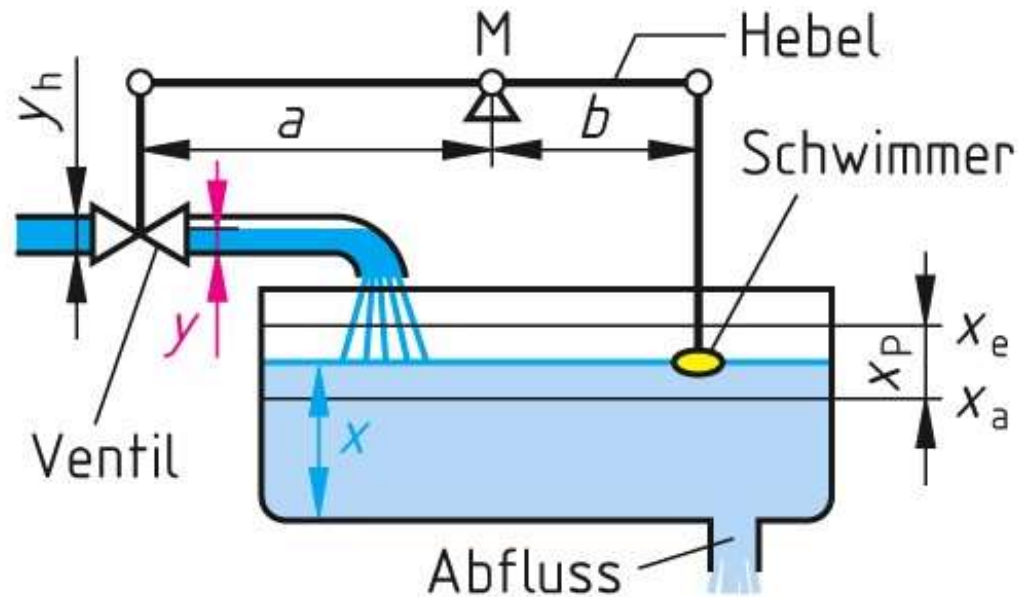


# 1. Regulacijska zanka

*Primer: Regulacija nivoja tekočine s plovcem*



# 1.2 Krmiljenje in regulacija

## Definicija sistema, elementa in procesa

- **Sistem** je množica elementov, ki so medsebojno odvisni in povezani tako, da delujejo kot celota.
- **Element** je objekt, za katerega pred obravnavo ne poznamo notranjih veličin in odvisnosti, temveč le tiste, ki jih lahko opišemo s spremembo vhodnih in izhodni veličin.
- **Proces** je v splošnem vsaka kvalitativna in/ali kvantitativna sprememba v odvisnosti od časa – to je torej dinamični sistem, ki ga vzdržujemo v željenih mejah.

# 1.2. Krmiljenje in regulacija

## Krmiljenje

- Krmilni signali gredo proti krmiljenemu procesu v določeni smeri in v predpisanem redosledu
- Krmiljena veličina nima nobenega vpliva na krmilni signal – **odprta zanka**
- **Odprtozančni sistemi** so enostavni, kar se odraža v ceni, zanesljivosti in obstojnosti
- Po svoji naravi so stabilni, pri čemer pa mora biti seveda stabilen tudi krmiljeni proces
- So nenatančni v smislu nezmožnosti proizvodnje krmilnega signala, ki naj bi popravil razliko med doseženo in željeno vrednostjo odziva

# 1.2. Krmiljenje in regulacija

## Regulacija

- Regulirano veličino primerjamo z želeno in v odvisnosti od te razlike tvorimo regulirno veličino tako, da le ta povzroča regulirno veličino, ki se približuje želeni vrednosti – **zaprta zanka**.
- **Zaprtozančni sistemi** so zato sposobni relativno hitrega odgovora na zahtevano spremembo in so relativno natančni v prilagajanju doseženega odziva k želenemu.
- **Zaprtozančni sistemi** se lahko tudi destabilizirajo (okvare na opremi) in če ima to lahko katastrofalne posledice (vodenje avionov, nuklearnih elektrarn ipd.), se proti okvaram zavarujemo z različnimi ukrepi, ki pa v sistem vnašajo dodatno opremo in kompleksnost.
- →

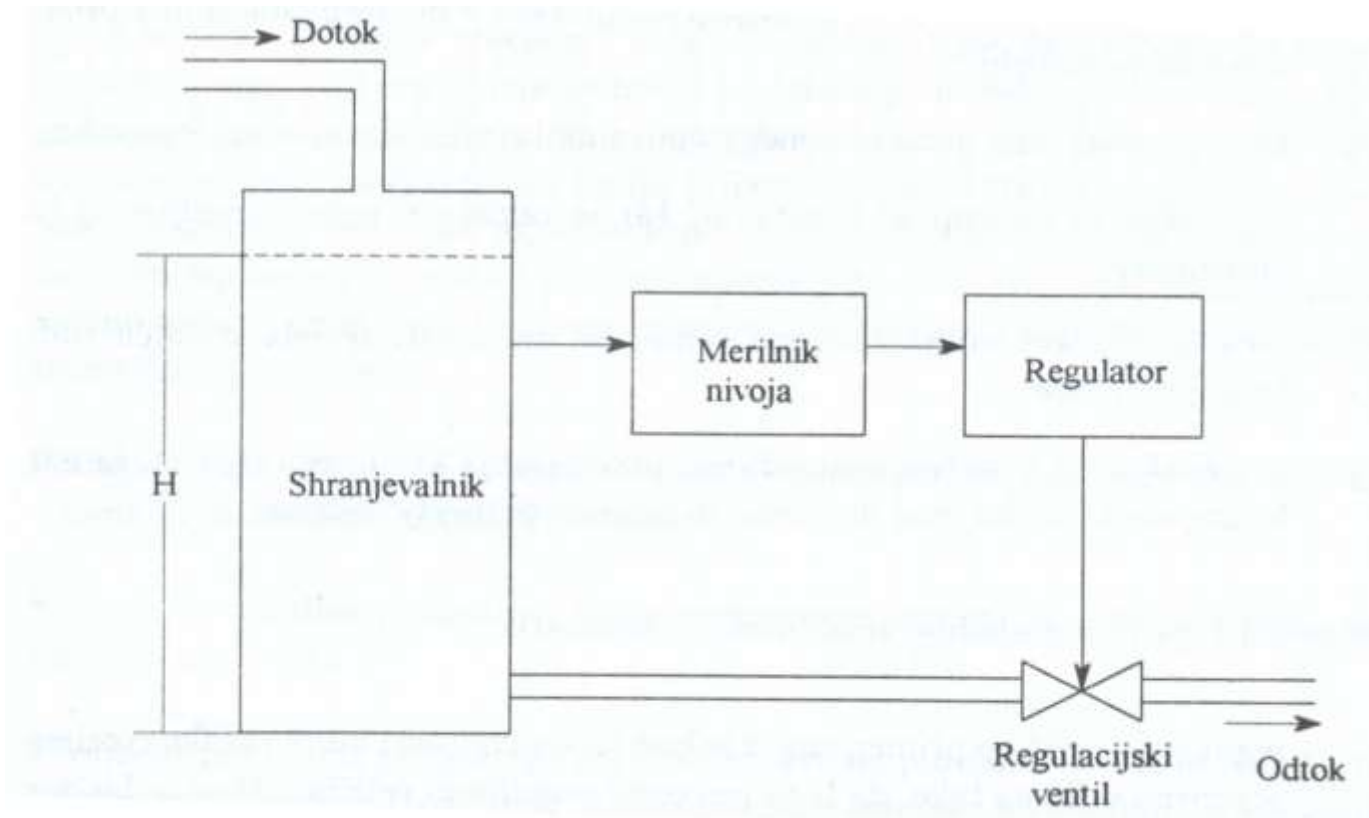
# 1.2. Krmiljenje in regulacija

## Regulacija

- ←
- Potreba po merjenju regulirnih veličin pri zaprtozančnih sistemih lahko pomeni možnost vnosa različnih šumov, katerih vpliv pa se pri prehodu skozi regulacijsko zanko največkrat tako oslabi, da skoraj ne vplivajo na regulirane veličine. Pri tem se moramo zavedati, da regulacija nikdar ne more biti bolj točna, kot je meritev, največkrat pa je še veliko slabša.
- Kljub relativni hitrosti odziva se moramo pri zaprtozančnih sistemih zavedati, da se regulacijska akcija, ki naj bi popravila razliko med želeno in doseženo vrednostjo regulirane veličine ne more začeti prej, preden do te razlike ne pride (npr. vpliv motnje se mora torej že pojaviti na izhodu).

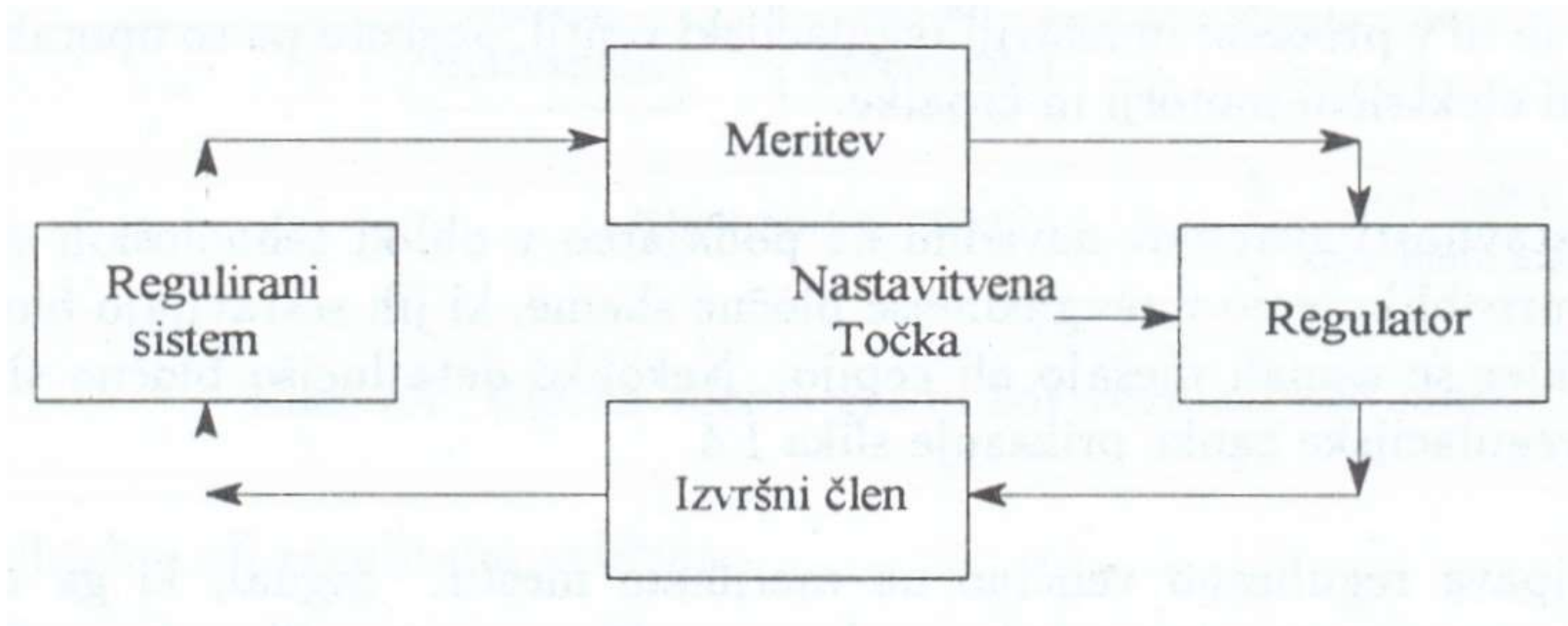
# 1.2. Krmiljenje in regulacija

## Primer regulacije nivoja



# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov

Osnovni blok diagram regulacijske zanke



# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov

- **Regulirani sistem** – v splošnem tvorijo regulirani sistem oprema in materiali, ki so povezani z neko proizvodnjo. Med mnogimi dinamičnimi spremenljivkami, ki jih lahko vsebuje regulirani sistem ali pa njegov matematični in/ali fizični model največkrat želimo regulirati le eno. Zato takšne procese imenujemo univariabilne. Pri multivariabilnih procesih pa reguliramo več medsebojno povezanih spremenljivk.





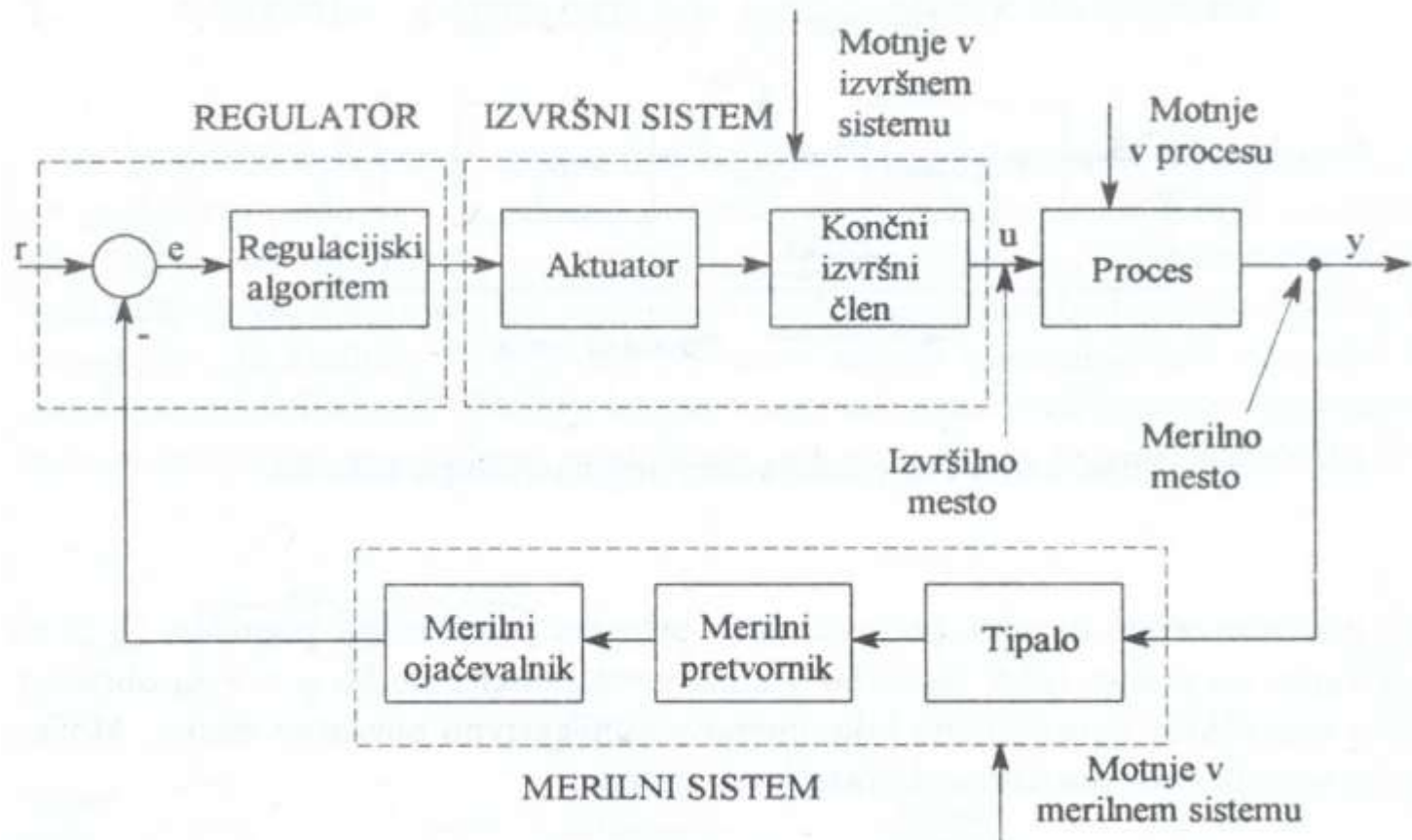
# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov

- **Meritev** – da bi lahko regulirali izbrane dinamične spremenljivke procesa, moramo dobiti o njih neko informacijo, ki jo omogočajo meritve. V splošnem meritev pretvori spremenljivko (regulirano veličino) v nek analogni signal, kot je npr. tlak v pnevmatskih sistemih, elektrina napetost ali tok. Napravo, ki izvrši omenjeno pretvorbo, imenujemo merilni pretvornik. Najpogostejši so merilniki premikov, temperature, tlaka, pretoka in nivoja, pa tudi različni analitični merilniki. Izhodne signale merilnih pretvornikov uporabimo v regulacijski zanki.
- **Vrednotenje** – v procesu vodenja pomeni vrednotenje ocenitev meritve in določitev ustrezne regulacijske akcije. Te del zanke imenujemo **regulator**. Vrednotenje lahko izvedemo ročno, v tem primeru ga izvede operater, ali pa avtomatsko z obdelavo omenjenih pnevmatskih ali električnih izhodov merilnih pretvornikov, ki jih primerjamo z zelenimi vrednostmi. Regulator zahteva meritve regulirnih veličin, kakor tudi definicijo njihovih zelenih vrednosti, ki jih imenujemo **nastavitvene točke**.
- **Izvršni člen** – to je element, ki direktno vpliva na regulirani sistem. Sprejme signal iz regulatorja in ga pretvori v ustrezno operacijo na reguliranem sistemu. Mnogokrat je to v procesni industriji regulacijski ventil, pogosto pa so uporabljeni tudi različni motorji in črpalke.



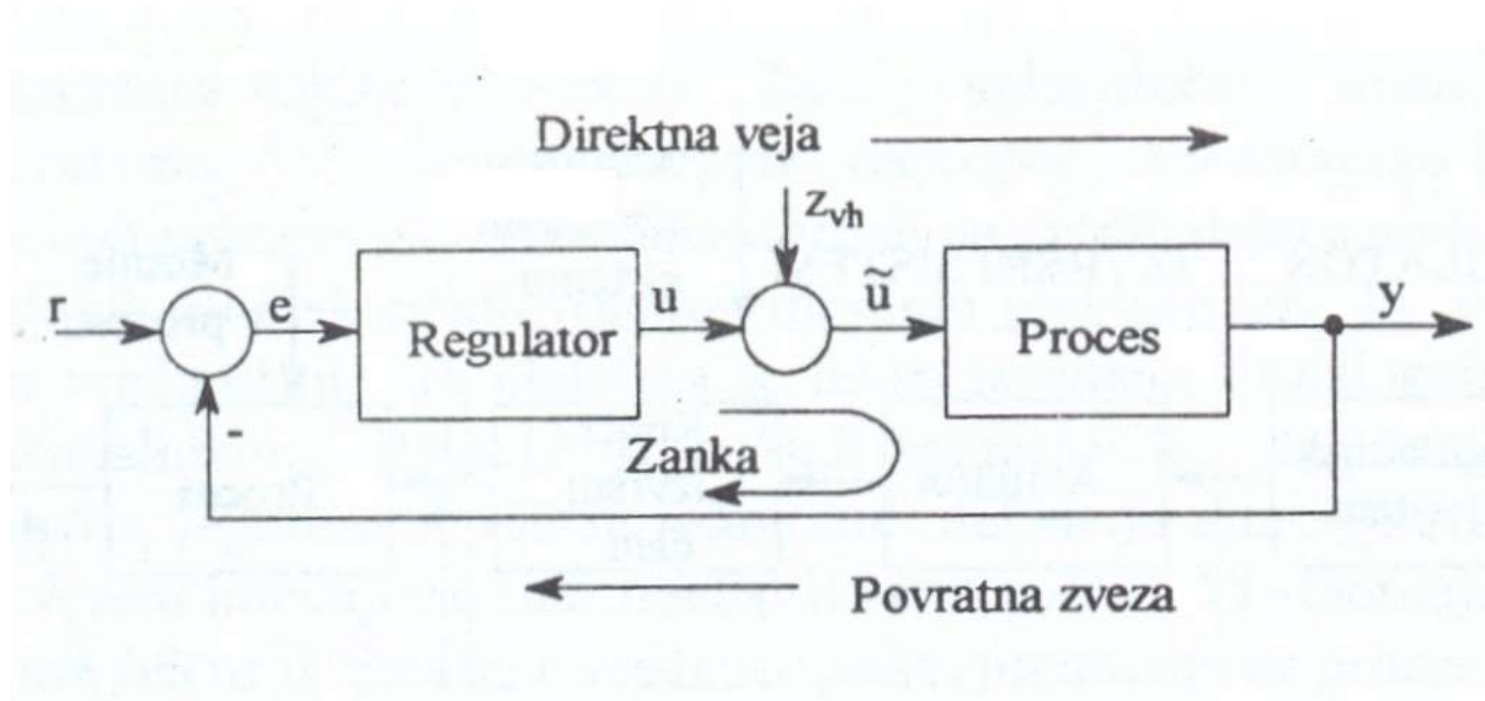
# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov

## Blokovna shema gradnikov regulacijske zanke



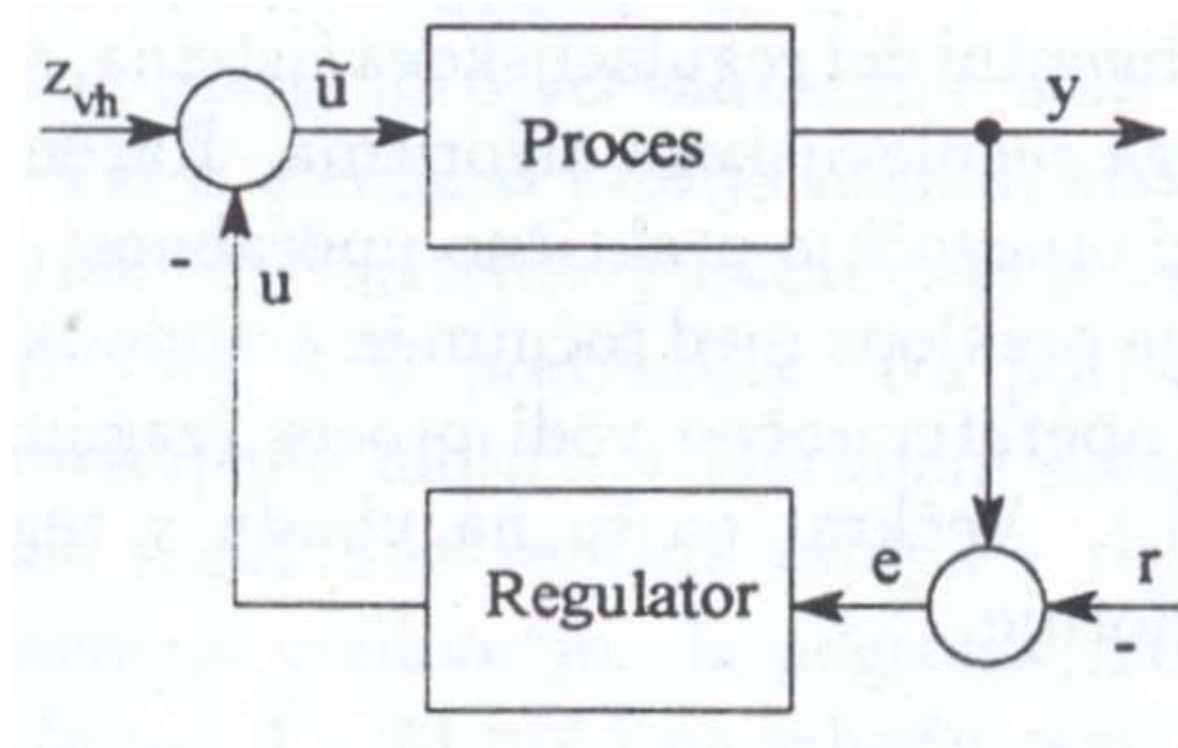
# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov

Predstavitev regulacijskega sistema s vplivom motnje



# 1.3. Osnovni elementi sistema za vodenje procesov


Predstavitev regulacijskega sistema brez vpliva motnje



# 1.4 Sistem označevanja v tehnoloških shemah

 Procesna linija

 Električni signal

 Pnevmatiski signal

 Hidravlični signal



Lokalno montiran instrument



Regulator na kontrolni plošči v  
komandnem prostoru



Regulator za kontrolno ploščo  
v komandnem prostoru

## Prva črka:

C – zmes

E – napetost

F – pretok

I – tok

L – nivo

P – tlak

T – temperatura

S – hitrost

Z – pozicija

Ph – kislost medija

## Druga črka:

C – regulator

E – primarni element

I – prikaz

R – registrator

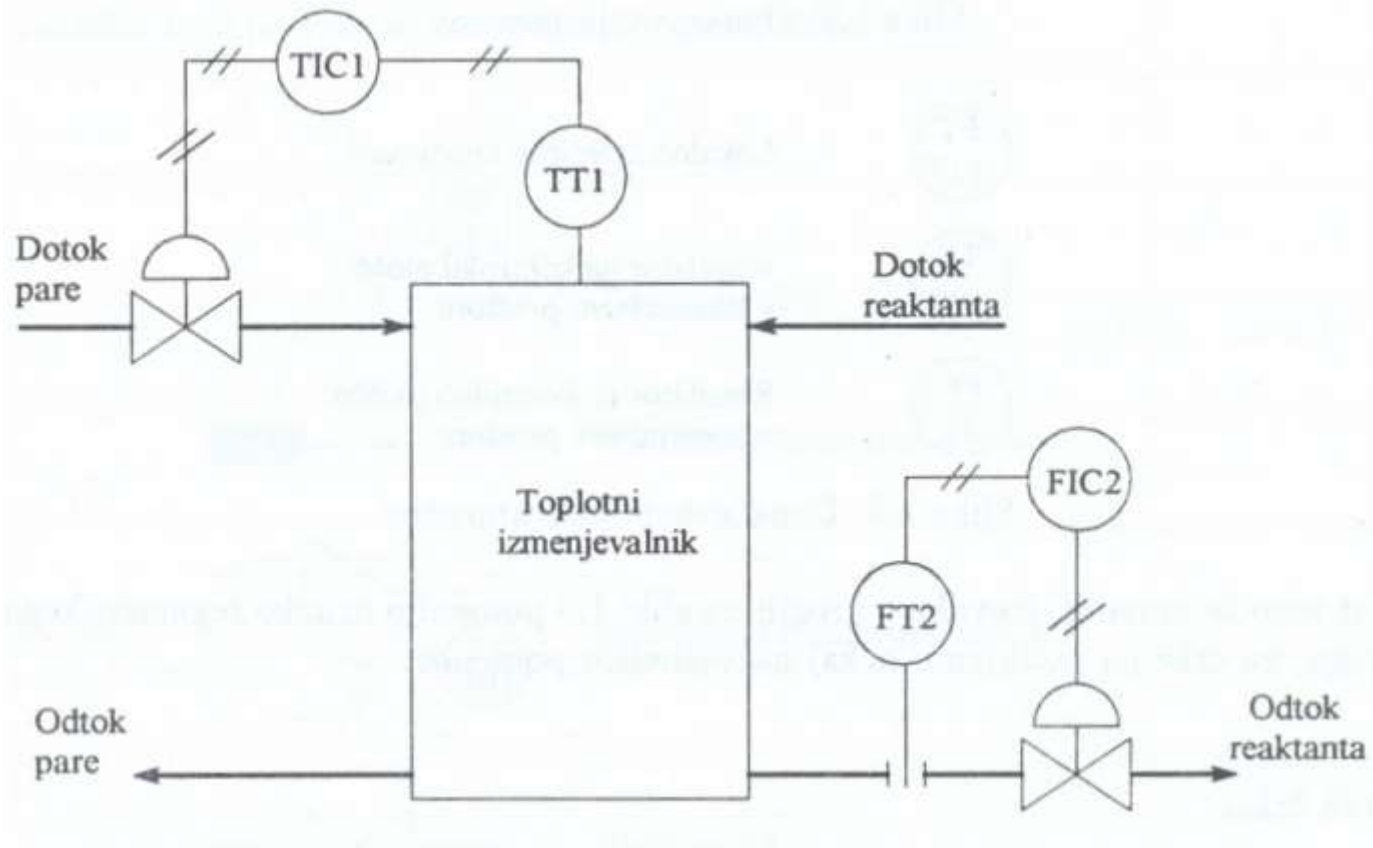
T – pretvornik, tipalo

V – ventil

Z – pogon

# 1.4 Oznake elementov tehnoloških shem

Primer sheme procesa podanega v obliki P&ID



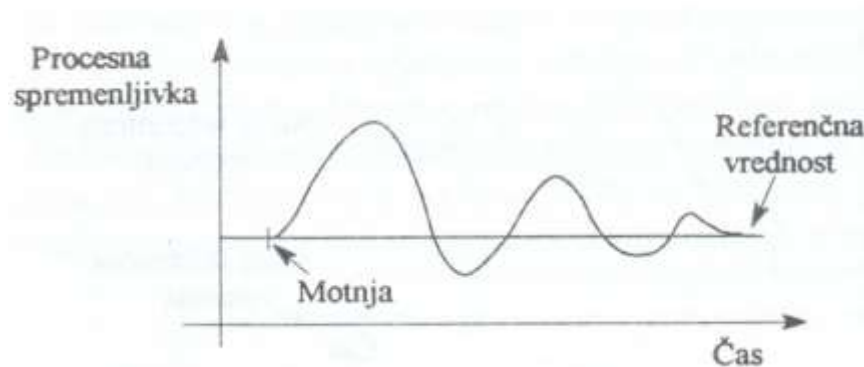
# 1.5 Splošne zahteve pri regulaciji

- Stabilnost sistema
  - Hiter
  - Dovolj dušen
  - Primerno majhen pogrešek:  $\varepsilon = r - y$
  - Regulacijsko delovanje (slika)
  - Sledilno delovanje regulacijske zanke (slika)
  - Vrednotenje časovnega odziva regulacijske zanke (slika)

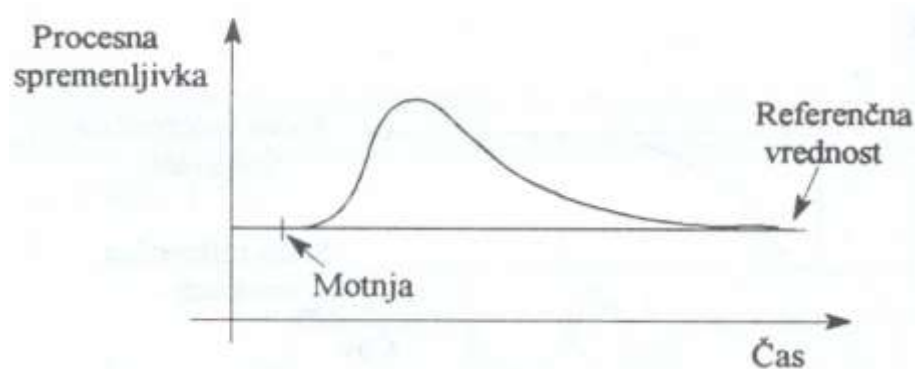
# 1.5 Splošne zahteve pri regulaciji

Regulacijsko delovanje

→ Podkritično dušen odziv sistema na motnjo



→ Nadkritično dušen odziv sistema na motnjo



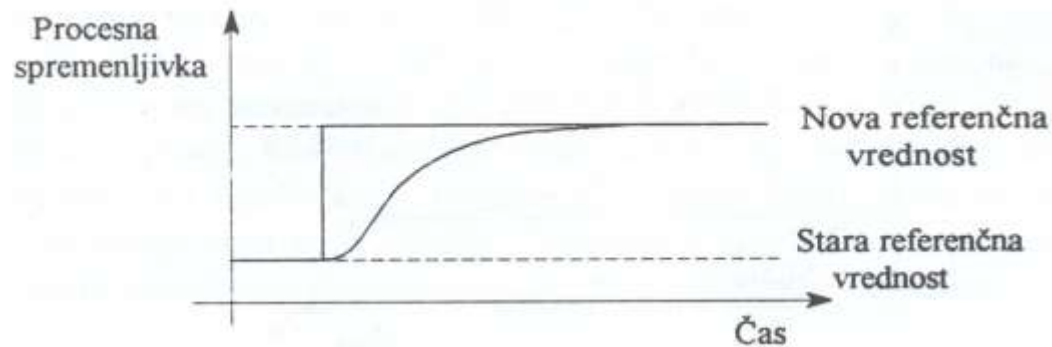
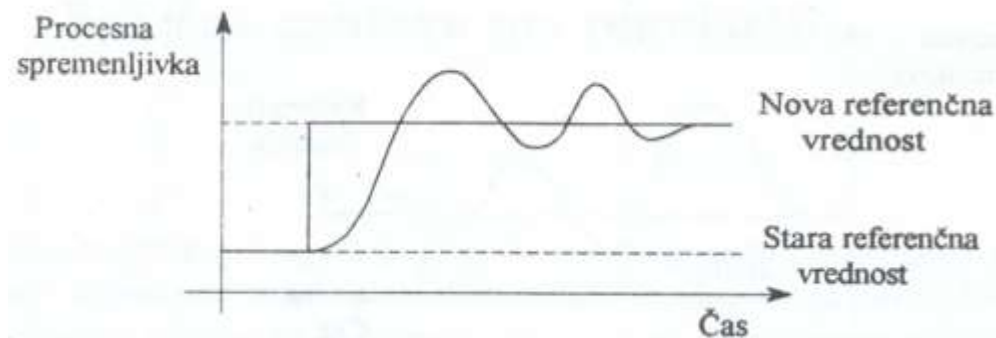


# 1.5.1. Zahteve pri načrtovanju in vrednotenju regulacijske zanke

Časovni odziv regulacijskega sistema delimo na dva dela:

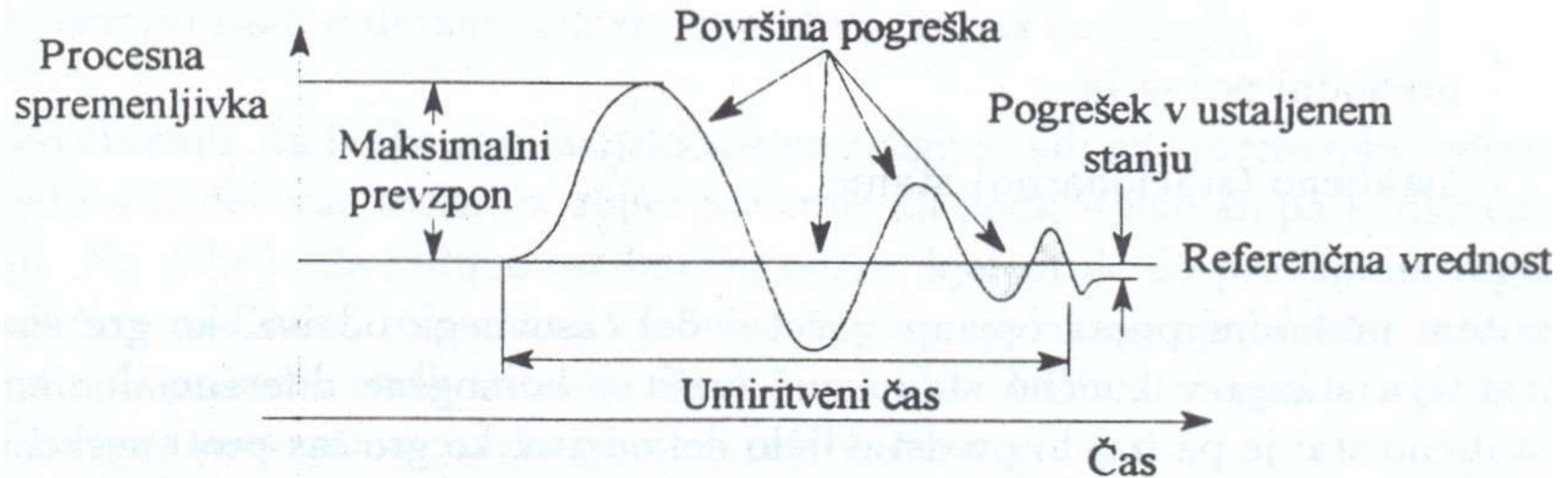
→ Prehodni pojav

→ Ustaljeno (stacionarno delovanje)



# 1.5.1. Zahteve pri načrtovanju in vrednotenju regulacijske zanke

Vrednotenje časovnega odziva regulacijske zanke



# 1.6 Učinki povratne zanke

- Struktura odprte zanke (slika)
- Struktura zaprte zanke (slika)
- Definicije, izrazi
  
- Vplivi in učinki povratne zanke

# 1.6 Učinki povratne zanke

- Struktura odprte zanke (glej slikovno podporo)
- Struktura zaprte zanke (glej slikovno podporo)
- Definicije, izrazi
- Prenosna funkcija ( $\mathbf{y}$ )
  - $\mathbf{R}$  (regulator)
  - $\mathbf{S}$  (sistem)
- Vplivi in učinki povratne zanke

# 1.6 Učinki povratne zanke

- Vplivi in učinki povratne zanke
  - Vpliv na dinamično obnašanje
  - Vpliv na stabilnost sistema
  - Vpliv na občutljivost sistema na spremembo sistemskih parametrov

# 1.7 Klasifikacija sistemov vodenja

- **Regulirani objekt**
  - Procesno vodenje, procesni regulatorji
- **Vrsta regulirane veličine**
  - Odmik, hitrost, pospešek, sila, torzija, mehanska napetost, temperatura, tlak, masa, ...
- **Uporabljene regulirne veličine**
  - Električne, mehanske, hidravlične, pnevmatske, kombinacija naštetih

# 1.7 Klasifikacija sistemov vodenja

- **Značaj regulacijskih elementov**
  - Analogni (zvezni V/I), digitalni (binarni V/I), hibridni (kombinacija) regulacijski elementi
- **Linearnost regulacijskega sistema**
  - Linearni in nelinearni sistemi
- **Število regulacijskih zank**
  - Enozančni in večzančni sistemi
- **Značaj regulirnega signala**
  - Zvezno delujoči regulator, sekvenčni regulacijski sistem

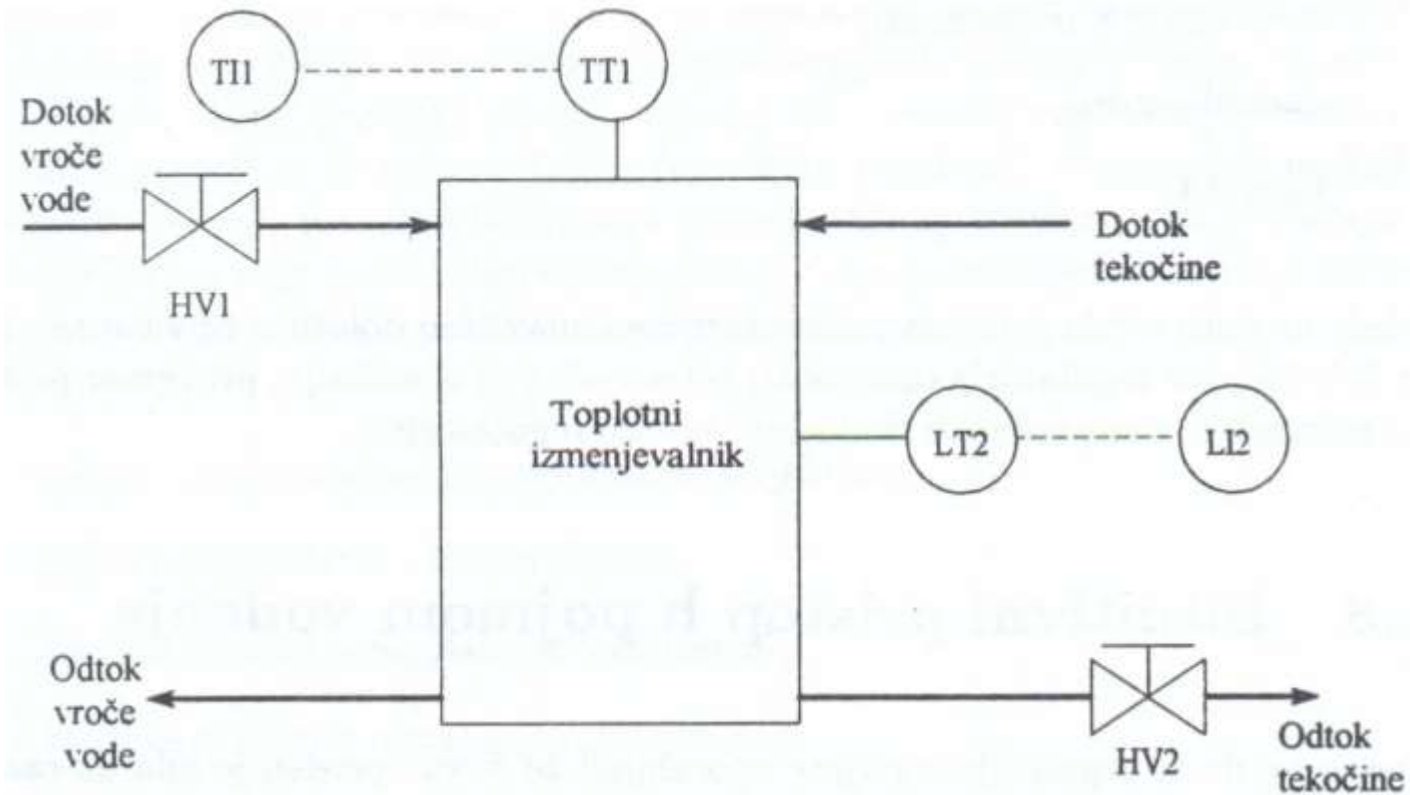
# 1.8 Intuitivni pristop k pojmu vodenja

- **Ročno vodenje**
  - Ročni vklop/izklop posameznih izvršnih členov (slika)
- **Dvopoložajno vodenje**
  - Električno krmiljen vklop/izklop posameznih izvršnih členov (slika)
- **Proporcionalno vodenje**
  - Proporcionalna regulacija: spreminjanje odprtosti npr. ventila v smislu popraviljanja pretoka vroče vode v nekem razmerju do spremembe pogreška  $e$ .
  - Spreminjanje zvezne odprtosti npr. ventila omogoča ustrezen aktuator, običajno električni ali pnevmatski. (slika)



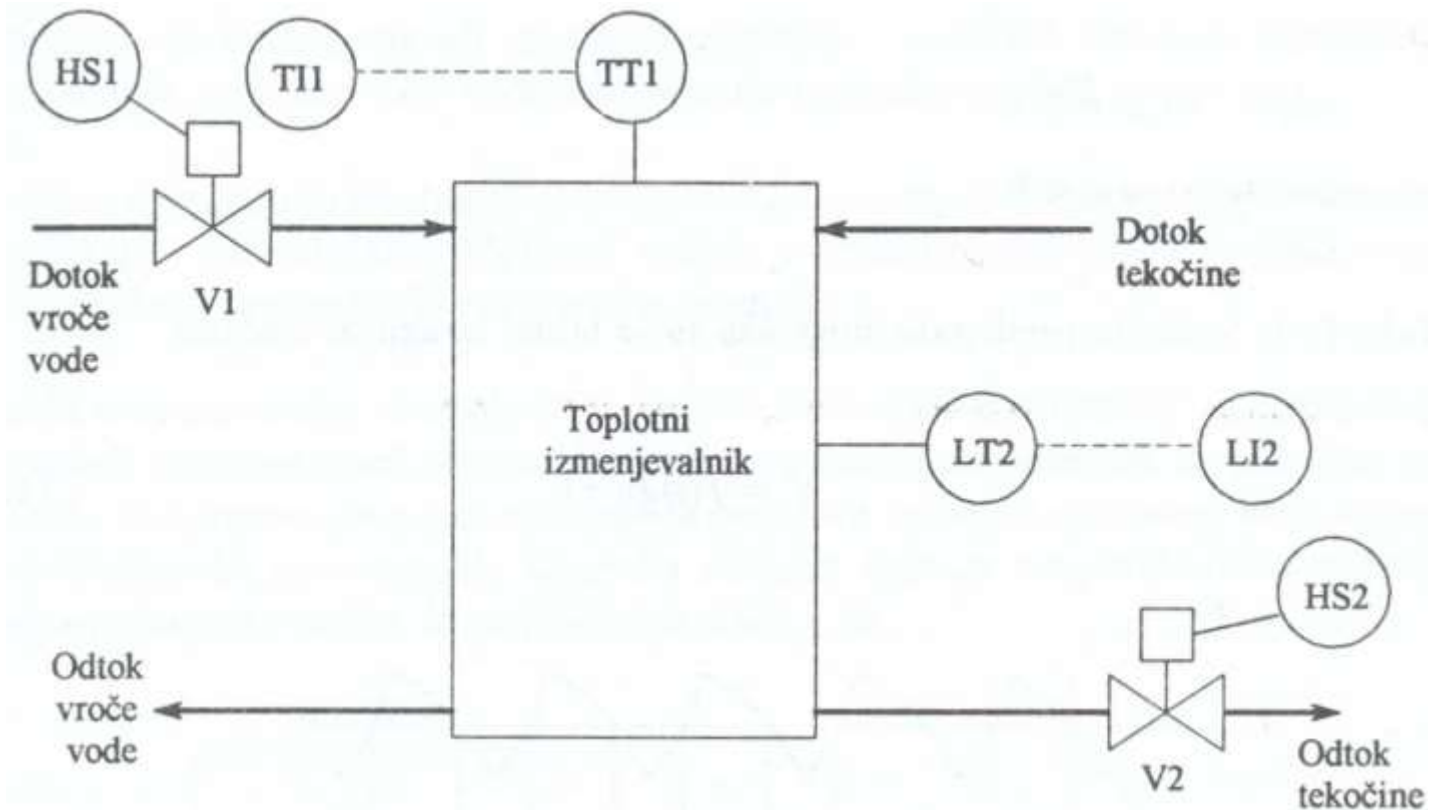
# 1.8 Intuitivni pristop k pojmu vodenja

- Ročno vodenje
  - Ročni vklop/izklop posameznih izvršnih členov



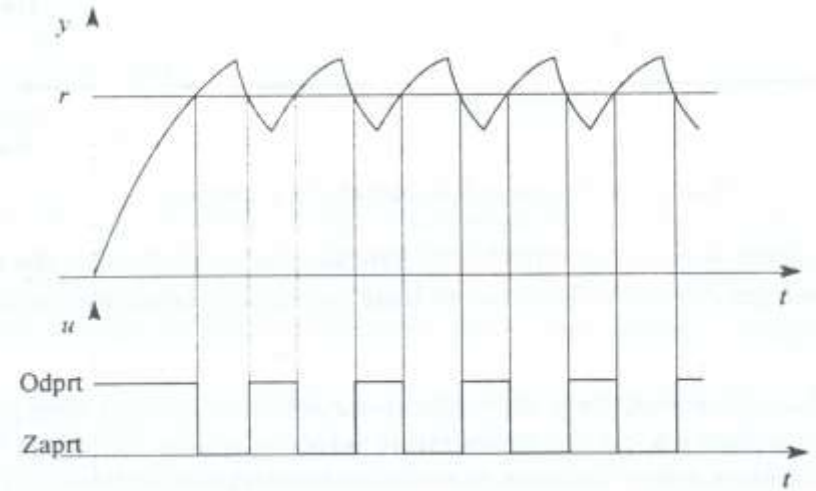
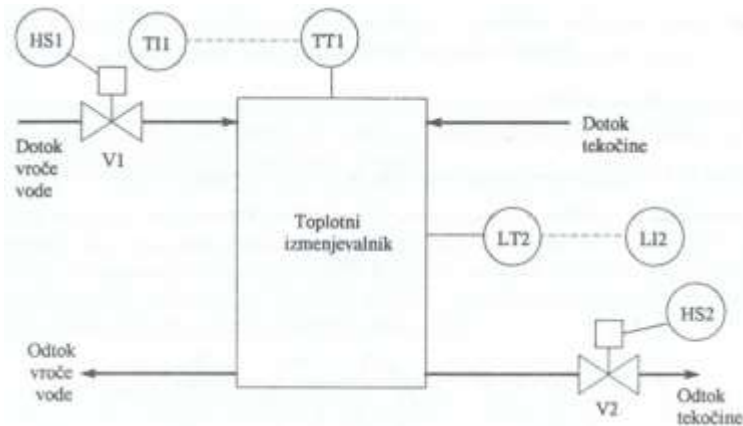
# 1.8 Intuitivni pristop k pojmu vodenja

- Dvopoložajno vodenje



# 1.8 Intuitivni pristop k pojmu vodenja

- Dvopoložajno vodenje

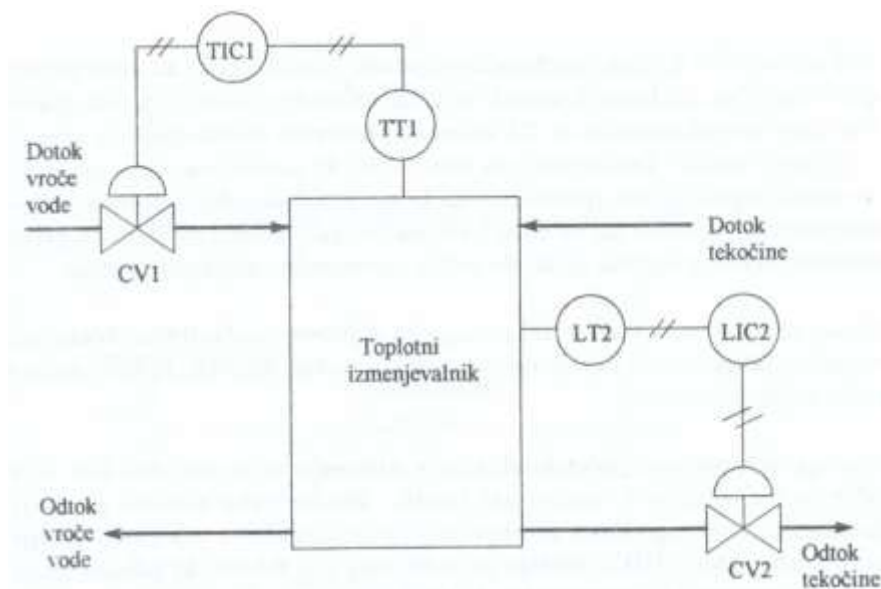


# 1.8 Intuitivni pristop k pojmu vodenja

- **Proporcionalno – integralno (PI) vodenje**
  - (slika)
- **Proporcionalno – diferencirno (PD) vodenje**
  - (slika)
- **Proporcionalno – integrirno – diferencirno (PID) vodenje**
  - (slika)
- **Krmiljenje z upoštevanjem motnje (*feedforward control*)**
  - (slika)
- **Regulacija razmerja (ratio control)**
  - (slika)
- **Kaskadna regulacija**
  - (slika)

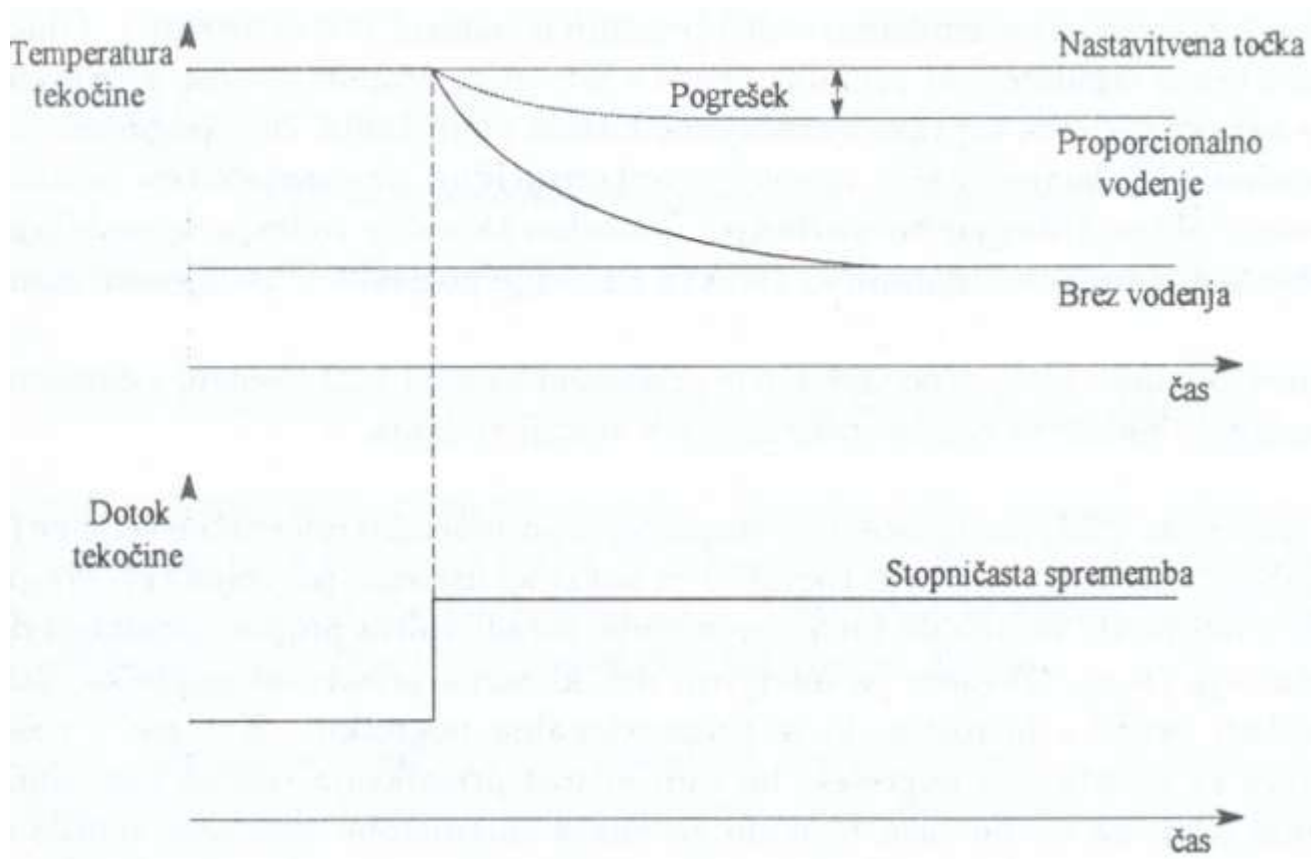
# 1.8.1 Proporcionalno vodenje

- **Proporcionalno vodenje**
  - Proporcionalna regulacija: spreminjanje odprtosti npr. ventila v smislu popraviljanja pretoka vroče vode v nekem razmerju do spremembe pogreška  $e$ .
  - Spreminjanje zvezne odprtosti npr. ventila omogoča ustrezen aktuator, običajno električni ali pnevmatski.



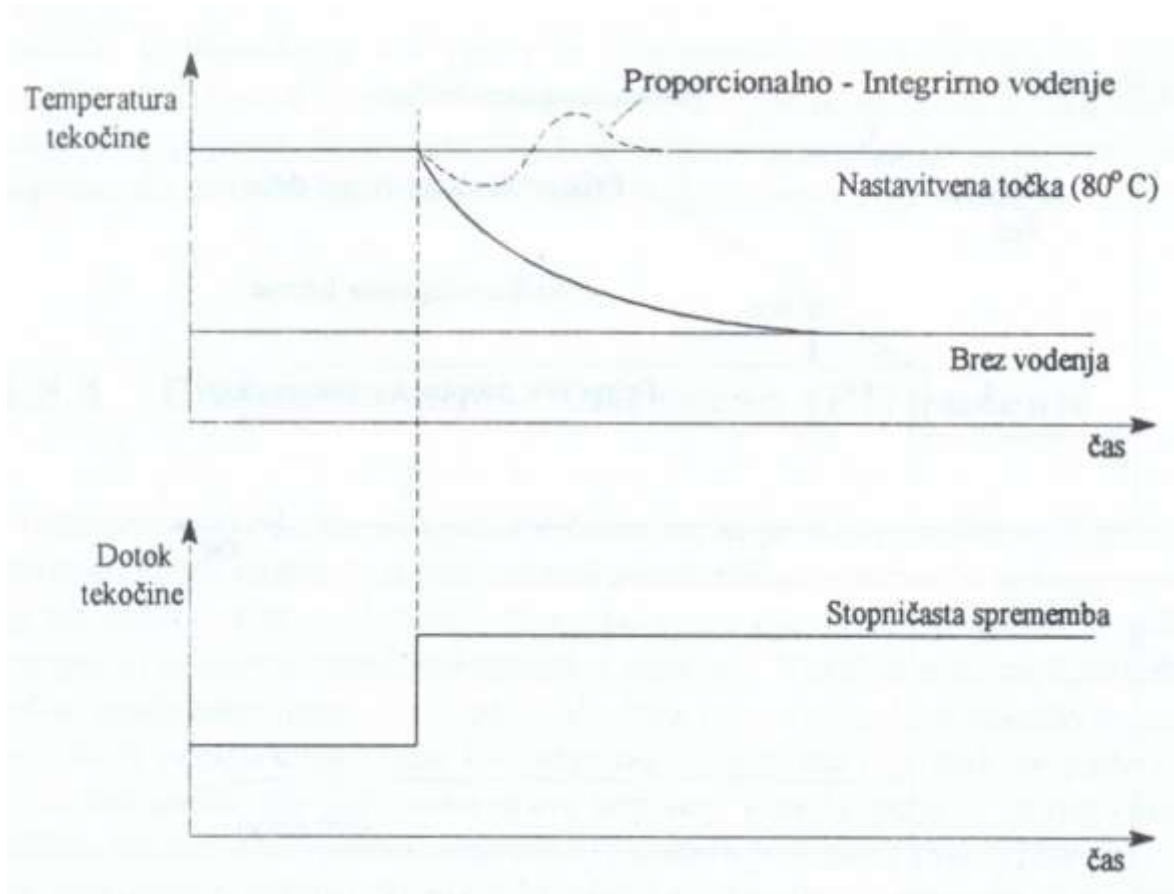
# 1.8.1 Proporcionalno vodenje

- Odziv procesa pri proporcionalnem vodenju



# 1.8.1 Proporcionalno - integrirno vodenje

- Odziv procesa pri proporcionalno – integrirnem vodenju



# 1.8.1 Proporcionalno – integrirno vodenje

- Odziv procesa pri proporcionalno - integrirnem vodenju

