

BASINÇLI HAVA PROJESİ

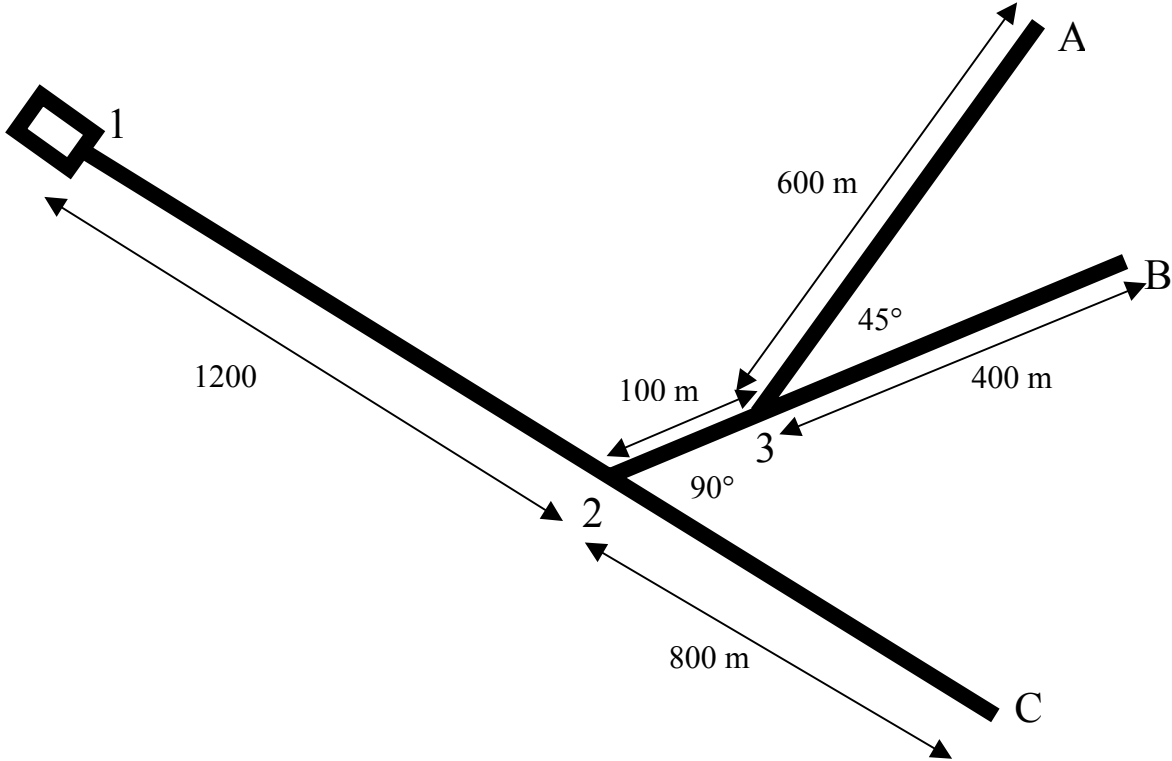
Aşağıda basit krokisi verilen basınçlı hava şebekesi için uygun olan boru çapları belirlenecek; panolar, kavşaklar ve kompresörde hava basıncının ne olacağı; kompresörün gücü ve kapasitesi hesaplanacaktır. A, B ve C panolarında çalışan basınçlı hava makineleri aşağıda verildiği gibidir.

A Panosu: 400 mm çapında bir adet pervane, 10 adet martopikör, bir adet 15 BG gücünde motor.

B Panosu: 8 adet martopikör, 2 adet 10 BG gücünde motor

C Panosu: 2 adet 50 kg 'lık martoperfaratör, üç adet 10 BG gücünde motor

Tüm basınçlı hava makinelerinin çalışma basıncı 5 atü 'dür.



Boru seçiminde DIN normlarına uygun olarak 25, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400 ve 500 mm 'lik borular tercih edilecektir. Armatür olarak her kolun girişinde bir vana ve 2 ile 3 kavşaklarında " T " dirsek kullanılacaktır.

1. Panolardaki basınçlı hava tüketimi:

$$Q_A = 1 \cdot 165 \cdot 1 + 10 \cdot 50 \cdot 0,25 + 1 \cdot 15 \cdot 45 \cdot 0,35 = 316,25 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_B = 8 \cdot 50 \cdot 0,25 + 2 \cdot 10 \cdot 45 \cdot 0,35 = 415 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_C = 2 \cdot 360 \cdot 0,2 + 3 \cdot 10 \cdot 45 \cdot 0,35 = 616,5 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

2. Şebeke kollarından geçen hava miktarları:

$$Q_{3-A} = Q_A \quad \Rightarrow \quad Q_{3-A} = 316,25 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_{3-B} = Q_B \quad \Rightarrow \quad Q_{3-B} = 415 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_{2-3} = Q_{3-A} + Q_{3-B} \quad \Rightarrow \quad Q_{2-3} = 731,25 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_{2-C} = Q_C \quad \Rightarrow \quad Q_{2-C} = 616,15 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_{1-2} = Q_{2-C} + Q_{2-3} \quad \Rightarrow \quad Q_{1-2} = 1347,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

3. Şebeke kolları için önerilen basınç düşüşleri:

$$\Delta p_{3-A} = \frac{0,1 \text{ at}}{1000 \text{ m}} \cdot 600 \text{ m} = 0,06 \text{ at}$$

$$\Delta p_{3-B} = \frac{0,1 \text{ at}}{1000 \text{ m}} \cdot 400 \text{ m} = 0,04 \text{ at}$$

$$\Delta p_{2-3} = \frac{0,1 \text{ at}}{1000 \text{ m}} \cdot 100 \text{ m} = 0,01 \text{ at}$$

$$\Delta p_{2-C} = \frac{0,1 \text{ at}}{1000 \text{ m}} \cdot 800 \text{ m} = 0,08 \text{ at}$$

$$\Delta p_{1-2} = \frac{0,1 \text{ at}}{1000 \text{ m}} \cdot 1200 \text{ m} = 0,12 \text{ at}$$

4. Maksimum basınç düşüşü oluşan pano (hedef pano)

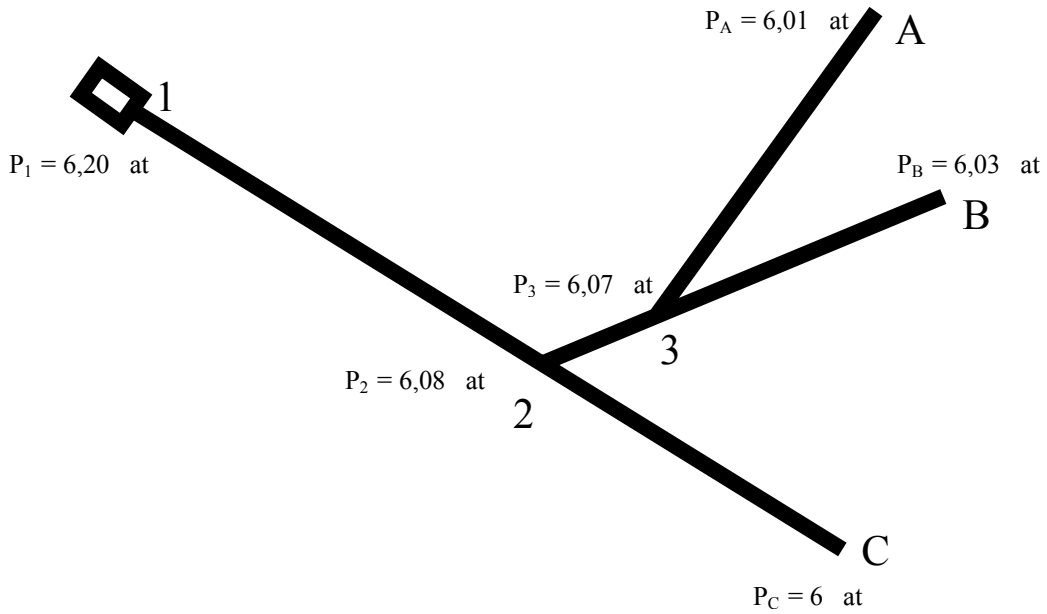
$$\text{A Panosu : } \sum \Delta p_A = \Delta p_{3-A} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{1-2} = 0,06 + 0,01 + 0,12 = 0,19 \text{ at}$$

$$\text{B Panosu : } \sum \Delta p_B = \Delta p_{3-B} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{1-2} = 0,04 + 0,01 + 0,12 = 0,17 \text{ at}$$

$$\text{C Panosu : } \sum \Delta p_C = \Delta p_{2-C} + \Delta p_{1-2} = 0,08 + 0,12 = 0,20 \text{ at}$$

Bu durumda hedef pano C panosu olacak ve bu panoda hava basıncı 6 at 'den az olmayacaktır.

5. Pano ve kavşaklar için önerilen basınç değerleri:



6. Kollar için 1. denemede önerilen boru çapları (Hava kaçakları ve armatür ek dirençleri dikkate alınmadan):

$$d = 2,5 \cdot Q_{hN}^{0,37} \cdot \left(\frac{l}{p_1^2 - p_2^2} \right)^{0,2}$$

$$d_{3-A} = 2,5 \cdot (316,25)^{0,37} \cdot \left(\frac{600}{(6,07)^2 - (6,01)^2} \right)^{0,2} = 80,6 \text{ mm} \Rightarrow 80 \text{ mm}$$

$$d_{3-B} = 2,5 \cdot (415)^{0,37} \cdot \left(\frac{400}{(6,07)^2 - (6,03)^2} \right)^{0,2} = 89,2 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{2-3} = 2,5 \cdot (731,25)^{0,37} \cdot \left(\frac{100}{(6,08)^2 - (6,07)^2} \right)^{0,2} = 109,8 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$d_{2-C} = 2,5 \cdot (616,5)^{0,37} \cdot \left(\frac{800}{(6,08)^2 - (6,0)^2} \right)^{0,2} = 103,2 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{1-2} = 2,5 \cdot (1347,4)^{0,37} \cdot \left(\frac{1200}{(6,2)^2 - (6,08)^2} \right)^{0,2} = 137,4 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

7. Kollardaki hava kaçakları (Birinci denemede belirlenen boru çaplarına göre):

$$Q_{HK} = l \cdot d \cdot (0,36 \cdot p_m - 0,4)$$

$$Q_{HK(3-A)} = 600 \cdot 0,08 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,07 + 5,01}{2} - 0,4 \right) = 68 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{HK(3-B)} = 400 \cdot 0,1 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,07 + 5,03}{2} - 0,4 \right) = 57 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{HK(2-3)} = 100 \cdot 0,15 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,08 + 5,07}{2} - 0,4 \right) = 22 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{HK}(2\text{-C})} = 800 \cdot 0,1 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,08 + 5,0}{2} - 0,4 \right) = 114 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{HK}(1\text{-2})} = 1200 \cdot 0,15 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,2 + 5,08}{2} - 0,4 \right) = 261 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

8. Kaçaklarla birlikte kollardan geçen hava miktarları: (Birinci denemede belirlenen boru çaplarına göre)

$$Q_{3\text{-A}} = 316,25 + 68 = 384,25 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{3\text{-B}} = 415 + 57 = 472 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{2\text{-3}} = 472 + 384,25 + 22 = 878,25 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{2\text{-C}} = 616,5 + 114 = 730,5 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{1\text{-2}} = 730,5 + 878,25 + 261 = 1869,75 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

9. Armatürlerin ek eşdeğer uzunlukları (Birinci denemede belirlenen boru çaplarına göre):

➤ 2-C Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (730,5)^{-0,148} = 0,02$$

Normal Vana : $\zeta = 5,4$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,4}{0,02} \cdot 0,1 = 26,6 \text{ m}$$

➤ 1-2 Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (1869,75)^{-0,148} = 0,018$$

Normal Vana : $\zeta = 5,85$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,85}{0,018} \cdot 0,15 = 48,75 \text{ m}$$

T Dirsek : $\frac{Q_T}{Q} = \frac{878,25}{1869,75} = 0,47$ $\zeta_A = 0,91$ $\zeta_T = 0,0$

Anakol için : $l_E = \frac{0,91}{0,018} \cdot 0,15 = 7,58 \text{ m}$

Talikal için : $l_E = \frac{0,0}{0,018} \cdot 0,15 = 0,0 \text{ m}$

➤ 2-3 Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (878,25)^{-0,148} = 0,02$$

Normal Vana : $\zeta = 5,85$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,85}{0,02} \cdot 0,15 = 43,9 \text{ m}$$

45° T Dirsek : $\frac{Q_T}{Q} = \frac{384,25}{878,25} = 0,44$ $\zeta_A = 0,48$ $\zeta_T = -0,02$

Anakol için : $l_E = \frac{0,48}{0,02} \cdot 0,15 = 3,6 \text{ m}$

Talikal için : $l_E = \frac{-0,02}{0,02} \cdot 0,15 = -0,15 \text{ m}$

➤ 3-A Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (384,25)^{-0,148} = 0,022$$

Normal Vana : $\zeta = 5,2$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,2}{0,022} \cdot 0,08 = 18,9 \text{ m}$$

➤ 3-B Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (472)^{-0,148} = 0,022$$

Normal Vana : $\zeta = 5,4$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,4}{0,022} \cdot 0,1 = 24,5 \text{ m}$$

10. Kollar için 2. denemede önerilen boru çapları (Hava kaçakları ve armatür ek dirençleri dikkate alınarak):

$$d_{3-A} = 2,5 \cdot (384,25)^{0,37} \cdot \left(\frac{600 + 18,9}{(6,07)^2 - (6,01)^2} \right)^{0,2} = 87,2 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{3-B} = 2,5 \cdot (472,0)^{0,37} \cdot \left(\frac{400 + 24,5}{(6,07)^2 - (6,03)^2} \right)^{0,2} = 94,6 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{2-3} = 2,5 \cdot (878,25)^{0,37} \cdot \left(\frac{100 + 43,9 + 3,6}{(6,08)^2 - (6,07)^2} \right)^{0,2} = 127,0 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$d_{2-C} = 2,5 \cdot (730,5)^{0,37} \cdot \left(\frac{800 + 26,6}{(6,08)^2 - (6,0)^2} \right)^{0,2} = 110,6 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$d_{1-2} = 2,5 \cdot (1869,75)^{0,37} \cdot \left(\frac{1200 + 48,75 + 0,91}{(6,2)^2 - (6,08)^2} \right)^{0,2} = 156,4 \text{ mm} \Rightarrow 200 \text{ mm}$$

İlk iki denemede önerilen boru çapları aşağıda verildiği gibidir.

Kollar	3-A Kolu	3-B Kolu	2-3 Kolu	2-C Kolu	1-2 Kolu
1.Deneme	80 mm	100 mm	150 mm	100 mm	150 mm
2.Deneme	100 mm	100 mm	150 mm	150 mm	200 mm

3-A, 2-C, 1-2 Kolları için önerilen boru çapları uyum sağlamadığı için bu kollardaki hava kaçağı ve armatür ek dirençleri ikinci deneme sonuçlarına göre yeniden hesaplanarak bu kollar için 3. öneride bulunmak gerekir.

11. Kollardaki hava kaçaqları (İkinci denemede belirlenen boru çaplarına göre):

$$Q_{HK} = l \cdot d \cdot (0,36 \cdot p_m - 0,4)$$

$$Q_{HK(3-A)} = 600 \cdot 0,1 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,07 + 5,01}{2} - 0,4 \right) = 84,9 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{HK(2-C)} = 800 \cdot 0,15 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,08 + 5,0}{2} - 0,4 \right) = 169,7 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{HK(1-2)} = 1200 \cdot 0,2 \cdot \left(0,36 \cdot \frac{5,2 + 5,08}{2} - 0,4 \right) = 348,1 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

12. Kaçaklarla birlikte kollardan geçen hava miktarları: (İkinci denemede belirlenen boru çaplarına göre)

$$Q_{3-A} = 316,25 + 84,9 = 401,15 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{3-B} = 415 + 57 = 472 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{2-3} = 472 + 401,15 + 22 = 895,15 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{2-C} = 616,5 + 169,7 = 786,2 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$Q_{1-2} = 786,2 + 895,15 + 348,1 = 2029,45 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

13. Armatürlerin ek eşdeğer uzunlukları (İkinci denemede belirlenen boru çaplarına göre):

➤ 2-C Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (786,2)^{-0,148} = 0,02$$

Normal Vana : $\zeta = 5,9$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,9}{0,02} \cdot 0,15 = 44,25 \text{ m}$$

➤ 1-2 Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (1869,75)^{-0,148} = 0,0175$$

Normal Vana : $\zeta = 6,3$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{6,3}{0,0175} \cdot 0,2 = 72,16 \text{ m}$$

T Dirsek : $\frac{Q_T}{Q} = \frac{895,15}{2029,45} = 0,44 \quad \zeta_A = 0,90 \quad \zeta_T = -0,055$

Anakol için : $l_E = \frac{0,90}{0,0175} \cdot 0,2 = 10,3 \text{ m}$

Talikal için : $l_E = \frac{-0,055}{0,0175} \cdot 0,2 = -0,63 \text{ m}$

➤ 3-A Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (401,15)^{-0,148} = 0,022$$

Normal Vana : $\zeta = 5,4$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,4}{0,022} \cdot 0,1 = 24,5 \text{ m}$$

➤ 3-B Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (472)^{-0,148} = 0,022$$

$$\text{Normal Vana : } \zeta = 5,4$$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,4}{0,022} \cdot 0,1 = 24,5 \text{ m}$$

➤ 2-3 Kolu armatürleri:

$$\lambda = 0,0539 \cdot (895,15)^{-0,148} = 0,02$$

$$\text{Normal Vana : } \zeta = 5,85$$

$$l_E = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d = \frac{5,85}{0,02} \cdot 0,15 = 43,9 \text{ m}$$

$$45^\circ \text{ T Dirsek : } \frac{Q_T}{Q} = \frac{401,15}{895,15} = 0,45 \quad \zeta_A = 0,48 \quad \zeta_T = -0,02$$

$$\text{Anakol için : } l_E = \frac{0,48}{0,02} \cdot 0,15 = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Talikal için : } l_E = \frac{-0,02}{0,02} \cdot 0,15 = -0,15 \text{ m}$$

14. Kollar için 3. denemede önerilen boru çapları (Hava kaçakları ve armatür ek dirençleri dikkate alınarak):

$$d_{3-A} = 2,5 \cdot (401,15)^{0,37} \cdot \left(\frac{600 + 24,5}{(6,07)^2 - (6,01)^2} \right)^{0,2} = 88,8 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{3-B} = 2,5 \cdot (472,0)^{0,37} \cdot \left(\frac{400 + 24,5}{(6,07)^2 - (6,03)^2} \right)^{0,2} = 94,6 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$d_{2-3} = 2,5 \cdot (895,15)^{0,37} \cdot \left(\frac{100 + 43,9 + 3,6}{(6,08)^2 - (6,07)^2} \right)^{0,2} = 128,0 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$d_{2-C} = 2,5 \cdot (786,2)^{0,37} \cdot \left(\frac{800 + 44,25}{(6,08)^2 - (6,0)^2} \right)^{0,2} = 110,6 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$d_{1-2} = 2,5 \cdot (2029,45)^{0,37} \cdot \left(\frac{1200 + 72,16 + 10,3}{(6,2)^2 - (6,08)^2} \right)^{0,2} = 162,0 \text{ mm} \Rightarrow 200 \text{ mm}$$

Kollar	3-A Kolu	3-B Kolu	2-3 Kolu	2-C Kolu	1-2 Kolu
1.Deneme	80 mm	100 mm	150 mm	100 mm	150 mm
2.Deneme	100 mm	100 mm	150 mm	150 mm	200 mm
3.Deneme	100 mm	100 mm	150 mm	150 mm	200 mm

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi 2. ve 3. denemede önerilen boru çapları birbirine eşittir. Basıncılı hava şebekesi kollarında bu denemelerde önerilen boru çaplarının seçilmesi uygun olur.

15. Pano ve kavşaklardaki basınç değerleri:(Hedef pano C panosu $p_c = 6$ at)

$$p_2 = \sqrt{p_c^2 + 97,7 \cdot \frac{l}{d^5} \cdot Q^{1,852}}$$

$$2-C \text{ Kolu} \Rightarrow p_{2-Ana} = \sqrt{6^2 + 97,7 \cdot \frac{800 + 44,25}{150^5} \cdot (786,2)^{1,852}} = 6,0208 \text{ at}$$

$$1-2 \text{ Kolu} \Rightarrow p_1 = \sqrt{(6,0208)^2 + 97,7 \cdot \frac{1200 + 72,16 - 10,3}{200^5} \cdot (2029,45)^{1,852}} = 6,0640 \text{ at}$$

$$1-2 \text{ Kolu} \Rightarrow p_{2-Tali} = \sqrt{(6,0640)^2 - 97,7 \cdot \frac{1200 + 48,75 - 0,63}{200^5} \cdot (2029,45)^{1,852}} = 6,0219 \text{ at}$$

$$2-3 \text{ Kolu} \Rightarrow p_{3-Ana} = \sqrt{(6,0219)^2 - 97,7 \cdot \frac{100 + 43,9 + 3,6}{150^5} \cdot (895,15)^{1,852}} = 6,0173 \text{ at}$$

$$2-3 \text{ Kolu} \Rightarrow p_{3-Tali} = \sqrt{(6,0219)^2 - 97,7 \cdot \frac{100 + 43,9 - 0,15}{150^5} \cdot (895,15)^{1,852}} = 6,0174 \text{ at}$$

$$3 - A \text{ Kolu} : \Rightarrow p_A = \sqrt{(6,0174)^2 - 97,7 \cdot \frac{600 + 24,5}{100^5} \cdot (401,15)^{1,852}} = 5,9837 \text{ at}$$

$$3 - B \text{ Kolu} : \Rightarrow p_B = \sqrt{(6,0173)^2 - 97,7 \cdot \frac{400 + 24,5}{100^5} \cdot (472)^{1,852}} = 5,9864 \text{ at}$$

yukarıdaki hesaplamaların sonucuna göre A ve B panolarındaki basınç 6 at 'den küçük çıkmıştır, dolayısıyla buradaki basınçlı hava makinelerine istenilen basınçta hava verilememiş olur. Bu durumda basıncı en düşük olan A Panosu hedef pano olarak seçilip, buradaki basıncın en azından 6 at olması sağlanmalıdır.

16. Pano ve kavşaklardaki basınç değerleri:(Hedef pano A panosu $p_A=6$ at)

$$3 - A \text{ Kolu} : \Rightarrow p_{3\text{-Tali}} = \sqrt{(6,0)^2 + 97,7 \cdot \frac{600 + 24,5}{100^5} \cdot (401,15)^{1,852}} = 6,0336 \text{ at}$$

$$2 - 3 \text{ Kolu} : \Rightarrow p_{2\text{-Tali}} = \sqrt{(6,0336)^2 + 97,7 \cdot \frac{100 + 43,9 - 0,15}{150^5} \cdot (895,15)^{1,852}} = 6,0381 \text{ at}$$

$$1 - 2 \text{ Kolu} : \Rightarrow p_1 = \sqrt{(6,0381)^2 + 97,7 \cdot \frac{1200 + 72,16 - 0,63}{200^5} \cdot (2029,45)^{1,852}} = 6,0808 \text{ at}$$

$$1 - 2 \text{ Kolu} : \Rightarrow p_{2\text{-Ana}} = \sqrt{(6,0808)^2 - 97,7 \cdot \frac{1200 + 72,16 + 10,3}{200^5} \cdot (2029,45)^{1,852}} = 6,0377 \text{ at}$$

$$2 - C \text{ Kolu} : \Rightarrow p_C = \sqrt{(6,0377)^2 - 97,7 \cdot \frac{800 + 44,25}{150^5} \cdot (786,2)^{1,852}} = 6,0169 \text{ at}$$

$$2 - 3 \text{ Kolu} : \Rightarrow p_{3\text{-Ana}} = \sqrt{(6,0381)^2 - 97,7 \cdot \frac{100 + 43,9 + 3,6}{150^5} \cdot (895,15)^{1,852}} = 6,0335 \text{ at}$$

$$3 - B \text{ Kolu} : \Rightarrow p_B = \sqrt{(6,0335)^2 - 97,7 \cdot \frac{400 + 24,5}{100^5} \cdot (472)^{1,852}} = 6,0026 \text{ at}$$

Tüm panolarda basınç 6 at 'den büyüktür.

17. Kompresör özellikleri:

$$P = \frac{2,303 \cdot 10^4 \cdot p_1 \cdot V_1 \cdot \log \frac{p_2}{p_1}}{102 \cdot 3600 \cdot \zeta_{izo} \cdot \zeta_{mek}} = \frac{2,303 \cdot 10^4 \cdot 1,033 \cdot 2029,45 \cdot \log \frac{6,08}{1}}{102 \cdot 3600 \cdot 0,62 \cdot 0,98} = 1316 \text{ kW}$$

Kompresörün debisi 2029.45 Nm³/h , çalışma basıncı 6,08 at ve toplam gücü 1316 kW değerlerinden az olmamalıdır.