

Zagreb, 2020.

HIDROELEKTRANE U HRVATSKOJ

Nakladnik

Hrvatska elektroprivreda d.d.
Ulica grada Vukovara 37, Zagreb

Za nakladnika

Predsjednik Uprave Hrvatske elektroprivrede d.d. Frane Barbarić

Glavni urednik

Goran Slipac

Lektura

Koraljka Sopta

IZVORI

Tekstovi i tehnički crteži

Opisne tekstove i crteže u monografiji Hidroelektrane u Hrvatskoj, 2000. godina, izradio je Elektroprojekt d.d. iz Zagreba. Na temelju suglasnosti Uprave društva Elektroprojekt d.d. opisni tekstovi slivova i hidroelektrana kao i tehnički crteži hidroelektrana korišteni su kao podloga nove monografije i korigirani su u mjeri u kojoj su se provele rekonstrukcije i revitalizacije hidroelektrana. Tehnički crteži preuzeti su u potpunosti. Korekciju tekstova i tehničke podatke izradili su stručnjaci u HEP Proizvodnja d.o.o., Sektor za hidroelektrane.

Fotografije postrojenja

Korištene su baze podataka HEP Proizvodnja d.o.o.,
te shutterstock fotografije na stranicama 16, 55, 140, 226.

Grafička priprema

BESTIAS, Horvačanska 39, Zagreb

Tisak

PRINTERA d.o.o., Dr. Franje Tuđmana 14A, Sveta Nedjelja

Naklada 900 primjeraka

ISBN 978-953-7185-01-5

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne
i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001083174.

HIDRO~ ELEKTRANE

U HRVATSKOJ



SADRŽAJ

HIDROELEKTRANE U HRVATSKOJ 7

HE U SLIVU RIJEKE DRAVE 13

HE VARAŽDIN	19
HE ČAKOVEC	29
HE DUBRAVA	41

HE U SLIVU RIJEKE KUPE 53

HE OZALJ	57
HE GOJAK	65
HE ZELENi VIR	75
HE LEŠĆE	81

HIDROENERGETSKI SUSTAV VINODOL U SLIVU RIJEKA LOKVARKE I LIČANKE 91

HE VINODOL	95
CHE FUŽINE	107
CHE LEPENICA	117

HE NA RJEČINI 125

HE RIJEKA	129
-----------	-----

HIDROENERGETSKI SUSTAV SENJ U SLIVU RIJEKA LIKA I GACKA 139

HE SENJ	143
HE SKLOPE	159

ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA GRAČAČKE VISORAVNI 169

RHE VELEBIT	173
-------------	-----

ENERGETSKO KORIŠTENJE SLIVA RIJEKE KRKE 187

HE GOLUBIĆ	191
MHE KRČIĆ	201
HE MILJACKA	207
HE JARUGA	215

HIDROENERGETSKI SUSTAV U SLIVU RIJEKE CETINE 223

HE PERUČA	229
HE ORLOVAC	241
HE ĐALE	255
HE ZAKUČAC	263
HE KRALJEVAC	277

HIDROELEKTRANE SLIVA RIJEKE TREBIŠNJICE 287

HE DUBROVNIK	293
HE ZAVRELJE	303





HIDROELEKTRANE U HRVATSKOJ

U 19. stoljeću tehničko znanje, razumijevanje i spremnost za organiziranjem i izgradnjom elektroenergetskog sustava bilo je u Hrvatskoj na vrlo visokoj razini i nije nimalo zaostajalo za tada tehnološki vrlo razvijenom Europom i SAD-om. Doduše, tek će se u godinama koje slijede početi značajnije koristiti električna energija zbog razloga koji nisu u potpunosti bili samo tehničke prirode.

Tih godina i u Hrvatskoj se događaju inicijative za provedbu projekata izgradnje hidroelektrana i izgradnje elektroenergetskog sustava. Tako je Nikola Tesla u Gradskom poglavarstvu grada Zagreba održao svoje znamenito predavanje o elektrifikaciji Zagreba. O predavanju svjedoči iscrpan članak objavljen u Narodnim novinama i Obzoru od 25. svibnja 1892. pod naslovom „Nikola Tesla o električnoj rasvjeti u Zagrebu”. Dnevnik *Agrar Zeitung* je 24. svibnja donio kratku vijest da je “poznati elektrotehničar i bivši Edisonov suradnik” održao predavanje o električnoj rasvjeti u uredu gradonačelnika Amruša pred nekoliko općinskih savjetnika, vijećnika i činovnika, na “najljepšem hrvatskom jeziku”. Jedan od tada najškolovanijih inženjera u Hrvatskoj, Izidor Kršnjavi nije bio na predavanju. On u „Zapiscima” samo spominje da ga je Tesla posjetio 19. svibnja 1892. Zapis od 24. svibnja 1892. je zanimljiviji: “Sjednica Tesle s općinskim vijećem. Preporučuje visokonaponsku izmjeničnu struju i vlastitu režiju.

– Voda na mlin dr. Amruša.”

Radilo se o natječaju za izgradnju hidroelektrane i korištenje vodnih snaga rijeke Kupe. Karlovački dnevni list „Glasonoša” u to je doba pisao da Zagreb želi oteti Karlovcu 8000 konjskih snaga”. U ta doba Zagreb je imao plinsku uličnu rasvjetu pa su se dioničari plinarskog društva jako suprotstavili tim idejama. Otvoreno su istupili i neki gradski zastupnici koji su posjedovali dionice Zagrebačkog plinarskog društva te su bili spremni sve poduzeti kako bi izbjegli gubitak. “Svim silama nastojao sam skršiti taj otpor i provesti električnu rasvjetu”, piše Kršnjavi. Gradonačelnik Amruš nije u toj stvari imao nikakvog financijskog interesa, ali nije želio dijeliti “idealističko stajalište” Kršnjavoga, nego je sa stranačko-političkog gledišta štitio interese kapitalista. Natječaj je propao i hidroelektrana se nije izgradila.

Iako se hidroenergija koristila za proizvodnju električne energije na sporadičnoj razini i samo za industrijske namjene (primjerice u Dugoj Resi), prvi organizirani elektroenergetski sustav koji je imao hidroelektranu, prijenosni i distributivni dio izgrađen je u Šibeniku. Godina 1895. može se tako smatrati početnom u razvoju energetskog korištenja vodnih snaga u Hrvatskoj. Te godine je poduzeće “Šupuk” iz Šibenika izgradilo HE Jaruga, prvu hidroelektranu na Skradinskom buku na rijeci Krki. Ova hidroelektrana koristila je pad od 10 m na jednoj turbini

Velika međunarodna elektrotehnička izložba u Frankfurtu 1891. godine smatra se važnom prekretnicom u korištenju izmjenične električne struje i početkom formiranja elektroenergetskog sustava kakvog poznajemo danas.

s dvofaznim generatorom snage 320 KS, 315 okr/min i 42 Hz (proizveden u Ganz-u po patentu Zipernowsky), a proizvedena električna energija prenosila se na udaljenost 11 km do Šibenika za pogon mlinova, uljaru, tvornicu tjestenine i rasvjetu grada Šibenika. Dalekovod je bio sastavljen od 360 stupova s po tri konzole s bakrenim vodičima od kojih je najniža bila telefonska linija do Vile Maichner gdje je bio improvizirani dispečerski centar. Oko 20 sati uvečer, kako je napisano u dnevnim novinama *Il Dalmata*, nakon što su iz elektrane javili da strojevi rade dobro, pitali su kako je s rasvjetom u Šibeniku? Odgovor je bio "fantastično, struja nije zakasnila". Graditelji su bili Ante vitez Šupuk, šibenski gradonačelnik i dalmatinski zastupnik u Carevinskom vijeću u Beču, njegov sin Marko i Vjekoslav plemeniti Maichsner, šibenski gradski vijećnik.

Nakon toga izgrađena je i dana 1. prosinca 1903. u pogon puštena hidroelektrana Jaruga II snage 5250 kVA s opremom Ganz. Generatorski napon od 15 kV prenosio se zračnim vodom dugim 12 km s četiri bakrene žice (dvostruki dvofazni) promjera 9 mm i presjeka 64 mm². Početkom Prvog svjetskog rata austrougarska vojska rashodovala je hidroelektranu Jaruga I s dalekovodom do Šibenika. Bakar i željezo korišteni su za vojne svrhe. Hidroelektrana Jaruga II ostala je u pogonu jer je napajala tvornicu karbida što je bio strateški ratni materijal.

Razvoj se nastavlja izgradnjom hidroelektrane Miljacka koja je 1906. godine izgrađena na rijeci Krki i također služila za opskrbu električnom energijom industrije grada Šibenika. Instalirana snaga bila joj je 17,7 MW pri bruto padu od 105 m i instaliranom protoku od 24 m³/s.

Godine 1908. izgrađena je na rijeci Kupi blizu Karlovca HE Ozalj, snage 2,5 MW.

Bila je to prva veća hidroelektrana u kontinentalnom dijelu Hrvatske za potrebe rasvjete grada Karlovca nazvana "Munjara grada Karlovca".

Najveća hidroelektrana iz tog doba, HE Kraljevac, izgrađena je 1912. godine na rijeci Cetini, a služila je u prvo vrijeme za potrebe tvornice karbida u Dugom Ratu. Ova elektrana s izgrađenom branom na Cetini i derivacijom koristi bruto pad od 100 m uz instalirani protok od 30 m³/s, s dva agregata instalirane snage 12,8 MW svaki, tako da je ukupna instalirana snaga elektrane u to vrijeme bila 25,6 MW. Godine 1932. izgrađena je druga faza HE Kraljevac. Ugrađena su dva agregata, instalirane snage 20,8 MW svaki, uz instalirani protok od 50 m³/s. S ukupnom instaliranom snagom od 67,2 MW i instalirani protok od 80 m³/s HE Kraljevac je u to vrijeme bila najveća hidroelektrana u ovom dijelu Europe.

Do kraja Drugog svjetskog rata sve ostale hidroelektrane, osim HE Duga Resa na Mrežnici snage 1,7 MW, bile su snage do 1 MW. Ukupno je uoči Drugog svjetskog rata u Hrvatskoj bilo u pogonu 165 elektrana ukupne instalirane snage 176 MW, od kojih su većinu predstavljale hidroelektrane.

Nakon Drugog svjetskog rata započela je obnova elektrana koje su bile oštećene u ratu te pripreme za izgradnju novih. U tom razdoblju pristupilo se smišljenoj izgradnji hidroenergetskog sustava. Hidroelektrane više nisu razmatrane kao objekti koji koriste samo lokalne povoljne uvjete na rijeci već se pažnja posvećuje cijelom slivu i osmišljenom korištenju njegovih voda.

Prvi objekti koji su pridonijeli povećanju snage u elektroenergetskom sustavu Hrvatske pušteni su u pogon 1952. godine. Bile su to: HE Vinodol instalirane snage 84 MW, čija je izgradnja uz prekide

trajala od 1939. godine, HE Zavrelje kod Dubrovnika instalirane snage 2,1 MW i HE Ozalj. Od te godine do današnjih dana nastavlja se kontinuirana izgradnja novih hidroelektrana i rast instalirane snage.

PREGLED DOSADAŠNJEG KORIŠTENJA VODNIH SNAGA HRVATSKE PO SLIVOVIMA I RIJEKAMA

Na području Gorskog Kotara izgrađen je sustav za korištenje potencijala ponornica Ličanke, Lokvarke i Križ potoka. Ukupno slivna područje koje je razmatrana iznosi oko 80,8 km². Iako slivno područje nije veliko, a vodotoci nisu bogati vodama, značajno je njihovo korištenje na padu od oko 700 m. Planiranje izgradnje ovog sustava započelo je 1937. godine, a njegova izgradnja dovršena je 1952. godine. Glavninu energije proizvodi HE Vinodol, snage 91,5 MW i proizvodnje 137 GWh. Zbog boljeg korištenja voda ovog sustava 1957. godine izgrađena je i prva crpna elektrana, CHE Fužine. Kasnije je, 1987. godine, u sustavu izgrađena akumulacija i HE Lepenica.

Rječina je vodotok koji se nalazi na primorskom području i bujičnog je karaktera. Energetsko korištenje njenih voda predviđeno je na dvije energetske stepenice. Do sada je 1968. godine izgrađena HE Rijeka, snage oko 36,8 MW i proizvodnje oko 85 GWh koja predstavlja donju stepenicu korištenja voda Rječine.

Sliv Cetine, površine 4160 km² obuhvaća i krška polja jugozapadne Bosne. Najznačajniji energetski potencijal koncentriran je u njezinom donjem toku gdje je u početku izgrađena HE Kraljevac. Međutim zbog velikih oscilacija protoka Cetine bilo je potrebno daljinskim akumulacijama riješiti izravnanje protoka. Tako je nakon izgradnje HE

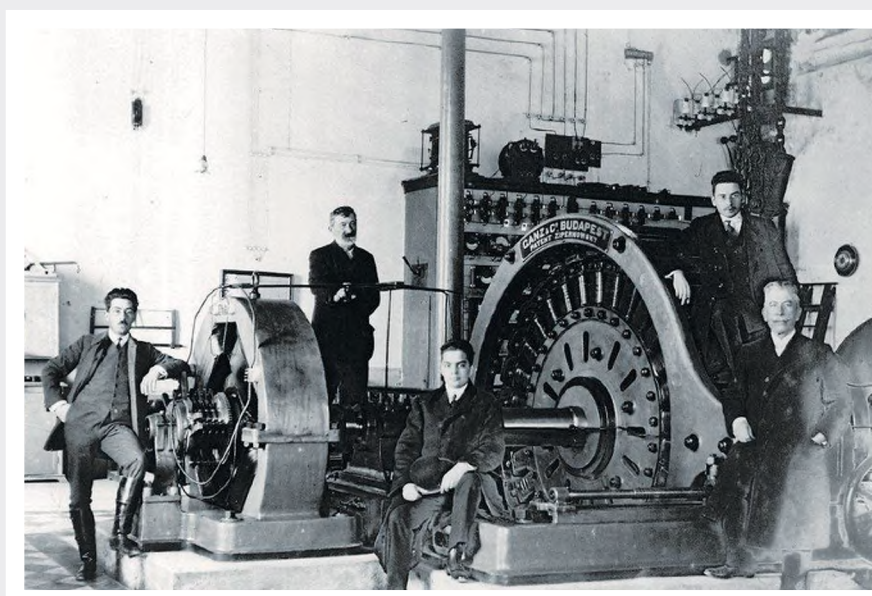
Kraljevac 1912. godine sustavno korištenje sliva Cetine započelo tek planiranjem i izgradnjom akumulacije Peruća. Uz ovu akumulaciju izgrađena je i hidroelektrana Peruća snage 61,2 MW i proizvodnje 130 GWh. Ova akumulacija omogućava izravnanje voda Cetine i njihovo kvalitetno korištenje na nizvodnoj energetske stepenici. Akumulacija Peruća, uključivši i hidroelektranu, ostvarena je 1960. godine. Glavninu energije proizvodi HE Zakućac koja je puštena u pogon 1961. godine u prvoj fazi snage 216 MW. Godine 1980. dovršena je izgradnja druge faze nakon koje je snaga ove elektrane povećana na 486 MW. Nakon revitalizacije instalirana snaga je povećana na 576 MW. Godine 1989. na Cetini je na potezu između HE Peruće i brane Prančevići, mjesta zahvata za korištenje na HE Zakućac, puštena u pogon i HE Đale snage 40,8 MW i proizvodnje 157 GWh. Na području ovog sliva 1974. godine izgrađena je HE Orlovac, snage 237 MW i proizvodnje 340 GWh koja koristi vode šireg područja sliva Cetine, a uključuje Livanjsko polje i Buško Blato.

Na rijeci Butišnici kod Knina nakon Drugog svjetskog rata izgrađena je mala hidroelektrana Golubić, snage 130 kW, koja je služila za potrebe sela Golubić. Godine 1981. izgrađena je nova elektrana snage 7,5 MW i proizvodnje 20 GWh.

Korištenje voda Like i Gacke, na padu od oko 400 m do morske razine, omogućeno je izgradnjom sustava HE Senj. Vode rijeke Like bujičnog su karaktera te ih je za korištenje potrebno izravnati, dok su vode rijeke Gacke uglavnom ujednačene. U ovom sustavu akumulacija Kruščica omogućava izravnanje voda Like koje se zatim, zajedno s vodama Gacke, sustavom kanala i tunela dovode na HE Senj, snage 216 MW gdje se proizvodi glavnina energije (972 GWh) u ovom



HE KRKA (JARUGA I)
I JARUGA II



OBITELJ ŠUPUK UZ
GENERATORE HE KRKA

sustavu. HE Senj izgrađena je 1965. godine. Uz akumulaciju Kruščica izgrađena je 1970. godine i pribranska hidroelektrana Sklope snage 25 MW i proizvodnje 85 GWh.

Već je 50-tih godina započeto razmatranje korištenja voda potoka jugoistočnog dijela Like koji su ponirali na rubu Gračačkog polja. S obzirom na tadašnji plan izgradnje nuklearnih elektrana odustalo se od izgradnje klasičnog visokotlačnog postrojenja s velikom akumulacijom i započela je izgradnja reverzibilne hidroelektrane RHE Velebit. Njena izgradnja dovršena je 1984. godine. Snaga ove elektrane u turbinskom radu iznosi 276 MW, a u crpnom 236 MW. Godišnja proizvodnja iznosi 430 GWh.

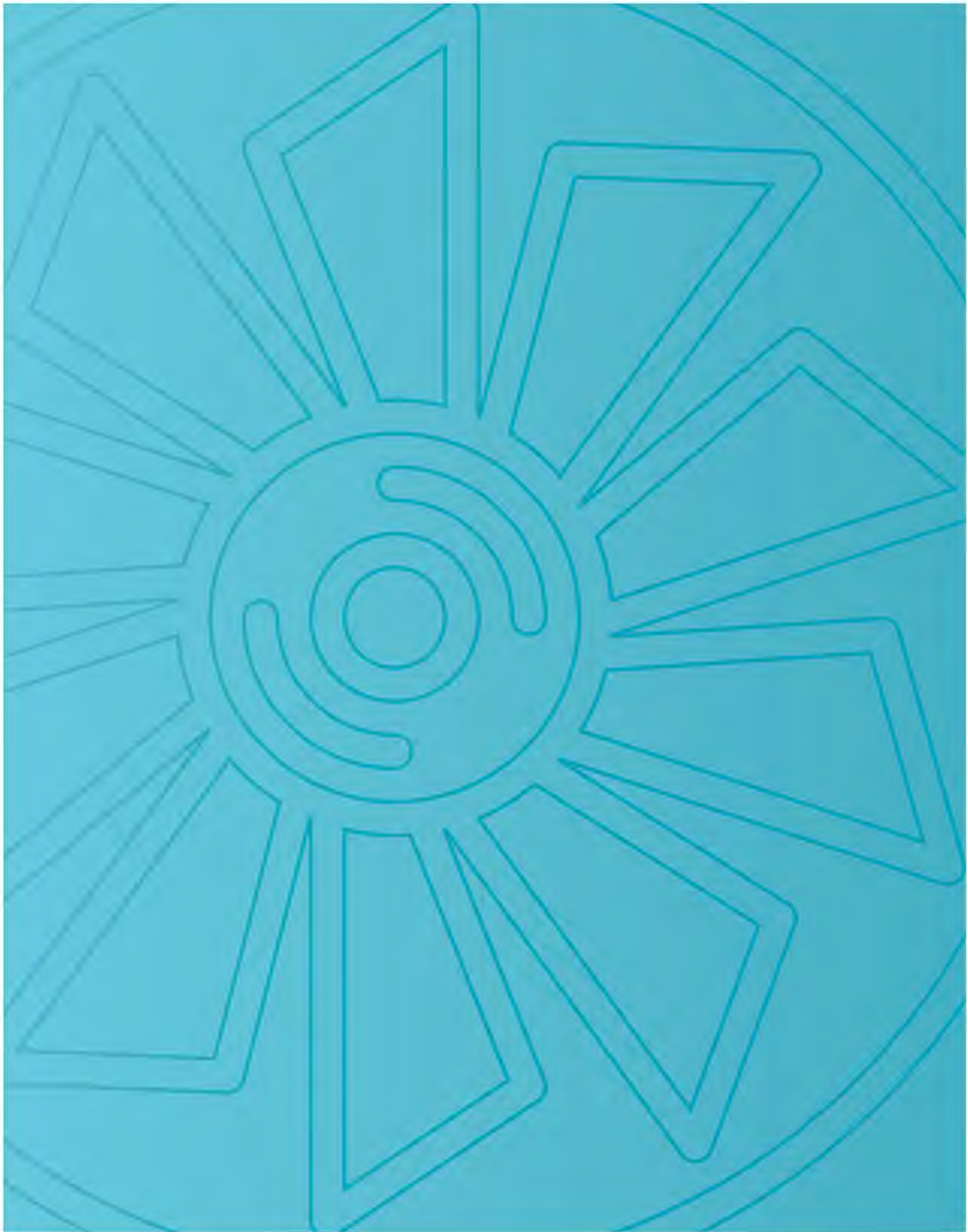
U slivu Kupe 1952. godine stavljena je u pogon nova elektrana HE Ozalj II na Kupi tako da ukupna snaga s HE Ozalj I iznosi 7,4 MW. Razmatranjem sliva Gojačke Dobre površine 380 km² i sliva Mrežnice površine 450 km² odabrana je rješenje energetskog korištenja u smjeru Gojačke Dobre. Godine 1959. u blizini Ogulina izgrađena je HE Gojak instalirane snage 57 MW koja koristi vode Ogulinske Dobre i Zagorske Mrežnice.

HE Zavrelje snage 1,9 MW u Mlinima kod Dubrovnika izgrađena je 1952. godine i predstavlja početak korištenja hidroenergetskog potencijala na ovom području. Nastavak predstavlja izgradnja hidroenergetskog sustava Trebišnjice koja se nalazi u Bosni i Hercegovini. Trebišnjica je krška rijeka s izvorom ispod Bileće. Konceptija korištenja ove rijeke slična je konceptiji korištenja Cetine. U gornjem toku, izgradnjom brane Grančarevo, ostvarena je akumulacija Bileća kojom se izravnavava dotok. Energetski potencijal koncentriran je u donjem dijelu toka i koristi ga HE Dubrovnik koja se nalazi na obali Jadranskog mora u Hrvatskoj. Planiran je ovog sustava počinje 1954. godine, a radovi započinju 1959. godine. HE Dubrovnik koja proizvodi glavninu

energije u ovom sustavu (1566 GWh) snage je 280 MVA, a puštena je u pogon 1965. godine.

U Austriji i Sloveniji Drava je već u potpunosti energetski iskorištena. Sustavna istraživanja korištenja i uređenja rijeke Drave u Hrvatskoj počela su već u kasnim 50-im godinama, ali je prva višenamjenska hidroelektrana "Varaždin" puštena u pogon tek 1975. godine. Hidroelektrana Varaždin prva je hidroelektrana na rijeci Dravi u Hrvatskoj i ima snagu od 94,6 MW i proizvodnju od 450 GWh. Druga, HE Čakovec snage 77,4 MW i proizvodnje 350 GWh, puštena je u pogon 1982. godine. Treća u nizu hidroelektrana na rijeci Dravi je HE Dubrava snage 79,8 MW i proizvodnje 350 GWh, puštena je u pogon 1989. godine. Ova derivacijska postrojenja sastoje se od pokretne brane i obodnih nasipa kojima se ostvaruje jezero te derivacijskog kanala kojega strojarnica dijeli na dovodni u nasipima i odvodni u dubokom iskopu. U branama je ugrađena mala hidroelektrana kroz koju se propušta dio vode potreban za održavanje života u rijeci između brane i ušća odvodnog kanala. Na drenažnim jarcima sve tri hidroelektrane izgrađene su male hidroelektrane koje koriste procjedne vode iz akumulacija ovih elektrana. Zadnja hidroelektrana veće snage bila je hidroelektrana Lešće 42 MW koja je puštena u redovan pogon 2011. godine.

U zadnjih dvadesetak godine većina hidroelektrana obnovljena je i ugrađena je nova turbinska i elektrooprema te obnovljen građevinski dio hidroelektrana. Iako su projekti revitalizacije ostalih hidroelektrana u fazi planiranja i izrade dokumentacije ili natječaja za opremu i radove, u ovoj monografiji opisano je stanje završenih radova s kraja 2020. godine.



HE U SLIVU RIJEKE

DRAVE

HE Varaždin 19

HE Čakovec 29

HE Dubrava 41

HE U SLIVU RIJEKE **DRAVE**

Rijeka Drava, ukupne
slivne površine od
42238 km², protječe
kroz pet europskih
država: Italiju,
Austriju, Sloveniju,
Hrvatsku i Mađarsku.

Dužina Drave kroz Hrvatsku je 323 km. Na ulazu u Hrvatsku srednji protok je 315 m³/s, kod Botova nakon ušća najveće pritoke Mure 530 m³/s, a pri ušću u Dunav 580 m³/s.

Drava je kišno-ledenjačkog režima s malom vodnošću zimi i velikom krajem proljeća i početkom ljeta. Mogućnosti sezonskog uređenja dotoka u sliv su vrlo skromne. Na Dravi u Hrvatskoj takve mogućnosti ne postoje te je ostvarivo samo dnevno i djelomično tjedno uređenje dotoka. Međutim Drava svejedno ima relativno povoljan raspored protoka tijekom godine zahvaljujući velikoj akumulaciji vode u snijegu te prilično uravnoteženoj godišnjoj protoci zahvaljujući ledenjacima.

Već na početku razmatranja energetskog korištenja Drave u Hrvatskoj uočeno je da mu treba prići sa stanovišta cjelovitog i sveobuhvatnog uređenja i

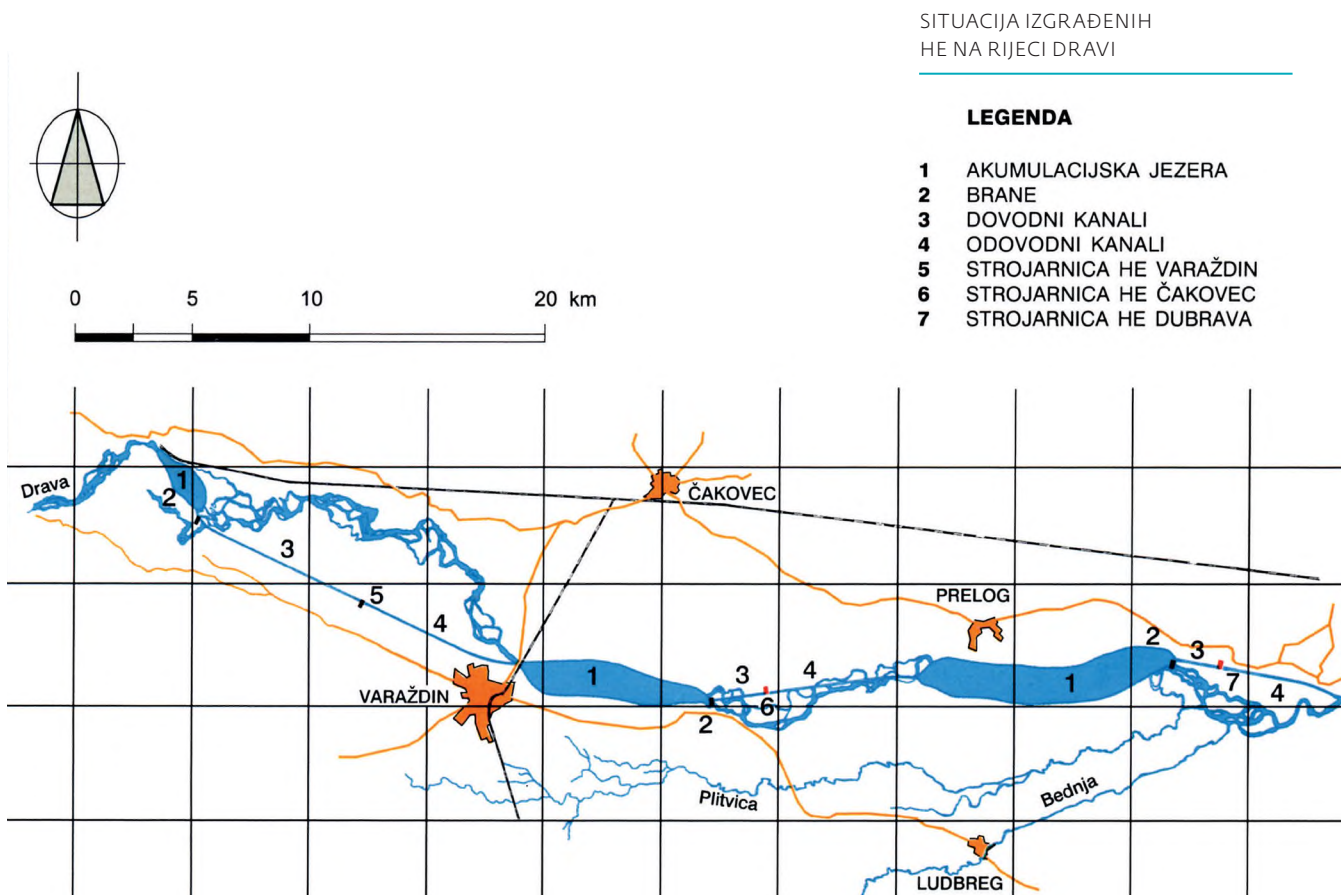
korištenja voda i zemljišta sliva Drave. Rezultat je priprema „Programa za izradu kompleksnog rješenja vodoprivrednog sistema Drave“ (Elektroprojekt – Zagreb, siječanj 1973.). Taj je dokument kasnije poslužio kao okosnica odluke da uređenje i korištenje velikih riječnih slivova, u prvom redu savskog i dravskog, bude jedan od osnovnih pravaca strateškog razvoja Hrvatske.

Vode i zemljišta sliva Drave uređuju se i koriste višenamjenskim hidroelektranama od kojih su na području Hrvatske izgrađene tri. Njihove su glavne namjene: opskrba vodom, obrana od poplava, zaštita zemljišta od izjedanja (erozije), navodnjavanje, odvodnja, korištenje vodnih snaga, promet i razonoda, izletništvo te šport.

Hidroelektrane su niskotlačne, derivacijske i s akumulacijama za potpuno dnevno i djelomično

OSNOVNI
PODATCI O
VIŠENAMJENSKOM
SUSTAVU
SREDNJE DRAVE
U HRVATSKOJ

VIŠENAMJENSKA HIDROELEKTRANA	POVRŠINA SLIVA	DUŽINA DIONICE RIJEKE	POVRŠINA JEZERA	ZAPRE- MNINA JEZERA	NETO PAD	INSTALIRANA SNAGA GLAVNIH AGREGATA
	km ²	km	km ²	hm ³	m	MW
HE Varaždin	15379	28,5	3,0	8,0	21,5	94
HE Čakovec	15632	20,0	10,5	51,0	17,0	79,8
HE Dubrava	15981	25,0	16,6	93,5	16,9	79,8

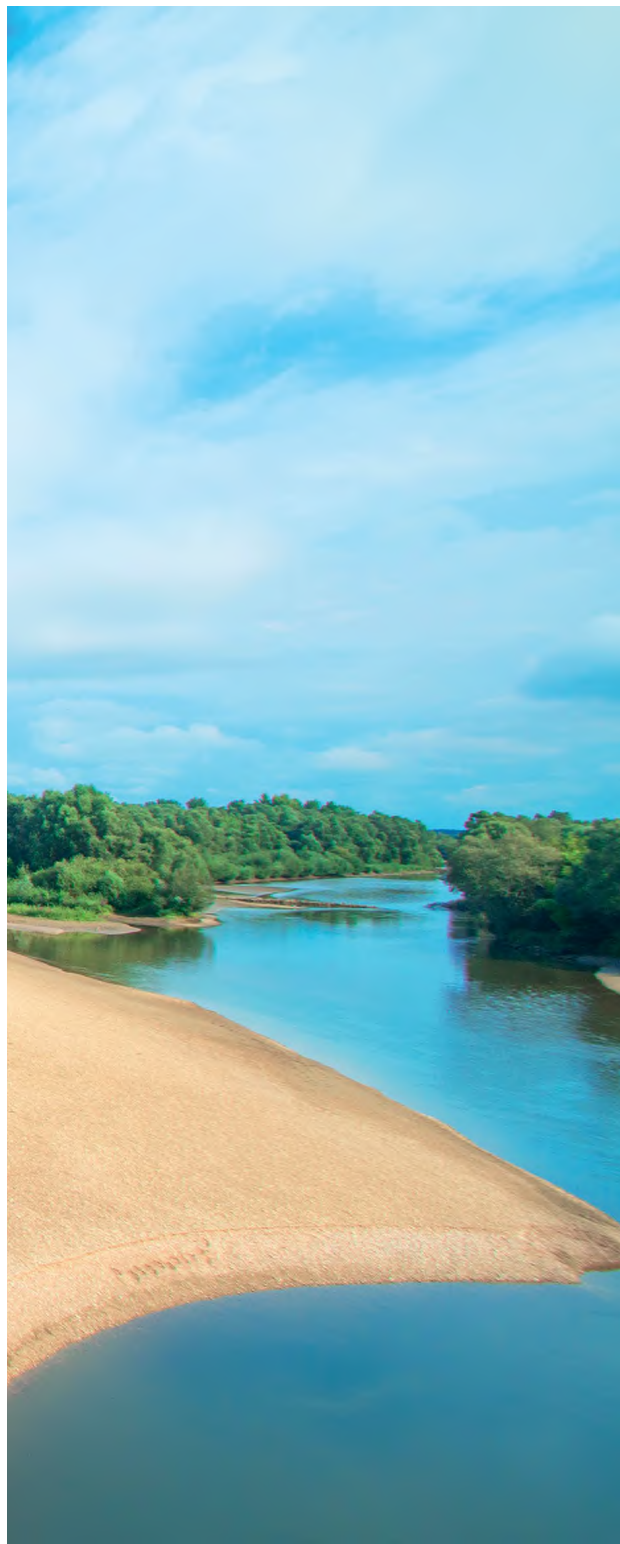


tjedno uređenje dotoka. S tehničkog stanovišta vrlo je zanimljivo da su sve tri hidroelektrane derivacijske, iako je u sličnim prirodnim uvjetima uobičajeno rješenje s pribranskim elektranama. Ovakva mogućnost korištenja vodnih snaga na dionici Drave od Ormoža do ušća Mure vrlo je povoljna jer je na taj način broj hidroelektrana, a s time i njihov trošak, smanjen na polovicu.

Sve tri hidroelektrane na Dravi su daljinski upravljane iz jednog centra - Centra proizvodnje Sjever, prijašnjeg

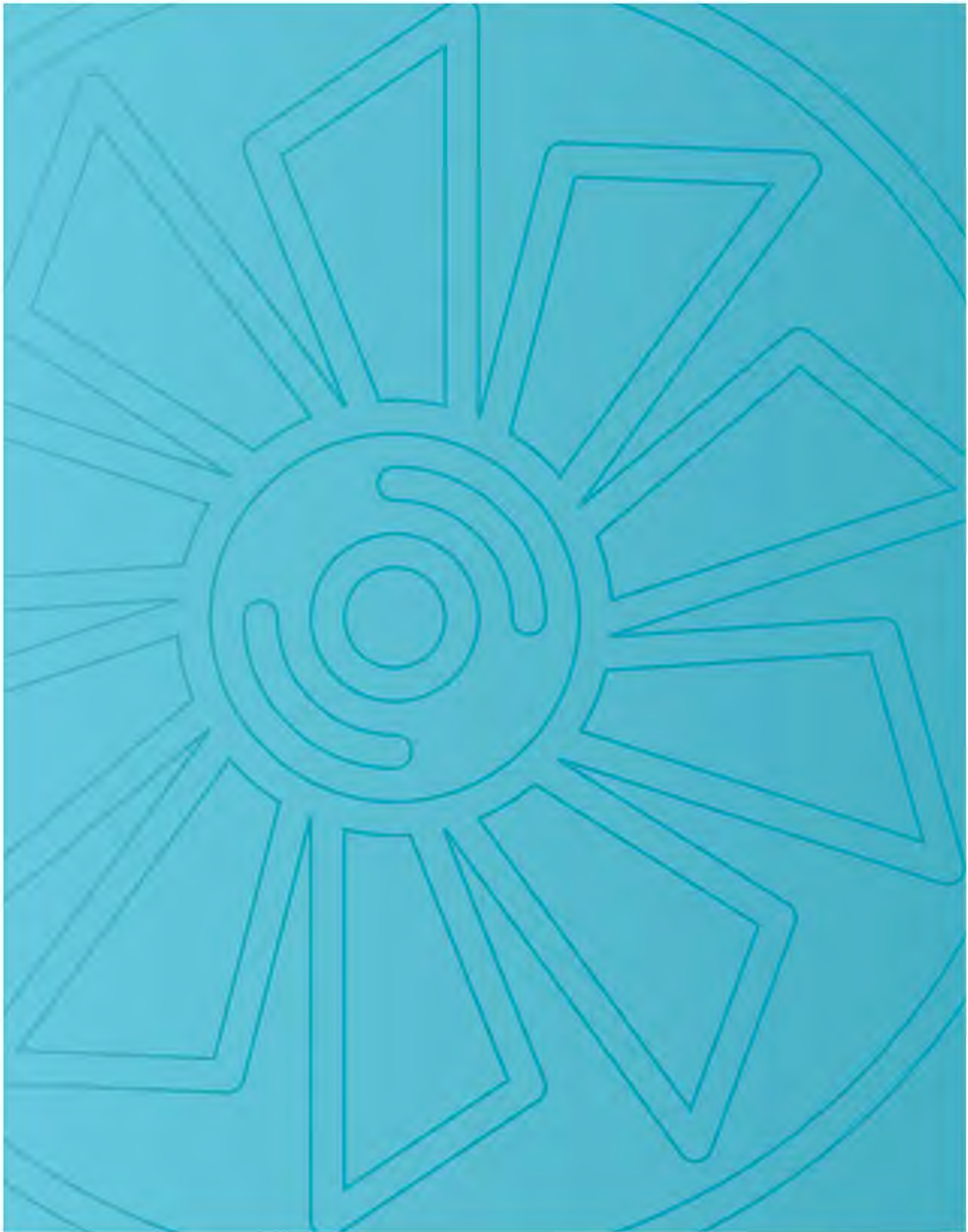
naziva Komanda lanca Varaždin. Centar obavlja daljinski nadzor i upravlja hidroelektranama na Dravi u cilju optimalne proizvodnje električne energije u skladu s optimalnim gospodarenjem vodama, pri čemu se uzima u obzir plovnost, zaštita od poplava i velikih vodnih valova, održavanje biološkog minimuma, ispuštanje voda prema zahtjevima vodoprivrede i slično. Uz upravljanje u realnom vremenu i funkcije optimizacije centar vodi brigu o povećanju proizvodnje električne





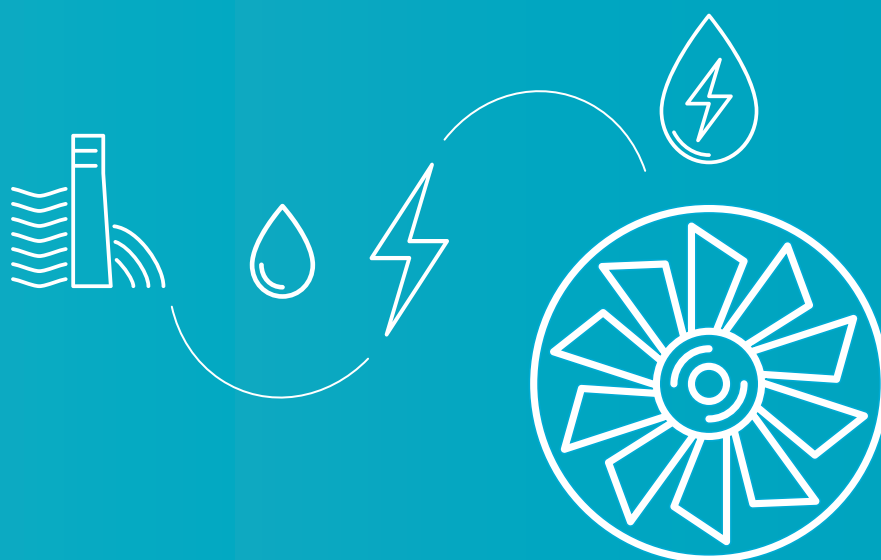
energije optimizacijom korištenja voda, povećanju pogonske spremnosti agregata planiranjem termina i trajanja poslova održavanja te sigurnom provođenju vodnih valova kroz sustav hidroelektrana. Daljinskim nadzorom i upravljanjem postignut je značajan napredak u vođenju pogona te bolja suradnja i koordinacija sa svim subjektima u poslovnoj okolini. Optimizacija i planiranje proizvodnje rezultiraju povećanom proizvodnjom energije i smanjenjem broja isključenja agregata, a koordinacije i točno planiranje termina i trajanja poslova održavanja povećanjem pogonske spremnosti.

Ove hidroelektrane imaju velik utjecaj na okoliš pa je na osnovu opsežnih prethodnih istražnih radova izrađen prostorni plan posebne namjene koji je obuhvatio šire područje sve tri hidroelektrane na Dravi. Bitno je da su višenamjenska rješenja tri hidroelektrane na Dravi i spomenuti prostorni plan međusobno usklađeni, čime je postignuta svrha – optimalno rješenje hidroelektrana i stvaranje uvjeta za cjelovito rješavanje uređenja i korištenja nizvodnog dijela Drave do ušća Mure. Istodobno je to bio putokaz za višenamjensko rješavanje uređenja i korištenja nizvodnog dijela sliva Drave. Bitno je još naglasiti da je utjecaj višenamjenskih hidroelektrana na okoliš velik i povoljan, a relativno mali nepovoljni utjecaj sveden je tehničkim standardima na najmanju moguću mjeru.



HE U SLIVU RIJEKE DRAVE

HE VARAŽDIN



HE VARAŽDIN

HE Varaždin je višenamjensko postrojenje, prva u lancu od tri hidroelektrane kojima se uređuje i koristi rijeka Drava u Hrvatskoj do ušća Mure. S proizvodnjom električne energije započela je 1975. godine.

Hidroelektrana Varaždin smještena je na rijeci Dravi, blizu grada Varaždina, u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske na području Varaždinske županije (akumulacijsko jezero je jednim dijelom u Republici Sloveniji), a obuhvaća dionicu rijeke od Ormoža do Varaždina (r. km 309 do r. km 288).

HE Varaždin je višenamjensko postrojenje, prva u lancu od tri hidroelektrane kojima se uređuje i koristi rijeka Drava u Hrvatskoj do ušća Mure. S proizvodnjom električne energije započela je 1975. godine.

Prema tipu elektrana je protočna, niskotlačna, derivacijska HE s akumulacijom (površine 2,8 km² i zapremine 8,0 hm³) za dnevno uređenje protoka.

Sastoji se iz sljedećih glavnih dijelova: obodnih nasipa akumulacijskog jezera i dovodnog kanala, pokretnog i nasutog dijela brane, ulazne građevine, strojarnice i odvodnog kanala.

Hidroelektrana ima ugrađena dva glavna agregata, turbine su vrste Kaplan s uspravnim osovinama na koju se nadovezuju generatori raspoložive snage svakog po 47 MW.

Hidroelektrana Varaždin u svom sastavu ima i malu hidroelektranu (mHE) smještenu u desnom upornjaku pokretne brane koja služi za ispuštanje biološkog minimuma (8 m³/s) u staro korito rijeke nizvodno od brane. Prvotno instalirani agregat biološkog minimuma cijevne izvedbe zamijenjen je novim agregatom tipa Kaplan s horizontalnom turbinom instalirane snage 0,635 MW. Rekonstrukcija male hidroelektrane izvedena je u periodu od 2014. do 2016. godine.

Priključna snaga elektrane je 94,635 MW [agregat A (47 MW), agregat B (47 MW), agregat C (0,635 MW)], a ukupni instalirani protok hidroelektrane je 450 m³/s (operativno 500 m³/s).

Priključak hidroelektrane Varaždin na elektroenergetski sustav Republike Hrvatske izveden je preko dva dalekovoda 110 kV.

S generatorskog napona 10,5 kV energija se transformira na napon 110 kV i preko rasklopnog postrojenja distribuira u pravcu TS Nedeljanec.

Prosječna godišnja proizvodnja električne energije HE Varaždin iznosi 450 GWh. Rekordna maksimalna godišnja proizvodnja HE Varaždin zabilježena je 2014. godine s proizvedenih 636 GWh, a minimalna godišnja proizvodnja zabilježena je 2003. godine s proizvedenih 370 GWh električne energije.

Uz proizvodnju električne energije HE Varaždin pruža pomoćne usluge sustavu (tercijarna regulacija, crni start, otočni pogon).

Od 2006. godine HE Varaždin uvedena je u jedinstven sustav upravljanja kvalitetom i okolišem prema normama ISO 9001 i ISO 14001 što predstavlja potvrdu usuglašenosti sa svim zahtjevima normi, usvojenom politikom upravljanja kvalitetom i okolišem te zakonskim i ostalim zahtjevima koji su obvezni u procesima koji se obavljaju na PP HE Sjever, uz trajno opredjeljenje za očuvanje bioloških i drugih prirodnih vrijednosti okoliša u okolici elektrane.

HE Varaždin je od 1998. godine uključena u sustav daljinskog upravljanja iz Centra proizvodnje Sjever.

HE VARAŽDIN

ENERGETSKI PODATCI	normalni uspor	191,00 m n.v.
	instalirani protok	450 m ³ /s
	bruto pad na strojarnici	20 do 24 m
	instalirana snaga na stezaljkama generatora	94,635 MW
	moгуća prosječna godišnja proizvodnja	450 GWh

PODATCI O OPREMI

STROJARNICA

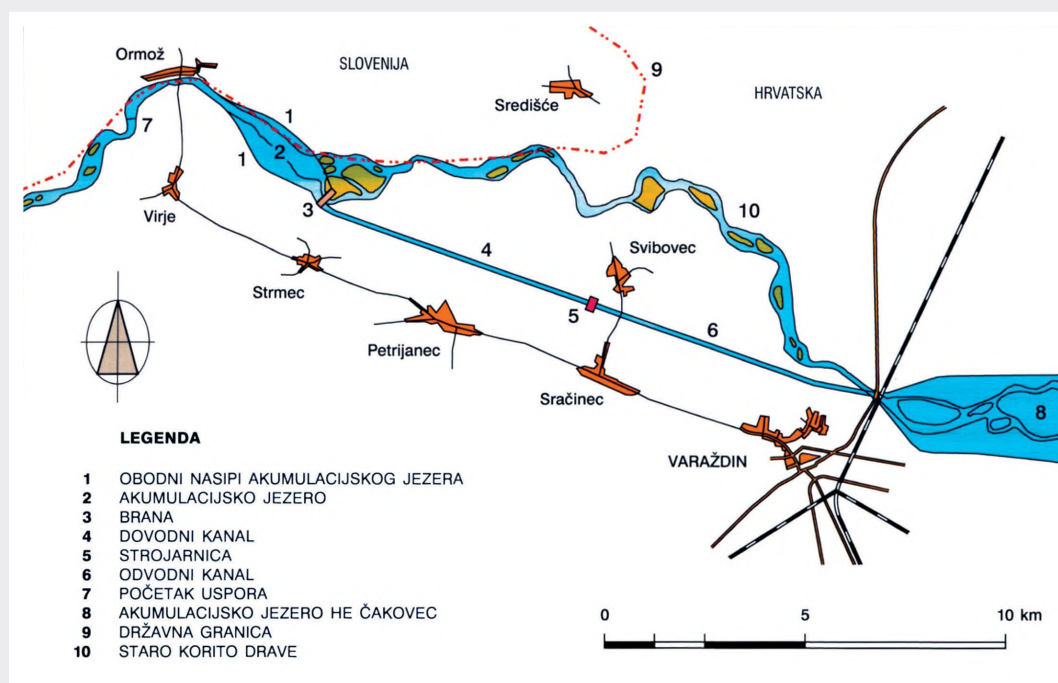
turbine	tip	Kaplan
	broj proizvodnih jedinica	2
	nazivni protok	250 m ³ /s
	broj okretaja	125 okr/min
	snaga	2 x 47 MW
	promjer okretnog kola	5620 mm
generatori	snaga	2 x 50 MVA, 10,5 ± 5-7% kV
	faktor snage	0,85
	napon generatora	10,5 kV

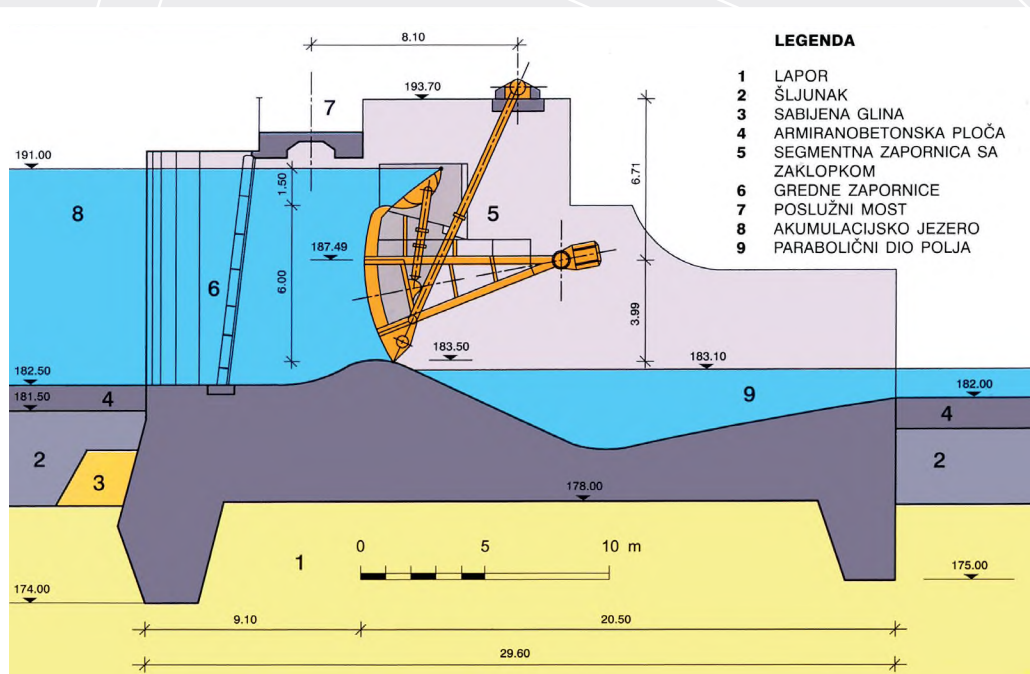
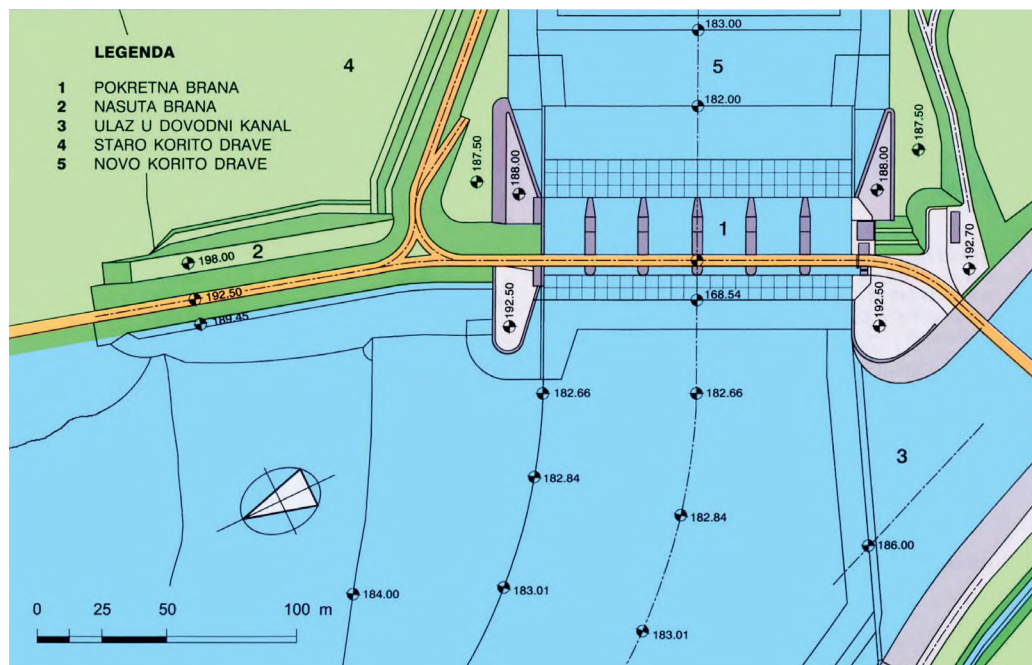
MALA PROIZVODNA JEDINICA

brana	turbina	cijevna vodoravna
	snaga	635 kW
	instalirani protok	8 m ³ /s
projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska	
	Građevinski fakultet u Zagrebu, Hrvatska	
	Institut GEOEXPERT - Zagreb, Hrvatska	
	Institut građevinarstva Hrvatske - Zagreb, Hrvatska	
	GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska	
	Institut građevinarstva Hrvatske - Zagreb, Hrvatska	
građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska	
	GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska	
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska	
	LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija	
	METALNA - Maribor, Slovenija	
početak rada elektrane	Završetak gradnje i početak rada elektrane 1975. godine	

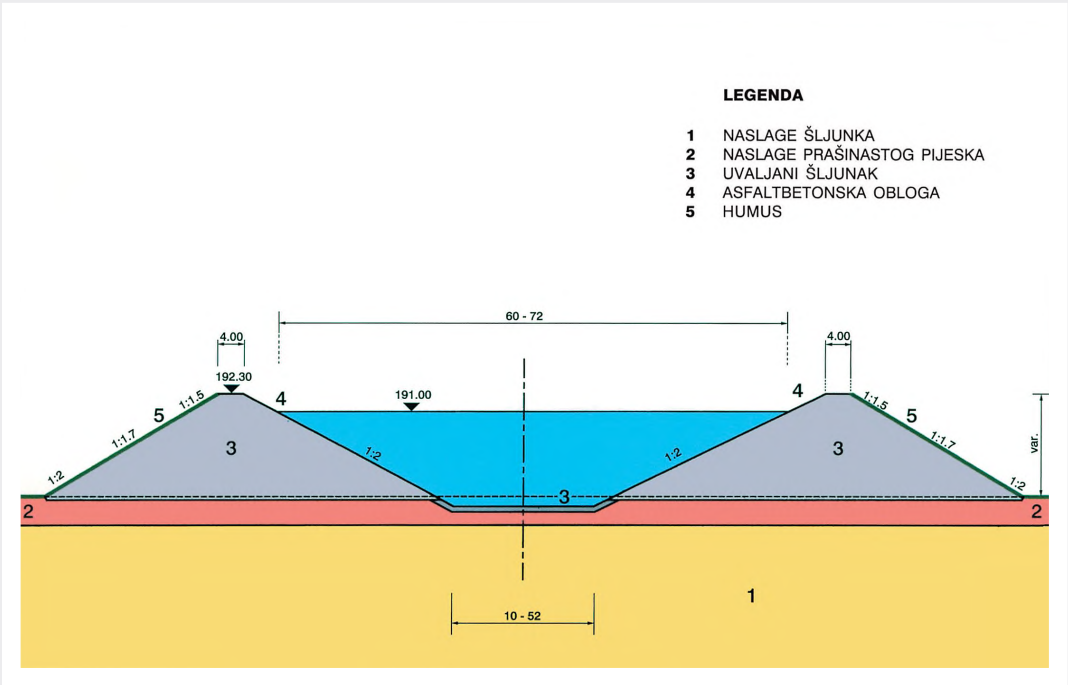


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA
HE VARAŽDIN

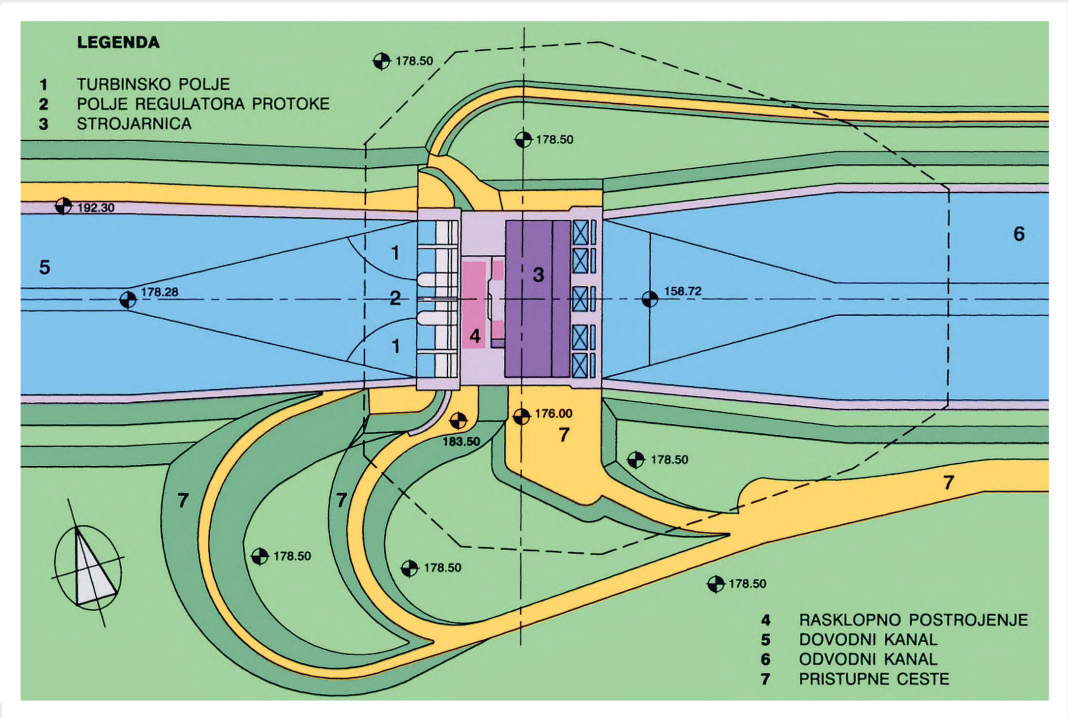


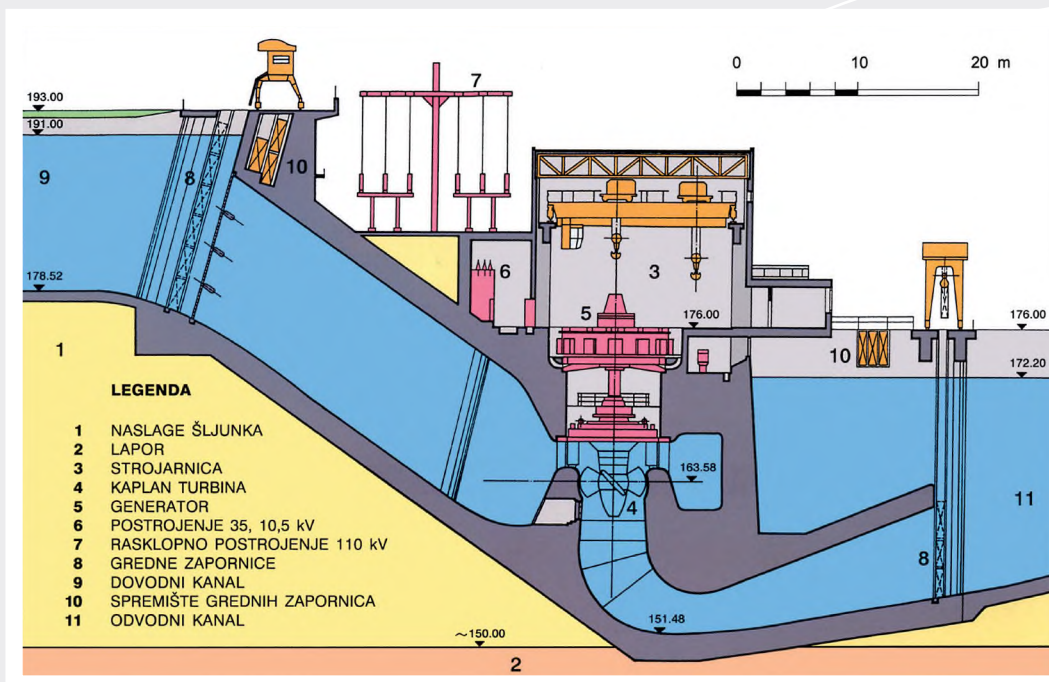


POPREČNI
PRESJEK
DOVODNOG
KANALA

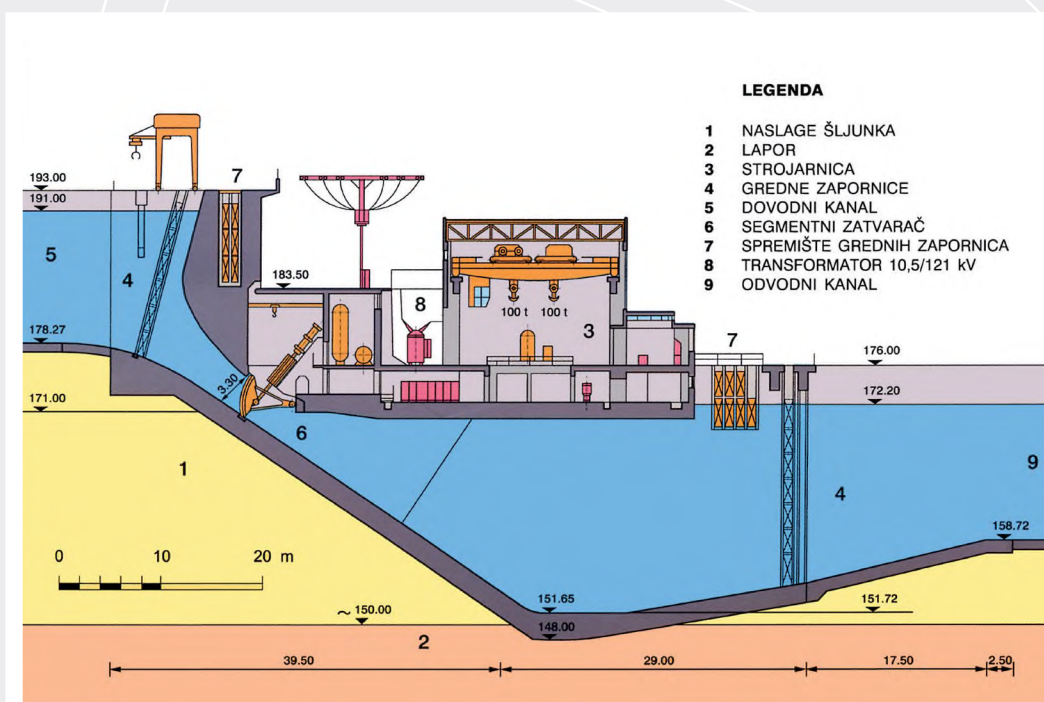


OBJEKTI ČVORA
STROJARNICE



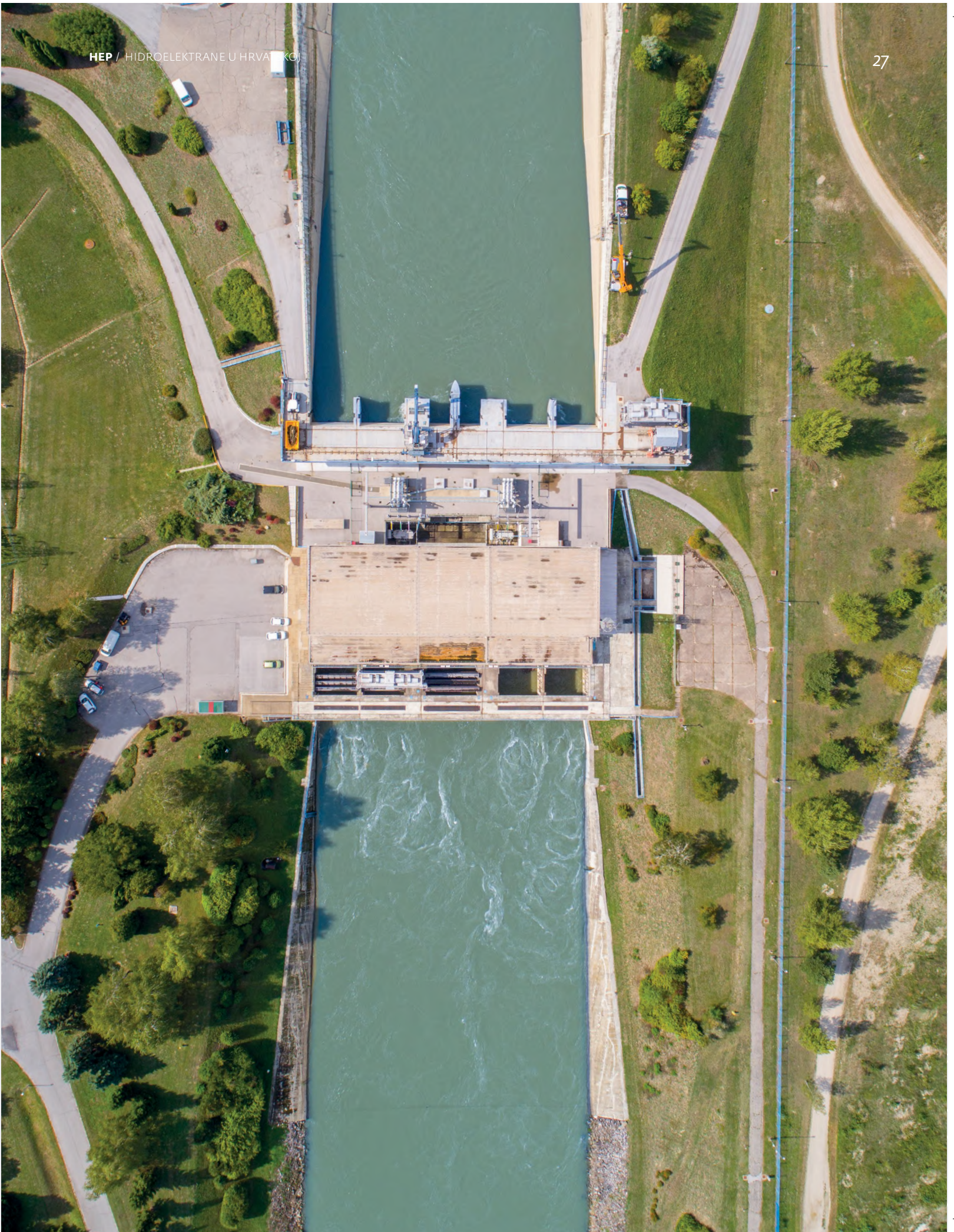


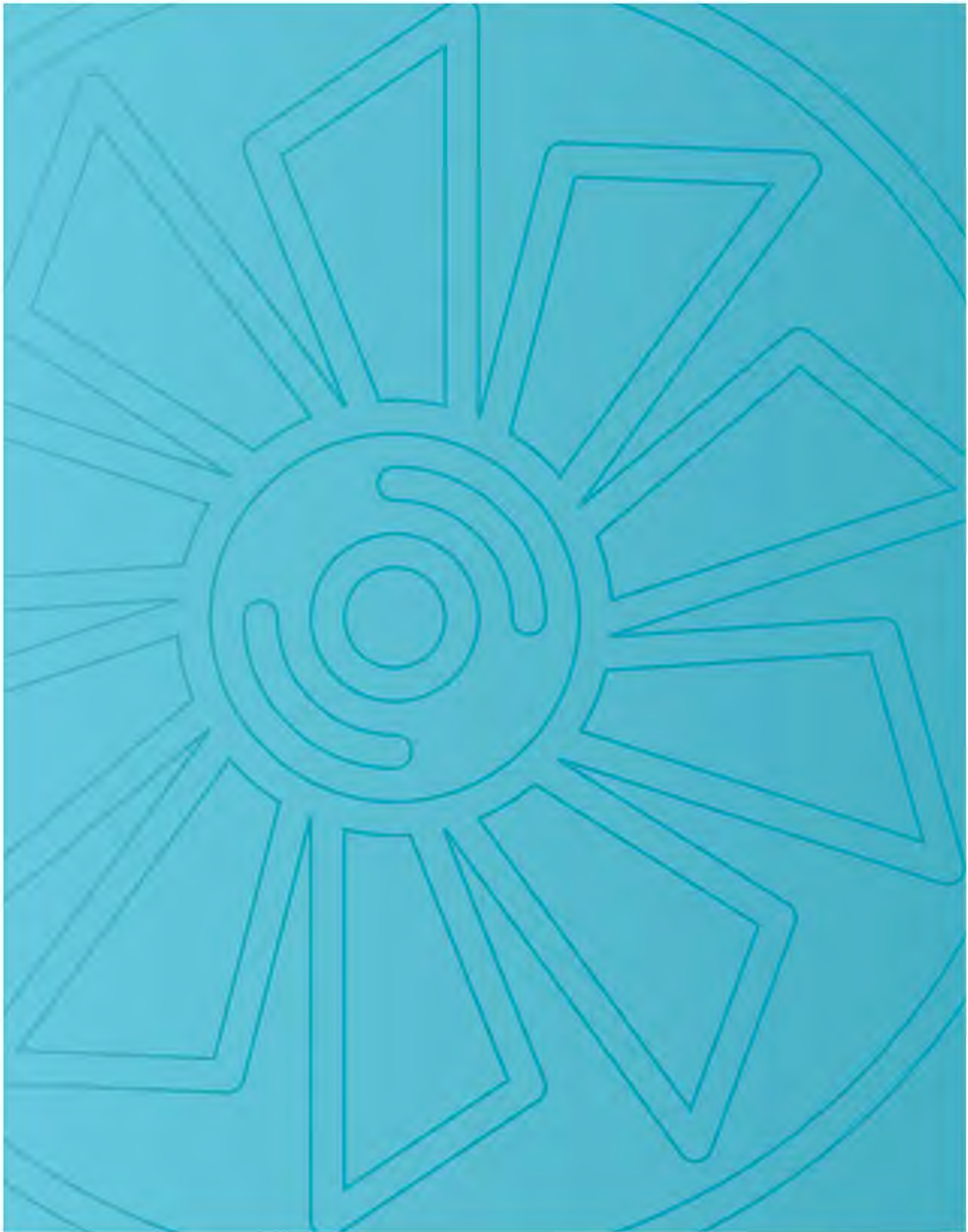
POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE



POPREČNI
PRESJEK KROZ
REGULATOR
PROTOKA







HE U SLIVU RIJEKE DRAVE

HE ČAKOVEC



HE ČAKOVEC

HE Čakovec
višenamjensko
je postrojenje,
druga u lancu od tri
hidroelektrane kojima
se u Hrvatskoj uređuje
i koristi rijeka Drava
do ušća rijeke Mure.

Hidroelektrana Čakovec smještena je na rijeci Dravi u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske na području Međimurske i Varaždinske županije u blizini gradova Čakovca i Varaždina na području Međimurske i Varaždinske županije, a obuhvaća dionicu rijeke od Varaždina do Hrženice (r. km 288 do r. km 267).

S proizvodnjom električne energije započela je 1982. godine.

Prema tipu elektrana je protočna, niskotlačna, derivacijska HE s akumulacijom (površine 10,5 km² i zapremine 51,6 hm³) za dnevno i djelomično tjedno uređenje protoka.

Hidroelektrana se sastoji od akumulacijskog jezera s obodnim nasipima, dovodnog i odvodnog kanala, pokretnog i nasutog dijela brane, ulazne građevine i strojarne.

Hidroelektrana ima ugrađena dva glavna agregata s horizontalnim cijevnim turbinama i generatorima „u kruški“ raspoložive snage svakog po 38 MW.

Hidroelektrana Čakovec u svom sastavu ima i dvije male hidroelektrane.

U lijevom upornjaku brane nalazi se agregat biološkog minimuma cijevnog tipa i služi za ispuštanje biološkog minimuma od 8 m³/s u staro korito rijeke nizvodno od brane. Instalirana snaga agregata je 1,1 MW.

Druga mala hidroelektrana smještena na lijevoj strani odvodnog kanala HE Čakovec i koristi vode lijevog drenažnog jarka. Sastoji se od agregata tipa Kaplan s vertikalnom osovinom, instalirane snage 0,34 MW. Puštena je u pogon 1993. godine.

Raspoloživa snaga elektrane je 77,44 MW agregat A (38 MW), agregat B (38 MW), agregat C (1,1 MW) i agregat D (0,34 MW) dok je ukupni instalirani protok hidroelektrane je 500 m³/s.

Priključak hidroelektrane Čakovec na elektroenergetski sustav Republike Hrvatske izveden je preko četiri dalekovoda 110 kV. S generatorskog napona 6,3 kV energija se transformira na napon 110 kV i preko rasklopnog postrojenja distribuira u pravcu TS Čakovec, TS Prelog, TS Ludbreg i TS Kneginec (TS Varaždin).

Prosječna godišnja proizvodnja električne energije HE Čakovec iznosi 350 GWh. Rekordne je 2014. godine zabilježena maksimalna godišnja proizvodnja s proizvedenih 512 GWh, nasuprot minimalno proizvedenih 255 GWh 1983. godine.

Uz proizvodnju električne energije ova hidroelektrana pruža i tercijarnu regulaciju kao pomoćnu uslugu sustavu.

U jedinstven sustav upravljanja kvalitetom i okolišem prema normama ISO 9001 i ISO 14001 HE Čakovec uvedena je 2006. godine što predstavlja usuglašenost sa svim zahtjevima normi, usvojenom politikom upravljanja kvalitetom i okolišem te zakonskim i ostalim zahtjevima obveznim u procesima koji se obavljaju na PP HE Sjever, uz trajno opredjeljenje za očuvanje bioloških i drugih prirodnih vrijednosti okoliša u okolici elektrane.

HE Čakovec je od 1998. godine uključena u sustav daljinskog upravljanja iz Centra proizvodnje Sjever.

HE ČAKOVEC

ENERGETSKI	normalni uspor	168,00 m n. v.
PODATCI	instalirani protok	500 m ³ /s
	bruto pad na strojarnici	17,5 m
	instalirana snaga na stezaljkama generatora	77,44 MW
	moguća prosječna godišnja proizvodnja	350 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Kaplan cijevna
	broj proizvodnih jedinica	2
	nazivni protok	250 m ³ /s
	broj okretaja	125 okr/min
	snaga	40,3 MW
generatori	snaga	2 x 42 MVA
	faktor snage	0,95
	napon generatora	6,3 kV

MALA PROIZVODNA JEDINICA

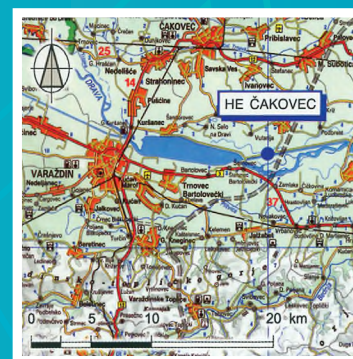
brana	turbina	cijevna, vodoravna
	snaga	1,1 MW
	instalirani protok	10 m ³ /s
lijevi drenažni jarak	turbina	Kaplan, vertikalna
	snaga	340 kW
	instalirani protok	4,5 m ³ /s

projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska Građevinski fakultet u Zagrebu i Splitu, Hrvatska Institut GEOEXPERT - Zagreb, Hrvatska Građevinski institut - Zagreb, hrvatska
---------	--

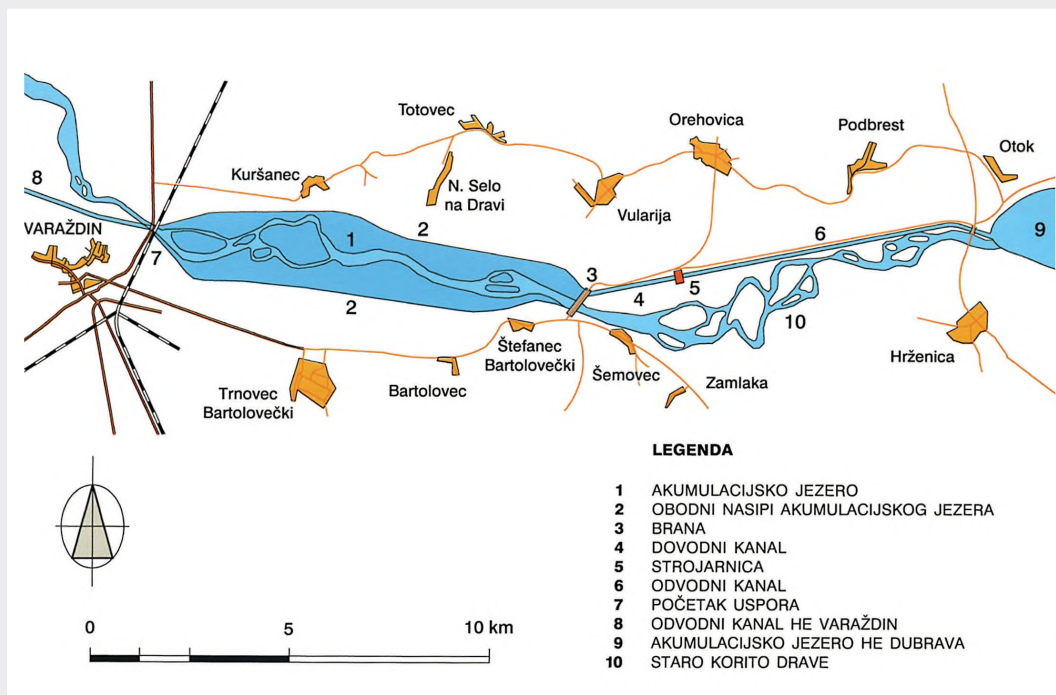
građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska
----------	---------------------------------

oprema	RADE KONČAR - Zagreb, Hrvatska LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija PRVA PETOLETKA - Trstenik, Jugoslavija GOŠA - Smederevska Palanka, Jugoslavija NEYRPIC - Grenoble, Francuska ALSTHOM - ATLANTIQUE - Belfort, Francuska
--------	---

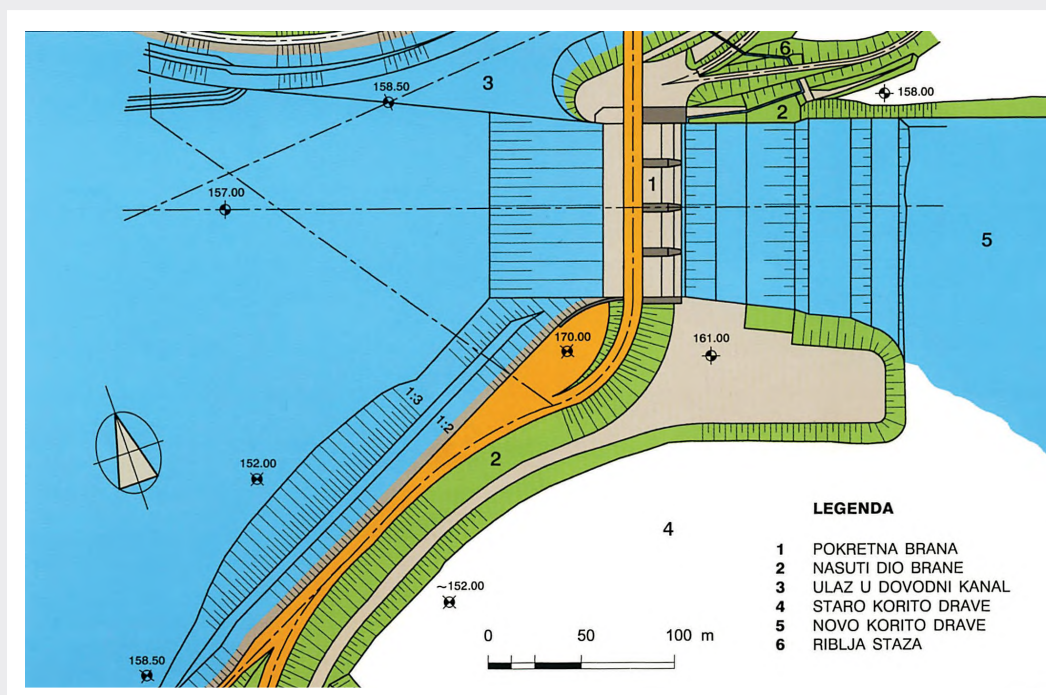
početak rada elektrane	Završetak gradnje i početak rada elektrane 1982. godine
---------------------------	---

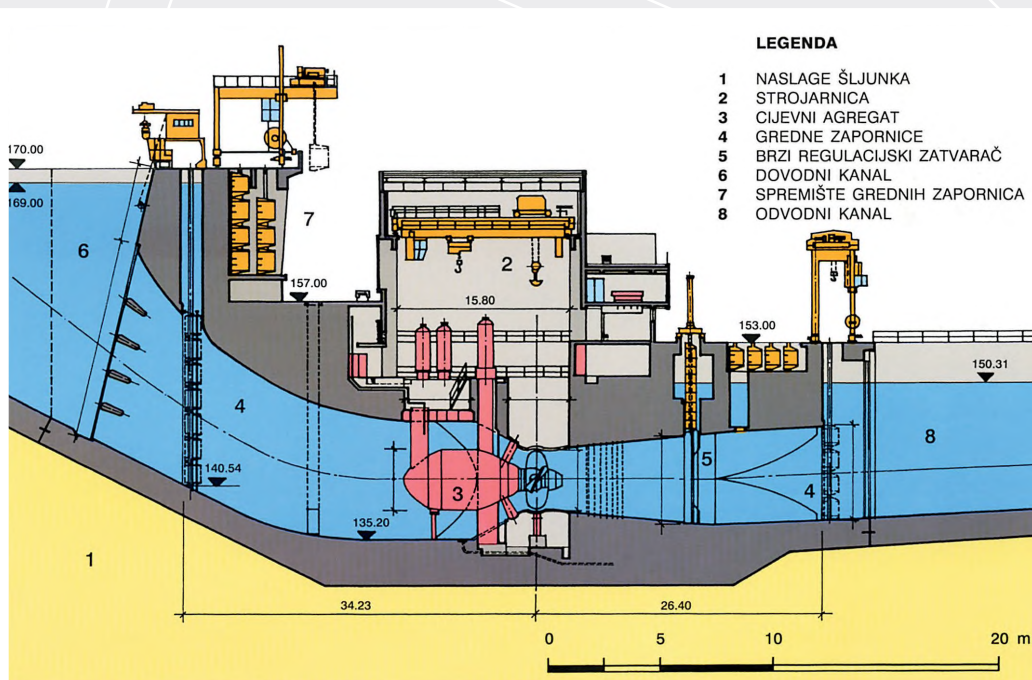
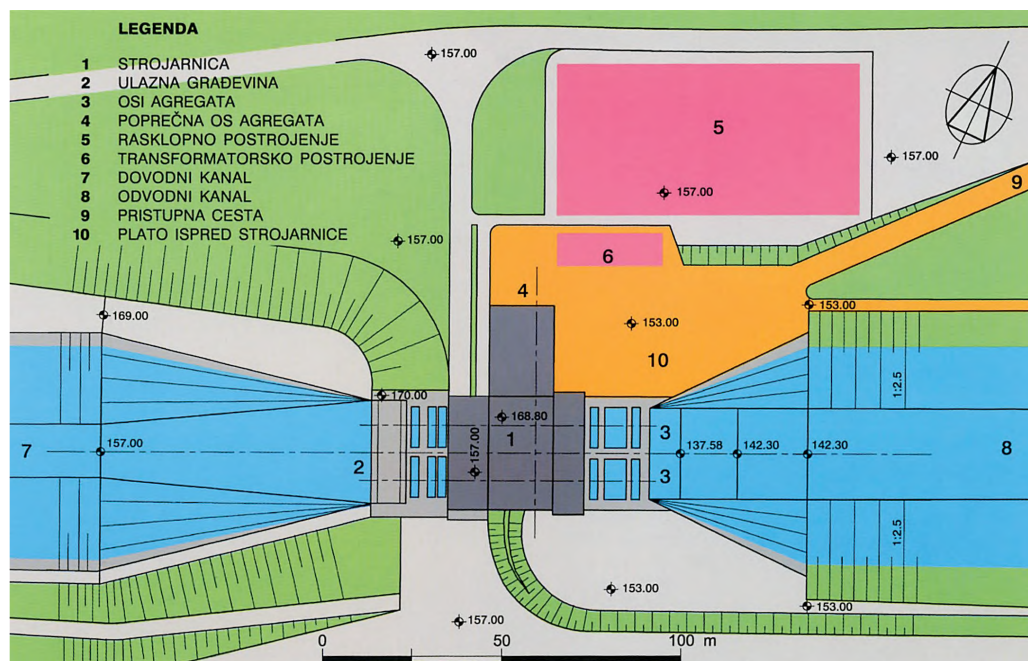


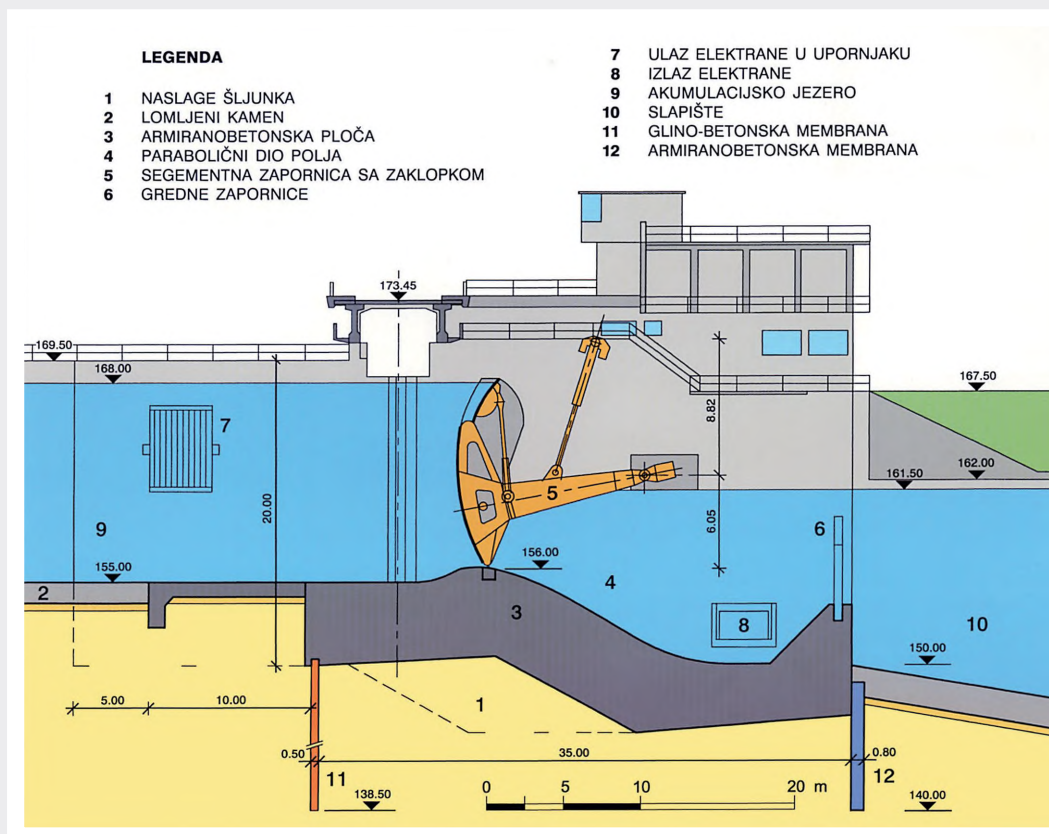
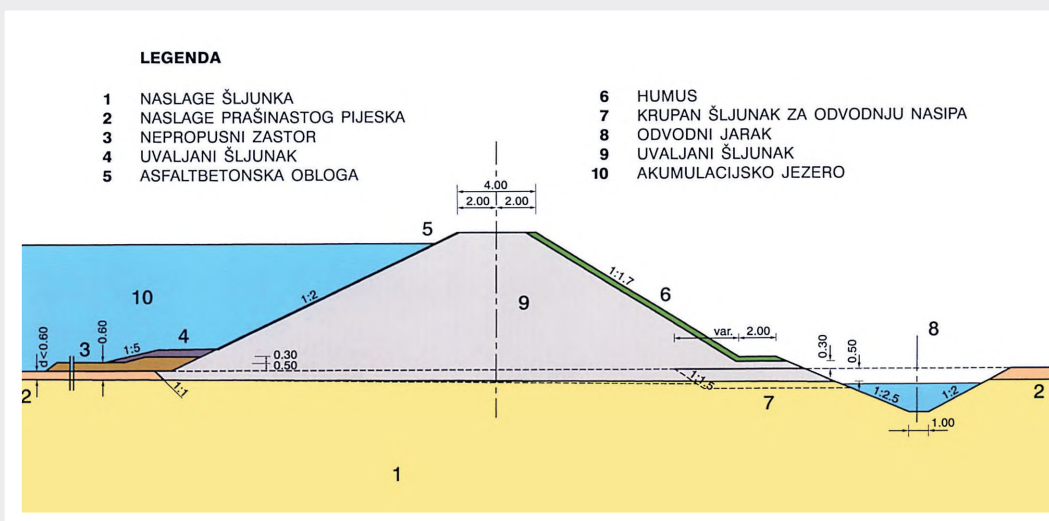
PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA
HE ČAKOVEC



POKRETN
BRANA I ULAZ U
DOVODNI KANAL

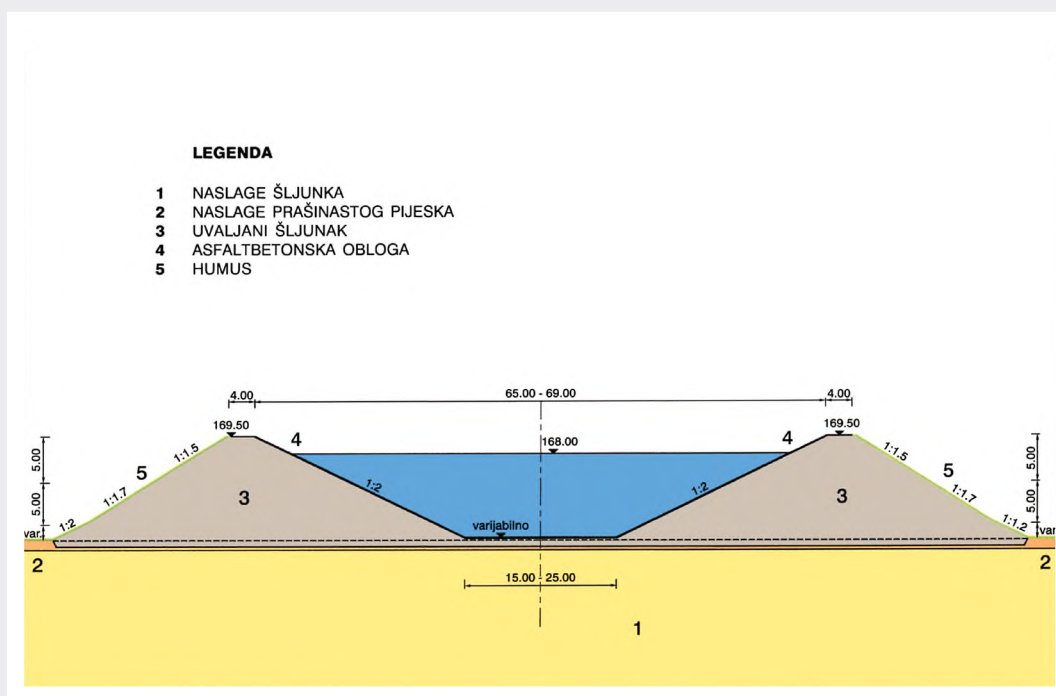




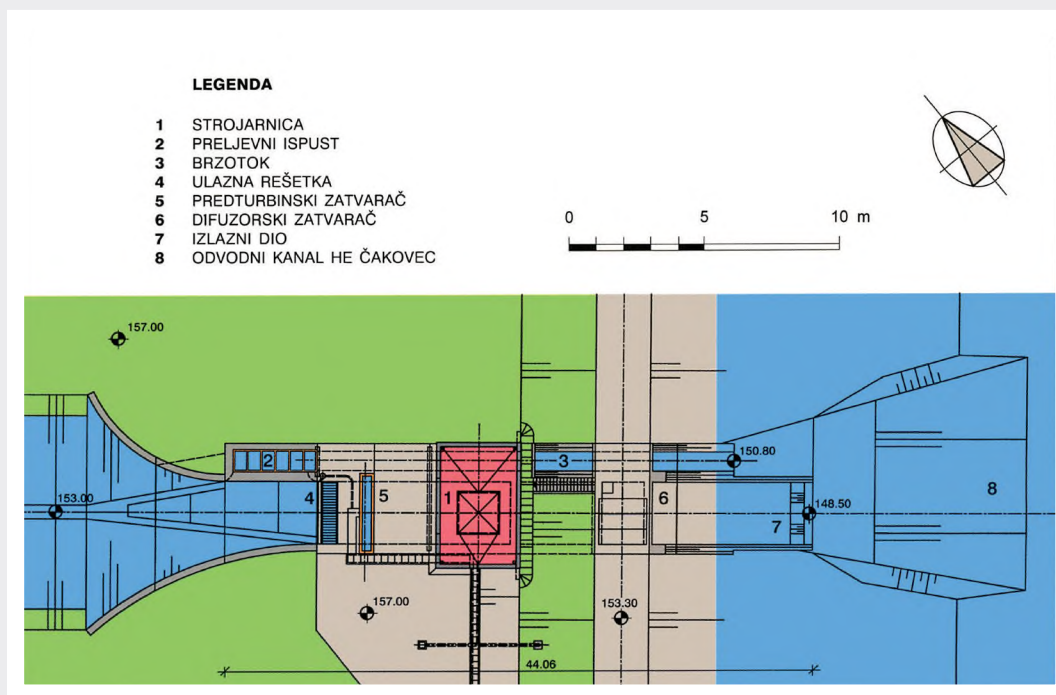
PRESJEK KROZ
PROTOČNO
POLJE BRANEPOPREČNI
PRESJEK
OBODNIH
NASIPA



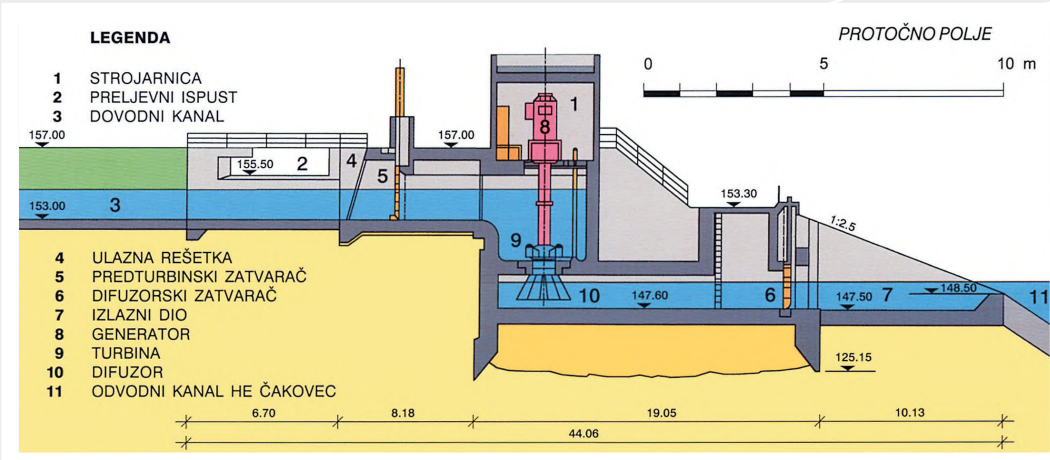
POPREČNI
PRESJEK
DOVODNOG
KANALA



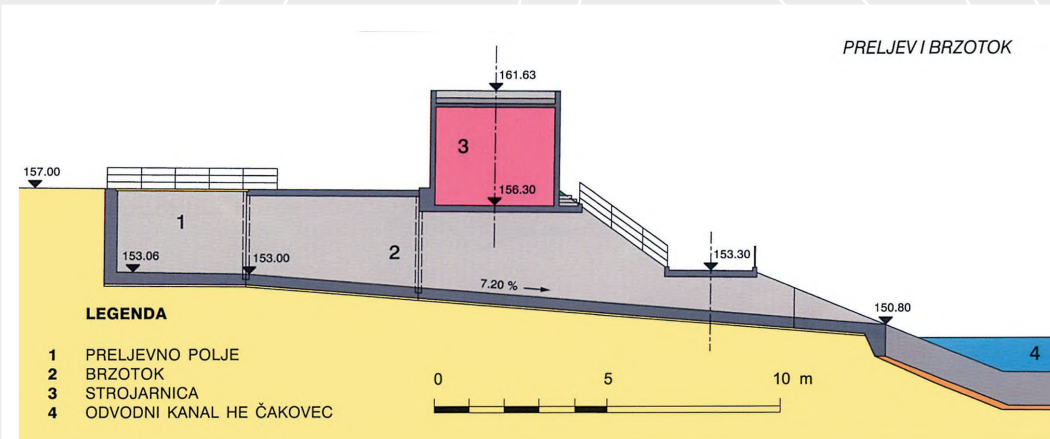
TLOCRT MALE
HE ČAKOVEC



UZDUŽNI PRESJECI MALE
HIDROELEKTRANE ČAKOVEC



PROTOČNO POLJE

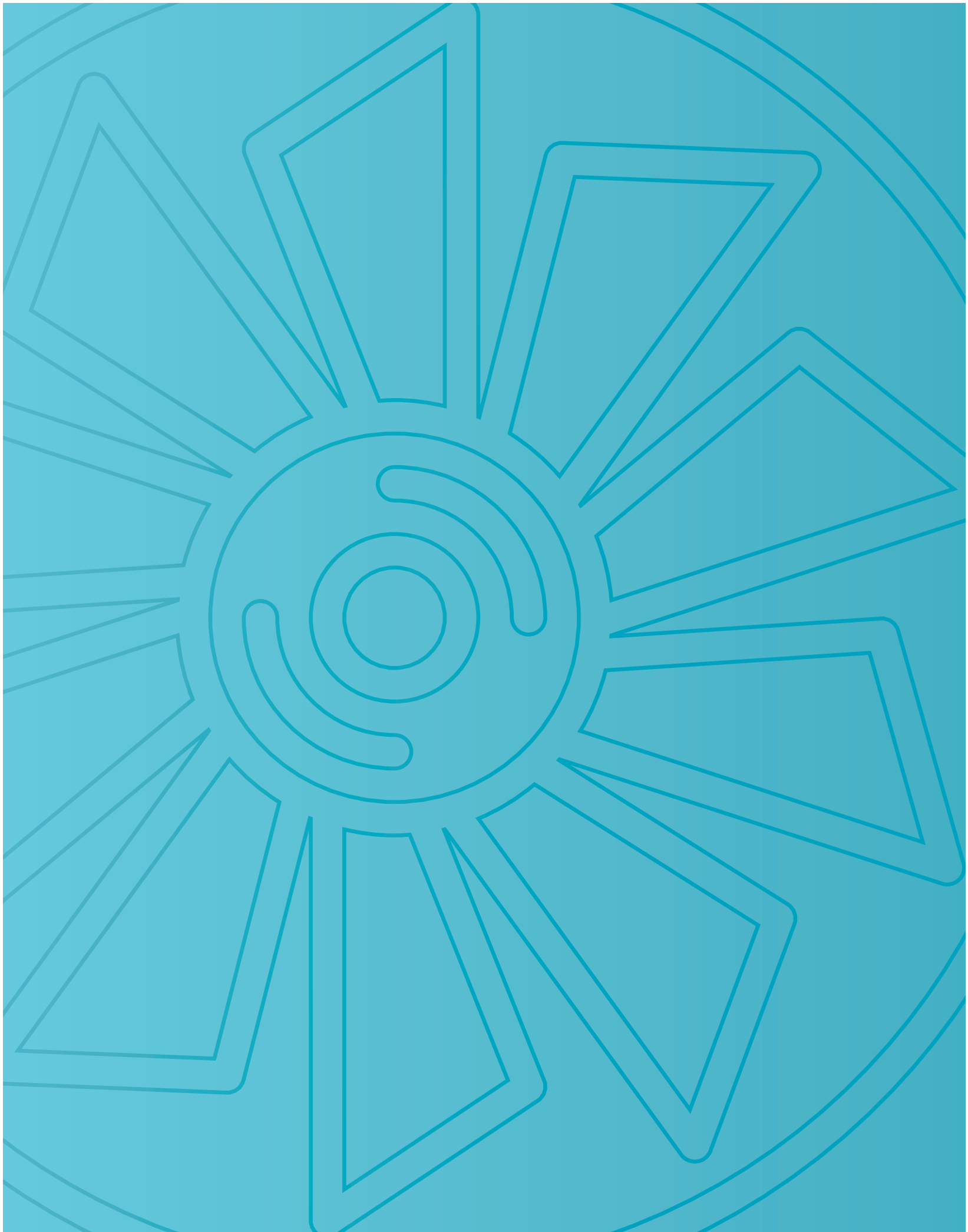


PRELJEV I
BRZOTOK



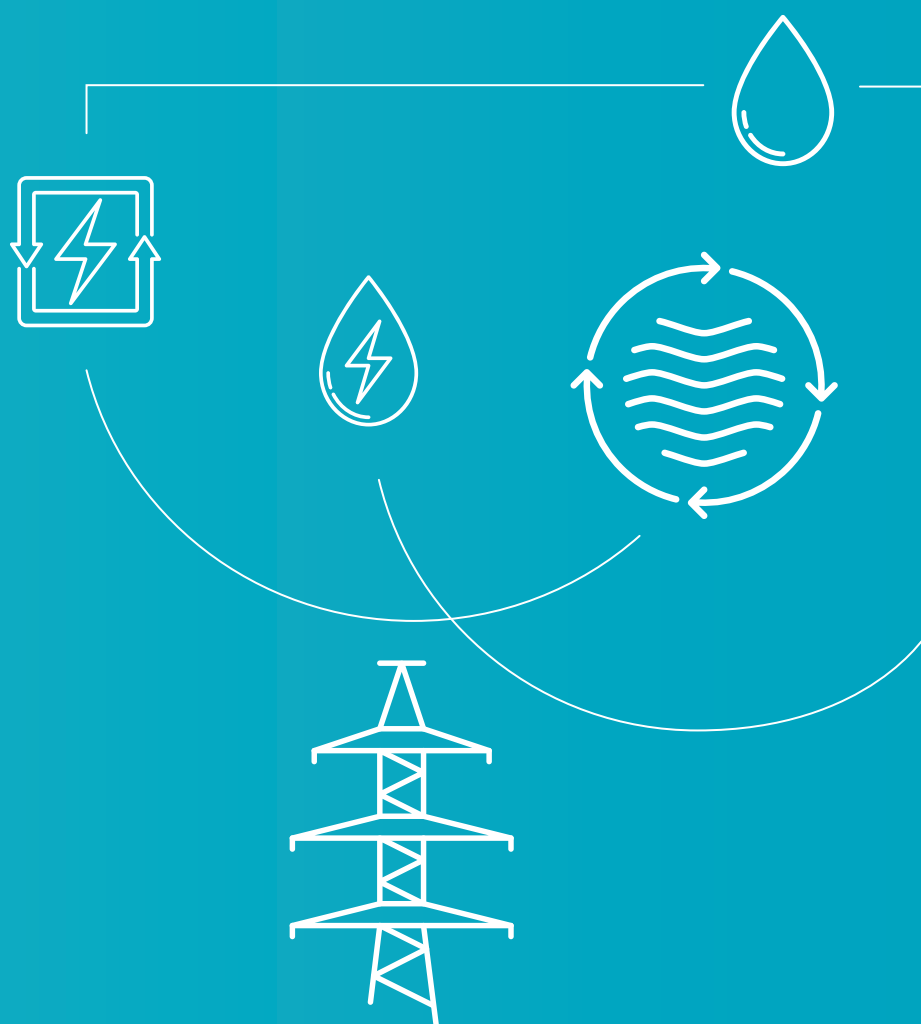






HE U SLIVU RIJEKE DRAVE

HE DUBRAVA



HE DUBRAVA

Hidroelektrana Dubrava je višenamjensko postrojenje i zadnja je u lancu tri hidroelektrane kojima se uređuje i koristi rijeka Drava u Hrvatskoj do ušća Mure.

Od ukupno 22 hidroelektrane izgrađene na vodotoku rijeke Drave, hidroelektrana Čakovec zadnja je u nizu. Smještena je na području Međimurske, Varaždinske i Koprivničko-križevačke županije, a obuhvaća dionicu rijeke od Hrženice do Donje Dubrave (r. km 267 do r. km 242). HE Dubrava je prema tipu elektrana protočna, niskotlačna, derivacijska HE s akumulacijom (površine 16,6 km² i zapremine 93,5 hm³) za dnevno i djelomično tjedno uređenje protoka. Za razliku od uzvodnih HE na Dravi s klasičnim Kaplan turbinama u HE Dubrava (kao i u HE Čakovec) su ugrađena dva agregata s horizontalnim cijevnim turbinama. S proizvodnjom električne energije je započela 1989. godine.

Hidroelektrana se, jednako kao i uzvodne, nalazi u prostranoj aluvijalnoj dolini koja je sastavljena od debelih kvartarnih šljunkovitih naslaga s vrlo plitkom podzemnom vodom. U odnosu na uzvodne elektrane brana HE Dubrava je najviša, akumulacija najveća, a derivacijski kanal najkraći. Prednost velike akumulacije su mali gubitci na padu uzrokovani dnevnim uređenjem dotoka, a mana su veliki procjedni gubitci.

Hidroelektrana se sastoji od akumulacijskog jezera s obodnim nasipima, dovodnog i odvodnog kanala, pokretnog i nasutog dijela brane, ulazne građevine te strojarnice. Hidroelektrana ima ugrađena dva glavna agregata s horizontalnim cijevnim turbinama i generatorima *u kruški*.

U ovoj hidroelektrani, jednako kao na uzvodnoj, upotrijebljene su cijevne turbine s vodoravnom osovinom i

generatorima *u kruški*. Prednosti takvog rješenja se očituju u manjim građevinskim troškovima strojarnice, monolitnoj konstrukciji strojarnice, turbinama s visokim stupnjem korisnosti, u tome što nije potreban poseban regulator protoka, što postoji mogućnost odvoda poplavnih voda kada je elektrana izvan pogona te većoj sigurnosti i pouzdanosti pogona zahvaljujući brzom nizvodnom turbinskom zatvaraču.

Hidroelektrana Dubrava u svom sastavu ima i tri male hidroelektrane. U lijevom upornjaku brane nalazi se agregat biološkog minimuma cijevnog tipa i služi za ispuštanje biološkog minimuma od 8 m³/s u staro korito rijeke nizvodno od brane. Agregat snage 1,1 MW je započeo s proizvodnjom 1989. godine. Druga i treća mala hidroelektrana smještene su pri ušću lijevog drenažnog jarka u odvodni kanal HE Dubrava i koriste vode lijevog drenažnog jarka. Sastoje se od agregata tipa Kaplan s vertikalnom osovinom, instalirane snage 0,34 MW po agregatu. Puštene su u pogon 1991. godine.

Raspoloživa snaga elektrane je 79,78 MW – agregat A (39 MW), agregat B (39 MW), agregat C (1,1 MW), agregat D (0,34 MW) i agregat E (0,34 MW), a ukupni instalirani protok hidroelektrane je 500 m³/s. Priključak hidroelektrane Dubrava na elektroenergetski sustav Republike Hrvatske izveden je preko dva dalekovoda 110 kV. S generatorskog napona 6,3 kV energija se transformira na napon 110 kV i preko rasklopnog postrojenja distribuira u pravcu TS Koprivnica i TS Prelog.

Prosječna godišnja proizvodnja električne energije HE Dubrava iznosi 350 GWh.

HE DUBRAVA

ENERGETSKI PODATCI	normalni uspor	146,60 m n. v.
	instalirani protok	500 m ³ /s
	bruto pad na strojarnici	16 do 20 m
	instalirana snaga na stezaljkama generatora	79,78 MW
	moгуća prosječna godišnja proizvodnja	350 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Kaplan, cijevna
	broj proizvodnih jedinica	2
	nazivni protok	250 m ³ /s
	broj okretaja	125 okr/min
	snaga	43,5 MW

generatori	snaga	42 MVA
	faktor snage	0,95
	napon generatora	6,3 kV

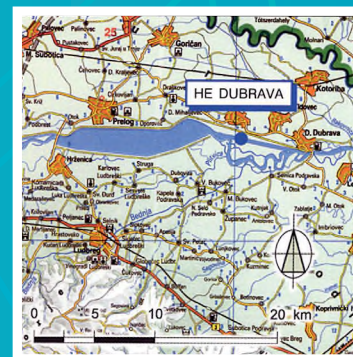
MALA PROIZVODNA JEDINICA

brana	turbina	cijevna vodoravna
	snaga	1,1 MW
	instalirani protok	10 m ³ /s
	generator	sinkroni, 1,4 MVA

lijevi drenažni jarak	turbina	Kaplan, vertikalna
	snaga	2 x 340 kW
	instalirani protok	13,2 m ³ /s

projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska
	Građevinski fakultet u Zagrebu, Hrvatska
	Institut GEOEXPERT - Zagreb, Hrvatska
	Institut građevinarstva Hrvatske - Zagreb, Hrvatska

građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska
	GRO VLADIMIR GORTAN - Zagreb, Hrvatska
	GRO VIADUKT - Zagreb, Hrvatska
	G.K. MEĐIMURJE - Čakovec, Hrvatska
	VRO-Drava-Dunav - Osijek, Hrvatska
	PZC - Varaždin, Hrvatska



oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija METALNA - Maribor, Slovenija ĐURO ĐAKOVIĆ - Slavonski Brod, Hrvatska DALEKOVOD - Zagreb, Hrvatska MONTER - Zagreb, Hrvatska ELEKTRA - Čakovec, Hrvatska
početak rada elektrane	Završetak gradnje i početak rada elektrane 1989. godine

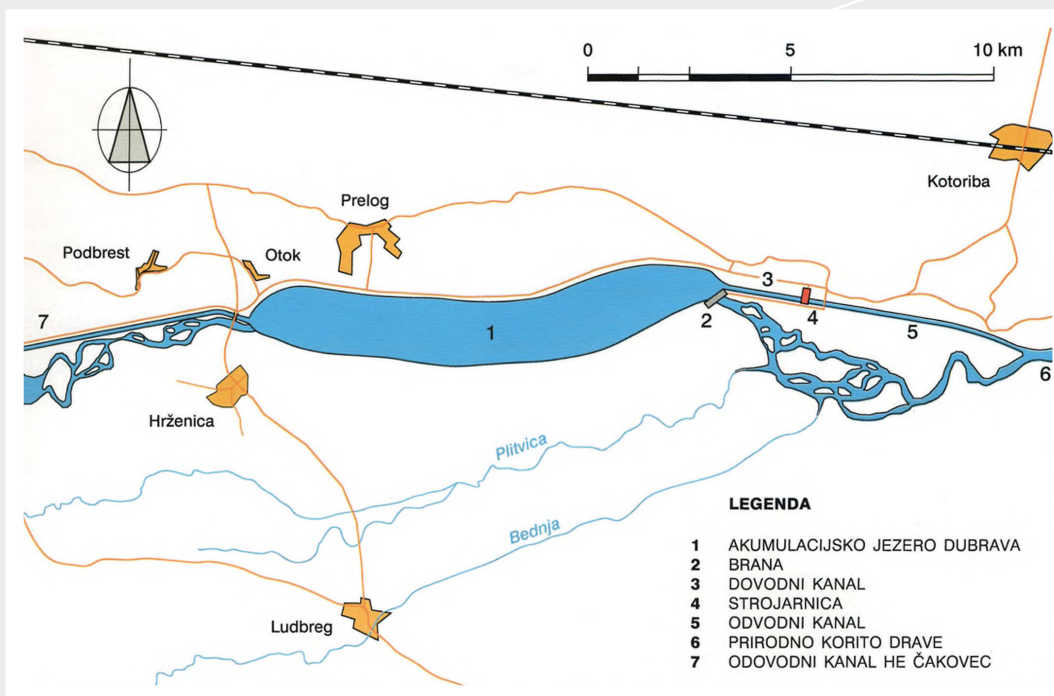


Rekordna maksimalna godišnja proizvodnja HE Dubrava zabilježena je 2014. godine s proizvedenih 544 GWh, a minimalna godišnja proizvodnja zabilježena je 1995. godine s proizvedenih 166 GWh električne energije. Uz proizvodnju električne energije HE Dubrava pruža i tercijarnu regulaciju kao pomoćnu uslugu sustavu.

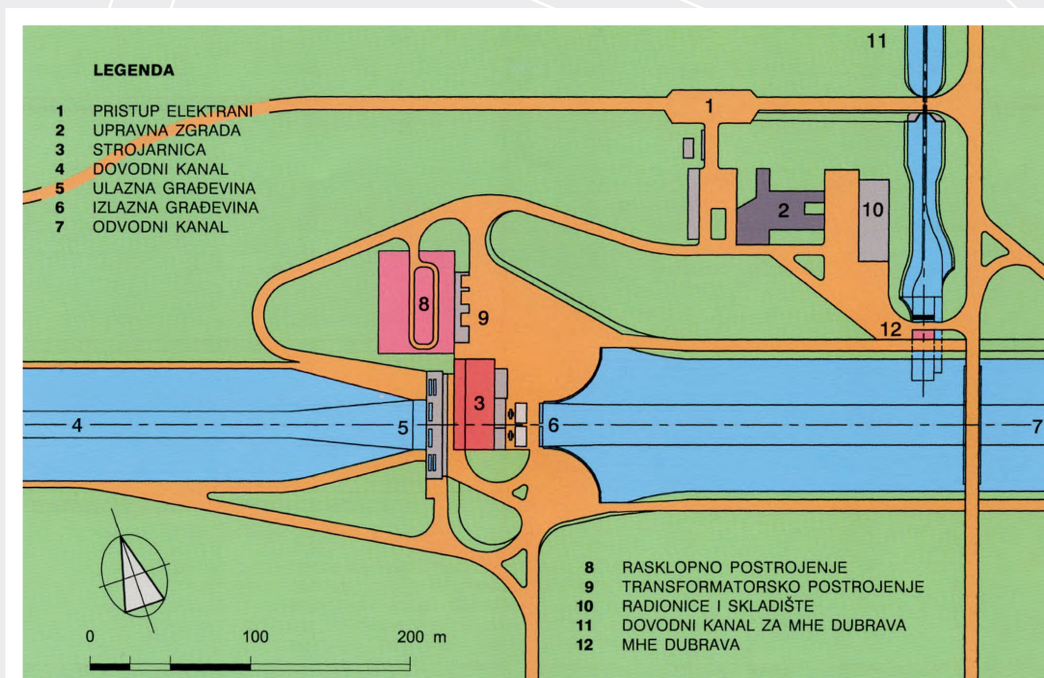
Od 2006. godine HE Dubrava uvedena je u jedinstven sustav upravljanja kvalitetom i okolišem prema normama

ISO 9001 i ISO 14001 što predstavlja potvrdu usuglašenosti sa svim zahtjevima normi, usvojenom politikom upravljanja kvalitetom i okolišem te zakonskim i ostalim zahtjevima koji su obvezni u procesima koji se obavljaju na PP HE Sjever, uz trajno opredjeljenje za očuvanje bioloških i drugih prirodnih vrijednosti okoliša u okolini elektrane.

HE Dubrava je od 1998. godine uključena u sustav daljinskog upravljanja iz Centra proizvodnje Sjever.

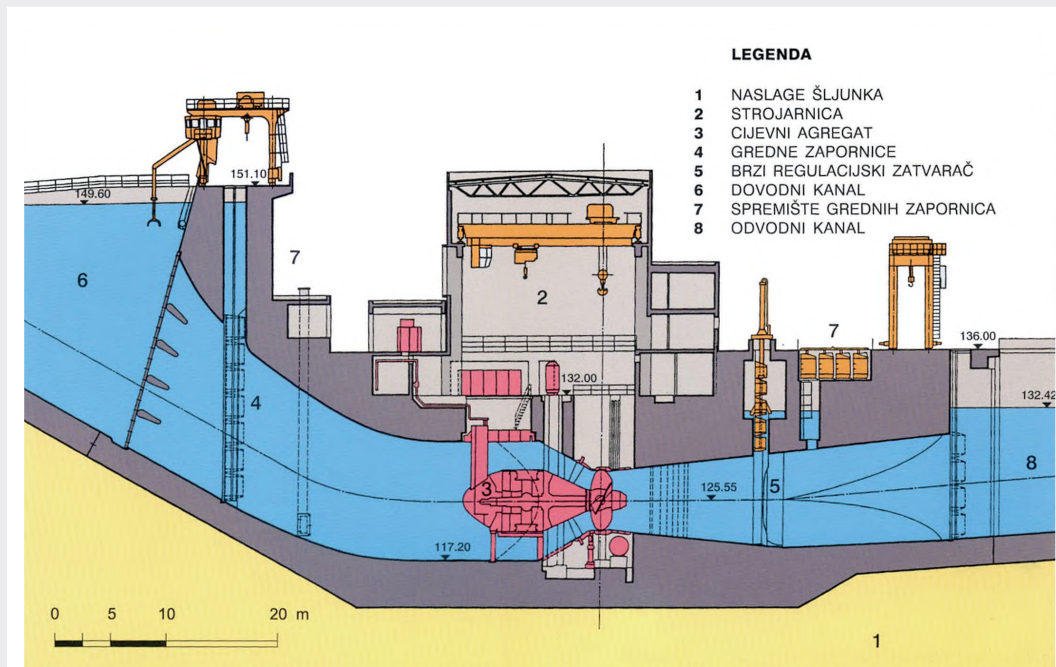


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA
HE DUBRAVA

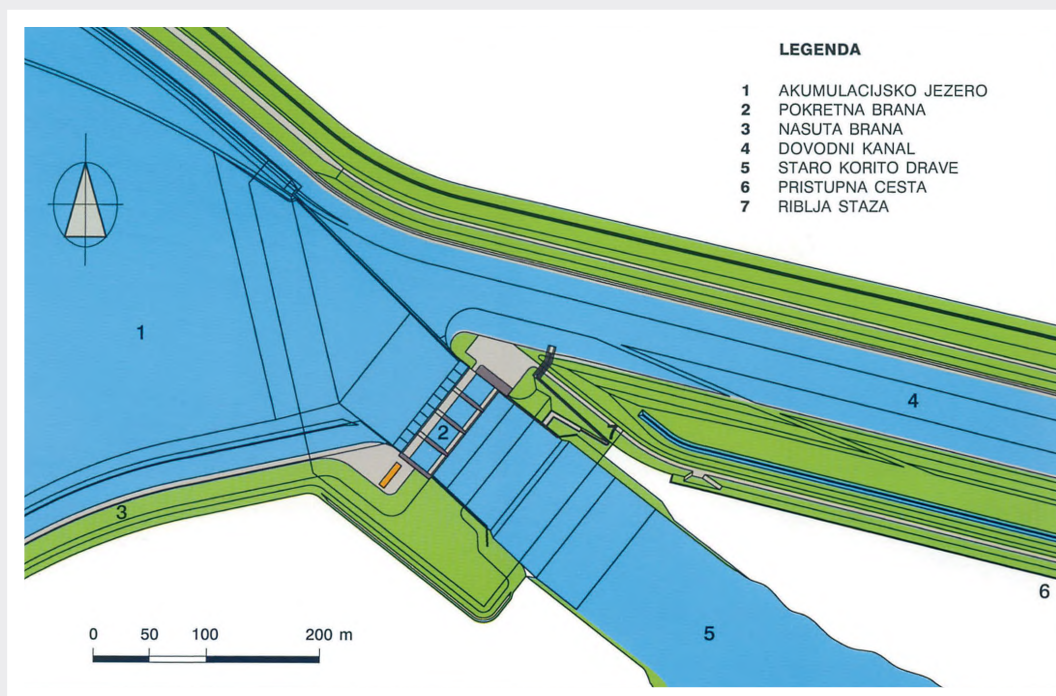


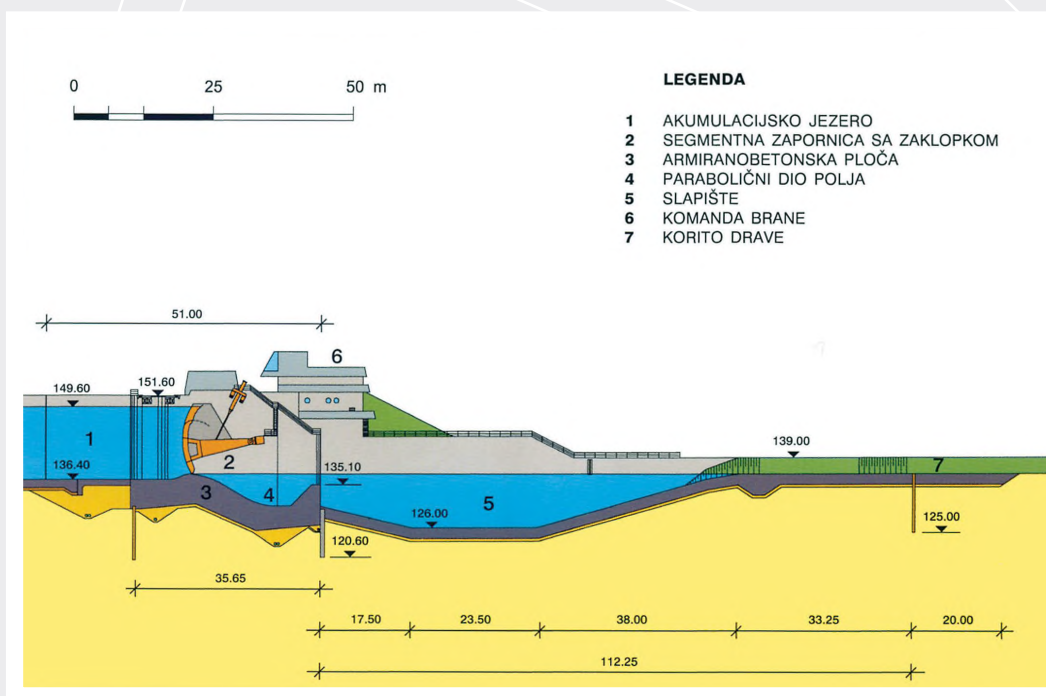
OBJEKTI ČVORA
STROJARNICE

POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE

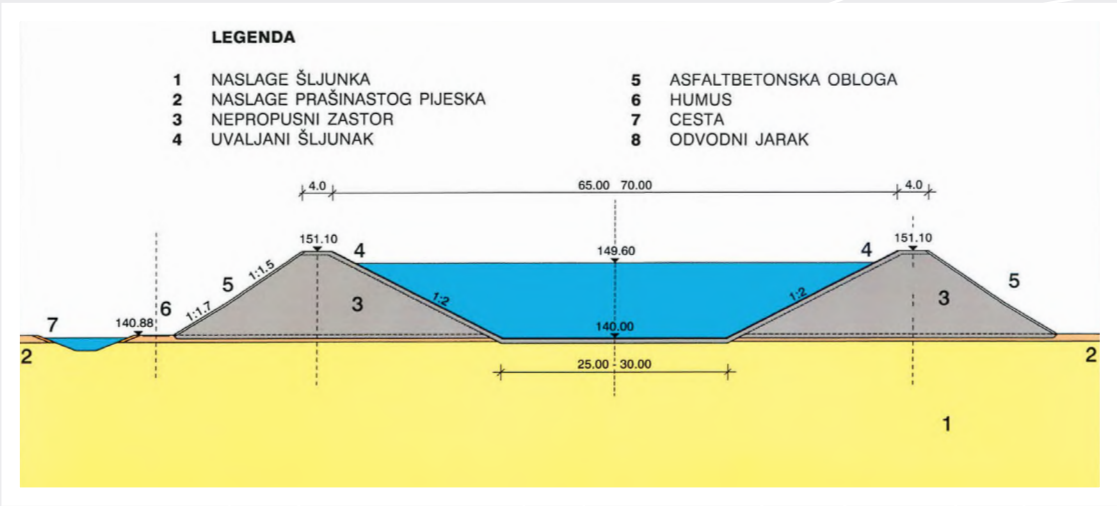


POKRETNNA
BRANA I ULAZ U
DOVODNI KANAL



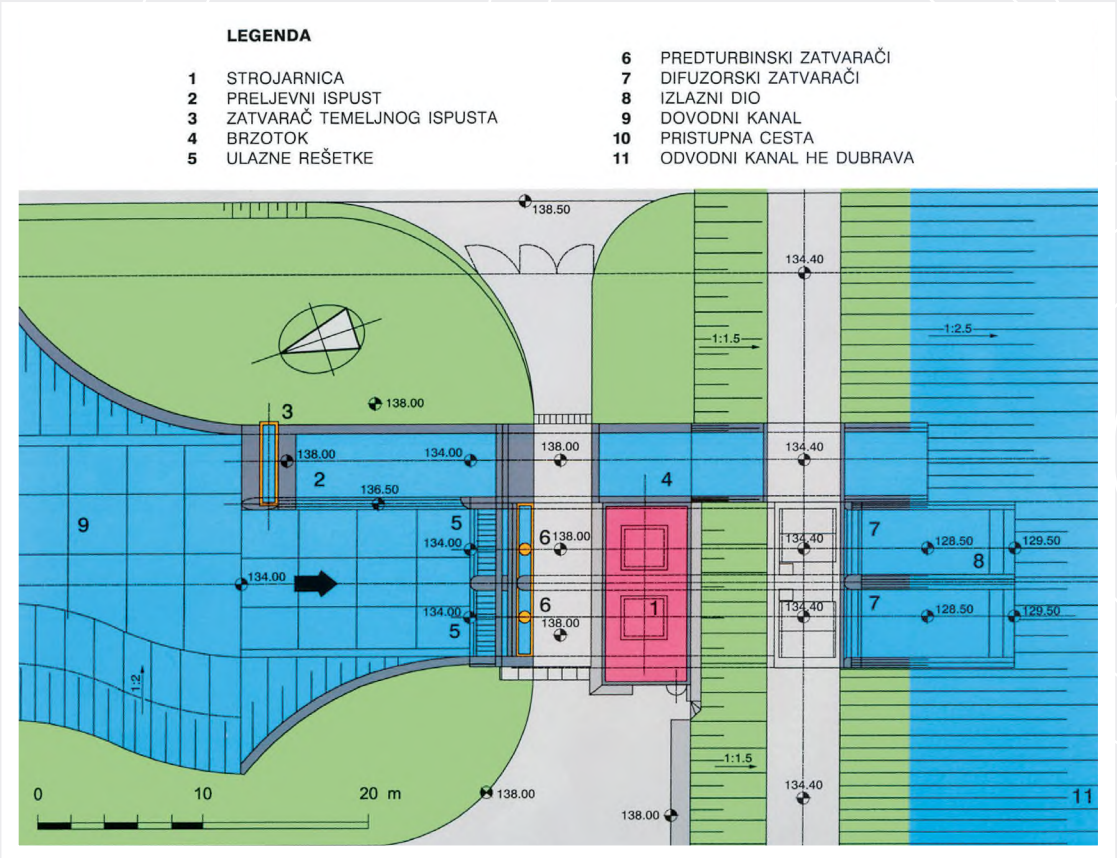


POPREČNI PRESJEK
POKRETNE BRANE

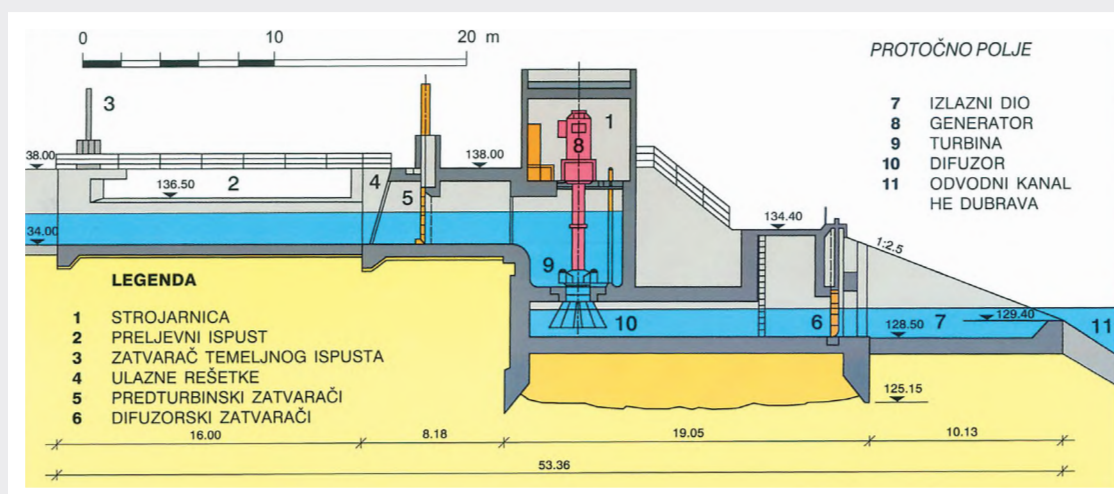


POPREČNI PRESJEK
DOVODNOG KANALA

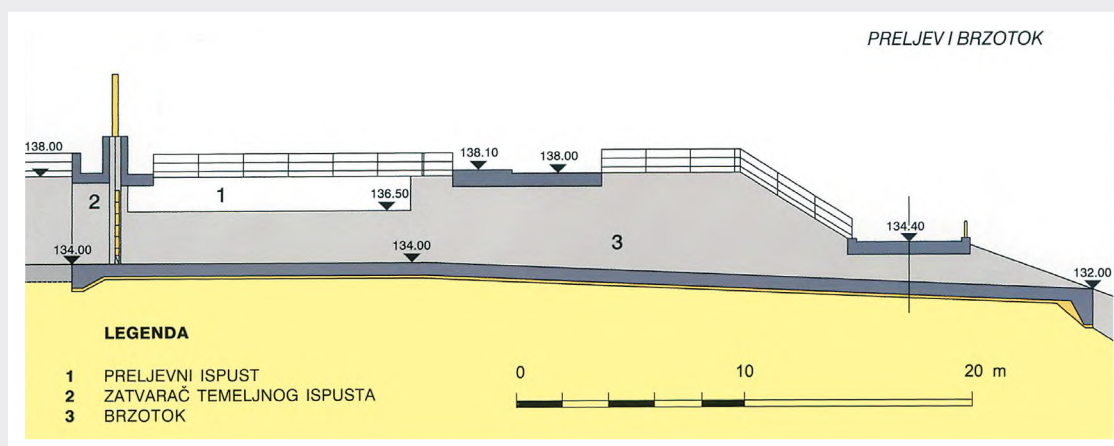
TLOCRT MALE HE DUBRAVA



UZDUŽNI PRESJECI MALE HE DUBRAVA



PROTOČNO POLJE MALE HE DUBRAVA



PRELJEV I BRZOTOK MALE HE DUBRAVA





HE U SLIVU RIJEKE

KUPE

HE Ozalj 57

HE Gojak 65

HE Zeleni vir 75

HE Lešće 81

HE U SLIVU RIJEKE **KUPE**

Rijeka Kupa izvire na sjeveroistočnoj padini Risnjaka i utječe u rijeku Savu kod Siska. Dužina njezina toka je 294,4 km s visinskom razlikom od 227 m i prosječnim padom od 0,77 ‰.

Površina sliva rijeke Kupe iznosi oko 9202 km², srednja godišnja količina oborina 1371 mm, a srednji protok na ušću u rijeku Savu je 228 m³/s.

Glavi pritoci rijeke Kupe su Kupica sa srednjim protokom 14,7 m³/s, rijeka Dobra s 40,1 m³/s, Korana s Mrežnicom s 58,9 m³/s te Glina sa srednjim protokom od 15,0 m³/s.

Do danas su duž cijelog sliva izgrađene četiri hidroelektrane: HE Ozalj I i HE Ozalj II na Kupi, HE Gojak na Ogulinskoj i Gojačkoj Dobri i HE Lešće na Dobri.

Hidroelektrana Ozalj I instalirane snage 4 MW, izgrađena je 1908. godine kao prva u njenom kontinentalnom dijelu i jedna je od najstarijih hidroelektrana u Hrvatskoj.

Izgrađena 1908. godine jedna je od najstarijih hidroelektrana u Hrvatskoj i prva u njenom kontinentalnom dijelu. Hidroelektrana Ozalj II instalirane snage 2,2 MW izgrađena je 1952. godine na drugoj obali, nasuprot hidroelektrane Ozalj I. Hidroelektrana Gojak instalirane snage 67,8 MW puštena je u pogon 1959. godine. Hidroelektrana Lešće instalirane snage 42,6 MW puštena je u pogon 2011. godine kao prva hidroelektrana izgrađena u nezavisnoj Republici Hrvatskoj. Slivu Kupe pripada i hidroelektrana Zeleni Vir izgrađena 1920. godine instalirane snage oko 1,8 MW koja koristi vodu potoka Curak.

Prema rezultatima projekta „Kompleksno uređenje sliva Kupe“ koji je izradio Elektroprojekt – Zagreb, sliv Kupe u prirodnom stanju ima bruto

energetski potencijal od 1150 GWh od kojih 766 GWh na rijeci Kupi, 201 GWh na rijeci Mrežnici, 96 GWh na rijeci Dobri i 86 GWh na rijeci Korani.

Osim izgrađenih hidroelektrana Ozalj, Gojak i Lešće u slivu rijeke Kupe razmatrana je izgradnja još 26 hidroelektrana i to: pet na rijeci Dobri, jedne na rijeci Dretulji, četiri na rijeci Mrežnici, pet na rijeci Korani, jedanaest na rijeci Kupi. Najdalje se otišlo s projektima HE Brodarci i HE Lučica.

Vodoprivredno-energetska stepenica Brodarci, na rijeci Kupi, višenamjensko je postrojenje koje osim hidroelektrane ima i objekt za prevođenje velikih voda rijeke Kupe, kanalom Kupa-Kupa, u retenciju Kupčina, a zatim ponovno u Kupu nizvodno od Karlovca. Na taj način rješava se i obrana Karlovca od velikih voda rijeke Kupe. Pregrađivanje Kupe predviđa se raščlanjenom branom visine 10 m. Hidroelektrana je pribranska instalirane snage oko 10 MW i prosječne godišnje proizvodnje 50 GWh.

Vodoprivredno-energetska stepenica Lučica na rijeci Korani također je višenamjensko postrojenje koje, osim proizvodnje električne energije, služi i za regulaciju velikih vodnih valova rijeke Korane te za vodoopskrbu kapaciteta 12 m³/s. Akumulacijsko jezero volumena 295 mil. m³ formira se izgradnjom betonske lučne brane uz koju je predviđena pribranska hidroelektrana instalirane snage 43,2 MW i prosječne godišnje proizvodnje 92 GWh.





HE U SLIVU RIJEKE KUPE

HE OZALJ



HE OZALJ

HE Ozalj sastoji se

od dvije odvojene

hidroelektrane:

HE Ozalj I i HE Ozalj II.

To su protočne

pribranske elektrane

smještene na rijeci Kupi

u njenom srednjem

toku u gradu Ozlju.

HE Ozalj I smještena je na desnoj obali rijeke Kupe, a nasuprot nje na lijevoj obali HE Ozalj II. Hidroelektrane koriste vode s oborinskog područja gornjeg i srednjeg toka rijeke Kupe površine oko 2190 km².

HE Ozalj I je najstarija hidroelektrana u Hrvatskoj koja još uvijek proizvodi električnu energiju u izvornom objektu od kako je puštena u rad 1908. godine za potrebe rasvjete grada Karlovca, a nazvana je "Munjara grada Karlovca". Strojarnica HE Ozalj I građena je u stilu neoromantizma na temelju arhitektonskog projekta Hermanna Bollea i predstavlja izvanredan primjer industrijske arhitekture s početka dvadesetog stoljeća te ima izuzetno značenje kao tehničko kulturno dobro. Naime, Rješenjem Uprave za zaštitu kulturne baštine Ministarstva kulture od 2007. g. HE Ozalj I je dobila status zaštićenog kulturnog dobra.

Ovaj zavidni status donio je vlasnicima, projektantima i izvođačima vrlo složenu zadaću kod provedbe budućih rekonstrukcija i zamjena postojeće opreme. S jedne strane, mora se u cijelosti zadržati vanjski izvorni izgled postojećih agregata, interijera i zgrade strojarnice, dok se s druge strane, uz primjenu suvremenih dostignuća u projektiranju i tehnologiji izrade hidroagregata mora postići što povoljnije iskorištenje raspoloživog vodnog potencijala kako bi se osigurala pouzdana proizvodnja električne energije iz HE Ozalj I, što je i namjena objekta.

U prvoj fazi izgradnje "Munjare grada Karlovca" koja je započela 1907. godine ugrađene su dvije proizvodne jedinice, a 1913. godine ugrađena je i treća proizvodna

jedinica pa je tako ukupna snaga elektrane porasla s 2,2 MW na današnjih 3,3 MW.

HE Ozalj II izgrađena je 1952. godine i ima dvije proizvodne jedinice ukupne snage 2,2 MW.

Izgradnjom brane visine 7,5 m i dužine 77 m na prirodnoj stepenici u koritu rijeke Kupe formiran je akumulacijski bazen s maksimalnim radnim vodostajem na koti 120,63 m n. v., ukupnog volumena 1,4 mil. m³ i korisnog volumena 0,55 mil. m³.

Elektrane su s branom i pripadajućim objektima smještene u prirodnom koritu rijeke Kupe pa je neko značajnije akumuliranje na dužoj vremenskoj bazi praktički nemoguće, pogotovo imajući u vidu mali korisni volumen akumulacije.

Brana je gravitacijska s preljekom po cijeloj dužini, a izgrađena je od kamenih blokova povezanih cementnim mortom. Godine 1952. nadvišena je za 0,5 m, ima četiri temeljna i dva muljna ispusta.

Nizvodno od brane na lijevoj i desnoj obali smještene su dvije strojarnice s dvije, odnosno tri proizvodne grupe ukupnog instaliranog protoka 85 m³/s koje koriste bruto pad od 9,7 m ukupne instalirane snage od 5,5 MW i srednje godišnje proizvodnje od 23,9 GWh.

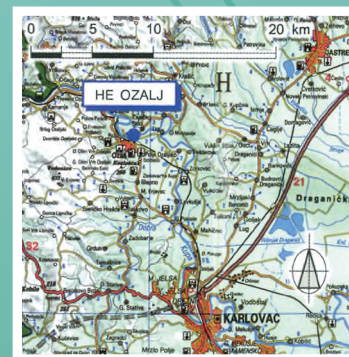
U razdoblju 1992. - 1997. zamijenjene su u HE Ozalj I sve tri turbine, turbinska vratila i među vratila te vodeći i nosivi ležajevi. Zamjenom turbina stvoreni su uvjeti za instalaciju generatora veće snage zadržavajući vanjski izvorni izgled postojećih agregata.

Nakon 108 godina uspješne eksploatacije započela je 2016. godine petogodišnja

HE OZALJ

ENERGETSKI PODATCI	bruto pad	9,70 m
	instalirani protok	85 m ³ /s
	instalirana snaga na stezaljkama generatora	5,5 MW
	srednja godišnja proizvodnja	23,9 GWh

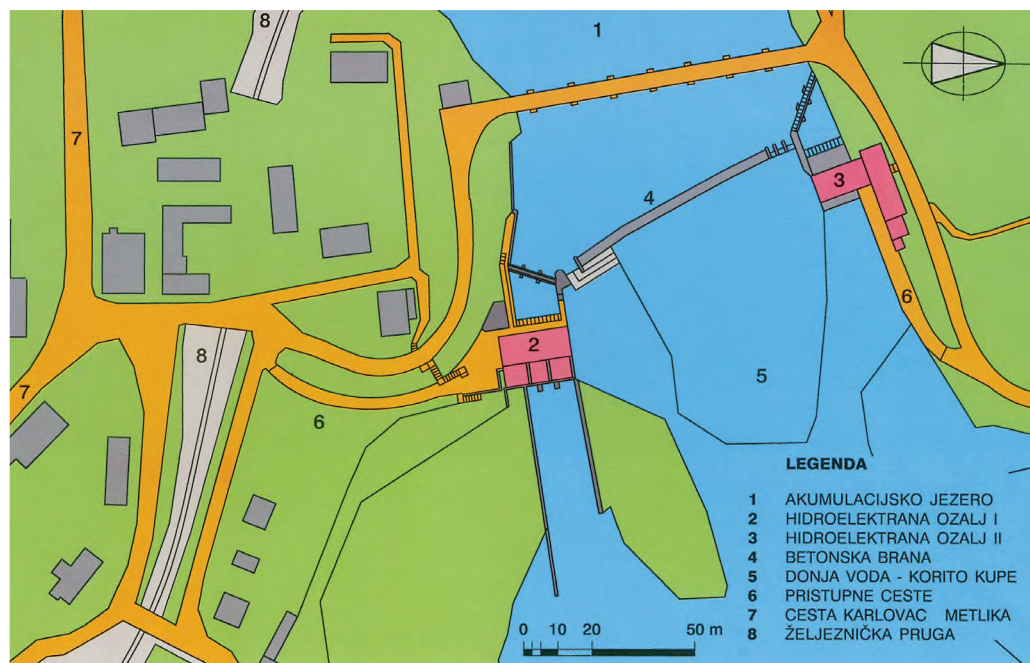
PODATCI O OPREMI		HE OZALJ I	HE OZALJ II
turbine	tip	Francis	Kaplan
	komada	3	2
	snaga	3 x 1,34 MW	2 x 1,3 MW
	broj okretaja	107 okr/min	300 okr/min
	nazivni protok	17 m ³ /s	17 m ³ /s
generatori	tip	sinkroni, trofazni	sinkroni, trofazni
	komada	3	2
	snaga	3 x 1200 kVA	2 x 1800 kVA
	broj okretaja	107 okr/min	300 okr/min



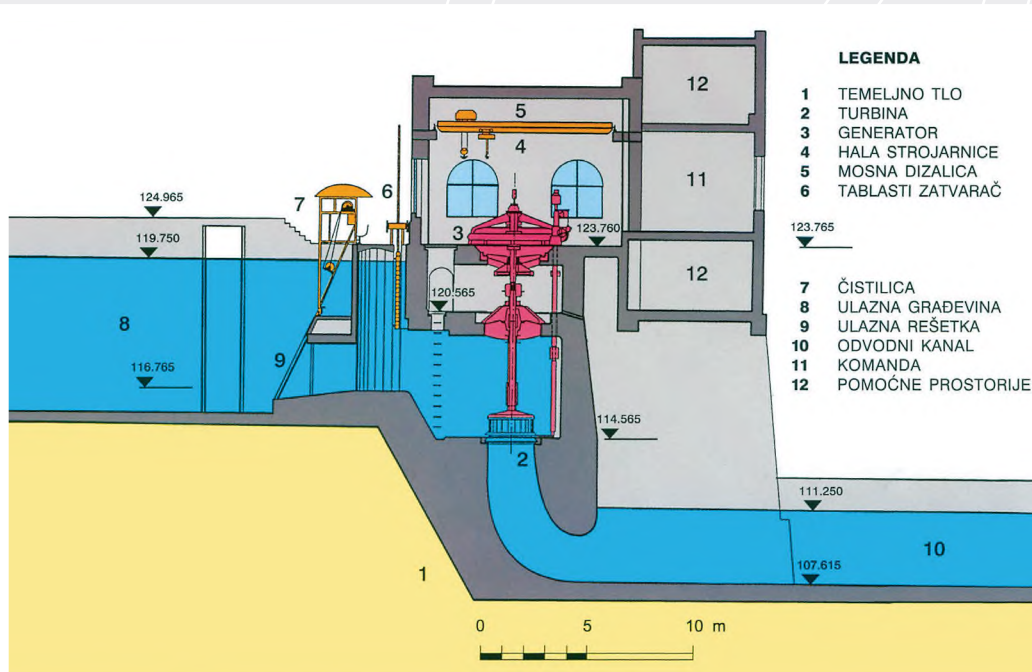
revitalizacija HE Ozalj I s izgradnjom postrojenja trafostanice 35/10(20) kV za priključenje elektrana na elektroenergetski sustav RH i distribucijsku mrežu grada Ozlja. U periodu 2017. – 2019. godine zamijenjena su sva tri generatora s pripadnim sustavima uzbude i turbinske regulacije te sekundarna energetska oprema. Ugrađeni su generatori snage 3 x 1,4 MW, sukladno povećanoj snazi turbina ugrađenih krajem 20. stoljeća te mrežni transformator 5/10(20) kV snage 6 MVA.





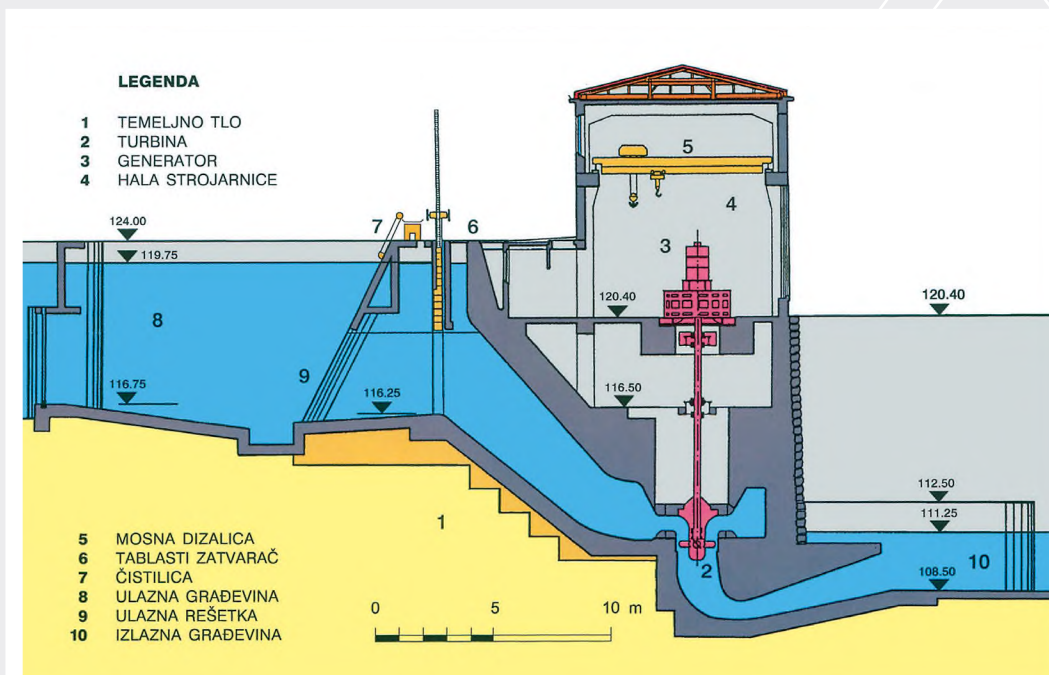


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA
HE OZALJ I i II

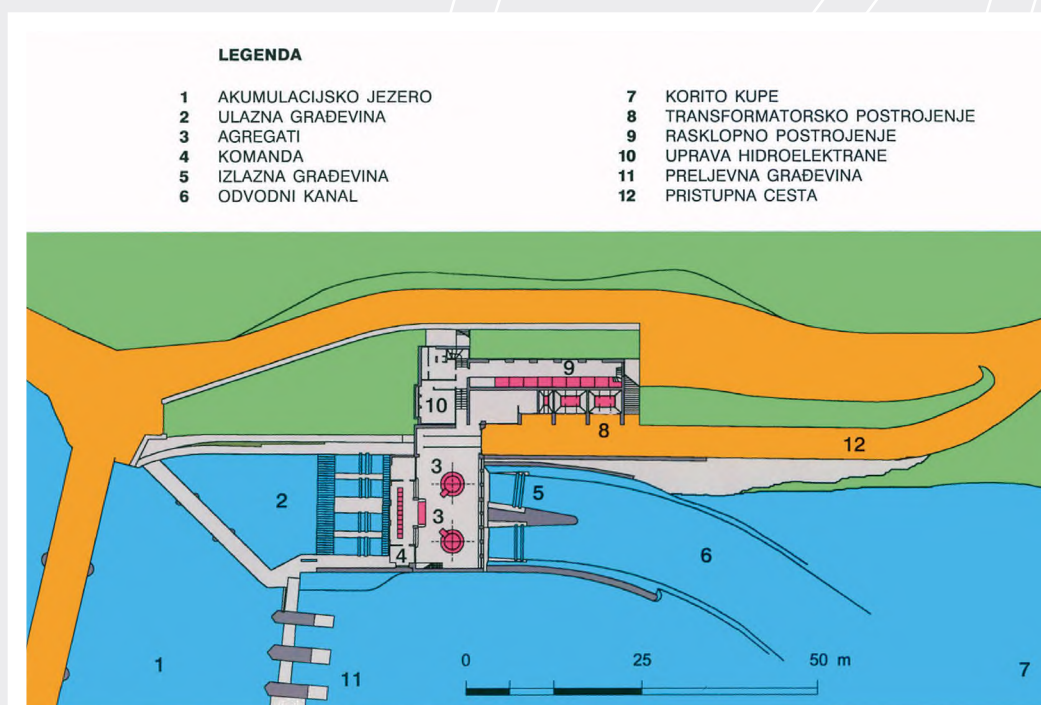


UZDUŽNI PRESJEK
HE OZALJ I





UZDUŽNI PRESJEK
HE OZALJ II

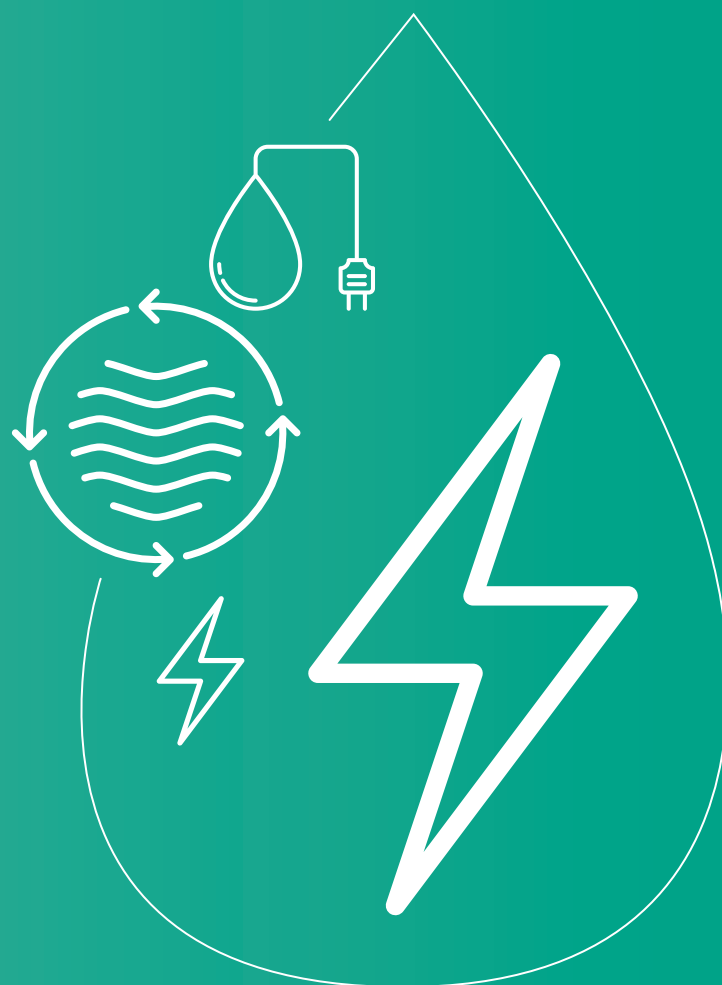


TLOCRT
STROJARNICE
HE OZALJ II



HE U SLIVU RIJEKE KUPE

HE GOJAK



HE GOJAK

Hidroelektrana

Gojak je visokotlačno derivacijsko postrojenje, smješteno u blizini grada Ogulina, koje koristi energetske potencijal voda Gornje (Ogulinske) Dobre i Zagorske Mrežnice.

Obje rijeke su u prirodnom stanju ponornice i poniru u ogulinsko-oštarijskoj zaravni na nadmorskoj visini od 325 m. Sustav je pušten u pogon 1959. godine s ukupnim instaliranim protokom od 50 m³/s i instaliranom snagom od 48 MW. Nakon postupne višegodišnje revitalizacije opreme trenutni ukupni instalirani protok iznosi 57 m³/s te instalirana snaga 57 MW.

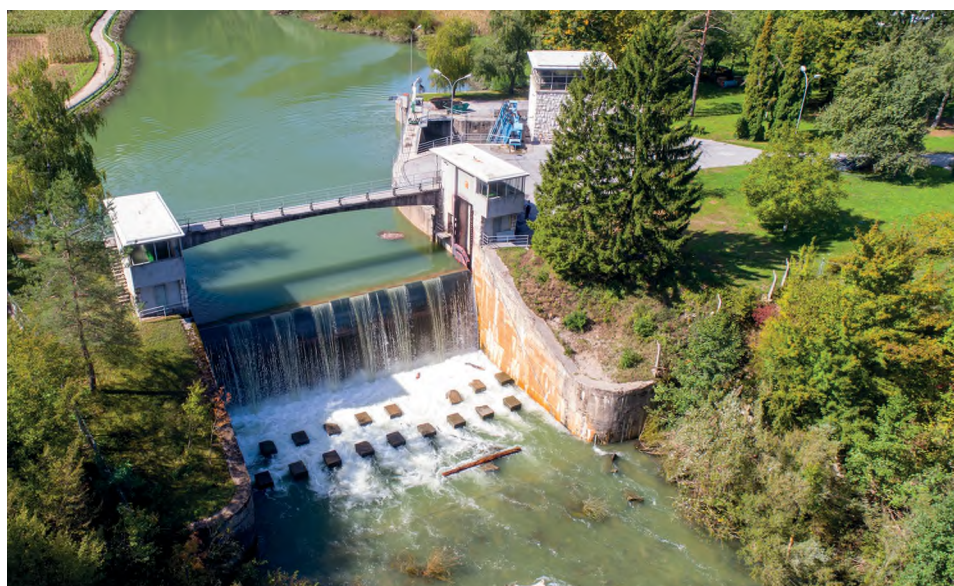
Hidroenergetski sustav Gojak čine akumulacijsko jezero Sabljaci s branom i ulaznom građevinom, akumulacijski jezero Bukovnik s branom i ulaznom građevinom, dovodni sustav koji se sastoji od dovodnog tunela Sabljaci – Bukovnik – vodna komora, tlačnog cjevovoda i strojarnica s rasklopnim postrojenjem.

Osnovna koncepcija rješenja sustava je prevođenje voda Zagorske Mrežnice tlačnim tunelom do zahvata Gornje

Dobre te zajedničkim tlačnim tunelom i tlačnim cjevovodom do strojarnice HE Gojak.

Zagorska Mrežnica zahvaćena je nasutom branom visine 9 m kod mjesta Sabljaci gdje je formirano akumulacijsko jezero Sabljaci korisnog volumena 3,3 mil. m³. Na lijevom boku brane Sabljaci smještena je betonska građevina s preljevom i temeljnim ispustom. Preljev je kapaciteta 120 m³/s opremljen automatskom zaklopkom duljine 16 m i visine 2,9 m. Temeljni ispust, s otvorom 2 x 3 m, opremljen je tablastim zatvaračem.

Neposredno uz branu Sabljaci smješten je ulazni uređaj tlačnog derivacijskog tunela promjera 4,5 m s grubom i finom rešetkom te glavnim i pomoćnim tablastim zatvaračem (4,5 x 4,5 m) kojim se voda iz akumulacijskog jezera Sabljaci prevodi do zahvata Ogulinske Dobre.



HE GOJAK

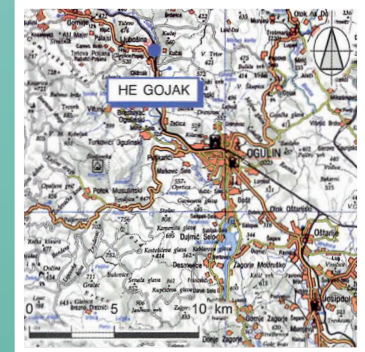
ENERGETSKI PODATCI	bruto pad	133,5 m
	instalirani protok	50 m ³ /sec
	prosječna godišnja proizvodnja	195,4 GWh
	instalirana snaga elektrane	75,4 MVA

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis spiralna, vertikalna
	komada	3
	nazivna snaga	24,1 MW
	nazivni protok turbine	20,5 m ³ /s
	nazivni neto pad	129,3 m
	Konstruktivni neto pad	105,0 m
	nazivna brzina vrtnje	428,57 okr/min
generatori	tip	Trofazni, sinkroni, vertikalni
	komada	3
	nominalna snaga	25 MVA
	nominalni napon	10500 V + 5%, -10%
	nominalna struja	1375 A - 5%, +10%
	frekvencija	50 Hz
	faktor snage	0.9/1
	nominalna brzina vrtnje	428.57 okr/min

KUĆNI AGREGAT

turbina	tip	Francis spiralna, horizontalna
	nazivna snaga	281 kW
	nazivni protok turbine	0,316 m ³ /s
	nazivni neto pad	110 m
	nazivna brzina vrtnje	1500 min ⁻¹
	brzina vrtnje u pobjegu	2700 min ⁻¹
generator	tip	trofazni sinkroni, horizontalna
	nazivna snaga	400 kVA
	nominalni napon	0,4 kV
	nominalna struja	580 A
	faktor snage	0.8
	nominalna brzina vrtnje	1500 okr/min



projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska
građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska ELEKTROSOND I GEOISTRAŽIVANJA - Zagreb, Hrvatska
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija METALNA - Maribor, Slovenija
Puštanje u pogon 1959. godine	

Ogulinska Dobra pregrađena je betonskom branom Bukovnik visine 13 m u čijem se temelju nalazi tlačni tunel koji iz jezera Sabljaci dovodi vode Zagorske Mrežnice. Brana Bukovnik opremljena je tropojasnim zatvaračem visine 5,2 m, raspona 24 m i kapaciteta preljeva 320 m³/s. Akumulacijski bazen koji je stvoren izgradnjom brane Bukovnik ima maksimalni radni vodostaj na koti 320,15 m n. v.

U akumulacijskom bazenu smještena je ulazna građevina kojom se Ogulinska Dobra zahvaća i neposredno iza zatvarača ulazne građevine spaja s tunelom koji dovodi vode Zagorske Mrežnice. Od tog spoja vode Zagorske Mrežnice i Ogulinske Dobre tlačnim derivacijskim tunelom dovode se do vodne i zasunske komore na Gojaku. Ukupna dužina tunela je 9386 m, promjer 4,5 m, a propusna moć 57 m³/s.

Iza zasunske komore voda se čeličnim tlačnim cjevovodom dovodi do strojarnice. Tlačni cjevovod je izveden kao čelična cijev slobodno položena u kosom tunelu, promjera od 3,4 m u gornjem dijelu do 3,2 m u donjem dijelu kod račve.

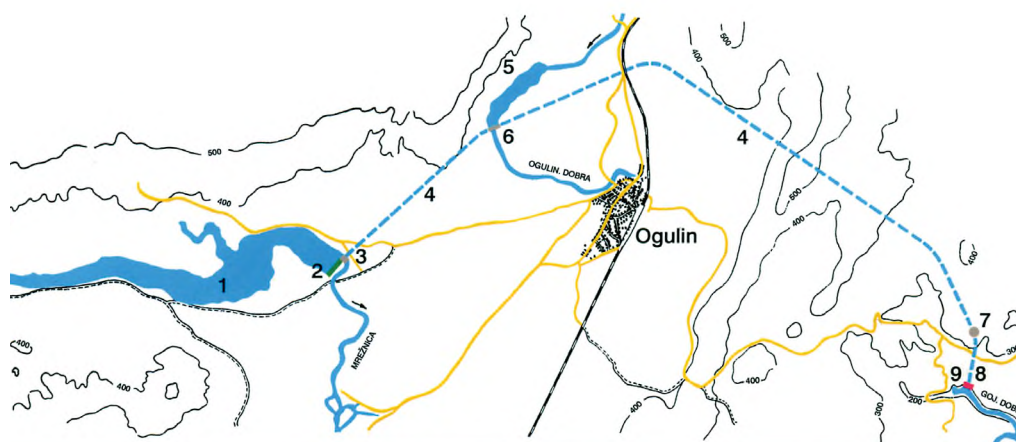
U strojarnici koja je izgrađena na lijevoj obali Donje Dobre, neposredno nizvodno od njenog prirodnog izvora, smještene su tri turbine tipa Francis s vertikalnom osovinom.

S ciljem poboljšanja sigurnosti rada, smanjenja gubitaka te optimiranja rada agregata, u razdoblju od 2000. do 2019. godine, revitalizirana je sva oprema i sustavi u elektrani. Ugrađeni su novi blok transformatori 10,5/115,5 kV, nazivne snage 25 MVA, nove turbine (Francis, vertikalne) nazivne snage 24,1 MW i nazivnog protoka 20,5 m³/s zajedno s turbinskom regulacijom, zamijenjen je cjelokupni sustav upravljanja i nadzora, poboljšana je stabilnost i protočnost dovodnog tunela te su zamijenjeni sinkroni generatori nazivne snage 25 MVA s pripadajućom opremom i sustavima. Novi instalirani protok HE Gojak je 57,0 m³/s (3x19 m³/s), a instalirana snaga 57 MW u paralelnom radu (3x19 MW).

Neposredno uz strojarnicu nalazi se 110 kV rasklopno postrojenje. Sastoji se od pet transformatorskih, pet dalekovodnih polja, spojnog te mjernog polja.

LEGENDA

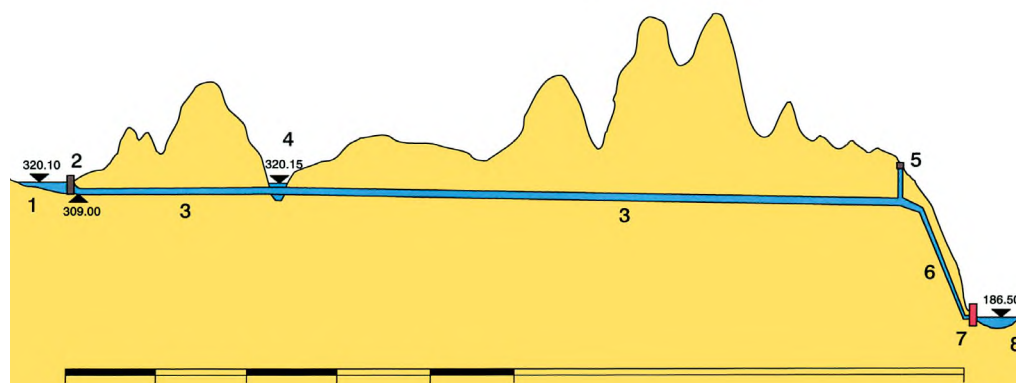
- | | | | |
|---|-------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | AKUMULACIJSKO JEZERO SABLJACI | 6 | BRANA BUKOVIK |
| 2 | BRANA SABLJACI | 7 | VODNA I ZASUNSKA KOMORA |
| 3 | ULAZNA GRAĐEVINA | 8 | DOVODNI TLAČNI CJEVOVOD |
| 4 | DOVODNI TLAČNI TUNEL | 9 | STROJARNICA |
| 5 | AKUMULACIJSKO JEZERO BUKOVIK | | |



PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA
HE GOJAK

LEGENDA

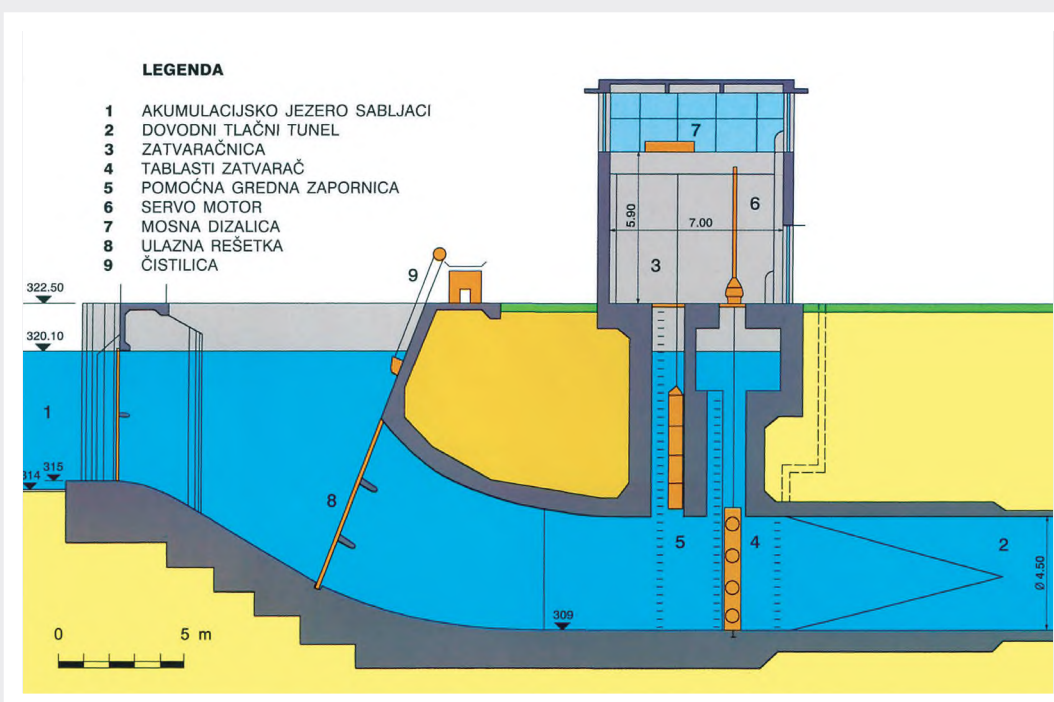
- | | |
|---|-------------------------|
| 1 | ZAGORSKA MREŽNICA |
| 2 | ULAZNA GREDEVINA |
| 3 | DOVODNI TLAČNI TUNEL |
| 4 | OGULINSKA DOBRA |
| 5 | VODNA I ZASUNSKA KOMORA |
| 6 | ČELIČNI TLAČNI CJEVOVOD |
| 7 | STROJARNICA |
| 8 | GOJAČKA DOBRA |

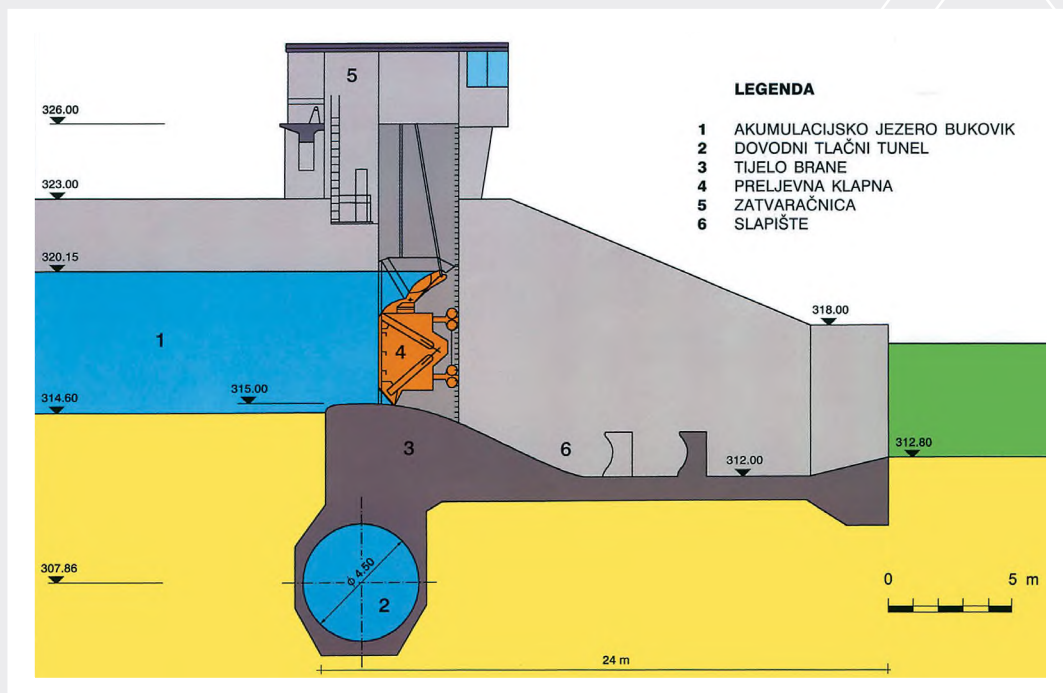


UZDUŽNI PRESJEK
POSTROJENJA
HE GOJAK

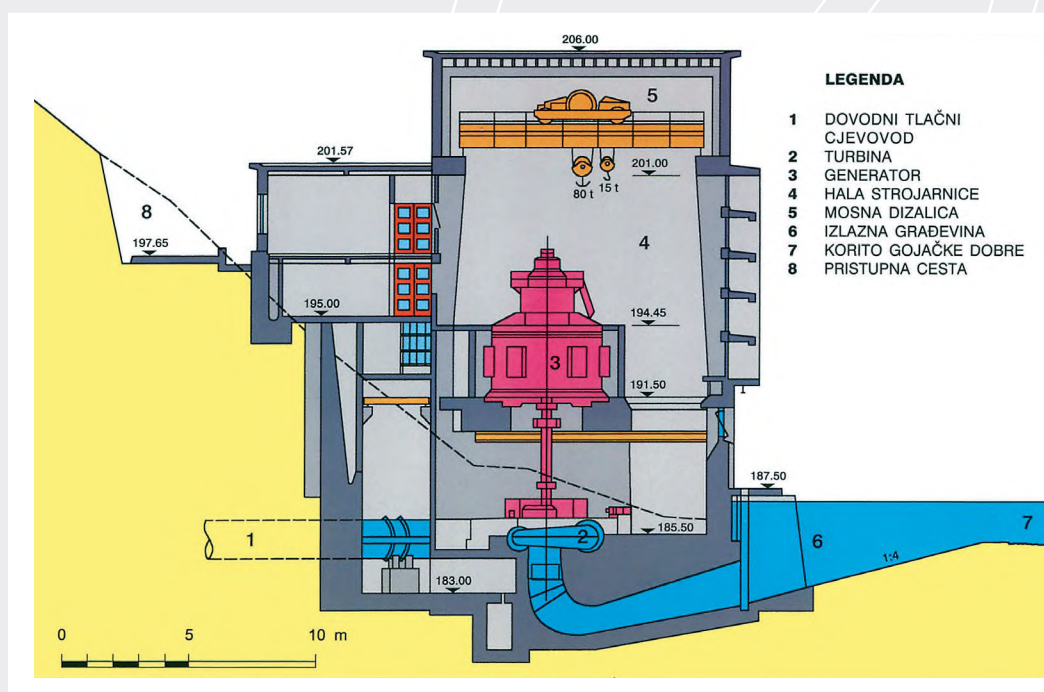


BRANA SABLJACI
- ULAZNI UREĐAJ
U DOVODNI
TLAČNI TUNEL





POPREČNI
PRESJEK BRANE
BUKOVIK



POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE







HE U SLIVU RIJEKE KUPE

HE ZELENI VIR



HE ZELENI VIR

Hidroelektrana

Zeleni Vir je visokotlačno derivacijsko postrojenje smješteno kraj Skrada u Gorskom kotaru u blizini prometnog pravca Zagreb - Rijeka.

Elektrana koristi vodu potoka Curak na padu od oko 50 m. Izgrađena je 1921. godine.

Zahvat vode za elektranu izveden je u špilji Zeleni Vir gdje se nalazi izvor potoka Curak. Tamo je sagrađena brana (betonski prag) s ulaznim uređajem u dovodni kanal postrojenja. Višak voda otječe preko preljevog praga širine 13,5 m. Protok izvora potoka varira ovisno o sezoni. Prema raspoloživim podatcima protok iznosi od oko 1,0 m³/s u sušnoj sezoni do 30 m³/s u kišnoj sezoni, odnosno i do 60 m³/s poslije vrlo jakih kiša.

Iz špilje Zeleni Vir voda se dovodnim kanalom 1,85 x 2 m, dužine 326 m, koji je većim dijelom natkriven, dovodi do vodne komore 5,8 x 20 m, koja se nalazi na koti 344 m n. v. Volumen dovodnog kanala i vodne komore iznosi oko

1400 m³. U vodnoj komori se nalazi ispušt za ispuštanje viška voda i jedan ispušt na koji je priključen tlačni cjevovod koji vodi do strojarnice smještene 53 metara niže na koti 291 m n. v. Željezni tlačni cjevovod je promjera 1,3 m i oslonjen je na kamenim temeljima.

Strojarnica HE Zeleni Vir, dimenzija 26,15 x 11,8 m građena je u stilu industrijske arhitekture s početka 20. stoljeća. U strojarnici su instalirane dvije proizvodne jedinice sa spiralnom Francis turbinom i generatorom na horizontalnoj osovinu. Između turbine i generatora nalazi se kotač zamašnjak promjera 2 m i težine 1850 kg. Svaka turbina ima snagu od oko 0,9 MW koju, uz instalirani protok od 2,2 m³/s ostvaruje na padu od 50 m. Snaga generatora iznosi 1020 MVA uz $\cos \phi = 0,8$.



HE ZELENİ VIR

ENERGETSKI	neto pad	50,0 m
PODATCI	instalirani protok elektrane	4,4 m ³ /s
	instalirana snaga	1,8 MW

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis spiralna s horizontalnom osovinom
	proizvođač	VOITH - St. Poelten, Austrija
	komada	LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija
	konstruktivni pad turbine	2
	broj okretaja	55,0 m
generatori	broj okretaja	500 okr/min i 750 okr/min
	snaga	0,9 MW
	snaga	1020 kVA
	proizvođač	SIEMENS-SCHUCKERT- Beč, Austrija
		KONČAR - Zagreb, Hrvatska
	faktor snage	0,8



LEGENDA

- 1

IZVORSKO JEZERCE U ŠPILJI
- 2

ZAHVATNA GRAĐEVINA
- 3

DOVODNI KANAL
- 4

VODNA I ZASUNSKA KOMORA
- 5

PRELJEV
- 6

ČELIČNI TLAČNI CJEVOVOD
- 7

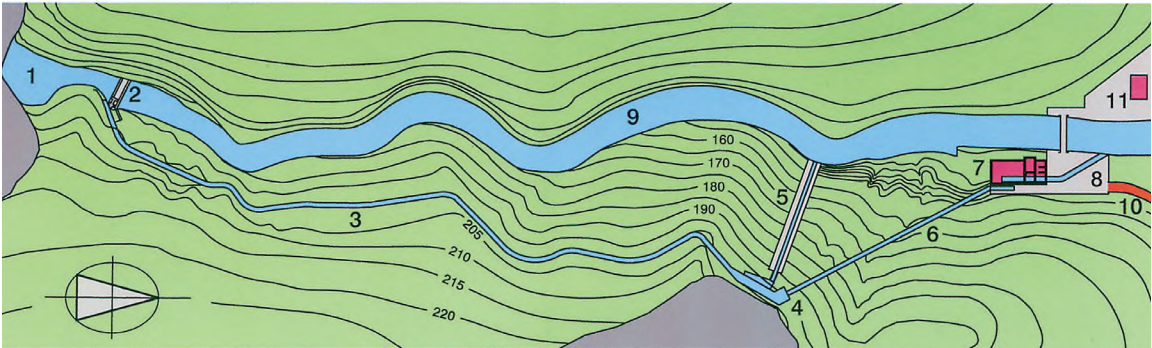
STROJARNICA
- 8

ODVODNI KANAL
- 9

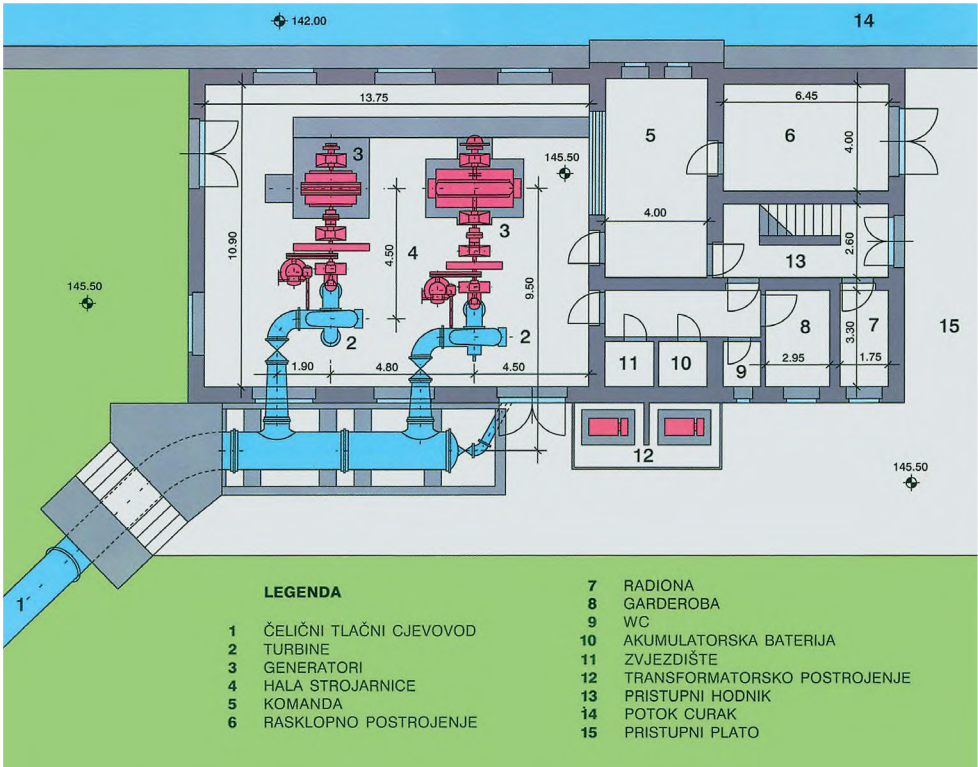
POTOK CURAK
- 10

PRISTUPNA CESTA ELEKTRANI
- 11

PLANINARSKI DOM



PREGLEDNA SITUACIJA
POSTROJENJA HE ZELENI VIR



LEGENDA

- 1

ČELIČNI TLAČNI CJEVOVOD
- 2

TURBINE
- 3

GENERATORI
- 4

HALA STROJARNICE
- 5

KOMANDA
- 6

RASKLOPNO POSTROJENJE
- 7

RADIONA
- 8

GARDEROBA
- 9

WC
- 10

AKUMULATORSKA BATERIJA
- 11

ZVJEZDIŠTE
- 12

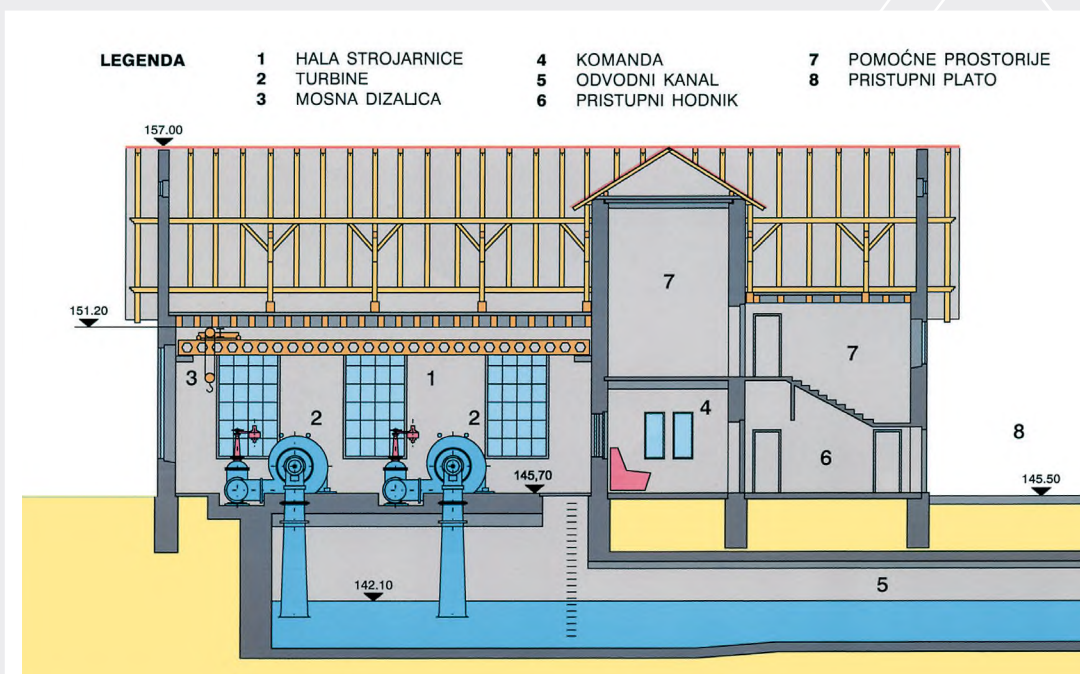
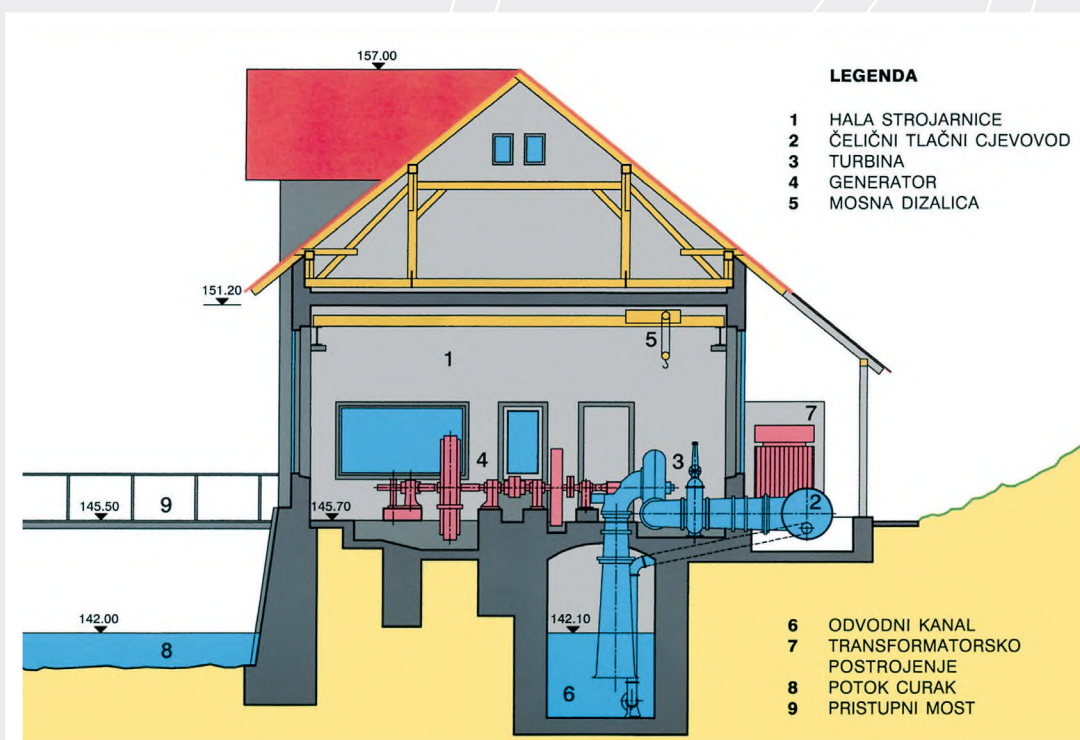
TRANSFORMATORSKO POSTROJENJE
- 13

PRISTUPNI HODNIK
- 14

POTOK CURAK
- 15

PRISTUPNI PLATO

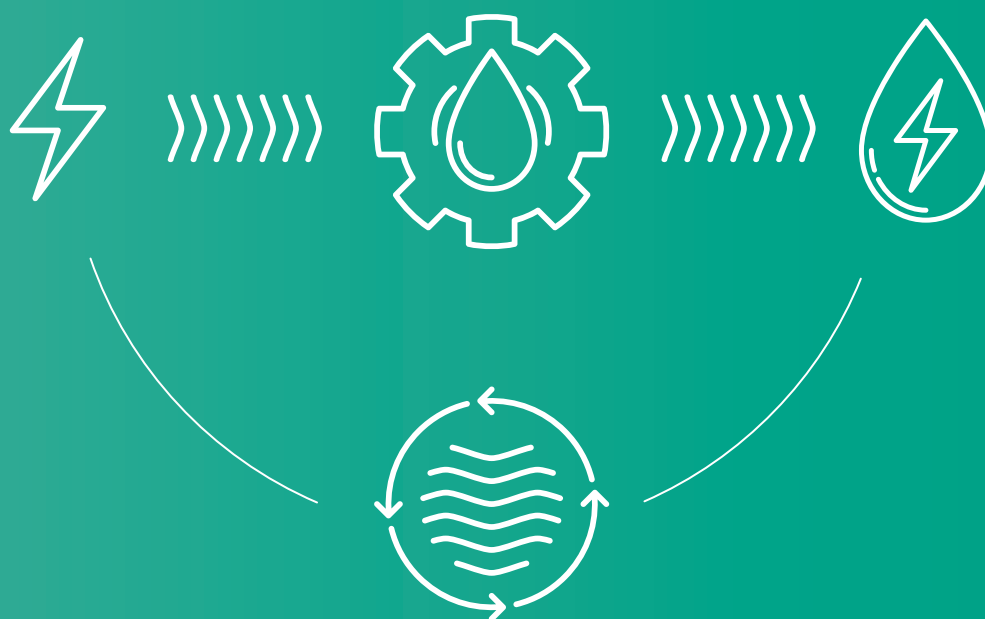
TLOCRT
STROJARNICE

UZDUŽNI
PRESJEK
STROJARNICEPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE



HE U SLIVU RIJEKE KUPE

HE LEŠĆE



HE LEŠĆE

HE Lešće se nalazi u kanjonu rijeke Gojačke Dobre u neposrednoj blizini naselja Gorinci, oko 90 km udaljenom od Zagreba.

Izgrađena je 2011. godine u sklopu iskorištenja hidroenergetskog potencijala sliva rijeke Kupe, kao druga energetska stepenica u iskorištavanju potencijala rijeke Dobre. Prva je HE Gojak na Zagorskoj Mrežnici i Ogulinskoj Dobri, izgrađena 1959. godine. Izgradnjom ove hidroelektrane potopljen je gornji tok Gojačke Dobre na potezu od HE Gojak do sela Gorinci u duljini od 12,61 km. Na tom potezu riječno korito je izrazito kanjonskog tipa sa strmim nepristupačnim obalama te djelomično obraslom niskom vegetacijom. Pregrađivanjem kanjonskog korita rijeke stvoreno je akumulacijsko jezero ukupnog volumena 25,7 mil. m³, odnosno 17,2 mil. m³ korisnog volumena, normalne kote uspora od 186,00 m n. v. Akumulacijsko jezero se proteže od HE Gojak pa do betonske gravitacijske

brane HE Lešće. Svaki agregat ima poseban zahvat vode s instaliranim protokom od 60 m³/s. Dovod vode do agregata izveden je tlačnim cjevovodom promjera 4,40 m, dužine oko 40 m.

Hidroelektrana je pribranskog tipa, a njeni glavni sastavni dijelovi su akumulacijsko jezero, brana, strojarnica s dvije glavne proizvodne jedinice i jedinicom koja koristi vodu biološkog minimuma te vanjsko rasklopno postrojenje 110 kV. Izvedena je kao zaseban objekt, a njeno temeljenje odvojeno je od temeljenja zgrade strojarnice. U sklopu tijela brane izvedene su ulazne građevine glavnih agregata te ulazna građevina ABM-a, preljevna polja, galerije te tlačni cjevovodi. U tijelu brane izvedene su ulazne građevine glavnih agregata, agregata biološkog minimuma te ulazna građevina temeljnog ispusta.



HE LEŠĆE

ENERGETSKI PODATCI	maksimalna radna kota	186,00 m n.m.
	minimalna kota uspora	169 m n.m.
	ukupni volumen akumulacije	25,7 * 10 ⁶ m ³
	korisni volumen akumulacije	17,2 * 10 ⁶ m ³

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis, vertikalna
	nazivna snaga na osovini turbine	21,25 MW
	maksimalna snaga	22,04 MW
	instalirani protok	60 m ³ /s
	konstruktivni neto pad	38,18 m
	brzina vrtnje	187,5 okr/min
generatori	brzina pobjega	360 okr/min
	tip	Trofazni sinkroni, vertikalni
	nazivna snaga	25 MVA
	nazivna struja	1375 A
	nazivni napon	10,5 kV +5%, -10%
	nazivna frekvencija	50 Hz
	faktor snage	0,85
	nazivna brzina vrtnje	187,5 okr/min

AGREGAT BIOLOŠKOG MINIMUMA

turbine	tip	Francis, horizontalna
	nazivna snaga na osovini Turbine	1015 kW
	maksimalna snaga	1090 kW
	instalirani protok	2,7 m ³ /s
	konstruktivni neto pad	41,32 m
	brzina vrtnje	750 okr/min
generatori	brzina pobjega	1365 okr/min
	tip	trofazni sinkroni, horizontalni
	nazivna snaga	1,32 MVA
	nazivni napon	400 +5%-5% V
	nazivna frekvencija	50 Hz
	faktor snage	0,8
	nazivna brzina vrtnje	750 okr/min

početak rada elektrane	Elektrana je dobila uporabnu dozvolu u srpnju 2011.
------------------------	---

U strojarnici HE Lešće su instalirane dvije glavne proizvodne jedinice i agregat biološkog minimuma (ABM) koji je funkcionalno odvojen od ostatka hidroelektrane. Za to je postrojenje (ABM HE Lešće) ishođeno rješenje o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača i sklopljen ugovor o otkupu električne energije po povlaštenoj tarifi.

Glavni agregati imaju instalirane Francis turbine u vertikalnoj izvedbi s vratilom direktno spojenim s vratilom generatora. Na osnovu karakteristika pogonskih strojeva (turbina) i traženih uvjeta odabrani su trofazni sinkroni generatori vertikalne izvedbe, nazivne snage 2 x 25 MVA.

Nizvodno, neposredno uz branu, kao samostalan objekt podignuta je zgrada strojarnice s pripadajućim aneksom. U aneksu je smješteno uljno gospodarstvo, postrojenje 35/0,4 kV, sustavi istosmjernih izvora i razvoda napona 220V i 48 V za telekomunikacije, relejni prostor, el. radionica, skladište i mehanička radionica. Rasklopno

postrojenje 110 kV smješteno je na lijevoj obali rijeke Dobre na platou 188,00 m n. v. Na platou su smješteni dva blok transformatora snage 25 MVA te cijevne sabirnice 110 kV. Blok transformatori glavnih agregata smješteni su na otvorenom prostoru u sklopu rasklopnog postrojenja 110 kV. Energetska veza elektrane s elektroenergetskim sustavom Hrvatske izvedena je preko dva dalekovoda: DV 110 kV HE Gojak - HE Lešće i DV 35 kV HE Lešće - TS Generalski Stol. Dalekovod 110 kV služi za evakuaciju energije proizvedene na glavnim agregatima, dok se energija proizvedena na agregatu ABM-a evakuira dalekovodom 35 kV. Daljinski nadzor i upravljanje elektranom se vrši iz HE Gojak.

Glavni radovi na izgradnji postrojenja HE Lešće su započeli krajem 2006. g. Izvodio ih je konzorcij u sastavu Končar – Inženjering za energetiku i transport d. d., Ingra d. d. i Konstruktor – Inženjering d. d. Uporabna dozvola je izdana 27. srpnja 2011. g., od kad je postrojenje u kontinuiranom pogonu.















HIDROENERGETSKI SUSTAV

VINODOL

U SLIVU RIJEKA
LOKVARKE I LIČANKE

HE **Vinodol** 95

CHE **Fužine** 107

CHE **Lepenica** 117

HIDROENERGETSKI SUSTAV VINODOL U SLIVU RIJEKA LOKVARKE I LIČANKE

Hidroenergetski sustav Vinodol obuhvaća vodotoke Ličanke, Lokvarke, Križ potoka, Potkoša, Benkovca, Potoka pod grobljem, Lepenice i Kostanjevice, a dijeli se na dva slivna područja: Lokvarke (akumulacija Lokvarka) i Ličanke (akumulacije Bajer i Lepenica te retencija Potkoš).

Energetski potencijal ovih vodotoka koristi se na glavnoj stepenici u HE Vinodol smještenoj u Vinodolskoj dolini na 56,50 m n. v. (kota podišta strojarnice u HE Vinodol). Osnovne osobine ovog hidroenergetskog sustava su velika visinska razlika između slivnog područja vodotoka i smještaja strojarnice te relativno male raspoložive količine vode koje imaju značajne varijacije protoka tijekom godine.

Osnovna koncepcija tehničkog rješenja hidroenergetskog sustava Vinodol temelji se na zahvaćanju voda rijeke Lokvarke u akumulacijskom jezeru Lokvarka i zahvaćanju voda rijeke Ličanke u akumulacijskom jezeru Bajer, izgradnji spojnog tunela između ta dva jezera i derivacijskog dovoda od jezera Bajer do strojarnice HE Vinodol u Vinodolskoj dolini. Akumulacijsko jezero Lokvarka ima korisnu zapreminu $33,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ što omogućava višegodišnje izravnavanje rijeke Lokvarke. Akumulacijsko jezero Bajer najniže je akumulacijsko jezero u hidroenergetskom sustava Vinodol korisne zapremine $1,25 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ono nema dovoljnu zapreminu za godišnje izravnavanje potoka Ličanke.

Jezero Lokvarka i jezero Bajer međusobno su spojeni tunelom dužine 3459,5 m i čeličnim tlačnim cjevovodom. Da bi se omogućilo bolje iskorištavanje vodnih

količina Ličanke izgrađena je crpna hidroelektrana (CHE) Fužine koja u turbinskom režimu rada (kao generator), uz proizvodnju električne energije, dobavlja vodu iz veće akumulacije Lokvarka u akumulaciju Bajer za potrebe proizvodnje električne energije na turbinama HE Vinodol u Triblju. U slučaju velikih dotoka CHE Fužine može raditi u crpnom režimu rada te evakuirati vodu obratno tj. iz akumulacije Bajer u akumulaciju Lokvarka kako bi se spriječilo prelijevanje na akumulaciji Bajer čime se štiti mjesto Fužine od neželjenih posljedica. Komunikacija vode se obavlja u oba pravca navedenim spojnim tunelom između akumulacije Lokvarka i akumulacije Bajer. Cilj je da se voda iz akumulacije Bajer derivacijskim dovodom dovede na glavnu stepenicu njenog iskorištavanja na turbine u strojarnicu HE Vinodol u Triblju. Srednja godišnja proizvodnja CHE Fužine iznosi 4,3 GWh.

Na lijevom boku jezera Bajer smještena je ulazna građevina kao početak tlačnog dovoda za strojarnicu HE Vinodol. Tlačni dovod je ukupne dužine oko 10,5 km, a sastoji se od ukopanog armiranobetonskog cjevovoda, tlačnog tunela s vodnom i zasunskom komorom i čeličnog tlačnog cjevovoda. Strojarnica je smještena u podzemnoj kaverni i ima ugrađene tri proizvodne jedinice koje koriste vodu na bruto padu od 658,5 m.



Nakon puštanja u pogon HE Vinodol 1952. godine nastavljeno je s izgradnjom ovog hidroenergetskog sustava pa je 1955. godine započela s radom crpna stanica (CS) Lič koja energetski iskorištava vode ostatka sliva od brane Bajer do CS Lič i potoka, odnosno retencije Potkoš. Radom triju crpnih agregata voda iz strojarnice CS Lič prolazi kroz 210 m dug armiranobetonski cjevovod u glavni dovodni tlačni cjevovod Bajer – Razromir prema HE Vinodol. Prosječni godišnji doprinos ovog objekta je oko 15 GWh. Godine 1956. puštena je u pogon CS Križ kojom se pomoću pet crpnih agregata u jezero Lokvarka dovodi voda potoka Križ. Energetski doprinos ovog objekta je prosječno godišnje 12,6 GWh. Vode potoka Benkovac dovode se također u glavni dovodni cijevni sustav kanalom i cijevnim vodom ukupne dužine 2357 m. Energetski doprinos ovog objekta je oko 4,5 GWh. Godine 1975. je na potoku Potkoš izgrađeno akumulacijsko jezero (retencija) korisne zapremine 309.000 m³. Ono akumulira vode potoka Potkoš

i betonskim ih kanalom dovodi do CS Lič koja ih ubacuje u glavni dovodni sustav. Doprinos ovog objekta je oko 8,5 GWh. Nadvišenjem preljeva na brani Lokvarka 1976. godine povećana je zapremina jezera za 4,1 mil. m³ što energetski znači povećanje proizvodnje za oko 5,7 mil. kWh.

Akumulacijsko jezero Lepenica korisne zapremine 3,8 mil. m³ s crpnom hidroelektranom izgrađeno je 1987. godine. Ovim je objektom povećan akumulacijski prostor u slivu Ličanke i time poboljšana rad hidroenergetskog sustava Vinodol. Postoji još mogućnost daljnjeg povećanja vodnih količina za korištenje u ovom hidroenergetskom sustavu izgradnjom jezera Križ, zatim CS Lokve te sistem retencija i crpnih stanica u Crnom Lugu.

Ukupna prosječna godišnja proizvodnja hidroenergetskog sustava Vinodol (HE Vinodol, CHE Fužine i RHE Lepenica) iznosi oko 142 GWh. Vode energetski iskorištene u HE Vinodol odlaze u Crikvenici potokom Dubračina u Jadransko more.



HIDROENERGETSKI SUSTAV
VINODOL U SLIVU RIJEKA
LOKVARKE I LIČANKE

HE VINODOL



HE VINODOL

HE Vinodol je
visokotlačno
derivacijsko postrojenje
koje koristi vode sliva
rijeka Lokvarke i Ličanke.
Opis hidroelektrane
Vinodol teško je
odvojiti od opisa cijelog
hidroenergetskog
sustava Vinodol budući
da je cijeli sustav
projektiran i prilagođen
potrebama HE Vinodol.

Još prije prvog svjetskog rata profesor Ferdo Koch istraživao je geologiju Gorskog kotara te uočio da se kod Fužina i Lokava nalaze nepropusne paleozojske naslage pogodne za izgradnju akumulacija za potrebe opskrbe vodom te je izradio prvu generalnu sliku geološke građe Lokvarskog i Fužinskog kraja. Na inicijativu profesora Jure Horvata i Miroslava Plohla osnovano je 1937. godine u Zagrebu „Banovinsko električno poduzeće” s ciljem elektrifikacije područja koja su bila izvan koncesije gradskih električnih centrala te je krajem 1938. godine pažnja uprave poduzeća usmjerena na projekt za iskorištavanje vodne snage potoka Ličanke i Lokvarke u Gorskom kotaru s obzirom na pad prema Vinodolskoj dolini kod Triblja (što je bila zamisao profesora Jure Horvata). Početne projektne radove za HE Vinodol vodio je inženjer Ante Franković, a nastavio profesor Krešimir Đurašin.

Do početka drugog svjetskog rata radilo se na iskopu tunela i kaverne strojarnice HE Vinodol, a naručena je i sva glavna oprema. Kako geološke podloge na kojima se zasnivao prvotni projekt postrojenja HE Vinodol nisu bile dokazane detaljnim istraživanjima i sigurnim geotehničkim ispitivanjima, 1941. godine su započela dodatna istraživanja i ispitivanja, ali su 1942. godine radovi prekinuti zbog ratnih prilika, a gradnja na objektima je potpuno obustavljena 1943. godine. U razdoblju od 1945. do 1946. godine obavljena su nova geološka istraživanja pod vodstvom profesora prof. dr. sc. Josipa Poljaka, te su utvrđena rješenja za akumulacijska jezera. Pri tome je u odnosu na prijašnji

projekt bitna promjena u tome što se akumulacija na Ličanki bitno smanjila s obzirom na ograničenje mogućnosti uspravljanja zbog geoloških značajki rasjeda u dolini Ličanke i uzlaznog tipa vrela Ličanke. To je ujedno uzrokovalo da se pretežni dio akumulacijskog prostora prebaci na područje Lokvarke.

Kako je 1945. godine preminuo profesor Krešimir Đurašin, daljnje vođenje projekta bilo je povjereno za građevinsko područja profesoru Mladenu Žugaju, a za elektrostrojarstvo inženjeru Fedoru Jelušiću. Glavni projekt HE Vinodol prema novoj koncepciji napravljen je tijekom 1946. godine te su prema tom projektu 1946. godine započeli građevinski radovi koji su bili skoncentrirani na dionicu od jezera Bajer do strojarnice HE Vinodol uz istovremenu izradu detaljnih projekata, a nastavno se realizacija proširila na područje od Lokvarke do Ličanke. Montaža opreme u strojarnici HE Vinodol je započela koncem 1950. godine, a prva sinkronizacija na mrežu agregata A je bila 25. svibnja 1952. godine da bi od 01. lipnja 1952. godine HE Vinodol počela s radom. Drugi agregat pušten je u pogon u svibnju 1953. godine, a treći u prosincu 1953. godine.

Zahvat za HE Vinodol nalazi se u akumulacijskom jezeru Bajer koje je formirano izgradnjom betonske gravitacijske brane visine 10,5 m iznad terena. Ovo jezero svojim visinskim položajem predstavlja najniže akumulacijsko jezero u hidroenergetskom sustavu Vinodol.

Strojarnica HE Vinodol je smještena u podzemnoj kaverni s pristupnim

HE VINODOL

ENERGETSKI PODATCI	instalirani protok	18,6 m ³ /s
	instalirana snaga	91,5 MW
	bruto pad	658,5 m
	srednja godišnja proizvodnja	137x10 ⁶ kWh

PODATCI O OPREMI

generator	komada	3
	tip	sinkroni na horizontalnoj osovini
	snaga	35 MVA
	faktor snage	0,9
	nazivna snaga vrtnje	500 okr/min

turbine	tip	Pelton
	komada	6
	srednji neto pad	645,5 m
	snaga	15,75 MW

generator kućni	snaga	470 kVA
	faktor snage	0,8
	broj okretaja	1500 okr/min

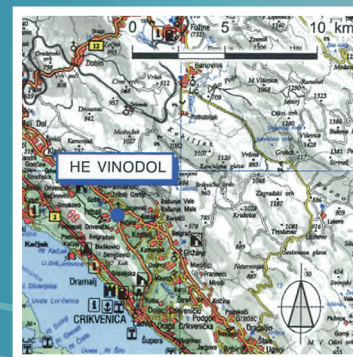
turbina uz kućni generator	tip	Pelton
	snaga	400 kW

projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska
---------	-----------------------------------

građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska
----------	---------------------------------

oprema	ATB – Brescia, Italija
	KONČAR – Zagreb, Hrvatska
	ČKD BLANSKO – Češka
	LITOSTROJ – Ljubljana, Slovenija
	SIEMENS – Njemačka

početak rada elektrane	HE Vinodol puštena u pogon 1952. godina
---------------------------	---



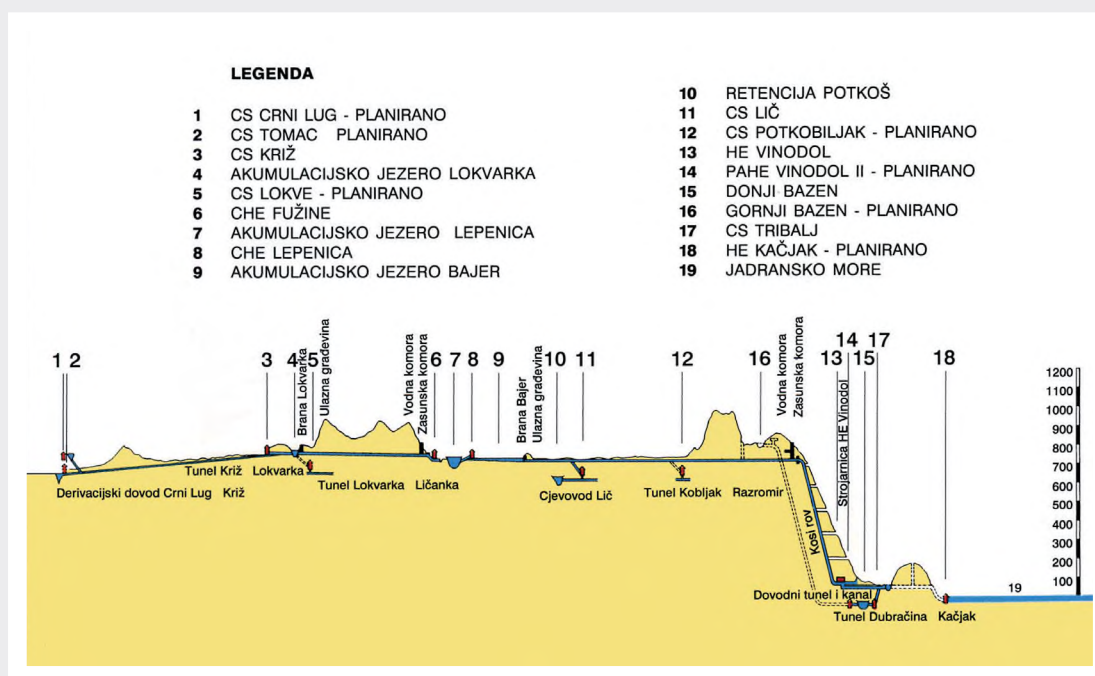
tunelom dužine 185,5 m koja zbog slabih mehaničkih karakteristika stijenske mase u kojoj je sagrađena, ima jajoliki poprečni presjek. U strojarnici su smještene tri proizvodne jedinice, a svaka ima po jedan sinkroni generator horizontalnom osovinom povezan sa po dvije turbine. Instalirani protok elektrane iznosi 18,6 m³/s, a instalirana snaga ukupno 91,5 MW s tri agregata instalirane snage 31,5 MW (35 MVA) svaki.

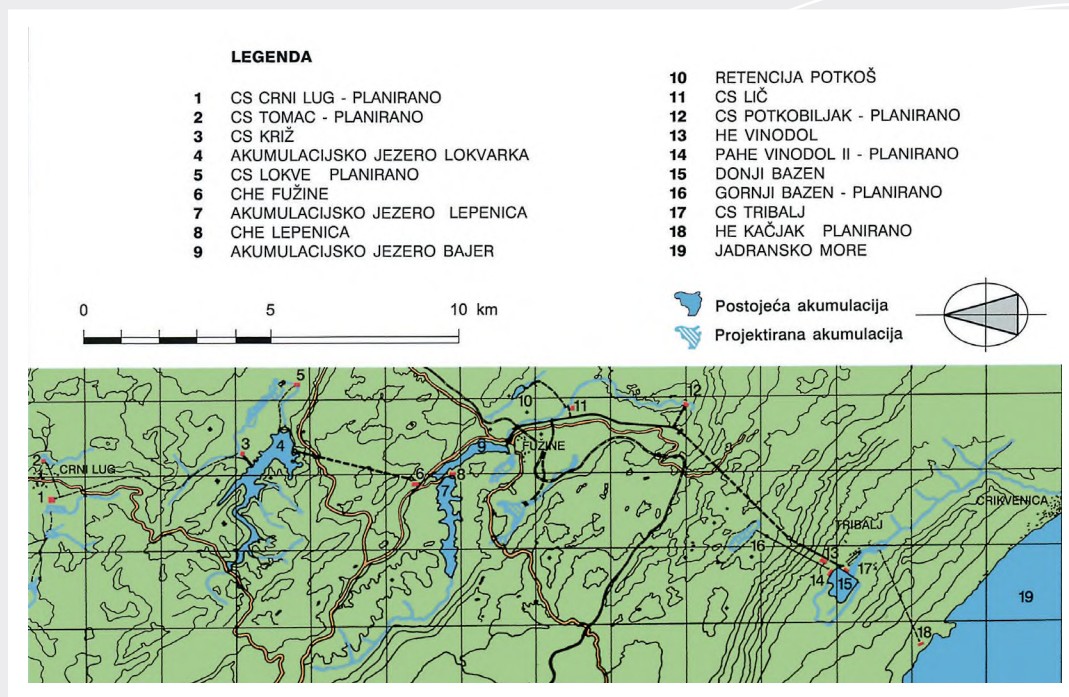
Turbine su tipa Pelton u horizontalnoj izvedbi, dvije za svaki agregat, s po jednim turbinskim kolom u svakoj i jednim mlazom po kolu. Instalirana snaga svake turbine je 15,75 MW pri protoku od 3,1 m³/s kod srednjeg neto pada 645,5 m. Nominalna brzina vrtnje iznosi 500 okr/min. Za obje turbine jednog agregata regulator brzine je zajednički.

Generatori, snage 35 MVA, trofazni su sinkroni strojevi s po 12 polova na horizontalnoj osovini i zatvorene ventilirane izvedbe. Trajna snaga generatora pri nominalnom naponu od 10,5 kV i $\cos \phi = 0,9$ iznosi 31,5 MW. Stupanj djelovanja je $\eta = 0,987$.

Proizvedena energija predaje se u 110 kV mrežu preko tri blok transformatora od 35 MVA, 10,5/115,5 kV smještenih u kaverni i vanjskog rasklopnog postrojenja 110 kV s 12 polja za dvostruke sabirnice. Podzemno su smještena dva regulacijska transformatora od 110/35 kV, 20 MVA svaki te rasklopno postrojenje 35 kV s 14 polja.

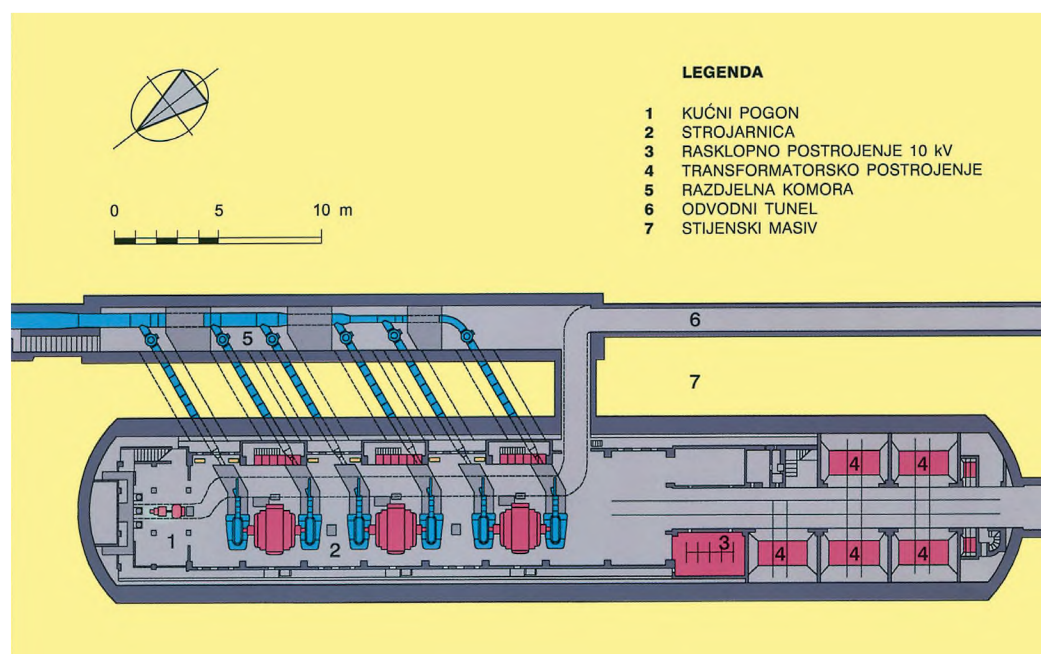
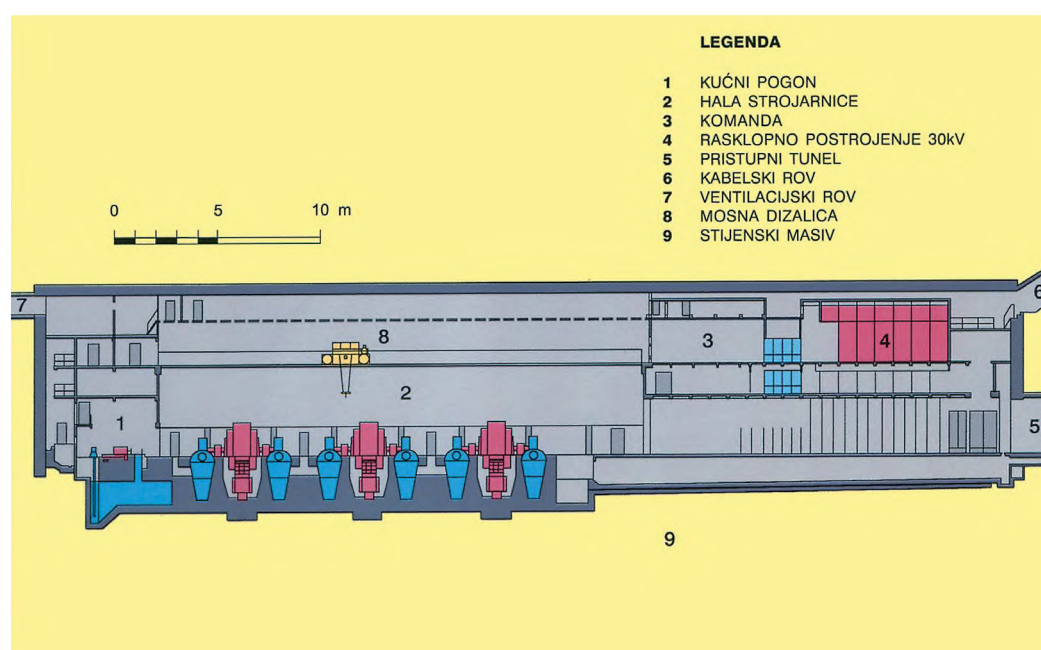
UZDUŽNI PRESJEK
POSTROJENJA HE VINODOL

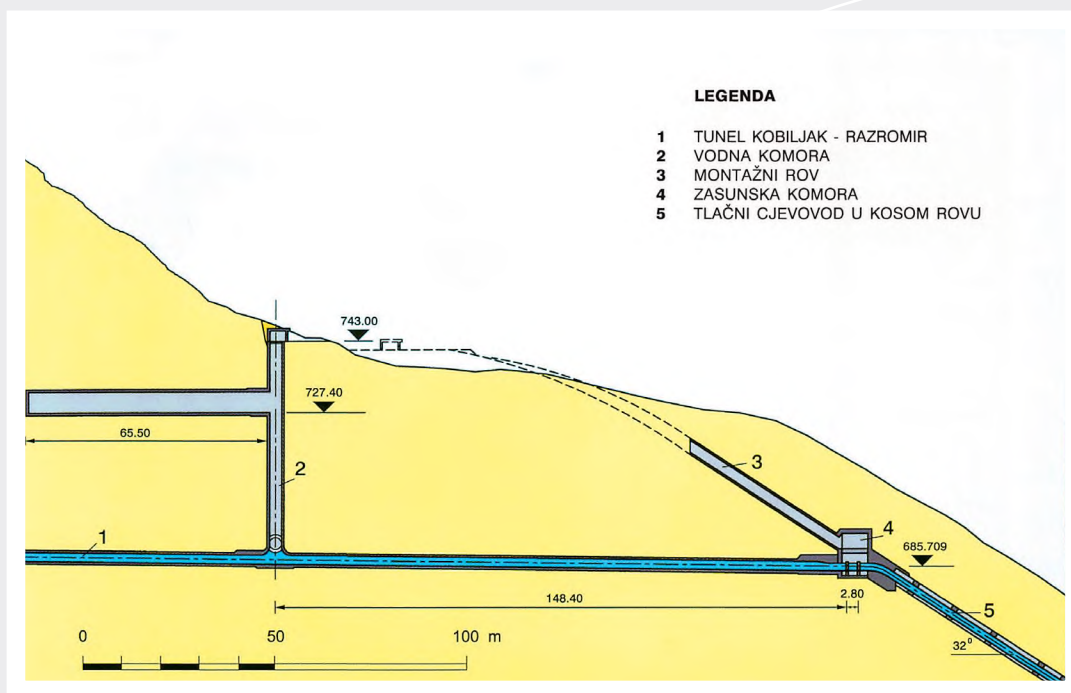




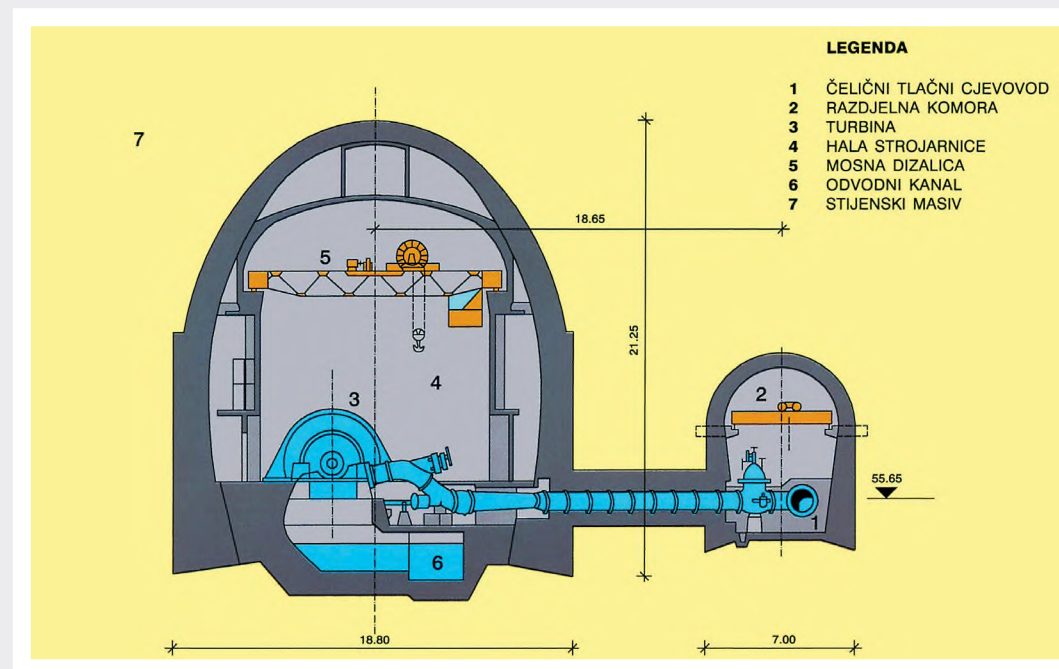
PREGLEDNA SITUACIJA
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA VINODOL



TLOCRT
STROJARNICEUZDUŽNI PRESJEK
STROJARNICE

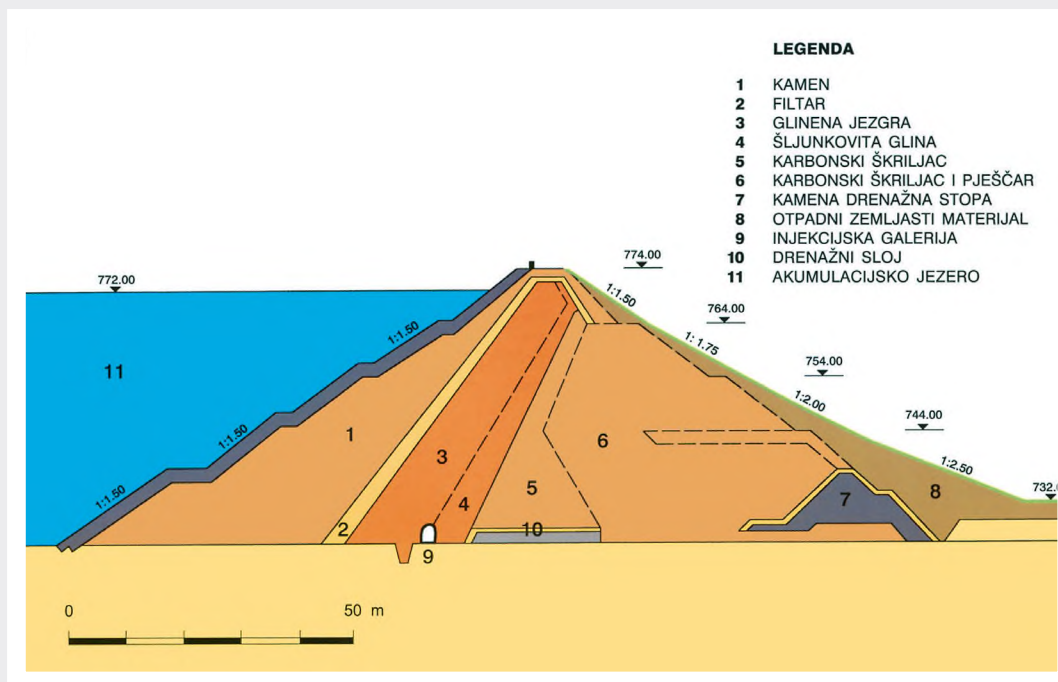


UZDUŽNI
PRESJEK VODNE
I ZASUNSKE
KOMORE

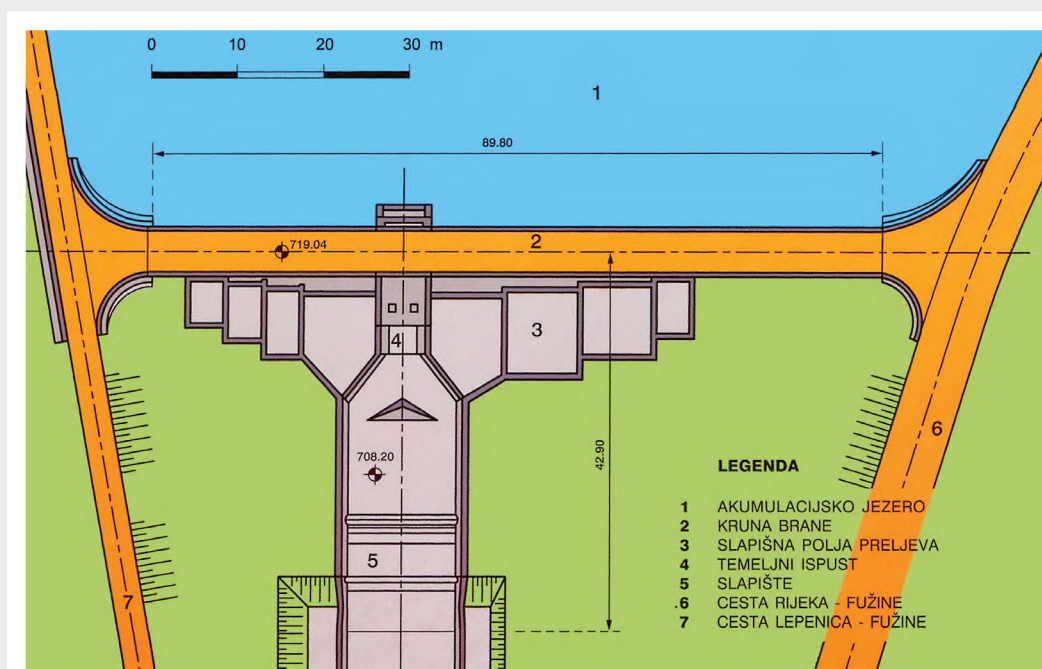


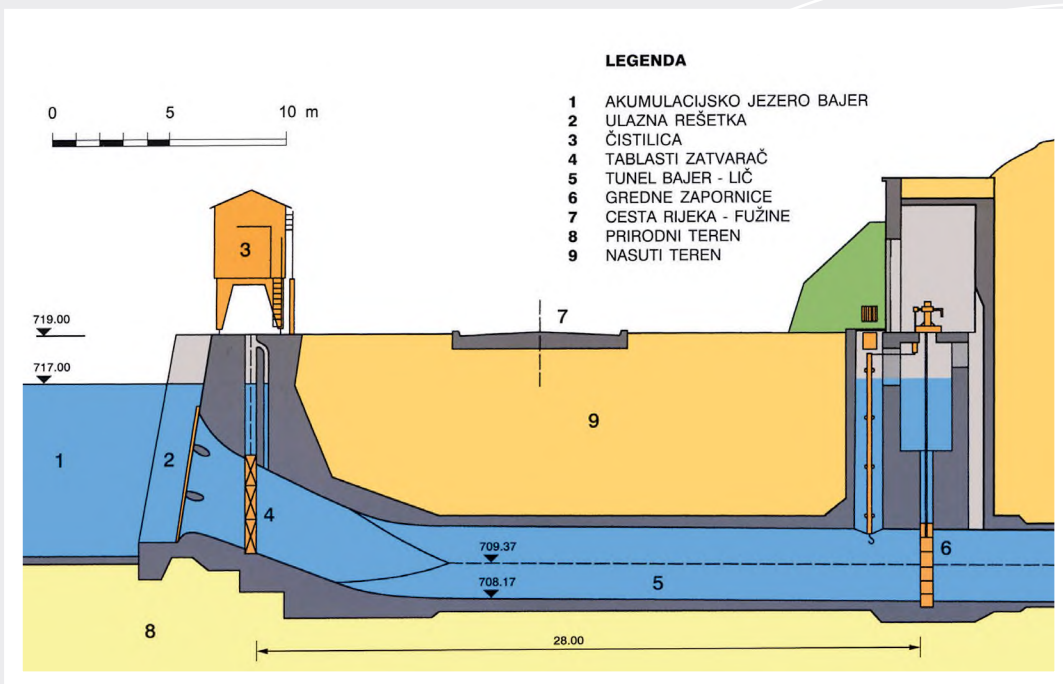
POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE

POPREČNI
PRESJEK BRANE
LOKVARKA



TLOCRT
BRANE BAJER











HIDROENERGETSKI SUSTAV
VINODOL U SLIVU RIJEKA
LOKVARKE I LIČANKE

CHE FUŽINE



CHE FUŽINE

Crpna hidroelektrana Fužine jedna je od tri hidroelektrane u sastavu pogona HE Gorski kotar te je smještena uz Vrelo Ličanke u naselju Fužine.

HE Gorski kotar fizički predstavlja „gornji horizont“ hidroenergetskog sustava Vinodol. U njemu se odvija pohrana vodnih masa u akumulacijama Bajer, Lepenica, Lokvarka te retenciji Potkoš. Također, odvija se i manipulacija vodnim masama između tih akumulacija pomoću crpne hidroelektrane Fužine (manipulacija između akumulacija Bajer i Lokvarka) i reverzibilne hidroelektrane Lepenica (manipulacija između Bajera i Lepenice). Osim navedenog u sastavu HE Gorski kotar nalaze se i crpna postaja Lič koja upumpava vodu iz retencije Potkoš i voda sliva Velike Ličanke u tlačni cjevovod Bajer-Tribalj te crpna postaja Križ koja upumpava vode sliva rijeke Križ potok u akumulaciju Lokvarka. U sklopu HE Gorski kotar nalazi se i HE Zeleni vir u Skradu, no ona nije dio hidroenergetskog sustava Vinodol.

Crpna hidroelektrana Fužine je crpna derivacijska visokotlačna hidroelektrana snage 6 MW u generatorskom i 6,5 MW u crpnom režimu i dio je cjelovitog hidroenergetskog sustava koji opskrbljuje vodom HE Vinodol.

Kako bi se omogućilo bolje iskorištavanje vodnih količina rijeke Ličanke koja se ulijeva u akumulacijsko jezero Bajer, izgrađena je crpna hidroelektrana Fužine koja prebacuje višak vode Ličanke u jezero Lokvarka, čime ovo jezero djelomično regulira i vodne količine Ličanke. U razdoblju malih protoka iz jezera Lokvarka, energetski iskorištena u crpnoj hidroelektrani Fužine voda dolazi u jezero Bajer i dalje derivacijskim dovodom na glavnu stepenicu, strojarnicu HE Vinodol.

Strojarnica CHE Fužine smještena je u neposrednoj blizini vrela Ličanke na lijevoj obali akumulacijskog jezera Bajer. Jezero Lokvarka i jezero Bajer međusobno su spojeni tunelom promjera od 2,40 do 2,20 m, dužine 3456,5 m i čeličnim tlačnim cjevovodom promjera 1,80 m dužine 44 m, kojim se voda ispušta u jezero Bajer kroz strojarnicu CHE Fužine. Transport vode u drugom smjeru obavlja se također kroz isti spojni tunel. Ukoliko je agregat CHE Fužine u remontu, voda se može ispuštati direktno u jezero Bajer.

U strojarnici je ugrađen jedan trojni agregat s vertikalnom kruto vezanom osovinom. Na vrhu je motor generator, u sredini turbina, a najniže je centrifugalna crpka. U turbinskom radu CHE Fužine koristi vodu na padu između 24,5 m i 54,4 m, ovisno o razini vode u jezeru Lokvarka, uz najveći protok od 10 m³/s. U crpnom radu, uz savladavanje iste visinske razlike, najveći protok iznosi 10,0 m³/s. Srednja godišnja proizvodnja CHE Fužine iznosi 2,92 GWh.

Vodna turbina je spiralna, tipa Francis i instalirane snage 4,0 MW. Centrifugalna crpka ima također spiralno kućište, instaliranu snagu 4,24 MW i brzinu vrtnje 375 okr/min. Sinkroni stroj ima instaliranu snagu 6,7 MVA i $\cos \phi = 0,9$ kada radi kao generator, odnosno 6,5 MW i $\cos \phi = 1$ kada radi kao motor crpke.

Veza elektrane s mrežom je preko voda 35 kV dugog oko 14 km koji preko TS Vrata vodi do sabirnica od 35 kV u HE Vinodol.

Godine 2017., u sklopu programa obnove hidroelektrana završena je revitalizacija

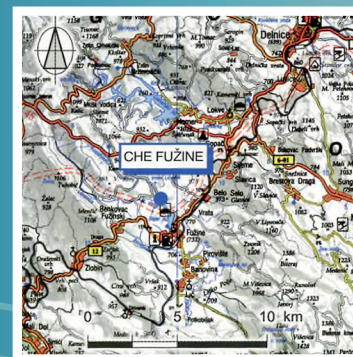
CHE FUŽINE

ENERGETSKI PODATCI	srednja godišnja proizvodnja	2,92 GWh
-----------------------	------------------------------	----------

PODATCI O OPREMI

turbina	tip	Francis
	komada	1
	protok	9,9 m ³ /s
	pad	49 m
Motor - generator	komada	1
	snaga	6,7 MVA
	faktor snage	0,9
	broj okretaja	375 okr/min
crpka	tip	centrifugalna
	kapacitet	10 m ³ /s
	pogonska snaga	6,7 MW
projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska	
građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska	
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska	
	LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija	
	METALNA - Maribor, Slovenija	

Puštanje u pogon 1957. godine
Revitalizacija postrojenja 2017.-2018. godina



CHE Fužine nakon radova montaže i ispitivanja novo ugrađene opreme. Uz zamjenu postojećeg motor-generatora prijašnje nominalne snage 4,8 MW/5,0 MVA novim povećane snage 6,5 MW/6,7 MVA sa svim pomoćnim sustavima, posao je obuhvaćao i isporuku dijela sekundarnih sustava.

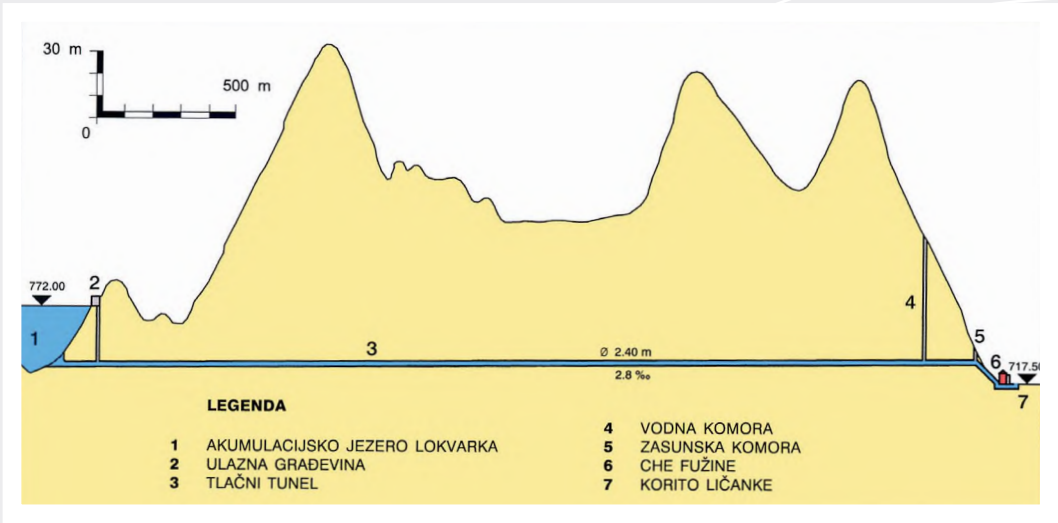
Akumulacija Bajer prima s vlastitog oborinskog područja 52 % od sveukupnog dotoka, a ima korisni volumen od svega 1,23 mil. m³. S druge strane, akumulacija Lokvarka prima sa svog oborinskog područja 52 % od sveukupnog dotoka, a ima korisni volumen od 34,82 mil. m³. Zbog takve situacije nameće se potreba da se velike vode iz sliva akumulacije Bajer pohranjuju u području Lokvarske akumulacije. Budući da akumulacija Bajer leži na nižoj koti od akumulacije Lokvarka, projekt je predvidio prebacivanje voda

iz Bajera u Lokvarku istim spojnim tunelom uz pomoć CHE Fužine.

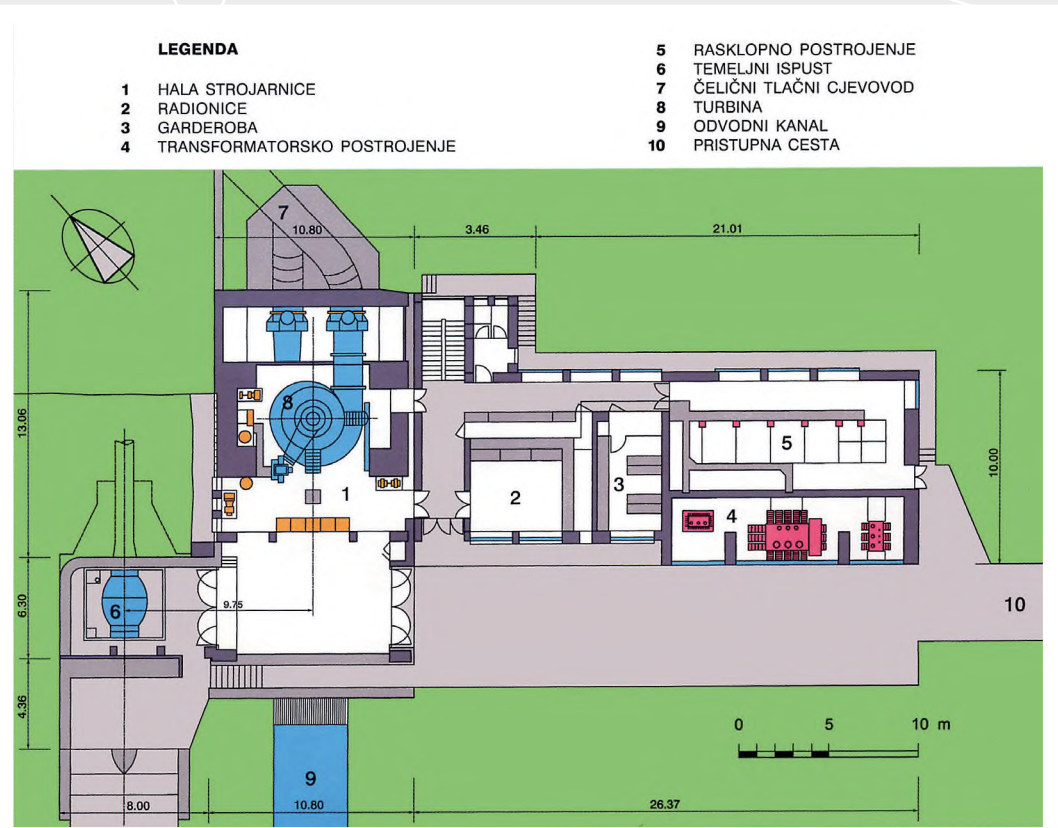
Neposredno iza CHE Fužine nalazi se izvor Velike Ličanke koji se nastavlja u regulirani kanal ukupne dužine 950 m na koji se priključuju i CHE Fužine. Kanal Ličanke je spojni kanal između akumulacije Bajer i CHE Fužine. Kada se ispuštaju vode akumulacije Lokvarka kanalom Ličanke transportira se dotok vode iz CHE Fužine u akumulaciju Bajer. Veliki dotoci u akumulaciju Bajer i Lepenica, transportiraju se preko crpke CHE Fužine u akumulaciju Lokvarka.

U sastavu CHE Fužine nalazi se i ventil Johnson kojim se ispušta voda iz akumulacije Lokvarka u akumulaciju Bajer, ako je u kvaru turbinski pogon. Protok kroz ventil je do 10 m³/s.

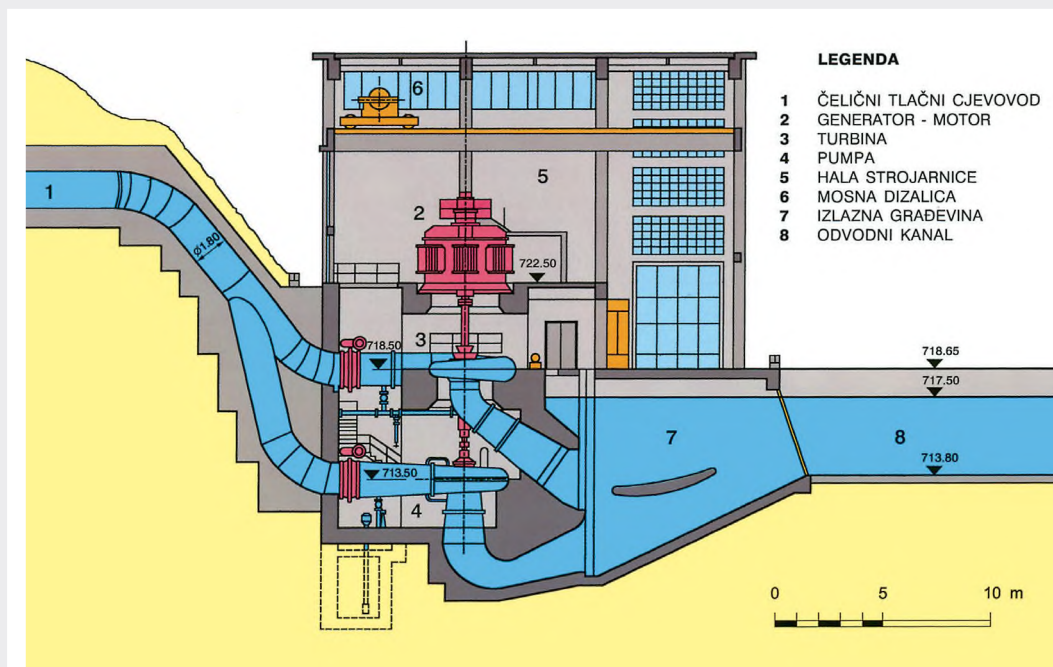
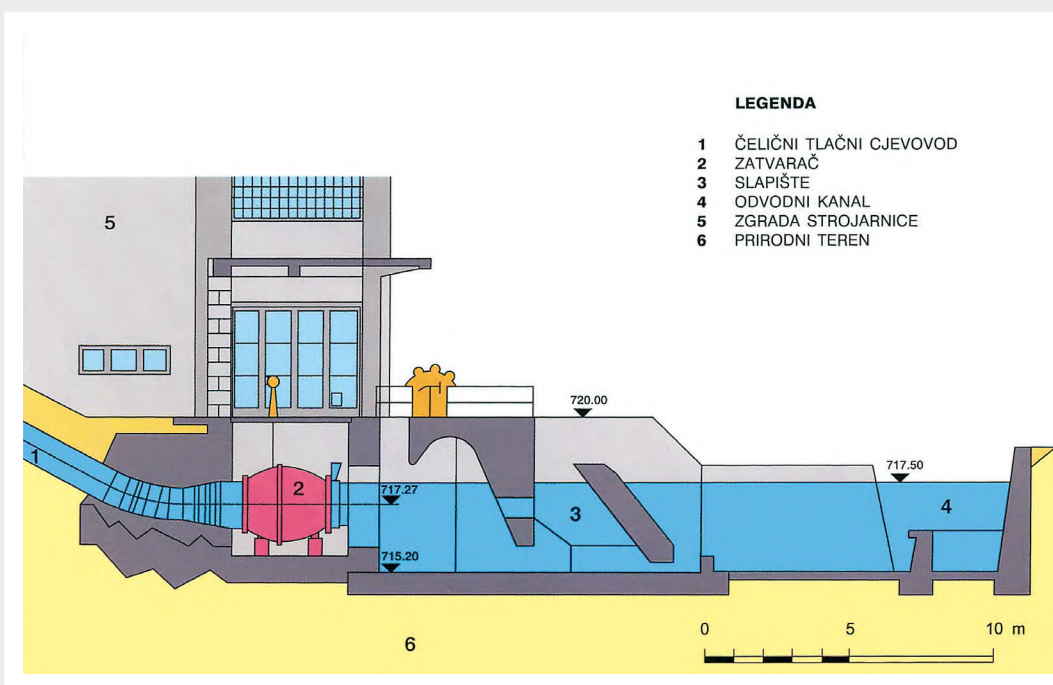




UZDUŽNI
PRESJEK TUNELA
LOKVARKA
-LIČANKA



TLOCRT
STROJARNICE

POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICETEMELJNI
ISPUST



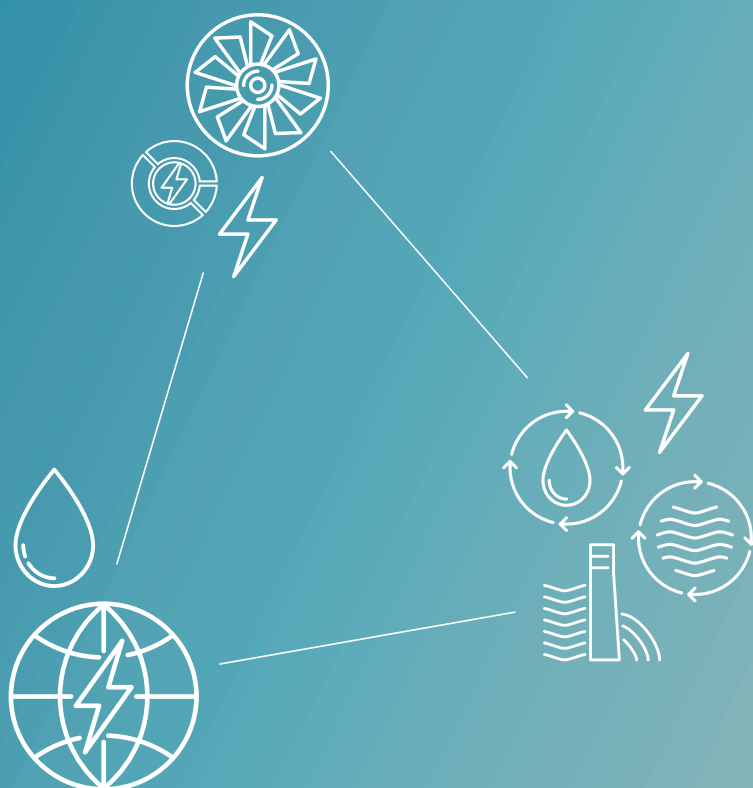






HIDROENERGETSKI SUSTAV
VINODOL U SLIVU RIJEKA
LOKVARKE I LIČANKE

CHE LEPENICA



CHE LEPENICA

Akumulacijski sistem
Lepenica s crpnom
hidroelektranom
izgrađen je 1987.
godine na istoimenom
pritoku jezera Bajer.

Izgradnjom akumulacijskog sustava Lepenica znatno se doprinosi povećanju i poboljšanju proizvodnje električne energije u hidroenergetskom sustavu HE Vinodol i smanjuju se poplave nizvodno od pregrade Bajer u Lič polju.

Zbog deficita akumulacijskog prostora u neposrednom slivu HE Vinodol (sliv Ličanke i Lokvarke), izgrađena je akumulacija Lepenica s pripadajućom pribranskom reverzibilnom hidroelektranom. Ova akumulacija osim povećanja ukupnog akumulacijskog prostora HE Vinodol bitno popravlja stanje u slivu omogućujući smanjenje gubitaka uslijed preljeva akumulacije Bajer.

Pored izravnivanja vlastitih voda, rasterećivanja akumulacije Bajer i pumpanja iz Bajera u Lokve, ona predstavlja rezervu akumulacije Lokve. Akumulacija Lepenica može se

koristiti trenutno jer se nalazi uz samu akumulaciju Bajer i tlačni dovod HE Vinodol. Potok Lepenica dovoljno je bogat vodom da svake godine napuni ovu akumulaciju, nakon što se ona isprazni.

Glavni objekti akumulacijskog sustava Lepenica su kanal gornje Lepenice, nasuta brana i bočni nasip, akumulacija, bočni preljev s brzotokom, temeljni ispušt, tlačni dovod, crpna hidroelektrana Lepenica, slapište i odvodni kanal.

CHE Lepenica pribransko je postrojenje koje koristi bruto pad od oko 18 m stvoren izgradnjom nasute brane. U strojarnici je smješten jedan reverzibilni stroj crpka/turbina s vertikalnom osovinom i zakretnim lopaticama čime se unutar danih napora i neto padova postižu protoci u većem opsegu. Broj okretaja crpke/turbine iznosi 600 okr/min, promjer radnog kola 1,1 m, a regulacijsko-zaštitni sklop objedinjuje regulator brzine



CHE FUŽINE

ENERGETSKI PODATCI	nazivni protok turbine	6,2 m ³ /s
	crpke	5,3 m ³ /s
	srednji netto pad turbine	12,22 m
	srednji napor crpke	13,78 m
	srednja godišnja proizvodnja	2,73 GWh
	CHE Lepenica ukupno god.	
	povećanje proizvodnje u sustavu	11,1 GWh

PODATCI O OPREMI

turbina	instalirana snaga	1,14 MW
crpka	instalirana snaga	1,27 MW
projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska	
građenje	GRO PRIMORJE - Rijeka, Hrvatska	
oprema	JUGOTURBINA - Karlovac, Hrvatska KONČAR - Zagreb, Hrvatska ELEKTROLUKS - Rijeka, Hrvatska	

Puštanje u pogon 1987. godine

i uređaj za izvrštavanje. Crpka-turbina je propelerna i direktno spojena s generatorom. Trofazni sinkroni motor-generator ima prividnu snagu 1,56 MVA, napon 6,3 kV, faktor snage $\cos \phi = 0,85$, a hlađenje je otvoreno zračno s filterima. Najveća snaga motora je 1,33 MW, a generatora 1,10 MW. Trofazni uljni blok transformator ima snagu od 4,0 MVA, prijenosni omjer 6,3/35 kV te napon kratkog spoja $U_k = 6\%$.

Glavna hidromehanička oprema u strojnici sastoji se od mosne dizalice

kombiniranog pogona, nosivosti 150 kN, predturbinskog leptirastog zatvarača na hidraulički pogon s utegom na temeljnom ispustu i tablastog kliznog zatvarača na ručno ili elektromotorno upravljanje, radnog pritiska 25 m VS, dimenzija 1690 x 1625 x 200 mm.

CHE Lepenica je povezana s mrežom 35 kV preko kabelskog voda 35 kV i to na rasklopno postrojenje 35 kV CHE Fužine.



LEGENDA

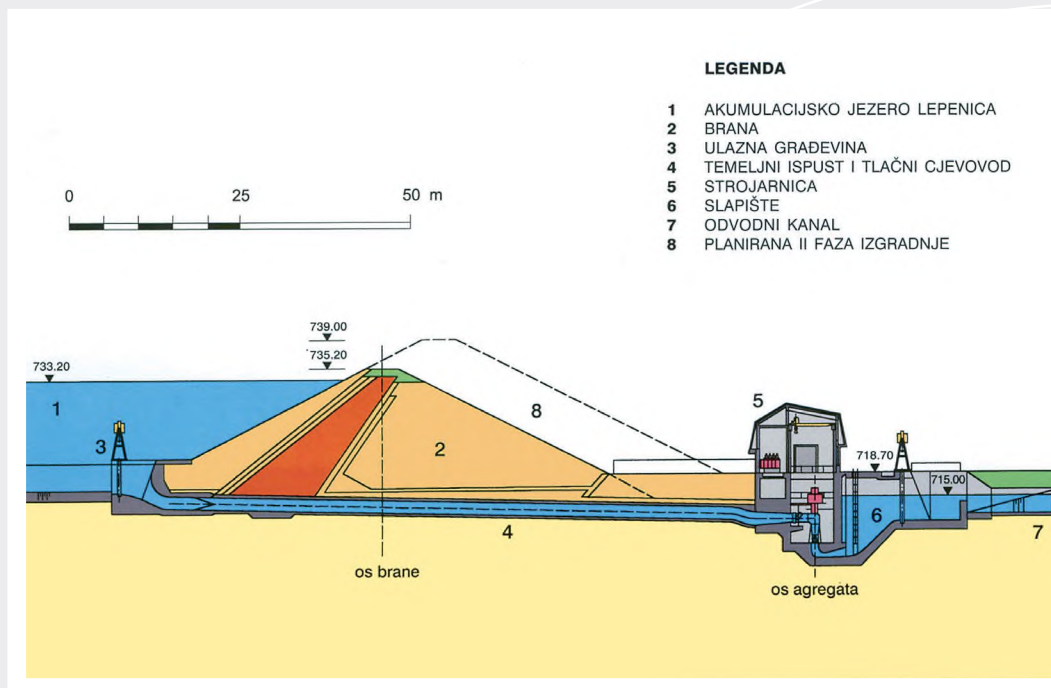
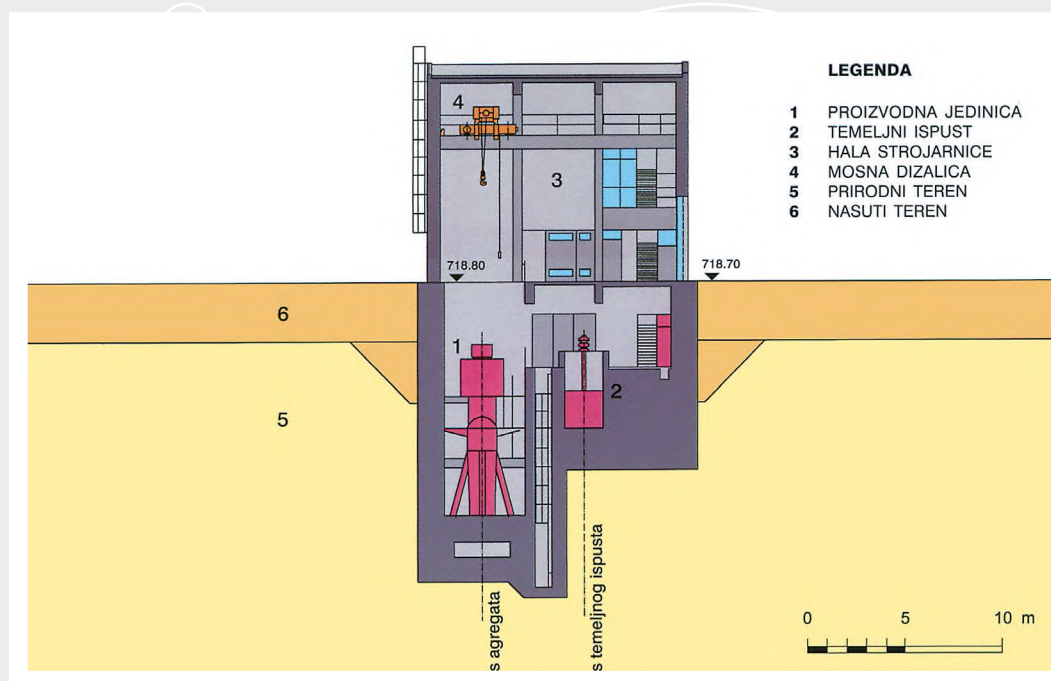
- | | | | |
|---|-----------------------------------|----|-------------------------------|
| 1 | BRANA | 9 | PRISTUPNA CESTA STROJARNICI |
| 2 | BOČNI NASIP | 10 | PRISTUP NA BRANU |
| 3 | ULAZNA GRADEVINA | 11 | PRISTUP NA BOČNI NASIP |
| 4 | TEMELJNI ISPUST I TLAČNI CJEVOVOD | 12 | PRISTUP DO ULAZNE GRADEVINE |
| 5 | STROJARNICA | 13 | RAMPA |
| 6 | SLAPIŠTE | 14 | AKUMULACIJSKO JEZERO LEPENICA |
| 7 | ODVODNI KANAL | 15 | AKUMULACIJSKO JEZERO BAJER |
| 8 | PRELJEV I BRZOTOK | | |

0 100 200 m



PREGLEDNA
SITUACIJA
OBJEKATA
CHE LEPENICA



UZDUŽNI PROFIL
POSTROJENJAPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE







HE NA
RJEČINI

HE Rijeka 129

HE NA RJEČINI

Krški vodotok Rječine izvire na 326 m n. v. te nakon toka od svega 18 km u samom gradu Rijeci utječe u Jadransko more. Vodotok Rječine je bujičnog karaktera, a srednji godišnji protok za period od 1981. do 2019. godine iznosi 7,89 m³/s.

Početkom 20. stoljeća javljaju se prve ideje o iskorištavanju vodotoka Rječine u energetske svrhe. Jedan od glavnih nerealiziranih projekata bila je studija izgradnje hidroelektrane između Grohova i Pašca s branom i akumulacijom koju je 1903. izradio inženjer Pál Holfeld. Prvi investicijski prijedlog je dalo poduzeće Elpoh (Električno poduzeće Hrvatske) 1945. godine u sklopu plana elektrifikacije koji je predviđao korištenje Rječine na dvije stepenice. Prve u HE Valiči s pregradom kod mjesta Kukuljani i druge nizvodno u HE Rijeka s branom Valiči kod mjesta Grohovo.

Geološke i morfološke prilike omogućile su izgradnju akumulacijskog jezera relativno malog obujma u središnjem dijelu toka Rječine, dok je pad koncentriran u donjem dijelu toka. Energetski potencijal Rječine iskorišten je dosada na jednoj stepenici i to HE Rijeka s akumulacijom uz branu Valiči. Sljedeća planirana stepenica bila bi HE Valiči s akumulacijom Zoretići ili Kukuljani, smještena uzvodno od akumulacije Valiči. Izgradnja sustava s dvije stepenice bila je prihvatljiva i zbog mogućnosti izgradnje u etapama s lakšim financiranjem investicije.

Poduzeće za elektrifikaciju Zapada 1946. godine naručuje kod Hidroelektre (sada Elektroprojekt Zagreb) predradnje i studije za hidroelektrane na Rječini. Institut za elektroprivredu Zagreb 1952. godine autora ing. Jerka Jerića objavljuje energetska studiju *Vodne snage NR Hrvatske* gdje su utvrđene srednje snage i raspoloživa energija po mjesecima i za vodotok Rječinu.

Za HE Rijeka su predložene varijante smještaja u uvali Škurinje odnosno u gradu Rijeci blizu Tvornice papira. Ta je lokacija kasnije odabrana za smještaj strojarnice zbog postojeće termoelektrane Rijeka koja je u pogonu od 1908. godine.

Godine 1954. prihvaćen je Idejni projekt strojarnice HE Rijeka s podzemnom varijantom, ali sa smještajem blok transformatora i rasklopnog postrojenja u sklopu buduće TS Rijeka 110/30 kV na obližnjem brdu Katarina, a zbog zahtjeva riječkog vodovoda i blizine strojarnice glavnom izvoristu vode Zvir. Pripremni radovi počinju 1955. godine uz odobrenje generalnog projekta HE Rijeka (izradio Elektroprojekt Zagreb; glavni projektant građevinskog dijela ing. Mirko Sever, glavni projektant elektrostrojarskog dijela ing. Krunoslav Begović i kasnije ing. Aleksandar Baborsky). Prof. dr. Hrvoje Požar dovršio je 1956. godine elaborat *Mogućnost proizvodnje u hidroelektrani Rijeka*.

Glavni radovi počeli su sljedeće godine izmještanjem postojećih instalacija, uređenjem bujica te probijanjem dovodnog tunela sa strane brda Katarina (pozicija zasunske komore).

Godine 1962. puštena je u rad TS Rijeka s promjenom transformacije na 110/35 kV. Do 1964. godine građevinski radovi na HE Rijeka su sporo napredovali ponajviše zbog poteškoća u financiranju, a kasnije zbog samih lokalnih problema na gradilištima: pojave podzemnih voda pri iskopu strojarnice i odvodnog tunela te aktiviranja klizišta na desnom boku slapišta brane Valiči

što je uvjetovalo izmjenu glavnog projekta i nove građevinske dozvole.

HE Rijeka je puštena u rad 1. kolovoza 1968. s oba agregata.

HE Rijeka koristi bruto pad od 228 m uz instalirani protok od 21 m³/s. Bazen za dnevno reguliranje protoka korisnog je volumena 470 000 m³, a formiran je betonskom gravitacijskom branom Valići, visine 35,5 m. Najveći radni uspor u bazenu je 229,5 m n. v. Tlačnim tunelom promjera 3,20 m, dugim 3290 m dovodi se voda do vodne i zasunske komore gdje počinje kosi čelični tlačni cjevovod promjera od 2,3 do 2,2 m dužine 803 m koji završava u podzemnoj strojarnici i koja je spojena odvodnim tunelom s koritom Rječine na 5 m n. v.

Planirana HE Valići s akumulacijom Zoretići gornja je energetska stepenica na Rječini. Ovaj objekt predviđen je kao višenamjenski budući da voda iz akumulacijskog jezera Zoretići, korisnog volumena 15,5 mil. m³, osim za energetske svrhe treba služiti i za vodoopskrbu grada Rijeke i okolice. Voda iz akumulacijskog jezera Zoretići dovodi se do strojarnice HE Valići koja je smještena na obali akumulacijskog jezera Valići. Hidroelektrana Valići trebala bi biti snage 18 MW te na bruto padu od 96 m imati prosječnu godišnju proizvodnju od 42 GWh.





HE NA RJEČINI
HE RIJEKA



HE RIJEKA

Hidroelektrana
Rijeka visokotlačno je
derivacijsko postrojenje
koje koristi vode
vodotoka Rječina.
Strojarnica HE Rijeka
smještena je na koti
5 m n. v. uz korito
Rječine blizu morske
obale, praktično u
centru grada Rijeke.

Zahvat vode za HE Rijeka smješten je nekoliko kilometara uzvodnije u koritu Rječine na koti 229,50 m n. v.

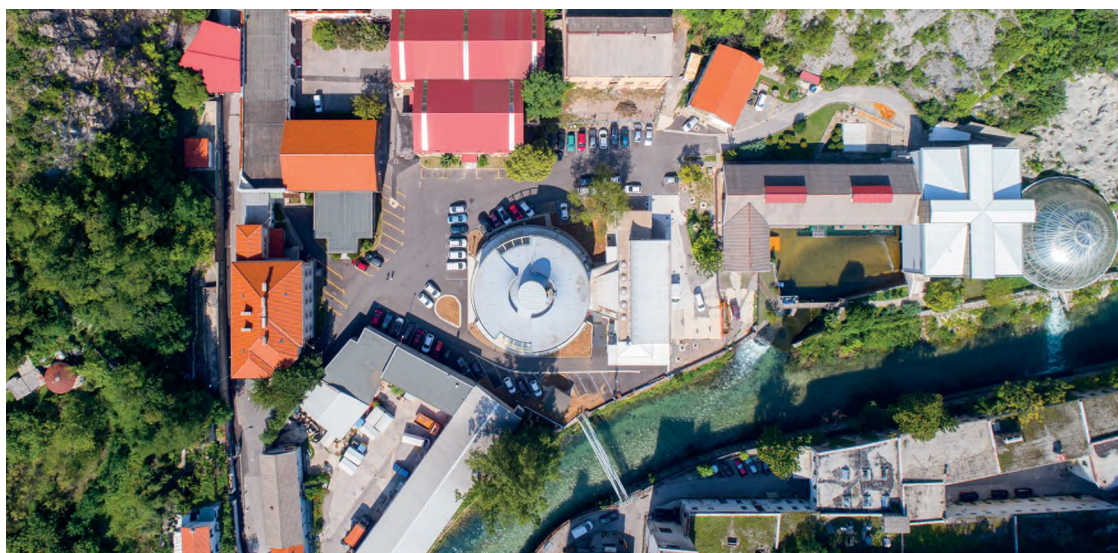
Izgradnjom betonske gravitacijske brane visine 35,5 m na Rječini kod sela Grohovo ostvaren je zahvat vode za hidroelektranu i akumulacijski bazen korisne zapremnine 470000 m³. Maksimalni radni vodostaj u akumulacijskom jezeru je 229,5 m n. v. Na sredini brane nalaze se dva preljevna polja sa zaklopkama za evakuaciju velikih voda. U temeljnom dijelu brane smještena su dva temeljna ispusta opremljena segmentnim zatvaračima.

Neposredno uz branu, na desnoj obali jezera, smješten je ulazni uređaj dovodnog tunela opremljen finom rešetkom, čistilicom i tablastim zatvaračem na hidraulički pogon. Dovodni tlačni tunel promjera 3,20 m i dužine 3117 m, dovodi vodu do vodne i zasunske komore smještene u brdu Katarina iznad Rijeke gdje počinje tlačni

cjevovod. Vodna komora je izvedena s dvije horizontalne komore, svaka dužine 30,7 m i s jednim vertikalnim oknom koje na vrhu završava još jednom horizontalnom komorom. U zasunskoj komori smješten je leptirasti zatvarač.

Čelični tlačni cjevovod, promjera 2,3 m pri vrhu i 2,2 m pri dnu, dugačak je 803 m i položen u kosi rov. Ispred same strojarnice tlačni cjevovod račva se prema dvije proizvodne jedinice.

U podzemnoj strojarnici, do koje vodi kraći pristupni tunel iz kruga stare gradske termoelektrane, smještene su dvije proizvodne jedinice. Turbine su tipa Francis, snage 19,28 MW, instaliranog protoka 10,5 m³/s i konstruktivnog pada turbine 213 m s predturbinskim kuglastim zatvaračem, regulatorom i tlačnom napravom. Generatori su snage 23,0 MVA, faktora snage 0,8 i nazivnog napona 10,5 kV.



HE RIJEKA

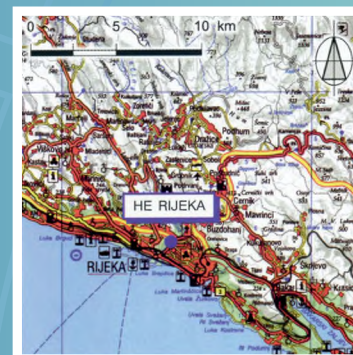
ENERGETSKI PODATCI	instalirani protok	21 m ³ /s
	instalirana snaga	36,8 MW
	srednja godišnja proizvodnja (1981. – 2019.)	85 GWh

PODATCI O OPREMI

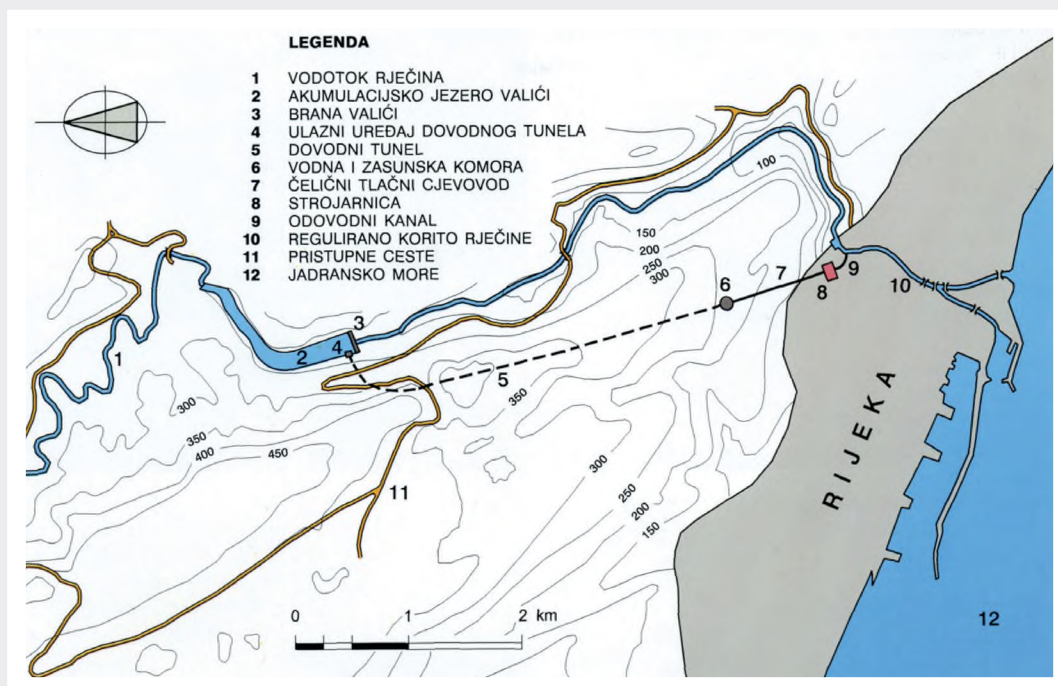
turbina	tip	Francis
	komada	dvije
	konstruktivni pad turbine	213 m
	nazivni protok	10,5 m ³ /s
	snaga	2 x 19,28 MW
	broj okretaja	600 okr/min
generatori	tip	trofazni sinkroni
	snaga	2 x 23 MVA
	nazivni faktor snage	0,8
projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska	
građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska Opće vodoprivredno poduzeće - Rijeka, Hrvatska METALOGRAĐNJA - Rijeka, Hrvatska Geotehnika – Zagreb, Hrvatska	
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska METALNA - Maribor, Slovenija LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija	

U sklopu trafostanice Rijeka 110/3 kV, na koju je priključena HE Rijeka a koja služi za napajanje grada Rijeke električnom energijom, smješteni su blok transformatori s pomoćnim pogonima. Napajanje vlastite potrošnje HE Rijeka osigurano je preko kućnog transformatora

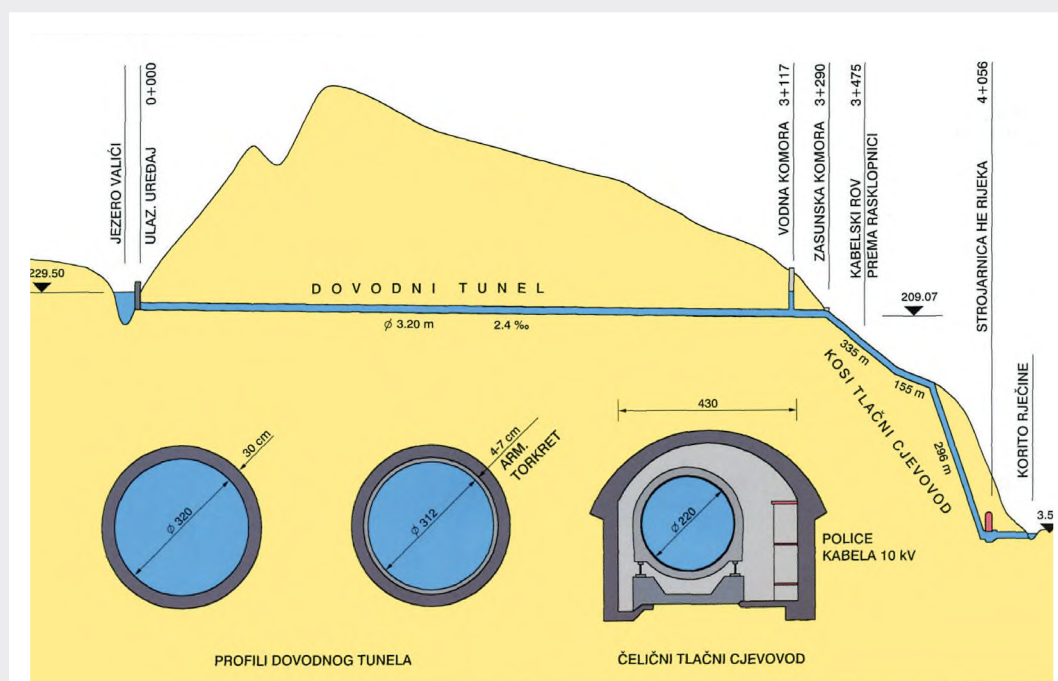
10(20)/0,4 kV snage 1 MVA smještenog u strojarnici. Za napajanje u nuždi u posebnom objektu pored ulaza u strojarnicu smješten je dizel agregat snage 350 kVA.

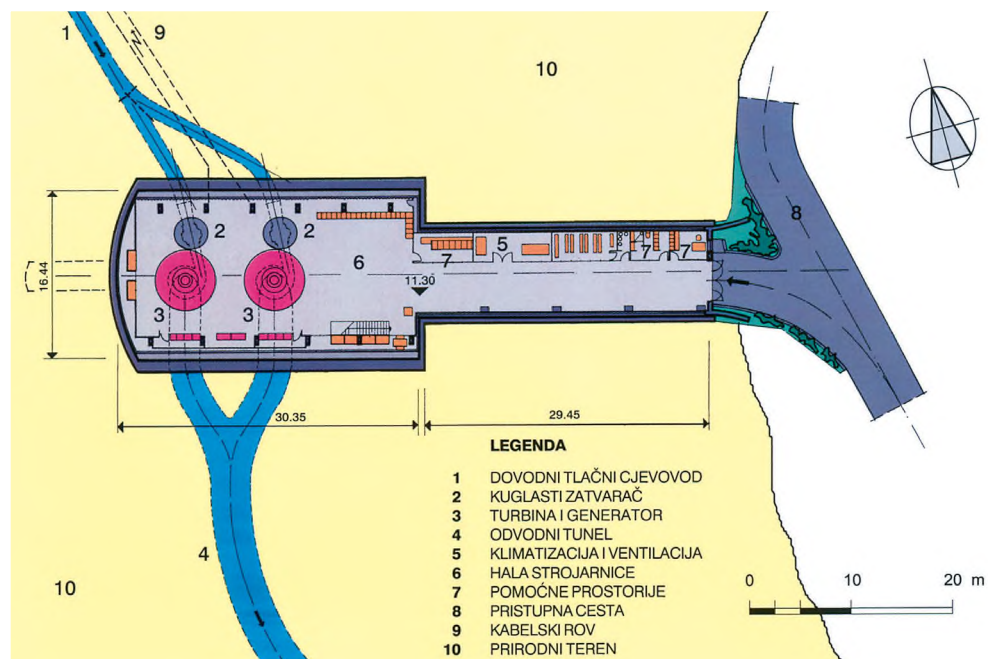
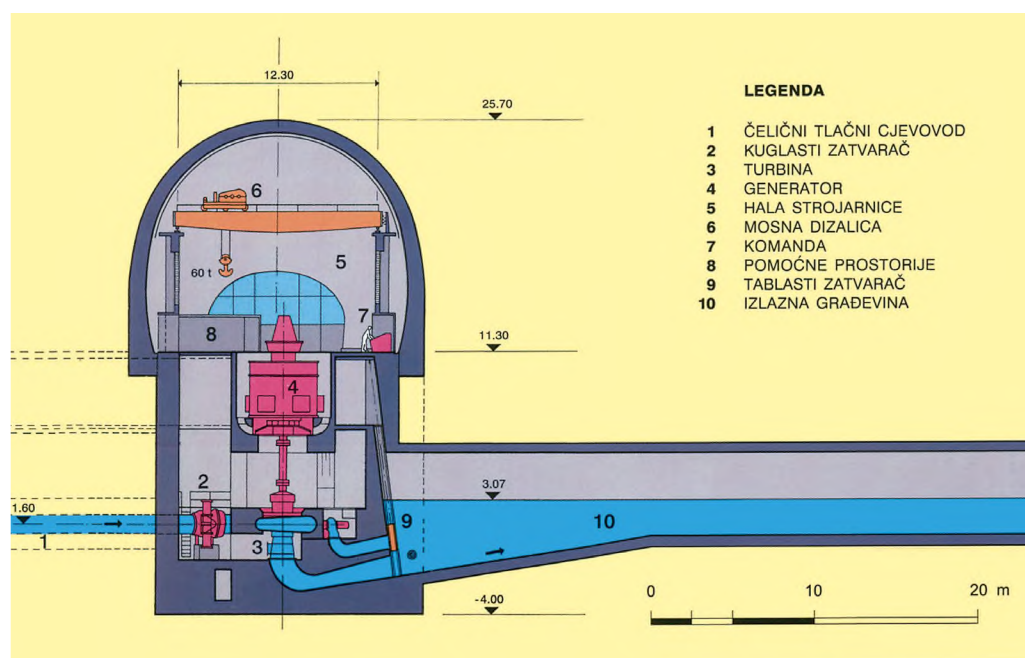


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA

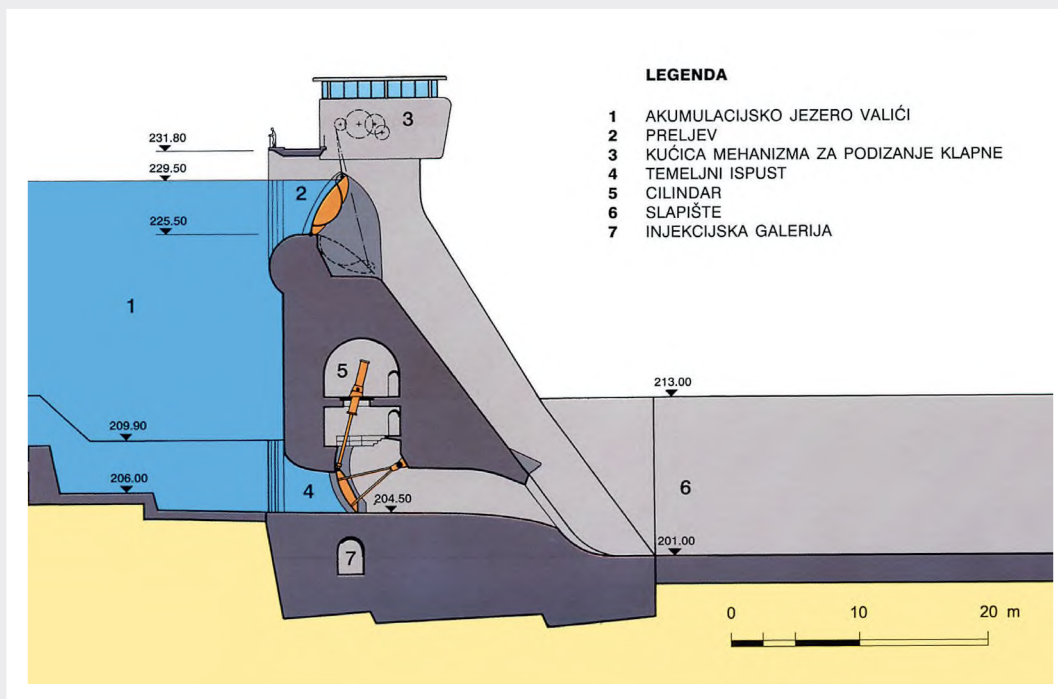


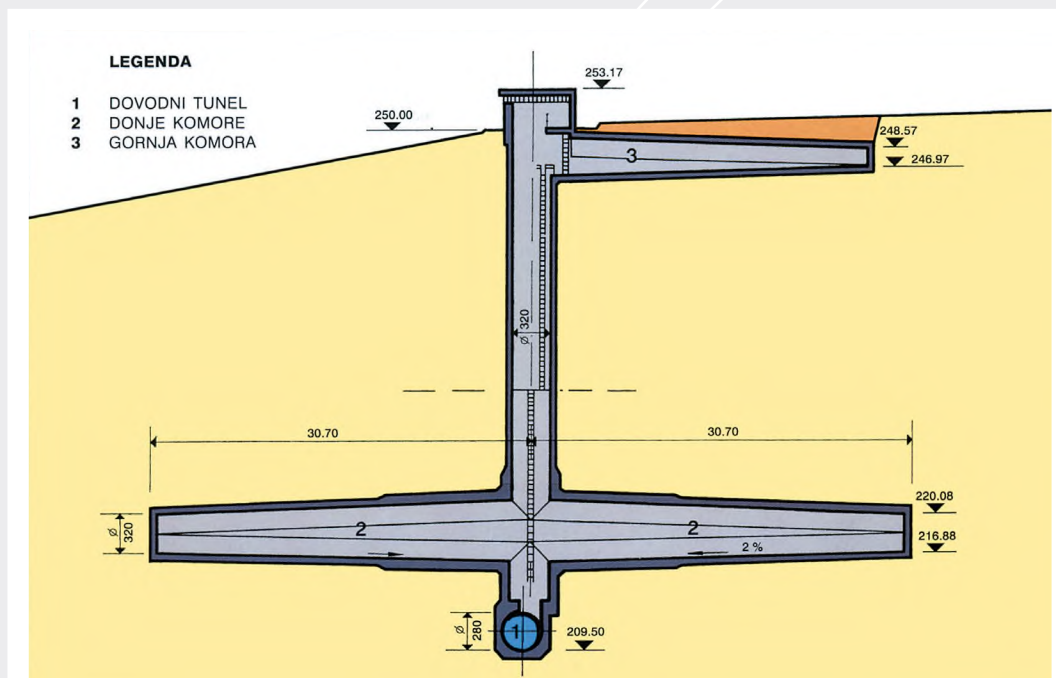
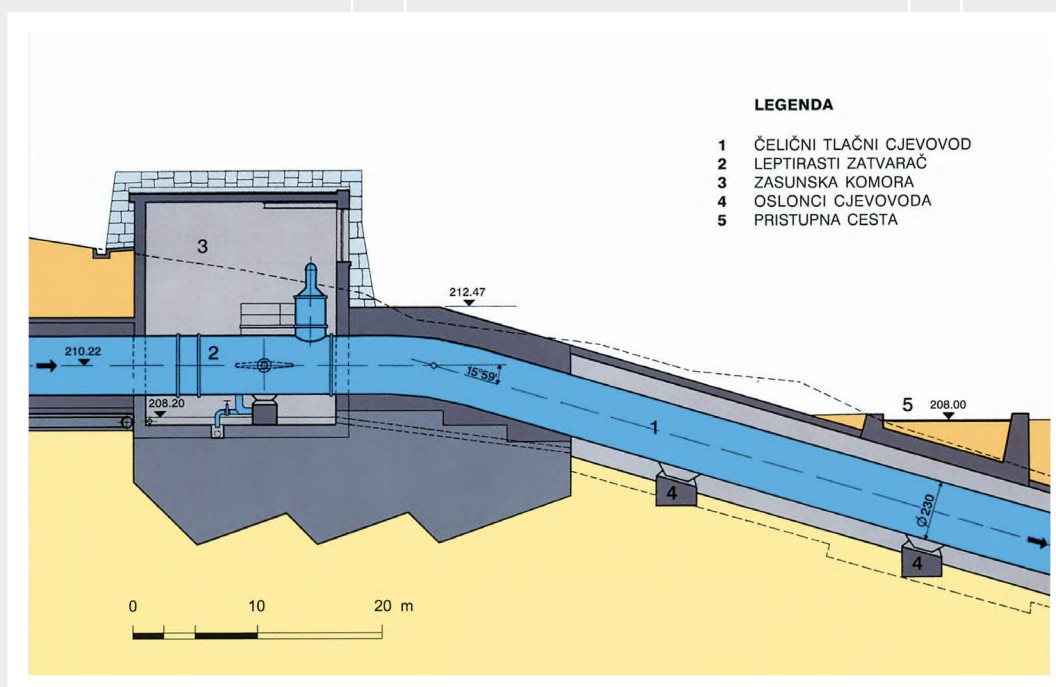
UZDUŽNI
PRESJEK
POSTROJENJA



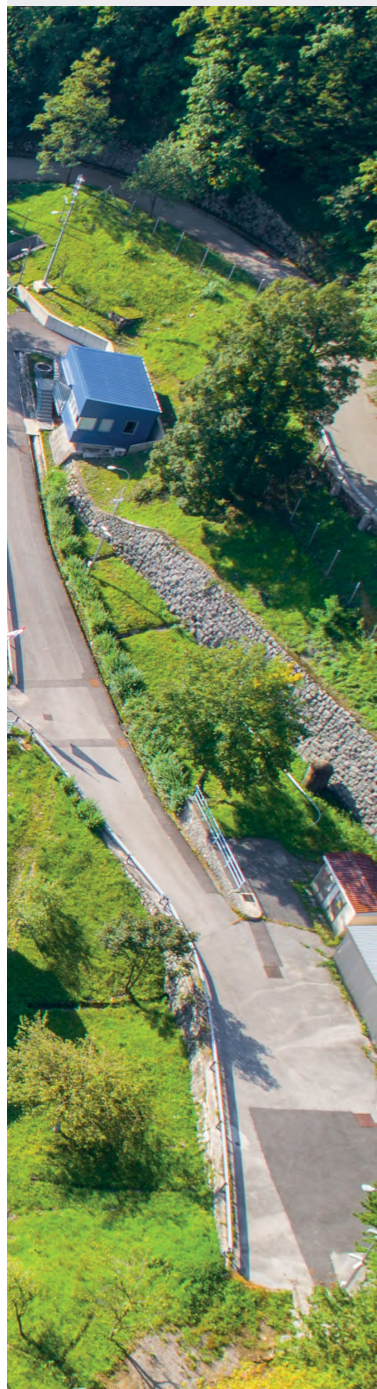
TLOCRT
STROJARNICEPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE

POPREČNI
PRESJEK BRANE
VALIČI



VODNA
KOMORAZASUNSKA
KOMORA







HIDROENERGETSKI SUSTAV

SENJ

U SLIVU RIJEKA
LIKA I GACKA

HE Senj 143

HE Sklope 159

HIDROENERGETSKI SUSTAV **SENJ** U SLIVU RIJEKA LIKA I GACKA

Hidroelektrana Senj je derivacijska elektrana instaliranog protoka $60 \text{ m}^3/\text{s}$ koja hidroenergetski iskorištava vode hidroenergetskog sustava rijeka Like i Gacke na ukupnom bruto padu od oko 550 m, ostvarenom od uspora Kruščica do Jadranskog mora.

Pri realizaciji HES-a rijeka Like i Gacke izvršeno je prevođenje, sustavom kanala, tunela i pripadnih hidrotehničkih objekata, dijela voda uzvodnijeg sliva Like prema vodama rijeke Gacke gdje se one pred kompenzacijskim bazenom u Gusić polju spajaju. Nakon hidroenergetskog iskorištenja djelomično izravnatih voda rijeke Like akumulacijom Kruščica na HE Sklope i to na bruto padu od cca 70 m, dio voda te rijeke prevodi se prema koritu rijeke Gacke, pa se one zajednički koriste na padu od Gusić polja do Jadranskog mora (cca 437 m) na najznačajnijem objektu u sustavu - hidroelektrani HE Senj.

Glavni objekti HES-a rijeka Like i Gacke u današnjem stanju izgrađenosti, od uzvodnijih prema nizvodnijim objektima su:

- Brana Sklope i akumulacijsko jezero Kruščica,
- HE Sklope,
- Brana i kompenzacijski bazen Selište,
- Derivacijski sustav od zahvatne brane Selište do GHE Senj dužine oko 41 km (tunel Lika - Gacka, kanal Šumečica - Gornja Švica (Karlov kanal), tunel Gornja Švica - Marasi, kanal Marasi - bazen Gusić polje, tlačni tunel bazen Gusić polje - Hrmotine, tlačni cjevovod Hrmotine - HE Senj i svi pripadajući hidrotehnički objekti na ovoj derivaciji),
- HE Senj,
- Odvodni tunel HE Senj do Jadranskog mora.

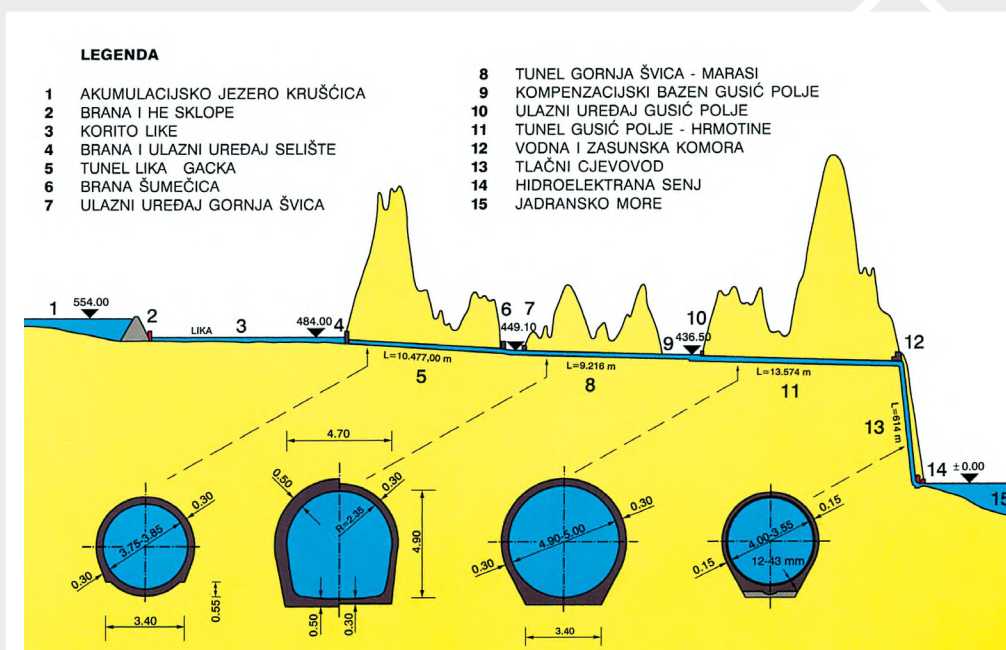
Sliv rijeke Like do Kosinjskog mosta površine je 1.125 km^2 (od čega je 975 km^2 do akumulacije Kruščica) i nalazi se na nadmorskoj visini iznad 480 m n.v.

Akumulacijsko jezero Kruščica formirano je u kanjonu rijeke Like izgradnjom nasute brane Sklope.





PREGLEDNA SITUACIJA
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA SENJ

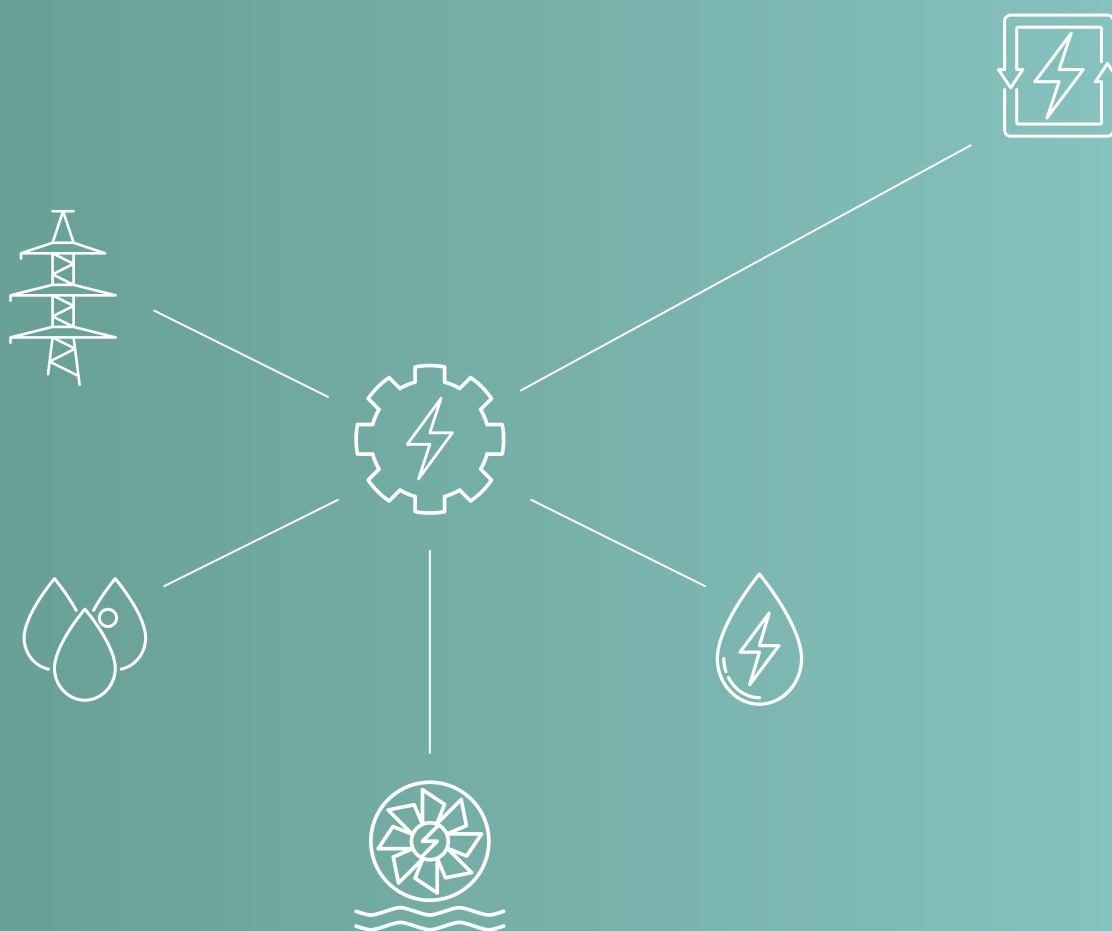


UZDUŽNI PROFIL
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA SENJ



HE U SLIVU RIJEKA
LIKA I GACKA

HE SENJ



HE SENJ

HE Senj je visokotlačno derivacijsko postrojenje koje koristi vode rijeka Like i Gacke. Opis hidroelektrane Senj teško je odvojiti od opisa cijelog hidroenergetskog sustava Senj budući da je cijeli sustav projektiran i prilagođen potrebama HE Senj kao i način gospodarenja vodama HES Senj.

Strojarnica HE Senj smještena je na obali Jadranskog mora u blizini mjesta Sv. Juraj. U strojarnici su smještene tri proizvodne jedinice koje na bruto padu od 437 m n. v. koriste vode Like i Gacke. Rijeka Lika je zahvaćena u akumulacijskom jezeru Kruščica, sustavom kanala i tunela prevedena u rijeku Gacku odakle se zajedničkim derivacijskim sustavom kroz Gacko polje i Velebit vode obiju rijeka dovode na turbine HE Senj.

Prve zamisli o iskorištenju snage vode rijeke Gacke i izgradnji hidroelektrane u Vlačkoj Dragi izložene su u studijama koje je od 1907. do 1909. godine izradilo *Primorsko društvo za vodne sile i elektriku* iz Sušaka. Pokrenuti tijekom aktivnosti na razvoju projekta prekidani su ratnim događanjima u I. i II. svjetskom ratu. Ipak, u jesen 1956. godine Elektroprojekt Zagreb dovršio je idejni projekt zajedničkog korištenja vodnih snaga rijeka Like i Gacke za instalirani protok od 70 m³/s te godinu dana kasnije i investicijski program, ali na instalirani protok od 60 m³/s.

Odluka o izgradnji HE Senj instalirane snage 216 MW i s godišnjom proizvodnjom od 1.080 GWh donesena je 26. veljače 1959. godine. Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske je neposredno nakon toga osnovala *Hidroelektranu Senj – poduzeće za izgradnju i proizvodnju električne energije* sa sjedištem u Senju. Iste je jeseni započela izgradnja na gradilištima od Kruščice do strojarnice HE Senj s prosječnim brojem od 3500 radnika po jednom danu.

1965. godine obavljena je vrtnja prva dva agregata pojedinačne snage 72 MW

dok je treći čekao isporuku trofaznog blok transformatora prijenosnog omjera 10,5/220 kV što je tada bio vrhunski domet domaće elektroindustrije. Važno je spomenuti da se u to vrijeme za HE Senj znalo i u svjetskim razmjerima jer je ovdje ugrađena turbina tipa Francis na padu od preko 400 m što je tada bilo vrhunsko svjetsko postignuće.

U izgradnji HE Senj, kao i HE Sklope te objekata na gornjem horizontu sudjelovale su brojne projektne, građevne i montažne tvrtke te dobavljači opreme – Elektroprojekt, Geotehnika, Hidroelektra, Konstruktor, Rade Končar, Litostroj, Metalna Maribor i mnogi drugi.

Za potrebe HE Senj sagrađeni su mnogi objekti. Nasuta brana Sklope, visine 81 m i dužine u kruni 218 m, u kanjonu rijeke Like koja formira akumulacijsko jezero Kruščica korisnog volumena 128 mil. m³. Brana je zoniranog poprečnog presjeka s koso položenom glinenom jezgrom zaštićenom od unutrašnje erozije dvoslojnim filtrima. Potporne zone izvedene su od kamenog materijala. Kruna brane je na koti 557,00 m n.v., a najviši radni vodostaj na koti 554,00 m n. v.

Nizvodno od brane Sklope do zahvatne brane Selište u koritu rijeke Like formiran je kompenzacijski bazen Selište koji omogućava vršni rad HE Sklope. Najviši radni vodostaj u bazenu je na koti 484,00 m n. v., najniži na koti 481,00 m n. v., a volumen bazena iznosi 2,3 mil. m³.

Uz branu Selište nalazi se ulazna građevina gravitacijskog tunela Lika – Gacka kojim se vode Like prevode u

HE SENJ

ENERGETSKI PODATCI	instalirani protok	$3 \times 20 = 60 \text{ m}^3/\text{s}$
	snaga	216 MW
	prosječna godišnja proizvodnja	972 GWh
	srednji energetski ekvivalent	$1,0 \text{ kWh/m}^3$

PODATCI O OPREMI

turbina	tip	Francis
	komada	3
	instalirani protok	$3 \times 20 \text{ m}^3/\text{s}$
	snaga	$3 \times 72,5 \text{ MW}$
	broj okretaja	600 okr/min
generatori	Najveći koeficijent korisnosti	89,8 – 90,9 %
	tip	3 x sinkroni
	snaga	$3 \times 80,00 \text{ MWA}$
	faktor snage	0,9

projekt	ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska
	GEOEKSPERT – Zagreb, Hrvatska

građenje	HIDROELEKTRA – Zagreb, Hrvatska
	KONSTRUKTOR – Split, Hrvatska
	KONSTRUKTOR – Rijeka, Hrvatska
	GEOISTRAŽIVANJA – ELEKTROSOND – Zagreb, Hrvatska
	TEHNOGRADNJA – Maribor, Slovenija
	TUNELOGRADNJA – Beograd, Srbija
	METALNA – Maribor, Slovenija
	COFOR – Treni, Italija

oprema	KONČAR – Zagreb, Hrvatska
	LITOSTROJ – Ljubljana, Slovenija
	DALEKOVOD – Zagreb, Hrvatska
	METALNA – Maribor, Slovenija

Puštanje u pogon studeni 1965. godine



sliv Gacke. Tunel je kružnog poprečnog presjeka promjera 3,85 m, dužine 10477 m i protočnog kapaciteta 49 m³/s. Regulacija protoka u tunelu provodi se zatvaračem na ulazu u ovisnosti o dotoku Gacke i potrebnim protokama za HE Senj.

Zahvat rijeke Gacke koji je ostvaren pregrađivanjem njezinog korita branom Šumećica lociran je u blizini izlaza tunela Lika – Gacka. Izlaz tunela i regulirano korito spojeni su kanalom. Na tom mjestu počinje zajednički derivacijski sustav rijeka Like i Gacke kojim se njihove vode dovode do obale Jadranskog mora i koriste za proizvodnju električne energije u HE Senj. Protočni kapacitet ovog sustava iznosi 60 m³/s, a sastoji se od:

- kanala Šumećica – Gornja Švica, trapeznog poprečnog presjeka, širine dna 8,6 m, pokosa stranica 1:2, dubine 5 m i dužine 1500 m;
- gravitacijskog tunela Gornja Švica – Marasi, potkovastog poprečnog presjeka širine 4,7 m, visine 4,9 m i dužine 9216 m;
- kanala Marasi – Gusić polje trapeznog poprečnog presjeka, širine dna 2,2 m, pokosa stranica 1:1,5, dubine 5 m i dužine 1993 m;
- kompenzacijskog bazena Gusić polje koji je formiran izgradnjom obodnih nasipa dužine oko 3600 m, korisnog volumena između minimalnog i maksimalnog radnog vodostaja na kotama 433 i 436,5 m n. v. od 1,2 mil. m³. (bazen služi za dnevno izravnanje dotoka);

- dovodnog tlačnog tunela Gusić polje – Hrmotine kružnog poprečnog presjeka promjera 5 m i dužine 13574 m;
- vodne komore raščlanjenog tipa s prigušivačem;
- podzemnog tlačnog cjevovoda obloženog čeličnim limom, položenog pod kutem od 43° prema horizontali, promjenjivog promjera od 4 m do 3,55 m i dužine 614 m.

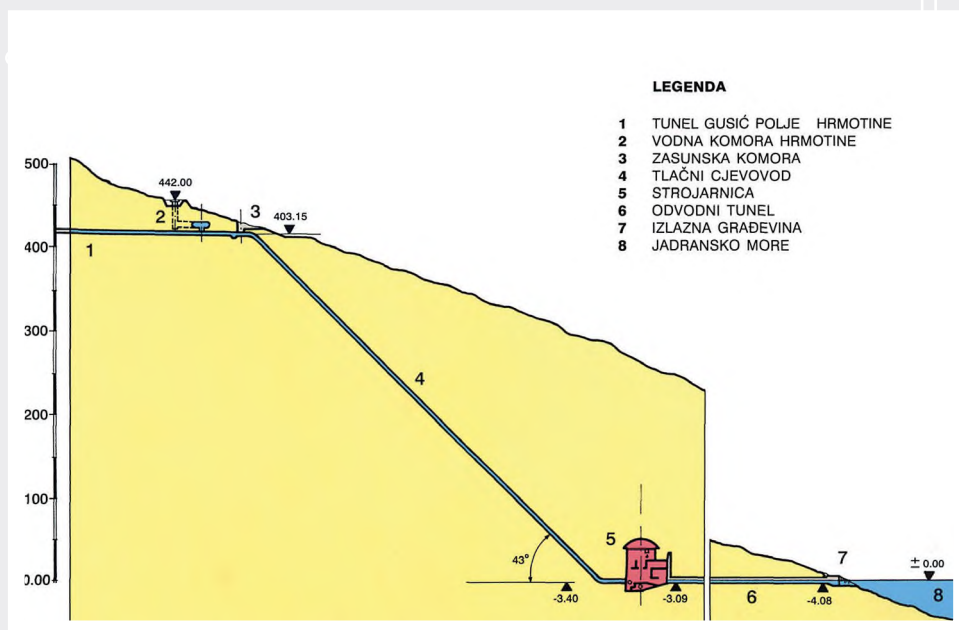
Strojarnica HE Senj je podzemna, dužine 72,5 m, širine 14,6 m i visine 31,2 m. U njoj su smještene tri proizvodne grupe s Francis turbinama koje su opremljene regulatorima tlaka, a imaju karakteristike konstruktivnog pada u iznosu od 410 m, instaliranog protoka od 20 m³/s, odnosno 60 m³/s po proizvodnoj grupi, a ukupna instalirana snaga hidroelektrane iznosi 216 MW. Pristup u strojarnicu izveden je tunelom dužine 584 m.

HE Senj ima rasklopna postrojenja 110 i 220 kV koja su smještena iznad ulaza u pristupni tunel. Na prostoru između rasklopnih postrojenja i Jadranskog mora izgrađena je zgrada komande, rasklopište 35 kV i radionice pogona.

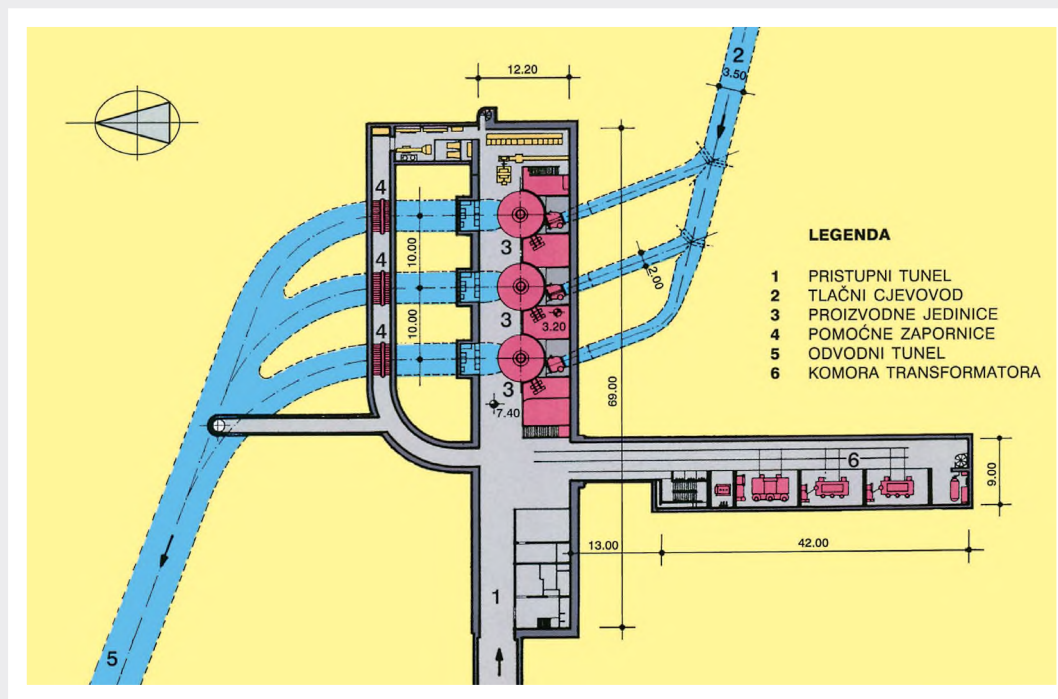
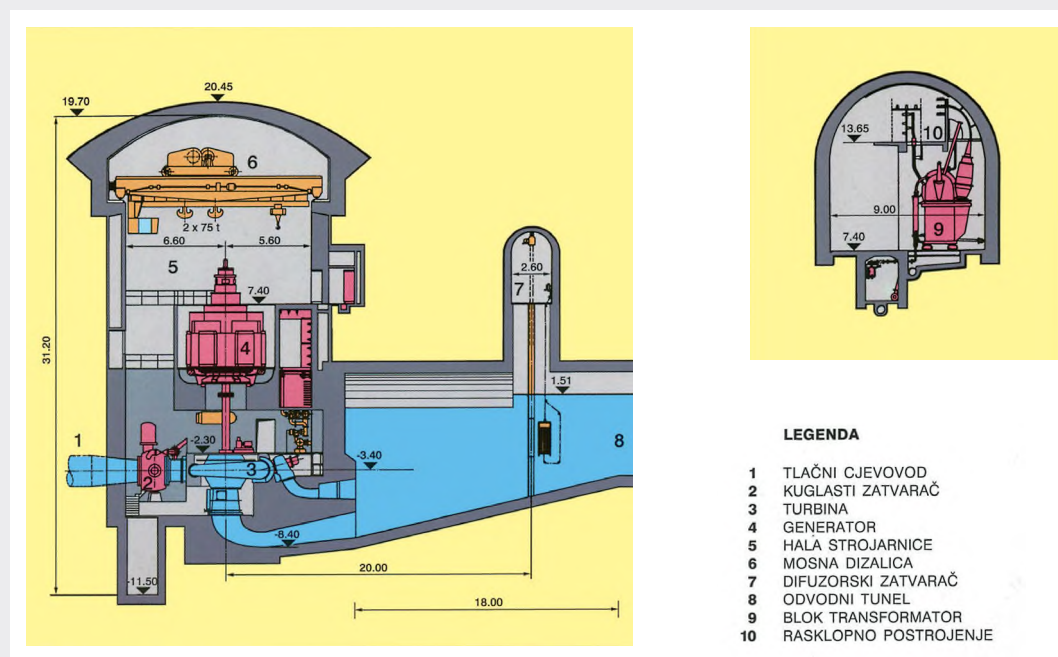
Voda se odvodnim tunelom dužine 667 m od turbina HE Senj odvodi u more. On je potkovastog poprečnog presjeka, visine 6,8 m i širine 6,2 m. Izlazna građevina tunela oblikovana je tako da sprječava prijenos oscilacija morske površine u tunel, kao i unošenje morskog nanosa.

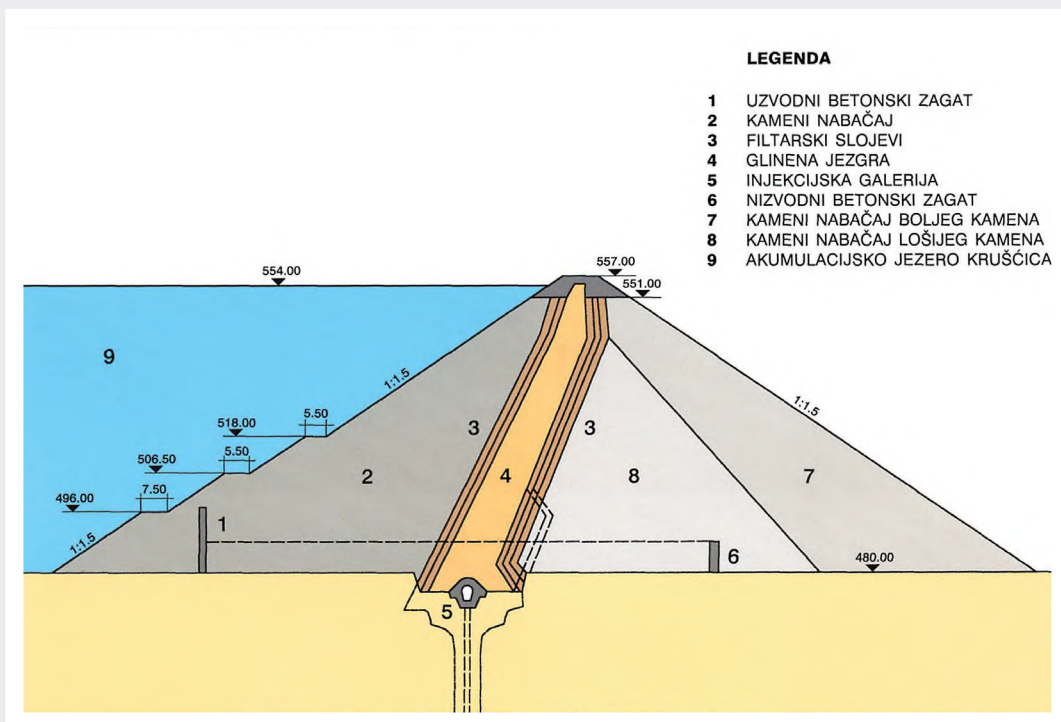


PREGLEDNA SITUACIJA
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA SENJ

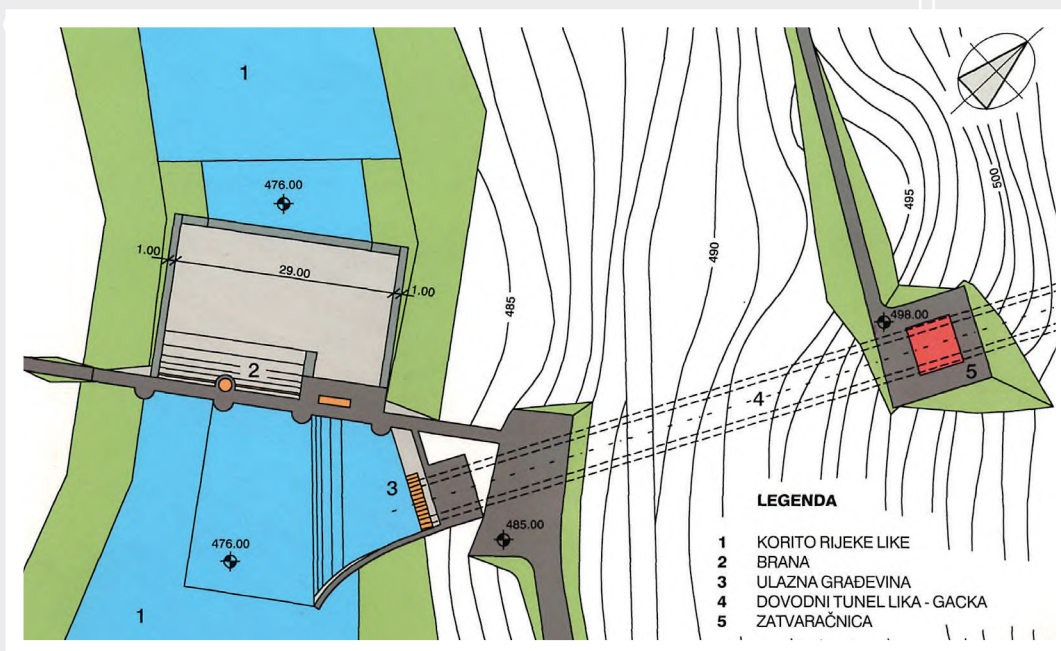


UZDUŽNI PROFIL OBJEKATA
ČVORA STROJARNICE

TOLCRT
STROJARNICEPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE I
TRANSFORMATORSKE
KOMORE

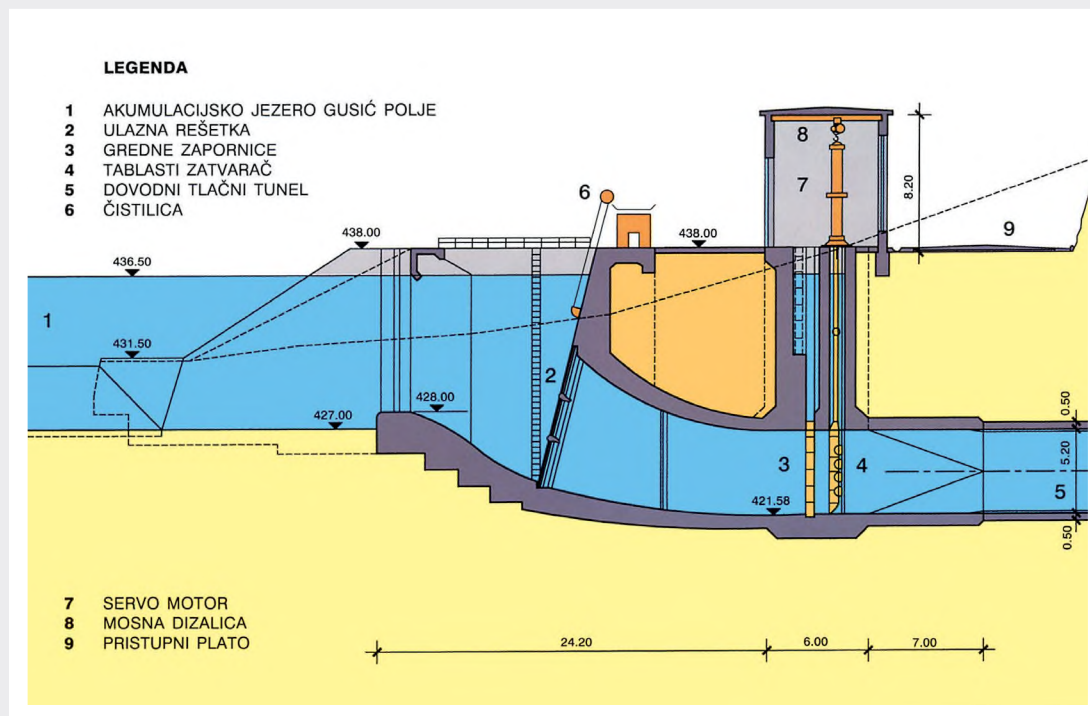


POPREČNI
PRESJEK BRANE
SKLOPE

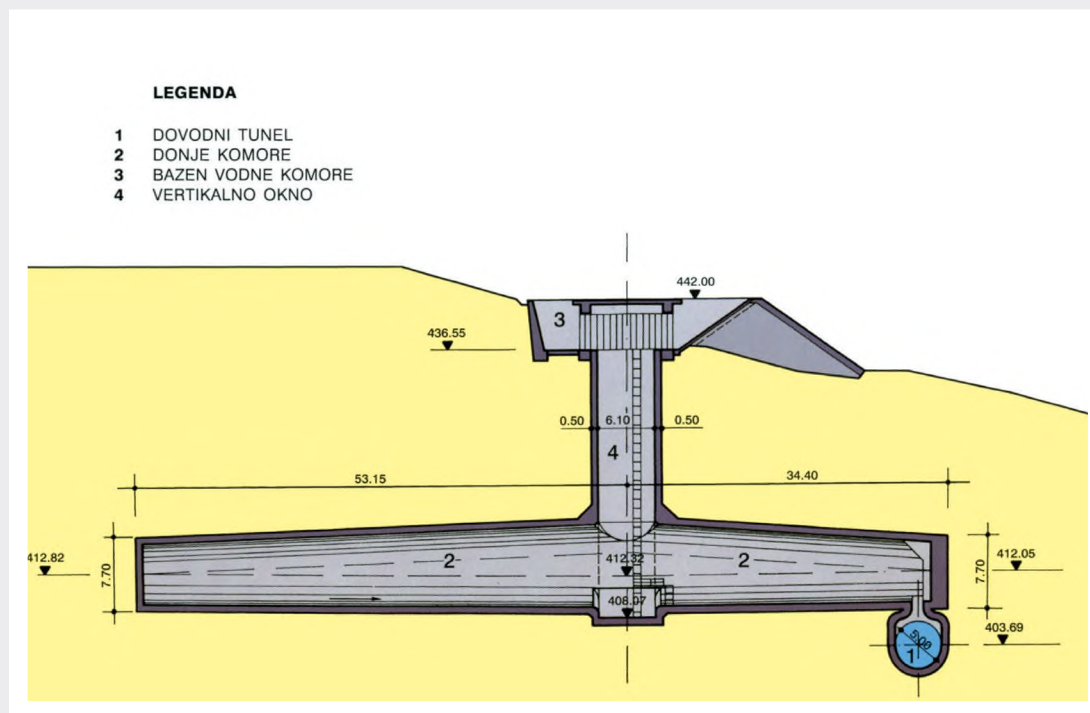


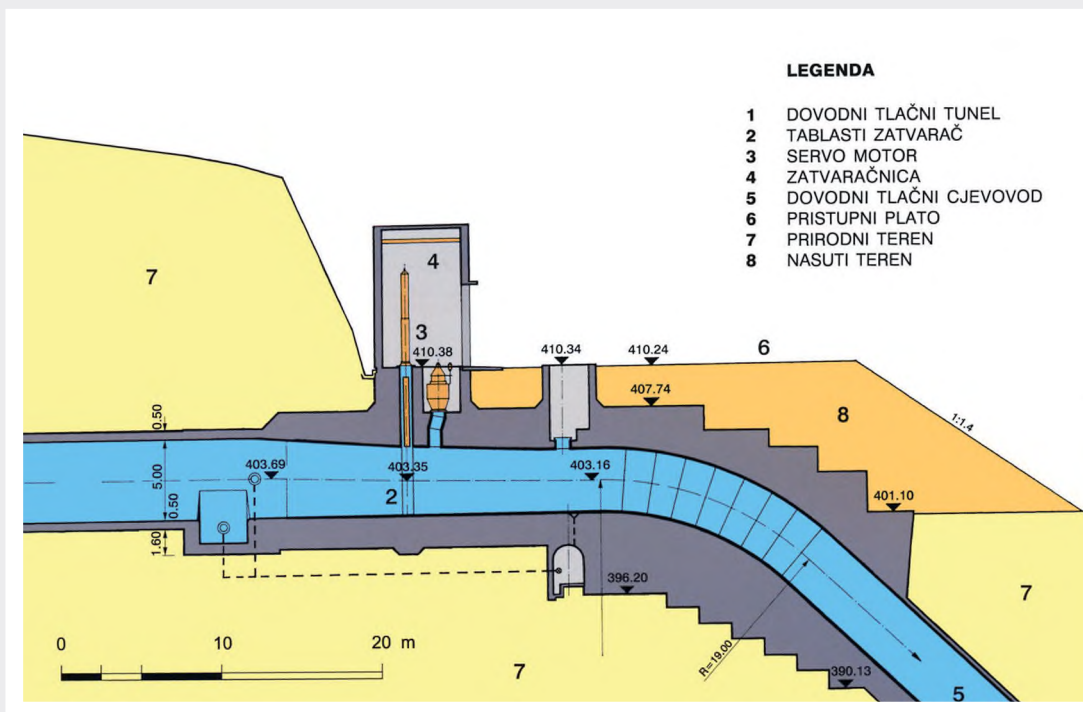
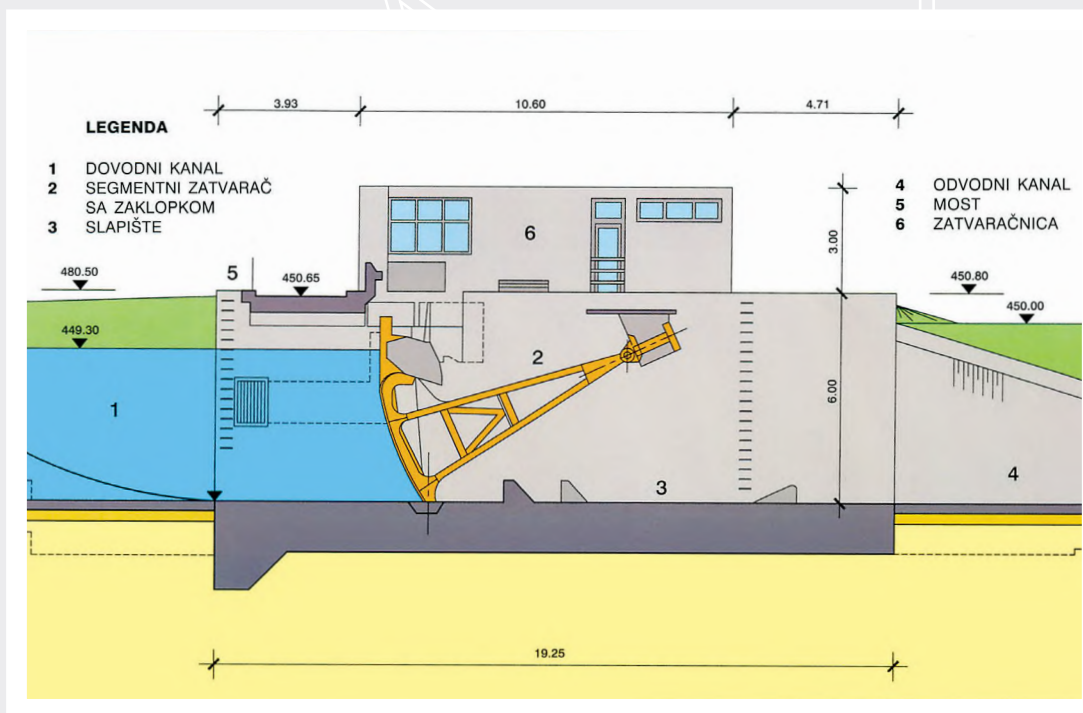
TLOCRT BRANE
I ULAZNE
GRAĐEVINE
SELIŠTE

ULAZNA
GRAĐEVINA
GUSIĆ POLJE



VODNA
KOMORA
HRMOTINE

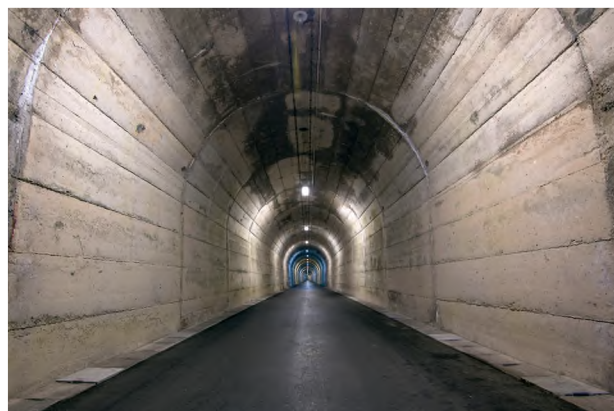


ZASUNSKA
KOMORAUZDUŽNI
PRESJEK
BRANE
ŠUMEČICA









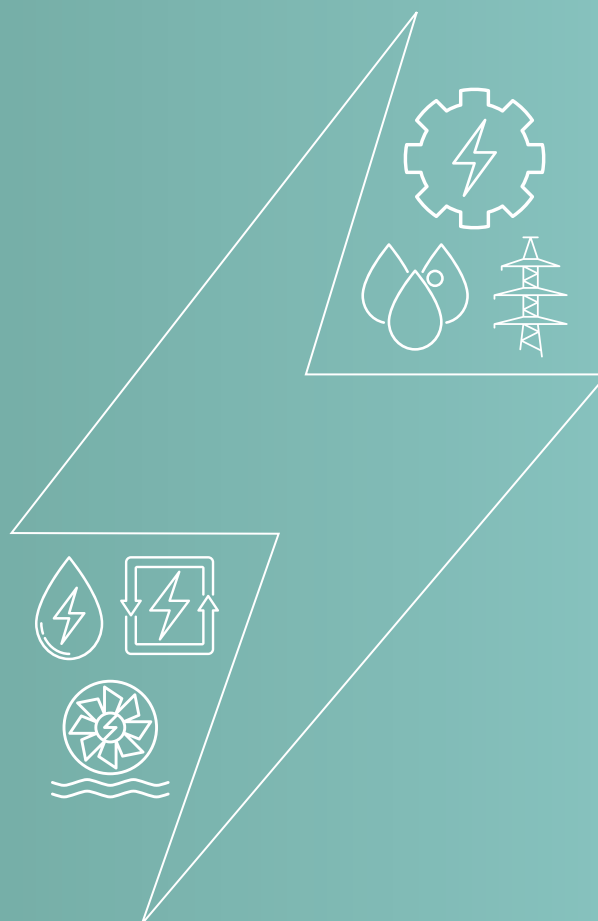






HE U SLIVU RIJEKA
LIKA I GACKA

HE SKLOPE



HE SKLOPE

HE Sklope je pribransko postrojenje koje koristi hidropotencijal voda rijeke Like koje se regulirano ispuštaju iz akumulacije Kruščica na koncentriranom padu od 70 m koji stvara brana Sklope.

HE Sklope je dio hidroenergetskog sustava Senj. Brana Sklope i akumulacija Kruščica izgrađene su za potrebe HE Senj, a izgradnja HE Sklope javila se kao logično rješenje za iskorištenje koncentriranog pada uz branu Sklope.

HE Sklope je bila predviđena još 1954. godine radi korištenja dobivenog pada, ali je današnje rješenje odabrano tek 1967. nakon studije niza varijanti.

Izgradnjom nasute brane Sklope visine 81 m i dužine u kruni 210 m u kanjonu rijeke Like formirano je akumulacijsko jezero Kruščica korisne zapremnine 128 mil. m³ kod najvećeg radnog vodostaja 554 m n. v. Brana je zoniranog poprečnog presjeka s koso položenom glinenom jezgrom zaštićenom od unutrašnje erozije dvoslojnim filtrima. Potporne zone izvedene su od kamenog materijala. Kruna brane je na koti 557,00 m n. v., a najviši radni vodostaj na koti 554,00 m n. v. Volumen tijela brane je 820000 m³. U tijelo brane ugrađena je injekcijska galerija, ulazni uređaj s tunelom za temeljni ispušt te ulazni uređaj s tunelom i tlačnim cjevovodom kao dovodom do HE Sklope. Na desnoj strani brane izveden je preljev kapaciteta 1300 m³/s, koji tunelom u stijeni uz desni bok brane odvodi prelijevne vode nizvodno od brane i strojarnice HE Sklope.

Radi osiguranja od povremeno visoke donje vode i zbog konstruktivno statičkih razloga najboljim rješenjem pokazala se izvedba strojarnice u obliku okruglog bunara promjera 14 m i visine 23 m. Uz nju je izgrađen bunar istog promjera i visine za montažu i remont opreme.

U HE Sklope ugrađen je jedan agregat snage 22,5 MW vertikalne izvedbe. Turbina je spiralna Francis, snage 23,5 MW i instaliranog protoka 45 m³/s. Generator je snage 25 MVA i faktora snage 0,9 s automatskom regulacijom napona.

Rasklopno postrojenje 110 kV vrlo je jednostavne konstrukcije i sastoji se od generatorskog, dalekovodnog i transformatorskog polja (za transformaciju 110/10,5 kV odakle se napaja i vlastita potrošnja), a smješteno je nizvodno uz desni bok brane.

Glavni radovi su počeli 16. svibnja 1968. godine i odvijali su se bez zastoja, izuzev zimskih mjeseci, zahvaljujući solidno izvedenim pripremama i kvalitetno izrađenom glavnom projektu sa svim detaljima. Prva vrtnja agregata obavljena je 10. listopada 1969. god., odnosno za godinu, pet mjeseci i dvadeset i četiri dana od početka radova, što je predstavljalo svojevrsan uspjeh i veliko postignuće na gradnji ovakvih objekata. HE Sklope puštena je u pogon 7. siječnja 1967., tri godine nakon što je akumulacijsko jezero Kruščica prvi puta napunjeno. Na 110 kV mrežu HE Sklope je priključena 12. siječnja 1970. godine. Snaga hidroelektrane je 25 MVA, a godišnja proizvodnja iznosi cca 85 GWh.

HE SKLOPE

ENERGETSKI PODATCI	srednji energetski ekvivalent	0,11 kWh/m ³
	instalirani protok	45 m ³ /s
	instalirana snaga elektrane	22,5 MW
	prosječna godišnja proizvodnja	85 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis, spiralna, vertikalna
	komada	1
	nazivni protok	45 m ³ /s
	konstruktivni pad	60 m
	snaga	23,5 MW
	brzina vrtnje	250 okr/min

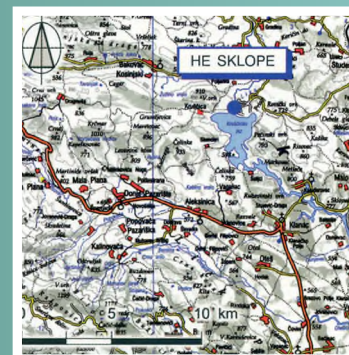
generator	komada	1
	snaga	25 MVA
	nazivni napon	10,5 kV
	faktor snage	0,9
	brzina vrtnje	250 okr/min

projekt	ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska
	GEOEXPERT – Zagreb, Hrvatska – nasuti dio brane Sklope

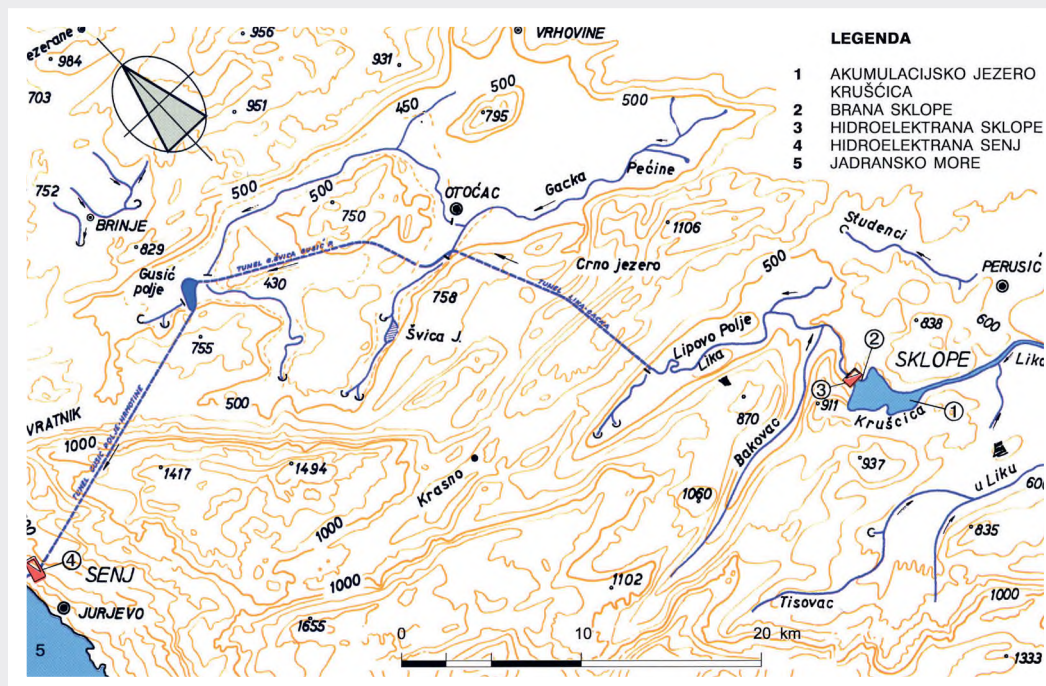
građenje	HIDROELEKTRA – Zagreb, Hrvatska
	GEOTEHNIKA – Zagreb, Hrvatska
	IZGRADNJA – Novi Vinodolski, Hrvatska
	TEHNOGRADNJA – Maribor, Slovenija

oprema	KONČAR – Zagreb, Hrvatska
	DALEKOVOD – Zagreb, Hrvatska
	METALNA – Maribor, Slovenija
	LITOSTROJ – Ljubljana, Slovenija

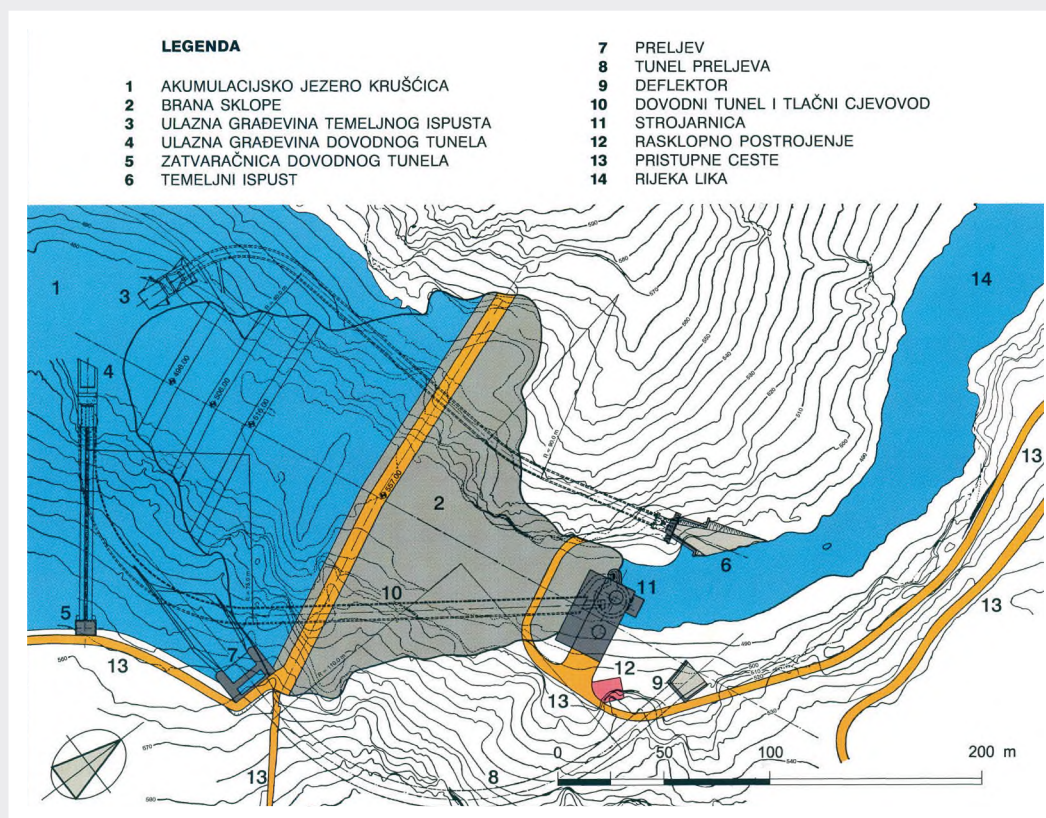
puštanje u pogon	Akumulacija Kruščica (prvi puta napunjena) 7.1.1967. godine HE Sklope 12.1.1970. godine
------------------	--

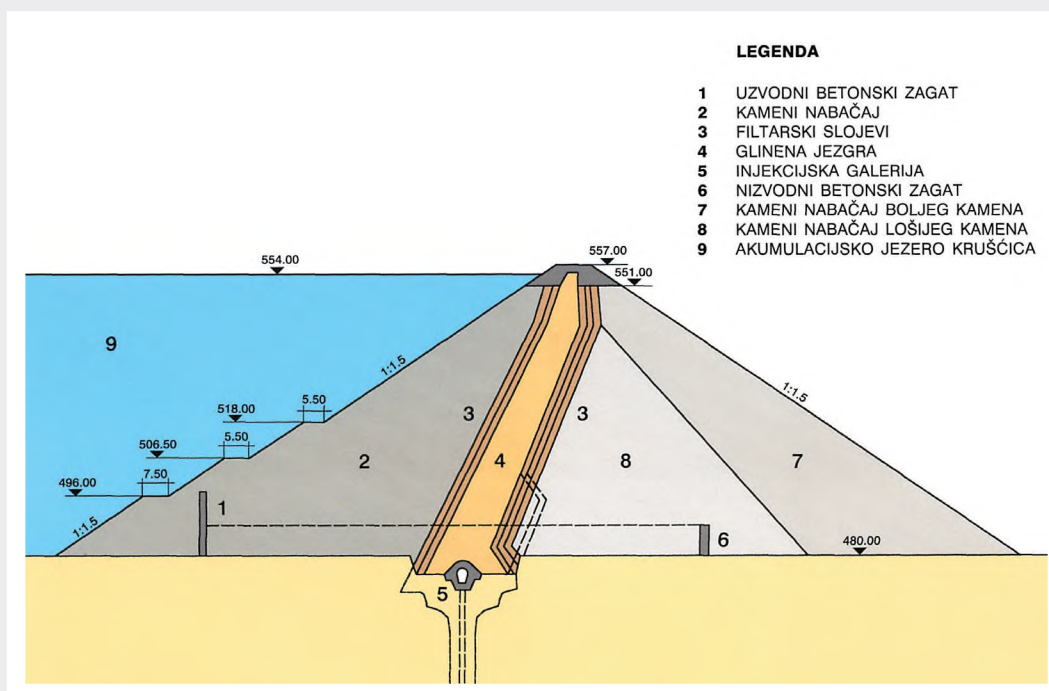


PREGLEDNA
SITUACIJA HIDRO-
ENERGETSKOG
SUSTAVA SENJ



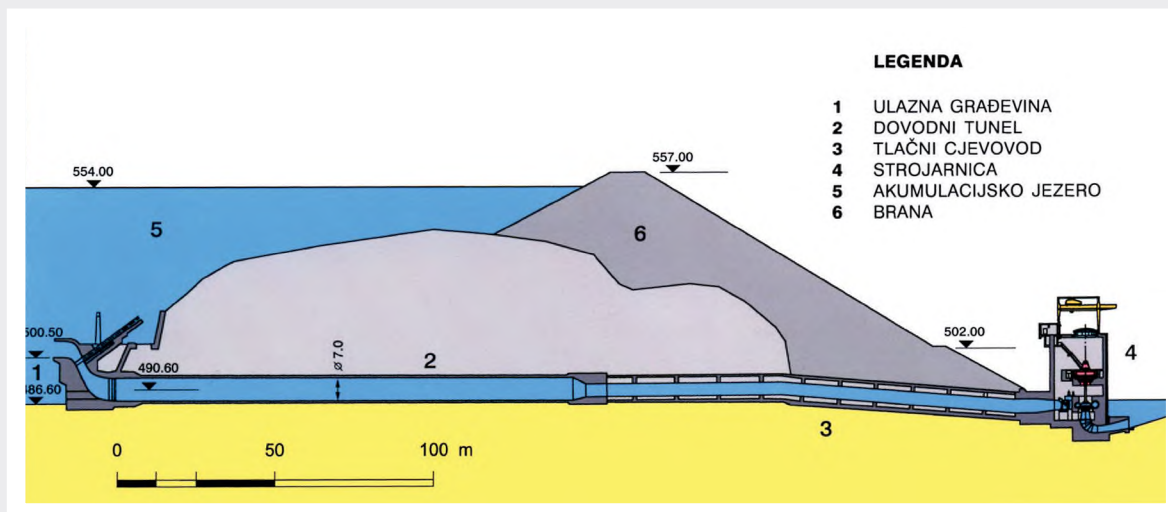
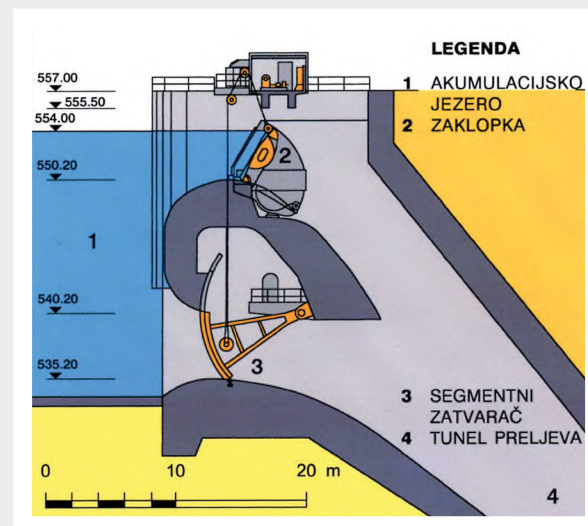
SITUACIJA
OBJEKATA
POSTROJENJA
HE SKLOPE



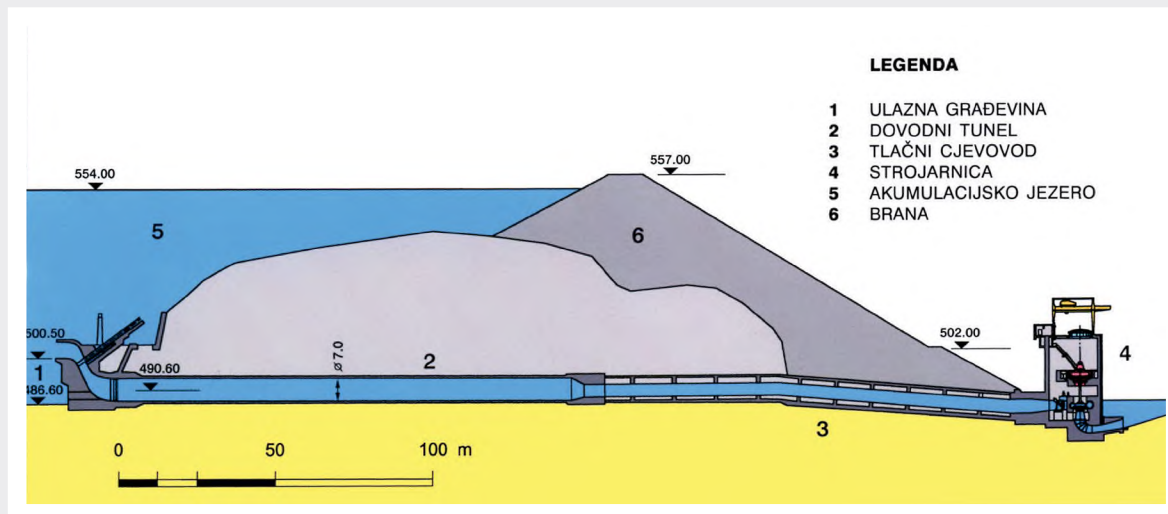


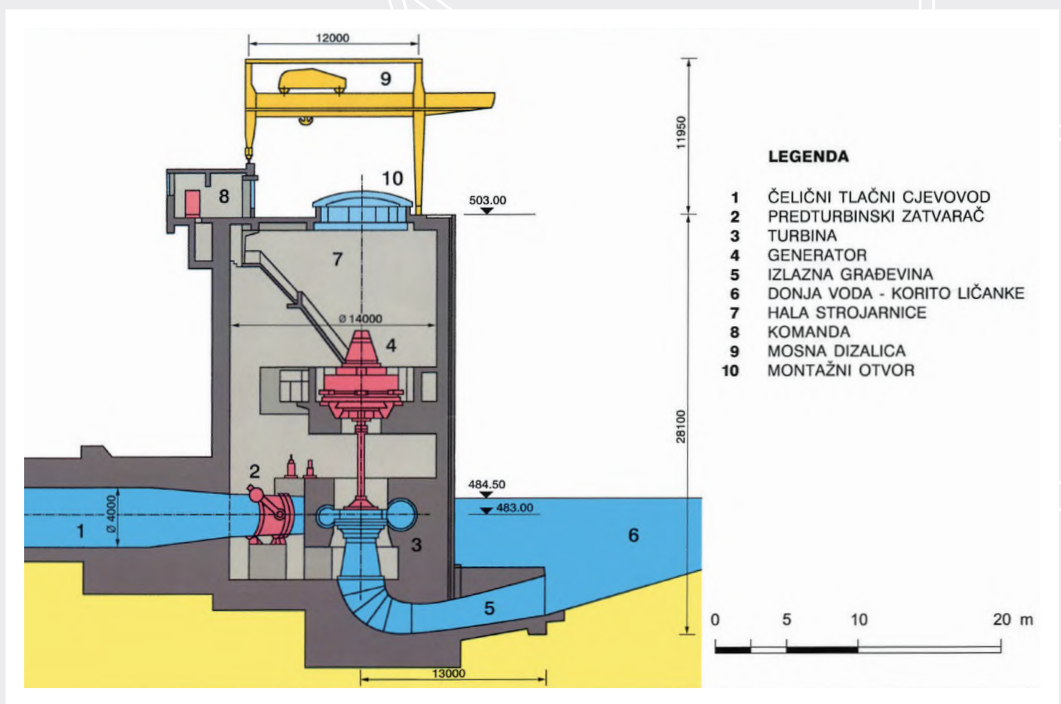
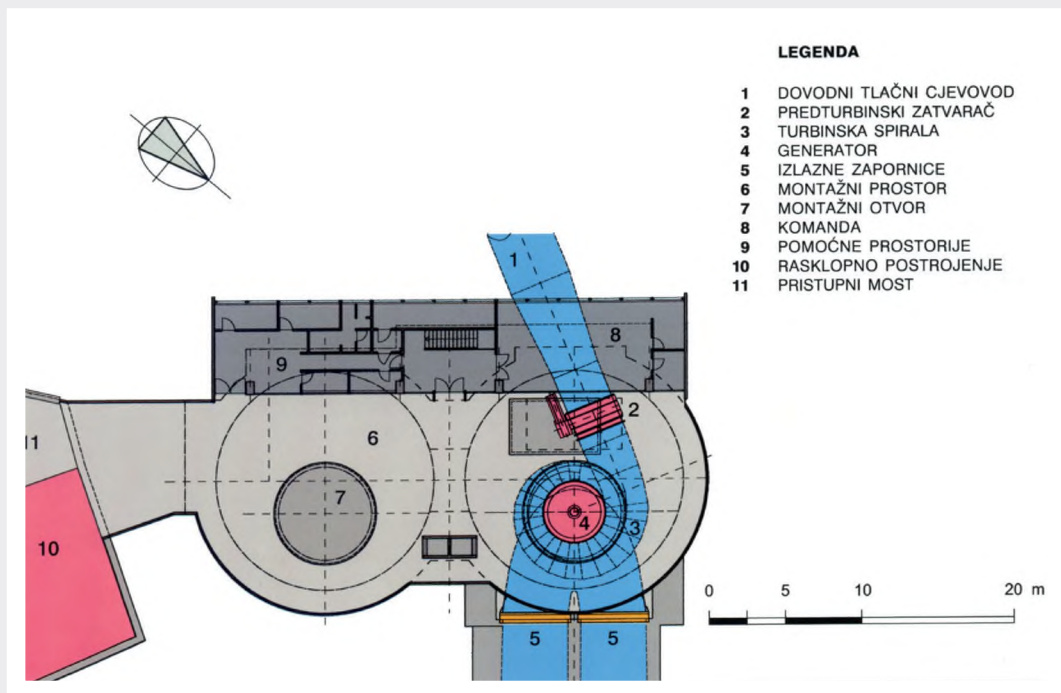
POPREČNI PRESJEK
BRANE SKLOPE



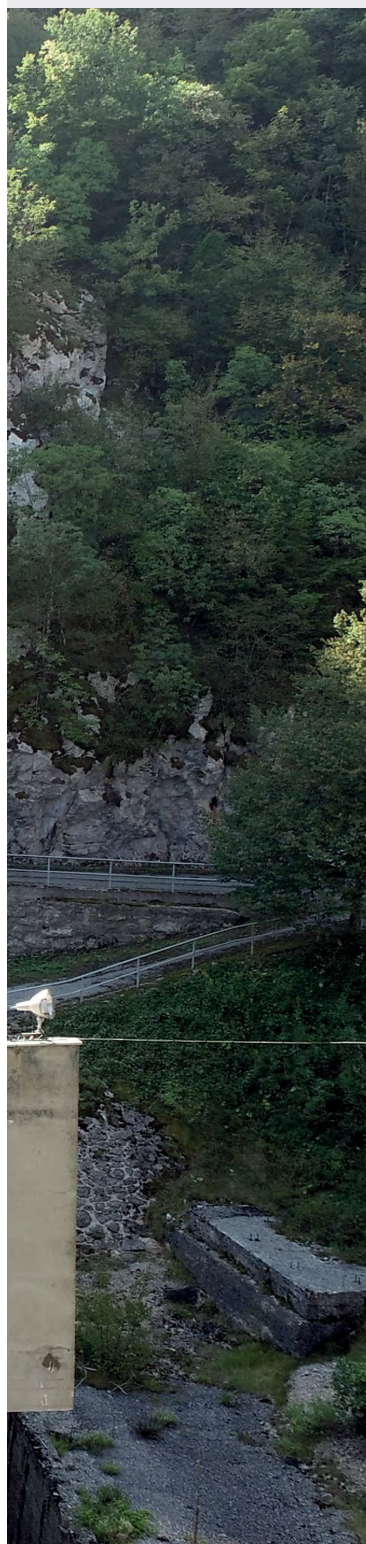
DOVODNI TUNEL I
TLAČNI CJEVOVODDETALJ
PRELJEVA

PRELJEV











ENERGETSKO
KORIŠTENJE VODA

GRAČAČKE VISORAVNI

RHE Velebit 173

ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA GRAČAČKE VISORAVNI

RHE Velebit
reverzibilno je
postrojenje koje koristi
vode vodotoka Ričica,
Opsenica, Otuča i
Krivak s područja
Gračačke visoravni, na
jugoistočnom dijelu
Like, smještene na
nadmorskoj visini
od 550 do 700 m i
masivom Velebita
odvojene od mora.

Strojarnica RHE Velebit smještena je na koti 11 m n. v. uz rijeku Zrmanju. Na njenom donjem toku oko 10 km uzvodno od grada Obrovca. RHE Velebit je građena od 1978. do 1985. godine, a u redovitoj je proizvodnji od 1984. godine.

S hidrograđevinskog stajališta elektrana se može podijeliti u tri cjeline:

- gornja akumulacijska jezera,
- tlačni dovodni sustav,
- strojarnica s pratećim objektima i donje akumulacijsko jezero.

Akumulacijsko jezero Štikada smješteno je na Gračačkoj visoravni. Jezero prihvaća vode s Gračačke visoravni te služi kao gornje akumulacijsko jezero kada elektrana radi crpno. Jezero Štikada prihvaća i vode iz akumulacijskog jezera Opsenica koje je s vodotokom Ričice, povezano kanalom. U ovo akumulacijsko jezero prebacuju se i vode vodotoka Otuča, kroz podzemni betonski tunel promjera 3 m i dužine 2825 m.

Akumulacijsko jezero Štikada podijeljeno je razdjelnom branom na dva dijela: gornje i donje jezero. Gornje jezero zamišljeno je kao rekreacijska zona u kojemu bi se za ljetnih mjeseci održavao konstantan nivo vode, no, u praksi se od toga odustalo. Danas se oba dijela jezera koriste jednako s ukupnim, srednje godišnjim, dotokom od oko 11,94 m³/s.

Iz jezera Štikada voda se do strojarnice dovodi kroz betonski tlačni tunel i čelični tlačni cjevovod. Na početku dovodnog tunela na jezeru se nalazi ulazna građevina s tablastom zapornicom dimenzija 5 x 6,4 m. Dovodni tunel je promjera 4,6 m i dužine 8191 m. Na kraju dovodnog tunela nalazi se vodna komora koja se sastoji od donje komore, vertikalnog šahta i dvije bočne komore.

Zasunska komora s leptirastim zatvaračem promjera 3,9 m nalazi se na prijelazu iz dovodnog tunela u tlačni čelični cjevovod promjera od 3,9 m do 3 m i dužine 2108 m. Protežući se od zasunske komore do strojarnice cjevovod savladava visinsku razliku od 549,15 m. Građen je bez dilatacija, oslonjen je preko kliznih ležaja na 103 betonska oslonca i sedam nepomičnih usidrenih betonskih točaka pa sa statičkog motrišta djeluje kao kontinuirani nosač. Pred strojarnicom se cjevovod račva u dva dijela, svaki prema jednoj turbini-crpki.

Strojarnica je smještena u 60 m dubokom armirano betonskom bunaru unutarnjeg promjera 27 m. Dubina strojarnice uvjetovana je zahtjevom da se turbine-crpke postave na dubinu 47,5 m ispod površine terena jer se na taj način na najmanju moguću mjeru svode kavitacijske pojave na lopaticama turbine-crpke u turbinskom i crpnom radu. Iznad betonskog šahta nalazi se zgrada strojarnice građena od čelika u

kojoj su smješteni montažni prostor i mosna dizalica. Oko zgrade strojarnice smještene su: zgrada komande, zgrada rasklopnog postrojenja 35 kV s dizel-električnim agregatom, zgrade u rasklopnom postrojenju 400/110/36,75 kV te zgrade pomoćnih pogona.

Uz plato strojarnice smješteno je akumulacijsko jezero Razovac, koje je stvoreno nasutom branom pregrađivanjem doline rijeke Zrmanje. Strojarnica je spojena s akumulacijom Razovac s dva ulazno - izlazna tunela. Akumulacija Razovac služi kao akumulacijski prostor za crpni rad elektrane. Za reguliranje toka rijeke Zrmanje, prvenstveno za ispuštanje biološkog minimuma, služi betonska preljevna građevina s tri preljevna polja opremljena segmentnim zapornicama.

U RHE Velebit ugrađena su dva agregata koji su tako izvedeni da zadovoljavaju turbinski, crpni i kompenzacijski pogon.

Pokretanje agregata u crpnom pogonu obavlja se statičkim pretvaračem frekvencije s odvodnjenim radnim kolom hidrauličnog stroja. Ukoliko je statički frekvencijski pretvarač u kvaru, pokretanje jednog agregata moguće je pomoću drugog (back to back).

Motor - generator se pokreće sinkrono od stanja mirovanja do nazivnog broja okretaja, a sinkronizam stroja i frekvencijskog pretvarača je trajno osiguran. Ukupno vrijeme trajanja pokretanja uključivo sa sinkronizacijom iznosi oko pet minuta.

Tehnološki proces je potpuno automatiziran te su mogući brzi i sigurni prijelazi u sva pogonska stanja predviđena za agregate. Procesne stanice agregata, hidrauličkih postrojenja i rasklopnih postrojenja, okosnice su upravljačkog i procesno-informacijskog sustava.





ENERGETSKO KORIŠTENJE
VODA GRAČAČKE VISORAVNI

RHE **VELEBIT**



RHE VELEBIT

RHE Velebit je reverzibilna hidroelektrana smještena u donjem toku rijeke Zrmanje oko 10 km uzvodno od grada Obrovca. Za proizvodnju električne energije koristi vodne tokove Gračačke visoravni (Opsenice, Ričice, Krivka i Otuče).

Izgradnjom brane Opsenica ostvarena je akumulacija zapremnine 2,7 hm³, kojom se voda kanalom duljine 1460 m usmjerava prema Ričici te prema akumulaciji Štikada obujma 13,65 hm³. U akumulacijsko jezero Štikada izravno se ulijevaju rijeka Ričica i potok Krivak, dok se rijeka Otuča prevodi podzemnim kolektorom u navedenu akumulaciju.

Voda se iz jezera Štikada dovodi turbinama tlačnim tunelom, probijenim kroz planinu Velebit, duljine 8191 m, promjera 4,6 m te čeličnim tlačnim cjevovodom duljine 2108 m, promjera 3,9 – 3 m. Na prijelazu iz dovodnog tunela u tlačni cjevovod nalazi se zasunska komora s leptirastim zatvaračem promjera 3,9 m.

U strojarnici bunarskog tipa dubine 60 m i promjera 27 m smještene su dvije proizvodne jedinice (motor-generator i crpka-turbina s pomoćnim pogonima) instalirane snage u turbinskom 2 x 138 MW, odnosno crpnom radu 2 x 120 MW. Agregati su osim za turbinski i crpni režim rada projektirani i za još dva režima rada – kompenzacijsko-turbinski i kompenzacijsko-crpni. Pokretanje agregata u kompenzacijsko-crpni, odnosno crpni režim rada obavlja se statičkim pretvaračem frekvencije s odvodnjenim radnim kolom crpke-turbine. Mogućnost rada agregata u četiri režima ovu elektranu čini vrlo specifičnom i posebnom.

Odvodno – dovodni tuneli, promjera 3,5 m, duljine 60 m, povezuju crpke – turbine sa donjom akumulacijom Razovac obujma 1,81 hm³. Akumulacija Razovac se

nalazi na rijeci Zrmanji, a ostvarena je nasutom branom duljine 400 m.

Oko zgrade strojarnice smještene su: zgrada komande, zgrada s dizel-električnim agregatom, rasklopno postrojenje 35 kV i 400/110/36,75 kV te zgrade pomoćnih pogona.

Ugrađena i isporučena cjelokupna elektrooprema je iz tvrtke Končar Zagreb, strojarska i hidromehanička oprema dolazi iz tvrtke Voith, Austrija (crpka-turbina 1). Ostale tvrtke suradnici su Litostroj Ljubljana (crpka-turbina 2, predturbinski i leptirasti zatvarači), Escher-Wyss, Švicarska (čelični tlačni cjevovod) i Metalna Maribor (hidromehanička oprema). Građevinske radove izveli su Industrogradnja, Hidroelektra i Geotehnika iz Zagreba te Konstruktor i Pomgrad iz Splita. Elektranu je projektirao Elektroprojekt Zagreb (hidrograđevinski dio), Projektni biro Split (elektrostrojarski dio) i Geoexpert Zagreb (nasute građevine).

Elektrana je puštena u pogon 1984. godine i u 35 godina proizvela je 13.678.352.480 kWh uz 111.037 sati rada i 18.994 pokretanja. Prosječna godišnja proizvodnja je 430 GWh, dok je rekordna 641 GWh ostvarena 2013. godine što otprilike iznosi 2,5% cjelokupne potrošnje Hrvatske.

Osim primarne uloge u EES-u - proizvodnje električne energije, svakako treba naglasiti i važnost RHE Velebit u mogućnosti „spremanja“ (akumuliranja) viška električne energije proizvedene iz klasičnih elektrana na fosilna goriva (ugljen) i nuklearnih

RHE VELEBIT

ENERGETSKI PODATCI	najveći bruto pad	550,00 m
	instalirani protok elektrane u turbinskom radu	60,00 m ³ /s
	instalirani protok elektrane u crpnom radu	40,00 m ³ /s
	prosječna godišnja proizvodnja	430 GWh
	energetska vrijednost akumulacije (Štikada + Opsenica)	14,8 Gwh

PODATCI O OPREMI

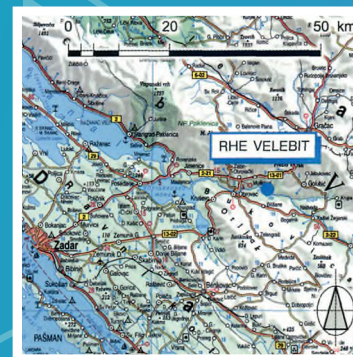
turbine	tip	Jednostepena turbina-crpka
	komada	2
	konstruktivni pad turbine	517,00 m
	konstruktivni napor crpke	559,00 m
	snaga turbine	140 MW
	instalirani protok turbine	2 x 30 m ³ /s
	instalirani protok crpke	2 x 20 m ³ /s

generator	tip	Sinkroni generator -motor
	komada	2
	snaga generatora	2 x 138 MW
	snaga crpke	2 x 120 MW
	srednji energetska ekvivalent	1,25 kWh/m ³
	broj okretaja agregata	600 okr/min

projekt	ELEKTROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska, nositelj projekta,
	hidrograđevinski dio
	PROJEKTNI BIRO - Split, Hrvatska, elektrostrojarski dio
	GEOEXPERT - Zagreb, Hrvatska, nasute građevine

građenje i oprema	INDUSTROGRADNJA - Zagreb, Hrvatska
	KONČAR - Zagreb, Hrvatska
	KONSTRUKTOR - Split, Hrvatska
	VOITH - Austrija
	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska
	ESCHER - WYSS - Zurich, Švicarska
	POMGRAD - Split, Hrvatska
	LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija
	GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska
	METALNA - Maribor, Slovenija
	BRODOGRAĐEVNA INDUSTRIJA - Split, Hrvatska

puštanje u pogon	Puštena u pogon 1984. godine
------------------	------------------------------



elektrana, a u recentno vrijeme i energije proizvedene iz vjetroelektrana. Ovo posljednje je aktualno zbog zakonske regulative koja jamči otkup cjelokupno proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije. S obzirom na volatilnost proizvodnje električne energije iz navedenih izvora (vjetar, sunce), kao i nisku potrošnju tijekom noći (nedostatak industrijskih potrošača) što je karakteristično za Republiku Hrvatsku, RHE Velebit zapravo služi kao velika baterija za pohranu električne energije koja se potom plasira u sustav kada je to najpogodnije i najisplativije.

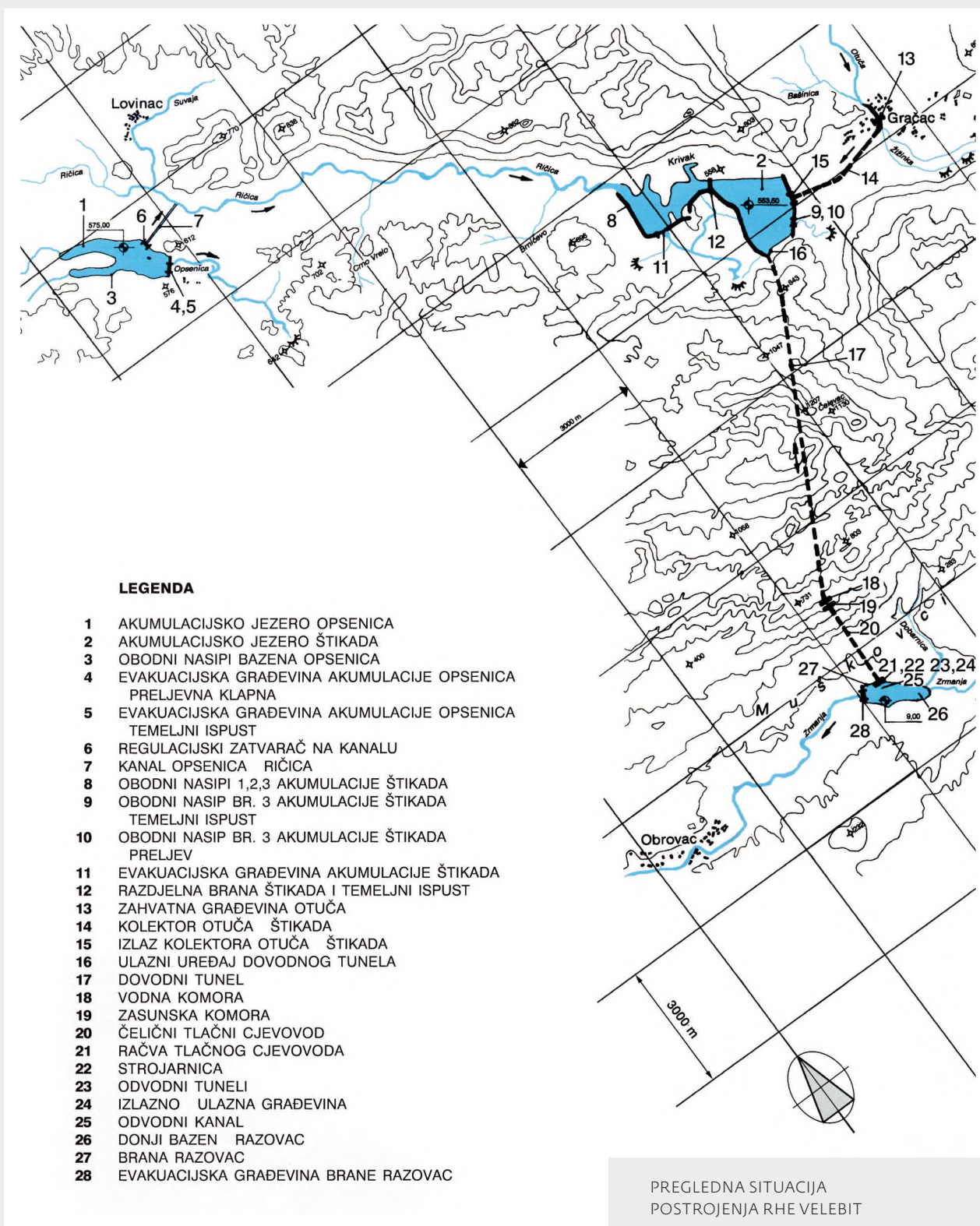
Još je jedna vrlo bitna značajka i rad agregata u RHE Velebit u kompenzacijskim režimima, što predstavlja dodatnu, pomoćnu uslugu EE sustavu. Radom agregata u navedenim

režimima vrši se kompenzacija jalove snage i na taj način održava napon u 400 kV čvorištu RHE Velebit unutar normiranih vrijednosti.

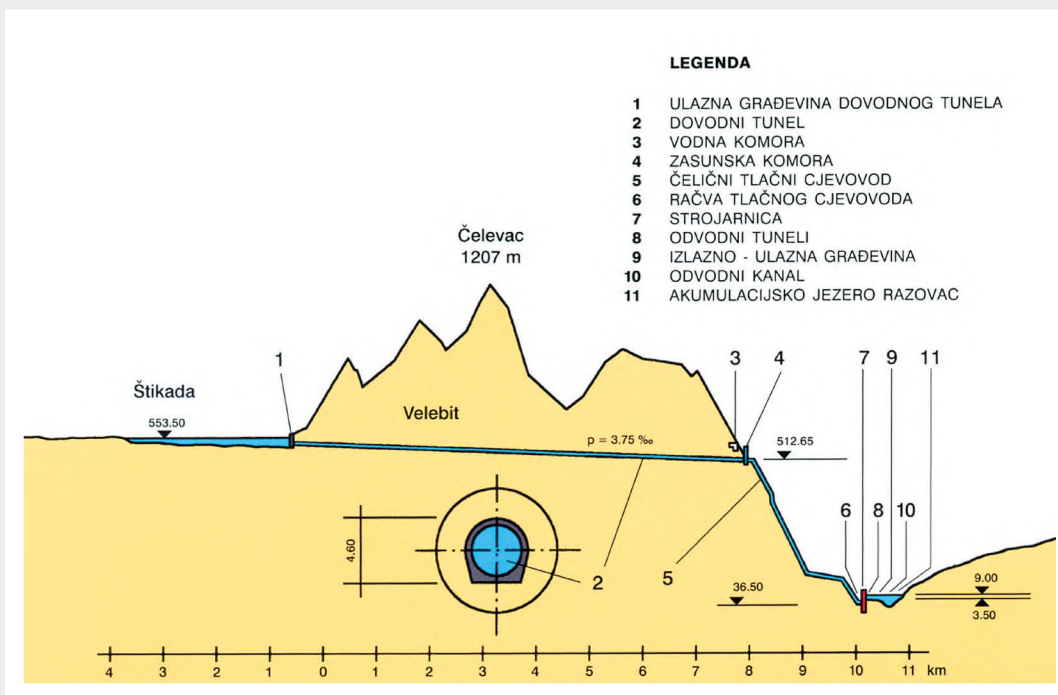
Ne treba zaboraviti da je ova elektrana imala i burnu prošlost. U vrijeme domovinskog rata između 1991. i 1995. nije bila pod kontrolom Hrvatske elektroprivrede odnosno Republike Hrvatske, a nakon ratnih događanja promijenila je ime iz RHE Obrovac u RHE Velebit. Zanimljiva je i činjenica da je u vrijeme izgradnje, RHE Velebit bila jedna od najvećih reverzibilnih elektrana u Europi i predstavljala je pravi tehničko-tehnološki izazov kako za Hrvatsku elektroprivredu tako i za domaću industriju. I danas je to zasigurno najsloženiji hidroenergetski objekt u Hrvatskoj.

POČETAK IZGRADNJE RHE OBROVAC 1979. GODINE

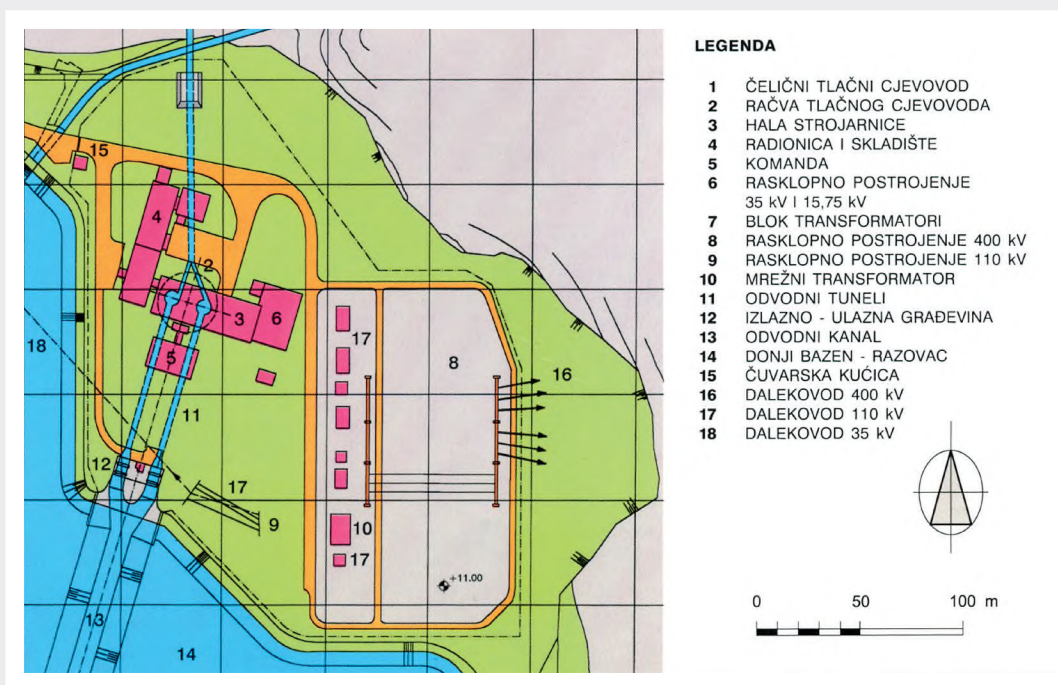


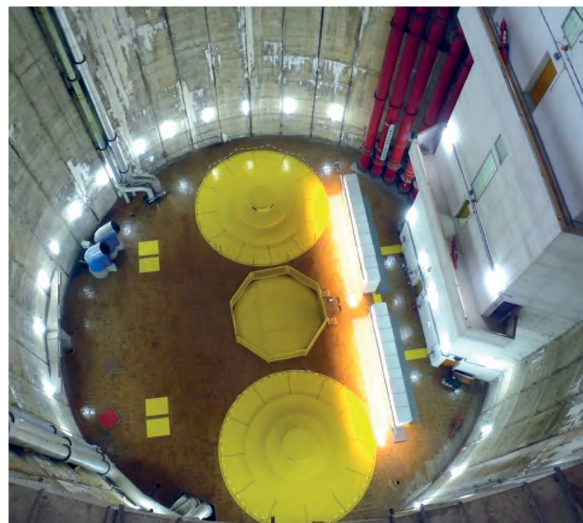


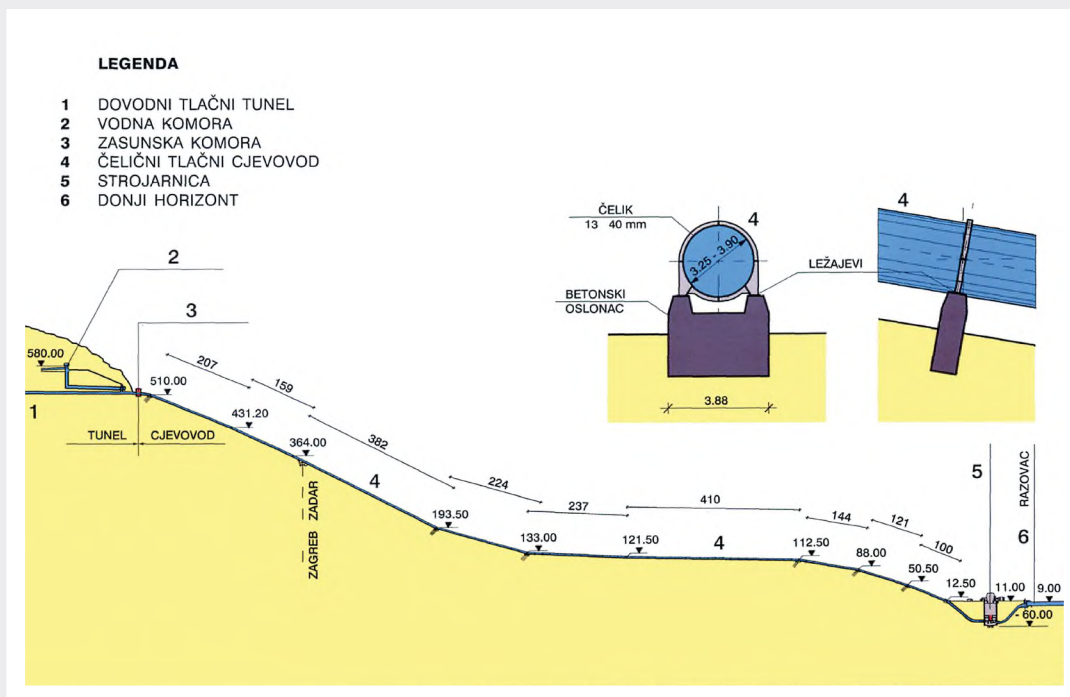
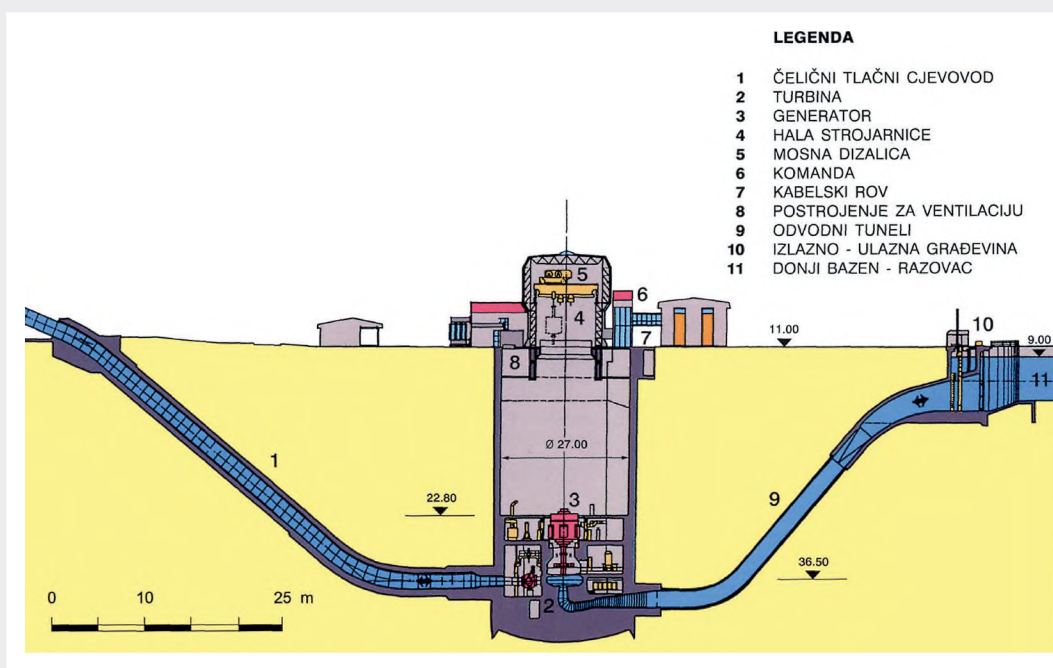
UZDUŽNI PRESJEK
POSTROJENJA
RHE VELEBIT

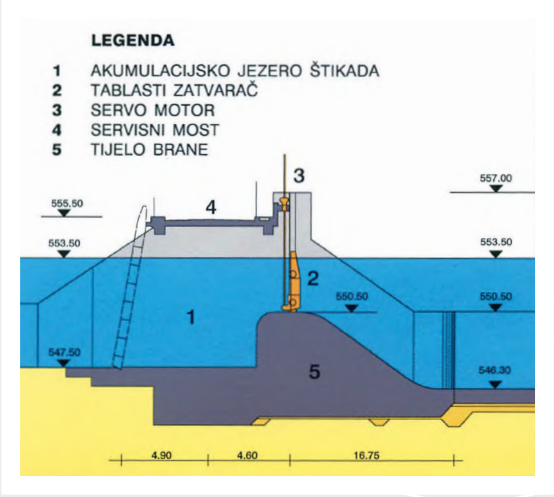
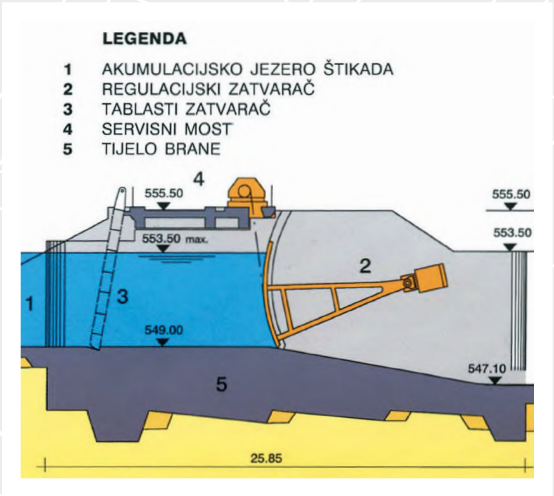
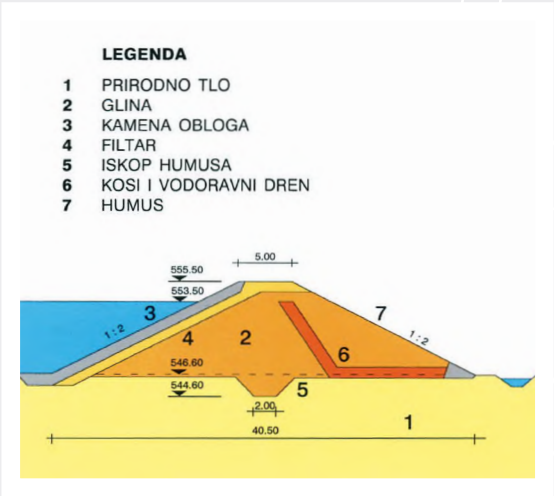
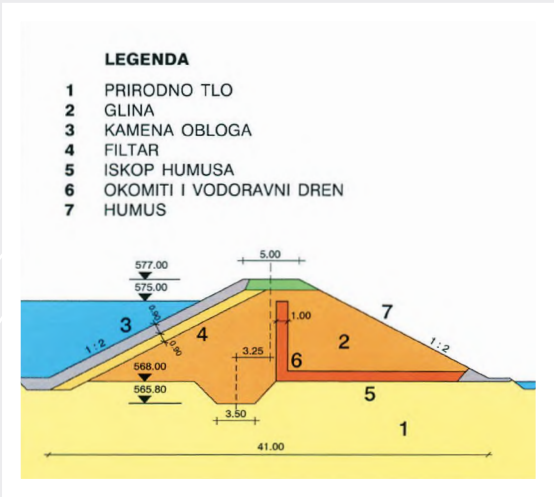
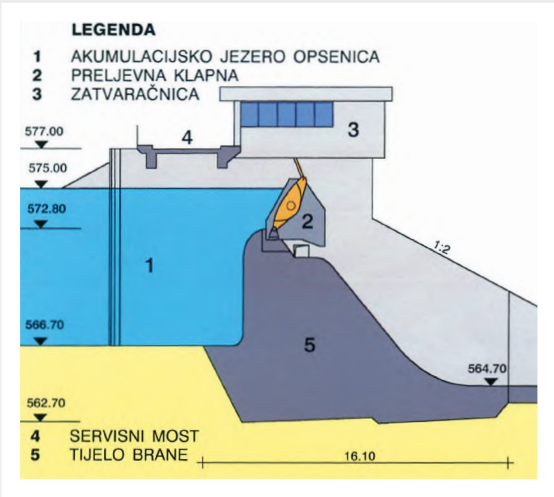


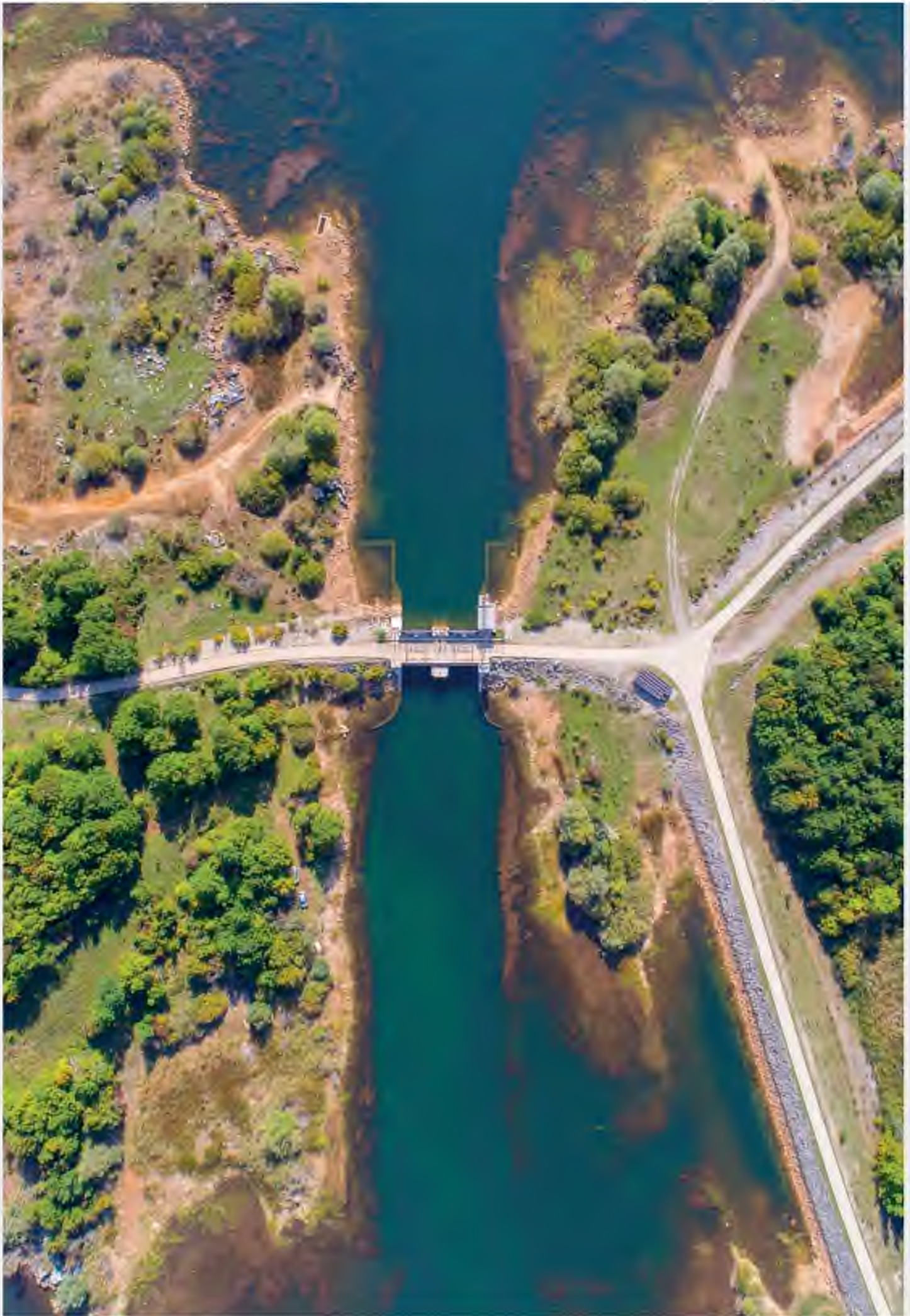
SITUACIJA ČVORA
STROJARNICE

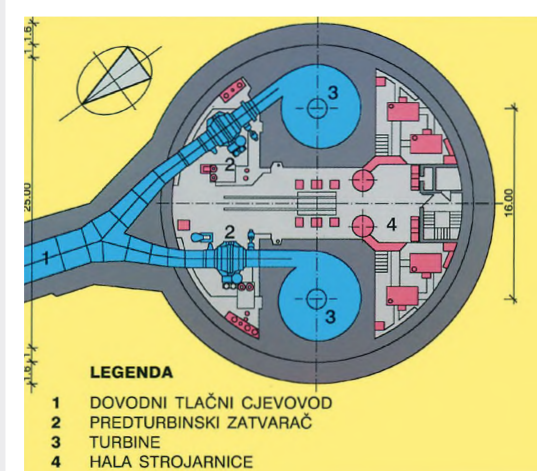
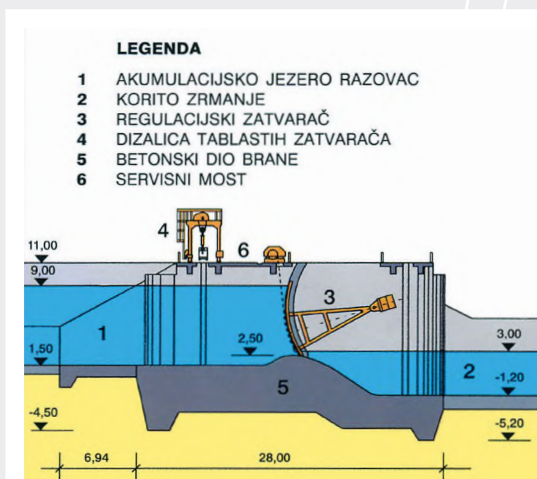
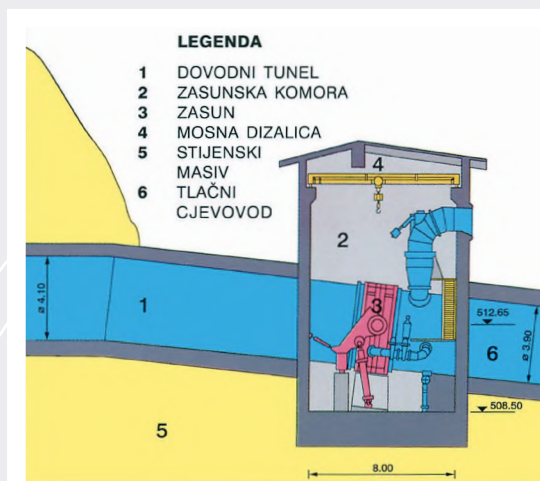
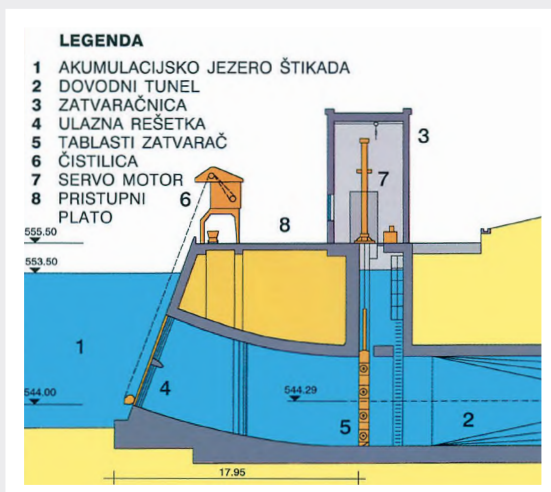




ČELIČNI TLAČNI
CJEVOVODVERTIKALNI
PRESJEK
STROJARNICE







1 2
3 4
5

1. ULAZNI UREĐAJ DOVODNOG TUNELA
2. ZASUNSKA KOMORA TLAČNOG CJEVOVOVDA
3. BRANA RAZOVAC
4. KOLEKTOR OTUČA - ŠTIKADA (ULAZNA GRAĐEVINA)
5. TLOCRT STROJARNICE NA KOTI - 39,50 m n.m.







ENERGETSKO KORIŠTENJE
SLIVA RIJEKE

KRKE

HE Golubić	191
MHE Krčić	201
HE Miljacka	207
HE Jaruga	215

ENERGETSKO KORIŠTENJE SLIVA RIJEKE KRKE

Rijeka Krka izvire ispod sedrene barijere slapa Topolje kod Knina. Ukupna dužina toka rijeke Krke od izvora do ušća u Jadransko more kod Skradina iznosi 56 km, a površina sliva 2427 km², od čega 142 km² obuhvaća Nacionalni park Krka.

Duž svog toka Krka prima niz značajnih pritoka. Veći pritoci Krke su Krčić, Kosovčica, Orašnica, Butišnica, Miljacka, Čikola, Goduča i Rivina Jaruga.

Energetski potencijal rijeke Krke počeo se koristiti krajem 19. st. kada je izgrađena hidroelektrana Jaruga. Ta se 1895. godina može smatrati početkom razvoja energetskog korištenja vodnih snaga u Hrvatskoj. HE Jaruga izgrađena je na skradinskom buku i rijeci Krki, a gradila ju je tvrtka Ante Šupuk i sin iz Šibenika. Ova hidroelektrana koristila je pad od 10 m na jednoj turbini s dvofaznim generatorom snage 320 KS, 3000 V, 422 Hz, a proizvedena energija prenosila se na udaljenost 11 km do Šibenika gdje se koristila za pogon mlinova, uljaru, tvornicu tjestenine i rasvjetu grada Šibenika. Godine 1903. izgrađena je nova HE Jaruga s dvije Francis turbine od 3500 KS s dvofaznim generatorima snage 2625 kVA, 42 Hz, 15 000 V. Elektrana je proširena 1936. godine i također je služila šibenskoj industriji.

Slijedeća hidroelektrana na rijeci Krki, izgrađena 1906. godine, bila je hidroelektrana Miljacka koja je također služila za opskrbu energijom šibenske industrije. Instalirana snaga bila je 17,6 MW pri bruto padu od 107 m i instaliranom protoku od 24 m³/s. Ubrzo nakon HE Miljacka, 1910. godine izgrađena je mala hidroelektrana Raški slap snage oko 1 MW. U razdoblju od 1952. i 1956. godine izvedena je njezina

temeljita rekonstrukcija. Ugrađene su nove turbine i novi generatori s pripadajućim visokonaponskim postrojenjem. Godine 1981. izgrađena je na Krkinoj pritoci Butišnici HE Golubić, a 1988. godine MHE Krčić.

Daljnje korištenje hidroenergetskog potencijala rijeke Krke razmatrana je u nizu elaborata, od kojih je *Studija višenamjenskog uređenja i korištenja vode Krke* nastojala problem obraditi sveobuhvatno. Spomenuta istraživanja ukazuju na mogućnosti izgradnje još nekoliko višenamjenskih hidroelektrana na rijeci Krki, HE Miljacka 2 i HE Jaruga, na Krki i Krčiću HE Krčić Donji, na Krčiću HE Krčić Gornji i na Čikoli HE Čikola 1 i HE Čikola 2. Moguća je izgradnja još niza malih elektrana na Butišnici, Radljevcu i Guduči.

S obzirom na energetsku vrijednost posebno je zanimljiva HE Miljacka 2. Elektrana bi koristila hidropotencijal između Bilušića buka i slapa Manojlovac. Projektirana je kao derivacijsko postrojenje instaliranog protoka oko 100 m³/s, a radila bi uglavnom kao vršno postrojenje.

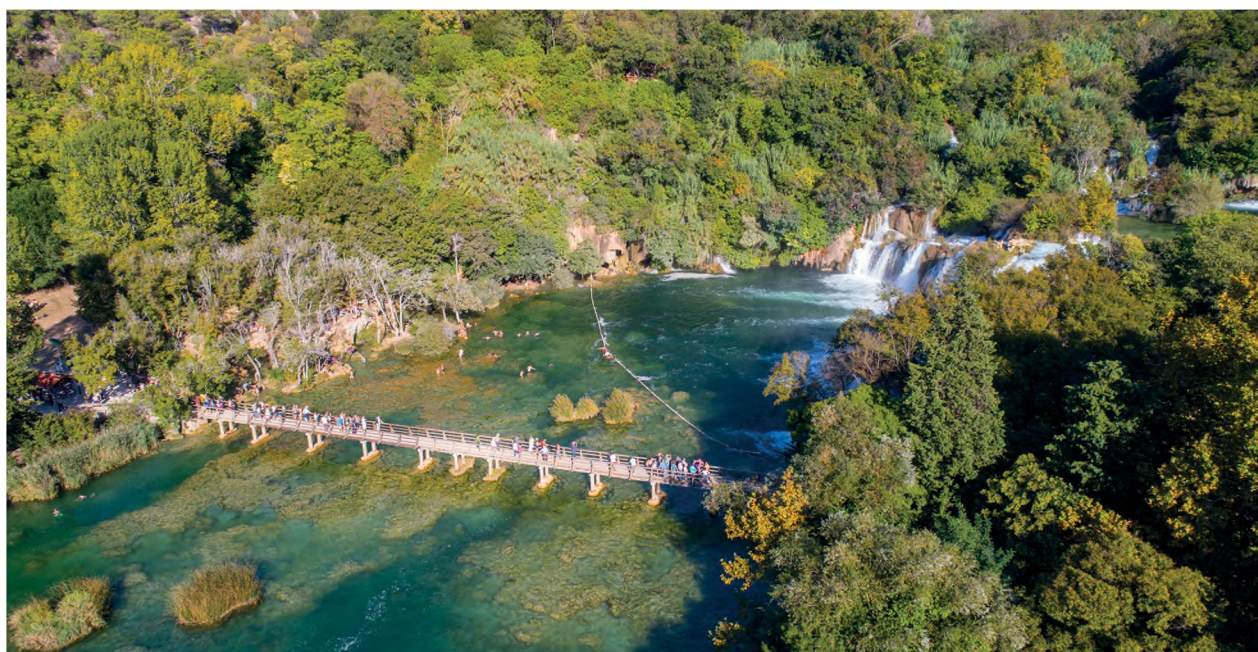
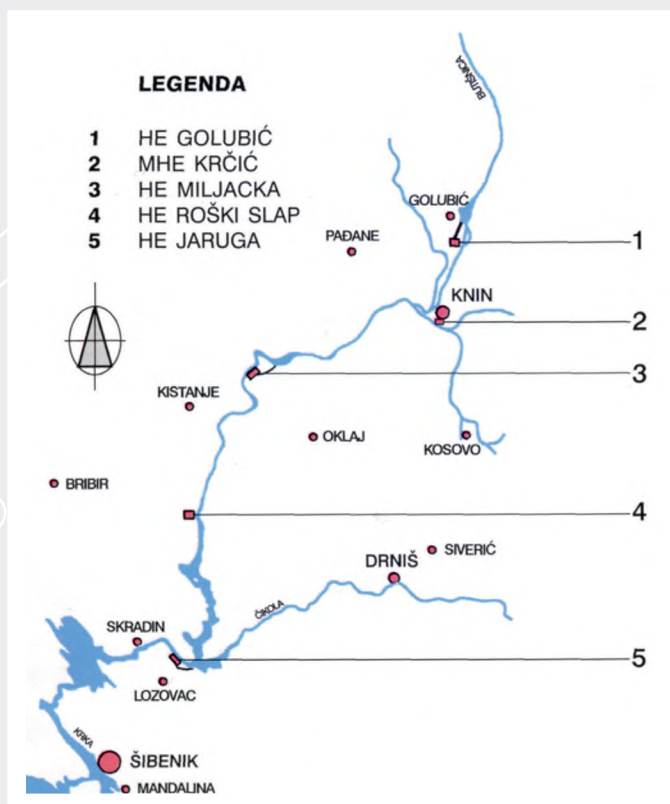
Korištenje voda Krčića treba ostvariti s dvije stepenice, tako da bi se gornja stepenica sastojala iz akumulacije s katom uspora 350 m n. v. i derivacije duljine 2,64 km gdje bi se izgradila HE Krčić Gornji. Na donjoj stepenici izgradila bi se HE

HIDROENERGETSKI
OBJEKTI NA RIJECI KRKI

Krčić Donji, a koristio bi se raspoloživi pad stvoren barijerom slapa Topolje.

Na lijevoj pritoci Krke, rijeci Čikoli, predviđaju se dvije elektrane HE Čikola I i HE Čikola II. HE Čikola I predviđena je kao pribransko postrojenje na raspoloživom bruto padu od 36 m, a HE Čikola II kao derivacijsko postrojenje koje koristi srednji bruto pad od 160 m.

Za sva planirana rješenja hidroelektrana u slivu rijeke Krke svojstvena je briga za očuvanje prirodnih vrijednosti tog područja.





ENERGETSKO KORIŠTENJE
SLIVA RIJEKE KRKE

HE GOLUBIĆ



HE GOLUBIĆ

Hidroelektrana
Golubić visokotlačno
je derivacijsko
postrojenje koje koristi
vodu rijeke Butišnice.
Postrojenje je
smješteno sedam
kilometara sjeverno od
Knina u selu Golubić.

Rijeka Butišnica pripada slivu rijeke Krke, čija je desna pritoka. Oborinsko područje rijeke Butišnice je 177 km², a srednji godišnji protok je 7 m³/s. Postrojenje koristi koncentrirani pad rijeke od oko 64 m, koji je u prirodnom stanju bio na relativno kratkom potezu rijeke.

Zahvat vode za hidroelektranu izveden je betonskom pregradnom dužine 43,7 m visine 11 m te nasipima dužine 1300 m i visine od 2 do 5 m. Na taj način ostvaren je kompenzacijski bazen za dnevnu izravnjanje protoke korisne zapremnine 187 000 m³. Na pregradi je izrađen preljev s dvije zaklopke dužine 18 m svaka, temeljni ispušt s tablastim zatvaračem i ispušt za biološki minimum propusne moći 0,5 m³/s.

Voda se iz kompenzacijskog bazena odvodi prema zasunskoj komori tlačnog cjevovoda otvorenim betonskim kanalom. Dužina kanala je 601 m, presjeka 3,85 x 5,20 m. Na svom kraju dovodni kanal je u dužini od 59 m proširenog profila 9,0 x 7,60 m, čime je ostvarena vodna komora na koju se nastavlja zasunska komora s tablastim zatvaračem na ulazu u tlačni cjevovod.

Tlačni cjevovod dug je 421,43 m, izrađen od čeličnih cijevi promjera 2,10 m, debljine stijenke 10 do 12 mm. Cjevovod je položen na sedam čvrstih i 33 klizna ležajna oslonca. Ispred strojarnice cjevovod se račva u dva odvoda do turbina promjera 1,48 m.

U strojarnici su ugrađene dvije proizvodne jedinice s Francis turbinama na horizontalnom osovina. Tlocrtna dimenzije zgrade strojarnice su 29,0 x 12,5 m. Instalirana protoka

elektrane je 2 x 7 m³/s. Instalirana snaga svake turbine je 3,75 MW prije konstruktivnom padu od 59 m. Instalirana snaga generatora je 3,85 MVA uz faktor snage $\cos \phi = 0,85$. Prosječna godišnja proizvodnja elektrane iznosi 20 GWh.

Uz strojarnicu na otvorenom nalazi se jedan transformator snage 8 MVA, prijenosnog omjera 6/35 kV, na koji su spojena oba generatora. Transformator je povezan energetskim kabelom s TS Golubić 35/10 kV, koja je udaljenja od strojarnice 1,3 km.

Značajniji radovi na elektrani odvijali su se u razdoblju od 2014. do 2017. godine na zamjeni sustava USZMR agregata, zamjeni sustava besprekidnog napajanja, zamjeni sustava hidrauličnog upravljanja opremom brane Golubić, zamjeni sustava hidrauličnog upravljanja opremom zasunske komore, zamjeni sustava vlastite potrošnje, zamjeni dizel agregata, povezivanju HE Golubić sa sustavom daljinskog upravljanja iz neodređenog dispečerskog centra Dalmacije.

Hidroelektrana je koncipirana za mogućnost rada s daljinskim upravljanjem i vođenjem.

HE Golubić ima uveden i certificiran Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno normama ISO 14001:2015, 9001:2015 i 50001:2011.

HE Golubić organizacijski pripada Glavnoj elektrani (GHE) Miljacka, u kojoj su sve hidroelektrane na rijeci Krki, a dio je Proizvodnog područja Jug. Upravljanje proizvodnjom provodi se kroz Centar proizvodnje Dalmacije.

HE GOLUBIĆ

ENERGETSKI	instalirani protok	2 x 7 m ³ /s
PODATCI	instalirana snaga elektrane	7,5 MW
	srednja godišnja proizvodnja	20 GWh

PODATCI O OPREMI

	konstruktivni pad turbine	59,00 m
	broj agregata	2
	snaga turbine	3,75 MW
	faktor snage	0,85
	instalirani protok	2 x 7 m ³ /s
	broj okretaja	500 okr/min

projekt ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska

građenje KONSTRUKTOR – Split, Hrvatska

oprema KONČAR – Zagreb, Hrvatska
LITOSTROJ – Ljubljana, Slovenija
METALNA – Maribor, Slovenija

Puštena u pogon 1981. godine

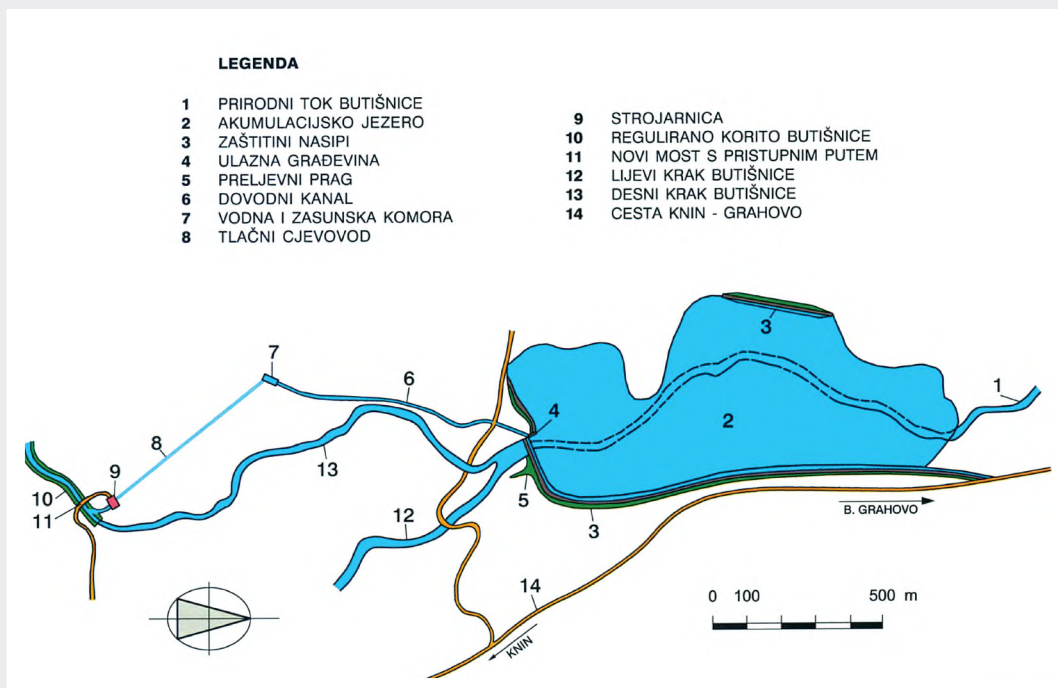
Projekt rekonstrukcije Projektni biro Split – Split, Hrvatska

Izvođači rekonstrukcije KONČAR Inženjering za Energetiku i Transport – Zagreb, Hrvatska
Brodarski institut – Zagreb, Hrvatska
KONČAR Elektronika i informatika – Zagreb, Hrvatska
KONČAR Montažni inženjering – Zagreb, Hrvatska

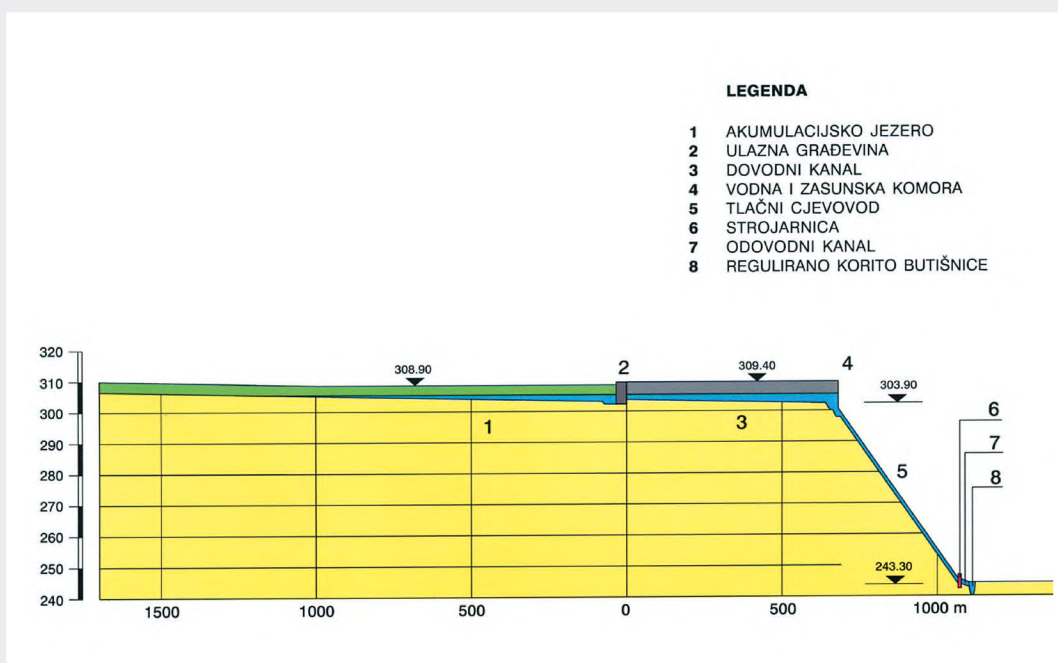
Rekonstrukcija izvedena u razdoblju od 2014 do 2017. godine

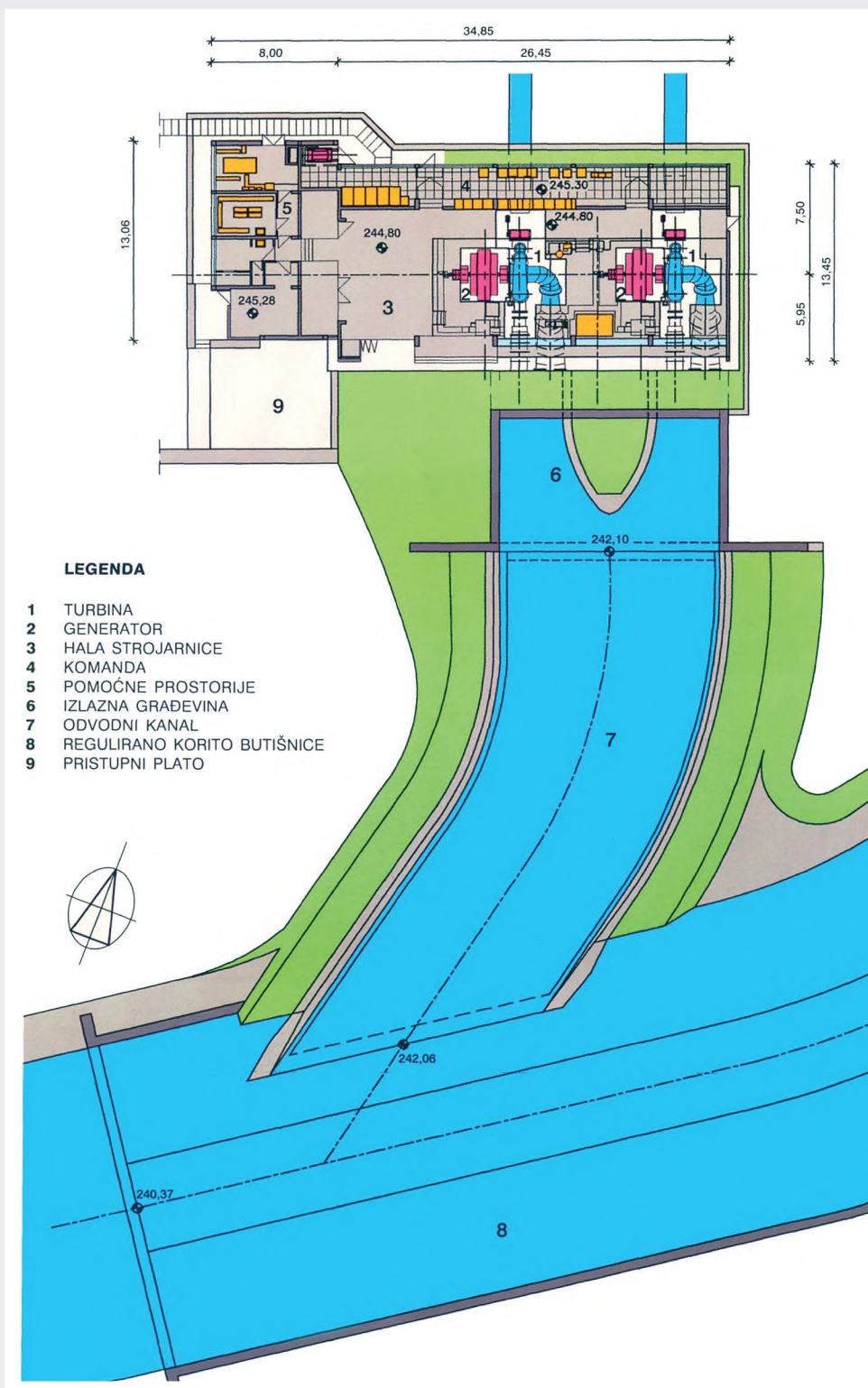


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA

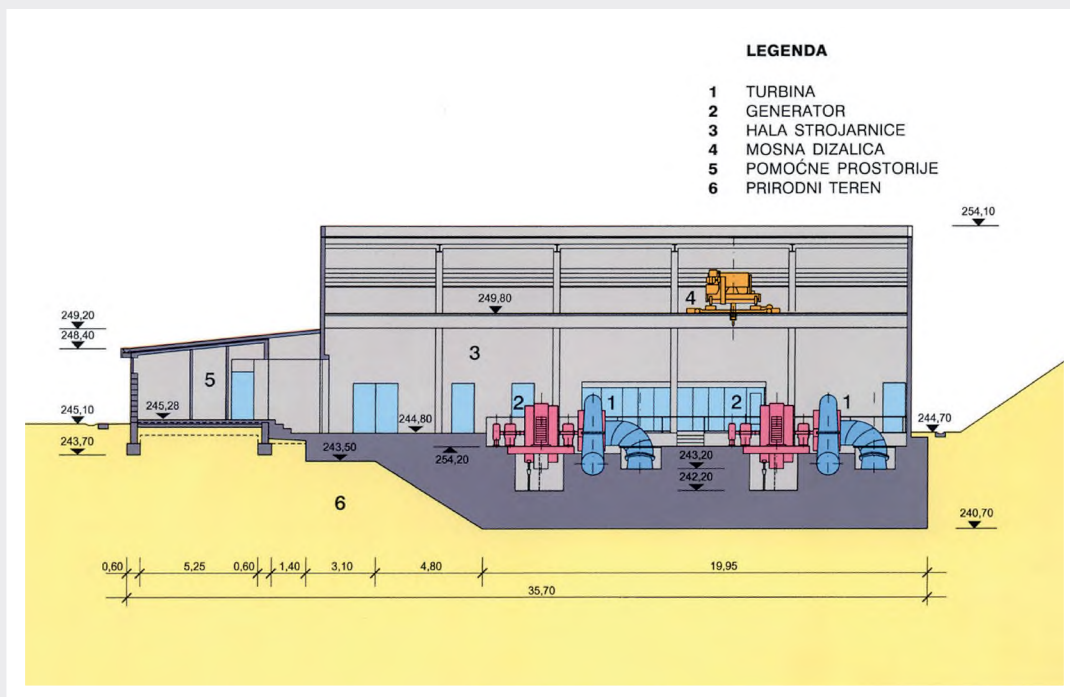


UZDUŽNI PROFIL
POSTROJENJA

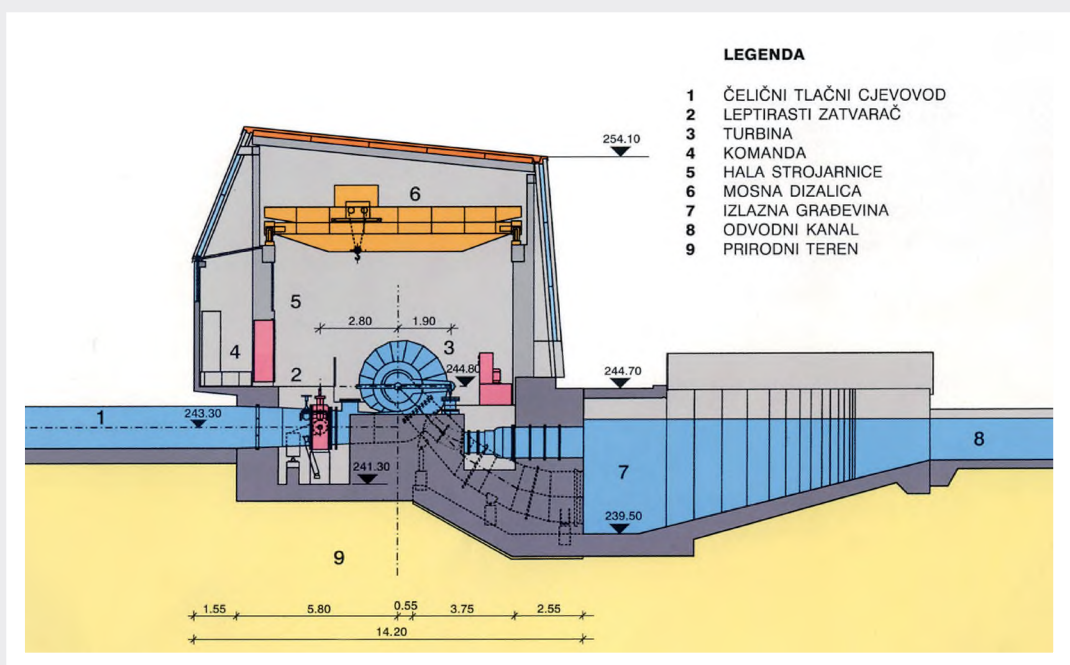




UZDUŽNI
PRESJEK
STROJARNICE



POPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE





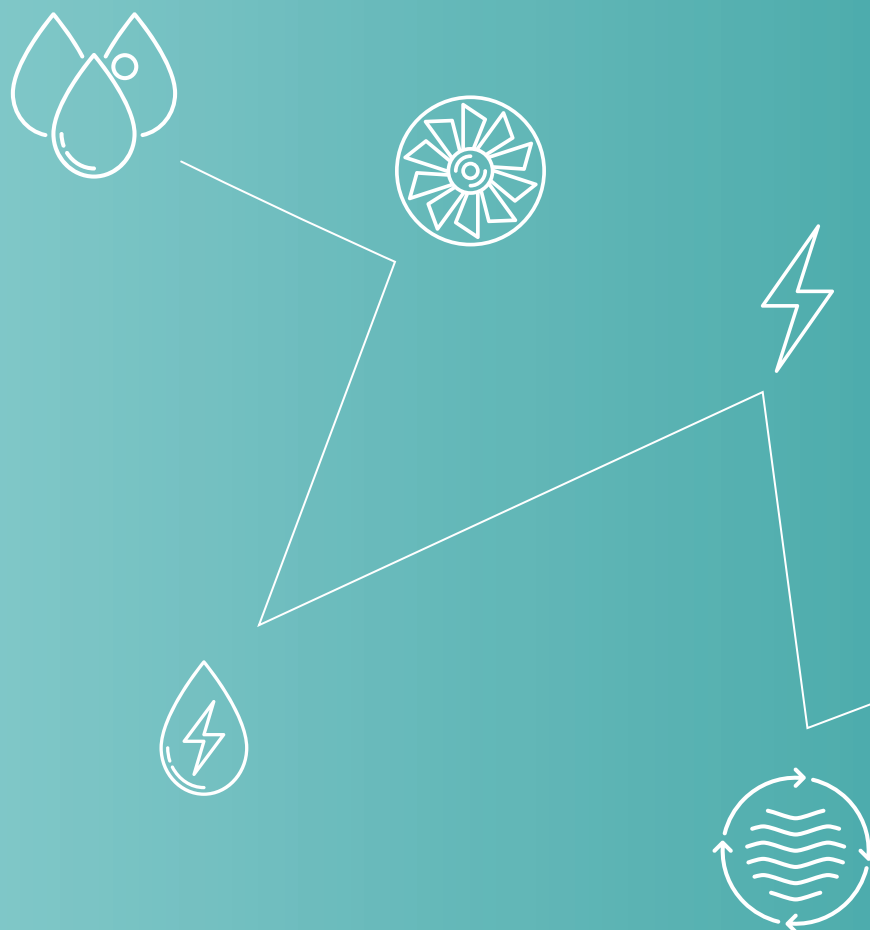






ENERGETSKO KORIŠTENJE
SLIVA RIJEKE KRKE

MHE KRČIĆ



MHE KRČIĆ

MHE Krčić smještena je na izvoru rijeke Krke ispod slapa Topolje u selu Kovačić na oko 4,5 km od Knina. MHE Krčić sastavni je dio buduće HE Krčić donji.

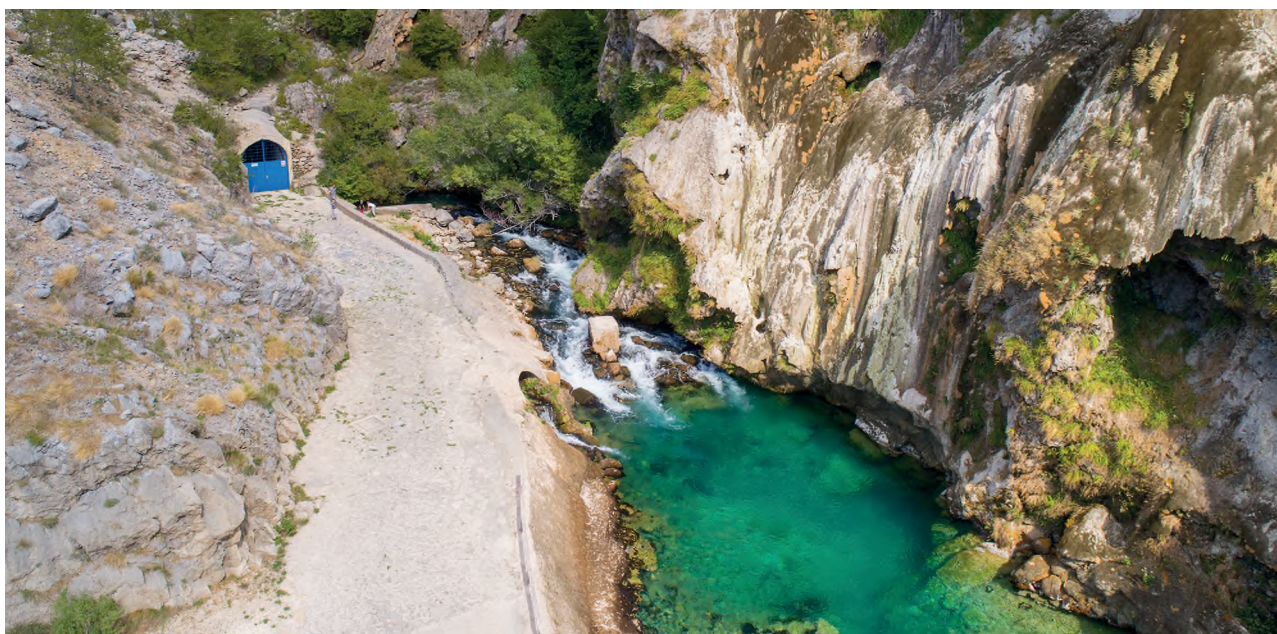
Dok se ne izgradi akumulacija HE Krčić donji koja će akumulirati vode rijeke Krke i Krčića, a pod čijim tlakom će se nalaziti izvor Krke, MHE Krčić za pogon koristi samo vodu Krčića.

Postrojenje MHE Krčić sastoji se od ulaznog uređaja za zahvat Krke sa zatvaračem, tlačnog cjevovoda kroz zahvatni tunel, podzemne strojarnice s prilaznim tunelom i odvodnog kanala, dovoda vode za ribogojilište. Odvodni kanal položen je ispod voznog prilaznog tunela, a svi dijelovi izgrađeni su u podzemlju osim prilazne ceste.

Agregat MHE Krčić se sastoji od tipizirane Francis turbine, instaliranog protoka 1 m³/s i sinkronog generatora snage 360 kVA priključenog na mrežu u obližnjoj TS Krčić 10/0,4 kV.

MHE Krčić je puštena u pogon 1988. godine dok su 2016. godine izvedene zamjene opreme USZMR agregata, sustava besprekidnog napajanja, sustava vlastite potrošnje i povezivanje sustava MHE Krčić sa sustavom HE Golubić te sa sustavom daljinskog upravljanja iz neodređenog dispečerskog centra Dalmacije.

Hidroelektrana je koncipirana za samostalan rad s daljinskim upravljanjem bez stalnog pogonskog osoblja.



MHE KRČIĆ

ENERGETSKI PODATCI	najmanji bruto pad	40,46 m
	srednji bruto pad	38,10 m
	srednji neto pad	37,29 m
	instalirani protok	1 m ³ /s
	kota gornje vode	262,00 m n.v.
	kota donje vode	224,00 m n.v.
	instalirana snaga	350 kW
	srednja godišnja proizvodnja	2,0 GWh

PODATCI O OPREMI

turbina	tip	Francis, horizontalna
	komada	1
	nazivni pad	37,29 m
	instalirani protok	1 m ³ /s
	snaga	359 kW

generator	tip	sinkroni
	komada	1
	nazivna snaga	360 kVA
	broj okretaja	1000 okr/min

projekt	ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska
---------	-----------------------------------

građenje	INDUSTROGRADNJA – Zagreb, Hrvatska
----------	------------------------------------

oprema	KONČAR – Zagreb, Hrvatska
	LITOSTROJ – Ljubljana, Slovenija
	METALNA – Maribor, Slovenija

Puštena u pogon 1988. godine

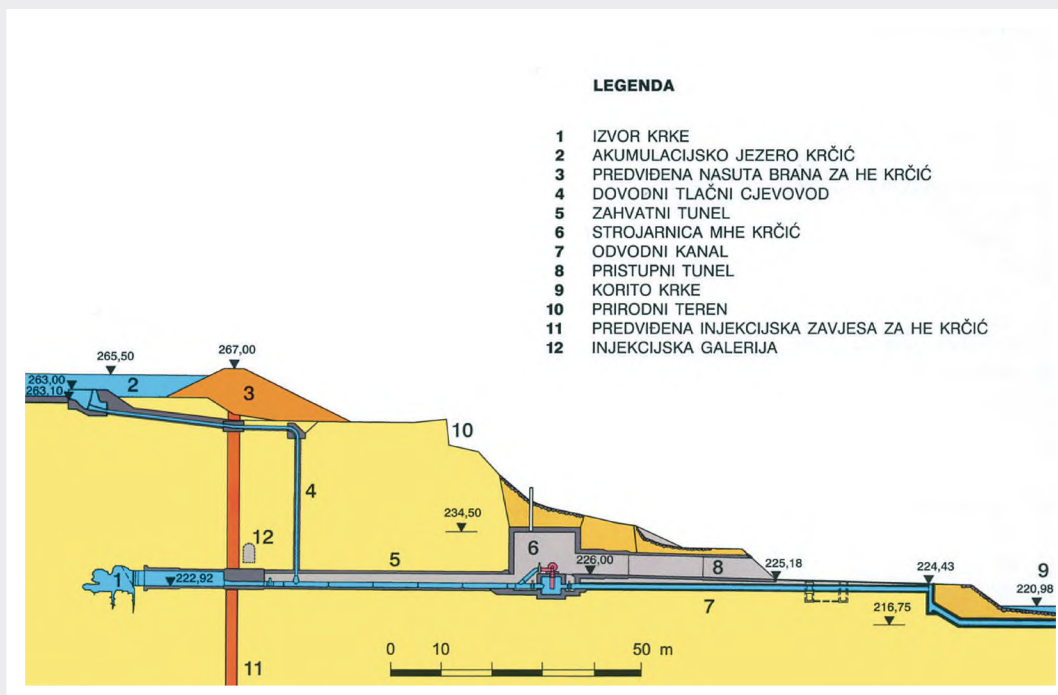
Projekt rekonstrukcije	PRO INTEGRIS – Split, Hrvatska
---------------------------	--------------------------------

Izvođači rekonstrukcije	KONČAR Elektronika i informatika – Zagreb, Hrvatska
----------------------------	---

Rekonstrukcija izvedena 2016. godine.



UZDUŽNI PRESJEK
POSTROJENJA
MHE KRČIĆ







ENERGETSKO KORIŠTENJE
SLIVA RIJEKE KRKE

HE MILJACKA



HE MILJACKA

HE Miljacka je protočna derivacijska hidroelektrana instalirane snage 24 MW smještena na rijeci Krki, 15 km nizvodno od Knina, u Nacionalnom parku Krka u Šibensko-kninskoj županiji.

Jedna je od najstarijih, do danas u kontinuitetu aktivnih hidroelektrana u svijetu. Počela je s radom 1906. godine kada je bila jedina elektrana u Europi iz koje je generatorski napon od 30 kV odvođen do 35 kilometara udaljenu tvornicu kalcijevog karbida u Šibeniku. Do 1910. godine bila je najsnažnija hidroelektrana u Europi sa snagom 17,6 MW. Zbog svojih karakteristika predstavlja važnu energetska, industrijsku i kulturnu baštinu, unikatnu posebnost zbog koje je 2018. godine svrstana u *Hydro Hall of Fame*.

HE Miljacka koristi visinsku razliku od 105 m nastalu od četiriju slapova, sedrene barijere: Brljan, Manojlovac, Rošnjak i Miljacka. Zahvat vode postignut je gradnjom niske brane (preljevno praga) visine 1,15 m, koja tvori jezero Brljan za dnevno (satno) izravnavanje protoka. Brana je temeljena na sedrenoj podlozi, a omogućava usmjeravanje vode prema ulaznoj građevini dovodnog tunela.

Ulazna je građevina opremljena s dva segmentna zatvarača na elektromotorni pogon. Prilikom dovršenja elektrane 1906. godine ulazni uređaj imao je tri segmentna zatvarača s ručnim pogonom. Tijekom rekonstrukcije elektrane od 1952. do 1956. godine stari zatvarači zamijenjeni su novima.

Tunel je dug 1588,9 m, svijetlog otvora oko 10 m² i uzdužnog pada od 0,248%. Protok u tunelu je sa slobodnim vodnim licem uz protočnu moć od 24 m³/s. Tunel je neobložen, ima dva pomoćna ulaza po sredini i djelomično prati konfiguraciju terena. Na izlaznoj strani tunel se razdvaja i dovodi vodu u dvije vodne komore. One imaju preljevne pragove i

zajednički brzotok otvorenog tipa. Na svaku vodnu komoru priključena su po dva tlačna cjevovoda promjera 1600 mm i dužine 168 m. Tijekom rekonstrukcije elektrane cjevovodi A, C i D zamijenjeni su novima u zavarenoj izvedbi, a cjevovod B sastavljen je dijelom u zavarenoj, a dijelom je ostao u zakovičastoj izvedbi.

U strojarnici HE Miljacka instalirana su četiri agregata s horizontalnim osovinama. Turbine Francis su s krutom spojkom vezane na generatore. Pojedinačna snaga triju turbina je 6,7 MW, brzina okretaja je 500 okr/min za pad od 102 m i protok vode od 8 m³/s. Četvrta turbina je snage 4,4 MW. S vanjske strane strojarnice smještena su četiri blok transformatora.

Glavni građevinski objekti (brana, vodne komore, zgrada strojarnice, brzotok i temelji agregata) su napravljeni 1906. godine od kamena s vezivom od krečnog morta. Cement se jedino koristio za zalijevanje temeljnih vijaka agregata. Ovi objekti su i danas u izvornom obliku, jedino su izvedeni novi armirano-betonski temelji agregata. Brana je 1956. nadvišena za 85 cm, a vodne komore su dodatno učvršćene - sidrene s prednapregnutim sidrima za stijene kanjona.

Na svim agregatima su tijekom 2006.-2008. god. ugrađeni novi sustavi uzbude kao i numerička zaštita. Tijekom 2008. godine zamijenjen je sustav vlastite potrošnje uz poboljšanje napajanja s izvedenim odcjepima za samostalno napajanje. Blok transformatori A, C i D su zamijenjeni tijekom 2010. i 2011. godine. Maloljni prekidači u generatorskim i vodnim poljima su 2011. godine zamijenjeni vakuumskim prekidačima. Cjevovodi

HE MILJACKA

ENERGETSKI PODATCI	bruto pad	105,00 m
	srednji neto pad	102, m
	instalirana snaga	24 MW
	srednja godišnja proizvodnja	116 GWh

PODATCI O OPREMI

generatori	trofazni sinkroni generator horizontalne izvedbe	
	tip generatora	tri S280/80-12- Končar, jedan GANZ-13887
	nominalna snaga Sn	tri 8000 kVA, jedan 5500 kVA
	frekvencija	50 Hz
	faktor snage	0,8
	nominalna brzina vrtnje	500 okr/min
	brzina vrtnje kod pobjega	1010 okr/min
turbina	godina proizvodnje	
	tri 1956., jedan 1906.	
	Francis, horizontalne izvedbe	
	bruto pad	105 m
	srednji neto pad	102 m
	instalirana snaga	3 x 6700 KW, 1 x 4500 KW
	instalirani protok	tri 8,5 m ³ /s, jedna 6,7 m ³ /s
građenje	nominalna brzina vrtnje	500 okr/min
	brzina vrtnje kod pobjega	1010 okr/min
	godina proizvodnje	tri 1956., jedna 1906.
	IZGRADNJA – Šibenik, Hrvatska – rekonstrukcija 1956.	
Puštanje u pogon	originalna elektrana	1906.godine
	rekonstruirana elektrana	1956. godine.

agregata A, B i C su u periodu između 2011. i 2014. godine zamijenjeni novima, u dijelu kritične trase koja prolazi kroz stijensku masu. Tijekom 2019. - 2020. godine zamijenjena je turbinska regulacija i sustav USZMR agregata. GHE Miljacka se redovito održava te je unatoč godinama još uvijek u visokom stupnju pogonske spremnosti.

HE Miljacka ima uveden Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno normama ISO 14001:2015, 9001:2015 i 50001:2011

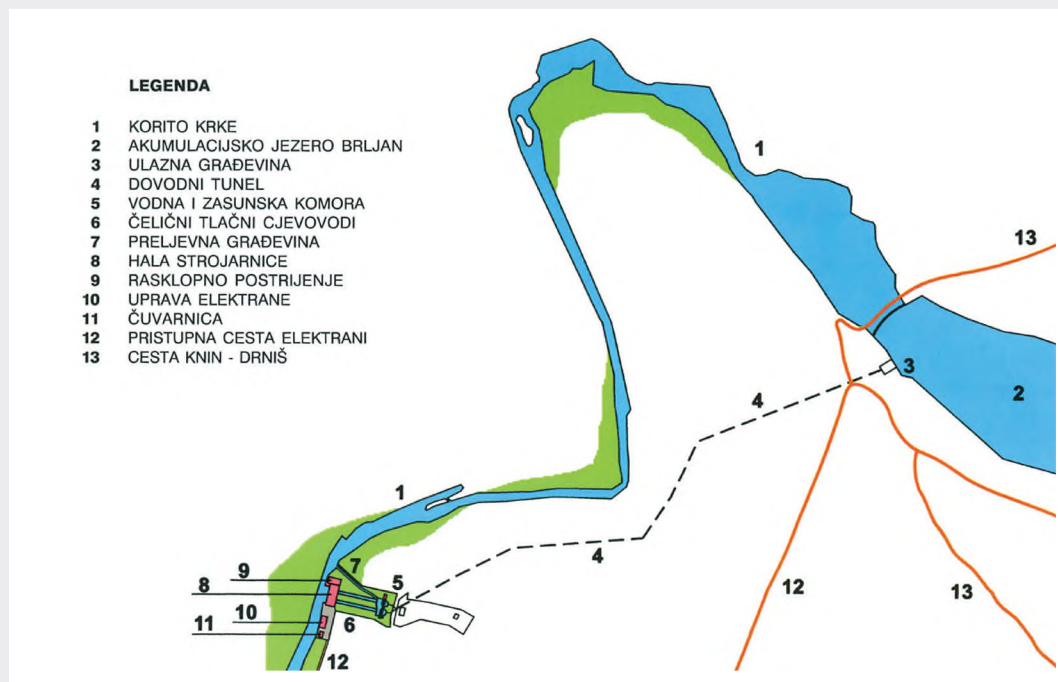
te ima status povlaštenog proizvođača električne energije.

HE Miljacka organizacijski je vodeća elektrana u grupi Glavne elektrane (GHE) Miljacka, u kojoj su sve hidroelektrane na rijeci Krki, a dio je Proizvodnog područja Jug. Upravljanje proizvodnjom provodi se kroz Centar proizvodnje Dalmacije.

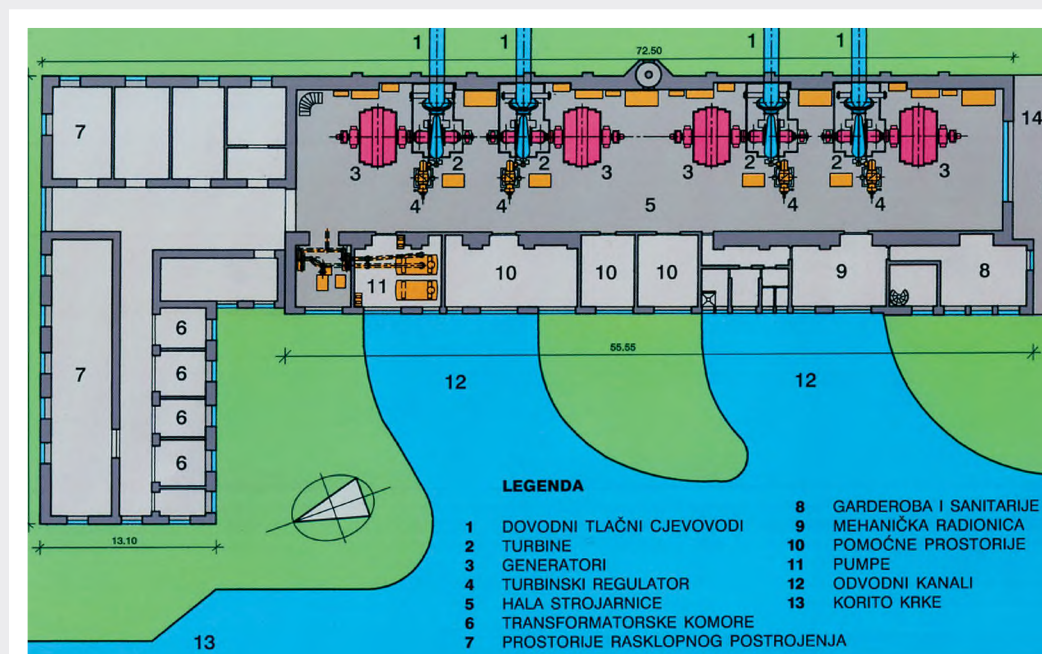
Prosječna godišnja proizvodnja GHE Miljacka od 1957. do 2019. godine iznosi 116 GWh.

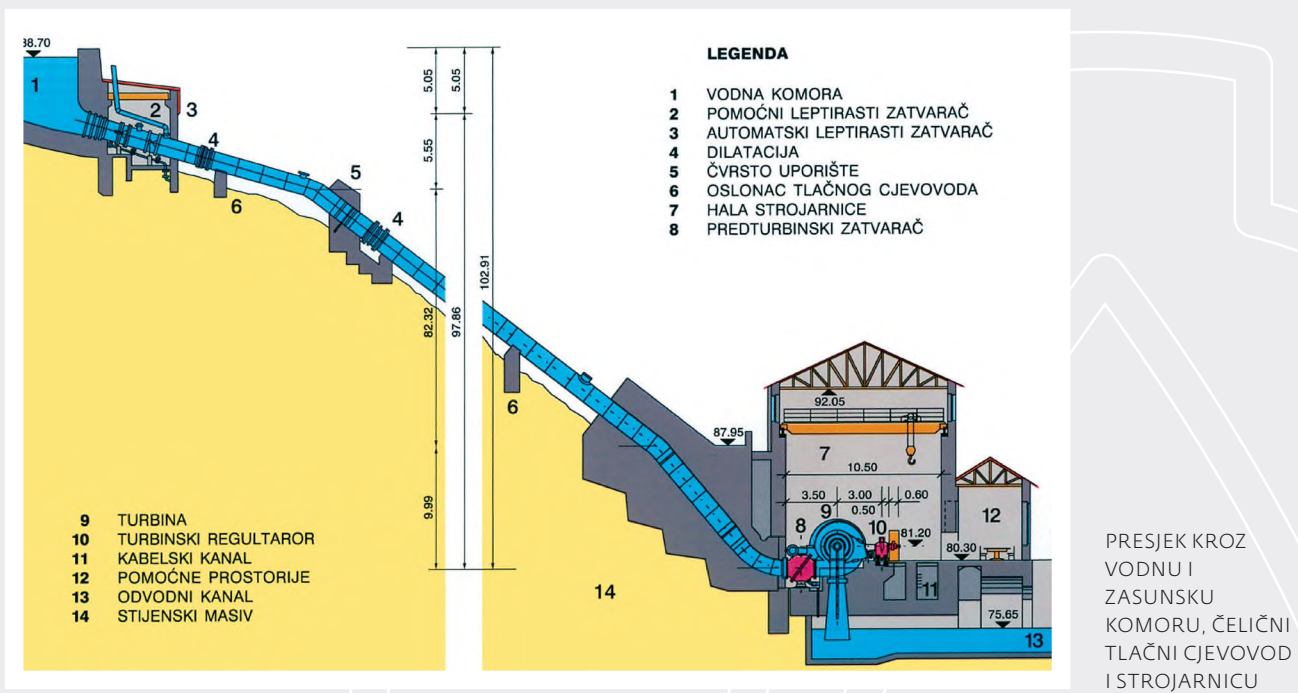


PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA



TLOCRT
STROJARNICE











ENERGETSKO KORIŠTENJE
SLIVA RIJEKE KRKE

HE JARUGA



HE JARUGA

Hidroelektrana Jaruga spada među najstarija postrojenja za proizvodnju električne energije ne svijetu.

Na sadašnjoj lokaciji izgrađena je i puštena u rad 03. prosinca 1903. godine, u blizini napuštenog, još starijeg postrojenja HE Krka koja je puštena u rad 28. kolovoza 1985. godine.

Od izgradnje 1903. godine rekonstruirana je u više navrata: 1916, 1937, 1970, 1995. i 2003. godine, točno sto godina nakon puštanja u rad, kada je nominalna snaga agregata podignuta sa 2,7 MW na 3,65 MW, ali usprkos svim radovima osnovna koncepcija postrojenja je zadržana. HE Jaruga, posljednja je hidroelektrana u slivu rijeke Krke od njenog izvora do mora, koristi 26 m bruto energetski pad, što je dio prirodno koncentriranog pada od oko 45 m na Skradinskom buku. S uzvodne strane buka je Visovačko jezero, a s nizvodne rijeka Krka i Prokljansko jezero pod uspornim djelovanjem mora. Radi se o tipičnoj protočnoj hidroelektrani derivacijskog tipa, bez ikakve mogućnosti izravnavanja voda, ukupne instalirane snage 7,3 MW i prosječne godišnje proizvodnje 28 GWh (računajući period od 1985. do 2019.).

Protočni sustav HE Jaruga počinje derivacijskim zahvatom na boku malog ujezerenog dijela rijeke Krke na Skradinskom buku. Preljevni prag ujezerenja ima kotu oko 25,30 m n. v., što je nešto iznad polovice visine slapa. Protočni sustav se sastoji od ulazne građevine s ravnim pragom i četiri polja opremljena tablastim zatvaračima, tunela izdubljenog u sedri (s gravitacijskim protokom), betonskog, samoregulacijskog kanala s gotovo vertikalnim stranama koji završava proširenjem u kompenzacijski bazen - vodnu komoru otvorenog tipa, razdjelne građevine opremljene sa dvije grupe po pet tablastih zatvarača, dva tlačna cjevovoda na koje se nastavljaju vodne turbine i difuzora s izlazom u rijeku Krku.

Zgrada strojarnice je masivna zidana zgrada tlocrtnih dimenzija 13,00 x 35,00 m i ukupne visine 14 m u kojoj su građene dvije proizvodne jedinice s dvije proizvodne jedinice s dvojn timer Pelton-Francis vodnim turbinama s horizontalnim osovinama instaliranog protoka 15,5 m³/s i snage 3,65 MW.

Opremu za hidroelektranu iz 1903. godine proizvela je tvrtka Ganz iz Mađarske, ali je kod rekonstrukcije 1936. godine ostala ista koncepcija postrojenja. Generatori su proizvođača BBC snage 4,5 MVA i horizontalne izvedbe. Turbine je proizvela tvrtka Voith iz Austrije. Rasklopno postrojenje 6,3 kV ima sedam polja, a rekonstruirano je 1994. godine. Obnovu generatora 2003. godine obavila je tvrtka Končar iz Zagreba.

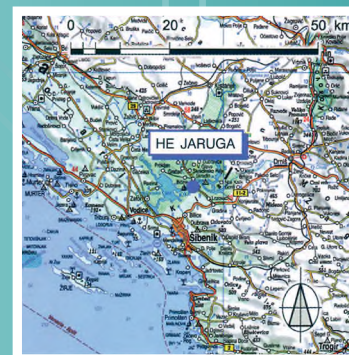
HE Jaruga ima uveden i certificiran Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno normama ISO 14001:2015, 9001:2015 i 50001:2011. Način rada je usko povezan s uvjetima koje određuje Nacionalni park Krka.

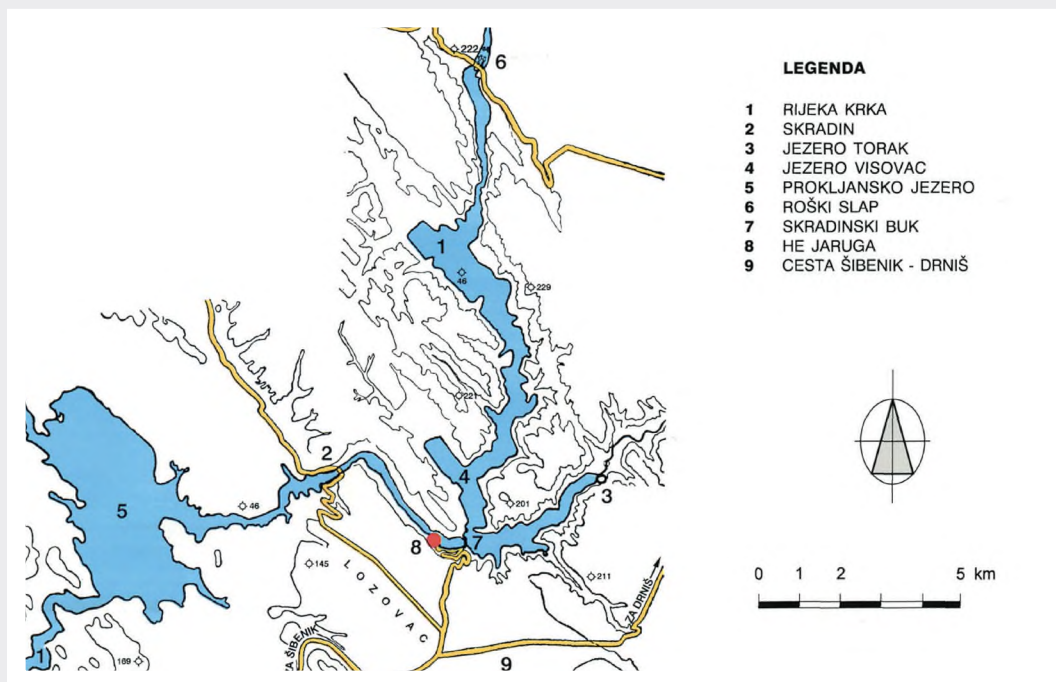
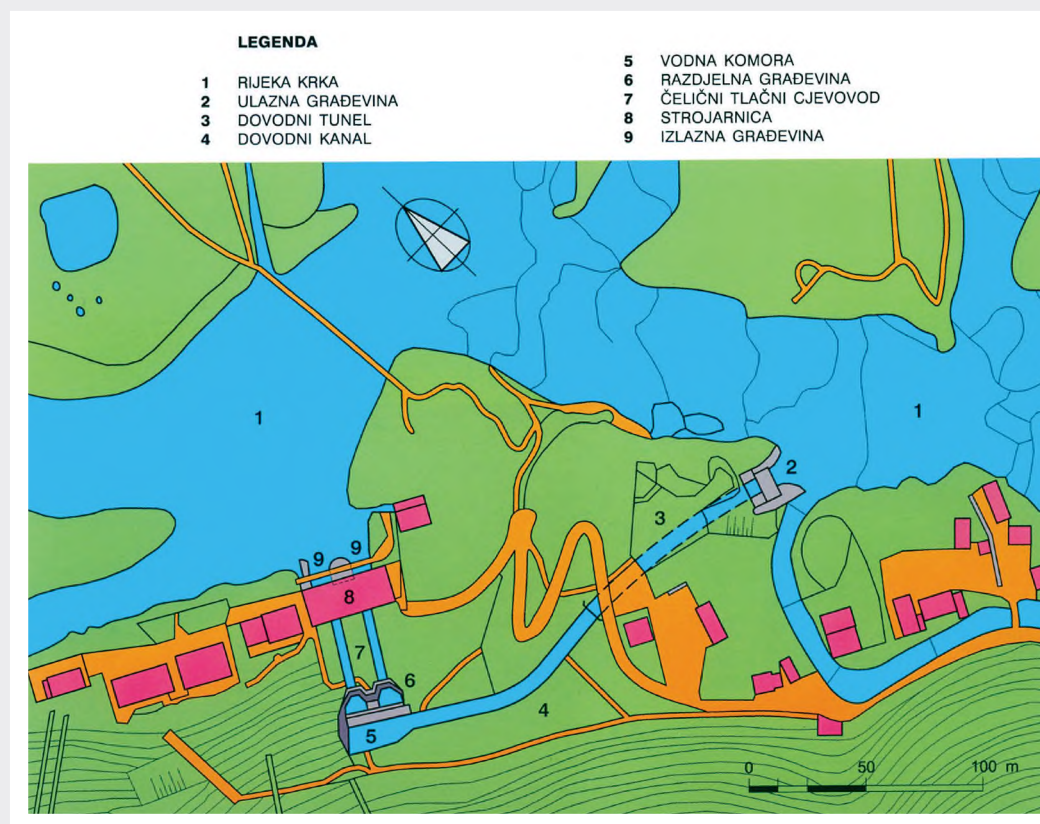
HE JARUGA

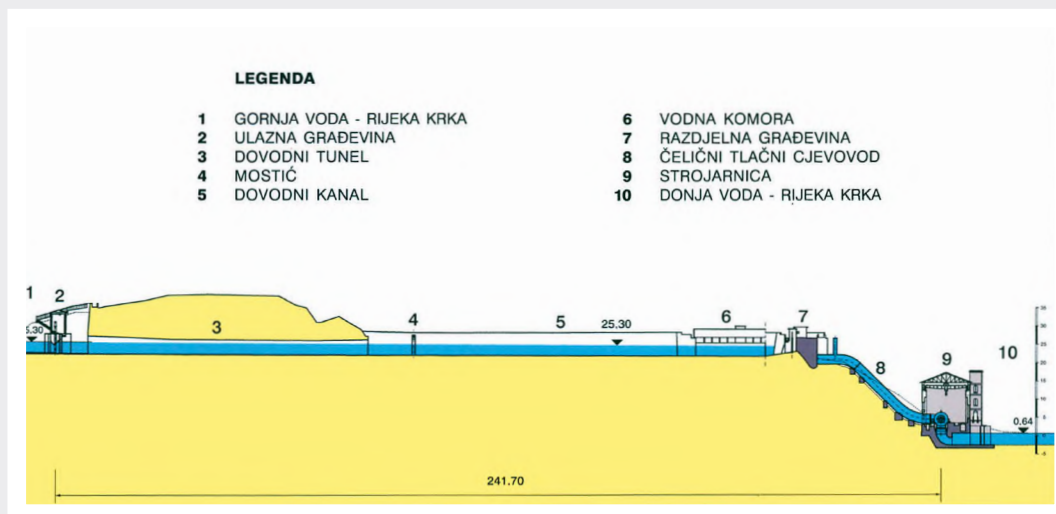
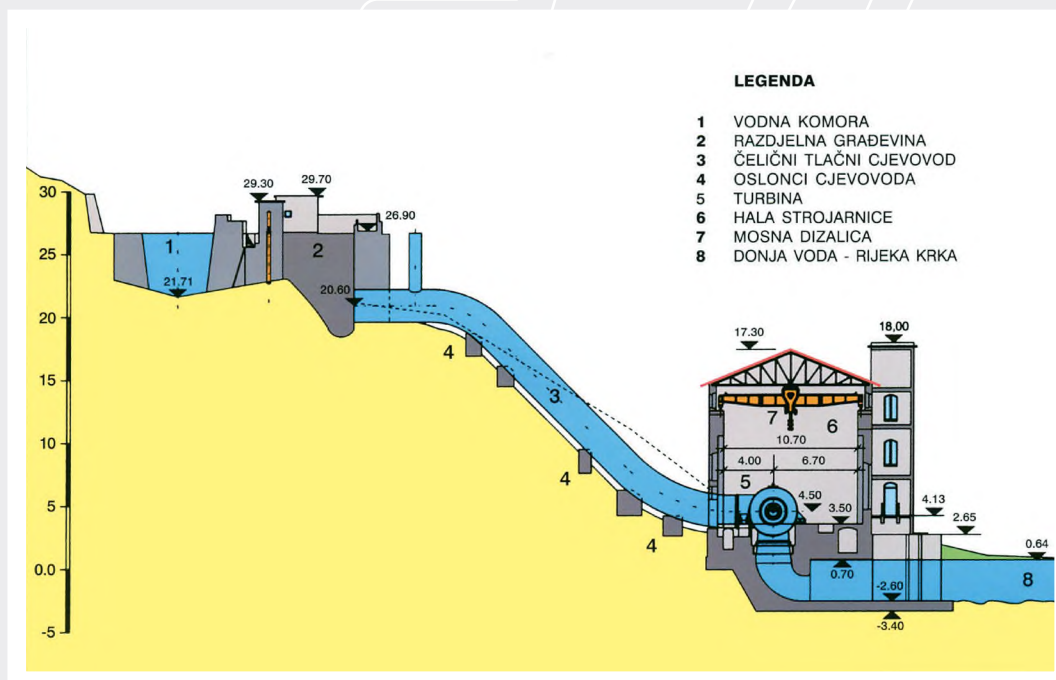
ENERGETSKI PODATCI	bruto energetski pad	26 m
	instalirani protok	31 m/s
	instalirana snaga	$2 \times 3,65 = 7,3$ MW
	srednja godišnja proizvodnja	28 GWh

PODATCI O OPREMI

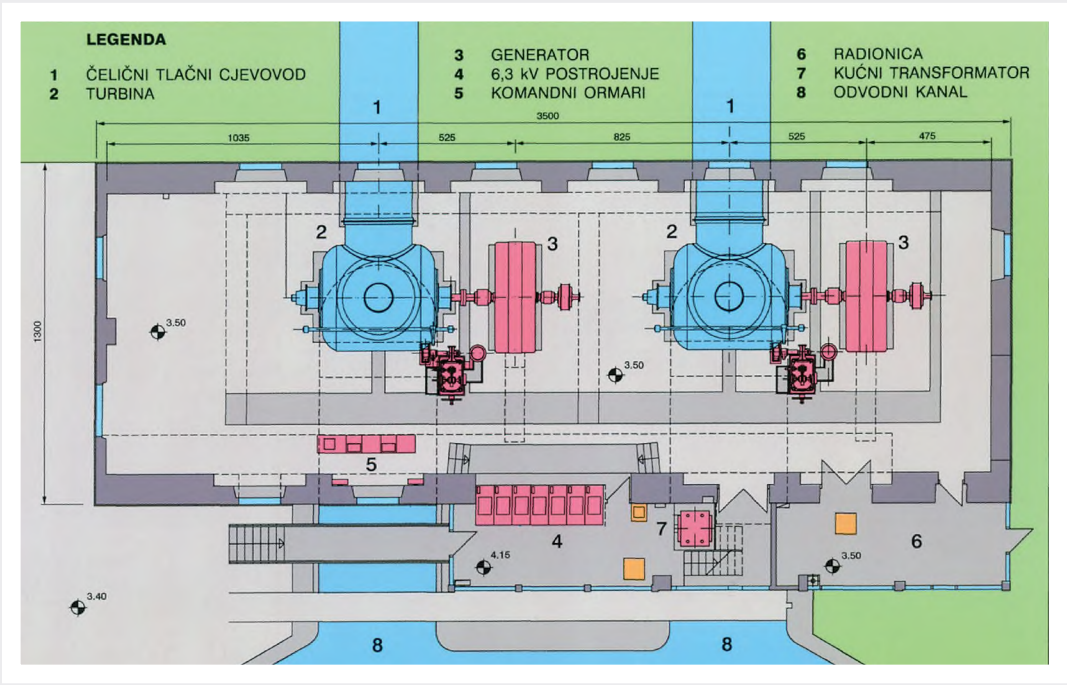
vodne turbine	tip	sistem Pelton-Francis udvojena s vodoravnim osovinama
	godina proizvodnje	1936.
	komada	2
	nazivna snaga	3,65 MW
	nazivni pad	24,5 m
	instalirani protok	15,5 m ³ /s
	brzina vrtnje	375 okr/min
generatori	tip	trofazni, sinkroni
	godina proizvodnje	1936.
	komada	2
	nazivna snaga	2x4500 kVA
	napon	6300 V, 50 Hz
	nazivni koeficijent snage	0,8
	brzina vrtnje	375 okr/min
Puštanje u pogon	HE Krka druga hidroelektrana u svijetu puštena u rad, samo dva dana nakon hidroelektrane na rijeci Niagari u SAD, dana 28. kolovoza 1895.	
Godina izgradnje HE Krka	1895. godine	
HE Krka, samo za javnu rasvjetu:	28.08. 1895.godine	
Izgrađena nova HE Jaruga	03.12.1903. godine	



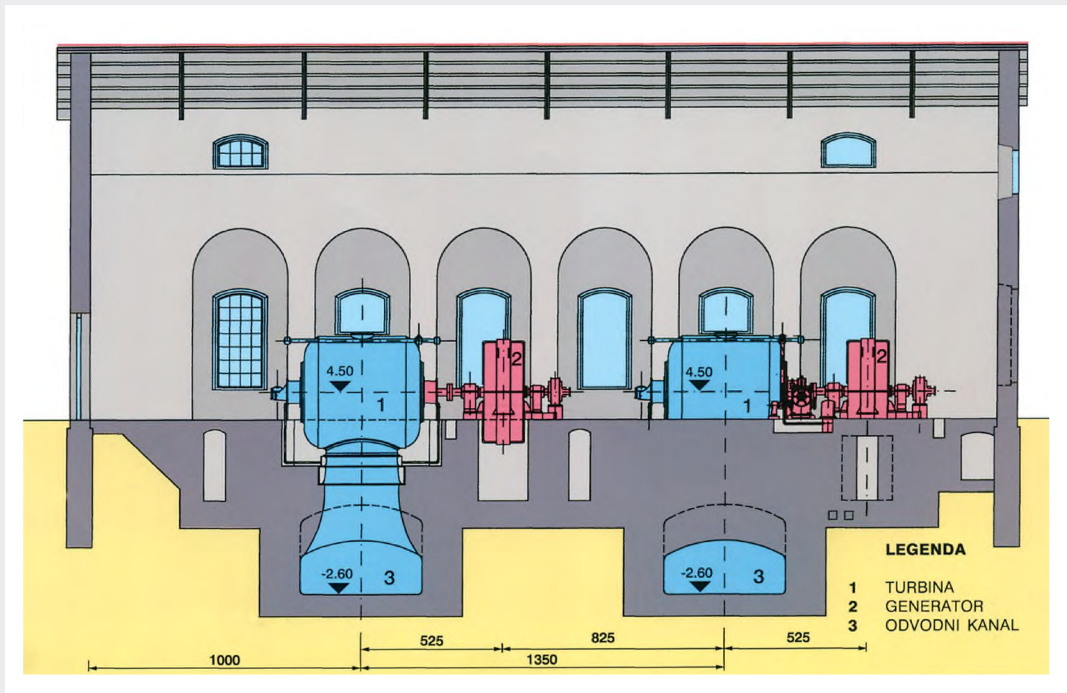
PREGLEDNA
SITUACIJASITUACIJA
OBJEKATA
POSTROJENJA

UZDUŽNI PRESJEK
POSTROJENJAUZDUŽNI PRESJEK
VODNE KOMORE
I STROJARNICE

TLOCRT
STROJARNICE



UZDUŽNI PRESJEK
STROJARNICE







HIDROENERGETSKI
SUSTAV U SLIVU RIJEKE

CETINE

HE Peruća 229

HE Orlovac 241

HE Đale 255

HE Zakučac 263

HE Kraljevac 277

HIDROENERGETSKI SUSTAV U SLIVU RIJEKE CETINE

Cetina je izrazito krška rijeka koja svojim topografskim smještajem i raspoloživim vodnim količinama zajedno s vodotocima svog šireg sliva predstavlja velik energetske potencijal.

Sama rijeka Cetina izvire iz nekoliko jakih krških vrela u podnožju Dinare na sjevernom dijelu Cetinskog polja kod Vrlike. Duž toka Cetine nižu se dolinska proširenja - Vrličko, Koljansko, Ribaričko, Hrvatačko i Sinjsko polje na kojemu, uzvodno od Trilja, u Cetinu utječe rijeka Ruda. Dužina Cetine od izvora do Omiša gdje utječe u more iznosi 100,5 km. Ukupni pad od izvora do ušća rijeke iznosi oko 380 m, od čega je oko jedne trećine koncentriran na slapovima Gubavica.

Slivna područje rijeke Cetine obuhvaća i krška polja jugozapadne Bosne - Livanjsko s Buškim blatom, Duvanjsko, Šujičko, Kupreško i Glamočko, sva na visinama između 700 - 1200 m n. v. Površina sliva Cetine iznosi oko 4160 km², a srednja godišnja visina oborina u slivu oko 1400 mm. Cetina je rijeka bujičnog karaktera. Krško područje kroz koje rijeka teče karakterizira postojanje podzemnih retencija i razgranate mreže podzemnih tokova koji uzrokuju retardaciju vode u podzemlju što donekle umanjuje njen bujični karakter. Međutim, zbog nepovoljnog rasporeda oborina u prirodnom je stanju dolazilo do povremenog plavljenja dijelova krških polja u vrijeme kad je dotok premašivao kapacitet propuštanja podzemnih putova.

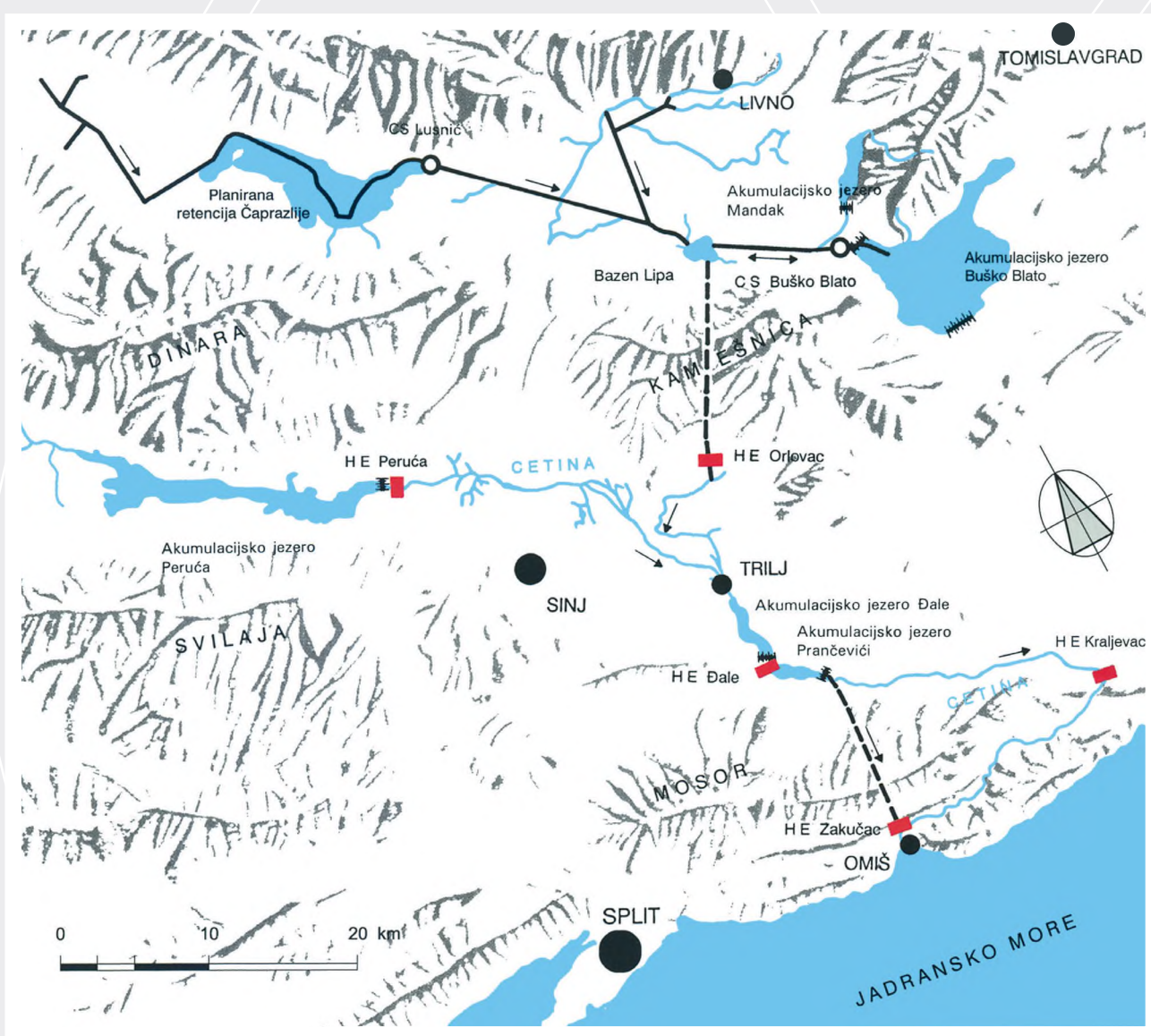
Protok Cetine povećava se od njezina izvorišta do Trilja gdje postiže srednju godišnju vrijednost 107,5 m³/s. Na svom daljnjem toku do mora Cetina ne prima ni

jedan značajan pritok. Oscilacije protoka Cetine u tijeku godine vrlo su velike od najmanjih 7,4 m³/s do najvećih 415,4 m³/s.

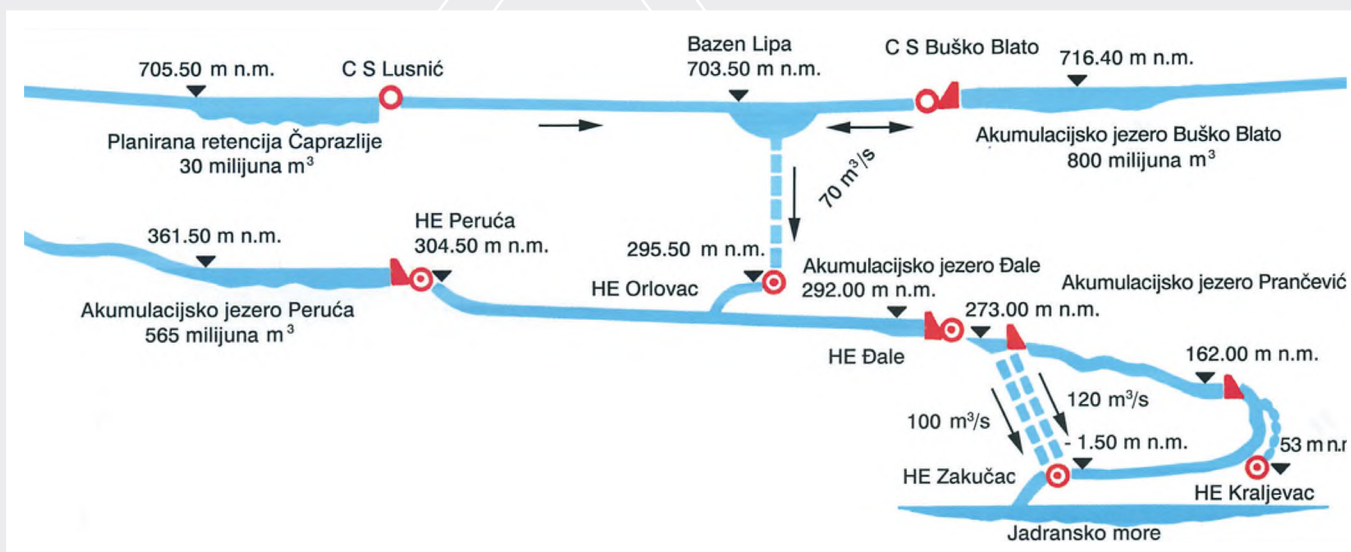
Nakon opsežnih hidroloških, geoloških i hidrogeoloških studija u Okvirnoj vodoprivrednoj osnovi postavljena je osnovna koncepcija vodoprivredno-energetskog korištenja sliva rijeke Cetini koje se sastoji u obrani od poplava i natapanja kraških polja te energetskom korištenju voda na energetskim stepenicama do Jadranskog mora.

Najveći dio energetskog potencijala Cetine koncentriran je u njezinu donjem toku. Na tom dijelu već je 1912. godine izgrađena hidroelektrana Kraljevac koja koristi pad slapa Gubavice. Na tom projektu iskorišten je najveći pojedinačni pad korita rijeke Cetine, ali se pri tome nije vodilo računa o iskorištenju cijelog vodotoka niti pak o vodnom izravnanju. Posljedica takvog pristupa bila je neujednačena proizvodnja energije koja je bila uzrokovana neujednačenim protokom Cetine tijekom godine što je bilo neprihvatljivo sa stajališta potrošnje. Zbog toga se, kao energetske i ekonomske najbolje rješenje, nametnula izgradnja nekoliko velikih daljinskih akumulacijskih jezera u gornjem toku Cetine, odnosno u krškim poljima njenog šireg sliva s kojima bi se postiglo izravnanje dotoka vodotoka sliva Cetine i njihovo ujednačeno korištenje za proizvodnju električne energije tijekom cijele godine.

PREGLEDNA SITUACIJA
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA RIJEKE CETINE







UZDUŽNI PROFIL
HIDROENERGETSKOG
SUSTAVA RIJEKE CETINE

Prvo akumulacijska jezero uopće ostvareno u krškom terenu formirana je u kanjonu Cetine uzvodno od Hrvatačkog polja izgradnjom brane Peruća. Korisni volumen jezera od oko 37 % srednjeg godišnjeg volumena dotoka značajno utječe na izravnjanje protoka Cetine na nizvodnim energetskim stepenicama od Sinjskog polja do Jadranskog mora. Koncentracija pada ostvarena izgradnjom brane Peruća koristi se u pribranskoj hidroelektrani Peruća instaliranog protoka $120 \text{ m}^3/\text{s}$, instalirane snage 41,6 MW i prosječne godišnje proizvodnje 120 GWh.

Na gornjem horizontu Livanjskog polja i Buškog blata formirano je akumulacijsko jezero Buško blato, korisnog volumena od 782,0 mil. m^3 . Akumulirane vode iz akumulacije Buško blato kanalima se uvode u akumulaciju Lipa korisnog volumena 1,38 mil. m^3 koja predstavlja kompenzacijski bazen za derivacijsku hidroelektranu Orlovac. Zahvat vode za hidroelektranu Orlovac nalazi se u

bazenu Lipa od kuda se voda kroz dovodni tlačni tunel dužine 12,1 km i čelični tlačni cjevovod dužine 1577 m dovodi na turbine hidroelektrane Orlovac. Instalirani protok HE Orlovac iznosi $70 \text{ m}^3/\text{s}$, instalirana snaga 237 MW, a prosječna godišnja proizvodnja 440 GWh.

Energetski iskorištena voda u hidroelektrani Orlovac dovodi se otvorenim kanalom u rijeku Rudu koja se kao lijeva pritoka ulijeva u Cetinu na Sinjskom polju kod Trilja.

U kanjonu Cetine nizvodno od Trilja izgrađena je brana Đale koja formira akumulacijska jezero korisnog volumena od 2,6 mil. m^3 . Koncentracija pada ostvarena izgradnjom brane koristi se u pribranskoj hidroelektrani Đale čija strojarnica također predstavlja dio usporne građevine. Hidroelektrana Đale ima instalirani protok $220 \text{ m}^3/\text{s}$, instaliranu snagu 40 MW i srednju godišnju proizvodnju 157 GWh.



HIDROENERGETSKI SUSTAV
U SLIVU RIJEKE CETINE

HE PERUĆA



HE PERUĆA

HE Peruća je pribransko postrojenje izgrađeno 1960. godine na rijeci Cetini, 14 km uzvodno od grada Sinja.

Akumulacijsko jezero Peruća volumena 540 mil. m³ je dobiveno izgradnjom nasute brane visine 63 m i duljine 425 m u kruni te injekcijske zavjese duljine 1600 m i dubine 100 - 200 m u kanjonu Cetine uzvodno od Hrvatačkog polja. Kao takvo akumulacijsko jezero Peruća je bilo veliko akumulacijsko jezero ostvareno u krškom terenu i prva daljinska akumulacija elektroenergetskog sustava rijeke Cetine. Podno brane, poprečno na riječni tok izgrađena je zgrada strojarnice s dva agregata. Za dovod vode na turbine služi glavni dovodni tunel na lijevoj strani brane, a za pražnjenje akumulacijskog jezera i održavanje biološkog minimuma služi tunel na desnoj strani brane.

HE Peruća započela je s radom 25.11.1960. godine i u redovitom pogonu je radila sve do početka 90-tih godina prošlog stoljeća kada počinje velikosrpska agresija na Hrvatsku. Dana 17.09.1991.g. srpski pobunjenici uz pomoć snaga JNA zauzimaju branu i postrojenje te neposredno nakon povlačenja 28.01.1993.g., miniraju branu. Uz teška oštećenja brane, strojarnica i rasklopno postrojenje bili su poplavljeni i djelomično oštećeni. Nakon dolaska postrojbi Hrvatske vojske koja je oslobodila branu, djelatnici HEP-a uz pomoć građevinske operative uspijevaju zaustaviti daljnje urušavanje brane, otvoriti temeljni ispušt i ubrzano isprazniti akumulaciju na razinu koja nije ugrožavala sigurnost brane. Ubrzo nakon toga krenulo se sa sanacijom brane i u vrlo kratkom roku elektrana je bila osposobljena za proizvodnju tako da je sa smanjenom snagom proizvodila energiju gotovo cijelo vrijeme dok je trajala sanacija. Osnovna

konceptija sanacije brane bila je da se uklone i u potpunosti obnove bokovi i gornji dio brane u visini 5 -10 m, potpuno obnovi injekcijska galerija, a u središnji dio brane ugradi vodonepropusna glinenobetonska dijafragma. Brana je tada nadvišena za 1,5 m (visina 65 m) čime je povećan volumen akumulacijskog jezera za 31 mil. m³ (na 571 mil m³).

Nakon sanacije brane 1995. godine, zbog vrlo lošeg stanja opreme, započinje intenzivna priprema te zamjena i obnova energetske opreme u razdoblju od 1995.-2001. godine što uključuje zamjenu klasičnog 110 kV postrojenja novim (oklopljeno, plinom SF6 izolirano postrojenje), zamjenu razvoda i upravljanje vlastitom potrošnjom, upravljanje dizelskim agregatom, zamjena sustava istosmjernog napajanja, rekonstrukcija mosne dizalice, rekonstrukcija pogona zatvarača na temeljnom ispustu. Zbog nadvišenja brane i novog načina korištenja akumulacije (korištenje akumulacije pri višim padovima) izrađen je i ispitani model novog turbinskog rotora, pri čemu je model ispitani u istom spiralnom kućištu modela starog rotora i dobivene karakteristike su uspoređene s modelom postojećeg rotora. Na osnovu programa zamjene i obnove postrojenja, 10. prosinaca 2001. godine nastavljena je rekonstrukcija (zamjena i obnova) postrojenja HE Peruća.

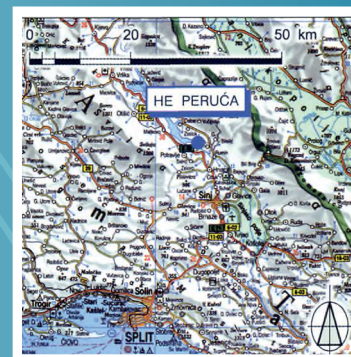
Hidromehanička oprema elektrane obuhvaća ulazni uređaj, predturbinske leptiraste zatvarače, izlazne tablaste zatvarače, preljevnu klapnu te temeljni ispušt s pomoćnim i temeljnim

HE PERUĆA

ENERGETSKI PODATCI	najveći pad	57,0 m
	konstruktivni pad	41,0 m
	instalirani protok	$2 \times 60 \text{ m}^3/\text{s} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$
	instalirana snaga	$2 \times 30,6 \text{ MW}$
	srednja godišnja proizvodnja	130 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis
	komada	2
	konstruktivni pad	47 m
	instalirani protok	$60 \text{ m}^3/\text{s}$
	snaga turbine	30,6 MW
	broj okretaja	187,5 okr/min
generatori	tip	trofazni sinkroni
	komada	2
	snaga generatora	34 MVA
	faktor snage	0,8
	napon	10,5 (-5%+10%) kV
projekt	ELEKROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska - originalni projekt u cijelosti i projekt sanacije brane PROJEKTNI BIRO - Split, Hrvatska - rasklopno postrojenje SF6	
građenje	KONSTRUKTOR - Split, Hrvatska GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska - injekcijska zavjesa, injekcijski radovi, dijafragma BAUER - Schrobenuhausen, Njemačka - dijafragma	
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija METALNA - Maribor, Slovenija M.A.N - Njemačka - klapna kod sanacije brane	
Puštanje u pogon	Godina puštanja u pogon 1960.	
Rekonstrukcija	1997.-2007.g.	



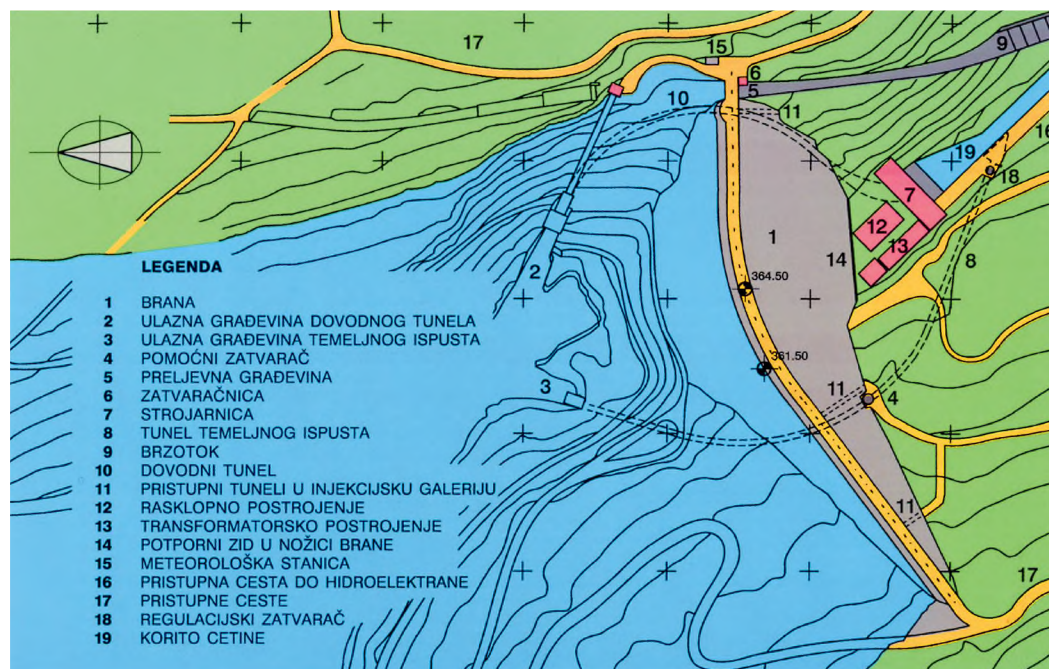
zatvaračem. Ugrađene su nove Francis turbine s vertikalnim vratilom za instalirani protok $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{s}$. Izvršena je zamjena i obnova proizvodnih jedinica nakon koje je povećana radna snaga turbina na $2 \times 30,7 \text{ MW}$. Povećana je i nazivna snaga novih generatora na $2 \times 34 \text{ MVA}$ kao i faktor snage na $\cos \phi = 0,9$, dok je broj okretaja agregata ostao isti, $187,5 \text{ okr/min}$. Sinkroni generatori su okomite izvedbe i gljivastog tipa, a izvedeni su tako da je rotor montiran na gornji dio turbinskog vratila. Neposredno ispod rotora smješten je vodeći generatorski ležaj ispod kojega se nalazi nosivi ležaj, a ispod njega vodeći turbinski ležaj. Generatori su spojeni preko pripadajućih blok transformatora 34 MVA , $10,5/115 \text{ kV}$ na rasklopno postrojenje 110 kV , odnosno preko dalekovoda na prijenosnu mrežu.

Umjesto starog klasičnog rasklopnog postrojenja 110 kV , u pogon je pušteno novo metalom oklopljeno SF6 postrojenje s modernom mikroprocesorskom upravljačkom opremom.

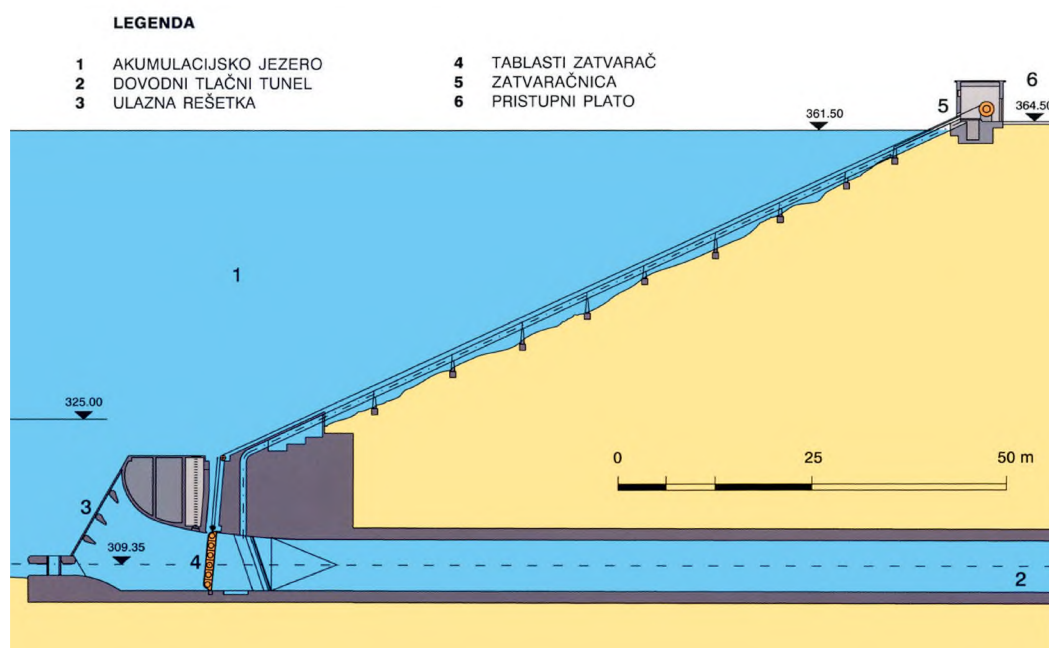
Tijekom zamjene i obnove RP 35 kV u HE Peruća 2002. godine u cijelosti je rekonstruiran glavni razvod vlastite potrošnje. Preko regulacijskog transformatora 10 MVA međusobno su spojena 110 i 35 kV rasklopna postrojenja elektrane čime se napaja 35 kV dalekovod Vrlika i vlastita potrošnja hidroelektrane (preko transformacije $35/0,4 \text{ kV}$).

Nakon zamjene i obnove postrojenja, agregat A pušten je u pogon 26.08.2005. godine, a agregat B 18.09.2007. godine.



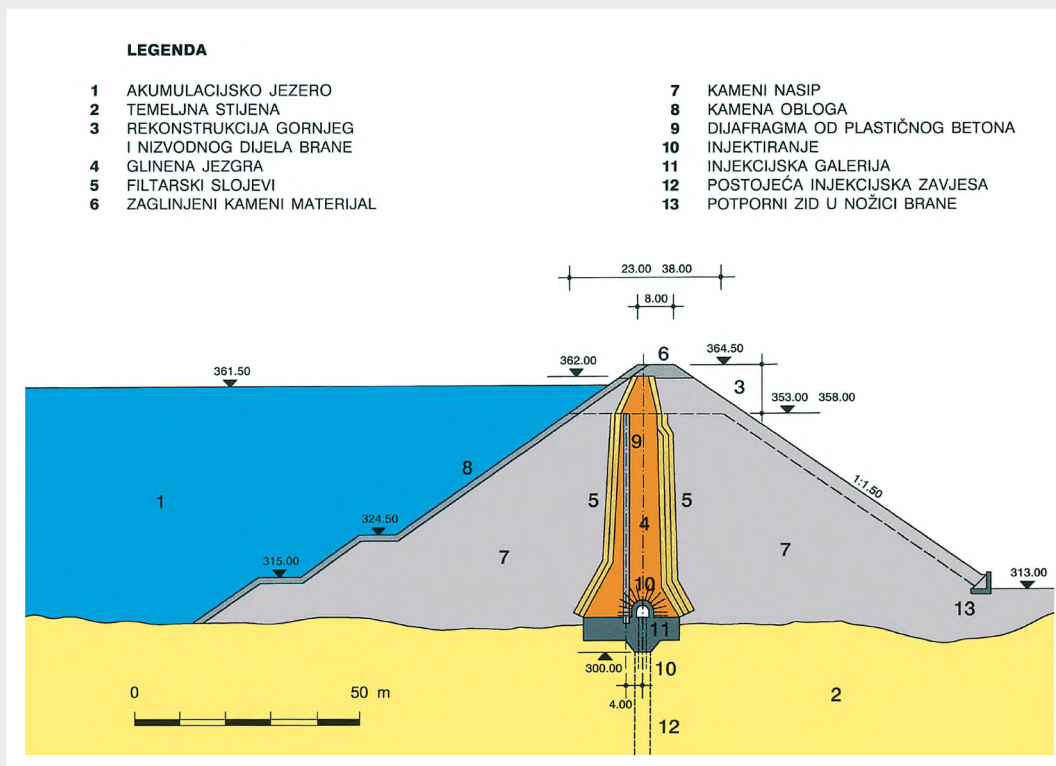


SITUACIJA
BRANE I ČVORA
STROJARNICE

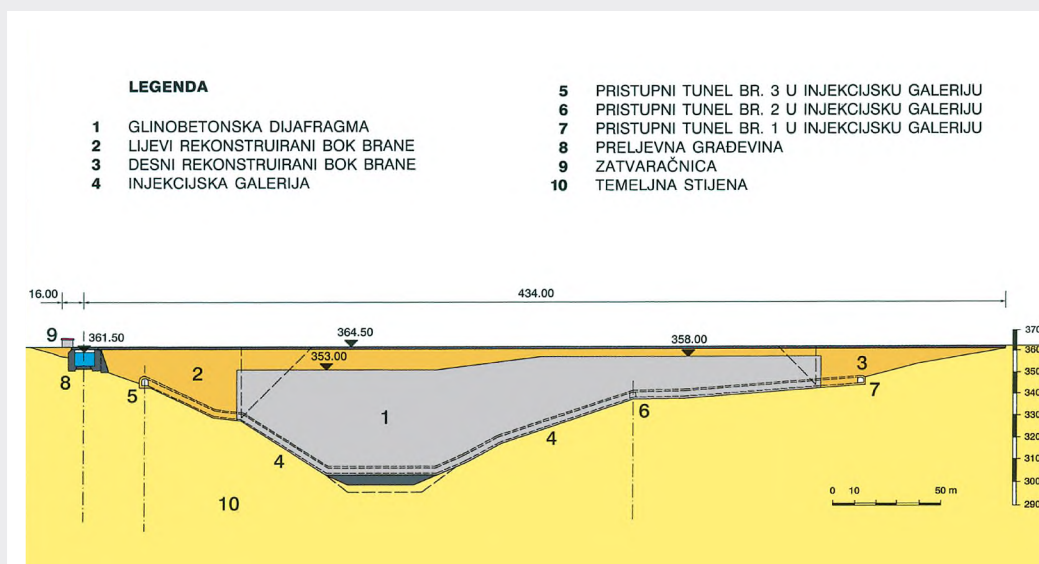


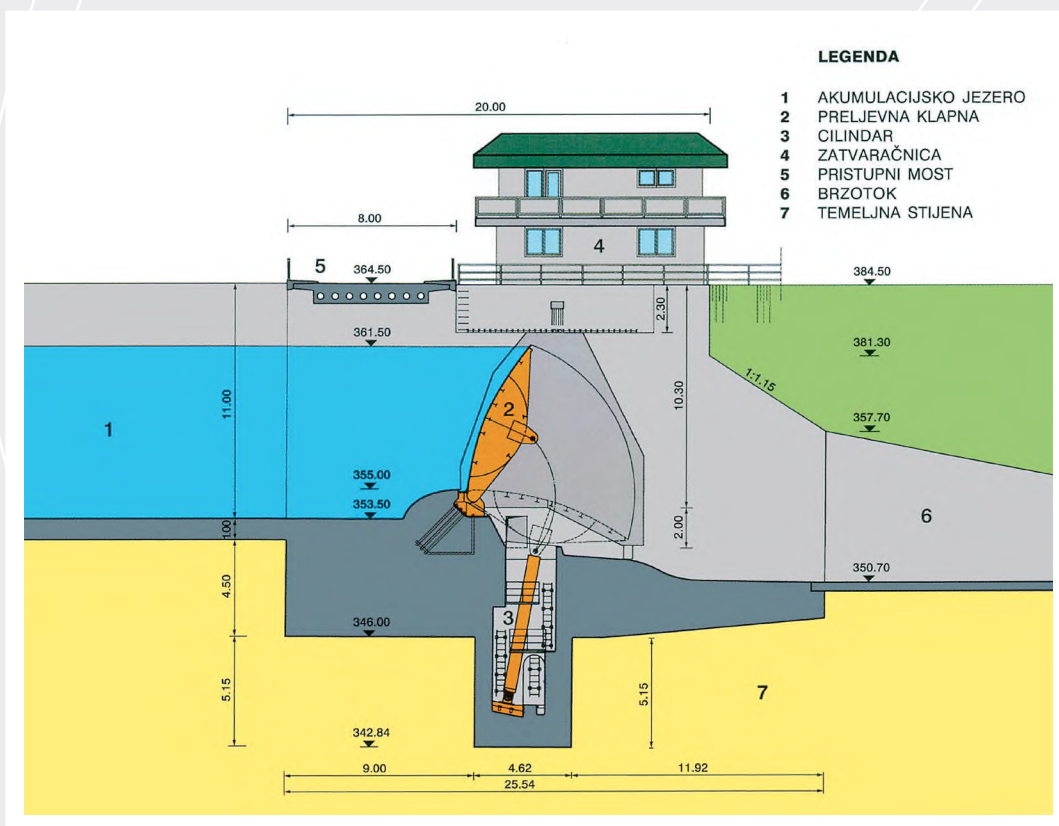
ULAZNA
GRAĐEVINA
DOVODNOG
TUNELA

POPREČNI
PRESJEK BRANE
NAKON SANACIJE



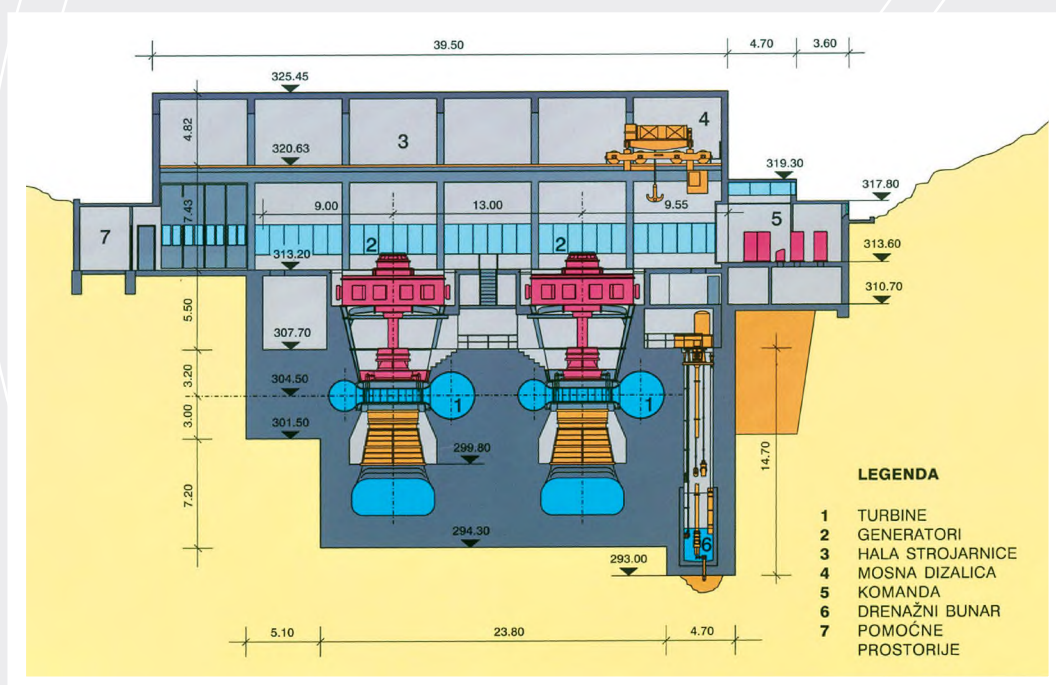
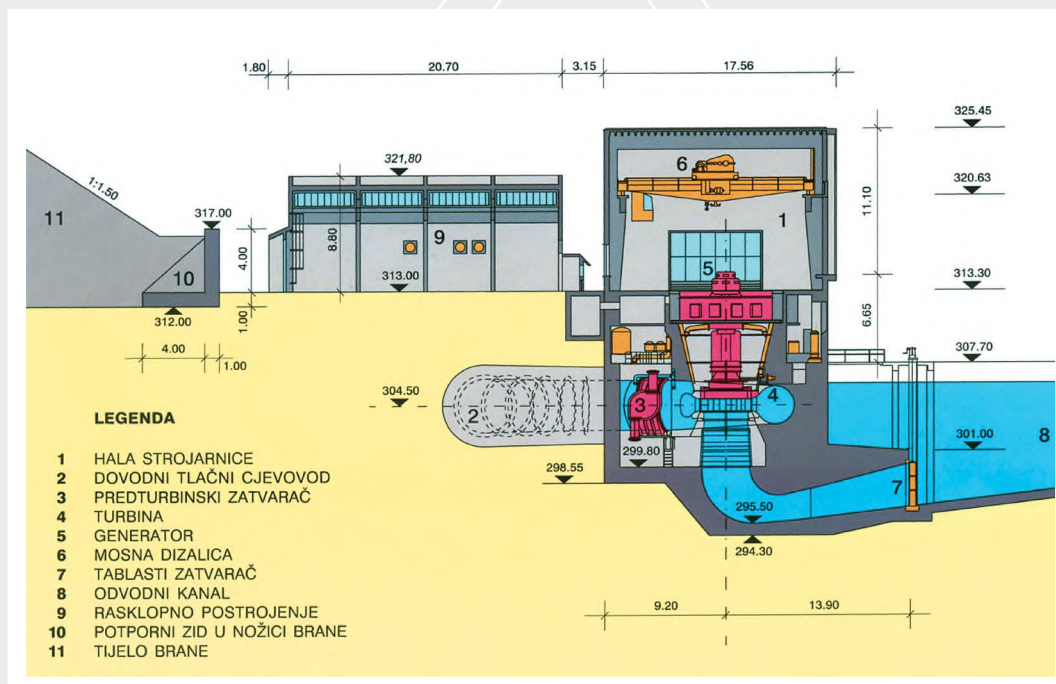
UZDUŽNI PRESJEK
BRANE NAKON
SANACIJE





UZDUŽNI PRESJEK
PRELJEVNE
GRAĐEVINE





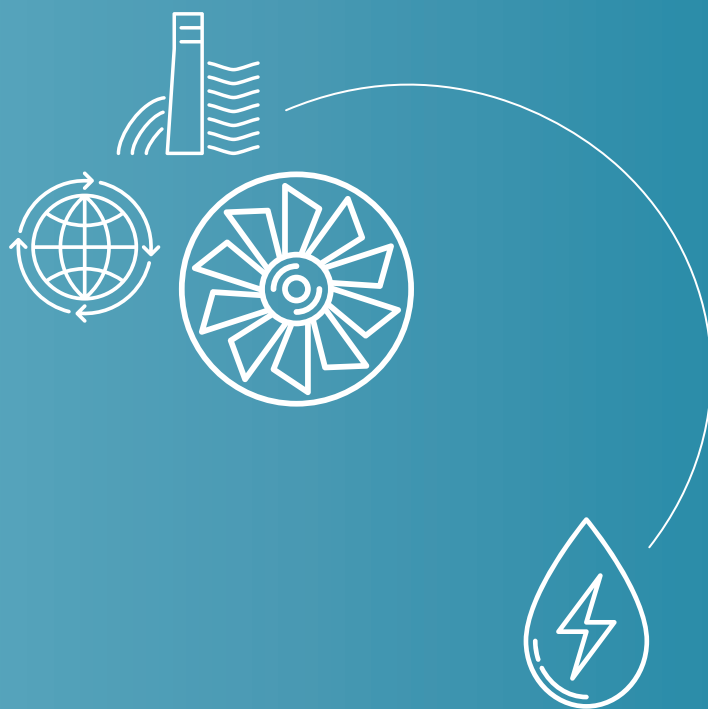






HIDROENERGETSKI SUSTAV
U SLIVU RIJEKE CETINE

HE ORLOVAC



HE ORLOVAC

HE Orlovac visokotlačno je derivacijsko postrojenje i dio hidroenergetskog sustava sliva rijeke Cetine. Nalazi se u mjestu Ruda, u Splitsko-dalmatinskoj županiji.

Objekti hidroelektrane smješteni su u dvije države: akumulacija s pripadajućim objektima i jedan dio dovodnog tunela u Bosni i Hercegovini, a drugi dio dovodnog tunela, vodna komora, tlačni cjevovod, strojarnica i odvodni kanal strojarnice u Hrvatskoj.

HE Orlovac započela je s radom 1973. godine, prvi agregat pušten je u pogon u ožujku, drugi u lipnju i treći u prosincu. Prosječna godišnja proizvodnja HE Orlovac iznosi 340 GWh.

Osnovna koncepcija tehničkog rješenja HE Orlovac je da se površinske vode krških polja jugozapadne Bosne, koje su se u prirodnom stanju gubile u ponorima i podzemnim putovima dolazile u Cetinu, zahvate u akumulacijsko jezero Buško blato, tunelom kroz masiv Kamešnice prevedu prema Sinjskom polju i kontrolirano koriste na padu od oko 400 m, a zatim dovedu u rijeku Cetinu za daljnje korištenje na nizvodnim hidroelektranama do mora.

Akumulacija Buško blato ostvarena je izgradnjom brana Kazaginac i Podgradina, a puni se vodama iz vlastitog sliva i vodama iz Livanjskog polja koje se s mrežom kanala dovode do kompenzacijskog bazena Lipa iz kojeg idu prema hidroelektrani odnosno, ako je dotok s Livanjskog polja veći od potreba HE Orlovac, višak vode se reverzibilnim kanalom Lipa-Buško blato prebacuje u akumulaciju Buško blato pomoću reverzibilnog postrojenja crpne stanice Buško blato. Akumulacija Buško blato volumena 800 mil m³ praktično može preuzeti volumen dvogodišnjeg srednjeg dotoka u akumulaciju i na taj način vršiti

potpuno godišnje vodno izravnaje što HE Orlovac omogućuje da radi isključivo kao vršno postrojenje i da prema potrebi kontrolirano ispušta vodu prema HE Zakučac, najvećoj hidroelektrani hidroenergetskog sustava sliva rijeke Cetine.

Crpna stanica Buško Blato je crpno-turbinsko reverzibilno postrojenje smješteno uz branu Podgradina koje ima trostruku funkciju:

- crpljenje vode iz akumulacije Lipa u akumulaciju Buško blato
- proizvodnju električne energije pri pražnjenju akumulacije Buško blato u smjeru akumulacije Lipa
- crpljenje vode iz akumulacije Buško blato kod nižih kota da bi se osigurala potrebna količina vode za rad HE Orlovac

Iz kompenzacijskog bazena Lipa voda se odvodi preko ulaznog uređaja dovodnim tunelom dužine 12 100 m, promjera 5,5 m i propusne moći 70 m³/s te tlačnim cjevovodom do strojarnice HE Orlovac. Na kraju dovodnog tunela smještena je vodna komora s vertikalnim oknom na koje se u donjem dijelu nadovezuju dvije horizontalne komore svaka dužine 60 m. Iza vodne komore, na završetku tunela smještena je zasunska komora s automatskim leptirastim zatvaračem, odakle se nastavlja tlačni cjevovod koji je položen na otvorenom. Cjevovod je dužine 1577 m, promjera od 4,1 m pri vrhu do 3,65 m na kraju i oslonjen je na betonske temelje. Ispred strojarnice cjevovod se račva prema tri proizvodne jedinice.

Zgrada strojarnice je na otvorenom

HE ORLOVAC

ENERGETSKI PODATCI	bruto pad	403,7 m
	instalirani neto pad	380 m
	instalirani protok	$3 \times 23,3 \text{ m}^3/\text{s} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$
	instalirana snaga elektrane	$3 \times 79 = 237 \text{ MW}$
	prosječna godišnja proizvodnja	340 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	Francis
	komada	3
	snaga	79 MW
generatori	snaga	83 MVA
	faktor snage	0,95
	srednji energetski ekvivalent	$0,94 \text{ kWh/m}^3$
	broj okretaja	500 okr/min

projekt	ELEKROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska
	GEOEXPERT - Zagreb, Hrvatska
	PROJEKTNI BIRO - Split, Hrvatska
	ENERGOINVEST - Sarajevo, B i H
	ZAVOD ZA VODOPRIVREDU - Sarajevo, B i H

građenje	HIDROELEKTRA - Zagreb, Hrvatska
	MELIORACIJA - Split, Hrvatska
	GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska
	KONSTRUKTOR - Split, Hrvatska
	POMGRAD - Split, Hrvatska
	GEOINŽINJERING - Sarajevo, B i H

oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska
	METALNA - Maribor, Slovenija
	LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija
	ESCHER-WYSS - Zurich, Švicarska

Puštanje u pogon 10. travnja 1974.



i u njoj su smještene tri proizvodne jedinice vertikalne izvedbe s Francis turbinama, predturbinskim zatvaračima i regulatorom tlaka, instaliranog protoka $23,3 \text{ m}^3/\text{s}$ te tri sinkrona generatora snage 79 MW s ostalim pomoćnim pogonima i komandom. Energetski transformator je trofazni dvonamotni uljni. Primarna strana transformatora je u blok spoju s generatorom priključen na 10,5 kV, dok je sekundarni dio preko sabirničkog rastavljača i prekidača u transformatorskom polju priključen na rasklopno postrojenje 220 kV. Transformator je predviđen za trajan pogon i vanjsku montažu. 2007. godine energetski transformator A nazivne snage 83 MVA zamijenjen je novim većim nazivne snage 100 MVA.

Kratkim betonskim kanalom vode se odvode do rijeke Rude koja, nakon kratkog toka, utječe u rijeku Cetinu.

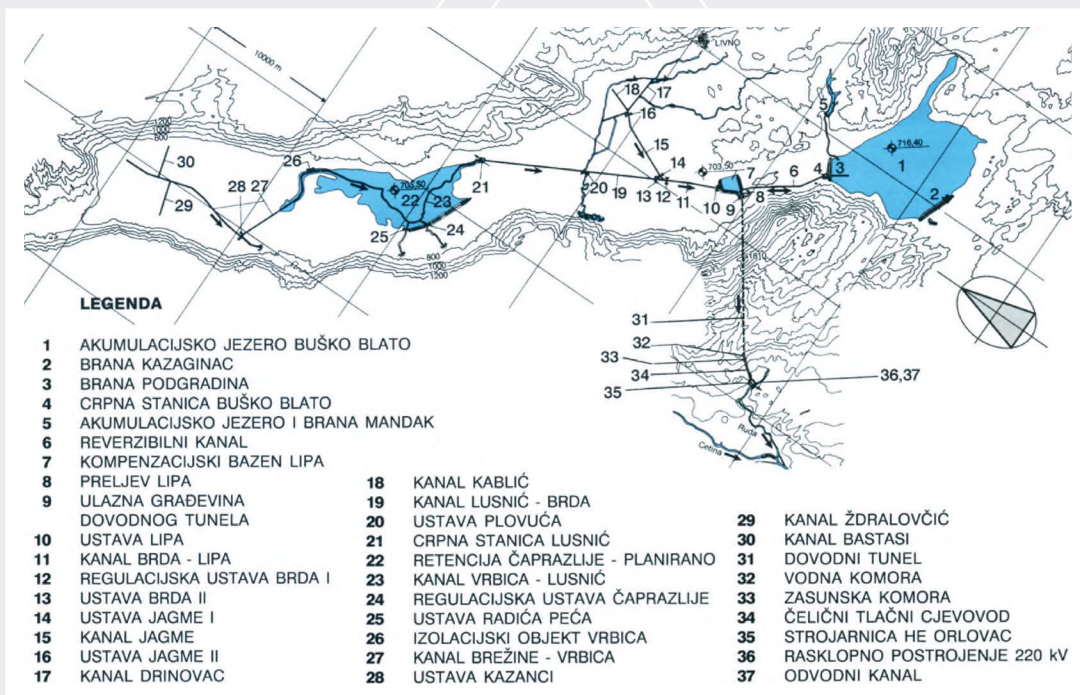
Na lijevoj obali odvodnog kanala, južno od strojarnice smješteno je rasklopno postrojenje 220 kV s dvostrukim sabirnicama s tri generatorska,

spojnim i mjernim poljem te dva dalekovodna polja za vezu elektrane s mrežom koja je ostvarena dvostrukim 220 kV dalekovodima do TS Konjsko 400/220/110 kV. Rasklopno postrojenje je u potpunosti rekonstruirano u razdoblju od listopada 2018. do listopada 2020. godine i u nadležnosti je HOPS-a.

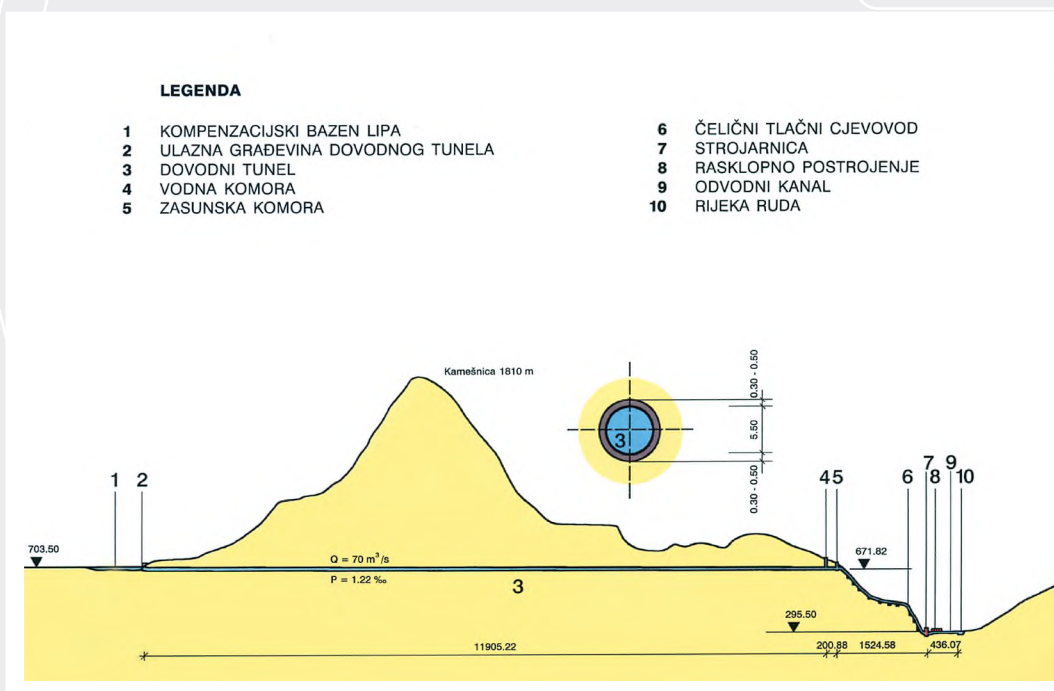
Osnovni izvor napajanja vlastite potrošnje izmjeničnim naponom 0,4 kV u normalnom pogonu je kućni agregat snage 1 MVA s Pelton turbinom. U slučaju ispada kućnog agregata kao prva rezerva automatski se uključuje, na prazne sabirnice, kućni transformator instaliran 2010. godine, proizvođača Končar, snage 1 MVA, nazivnog napona 35/0,4 kV.

U slučaju da ispadnu i kućni generator i kućni transformator, kao druga rezerva, uključuje se, na prazne sabirnice, dizel agregat s generatorom snage 250 kVA (200 kW), napona 400/230 V, 50 Hz. S obzirom na starost elektrane (puštena u pogon u travnju 1974. g.) u tijeku je (2020. godine) priprema rekonstrukcije primarne i sekundarne opreme.

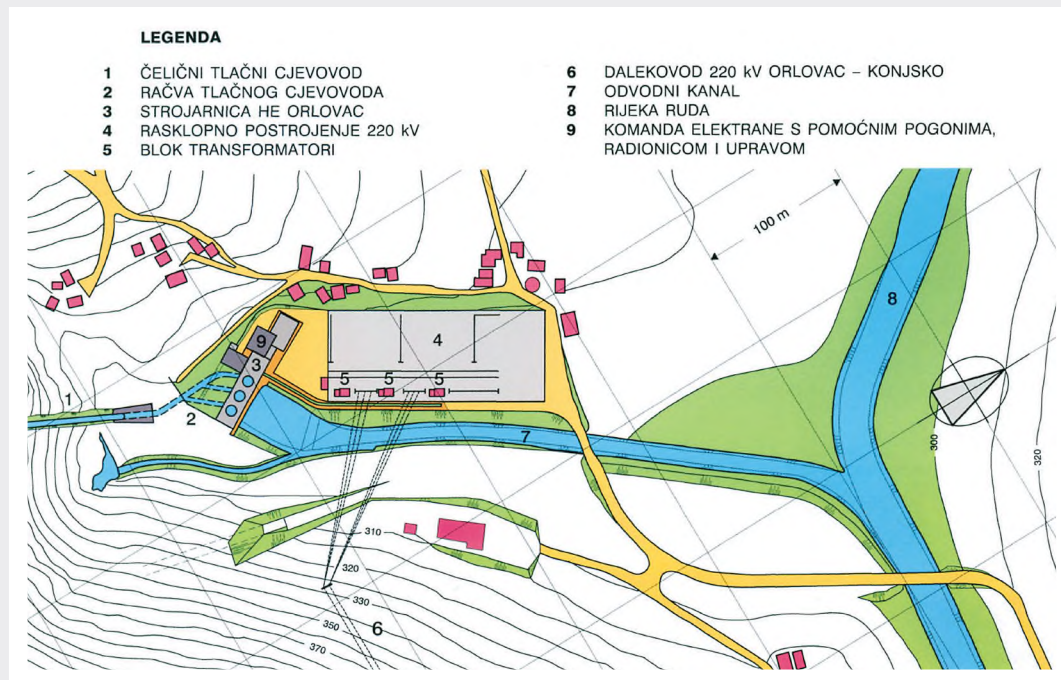
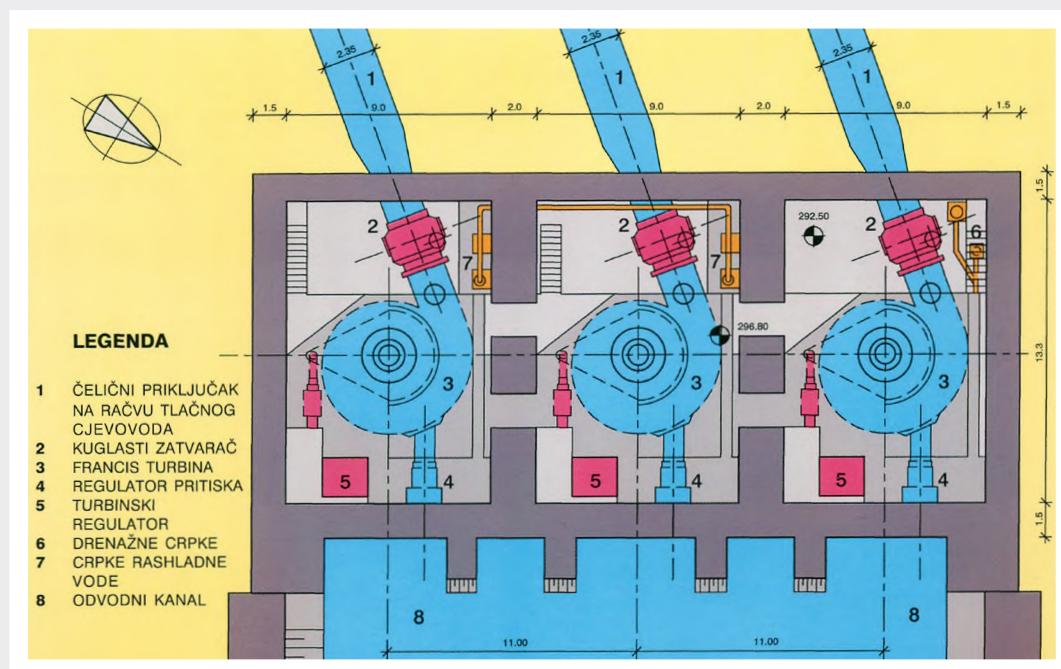




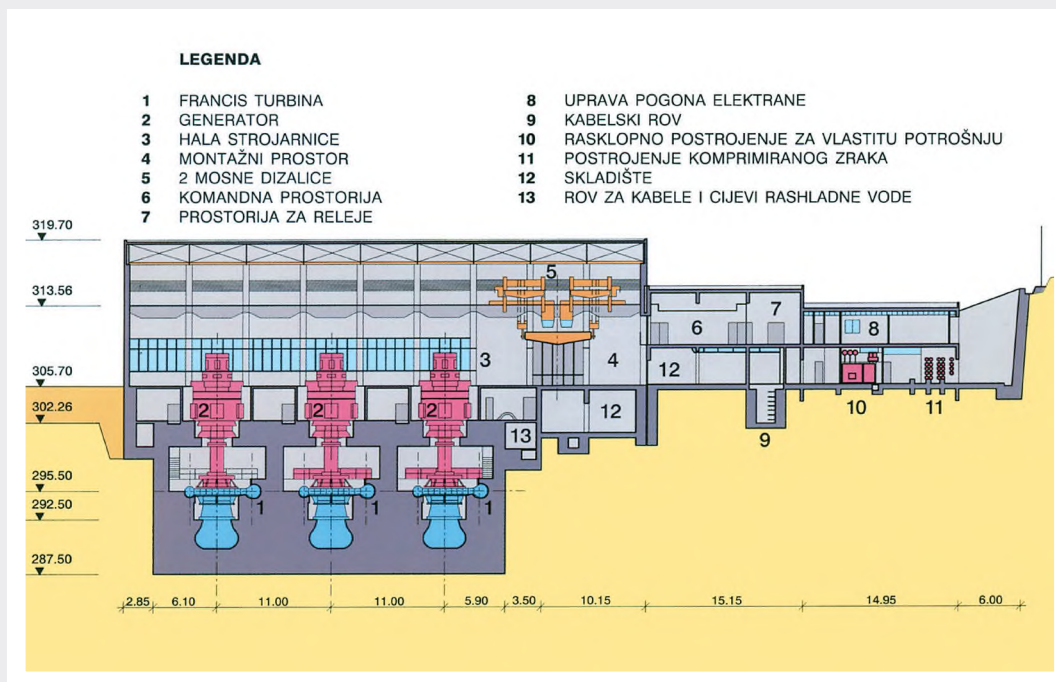
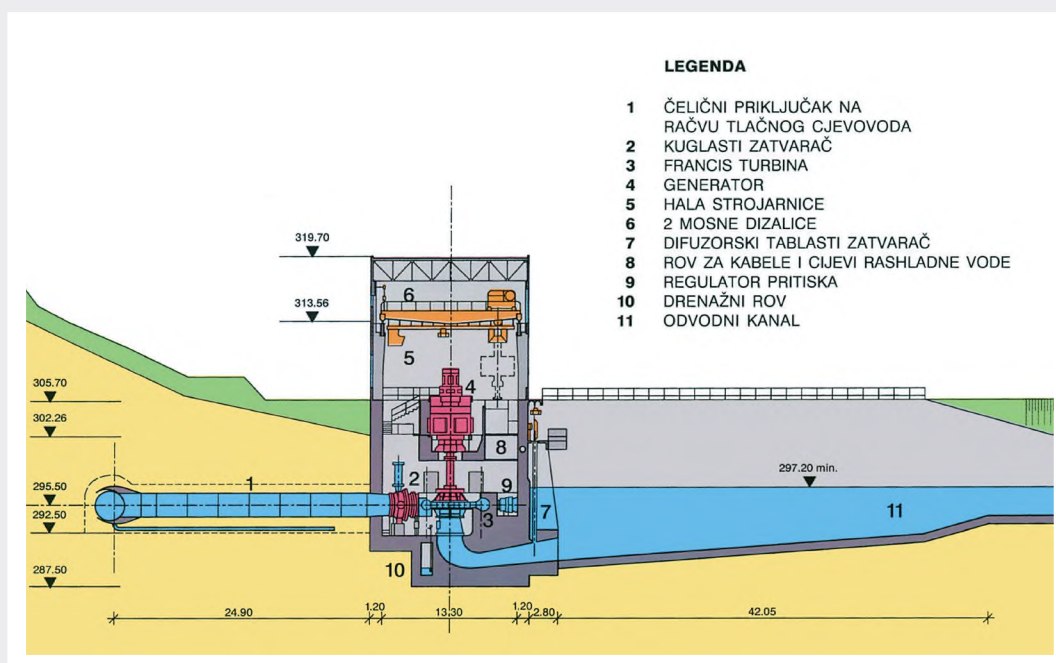
SITUACIJA
POSTOJEĆIH I
PLANIRANIH
OBJEKATA
HE ORLOVAC

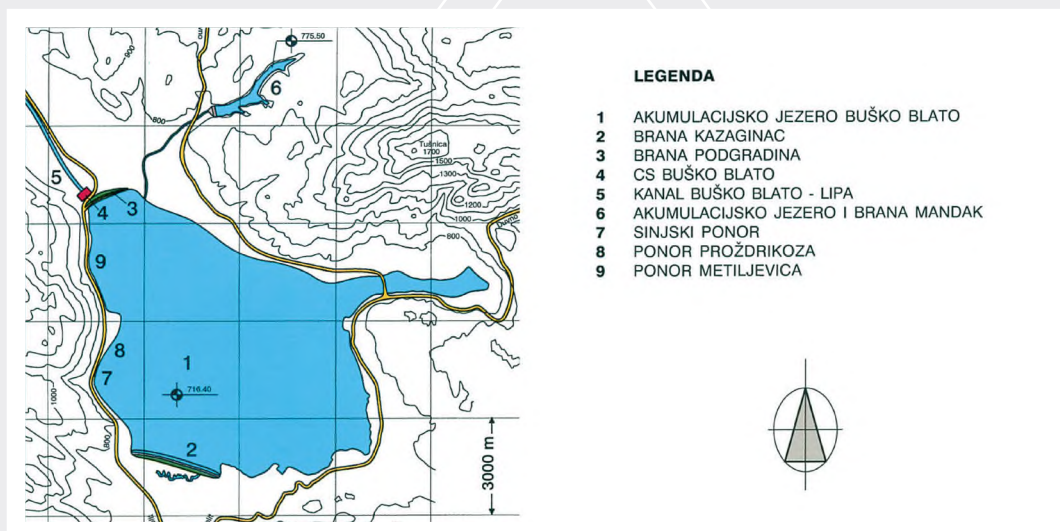


UZDUŽNI PROFIL
OBJEKATA
HE ORLOVAC

SITUACIJA
OBJEKATA
ČVORA
STROJARNICETLOCRT
TURBINSKOG
KATA

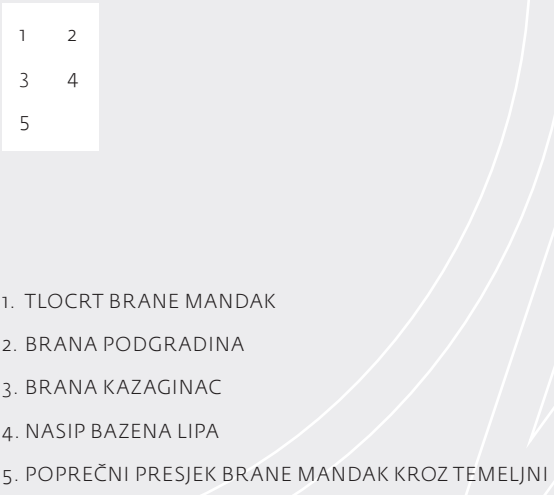
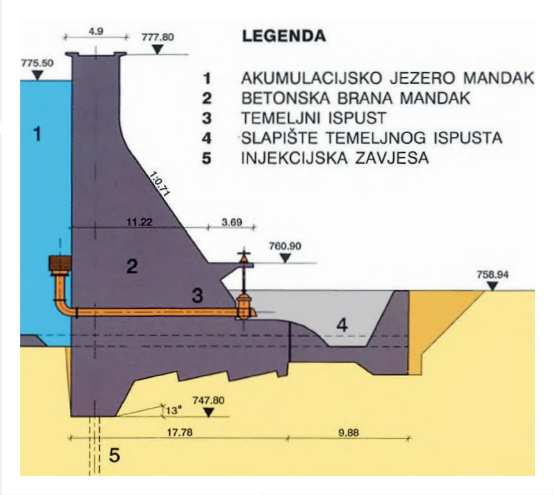
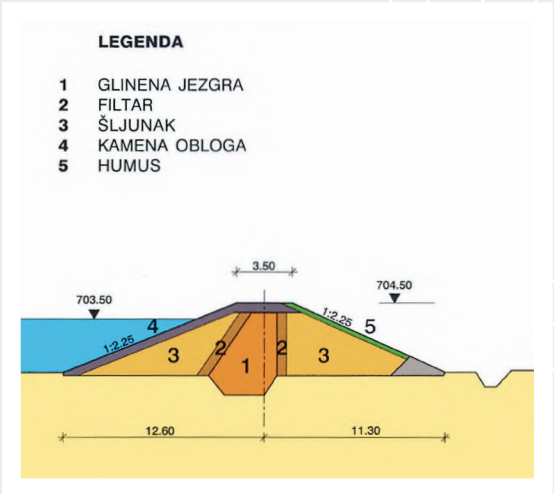
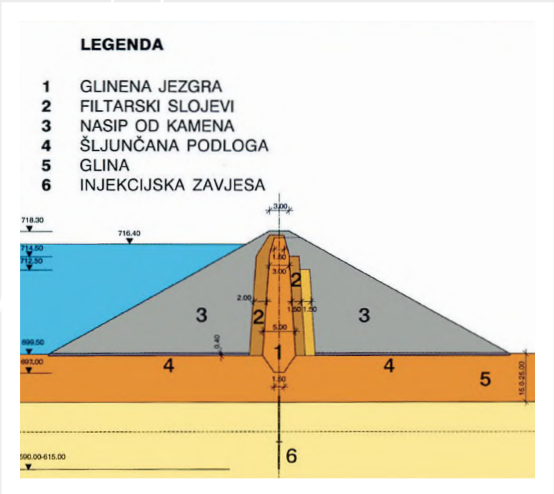
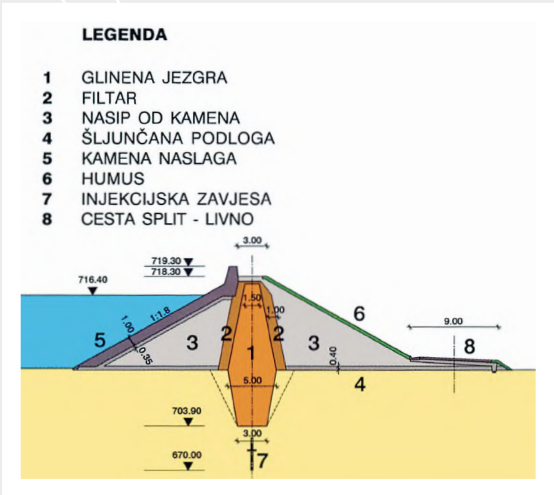
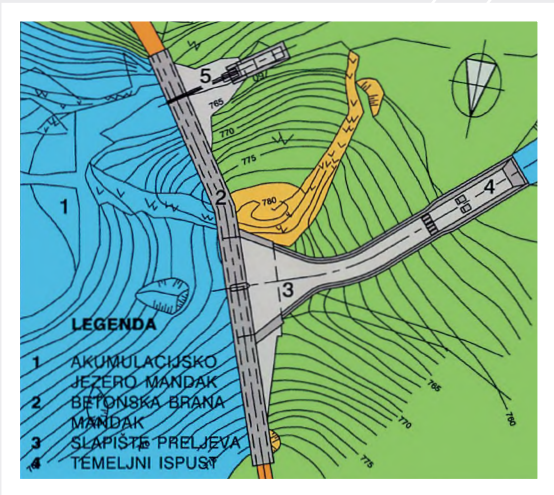


UZDUŽNI PRESJEK
STROJARNICEPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE



SITUACIJA AKUMULACIJSKOG
JEZERA BUŠKO BLATO

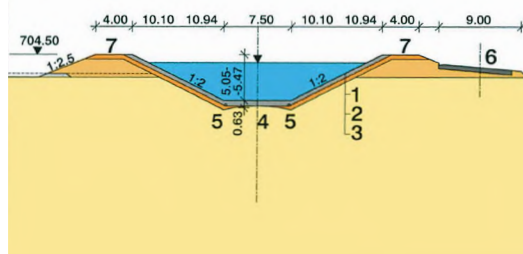




- 1. TLOCRT BRANE MANDAK
- 2. BRANA PODGRADINA
- 3. BRANA KAZAGINAC
- 4. NASIP BAZENA LIPA
- 5. POPREČNI PRESJEK BRANE MANDAK KROZ TEMELJNI ISPUST

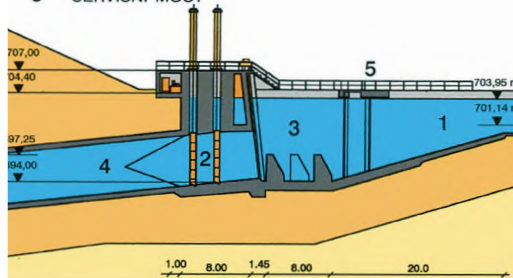
LEGENDA

- 1 ASFALT- BETON
- 2 TAMPON - TUCANIK
- 3 FILTER - ŠLJUNAK
- 4 KAMENI NABAČAJ
- 5 DRENAŽNE CIJEVI
- 6 SERVISNA CESTA
- 7 OBODNI NASIPI



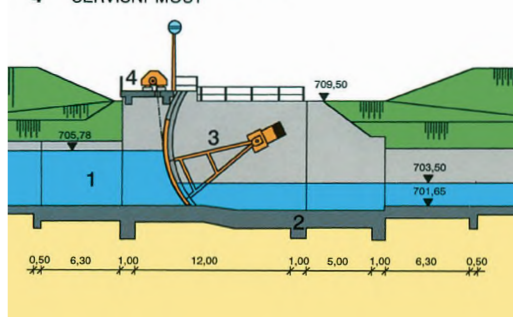
LEGENDA

- 1 REVERZIBILNI KANAL BUŠKO BLATO - LIPA
- 2 REGULACIJSKI TABLASTI ZATVARAČ
- 3 SLAPIŠTE (ULAZNI UREĐAJ) IZ REVERZIBILNOG KANALA
- 4 BETONSKI CJEVOVOD ZA AGREGAT III I OBILAZNI ISPUST
- 5 SERVISNI MOST



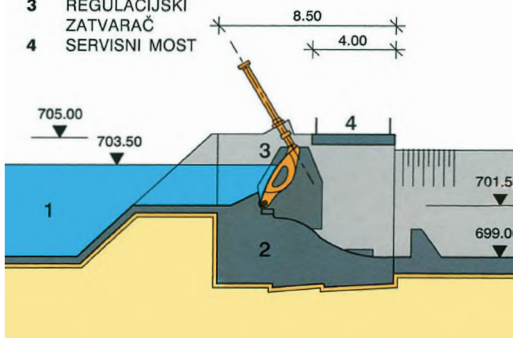
LEGENDA

- 1 KANAL BRDA - LIPA
- 2 BETONSKO TIJELO USTAVE
- 3 REGULACIJSKI ZATVARAČ
- 4 SERVISNI MOST

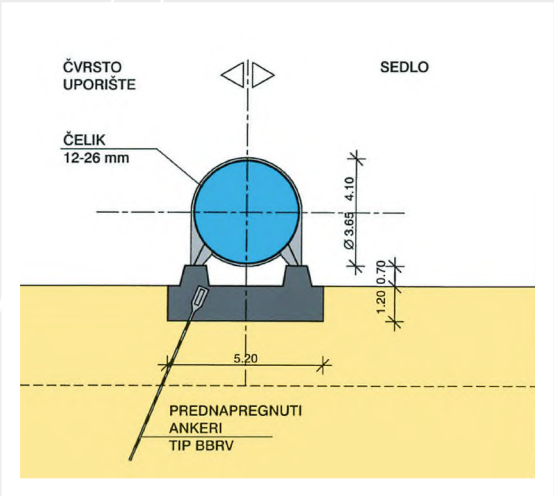
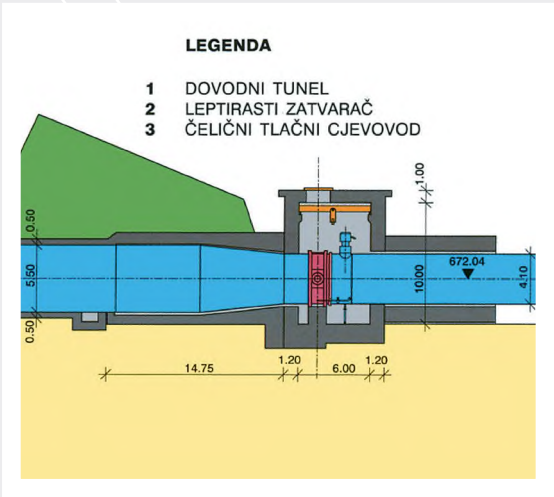
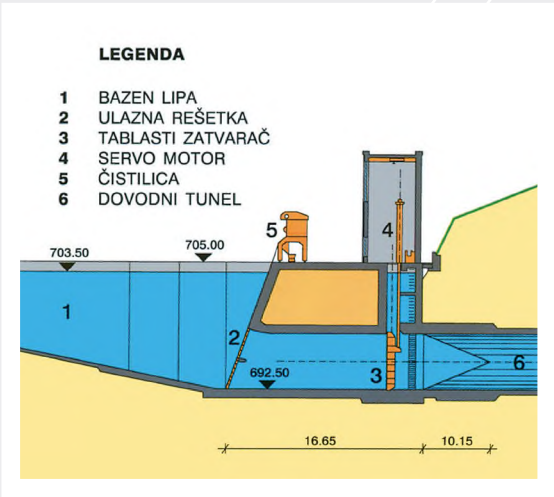


LEGENDA

- 1 AKUMULACIJSKO JEZERO LIPA
- 2 BETONSKO TIJELO PRELJEVA
- 3 REGULACIJSKI ZATVARAČ
- 4 SERVISNI MOST

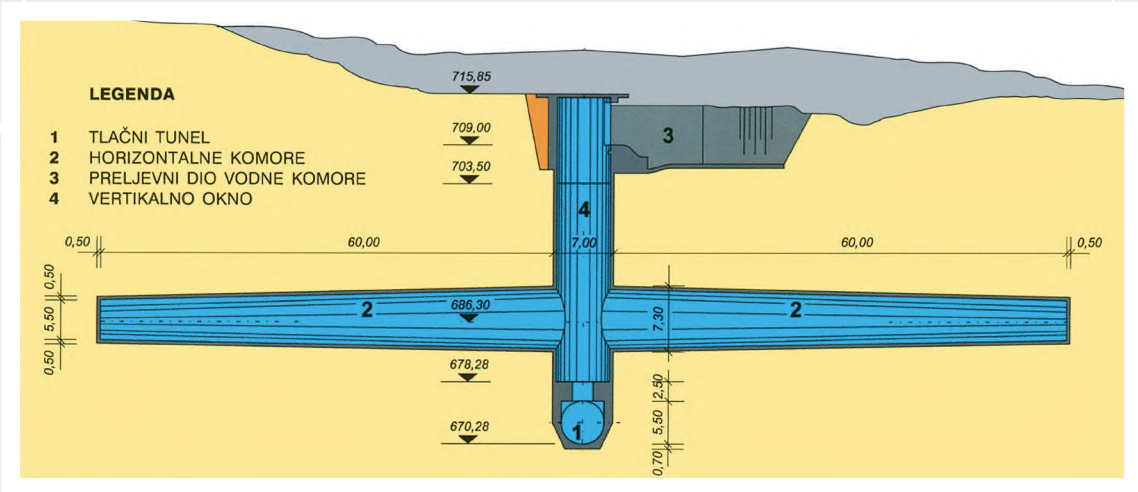


1. REVERZIBILNI KANAL
2. OBILAZNI ISPUST CRPNE STANICE BUŠKO BLATO
3. ODVODNI KANAL
4. REGULACIJSKA USTAVA BRDA I
5. PRELJEV LIPA



- 1
- 2
- 3
- 4

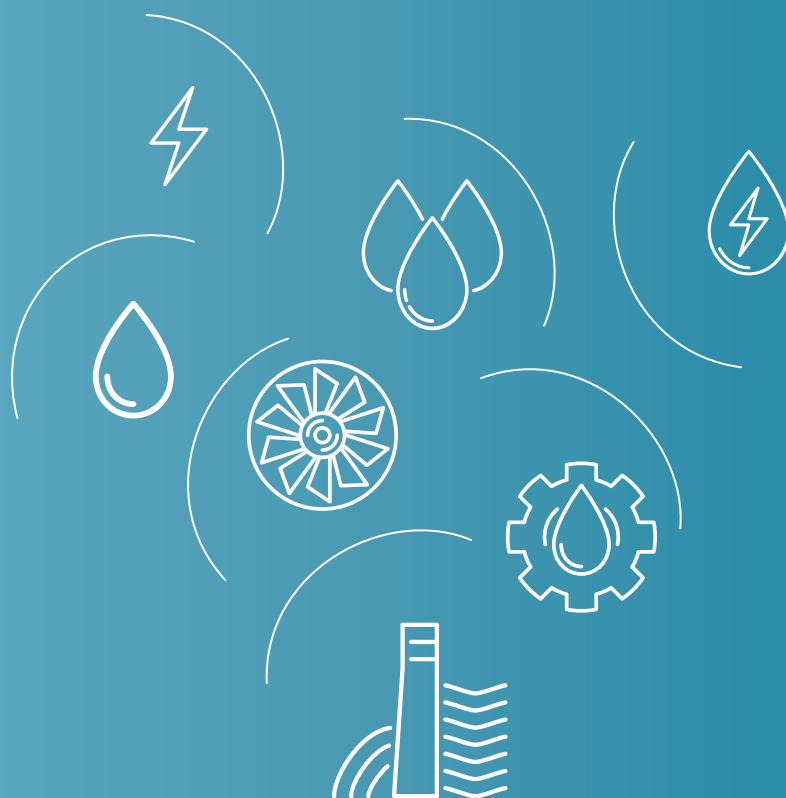
- 1. ULAZNA GRAĐEVINA LIPA
- 2. ZASUNSKA KOMORA
- 3. ČELIČNI TLAČNI CJEVOVOD
- 4. VODNA KOMORA





HIDROENERGETSKI SUSTAV
U SLIVU RIJEKE CETINE

HE ĐALE



HE ĐALE

Hidroelektrana Đale dio je hidroenergetskog sustava sliva rijeke Cetine. Izgradnja HE Đale započela je u prosincu 1984. godine, a završena je u prosincu 1989. godine. Prosječna godišnja proizvodnja HE Đale iznosi 157 GWh.

Ova hidroelektrana smještena je u kanjonu rijeke Cetine 5,8 km nizvodno od Trilja, na mjestu zvanom Beksetina mlinica. Koristi energetske potencijale na padu od 21 m između Sinjskog polja i akumulacije Prančevići. Za proizvodnju služi se već reguliranim vodama sliva rijeke Cetine.

Hidroelektrana je pribransko postrojenje. Brana je armirano betonska gravitacijska koja u dužini 110 m zatvara kanjon Cetine. Sastoji se od strojarnice, smještene na njenom desnom boku i evakuacijskog objekta sa slapištem na lijevom boku. Evakuacijski objekt ima jedno preljevno polje i dva temeljna ispusta. Preljev je dužine 20 m, a opremljen je zatvaračem tipa *riblji trbuh* dužine 20 m i koji stvara visinu uspora 3 m. Kota preljevno praga je 289,00 m n. v. Temeljni ispusti su dimenzija 5,25 x 5,25 m s kotom praga 267,00 m n. v. Opremljeni su tablastim regulacijskim zatvaračima. Ukupni kapacitet evakuacijskog objekta, preljeva i temeljnih ispusta, iznosi 1000 m³/s.

U strojarnici su smještena dva agregata s Kaplan turbinama pojedinačne snage 20,4 MW, instaliranog protoka 110 m³/s svaka. Ispred turbine ugrađen je predturbinski tablasti kotrljajući zatvarač, a na izlazu iz difuzora klizni zatvarač.

Dva sinkrona generatora svaki po 24 MVA spojeni su preko blok transformatora 24 MVA na rasklopno postrojenje 110 kV. Rasklopno postrojenje je trolne izvedbe, metalom oklopljeno i izolirano plinom SF₆. Smješteno je na desnoj obali u produžetku strojarnice s izlazom na krov hidroelektrane. Veza, generator - blok transformator izvedena je pomoću oklopljenih sabirnica. HE Đale je vezana na elektroenergetsku mrežu preko

jednog dalekovoda 110 kV koji spaja HE Đale i TS Konjsko. Ostavljena je mogućnost priključka HE Đale na EES s još jednim 110 kV dalekovodom. Dok se to ne ostvari, 2003. godine opremljeno je rezervno vodno polje za priključak postojećeg dalekovoda na 110 kV mrežu.

Budući da HE Đale radi kao dio jedinstvenog sustava u sprezi s nizvodnom HE Zakućac, ukupan instalirani protok HE Đale odgovara instaliranom protoku nizvodne elektrane Zakućac. Šesnaest grednih zapornica veličine 6 x 2,6 m, složenih u četiri zatvarača od kojih svaki zatvara otvor 5,25 x 9,9 m, upotrebljavaju se kao revizijski predturbinski zatvarači. Manipuliranje zapornicama, koje su zavještene u posebnim spremištima, izvodi se portalnom dizalicom s čistilicom na kruni brane. Kao pomoćni zatvarači temeljnih ispusta koriste se dvije gredne zapornice istih veličina kao i na turbinskim ulazima.

Uzvodno od brane je akumulacijsko jezero s najvećim usporom na koti 292,00 m n. v. ukupnog obujma 3,70 x 10⁶ m³, od čega korisnog volumena 2,6 x 10⁶ m³. Donja voda HE Đale odgovara razini jezera Prančevići.

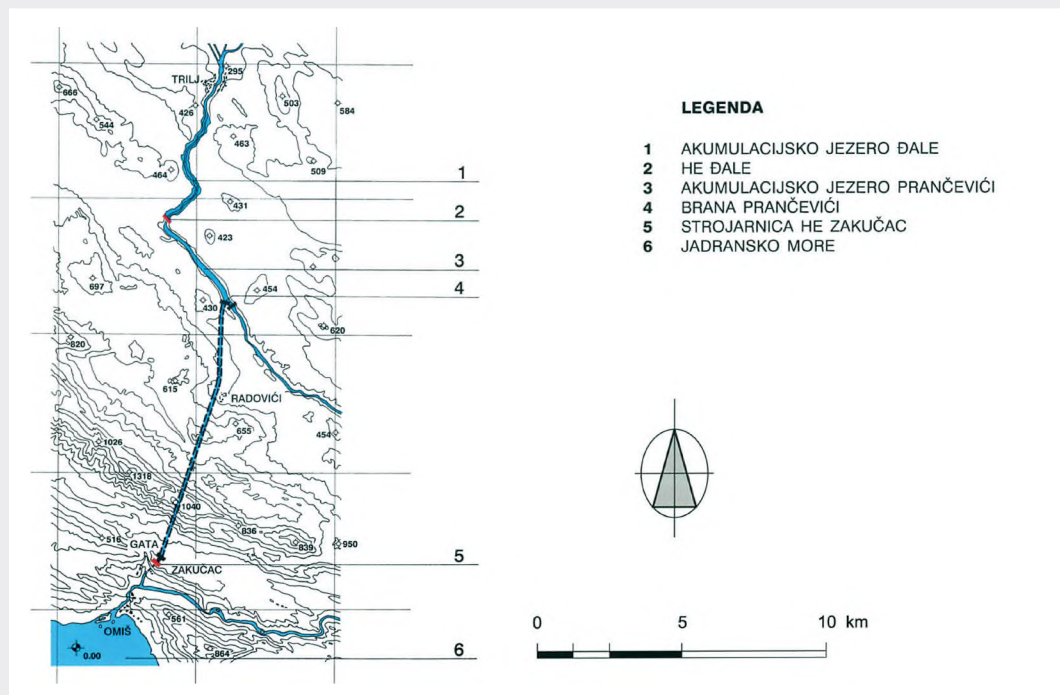
110 kV rasklopno postrojenje izvedeno je u trolnoj izoliranoj SF₆ izvedbi i smješteno u zatvorenoj prostoriji na desnom boku strojarnice, a veza generator - blok transformator izvedena je pomoću oklopljenih sabirnica.

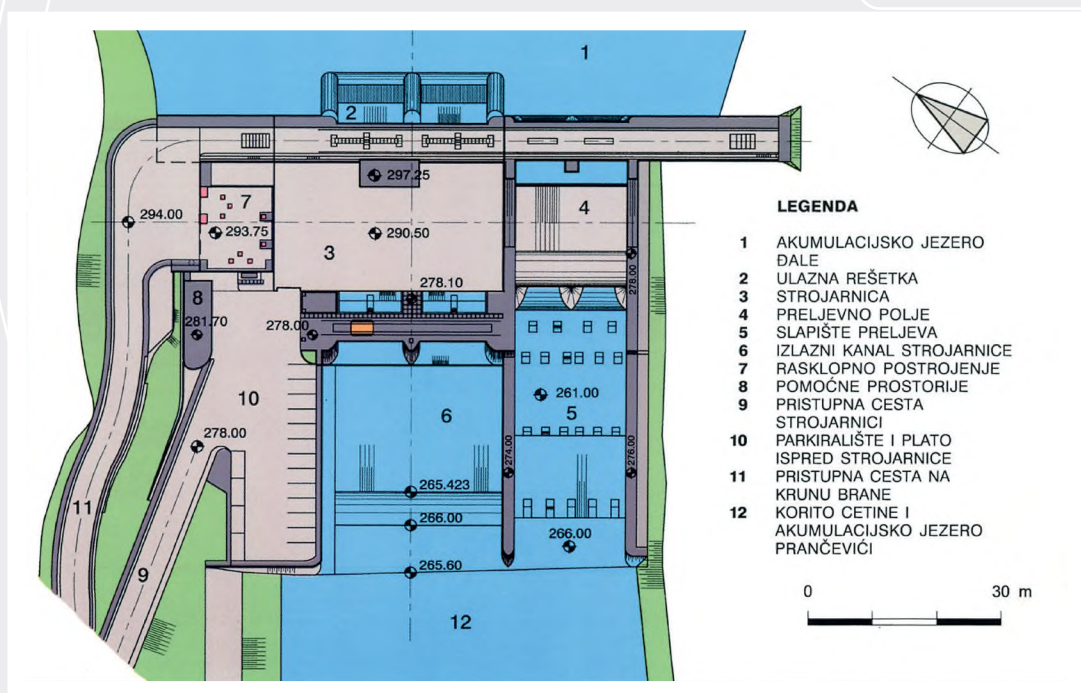
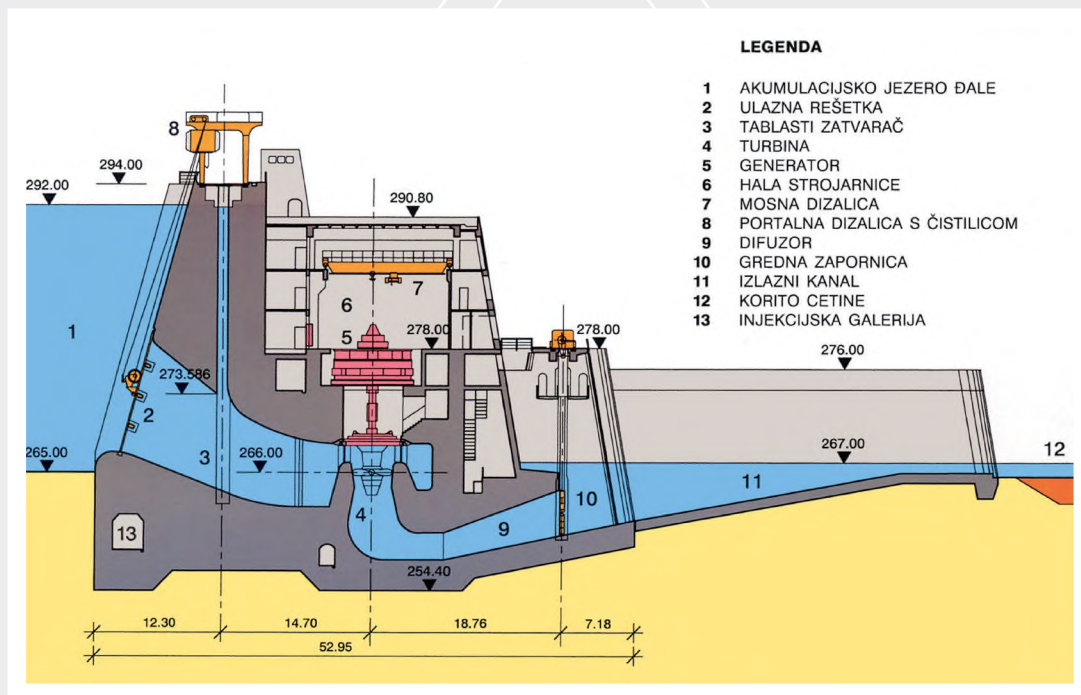
Tijekom 2014. i 2015. godine zamijenjeni su turbinski regulatori, hidrauličke upravljačke jedinice privodnog i radnog kola, senzori privodnog i radnog kola i senzori brzine vrtnje te sustavi uzbude oba generatora.

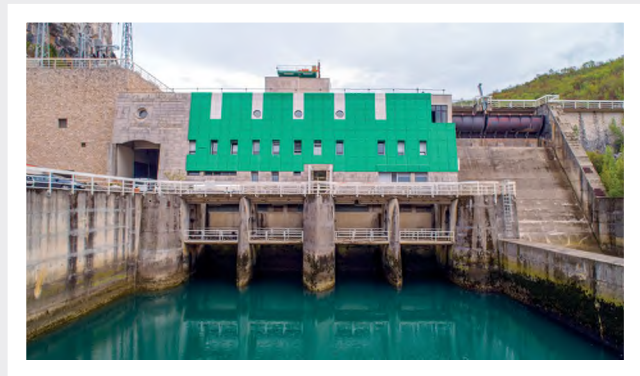
HE ĐALE

ENERGETSKI PODATCI	maksimalni bruto pad instalirani protok instalirana snaga prosječna godišnja proizvodnja	21 m $2 \times 110 \text{ m}^3/\text{s} = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ $2 \times 20,4 \text{ MW}$ 157 GWh
PODATCI O OPREMI		
turbine	tip komada instalirani protok konstruktivni pad snaga nazivni broj okretaja broj okretaja kod pobjega	Kaplan 2 $2 \times 110 \text{ m}^3/\text{s}$ 21 m 20,4 MW 166,6 okr/min 440 okr/min
generatori	nazivna snaga nazivni napon nazivna frekvencija nazivna struja nazivni koeficijent snage	24 MVA 10,5 kV 50 Hz 1320 A 0,85
projekt	ELEKROPROJEKT - Zagreb, Hrvatska - Nositelj projekta, koncepcija i hidrogradevinski dio projekta PROJEKTNI BIRO DALMACIJE - Split, Hrvatska - Elektrostrojarski dio projekta GEOEKSPERT - Zagreb, Hrvatska - Brtvljenje akumulacijskog jezera	
građenje	KONSTRUKTOR - Split, Hrvatska GEOTEHNIKA - Zagreb, Hrvatska	
oprema	KONČAR - Zagreb, Hrvatska LITOSTROJ - Ljubljana, Slovenija METALNA - Maribor, Slovenija	
Puštanje u pogon lipanj 1989. godine		



PREGLEDNA
SITUACIJA



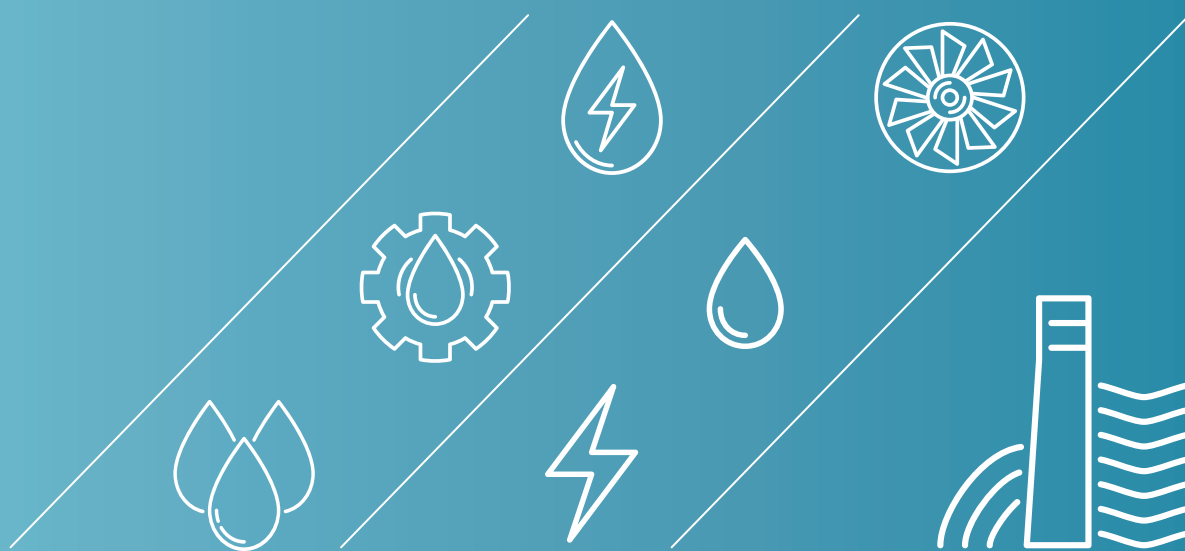






HIDROENERGETSKI SUSTAV
U SLIVU RIJEKE CETINE

HE ZAKUČAC



HE ZAKUČAC

Hidroelektrana Zakučac visokotlačno je derivacijsko postrojenje smješteno na ušću rijeke Cetine u more, kod grada Omiša. Prema snazi i proizvodnji HE Zakučac najveće je postrojenje hidroenergetskog sustava sliva rijeke Cetine na koje otpada oko 69 % ukupne godišnje proizvodnje.

Prva ideja o izgradnji hidroelektrane na mjestu današnje HE Zakučac datira iz 1902. godine, a autor je belgijski inženjer Macquet. On je od jedne belgijske financijske grupe, potaknute osnovnim projektom za korištenje prirodnog pada rijeke Cetine kod Zadvarja nazvanoga Velika i Mala Gubavica koji je 1897. godine izradilo poduzeće Schuckert & Co., dobio zadatak da detaljno ispita mogućnosti energetskog korištenja donjeg toka rijeke Cetine. U tu svrhu Macquet je razradio pet varijanti i kao najpovoljniju predvidio iskorištenje pada rijeke Cetine nizvodno od Trilja tunelom kroz Mosor do sela Zakučac na ušću Cetine u more. Međutim taj projekt je odbačen kao preskup, a usvojen je neracionalniji ali jeftiniji projekt ing. Deškovića koji je poslužio kao podloga za donošenje odluke o izgradnji HE Kraljevac.

Osnova rada HE Zakučac je korištenje voda sliva rijeke Cetine iz dvije daljinske akumulacije: Peruće i Buškog blata. Akumulacijsko jezero Peruća vrši sezonsko vodno izravnanje protoka dok akumulacijsko jezero Buško blato vrši potpuno godišnje izravnanje. S takve dvije akumulacije, HE Zakučac ima mogućnost vršnog rada u najvećem dijelu godine.

HE Zakučac je građena u dvije etape. U prvoj etapi izgradnje, koja je puštena u pogon 1961. godine, sagrađeni su brana Prančevići, dovodni tunel s vodnom komorom i tlačnim cjevovodima, te strojarnica u koju su ugrađene dvije proizvodne jedinice ukupne snage 216 MW. U drugoj etapi, koja je puštena u pogon 1980. godine, dograđeni su drugi tlačni tunel s vodnom komorom i tlačnim cjevovodima, te dvije proizvodne jedinice ukupne snage 270 MW.



HE ZAKUČAC

ENERGETSKI PODATCI	najveći bruto pad	274,50 m
	prosječna godišnja proizvodnja	1445 GWh
	energetska vrijednost bazena	1,883 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	vertikalni Francis
	komada	4
	konstruktivni pad turbina	250,40 m
	snaga turbina	2x150 MW + 2x149 MW
	instalirani protok turbina	4x60 m ³ /s = 240 m ³ /s
generatori	tip	trofazni sinkroni
	komada	4
	snaga	4x160 MVA = 640 MVA
	srednji energetska ekvivalent	0,6227 kWh/m ³
	faktor snage	0,9
	broj okretaja agregata	333,3 okr/min

PODATCI O OPREMI MHE PRANČEVIĆI

ENERGETSKI PODATCI	najveći bruto pad	24,10 m
	prosječna godišnja proizvodnja	9 GWh
	energetska vrijednost bazena	0,004 GWh
turbina	tip	horizontalni Francis
	komada	1
	konstruktivni pad turbine	21,5 m
	snaga turbine	1,15 MW
	protok	6 m ³ /s
generator	tip	trofazni sinkroni
	komada	1
	snaga	1,6 MVA
	srednji energetska ekvivalent	0,0532 kWh/m ³
	faktor snage	0,8
	broj okretaja agregata	428 okr/min



Izgradnjom druge etape HE Zakućac praktički su prestali preljevi na brani Prančevići, a nizvodna hidroelektrana Kraljevac od tog vremena za proizvodnju koristi vode biološkog minimuma koje se puštaju nizvodno.

Zahvat vode za HE Zakućac smješten je u kanjonu rijeke Cetine u njezinom donjem toku. Betonskom gravitacijskom branom Prančevići visine 35 m formirano je akumulacijsko jezero Prančevići dužine oko 5 km, s ukupnom zapremninom $6,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, koje počinje neposredno nizvodno od hidroelektrane Đale. Za evakuaciju velikih voda na brani ugrađene su dvije preljevne zaklopke dužine 20 m i visine 3 m, s elektromotorom i rezervnim ručnim pogonom. Također su ugrađena dva temeljna ispusta $6 \times 4 \text{ m}$ sa segmentnim zatvaračima na hidraulični pogon. Za slučaj revizije ili popravka glavnog zatvarača postavljene su s nizvodne strane željezne gredne zapornice, a s uzvodne strane tablasti zatvarač. Ukupni kapacitet evakuacijskih objekata je $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ što je 1,5 puta više od protoka stogodišnjeg povratnog razdoblja.

Na desnoj obali Cetine, neposredno uz branu, izgrađen je ulazni uređaj u dva dovodna tunela, na međusobnom razmaku od 45 m. Desni tunel, koji je u pogonu od 1961. godine, dug je 9876 m, promjer mu je 6,1 m, a propusna moć $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Lijevi, koji je u pogonu je od 1979. godine, dug je 9894 m, promjer mu je 6,5 m, a propusna moć $120 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na kraju dovodnih tunela smješten je sustav vodnih komora. Svaki tunel ima vertikalno okno promjera 6 m i visine 35 m kojim se ostvaruje spoj s otvorenim bazenom Gate. Bazen Gata služi kao gornja ekspanzijska komora. Nizvodno od prvih okana, na udaljenosti od oko 230 m, smješteno

je zajedničko okno vodne komore, preko kojeg su oba tunela međusobno spojena. Pri dnu okna smještena je donja komora dužine 80 m i promjera 6 m.

Nizvodno od okna druge vodne komore, na udaljenosti od 38 m, smještena je zasunska komora veličine $9 \times 16 \times 62,5 \text{ m}$ do koje vodi pristupni tunel duljine 293 m. Iz svakog tunela izlaze pa dva tlačna cjevovoda koji ulaze u zasunsku komoru, gdje je na svakoj cijevi ugrađen sigurnosni leptirasti zatvarač i zračni ventil.

Odmah iza leptirastih zatvarača tlačni cjevovodi se vertikalno spuštaju prema strojarnici savladavajući visinsku razliku od 213,4 m. Dužina svakog tlačnog cjevovoda je 279,30 m, promjer 3,5 - 3,3 m, a međusobni razmak 15 m.

Strojarnica i prostor za transformatore smješteni su u jedinstvenoj podzemnoj kaverni. Do strojarnice vodi pristupni tunel dužine 330 m. U strojarnici su ugrađene četiri proizvodne jedinice.

Turbine tipa Francis, snage 110,5 MW svaka, instaliranog protoka $50 \text{ m}^3/\text{s}$ uz konstruktivni pad turbine 250,4 m, montirane su u prvoj etapi, dok su u drugoj etapi ugrađeni strojevi veće snage. Turbine su istog tipa, ali s većim instaliranim protokom i snagom: $60 \text{ m}^3/\text{s}$ 1138,3 MW, pri konstruktivnom padu turbine 250,4 m. Na difuzore turbina nastavlja se odvodni tunel koji prelazi u odvodni kanal koji se spaja sa koritom Cetine.

REKONSTRUKCIJA HE ZAKUĆAC

Zbog dotrajalosti postojeće opreme i mogućim povećanjem instalirane snage novim suvremenim tehnološkim rješenjima pristupilo se rekonstrukciji HE Zakućac. Rekonstrukcijom (zamjenom i obnovom) HE Zakućac od 2012. do 2017. ostvarena je zamjena svih proizvodnih

jedinica u strojarnici i pomoćnih pogona elektrane. Novi generatori su snage 144 MW (160 MVA) dok su turbine agregata tipa FRANCIS, nazivne snage po 145,5 MW nazivnog protoka 60 m³/s. Instalirana nazivna snaga turbina A i B podignuta je s 110,5 MW na 150,0 MW, a instalirana nazivna snaga turbina C i D podignuta je s 138,3 MW na 149 MW.

Rekonstrukcija HE Zakućac izvedena je u četiri etape. U svakoj etapi zamijenjen je po jedan glavni agregat s pripadajućim sustavima, dok su se ostali agregati nalazili pogonu. Na difuzore turbina nastavlja se odvodni tunel, koji prelazi u odvodni kanal koji se spaja s koritom Cetine.

Proizvodne jedinice su preko trofaznih blok transformatora i visokonaponskih kabela 110 kV i 220 kV povezane s rasklopnim postrojenjima 110 kV i 220 kV koja su smještena na vanjskom platou. Na vanjskom platou smještena je i zgrada komande te rasklopno postrojenje 35 kV za vezu s vanjskom mrežom. Instalirana snaga elektrane iznosi 576 MW.

IZGRADNJA MHE PRANČEVIĆI

U cilju iskorištavanja energetskog potencijala voda biološkog minimuma koje se trajno ispuštaju u korito rijeke Cetine pristupilo se izgradnji novog postrojenja te je izgrađena MHE Prančevići.

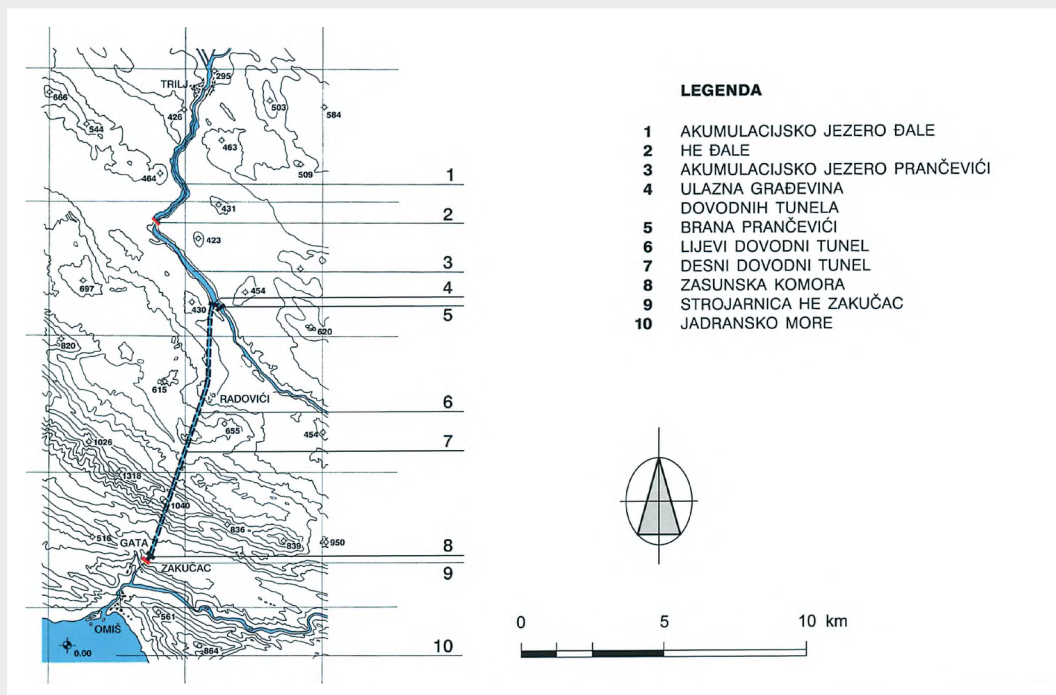
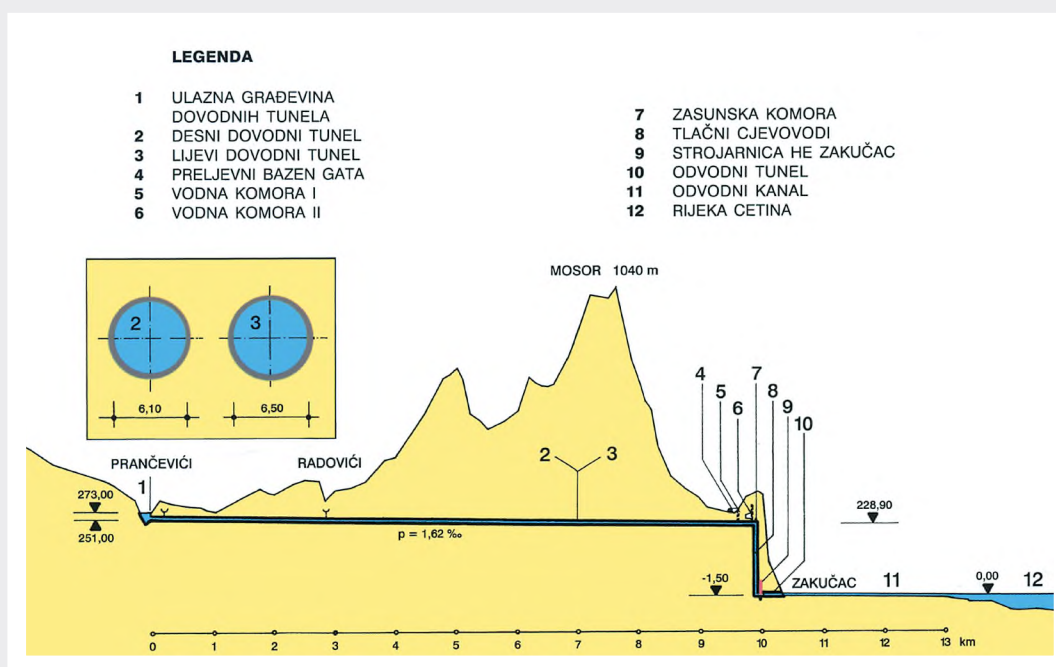
Izgradnja male hidroelektrane Prančevići temeljila se na iskorištenju hidropotencijala biološkog minimuma koji se u skladu s vodoprivrednim uvjetima HE Zakućac konstantno ispušta iz akumulacijskog bazena Prančevići u prirodno korito rijeke Cetine.

MHE Prančevići je derivacijsko postrojenje na rijeci Cetini, instalirane snage 1,2 MW i moguće godišnje proizvodnje od cca 9 GWh.

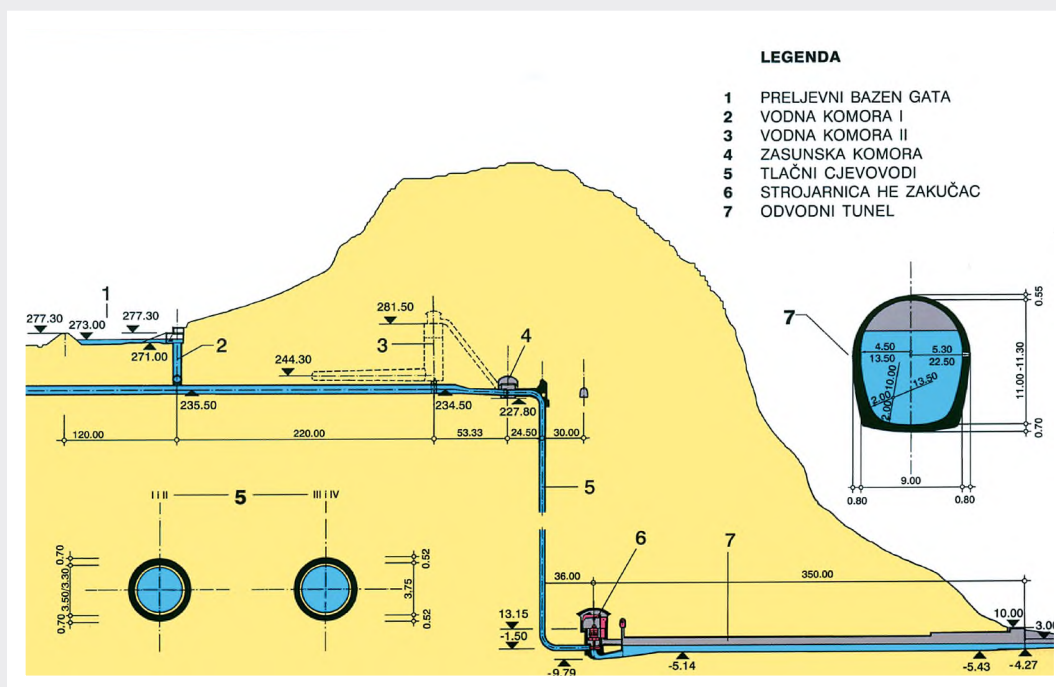


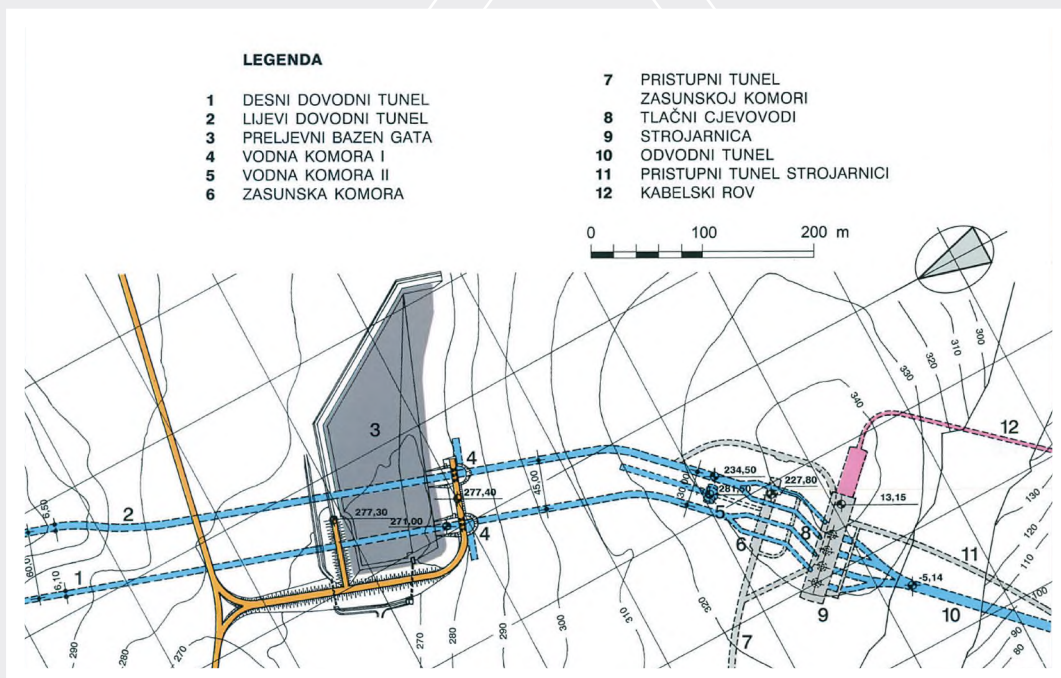
Osnovna koncepcija tehničkog rješenja temelji se na radu male hidroelektrane na desnoj obali sa zahvatom iz postojeće akumulacije, tlačnim cjevovodom i strojarnicom lociranom cca 90 m od brane Prančevići.

Zahvat vode za MHE Prančevići izrađen je uz ulaznu građevinu lijevog dovodnog tunela HE Zakućac. U tu svrhu je izvršen proboj betonske brane u koju ugrađena čelična cijev svijetlog promjera 1,60 m. Nakon izgradnje MHE Prančevići zadržani su svi postojeći uređaji za ispuštanje vode na brani Prančevići, koji se mogu koristiti za ispuštanje biološkog minimuma za vrijeme remonta ili kvara MHE Prančevići, odnosno kao rezerva za ispunjenje eventualnih dodatnih zahtjeva za ispuštanje vode iz akumulacije Prančevići.

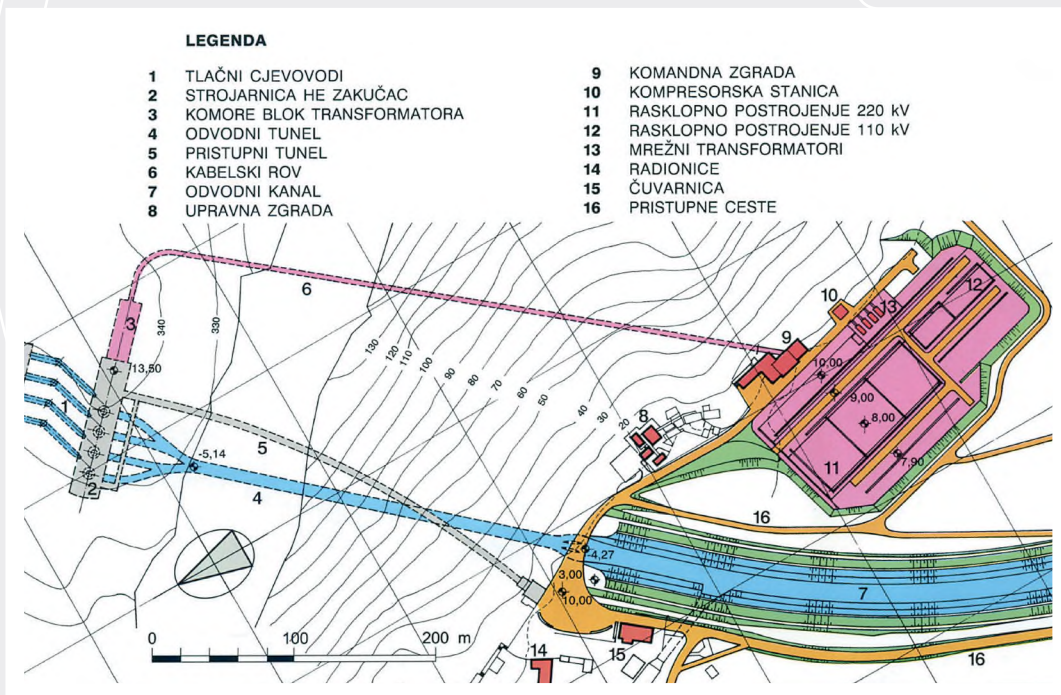
PREGLEDNA
SITUACIJAUZDUŽNI PROFIL
POSTROJENJA
HE ZAKUĆAC

UZDUZNI
PRESJEK VODNE
I ZASUNSKE
KOMORE I ČVORA
STROJARNICE

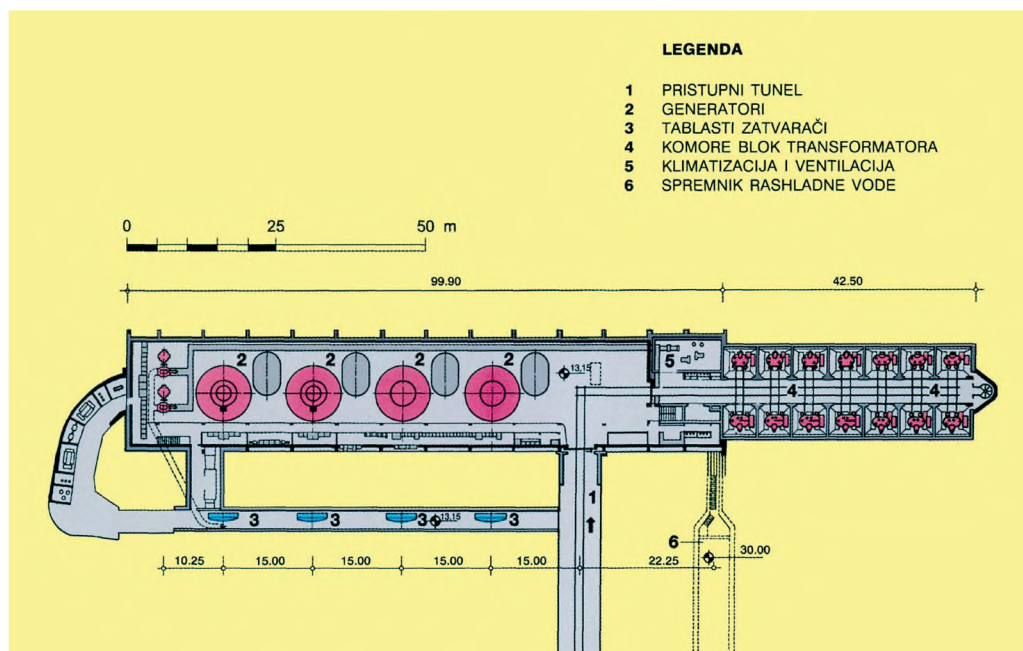
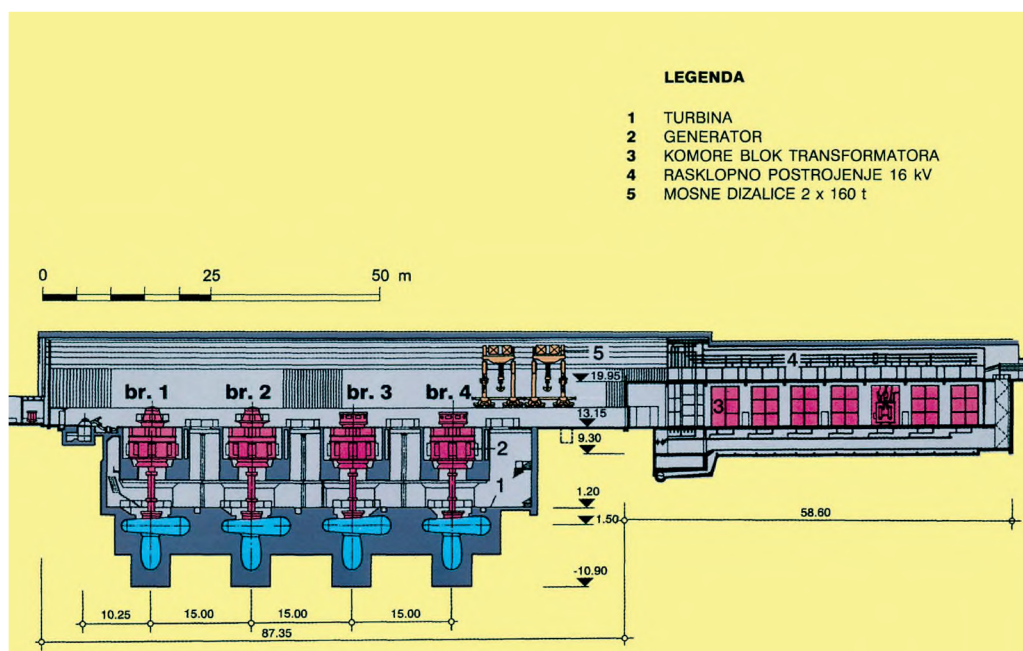


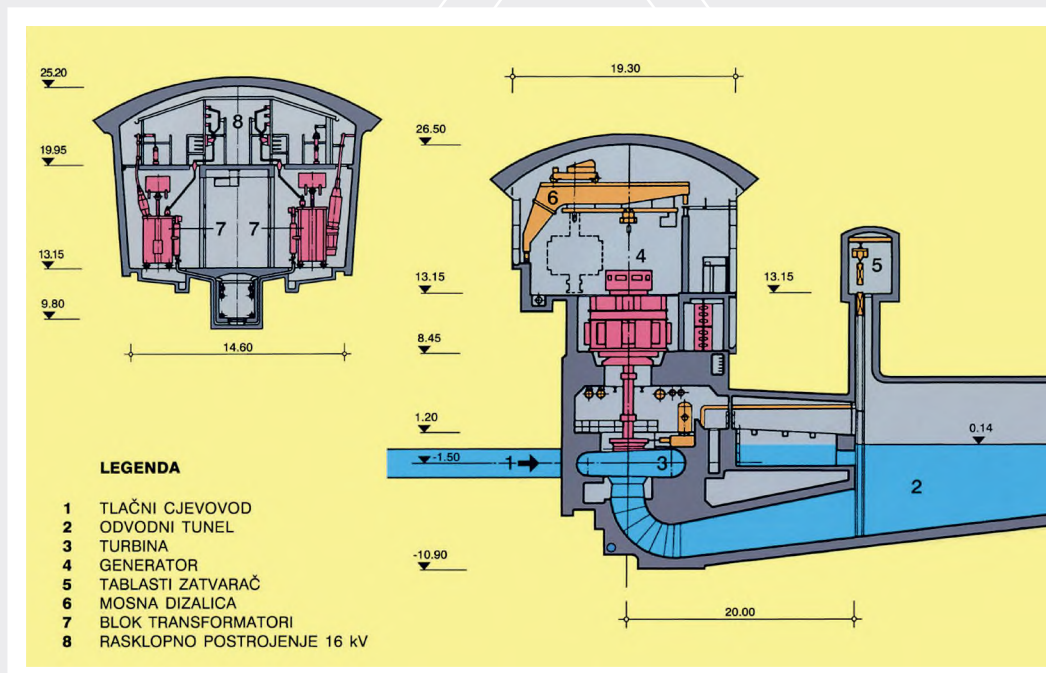


ČVOR VODNE
I ZASUNSKE
KOMORE



SITUACIJA
OBJEKATA ČVORA
STROJARNICE

TLOCRT
STROJARNICEUZDUŽNI PRESJEK
STROJARNICE



POPREČNI PRE-
SJEK STROJARNICE
I TRANSFORMA-
TORSKE KOMORE



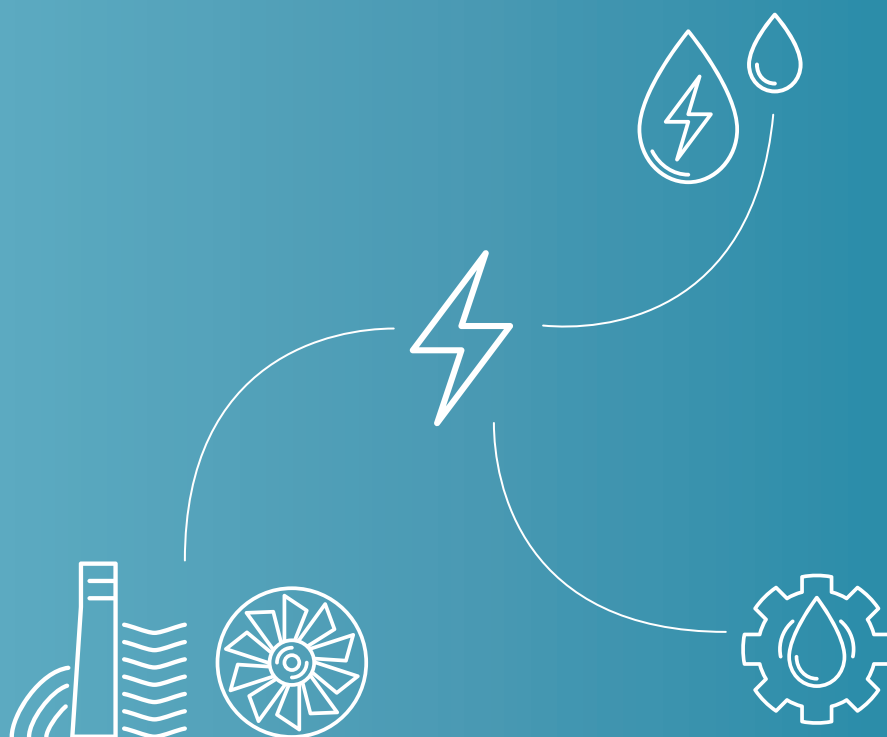






HIDROENERGETSKI SUSTAV
U SLIVU RIJEKE CETINE

HE KRALJEVAC



HE KRALJEVAC

Krajem 19. stoljeća započela su razmatranja o mogućnosti iskorištavanja energetskog potencijala rijeke Cetine, a tadašnje su austrougarske vlasti odobrile talijanskom društvu Sufid koncesiju za iskorištavanje pada na području slapova Velike i Male Gubavice.

Godine 1907. počela je izgradnja prve etape hidroelektrane Kraljevac koja je trajala do 1912. godine kad je elektrana puštena u pogon. Ova elektrana s izgrađenom branom na Cetini i derivacijom koristi bruto pad od 110 m uz instalirani protok od 30 m³/s, a bila su ugrađena dva agregata, instalirane snage 12,8 MW svaki, tako da je ukupna instalirana snaga elektrane u to vrijeme iznosila 25,6 MW.

Godine 1932. izgrađena je druga faza HE Kraljevac. Tada su ugrađena još dva agregata instalirane snage 20,8 MW svaki. Uz instalirani protok od 80 m³/s HE Kraljevac je u to vrijeme bila najveća hidroelektrana na Balkanu.

U prvim godinama rada elektrana je bila isključivo povezana s tvornicom karbida u Dugom ratu, da bi 1924. godine bila povezana s Omišem, a 1926. godine sa Splitom.

HE Kraljevac izgrađena je na rijeci Cetini 21 km od ušća u more. U guduri koja je široka 25 m i visoka 70 m, kod Zadvarja, izrađena je brana kojom se usporava Cetina. U blizini brane izgrađen je tunel dužine 180 m i poprečnog presjeka 48 m², koji je za vrijeme građenja služio kao obilazni tunel, a kasnije u pogonu kao temeljni ispust s pet tablastih zatvarača za regulaciju visokih voda.

Brana je od temelja do krune visoka 18 m, a iznad dna rijeke 12,5 m. Širina temelja iznosi 18,2 m, a krune 3,4 m. Sagrađena je okomito na smjer toka Cetine i duga je 25 m. Njezin obujam iznosi oko 5000 m³ betona. Na branu, koja leži na koti 164.00 m n. v.

priključen je ulaz u dovodni tunel.

Kanal je otvorenog tipa, dužine 244 m s padom od 1 ‰ i potpuno usječen u klisuru na lijevoj obali. Zid koji dijeli kanal od gudure ujedno po cijeloj svojoj dužini služi kao preljev. Dovodni kanal ulazi u dovodni tunel, a dovodni tunel završava vodnom komorom.

Dovodni tunel je dužine 1265 m i ima pad od 1 ‰. Širina dna tunela je 5,5 m, a visina 5,5 m. Površina poprečnog presjeka tunela iznosi 24,4 m². Izlaz dovodno tunela u vodnu komoru je na koti 158.00 m n. v. Kod izlaza u vodnu komoru tunel se dijeli na dva kraka.

Vodna komora izgrađena je na visokoj litici otprilike 100 m iznad doline. Njene dimenzije su relativno male, a uvjetovane su lokalnim odnosima. Volumen vodne komore je 4500 m³, a vodom prekrivena površina 1000 m². Zid vodne komore prema rijeci izveden je kao preljev dužine 38 m, preko kojeg se može prelijevati 80 m³/s.

Brana, dovodni kanal, dovodni tunel, vodna komora i odvodni kanal već su u prvoj etapi izgradnje bili dimenzionirani i izgrađeni za drugu etapu izgradnje tijekom koje su bila dva tlačna cjevovoda, proširena strojarnica i ugrađene dvije proizvodne jedinice.

Četiri paralelna čelična cjevovoda dovode vodu od vodne komore do turbina u strojarnici koja je smještena na potoku Kraljevac. Cjevovodi leže na betonskim sedlima s čeličnim pločama po kojima je omogućeno klizanje. Tri stalne armirano betonske točke učvršćuju cjevovode. Pred strojarnicom,

HE KRALJEVAC

ENERGETSKI	najveći bruto pad	110 m
PODATCI	prosječna godišnja proizvodnja	55 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	tip	horizontalni Francis
	komada	3
	konstruktivni pad turbina	108,90 m
	instalirani protok turbina	$2 \times 25 \text{ m}^3/\text{s} + 1 \times 5 \text{ m}^3/\text{s} = 55 \text{ m}^3/\text{s}$
generatori	tip	trofazni sinkroni
	komada	3
	snaga	$2 \times 26 \text{ MVA} + 5,3 \text{ MVA} = 57,3 \text{ MVA}$
	faktor snage	$G_1 \text{ i } G_2 = 0,8; G_3 = 0,9$
	broj okretaja agregata	$G_1 \text{ i } G_2 = 375 \text{ okr/min}; G_3 = 1000 \text{ okr/min}$
Godina puštanja u pogon	Početak izgradnje I. etape 1907. godine	
	Završetak izgradnje I. etape 1912. godine	
	Početak izgradnje II. etape 1929. godine	
	Završetak izgradnje II. etape 1932. godine	

koja je smještena koso u odnosu na cjevovode, svaki cjevovod dijeli se u dva kraka koji dovode vodu na dvije turbine svake proizvodne jedinice.

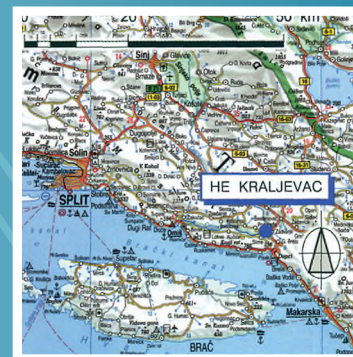
U strojarnici su postavljena četiri agregata horizontalne izvedbe. Svaki generator ima dvije spiralne Francis turbine. U strojarnici su smješteni agregati A, B i C (ABM), blok transformatori, kućni transformatori te upravljačnica elektrane.

Odvodni kanal je dužine 400 m i ima pad od 1 ‰. Kanal je pravokutnog presjeka, širine dna 11 m i 3,6 m visine.

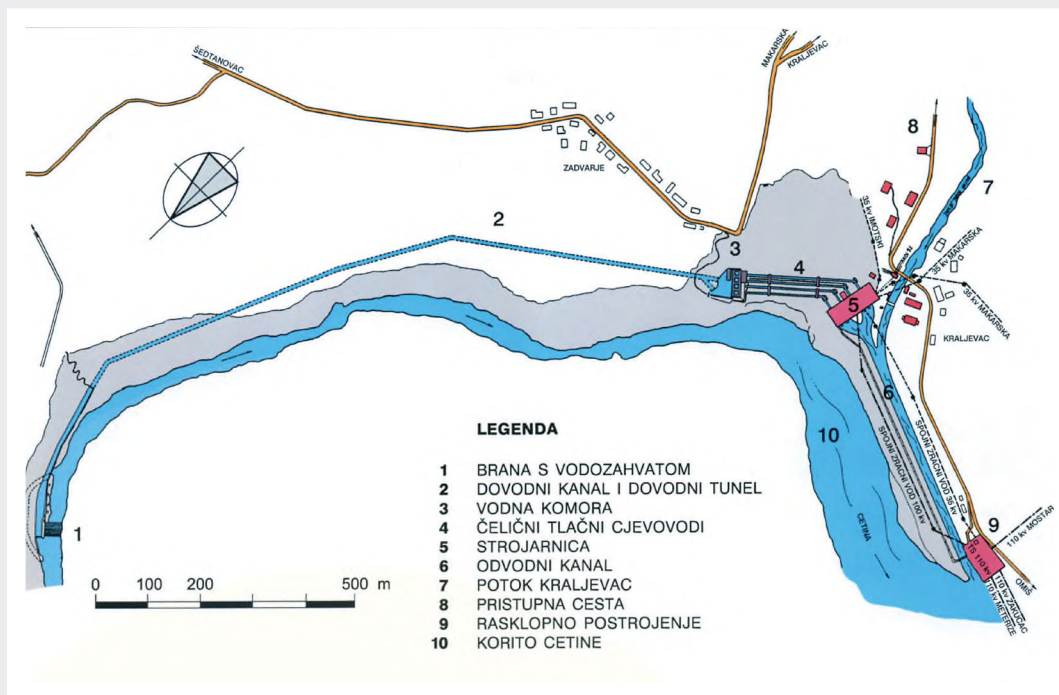
Nakon puštanja u pogon druge etape HE Zakućac 1980. godine,

HE Kraljevac potpuno je izgubila raniji značaj. Zahvatom na brani Prančevići uzvodno od HE Kraljevac, vode Cetine skrenute su prema turbinama HE Zakućac gdje se koriste na padu od 270 m.

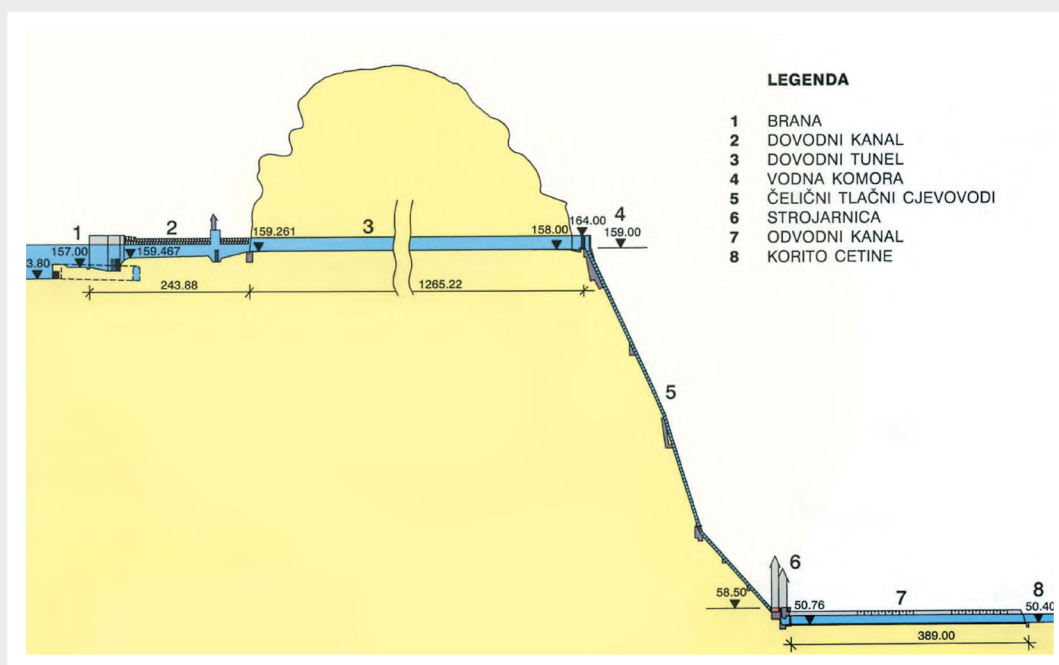
Danas HE Kraljevac za proizvodnju energije koristi samo vode biološkog minimuma koje se ispuštaju na uzvodnoj brani Prančevići i vode koje se preko nje preliju. Zbog bolje iskoristivosti energetskog potencijala voda biološkog-minimuma 1990.g. na mjesto agregata 4. ugrađen je i pušten u rad agregat biološkog minimuma – ABM instalirane snage 4,8 MW.

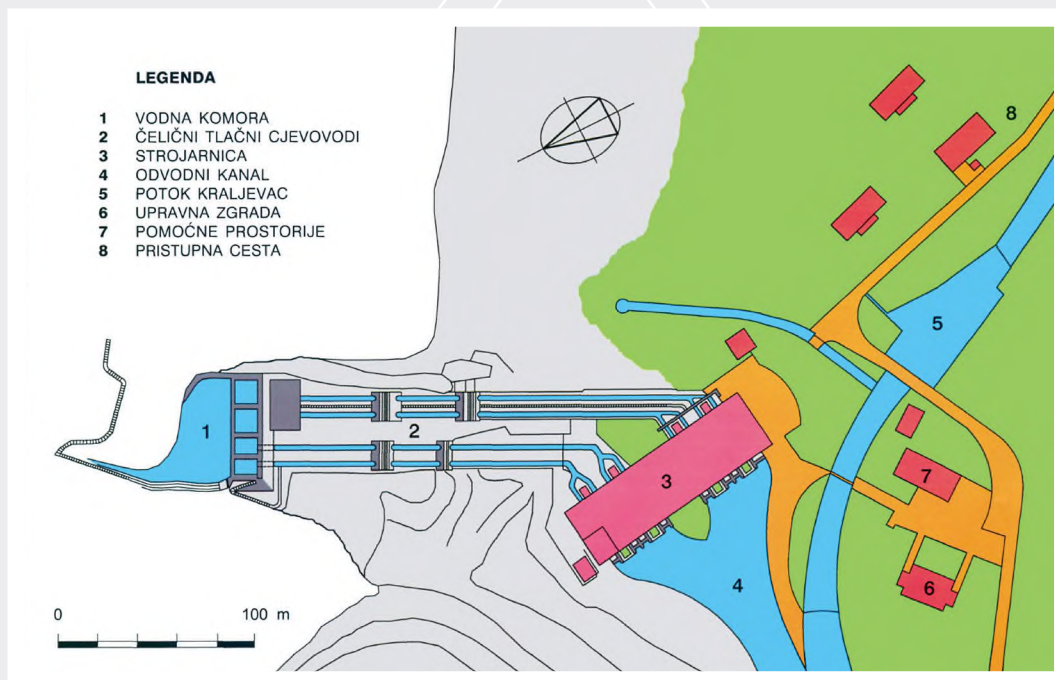
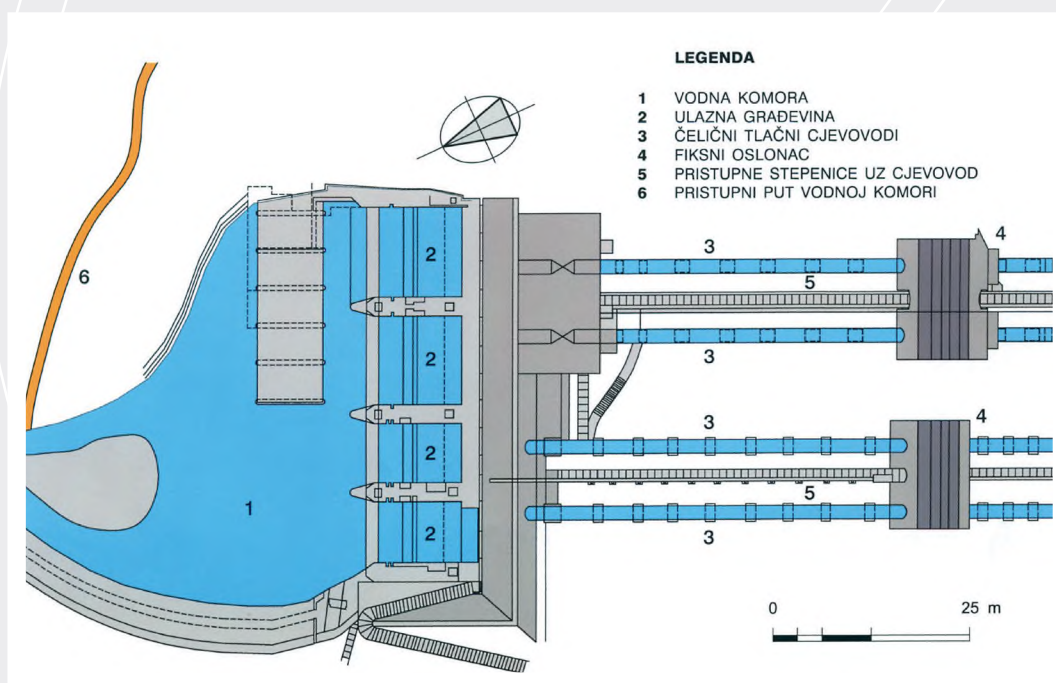


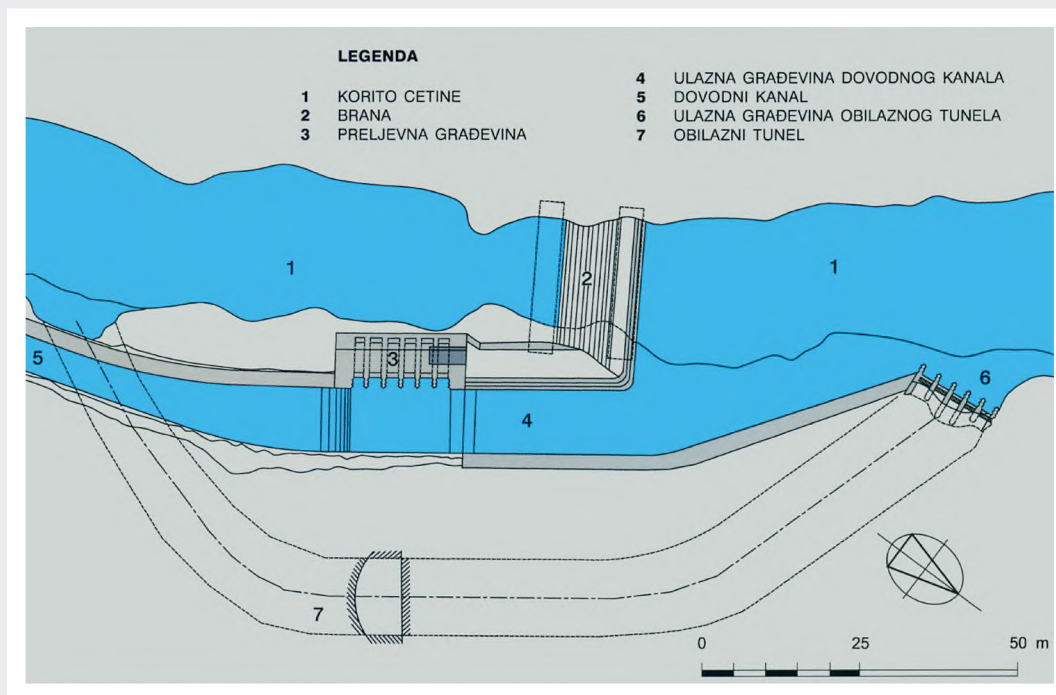
PREGLEDNA
SITUACIJA
POSTROJENJA

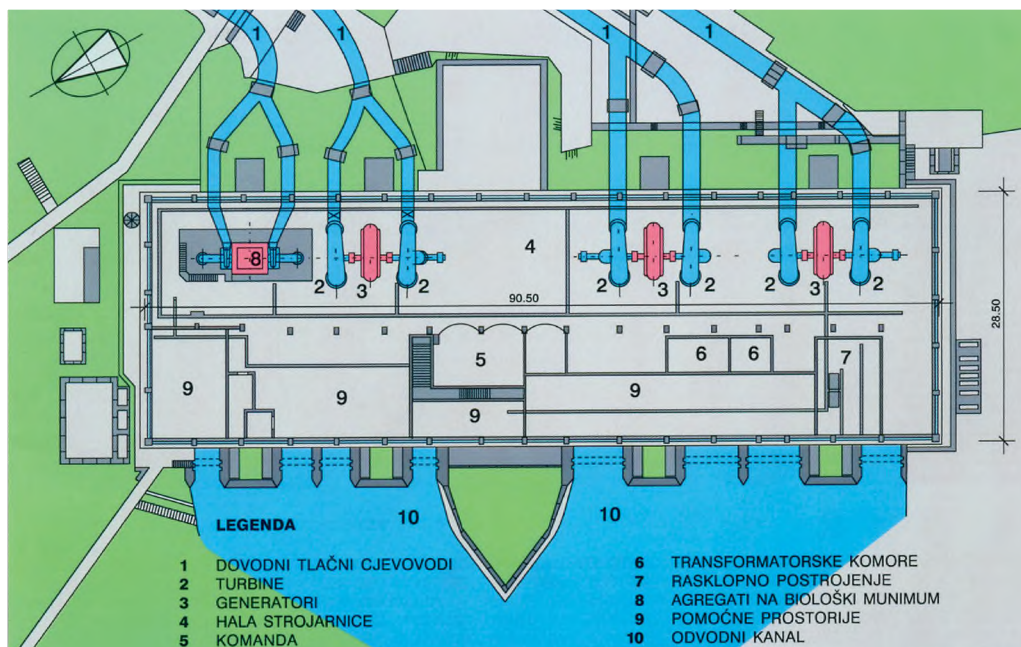
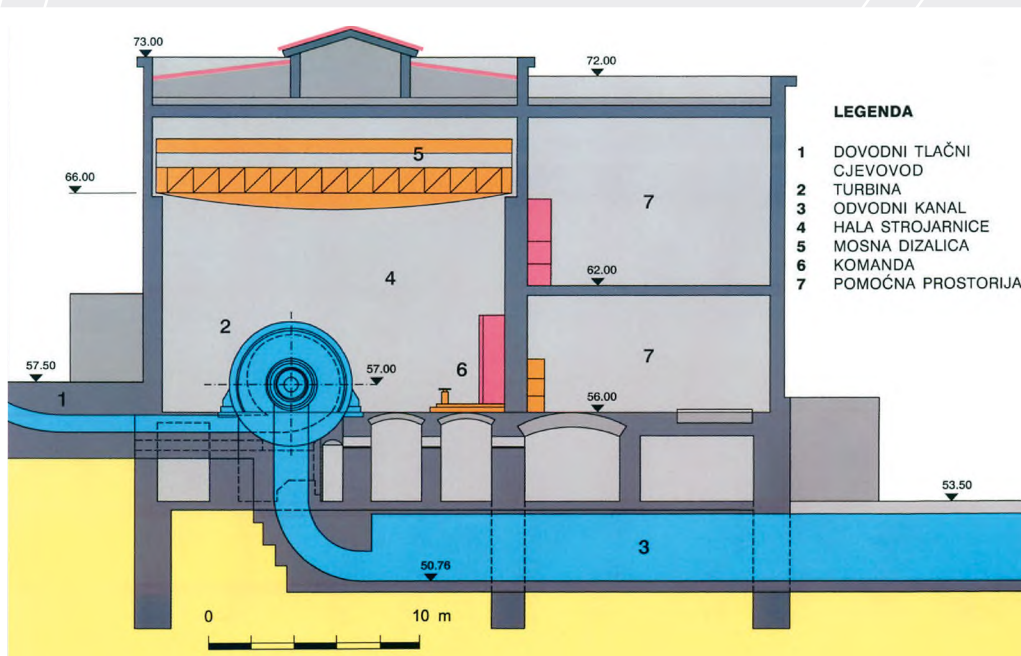


UZDUŽNI PROFIL
POSTROJENJA

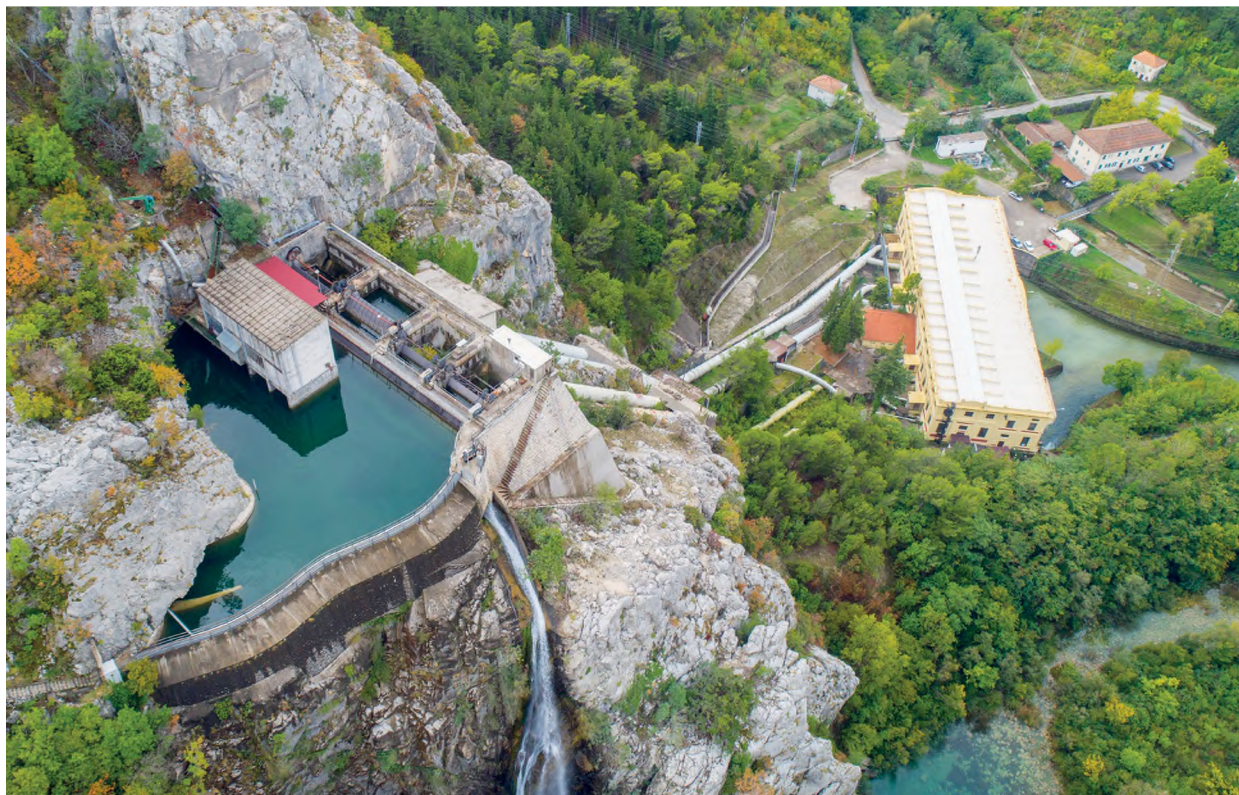


OBJEKTI ČVORA
STROJARNICEVODNA
KOMORA,
ULAZNA
GRAĐEVINA
I TLAČNI
CJEVOVOD

BRANA I ULAZ U
DOVODNI KANAL

TLOCRT
STROJARNICEPOPREČNI
PRESJEK
STROJARNICE







HIDROELEKTRANE
SLIVA RIJEKE

TREBIŠNJICE

HE Dubrovnik 293

HE Zavrelje 303

HIDROELEKTRANE SLIVA RIJEKE TREBIŠNJICE

Hidroelektrane sliva rijeke Trebišnjice nalaze se u dvije države, Republici Hrvatskoj i u Bosni i Hercegovini, a HE Dubrovnik je posljednja stepenica tog hidroenergetskog sustava.

Sliv Trebišnjice vrlo je bogat vodom i obuhvaća krško područje površine oko 1630 km² u istočnoj Hercegovini u BiH. Prosječne godišnje padaline iznose oko 1780 mm. Karakteristično za to područje je razdoblje od jeseni do proljeća koje je vrlo bogato vodom i ljetno razdoblje s oskudicom vode, kada suša može potrajati i do devedeset dana.

U svom prirodnom stanju, prije nego što su izgrađene elektrane, rijeka Trebišnjica je bila ponornica koja je izvirala kod Bileće u BiH na 330 m n. v., tekla prema jugu do Lastve odakle skreće na zapad prema Trebinju (272 m n. v.), odnosno Popovom polju (220 m n. v.), gdje se gubi u ponorima otječući dalje podzemnim putevima u Jadransko more u RH i na vrela u donjem toku Neretve, djelomično u BiH i djelomično u RH. Dužina površinskog toka ovisila je o godišnjem dobu, odnosno količini vode, a kretala se od 35 do 90 km. U ljetnim razdobljima tok rijeke je išao samo do Trebinja iza kojega se gubio u ponorima. U zimsko proljetnim razdobljima pri velikim padalinama, kada ponori ne mogu primiti sve količine vode, njen se tok produžavao do Popovog polja gdje je izazivao poplave. Te poplave su trajale i po nekoliko mjeseci stvarajući jezero obujma i do milijarde m³.

Središnji godišnji protok Trebišnjice iznosi 93,4 m³/s. Minimalni zabilježeni protok iznosi oko 3,0 m³/s, a maksimalni oko 900 m³/s. Rijeka Trebišnjica ima samo dvije pritoke s formiranim koritom, Čepelicu i

Sušicu koje su izrazito bujičnog karaktera.

Hidroenergetski sustav rijeke Trebišnjice je višenamjenski. Usvojena vodoprivredna osnova područja istočne Hercegovine u BiH i regije Dubrovnik u RH ukazala je da se vode Trebišnjice najbolje mogu iskoristiti ako se sveobuhvatno rješavaju zahtjevi poljoprivrede i energetike. Pri tome se nije ograničavalo samo na vode neposrednog sliva rijeke Trebišnjice, već su obuhvaćene i vode susjednih manjih slivova koje bi se prevođenjem u Trebišnjicu mogle energetski mnogo bolje iskoristiti. Planirana je izgradnja sedam hidroelektrana s pet akumulacija ukupno korisnog volumena 1320 mil. m³, ukupne instalirane snage 1060 MW i prosječne godišnje proizvodnje 4100 GWh. Također izgradnjom brana i akumulacija predviđeno je štititi plodne površine od poplava i omogućiti njihovo navodnjavanje za vrijeme sušnih razdoblja.

U prvoj fazi izgradnje hidroenergetskog sustava Trebišnjica izgrađene su HE Dubrovnik (u pogonu od 1965. godine) i HE Trebinje I (u pogonu od 1967. godine). Kasnije su izgrađene HE Trebinje II i PHE Čapljina.

Izgradnjom lučne brane Grančarevo koja je dvostruke zakrivljenosti s perimetralnom reškom visine 123 m i dužne po kruni 439 m, dobiveno je akumulacijsko jezero Bileća korisnog obujma od 1100 mil. m³ vode i s



koncentracijom pada od 100 m. Nizvodno uz branu izgrađena je strojarnica HE Trebinje I s tri agregata, svaki po 54 MW snage i ukupnom proizvodnjom od 500 GWh. Brana Gorica je gravitacijska betonska pregrada, visine 35 m i dužine po kruni 185 m, a stvara akumulaciju korisnog obujma 9 mil. m³ koja se nalazi nizvodno od brane Grančarevo. Iz akumulacije Gorica voda se dovodi dovodnim tunelom do vodne komore zatim tlačnim cjevovodom do strojarnice HE Dubrovnik koja je smještena uz samu morsku obalu. HE Dubrovnik ima instaliranu snagu od 252 MW, instalirani protok $2 \times 52,5 \text{ m}^3/\text{s}$ i srednju godišnju proizvodnju 1566 GWh.

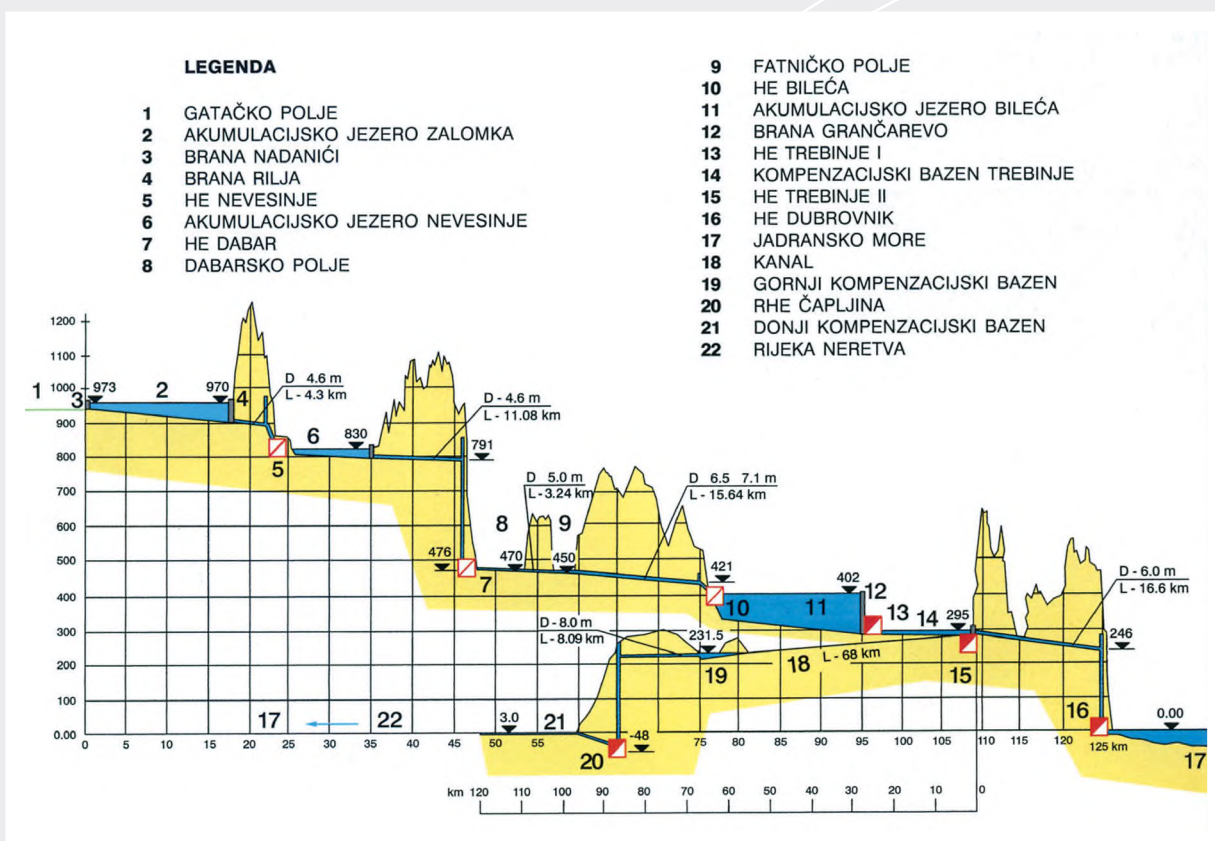
Proizvodnja električne energije cijelog hidrosustava Trebišnjica može, s obzirom na veličinu akumulacija koje imaju energetska vrijednost oko 1500 GWh, biti tokom godine potpuno konstantna. HE Dubrovnik i HE Trebinje I čine osnovu hidroenergetskog sustava Trebišnjica.

Osim toga izgradnjom brana Grančarevo i Gorica omogućuje se zaštita od poplava oko 5500 ha i ujedno navodnjavanje 12000 ha obližnjih krških polja što predstavlja značajan poljoprivredni potencijal. S obzirom na blagu mediteransku klimu, a uz navodnjavanje na ovim poljima može se organizirati intenzivna poljoprivredna proizvodnja.

Također, izgradnjom prve faze višenamjenskog hidroenergetskog sustava Trebišnjica osigurana je opskrba pitkom vodom Herceg Novog u Crnoj Gori te obližnjih naselja. Pitka voda se dovodi iz dovodnog tunela HE Dubrovnik cjevovodom dužine 22 km preko teritorija Republike Hrvatske do Herceg Novog.

Voda iz dijela sliva rijeke Trebišnjice koja podzemnim putem dolaze do mora koriste se u HE Zavrelje koja se nalazi u Župi Dubrovačkoj u Republici Hrvatskoj.





UZDUŽNI PROFIL OBJEKATA HIDROSISTEMA
SLIVA RIJEKE TREBIŠNJICE



HIDROELEKTRANE SLIVA
RIJEKE TREBIŠNJICE

HE DUBROVNIK



HE DUBROVNIK

Hidroelektrana Dubrovnik je visokotlačno derivacijsko postrojenje, izgrađeno i pušteno u pogon 1965. godine. HE Dubrovnik je najniža stepenica hidroenergetskog sustava Trebišnjice, koji se nalazi u dvije države, Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini.

HE Dubrovnik koristi vodu rijeke Trebišnjice iz akumulacijskog jezera Bileća, nastalo izgradnjom brane Grančarevo. Zahvat vode za HE Dubrovnik ostvaren je izgradnjom brane Gorica, koja stvara kompenzacijski bazen. Brana Gorica nalazi se nizvodno od HE Trebinje, tako da je donja voda HE Trebinje ustvari gornja voda HE Dubrovnik. Izgradnja hidroelektrane je planirana u dvije faze: u svakoj fazi se ugrađuju dvije proizvodne jedinice sa zasebnim dovodnim tunelom i tlačnim cjevovodom. Do sada je izgrađena samo prva faza u kojoj su ugrađene dvije proizvodne jedinice (A i B) te neki objekti druge faze.

Privod vode do elektrane ostvaren je sustavom kojeg čine:

- akumulacijsko jezero Bileća korisnog volumena 1.100 mil. m³
- brana Grančarevo uz koju se nalazi HE Trebinje
- kompenzacijski bazen ostvaren izgradnjom brane Gorica korisnog volumena 9 mil. m³
- betonska gravitacijska brana Gorica visine 33,5 m, (15,6 mil. m³), s dva prelivna polja i segmentni zatvarač kapaciteta (412 m³/s), dva temeljna ispusta dimenzije 6,0×4,0 m te pomoćni i glavni zatvarač kapaciteta (800 m³/s)
- dovodni tunel promjera 6,0 m i protoka 105 m³/s, jednim dijelom dovodni tunel je polu ukopana armiranobetonska cijev promjera 5,4 m dužine 1.165 m, ukupna dužina tunela s armiranobetonskom cijevi iznosi 16,6 km

- vodna komora, vertikalno okno 11×46 m, potkovastog oblika 12×11 m dužine 98 m (12.000 m³) te promjera 8 m, dužine 120 m (6.450 m³)
- zasunska komora s dva leptirasta zatvarača, račva, tlačni cjevovod promjera 3,9 – 3,3 m

Brana Gorica s kompenzacijskim bazenom, ulaznom građevinom i dio dovodnog tunela nalazi se u Republici Bosni i Hercegovini, a ostali dijelovi postrojenja (dio dovodnog tunela, vodna komora, zasunska komora, tlačni cjevovod, strojarnica i odvodni tunel) uključujući rasklopno postrojenje nalaze se u Republici Hrvatskoj.

Strojarnica HE Dubrovnik izvedena je kao složena podzemna građevina. Strojarnica je smještena u podzemlju i predviđena je za četiri proizvodne jedinice od čega je za sada realizirana I. faza s dvije proizvodne jedinice (A i B). Svaka proizvodna jedinica se sastoji od Francis turbine nominalne snage 126,9 MW pri radu oba agregata i protok od 52,5 m³/s po agregatu te sinkronog generatora snage 140 MVA u blok spoju s transformatorom snage 150 MVA.

Iz strojarnice izlazi odvodni tunel duljine 510 m potkovastog oblika i površine poprečnog presjeka 74 m². Pred ulazom u more omogućeno je zatvaranje odvodnog tunela s grednom zapornicom dimenzija 4.35×8.0 m.

HE Dubrovnik jedna je od najvećih hidroelektrana u Hrvatskoj. Potrebno je naglasiti da je zbog korištenja vode druge države jedan agregat spojen na

HE DUBROVNIK

ENERGETSKI PODATCI	instalirani protok	2x52,5m ³ /s
	instalirana snaga elektrane	252 MW
	prosječna godišnja proizvodnja	1.566 GWh

PODATCI O OPREMI

turbine	broj jedinica:	2, svaka sa svojim tlačnim cjevovodom
	nominalni broj okretaja:	300 okr/min
	nazivni protok turbine:	45,0 m ³ /s
	maksimalni protok turbine:	55,0 m ³ /s (kod rada jedne turbine)
	maksimalni protok turbine:	52,5 m ³ /s (kod rada dviju turbina)
	maksimalna snaga turbine:	144,8 MW
	nominalna snaga turbine (rade obje):	126,9 MW
	nominalna snaga turbine (jedna radi):	139,1 MW
generatori	broj okretaja pobjega:	506,0 okr/min
	nazivna snaga	140 MVA
	nazivni napon	14,4 kV
	faktor snage	0,9
	nazivna brzina vrtnje	300 okr/min
	teoretski pobjeg	506 okr/min

Projekt	ENERGOINVEST – Sarajevo, BiH
	ISMES – Bergamo, Italija
	PROJEKTNI BIRO SPLIT – Split, Hrvatska
	ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska
	INSTITUT ZA ELEKTROPRIVREDU – Zagreb, Hrvatska

Građenje	KONSTRUKTOR – Split, Hrvatska
	GEOTEHNIKA – Zagreb, Hrvatska
	GRADITELJ – Dubrovnik, Hrvatska
	HIDROGRADNJA – Sarajevo, BiH
	GEOISTRAGE – Sarajevo, BiH
	TUNELOGRADNJA – Beograd, Jugoslavija
	ŽGP – Sarajevo, BiH



Oprema	KONČAR INEM – Hrvatska LITOSTROJ POWER – Slovenija GENERAL ELECTRIC – SAD KONČAR GENERATORI I MOTORI – Hrvatska BRODARSKI INSTITUT – Hrvatska KONČAR ENERGETSKI TRANSFORMATORI – Hrvatska
--------	--

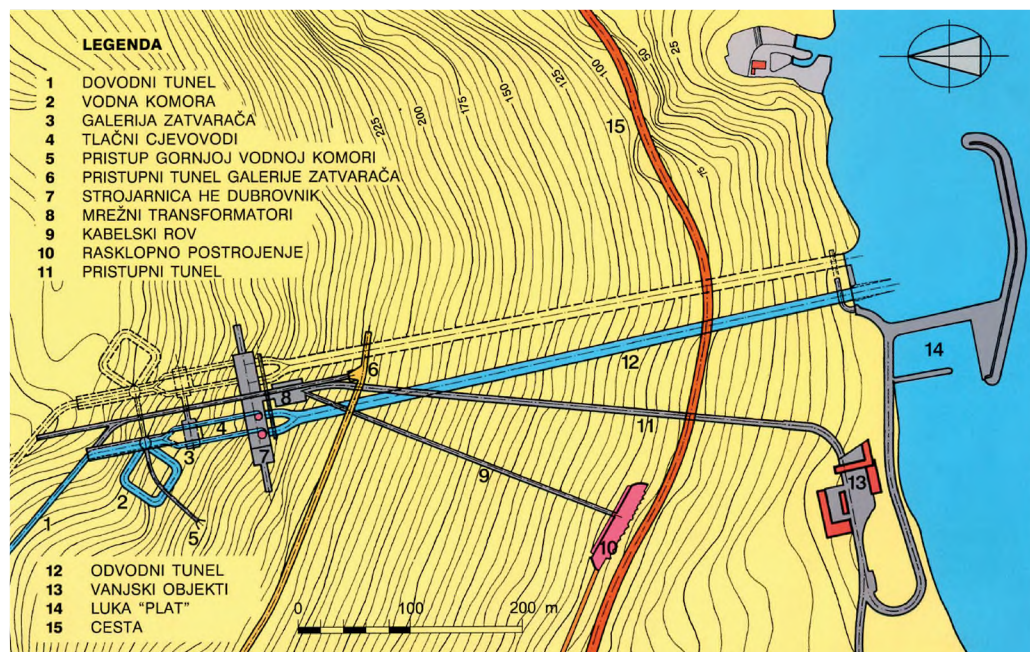
Godina puštanja u pogon 1965.

110 kV mrežu Republike Hrvatske (TS Plat), a drugi agregat na 220 kV mrežu Republike Bosne i Hercegovine (TS Trebinje) i da se proizvedena energija dijeli između Hrvatske i Bosne i Hercegovine.

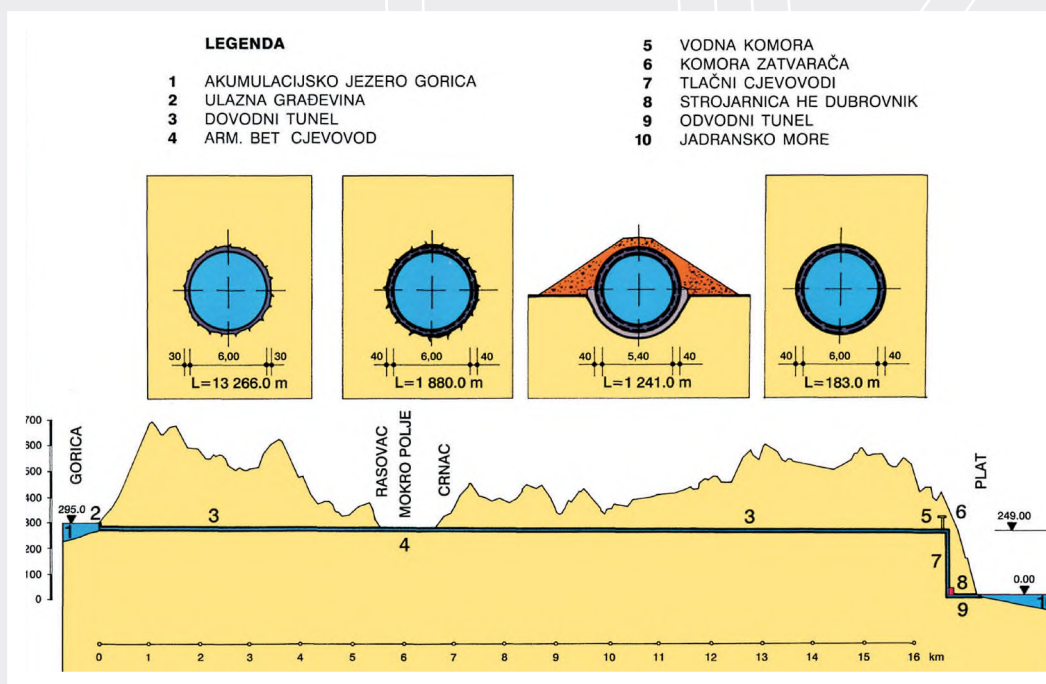
Za vlastitu potrošnju strojarnice HE Dubrovnik ugrađena su dva kućna agregata. Agregati rade za

potrebe napajanja vlastite potrošnje elektrane, a u pogon se uključuju naizmjenice svaki tjedan dana. Kućni agregat se sastoji od Pelton turbine s horizontalnim vratilom i trofaznog sinkronog generatora 0,4/0,23 kV s uzbudnim i regulacijskim sustavom.

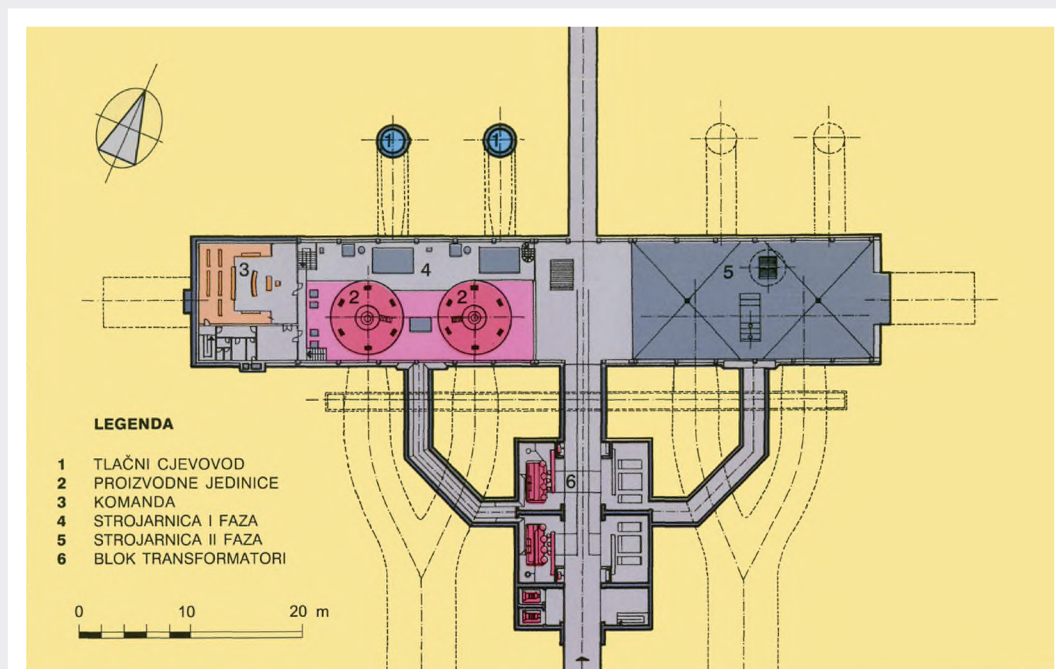
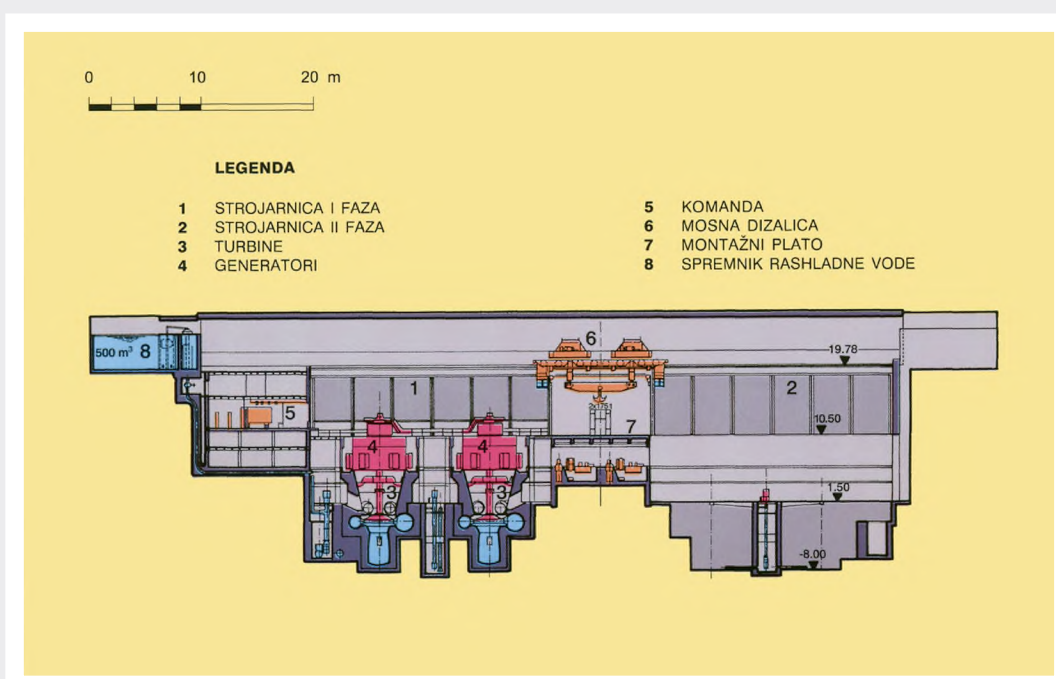


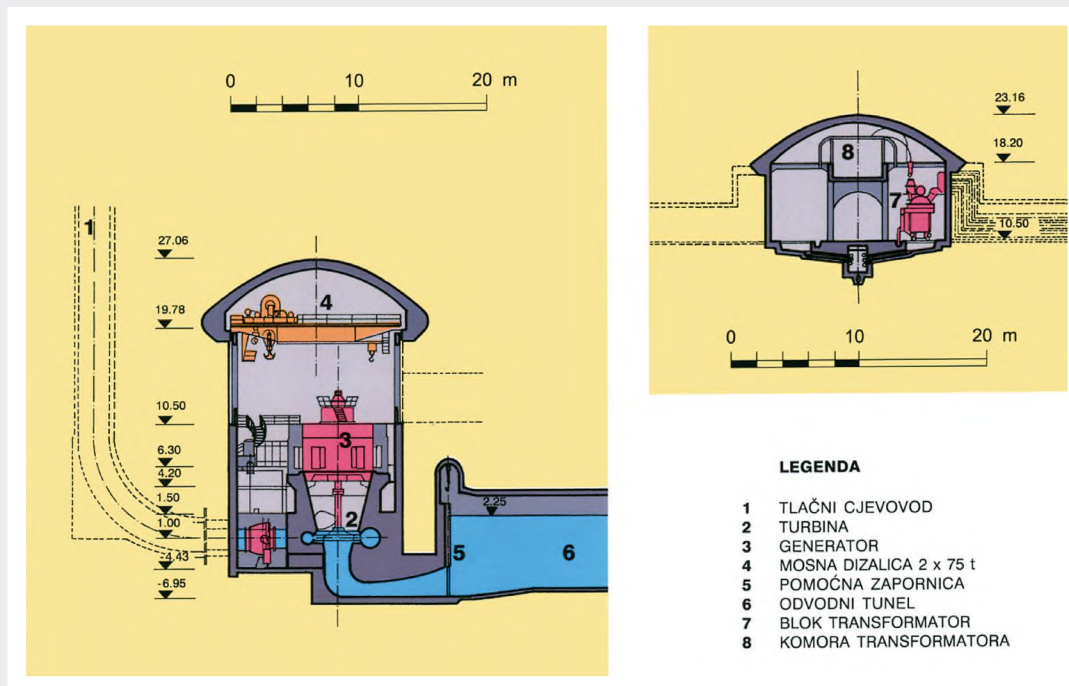


SITUACIJA
OBJEKATA ČVORA
STROJARNICE



UZDUŽNI
PROFIL
POSTROJENJA
HE DUBROVNIK

TLOCRT
STROJARNICEUZDUŽNI
PRESJEK
STROJARNICE



POPREČNI PRESJEK STROJARNICE I
TRANSFORMATORSKE KOMORE









HIDROELEKTRANE SLIVA
RIJEKE TREBIŠNJICE

HE ZAVRELJE



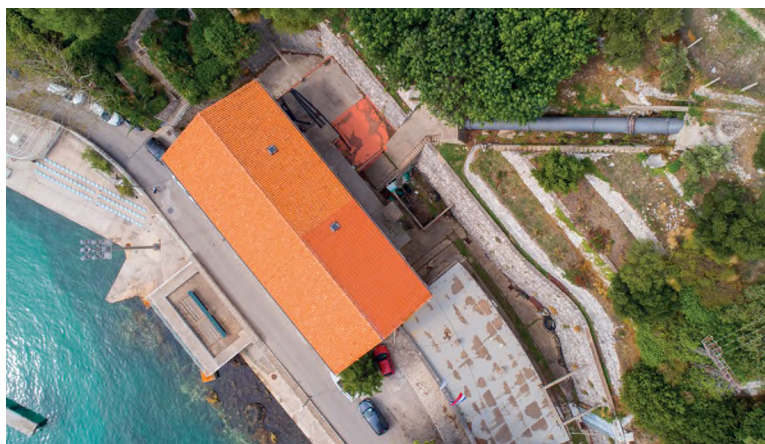
HE ZAVRELJE

HE Zavrelje nalazi se u Mlinima u Župi Dubrovačkoj, 10 km jugoistočno od Dubrovnika. Izgrađena je 1952. godine i označava početak iskorištavanja hidropotencijala u Dubrovačkom području.

HE Zavrelje iskorištava vodu iz izvora Zavrelje u Župi Dubrovačkoj. Izvor Zavrelje smješten je između eocenskog fliša i trijaskog dolomita, na nadmorskoj visini između 75,6 i 82,8 m n. v.

Voda za HE Zavrelje se dovodi preko betonske gravitacijske brane čija je maksimalna visina 79 m n. v. Brana je duljine 32 m s 25 m dugim preljevom za kontrolu poplave preko kojega se voda odvodi u Župski zaljev. Brana sadrži ulaznu građevinu za betonski dovodni kanal trapeznog presjeka, širine 4,2 m, visine 2,42 m nagiba, pokosa 1:1, a ukupne duljine 322 m. Kanal se nastavlja u tlačni cjevovod promjera 1,3 m. Prvih 250 m tlačnog cjevovoda je u armiranoj betonskoj izvedbi, dok je zadnjih 45 m u čeličnoj izvedbi. Cjevovod se ispred strojarnice račva u četiri ogranka koji dovode vodu do turbine.

Strojarnica HE Zavrelja je smještena na obali mora, a sadrži jednu proizvodnu jedinicu koja se sastoji od generatora i dvojne Francis turbine s horizontalnim vratilom nazivnog protoka $2 \times 1,5 \text{ m}^3$. Projektom su bile predviđene dvije proizvodne grupe tako da su svi građevinski objekti, uključujući i strojarnicu, dimenzionirani i izvedeni za dvije proizvodne grupe. Voda se ispušta u more odvodnim kanalom, a kako bi se smanjio utjecaj morskih valova na oscilacije donje vode hidroelektrane, izgrađen je lukobran koji smanjuje amplitudu valova sa 3 m na 0,3 m. Električna energija za vlastitu potrošnju strojarnice HE Zavrelje se preuzima s mreže i/ili s izvoda generatora. Generator je direktno priključen na postrojenje 10 kV. Postrojenje 10 kV je u nadležnosti distributivnog poduzeća HEP ODS d.o.o. Elektrojug iz Dubrovnika.



HE ZAVRELJE

ENERGETSKI PODATCI	instalirani protok	2 x 1,5 m ³ /s
	instalirana snaga	1,9 MW
	ukupna godišnja proizvodnja	4,6 GWh

PODATCI O OPREMI

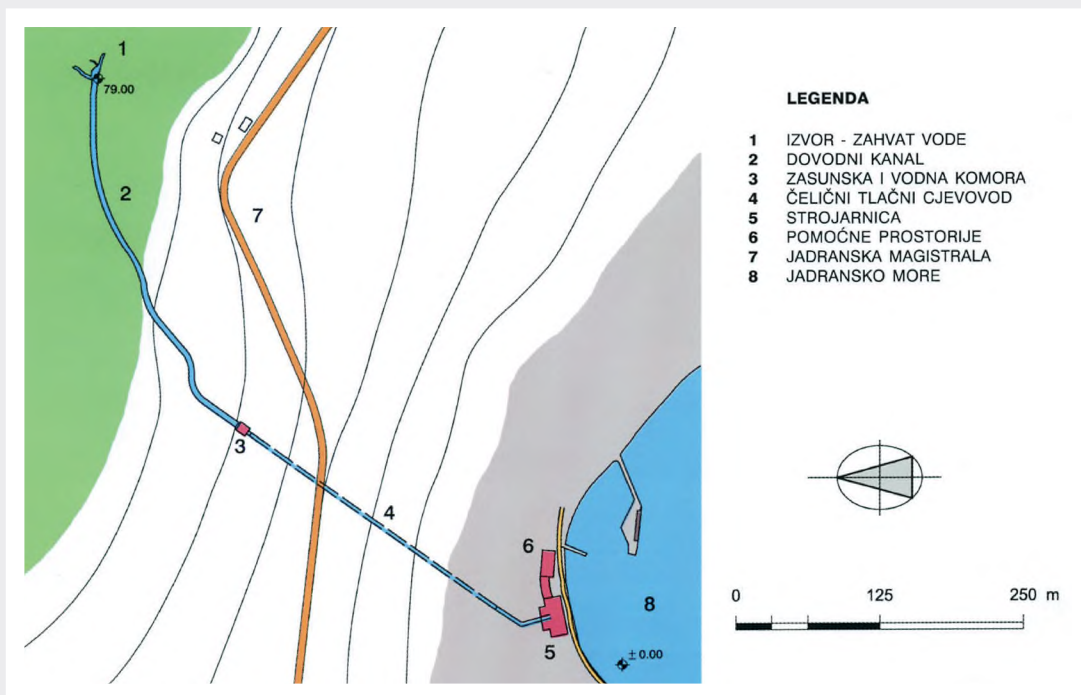
turbina	tip	„Francis“, dvojna, spiralna, horizontalna
	nazivna snaga	1,9 MW
	nazivni protok	2x1,5 m ³ /s
	nazivni neto pad	75,3 – 76,3 m
	nominalna brzina vrtnje proizvođač	600 okr/min Litostroj Power

generator	tip generatora proizvođač	Trofazni sinkroni Končar
	nazivna snaga, kVA	2100 kVA
	faktor snage	0,7
	nominalna brzina vrtnje, o/min	600

Projekt ELEKTROPROJEKT – Zagreb, Hrvatska

Godina puštanja u pogon 1953.



PREGLEDNA
SITUACIJAUZDUŽNI
PROFIL
OBJEKATA
HE ZAVRELJE