

Tali Havalandırma Hesaplamaları

Auxiliary Ventilation Calculations

Çetin ONUR (*)
Gündüz YEREBASMAZ ()**

ÖZET

Bu yazıda, tali havalandırma vantüplerinin direnç ve kaçak katsayılarını hesaplamak için grafiksel bir yöntem tanıtılmaktadır. Tali havalandırma hesapları, grafikler ve pervane karakteristik eğrileri kullanılarak basit bir şekilde yapılabilmektedir.

ABSTRACT

A graphical method to calculate resistance and leakage constants for an auxiliary ventilation system is described. Charts and fan characteristic curves can be used to design simple auxiliary ventilation systems.

(*) Maden Mühendisi, TTK Etüd Plan-Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı, ZONGULDAK
(**) Maden Yüksek Müh., İTK Etüd Plan-Proje ve Tesit Dairesi Başkanlığı, ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Kaçaklı bir vantüp şebekesi içinde akan hava miktarı, iki diferansiyel eşitlik ile tanımlanır ve bu eşitlikler yardımıyla kaçak ve direnç katsayıları hesaplanır. Toplam vantüp uzunluğu boyunca akan ve basınç dağılımı hesaplanan katsayılar kullanılarak bulunur.

Bu hesaplamalar çok hassas bir şekilde bilgisayar kullanılarak yapılabildiği gibi bilgisayarın olmadığı durumlarda grafikler yardımıyla da yapılabilmektedir.

2. DİRENÇ VE KAÇAK KATSAYILARININ TANIMI

Yeraltındaki bir galeri boyunca sadece basınç değişir. Oysaki bir vantüp içinde kaçaklardan dolayı hem basınç hem de hava miktarı değişim gösterir. Galerilerde tek bir katsayı, direnç kullanılır. Vantüplerde ise hem direnç hem de kaçak katsayıları kullanılmaktadır.

Vantüplerdeki direnç katsayısı galerilerdeki ne benzer. Belli bir vantüp uzunluğunda ve belli bir debide basınç kayıpları ile ifade edilir. Pratik olarak, 1 m³/s hava 100 m uzunluğundaki vantüpten geçerken 1 Pa basınç kaybı meydana getirirse buna direnç katsayısı denir. Direnç birimi "gaul" olduğundan (1 m³/s hava miktarında 1 Pa (1 kPa = 101.972 mm Su) basınç düşmesine neden olan dirence 1 gaul denir) direnç katsayısı gaul/100 m olarak ifade edilir ve burada r, olarak gösterilmiştir.

Kaçak katsayısı, belli bir basınç farkında ve belli bir uzunluktaki vantüp içinden kaçan hava miktarıdır. Pratikte 1 kPa basınç farkında 100 m uzunluğundaki bir vantüpten m³/s olarak ifade edilen kaçak hava miktarıdır ve burada k₁ olarak gösterilmiştir.

Direnç için birim gaul/m (1 Pa basınç farkında), kaçak için birim m³/s / m dir. Burada bunlar sırasıyla r ve k olarak gösterilmiştir.

$$r_1 = r \times 100$$

$$k_1 = k \times 100 \times (1000)^{1/2}$$

Kaçak hava miktarı, vantüpün içi ile dışı arasındaki basınç farkının kare kökü ile doğru orantılı olduğundan kare kök terimi formüle girmektedir.

3. GRAFİKLERİN HAZIRLANMASI

Direnç ve kaçak katsayıları için kullanılan formüller:

$$r = \frac{P_1 - P_2}{L} \left[\frac{5}{2 Q_1 + 3 Q_2} \right]^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$k = \frac{3 (Q_1 - Q_2) (P_1 - P_2)}{2 L (\sqrt{P_1^3} - \sqrt{P_2^3})} \dots\dots\dots (2)$$

r = direnç katsayısı
k = kaçak katsayısı
P₁ = giriş basıncı
P₂ = çıkış basıncı
Q₁ = giren hava miktarı
Q₂ = çıkan hava miktarı
L = uzunluk

r¹i elde etmek için (1) formülünde direnç katsayısı gaul/100 m, basınç Pa, debi m³/s ve uzunluk 100 m cinsindedir. k¹i elde etmek için (2) formülü kullanılır. Debi ve uzunluk r, de olduğu gibidir fakat basınç kPa'dır.

(1) formülünde debi, ağırlıklı ortalama debidir:

$$Q_m = \frac{2 Q_1 + 3 Q_2}{5}$$

vantübün çıkışında P₂ = 0 alınırsa formüller şu hale gelir:

$$r = \frac{P_1}{L} \left[\frac{5}{2 Q_1 + 3 Q_2} \right]^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$k = \frac{3 Q_1 - Q_2}{2 L \sqrt{P_1}} \dots\dots\dots (4)$$

Bu iki eşitliğin kullanılması ile (5) eşitliği bulunur:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(6kL\sqrt{rL} + 15)}{(15 - 4kL\sqrt{rL})} \dots\dots\dots (5)$$

Bu eşitliğin sağ tarafı iki parametrelidir. Parametrelerden biri direnç ve uzunluk, diğeri kaçak ve uzunluktur. Bunlara nominal direnç (r_N) ve nominal kaçak (k_N) denir. Dolayısıyla debi oranı (Q_R), nominal direnç ve nominal kaçığın bir fonksiyonudur.

$$Q_R = \frac{Q_1}{Q_2} = f(k_N, \sqrt{r_N}) \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_R = 7 T = \frac{U_2}{U_1} (k_N \sqrt{r_N}) \dots\dots\dots(6)$$

Bu formüller ve bilgisayar programları kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 1'de görülmektedir. Grafikler, debi oranı ile nominal kaçak ve nominal direnç kullanılarak çizilmiştir.

Bu değerler, minimum pervane basıncının ve galeri arnında istenilen hava miktarının bulunmasında kullanılır. Pervanelerin karakteristik eğrileri ve herhangi bir vantüp şebekesi kullanılarak galeri amma basılan hava miktarı hesaplanır. Örnek olarak tali pervanelerin karakteristik eğrileri Şekil 2'de görülmektedir. Grafikte, yüksek dirençli vantüp şebekelerinde pervanelerin değiştirilmesi ile galeri arnına basılan hava miktarının çok az değiştiği görülmektedir. Şekil 3'de ise özellikleri belli bir pervanenin karakteristik eğrisi verilmiştir.

Bunların yardımıyla her havalandırma mühendisinin elinde bulunan pervanelere göre kendi grafiklerini hazırlaması daha pratik sonuçlar verir. Şekil 4'de 610 mm çapında vantüp şebekesinde arına basılan hava miktarları görülmektedir.

Değişik tip vantüpler için tipik direnç ve kaçak katsayıları Çizelge 1'de görülmektedir. Bu değerler iyi döşenmiş bir hat için ortalama değerlerdir, iyi döşenmemiş hatlarda direnç değerleri 10 kat daha yüksek olabilir.

Çizelge 1. Değişik Çapta Vantüpler İçin Tipik Kaçak ve Direnç Katsayıları (k_1, r_1)

| Çap | Çelik boru | | Vantüp | |
|-----|------------|-------|--------|-------|
| | k_1 | r_1 | k_1 | r_1 |
| 610 | 23 | 0,14 | 30 | 0,16 |
| 760 | 8 | 0,18 | 10 | 0,20 |
| 900 | 3 | 0,21 | 4 | 0,24 |

4. GRAFİKLERİN KULLANILMASI

Grafikler iki tür hesaplama için kullanılır.

4.1. Kaçak ve Direnç Katsayılarının (k, r) Bulunması

Mevcut sistem üzerinde şu ölçmeler yapılmalıdır:

Q_1 vantüp girişinde (pervane çıkışı) hava miktarı, m^3/s

Q_2 vantüp çıkışında hava miktarı, m^3/s

P, vantüp girişindeki basınç, Pa

L şebeke uzunluğu, m

Ortalama debi (Q_J ve debi oranı (Q_R):

$$Q_m = \frac{2Q_1 + 3Q_2}{5}$$

$$Q_R = Q_1 / Q_2$$

Nominal direnç:

$$r = N / Q_m^2$$

Q_R ve r_N değerlerinin hesaplanmasından sonra Şekil 1'deki grafik kullanılarak nominal kaçak k_N bulunur.

k , kaçak katsayısı (1 kPa basınç farkında 100 m uzunluğundaki vantüpten kaçan hava miktarı, m^3/s), k_N nominal kaçığın 100 m'lik uzunluğa bölünmesi ile bulunur, r , direnç katsayısı (gaul / 100 m), r_N nominal direncin aynı şekilde 100 m'lik uzunluğa bölünmesiyle bulunur.

Örnek bir hesaplama Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Vantüp Sistemlerinde k , ve r , (kaçak ve direnç) Katsayılarının Bulunması

1 - Vantüpün iki ucundaki debi

$$Q_1 = \text{Giriş} \quad 6,4 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = \text{Çıkış} \quad 3,2 \text{ m}^3 / \text{s}$$

2 - Pervane basıncı, P, 2000 Pa

3 - Vantüp uzunluğu (m) 1000 m

4 - Ortalama debi

$$Q_J = (2Q_1 + 3Q_2) / 5 \quad 4,48 \text{ m}^3 / \text{s}$$

5 - Nominal direnç

$$r_N = P_1 / (Q_m)^2 \quad 99,6 \text{ gaul}$$

6 - Debi oranı

$$Q_R = Q_1 / Q_2 \quad 2$$

7 - Şekil 1'deki grafikten, Q_R ve r_N

kullanılarak k_N 'nin bulunması

$$(k, \text{ kPa basınçta}) \quad 4,0 \text{ m}^3 / \text{s}$$

8 - k, k_N 'nin 100 m cinsinden uzunluğa bölünmesi ile bulunur

$$(1 \text{ kPa basınçta}) \quad 4,0/10=0,4$$

9 - r, r_N 'nin 100 m cinsinden uzunluğa

$$\text{bölünmesi ile bulunur} \quad 99,6/10=9,96$$

4.2. Basit bir Tali Havalandırma Projesinin Yapılması

Bu hesaplamalar iki değişik uygulama için yapılır.

a) Arında istenilen havayı elde etmek için gerekli minimum havalandırma basıncı ve hava miktarının bulunması.

b) Vantüp sisteminin fan karakteristik eğrisi ile birleştirilerek fan çalışma noktasının bulunması ve galeri arına basılan havanın hesaplanması.

4.2.1. Minimum Havalandırma Basıncı ve Hava Miktarının Hesaplanması

Kurulacak sisteme bağlı olarak aşağıdaki değerler bilinmeli ya da seçilmelidir.

k_1 , 1 kPa basınçta ve 100 m uzunlukta kaçak katsayısı $m^3/s/100 m$.

$r_{,,}$ 100 m uzunluk için direnç katsayısı gaul / 100 m

L , Sistemin uzunluğu, m.

Q_2 ,Galeri arında istenilen hava miktarı m^3/s

Kaçaksız hatlarda k , çok küçük (0,1)

iyi hatlarda k_1 (0,15)

Normal hatlarda k , (0,30-0,50)

alınabilir.

Pratikte arında istenilen hava miktarını bulmak için ve galeri içindeki hava hızı 0,15-0,20 m/s alınır ya da her m^2 galeri için $1/3 m^3/s$ hava miktarı esas alınır. Buna göre $B10 m^2$ bir galeri için 2-3 m^3/s hava gerekir.

Nominal kaçak (k_N) ve nominal direnç (r_N) değerleri, k , ve r , katsayılarının 100 m cinsinden uzunluk ile çarpılmasından elde edilir. Şekil Y deki grafikten k_N ve r_N değerleri yardımıyla debi oranı Q_R okunur. Aşağıdaki formüller yardımı ile Q , ve Q_m değerleri hesaplanır:

$$Q_1 = Q_2 \cdot Q_R$$

$$Q_m = \frac{2 Q_1 + 3 Q_2}{5}$$

istenilen hava miktarı için fan basıncı (P_1) aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

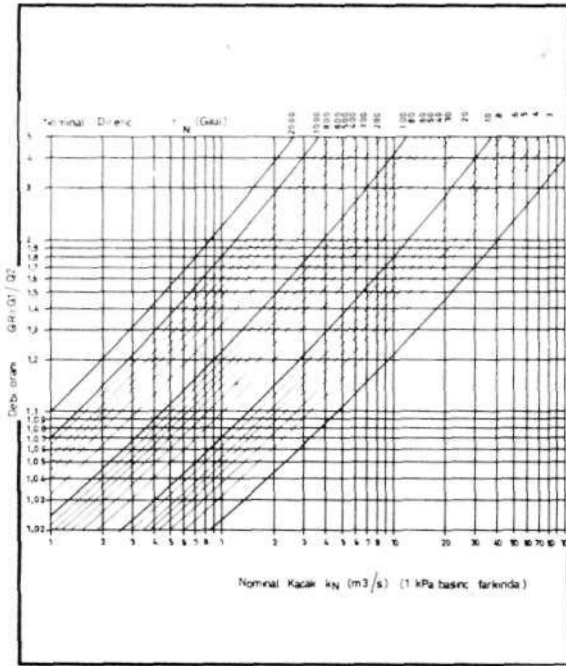
Bir hesaplama örneği Çizelge 3'de görülmektedir.

4.2.2. Pervane Eğrisinin Çalışma Noktasının Belirlenmesi

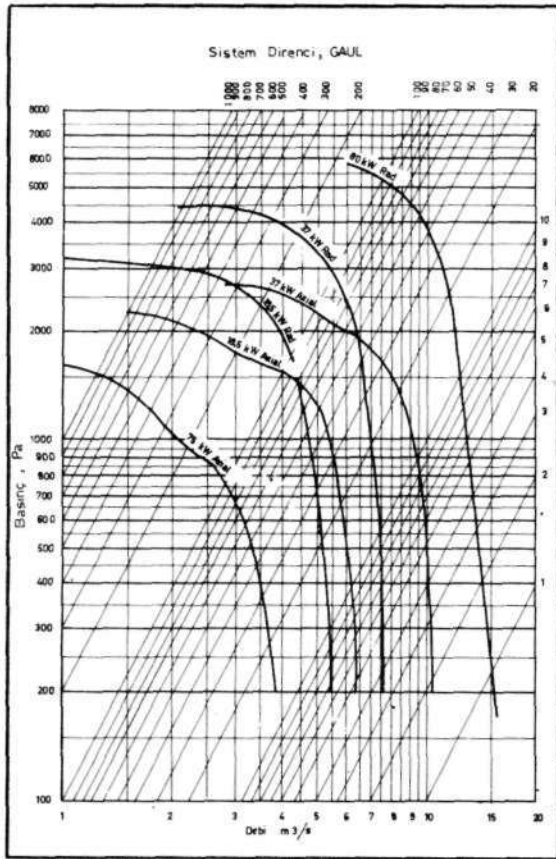
4.2.1'de anlatıldığı gibi Q_2 kullanılarak Q , ve P , değerleri elde edilir. X eksenindeki Q , ile Y eksenindeki P , değeri kesiştirilir (Şekil 2). Kesişme noktasından diğer direnç çizgilerine paralel çizilir. Çizilen çizgi ile pervane eğrisinin çakıştığı nokta pervanenin çalışma noktasıdır. Gerçek hava miktarı ve pervane basıncı okunur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tali Havalandırma Hesaplamaları

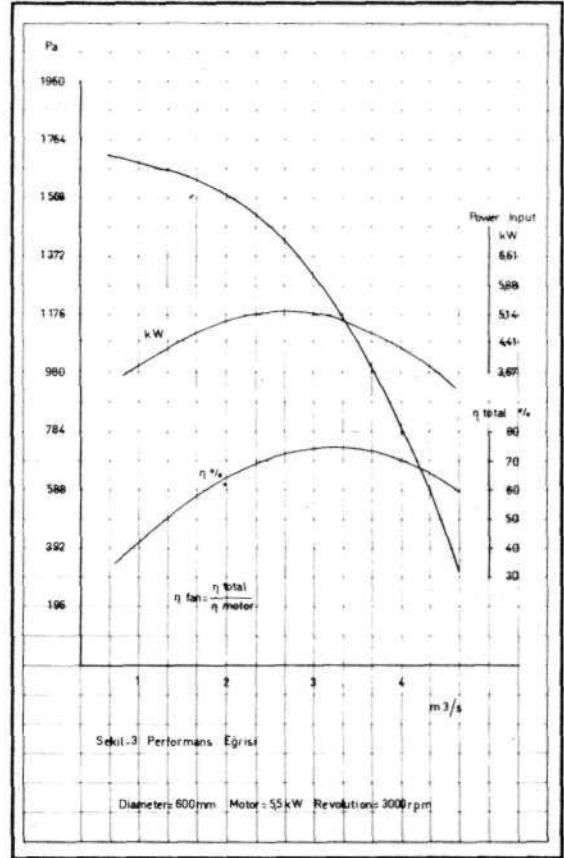
| | |
|--|--------------------------------------|
| 1 . k , VG r için uygun değerleri seç k , (1 kPa basınçta) r , | 0,4 $m^3/s/100 m$ 10,0 gaul/100 m |
| 2 . Şebeke uzunluğu (L) | 1000 m |
| 3 . Arında istenilen hava (Q_2) | 3,2 m^3/s |
| 4 . Nominal kaçığın (k_N) hesaplanması = k , x L | 0,4 x 10=4 m^3/s |
| 5 . Nominal direncin (r_N) hesaplanması = r , x 1000/100 | 10x10=100 gaul |
| 6 . Şekil 1'deki grafik kullanılarak debi oranının Q_R bulunması | 2,0 |
| 7 . Giriş debisinin (Q) hesaplanması Q , = $Q_2 \times Q_R$ | 3,2x2=6,4 m^3/s |
| 8 . Ortalama debinin hesaplanması. $Q_m = (2Q_1 + 3Q_2) / 5$ | 4,48 m^3/s |
| 9 . Fan basıncının hesaplanması. P , = $r_N \times Q_m^2$ | 2007 Pa |
| 10 . Fan tipinin seçimi | 18,5 kW aksiyal |
| 11 . Şekil 2'de Q , ve P_1 değerlerini kullanarak şebekenin direncinin bulunması | |
| 12 . Q , ve P ,nin kesişme noktasından direnç çizgilerine paralel çizilmesi. | |
| 13 . Direnç çizgisinin fan eğrisini kestiği noktanın belirlenmesi. Q , P , | 5,0 m^3/s 1250 Pa |
| 14 . Arına basılan hava miktarı $Q_2 = Q / Q_R$ | 5,0/2= 2,5 m^3/s |



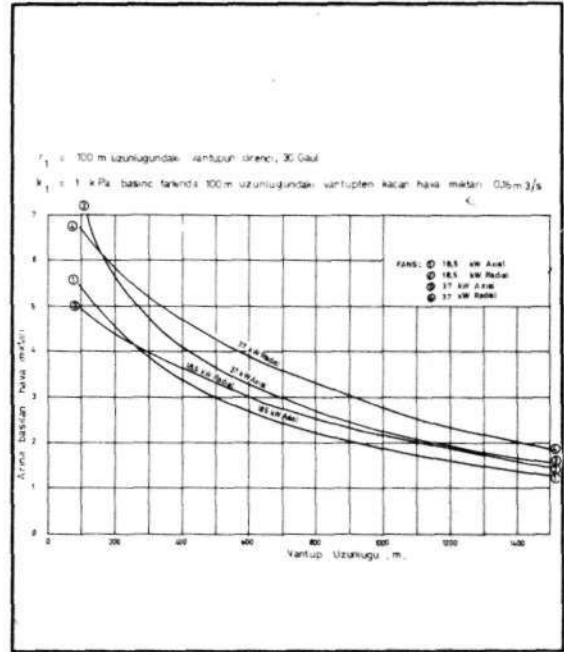
Şekil 1. Tali havalandırma hesaplamaları için Debi oranı / Kaçak tablosu



Şekil 2. İngiliz tali pervanelerinin ortalama karakteristikleri



Şekil 3. Performans eğrisi



Şekil 4. 610 mm vantüpler ve değişik pervaneler ile arına basılan hava miktarı

5. PERVANE GUCUNUN HESAPLANMASI

Pervane basıncının P, ve giriş debisinin (Q) bulunmasından sonra hesap edilir ve randıman etkisi ilave edilir. Güç:

$$K = P \times Q / \pi$$

$$P_1 = kN/m^2 = kPa$$

$$Q, = m^3/s$$

$$\pi = \text{Randıman. \% 70}$$

$$\text{Güç} = k_N / m^2 \times m^3/s = k_N \text{ m/s}$$

$$N = \text{Newton (kgm/s}^2 \text{)}$$

SI birim sistemi kullanıldığında hesap edilen hava gücü kWatt'tir. Bu güç birimi elektrikte kullanılan güç birimi ile aynıdır. SI birim sisteminde direnç birimi gaul olarak adlandırılır.

$$P = RQ^2$$

$$P = N/m^2$$

$$Q = m^3/s$$

$$R = Ns^2 / m^8 = \text{Gaul}$$

Örnek: Çizelge 3'deki örnek devam ettirilir ise:

$$P, = 2,007 \text{ kPa}$$

$$Q, = 6,4 \text{ m}^3/s$$

$$\pi = \%70$$

$$\text{Güç} = 2,007 \times 6,4 / 0,70 = 18,3 \text{ kW}$$

6. SONUÇ

Önerilen yöntem ile çoğu tali havalandırma hesapları yeterli duyarlılıkla yapılabilmektedir. Bir grafik, pervane karakteristik eğrileri ve bir kaç basit hesaplama ile en uygun pervane/vantüp seçimi yapılmaktadır. Ayrıca mevcut bir vantüp şebekesinin direnç ve kaçak katsayıları hesap edilerek sistemin verimli çalışıp çalışmadığı ortaya çıkarılmakta ve sistemin verimli hale getirilmesi için alınacak önlemler ortaya çıkmaktadır. Şebekedeki dirençlerin ve kaçakların azaltılmasıyla şebeke daha verimli hale getirilmelidir.

KAYNAKLAR

BROWNING, E.C. 1983; "An Approximate Method for Auxiliary Ventilation Calculations," The Mining Engineer, September.

HOŞGİT, M.E., 1978; "Tali Havalandırma", EKİ Yayını NCB, 1979; "Ventilation in Coal Mines".

.....İmalatçı Firma Kataloglar.