

UZUN GALERİLER İÇİN TALİ HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI

DESIGN OF AUXILIARY VENTILATION SYSTEMS FOR LONG DRIVAGES

S. SARAÇ

Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

M. ÖNDER

Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

ÖZET : Uzun galeri ve tünellerin sürülmesi sırasında, arına yeterli havayı ulaştırmak amacıyla kullanılan tali havalandırma sistemlerinin uygun şekilde tasarlanması son derece önemlidir. Bu çalışmada, uzun tali havalandırma hatlarının tasarım yöntemleri tanımlanmış, izlenen çözüm adımları algoritma biçiminde ortaya konmuştur. Algoritmalar örnek bir tali havalandırma çalışmasına uygulanarak örneklenmiştir. Ventilasyonların arından olan uzaklıktan, bastıkları hava miktarları ve çalışma basınçları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Algoritmaları temel alan bir bilgisayar paket programı hazırlanmıştır.

ABSTRACT : The design of auxiliary ventilation systems for long drivages and tunnels has vital importance. In this study, the design methods of long auxiliary ventilation systems are introduced and the solution procedures of these methods are presented as algorithms. The algorithms are applied on a selected long drive. The relationships between location of fans-air flow and location of fans-pressure of fans are investigated. A computer package program which is developed basing on the algorithms is presented

1. GİRİŞ

Yeraltı ocaklarında ana hava akımının ulaşamadığı, bir ucu kör olan yolların havalandırılmasında tali havalandırma sistemleri kullanılır. Uygulanacak sistemin seçiminde, arın civarında karşılaşılabilecek ateşleme gazları, toz, grizu, ısı gibi çevre sorunlarının göz önünde tutulması ve sistem parametrelerinin uygun bir şekilde tasarlanması gerekir.

Günümüz madencilikinde galeri sürme işlerinde galeri açma makinelerinin kullanımının yaygınlaşması, açılacak galeri ve taban yolu uzunluklarının daha fazla tutulmasını beraberinde getirmiştir. Aynı şekilde ulaşım, sulama gibi madencilik dışı amaçlarla açılan uzun tünel ve diğer yeraltı yapılarının sayılarında da son yıllarda büyük artışlar gözlenmiştir. Bu gelişmeler, uzun galeri ve tünellerdeki tali havalandırma çalışmalarına ayrı bir önem kazandırmıştır.

Klasik delme-patlatma-yükleme yoluyla açılan galerilerde tali havalandırmanın amacı temel olarak, açığa çıkan ateşleme gazlarının hızlı bir şekilde temizlenmesidir. Galeri açma makineleri ile sürülen galerilerde ise ateşleme gazları sorunu ortadan kalkmakta, buna karşılık toz sorunu önem kazanmaktadır.

2, UZUN GALERİLERDE HAVALANDIRMA

Tek bir tali ventilasyonla arına yeterli hava ulaştırılmayan galeriler uzun galeri olarak nitelenir. Bu tür galerilerin havalandırma tasarımı, temel olarak kısa galerilerin tali havalandırma tasarımına benzemekle birlikte, bazı konularda farklılıklar gösterir. Uzun galerilerin tali havalandırma sistemlerinin tasarımına uç yaklaşım yapılabilir (Skochinsky vd., 1969)

- Tek bir ventilasyonla havalandırma;
- Birkaç ventilasyonu galeri başlangıcında peş peşe çabıtılarak havalandırma;
- Birkaç ventilasyonu hat boyunca aralıklarla yerleştirilerek havalandırma.

Orta uzunluklardaki galerilerde, olağanüstü kapasite ve boyutlardaki tek bir ventilasyon ile arına yeterli havayı ulaştırmak teorik olarak olasıdır. Ancak boyut, basınç ve ekonomik sınırlamalardan dolayı bu seçenek pratikte uygulanamaz (Vutukun, 1984).

Galeni sürme işinde arın ilerledikçe arına hava ulaştırılan boru hattı, galeri arını yakınına uzatılır. Boru hattı direncinin ve hava kaçaklarının artmasından dolayı, arına ulaşan hava giderek azalır. Arına ulaştırılan hava miktarı, kabul edilemez bir değere kadar azaldığında, hatta bir başka ventilasyon

ilave etmek gerekir. Bu aşamada karar verilmesi gereken konu, ikinci vantilatörün birinci ile birlikte galeri girişinde peşpeşe mi yerleştirilmesi, yoksa hat üzerinde birinci vantilatörden belli bir ufaklıkta mı yerleştirilmesi konusudur.

İkinci vantilatör birincinin yanına yerleştirilirse, yani vantilatörler galeri girişinde toplanırlarsa, bu bölgede oluşan yüksek hava basıncı kaçak miktarını artırır ve sistemin etkinliğini azaltır. Bu nedenle, bu seçenek de yaygın olarak kullanılmaz (Vutukuri, 1984 ; Calizaya vd. 1993).

Vantilatörleri hat boyunca aralıklarla yerleştirmek, optimum havalandırmayı sağlayan seçenektir. Bu uygulamada temel sorun, ikinci vantilatörün yerinin belirlenmesidir. Eğer ikinci vantilatör hat üzerinde rastgele bir yere yerleştirilirse, kontrol dışı bir kısa devre oluşabilir ve olumsuz koşullar ortaya çıkabilir. Çok uzun hatlarda İkiden daha fazla vantilatör kullanmak da gerekebilir. Bu durumda vantilatörler belirli aralıklarla, *seii* halde bağlanmış bir düzende çalıştırılır. Vantilatörlerin herbiri, kendisi ve kendisinden bir sonraki vantilatör arasında kalan boru hattı bölümünün direncini yenebilmeli ve gerekli miktardaki havanın hareketini sağlayabilmelidir (Vutukuri,1983 ; Vutukuri 1987).

3. UZUN TALİ HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN TASARIM

Tek bir vantilatörle arına yeterli havanın ulaştırılmadığı uzun galerilerin tali havalandırma sistemlerinin tasarımında, eldeki verilere bağlı olarak, probleme iki şekilde yaklaşım yapılabilir.

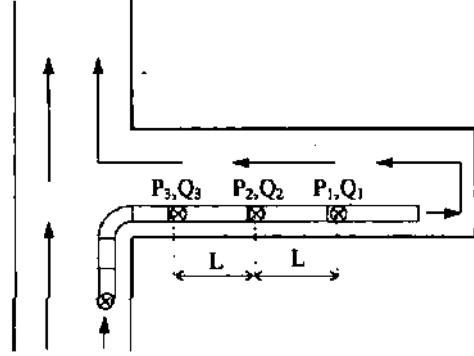
- Vantilatörleri eşit aralıklarla yerleştirerek, hat üzerinde kullanılacak vantilatörlerin karakteristiklerini ayrı ayrı belirlemek.
- Çalışma koşulları bilinen özdeş vantilatörlerin hat üzerinde optimum olarak yerleştirileceği konumları belirlemek.

Her iki yaklaşım biçimi için de aşağıdaki veriler önceden biliniyor olmalıdır.

- Hattın maksimum uzunluğu
- Arında gerekli hava miktarı
- Hat karakteristikleri (Boru çapı,sürtünme katsayısı, kaçak yollarının direnç katsayısı)

3.1. Uygun Vantilatörlerin Seçimi Yaklaşımı

Bu yaklaşımda, yukarıda sıralanan verilerin yanında, hatta kullanılması düşünülen vantilatör sayısı önceden bilinmektedir. Bu vantilatörler eşit aralıklarla (L) yerleştirileceğinden, vantilatörlerin hat üzerindeki yerleri de belli olmaktadır. Problem, bu noktalara yerleştirilecek uygun vantilatörlerin seçimidir. Her bir vantilatör farklı koşullarda çalışacağından, hat üzerinde eşit aralıklarla sıralanmış, farklı çalışma performanslarına sahip vantilatörler kullanılacaktır



Şekil 1 .Vantilatörlerin eşit aralıklarla yerleştirilmesi.

Bu problemin çözümünde aşağıdaki algoritma izlenir:

1. Adım : Anndan L kadar uzaklıkta olan ilk vantilatörün tasarımında, bu vantilatörün tek basma çalıştığı ve L kadar uzaklığa hava gönderdiği düşünülür. L uzunluktaki bir boru hatundan, arına gerekli hava miktarını (Q_g) ulaştırabilecek performansa sahip bir vantilatörün seçimi yapılır. Bu vantilatörün çalışma basıncı (P_1) ve basması gereken hava miktar (Q_1) değerleri belirlenir. Boru hatundaki kaçaklardan dolayı, vantilatörün basması gereken hava miktarı, arına ulaştırılması gereken hava miktarından daha büyük ($Q_1 > Q_g$) olacaktır.
2. Adım : İkinci vantilatörün tasarımında da benzer şekilde düşünülür. Bu vantilatör, ilk vantilatör için gerekli olan Q_1 hava miktarını, hattın ikinci kesiminde L kadar mesafeye taşıyabilecek şekilde seçilir ve vantilatörün çalışma basıncı (P_2) ile basması gereken hava miktar (Q_2) değerleri belirlenir. Hattın bu ikinci kesiminde de hava kaçaktan söz konusu olacağından, $Q_2 > Q_1$ olacaktır.
- 3 Adım İkiden fazla vantilatör kullanılması durumunda, benzer hesaplamalar diğer vantilatörler için de tekrarlanır.

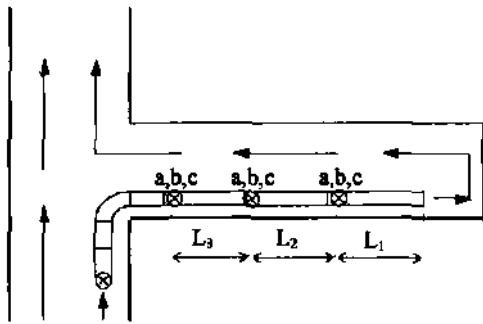
Her adımdaki vantilatör seçim işlemi için, kısa galenlerdeki tab havalandırma sistemlerinin tasarımında kullanılan yöntemler uygulanır. Kaçak hatlardaki hava akımı analizleri için literatürde uç yaklaşım önerilmektedir (Vutukun 1984, Vutukun 1993)

- Kaçakların hat boyunca uniform olarak dağıldığını kabul etmek ve kaçaklı boru hattını matematiksel olarak analiz etmek,
- Birçok ayrı kaçak yolu olduğunu kabul ederek, boru hattı ile kaçak yollarını bir havalandırma şebekesi gibi değerlendirmek,
- Birçok ayrı kaçak yolu olduğunu kabul etmek ve boru hattı ile kaçak yollarını sen-paralel bağlı devreler şeklinde analiz etmek

Vantilatör seçiminde bu yöntemlerden herhangi birini kullanılabilir. Yöntemlerin verdiği sonuçlar arasındaki farklılıklar önemsiz değerlerdedir.

3.2 Optimum Vantilatör Yerlerinin Belirlenmesi Yaklaşımı

Bu yaklaşımda boru hattına ait genel venlenn dışında, vantilatör çalışma performansını belirleyen vantilatör katsayıları (a, b, c değerleri) bilinmektedir. Özdeş olan birden fazla vantilatör, hat üzerinde farklı aralıklarla sen bağlı olarak yerleştirilecektir. Problem, vantilatörlerin hat üzerindeki yerlerinin ve kullanılacak vantilatör sayısının belirlenmesidir.



Şekil 2 Özdeş vantilatörlerin optimum konumları

Tasarıma arına yakın olan ilk vantilatörün konumunun saptanması ile başlanır. a, b, c katsayıları bilinen bu vantilatörün, arına gerekli hava miktarını (Qg) ulaştırabileceği optimum uzunluk (L1) hesaplanır. Bu hesaplama için aşağıdaki algoritma izlenir.

1 Adım $t=0$ alınır

2 Adım Bir hat bölüm uzunluğu değeri (x) atanır, $t=1+l$, $t=x$ alınır

3 Adım t uzunluğundaki hattın direnci (R_t), bu bölümdeki kaçak yollarının direnci (R[^]) ve bu değerlerin eşdeğer direnci (R_e) belirlenir

4 Adım a, b, c katsayılarına sahip tab vantilatör, R_e eşdeğer direncine sahip x uzunluğundaki bir hatta çalıştınsaydı basacağı hava miktarı (Q_v),

$$a \cdot Q_v^2 + b \cdot Q_v + c = R_e \cdot Q_v^2 \quad (1)$$

ikinci dereceden fonksiyonunun çözümüyle hesaplanır. Bu bölümdeki kaçak hava miktarı ve bölüm ucuna ulaşan hava miktarı (Q_x) belirlenir.

5 Adım $Q_x > Q_g$ ise $x=x+t$ yapıp 3 adıma dönülür. $Q_x < Q_g$ ise 6 adıma devam edilir.

6 Adım Bu vantilatörün kullanılabilmesi için maksimum uzunluk x-t ile x metre arasında bir yerdedir. Vantilatör x-t konumuna yerleştirilirse hat ucuna gerekenden fazla hava ulaşılacaktır, x konumuna yerleştirilirse de yetersiz kalacaktır. Bu ikinci durumda, hat direncinin bir miktar düşürülmesi, bir başka deyişle x hat uzunluğunun biraz azaltılması gerekir. Hat direncinden sağlanması gereken direnç azalması (R_a),

$$(R_e + R_a) \cdot Q_x^2 = a \cdot Q_x^2 + b \cdot Q_x + c \quad (2)$$

fonksiyonunun çözümüyle hesaplanır. Bu ifadede R_a dışındaki tüm parametreler bilindiğinden, R_a değeri kolayca belirlenir. Sonuç negatif işarette çıkacaktır. x hat uzunluğundan çıkartılması gereken L_a uzunluğu ise,

$$L_a = \frac{R_a \cdot A^3}{k \cdot V} \quad (m) \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanır.

A = Boru kesiti (m²)

V = Boru çevresi (m)

k = Boru sürtünme katsayısı

Ele alınan vantilatör için hat uzunluğu

$$L_1 = x - L_a \quad (m) \quad (4)$$

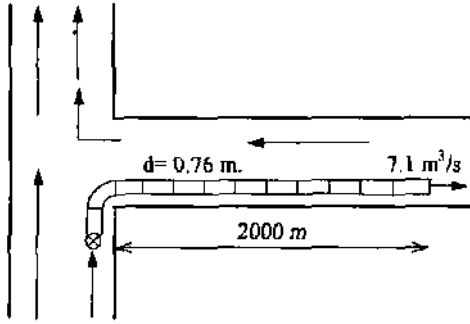
olur.

7 Adım L₁ için R_e direnci hesaplanıp, vantilatörün çalışma koşulları olan Q_v ve P_v değerleri belirlenir.

8. Adım • İkinci vantilatörün tasarımına geçilir Bu vantilatörün, bağlı olduğu hat bölümünün sonuna ulaştırması gereken hava miktarı, birinci vantilatörün basması gereken hava miktarı kadar olacaktır. Bu nedenle, $Q_g = Q_i$ olarak eşitlenip 2. adıma dönülür. Tüm işlemler benzer şekilde tekrarlanır. Tüm boru hattı için hesaplamalar tamamlandığında tasarım sona erdirilir. Sonuçta, hat boyunca kullanılacak olan vantilatörlerin sayısı, yerleri ve çalışma koşulları belirlenmiş olur.

4 TASARIM UYGULAMASI

Algoritmaları verilen yöntemler, Şekil 3'deki tali havalandırma çalışmasına uygulanarak omeklenmiştir. Uygulamada boru hattı çapı 0.76 m, arına ulaştırılması istenen hava miktarı 7.1 m³/s, boru hattının direnci 40000 Ns²/m⁶/100m. olup, boru hattının her bir bölümünün uzunluğu 100 m., hattın toplam uzunluğu ise 2000 m.dir.



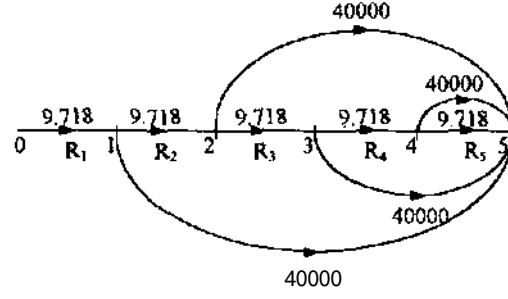
Şekil 3 Projelendirilecek tali havalandırma çalışması

4.1 Uygun Vantilatörlerin Seçimi

Bu hatta 500 m. aralıklarla 4 adet vantilatörün kullanılması düşünülerek, uygun vantilatörlerin seçilmesi istenmektedir. Bu durumda vantilatörlerin boru hattı boyunca yerleri, hattın arın ucundan itibaren 500, 1000, 1500 ve 2000'inci metrelerde olacaktır

Birinci vantilatör 500 metrelik boru hattından havayı taşıyacak ve bu hat 100'er metrelik beş bölümden oluşacaktır. Her bir bölümün direnci $R_{1,1}=9.7184$ Ns²/m⁶ olarak, boru hattının eşdeğer direnci ise $R_{e,1}=43.962$ Ns²/m⁶ olarak hesaplanır (Şekil 4)

Tüm kaçak yollarındaki hava miktarları belirlendikten sonra, vantilatörün bastığı debinin, arına ulaşan debiye oranı olarak tanımlanan Debi Artış Oranı (DAO) parametresi.



Şekil 4. Boru hattı ve kaçak yolların şebekesi

$$DAO = 1.0974$$

olarak belirlenir Bu durumda, arına gerekli hava miktarını ($Q_c=7.1$ m³/s) ulaştırabilmek için ilk vantilatörün basması gereken hava miktarı ($Q_{f,1}$);

$$Q_{f,1} = DAO * Q_g = 1.0974 * 7.1 = 7.7915 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak, vantilatör çalışma basıncı ($P_{f,1}$) ise,

$$P_{f,1} = R_{e,1} * Q_{f,1}^2 = 43.962 * (7.7915)^2 = 26688 \text{ Pa}$$

olarak hesaplanır.

ikinci vantilatörün çalışma koşullarının belirlenmesinde temel prensip, ilk vantilatörün bastığı debinin ikinci vantilatör tarafından karşılanabilmesidir İkinci hattın sonuna ulaştırılması gereken debi, birinci vantilatörün basması gereken debi olarak alınarak, yukarıdaki tüm hesaplamalar tekrarlanır

$$\text{İkinci vantilatörün debisi} \quad Q_{r,2} = 8.5503 \text{ m}^3/\text{s}$$

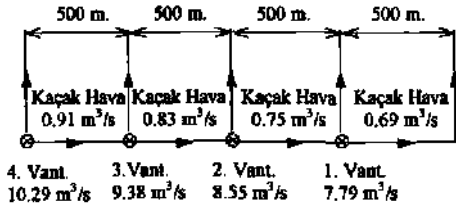
$$\text{İkinci vantilatörün basıncı} \quad P_w = 3213.94 \text{ Pa}$$

değerleri bulunur. Benzer işlemlerin ardışık olarak sürdürülmesi ile üçüncü ve dördüncü vantilatörün de çalışma koşulları belirlenir. Boru hattı boyunca kullanılacak vantilatörlerin çalışma koşulları Tablo 1'de, şebekedeki hava dağılımları ise Şekil 5'de verilmiştir

Tablo 1. Uygun vantilatörlerin çalışma koşulları.

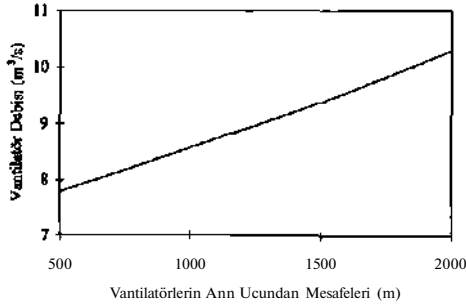
Vantilatörlerin boru hattındaki yeri*, (m)	Vantilatörün kullandığı debi, (m ³ /s)	Vantilatör basıncı, (Pa)
500	7.7914	26688
1000	8.5502	3213.9
1500	9.3829	3870.4
2000	10.2967	4661.0

* Boru hattının sonundan olan mesafeler'

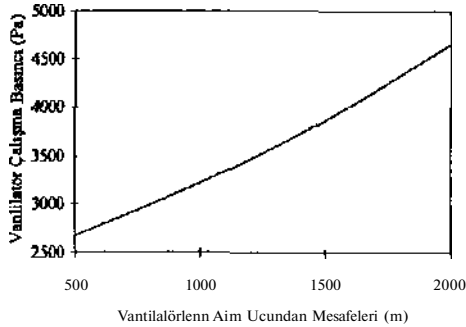


Şekil S. Hat boyunca oluşacak hava dağılımı

Tablo sonuçlarının incelenmesinden, hattın arın ucundan, galeri girişine doğru ilerledikçe, hava kaçaklarından dolayı vantilatörlerin basması gereken hava miktarları ve çalışma basınçlarının arttığı anlaşılmaktadır. Bu iki parametrenin, vantilatörlerin boru hattı ucundan olan mesafeye göre değişimi Şekil 6 ve Şekil 7'de grafik olarak yorumlanmıştır.



Şekil 6. Vantilatör konumu-debi ilişkisi



Şekil 7. Vantilatör konumu-çalışma basıncı ilişkisi

4.2. Optimum vantilatör yerlerinin belirlenmesi

Bu tasarım biçiminde, 2000 m. uzunluğundaki galerinin, katsayılar? $a = -89.3$, $b = 1159.5$, $c = -1742$ olan

özdeş vantilatörlerle havalandırılması durumunda optimum vantilatör konumları belirlenecektir.

1. Adım : $i = 0$

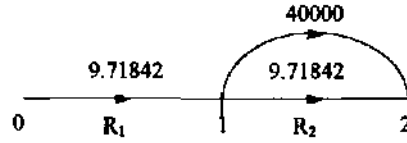
2. Adım $x = 100$ m., $i = 1$, $t = 100$ m. alınır

3. Adım : Boru hattının 100 metrelik bölüm uzunluğunun direnci $R_t = 9,7184 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ olarak hesaplanır. Bu ilk bölümde kaçak yolu olmadığından; $R_k = 0$ ve ilk bölümün eşdeğer direnci $R = 9.7184 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ olur.

4. Adım : $-89.3 Q_v^2 + 1159.5 Q_v - 1742 = 9.7184 Q_v^2$ ikinci dereceden fonksiyonunun çözümünden, $Q_v = 9.94 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunur. İlk bölümde kaçak hava olmadığından $Q_k = 0 \text{ m}^3/\text{s}$, arına ulasan hava ise $Q_x = 8.7479 \text{ m}^3/\text{s}$ olur.

5. Adım : $9.94 > 7.1$ olduğundan, $x = 200$ m. olarak alınıp 3. adıma dönülür

3. Adım : $R_t = 9.7184$, $R_k = 40000$ olduğundan, $R_c = 19.1408 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ olarak hesaplanır (Şekil 8).



Şekil 8. 200 metre uzunluk için şebeke dirençleri.

4. Adım : $-89.3 Q_v^2 + 1159.5 Q_v - 1742 = 19.1408 Q_v^2$ fonksiyonunun çözümünden, $Q_v = 8.8843 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunur. Kaçak hava miktarı $Q_k = 0.1363 \text{ m}^3/\text{s}$, arına ulasan hava ise $Q_x = 8.7479 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanır

5. Adım : $8.7479 > 7.1$ olduğundan, $x = 300$ m olarak alınıp 3. adıma tekrar dönülür.

Algoritma benzer şekilde izlenerek, işlemlere $Q_x < Q_g$ olana dek devam edilmiş, koşul $x = 400$ metre olarak alındığında sağlanmıştır. Bunun anlamı, vantilatörün optimum konumunun, hattın 300, metresi ile 400 metresi arasında bir yerde olacağıdır. Anna gerekli hava miktarını (7.1 m/s) ulaştırmak için, vantilatörün basması gereken hava miktarı $Q_x = 7.56 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak, 400 m. uzunluktaki hatun eşdeğer direnci de $R_c = 36.33 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ olarak hesaplanır

6. Adım Azaltılması gereken hat direncini ifade eden R_a değeri, (2) eşitliğinden;

$$(36.33 + R_a) + (7.56)^2 = -89.3 + 1159.5 \cdot 7.56 - 1742$$

$$R_a = -2.787 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$$

400 metre uzunluktan azaltılması gereken hat uzunluğu da (3) eşitliğinden;

$$L_a = -28.684 \text{ m.}$$

olarak hesaplanır. Bu durumda vantilatörün kullanılabileceği maksimum uzunluk, (4) eşitliğinden;

$$L_1 = 400 - 28.685 = 371.316 \text{ m.}$$

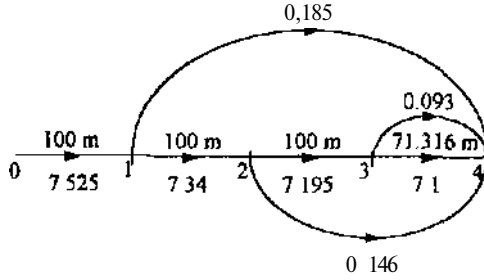
olarak belirlenir. Bir başka deyişle, ilk vantilatörün optimum konumu, arından itibaren 371,316'ncı metredeki noktadır.

7, Adım : 371.316 m. uzunluğundaki hattın eşdeğer

direnci $R_{\text{ç}} = 34,015 \text{ N s}^2/\text{m}^8$ olarak hesaplanır Bu durumda İlk vantilatörün çalışma koşulları,

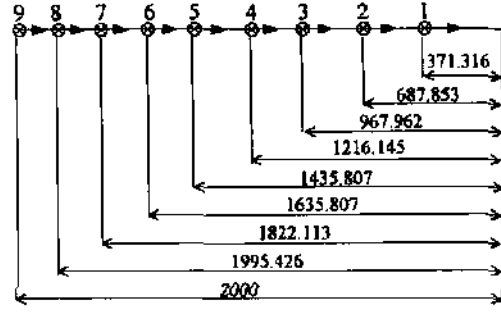
$$Q_{\text{ç}} = 7.526 \text{ m}^3/\text{s} , P_{\text{ç}} = 1926.45 \text{ Pa}$$

olarak bulunur, ilk vantilatörün çalıştığı 371.316 metre uzunluğundaki ilk kısım için hesaplanan hava dağılımı Şekil 9'da verilmiştir,



Şekil 9. Hattın ilk kısmındaki hava dağılımı (mVs)

İkinci vantilatörün optimum konumu bulunduğundan sonra, toplam galeri uzunluğuna ulaşana dek hesaplamalar sürdürülmüş ve 200ü m uzunluğundaki hattan arına yeterli miktarda havayı ulaştırabilmek için, toplamı 9 adet vantilatör kullanılması gerektiği belirlenmiştir Her bir vantilatörün optimum yeri ve vantilatörlerin çalışma koşulları da hesaplanmıştır Vantilatörlerin hat üzerinde yerleştirilmesi gereken yerler Şekil 10'da, her bir vantilatörün çalışma noktası değerleri ise Tablo 2'de toplu halde verilmiştir

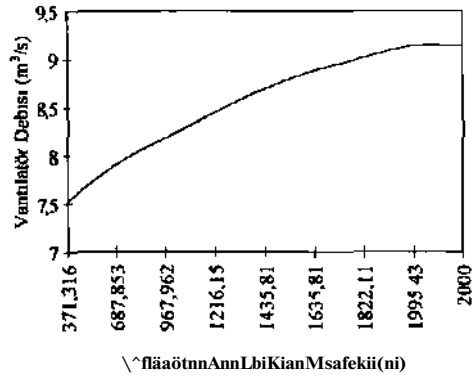


Şekil 10. Vantilatörlerin hat boyunca dağılımı (m.)

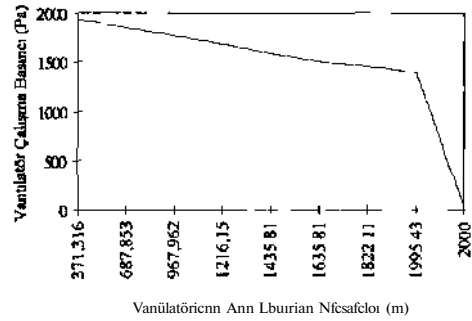
Anndan uzaklaştıkça hava kaçakları arttığından, vantilatörlerin basması gereken hava miktarları da artmakta, vantilatörlerin kullanılabilecekleri hat uzunlukları ise azalmaktadır (Şekil 11), Hattaki vantilatörlerin çalışma basınçlarının değişimi de Şekil 12'dedir

Tablo 2 Vantilatörlerin çalışma koşulları

Vantilatörler arası mesafe, (m)	Vantilatörün kullandığı debi, (m ³ /s)	Vantilatör basıncı, (Pa)
371.316	7.526	1926.451
316,537	7.908	1842,734
280.109	8.189	1764.623
248 183	8 453	1678.589
219 662	8,702	1585.558
200	8 884	1510.812
186 306	9017	1452.703
173 313	9 145	1393.166
4 574	9.145	37 181



Şekil 11 Vantilatörlerin yeni ile debinin değişimi



Şekil 12 Vantilatörlerin yeni ile basınç ilişkisi

5 BİLGİSAYAR PAKET PROGRAMI

Uzun tali havalandırma sistemlerinin tasarımında kullanılan, algortmalan verilen yöntemler uzun ve karmaşık hesaplamaları gerektirmektedir. Bunlar zaman alıcı ve sıkıcı işlemlerdir, hesaplamalar sırasında hata yapma olasılığı da oldukça yüksektir. Bu nedenle, uzun hatların tasarımında bilgisayarların kullanılması havalandırma mühendisine büyük kolaylıklar getirecektir.

Bu amaçla, SERİP isimli bir bilgisayar paket programı geliştirilmiştir. Program, boru hattı ile kaçak yollarını sen-paralel bağlı devreler şeklinde analiz etme yaklaşımını temel almakta ve kullanıcıya beş farklı tasarım alternatifini sunmaktadır. Ana incininun uç seçeneği, kısa galerilerdeki tali havalandırma hesaplamaları ile ilgilidir. Diğer iki seçenek ise, uzun tali havalandırma sistemlerinin

tasarımındaki iki ayrı yaklaşımı konu almaktadır. Program, örnek uygulamalar için denenmiş, alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve işlerliği kanıtlanmış Programın kullanılması sayesinde, saatlerce, hatta günlerce sürebilecek hesaplama işlemleri çok kısa sürede tamamlanabilmekte, yanlış ve doğru bir şekilde yapılması koşuluyla hata yapma olasılığı ortadan kaldırılabilmektedir.

6 SONUÇLAR

Uzun galeri ve tünellerin açılması sırasında uygulanan tali havalandırma sistemlerinin tasarımına, iki yaklaşım yapılabilir. İlk yaklaşımda hat boyunca eşit aralıklarla yerleştirilen, sayı ve yerleri belli olan vantilatörlerin uygun çalışma koşulları hesaplanır. İkinci yaklaşımda ise, katsayıları bilinen özdeş vantilatörlerin hat üzerindeki yerleri ve kullanılacak toplam vantilatör sayısı belirlenir.

Her iki yaklaşım biçimi için izlenmesi gereken hesaplama mantığı, algortma yapısında ortaya konmuştur. Çözüm algoritmasının işleyişi, 2000 metre uzunluğundaki bir tali havalandırma çalışması üzerinde örneklenmiştir. Galerinin 500 m aralıklarla yerleştirilmiş vantilatörlerle havalandırılması durumunda, gerekli olan 71 m³/s değerindeki hava miktarını ana ulaştırabilmek için, seçilecek vantilatörlerin her birinin çalışma performansları hesaplanmıştır. Hattın ana ucundan galeri girişine doğru, vantilatörlerin basması gereken hava miktarının ve çalışma basınçlarının arttığı anlaşılmıştır.

Aynı galerinin katsayıları bilinen özdeş vantilatörlerle havalandırılmadığı durumda, vantilatörlerin hat üzerinde yerleştirilmemesi gereken yerler belirlenmiş, gerekli havayı arıran ulaştırabilmek için toplam 9 vantilatörün kullanılmaması gerektiği bulunmuştur.

Çözüm algoritmalarının bilgisayar ortamında işlenebilmesi amacıyla, SERİP isimli bir paket program geliştirilmiştir. Program, oldukça uzun ve karmaşık olan hesaplama işlemlerinin çok kısa sürede tamamlanmasını sağlamakta, hata yapma olasılığını da ortadan kaldırmaktadır. Kısa tali havalandırma hatlarının tasarımı ile ilgili menu seçenekten de sunan paket program, konu ile ilgilenen maden mühendislerine büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Calzaya, F ve Jones, P M , 1993 *A method of designing auxiliary ventilation Systems for laity*

Single underground openings, 6th US Mine Ventilation Symp.

Skochinsky, A. ve Komarov, V, 1969 *Mine ventilation*, MIR Publishers

Vutukuri, V.S. 1983. *Air leakage in ventilation ducting and the design of auxiliary ventilation systems*, The Mining Engineer

Vutukuri, V.S. 1984. *Design of auxiliary ventilation systems for long arivages*. Fifth Australian Tunnelling Conference

Vutukuri, V.S. 1987. *Uncontrolled recirculation in auxiliary ventilation with fans in series along the duct*, The Mining Science and Technology

Vutukuri, V.S. 1993. *An appraisal of accuracy of various formulas for the design of a simple auxiliary ventilation system*, 6th US Mine Ventilation Symp.