

Hazırlık Aşamasındaki Bir Yeraltı Kömür Madeni İçin Vantilatör Seçimi ve Havalandırma
Tasarımı

Levent YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2022

Fan Selection and Ventilation Design for an Underground Coal Mine in the Development
Stage

Levent YILMAZ

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

October 2022

Hazırlık Aşamasındaki Bir Yeraltı Kömür Madeni İçin Vantilatör Seçimi ve Havalandırma
Tasarımı

Levent YILMAZ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Önder

Ekim 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mustafa Önder danışmanlığında hazırlamış olduğum “Hazırlık Aşamasındaki Bir Yeraltı Kömür Madeni İçin Vantilatör Seçimi ve Havalandırma Tasarımı” başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 15/10/2022

Levent YILMAZ

İmza

ÖZET

Vantilatör seçimi yeraltı maden ocakları için planlama aşamasında dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biridir. Vantilatörler yeraltı ocaklarındaki hava ihtiyacını karşılayan ve böylece kabul edilebilir atmosferik koşulların oluşumunda yardımcı olan ekipmanlardır. Hava ihtiyacını etkileyen en önemli unsurlar, çalışan sayısı, açığa çıkan gaz miktarı, tozluluk, patlayıcı madde tüketimi, dizel emisyonlar ve iklimsel koşullar olarak verilebilir. Tasarım aşamasındaki bir yeraltı maden ocağı için karşılaşılmaması beklenen çalışma koşullarının önceden belirlenip, buna göre gerekli hava ihtiyacını belirlemek oldukça uzmanlık gerektiren çalışmaları gerektirir. Gerekli hava ihtiyacının mümkün olan en yüksek doğrulukla belirlenmesinden sonra, ocağın hava yollarının özellikleri dikkate alınarak ocak eşdeğer direncinin de ayrıca belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada henüz hazırlık aşamasında olan bir yeraltı kömür madeninin ana vantilatör seçiminin ve ayrıca, havalandırma tasarımının bilgisayar destekli yapılması amaçlanmıştır. Bunun üzerine Soma kömür havzasında faaliyet gösteren Fernas İnş. Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi'ne ait yeraltı kömür madenini için ana vantilatör seçimi ve bilgisayarlı tasarım çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda gerekli hava ihtiyacının belirlenmesine öncelik verilmiştir. Daha sonra tasarlanan hava yolu uzunlukları, kesitleri, çevreleri, koordinatları göz önüne alınarak bilgisayar destekli tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Tasarımdan elde edilen gerekli hava ihtiyacı ve ocak toplam direnci dikkate alınarak ana vantilatör seçimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maden havalandırma, vantilatör seçimi, VENTSIM

SUMMARY

Fan selection is one of the important parameters to be considered in the planning phase for underground mines. Fans are equipment that meet the air requirement in underground mines and thus help in the formation of acceptable atmospheric conditions. The most important factors affecting the air requirement can be given as the number of employees, the amount of gas released, dustiness, explosive material consumption, diesel emissions and climatic conditions. Predetermining the expected working conditions for an underground mine at the design stage and determining the required air requirement accordingly requires highly specialized studies. After the required air requirement has been determined with the highest possible accuracy, the mine equivalent resistance must also be determined, taking into account the characteristics of the mine's airways.

In this study, it is aimed to make the selection of the main fan of an underground coal mine, which is still in the preparation stage, and also the ventilation design with computer aid. Thereupon, main fan selection and computerized design studies were carried out for the underground coal mine of "Fernas İnş. Kınık Yaylaköy Lignite Plant" operating in the Soma coal basin. In the studies carried out, priority was given to determining the required air requirement. Then, computer-aided designs were carried out considering the designed airway lengths, sections, perimeters and coordinates. The main fan was selected by considering the required air requirement obtained from the design and the total resistance of the mine.

Key words: Mine ventilation, fan selection, VENTSIM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. TEORİK BİLGİ.....	8
3.1. Yeraltı Madenlerinde Havalandırma İhtiyacı	9
3.2. Ocak Gazları	9
3.2.1. Oksijen (O ₂).....	10
3.2.2. Karbondioksit (CO ₂).....	10
3.2.3. Karbonmonoksit (CO)	10
3.2.4. Hidrojen sülfür (H ₂ S).....	11
3.2.5. Metan (CH ₄).....	12
3.3. Gerekli Hava Miktarının Belirlenmesi	13
3.3.1. Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı	13
3.3.2. Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı.....	13
3.3.3. Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı	14
3.3.4. Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaza göre gerekli hava miktarı	14
3.3.5. Hava hızı limitlerine göre gerekli hava miktarı	15
3.4. Kol Dirençlerin Belirlenmesi.....	15
3.4.1. Sürtünme katsayılarının belirlenmesi	16
3.4.2. Eşdeğer uzunluk ve şekil faktörlerinin belirlenmesi	16
4. İŞLETME HAKKINDA BİLGİLER.....	19

4.1. İşletmeye Genel Bakış	19
5. KINIK YAYLAKÖY LİNYİT İŞLETMESİ PANOLARININ HAVALANDIRILMASI.....	26
5.1. Gerekli Hava Miktarının Belirlenmesi	26
5.1.1. Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı	26
5.1.2. Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı.....	27
5.1.3. Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı.....	28
5.1.4. Kullanılan patlayıcı miktarına göre gerekli hava miktarı	29
5.1.5. Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı.....	29
5.1.6. Hava hızı limitlerine göre gerekli hava miktarı.....	30
5.1.7. Gerekli hava miktarının seçimi.....	31
5.1.8. Tali havalandırma için gerekli hava miktarları.....	32
5.1.9. Tali havalandırma için gerekli hava miktarının seçimi	34
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Yeraltı ortamında tehlikelerin oluşumu ve kontrolünde öne çıkan faktörler.....	8
4.1. Kınık Yaylaköy Kömür Sahası Yer Bulduru Haritası	19
4.2. Ruhsat sahası	20
4.3. Jeolojik harita	21
4.4. 3D Kömür modeli görünümü	21
4.5. Arkadan göçertmeli uzunayak üretim yöntemi.	22
4.6. Nakliyat ve havalandırma desandrelleriyle ana nakliyat galerileri kesiti (27 m ²).	23
4.7. Alt taban yolları kesiti (23,5 m ²)	23
4.8. Üst taban yolları kesiti (19,9 m ²).....	24
5.1. Kömür damarı metan içeriği yayılım diyagramı	27
6.1. 1. kat (üst) yeraltı üretim pano planı.....	35
6.2. 2. kat (alt kat) yeraltı üretim planı	36
6.3. 1.ve 2. kat yeraltı üretim pano planı	36
6.4. Havayollarının özellikleri girilmesi.....	38
6.5. Havayollarının sürtünme katsayılarının girilmesi	38
6.6. Havayollarının şok kayıplarının girilmesi	39
6.7. 1. ve 2. kat yeraltı üretim panolarının VENTSIM [®] programında gösterilmesi.....	40
6.8. A1B5 – B2B7 üretim panolarının gösterilmesi	41
6.9. A1B5 – B2B7 üretim panolarının özet bilgileri	41
6.10. B2B5 – B4B7 üretim panolarının gösterilmesi	42
6.11. B2B5 – B4B7 üretim panolarının özet bilgileri.....	42
6.12. B4B7 – B6B9 üretim panolarının gösterilmesi	43
6.13. B4B7 – B6B9 üretim panolarının özet bilgileri.....	43
6.14. B5B7 – B6B8 üretim panolarının gösterilmesi	44
6.15. B5B7 – B6B8 üretim panolarının özet bilgileri.....	44
6.16. Vantilatör seçim ekranı.....	46
6.17. Vantilatörün sisteme uyarlanması	47
6.18. Ocağa giren hava debisi.....	48
6.19. Ayaklardan geçen hava debisi	48

ÇİZİLGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Çeşitli kesitli açıklıklar için sürtünme katsayıları	16
3.2. Darbe kayıplarının eşdeğer uzunlukları.....	17
3.3. Değişik açıklık şekilleri için şekil faktörleri.....	18
4.1.Hava yollarının çevre ve kesit alanı değerleri	25
5.1. Minimum hava hızına göre mevcut hava yolları için gerekli hava miktarları.....	30
5.2. Çeşitli hesaplama ölçütlerine göre gerekli hava miktarları	31
5.3. Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocaklarına ait hava yolu kesimlerinin tali havalandırılması için gerekli hava miktarları	33
5.4. Çeşitli hesaplama ölçütlerine göre gerekli hava miktarları	34
6.1. Pano üretim sırası	37
6.2. Planlanan üretim aşamaları için.....	45

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Henüz hazırlık aşamasında olan yeraltı maden ocaklarındaki önemli tasarım parametrelerinden birisi ana vantilatör seçimidir. Yeraltı ocaklarında havalandırmanın amacı; ocakta emniyetli, konforlu ve sağlıklı çalışma koşullarını oluşturmaktır. Bu koşulları sağlayabilmek için ocakta gerekli olacak hava ihtiyacını önceden belirleyebilmek esastır. Gerekli hava ihtiyacı belirlendikten sonra bu miktarı karşılayabilecek vantilatörü belirlemek için ocak direnç değerlerini de göz önüne almak gereklidir. Faal olan bir işletme için ölçümlerle de belirlenebilecek olan birçok parametre, tasarım aşamasında olan ocaklar için projelerdeki öngörülerden ibarettir. Bu sebeple özellikle planlama ve projelendirme safhalarında havalandırma analizi öncelikle göz önüne alınmalıdır.

Havalandırma tasarımının bilgisayar destekli olarak yapılması havalandırmadan sorumlu mühendisler için büyük avantajlar sağlamaktadır. Ocak için hazırlık galerilerinin açılması, yeni hava yollarının sürülmesi, vantilatör yerlerinin ve türlerinin değiştirilmesi gibi durumlarda dirençlerde ortaya çıkan değişiklikler hava dağılımını oldukça değiştirecektir. Bu hususların yaratabilecekleri sorunların önceden belirlenmesinde sayısız yararlar vardır. Diğer yandan, yeraltı üretim seviyeleri gün geçtikçe daha derinlere inmekte ve bu da havalandırma maliyetlerini artırmaktadır. Oluşan maliyetlerin kabul edilebilir seviyeye indirilmesinde cebri olarak sağlanan hava debisinin daha da ekonomik kullanılması önem kazanmaktadır.

Havalandırma şebeke analizi küçük ölçekli ocaklar için basit bazı yöntemlerle rahatlıkla yapılabilmektedir. Ancak ocağın kompleks olması durumunda analiz yapmak hem zaman alıcı ve zor, bazı durumlarda ise imkansızdır. Uluslararası yazılımlar olan VENTSIM ve DUCTSIM havalandırma tasarım programları hem kullanım kolaylığı hem de görsellik açısından ileri düzeyde bir yazılımlardır.

Bu çalışmada henüz hazırlık aşamasında olan bir yeraltı kömür madeninin ana vantilatör seçiminin ve ayrıca, bilgisayar destekli havalandırma tasarımının yapılması amaçlanmıştır. Bunun üzerine Soma kömür havzasında faaliyet gösteren Fernas İnş. Kırıkk

Yaylaköy Linyit İşletmesi'ne ait yeraltı kömür madenini için ana vantilatör seçim ve tasarım çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda gerekli hava ihtiyacının belirlenmesine öncelik verilmiştir. Daha sonra tasarlanan hava yolu uzunlukları,kesitleri,çevreleri, koordinatları göz önüne alınarak bilgisayar destekli tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Tasarımdan elde edilen gerekli hava ihtiyacı ve ocak toplam direnci dikkate alınarak ana vantilatör seçimleri gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çakır, yüksek lisans tezinde, bir yeraltı maden ocağı havalandırma sisteminin bilgisayar destekli oluşturulması için VENTSIM® havalandırma tasarım programını kullanmıştır. Havalandırmayla ilişkili veriler, Eskişehir-Mihalıççık ilçesindeki Adularya Madencilik Enerji A.Ş. tarafından işletilen yeraltı kömür ocağından alınmıştır. Bu veriler kullanılarak bilgisayar destekli havalandırma tasarımı yapılmış ve bulunan sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bilgisayarlı tasarım sonuçlarının gerçeğe yakın olduğu ve tasarımın başarılı olduğu bulunmuştur (Çakır, 2018).

Dilekçi, yüksek lisans tez çalışmasında TTK Kozlu müessesesi yeraltı ocakları havalandırma sisteminin Kazemaru Havalandırma Programı ile çözümlenmesini gerçekleştirmiştir. Ocağa ait kavşak, kol ve vantilatör verilerini programa tanımlanarak havalandırma sistemi tasarımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda ileriki yıllarda maden ocağında oluşabilecek değişikliklere göre yapılan tasarım sonuçları bulunmuştur (Dilekçi, 2010).

İnan, yaptığı çalışmada VnetPC2000 adlı paket program ile Çayırhan G sahası için, maden ocağının ana havalandırma ve tali havalandırma tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, ocak havalandırması için gerekli debiyi sağlayabilecek 5 farklı vantilatör belirlenmiş olup, bunlardan işletim maliyeti en az olan ana vantilatör olarak seçilmiştir (İnan, 2005).

Dalgıç, çalışmasında; toz konsantrasyonunun azaltılması ve konforlu bir çalışma ortamı sağlamak için, yeraltı maden ocağında gerekli olan hava miktarını sağlayacak havalandırma tasarımı yapmıştır. Tasarımda VnetPC2000 programını kullanmıştır. Sonuçta, yeraltı maden ocağında problem oluşturan havalandırma yetersizliği ve toz konsantrasyonu için uygun değerler belirlemiştir (Dalgıç, 2001).

Yalçın, yaptığı çalışmada; PCVENT yazılımını, SI birim sisteminde hazırlanan verilerle yeniden düzenlemiştir. Düzenlenen yeni yazılımı bir maden ocağında uygulamıştır. Çalışmada ocağa giren havanın kollardan geçen miktarları ve basınç düşüşleri elde

edilmiştir. İkinci aşamada, ocak içinde havanın kontrollü olarak dağıtılmasıyla kollardan geçen hava miktarları ve diğer özellikler elde edilmiştir. Sonuç olarak her iki yöntemle göre elde edilen veriler karşılaştırılmıştır (Yalçın, 1999).

Widzyk-Capehart ve Watson çalışmalarında, Ventsim® programını havalandırma sistemi baş yukarı olan bir altın madeninde uygulamışlardır. İşletmede yeryüzünde iki adet emici santrifüj vantilatör bulunmaktadır. Mevcut maden için $135 \text{ m}^3/\text{s}$ hava ihtiyacı vardır. Makalede üç farklı hava yolu (üretim katları, emniyet yolu, hava dönüş yolu) Ventsim® programı kullanarak modellenmiş ve bunun için beş farklı havalandırma modeli üretilmiştir. Modellemeler sonucunda HS 288 330 kodlu santrifüj vantilatörün AL1200 aksiyal vantilatörle değiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Widzyk-Capehart ve Watson, 2001).

Widzyk-Capehart ve Fawcett çalışmalarında, altın madeni havalandırma sistemine VENTSIM® programını uygulamışlardır. Ocağın havalandırma sisteminin VENTSIM® programı ile benzetimi yapılarak gelecek için havalandırma ihtiyaçları değerlendirilmiştir. Mevcut havalandırma sistemi, iki üretim bölgesine $412 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik bir hava sağlamaktadır. Sistemde beş giriş ve üç çıkış hava yolu bulunmaktadır. İleriye yönelik hava gereksinimi üretim miktarına göre belirlenmiştir. Mevcut üretim oranı yaklaşık $1,5 \text{ Mtpa}$ 'dır. Gelecekte, $1,2 \text{ Mtpa}$ olarak öngörülmüştür. İhtiyaç duyulan hava miktarı, yaklaşık $450 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirlenmiştir (Widzyk-Capehart ve Fawcett, 2001).

Exikis ve Kapageridis, bir maden ocağının havalandırma sistemine üç boyutlu tasarım programı VULCAN'ı uygulamışlardır. Ocaktaki hava yollarına ait direnç, debi ve vantilatör bilgileri VULCAN'a girilerek şebeke analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, vantilatör boyutlarının ne olacağı, regülatörün, paralel hava kollarının ve tali vantilatörlerin nereye yerleştirileceği bulunmuştur (Exikis ve Kapageridis, 2006).

Felsner çalışmasında, bir maden ocağına Ventsim® programını uygulamıştır. Hava yollarındaki hava debilerini belirleyebilmek için galerilerde kesit ve hava hızı ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra, toplanan bilgilere göre ocağın havalandırma tasarımı Ventsim® programı ile yapılmıştır. Benzetim ve gerçek değerler arasındaki farkları dengelemek için

sürtünme parametrelerinde değişiklik yapılmıştır. Böylece direnç değerleri mevcut tahkimat sistemine göre düzenlenmiştir (Felsner, 2013).

Osgoui ve Madani çalışmalarında, yeraltı kömür madeninin havalandırma sistem tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Bunun için gerekli hava miktarı gözlemsel olarak belirlenmiştir. Toplam basınç kaybı ise analitik yöntemler kullanılarak bulunmuştur. Bilgisayar benzetimleri, farklı şebeke tasarımlarının etkilerini değerlendirebilmek için kullanılmıştır. Havalandırma şebeke analizi için üç adet paket program (Minvent, VnetPC, Ventsim) kullanılmıştır. Vantilatör seçiminde kullanılan üç programla 65 m³/s hava miktarı olan ve yaklaşık 300 Pa basınçta çalışacak bir vantilatör seçilmesi gerektiğine karar verilmiştir (Osgoui ve Madani, 2003).

Panigrahi, ve Mishra, çalışmalarında maden havalandırma vantilatörlerin kilit tasarım yönlerinden birine, yani eksenel akışlı maden havalandırma vantilatörlerin enerji verimliliğini artırmak için CFD simülasyonlarını kullanarak vantilatör kanatları için uygun bir kanat profili seçimine odaklanmışlardır (Panigrahi ve Mishra, 2014).

Atkinson denklemi, sürtünme faktörüyle birlikte maden havalandırmasında basınç gereksinimini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılır. Bununla birlikte, tipik olarak patlatılmış kaya parçası, kaya çukuru veya blok kaya birikintilerinde vb. bulunan kırık kaya boyunca akışın sürtünme faktörü korelasyonu şu anda mevcut değildir. Ayrıca, erişilemeyen kırık bir kaya bölgesinde doğrudan akış direnci ölçümleri yapmak pratik değildir. Bu makale, doğrudan Atkinson denkleminde kullanılabilecek kırık kaya boyunca akışın yeni bir sürtünme faktörü korelasyonu geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen korelasyon, çapı 0,04 ile 1,2 m arasında ve gözenekliliği 0,23 ile 0,7 arasında değişen kırık kayalar için geçerlidir (Amiri vd., 2020).

Bu makale, hava direncinin rastgele değişimleri durumunda maden havalandırma ağlarındaki hava akışlarının stabilitesini hesaplamak için bir algoritma sunmaktadır. Algoritmadaki hava akışlarının stabilitesinin analizi, maden havalandırma ağının her bir dalı için hesaplanan önerilen iki kritere dayanmaktadır. Bunlar, garanti edilen minimum hava akışı ve hava akışının göreceli sapmasıdır. Algoritma, maden havalandırma ağındaki her iki

kriterin dağılımını hesaplar ve maden havalandırma ağının en az kararlı hava akışlarına sahip bölümlerinin tespit edilmesini sağlar. Bu bilgiler, madencilik operasyonlarının güvenliğini sağlamak için gerekli olan bu bölümlerdeki hava akışlarının stabilitesini iyileştirmek için farklı önlemler geliştirmek için kullanılabilir (Semin ve Levin, 2019).

Kurşunoğlu ve Önder, havalandırmanın, yeraltı madencilik operasyonlarında hayati bir süreç olduğunu, vantilatörlerin tipik olarak bu havalandırma sistemlerinde madenlere hava akışı sağlamak için kullanıldığını ifade ettikten sonra, uygun vantilatör seçiminin maden havalandırmasının önemli bir parçası olduğunu belirtmişlerdir. Vantilatör seçimini birçok parametrenin etkilediğini ve vantilatör seçimi sürecinin karmaşıktır olduğunu belirtip, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile Türkiye'deki bir yeraltı kömür madeninin ana vantilatörünü seçmek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemini kullanmışlardır (Kurşunoğlu ve Önder, 2015).

Wallace vd., 2015, havalandırma mühendislerinin, verimli ve uygun maliyetli sistemlerin kurulmasını sağlamak için havalandırma sistemlerinin tasarımında çok bilgili olmaları gerektiğini ve havalandırma sistemlerini optimize etmek için yazılımın kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Mevcut madenler için ağ simülasyonunun gerçek maden sistemini temsil etmesi gerektiğini ve bu amaçla, modelin gerçek ölçülen verilerle doğrulanması gerektiğini vurgulamışlardır. Modelin gelecekteki projeksiyonlar için kullanılması gerekiyorsa, bir modelin doğrulanması esastır. Bu doğrulama, ayrıntılı bir havalandırma araştırması yoluyla veya asgari olarak nokta doğrulama ve sürtünme faktörü hesaplamaları yoluyla gerçekleştirilebilir. Ağ simülasyonunun amacı, gelecekteki bir zamanda maden havalandırma sistemini tahmin etmektir. Maden yönetimine, vantilatör ve havalandırma altyapısının değerlendirilmesi için gerekli bilgileri sağlaması amaçlanmaktadır. Başka bir deyişle, modelleme çalışmasının sonuçları, bir havalandırma sisteminin uygulanmasının maliyetini ve sistemi uygulamak için madencilik programını belirlemek için kullanılacaktır (Wallace vd., 2015).

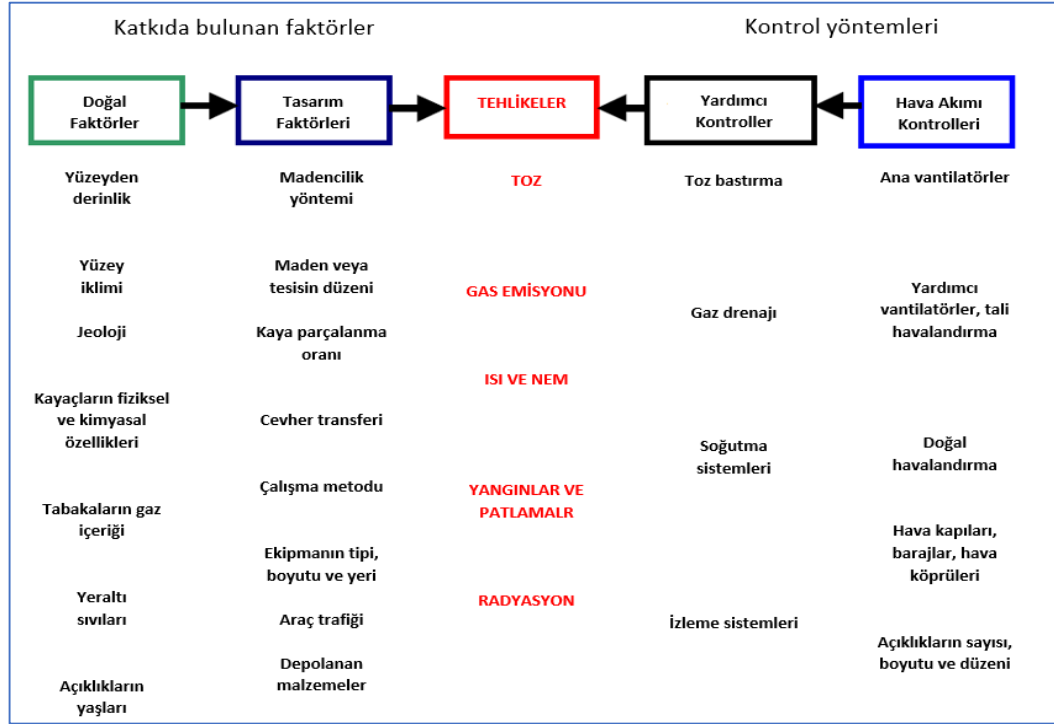
Man ve Wang yaptıkları çalışmada, kömür madenlerinde havalandırma vantilatörlerin en önemli ekipmanlardan birisi olduğunu ve performanslarının, personelin ve üretimin güvenliğinde önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Kömür madeni üretiminin

gerçek gereksinimleri göz önüne alındığında, hava basıncı, havalandırma miktarı ve güç gibi temel performans parametrelerinin ölçüm yöntemleri üzerine bir araştırma projesi yapmışlardır. Sonunda, bir arabirim kullanılarak maden havalandırma vantilatörlerin performans değerlendirmesi için sanal bir cihaz geliştirilmiştir (Man ve Wang, 2009).

Wei vd., yaptıkları çalışmada Donghai madeninin havalandırma sisteminin karmaşık olduğunu, bazı yol direnci değerleri çok büyük ve vantilatör hava basıncının 3500 pa'nın üzerine çıktığını ifade etmişlerdir. Bu sorunu çözmek için, Donghai madeninde üç boyutlu simülasyon yazılımı Ventsim'in pratik kullanımı ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Gerçek zamanlı hava ağı hesaplamasını, dinamik hava akışının yönünü, hava miktarını, hızını, direncini ve kirletici yayılmasını azaltmayı bilimsel, doğru ve hızlı bir şekilde simüle edebilen Ventsim'le başarmışlardır. Sistem, Donghai maden havalandırma yönetiminin gereksinimlerini karşılamış ve karar vericiler için Donghai maden havalandırma yönetimi düzeyini iyileştiren bilimsel ve güvenilir bir veri sağlamıştır (Wei vd., 2011).

3. TEORİK BİLGİ

Yeraltı ortamında tehlikelerin oluşumu ve kontrolünde öne çıkan faktörler Şekil 3.1’de verilmiştir (McPherson, 1993).



Şekil 3.1. Yeraltı ortamında tehlikelerin oluşumu ve kontrolünde öne çıkan faktörler

Havalandırmanın temel amaçları, yeraltı ocaklarındaki kuyu, galeri, taban yolu, ayak gibi hava yollarına yeterli miktarda temiz hava gönderilmesi ve verilen havanın kontrolünün sağlanması, patlayıcı özellikteki gazların kabul edilebilir değerlerde tutulması, hava hızını kontrol altında tutarak ocak yangınlarının önlenmesidir. Bu hedefleri yerine getirirken maliyeti en az düzeyde tutmak da gerekmektedir. Üretim büyüdükçe ocakta bulunan açıklıklar değişecek, yeni havalandırma hesaplamaları yapmak gerekecektir. Hava akış yönleri, hızları, dağılımı periyodik olarak ölçülmeli ve yeni açılan yollar nedeniyle oluşan hava şebekesindeki kayıplar yeniden hesaplanmalıdır. Vantilatör özelliklerinin kontrolü ve gerekli durumlarda kanat açılarını düzenleyerek verimlerinin yükseltilmesi ve gerekli hava debilerinin sağlanmak için havalandırma sistemlerinin sürekli gözden geçirilmesi gerekmektedir.

3.1. Yeraltı Madenlerinde Havalandırma İhtiyacı

Maden havası, yeraltı ocaklarındaki çalışma alanlarında bulunan, gaz karışımı ve su buharından oluşan çoğu zaman toz da içeren bir havadır. Yeraltındaki hava özelliklerinin olumsuz değişimi, çoğunlukla O₂ miktarının azalması ve CO₂ ve diğer gazların artması olarak değerlendirilir. Bu türdeki değişimler, havalandırma havasını kirleterek ortamda boğucu, yanıcı ve zehirli gazların toplanmasına yol açarlar. Maden havası içerisinde kirletici olarak bulunan yanıcı gazlara metan (CH₄) ve türevleri olmak üzere karbonmonoksit (CO) ve hidrojen (H₂) örnek olarak verilebilir. Boğucu gazlara karbondioksit (CO₂), nitrojen (N₂) ve metan (CH₄); zehirli gazlara ise karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO₂), hidrojen sülfür (H₂S) ve azotun tüm oksitleri (N_xO_y) örnek olarak verilebilir (Önce ve Saraç, 2001).

Yeraltı maden havasının kirlenme derecesi;

- Cevherin bünyesindeki gaz miktarına,
- Cevher ve oksijenin reaksiyona girme potansiyeline,
- Uygulanan üretim yöntemine,
- Çalışma alanına gelen havanın debisine,
- Ocakta kullanılan ekipman türüne,
- Çalışma alanının boyutlarına, bağlıdır.

3.2. Ocak Gazları

Günlük hayatta soluduğumuz atmosferik hava % 79,04 azot, % 20,93 oksijen ve % 0,03 karbondioksit içermektedir. Atmosferik havaya ilave olarak zehirli ve patlayıcı özellikteki aktif gazlarla birlikte artık gazları da içerir. Maden havasındaki bu kirleticilerin miktarı yukarıda da belirtildiği gibi üretim yöntemiyle, havalandırmayla, çıkarılan madenin türüyle, mekanizasyonla ve diğer birçok nedenle doğrudan ilgilidir. Kapalı ortamlarda oksijen yoğunluğu diğer gazların hacminin artmasıyla azalabilir. Havalandırmanın yeterli olmadığı kapalı ortamlarda zararlı gazların konsantrasyonu artabilir. Bu ortamlarda yeterli önlem alınmazsa çalışanlar ölüm riski ile karşılaşabilirler. Kaynakları değişmekle birlikte yeraltı maden işletmelerindeki gazlar aşağıdaki gibidir.

3.2.1. Oksijen (O₂)

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup, suda çok az çözünür. Yoğunluğu 1,42 kg/m³ olup havaya göre spesifik ağırlığı 1,11'dir. Oksijen birçok basit ve bileşik gazla kolayca birleşir. Solunum ve yanma için kaçınılmaz bir gaz olup, oksijen azalmasının fizyolojik etkileri aşağıda verilmiştir (Hartman et al., 1997).

- % 17 Derin ve hızlı nefes alma
 - % 15 Baş dönmesi, kulaklarda uğultu, hızlı kalp atışı
 - % 13 Uzun süre maruziyetle bilinç kaybı yaşama ihtimali
 - % 9 Bayılma ve bilinçsizlik
 - % 7 Hayati tehlike
 - % 6 Çırpınma hareketleri, ölüm
- Ocaklarda izin verilen minimum konsantrasyon % 19 oksijendir.

3.2.2. Karbondioksit (CO₂)

Renksiz ve hafif asit kokusundadır. Yoğunluğu 1,977 kg/m³ ve havaya göre spesifik ağırlığı 1,52'dir. Atmosferik havada %0,03-0,04 arasında bulunur . Ortamdaki yoğunluğuna göre insan üzerindeki fizyolojik etkileri aşağıda verilmiştir (McPherson, 1993).

- % 0,5 Sonulum %5 artar
 - % 2,0 Sonulum %50 artar
 - % 3,0 Sonulum iki kat olur, nefes nefese efor meydana gelir
 - % 5-10 Şiddetli yorgunluk ve baş ağrısı
 - % 10-15 Dayanılmaz nefes alma, şiddetli baş ağrısı, bitkinlik ve iflas etme
- Ocaklarda izin verilen maksimum konsantrasyon % 0,5 karbondioksittir.

3.2.3. Karbonmonoksit (CO)

Karbon içeren materyallerin tam yanmaması ile açığa çıkan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yoğunluğu 1,225 kg/m³ olup, havaya göre spesifik ağırlığı 0,97'dir ve suda zor çözülür (Ayvazoglu, 1984).

Fizyolojik etkileri řu şekildedir:

50 ppm 8 saat şalışılabilir.

100 ppm 2 saat şalışılabilir.

200 ppm 1 saat şalışılabilir.

300 ppm 1/2 saat şalışılabilir.

500 ppm 2 saat içinde bayılma.

1000 ppm 1 saat içinde bayılma.

2000 ppm 1/2 saat içinde bayılma.

3000 ppm kısa sürede ölüm.

Ayrıca, % 13-75 aralığında patlayıcıdır ve tehlikeli patlama sınırı % 30'dur. Ocaklarda mevzuata göre izin verilen sınır değeri 50 ppm'dir.

3.2.4. Hidrojen sülfür (H_2S)

H_2S renksiz, asit tadında ve kendine has çürük yumurta kokusunda olan bir gazdır. Özgöl ağırlığı $1,54 \text{ kg/m}^3$ olup, havadan ağırdır. Bu nedenle tabana yakın kısımlarda yoğunlaşır. Hava ile iyi bir şekilde karışabilir. Çok zehirli bir gazdır. Fakat hava içinde %6 oranında iken patlayıcı özelliği de vardır. Suda çok kolay çözünür. Bu nedenle ocakta su basmış eski üretim yerlerine girişte bu gazdan şüphelenmek gerekir. Özellikle yer altında sülfürlü cevherlerin üretildiği maden ocaklarında, doğalgaz kaynaklarında, sondaj sahalarında, kaplıcalarda, arıtma tesislerinde ve kanalizasyonlarda bulunan zehirli bir gazdır. "Hidrojen sülfür" olarak da isimlendirilir.

H_2S gazı yeraltı maden ocaklarında, organik maddelerin ve ağacın çürümesi, pirit ve jips'in suda ayrışması, volkanik kaynaklar, patlayıcı madde ateşlemesi, bazı cevherlerin bünyesinden ve doğal gaz birikimleri kaynaklardan oluşabilir.

H_2S çok zehirleyicidir ve kanı bloke ederek kanın vücuda oksijen taşımamasını engeller. Göz, solunum yolları ve sinir sistemini de olumsuz etkileyebilir. Bu etki gaz konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlıdır. Fizyolojik etkileri aşağıdaki şekildedir;

- 10 ppm : 8 saat maruziyet limiti
- 15 ppm : 15 dakikadan fazla maruziyet riskli
- 20 ppm : İzin verilebilen sınır. Ortam derhal terk edilmelidir
- 100 ppm : Boğaz yanması, baş ağrısı, bulantı
- 500 ppm : Denge ve bilinç kaybı. 2 - 15 dakika içinde solunum durur.
- 1000 ppm : Ani ölüm.

H₂S çok düşük oranlarda bile kokusundan kendini belli eder. Ancak, sürekli ortamda gaza maruz kalan çalışanlarda koku alma duyarlılığının azalmasından dolayı hissedilmeyebilir. 8 saatlik çalışma süresinde izin verilebilen sınır değer %0,002 (20 ppm) dir (Önce ve Saraç, 2001).

3.2.5. Metan (CH₄)

Metan renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Metan, C ve H içeren, kimyasal formülü CH₄ olan bir hidrokarbondur. C ve H içeren tüm gazlara “hidrokarbonlar” denir. Metan, etan, etilen propan, propilen, bütan, asetilen gibi isimleri olan hidrokarbon gazlarının hemen hepsi yanıcı/patlayıcı gazlardır.

Metan gazı kömürün ana yapısında kırık-çatlaklar içinde, mikro gözeneklerde ve yüzeylerde belli bir basınç altında tutulmaktadır. Madencilik faaliyetleri yapıldığında, damara yaklaşıldığında ve kömür kazıldığında basınç dengesi bozulur ve metan gazı bulunduğu kömür içinden hareket ederek ocak havasına sızar. Yeraltı kömür ocaklarında CO gazı ile birlikte en korkulan gazdır. Bunun nedeni metanın yanıcı/patlayıcı bir gaz oluşu ve kömür ocaklarında yoğun bir şekilde çıkmasıdır. Ocak havasına karışarak ocakta geniş alanları kapladıktan sonra patlaması facialara neden olabilir.

Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğine göre, “havasında % 2’den çok metan tespit edilen ocaklarda veya ocak kısımlarında, çalışanların kurtarılması ve grizunun temizlenmesi dışında çalışma yapılmaz.” Genel havasındaki metan oranı % 1,5’i geçen yerlerdeki iletkenlerin ve elektrikli aygıtların gerilimi derhal kesilir ve şartlar düzelmedikçe yeniden verilmez. % 1 veya daha yüksek oranda metan tespit edilirse lağımlar

doldurulmaz, ateşleme yapılmaz. Aynı hava akımından yararlanan ayaklarda ve damar içindeki düz ve eğimli yollarda metan oranı % 1,5'u, bunların bağlandığı hava dönüş yollarında % 1'i geçemez (Önce ve Saraç, 2001; Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013).

3.3. Gerekli Hava Miktarının Belirlenmesi

Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi için planlanan hazırlık ve üretim çalışmaları kapsamında gerekli olan hava miktarları; hazırlanan işletme projesindeki veriler esas alınarak; ocakta çalışan sayısı, ocağa yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı, kullanılacak dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.3.1. Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı

Çalışan sayısına göre ocağa verilmesi gereken hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.1'den yararlanılmıştır. Havalandırma hesaplamalarında bir işçi için gerekli hava miktarının $6 \text{ m}^3/\text{dak}$ olduğu kabul edilir (Önce ve Saraç, 2001). Aynı anda çalışan maksimum işçi sayısı n olduğunda gerekli hava miktarı:

$$Q = n \times 6 \text{ m}^3/\text{dak} \dots\dots\dots(3.1)$$

Q : Gerekli hava miktarı (m^3/dak)

n : Ocakta bir vardiyada çalışacak maksimum çalışan sayısı

3.3.2. Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı

Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.2'den yararlanılmıştır. Eşitlik 3.2'de yer alan ocak havasına karışan gaz miktarı (Q_g) günlük toplam kömür üretimi ve kömürün damar gaz içeriği verilerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır (Önce ve Saraç, 2001).

$$Q = \frac{100 \times Q_g}{K_g \times 24 \times 60 \times 60} \dots\dots\dots(3.2)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

Q_g: Ocağın havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

K_g: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

3.3.3. Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı

Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.3'ten yararlanılmıştır (McPherson, 1993). Eşitlik 3.3'de yer alan solunabilir tozun oluşum oranı (E_d) işletmeden alınan veriler doğrultusunda, ocak havasında müsaade edilen toz konsantrasyonu (K_d) ise 28812 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Tozla Mücadele Yönetmeliği'nin ekinde yer alan Toz Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Tablosu'ndan alınacaktır (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 2013).

$$Q = \frac{E_d}{C_d} \times \frac{P}{3600} \dots\dots\dots(3.3)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

E_d: Solunabilir tozun oluşum oranı (mg/ton)

C_d: Solunabilir toz yoğunluğunun konsantrasyonundaki izin verilebilen artış (mg/m³)

P: Üretim miktarı (ton/saat)

3.3.4. Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaza göre gerekli hava miktarı

Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı Eşitlik 3.4'ten yararlanılmıştır. Eşitlik 3.4'te yer alan her 100 kW güç için gerekli hava miktarı (q) 6-8 m³/sn olarak kabul edilmektedir (McPherson, 1993).

$$Q = q \times \frac{G}{100} \dots\dots\dots(3.4)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

q: 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m³/sn)

G: Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

3.3.5. Hava hızı limitlerine göre gerekli hava miktarı

28770 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde "Hava hızı her halde 0,5 m/sn'den az 8 m/s'den yüksek olamaz" hükmü yer almaktadır (Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013).

3.4. Kol Dirençlerin Belirlenmesi

Havalandırma hesaplamalarının tam ve doğru olarak yapılması için havayollarının dirençlerinin doğru olarak saptanması gerekir. Havayollarının direnci iki ayrı yöntemle hesaplanabilir. Bunlar; direnç eşitliğinden yararlanmak, diğeri ise basınç düşüşü ve hava miktarı belirlenerek direnç hesaplamaktır. Eşitlik ile havalandırma devrelerindeki kolların dirençlerinin belirlenmesinde Eşitlik 3.5 kullanılır (Güyağüler, 1991).

$$R = \left(\frac{K \times c \times (L + L_e)}{A^3} \right) \times \text{ŞF} \dots\dots\dots(3.5)$$

Burada;

R: Direnç (Ns²/m⁸)

K: Sürtünme katsayısı (kg/m³)

c: Çevre (m)

L: Uzunluk (m)

L_e: Eşdeğer uzunluk (m)

S: Kesit alanı(m²)

ŞF: Şekil faktörü

3.4.1. Sürtünme katsayılarının belirlenmesi

Eşitlik 3.5’de yer alan sürtünme katsayısı (K); araştırmalar sonucu düzenlenmiş tablolardan alınmaktadır. Havanın hareket ettiği yollardaki çeşitli kesitli açıklıkların tahkimat durumlarına göre değişen sürtünme katsayıları Çizelge 3.1’de verilmiştir (Güyağüler, 1991) .

Çizelge 3.1. Çeşitli kesitli açıklıklar için sürtünme katsayıları

YER	K (kg/m ³) (Ns ² /m ⁴)
1.Kuyular	
Düz beton kaplama (pürüzsüz, temiz)	0,0030
Tuğla örme (pürüzsüz, temiz)	0.0037
Düz beton kaplama (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0065
Tuğla örme (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0074
Ahşap kaplama (orta desteği yok)	0.0167
Ahşap kaplama (orta desteği var)	0.0223
2.Demir Bağlı Galeriler	
Her tarafı düz beton kaplama (muntazam)	0.0037
Bağlar arasında beton ya da ahşap kama (her tarafta)	0.0074
Bağlar arasında beton ya da ahşap kama (yan kısımlarda)	0.0093
Düzensiz tavan, taban ve yan yüzey	0.0158
3.Dörtgen Galeriler	
Düz beton kaplama	0.0037
Yan duvarları muntazam kaplanmış yollar	0.0121
Muntazam olmayan, kaplanmamış yollar	0.0158

3.4.2. Eşdeğer uzunluk ve şekil faktörlerinin belirlenmesi

Eşitlik 3.5’de yer alan eşdeğer uzunluk; havanın yön değiştirmesi, kesit değiştirmesi, bölünmesi ya da birleşmesi durumlarında ortaya çıkan direncin (darbe kaybının) sisteme bir

uzunluk olarak ilave edilmesi şeklinde kullanılmakta olup, söz konusu darbe kayıplarının eşdeğer uzunluk değerleri Çizelge 3.2’de verilmektedir (Hartman,1991).

Çizelge 3.2. Darbe kayıplarının eşdeğer uzunlukları

Kayıp Nedeni	L _e (m)
İlımlı dönüş, dar açı	1,0
Keskin dönüş, dar açı	45,0
İlımlı dönüş, 90°	1,0
Keskin dönüş, 90°	20,0
İlımlı dönüş, geniş açı	1,0
Keskin dönüş, geniş açı	5,0
Hava giriş	6,0
Hava çıkış	20,0
Tedrici daralma	1,0
Ani daralma	3,0
Tedrici genişleme	1,0
Ani genişleme	6,0
Kavşak (doğru yol)	20,0
Kavşak (90°)	10,0
Ocak arabası, skip (kesitin %20’u)	30,0
Ocak arabası, skip (kesitin %40’ı)	150,0

Eşitlik 3.5’de yer alan şekil faktörü, dairesel kesitin 1,00 olarak kabul edilmesi durumunda diğer açıklık şekillerinin bir düzeltme faktörü yardımıyla düzeltilmesini esas almaktadır. Değişik şekiller için şekil faktörleri Çizelge 3.3’de verilmektedir (Güyağüler, 1991).

Çizelge 3.3. Değişik açıklık şekilleri için şekil faktörleri

Kuyu ve Galerinin Şekli	Şekil Faktörü
Dairesel	1,00
Üst Tarafı Yarım Daire Şeklinde	1,08
Kare	1,13
Dikdörtgen:	
Genişlik / Yükseklik = 1,5:1	1,15
Genişlik / Yükseklik = 2:1	1,20
Genişlik / Yükseklik = 3:1	1,30
Genişlik / Yükseklik = 4:1	1,40

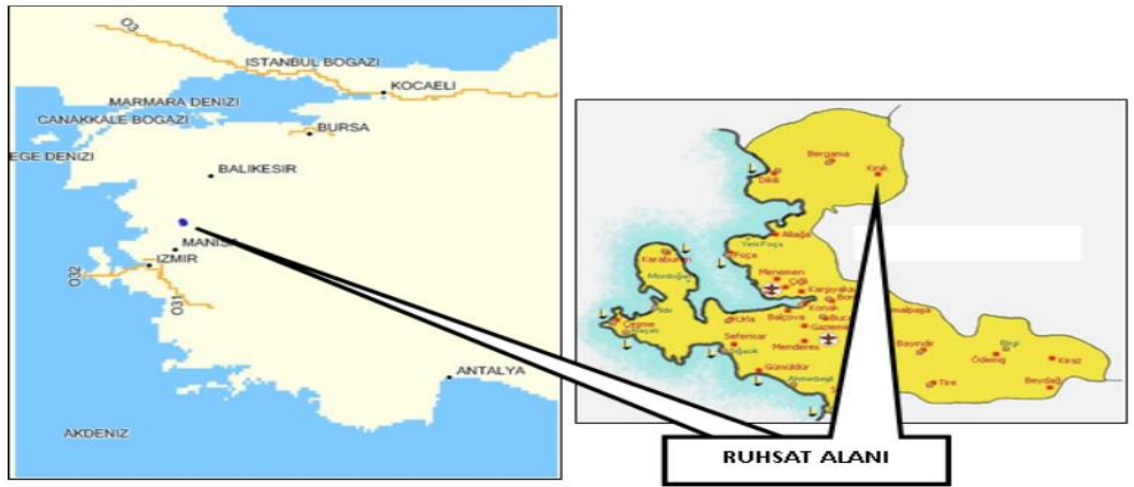
4. İŞLETME HAKKINDA BİLGİLER

4.1. İşletmeye Genel Bakış

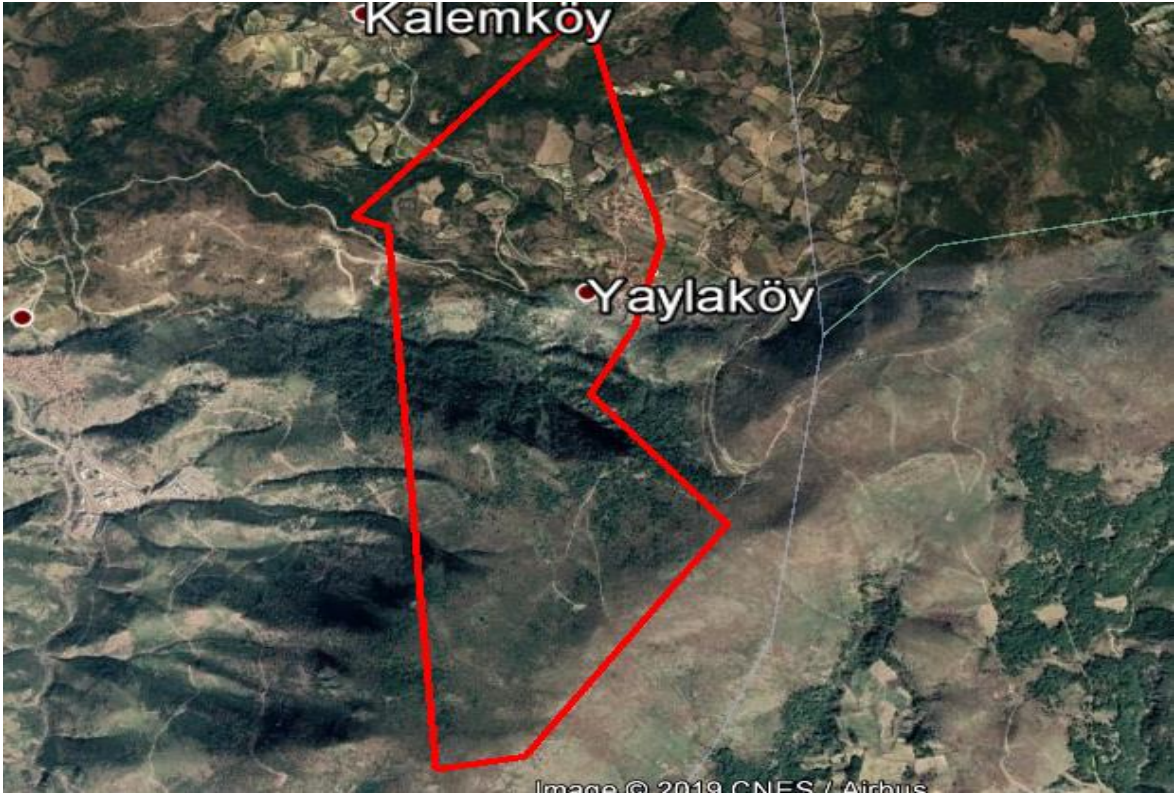
İzmir ili Kınık ilçesi Yaylaköy Mahallesi mevkiinde yer alan 86072 No.lu ruhsat ve kapsadığı maden sahasının 31.07.2050 tarihine kadar işletme hakkının devredilmesi koşulu ile saha FERNAS İnşaat A.Ş.'ye devredilmiştir. İşletme ruhsatı 04.11.2037 tarihinde bitmektedir. Bu tarihten sonra İşletme ruhsatı temdit edilecektir. Söz konusu saha için işletme ruhsatı ve izni alınmış olup 08.03.2019 tarihinde TKİ tarafından FERNAS İnşaat A.Ş.'ye ruhsat devri yapılmıştır.

FERNAS İnşaat A.Ş. tarafından projede 4 yılı hazırlık ve 28 yılı işletme olmak üzere tam mekanize üretim yöntemleri ile yıllık 4.000.000 ton kömür üretilmesi hedeflenmiştir.

Madencilik faaliyetlerinin yapılacağı kömür sahası, İzmir ili Kınık ilçesi hudutlarında yer almaktadır. Saha İzmir ili merkezine kuş uçuşu yaklaşık 85 km, araç ile 125 km, Kınık İlçesi'ne yaklaşık 20 km mesafede olup, Yaylaköy mahallesinin kuş uçuşu 4 km güney doğusundadır. Kınık Yaylaköy kömür sahası yer bulduru haritası ve ruhsat sahası Şekil 4.1'de ve Şekil 4.2'de verilmiştir (Uygulama Projesi, 2019).

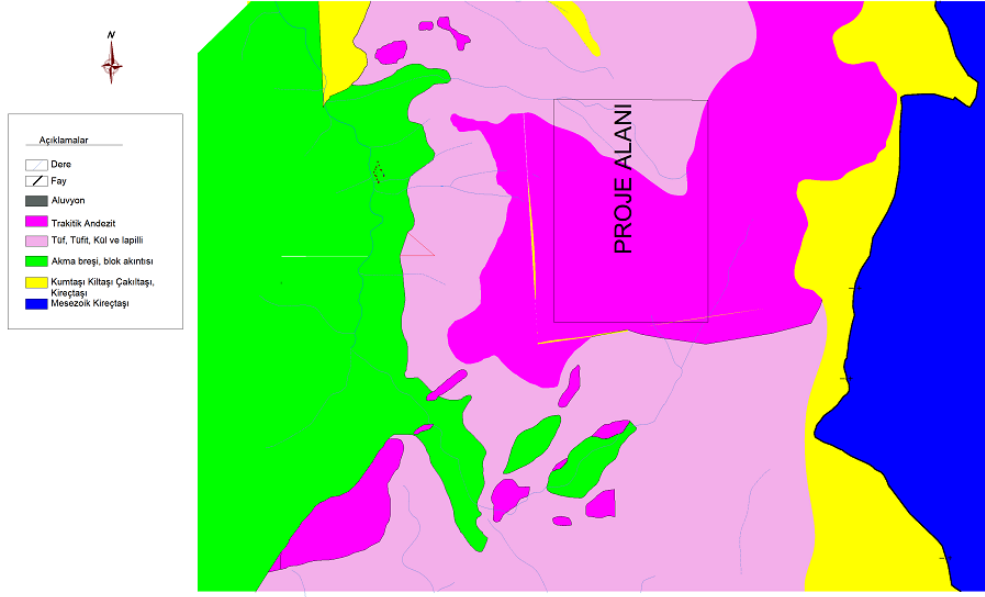


Şekil 4.1. Kınık Yaylaköy Kömür Sahası Yer Bulduru Haritası

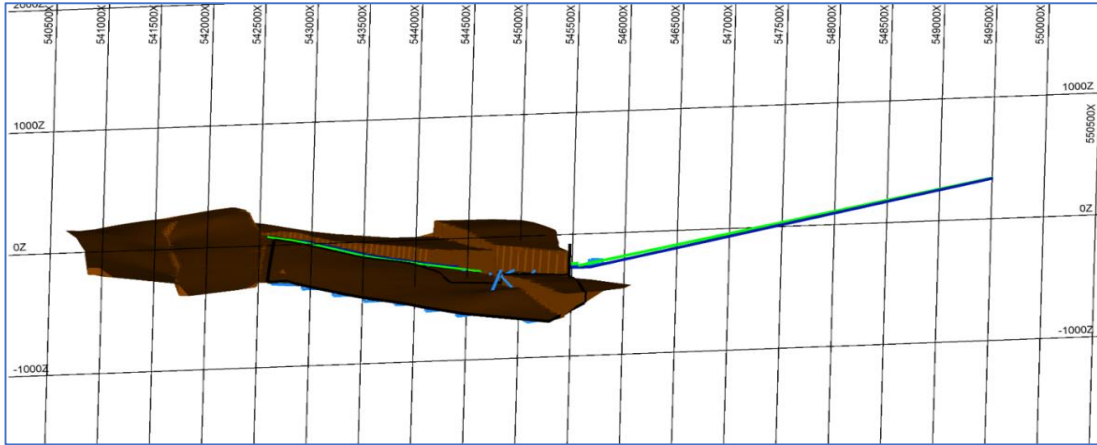


Şekil 4.2. Ruhsat sahası

Mevcut tüm bilgiler ve veriler değerlendirilerek yapılan rezerv belirleme çalışması sonuçlarına göre sahada 125 milyon ton civarında kömür mevcuttur. Ruhsat sahasında KP1, KM3 ve KM2 diye isimlendirilen 3 tane kömür damarı bulunmaktadır. Ekonomik olarak üretilmesi planlanan kömür damarı KM2'dir. Proje üretim sahasında kömür damarları oldukça kalın olup işletilebilir kömür kalınlıkları 10 ile 28 metre arasında değişmektedir. Proje alanının jeolojik haritası ve üç boyutlu kömür modeli görüntüleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de verilmiştir (Uygulama Projesi, 2019).

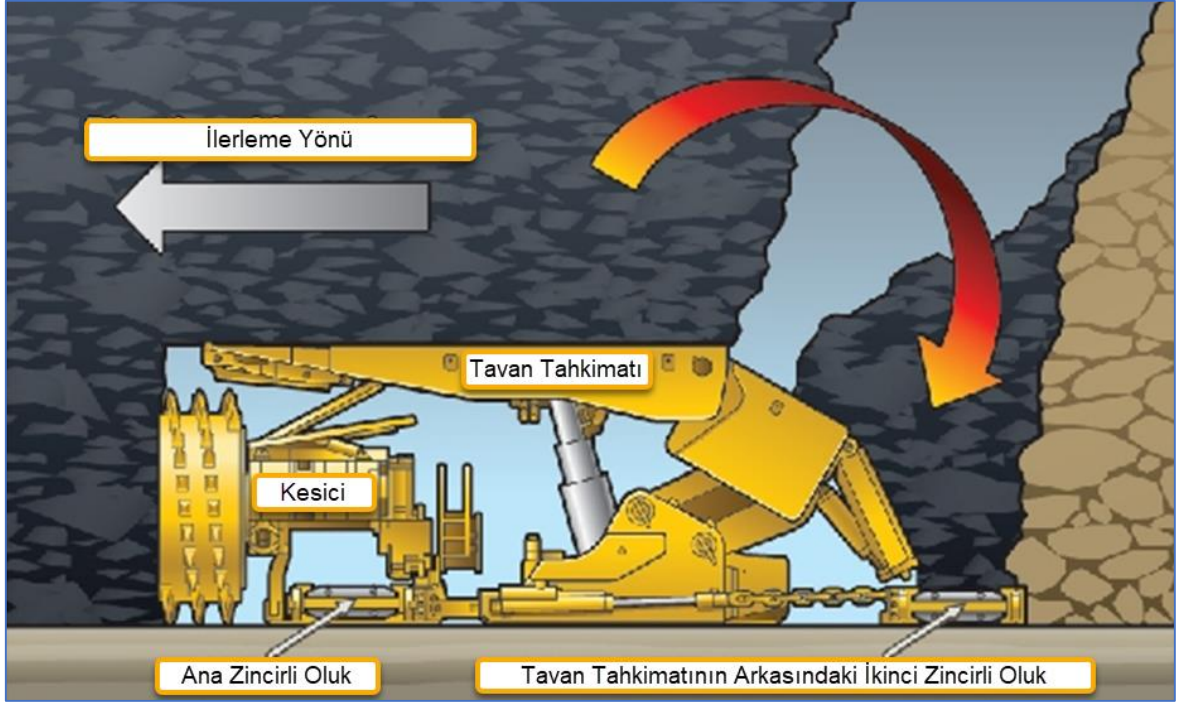


Şekil 4.3. Jeolojik harita



Şekil 4.4. 3D Kömür modeli görünümü

Üretim yöntemi seçimi için ele alınan parametrelerden elde edilen bilgiler ışığında üretimin “Tam Mekanize Geri Dönümlü Arkadan Göçertmeli Uzun Ayak Yöntemi (Longwall Mining with Top Coal Caving)” ile üretim yapılacaktır. Kalınlığı 15 m’den az olan kömür damarının bulunduğu panolarda tek dilim halinde göçertme yapılacaktır, 15 m’den kalın olan kömür damarının bulunduğu panolarda ise kömür 2 dilim halinde üretilecektir. Öncelikle 12 m’lik üst dilimin, kalan kömürün ise alt kattan alınması planlanmıştır. Seçilen bu yöntemle aynada yaklaşık 4 metrelik kesim yapılacaktır, kömürün üstte kalan kısmı göçertilerek ayak arkasından alınacaktır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Arkadan göçertmeli uzunayak üretim yöntemi.

Tavan ve taban yollarının duraylılığı göz önünde bulundurularak panoların geri dönümlü olarak çalışması öngörülmektedir. Planlanan kömür üretiminin gerçekleştirilebilmesi için aynı anda çalışan 2 adet mekanize ayakta üretim yapılacaktır. Ruhsat sahasında 2 adet desandre planlanmış olup, ocağa temiz hava girişi nakliyat desandresinden sağlanacak, kirlenen hava nefeslik desandresine teçhiz edilecek emici aspiratörler ile ocaktan dışarı atılacaktır. Yeryüzünden açılacak nakliyat ve havalandırma desandreleri ile ana nakliyat galerilerinin 27 m^2 kesite sahip olması planlanmıştır (Şekil 4.6). Nakliyat ve havalandırma desandreleri yaklaşık 3.700 m uzunluğunda, desandrelerin dibinden üretim sahasının sınırlarına kadar açılacak olan ana galeriler ise yaklaşık 2.700 m uzunluğundadır. Alt taban yolları $23,5 \text{ m}^2$ (Şekil 4.7), üst taban yolları ise $19,9 \text{ m}^2$ (Şekil 4.8) kesite sahip olup uzunlukları 900 m ile 1.700 m arasında değişmektedir. Ayak boyları 150 m ile 200 m arasındadır. Desandreler ve ana galeriler betonla kaplanacaktır. Taban yolları hazırlık çalışmalarının 4 galeri açma makinesiyle sürdürülmesi planlanmıştır. Üretilen kömür; alt taban yollarında 1.200 mm'lik, ana galerilerde ve nakliyat desandresinde ise 1.400 mm'lik bantlarla yeryüzüne çıkartılacaktır. Üst taban yollarında 800 mm genişliğinde bantlar kullanılacak, nakliyat işlerinde 5 adet 95 kW'lık dizel monoraylardan yararlanılacaktır.

Çizelge 4.1.Hava yollarının çevre ve kesit alanı değerleri

Hava Yolu	Kesit (m ²)		Çevre (m)
	Bantsız	Bantlı	
Nakliyat Desandresi	27,00	22,00	21,62
Alt Ana Galeri	27,00	22,00	21,62
Alt Taban Yolları	23,50	20,50	19,46
Üst Taban Yolları	19,90	18,40	18,56
Üst Ana Galeri	27,00	-	21,62
Havalandırma Desandresi	27,00	-	21,62
Ayaklar (faydalı kesit olarak)	15,00		16,00

5. KINIK YAYLAKÖY LİNYİT İŞLETMESİ PANOLARININ HAVALANDIRILMASI

Hazırlanan Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi hazırlık ve üretim projesine göre; +450 havalandırma desandresine kurulacak emici vantilatör yardımıyla, +448 nakliyat desandresinden girecek olan temiz hava; önce alt ana galeriyi, sonra üretim aşamasındaki panolarının alt taban yollarını, ayaklarını ve üst taban yollarını izleyerek üst ana galeriye ulaşacak ve bu galeriyi takiben havalandırma desandresinden dışarı atılacaktır.

5.1. Gerekli Hava Miktarının Belirlenmesi

Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi için planlanan hazırlık ve üretim çalışmaları kapsamında gerekli olan hava miktarları; hazırlanan işletme projesindeki veriler esas alınarak; ocakta çalışan sayısı, ocağa yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı, kullanılacak dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.1.1. Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı

Çalışan sayısına göre ocağa verilmesi gereken hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.1'den yararlanılmıştır. Çalışanların hava ihtiyacını karşılamak için çalışan başına hava miktarı $6 \text{ m}^3/\text{dak}$ olarak alınmıştır. İşletmeden alınan veriler doğrultusunda ocakta bir vardiyada çalışacak maksimum işçi sayısı 300 kişidir.

$$Q = 6 \times 300 = 1.800 \text{ m}^3/\text{dk} \cong 30 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Toplam çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı yaklaşık $30 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak alınabilir.

Yasal olarak izin verilen gaz konsantrasyonu (p) için, 28770 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’nde “Genel havasındaki metan oranı % 1,5’i geçen yerlerdeki iletkenlerin ve elektrikli aygıtların gerilimi derhal kesilir ve şartlar düzelmedikçe yeniden verilmez” ve ayrıca “Emniyet lambası veya metan detektörleriyle yapılan ölçümlerde % 1 veya daha çok metan bulunan kısımlarda patlayıcı madde kullanılmaz” hükümleri yer almaktadır. Bu yasal düzenleme dikkate alınmış ve işletme emniyet kuralları (kabul edilebilir risk seviyesi) gereği % 0,75 değeri sınır değer olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{100 \times q}{p \times t \times 60 \times 60} \dots\dots\dots(3.2)$$

Q : Gerekli hava miktarı (m³/sn)

q : 1 günlük üretimde yayılacak metan miktarı (m³)

p : Metanın seyreltilmesi gereken yasal oran (% 0.75 alınmıştır)

t : Günlük üretim yapılan saat (24 saat üretim yapıldığı kabul edilmiştir)

$$Q = \frac{100 \times (12000 \times 4)}{0.75 \times 24 \times 60 \times 60} \cong 74 \text{ m}^3/\text{sn}$$

5.1.3. Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı

Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.3’ten yararlanılmıştır (McPherson, 1993). Tam mekanize bir ayakta çalışanın toz maruziyetini belirlemek için benzer bir işletmede yapılmış olan toz ölçüm değerleri kullanılmıştır. Tam mekanize kesiciden kaynaklanan toza kişisel maruziyet düzeyi 0.797 mg/m³ olarak alınmıştır. Ayrıca ayağa giren hava içerisindeki toz konsantrasyon değeri de 0.38 mg/m³ alınmıştır (Alka, 2019). Tam mekanize kesici yükleyici makinenin kesme derinliği 0.8 m olup, günde 1 metre ilerleme yapılacağı öngörülmektedir. Ayrıca, damar kalınlığı 3 m, ayak uzunluğu da 175 m’dir. Ocak havasında müsaade edilen toz konsantrasyonu ise 28812 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Tozla Mücadele Yönetmeliği’nin ekinde yer alan Toz Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Tablosu’nda belirtildiği üzere C_d=2.4 mg/m³ alınmıştır (Resmi Gazete, 2013).

$$Q = \frac{E_d}{C_d} \times \frac{P}{3600} \quad (3.3)$$

Q : Gerekli hava miktarı (m³/sn)

E_d :Solunabilir toz oluşma oranı (mg/t),

C_d : Solunabilir toz yoğunluğunun konsantrasyonundaki izin verilebilen artış (mg/m³)

P : Üretim miktarı (ton/s)

Vardiyada üretim miktarı (m³): 3 m * 1 m *175 m = 525 m³

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: 525 m³ * 0.797 mg/m³= 418,4 mg/ton

Vardiyada üretim miktarı (ton) : 525 m³ * 1.45 ton/m³= 761 ton

P= 761/(8*3600)=0.026 ton/s

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: E_d= 0.026*418,4= 10,68 mg/s

C_d= 2.4-0.38= 2.02 mg/m³

Q= 10,68/2.02=5,3 m³/s olarak hesaplanmıştır. İki ayak için toplam 10,6 m³/s alınmıştır.

5.1.4. Kullanılan patlayıcı miktarına göre gerekli hava miktarı

Yapılan üretim planlamasına göre, ocaktaki üretim ve hazırlık faaliyetleri sırasında patlayıcı madde kullanımı son derece sınırlı olacaktır. Bu nedenle söz konusu kritere göre bir hesaplama yapılmamıştır.

5.1.5. Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı

Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı Eşitlik 3.4'ten yararlanılmıştır [1]. Eşitlik 2.4'te dizayn amacıyla, birçok havalandırma planlayıcısı, dizel ekipmanın her 100 kW gücü için 6-8 m³/s hava kullanır (McPherson, 1993). Bu çalışmada her 100 kW'lık güce karşılık 8 m³/sn'lik hava ihtiyacı olacağı esas alınmıştır. İşletmeden alınan veriler doğrultusunda ocaklarda 5 adet 95 kW güce sahip dizel motorlu araç kullanılacak olup, yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (G) 5X95 = 475 kW'dır.

$$Q = q \times \frac{G}{100} \quad (3.4)$$

Q = Gerekli hava miktarı (m^3/sn)

q = 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m^3/sn)

G = Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

$$Q = 8 \times \frac{475}{100} \cong 38 \text{ m}^3/sn$$

5.1.6. Hava hızı limitlerine göre gerekli hava miktarı

28770 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’nde “Hava hızı her halde 0,5 m/sn’den az olamaz.” hükmü yer almaktadır. Hazırlık ve üretim çalışmaları esnasında hava hızlarının galerilerde en az 0,5 m/sn, kesiti 15 m² olan ayaklarda ise en az 1 m/sn olması kabul edilmiş olup, ocaklardaki hava yolu kesimleri için hesaplanan gerekli hava miktarları Çizelge 5.1’de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Minimum hava hızına göre mevcut hava yolları için gerekli hava miktarları

Hava Yolu	Kesit (m ²)	Minimum Hava Hızı (m/sn)	Minimum Gerekli Hava Miktarı (m ³ /sn)
Desandreler ve Ana Galeriler	27,00	0,5	13,5 $\cong$ 14
Alt Taban Yolları	23,50	0,5	11,75 $\cong$ 12
Üst Taban Yolları	19,90	0,5	9,95 $\cong$ 10
Ayaklar	15,00	1,0	15

5.1.7. Gerekli hava miktarının seçimi

Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocakları için gerekli hava miktarının belirlenmesi çalışmaları kapsamında; ocakta çalışan sayısı, yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı, kullanacak dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı hesaplanan değerler Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Çeşitli hesaplama ölçütlerine göre gerekli hava miktarları

Hesaplama Ölçütü	Gerekli Hava Miktarı (m ³ /sn)
Çalışan Sayısı	30
Gaz Miktarı	74
Toz Miktarı	10,6
Dizel Motorlu Araçlar	38
Hava Hızı Limitleri	15

Çizelge 5.2’den de görülebileceği gibi, çeşitli hesaplama ölçütlerine göre Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi için gerekli hava ihtiyacı 74 m³/sn olarak belirlenmiştir. Derinliği 200 m’den, gaz içeriği 3 m³/t’den az olan kömür damarları az gazlı, derinliği 200 ile 500 m ve gaz içeriği 3 – 10 m³/t arasında olan damarlar orta gazlı ve 500 m’den derinde ve 10 – 25 m³/t arasında gaz içeriğine sahip damarlar ise çok gazlı olarak tanımlanmaktadır (Özer vd., 2016). Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi gaz içeriği 4 m³/ton olarak göz önüne alındığında orta gazlı ocak sınıfına alınabilir. Kömür ocaklarında hava kaçaklarının, yeni açılacak ayaklardaki gaz yayılım miktarının ve göçük bölgesinden ocak havasına karışabilecek gaz miktarının tam olarak bilinmemesi nedeniyle, bulunan hava miktarının bir “emniyet faktörü” ile çarpılması gereklidir. Metan çıkışına göre yapılan sınıflama için emniyet katsayıları;

- Az gazlı ocaklar için: 2,1-10,7

- Orta gazlı ocaklar için:1,3-2,3
- Çok gazlı ocaklar için: 1,07-1,5 olarak alınabilir (Önce ve Saraç, 2001) .

Buna göre ocak orta gazlı sınıfa girdiğinden emniyet katsayısı 1,5 olarak kabul edilmiştir. Bu durumda iki mekanize ayak için toplamda $74 \times 1,5 = 111 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirlenmiştir.

5.1.8. Tali havalandırma için gerekli hava miktarları

5.1.8.1 Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı

İşletmeden alınan veriler doğrultusunda 4 adet farklı hazırlık işyerinde maksimum 100 kişi çalışacaktır. Bu durumda tali havalandırılan hazırlık işyerlerinde toplam hava ihtiyacı $Q = 6 \times 100 = 600 \text{ m}^3/\text{dk} = 10 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanabilir. Bir hazırlık bacasında ise $2,5 \text{ m}^3/\text{sn}$ hava ihtiyacı olacaktır.

5.1.8.2. Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı

İşletmeden alınan veriler doğrultusunda 25 m^2 kesite sahip ayak başyukarısının açılması esnasında günde 6 m ilerlenecektir. Linyit kömürünün yoğunluğu $1,45 \text{ ton}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Bu durumda yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava ihtiyacı;

$$Q = \frac{100 \times (25 \times 6 \times 1,45) \times 4}{0,75 \times 24 \times 60 \times 60} = 1,34 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ olarak hesaplanır.}$$

5.1.8.3. Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı

İşletmeden alınan veriler doğrultusunda 27 m^2 kesite sahip desandreler ve ana galerilerin açılması esnasında günde 5 m ilerlenecektir. Kireçtaşının yoğunluğu $2,5 \text{ ton}/\text{m}^3$ kabul edilmiştir. Solunabilir toz miktarı benzer özellikler taşıyan bir işletmenin ortam ve kişisel toz maruziyet düzeyleri dikkate alınarak $0,974 \text{ mg}/\text{m}^3$ olarak alınmıştır (Alka, 2019).

Vardiyada ilerleme miktarı (m^3): $5 \times 27 = 135 m^3$

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: $135 m^3 \times 0.974 mg/m^3 = 131,5 mg/ton$

Vardiyada açığa çıkan kireçtaşı miktarı (ton) : $135 m^3 \times 2,5 ton/m^3 = 337,5 ton$

$P = 337,5 / (8 \times 3600) = 0.011 ton/s$

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: $E_d = 0.011 \times 131,5 = 1,45 mg/s$

$C_d = 5 mg/m^3$ (Temiz hava vantüp içinde tozsuz olarak galeri arınına gelmekte olup, toz sınır değeri Tozla Mücadele Yönetmeliği'nden $5 mg/m^3$ olarak alınmıştır.)

$Q = 1,45 / 5 = 0,3 m^3/s$ olarak hesaplanmıştır.

5.1.8.4. Hava hızı limitlerine göre gerekli hava miktarı

Hazırlık çalışmaları esnasında hava hızlarının galeri ve ayak başyukarılarında en az $0,5 m/sn$ olması kabul edilmiş olup, hesaplanan gerekli hava miktarları Çizelge 5.3'de verilmektedir.

Çizelge 5.3. Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocaklarına ait hava yolu kesimlerinin tali havalandırılması için gerekli hava miktarları

Hava Yolu	Kesit (m^2)	Minimum Hava Hızı (m/sn)	Minimum Hava Miktarı (m^3/sn)
Desandreler ve Ana Galeriler	27	0,5	14
Alt Taban Yolları	23,50	0,5	12
Üst Taban Yolları	19,90	0,5	10
Ayak Başyukarısı	25	0,5	13

5.1.9. Tali havalandırma için gerekli hava miktarının seçimi

Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocaklarında tali havalandırma için gerekli hava miktarının belirlenmesi çalışmaları kapsamında; hazırlık çalışmaları esnasında ocakta çalışan sayısı, yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı hesaplanan değerler Çizelge 5.4'te verilmektedir.

Çizelge 5.4. Çeşitli hesaplama ölçütlerine göre gerekli hava miktarları

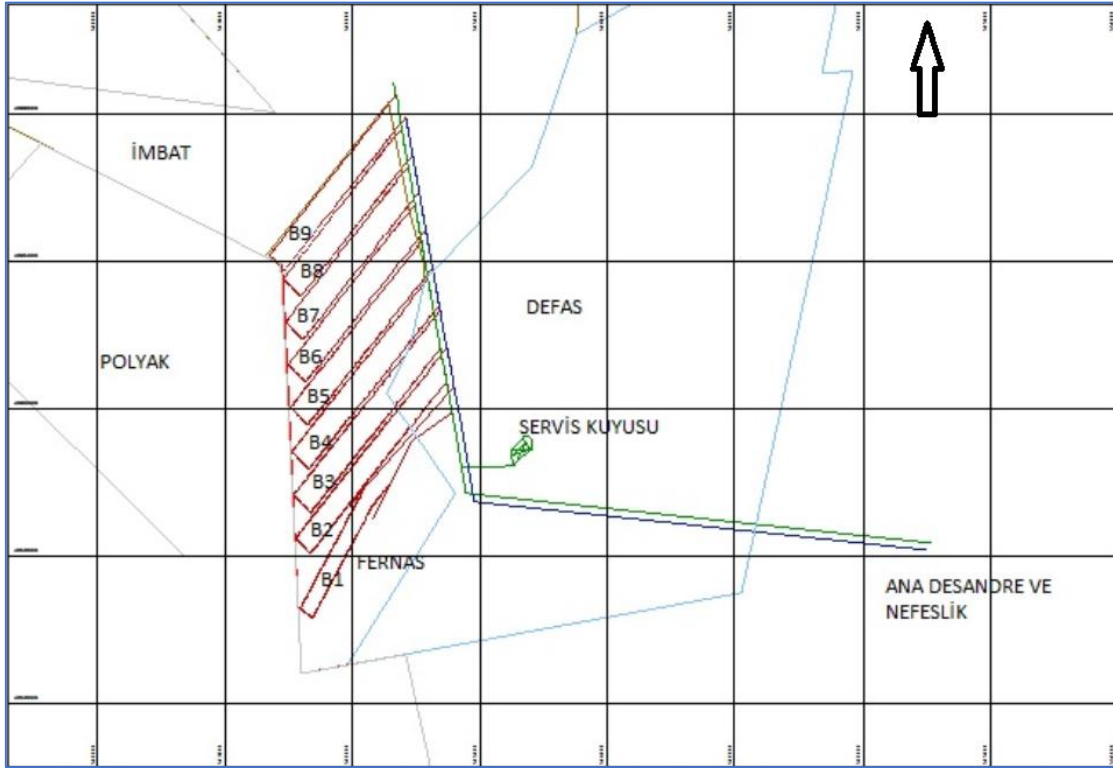
Hesaplama Ölçütü	Gerekli Hava Miktarı (m ³ /sn)
Çalışan Sayısı	2,5
Gaz Miktarı	1,34
Toz Miktarı	0,3
Yasal Mevzuat	14

Çizelge 5.4'ten de görüldüğü gibi, çeşitli hesaplama ölçütlerine göre Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocakları için tali havalandırmada gerekli hava ihtiyacı, hava hızı limitlerine göre 14 m³/sn olarak belirlenmiştir.

Ocağın çalışma açısından en zor durumunun irdelendiği (herhangi iki ayakta üretim çalışmaları devam ederken, bir sonra çalışılacak olan diğer iki ayağa ait toplam dört taban yolunun hazırlık çalışmalarının aynı süreçte yürütüleceğinin öngörüldüğü) durumda; hazırlık ve üretim çalışmaları esnasında gerekli hava miktarlarının toplamı, tüm ocak kesimleri için gerekli olan hava miktarını vermektedir. Bu bağlamda, söz konusu her bir hazırlık için 14 m³/sn'lik hava gereksinimi olacağı ve bu havanın ocağa giren temiz havadan alınarak (tekrar temiz hava yoluna verilmeden) doğrudan kirli hava yoluna verileceği dikkate alındığında 4x14 m³/sn'lik ilave bir hava gereksinimi olacağı belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda, tüm ocak için gerekli olan hava miktarı 111 + (4x14) =167 m³/sn olarak hesaplanmıştır.

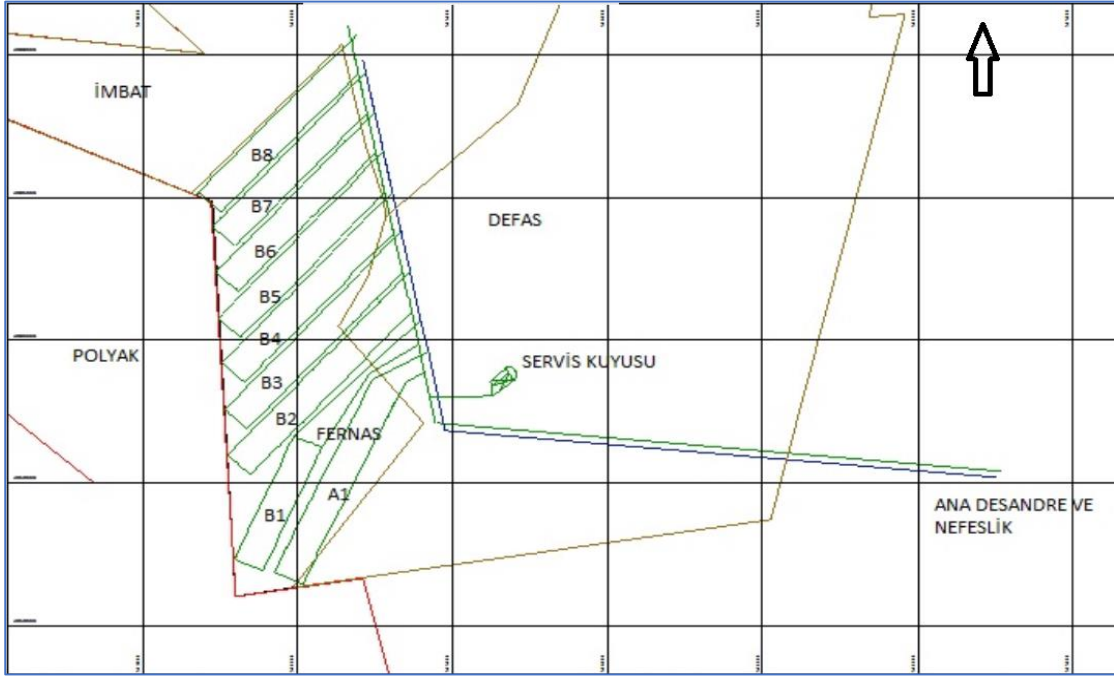
6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ayak boyları üst katta 180m alt katta ise 200m olarak alınmıştır. Alt kat üst katta bırakılan topuğun alınabilmesi için çapraz olarak planlanmıştır. Pano uzunlukları yapısal jeoloji ve ruhsat sınırlarına göre 900-1700 metre arasında değişmektedir. Tavan ve taban yollarının duraylılığı göz önünde bulundurularak panoların geri dönüşlü çalışması planlanmıştır. Panolar arası topuk mesafesi her 2 katta da 30 metre olarak planlanmıştır. Şekil 6.1’de 1. Kat (üst kat) üretim planı görülmektedir;



Şekil 6.1. 1. kat (üst) yeraltı üretim pano planı

2. kat (alt kat) yeraltı üretim planı Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. 2. kat (alt kat) yeraltı üretim planı

1.ve 2. kat yeraltı üretim pano planı Şekil 6.3’de verilmiştir.



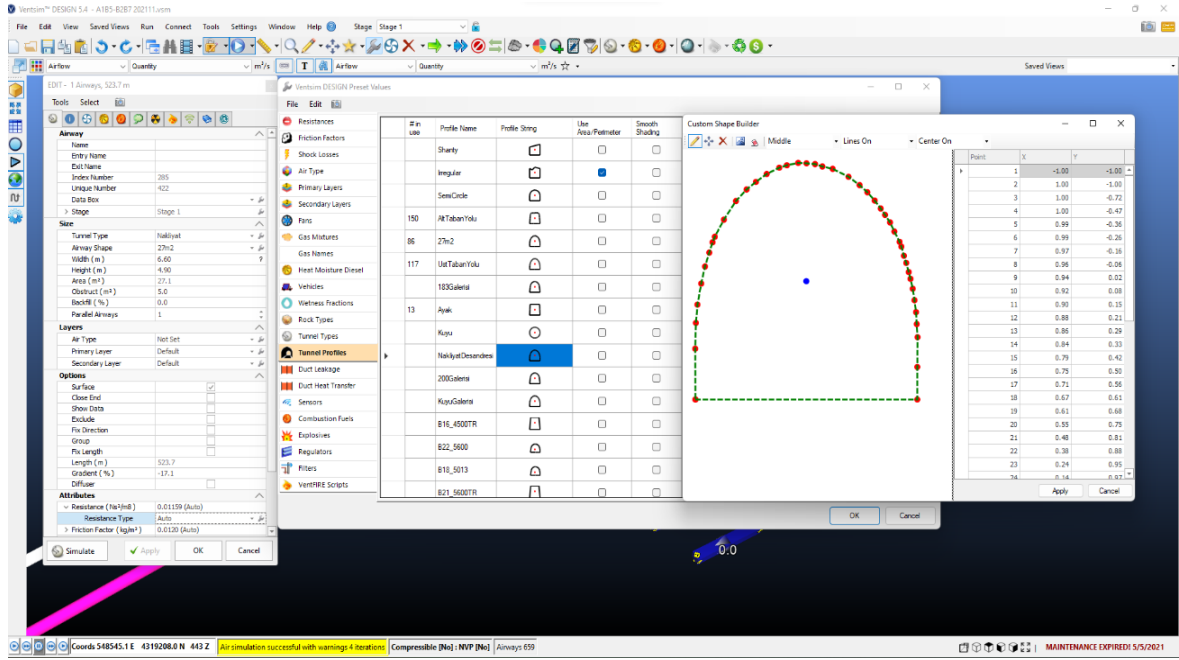
Şekil 6.3. 1.ve 2. kat yeraltı üretim pano planı

Pano üretim sırası Çizelge 6.1’de verilmiştir.

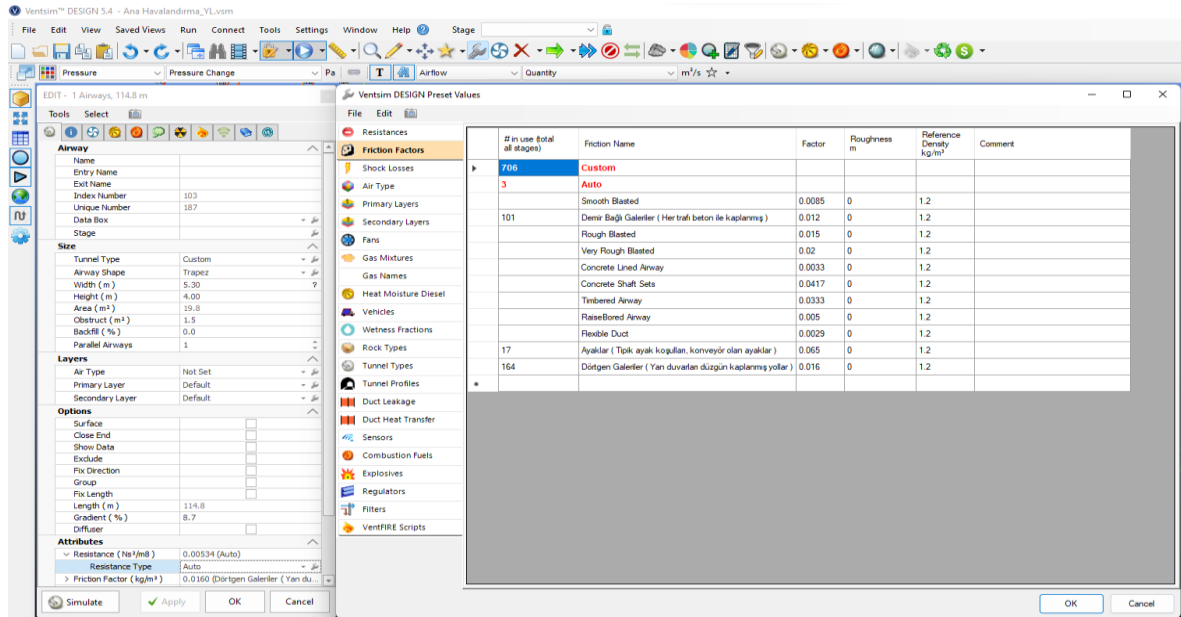
Çizelge 6.1. Pano üretim sırası

SIRA	1. AYAK		2. AYAK
1. YIL	A1		B1
2. YIL	A1		B1-B3
3. YIL	A1		B3-B5
4. YIL	A1-B2		B5
5. YIL	B2-B4		B5-B7
6. YIL	B4		B7-B9
7. YIL	B4-B6		B9-B1(2.KAT)
8. YIL	B6		B1(2.KAT)
9. YIL	B8		B1(2.KAT)-B3(2.KAT)
10. YIL	B8-B2(2.KAT)		B3(2.KAT)
11. YIL	B2(2.KAT)		B3(2.KAT)-B5(2.KAT)
12. YIL	B2(2.KAT)		B5(2.KAT)
13. YIL	B2(2.KAT)-B4(2.KAT)		B5(2.KAT)-B7(2.KAT)
14. YIL	B4(2.KAT)		B7(2.KAT)
15. YIL	B4(2.KAT)-B6(2.KAT)		B7(2.KAT)-B8(2.KAT)
16. YIL	B6(2.KAT)		B8(2.KAT)
17. YIL	B6(2.KAT)		B8(2.KAT)

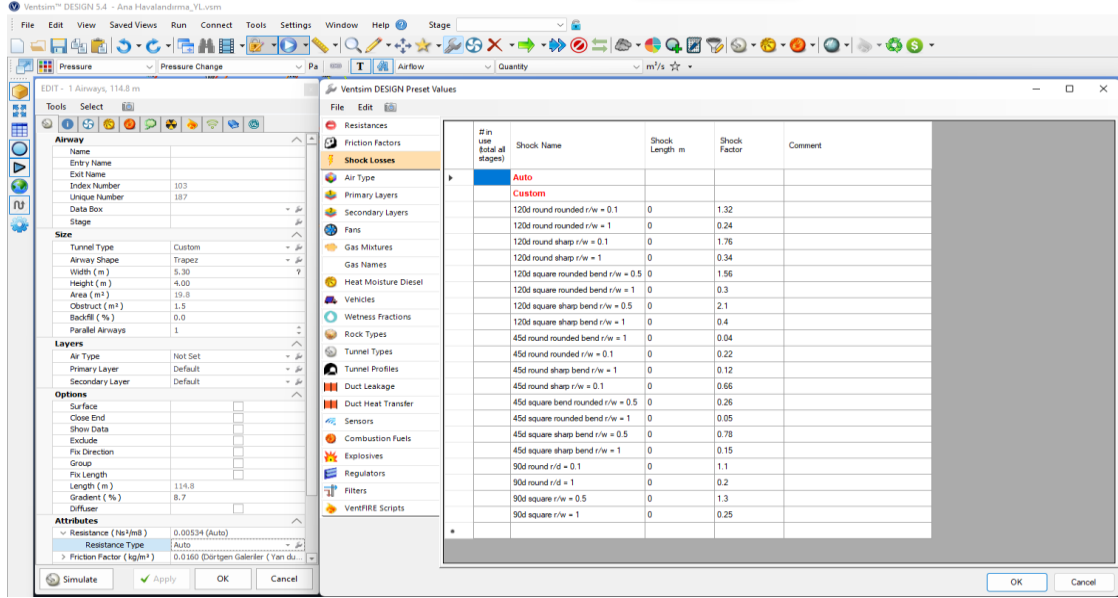
Hava yollarının özelliklerinin girildiği VENTSIM pencereleri sırasıyla şekil 6.4-6.6'de verilmiştir.



Şekil 6.4. Havayollarının özellikleri girilmesi

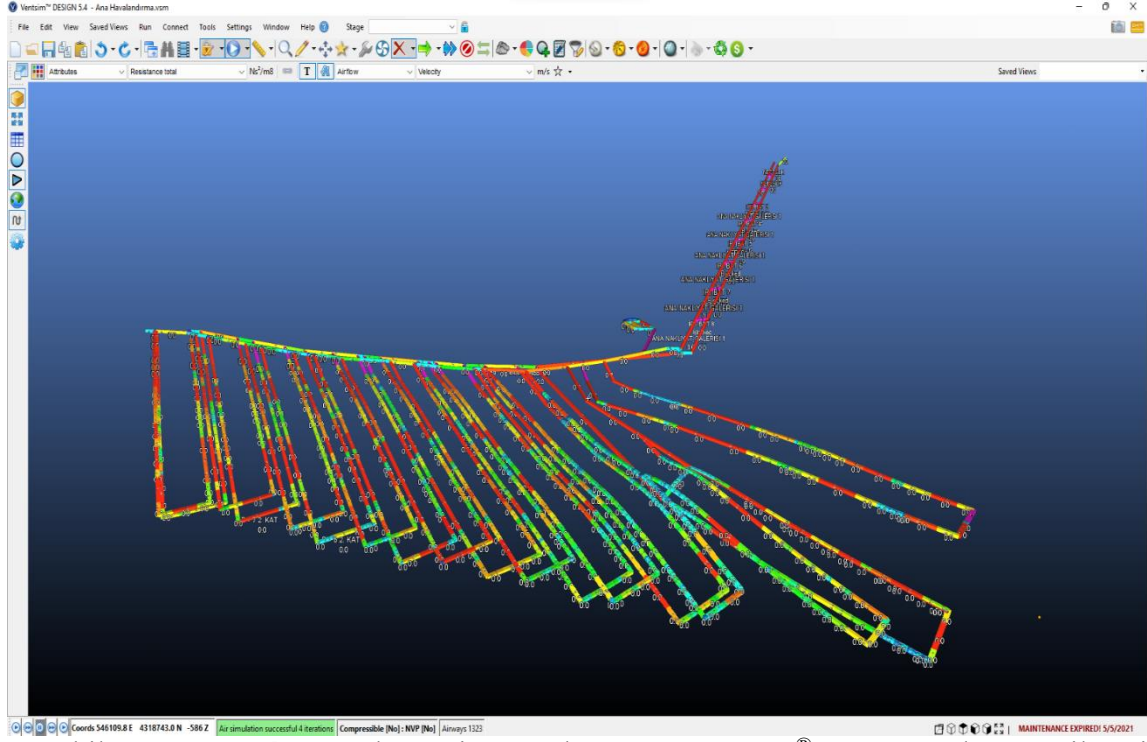


Şekil 6.5. Havayollarının sürtünme katsayılarının girilmesi



Şekil 6.6. Havayollarının şok kayıplarının girilmesi

1. ve 2. kat yeraltı üretim panoları VENTSIM® programında oluşturulmuş ve şekil 6.7’de gösterilmiştir.

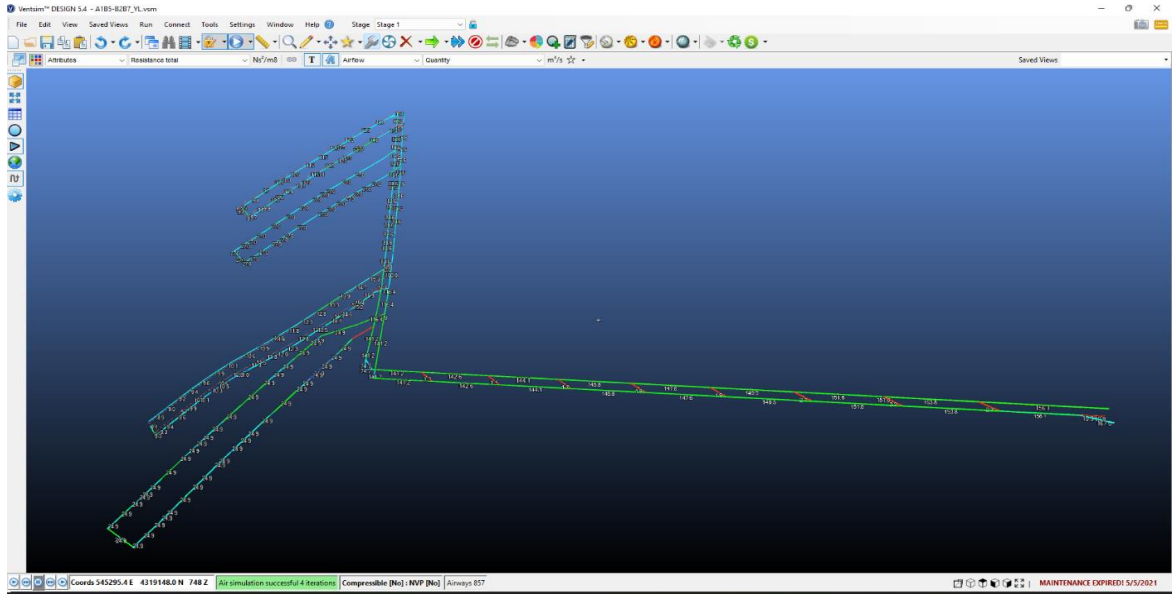


Şekil 6.7. 1. ve 2. kat yeraltı üretim panolarının VENTSIM® programında gösterilmesi

Kınık Yaylaköy ocaklarının havalandırılmasına yönelik olarak yapılan tasarımlarda, ayrıntıları Çizelge 6.1’de verilen pano üretim sıraları da dikkate alınarak,

- A1 + B5 panolarında üretim, B2 + B7 panolarında hazırlık,
- B2 + B5 panolarında üretim, B4 + B7 panolarında hazırlık,
- B4 + B7 panolarında üretim, B6 + B9 panolarında hazırlık,
- B5 + B7 panolarında üretim, B6 + B8 panolarında hazırlık şeklinde 4 farklı tasarım ele alınmıştır.

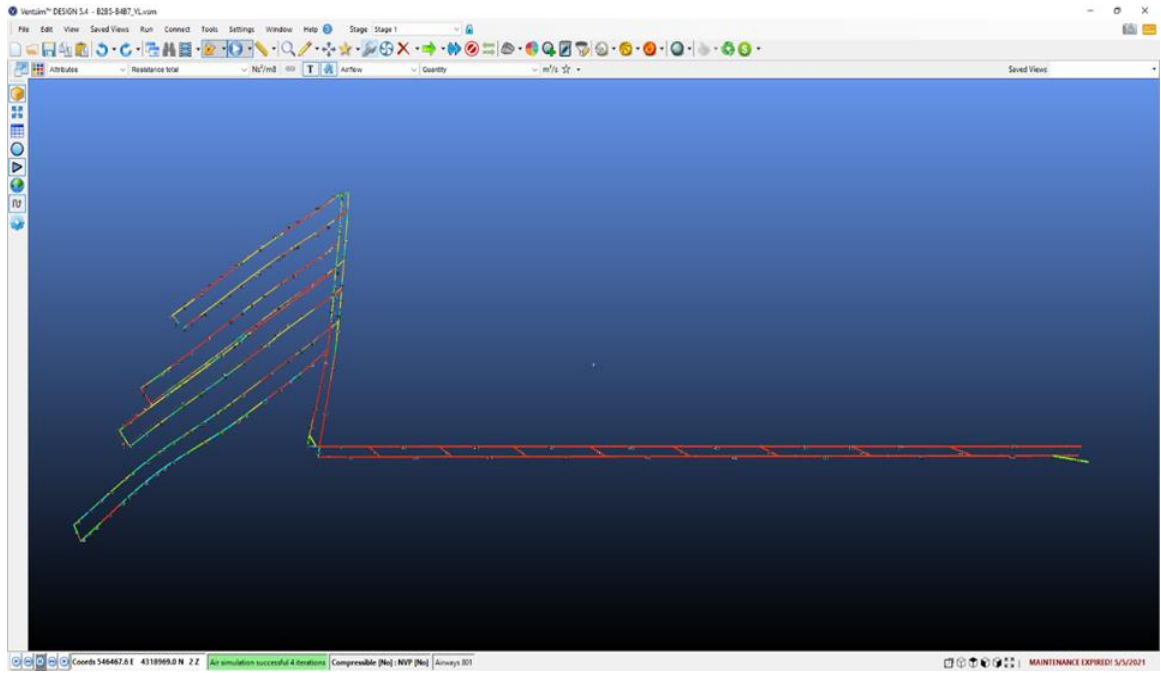
Zorluk derecesinin artırılması amacıyla, dönümlü olarak çalışılması planlanan ayakların aynı anda üretim faaliyetine başladıkları en uzak konumlarla birlikte, aynı süreçte açılmakta olan bir sonra çalışılacak ayaklara ait taban yollarının en uzun konumda bulundukları durumlar esas alınmış ve havalandırma hesapları bu değerlendirmeye dayalı olarak yürütülmüştür. Ele alınan bu dört farklı durum için VENTSIM programında havalandırma simülasyonu yapılmıştır. Simülasyondan elde VENTSIM görüntüleri ve şebekeye ait özet bilgilerin gösterildiği ekran görüntüleri her bir aşama için sırasıyla Şekil 6.8-6.15’te verilmiştir.



Şekil 6.8. A1B5 – B2B7 üretim panolarının gösterilmesi

Network Summary	
File	Edit
Main	Fans Heat Energy Graphs R Curve Full Heat Track
NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	No
Natural Ventilation Pressure	No
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	0: Stage 1
Airways	1191
Current Stage Segments	850
Total length	34,419.7 m
Total airflow intake	167.0 m ³ /s
Total airflow exhaust	167.0 m ³ /s
Total massflow	200.40 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0.12731 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (including duct)	0.15543 Ns ² /m ⁸
POWER SUMMARY	
AIR (friction loss) Power	723.9 kW Total
	0.1 kW Shaft
	592.8 kW Drive
	131.0 kW Vent Duct
Refrigeration Power Input	0.0 kW
INPUT Power Electrical	1,007.0 kW
Network Annual Power Cost	\$ 882,099
Network Efficiency	71.9 %
Consisting of ..	
4 Fans	205.2 kW
0 fixed pressures	0.0 kW
1 fixed flows	801.7 kW
0 Refrigeration	0.0 kW

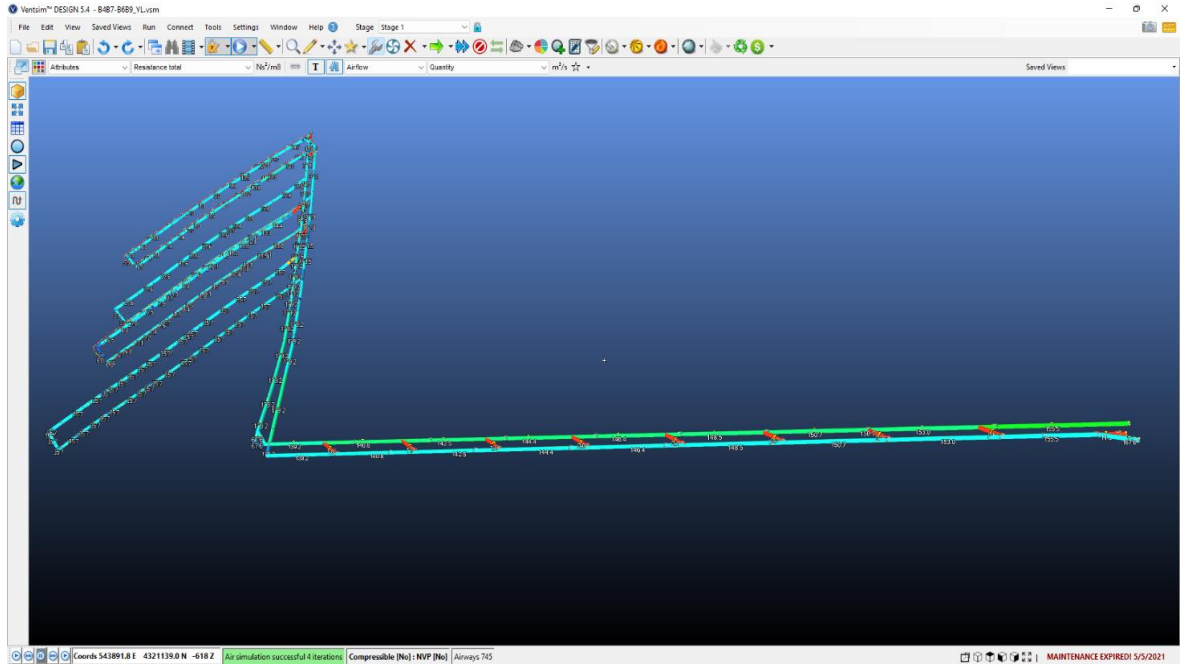
Şekil 6.9. A1B5 – B2B7 üretim panolarının özet bilgileri



Şekil 6.10. B2B5 – B4B7 üretim panolarının gösterilmesi

Network Summary	
File	Edit
Main	Fans Heat Energy Graphs R Curve Full Heat Track
NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	No
Natural Ventilation Pressure	No
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	0: Stage 1
Airways	1124
Current Stage Segments	807
Total length	32,771.6 m
Total airflow intake	167.0 m ³ /s
Total airflow exhaust	167.0 m ³ /s
Total massflow	202.40 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0.14165 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (Including duct)	0.16725 Ns ² /m ⁸
POWER SUMMARY	
AIR (friction loss) Power	778.9 kW Total
	0.1 kW Shaft
	659.7 kW Drive
	119.2 kW Vent Duct
Refrigeration Power Input	0.0 kW
INPUT Power Electrical	1,088.0 kW
Network Annual Power Cost	\$ 953,081
Network Efficiency	71.6 %
Consisting of ..	
4 Fans	148.3 kW
0 fixed pressures	0.0 kW
1 fixed flows	939.6 kW
0 Refrigeration	0.0 kW

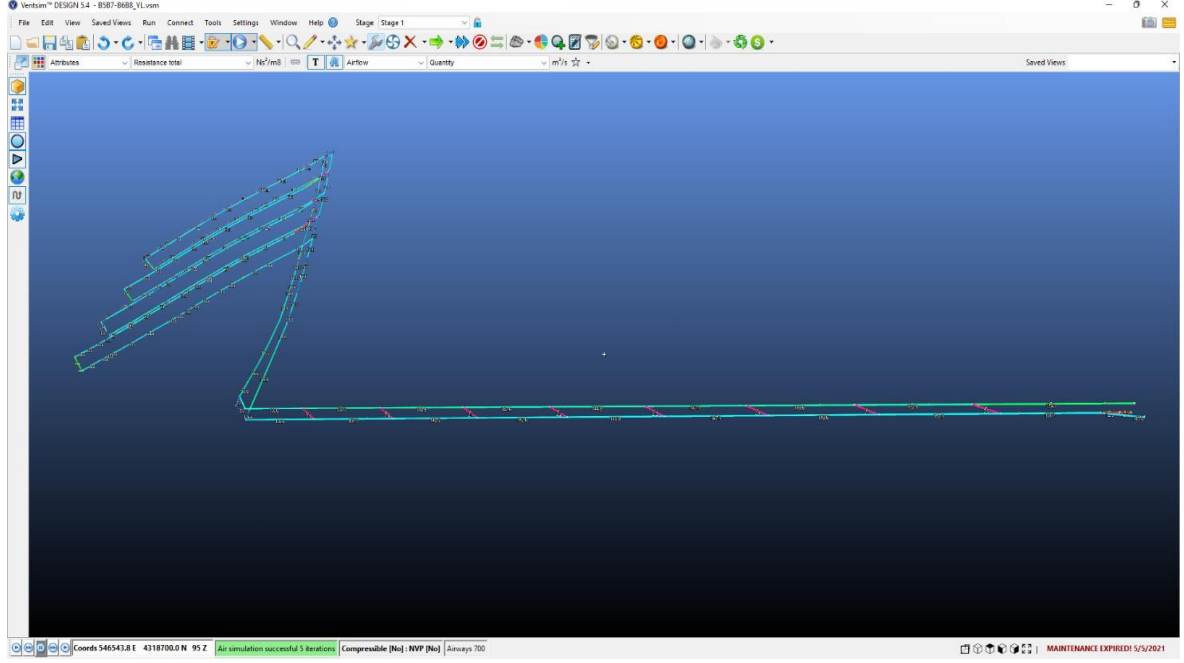
Şekil 6.11. B2B5 – B4B7 üretim panolarının özet bilgileri



Şekil 6.12. B4B7 – B6B9 üretim panolarının gösterilmesi

Network Summary	
File	Edit
Main	Fans Heat Energy Graphs R Curve Full Heat Track
NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	No
Natural Ventilation Pressure	No
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	0: Stage 1
Airways	1077
Current Stage Segments	812
Total length	33,374.5 m
Total airflow intake	167.0 m ³ /s
Total airflow exhaust	167.0 m ³ /s
Total massflow	200.40 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0.14178 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (Including duct)	0.16394 Ns ² /m ⁸
POWER SUMMARY	
AIR (friction loss) Power	763.6 kW Total
	0.1 kW Shaft
	660.3 kW Drive
	103.2 kW Vent Duct
Refrigeration Power Input	0.0 kW
INPUT Power Electrical	1,063.8 kW
Network Annual Power Cost	\$ 931,919
Network Efficiency	71.8 %
Consisting of ..	
4 Fans	175.4 kW
0 fixed pressures	0.0 kW
1 fixed flows	888.5 kW
0 Refrigeration	0.0 kW

Şekil 6.13. B4B7 – B6B9 üretim panolarının özet bilgileri



Şekil 6.14. B5B7 – B6B8 üretim panolarının gösterilmesi

Network Summary	
File	Edit
Main	Fans Heat Energy Graphs R Curve Full Heat Track
NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	No
Natural Ventilation Pressure	No
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	0: Stage 1
Airways	895
Current Stage Segments	641
Total length	32,314.1 m
Total airflow intake	167.0 m ³ /s
Total airflow exhaust	167.0 m ³ /s
Total massflow	200.40 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0.14499 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (Including duct)	0.17173 Ns ² /m ⁸
POWER SUMMARY	
AIR (friction loss) Power	799.8 kW Total
	0.0 kW Shaft
	675.3 kW Drive
	124.5 kW Vent Duct
Refrigeration Power Input	0.0 kW
INPUT Power Electrical	1,098.0 kW
Network Annual Power Cost	\$ 961,851
Network Efficiency	72.8 %
Consisting of ..	
4 Fans	187.6 kW
0 fixed pressures	0.0 kW
1 fixed flows	910.4 kW
0 Refrigeration	0.0 kW

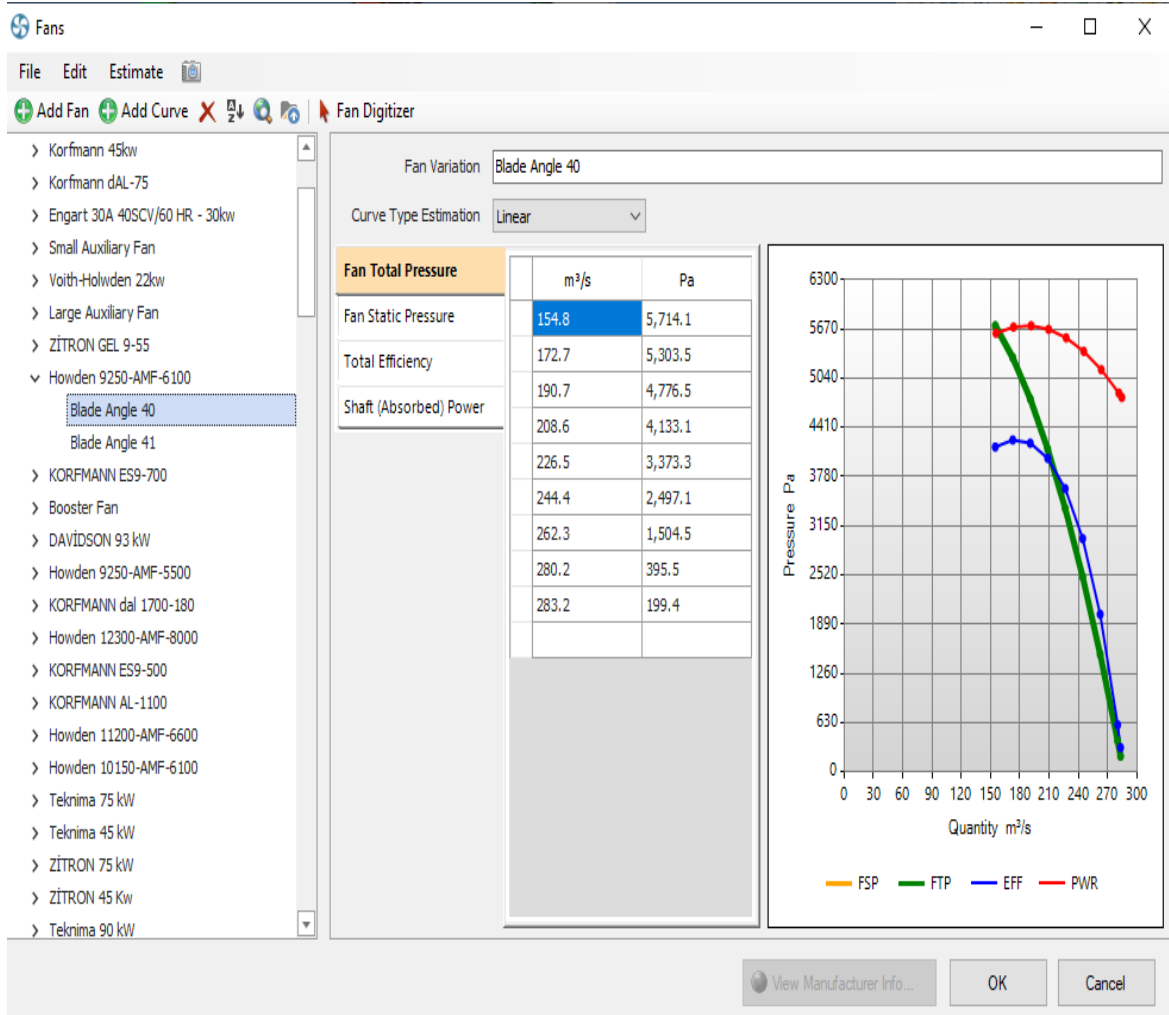
Şekil 6.15. B5B7 – B6B8 üretim panolarının özet bilgileri

Yukarıda detayları verilen her üretim planlama aşaması için elde edilen bilgiler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

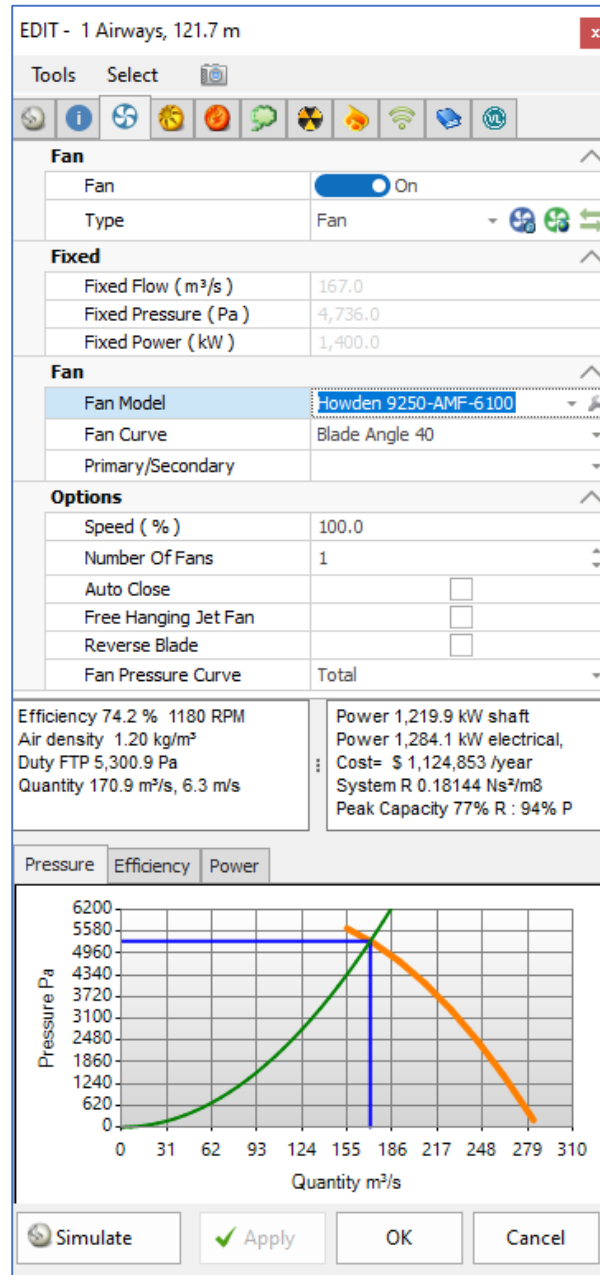
Çizelge 6.2. Planlanan üretim aşamaları için

Üretim Pano Planları	Ocak Direnci (Ns^2/m^8) (Vantüp Yok)	Ocak Direnci (Ns^2/m^8) (Vantüp Var)	Debi (m^3/sn)	Basınç (Pa)
A1B5 - B2B7	0.12731	0.15543	167	4335
B2B5 - B4B7	0.14165	0.16725	167	4664
B4B7 - B6B9	0.14178	0.16394	167	4572
B5B7 - B6B8	0.14499	0.17173	167	4789

VENTSIM programı gerekli debi ve basınca göre internet üzerinden vantilatör seçim imkânı sunmaktadır. Çizelge 6.2’de verilen bilgiler değerlendirildiğinde B5B7 - B6B8 üretim planlamasında ocak direncinin en yüksek olduğu görülmektedir. Bu koşulları karşılayabilecek bir vantilatörün diğer koşullarda da ihtiyacı karşılayabileceği değerlendirildiğinde özellikleri aşağıda verilen (Şekil 6.16-6.17) vantilatörün yeterli olacağı düşünülebilir.



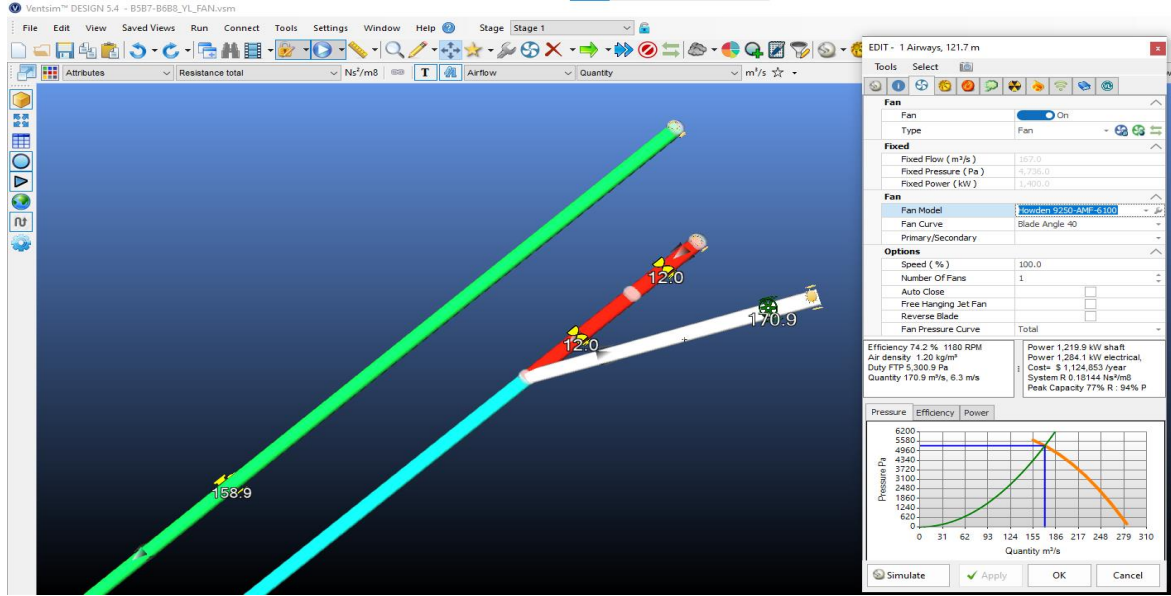
Şekil 6.16. Vantilatör seçim ekranı



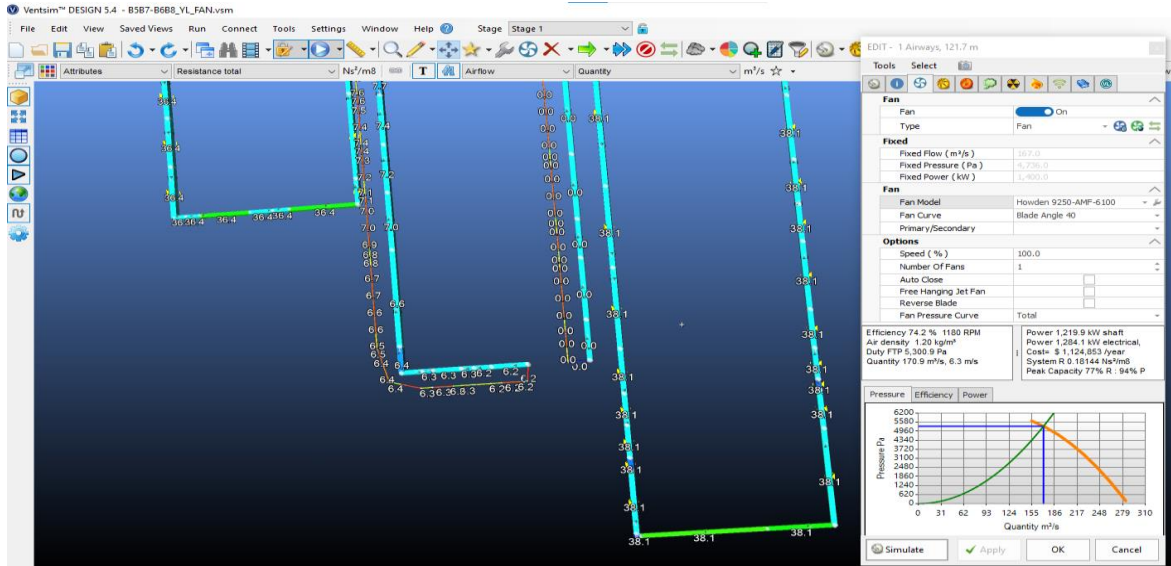
Şekil 6.17. Vantilatörün sisteme uyarlanması

Seçilen vantilatör sisteme uyarlandıktan sonra vantilatörün çalışma koşullarının 5300 Pa basınç ve 170.9 m³/s debi olduğu görülmüştür (Şekil 6.18). Benzetimden görüldüğü üzere ayaklardan geçen hava debisi toplamı da 74.5 m³/s ve hava hızları da yaklaşık 2,5 m/s'dir (Şekil 6.19). Metan gazı içeriğine göre belirlenen hava ihtiyacı iki mekanize ayağın toplamı için 74 m³/s olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamada kömürün metan içeriği 3,06 ton/m³ yerine 4 ton/m³ alınmış (yaklaşık % 30 emniyet ilavesi), ayrıca metanın kabul edilebilir sınır seviyesi de % 0,75 (yasal limit % 1,5 göz önüne alındığında % 50 emniyet ilavesi) alınmıştır.

Öngörülebilir koşullarda seçilen vantilatör emniyet ilaveleri de dikkate alındığında yeterliken, olağan dışı gaz gelirleri durumunda hava akımı yönlendirmeleri ile ayaklardan geçen hava debisi artırılabilir.



Şekil 6.18. Ocağa giren hava debisi



Şekil 6.19. Ayaklardan geçen hava debisi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeraltı maden işletmeleri için ana vantilatör seçimi üretim planlaması ve gerekli hava ihtiyacın belirlenmesiyle gerçekleştirilecek önemli adımlardan birisidir. Yetersiz havalandırma planlamasının sonuçları, üretimin erken kesilmesi, yüksek yeniden yapılanma maliyetleri, kötü çevre koşulları ve iş gücünün sağlık ve güvenliğine yönelik trajik sonuçlar olarak karşımıza çıkabilir. Bu nedenle, havalandırma mühendislerinin yeni bir yeraltı maden planlamasının ilk aşamalarından itibaren bir tasarım ekibinin ayrılmaz bir parçası olarak sürece dâhil edilmesi çok önemlidir.

Bu çalışmada, henüz hazırlık aşamasında olan ve Soma kömür havzasında faaliyet gösteren Fernas İnş. Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi'ne ait yeraltı kömür madenini için ana vantilatör seçim ve bilgisayar destekli tasarım çalışmaları yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Yeraltı ocakları için hava ihtiyacının belirlenmesinde, çalışan sayısı, açığa çıkan gaz miktarı, tozluluk, patlayıcı madde tüketimi, dizel emisyonlar ve iklimsel koşulların dikkate alınması önem arz etmekle birlikte, bu çalışma kapsamında değerlendirilen Fernas İnş. Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi için hava ihtiyacını belirleyen en önemli unsur açığa çıkan metan gazı konsantrasyonu olmuştur. İşletme sahası için yapılan sondajlardan elde edilen bilgiler doğrultusunda kömürün metan içeriğinin en fazla 3,06 m³/ton olduğu görülmüştür. Aynı havzada yapılan gaz içeriği çalışmaları da değerlendirildiğinde 4 m³/ton metan içeriğine rastlanabilmektedir.

Gerekli hava ihtiyacı belirlenirken “Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği” yönetmeliği hükümleri doğrultusunda izin verilen hava hızı alt sınır değeri olan 0,5 m/s değerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Özellikle hazırlık bacaları için hava ihtiyacı daha düşük olduğundan, vantüp dışında yani baca boyunca akan hava akımının hızı düşük kalabilmektedir. Bu durumda baca boyunca hava hızını en az 0,5 m/s olarak belirlemek, hem gerekli hava akımının hem de yasal mevzuatın karşılanmasında yeterli olacaktır.

Havalandırma tasarımları yeraltı üretim planlamaları da dikkate alınarak yapılmalı ve güvenilir bir yazılım kullanılmalıdır. Bu çalışmada üretim planlaması süreçlerinden direnci en yüksek olan aşama dikkate alınarak vantilatör seçimi yapılmıştır. Ocak direnci belirlenirken vantüplerin de sisteme dahil edildiği direncini dikkate almak daha duyarlı tasarımlar yapmada faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, her bir mekanize ayaktan geçen hava hızı yaklaşık 2.5 m/s olarak belirlenmiştir. Yasal olarak herhangi bir problem olmamakla birlikte, ayaklarda için tavsiye edilen hız sınır değeri 4 m/s'dir. Metan gelirindeki olası bir artış debi artırımını beraberinde getirirken hava hızı da artacaktır. Bu durumda kömür tozu, kendiliğinden yanma ve hatta ergonomik bazı problemler ortaya çıkabilecektir. Metan drenajı ile çözümlenemeyen durumlar için ayak kesitleri belirlenirken karşılaşılmaması muhtemel metan içeriğini de göz önüne almak faydalı olacaktır.

Bu çalışma ile henüz tasarım aşamasında olan bir yeraltı kömür ocağı için önemli tasarım süreçlerinden biri olan ana vantilatör seçimi için dikkat edilmesi gereken hususlar dikkate alınarak uluslararası bir yazılım olan VENTSIM ile vantilatör seçimi gerçekleştirilmiştir. Teknolojik gelişmelerle birlikte artan bilgisayarlı tasarım kabiliyetleri yeraltı maden ocaklarının havalandırma tasarımında da değerli bilgiler sunmaktadır. VENTSIM programı uluslararası madencilik sektörü de dâhil havalandırma tasarımında en çok kullanılan yazılımlardan birisidir. VENTSIM vantilatör seçimi menüsü kullanıcılara büyük kolaylıklar sunmaktadır. Bu çalışmada, gerekli hava debisini en yüksek ocak direncinde karşılayabilecek vantilatör, VENTSIM yazılımını veri tabanından seçilmiş, sisteme adapte edilmiş ve mekanize ayaklarda istenen hava miktarının sağlandığı görülmüştür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Amiri, L., Ghoreishi-Madiseh, S. A., Hassani, F. P., and Sasmito, A. P., 2020. Friction factor correlation for airflow through broken rocks and its applications in mine ventilation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(4), 455-462.
- Ayvazoğlu, E., 1984, Madenlerde Havalandırma ve Emniyet, İTÜ Yayınları
- Çakır, B., 2018. Yeraltı Maden Ocaklarında Bilgisayar Destekli Havalandırma Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59.
- Dalgıç, A., 2001. Ventilation Design of the Guleman Kef Chromium Mine, Maden Mühendisliği Bölümü. Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 154.
- Dilekçi, T., 2010. TTK Kozlu Müessesesi Ocakları Havalandırma Şebekesinin Kazemaru Havalandırma Programı Kullanılarak Çözümlemesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 182.
- Exikis, A., Kapageridis, I.K., 2006. Simulation of Air and Contaminant Flow in Underground Mine Ventilation Networks, 2nd International Conference on Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology (AMREG 2006), Greece.
- Felsner, A., 2013. Application of Ventsim Visual at the Show Mine Erzberg, Montanuniversität Leoben. Department Mineral Resources and Petroleum Engineering, Bachelor Thesis.
- Güyağüler, T., 1991, Ocak Havalandırması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını. 148 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hartman,H.L.,1991,Mine Ventilation and Air Conditioning, Second Edition,Florida
- İnan, C., 2005. Çayırhan Kömür Madeni G Sahası için Havalandırma Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66.
- Kursunoglu, N. and Onder, M. 2015. Selection of an appropriate fan for an underground coal mine using the Analytic Hierarchy Process. Tunnelling and Underground Space Technology, 48, 101-109.
- Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013, Resmi Gazete Tarihi: 19.09.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28770.
- Man, L. and WANG, X. R. 2009. Performance evaluation methods and instrumentation for mine ventilation fans. Mining Science and Technology (China), 19(6), 819-823.
- McPherson, M.J., 1993. Subsurface Ventilation and Environmental Engineering. Chapman and Hall.
- Osgoui, R.R., Madani, H., 2003. Designing the Ventilation System for Galandroud Coal Mine, 18' International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Antalya, 253-258.
- Önce ve Saraç, 2001, Madenlerde Havalandırma Ders Kitabı, ESOGÜ Yayınları
- Panigrahi, D. C., and Mishra, D. P., 2014. CFD simulations for the selection of an appropriate blade profile for improving energy efficiency in axial flow mine ventilation fans. Journal of Sustainable Mining, 13(1), 15-21.
- Semin, M. A. and Levin, L. Y., 2019. Stability of air flows in mine ventilation networks. Process Safety and Environmental Protection, 124, 167-171.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tozla Mücadele Yönetmeliği, 2013, Resmi Gazete Tarihi: 5 Kasım 2013 Resmi Gazete Sayısı: 28812.

Uygulama Projesi, 2019, İzmir-Kınık 86072 Nolu Saha Yeraltı Linyit Maden İşletmesi Uygulama Projesi.

Wallace, K., Prosser, B. and Stinnette, J. D., 2015. The practice of mine ventilation engineering. International Journal of Mining Science and Technology, 25(2), 165-169.

Wei, F., Fangping, Z. and Huiqing, L., 2011. The use of 3D simulation system in mine ventilation management. Procedia Engineering, 26, 1370-1379.

Widzyk-Capehart, E., Watson, B., 2001. Agnew Gold Mine Expansion, Mine Ventilation Evaluation Using Ventsim, Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress, Poland, 345–352.

Widzyk-Capehart, E., Fawcett, C., 2001. Life of Mine Ventilation Requirements for Bronzewing Mine Using Ventsim, Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress, Poland, 815-822.

Yalçın, E., 1999. “Havalandırma Şebeke Analiz Programı Yardımı İle Madenlerde Kontrollü Hava Dağılımı”. Fen ve Mühendislik Dergisi. 2, 71-79.