



Ministarstvo ekonomije / Sektor za energetska efikasnost

**Obuka o upravljanju energijom i
energetskoj efikasnosti**

**Upoznavanje sa frekventnom regulacijom (FR) i
energetskom efikasnošću u vodovodima**

Pripremljeno pod okriljem projekta

“Tehnička pomoć za implementaciju Sporazuma o energetska zajednici”

Projekat koji finansira EU i kojim upravlja

Delegacija Evropske Unije u Crnoj Gori

TA-EnCT projekat implementira EXERGIA (vođa projekta), Mercados, Kantor

SADRŽAJ

Uvod: Frekventni regulatori (FR) ili Inverteri

Poređenje upravljanja pritiskom/protokom

Strategija ušteda energije u sistemima vodosnabdijevanja



Frekventni regulator

Frekventni regulator (FR) je elektronski uređaj kojim se može regulisati brzina odnosno obrtna sila ili moment električnog motora kroz promjenu frekvencije (najčešći slučaj) odnosno napona.



Drugi korišćeni termini: “inverter” i sl.

Postoje različiti tipovi pogodni za različite namjene.



Uptrebe frekventne regulacije

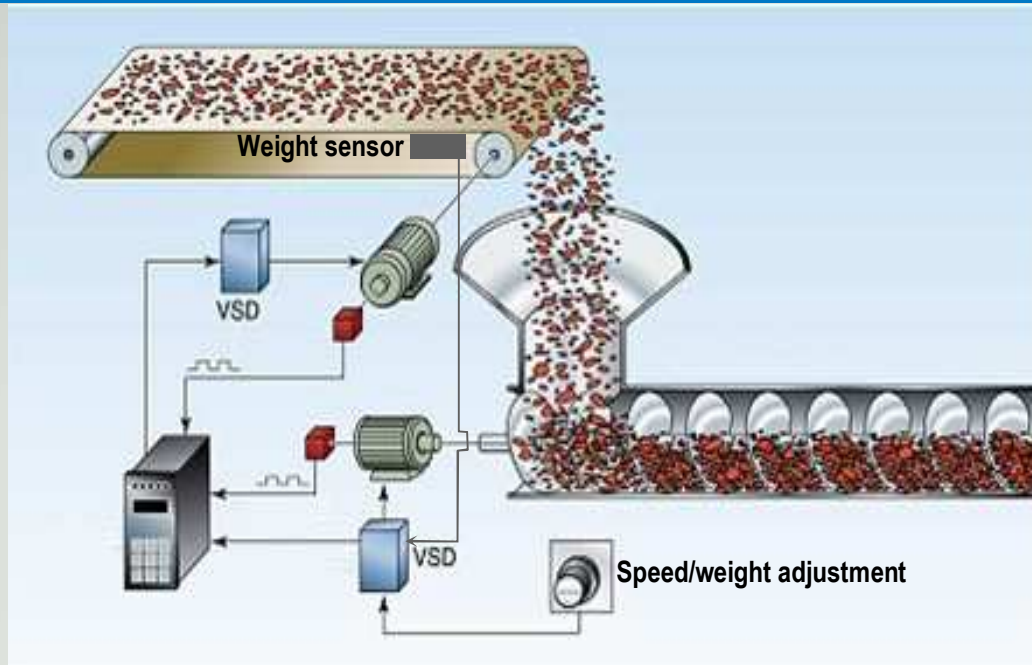
FR upravlja izlaznim veličinama motora na bazi programabilnih podešavanja i (uobičajeno) signala dobijenih od jednog ili više senzora (temperatura, pritisak, nivo, težina, protok itc.). Neki primjeri primjene:

- pumpe:** da održava nivo pritiska, upravljanja protokom u sistemu i sl.
- ventilatori:** slično kao i za pumpe
- kotlovi:** da održi optimalno sagorijevanje npr. podešavanjem veličine ulaza vazduha potrebnog za sagorijevanje (u velikim kotlovima senzor nivoa kiseonika u izduvnim gasovima reguliše frekventno regulisan ventilator)
- kompresori vazduha:** u cilju ispunjavanja raznih zahtjeva i održavanja potrebnog pritiska/protoka
- transporteri:** kontrola brzine, kontrola težine
- rashladni sistemi:** da održi nivo temperature,
- grijanje, ventilacija i klimatizacija:** da održi zahtijevane unutrašnje uslove sa što nižom potrošnjom energije

...sve ove primjene i još mnoge sa značajnim energetske i troškovnim uštedama



Primjer primjene FR sa centralnom upravljačkom jedinicom



Sistem transportera regulisan pomoću FR:

- u cilju međusobne sinhronizacije
- za transportovanje odgovarajuće količine materijala promjenom njihovih brzina

Postignute su energetske uštede kad motori rade pod malim opterećenjem (npr. < 50-60%)



SADRŽAJ

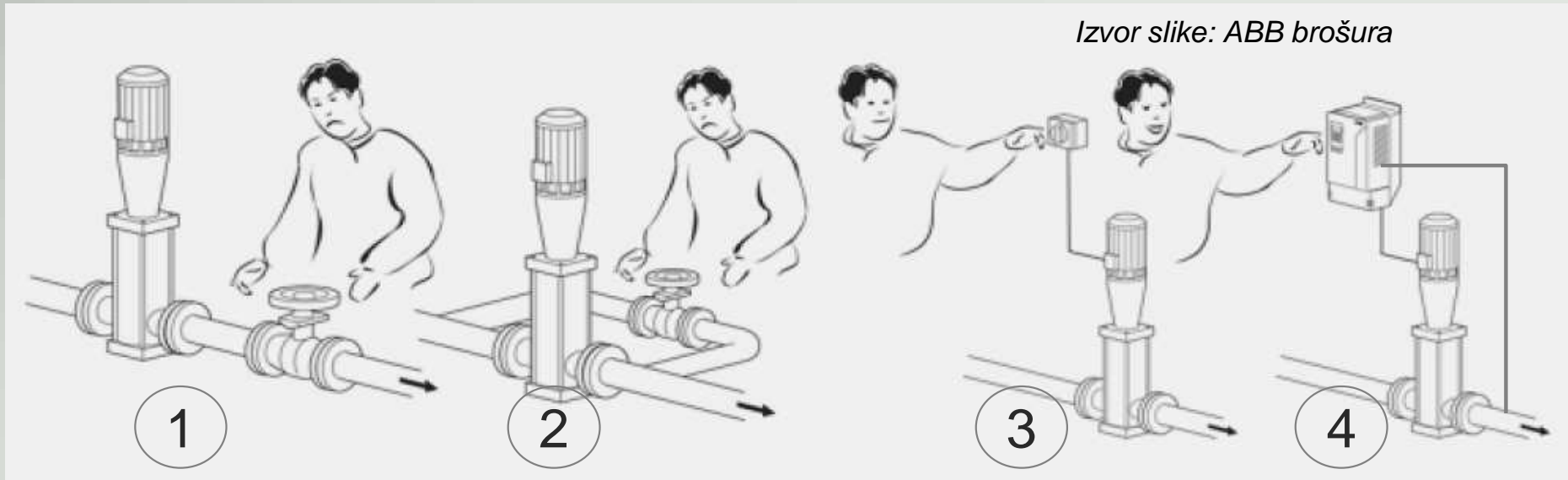
Uvod: Frekventni regulatori (FR) ili Inverteri

Poređenje upravljanja pritiskom/protokom

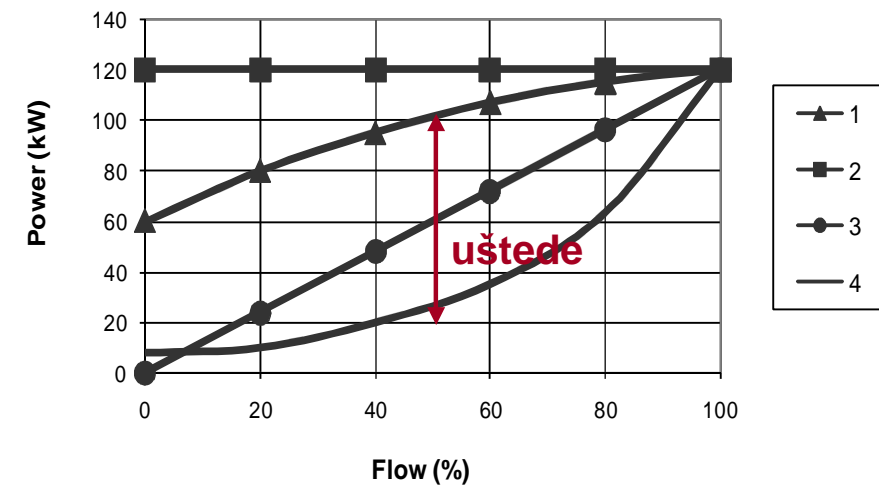
Strategija ušteda energije u sistemima vodosnabdijevanja



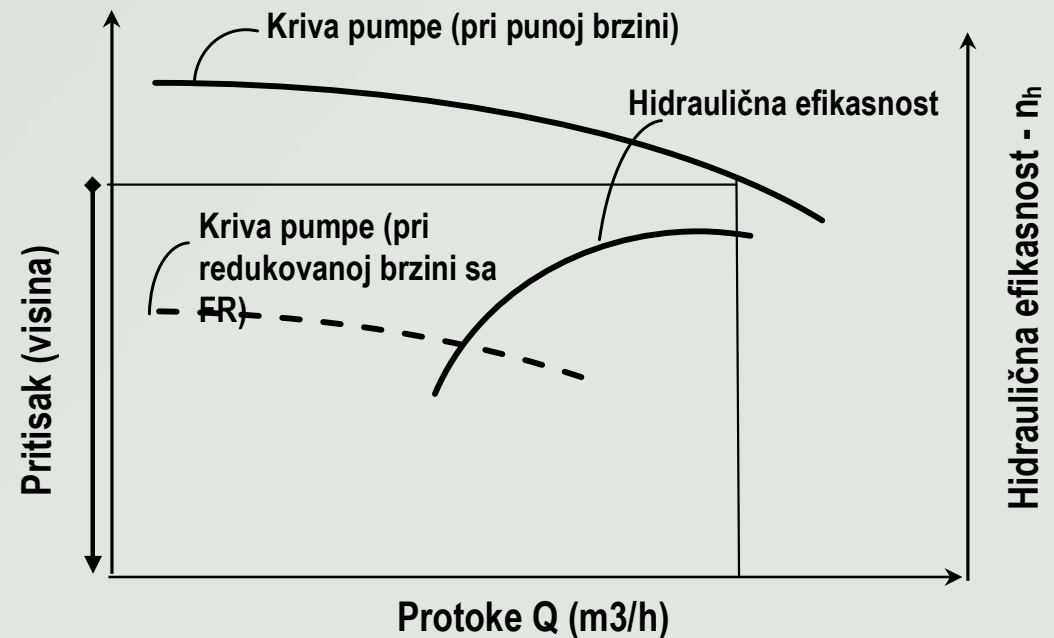
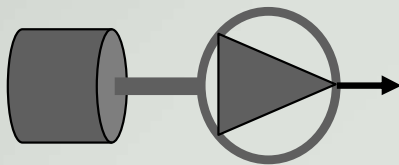
Zahtjevi za potrebnom snagom (KW) za tipično upravljanje radom pumpe (ventilatora)



1. Prigušni ventil (manualni ili automatski)
2. By-pass ventil (manualni ili automatski)
3. On-Off (manuelni ili aktiviran od strane senzora za pritisak)
4. FR (programabilan – vođen od strane senzora za pritisak)



Osnove hidrauličnog koncepta – pumpe (slično i ventilatori)

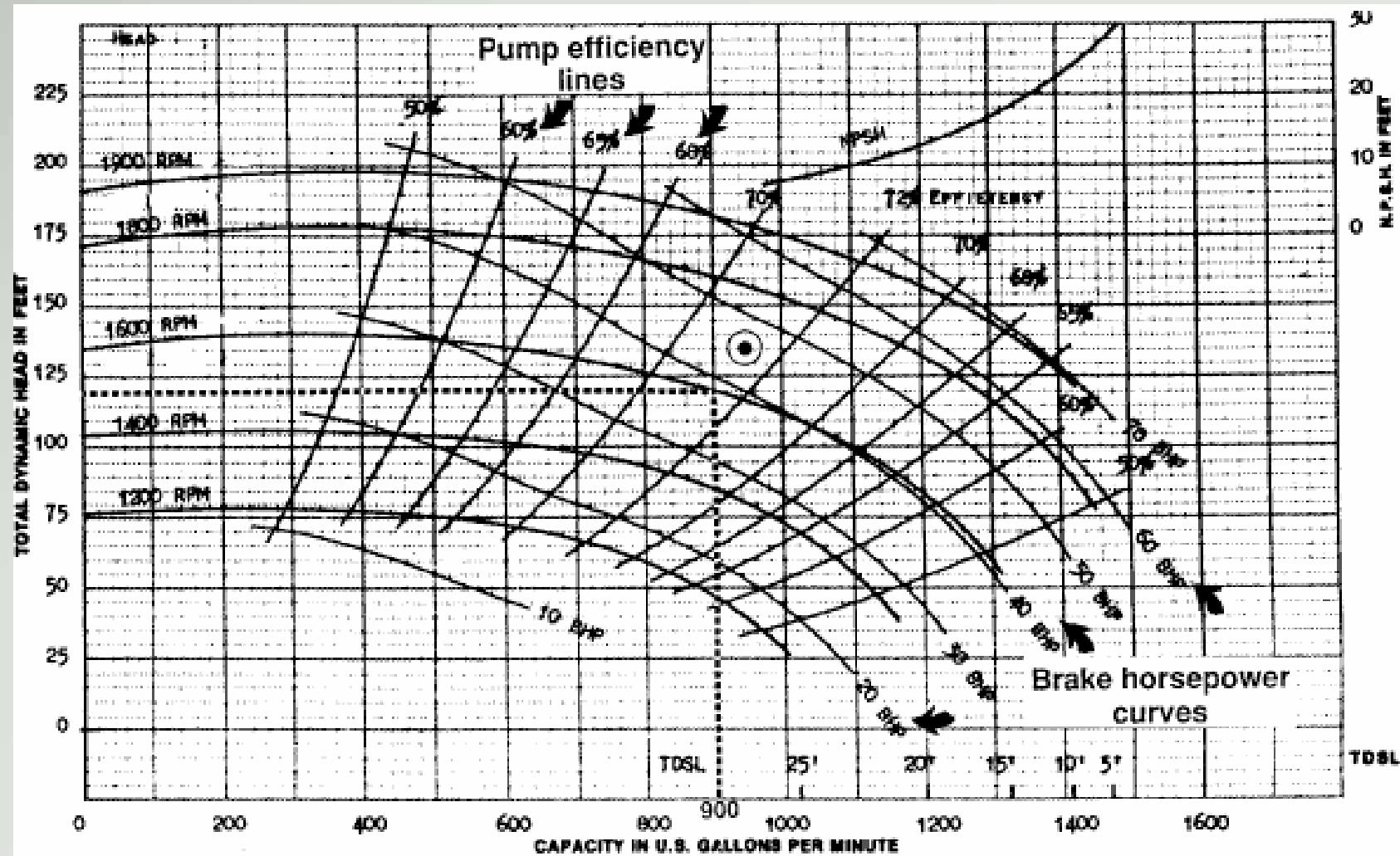


Pumpa imaju određene kapacitete:

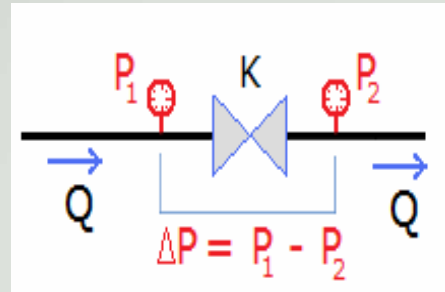
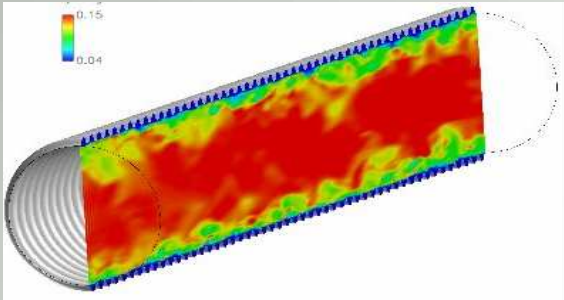
- Za veće protoke, pritisak (visina) koju pumpa može postići je smanjena.
- Svaka pumpa se karakteriše sa krivom zavisnosti protoka i pritiska pri punoj brzini i pri redukovanoj brzini rada
- Efikasnost sistema varira zavisno od radne tačke



Primjer krive za pumpu



Osnovni proračuni snage i hidraulike – vodovodi



U svakom vodovodnom sistemu dolazi do **pada pritiska** usljed otpora u cijevima, krivina, ventila i sl.

Za određeni prečnik cijevi veći protok znači i veću brzinu, veći otpor i veći pad pritiska

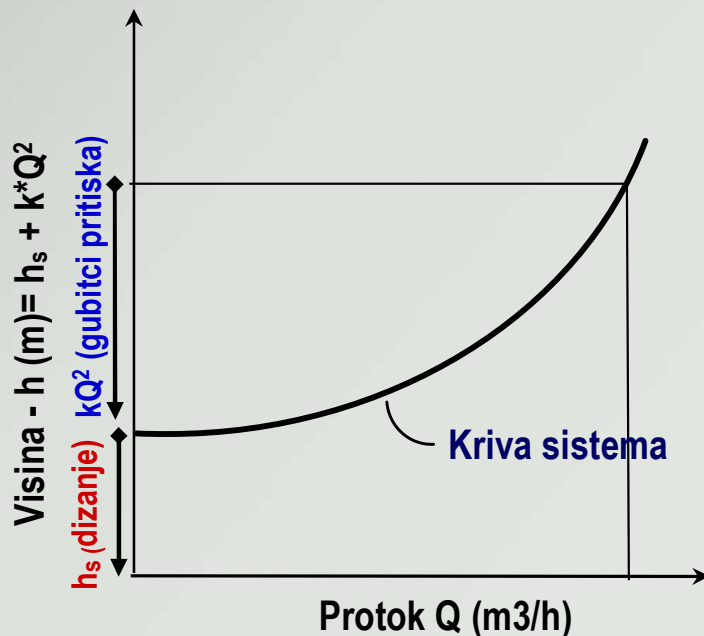
$$\text{Gubitci usljed pritiska} = k \cdot Q^2$$

Q = protok vode

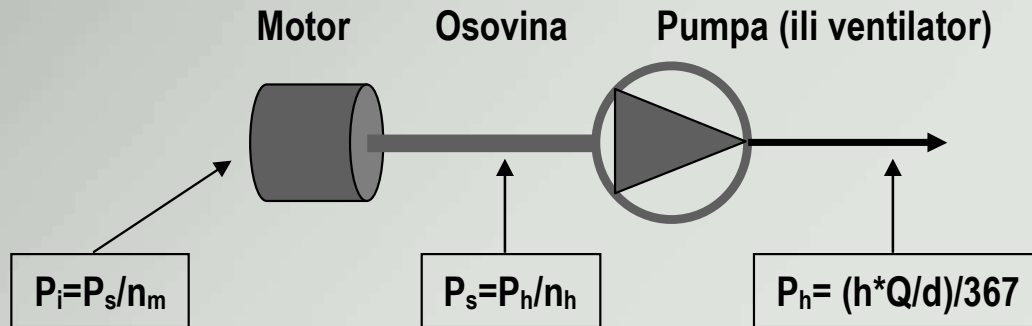
k = koeficijent koji odražava gubitke usljed pritiska u specifičnom sistemu (po jedinici protoka Q)

Dodatno, vodovodni sistem mora podići vodu na veću nadmorsku visinu:

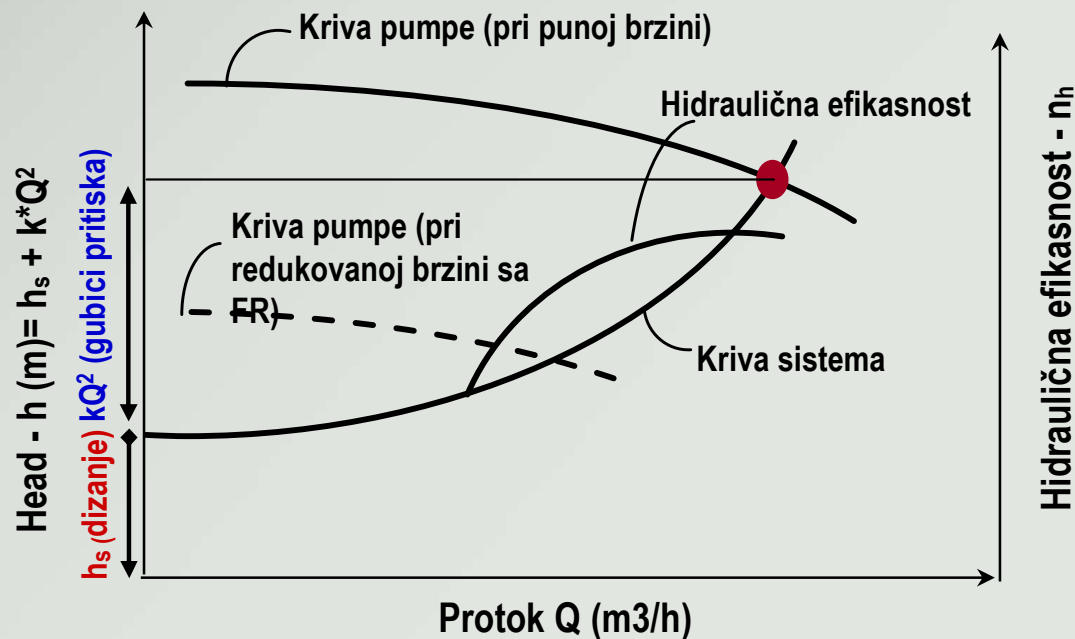
$$H_s = \text{visina dizanja (visina sistema)}$$



Osnovne jednačine snage i hidraulike



h = visina fluida (m)
 Q = protok (m³/h) (stvarni)
 d = gustina fluida (tons/m³, voda=1)
 P_h = izlazna snaga pumpe (hidraulična) (kW)
 P_s = ulazna snaga pumpe (osovina) (kW)
 P_i = snaga motora (kW)
 n_h = hidraulična efikasnost pumpe (decimalo)
 n_m = efikasnost motora (decimalno)



Vodovodni sitem će raditi u tački gdje kriva pumpe presijeca krivu sistema

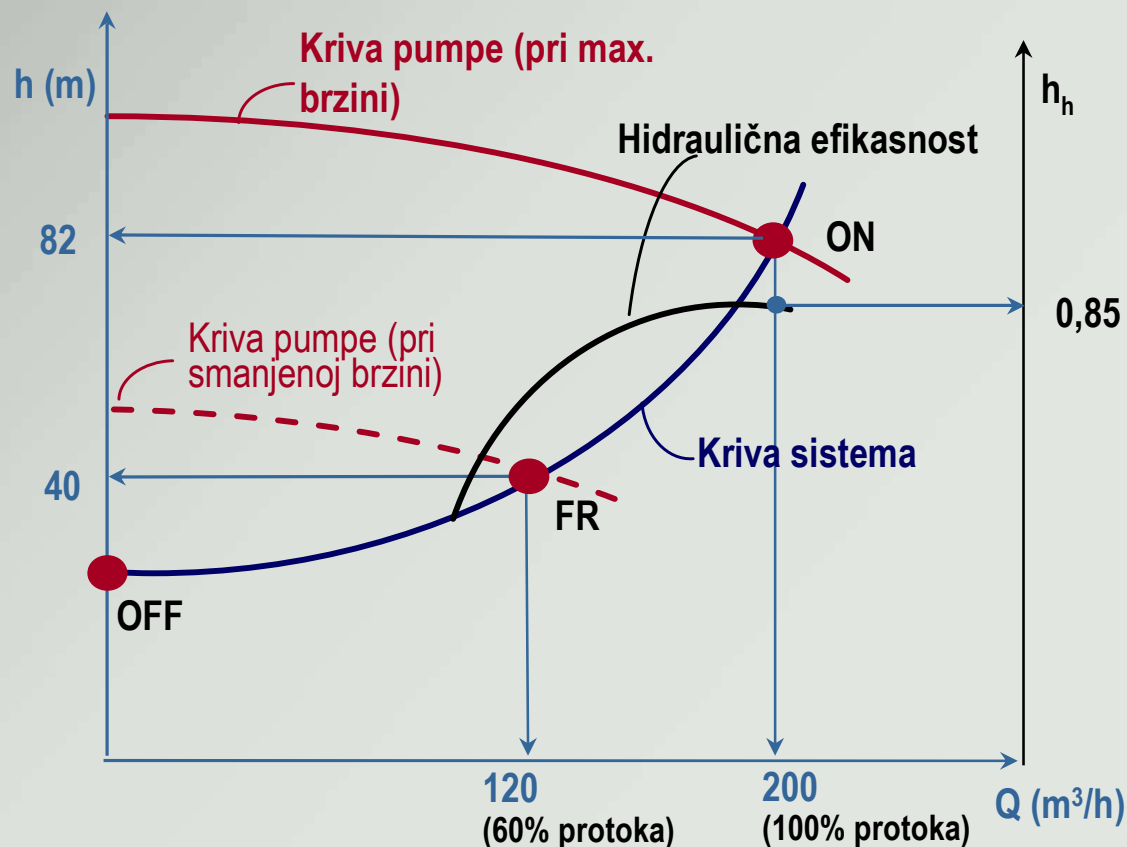
- **Kriva pumpe:** iz tehničke specifikacije pumpe
- **Kriva sistema:** iz proračuna ili mjerenja

Kriva sistema ima oblik:

- h_s = visina dizanja (visina sistema)
- k = konstanta koja opisuje ukupne karakteristike sistema (uključujući sve gubitke pri otporu)



FR naspram ON-OFF kontrole (centrifugalna pumpa u vodovodu)



Zahtjev $Q=120$ m³/h

a) ON – OFF KONTROLA

Status ON 60% vremena

$$P_{hON} = (h \cdot Q / d) / 367 = (82 \cdot 200 / 1) / 367 = 44,7 \text{ kW}$$

$$P_{iON} = 44,7 \text{ kW} / (0,85 \cdot 0,90) = 58,4 \text{ kW}$$

(hidraulična efikasnost 85% or 0,85 ;
efikasnost motora 90% or 0,90)

Status ON 40% vremena

$$P_{iOFF} = 0 \text{ kW}$$

Ukupna potrošnja za 4000 h/god:

$$= 4000 \text{ h} \cdot (58,4 \text{ kW} \cdot 0,6) = \mathbf{140160 \text{ kWh}}$$

b) FR

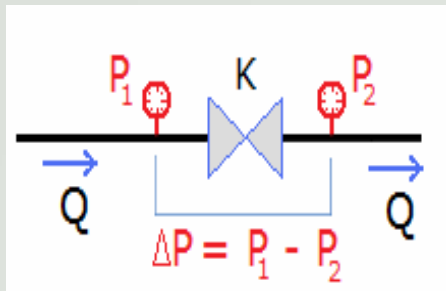
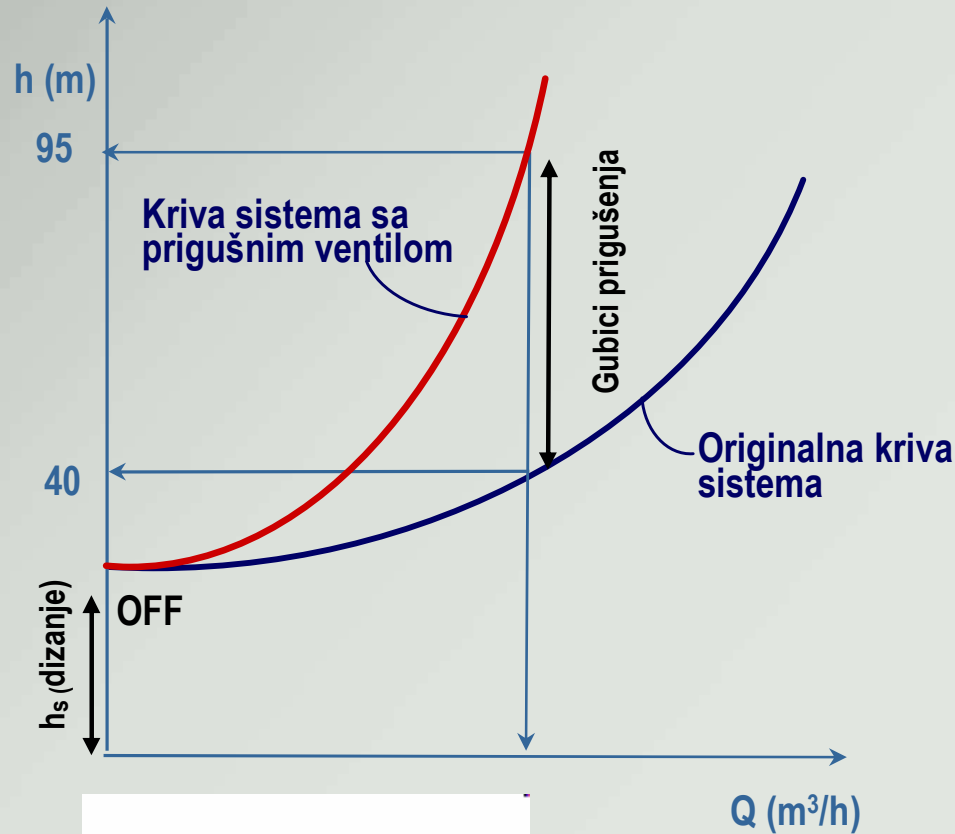
$$P_h = (h \cdot Q / d) / 367 = (40 \cdot 120 / 1) / 367 = 13,1 \text{ kW} \quad / \quad P_i = 13,1 \text{ kW} / (0,85 \cdot 0,90 \cdot 0,98) = 17,5 \text{ kW}$$

(hidraulična efikasnost 85% - aproksimirajmo da je početna efikasnost motora sačuvana sa smanjenjem broja obrtaja, efikasnost motora 90%, efikasnost FR 98%)

Ukupna potrošnja za 4000 h/god: $4000 \text{ h} \cdot 17,5 \text{ kWh} = \mathbf{70000 \text{ kWh (50% uštede)}}$



Kako prigušni ventil utiče na sistem?



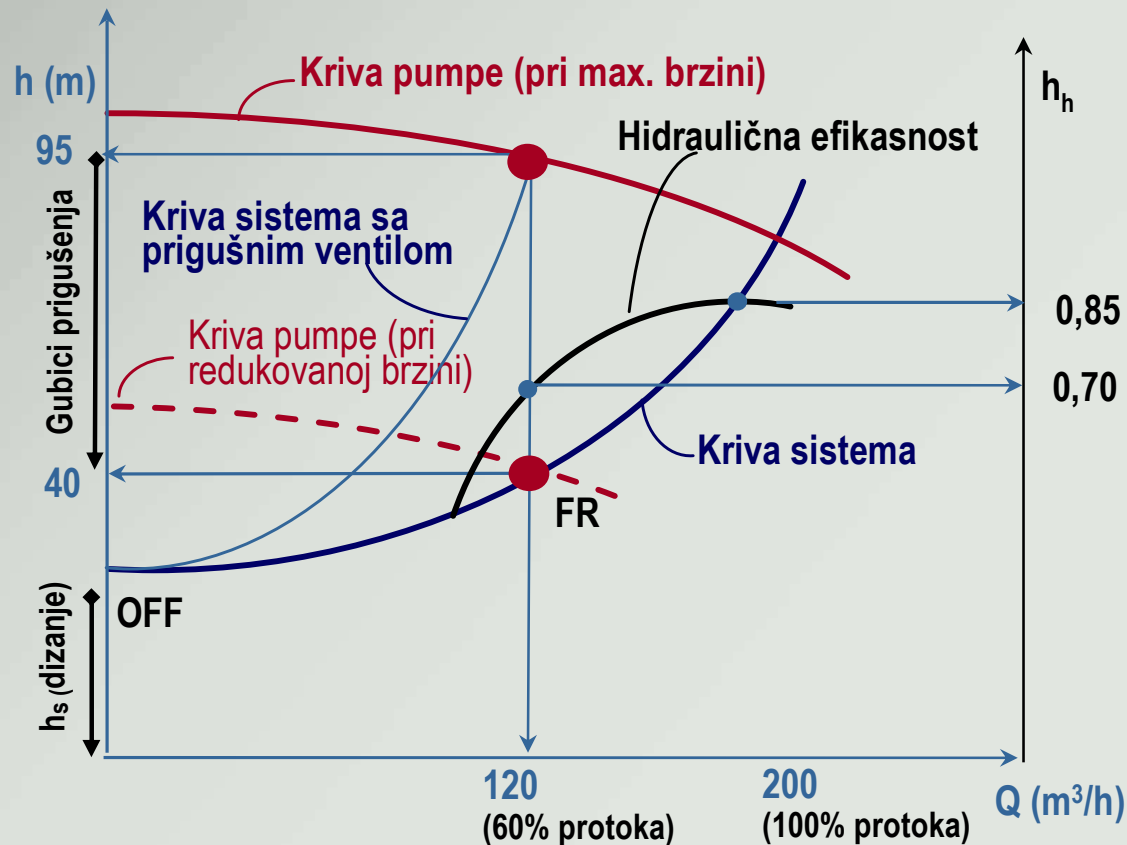
Prigušni ventil povećava pad pritiska u sistemu.

Prigušni ventil povećava koeficijent sistema (k) i mijenja karakteristiku sistema

(Pad pritiska = $k \cdot Q^2$)



FR kontrola naspram prigušivanja (centrifugalna pumpa u vodovodu)



Required $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

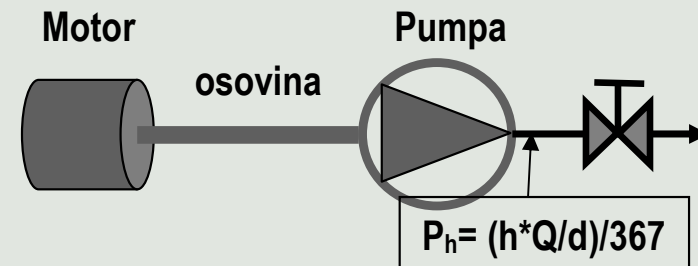
a) KONTROLA PRIGUŠIVANJEM

$$P_h = (h \cdot Q / d) / 367 = (95 \cdot 120 / 1) / 367 = 31,1 \text{ kW}$$

$$P_i = 31,1 \text{ kW} / (0,70 \cdot 0,90) = 49,3 \text{ kW}$$

(hidraulična efikasnost 70%, efikasnost motora 90%)

Ukupna potrošnja za 4000 h/god:
 $= 4000 \text{ h} \cdot 49,3 \text{ kW} = 197200 \text{ kWh}$



b) FR

$$P_h = (h \cdot Q / d) / 367 = (40 \cdot 120 / 1) / 367 = 13,1 \text{ kW} \quad / \quad P_i = 13,1 \text{ kW} / (0,85 \cdot 0,90 \cdot 0,98) = 17,5 \text{ kW}$$

(hidraulična efikasnost 85% - aproksimirajmo da je početna efikasnost motora sačuvana sa smanjenjem broja obrtaja, efikasnost motora 90%, efikasnost FR 98%)

Ukupna potrošnja za 4000 h/god: $4000 \text{ h} \cdot 17,5 \text{ kWh} = 70000 \text{ kWh}$ (65% ušteda)



FR - Pristup pri proračunu

Tipičan obrazac za kalkulacije: posebna kalkulacija mora biti urađena za različite kombinacije protoka (Q) i vremena rada sistema; benefiti su kumulativni

Dana godišnje											
Opterećenje:	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Sati dnevno:											
.....											



Frekventna regulacija - zaključci

Frekventni regulatori (FR) :

- postižu značajne uštede energije kada pumpe, ventilatori i sl. učestalo rade sa djelimičnim opterećenjem
- obezbjeđuju preciznu kontrolu izlaznim veličinama sistema (protok, pritisak, itd.)
- su veoma pouzdani uređaji.

FR mogu poboljšati performanse ali ne mogu izliječiti sve nedostatke loše projektovanog i vođenog sistema.

FR mora biti pažljivo izabran od strane specijaliste za svaku specifičnu primjenu i tip motora.

FR ne štedi energiju ako sistem čitavo vrijeme radi pod punim opterećenjem.



SADRŽAJ

Uvod: Frekventni regulatori (FR) ili inverteri

Poređenje upravljanja pritiskom/protokom

Strategija ušteda energije u sistemima vodosnabdijevanja



Sistemi vodosnabdijevanja – Strategija za uštedu energije

Energija se troši za zadovoljenje radnih potreba sistema vodosnabdijevanja.

Pametna strategija uštede energije:

- Korak 1: Uspostavljanje upravljanja energijom i vodom** u cilju planiranja i održavanja optimalnih uslova trenutno i dugoročno.
- Korak 2: Smanjenje energetske potrebe u sistemu** (ili bar njihovo planiranje).
- Korak 3: Optimizacija performansi opreme** (motori, pumpe).



Korak 1: Uspostavljanje upravljanja energijom i vodom

Sračunajte troškove energije po m³ ispumpane vode i po m³ vode obračunate korisnicima.

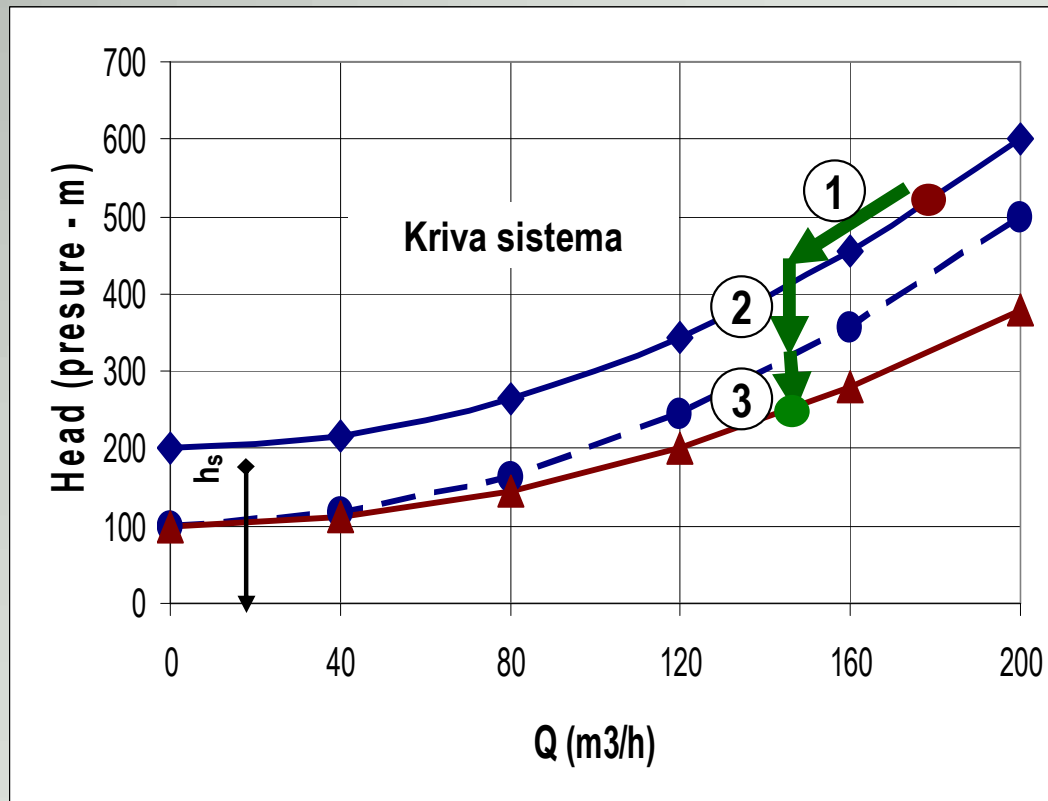
Izračunajte koliko su tačno troškovi gubitaka na dnevnom nivou. Nemojte samo da razmišljate o “gubicima vode” ili “gubicima pritiska” već o “gubicima novca”.



(Ova tema je pokrivena drugim treningom)



Korak 2: Smanjenje energetske potrebe sistema



Oblik krive sistema: $h = h_s + kQ^2$

- h_s = visina dizanja (visina sistema) (m)
- k = konstanta koja opisuje ukupne karakteristike sistema (uključujući sve gubitke otpora)
- Q = protok vode (m³/h)

1) Smanjiti protok ispumpane vode posebno u djelovima sistema sa većom visinom (visoki gubici otpora)

2) Smanjiti visinu dizanja (h_s - dizanje). Iskoristiti gravitaciju; razmotriti takođe instalaciju vodotornjeva koji mogu biti napunjeni u noćnom periodu (koristeći jeftiniju tarifu)

3) Smanjiti gubitke usled pritiska u sistemu (k): kraće distance, pravilan izbor presjeka cijevi itd.



Preporuke za smanjenje energetske potrebe sistema

Sistem ne može biti rekonstruisan / renoviran odjednom. Ipak ovo može biti urađeno na papiru:

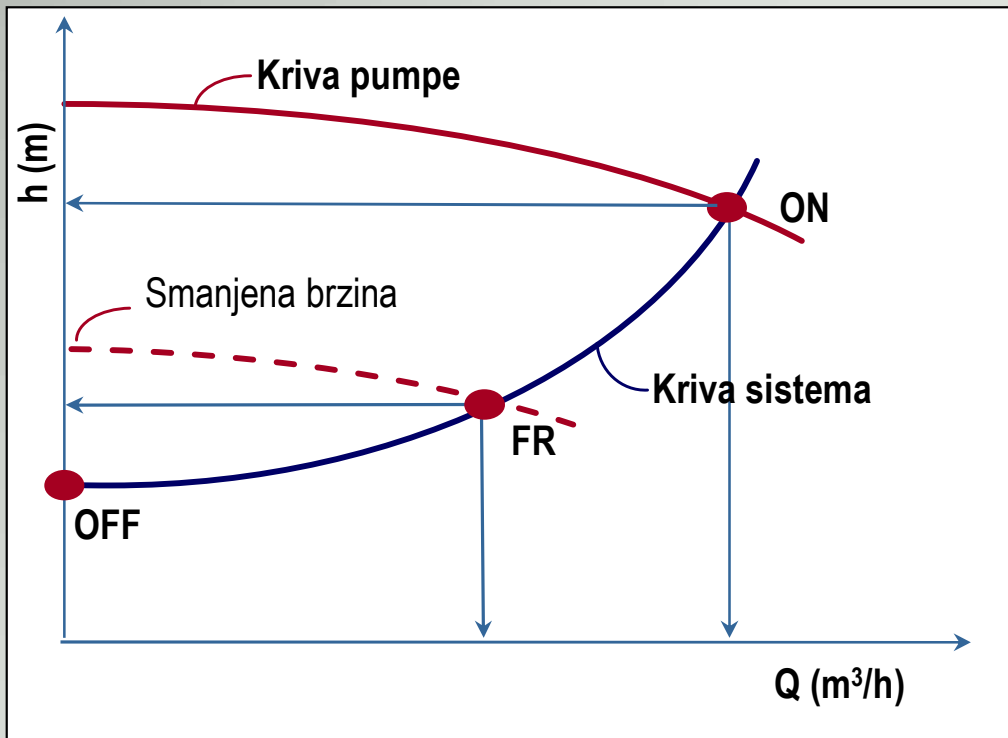
- Pripremiti **master plan** sistema “**kakav bi trebao biti**”.
- Razdvojiti sistem u “pod-sisteme” / područja zavisno od njihovih karakteristika
- Prepoznati područja za prioritarno djelovanje
- U toku održavanja sistema pratiti master plan (npr. zamijeniti cijev sa novom odgovarajućeg presjeka)
- Renoviranje korak po korak počinjući od prioritarnih mjera

Hitne akcije:

- Investiranje u održavanje – sanirati glavne gubitke vode
- Kampanje prema korisnicima za štednju vode (razmotriti takođe politiku tarifa)
- Optimizovati raspored pritisaka i urediti ga (pomoću odgoovrajuće automatike)
- Pritisak noću može biti niži
- Visočiji pritisak vodi ka većim gubicima i većoj finalnoj potrošnji
- Neracionalno je održavati visok pritisak u širokim područjima da bi zadovoljili par nepovoljnih kupaca (npr. razmotriti ugradnju malih potisnih pumpnih stanica)



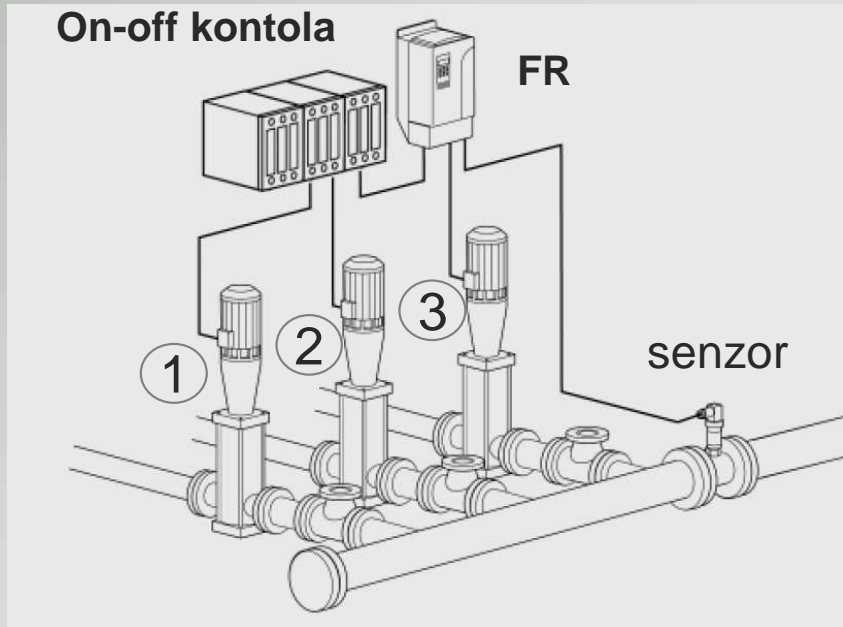
Korak 3: Optimizacija performansi pumpne stanice



- 1) Analizirati kapacitet pumpe, pritiske, eikasnost, opterećenje za **svaku pumpnu stanicu**
- 2) Prije donošenja “lake odluke” za instalacijom FR razmotriti:
 - Pregrupisavanje pumpi između stanica u cilju postizanja potrebnih pritisaka/opterećenja
 - Dopunjavanje/dijeljenje pumpnih stanica
 - Korišćenje vodotornjeva (noćni rezervoari i optimizacija opterećenja) itd.
- 3) **Optimizacija rasporeda rada** pumpi (naizmjeničan rad u cilju produženja životnog vijeka) – razmotriti instalaciju visoko-efikasnih motora/pumpi (bez FR) i rasporediti ih na način da im se obezbijedi maksimalno radno vrijeme
- 4) Održavati sistem i premotati motore koji rade manje vremena
- 5) **Sad možete razmotriti ugradnju FR**

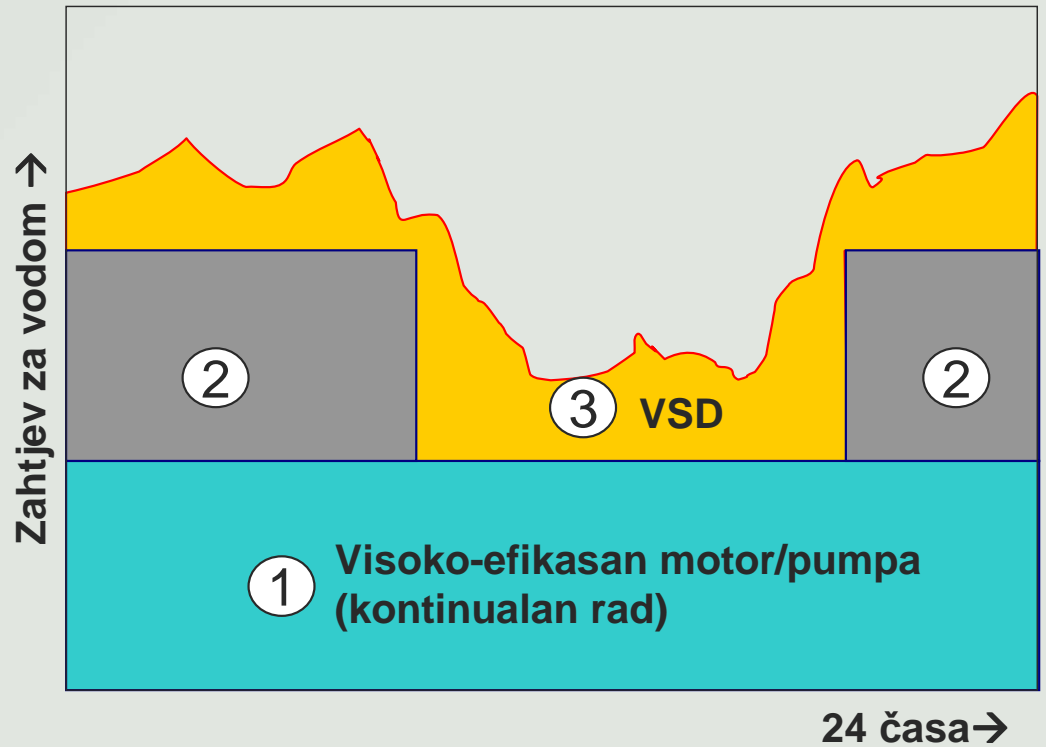


Koncept vodovodne pumpne stanice sa FR

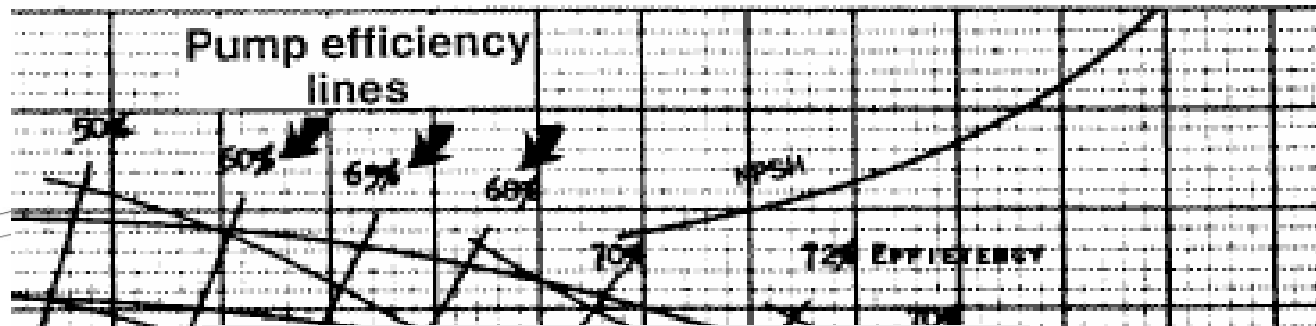
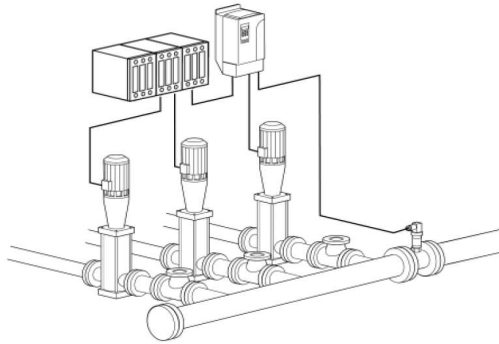


Izvor slike: ABB brošura

Koncept rasporeda rada pumne stanice



Diskusija...



Pitanja?

