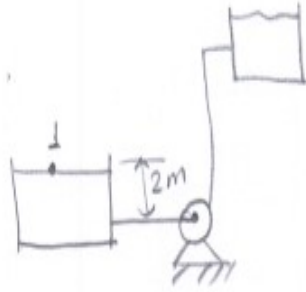


ÖRNEK



Eğer $P_{atm} = 98.1 \text{ kPa}$

Suyun sıcaklığı 40°C ve 30°C için

$(NPEY)_{\text{peekli}} = 6 \text{ m}$ olması durumunda

emme borusundaki kayıpları ihmal ederek kavitasyonu inceleyiniz.

Suyun sıcaklığı 40°C için $P_v = 4,2281 \text{ kPa}$

$$(NPEY)_{\text{sistem}} = \left(\frac{P_{atm} - P_v}{\rho \cdot g} \right) + z_1 - \cancel{z_2}^0$$

$$= \left(\frac{98100 - 4228,1}{1000 \cdot 9,81} \right) + 2 = 11,87 \text{ m}$$

$$(NPEY)_{\text{sistem}} > (NPEY)_{\text{peekli}} \quad 11,87 > 6 \quad \text{Kavitasyon} \\ \text{olmaz}$$

Suyun sıcaklığı 30°C için $P_v = 70,183 \text{ kPa}$

$$(NPEY)_{\text{sistem}} = \frac{98100 - 70183}{9810} + 2 = 4,84 \text{ m}$$

$$(NPEY)_{\text{sistem}} < (NPEY)_{\text{peekli}}, \quad 4,84 < 6 \quad \text{Kavitasyon} \\ \text{dur.}$$

Kavitasyon Nedir:

Pompa içindeki sıvının bulunduğu şartlardaki mutlak basıncının, aynı koşullardaki buharlaşma basıncı altına düşmesi durumudur. Bu şartlarda sıvının içerisinde küçük gaz kabarcıkları oluşur. İçinde sıvı buharı ve suda erimiş hava bulunan kabarcıklar basıncın buharlaşma basıncından daha yüksek bölgeye gelince şiddetle patlayarak metalin yüzeyini delik deşik eder ve zamanla pompanın kapasitesini düşürür. Dolayısıyla kavitasyon pompa ömrünü kısaltır ve gürültülü çalışmasına sebep olur . Pompa için istenmeyen durumdur. Kavitasyon buhar habbeciklerinin yoğunlaşması ile metal yüzeyinde meydana çıkan çok yüksek gerilmelerin sebep olduğu malzeme aşınmasıdır. Habbeciklerin yoğunlaşması sırasında basınç yerel olarak çok yüksek mertebelerine kadar çıkabilmektedir.



Kavitasyon sonucunda aşğıdaki olumsuzluklar olur.

- Pompa iğesinde gabil taşları varmış gibi ses olur.
- Pompa ve bağlı olduğı tesisat sarsıntılar olur.
- Pompa performansında düşüşler meydana gelir.
- Pompa bileşenlerinde aşınmalar meydana gelir.

Kavitasyonu sebep olan olaylar ise

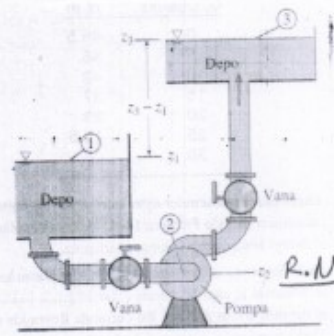
- Emme derinliğinin yüksek olması
- Debinin yüksek olması
- Devir sayısının yüksek olması
- Pompanın çalıştığı yerde atmosfer basıncının düşük olması
- Emme borusu ve tesisatında kayıpların fazla olması
- Sıvı iğesinde hava ve benzeri gazların erimiş halde bulunması
- Pompanın düşük basınca karşı çalışması sonucu debinin optimum debiden fazla olması
- Emme Vanasının kısık olması
- Dip klepesi varsa tıkanmış olması
- Emme hattında süzgeç varsa tıkanmış olması

Kavitasyonu önlemek için alınabilecek tedbirler

- Giriş basıncını artırmak
 - Emme tankında su seviyesini yükseltmek
 - Emme tankını yükseltmek veya pompa seviyesini düşürmek
- Emme borusundaki direnç kayıplarını azaltmak.
 - Daha büyük boru çapı kullanmak
 - Emiş şartlarını iyileştirmek
 - Pislik tutucuların temizlenmesi
 - Gereksiz vanaların kaldırılması
 - Az kayıp yaratan ekipmanların tercih edilmesi
- Akışkan sıcaklığının düşürülmesi
- Çalısma noktasının düzeltilmesi

ÖRNEK!

1. Bir merkezkaç pompa, yüzeyi pompa girişinin merkez çizgisinin 8 m üzerinde olan bir su deposundan pompa çıkışından yüzeyi 14 m yüksekteki bir depoya 50°C sıcaklıktaki suyu basmak için kullanılmaktadır. Borulama sistemi 18 mm'lik iç çapa uzunluğu 30 m ola PVC borudan oluşmaktadır. Alttaki su deposuyla pompa girişi arasındaki borunun uzunluğu ise 5 m'dir. Borulama sisteminde keskin köşeli giriş(K=0.6), iki adet 90° dirsek(K=0.4), iki adet küresel vana (K=8), yukarı su deposuna çıkış kaybı(K=1.1) mevcuttur. Pompanın gerekli NPEY imalatçı tarafından $NPEY=0.3(m)+(0.0001163(m/(L/dak))^2)Q^2$ denklemiyle verilmektedir.



a) Kavitasyon oluşmadan basılabilecek maksimum hacimsel debiyi (L/dak) olarak hesaplayınız. (10P)

b) $Q=0.00124 \text{ m}^3/\text{s}$ debisinde kavitasyonun olup olmayacağını NPEY-Q grafiği çizerek izah ediniz (10P)

c) Kavitasyon oluşmadan basılabilecek maksimum hacimsel debide çalışması durumunda pompanın basma yükünü bulunuz (10P)

($P_{atm} = 101.3 \text{ kPa}$, Su için $T = 50^\circ\text{C}$, $\rho = 988 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0.720 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$, $P_v = 12.352 \text{ kPa}$, $f = 0.018$)

a) Çözüm: $(NPEY)_{\text{sistem}} = \frac{P_{atm} - P_v}{\gamma} + (z_1 - z_2) - \sum h_{kT}$

Pompa girişine kadar (1'den 2'kadar)

$$\sum K = K_{\text{giriş}} + K_{\text{dir.}} + K_{\text{vana}} = 0.6 + 0.4 + 8 = 9$$

$$\sum h_{kT} = \left[f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right] \frac{V^2}{2g} = \left[f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right] \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot 0.04^5 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$(NPEY)_s = \frac{P_{atm} - P_v}{\gamma} + z_1 - \left[f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right] \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot 0.04^5 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$(NPEY)_s = \frac{101300 - 12352}{988 \cdot 9.81} + 8 - \left[0.018 \cdot \frac{5}{0.018} + 9 \right] \frac{4^2 \cdot Q}{\pi^2 \cdot 0.018^4 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

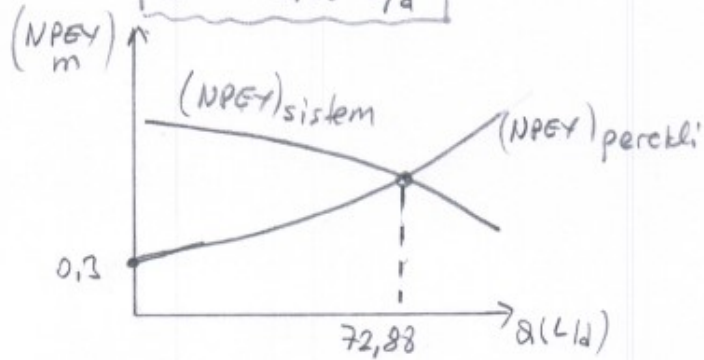
$$(NPEY)_s = 17.1772 - 1.1019433 Q^2 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$(NPEY)_s = 17.1772 - 0.003060954 Q^2 \quad (\text{L/dak})$$

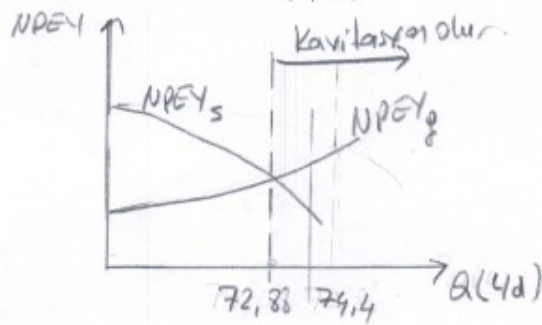
$$(NPEY)_{\text{perekli}} = (NPEY)_{\text{sistem}}$$

$$0,3 + 0,000163 Q^2 = 17,172 - 0,003060954 Q^2 \quad (\text{L/d})$$

$$Q = 72,88 \text{ L/d}$$



b) $Q = 0,00124 \text{ m}^3/\text{s}$ kavitasyon olur mu
 $Q = 74,4 \text{ (L/d)}$



$NPEY_g > NPEY_s$
 kavitasyon olur.

$$c) \quad Q = 72,88 \text{ L/dak} , \quad Q = 1,21467 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = 4,773 \text{ m/s}$$

① ile ③ arasında enerji denklemini yazarsak

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_p = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + z_3 + \sum h_{LT}$$

$$H_p = (z_3 - z_1) + \sum h_{LT}$$

$$\sum K_r = 0,6 + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 8 + 1,1 = 18,5$$

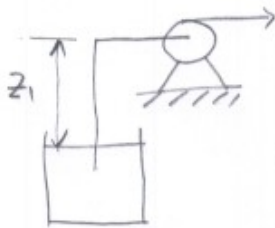
$$H_p = (z_3 - z_1) + \left(f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_p = (14 - 8) + \left(0,018 \cdot \frac{30}{0,018} + 18,5 \right) \frac{4,773^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_p = 62,32 \text{ m}$$

ÖRNEK :

Şekildeki sistemde pompa 370 L/d lık debiyle su basmaktadır. Bu debide $NPEY_{\text{gerekli}} = 4,3 \text{ m}$ dir. suyun sıcaklığı 30°C ve atmosfer basıncı 101 kPa . Tank ile pompa arasındaki kayıp toplam katsayısı $K = 28$ ve boru çapı 4 cm ise kavitasyonun meydana gelmeyecek maksimum z_1 yüksekliğini bulunuz. $T = 30^\circ\text{C}$, $\rho = 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $P_v = 4246 \text{ Pa}$



$$(NPEY)_{\text{gerekli}} = \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{\gamma} - z_1 - \sum h_{kT}$$

$$z_1 = \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{\gamma} - \sum h_{kT} - (NPEY)_{\text{gerekli}}$$

$$Q = 370 \frac{\text{L}}{\text{d}} \cdot \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}} \cdot \frac{\text{d}}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 6.1667 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \quad V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = 0.648 \text{ m/s}$$

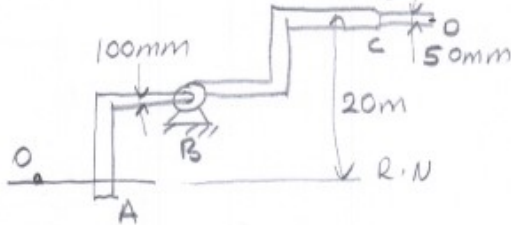
$$z_1 = \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{\gamma} - K \frac{V^2}{2g} - NPEY_{\text{gerekli}}$$

$$z_1 = \frac{101000 - 4246}{996 \cdot 9.81} - 28 \frac{0.648^2}{2 \cdot 9.81} - 4.3 = \underline{5 \text{ m}}$$

Bu değere daha fazla olursa kavitasyon olur.

ÖRNEK:

Sekildeki sistemde görüldüğü gibi ^{15m} bir depodan 31,5 l/s hızla pompa vasıtasıyla 20 m yükseklikte açık havaya fırlanmaktadır. Verilenlere göre pompanın gücünü bulunuz.



$$f = 0,02$$

$$K_{dir} = 1 \text{ (3 adet)}$$

$$K_{dön} = 0,5$$

$$L_{AB} = 10m,$$

$$L_{BC} = 85m, L_{CD} = 5m$$

$$Q = 31,5 \text{ l/s} = 0,0315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = V_{Ac} \cdot A_{Ac} \rightarrow V_{Ac} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{Ac}^2} = \frac{0,0315 \cdot 4}{\pi \cdot 0,1^2} = 4 \text{ m/s}$$

$$Q = V_{CD} \cdot A_{CD} \rightarrow V_{CD} = \frac{Q}{A_{CD}} = \frac{4 \cdot 0,0315}{\pi \cdot (0,05)^2} = 16 \text{ m/s}$$

0 - ile D arasında enerji dengesi yazılırsa

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} + z_0 + H_p = \frac{P_D}{\gamma} + \frac{V_D^2}{2g} + z_D + \sum h_{KA-D}$$

$$H_p = \frac{V_D^2}{2g} + z_D + \sum h_{KA-D}$$

$$\sum h_{KA-D} = \left[f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \right]_{Ac} + \left[f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \right]_{CD} + 3 \cdot K_{dir} \frac{V_{Ac}^2}{2g} + K_{dön} \frac{V_{CD}^2}{2g}$$

$$\sum h_{KA-D} = \left[\frac{0,02 \cdot (95) \cdot 4^2}{0,1 \cdot 2 \cdot 9,81} \right]_{Ac} + \left[\frac{0,02 \cdot 5 \cdot 16^2}{0,05 \cdot 2 \cdot 9,81} \right]_{CD} + \frac{3 \cdot (1) \cdot 4^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{0,5 \cdot 16^2}{2 \cdot 9,81}$$

1

$$\sum h_{kA-D} = 50,555 \text{ m}$$

$$H_p = \frac{V_{oc}^2}{2g} + z_0 + \sum h_{kA-D}$$

$$H_p = \frac{16^2}{2 \cdot 9,81} + 20 + 50,555$$

$$H_p = 83,6 \text{ m}$$

$$W_{II} = \rho g Q H_p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0315 \cdot 83,6$$

$$W = 25834 \text{ W} \equiv \underline{\underline{25,834 \text{ kW}}}$$

$$\Delta kW = 1,341 \text{ BG}$$

$$\underline{\underline{W = 34,64 \text{ BG}}}$$