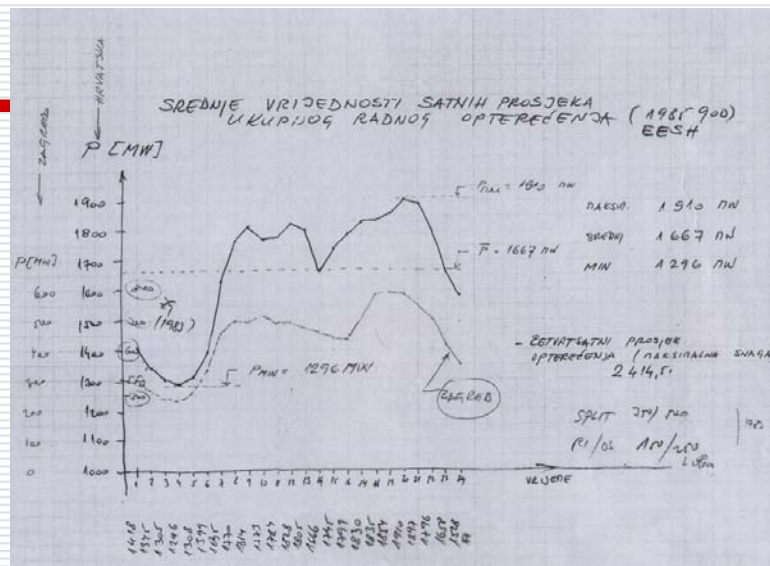
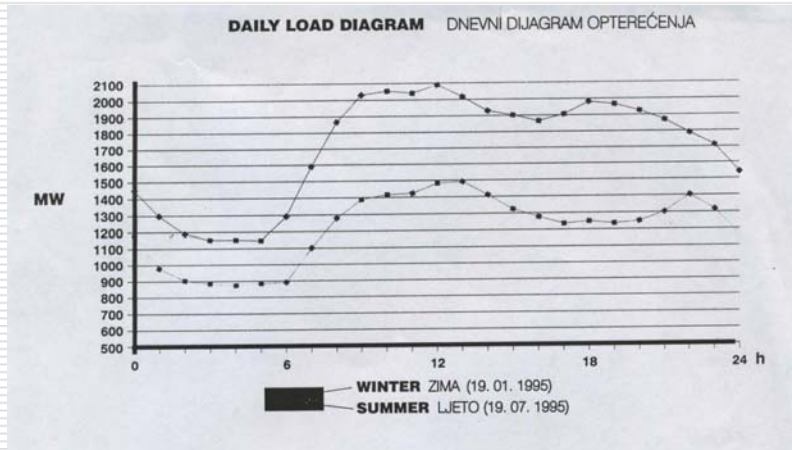
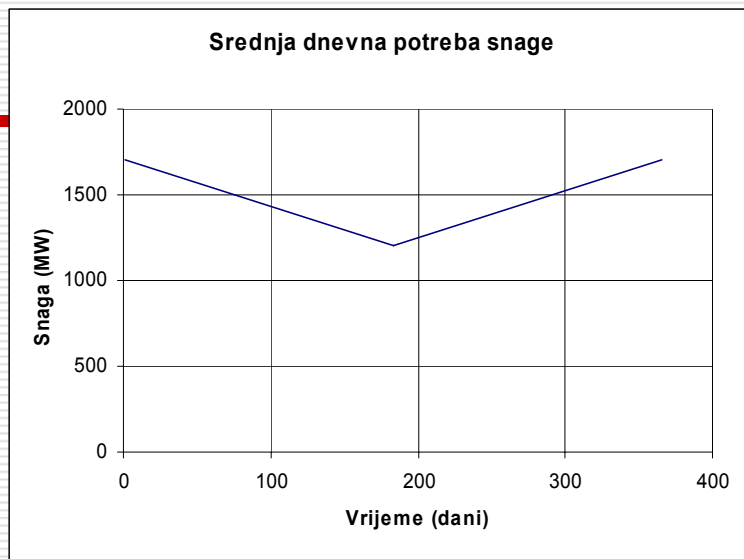


KVS - Protok

Potreba na snazi tokom dana





- ~~Odgovarajuće potrebi na snazi pokazuje se potreba na količini vode.~~
- Tijekom dana se mijenja potreba na vodi značajno.
- Tijekom godine srednja dnevna potreba se mijenja ali je relativno ujednačena tokom godine.
- Za regulaciju dotoka odnosno njegovu prilagodbu (transformaciju) potrebama na snazi koriste se akumulacije.

Akumulacije



Pogled s brane
Valići - Rječina

JEZERA

- Prema načinu formiranja:
 - **Prirodna** jezera
 - **Umjetna** jezera - akumulacije (nastaju pregrađivanjem riječnog toka u dolinama, kotlinama...)

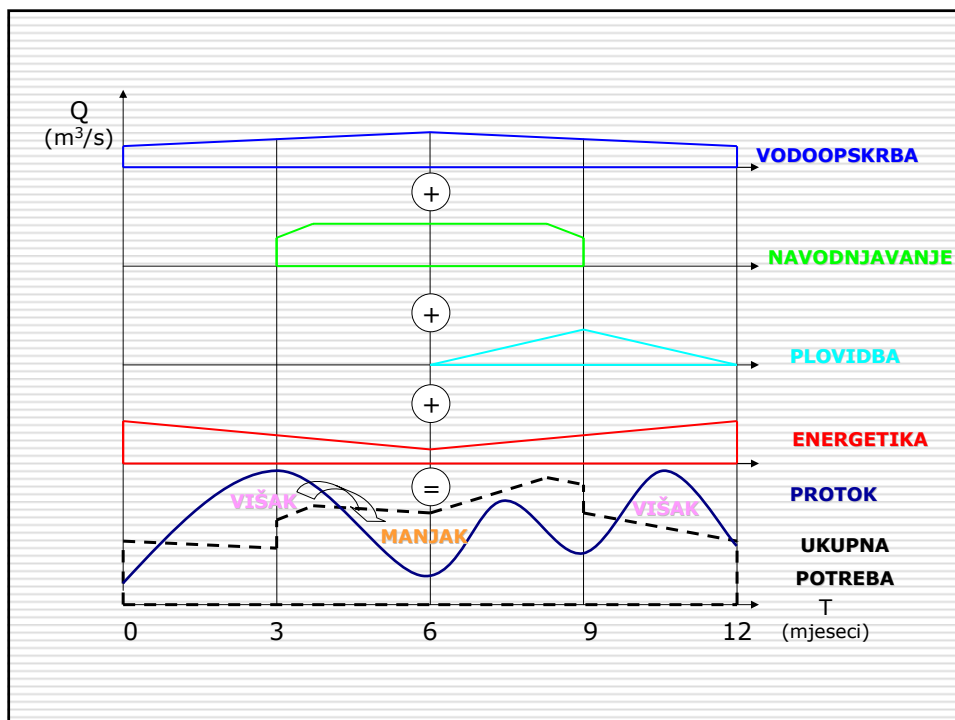


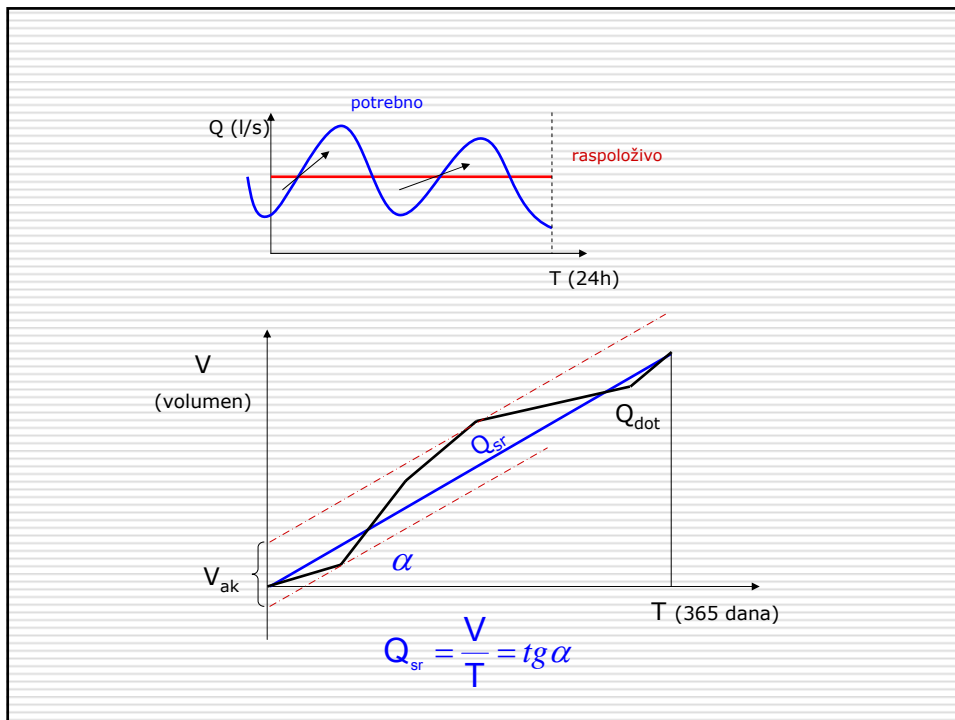
Lokvarsko jezero

Reguliranje/izravnanje protoka

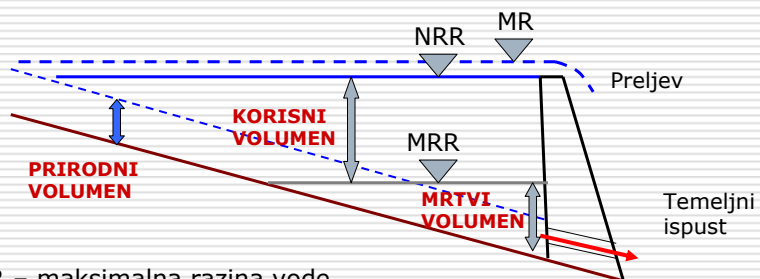
- U određenom **trenutku** korisniku treba osigurati:
 - Potrebne **količine** vode i
 - Odgovarajuću **kakvoću** vode

- U periodu kada ima više vode nego što je potrebno za ostvarenje potreba korisnika "višak" vode se akumulira u akumulaciji da bi se mogao koristiti kada je sušni period i kada nema dovoljno vode za potrebe korisnika - "manjak".





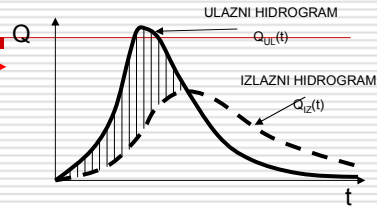
AKUMULACIJE – dijelovi:



- MR – maksimalna razina vode
- NRR – normalna/radna razina vode
- MRR – minimalna radna razina vode

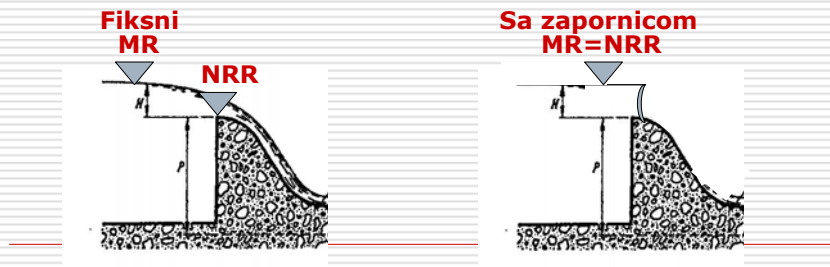
□ **Korisni volumen akumulacije** - volumen predviđen za osiguranje potreba korisnika (vodoopskrba, navodnjavanje, proizvodnja el. energije,...)

□ **Treba predvidjeti dio volumena za zadržavanje vodnog vala.** →



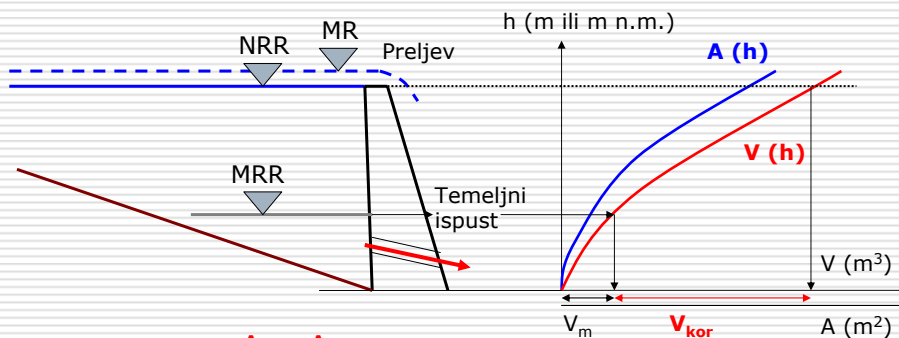
□ **Mrtvi volumen** - prostor koji ne možemo koristiti, često je zatrpan nanosom.

□ Preljev služi za evakuaciju velikih voda:



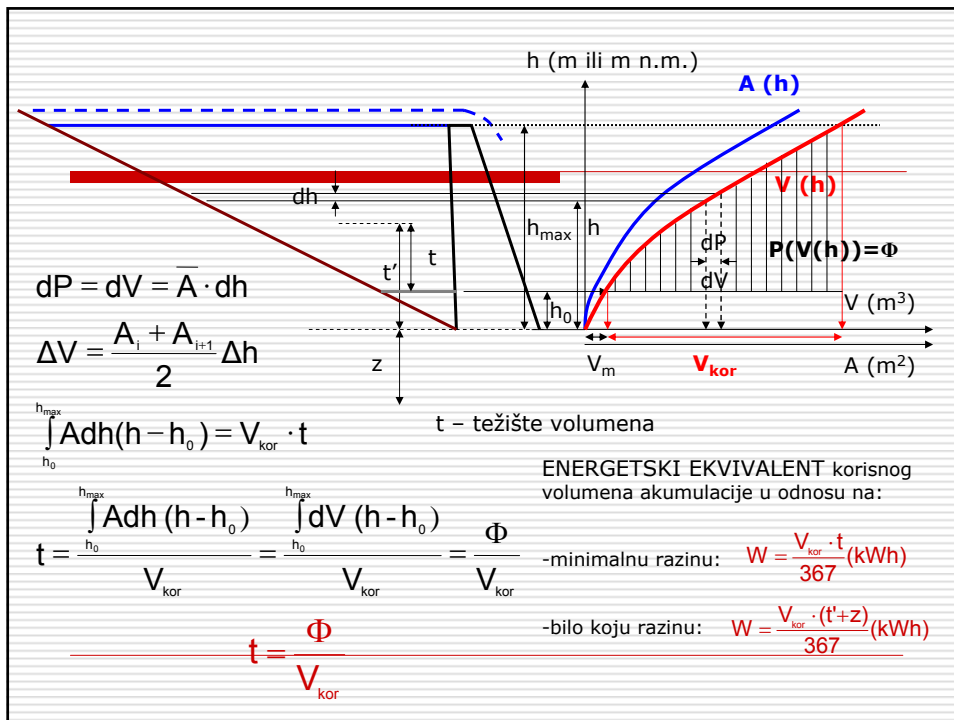
Krivulja volumena i površine akumulacije

Duboke akumulacije - razina vode → vodoravna

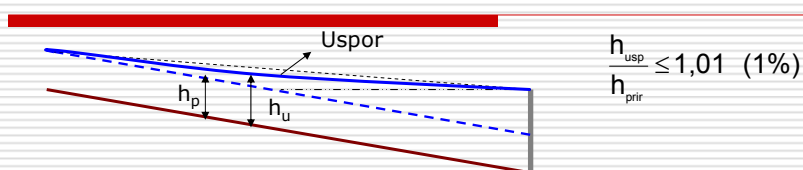


$$\Delta V_i = \frac{A_i + A_{(i+1)}}{2} * \Delta H_i$$

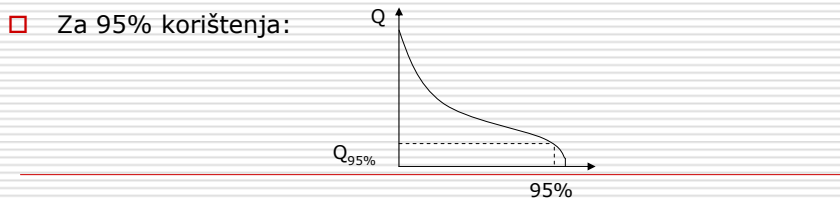
$$V = \sum_{i=0}^n \Delta V_i$$



- Plitke akumulacije:
 - Volumen nije jednoznačno određen
 - On je u funkciji uspora i vodotoka



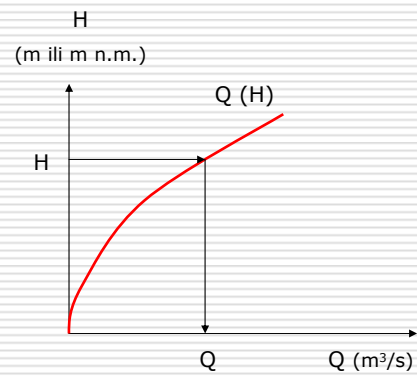
- Uspor računamo sa 95% male vode.
- Dužina uspora $L=f(Q,h)$ proizlazi iz $h_{usp}/h_{prir}=1,01$.



Krivulja protoka / Protočna krivulja

Protočna krivulja donje vode:

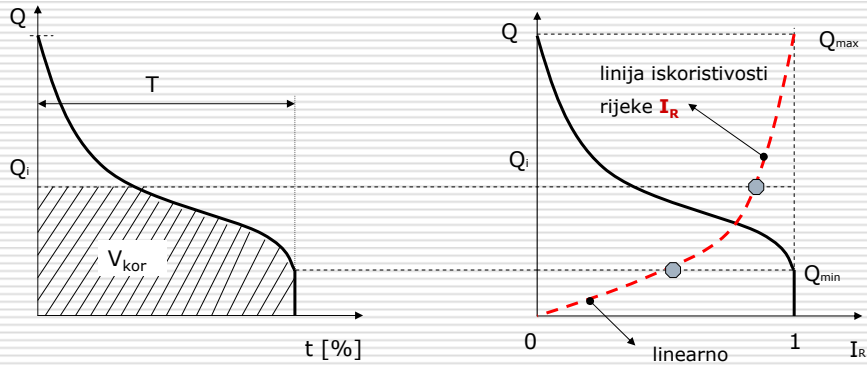
- zavisnost protoka od razine vode u nizvodnom koritu



POKAZATELJI:

- Iskoristivost rijeke
- Iskoristivost izgradnje
- Iskoristivost rijeke s akumulacijom
- Doprinos akumulacije
- Bonitet akumulacije
- Bonitet usporne građevine
- Odnos korisnog volumena i ukupnog godišnjeg dotoka
- Energetska vrijednost akumulacije

Iskoristivost rijeke (I_R)



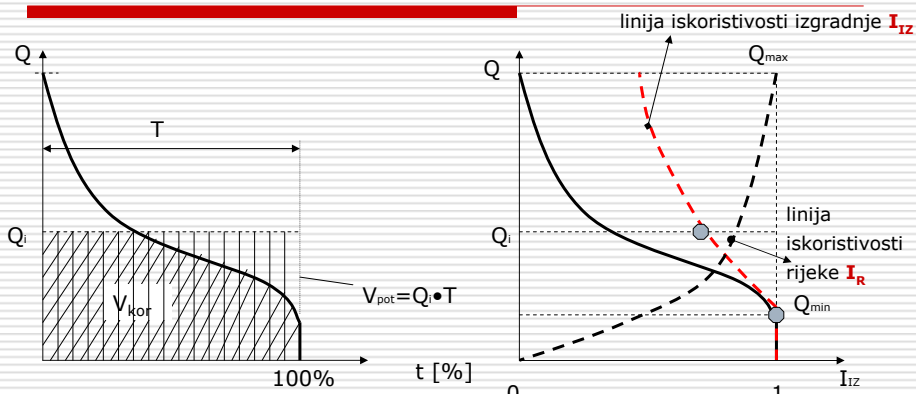
Q_i -instalirani protok, najveći protok koji se može propustiti kroz zahvatni ulaz
=VELIČINA IZGRADNJE

ISKORISTIVOST RIJEKE:

$$I_R = V_{kor} / V$$

V -ukupni volumen vode

Iskoristivost izgradnje (I_{IZ})



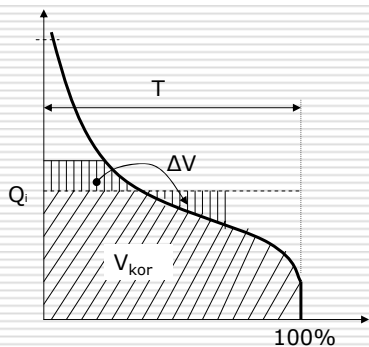
Q_i -instalirani protok, najveći protok koji se može propustiti kroz zahvatni ulaz
=VELIČINA IZGRADNJE

ISKORISTIVOST IZGRADNJE:

$$I_{IZ} = V_{kor} / V_{pot} = V_{kor} / Q_i \cdot T$$

V_{pot} -potencijalno moguća iskoristiva voda

Iskoristivost rijeke s akumulacijom (I_R^A)



$$I_R^A = (V_{kor} + \Delta V) / V_{UK}$$

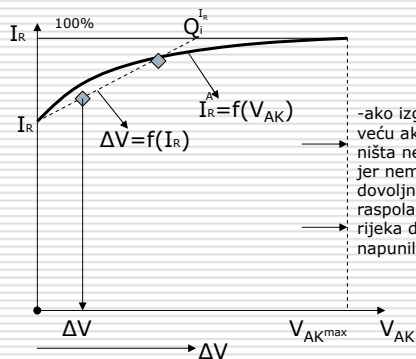
V_{KOR} -volumen koji se koristi za instalirani protok Q_i

ΔV -volumen koji se dodaje

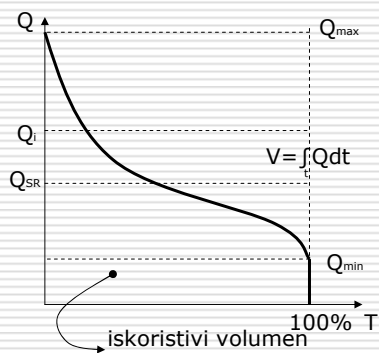
Doprinos akumulacije (D_{ak})

$$D_{ak} = (I_R^A - I_R) / I_R = \Delta V / V_{kor}$$

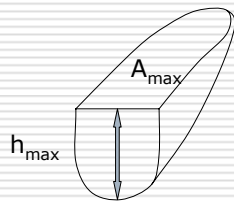
-omjer dodatnog prema iskorištenom volumenu



-ako izgradimo veću akumulaciju ništa ne dobivamo jer nemamo dovoljno vode na raspolaganju iz rijeka da bismo je napunili



Bonitet akumulacije (β)



- Pokazatelj vrijednosti akumulacije
- Važan s obzirom na cijenu zemljišta (terena)
- Što je β veći napraviti ćemo veću akumulaciju na istom prostoru

$$\beta = \frac{V_{ak}}{A_{max} h_{max}}$$

V_{ak} - volumen akumulacije

Bonitet usporne građevine ($\beta_{ak/g}$ / $\beta_{g/ak}$)

- Pokazatelj ugrađenog materijala i akumulacije
- Koliko je m^3 akumulacije ostvareno ugradnjom za $1m^3$ materijala u građevinu

$$\beta_{ak/g} = \frac{V_{ak}}{V_g}$$

V_{ak} - volumen akumulacije
 V_g - volumen građevine

- Koliko je m^3 materijala ugrađeno u građevinu za $1m^3$ akumulacije

$$\beta_{g/ak} = \frac{V_g}{V_{ak}}$$

Odnos korisnog volumena i ukupnog godišnjeg dotoka

- Daje nam predodžbu o stupnju moguće transformacije (izravnanja).

$$\gamma^{\text{GOD}} = \frac{V_{\text{AK}}}{V_{\text{GOD}}}$$

$\gamma > 0,5$ - izjednačavanje volumena u nekoliko godina
 $\gamma \sim 0,25$ - izjednačavanje volumena u tijeku jedne godine

- Godišnja regulacija:
 - Nepotpuna $\gamma = 2-3\%$ (0,02-0,03)
 - Potpuna (znači da možemo osigurati srednju godišnju protoku) $\gamma = 20-30\%$ (0,20-0,30)
- Višegodišnja regulacija:
 - Nepotpuna $\gamma \sim 50\%$ godišnjeg protoka
 - Potpuna $\gamma \geq 100\%$ godišnjeg protoka
- Dnevna regulacija:
 - Nepotpuna $\gamma \sim 5\%$ potrebe
 - Potpuna $\gamma \sim 25\%$ potrebe

$$\gamma^{\text{DN}} = \frac{V_{\text{AK}}}{V_{\text{POT}}^{\text{DN}}}$$

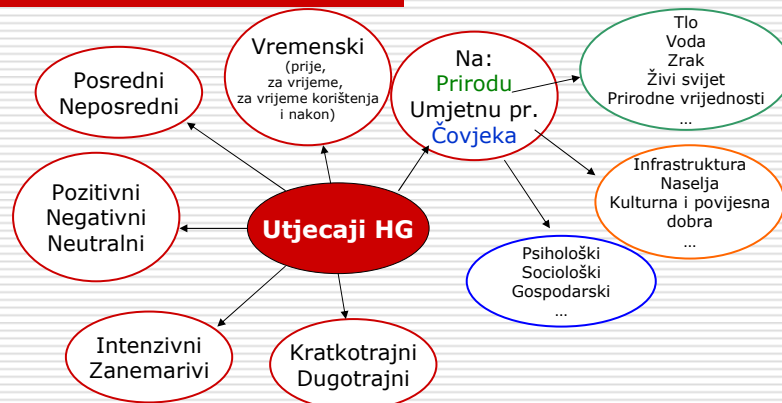
Vrste akumulacija:

- Prema vrsti izravnanja protoka:
 - Višegodišnje (višak vode iz vodnih godina prebacuje se u period sušnih godina)
 - Godišnje ili sezonske (višak vode iz vodnih perioda u toku jedne godine prebacuje u sušne periode iste godine)
 - Tjedne
 - Dnevne (princip kao kod vodospreme)
 - Kompenzacijski bazeni (služi da dotok koji je transformiran vraća u prirodno stanje, npr. mogu se graditi se kod vršnih HE za osiguranje "biološkog minimuma" kada HE ne radi)
- Prema namjeni:
 - Višenamjenske
 - Jednonamjenske
- Prema dubini: duboke i plitke

Promjene u okolini izgradnjom HG (formiranjem akumulacija)



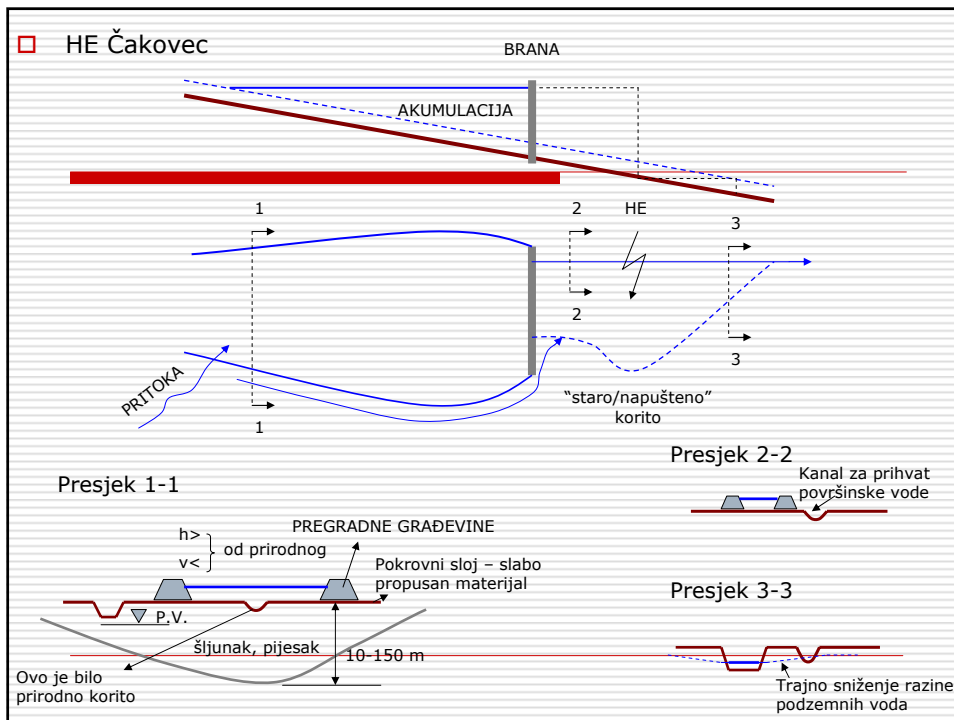
Utjecaji/promjene



- Utjecaj na okoliš - zakoni (www.voda.hr, www.mzopu.hr):
 - Zakon o vodama
 - Zakon o prostornom uređenju
 - ~~Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš~~

□ **Primjeri:**

- Rijeka Drava:
 - HE Varaždin (1971-75) - nije trebala studija utjecaja na okoliš
 - HE Čakovec (1975-85) - trebala je studija utjecaja na okoliš (Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš temelji se na iskustvima gradnje HE Čakovec, napravljena malo prije puštanja u rad)
 - HE Dubrava (1982-89) - trebala je studija utjecaja na okoliš
- HE Vinodol (1952):
 - Akumulacija Bajer - sva voda ide na HE
 - Ličanka je presušila
- Lika i Gacka - "stara" korita su suha



Neposredne promjene: **tlo** { prenamjena površine zauzimanje zemljišta

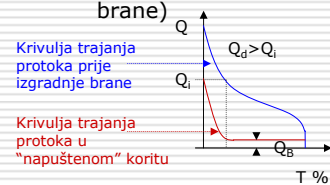
vode { površinske
podzemne



Lokvarsko jezero (prazno)

□ **Površinske vode**

- Promjene u protocima - krivulja trajanja protoka (prije i nakon izgradnje brane)



□ **Podzemne vode**

- Povišenje/sniženje razine podzemnih voda

Posredne promjene

- **PRIRODA:**
 - zrak, živi svijet i prirodne vrijednosti
 - Mijenjanje mikroklima
 - BIOCENOZA (skup živih organizama-suživot) + BIOTOP (životna sredina)
 - EUTROFIKACIJA
- **STVORENE VRIJEDNOSTI I UMJETNA PRIRODA:**
 - Infrastruktura
 - Naselja
 - Kulturna i povijesna dobra (arheološki lokaliteti)
- **ČOVJEK:**
 - Psihičke
 - Sociološke
 - Gospodarske

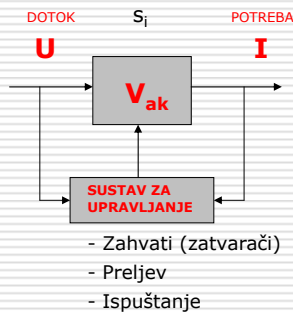
Problemi vezani uz akumulacije:

- Zatrpavanje nanosom uzvodno od brane:**
 - erozija korita nizvodno
 - mrtvi prostor
 - vijek trajanja akumulacije (50-200 godina)
 - potrebno je smanjiti količinu nanosa koji dolazi u akumulaciju (pregrade na pritocima)
 - osigurati ispiranje nanosa kroz temeljne ispuste i preko preljeva
 - osigurati čišćenje nanosa iz akumulacije (ako je moguće)
 - Vododrživost akumulacije** (procjeđivanje kroz bokove doline i dno) → Letaj (Boljunčica)
 - Očuvanje kvalitete akumulirane vode**
-

- Gubitak uslijed **isparavanja**
- Utjecaj akumulacije** na klimu, ekologiju, kulturno naslijeđe i kvalitetu vode
- ~~Pravičenje površina~~ (naselja, poljoprivredne površine, infrastruktura,...)
- Porast/sniženje razine podzemnih voda**
- Potpuno ili djelomično rušenje brane može uzrokovati **katastrofalne posljedice**
- Punjenje i pražnjenje akumulacije može uzrokovati **inducirane potrebe**
- Naglo pražnjenje može izazvati **klizišta**
- U korištenju akumulacije postoji **sukob interesa** različitih korisnika
- Priprema površina koje će se potopiti nakon izgradnje potapanja
- ...

DIMENZIONIRANJE AKUMULACIJE

Godišnja regulacija dotoka

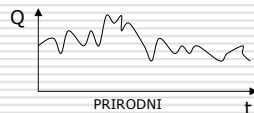


S_i - stanje sustava (ovisno o ulazu, elementima akumulacije, sustavu za upravljanje, prethodnom stanju, izlaznom stanju)

V_{AK} - volumen akumulacije

Stanje se opisuje volumenom V_{ak} ili visinom kod brane h_i (kod plitkih akumulacija; h_i, Q_i)

ULAZ - dotok (prirodni i transformirani-sustav akumulacija)



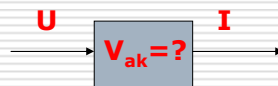
Dotok se prognozira - procjenjuje raznim metodama (npr. može se koristiti metoda MONTE CARLO, niz iz prošlosti preslikamo kao budući niz)

PRISTUPI:

- DETERMINISTIČKI PRISTUP
 - ↳ grafički
 - ↳ analitički
- STOHAISTIČKI PRISTUP (određuje vjerojatnost)
 - ↳ bolje i kvalitetnije

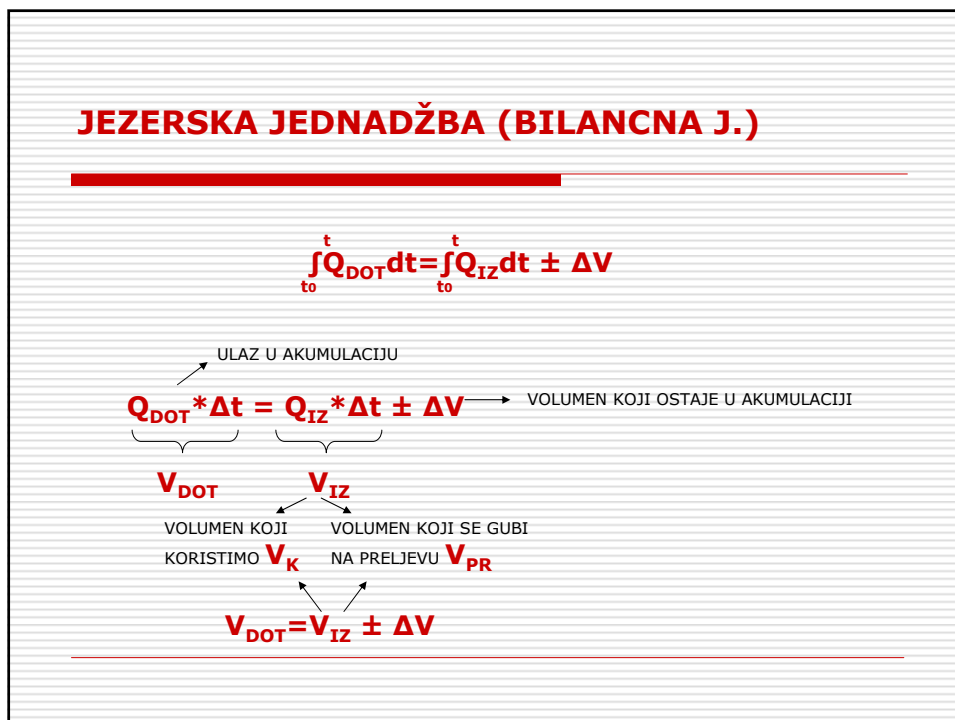
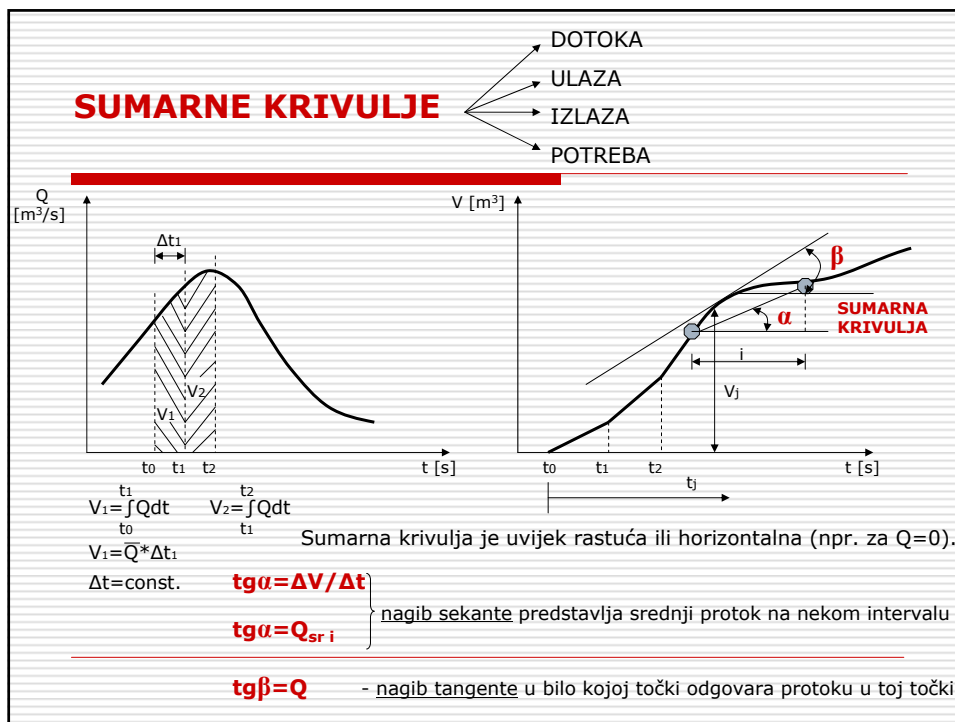
TIPOVI ZADATAKA:

1) Ako znamo ulaz i izlaz, kolika mora biti akumulacija?

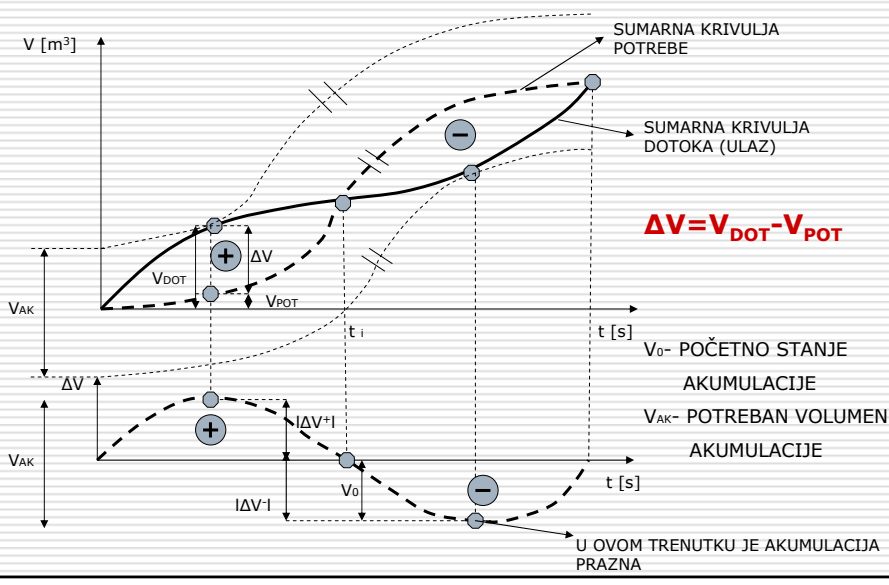
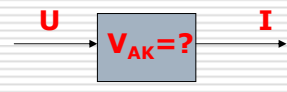


2) Poznati ulaz i akumulacija, koliki je izlaz?





1. TIP ZADATKA:



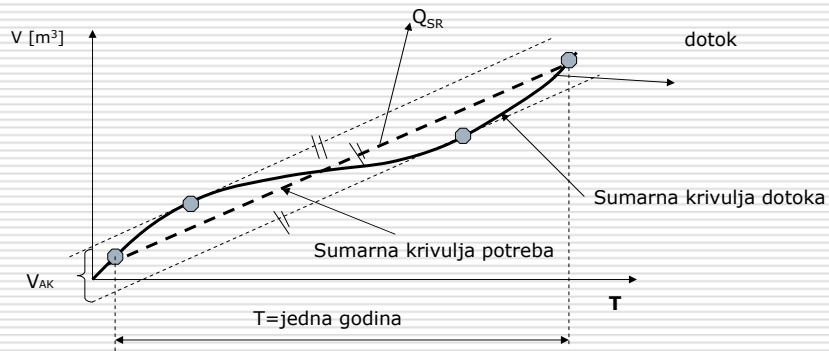
$V_{AK} = |\Delta V^+|_{max} + |\Delta V^-|_{max} \rightarrow$ MODEL ZA ANALITIČKI PRORAČUN

| V_{DOT} m^3 | V_{POT} m^3 | ΔV m^3 |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| | | max |
| | | |
| | | min |

Uzimamo ekstremne vrijednosti

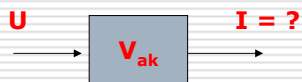
POTPUNO GODIŠNJE IZRAVNANJE:

- poznata nam je potreba Q_{SR}
- unutar godine moramo osigurati prosječni protok



2. TIP ZADATKA:

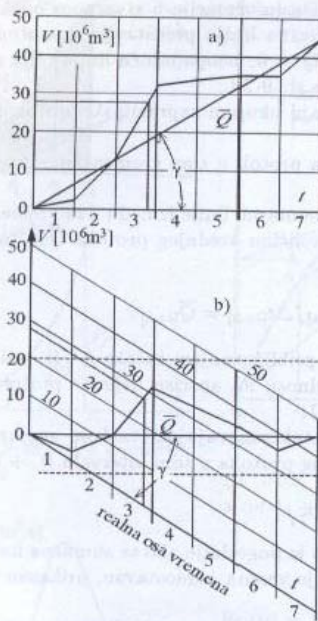
Poznati ulaz i akumulacija, koliki je izlaz?

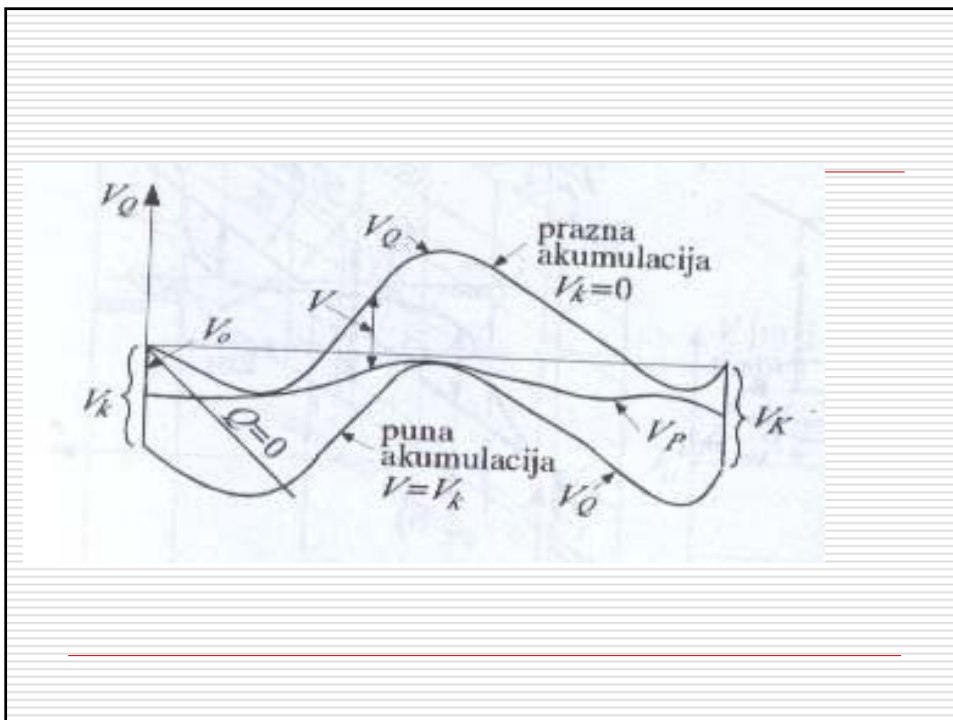
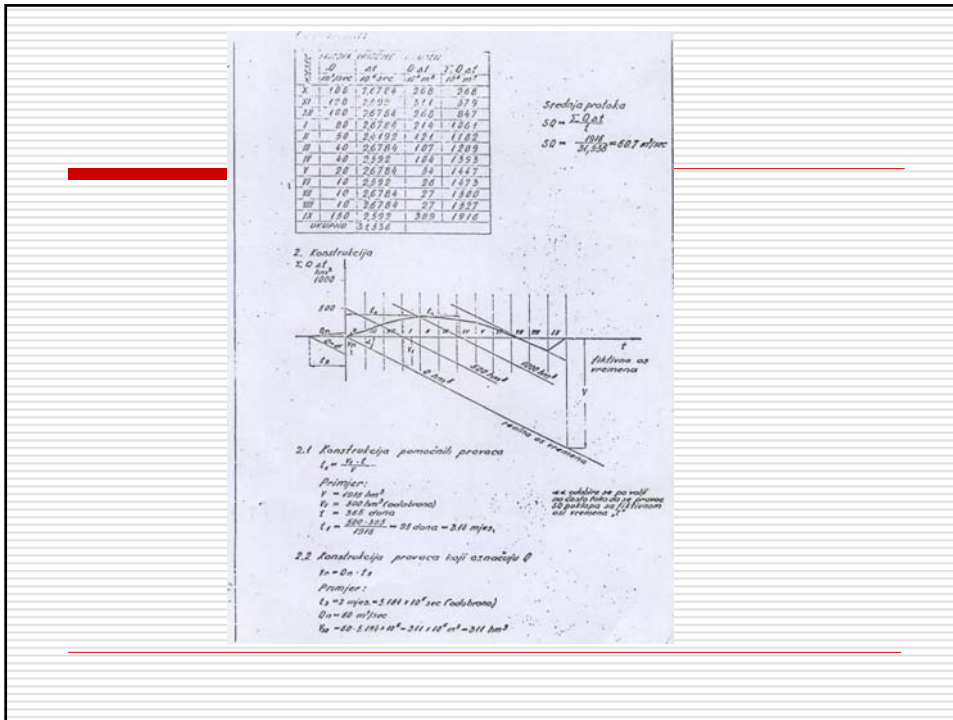


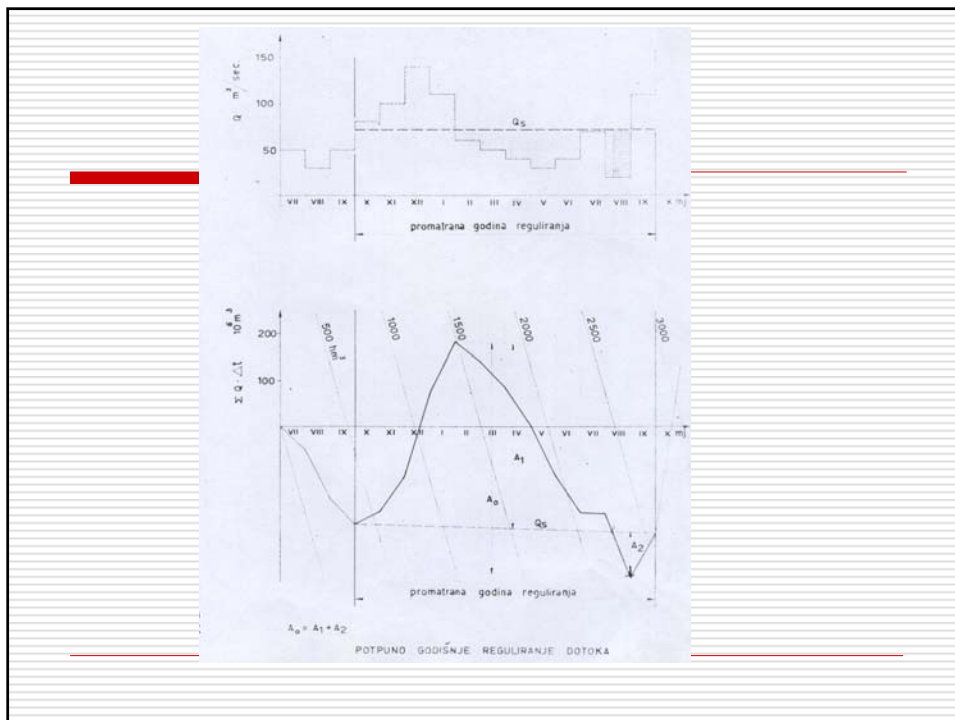
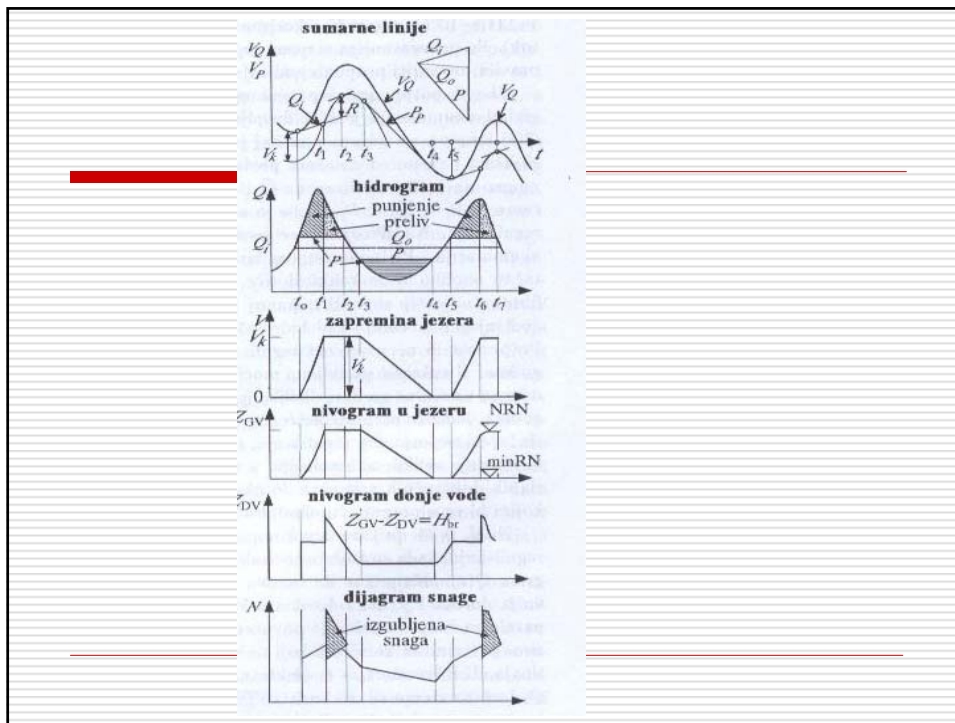
□ Kriteriji regulacije

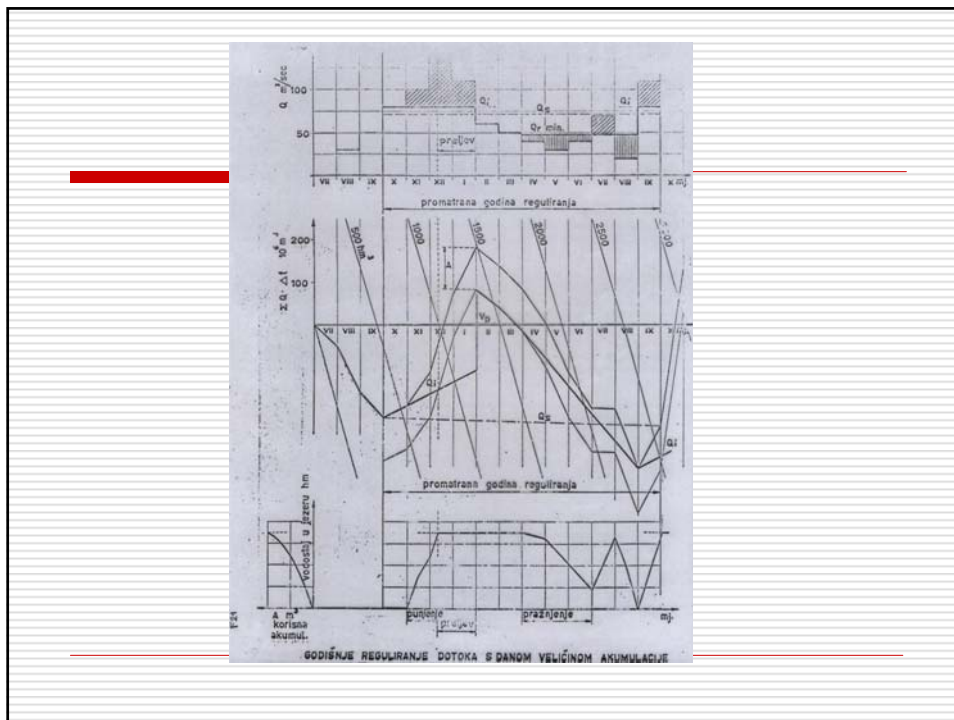
1. $Q_{\text{radno}} \leq Q_{\text{instalirano}}$
2. $V_{\text{preljeva}} \mid \text{minimum}$
3. $\text{minimum } Q_{\text{radno}} \mid \text{maksimum}$
4. Ujednačen režim rada (minimalan broj promjena radnog protoka)

(koristi se kosokutni koordinatni sustav)



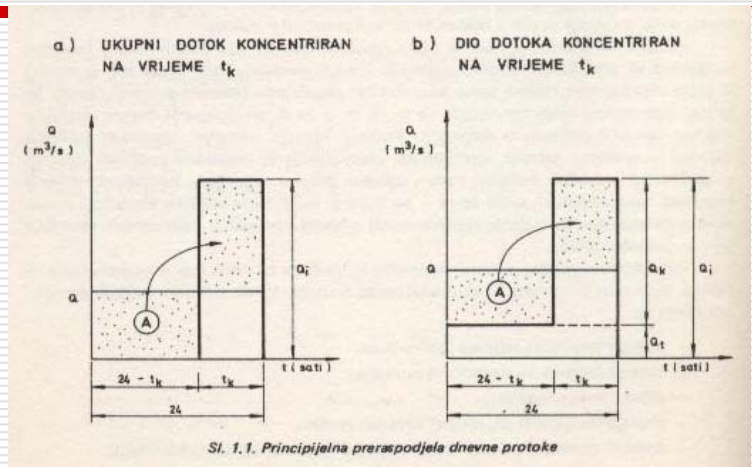




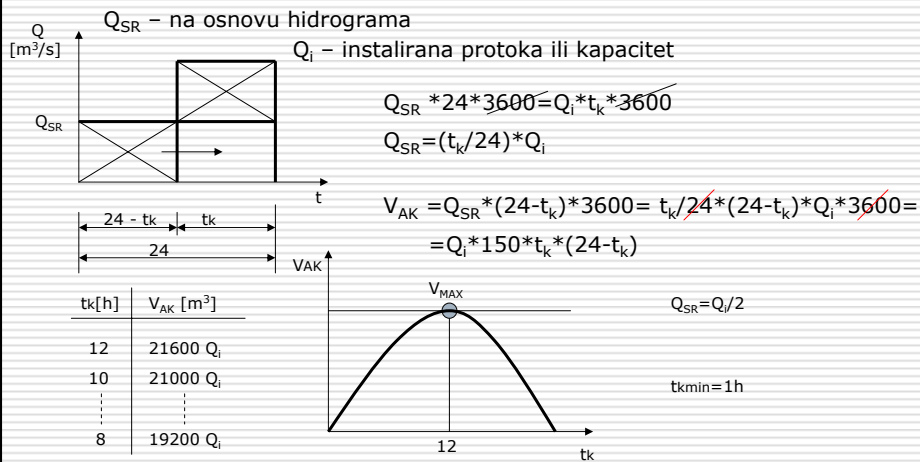


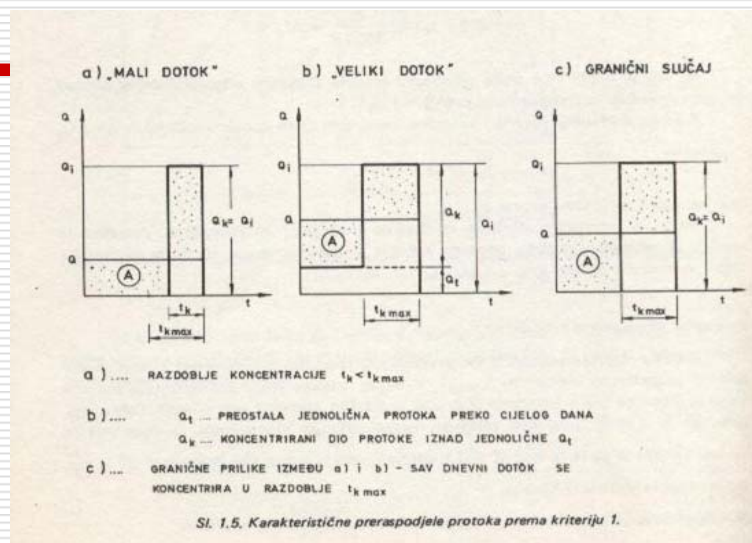
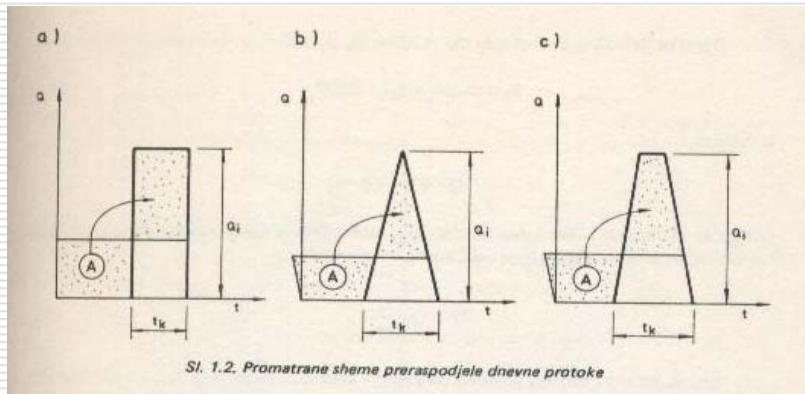
Dnevna regulacija

- ❑ Polazeći od potreba koje su neujednačene u odnosu na ujednačen dotok tijekom dana akumulacija se koristi za odgovarajuću transformaciju dotoka.
- ❑ U proučavanju potrebne veličine akumulacije, padova, snage i energije koriste se svi protoci.
- ❑ Pri proučavanju akumulacija utvrđuju se ekstremna stanja, što omogućuje upravljanje raspoloživom količinom vode u svim uvjetima rada.

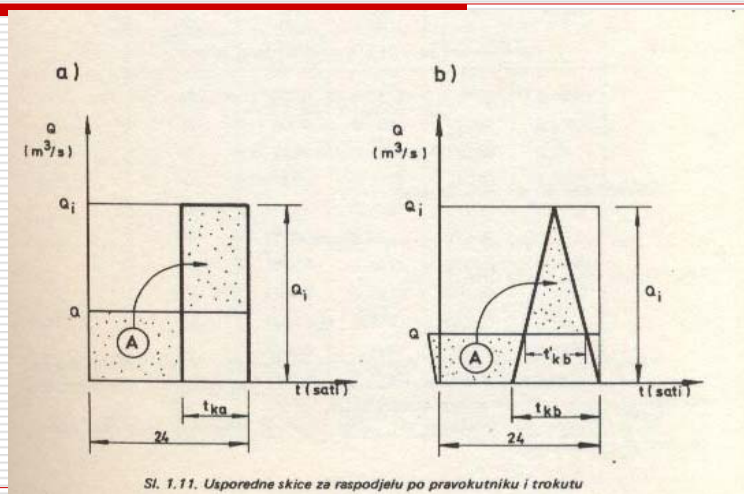
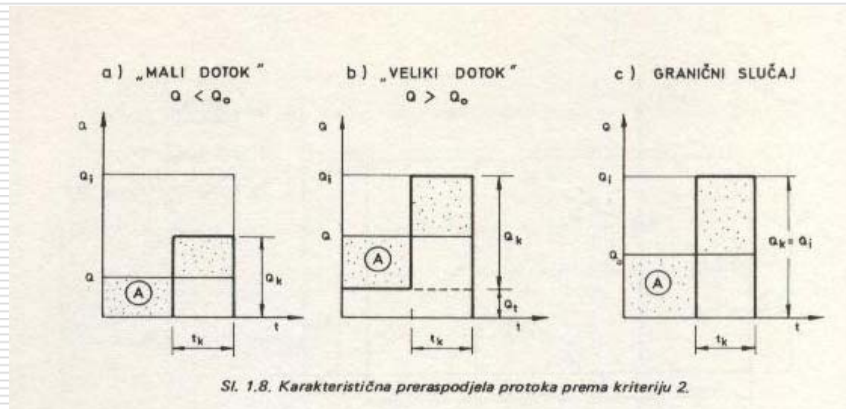


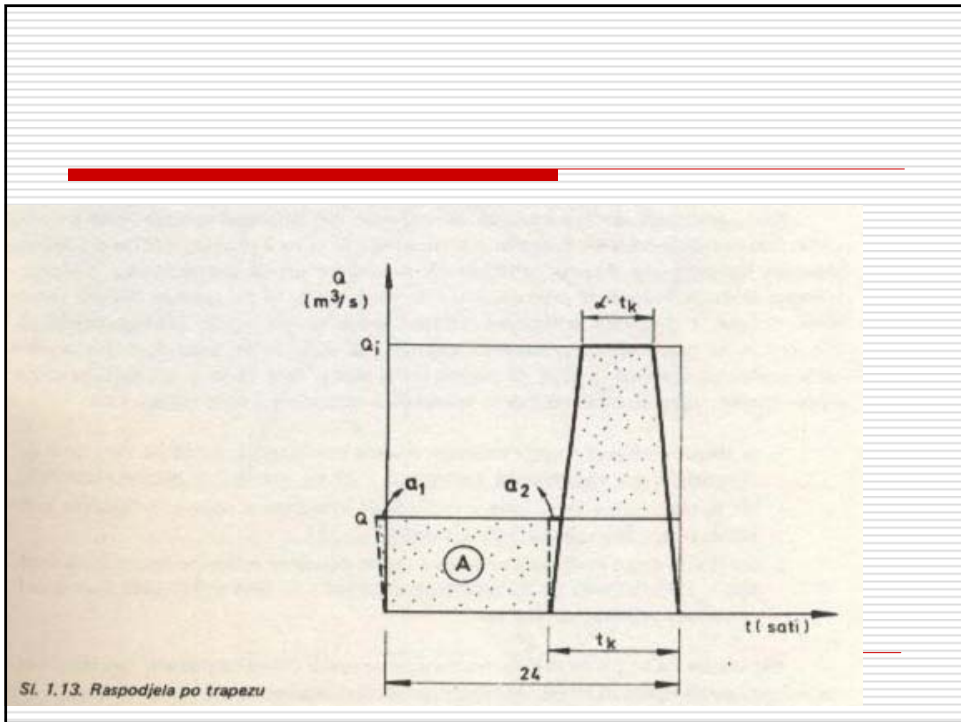
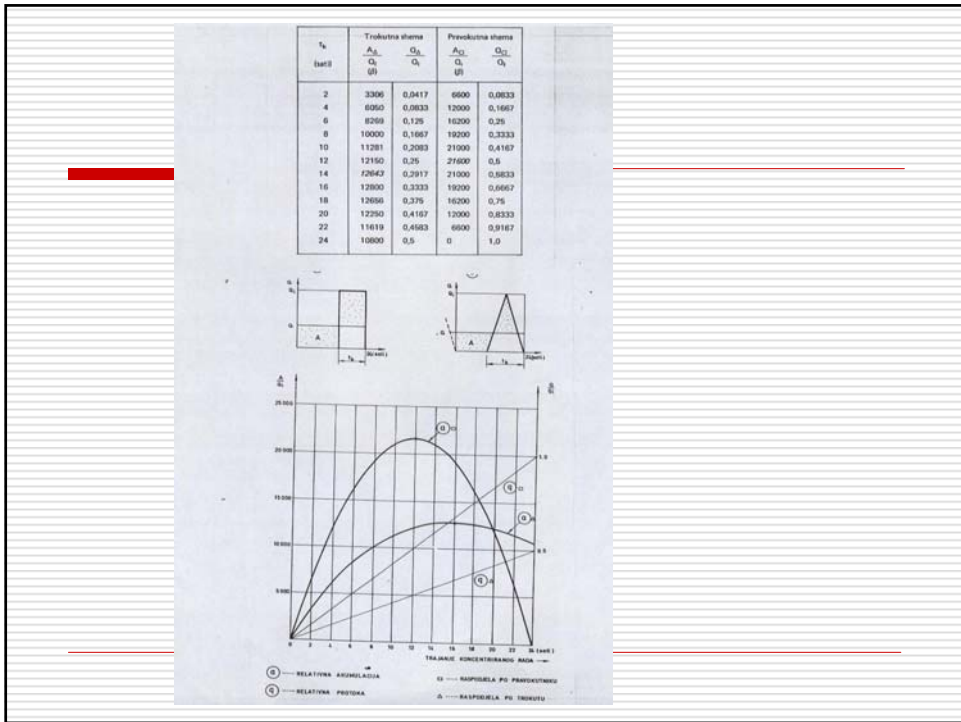
SATNA REGULACIJA (DNEVNA)

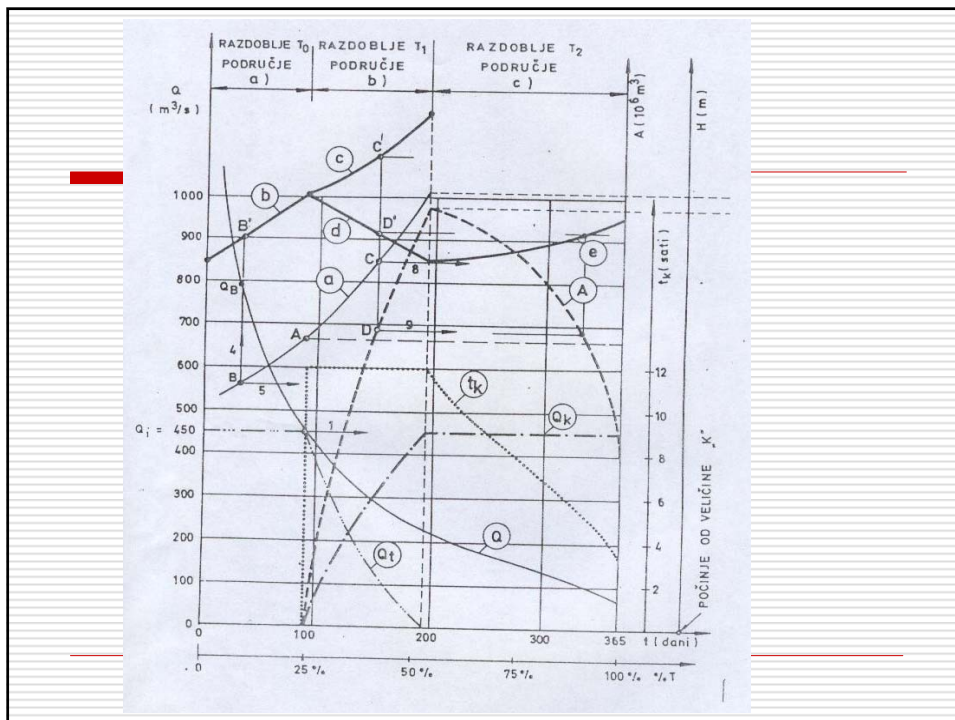
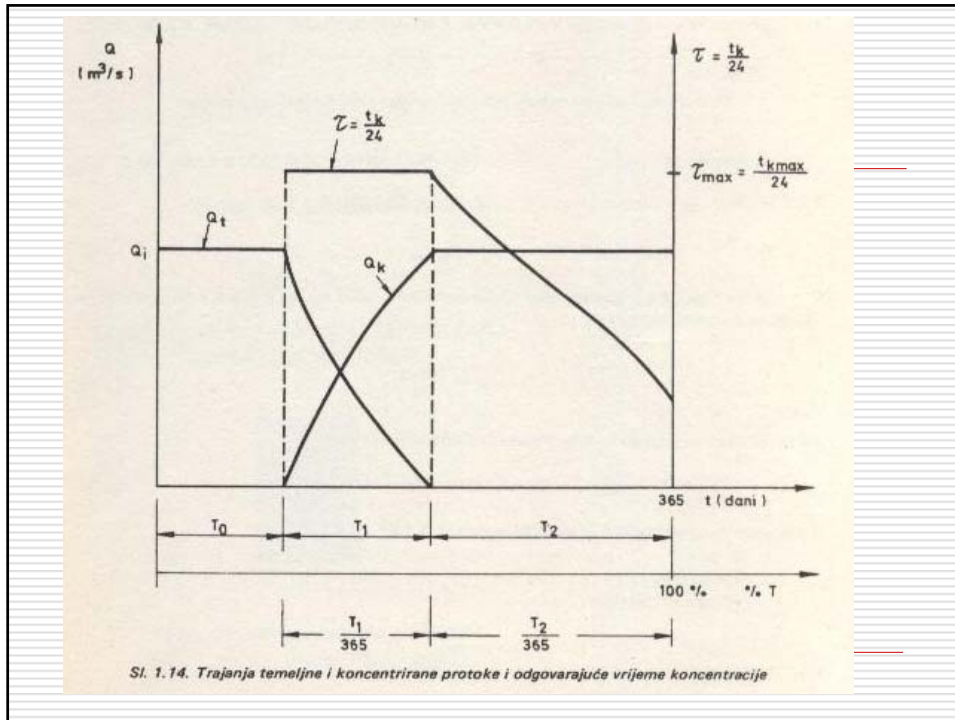


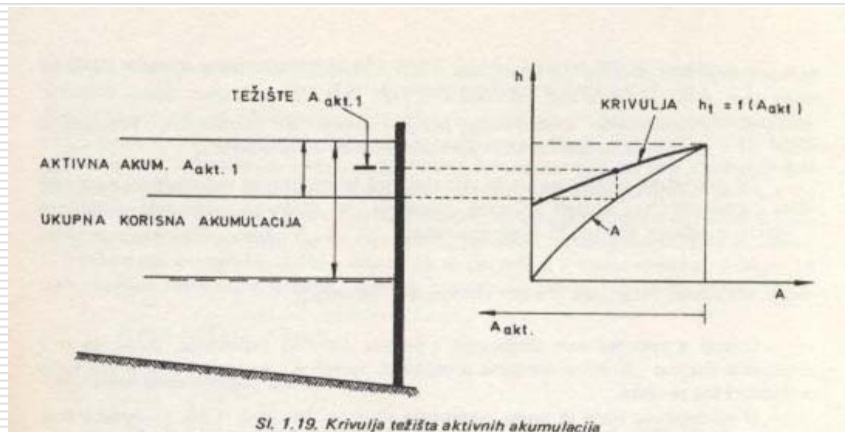


Vrijeme koncentracije (t_k) je konstantno – razlika samo kod "malog dotoka" u odnosu na kriterij 1 (t_k promjenjivo i manje od t_{kmax})

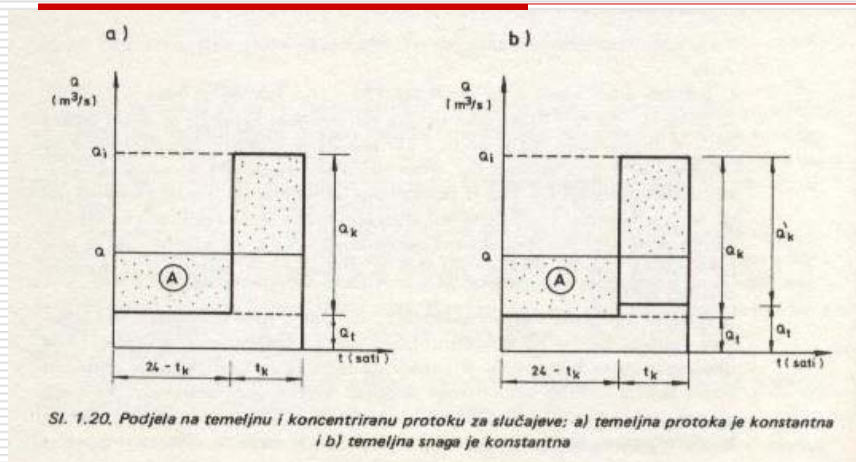




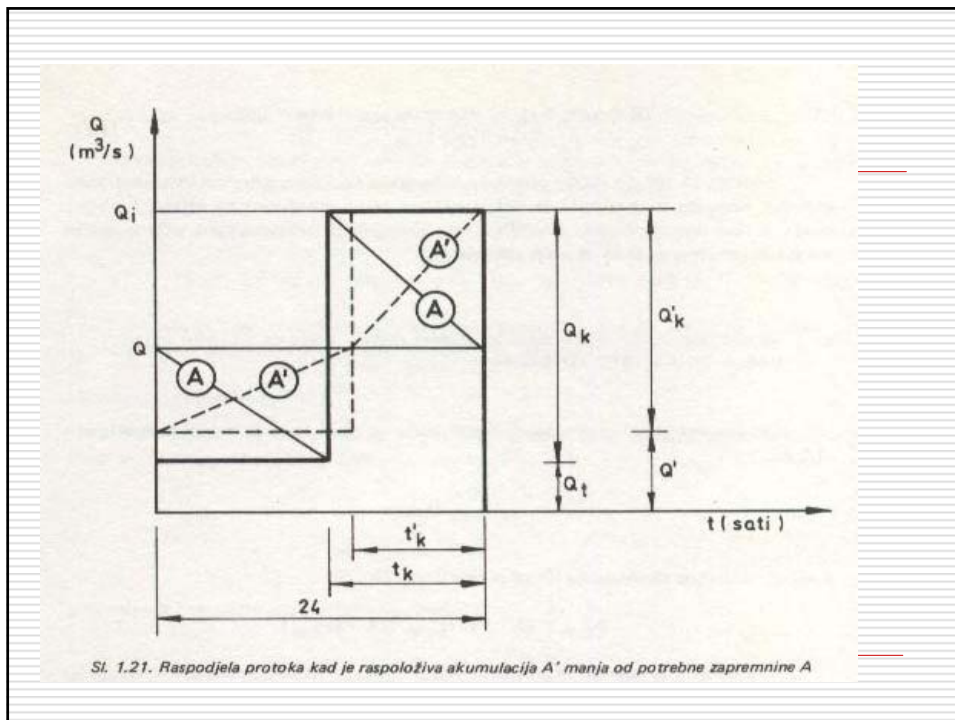




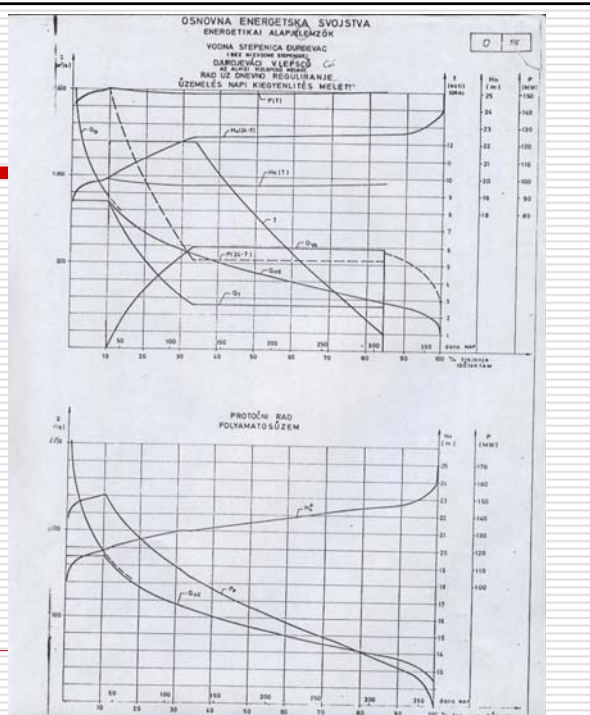
Sl. 1.19. Krivulja težišta aktivnih akumulacija



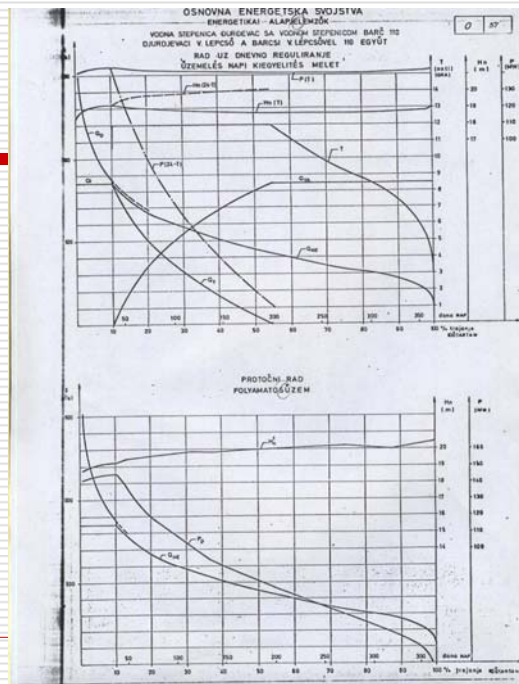
Sl. 1.20. Podjela na temeljnu i koncentriranu protoku za slučajeve: a) temeljna protoka je konstantna i b) temeljna snaga je konstantna



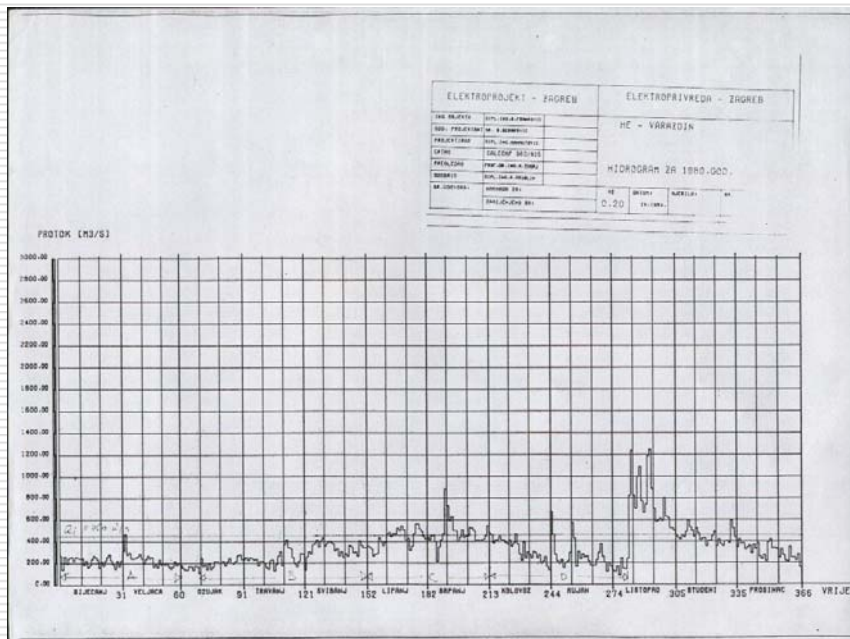
Primjer proračuna snage i energije uz dnevnu regulaciju dotoka.

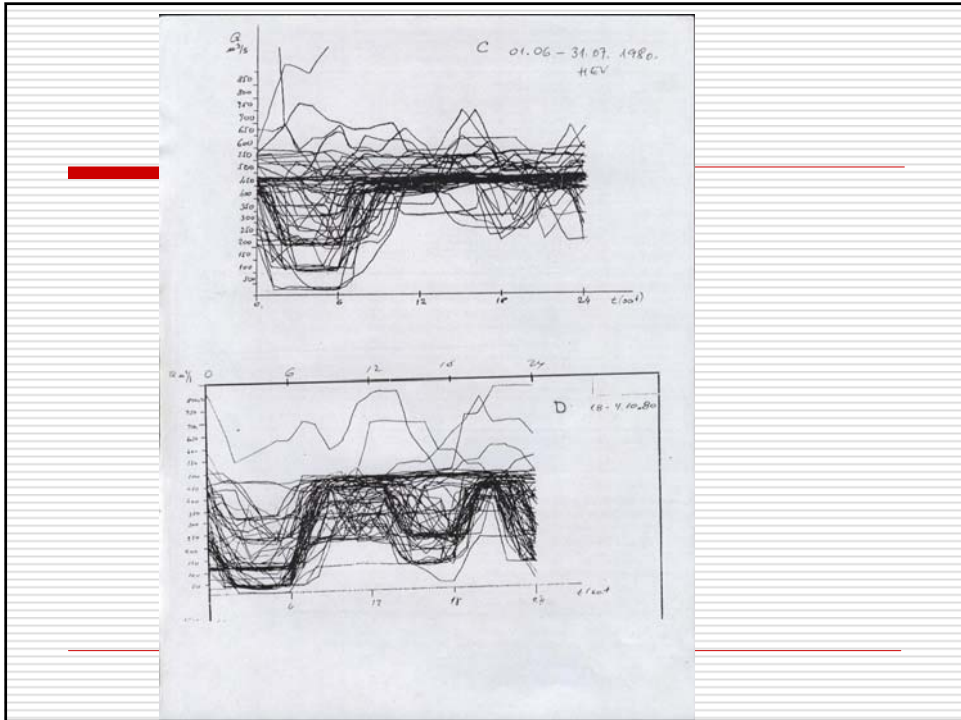
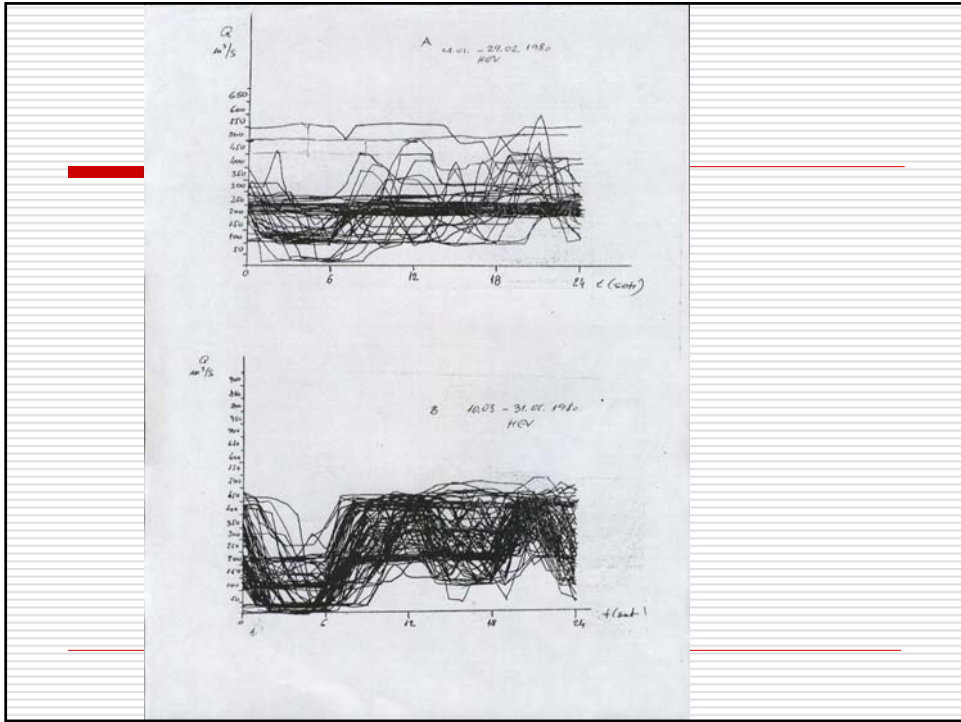


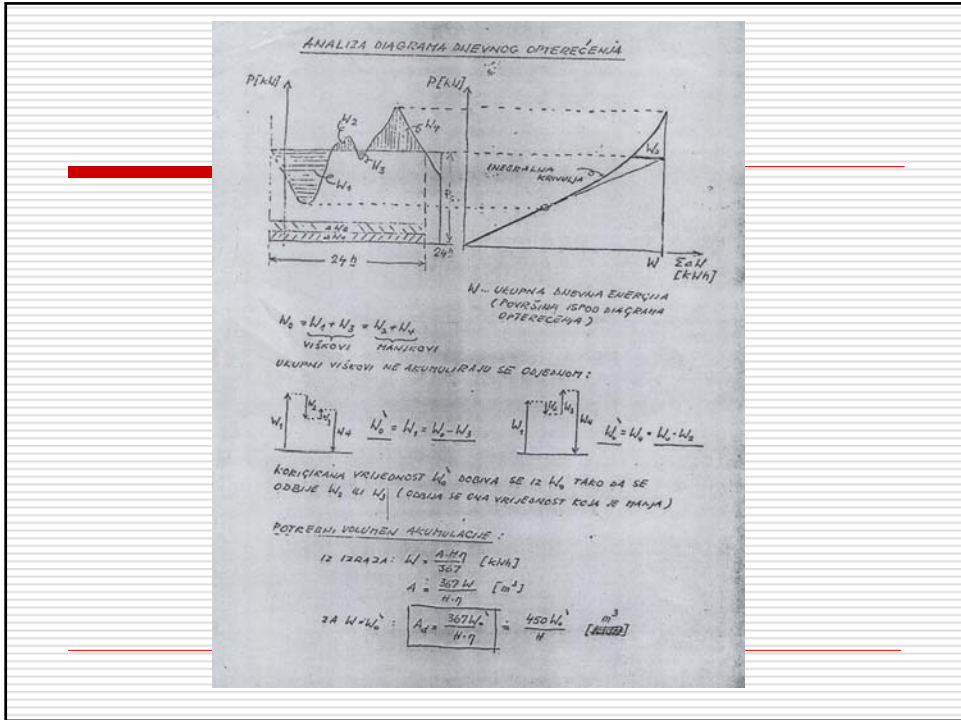
Primjer proračuna snage i energije uz dnevnu regulaciju dotoka.



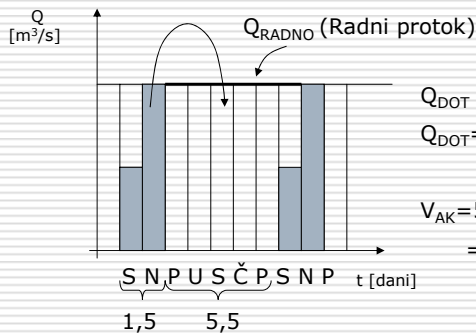
Primjer rada hidroelektrane Varaždin







TJEDNA REGULACIJA



Primjer tjedne regulacije

a) hidrogram

b) dijagram volumena

