

## 25. GODIŠNJICA HIDROELEKTRANE VARAŽDIN

Borislav Franković, Zagreb - Petar Kovaček - Dragutin Cigrovski, Varaždin - Marijan Zelić  
- Vedran Jurčić, Zagreb

UDK 621.311.21  
PREGLEDNI ČLANAK

25 godina rada hidroelektrane "Varaždin" prigoda je davanja osvrta na njen pogon, tehnička promatranja, održavanje, rekonstrukciju i obnovu. Razmotren je i njen utjecaj na okoliš, jer je zamjetan i općenito nedovoljno poznat. Budući da je hidroelektrana višenamjenska raznovrsne su i njene mnogobrojne izravne koristi koje uzrokuju mnoge neizravne koristi. Na kraju se skreće pozornost na činjenicu da elektrana spada u sustave za uređenje i korištenje vode i zemljišta, koji su bitni za održivi razvoj Hrvatske, unaprjeđenje gospodarstva, povećanje zaposlenosti, razvoj na stručnom i znanstvenom polju, što sve povoljno utječe na demografska kretanja, te povećava blagostanje i opće zadovoljstvo stanovništva.

**Ključne riječi:** višenamjenske hidroelektrane, pogon, tehnička promatranja, obnova, zaštita okoliša, održivi razvoj.

### 1. UVOD

Povod za članak je 25. godišnjica puštanja u pogon hidroelektrane (HE) Varaždin (1975.), prve u nizu elektrana na hrvatskom dijelu Drave. Glavna svrha članka je poopćavanje iskustava stečenih u 25 godišnjem pogonu, tehničkom promatranju i održavanju elektrane. Nakon kratkog opisa elektrane dan je osvrt na pogon elektrane, u najvećem dijelu načina rada elektrane, te njeno daljinsko upravljanje.

U posebnim poglavljima obrađena su tehnička promatranja i održavanje, koji su bitni za sigurnost elektrane i njenog okoliša, pouzdanost i djelotvornost njenog pogona, te njenu dugovječnost.

Budući da korištenje vodnih snaga ima i protivnika, dijelom zbog promjena u prostoru koje ono uzrokuje, u posebnom poglavlju se razmatra utjecaj elektrane na okoliš.

Na izvanredno važno pitanje, koje i kolike su koristi te hidroelektrane u proteklih 25 godina pokušalo se odgovoriti u posebnom poglavlju.

Naše hidroelektrane na Dravi su najvažniji dijelovi sustava za uređenje i korištenje voda i zemljišta na obuhvatnom prostoru, a općenito su najprobitačnije tvornice<sup>1</sup> u Hrvatskoj, čija probitačnost s vremenom raste ako se njima stručno upravlja. Zbog toga se nameću pitanja o budućnosti HE Varaždin, kao npr. pitanje njenog poboljšavanja i njenog vijeka.

Na kraju se daju zaključci za koje se smatra da mogu koristiti prilikom zamišljanja daljnjeg uređenja i korištenja voda i zemljišta u Hrvatskoj i svijetu, s korištenjem vodnih snaga kao jednom od važnih namjena.

<sup>1</sup> To su tvornice za proizvodnju električne energije a osnovna sirovina je sunčeva energija koja se pretvara u vodnu snagu.

### 2. KRATAK OPIS ELEKTRANE

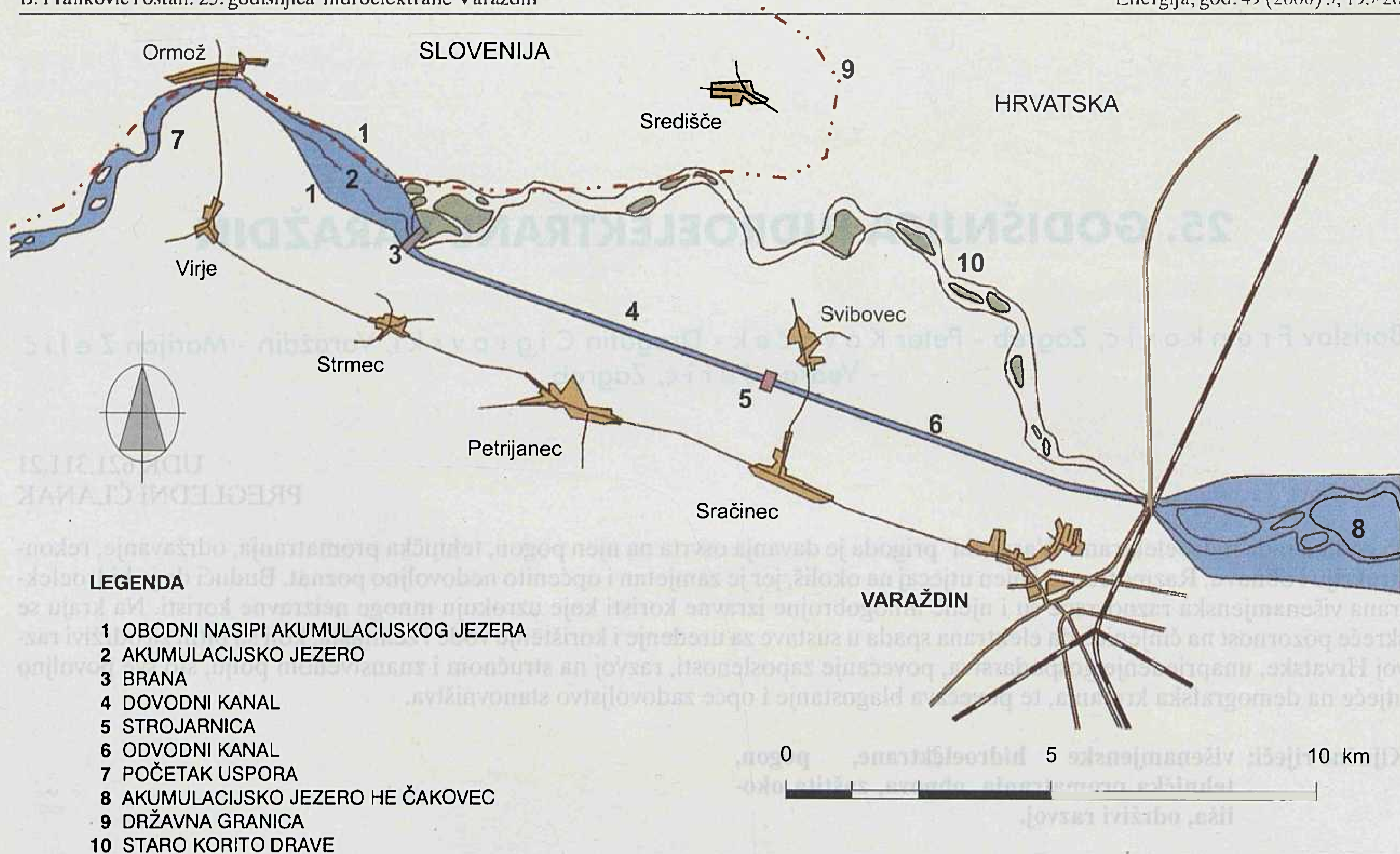
Višenamjenska derivacijska hidroelektrana "Varaždin" koristi vodne snage rijeke Drave na dionici dugoj 28,5 km, brani zemljište i naselja od poplava i erozivnog djelovanja rijeke, opskrbljuje vodom (šćeceranu "Ormož" u Sloveniji), odvodnjuje prekomjerno vlažno zemljište, stvara uvjete za gravitacijsku odvodnju doline i gravitacijsko natapanje zemljišta, te uvjete za razvoj razonode, izletništva i športa.

Hidroelektrana je građena relativno kratko (4,5 godina), gotovo isključivo domaćim snagama, a stavljena je u pogon 1975. g. Sastoji se iz slijedećih glavnih dijelova: obodnih nasipa, pokretnog i nasutog dijela brane, dovodnog kanala s ulaznom građevinom, strojarnice i odvodnog kanala. U lijevom upornjaku pokretne brane je mala hidroelektrana, koja služi za ispuštanje propisanih vodnih količina u korito rijeke između brane i restitucije.

Prema službenoj definiciji velikih brana u sustavu hidroelektrane je sedam velikih brana: (1) i (2) lijevi i desni obodni nasip, (3) dio brane sa zapornicama, (4) nasuti dio brane, (5) i (6) lijevi i desni nasip dovodnog kanala i (7) strojarnica.

Na dionici korištenja postoji velika prirodna okuka koja je iskorištena tako da se bruto pad dionice od 23 m koristi na jednoj derivacijskoj elektrani umjesto dvije pribranske. Za mjerodavno hidrološko razdoblje srednji protok Drave na zahvatu je 315 m<sup>3</sup>/s iz čega je prema ondašnjim shvaćanjima proizašao instalirani protok elektrane od 450 m<sup>3</sup>/s.

Usprkos tome što su se hidroelektrane na Dravi u Hrvatskoj počele zamišljati ranih 70-ih godina dalekovidno se zaključilo da se umjesto protočnih hidroelek-



Slika 1. Položaj elektrane

trana sagrađe elektrane s mogućnošću dnevnog i djelomično tjednog uređenja dotoka. Uz zahtjev za korištenjem do 1 m prostora u akumulaciji i određenog mjesta pokretne i nasute brane proizašao je oblik akumulacije. Zbog niskih obala za njeno ostvarenje potrebni su nasipi, koji su prvo zamišljeni iz šljunka i s brtvenom glinenom jezgrom, a kasnije su zamijenjeni (zbog štednje i veće brzine građenja) nasipima obloženih asfaltbetonom. To je bila prva uporaba takve vrste obloge na velikim branama u bivšoj državi. Pokretna brana sagrađena je u jednoj građevnoj jami. Brana ima 6 polja koja se zatvaraju sa segmentnim zapornicama na koje su stavljene zaklopke. Za rad s tako velikim zapornicama prvi put je u bivšoj državi upotrijebljen hidraulički pogon. Nakon završene gradnje pokretne brane korito Drave je u 23 sata pregrađeno nasutim dijelom brane.

U desnom upornjaku pokretne brane je mala hidroelektrana koja koristi vodu koja se u nizvodno 22,5 km dugo korito propušta u danas propisanoj količini od 8 m<sup>3</sup>/s. Na brani je još riblja staza koju najviše koristi podust, koji se masovno mrijesti uzvodno od brane.

Uz branu je zahvat vode koji se sastoji samo iz betonskog praga. Derivacijski kanal dužine 14,7 km strojarnicom je podijeljen na dva podjednaka dijela. Dovodni kanal je u nasipima obloženim također asfaltbetonom, a odvodni je u dubokom usjeku i, osim uz strojarnicu, neobložen.

U strojarnici su smještene dvije proizvodne jedinice između kojih su regulatori protoka. Regulatori sprječavaju valove u derivaciji pri naglom zaustavljanju turbina. Turbine su vrste "Kaplan" s uspravnom osovinom na koju se nadovezuju generatori.

## OSNOVNI PODACI

### Opći

Dionica Drave Ormož-Varaždin

Višenamjenska derivacijska hidroelektrana s potpunim dnevnim uređenjem dotoka

Početak pogona 1975. g.

### Hidrološki

Oborinsko područje, km<sup>2</sup> 15379

Srednji godišnji protok, m<sup>3</sup>/s 315

Jednogodišnja velika voda, m<sup>3</sup>/s 1.300

Velika voda povratnog razdoblja 1.000 g., m<sup>3</sup>/s 3.700

### Jezero

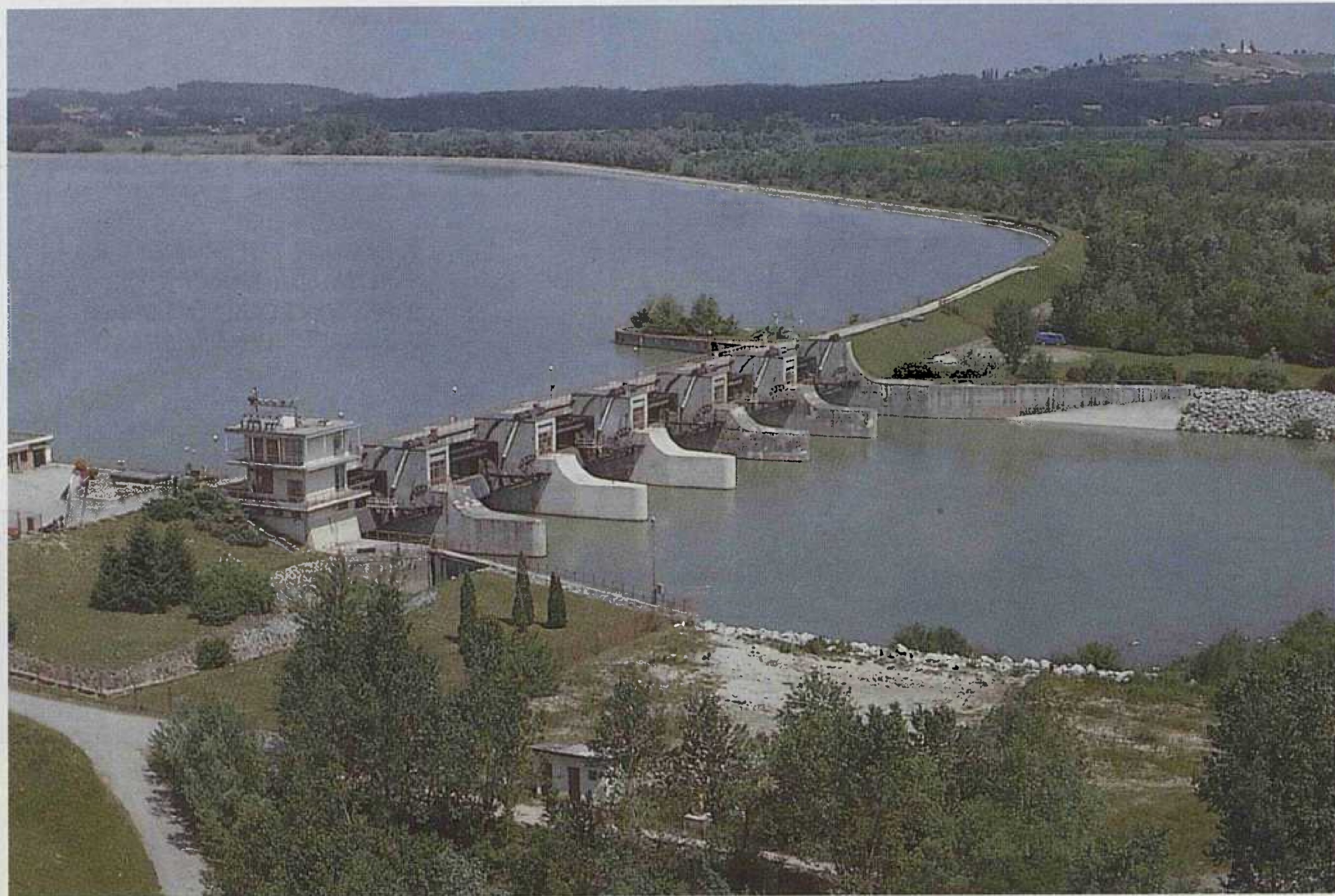
Površina, km<sup>2</sup> 3,0

Ukupna zapremina pri srednjem protoku, hm<sup>3</sup> 8

### Građevine

#### Velike brane

	Najveća visina	Dužina u kruni	Zapremina
	m	m	m <sup>3</sup>
Obodni nasipi	10	6.600	330.000
Nasuti dio brane	10	326	100.000
Pokretna brana	19,7	133	54.000
Nasipi			
dovodnog kanala	14	15.000	2,900.000
Strojarnica	45	64	70.000



Slika 2. Pogled na branu sa zapornicama

*Ostale građevine*

Dovodni kanal, dužine, km	7,5
Odvodni kanal, dužine, km	7,2
Mostovi preko derivacijskog kanala, broj	5

**Energetski podaci**

Normalni uspor, m n.m.	191,00
Instalirani protok, $Q_i$ , $m^3/s$	450*
Bruto pad na strojnici za $Q_i$ , m	21,82
Instalirana snaga na stezaljkama generatora, MW	86*
Moguća prosječna godišnja proizvodnja, GWh	476

**Podaci o opremi***Pokretna brana*

Šest segmentnih zapornica dužine 17,00 m visine 6,0 m sa zaklopkama visine 1,5 m, mase 597 t. Mala proizvodna jedinica s cijevnom vodoravnom turbinom snage 650 kW, instaliranog protoka  $10 m^3/s$ .

*Strojarnica*

Dvije proizvodne jedinice s uspravnom osovinom.

*Turbine*

Kaplan, nazivni protok  $225 m^3/s$ , konstruktivni pad 21,9 m, 125 o/min, snaga  $2 \times 45 MW$ , promjer okretnog kola 5620 mm, masa turbine 585 t.

*Generatori*

Snaga  $1 \times 53,5 MVA$ ,  $10,5 kV \pm 7\%$ ,  $1 \times 50 MVA$ ,  $10,5 kV \pm 5\%$ , masa generatora 325 t.

\* Koristi se protok do  $500 m^3/s$  i snaga do 94 MW.

*Transformatori*

Snage  $1 \times 53,5 MVA$ ,  $10,5/115 kV$ , smješteni između ulazne građevine i dvorane za strojeve.

*Regulator protoka*

Dva segmentna zatvarača  $4,20 \times 3,30 m$ , protočnosti  $2 \times 225 = 450 m^3/s$ , pri nagloj obustavi pogona automatski se otvaraju za 6 sek.

*Rasklopište*

110 kV + 35 kV + 10,5 kV + 0,4 kV. Smješteno između ulazne građevine i dvorane za strojeve. Generator i transformator spojeni su izravno u bloku

s dalekovodom 110 kV bez sabirnica. Svaki odvod opremljen je učinskom sklopkom 3500 MVA, 800 A.

**Količine glavnih građevinskih radova**

Iskopi, $10^3 m^3$	6.196
Nasipi, $10^3 m^3$	3.530
Asfaltbetonska obloga, $10^3 m^2$	615
Beton, $10^3 m^2$	100
Betonsko željezo, t	3.700
Uspravni podzemni zidovi, $10^3 m^2$	11,5

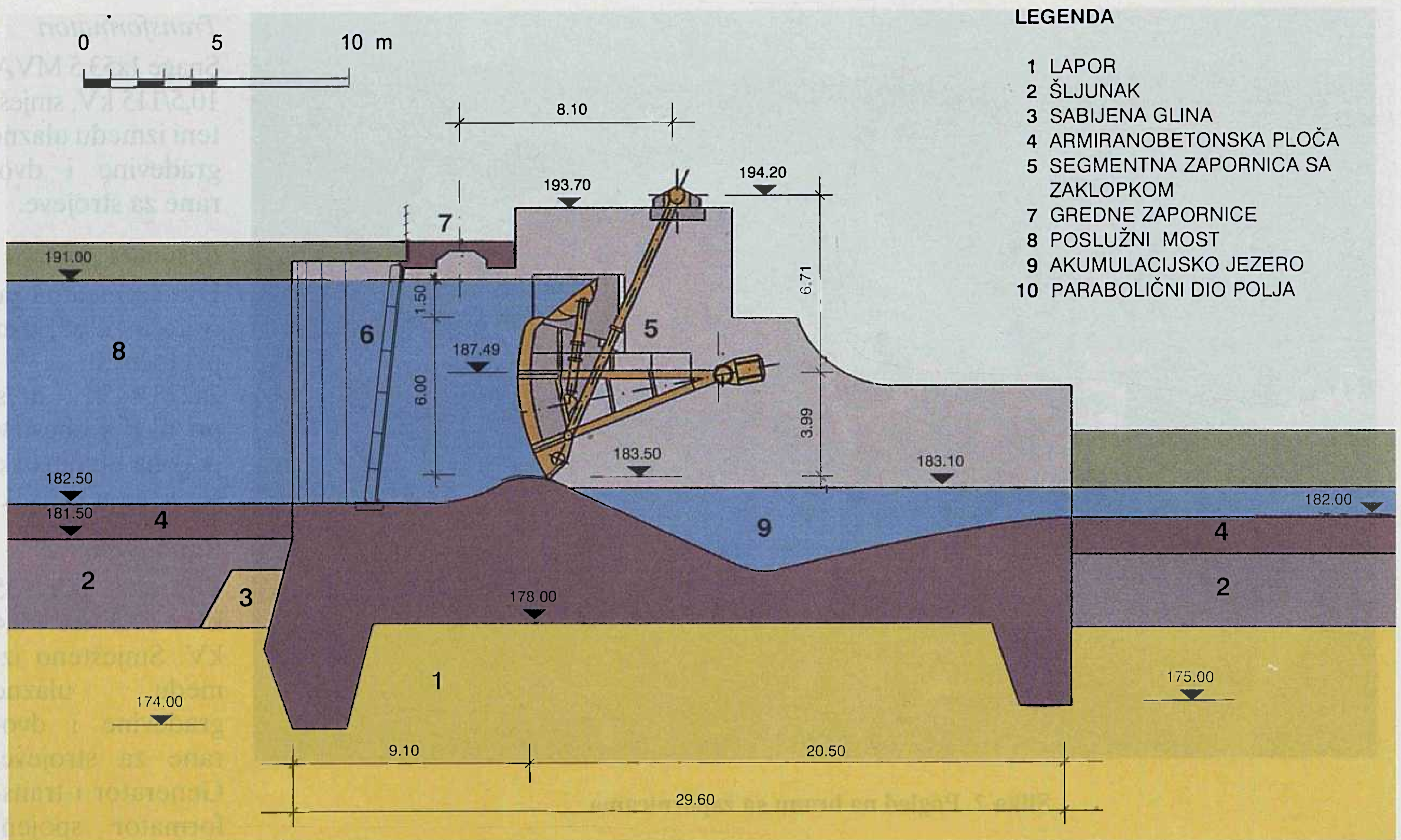
**3. POGON****3.1. Općenito**

Općenito pogon elektrane zavisi o dotoku Drave, mogućnosti uređenja tog dotoka, instaliranoj protoci elektrane, njenoj pogonskoj spremnosti, te načinu upravljanja.

U slijevu postoje vrlo skromne mogućnosti sezonskog uređenja dotoka<sup>2</sup>, ali Drava ima svejedno relativno povoljan raspored protoka tijekom godine zahvaljujući velikoj akumulaciji vode u snijegu, te prilično uravnotežene godišnje dotoke zahvaljujući ledenjacima.

U Hrvatsku ulazi već promijenjeni protok Drave kroz hidroelektranu Formin, što je povoljno jer smanjuje potrebnu veličinu akumulacije za dnevno uređenje dotoka (vidi sl. 8). Zbog toga je korisni prostor u gornjih

<sup>2</sup> U Hrvatskoj takve mogućnosti ne postoje, te je na dravskim elektranama moguće samo dnevno i djelomično tjedno uređenje dotoka.



Slika 3. Presjek kroz protočno polje brane

1 m akumulacije Varaždin posve dovoljan za dnevno uređenje dotoka i u najnepovoljnijim danima (kada je dnevni dotok približno jednak polovici instaliranog).

Instalirani protok HE Varaždin je  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ , a uzvodne elektrane  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , pa je zatražena i dobivena suglasnost projektanata turbina i elektrane za rad turbina HE Varaždin na veći instalirani protok po turbini od  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ , što povećava snagu turbina na 48 MW, a instaliranu snagu elektrane na 94 MW.

Pogonska spremnost elektrane bila je na visokom stupnju. U cijelom razdoblju od 1983.-1993. bila je na najvišem stupnju jer nije zabilježen ni jedan kvar na njenim postrojenjima. U prosjeku je elektrana bila neraspoloživa 80 sati godišnje, na što su bitan utjecaj

(90%) imala 2 proboja blok transformatora na prvoj proizvodnoj liniji koja su se dogodila 1981. i 1994. g. kao posljedica atmosferskih pražnjenja.

U 1999. g. proradilo je središte za daljinski nadzor i upravljanje lancem od tri hidroelektrane do sada izgrađene na Dravi u Hrvatskoj. Svrha tog središta je:

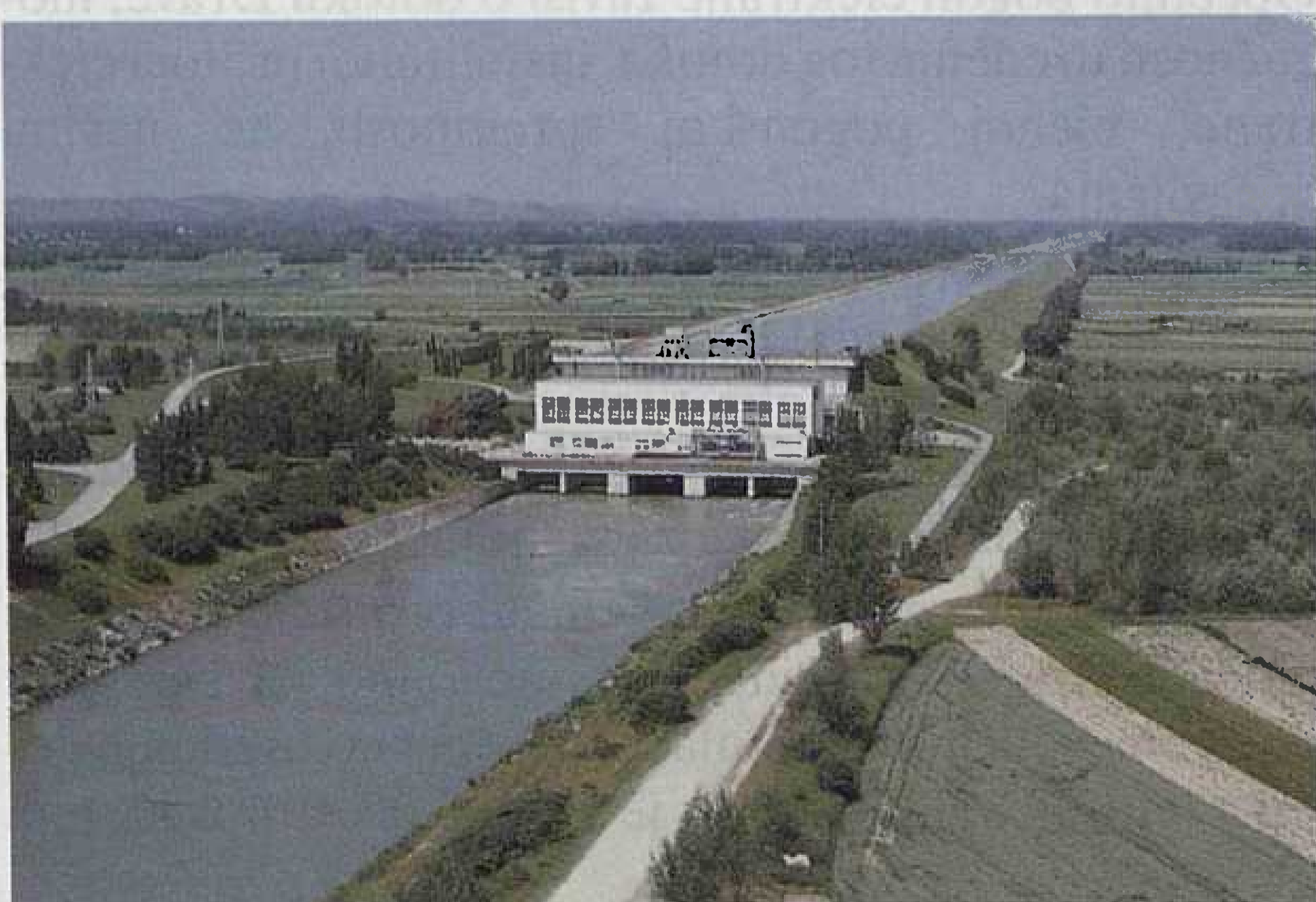
- maksimizacija proizvodnje električne energije;
- povećanje pogonske spremnosti i pouzdanosti elektrana, te
- povećanje sigurnosti i pouzdanosti sprovođenja velikih vodnih valova kroz sustav hidroelektrana.

U vrlo kratkom vremenu pokazala se opravdanost središnjeg nadzora i upravljanja, između ostalog i povećanjem proizvodnje energije.

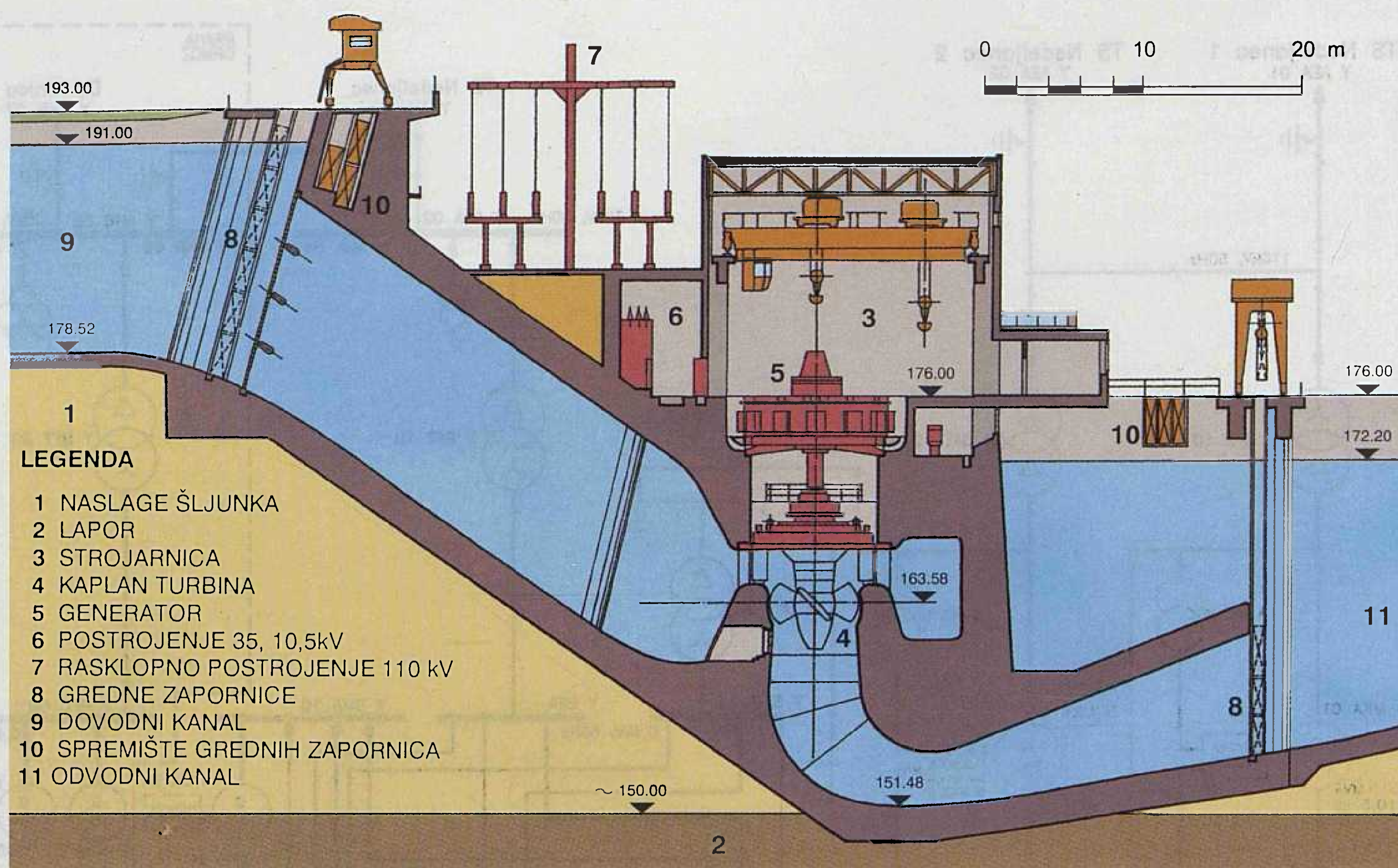
### 3.2. Način pogona

Za HE Varaždin je svojstveno da tijekom dana radi promjenljivo, kada je dotok manji od instaliranog, što je prosječno više od 10 mjeseci godišnje, te da se dio energije prebacuje iz dana u dan. Za ilustraciju se daje dijagram dotoka, promjene snage i gornje vode brane za 2/9/96 kada je dotok bio  $225 \text{ m}^3/\text{s}$  (50% od instaliranog). Iz dijagrama je vidljivo da je elektrana po noći stajala, a najvećom snagom je radila u jutarnjim i večernjim satima. Slično je radila i uzvodna HE Formin, za koju se daje dijagram radne vode za isti dan.

Iz dijagrama promjene gornje vode brane HE Varaždin je vidljivo da je razlika između gornje vode brane na početku i na kraju dana 0,25 m, tj. 25% ko-



Slika 4. Pogled na strojarnicu s dovodnim i odvodnim kanalom



Slika 5. Poprečni presjek strojarnice

risne zapremine akumulacije u gornjih 1 m. Također je vidljivo da je srednja dnevna gornja voda brane niska. Oboje je redovita pojava za vrijeme dotoka manjih od instaliranog i obje jedinice u pogonu.

Iz načina pogona jasno proizlazi potreba Hrvatske za promjenljivom energijom, te da elektrana proizvodi veliki dio više vrijedne promjenljive energije.

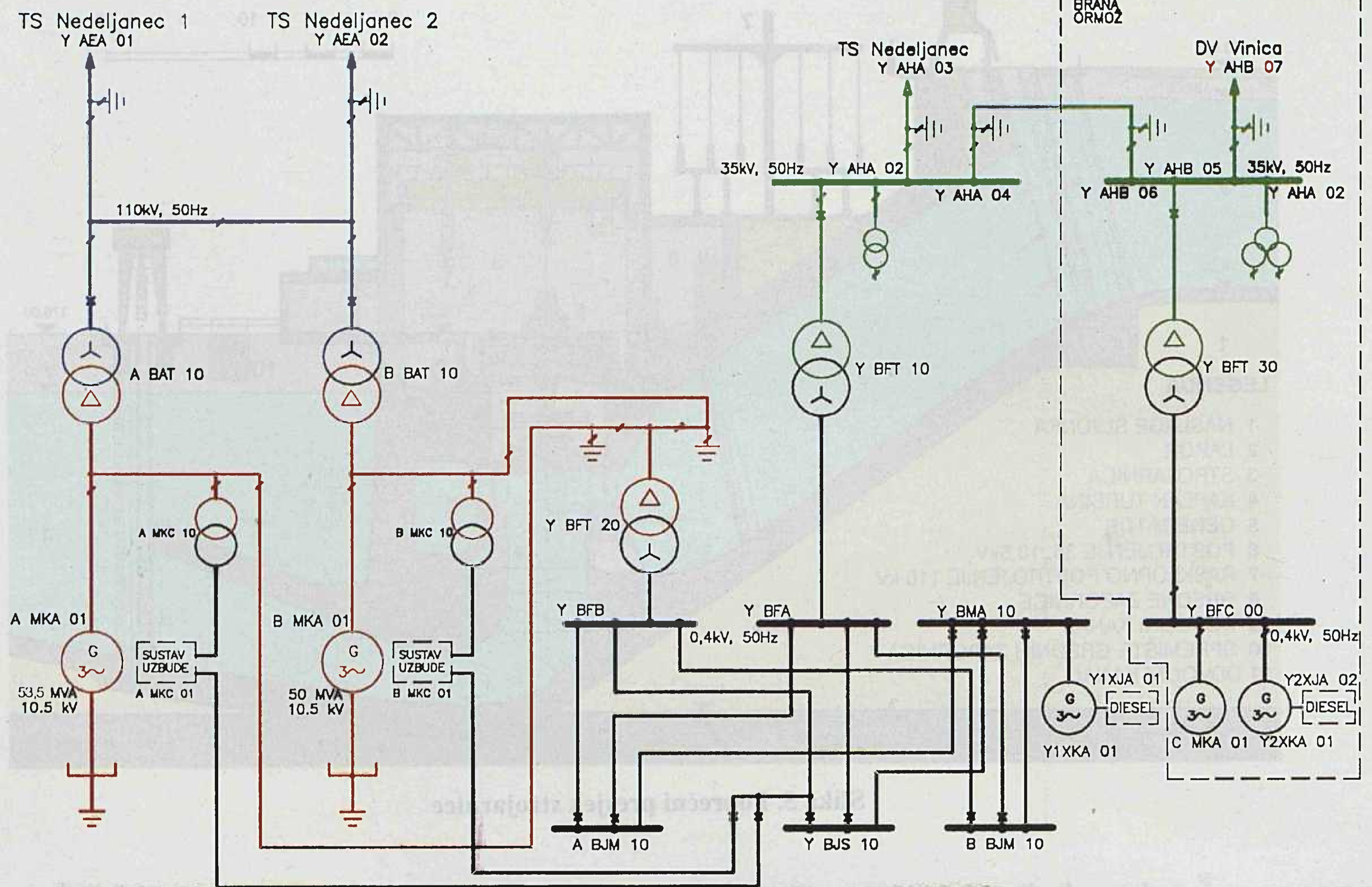
### 3.3. Proizvodnja električne energije

Svojstva Drave odražavaju se i na proizvodnju te je najmanja proizvodnja u zimskim mjesecima, a najveća u kasno proljetnim i ljetnim mjesecima, od svibnja do kolovoza (vidi dijagram). Omjer između najveće i najmanje mjesečne proizvodnje je 2,3. Povoljna hidrološka svojstva Drave pokazuju se u maloj razlici između godišnjih proizvodnji. U razdoblju od 1976.-1999. kretala se godišnja proizvodnja u rasponu od 395,98 do 547,76 GWh, a srednja je bila 452,46 GWh. Omjer između

najveće i najmanje godišnje proizvodnje bio je samo 1,38 što je izvanredno povoljno. Osim hidroelektrana na Dravi nema u Hrvatskoj elektrane koja bi imala tako ujednačenu godišnju proizvodnju. Npr. HE Orlovac ima u razdoblju od 1975.-97. taj omjer 4,95!

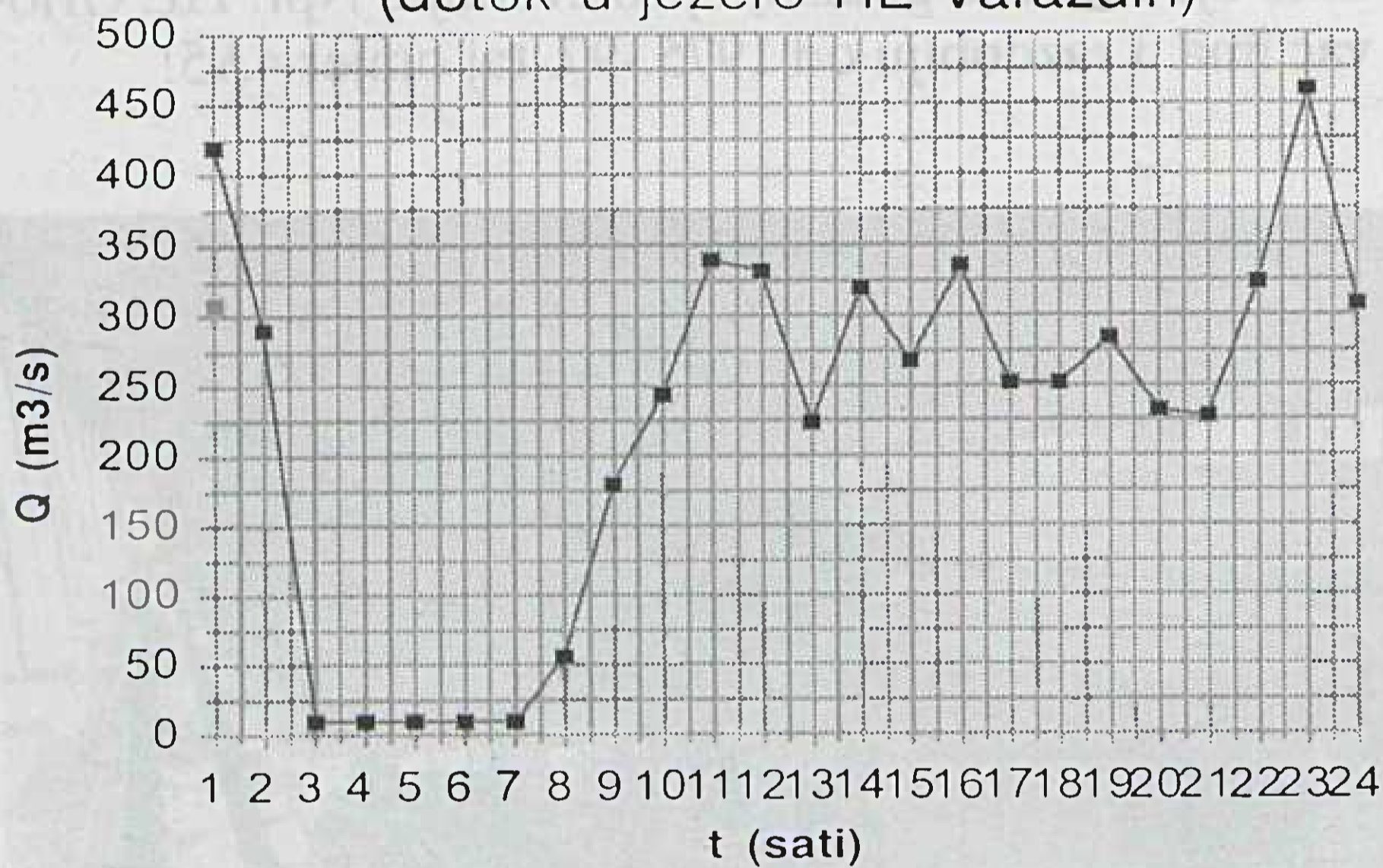


Slika 6. Strojarnica

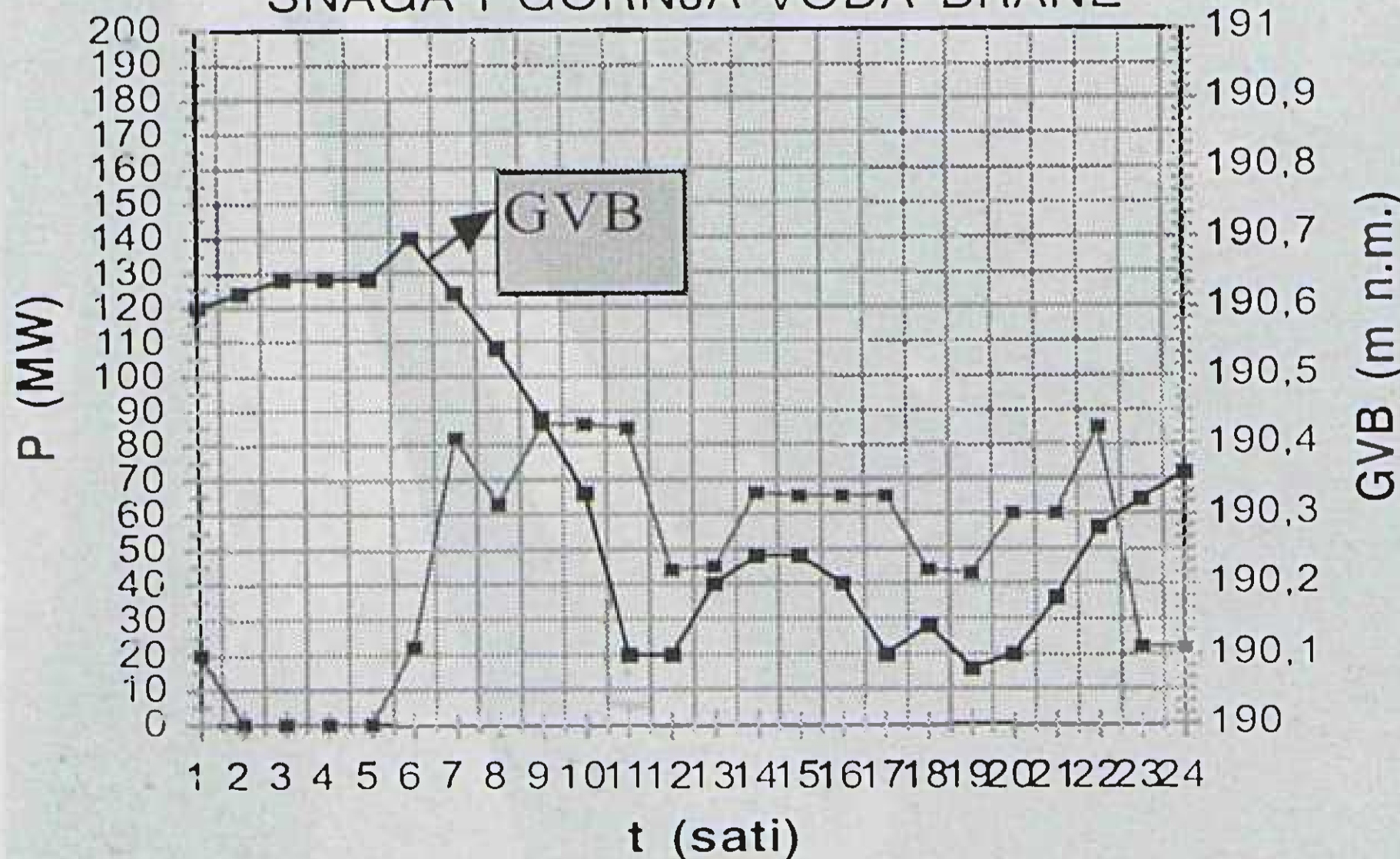


Slika 7. Jednopolna shema elektrane

**RADNI PROTOK HE FORMIN**  
(dotok u jezero HE Varaždin)



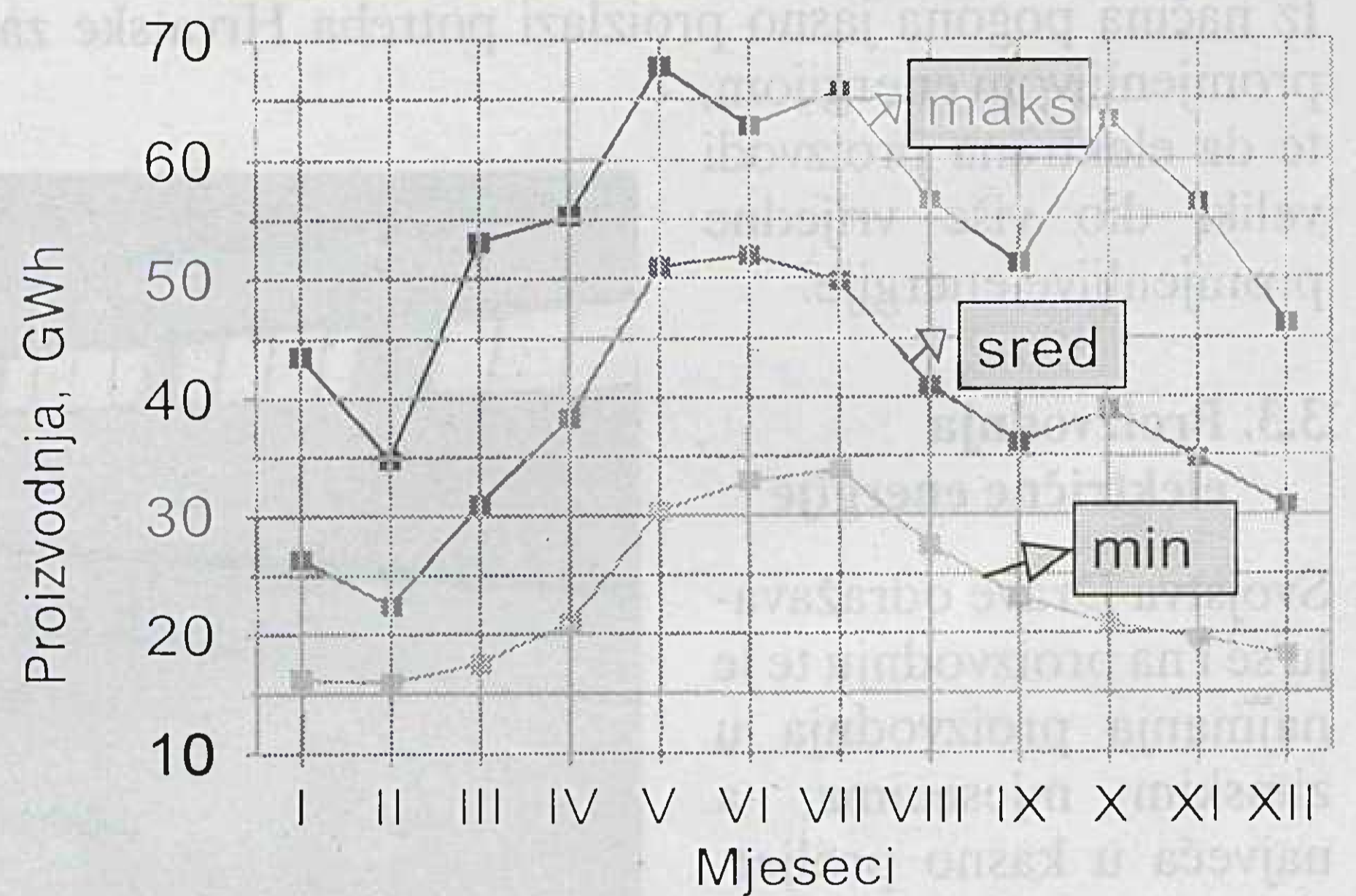
**HE VARAŽDIN**  
SNAGA I GORNJA VODA BRANE



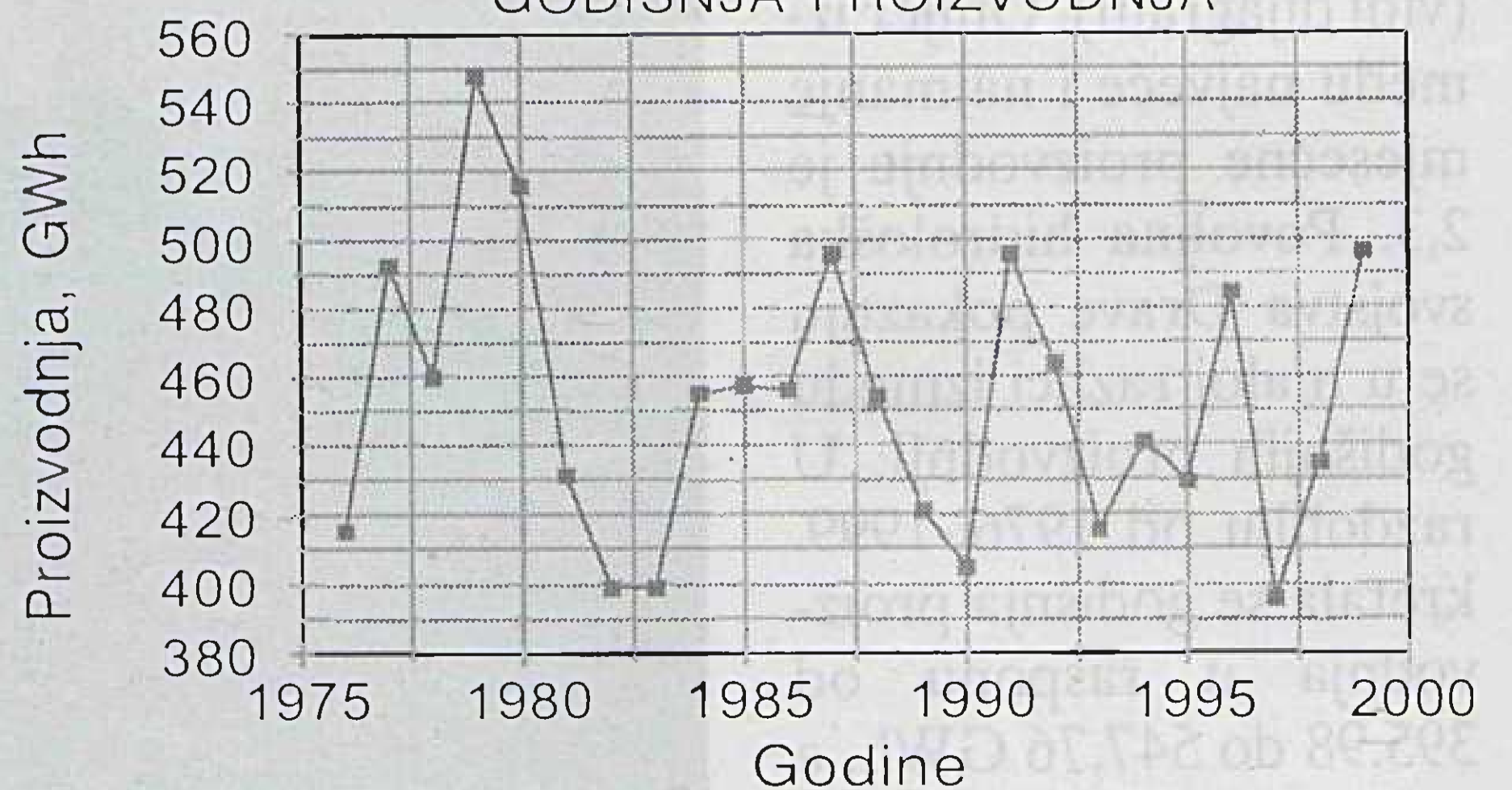
Slika 8. Dijagrami dotoka, snage i gornje vode brane HE Varaždin dne 2/9/96.

**HE VARAŽDIN**

SREDNJA MJESEČNA PROIZVODNJA 1975-99



**HE VARAŽDIN**  
GODIŠNJA PROIZVODNJA



Slika 9. Mjesečna i godišnja proizvodnja električne energije u razdoblju 1975.-99.

Na kraju je važno spomenuti da je HE Varaždin od početka pogona u travnju 1975. do kraja 1999. g. proizvela 11,018,535.000 kWh električne energije, od čega je više od polovice promjenljiva energija, a ostalo je temeljna.

## 4. TEHNIČKA PROMATRANJA

### 4.1. Općenito o tehničkim promatranjima

Pravilnikom o tehničkom promatranju velikih brana definirano je da su tehnička promatranja skup aktivnosti mjerenja, promatranja i ispitivanja s ciljem utvrđivanja stanja velike brane u cjelini i u pojedinim dijelovima, kao i u tlu uz branu i u prostoru akumulacije. Stanje se utvrđuje glede stabilnosti, vodopropusnosti i djelovanja kemijskih i drugih činitelja na koroziju i mehaničku otpornost materijala.

Kako je velika brana u pravilu dio cjelovitog energetskog sustava, za sigurnost i pouzdanost sustava značajna je i stabilnost ostalih hidrotehničkih građevina, posebno u slučajevima kada se po svojim značajkama svrstavaju u velike brane. Dodatni razlozi za sustavno provođenje tehničkih promatranja na cjelovitom hidroenergetskom postrojenju su racionalno održavanje građevina, te prikupljanje potrebnih iskustava za unaprjeđenje projektiranja i građenja novih objekata.

Prema tome tehnička promatranja bitna su za sigurnost i pouzdanost velikih brana i hidroenergetskih sustava u cjelini, a zamišljena su tako da na vrijeme osiguraju pokazatelje koji upućuju na slijedeće:

- izvanredno ponašanje brane i drugih hidrotehničkih građevina
- novonastale vanjske opasnosti
- potrebu na radovima održavanja
- potrebu izmjena i dopuna sustava za tehničko promatranje
- potrebu povećanja sigurnosti brane i njenih pratećih dijelova

Kako bi se odgovorilo na postavljene zadaće tehničkog promatranja, potrebno je osigurati sustavan pristup praćenja promjena, a što je moguće samo uz dobro poznavanje značajki brane i pridruženih građevina, pravilno osmišljen program praćenja, te stručan i transparentan pristup u rasčlambi i interpretaciji prikupljenih informacija.

### 4.2. Tehničko promatranje HE Varaždin

U pripremi i provedbi tehničkog promatranja HE Varaždin zastupljena su sva temeljna načela koja se očekuju od sustavnog praćenja velike brane. To je vidljivo već iz glavnog projekta tehničkih promatranja koji sadrži sve aktivnosti koje je bilo potrebno provesti tijekom građenja, pokusnog i redovnog pogona. Ugrađena je potrebna oprema, propisana su mjerenja i snimanja koja je potrebno provoditi i dane su smjer-

nice kako na pouzdan način prikupiti relevantne mjerne veličine, te interpretirati podatke.

Tehnička promatranja HE Varaždin započela su već kod prvog punjena akumulacijskog jezera, kada su pažljivo bilježeni vodostaji, protoci, položaji geodetskih točaka ugrađenih u nasipe jezera, nasutu branu, armiranobetonsku branu, nasipe dovodnog kanala, strojarnicu, te su bilježene promjene u zaobalju glede promjene razine podzemne vode i mogućih propuštanja izgrađenih objekata. Svim zabilježenim veličinama pridružena je vremenska komponenta, što je omogućilo potpunu interpretaciju i tumačenje ponašanja pojedinih elemenata sustava HE Varaždin. Sustavno tehničko promatranje s ciljem praćenja ponašanja brane i drugih građevina HE Varaždin nastavljeno je tijekom cijelog razdoblja korištenja ovog postrojenja od 1975. godine do danas. Kao što je predviđeno tehničkom dokumentacijom i propisano važećim Pravilnikom, izvještavanje o utvrđenom stanju građevina i okoliša odvija se u jednogodišnjim intervalima, kroz koja se prikupljaju podaci mjerenja i promatranja, te pristupa obradi i interpretaciji podataka. Prikaz prikupljenih podataka u numeričkom i grafičkom obliku, njihova obrada i interpretacija, te zaključno mišljenja o ponašanju brane i ostalih građevina kao i smjernice o potrebi redovnog ili pojačanog održavanja, sadržani su u cjelovitim godišnjim izvješćima.

Danas nakon 25 godina korištenja elektrane i redovnih tehničkih promatranja, može se potvrditi da je sustav praćenja optimalno dimenzioniran, što znači da su odabrana oprema i propisana mjerenja, te obrade i interpretacije bili dostatni za uspješnu kontrolu rada ovakvog postrojenja. U prilog tome ukazuje relativno dobro stanje građevina, te mali broj izvanrednih većih intervencija koje je trebalo provesti radi sigurnosti sustava kroz proteklo razdoblje korištenja. Tako su tijekom provedbe tehničkih promatranja registrirane promjene u dnu slapišta brane, te su pravodobno poduzimane odgovarajuće mjere zaštite, pa sigurnost brane i okoliša nisu dovedeni u pitanje. Ovdje treba naglasiti i redovno praćenje i kontrolu razvoja pukotina koje nisu neočekivane na ovakvim zahtjevnim građevinama. Registrirane pukotine, s obzirom na njihov položaj i značaj, obrađuju se i prate, kako svojom prisutnošću i povećanjem ne bi bitno utjecale na predviđeni radni vijek promatrane građevine. Posebna pozornost je posvećena pojavi pukotina u armiranobetonskoj konstrukciji protočnog sustava strojarnice, pa je u radi toga ostvaren redovan program praćenja koji obuhvaća i povremene popravne mjere, a sve u cilju da se spriječe veće štete i ne ugrozi predviđeni radni vijek građevine.

Prema tome optimalno definiran opseg i program tehničkih promatranja, te sustavno provođenje takvog programa na HE Varaždin, može poslužiti za primjer savjesnog održavanja razine sigurnosti ovakvih građevina.

## 5. ODRŽAVANJE

### 5.1. Građevinski dio

Održavanje građevina obuhvaća njihovo praćenje i očuvanje namjene, poduzimanje popravnih mjera nužnih za sigurnost, mehaničku otpornost i stabilnost, te za život i zdravlje ljudi. U skladu s tim očuvanje i dugoročna pouzdanost energetskih objekata bitno ovisi o pažnji i njezi koja im se posvećuje.

Održavanje građevina HE Varaždin temelji se na njihovom sustavnom praćenju kroz različite oblike kontrolnih aktivnosti. Ovdje se naglašava važna uloga tehničkih promatranja koja omogućavaju spoznaju o neželjenim pojavama i događajima na građevinama već u samom početku njihovog nastajanja. Osim toga, za pravilno održavanje nezaobilazni su svakodnevni kontrolni obilasci elektrane tijekom kojih djelatnicima ne mogu promaći ni najsitnije promjene na građevinama i okolišu.

Održavanje građevina može se globalno svrstati u redovito i izvanredno. Prvo ne zahtijeva analizu uzroka nastajanja, pripremu i izradu tehničke dokumentacije za izvedbu, niti izravno utječe na redoviti rad elektrane. Izvanredno održavanje, koje u pravilu obuhvaća složenije zahvate od redovitog, traži analizu uzroka potrebe takvih održavanja, često razna ispitivanja, projektnu dokumentaciju s uvjetima kakvoće radova, a nerijetko i poseban način pogona za vrijeme provedbe, pa ponekad čak i obustavu pogona.

U prvu skupinu spadaju košnja trave, uklanjanje raslinja, održavanje pokosa kanala, zaštita građevina od korozije, održavanje mjernih naprava za tehnička promatranja, popravci pristupnih putova i dr.

U izvanredna održavanja spadaju u prvom redu popravci građevina važnih za izravnu funkcionalnost, sigurnost i pouzdanost elektrane.

Tu spadaju, npr. radovi na velikim branama - armiranobetonskim, asfaltbetonskim i nasutim dijelovima, te zamjena dotrajalih mjernih naprava za tehnička promatranja.

Na HE Varaždin su dosadašnja održavanja građevina elektrane bila u okviru očekivanih i normalnih pojava na hidroelektranama. Tijekom čitavog razdoblja korištenja elektrane nije bilo havarija koje bi ugrozile sigurnost kako građevina i postrojenja, tako niti živote i zdravlje ljudi. Ovakvo je stanje sasvim sigurno odraz sustavnog i redovnog održavanja građevina. Danas nakon dugogodišnjeg korištenja ovih građevina nužno je preispitati ostatni životni vijek i sukladno nalazima predložiti i provesti zahvate za poboljšanja i modernizacije postrojenja.

### 5.2. Održavanje postrojenja

HE Varaždin ima samo akumulaciju za dnevno uređenje dotoka, pa svaki kvar, koji izaziva obustavu pogona pri najvišoj razini gornje vode, ima za poslje-

dicu preljev preko brane, odnosno neiskorištavanje vodnog potencijala.

Iz tog razloga se osobita briga posvećuje održavanju svih postrojenja i uređaja, kako ne bi dolazilo do kvarova, jer je najveći gubitak prekid proizvodnje praktički besplatnih vodnih snaga.

Najvažnije je redovito tekuće održavanje u zimskom razdoblju od siječnja do ožujka, strogo usklađeno s redovitim održavanjem uzvodnih elektrana u Sloveniji.

Postrojenja HE Varaždin održava stručno osposobljeno osoblje pogona uz pomoć zaposlenika Tehničke službe u Proizvodnom području HE Sjever. Po potrebi koriste se usluge dobavljača opreme, stručnjaka raznih specijaliziranih organizacija, kao i eksperata nekih domaćih instituta.

Sredstva za održavanje i nabavu rezervnih dijelova osigurana su godišnjim planom troškova odobrenim za te namjene.

S obzirom na istrošenost pojedine opreme postrojenja su u visokoj fazi rizika. Nabava rezervnih dijelova i sklopova je znatno otežana, budući da je riječ o zamjeni opreme ugrađene prije više od 25 godina kakva se danas više ne proizvodi.

Osoblje elektrane stoga je tijekom eksploatacije poduzimalo niz aktivnosti na poboljšanje tehničkih svojstava postrojenja i održavanju njihovog sigurnog rada.

U 25 godišnjem radu HE Varaždin nisu se dogodile havarije na postrojenjima, nije bilo eksplozija ni požara, niti težih povreda na radu.

Međutim, samo dobra volja i znanje nisu garancija za siguran rad postrojenja čija je životna dob na isteku, već su nužno potrebni bitni zahvati na njihovoj obnovi, uključujući i cjelovitu zamjenu gdje se to pokaže potrebno (više o tome je u slijedećem poglavlju).

## 6. REKONSTRUKCIJE, ZAMJENE I OBNOVA

S ciljem osiguranja raspoloživosti elektrane i pogonske spremnosti na najvišoj razini, ali i korištenja veće snage i povećanja proizvodnje, bilo je potrebno, zbog neadekvatnih projektnih rješenja ili nedostataka na ugrađenoj opremi, učiniti niz značajnijih zahvata u postrojenjima brane i strojarnice.

Od značajnijih zahvata ističu se:

### 6.1. Proizvodne jedinice

- obnova jednog hidrogeneratora sa zamjenom statorskog namota i paketa, preizoliranjem namota polova uz dodatak jednog zavoja, čime je ujedno primjenom novih tehnoloških rješenja povećana snaga za 15% i smanjeni gubici do 200 kW (1996.).
- dobava i instaliranje novog blok-transformatora, moderne konstrukcije, s niskim gubicima i povećane snage, dok je stari transformator u pričuvi (1995.).



- instaliranje sustava za stalni nadzor mehaničkih veličina agregata (pomak vratila, aksijalnog ležaja, vibracije) paketa statora generatora (1996.).
- rekonstrukcija aksijalnih ležaja s uvođenjem inicijalnog podmazivanja u fazi pokretanja agregata (1998.)
- rekonstrukcija u sustavu turbinske regulacije sa zamjenom nepouzdanih elektromotornih pogona glavnih ventila hidromehaničkim pogonima i uklanjanje hidrauličkog kompresora koji je pregrijavao turbinsko ulje (1992.).
- rekonstrukcija sustava za kočenje agregata s ugradnjom zasebnog kompresora umjesto zraka iz kotlova regulacijskog sustava turbine.

## 6.2. Električka postrojenja

- rekonstrukcija upravljanja prekidačima 110 kV i 35 kV (1975.-1995.)
- ugradnja zaštite od otkaza prekidača 110 kV s iskapčanjem dalekovoda u TS Nedeljanec (1992.)
- rekonstrukcija ploče vlastite potrošnje, instaliranje zasebnih razvodnih ploča za svaki agregat (1984.)
- zamjena odvodnika prenapona funkcionalnijim i pouzdanijim metaloksidnima (1999.)
- zamjena ispravljača i AKU baterija 220V i 48V novim dvostrukog kapaciteta, u normalnom pogonu obje proizvodne jedinice su odvojene (1998.).

## 6.3. Upravljanje, automatika, mjerenja, zaštita

- uvođenje daljinskog upravljanja branom iz strojarnice (1978.)
- uvođenje procesnog sustava PROMASTER za automatsko upravljanje proizvodnim jedinicama i postrojenjima (1998.)
- prilagodba opreme i uređaja za daljinsko upravljanje i nadziranje iz Komande lanca Varaždin (1999.)
- zamjena uređaja za mjerenje razine voda na početku kompenzacijskog bazena, na brani i strojarnici (1996.)
- ugradnja sigurnosne automatike za nadzor gornje vode brane (1999.)
- ispravljanje grešaka na uređajima za manipulaciju segmentnim zatvaračima brane (zakošenje), te uvođenje koračnog upravljanja.

## 6.4. Ostala postrojenja

- novo tehničko rješenje na zahvatu rashladne vode iz dovodnog kanala kojim je spriječeno ulaženje naplavina u cjevovode i rashladne sustave proizvodnih jedinica što je zbog smanjenog protoka utjecalo i na manju proizvodnju električne energije
- izgradnja rezervnog postrojenja za dobavu rashladne vode (bunarske) koje je u funkciji kada nema dovoljno vode iz kanala zbog sniženja razine vode u dovodnom kanalu u razdoblju najvećih dotoka.

Obavljene su pripreme za slijedeće investicije, odnosno radove kojima će se otkloniti daljnji tehnički nedostaci i osigurati pouzdan rad električkih postrojenja:

- izrađen je Glavni projekt za premještanje, odnosno izgradnju novog rasklopnog postrojenja 35/0,4 kV na objektu brane, budući da staro postrojenje ima niz tehničkih nedostataka, neodgovarajući smještaj, a i oprema je istrošena. Dobivena je i lokacijska dozvola.
- izrađeno je Idejno rješenje premještanja i izgradnje postrojenja 110 kV i 35 kV na drugoj prikladnoj lokaciji. Dobivena je i lokacijska dozvola za postrojenje zatvorene izvedbe. Sadašnje postrojenje vrlo je loše locirano, a cjelokupnu opremu zbog dotrajalosti nije moguće zamijeniti bez dužeg obustavljanja pogona niti nadopuniti neophodnom opremom za siguran rad elektrane (prekidači u dalekovodnim poljima, spojno polje s dva rastavljača i dr.).

Na temelju Projektnog zadatka za zamjenu, odnosno obnovu druge vitalne opreme elektrane s ciljem produženja životnog vijeka, sigurnog pogona i povećanja snage i proizvodnje električne energije u završnoj je fazi izrada odgovarajućeg projekta obnove HE VARAŽDIN.

Najznačajniji i nužni radovi pored izgradnje novih rasklopnih postrojenja odnose se na:

- zamjenu zaštite generatora i vodova (natječaj je u postupku)
- zamjenu radnih kola turbina
- obnovu i drugog hidrogeneratora
- zamjenu turbinske regulacije.

S obzirom na preko 25 godina eksploatacije s oko 6.600 sati pogona godišnje, ali vrlo nepovoljnog režima rada s blizu 300 pokretanja agregata godišnje, smatra se da je ovoj opremi životna dob na izmaku, te da ju je nužno čim prije zamijeniti novom, s mogućnošću povećanja snage za najmanje 15%.

Nakon predviđene obnove za očekivati je da će HE VARAŽDIN imati instaliranu snagu turbina 2x56 MW (na stezaljkama generatora 2x55 MW), prosječnu godišnju proizvodnju 475 GWh i biti još pouzdanija potpora elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske.

## 7. UTJECAJ HIDROELEKTRANE NA OKOLIŠ

Hidroelektrana "Varaždin" je višenamjenska, što znači da je dio sustava za uređenje i korištenje voda i zemljišta, koje je najvažniji dio uređenja i korištenja životnog prostora svake zemlje. Takvi su sustavi od presudne važnosti za ljude jer se njima:

- poboljšava vodoopskrba pučanstva i industrije,
- stvaraju mogućnosti za povećanje zdrave hrane navodnjavanjem i odvodnjom, te ribogojstvom,
- smanjuje izjedanje plodnog zemljišta,

- povećava osobna sigurnost i sigurnost za imovinu obranom od poplava i branjenjem zemljišta od izjedanja,
- stvaraju uvjeti za smanjenje zagađenosti voda i zemljišta povećanjem poljoprivrednih prinosa natapanjem i odvodnjom, a ne umjetnim gnojivima i otrovnim zaštitnim sredstvima,
- stvaraju mogućnosti poboljšavanja zdravstvenih prilika zahvaljujući pouzdanoj obrani od poplava, osiguranju zdrave vode za piće, povećanoj proizvodnji zdrave hrane, te smanjenju zagađenosti voda i zemljišta,
- povećava zaposlenost, izravno putem građenja i opremanja, pogona, nadzora i održavanja, a neizravno povećanje proizvodnje energije i poljoprivredne proizvodnje povećava mogućnost: razvoja prerađivačkih pogona, poboljšanja prometnih prilika, te razvoja izletništva, razonode, športa i turizma,
- povećava društvena sigurnost stanovništva zbog boljih uvjeta privređivanja,
- smanjuje potreba za iseljavanjem stanovništva i povećava prirast zbog poboljšanja zdravstvenih, gospodarskih i društvenih prilika,
- poboljšava zaštita i oživljavanje spomenika kulture te podstiču arheološka istraživanja i
- povećava opće zadovoljstvo ljudi iz navedenih razloga.

Postoje i nepovoljni utjecaji, no oni se ili otklanjaju ili popravni mjerama smanjuju na najmanju moguću i unaprijed dogovorenu mjeru, pri čemu je vrlo velika važnost u praćenju utjecaja hidroelektrane na okoliš.

Na osnovi svega toga dolazi se do zaključka da višenamjenski sustavi, dakle i HE Varaždin, stvaraju opće uvjete za djelotvorniju zaštitu okoliša.

## 8. KORISTI OD HIDROELEKTRANE

Budući da je hidroelektrana "Varaždin" višenamjenska moguće su koristi od svake namjene.

### Obrana od voda

Obrana od voda je dvostruka; (1) obrana od poplava i (2) obrana od izjedanja zemljišta.

Od poplava se brani visoko urbanizirano desnoobalno zemljište, južno od jezera i derivacijskog kanala, od granice sa Slovenijom pa do uključivo grada Varaždina. Ta je obrana vrlo pouzdana, a najslabija karika u lancu obrane je tzv. vodoprivredni nasip uzvodno od jezera. Na lijevoobalnom zemljištu i zemljištu između Drave i derivacijskoga kanala smanjena je opasnost od poplava i pojeftinjena gradnja obrambenih nasipa.

Duž jezera i na dionici Drave između pokretne brane i restitucije troškovi zaštite zemljišta mnogostruko su smanjeni.



Slika 10. Pogled na desni nasip akumulacije HE Varaždin

### Opskrba vodom

Iz jezera koristi vodu šećerana Ormož.

### Odvodnja

Izgradnjom elektrane nastali su izvanredno povoljni uvjeti za gravitacijsku odvodnju zahvaljujući sniženim vodostajima duž 22,5 km duge dionice Drave između brane i restitucije i dubokom odvodnom kanalu.



Slika 11. Drava između brane i restitucije HE Varaždin

Natapanje poljoprivrednog zemljišta iz jezera i dovodnog kanala za sada ostaje još uvijek neiskorištena mogućnost.

Razonoda, izletništvo i šport u stalnom su usponu.

Korištenje vodnih snaga donosi najviše koristi. Uz cijenu temeljne energije od 0,113 \$<sup>3</sup>/kWh i kamatnjak 8% vrijednost proizvodnje do 31/12/1999. i na taj dan iznosi preko 3,55 milijarde \$. Budući da elektrana proizvodi pretežno promjenljivu energiju, pod nepovo-

<sup>3</sup> Ta je cijena preuzeta iz Studije opravdanosti obnove HE Zakućac, Elektroprojekt, Zagreb, 1996. Ona se odnosi na cijenu temeljne energije proizvedene u termoelektrani na ugljen s odsumporavanjem. Budući da se ona odnosi na 1/1/1992. treba ju, prvenstveno zbog inflacije, smatrati donjom granicom.

ljudskom pretpostavkom da je samo polovica proizvedene energije promjenljiva i da je njena cijena 50% veća od cijene temeljne energije, bila bi njena vrijednost preko 4,44 milijardi \$.

### Neizravne koristi

Prikazane velike izravne koristi uzrokuju i velike neizravne koristi koje su izravne koristi za razvoj hrvatskog gospodarstva, inženjerstva i znanosti.

**Zaključno** se može ustvrditi da su samo izravne koristi od obrane od voda, opskrbe vodom, odvodnje, razonode, izletništva i športa, te korištenja vodnih snaga višestruko premašile ulaganja u tu elektranu. Tim izravnim koristima treba dodati i neizravne koristi, no već su izravne dovoljne za dokaz da izgradnja te višenamjenske hidroelektrane ne samo da nije bila neprobitna (ako su to neki smatrali) nego da je i bila najbolje ulaganje u održivi razvitak Hrvatske.

## 9. BUDUĆNOST ELEKTRANE

Iz dosadašnjih poglavlja proizlazi važnost ove višenamjenske hidroelektrane u sustavnom uređenju i korištenju voda i zemljišta u Hrvatskoj, velikim koristima od nje, te njenoj ulozi u zaštiti okoliša. Vrijednost i uloga te hidroelektrane, kao i općenito hidroelektrana, može s vremenom samo porasti, te je neupitno da joj ova generacija mora osigurati budućnost.

U tom smislu je bitno zadržati ili povećati sigurnost i pouzdanost velikih brana i ostalih dijelova hidroelektrane, te u najvećoj mogućoj mjeri produžiti vijek njenih ključnih dijelova-brane sa zapornicama i strojarne. To se postiže: ispravnim vođenjem i upravljanjem hidroelektrane u pogledu njenog pogona, tehničkog promatranja, održavanja i obnavljanja, u što uvijek mora biti uključeno opće nastojanje poboljšavanja.

U 1999. g. učinjeno je bitno poboljšanje uspostavom nadzora i upravljanja dravskim hidroelektranama iz jednog središta.

Dosadašnje održavanje hidroelektrane, s kojim su usko povezana i tehnička promatranja, pokazalo se je vrlo uspješno, no uvijek postoji mogućnost poboljšavanja.

Na kraju se ukazuje na važnost pravodobne obnove koju treba iskoristiti za možebitno povećanje instalirane snage elektrane koje je zasigurno opravdano.

### LITERATURA

- [1] BERAKOVIĆ, B., FRANKOVIĆ, B., "Planning of multiple purpose river development projects", XII European regional conference of I.C.I.D., Dubrovnik, 1979.
- [2] BERAKOVIĆ, B., FRANKOVIĆ, B., "Hidrotehnička postrojenja na Dravi i Muri i njihov utjecaj na okolinu", Međimurje, 5/1984.

- [3] BERAKOVIĆ, B., FRANKOVIĆ, B., "Hidrotehnička postrojenja na Dravi. Promjene u prostoru i poticaj razvoja", Savjetovanje Energija i ekologija, Bgd, 1986.
- [4] ČALOGOVIĆ, M., FRANKOVIĆ, B., Müller, B., "Tehničko promatranje objekata", HE Varaždin,
- [5] FRANKOVIĆ, B., "Hidroelektrana Varaždin", Građevinar, 8/1974
- [6] FRANKOVIĆ, B., GUŠTIN, A., ŽUGAJ, R., "Utjecaj hidroelektrane "Varaždin" na okolinu", Savjetovanje o utjecaju akumulacija na okolinu, Trebinje, 1978.
- [7] FRANKOVIĆ, B., "Design criteria, operation rules and monitoring for Drava river gated dams", ICOLD kongres, Rio, 1982.
- [8] FRANKOVIĆ, B., PLETIKAPIĆ Z., "Examples of environmental impact of hydroelectric power plants constructed in large alluvial planes", Polish-Yugoslav symposium, Gdanjsk, 1984.
- [9] FRANKOVIĆ, B., "Multipurpose hydroelectric power plants and environmental protection", Savjetovanje Energija i zaštita okoliša, Opatija, 1986.
- [10] FRANKOVIĆ, B., "Environmental impact of hydroelectric power plants on the Drava river", ICOLD kongres, Beč, 1991.
- [11] FRANKOVIĆ, B., "Impact of the Drava river reservoirs on groundwater", ICOLD kongres, Durban, 1994.
- [12] FRANKOVIĆ, B., MARUŠIĆ, J., MIŠETIĆ, S., Tedeschi, S., "Višenamjenska akumulacijska jezera i okoliš", I konferencija hrvatskih društava o vodama, Dubrovnik, 1995
- [13] KOVAČEK, P., "Hidroelektrana "Varaždin", EGE, 3/99
- [14] KUČA, D., Brezovac, M., BUŽIĆ, G., MAGIĆ, D., "Daljinski nadzor nad hidroelektranama na rijeci Dravi i upravljanje", EGE, 3/99
- [15] ZELIĆ, M., MARTINOVIĆ, M., "HE Varaždin - Izvještaj o tehničkom promatranju 1979. ", ....1993.
- [16] ZELIĆ, M., HRŠAK, S., "Izvješće o tehničkom promatranju HE Varaždin 1994, ...." 1999.
- [17] ZELIĆ, M., HRŠAK, S., MIKUŠ, M., CIGROVSKI, D., JELAVIĆ, V., KUČA D., "HE Varaždin, Dosje velike brane", 1996.
- [18] ZELIĆ, M., HRŠAK, S., "HE Varaždin - Dnevnik velike brane 1975", ...1998.
- [19] ZELIĆ, M., "Praćenje rada hidroenergetskih objekata, Tridesetpet godina Instituta za elektroprivredu", Zagreb, 1988.
- [20] ZELIĆ, M., HRŠAK, S., "Kontrola i održavanje građevina u funkciji pouzdanosti i očuvanja eksploatacijskog vijeka", ENERGIJA, 5/1993.

### 25TH ANNIVERSARY OF THE VARAŽDIN HYDRO POWER PLANT

The 25th anniversary of the Varaždin Hydro Power Plant's operation is the occasion to review its operation, technical observation, maintenance, reconstruction and refurbishment. Its influence on the environment is analysed too, since it is noticeable and, generally, not known enough. Owing to the hydro power plant's multiple usage, there are

different numerous direct benefits causing numerous indirect ones. In the end, attention is directed to the fact that the plant also presents a system for the arrangement and usage of water and land. This is important for Croatia's sustainable development, economic improvement, employment increase, professional and scientific development, which all bears favourable influence on the demographic processes and increases the well being and general contentment of the citizens.

## 25. JUBILÄUM DES WASSERKRAFTWERKES "VARAŽDIN"

Das 25. jährige Jubiläum gibt Anlass für einen Rückblick auf Betriebsweise, Beobachtung technischer Umstände, Instandsetzung, Umbau und Aufrüstung des Wasserkraftwerkes "Varaždin". In Betracht gezogen ist der Einfluss dieses Kraftwerks auf die Umwelt, welcher sich bemerkbar macht ist aber im allgemeinen wenig bekannt. Das Kraftwerk gehört zu den Systemen der Wasserregulierung und Bodennutzung. Tatsache ist, daß das Kraftwerk dadurch dem erhaltbaren Wachstum Kroatiens, der Förderung seiner Wirtschaft, der Erhöhung des Beschäftigtenanteiles, der günstigen Beeinflussung der Entwicklung auf fachlichem und wissenschaftlichem Gebiet, der Förderung des Bevölkerungswesens und des Wohlstands sowie der allgemeinen Zufriedenheit der Bevölkerung, wesentlich beiträgt. Auf diese Tatsache ist am Ende des Artikels besonders hingewiesen.

Naslov pisaca:

**Borislav Franković, dipl. ing.**  
Elektroprojekt  
A. von Humboldta 4,  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Petar Kovaček, dipl. ing.**  
**Dragutin Cigrovski, dipl. ing.**  
HEP - Pogon HE Varaždin  
Medimurska 26c,  
42000 Varaždin, Hrvatska

**Marijan Zelić, dipl. ing.**  
**Vedran Jurić, dipl. ing.**  
Ekoneg, Ul. grada Vukovara 37,  
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:  
2000-03-23.

## LITERATURA

- (1) BERAKOVIĆ B., FRANKOVIĆ B., "Planning of multiple purpose river development projects", XII European regional conference of I.C.I.D., Dubrovnik, 1979.
- (2) BERAKOVIĆ B., FRANKOVIĆ B., "Hidroelektrana postrojenja na Dravi i Muri i njihov utjecaj na okolinu", Medunarod. 21984.