVA KALİTESİ

Yeraltı madenlerinde işçi sağlığı ve güvenliğinde ana amaç, hava kirletici maddelere maruz kalma seviyesini güvenli sınırlar içinde tutabilmektir. Bu için, sadece çalışma yüzeyine sağlanan havanın miktarı üzerinde değil, aynı zamanda sağlanan hava akışının kalitesi üzerinde de durulması gerekir. Kişilerin çalıştıkları ya da hareket halinde oldukları alanlardaki havanın en az %19.5 oksijen ve en fazla %0.5 karbondioksit içermesi ve bu alanlardaki hava debisi ve hızının her türlü yanıcı, patlayıcı, zehirli ve zararlı gazları, toz ve dumanı seyretmeye, zararsız hale getirmeye ve taşıyıp götürmeye yeterli olmalıdır[1]. İşçilerin tahliye edildikleri, çalıştıkları ya da hareket halinde oldukları çalışması bitmiş alanlardaki havanın karbondioksit seviyesinin zaman ağırlıklı ortalamasının %0.5'inden ve kısa süreli maruz kalma sınırının %3.0'ından fazla olmaması gereklidir.

Metan dışındaki gazlardan kaynaklanabilecek olan patlamaların önlenmesi amacıyla, aşağıda belirtilen gazların konsantrasyonların belirtilen oranları geçmesine izin verilmemelidir[1].

Karbonmonoksit (CO), % 2.5

Hidrojen (H₂), % 0.80

Hidrojen sülfür (H₂S), %0 .80

Asetilen (C₂H₂), % 0.40

Propan (C₃H₈), % 0.40

MAPP metil-asetilen-propilen-propodiyen, % 0.30

Karbonmonoksit ya da dumanın yangının başlangıç noktasından, dedektörün bulunduğu noktaya gelmesi için geçen süre; yangının başlangıç noktasının dedektöre olan uzaklığına ve hava hızına bağlıdır, süre mesafenin hava hızına bölünmesiyle bulunur. Düşük hava hızlarında bu süre uzun olabilir ve alarm anını önemli ölçüde etkileyebilir. Hava akışı arttıkça dedektöre ulaşılma süresi kısaltmakta fakat karbonmonoksit ve duman seviyelerinin yoğunluğu azalmaktadır.

2.1 Metan Gözetim Sistemi

Grizu patlaması; metan gazının, havayla karışmasıyla ortaya çıkan patlamadır. Metan patlaması yeterli miktarda oksijenin ve patlayıcı gazın bir araya gelerek tutuşturucu kaynakla teması sonrası gerçekleşmektedir. Metan, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Havaya göre daha hafif olduğu için tavanda toplanır ve hava içinde çok çabuk dağılır. Metanın tehlikesi yanıcı ve patlayıcı bir gaz olmasıdır. Metan oranı %4-15 arasında patlayıcıdır. Yer altı kömür ocakları üretim aşamasındayken, basınç altında bulunan metan serbest kalır ve üretimi tamamlanmış boşluklarda toplanır. Havalandırma amacıyla ocağın içine gönderilen taze havanın içerisinde bulunan oksijenle birleşen metan, grizu denen patlayıcı gazı meydana getirir.



Metan gazı testleri, yetkin personel tarafından en azından her ay, düzgün çalışır durumda olan ve bilinen bir metan-hava karışımı ile kalibrasyonu yapılmış dedektörler kullanılarak yapılmalıdır. Oksijen yetersizliği testleri düzgün çalışır durumda olan ve değişimi %0.5 doğruluk oranında tespit edebilen oksijen dedektörleri kullanılarak, yetkin personel tarafından yapılmalıdır. Oksijen dedektörleri, bu dedektörlerin kullanılacağı her bir vardiya başlangıcında kalibre edilmelidir.

Bir çalışma yeri ya da bir taşıma bandının bulunduğu hava giriş yeri dahil olmak üzere hava giriş yerinde ya da mekanize madencilik ekipmanının kurulumunun yapıldığı ya da söküldüğü bir yerde %1.5 ya da daha fazla oranda metan gazı bulunması durumunda; gazdan etkilenmiş olan alandaki tüm elektrikli ekipmanların elektriği kesilecek ve diğer mekanize ekipmanlar kapatılmalı, metan konsantrasyonu %1.0'in altına indirmek amacıyla, havalandırma sisteminde değişiklikler veya ayarlamalar yapılmalı ve metan konsantrasyonu %1.0'in altına ininceye kadar, gazdan etkilenmiş alanda hiç bir iş yapılmasına izin verilmemelidir. Bir dönüş havası yolundaki metan konsantrasyonu % 2.0'den fazla olmamalıdır.

Metan konsantrasyonu patlama sınırına gelmeden, her bir konveyör girişinde, dönüş havasını kontrol etmek üzere metan gazı konsantrasyonu ölçülmelidir. Metan gazı dedektörleri her ayak bölümünün ağzında, konveyör bandın kuyruk parçasının yakınında ve bant taşıma girişinde dönüş havasını izleyecek şekilde yerleştirilmelidir. Dedektörün paneli, yüzeyde bulunan ve ocakta çalışılan tüm bölümlerle aralarında iki yönlü iletişim mevcut olan, sürekli bir personelin bulunacağı bir mekânda bulundurulmalı, panel hem sesli, hem de görüntülü alarm verebilme özelliğine sahip olmalıdır. Metan gazı konsantrasyonu % 1.0 değerinin üzerine çıktığında, alarm vermeye başlamalı, aynı anda da konveyör sürücülerini ile bölümdaki cihazlara giden enerji kesilmelidir.

Metan gazı ölçüm cihazlarının düzgün çalışmalarının sağlanması amacıyla mutlaka, her gün gözle kontrol edilmeli, uzman bir kişi tarafından her hafta bakımı yapılmalıdır. Yetkili ve uzman kişiler dedektörlerin düzgün çalışmasını sağlamalı ve üretici tarafından önerilen bakım esaslarını uygulamalıdır. Dedektörler her ay kalibre edilmeli, bir denetim raporu tutulmalı ve bu rapor tüm ilgililerin incelemesine açık olmalıdır. Denetim kayıtlarında, haftalık denetimin yapıldığı tarihi, dedektörlerin kalibrasyonu ve yapılan bakım işlemi belirtilmelidir.

2.2 Karbonmonoksit Gözetim Sistemi

Kömürün oksidasyonu sonucu bol miktarda karbonmonoksit ve karbondioksit oluşur. Çok küçük çaptaki yangınlar bile önemli miktarda karbonmonoksit oluşumuna neden olur. Karbonmonoksit zehirli bir gazdır. Fiziksel olarak renksiz ve kokusuz bir gaz olduğundan, kişi soluduğu havanın içindeki karbonmonoksit gazını fark edememekte ve solunan karbonmonoksit kanın yapısını bozarak kısa sürede ölüme sebebiyet vermekte, bu nedenle "sessiz katil" olarak adlandırılmaktadır.

Yeraltı kömür ocaklarında, karbonmonoksit seviyesi sürekli kontrol edilmez. Dönüş/konveyör bandı girişindeki panelin ağzında, bant kuyruk parçasının girişinden itibaren 15 metre aralıklarla ve konveyör bandı boyunca aralarındaki mesafe 300 metreyi geçmeyecek şekilde ve her bir bant sürücüsünün başında, karbonmonoksit dedektörleri yerleştirilmelidir. Karbonmonoksit ölçümleri kaydedilmeli, uyarı ve alarm seviyelerini belirleyen sistemler, bütün dedektörler tarafından ölçülen karbonmonoksit seviyesini devamlı olarak kayıt altında tutan bir sistem içermelidir.



Karbonmonoksit paneli uyarı ve alarm olmak üzere iki seviyeye ayarlanmalı ve her alarm seviyesi için yapılacak işlemler bir yönerge ile belirtilmelidir. Bütün konveyör girişlerinde, uyarı seviyesi 20 ppm ve alarm seviyesi 30 ppm değerine ayarlanmalıdır. Konveyör girişleri dışındaki bütün mekânlarda ise, uyarı seviyesi 25 ppm ve alarm seviyesi 30 ppm seçilmelidir[1].

Bir noktada karbonmonoksit seviyesi uyarı değerine eriştiği takdirde, kontrol odasında uyarı sinyali verilene kadar geçen süre 45 saniyeden fazla olmamalıdır. Kontrol odasına uyarı geldiğinde operatör derhal, uyarı veren dedektör yakınındaki insanlarla temasa geçmeli ve uyarının nedeniyle ilgili olarak inceleme başlatmalıdır. Uyarının geldiği bölgedeki insanlar durumdan haberdar edilmeli ve uyarının nedeni ortadan kalkana kadar bir kişi devamlı olarak iletişimde bulunmalıdır. İncelemeyi yapan şahıstan 15 dakika içinde herhangi bir bilgi alınmadığı veya ikinci bir detektörden uyarı geldiği takdirde, bölümdaki görsel uyarı cihazları (flaşörler) devreye sokulmalı ve uyarı veren dedektörün çevresinde bulunan tüm personel çalışma mekânlarının yakınında bulunan güvenli alanlara çekilmelidir.

Dedektörlerden biri, yüksek seviyede alarm verdiğinde, alarm gelen bölgede sesli alarm (siren) ve flaşörler devreye sokulmalı, bölge ile iletişim kurulmalı, tüm kişiler alarm veren dedektörden uzak bir yere çekilmeli ve derhal alarmın nedeni incelenmelidir. Tehlikeli bir durum görüldüğü ve kontrol altına alınamadığı durumlarda, ocağın tamamında yangınla mücadele ve tahliye planı devreye sokulmalıdır. Özetle, karbonmonoksit seviyesi, konveyör girişlerinde 20 ppm, konveyör girişleri dışında 25 ppm değerine eriştiğinde flaşörler devreye girmeli, karbonmonoksit seviyesi 30 ppm seviyelere eriştiğinde ise flaşörler ve sirenler devreye girmeli, tüm çalışanlar, çalışma alanının uzağında emniyetli bir bölgeye çekilmeli, siren devreye girdiğinde ise, kömür ocağı tahliye edilmelidir.

Dizel motorlu cihazlar kullanılan yeraltı maden ocakları için ise, başlangıç düzeyindeki ocak yangınlarının çabuk ve güvenilir bir şekilde tespiti için bir dizi duman dedektörü gerekli olabilir. Dizel motorlardan çıkan partiküller ve karbonmonoksit yanlış alarmlara neden olabilir. Dizel motorlu cihazlar çalıştırıldığı takdirde o bölümde çalışan madencilerin durumdan haberdar edilmesi ve daha önceden dizel motorlu cihazlar çalıştırılması nedeniyle yanlış uyarı veya alarm verilmesini önlemek üzere uygulanacak esaslar belirlenmelidir. Çalışma bölümlerinde, yükleme amaçlı olarak dizel motorlu cihaz kullanılmamalıdır. Dizel motorlu cihazlar sadece bölümlerin temizlenmesi ve benzeri kömür yükleme dışı amaçlarla kullanılmalıdır. Tüm mazotlu cihazlar yangın söndürücü sistemle teçhiz edilmiş olmalıdır.

Karbonmonoksit seviyelerini monitörden izleyen görsel uyarıyı görmek ve işitsel alarmı duymak üzere her zaman bir sorumlu kişi görev başında olmalıdır. Bu kişi, tüm bölümlerle iki yönlü iletişim içinde olmalı, belirlenen uyarı ve alarm seviyelerine erişildiğine tüm bölgelere ve tehlikeye maruz kalabilecek tüm diğer kişilere bildirimde bulunmalıdır. Bu kişi, karbonmonoksit gözetim sisteminin çalışması ve herhangi bir acil durum ya da arıza durumunda yapması gereken işlemler ilgili olarak eğitim almış olmalı ve gerekli tedbirleri alabilme yetkisi ve bilgisi olmalıdır.

Karbonmonoksit gözetim sistemi kısa devre, hat kopuğu, topraklama hataları gibi elektrik arızaları için süpervize edilmelidir. Gözetim sisteminin bataryası, fanın durması esnasında konveyöre gelen gücün kesilmesinden en az dört saat sonrasına kadar yangın uyarısını verebilecek kapasitede olmalıdır.

Karbonmonoksit gözetim sistemi aktif hale geçen herhangi bir dedektörü tanımlayabilecek özellikte olmalı yani adreslenebilir dedektörler kullanılmalıdır. Madende her bir konveyör sisteminin yerleşim planı ve gözetim sisteminin detayları kontrol merkezinde bulunmalıdır. Karbonmonoksit gözetim sisteminin gerektiği biçimde çalışmasını sağlamak üzere, sistem en azından her bir kömür üretim vardiyasında gözle kontrol edilmeli ve her hafta çalışma fonksiyonları test edilmeli, gerekli bakımlar yapılmalıdır. Her ay, gözetim sistemi konsantrasyonu bilinen karbonmonoksit ve hava karışımları ile kalibre edilmelidir. Yapılan tüm denetimlerin kayıtları yüzeyde tutulmalı ve ilgililerin erişimine açık olmalıdır. Denetim raporlarında her bir haftalık denetimin, aylık kalibrasyonun ve sistem yapılan tüm bakımların tarih ve saatleri belirtilmelidir.

Genel bakım esnasında veya dedektörlerde oluşan herhangi bir arızada, karbonmonoksit gözetim sistemi veya metan gözetim sistemi herhangi bir bölümde devre dışı bırakılırsa, gözetim sistemi normal çalışma düzenine dönene kadar, arızalanan bölümünde devamlı olarak nöbet tutulmalı ve

uzman bir kişi tarafından bölge gözetim altında olmalıdır. Birden fazla dedektör devre dışı kaldığı takdirde, yeterli sayıda uzman kişi madenin konveyör girişlerini denetim altında olmalıdır. Bu durumda, uzman kişilerin her biri el tipi karbonmonoksit ve metan gözetim cihazı ile teçhiz edilmelidir. Gözetim sisteminin devre dışı kalması veya arızalanması durumunda kullanılmak üzere her bir çalışma bölümünde kullanılmak üzere karbonmonoksit gözetim ve metan gözetim cihazları bulundurulmalıdır.

3. HAVA MİKTARI

Yeraltı kömür madeni havalandırma sistemleri; her zaman için sağlıklı ve güvenli atmosferik çalışma koşulları sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bir yeraltı kömür madeni havalandırma sisteminin amacı; çalışma bölümlerindeki madencilere yeterli miktarlarda taze hava sağlamak ve zehirli, zararlı ve patlayıcı gaz ve tozları zararsız hale getirmek ve bunları temiz hava ile inceltmek suretiyle maden dışına taşımaktır. Her bir çalışma bölümündeki gerekli hava miktarının doğru şekilde hesaplanması hayati önem taşımaktadır. Bu miktarın çalışma bölümündeki işçi sayısı, kullanılan makine türü ve gaz, toz, ısı ve nem karışım miktarına göre belirlenmesi gereklidir.



Havalandırma sistemleri iki kategoriye ayrılabilir: çalışma yüzeylerinin çevresine taze hava getirmekle sağlayan ana sistem ve bu havayı çalışma yüzeylerine dağıtan destekleyici sistem. Her sistem havanın ilgili alanlardan akışını desteklemek amacıyla gerekli basıncı sağlayacak fan ya da fanlar ile donatılmış olmalıdır. Bu iki sistem birlikte çalıştırılarak, hava kirletici maddelerin seyreltilmesi ve dışarı atılmasıyla çalışanlar için sağlıklı bir ortam sağlanması amaçlanır. Ana sistemin fonksiyonu, dışarıdan çalışma yüzeylerinin yakınına taze hava getirmek ve kullanılan havayı geri dışarı atmaktır. Destekleyici sistemler ise havanın birincil hava yollarından alındığı hava kirletici maddeleri inceltmek ve dışarı atılmasını desteklemek amacıyla kullanılırlar.

Ayaklardaki ve diğer yerlerdeki gerekli taze hava miktarları, hava yollarında öngörülen sızıntı miktarı ile doğru orantılı şekilde artırılmalıdır. Sızıntı hesaplaması zor olabilmektedir ve genelde ayaklar için hesaplanan miktarların %100'ü için bir miktar ayrılmaktadır[1]. Basınç kayıpları ve güç, bu miktarın karesi ve küpü ile doğru orantılı olduğu için miktar hesaplaması önemlidir. Miktar hesaplamalarında ufak hatalar bu sebeple basınç ve güç tahminlerinde büyük hatalara yol açabilmekte ve toplam maden havalandırmasını, güvenliğini ve işçilerin sağlıklarını ve üretim performansını etkileyebilmektedir.

Mine Safety and Health Administration (MSHA) yönetmeliğinde[2]; taşkömürü ve linyit madenlerinde kömürün kesildiği, çıkartıldığı, patlatmak için delindiği veya yüklendiği her bir çalışma yüzeyine ulaşan hava miktarı en az dakikada 85 m³ olması istenmektedir. Yanıcı, patlayıcı, zehirli ve zararlı gazları, tozları ve dumanları seyreltmek, zararsız hale getirmek ve uzaklaştırmak için daha fazla miktarda havanın gerekli olması durumunda, bu miktar havalandırma planında belirtilmelidir.

Maden kömürü ya da linyit madenlerinde, her bir çalışma bölümündeki giriş veya oda setlerinin her birisinin en son açık enine kesitine ulaşan hava miktarı ve bir topuk hattının hava giriş ucuna ulaşan hava miktarı, havalandırma planında daha büyük bir değer belirtilmemişse en az dakikada 255 m³ olmalıdır[3]. Her bir uzun ayağa ulaşan hava miktarı en az 850 m³/dak olacaktır ancak dakikada 850 m³/dak'dan daha fazla bir miktarın gerekmesi durumunda, onaylanmış havalandırma planında belirtilmelidir.

Taş kömürü madenlerinde, havalandırma planında daha büyük bir miktar belirtilmemiş ise, kömür çıkartılan her bir çalışma yüzeyine ulaşan hava miktarı dakikada en az 140 m^3 olmalıdır. Hava akımlarının kontrol edilemediği ve hava hızı ölçümlerinin yapılamadığı topuk söküm alanlarında hava hissedilir bir harekete sahip olmalıdır.

Tablo 1. Farklı Çalışma Koşullarında Gerekli Hava Miktarı ve Hava Hızları [4]

Koşul	Dizayn Kriteri	Hava Miktarı, m^3/s	Sızıntı, m^3/s	Basınçlandırma, m^3/s (%10)	Gereken Hava Miktarı, m^3/s
Standart çalışma, minimum	$0,25\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$	2,7	0,3	0,4	3,4
Çoklu patlatma sonrası giriş	30 dak bekle, 8 hava değişimi; 60m tünel	2,9	0,3	0,5	3,7
İkinci patlatma sonrası giriş	10 dak bekle, 8 hava değişimi, alına 30m mesafe	4,4	0,4	0,7	5,5
Toz temizleme	1,0 m/s	10,9	1,1	1,6	13,6
Diesel Motor - Partiküller için	$0,0482 \text{ m}^3/\text{s}/\text{kW}$	6,9	0,7	1,0	8,6
Diesel Motor - Isı için	$0,065\text{m}^3/\text{s}/\text{kW}$	9,2	0,9	1,4	11,5

Maden içerisinde farklı miktarları yönlendirmek için gerekli olan hava yolu sayısı çok önemlidir çünkü bu sayı hava yolundaki havanın hızını da etkilemektedir. Hava hızları iki açıdan önem taşımaktadır. Bunlardan birincisi güvenlik konusudur ve yetersiz hava hızları gazların istenmeyen şekilde birikimine yol açabilir. Diğer taraftan çok yüksek hızlar ise toz bulutları oluşturabilir. Ekonomik açıdan ise, bir maden hava yolu içindeki basınç kaybı hızın karesi ile doğru orantılıdır ve yüksek hızlar büyük güç anlamına gelecektir. Bu sebeple, güvenlik ve ekonomik faktörlerden ödün verilmemesi için hava hızlarını çok iyi şekilde belirlenmesi gereklidir. Hava hızı, bir hava yolunun alanı ve paralel hava yollarının sayısının bir fonksiyonu olduğu için, hava yolunun şekli ve boyutu madencilik makineleri ve zemin kontrol koşulları tarafından belirlendikten sonra hız ve debi gerekliliklerinin tanımı otomatik olarak hava yolu sayısını da belirleyecektir. Her bir branşmandaki basınç kayıpları uygun şekilde seri veya paralel devre kuralları kullanılarak hesaplanabilir. Bir maden için gerekli olan miktarı ve basınç değeri bilindikten sonra uygun bir maden fanı seçimi yapılabilir. Ancak bu, maden havalandırma sistemi planlaması ve tasarımının kolay bir süreç olduğu anlamına gelmemelidir. Aksine, bu süreç maden planlaması ve tasarımının diğer yönleri ile pek çok etkileşime sahip bir süreçtir. Zemin kontrolü, üretim gereklilikleri ve ekipman sınırlamaları gibi faktörler genelde maden tasarımı üzerinde ciddi sınırlamalar oluşturabilmektedir. Aslında, madencilik yöntemleri ve maden girişleri ile ilgili veriler hazır olmadığında ya da bunların hesaplamaları arasında ciddi varyanslar olduğu durumlarda maden havalandırma planlaması süreci oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Bu sebeple, seçilen nihai havalandırma tasarımının, değişen koşullara uyum sağlayabilecek şekilde esnek olması gereklidir.

Araştırma aşamasında, havalandırma sistemini etkileyebilecek olan belirli jeolojik faktörler ile ilgili veri toplanması gereklidir. Maden tasarımı aynı zamanda diğer jeolojik verileri de içermektedir ve belirtilen şekilde, sağlık ve güvenlik ile ilgili kural ve düzenlemelerden etkilenmektedir. Sonuç ise bir madencilik yönteminin ve maden altyapısının oluşturulmasıdır. Maden havalandırma seçimleri bu ilk tasarım aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak kömür damarından maden çıkartılması anlamında daha kesin planlar yapıldıkça daha detaylı bir havalandırma analizi gerekli olacaktır.

Bu analizin maden havasının miktarı ve kalitesinin kontrolü anlamında çok spesifik olması ve hatasız olarak hesaplanması mümkün olmayan metan ve sızıntı gibi faktörleri içeren bir duyarlılık analizini de içermesi gereklidir. Doğru bir plan seçildikten sonra, bunun acil performansına (örneğin yangınlar ve patlamalar) ve değişen maden planlarına (örneğin odadan ve topuktan uzun duvara) adapte olabilmek özelliklerinin incelenmesi gereklidir. Bu tür bir plan temelinde söz konusu plan sunulduğu şekli ile kabul edilebilir ya da havalandırma planında veya hatta maden tasarımında bile değişiklikler yapılması gerekli olabilir.

Maden planlama ve havalandırma uzmanları arasında erken aşamada bir işbirliği olası pek çok problemi önleyebilir ve varsa ilave incelemelere veya mühendislik revizyonları üzerindeki yeni hesaplamalara yönelik ihtiyaçları ortaya çıkartarak planlama süresini kısaltabilir. Maden geliştirme planlarının, özünde, havalandırma düzenlemelerinin eksiksiz detaylarını ve maden ömrünün her bir aşamasında etkili havalandırma elde edebilmek için gerekli araçları içermelidir. Bu sebeple, havalandırma sisteminin tasarımının maden çıkartma planının uzun, orta ve kısa vadeli planlamaları ile birlikte ele alınması gereklidir. Güvenlik temel konu olmakla birlikte üretimi ve üretkenlik seviyelerini muhafaza etmek ve arttırmak için iyi bir havalandırma planlaması temel bir gerekliliktir.

4.YERALTI MADENLERİNDE KULLANILAN FANLAR

4.1.Fan Tipleri

Yukarıda verilen hava hızlarını ve izin verilen gaz konsantrasyonlarına göre havalandırma sisteminin tasarımı yapılır. Hava bir şafttan dikey olarak ya da maden girişinden içeriye girer, tüm ara yollar boyunca gezer ve belirli bir noktadan egzoz edilir. Hava, maden içerisinde rampalar ve belirli yardımcı fanlar vasıtasıyla dolaştırılır ve her noktada istenen hava akışının yakalanması sağlanır. Madenlerde havalandırma sistemini tasarlarken hem günlük çalışma esnasındaki havalandırmayı, hem de bir yangın durumundaki duman egzozunu göz önünde bulundurmamak gerekir.



Madenlerde kullanılan fanları kanat tiplerine göre santrifüj, karma akışlı ve aksiyel olarak üç gruba ayırabiliriz. Bunlardan santrifüj fanlar ilk yatırım esnasında ana şaftlara yerleştirilirler ve motor güçleri 1,5MW seviyelerine kadar çıkabilir. Santrifüj fanlar yüksek basınçlarda verimlidirler. Karma akışlı fanlar ise ağır koşullar için en sağlam yapıya sahip olan fanlardır. Tüm kanatlar konik fan göbeğine kaynaklı olduğu için az sayıda parçadan oluşmaktadırlar ve yüksek basınçlarda verimlidirler. Özellikle paralel bağlı uygulamalarda da stabil özellikleriyle ön plana çıkarlar. Santrifüj ve karma akışlı fanlar maden dışarısında ana şaft fanı olarak kullanılmaktadırlar. Maden içerisinde kullanılan yardımcı fanlar ise aksiyel yapıda olmaktadır[6].

4.2 Aksiyel Fanlar

Aksiyel fanların genel yapısına baktığımızda, yüksek debi düşük basınç uygulamalarında verimli olduklarını görürüz. Aksiyel fanların bakımı ve montajı kolay olup, kanat açıları değiştirilerek farklı çalışma noktalarına adapte edilebilirler.



Bu fanlar maden büyüklüğüne göre nadiren ana shaft fanı olarak kullanılmakla birlikte genellikle booster (güçlendirici) fan olarak kullanılırlar. Kömür madenlerinde booster fan kullanımına ABD’de izin verilmemekle birlikte, bununla ilgili yönetmelikler düzenlemeleri devam etmekte olup, ileride kullanım yolu açılacaktır. Diğer gelişmiş maden üretici ülkelerde ise, gerekli şartlar sağlandığı sürece kömür madenlerinde de booster fan kullanılabilir[7].

Aksiyel fanlar maden tipine göre yüksek sıcaklık dayanımlı F300/F400 ya da Ex-Proof olarak üretilmektedirler. Aksiyel fanlar yapısı gereği 3 ana bileşenden oluşur. Bunlar kanatlar, motor ve fan gövdesidir. Enerji, kanatların dönmesi ile taşınan havaya transfer edilir. Fan kanat profilleri aerodinamik olarak tek yönlü (Unidirectional) ve çift yönlü(reversible) olarak iki farklı yapıdadırlar. Maden havalandırma uygulamalarında acil bir durumda işçilerin her zaman alıştıkları yoldan kaçmasını sağlamak için tek yönlü fanlar kullanılır ve sistem de buna göre dizayn edilir. Gerçek çift yönlü fanların kullanıldığı durumlar da nadiren mevcuttur.

Fanların kanat profili dışında fan performansını etkileyen göbek-çap oranı, kanat sıklığı ve hava akış yönü gibi parametreler de seçim sırasında göz önünde bulundurulur. Bazı yüksek basınçlı uygulamalarda kontra çalışan fanlar esnek kanallar vasıtasıyla maden içerisine taze hava taşırılır. Bu uygulamalarda cihaz dışı statik basınçlar 3-4 kPa mertebelerini görebilmektedir. Kontra dönüşlü fanların başlıca özelliği, fan kanatlarını zıt yönde döndürerek tek fanın yenebileceğinin yaklaşık %260 kadar fazlası basıncı yenebilmeleridir. Bu sayede, aksiyel fanlarla da yüksek basınçlı uygulamalara çözüm üretilmiş olunur.

Booster(güçlendirici) fan olarak kullanılan aksiyeller maden ocağında giriş ve çıkış arasındaki basınç farkının azaltılması, buna bağlı olarak da sızıntı ve hava bariyeri oluşumunun minimize edilmesini sağlar. Booster fan kullanımının bir diğer avantajı ise, yerüstünde konumlandırılmış olan ana santrifüj fanlara düşen yükü azaltması ve yerüstünde daha küçük kapasitede motorların kullanılmasını sağlamasıdır. Bu fanlar maden içerisinde fana paralel, hava geçirmeyen kapılarla birlikte yerleştirilirler. Bu kapılar hem insan geçişi için kullanılır, hem de devreye alma esnasında fanı yüksüz kaldırmaya yararlar.

4.3 Atex Fanlar

Özellikle kömür madenlerinde yeraltına yerleştirilecek fanlar için bir diğer önemli özellik ise patlamaya karşı koruma (Explosion-Proof) özelliğidir. 1994 yılında AB normlarına giren ATEX 94/9/EG direktifi, ismini “Atmosphères Explosibles” yani “Patlayıcı Ortam”dan almaktadır.

Tablo 2. ATEX 94/9/EC 'ye göre potansiyel patlayıcı bölge şartları [8]

Yanıcı maddeler	Yanıcı maddelerin Ex bölgesindeki davranışları	Potansiyel patlayıcı alanların sınıflandırılması	CENELEC'e göre kullanılacak ekipmanların etiket gereklilikleri		III (IEC 60079-0, Edition 5.0'dan başlayarak)	
			Cihaz grubu	Kategori	Ekipman koruma derecesi (EPL)	
Gaz Sis Sıvı	Sürekli, uzun periyotta, sıklıkla	Zon 0	II	1G, (1)G	Ga	
	Durumsal	Zon 1	II	2G, (2)G	Gb	
	Normalde yok, sadece çok kısa süreli	Zon 2	II	3G, (3)G	Gc	
Toz	Sürekli, uzun periyotta, sıklıkla	Zon 20	II	III (IEC 60079-0, Edition 5.0'dan başlayarak)	1D, (1)D	Da
	Durumsal	Zon 21	II	III (IEC 60079-0, Edition 5.0'dan başlayarak)	2D, (2)D	Db
	Normalde yok, sadece çok kısa süreli	Zon 22	II	III (IEC 60079-0 starting from Edition 5.0)	3D, (3)D	Dc
Metan Kömür tozu	Sürekli	Kömür madenciliği	I	M1	Ma	
	Sılça	Kömür madenciliği	I	M2	Mb	

Atex 94/9/EC direktifine direktiflerine göre kömür madenleri sürekli risk grubuna girmektedir. Kömür madenleri içerisinde kullanılacak olan fanlar içerisinde barındırdıkları kömür tozu ve metandan dolayı sabit risk grubuna girmekte olup, grup I kategori M1 sınıfında ekipman kullanımı gerektirmektedirler. Grup I fanlar en yüksek sınıf patlama korumasında özel bir yapıya sahiptirler. Kullanılacak olan fan pervanesi ile gövde arasında sürtünme ihtimaline karşı yeterli boşluk olması, pervane çevresinin bakır halkayla kaplanması, özel ex-proof motor kullanımı ve bazı fanlarda pnömatik motor kullanılması alınan önlemler arasında sayılabilir.

5. SONUÇ

Madenler her zaman haftada yedi gün, günde 24 saat çalışmayabilir veya her gün aynı aktiviteleri aynı düzende ve hızda gerçekleştiremeyebilirler. Bir vardiya sırasında madende önceden takvime bağlanmış olan faaliyetler sürekli olarak gerçekleştirilmez çünkü çalışanların yer yüzeyinden yer altındaki çalışma alanlarına gidip gelmeleri, ekipmanları taşımaları, güvenlik ve bakım fonksiyonlarını yerine getirmeleri, diğer çalışanlara bilgi vermeleri veya bilgi almaları gerekmektedir. Buna ilave olarak, farklı vardiyalar sırasında örneğin öğle yemeği molası gibi birden fazla ara verilebilmektedir ve bu sürelerde çalışanlar aktif çalışma alanları veya yüzeylerinden çıkmaktadırlar. Bunun yanında, örneğin kaya parçalamak için patlayıcı kullanılan zamanlarda olduğu gibi, madende çalışma yapılmadığı ve yer altında hiç bir personelin bulunmadığı uzun süreler söz konusu olabilir. Faaliyetlerin mekansal ve zamansal dağılımlarının ve yoğunluklarının sürekli olarak değiştiği göz önünde bulundurulursa madenin hava akış gereklilikleri de sürekli olarak değişmekte ve sık olarak yeniden hava dağıtım planlaması yapılması gerekmektedir. Ancak, madencilik endüstrisinde üretimin aksamaması için her zaman için bir çalışma alanının ya da alanlarının ya da madenin tamamının havalandırması sağlanmalıdır. Bir yandan enerji tasarrufu düşünülürken diğer yandan gerekli havalandırmayı sağlamak için etkili bir program gereklidir.



KAYNAKLAR

- [1] Conti Ronald S., Linda L. Chasko, Charles P. Lazzara, Gary Braselton ; “An Underground Coal Mine Fire Preparedness and Response Checklist: The Instrument”, U.S. Department Of Health And Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Research Laboratory Pittsburgh, PA, August 2000.
- [2] Underground Coal Mine Ventilation. MSHA Federal Register Document Rules and Regulations, Mine Safety and Health Administration, MSHA , United State Department of Labor.
- [3] Conti, Ronald S.,Linda L. Chasko, William J. Wiehagen,and Charles P. Lazzara, “Fire Response Preparedness for Underground Mines”, Department Of Health And Human Services, Research Laboratory Pittsburgh, PA, December 2005.
- [4] Belle, B., A.R.Nundlall, M.Biffi & C.Thomson; “Mine ventilation design velocity standards for underground mines- mine operators’ perspectives”, 10.International Mine Ventilation Congress, IMVC, Sun City, 2014.
- [5] Acuna, E.I., R.A.Alvarez, S.G.Hardcastle; “A theoretical comparison of ventilation on demand strategies for auxiliary mine ventilation systems”, 10.International Mine Ventilation Congress, IMVC, Sun City, 2014.
- [6] “Fans and Systems Workshop – Howden”, 10.International Mine Ventilation Congress, IMVC, Sun City, 2014.
- [7] “BBE Consultancy - Mining Ventilation Planning Workshop”, 10.International Mine Ventilation Congress, IMVC, Sun City, 2014.
- [8] Rudelgass Harald, Ruf Marco; “Systemair Academy – Advanced, Explosion Protection”, Skinnskatteberg, 2014.
- [9] NFPA 120, “Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines” 2010 Edition, Quincy, MA, 2010.
- [10] Bayraktar, Ayşe; “Yeraltı Maden İşletmelerinde Ocak Yangınları”, Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Ankara, 2013.
- [11] Zöngür Alev, Yusuf Arslan; “Yeraltı Maden İşletmelerinde Yangın Güvenliği”, TUYAK Yangın ve Güvenlik Sempozyumu, İstanbul 2013.
- [12] “Yeraltı Ve Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Rehberi”, Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Yayın No 43. Ankara, 2013.

ÖZGEÇMİŞLER

Arkun ANDIÇ

1987 İstanbul doğumludur. 2007 yılında Uludağ Üniversitesi İklimlendirme-Soğutma, 2011 yılında da Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği’nden mezun olmuştur. 2011 yılından beri çalıştığı Systemair HSK’da Proje ve İş Geliştirme Şefi olarak görev almaktadır. Özellikle otopark ve tünel havalandırma projeleri üzerine çalışmalar yapan Arkun Andiç, iyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.

Abdurrahman KILIÇ

Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi’nde öğretim üyesi olan Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç; yangın güvenliği konusunda yapılan çalışmalara öncülük etmiş, Türkiye’de ilk Yangın Yönetmeliği’nin çıkarılması konusundaki çalışmalarının yanı sıra itfaiye teşkilatının gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Birçok ulusal ve uluslararası kuruluşa üye olan Kılıç, Japonya’da itfaiye söndürme ve kurtarma eğitimi görmüş, Almanya, İngiltere gibi ülkelerde yangın önlemleri konusunda eğitimlerde bulunmuştur. Türkiye Yangından Korunma ve Eğitim Vakfı’nın kurucusu ve Onursal Başkanı olan Kılıç’ın, yangın güvenliği konusunda çok sayıda yayını bulunmaktadır.