

Globinske zapornice

Globinske zapornice se razlikujejo od površinskih zapornic v naslednjem:

- pri obratovanju so izpostavljene večjim obremenitvam, ki zahtevajo močnejše pogonske naprave
- zaradi velikih hitrosti vodnega toka so zelo izpostavljene nestacionarnim hidravličnim fenomenom (pulzacije, kavitacija)
- zaradi nedostopnosti je zahtevana večja stopnja varnosti pri obratovanju
- pri obratovanju je treba izpolniti specifične zadeve, kot ozračevanje – potopljen iztok je dovoljen le izjemoma pri nižjih padcih in manjših presekih.

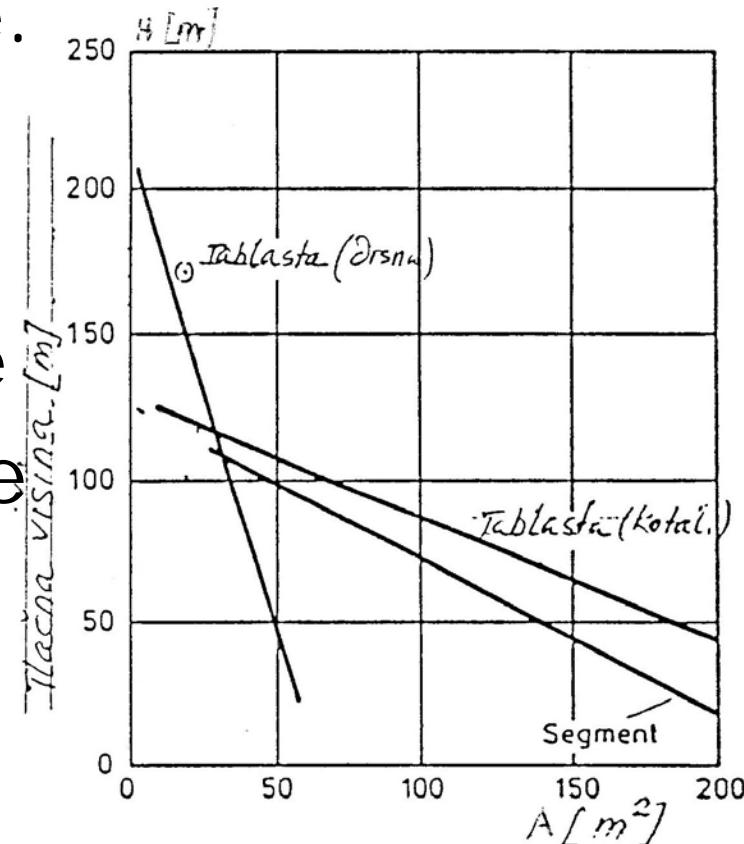
Globinske zapornice

Najpogosteje uporabljene globinske zapornice na hidroenergetskih sistemih so naslednje:

- ***tablaste zapornice***
- ***segmentne zapornice***
- ***lopute in zasuni***
- ***valjčne zapornice***

Globinske zapornice - uporaba

- Globinske *segmentne zapornice* se uporabljajo samo za *regulacijo* pretoka in sicer za določeno razmerje med tlačno višino in neto površino zapornice.
- Najvišje tlake prenesejo *drsne tablaste* zapornice.
- *Kotalne tablaste* zapornice in *segmentne* zapornice se uporabljajo največ do 100m tlačne višine.



Globinske zapornice – tablaste zapornice

Tablaste zapornice se po funkciji uporabljajo za naslednje namene, kot:

- **regulacijske** zapornice
- **varnostne** zapornice
- **pomožne** zapornice

Po dispoziciji zaslove so enake kot običajne, površinske zapornice, le da so prilagojene večjim obremenitvam: tesnenje pri velikih tlakih in **aeracija izpusta** pod zapornico.

Globinske zapornice: tablaste zapornice - dispozicija

Tablaste zapornice so lahko različnih oblik, največkrat so *pravokotnega* (kvadratnega) ali *okroglega* profila.

V kolikor je zapornica v funkciji *regulacijske* ali *varnostne* zapornice mora biti zasnovana tako, da se spušča pod *polnim pretokom* vode, *pomožne* zapornice pa se vstavlja v mirno vodo.

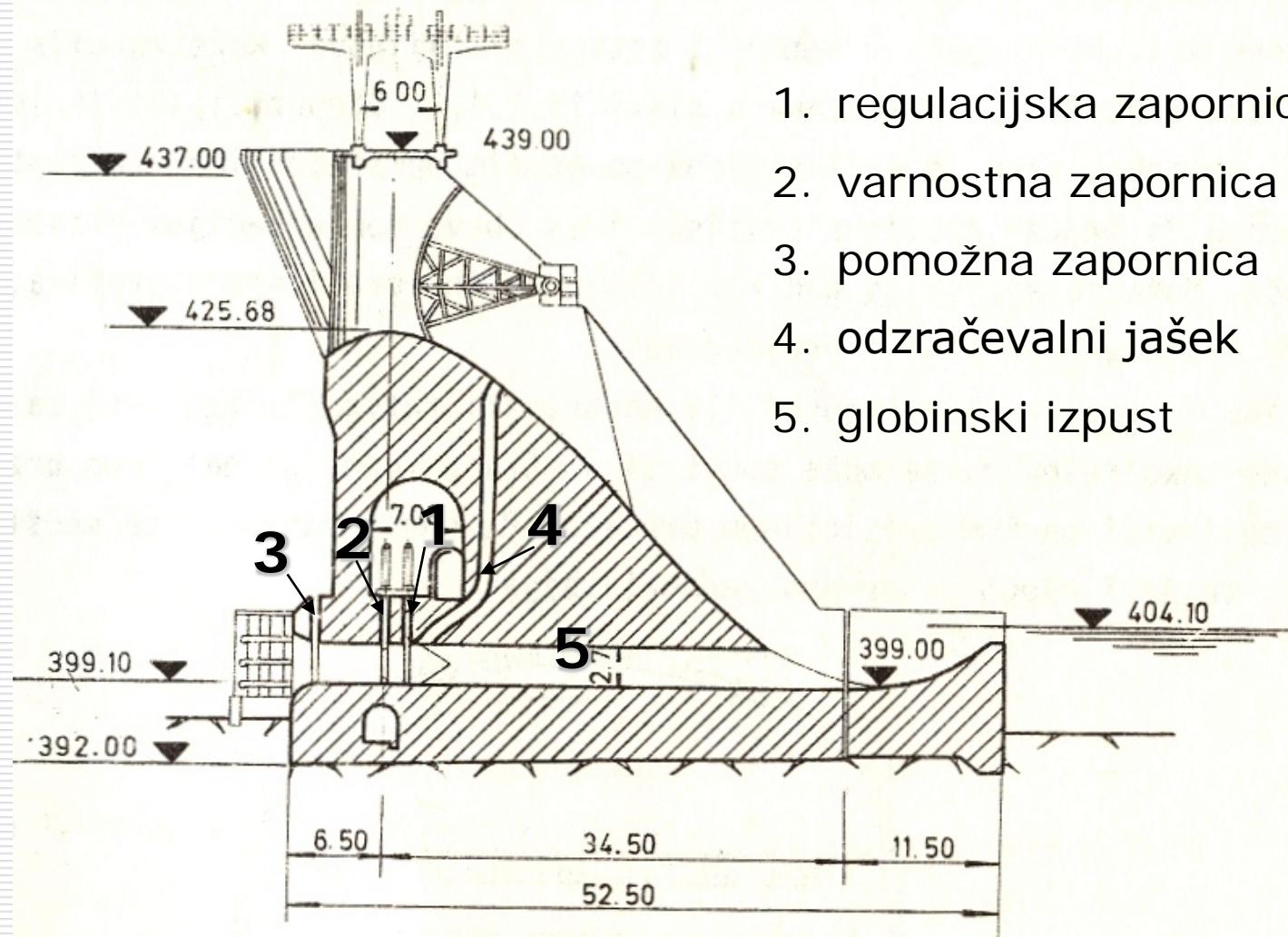
Globinske zapornice: tablaste zapornice - dispozicija

Varnostne zapornice so nameščene gorvodno od regulacijskih zapornic in se uporabljajo samo za naglo zapiranje globinskih izpustov, npr. pri defektu regulacijske zapornice in morebitnih havarijah.

Regulacijske zapornice morajo biti prirejene za stabilno obratovanje v vodnem toku pri vseh pretočnih odprtinah.

Pomožne zapornice so nameščene gorvodno od varnostnih zapornic, praviloma na vtokih v globinske izpuste.

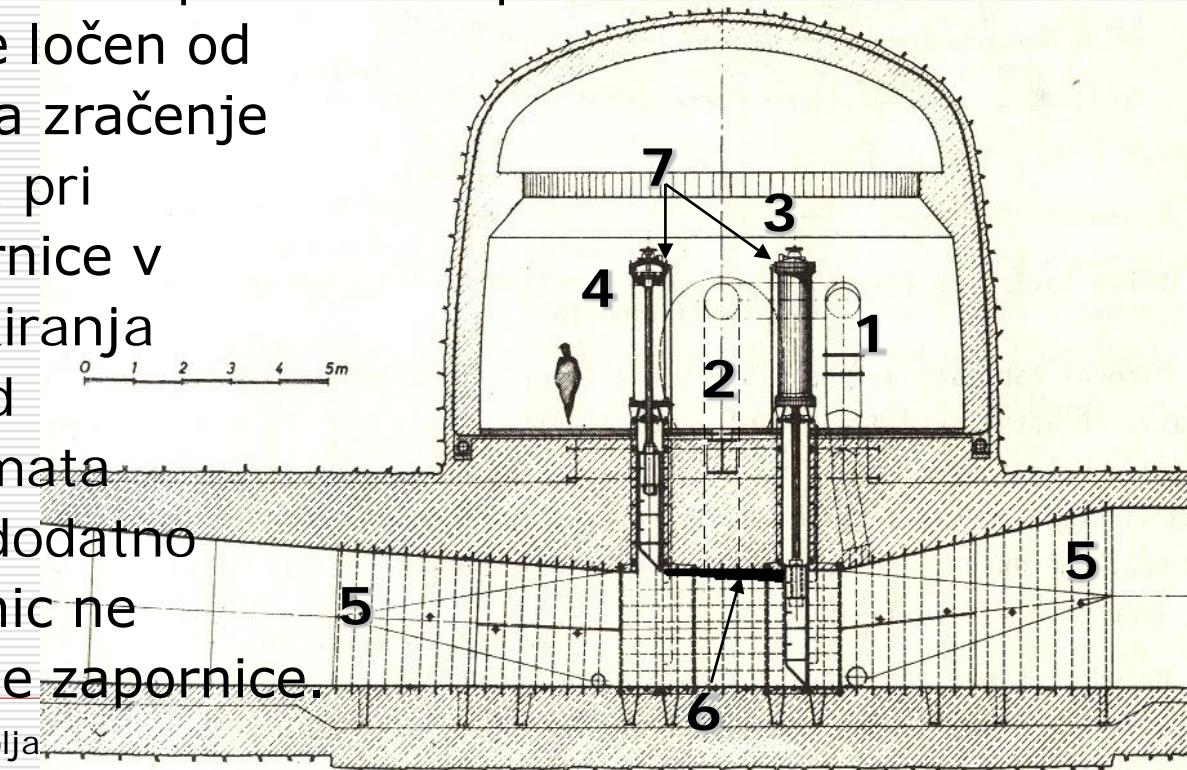
Globinske zapornice: tablaste zapornice - dispozicija



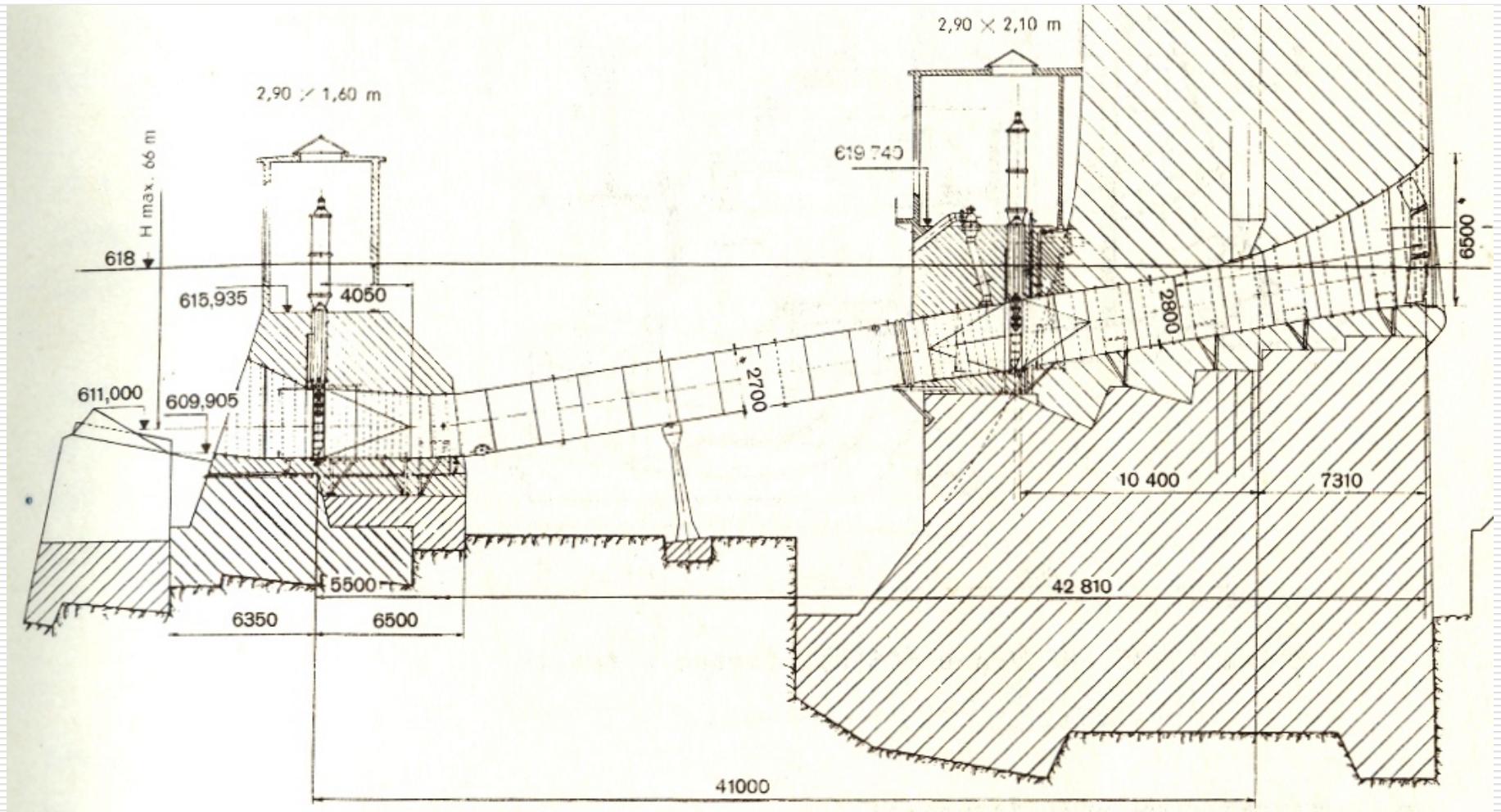
1. regulacijska zapornica
2. varnostna zapornica
3. pomožna zapornica
4. odzračevalni jašek
5. globinski izpust

Globinske zapornice: tablaste zapornice – detalj izvedbe komore

V *zoznenem delu* globinskega izpusta (zaradi zmanjšanja obremenitev na zapornico) sta nameščeni dve drsni tablasti zapornici: **dolvodno-regulacijska 3** in **gorvodno-varnostna 4**. Zaradi velikih hitrosti vodnega toka je zoženi del obložen z *jekleno pločevino 5*. Strop med obema zapornicama **6** je v naklonu dolvodno 1:4 ali 1:5. Glavni dovod zraka je za regulacijsko zapornico **1** s pomožnim dovod zraka skozi poševni strop **2**, ki je ločen od glavnega dovoda in služi za zračenje prostora med zapornicama pri spuščanju varnostne zapornice v primeru zataknitve ali blokiranja regulacijske zapornice med obratovanjem. Zapornici imata *servomotorni pogon 7* za dodatno tlačno silo, ker teža zapornic ne zadošča za varno spuščanje zapornice.



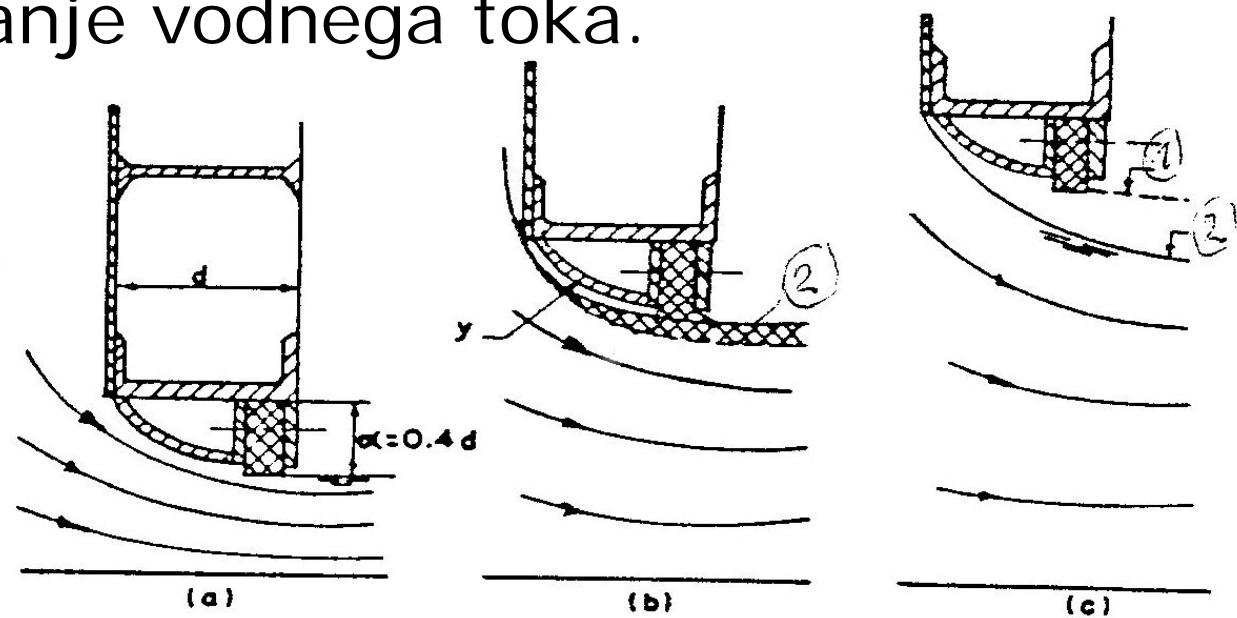
Globinske zapornice: tablaste zapornice - dispozicija



Globinske zapornice: tablaste zapornice - oblikovanje

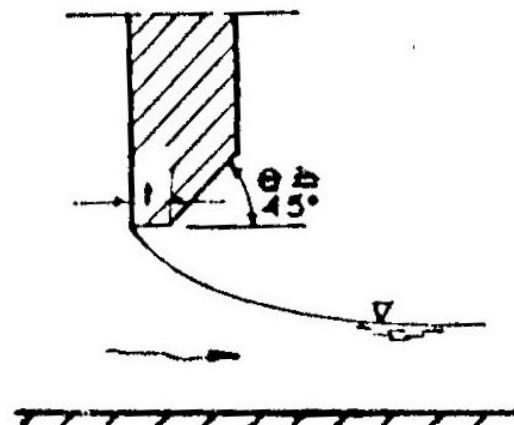
V primeru, da spodnji del zapornice ni ustrezeno hidrodinamično oblikovan se pri večjih pretočnih odprtinah pod zapornico na spodnjem delu oblikujejo podtlaki in povzročajo pri vdoru zraka nestalno odlepljanje vodnega toka.

1. gladina toka
ob steni
2. gladina toka
na sredi polja



Globinske zapornice: tablaste zapornice - oblikovanje

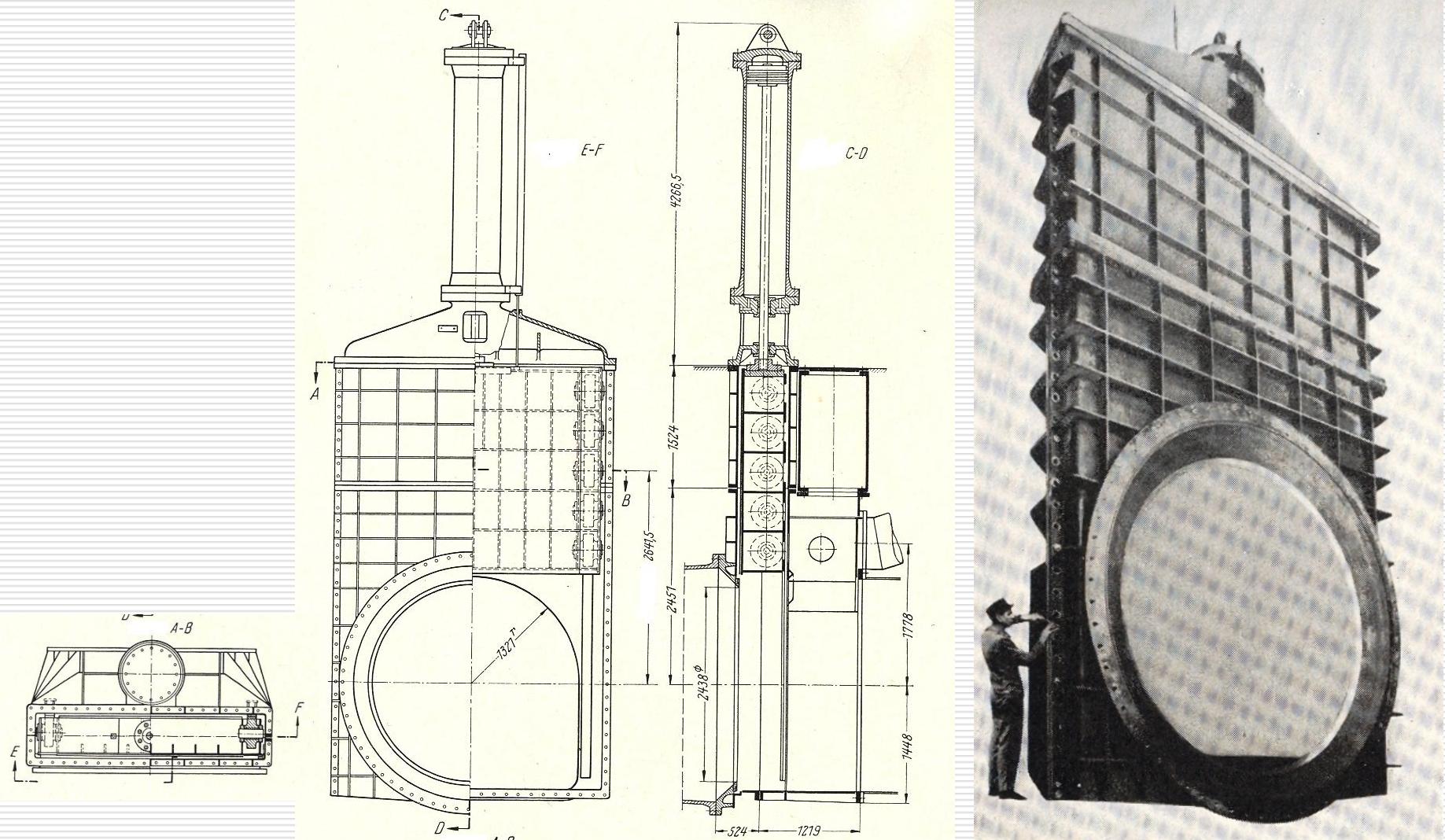
Spodnji del zapornice mora biti oblikovan tako, da se na njem oblikujejo samo pozitivni hidrodinamični tlaki ter da omogoča stalno točko odlepljanja vodnega toka.



za majhen **t** je točka
odlepljanja vodnega toka na
gorvodnem robu



Globinske zapornice: tablaste zapornice



Globinske zapornice: segmentne zapornice

Segmentne zapornice se uporabljajo samo kot *regulacijske*, varnostna zapornica je tablaste izvedbe.

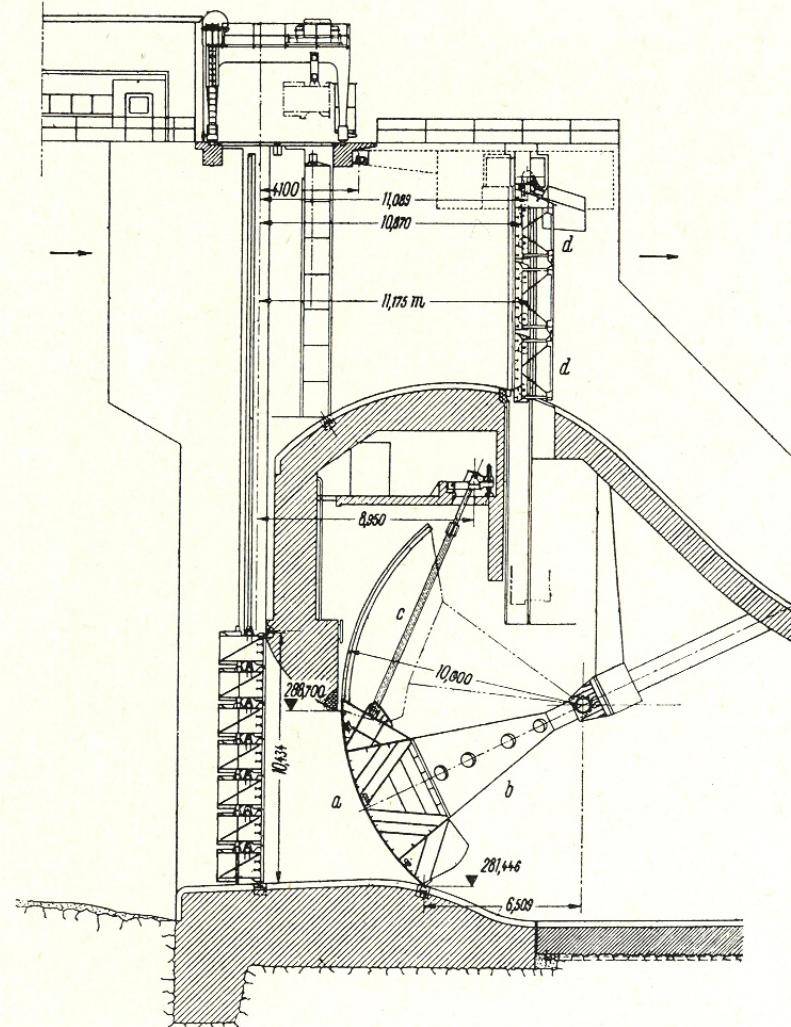
Prednosti pred tablastimi zapornicami so naslednje:

- manjše sile dviganja
- hidravlično ugodnejši odtok vode izpod zapornice,
- utori v stranskih stebrih niso potrebni,
- ležišče zapornice je zaščiteno pred plavinami,
- večja togost konstrukcije,
- manjša izpostavljenost konstrukcije vibracijam.

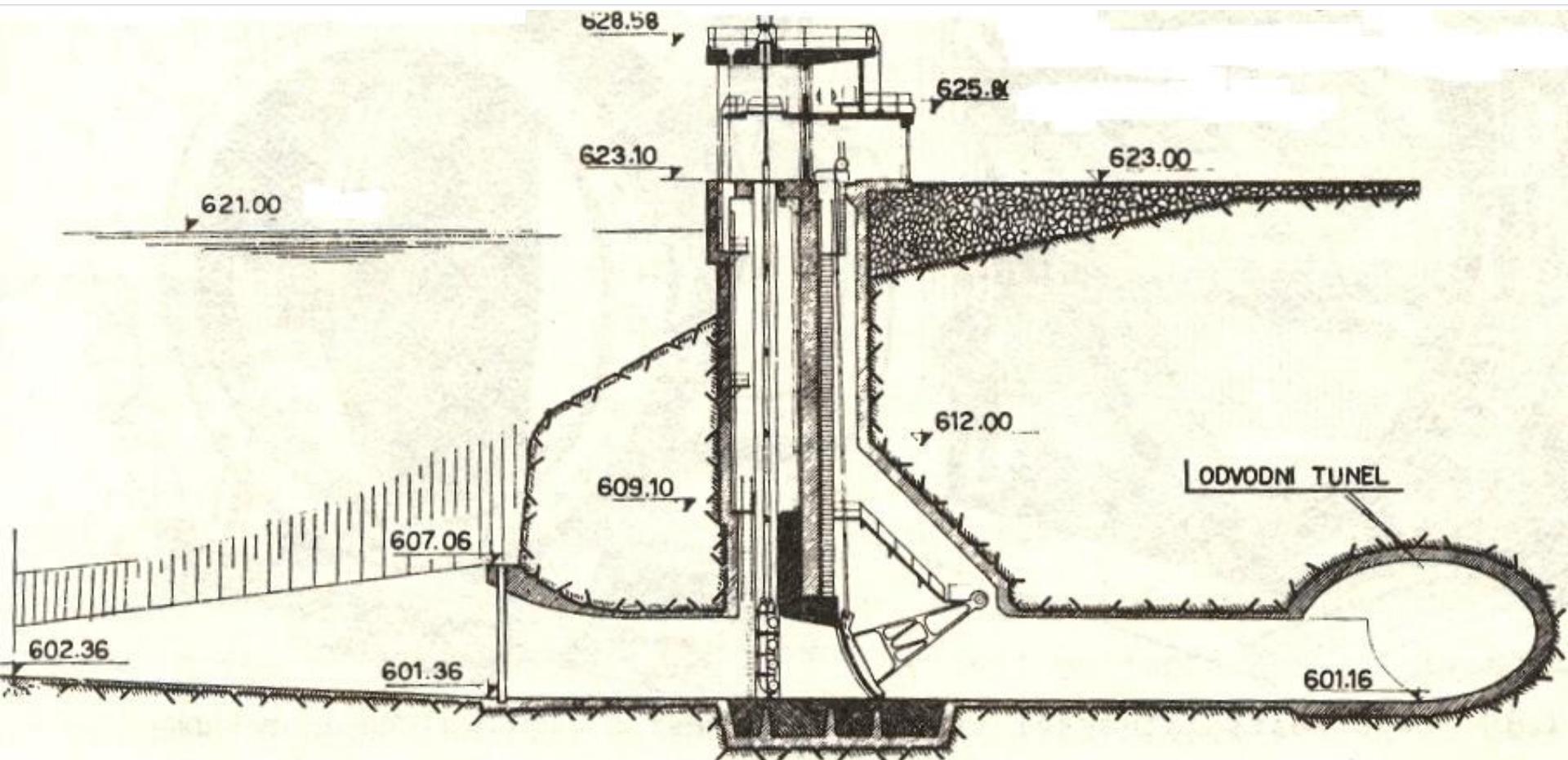
Globinske zapornice: segmentne zapornice

- Ker zaklopka ni potrebna pri globinskih izvedbah, so ročice segmenta lahko diagonalne in je okvirna osnova konstrukcije statično izkoriščena.
- Če so ležaji na stropu globinskega izpusta, prevzame celotno obremenitev zapornice lahko več ročic
- Slabost pa je kompleksnejša konstrukcija, še posebno detajl sidranja.

Globinske zapornice: segmentne zapornice

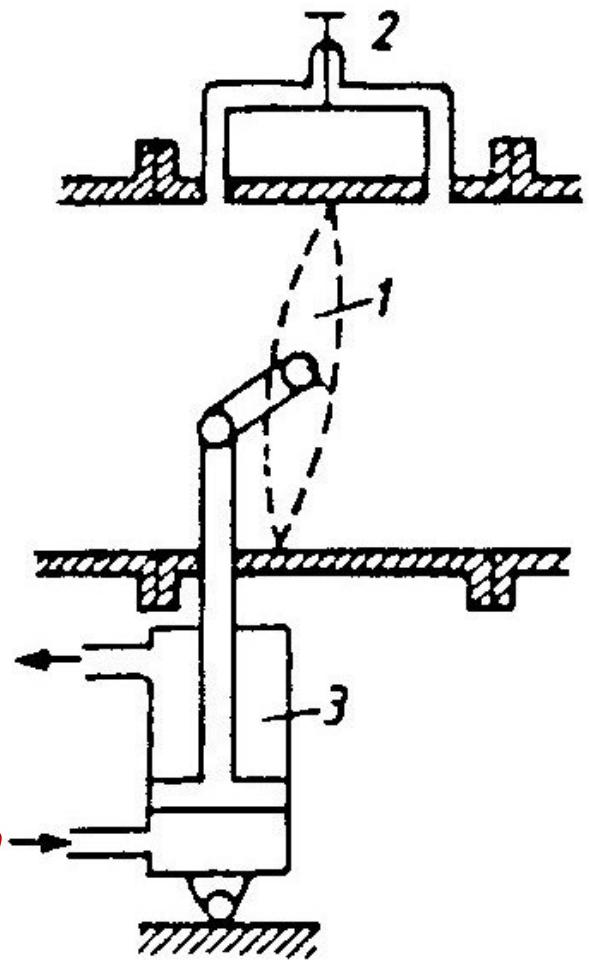


Globinske zapornice: segmentne zapornice



Globinske zapornice: lopute

- **Lopute ali diskasti zasuni** se uporabljajo samo kot *varnostne zapornice* pri predturbinskih ali vodostanskih regulacijskih zapornicah ter v sestavu z regulacijskimi zasuni na globinskem izpustu.
- V izjemnih primerih, pri *majhnih padcih* (20 do 30m) je mogoče lopute uporabiti tudi kot regulacijske zapornice.
- Loputasti zasun je sestavljen iz diskasto oblikovane *lopute 1*, vrtljive v vodoravnji ali navpični osi, *pogonskega mehanizma 2*, in *obtočni cevovod 3* (by pass) za izenačevanje tlakov pri manevrih lopute.



Globinske zapornice: lopute, oblikovanje

- Loputa rotira okrog *vodoravne* ali *navpične* osi za približno 90° na servomotorni ali električni pogon.
- Glede na položaj osi je tudi namestitev pogona (*stranski* pri vodoravni in *nad loputo* pri vertikalni postavitvi), ki je za lažje manevriranje praviloma izveden s *protiutežjo*.
- Loputa je bodisi popolnoma odprta ali zaprta in ni uporabna za reguliranje pretoka, ker se pri delnem odpiranju pojavi izrazito turbulentni tok in posledično vibracije konstrukcije.

Globinske zapornice: lopute, oblikovanje

■ loputa s horizontalno osjo



Globinske zapornice: lopute, oblikovanje

■ loputa z vertikalno osjo



Globinske zapornice: lopute, oblikovanje

- Pri polnem odprtju že zaradi zasnove predstavlja sorazmerno veliko motnjo v pretoku ($\xi = 0,1 \div 0,15$).
- Lopute odlikuje robustna izvedba, enostavna konstrukcija in sorazmerno majhna teža.
- Običajna uporaba loput je za padce med **25** do **300m** (max do 800m) – do **200m** so prevladujoč tip zapornic.

Globinske zapornice: lopute, oblikovanje

- Manever odpiranja zapornice poteka v *mirni vodi*, po predhodni izenačitvi tlaka na obeh straneh lopute. Za izenačitev tlakov služi *obtočni cevovod* – bypass. Enostranska obremenitev lopute povzroča velike reakcijske sile na ležaj, zlasti pri velikih premerih tlačnih cevovodov.
- Za *tesnjenje* se uporabljajo *gumijasta tesnila* po obodu tlačnega cevovoda ali na notranjem obodu ohišja lopute ter *pnevmatična tesnila* na notranjem obodu tlačnega cevovoda, ki se po zaprtju lopute napihnejo z zrakom in omogočajo brezhibno tesnjenje.

Globinske zapornice: lopute

Prednosti loput:

- lopute so zanesljive in enostavne konstrukcije tudi pri velikih premerih tlačnih cevovodov
- območje uporabnosti pri tlačnih višinah od 25 m do 300 m in več

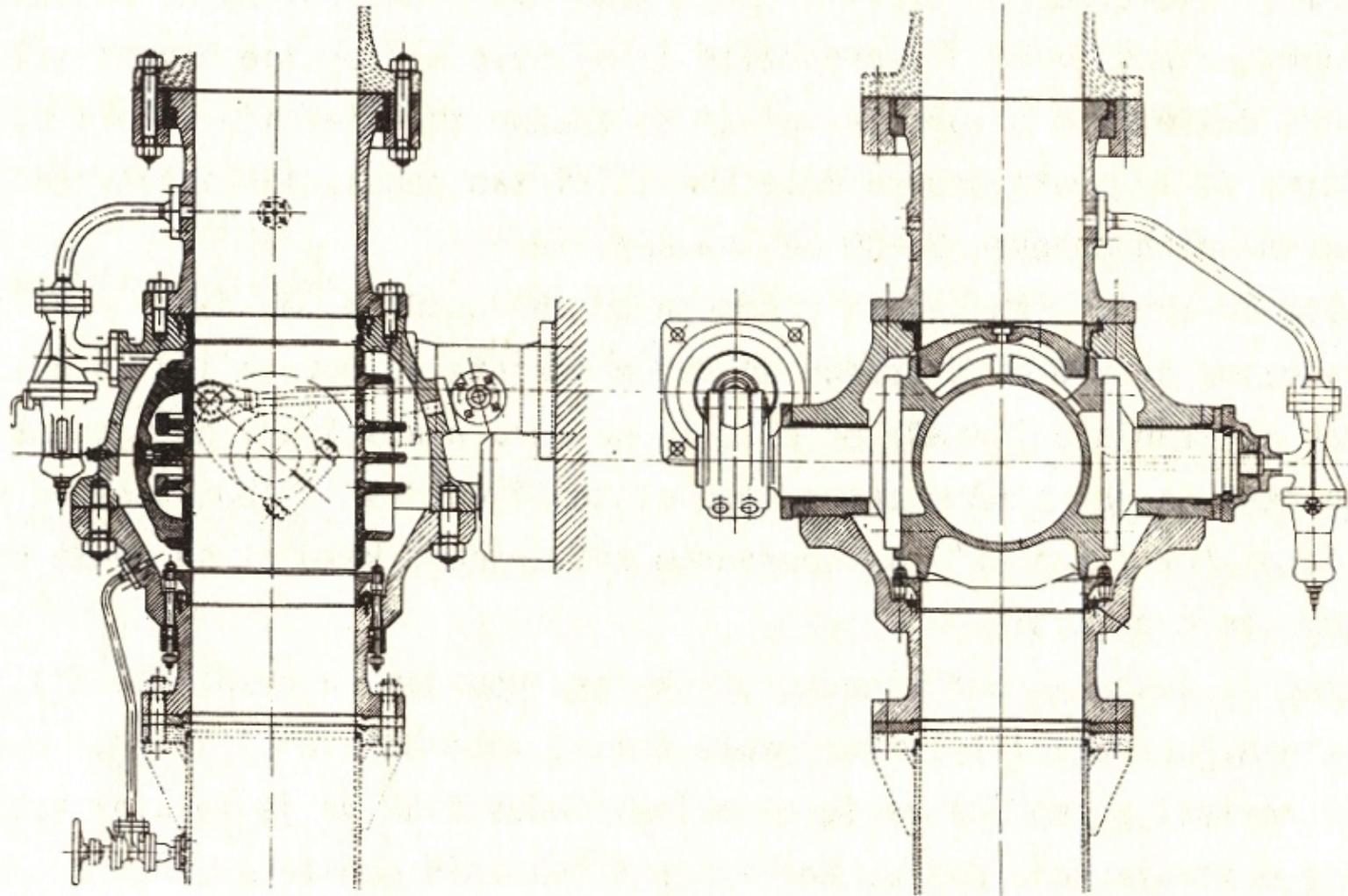
Pomanjkljivosti:

- vibriranje konstrukcije pri zapiranju
- sorazmerno velik koeficient lokalnih izgub pri popolnoma odprti loputi $\xi = 0,1 \div 0,15$.

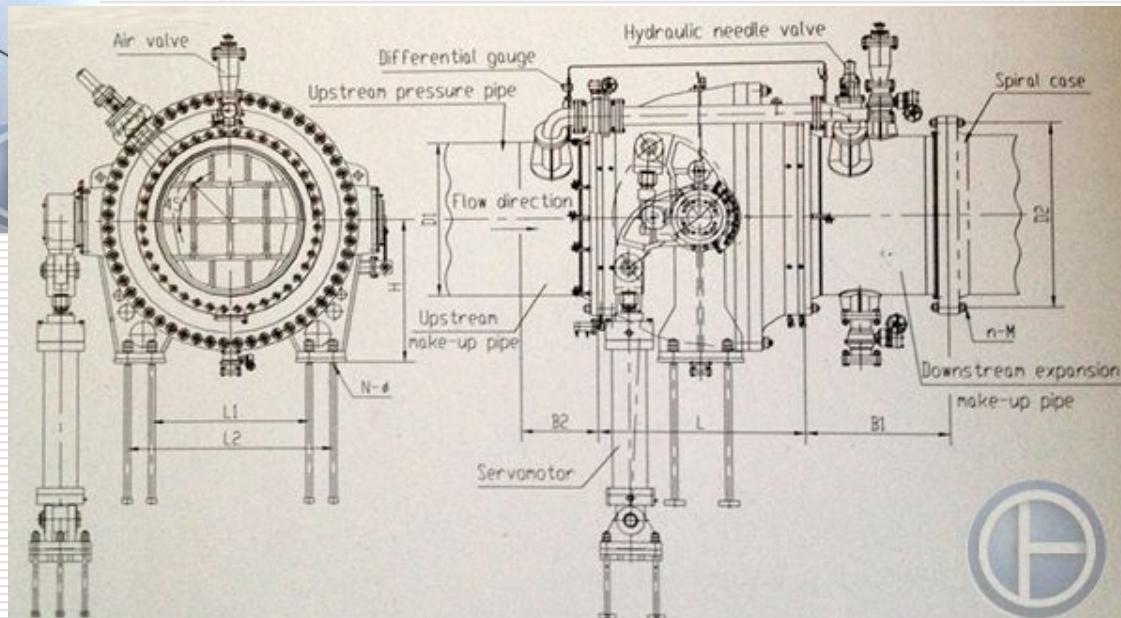
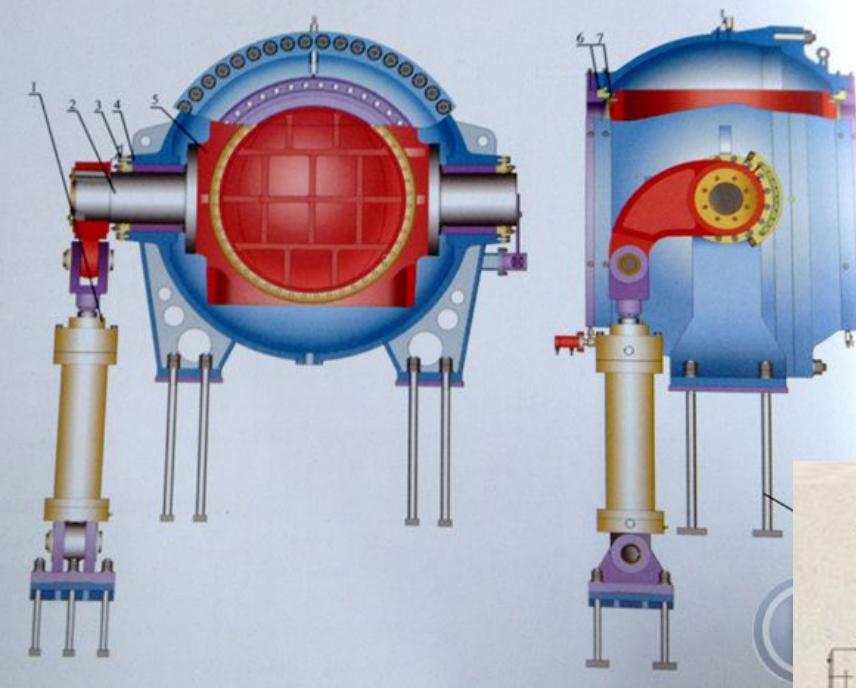
Globinske zapornice: zasuni, kroglični

- **Kroglični zasuni** so *varnostne*, skoraj izključno pred-turbinske zapornice in se uporablja samo za *hitro zapiranje* pretoka. So edina kategorija zapornic, ki se uporablja pri zelo velikih tlačnih višinah od 200 m do 1700 m in več.
- Kroglični zasun je sestavljen iz *sferičnega ohišja*, v katerem se nahaja *krogelni zasun* z *valjčnim prehodom*, ki je enak preseku cevovoda ter *obtočni cevovod* (by pass) za izenačevanje tlakov pri manevrih lopute. Za zasunom je nameščen *varnostni ventil* za *odzračevanje* pri polnjenju cevovoda in *dovajanje zraka* pri zapiranju cevovoda.
- Krožna stična ploskev zasuna in tlačnega cevovoda je iz korozisko odpornega jekla in omogoča brezhibno tesnjenje.

Globinske zapornice: zasuni, kroglični



Globinske zapornice: zasuni, kroglični



Globinske zapornice: zasuni, kroglični – oblikovanje

- Premer prečnega pretočnega prereza zasuna v odprttem stanju je enak prečnemu prerezu tlačnega cevovoda.
- Kroglični zasun je lahko samo popolnoma odprt ali zaprt in ne more biti uporabljen za reguliranje pretoka.
- Pred pričetkom odpiranja je potrebno izenačiti hidravlične tlake na obeh straneh zasuna z dovajanjem vode po stranskem cevovodu.
- Pri manevrih z zasunom se z zračnim ventilom regulira zračenje oz. odzračevanje cevovoda.
- Od vseh poznanih zasunov samo kroglični ne ustvarja motenj v pretokih in glede na zasnovno omogoča izredno dobro tesnjenje tudi pri velikih tlakih.

Globinske zapornice: zasuni, kroglični – oblikovanje

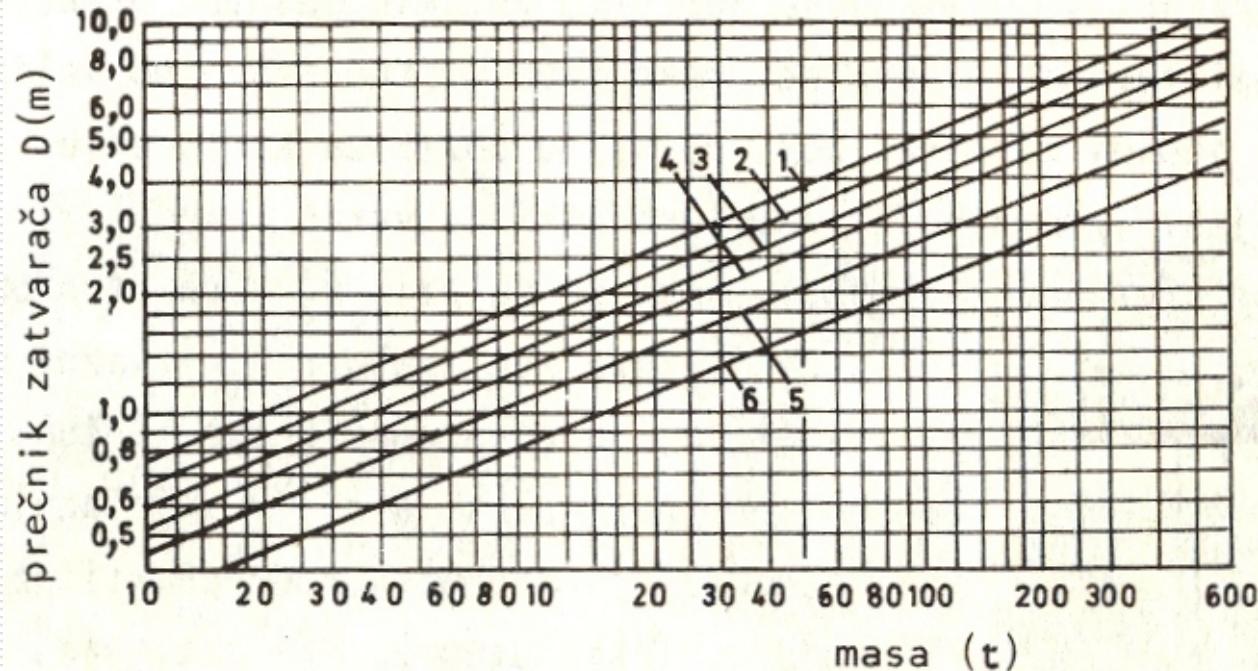
- Kroglični zasuni so sorazmerno veliki in zahtevajo veliko silo za obračanje zasuna.
- Pomanjkljivost je velika masa – približno za 35 do 40% je težji od primerljive lopute

lopute:

- 1) H 50~100m
- 2) H 100~150m
- 3) H 150~200m
- 4) H 200~250m

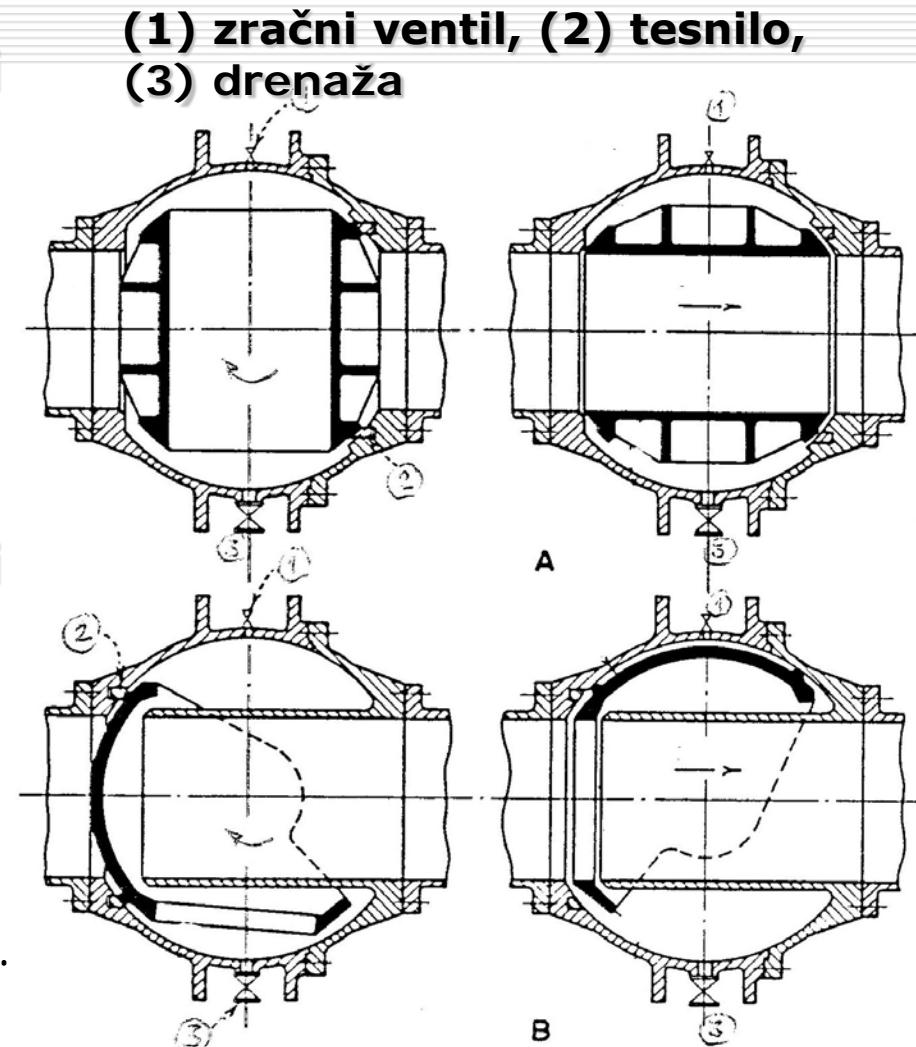
kroglični zasun:

- 5) H 200~350m
- 6) H > 350m



Globinske zapornice: zasuni, kroglični – oblikovanje

- V izvedbi A je **valjčni pretočni prehod** sestavni člen *vrtljivega dela* zasuna in odpira ali zapira pretočni prerez globinskega izpusta pri zasuku za 90°.
- V izvedbi B je **valjčni pretočni prehod fiksni del** zasuna. Pretočni prerez globinskega izpusta zapira ali odpira vrtljiva krožna lupina pri zasuku za 90°.



Globinske zapornice: regulacijski zasuni

Na hidroenergetskih ali vodo-gospodarskih objektih se na globinskih izpustih pojavi zahteva po regulaciji pretokov z možnostjo prepuščanja točno določenih pretokov, brez nevarnosti pojava hidrodinamičnih fenomenov.

V ta namen se na globinskih izpustih vgradijo zasuni, ki omogočajo fino regulacijo pretokov. V ta namen sta največkrat uporabljeni:

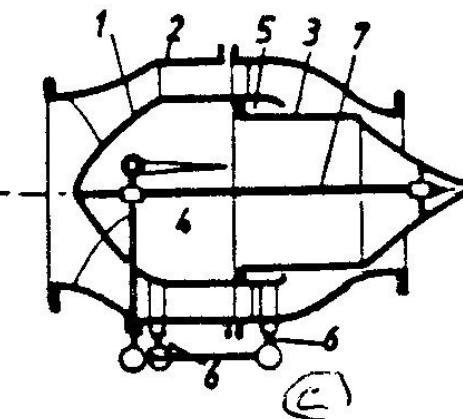
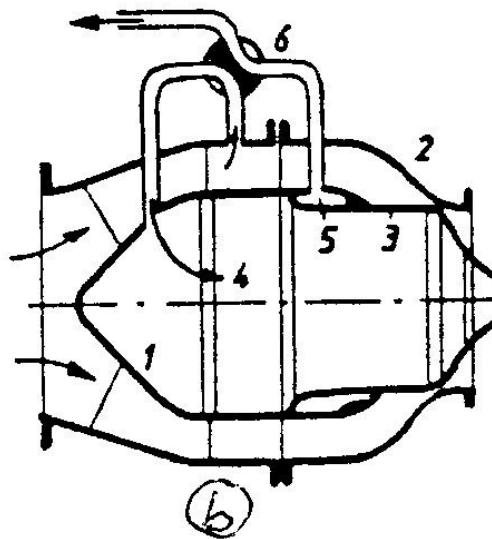
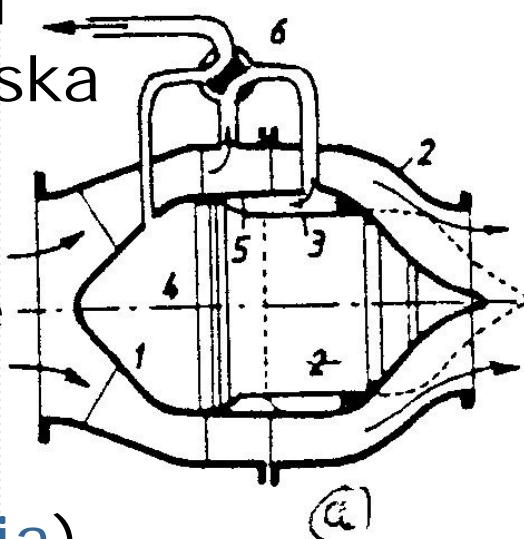
- ***iglasti zasun***
- ***cilindrični zasun***

Globinske zapornice: iglasti zasun

Na *zunanje ohišje* 2 je fiksno pritrjen hidravlično oblikovan *votel element* 1, v katerem se premika *valj* brez dna 3. Pri odpiranju *ventila* 6 teče voda pod tlakom v *komoro* 5 in premika *valj* 3 nazaj. Pri zapiranju iztočnega prereza teče voda pod tlakom v *komoro* 4 in potiska *valj* 3 naprej. Natančno regulacijo pretoka omogoča

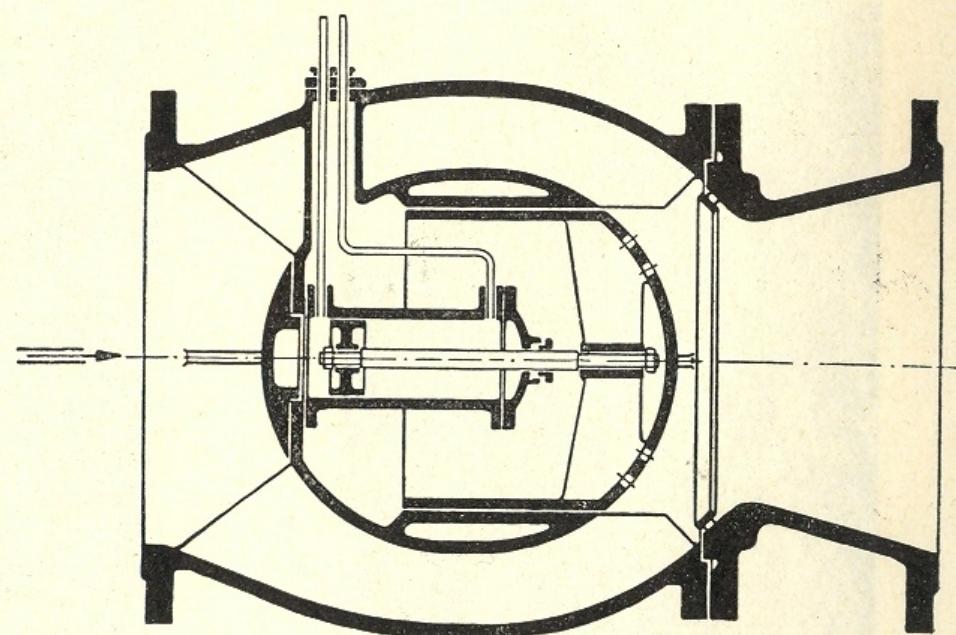
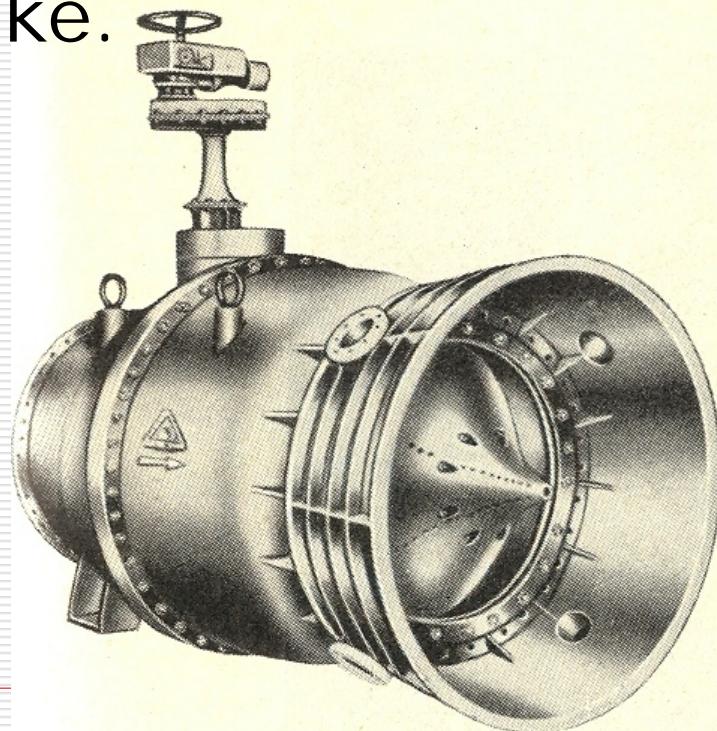
igla 7.

Iztočni
prerez je
treba
odzračiti
(kavitacija).



Globinske zapornice: regulacijski zasuni

Princip delovanja regulacijskih zasunov je enak pri obeh primerih, razlika je le v obtekanju gibljivega ventila, ki je pri **iglastem zasunu** konusne oblike, pri **cilindričnem** pa cilindrične oblike.

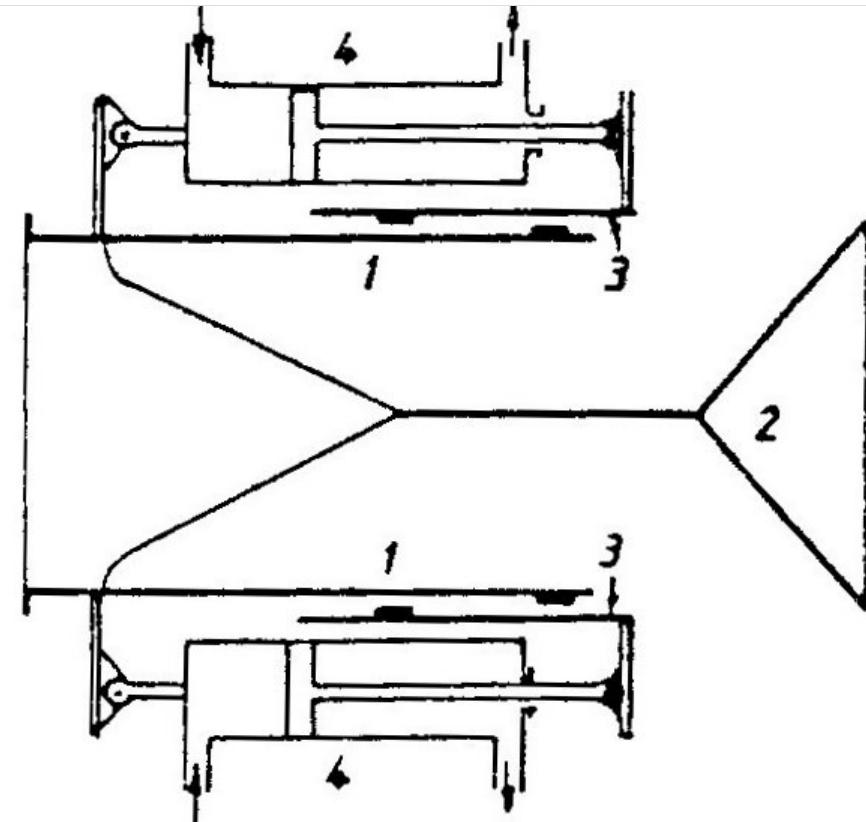


Globinske zapornice: regulacijski-disipacijski zasuni

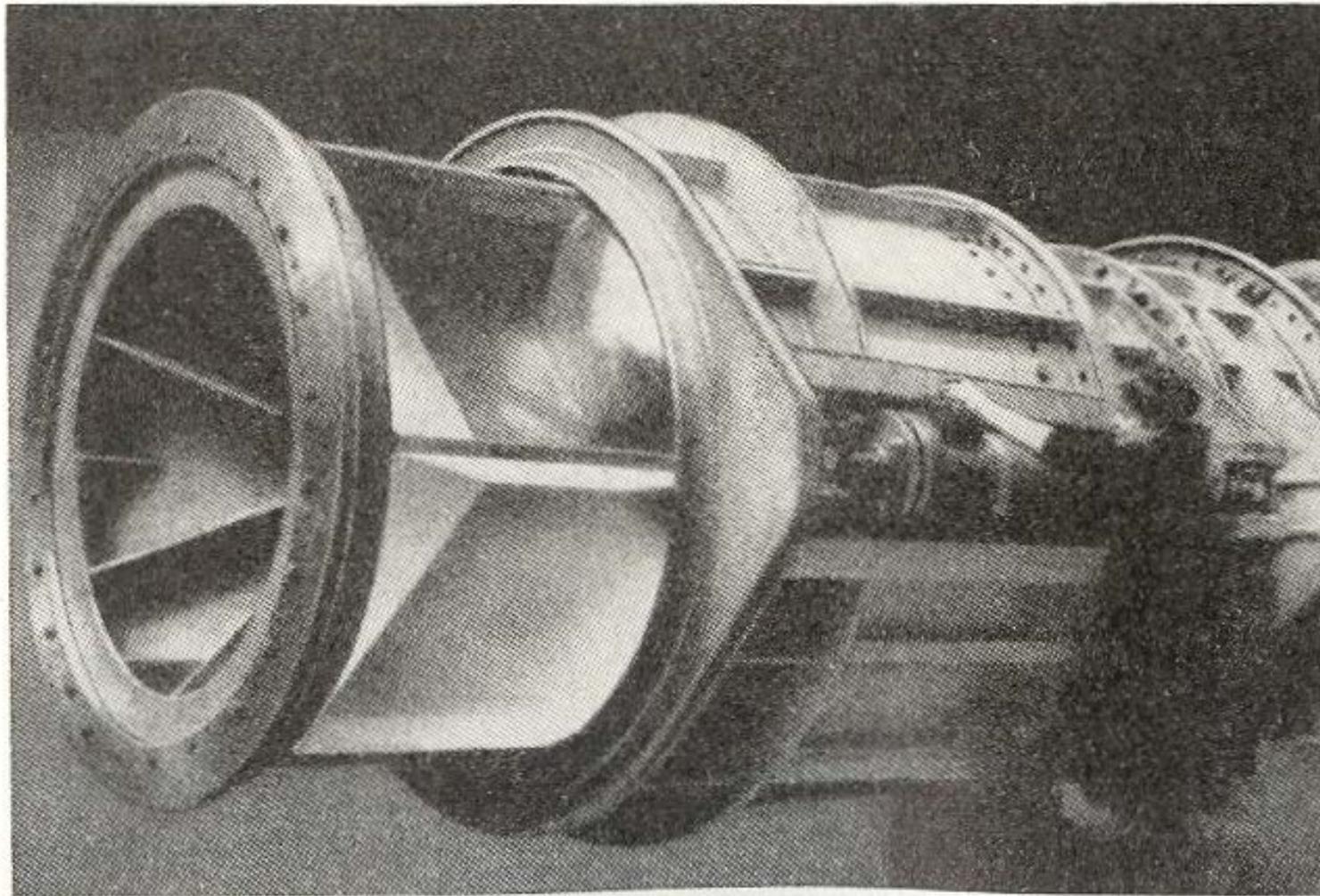
Stožčasti regulacijski zasuni se uporabljajo v globinskih izpustih visokotlačnih hidroelektrarn za *uravnavanje* vodnega pretoka in hkratno *disipacijo* kinetične energije vodnega toka.

Zasun (tip **Howell-Bunger**)

sestoji iz *fiksnega cilindričnega* plašča **1** na katerega je pritrjen *stožčast klin* **2**. Pretok skozi zasun se uravnava s premikanjem *gibljivega cilindra* **3** na hidro pogon. Pri zapiranju zasuna *bat* **4** hidro pogona potiska gibljivi cilinder dolvodno dokler ne nalega na stožčast klin in zapre dotok v celoti. Proses odpiranja poteka v nasprotni smeri.

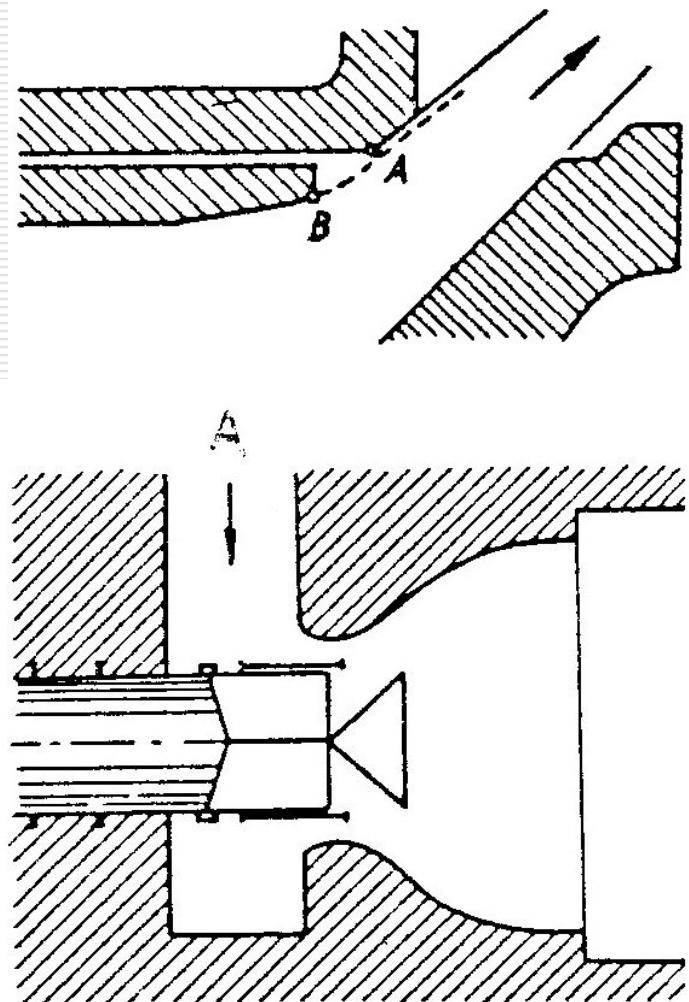


Globinske zapornice: regulacijski-disipacijski zasuni



Globinske zapornice: regulacijski-disipacijski zasuni, oblikovanje

- najpogostejši vzrok vibriranja je nestalno odlepljanje vodnega toka med krajnima točkama obeh cilindrov pri 90 %÷95 % odprtju iztočnega prereza
- prostor okrog regulacijske naprave je izpostavljen močnemu škropljenju zaradi disperzije vodnega toka na stožčastem klinu
- če je zasun v zaprtem prostoru je potrebno v prostor dovajati zrak – po USBR je presek jaška enak preseku zasuna.



Globinske zapornice: regulacijski-disipacijski zasuni

Prednosti stožčastih regulacijskih zasunov:

- sorazmerno lahka in gospodarna konstrukcija
- pogonski mehanizem ni pod vplivom hidrodinamičnih tlakov, kar omogoča fleksibilnejše uravnavanje vodnega pretoka
- stožčast klin omogoča učinkovito pretvorbo kinetične energije vodnega toka
- ugoden pretočni koeficient ($C_Q = 0,8 \div 0,85$)

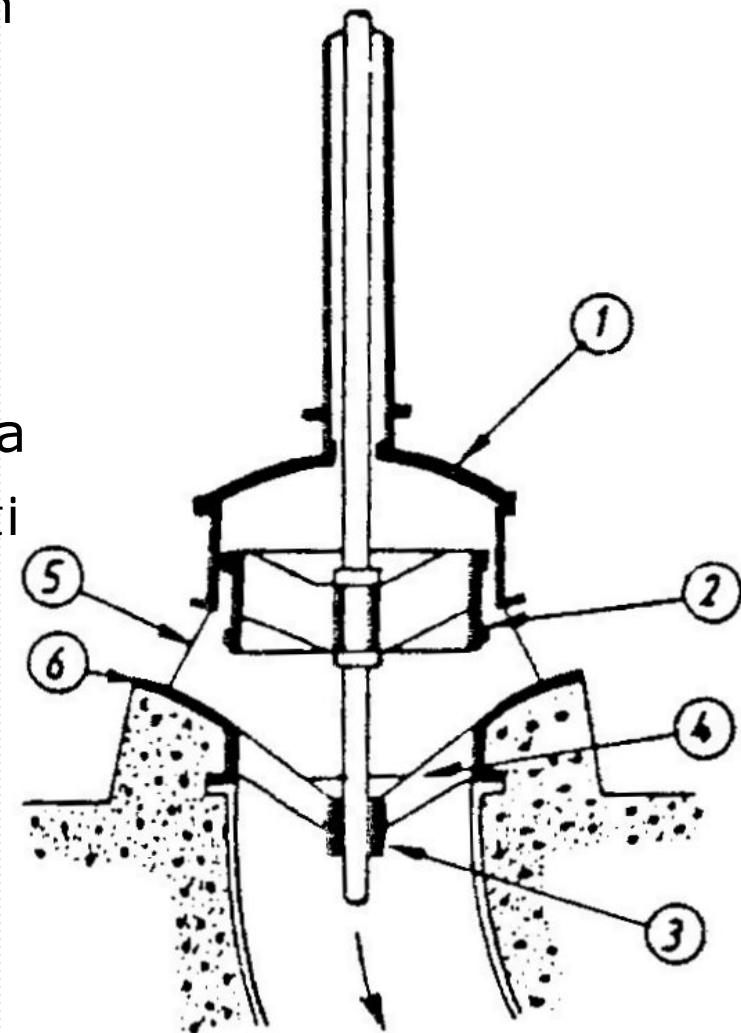
Pomanjkljivosti:

- pri malih odtočnih odprtinah je naprava izpostavljena vibracijam
- prostor okrog regulacijske naprave je izpostavljen močnemu škropljenju zaradi disperzije vodnega toka na stožčastem klinu

Globinske zapornice: valjčne zapornice

Valjčne zapornice na stolpnih odvzemnih zgradbah imajo navpično os in se uporabljajo za *varnostne* in *regulacijske* zapornice.

Zapornica 2 je cilindrična, nameščena v *zvonastem ohišju* 1, centriranje omogočata *vodilnik* 3 in *nosilci* vodilnika 4, ki so vpeti v *ležišče* 6; *vtočne odprtine* 5 v odvzemni jašek so radialno nameščene. Pogon je na verigo ali pri novejših izvedbah servomotorni. Pri varnostnih zapornicah je ustrezejši servomotorni pogon, ker omogoča naglo spuščanje zapornice.



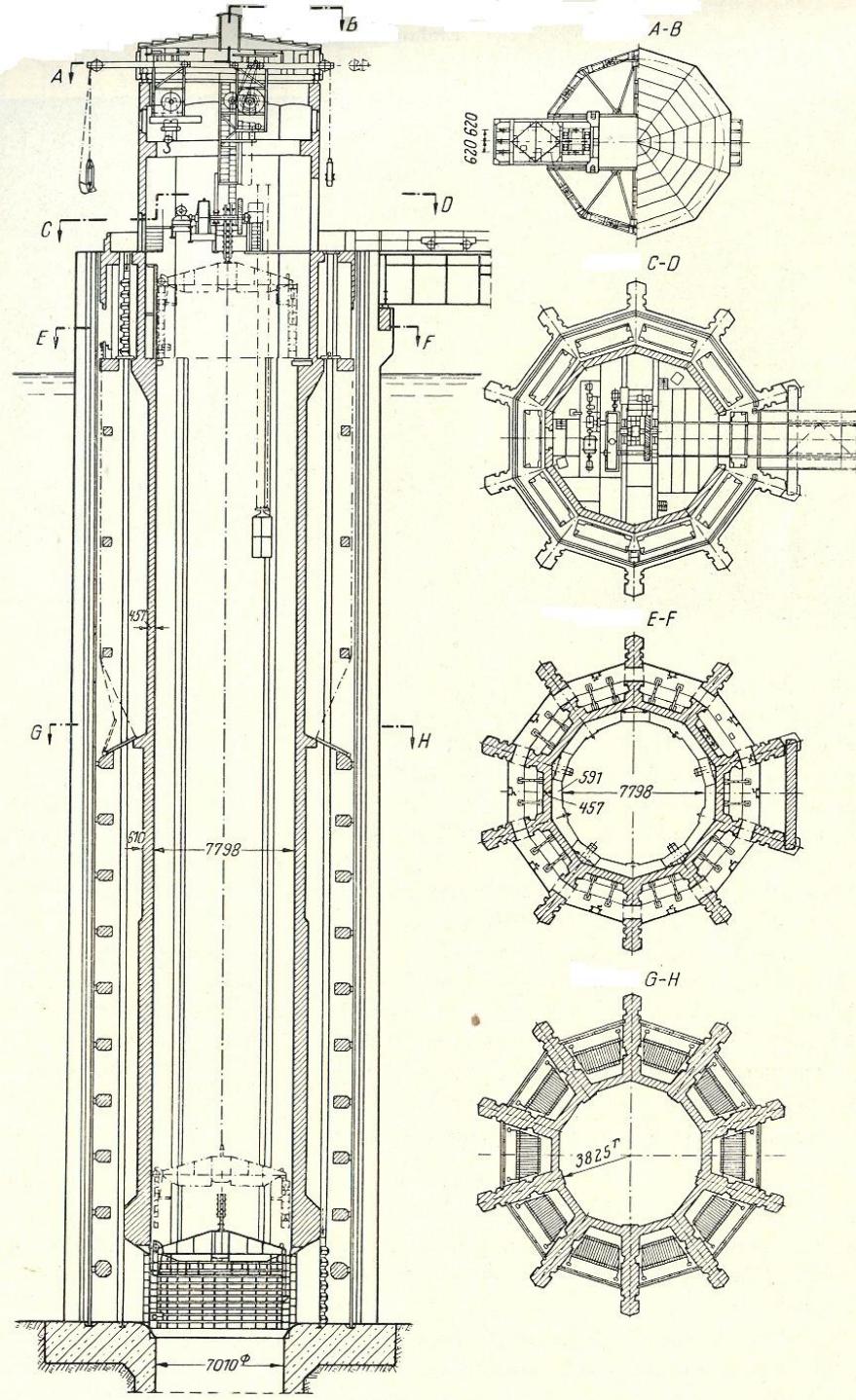
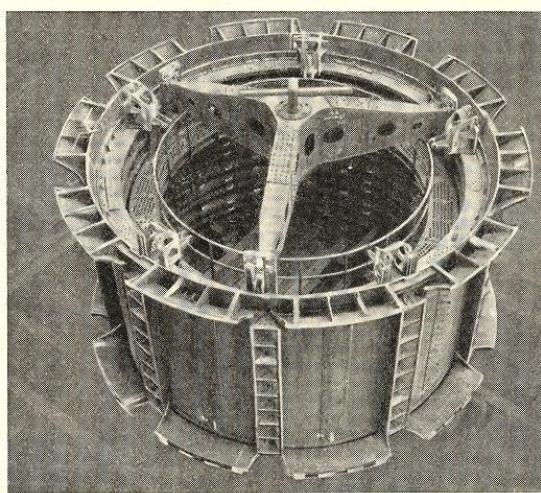
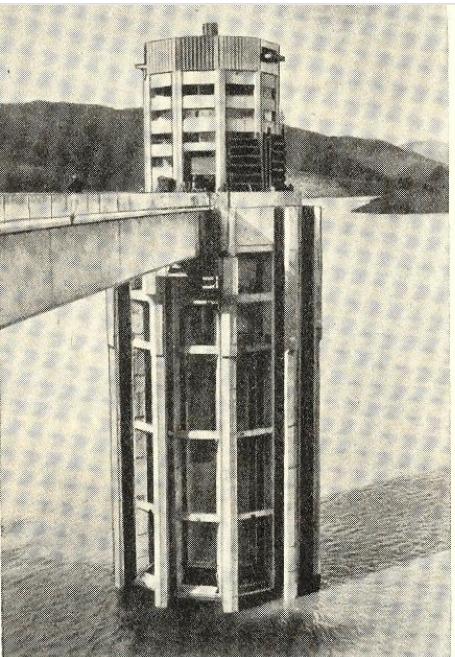
Globinske zapornice: valjčne zapornice

- Na isti odvzemni zgradbi se lahko uporabljata dve zapornici, spodnja in zgornja - taka uporaba je ekonomsko upravičena npr. če je potrebno odvzemati vodo, ki naj ima ustrezeno temperaturo in kakovost, iz toplotno in kakovostno stratificirane akumulacije.
- Za ta tip zapornic je značilno, da se hidrostatski tlak ne prenaša na nosilno konstrukcijo marveč deluje le po obodu cilindra.

Globinske zapornice: valjčne zapornice

■ Valjčne zapornice z navpično osjo, se odlikujejo po malem trenju, skoraj izključno zaradi vodil. Zaradi malih trenjskih sil zlasti regulacijske valjčne zapornice pogosto vibrirajo (trenje dušilno vpliva na vibracije). Dominantni vzrok vibriranja je v večini primerov nestalna točka odlepljanja vodnega toka od spodnjega dela zapornice.

Globinske zapornice: valjčne zapornice



Globinske zapornice: lopute



Globinske zapornice: iglasti zasun - kavitacija



Globinske zapornice: stožčast zasun

