

Sprezanje pumpi i ventilatora u zajednički rad

V. prof. dr. Edin Berberović

eberberovic@ptf.unze.ba

Sprezanje pumpi i ventilatora u zajednički rad

- ▶ Potreba za sprezanjem i načini sprezanja
- ▶ Serijsko sprezanje pumpi
- ▶ Paralelno sprezanje pumpi
- ▶ Serijsko sprezanje ventilatora
- ▶ Paralelno sprezanje ventilatora
- ▶ Poređenje serijske i paralelne sprege

Potreba za sprezanjem i načini sprezanja

▶ Potrebe i razlozi za sprezanje u zajednički rad

- ▶ Sprezanje mašina vrši se s ciljem povećanja protoka i pritiska
 - ▶ U slučajevima kada se potrebni kapacitet mijenja sa vremenom
 - Za vrijeme manje potrebe radi jedna mašina, a druge su u rezervi, a kod povećanja potrošnje uključuju se i druge mašine
 - ▶ U slučaju kada je neophodno savladati velike otpore strujanja, tj. obezbijediti potrebni izlazni pritisak
 - Ako su otpori strujanja u cjevovodu jako veliki, pa se potrebni pritisak ne može ostvariti samo jednom mašinom
 - ▶ U svim takvim slučajevima projektuje se stanica sa više spregnutih mašina koja ima zajedničku energetska karakteristiku
 - ▶ Načini sprezanja
 - Serijsko (redno) sprezanje
 - Paralelno sprezanje

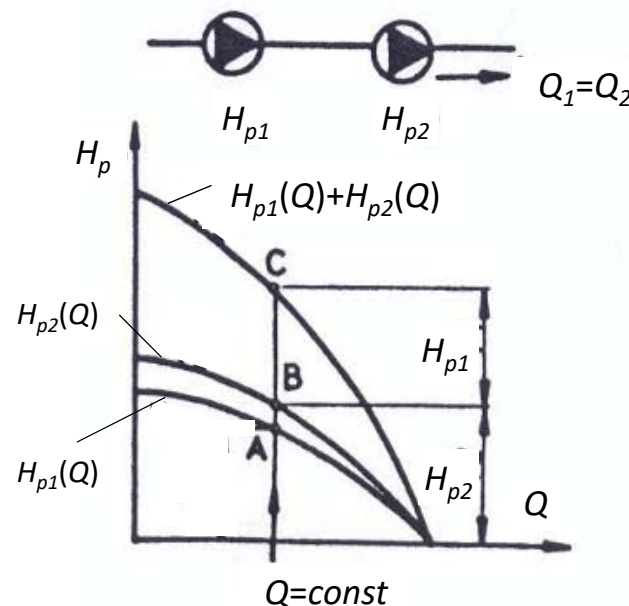
Potreba za sprežanjem i načini sprežanja

► Serijsko (redno) sprežanje

- Vršiti se s ciljem povećanja ukupnog napora
- Karakteristika $H(Q)$ tako vezanih mašina dobije se sabiranjem pojedinačnih napora za razne konstantne vrijednosti protoka
- Protok kroz sve mašine je isti i jednak protoku prve mašine u sprezi

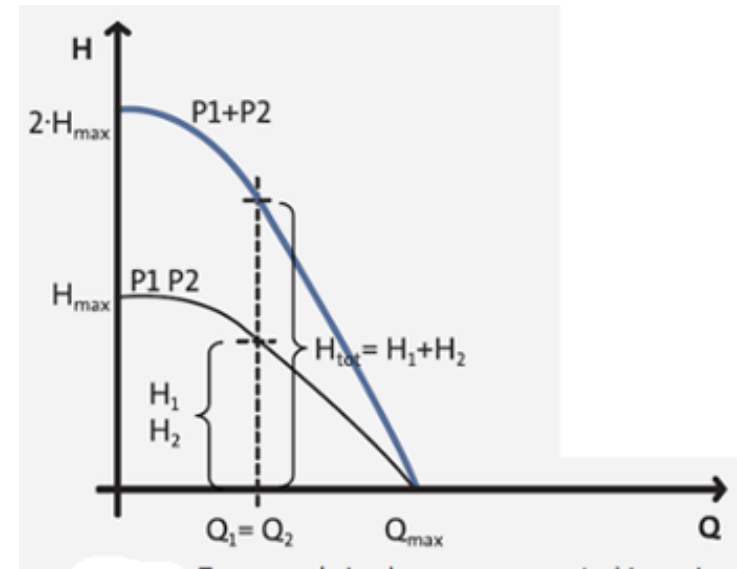
$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$H_p = H_{p1} + H_{p2}$$

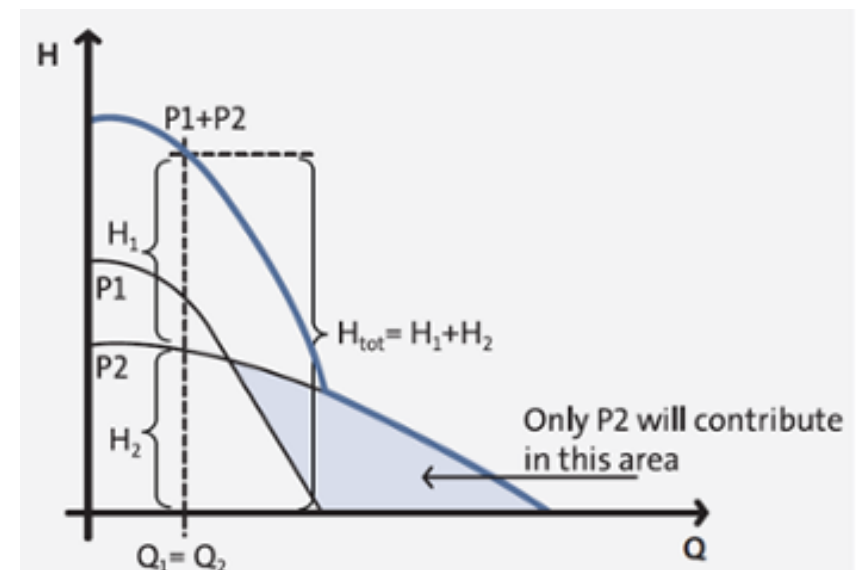


Potreba za sprežanjem i načini sprežanja

- ▶ Serijsko sprežanje mašina sa istim karakteristikama



- ▶ Serijsko sprežanje mašina sa preklapanjem karakteristika



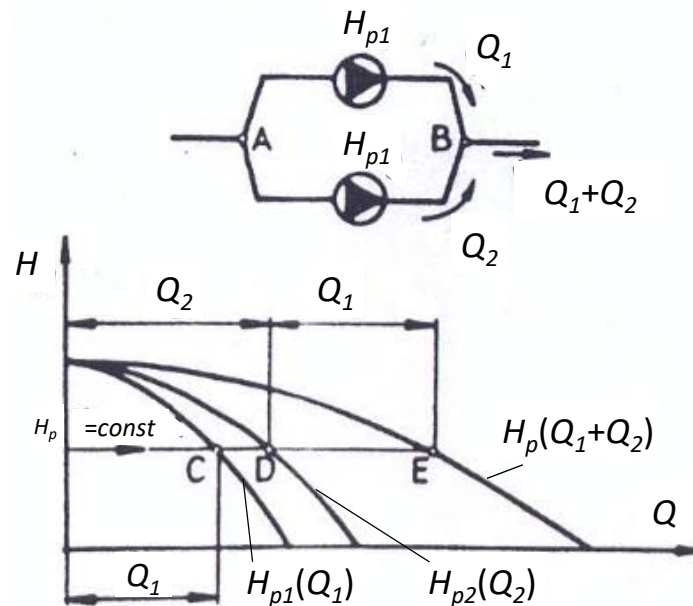
Potreba za sprežanjem i načini sprežanja

► Paralelno sprežanje

- Vršiti se s ciljem povećanja ukupnog protoka
- Karakteristika tako vezanih mašina dobije se sabiranjem pojedinačnih protoka za razne konstantne vrijednosti napora

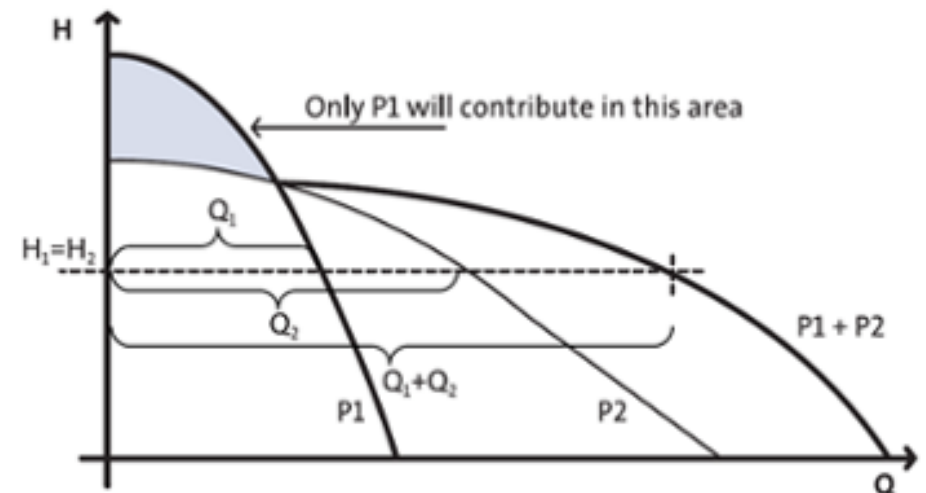
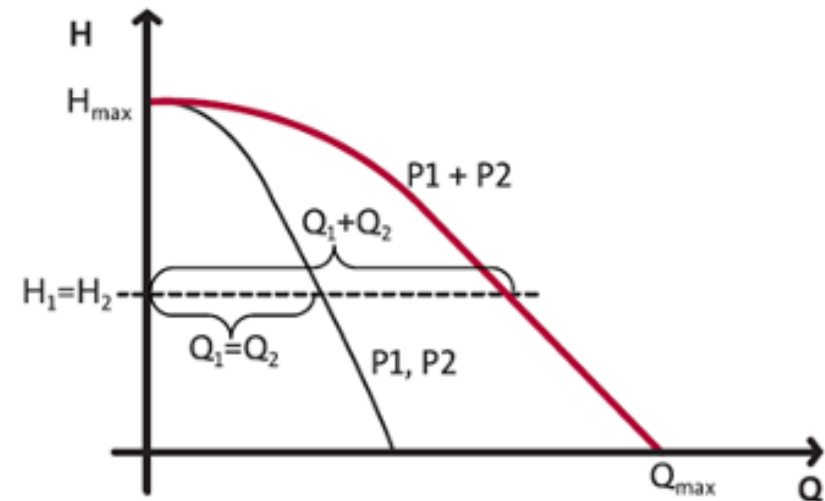
$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$H_p = H_{p1} = H_{p2}$$



Potreba za sprežanjem i načini sprežanja

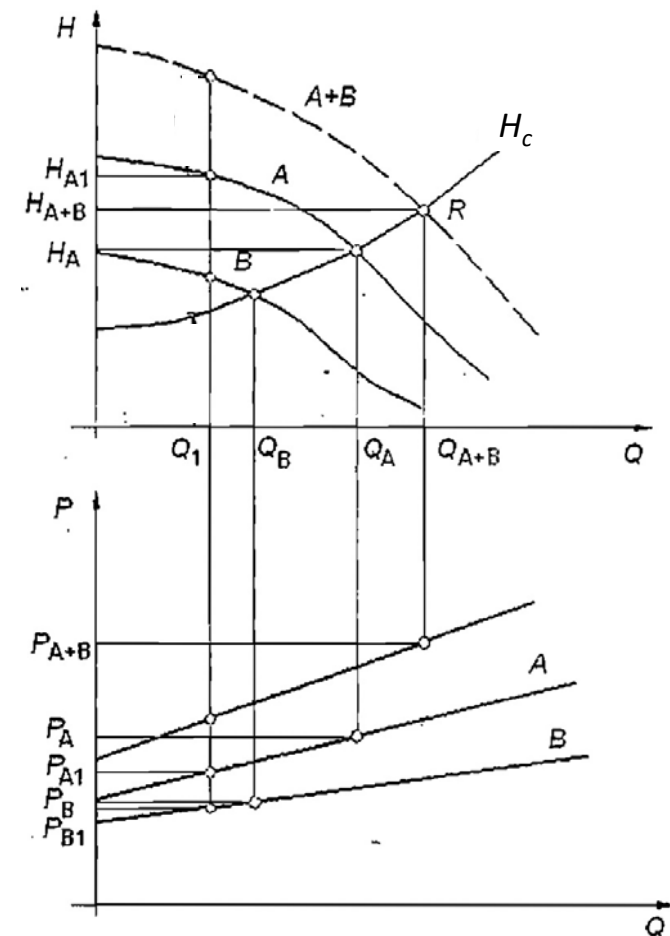
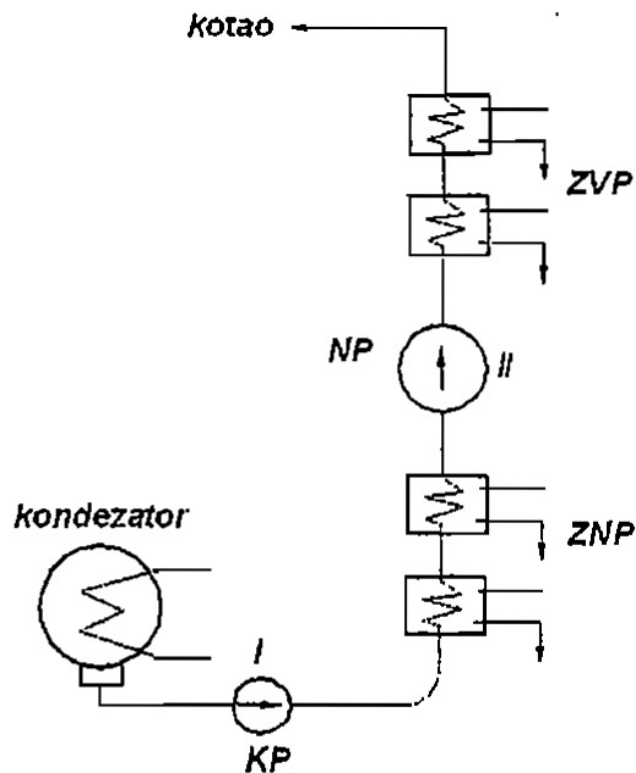
- ▶ Paralelno sprežanje mašina sa istim karakteristikama
- ▶ Paralelno sprežanje mašina sa preklapanjem karakteristika



Serijsko sprežanje pumpi

► Serijsko sprežanje pumpi

- Npr. na sistemu kondenzacije na termoblokovima u termoelektranama



Paralelno sprežanje pumpi

▶ Paralelno sprežanje pumpi

- ▶ Karakteristike pojedinačnih pumpi se redukuju u tačku račvanja

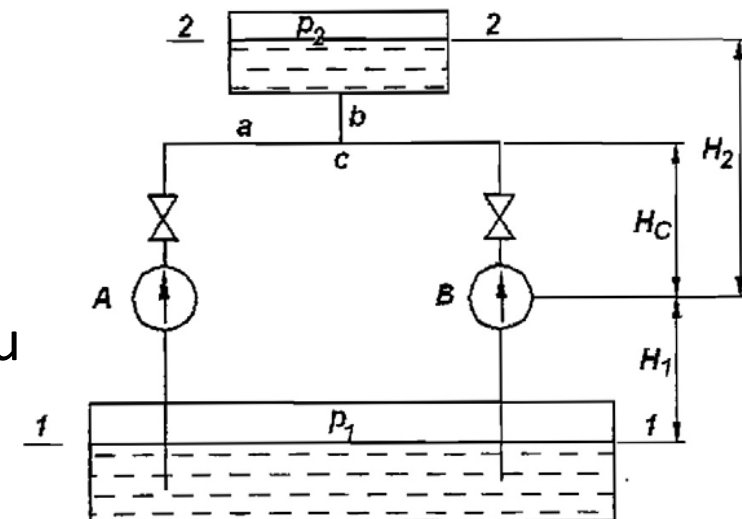
- ▶ Jednačina energije od presjeka 1-1 do tačke c

$$\frac{p_1}{\rho g} + H = \frac{p_c}{\rho g} + H_1 + H_c + \frac{c^2}{2g} + \Delta H_{g,a}$$

$$\frac{p_c}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} + H - (H_1 + H_c) - aQ^2, \quad \frac{c^2}{2g} + \Delta H_g = aQ^2$$

- ▶ Za zadane vrijednosti p_1 , H_1 i H_c i karakteristiku pumpi $H(Q)$ može se u dijagramu nacrtati karakteristika koja predstavlja visinu pritiska u tački c $\frac{p_c}{\rho g}(Q_A)$ odnosno $\frac{p_c}{\rho g}(Q_B)$

- Njena ordinata predstavlja visinu pritiska, a apscisa protok jedne pumpe



Paralelno sprežanje pumpi

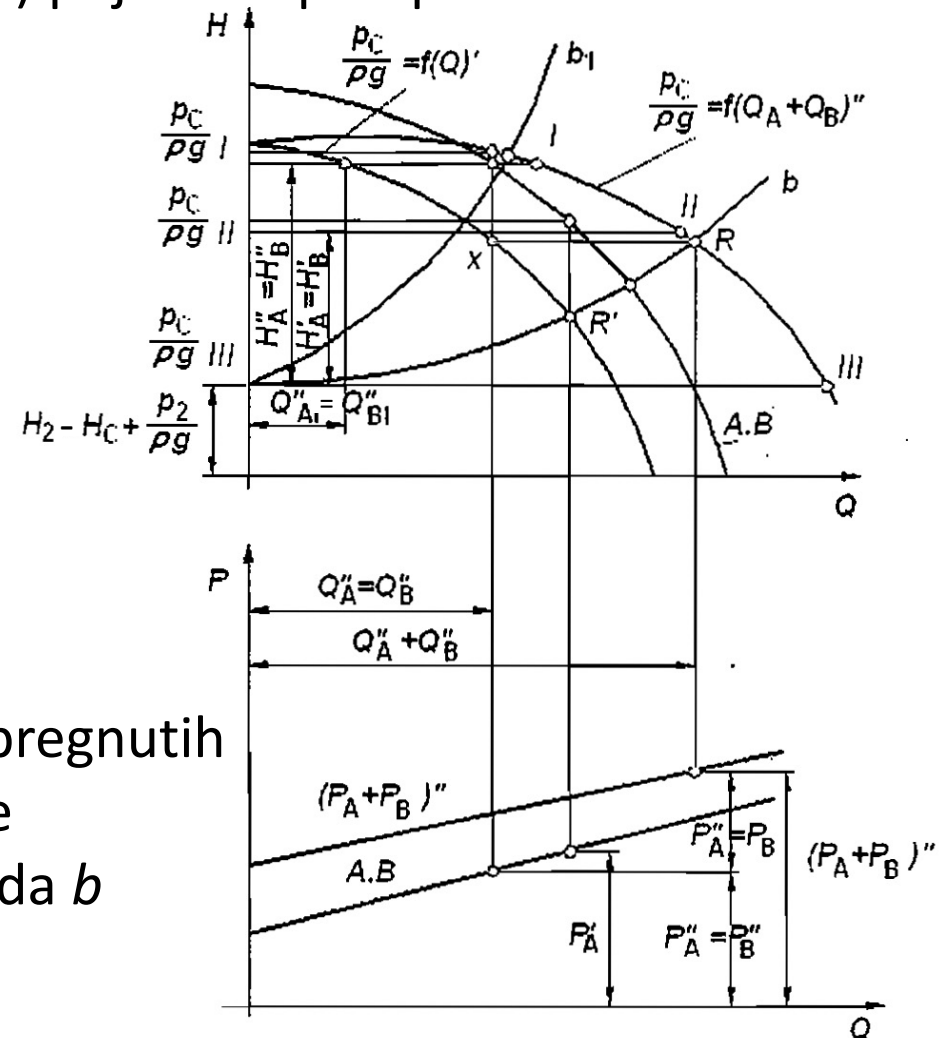
- ▶ Zajednička karakteristika za rad paralelnih pumpi svedena na tačku c dobije se sabiranjem apscisa (protoka) pojedinih pumpi za razne vrijednosti $p_c/(\rho g)$

$$\frac{p_c}{\rho g}(Q_A + Q_B)$$

- ▶ S druge strane pritisak u tački c izražen iz jednačine energije između tačke c i presjeka 2-2

$$\frac{p_c}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g} + (H_2 - H_c) + \Delta H_{g,b}$$

- ▶ Zajednička radna tačka R paralelno spregnutih pumpi nalazi se u presjeku zajedničke karakteristike i karakteristike cjevovoda b



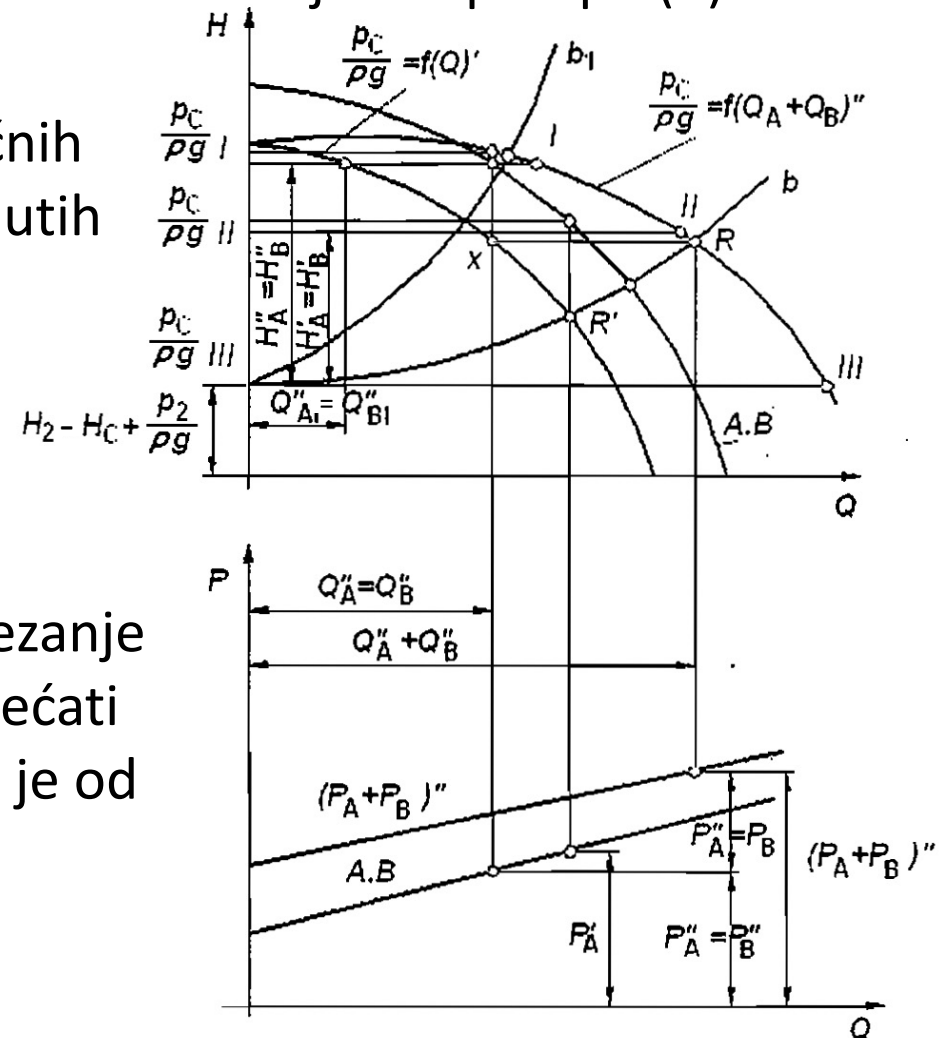
Paralelno sprežanje pumpi

- ▶ Pojedinačna radna tačka svake pumpe dobija se povlačenjem horizontalne linije do presjeka sa karakteristikom jedne pumpe (X)
- ▶ Time je određena i snaga za svaku pojedinačnu pumpu, a zbir pojedinačnih snaga jednak je ukupnoj snazi spregnutih pumpi u radnoj tački

$$P = P_A + P_B$$

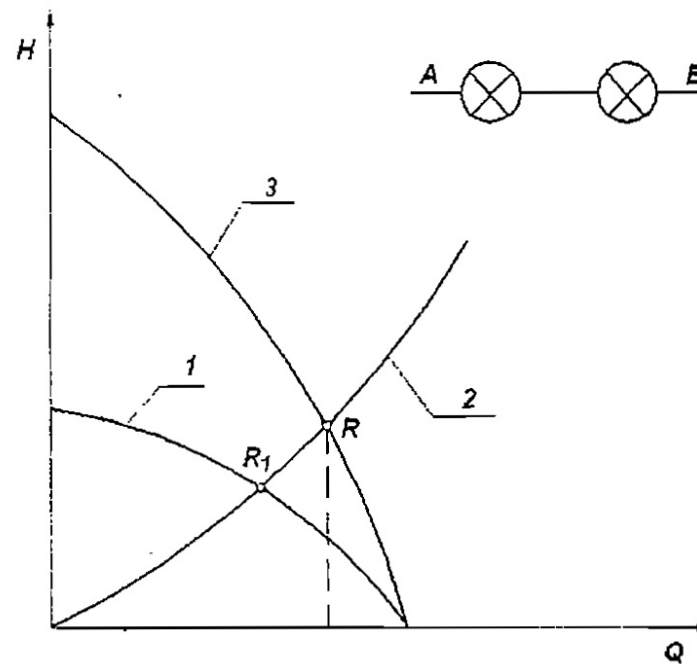
- ▶ Ako bi samo jedna pumpa uključena tada bi njena radna tačka bila R'
- ▶ Sa dijagrama se vidi da paralelno sprežanje pumpi sa istim cjevovodom neće povećati protok duplo, tj. ukupni protok manji je od zbira pojedinačnih

$$(Q_A + Q_B)_{\text{zajednički}} < Q_A + Q_B$$



Serijsko sprežanje ventilatora

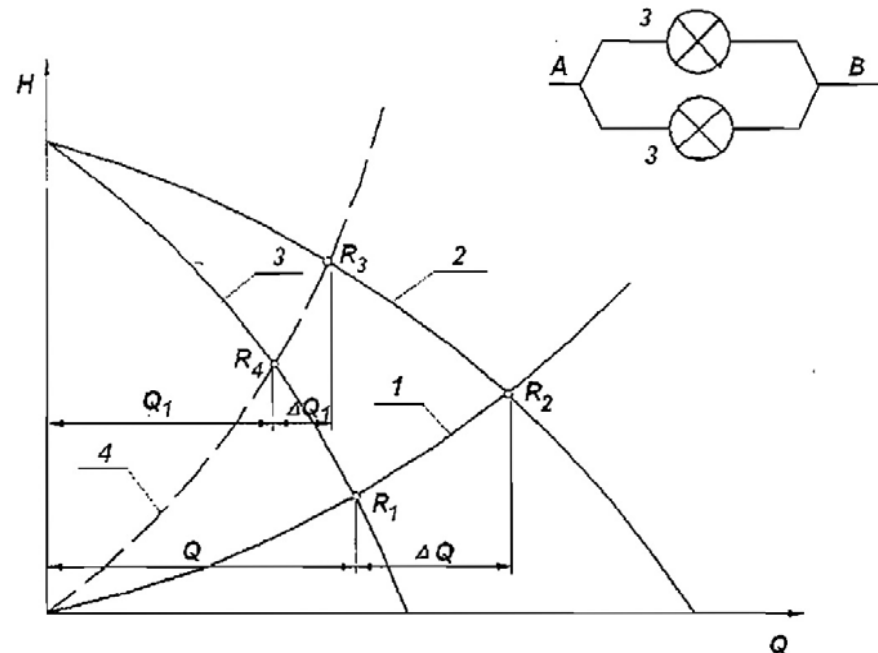
- ▶ Serijsko sprežanje ventilatora
 - ▶ Koristi se za povećanje izlaznog pritiska pri istom protoku
 - ▶ Primjer za serijsku spregu ventilatora istih karakteristika



Paralelno sprežanje ventilatora

► Paralelno sprežanje ventilatora

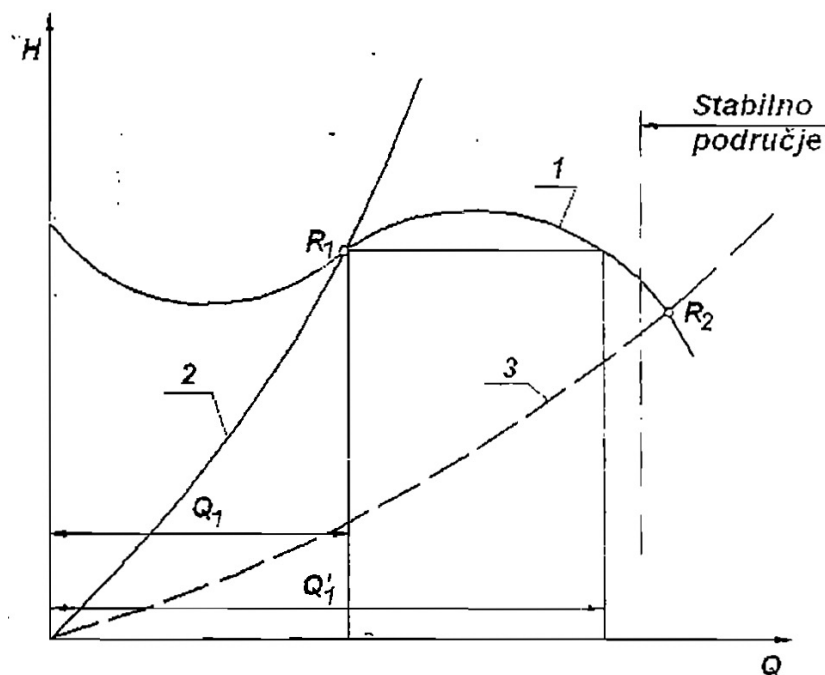
- Veoma čest slučaj, npr. kod uduvavanja zraka u parne kotlove
 - Primjer za paralelnu spregu ventilatora istih karakteristika



- Slično kao i kod pumpi, paralelno sprežanje ventilatora sa istim cjevovodom neće povećati protok duplo, tj. ukupni protok manji je od zbira pojedinačnih $(Q + \Delta Q)_{\text{zajednički}} < 2Q$

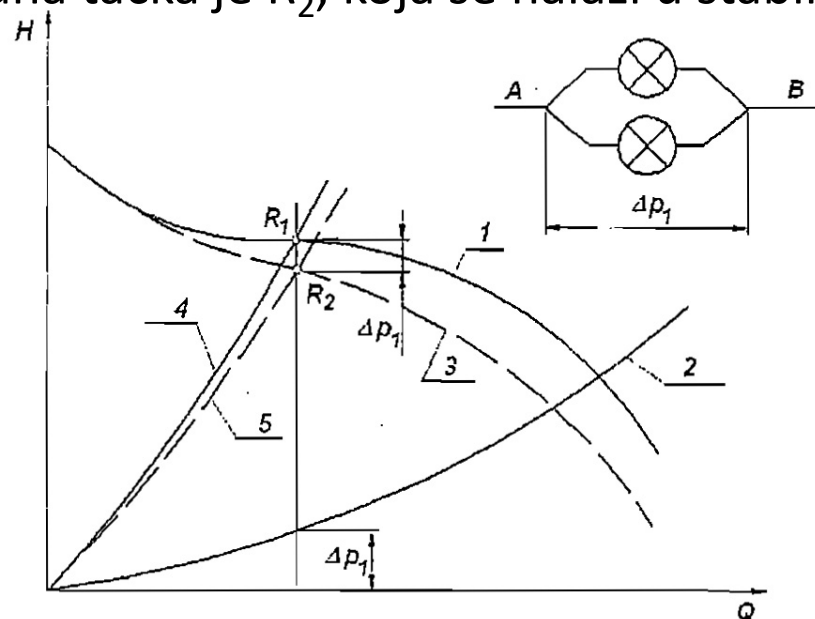
Paralelno sprežanje ventilatora

- ▶ Paralelno sprežanje ventilatora sa nestabilnim karakteristikama
 - ▶ Dešava se ako su u sprezi ventilatori sa pojedinačnim nestabilnim karakteristikama
 - Može se desiti da se protok jednog poveća, a protok drugog smanji
 - ▶ Pogonski elektromotor se mora odabrati prema maksimalnom protoku



Paralelno sprezanje ventilatora

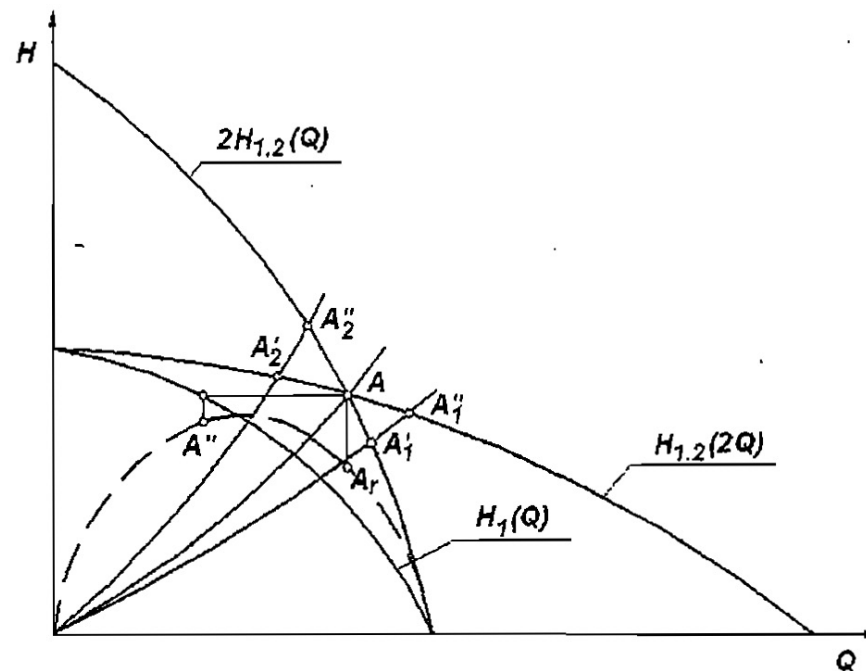
- ▶ Kod nestabilnih karakteristika se ipak može postići stabilan rad
- ▶ Ugradnjom dodatnog otpora u dio trakta spregnutih ventilatora (A-B)
 - Karakteristika dijela trakta A-B (2) oduzme se od karakteristike spregnutih ventilatora (1) i dobije se nova redukovana karakteristika (3)
 - Za dobivenu vrijednost pada pritiska Δp_1 koriguje se karakteristika cjevovoda (4) i dobije se nova redukovana karakteristika cjevovoda (5)
 - Dobivena radna tačka je R_2 , koja se nalazi u stabilnom području



Paralelno sprežanje ventilatora

► Poređenje serijske i paralelne sprege

- Ako se ista radna tačka može dobiti i serijskom i paralelnom spregom
 - Primjenjuje se rješenje koje daje veći stepen iskorištenja
 - Za slučaj na slici, u prednosti je paralelna sprega ($\eta_{A''} > \eta_{Ar}$) će biti



Primjer



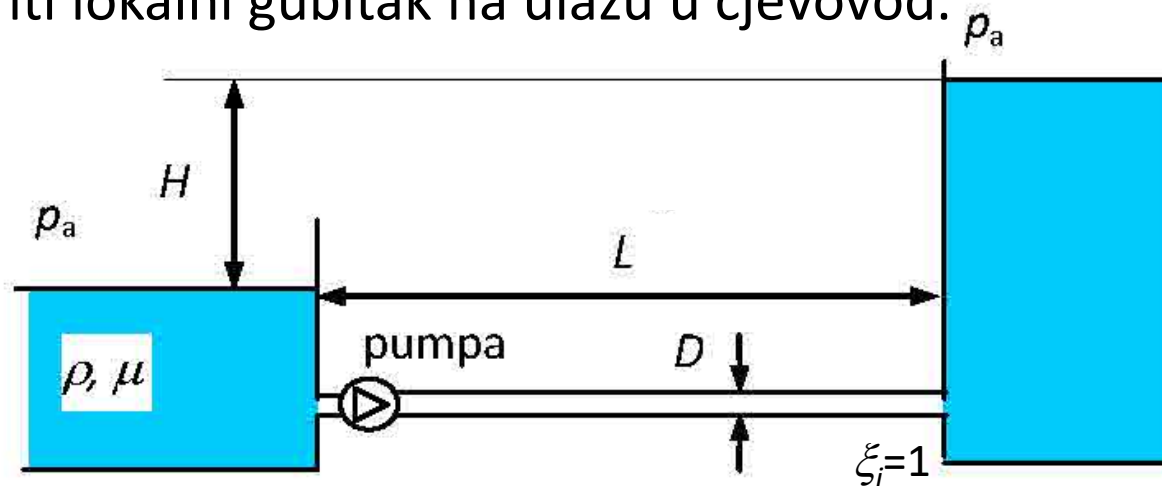
Za cjevovod prema slici, kojim se fluid transportuje iz lijevog u desni rezervoar, odrediti protok i napor pumpi za koje je data $H(Q)$ karakteristika $H_p = b - aQ^2$, sa koeficijentima $b = 12$ m i $a = 10^5$ s²/m⁵, za slučaj:

a) dvije paralelno vezane pumpe iste karakteristike

b) dvije serijski vezane pumpe iste karakteristike.

Zadani su podaci: $\lambda = 0,025$, $H = 9$ m, $L = 23$ m, $D = 50$ mm, $\rho = 998$ kg/m³.

Zanemariti lokalni gubitak na ulazu u cjevovod.



Napomena: zadatak je prethodno urađen i određeni su parametri za slučaj jedne pumpe u cjevovodu: $Q = 3,363 \cdot 10^{-3}$ m³/s, $H_p = 10,87$ m

Primjer



a) Za dvije paralelno vezane pumpe, ako je protok kroz cjevovod Q , kroz svaku pumpu ostvaruje se protok $Q/2$ (karakteristika cjevovoda je ista)

$$b - a \left(\frac{Q}{2} \right)^2 = H + \left(\lambda \frac{L}{D} + \xi_i \right) \frac{8Q^2}{gD^4 \pi^2}$$


$$12 - 10^5 \left(\frac{Q}{2} \right)^2 = 9 + \left(0,025 \cdot \frac{23}{0,05} + 1 \right) \frac{8 \cdot Q^2}{9,81 \cdot 0,05^4 \pi^2}$$

$$12 - 10^5 \left(\frac{Q}{2} \right)^2 = 9 + 165253 Q^2$$

$$\left(\frac{10^5}{4} + 165253 \right) Q^2 = 3 \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{3}{\frac{10^5}{4} + 165253}} = 3,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_p = 12 - 10^5 \left(\frac{Q}{2} \right)^2 = 12 - 10^5 \cdot \left(\frac{3,97 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 11,6 \text{ m}$$

Primjer



a) Za dvije serijski vezane pumpe, ako je protok kroz cjevovod Q , kroz svaku pumpu se ostvaruje taj isti protok Q i napor H_p (ukupan napor $2H_p$)

$$2(b - aQ^2) = H + \left(\lambda \frac{L}{D} + \xi_i \right) \frac{8Q^2}{gD^4 \pi^2}$$

$$2(12 - 10^5 Q^2) = 9 + \left(0,025 \cdot \frac{23}{0,05} + 1 \right) \frac{8 \cdot Q^2}{9,81 \cdot 0,05^4 \pi^2}$$

$$2(12 - 10^5 Q^2) = 9 + 165253 Q^2$$

$$(2 \cdot 10^5 + 165253) Q^2 = 15 \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{15}{2 \cdot 10^5 + 165253}} = 6,408 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_p = (2 \cdot 10^5 + 165253) Q^2 = 2 \left[12 - 10^5 \cdot (6,408 \cdot 10^{-3})^2 \right] = 15,786 \text{ m}$$

Primjer

Radne tačke

Jedna pumpa

$$Q = 3,363 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_p = 10,87 \text{ m}$$

Paralelna veza

$$Q = 3,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_p = 11,6 \text{ m}$$

Serijska veza

$$Q = 6,408 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_p = 15,786 \text{ m}$$

