



Sklad graditeljstva i tehnologije
s čovjekom i prirodom
za sadašnju i buduće generacije



GRAĐEVINAR

Volumen 71 / Volume 71
Str. 163 - 254 / pp. 163 - 254
Ožujak 2019. / March 2019

Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, Zagreb, Berislavićeva 6
Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, Zagreb, Berislavićeva 6

3/2019



SEDAMDESET GODINA ELEKTROPROJEKTA

Stvarenje sklada čovjeka i prirode s graditeljstvom i tehnologijom

Tvrtka *Elektroprojekt* desetljećima radi njegujući odgovornost prema nacionalnim interesima, a u svom djelovanju na četiri kontinenta, u 28 država, od SAD-a preko sjeverne Afrike do Nove Gvineje, ispunjavao je zahtjeve naručitelja i poticao odgovornost prema društvenim zajednicama, ostvarujući tehnički pouzdana, ekonomski djelotvorna i ekološki održiva rješenja

Uvod

U sedamdeset godina postojanja *Elektroprojekt* je od tvrtke osnovane 1949. godine za projektiranje hidroelektrana i termoelektrana izrastao u tvrtku jedinstvenu u okruženju po opsegu svojih djelatnosti na području energetike, upravljanja vodama i okolišem te zaštitom prirode. *Elektroprojekt* desetljećima radi njegujući odgovornost prema nacionalnim interesima, a u svom djelovanju na četiri kontinenta, u 28 država, od SAD-a preko sjeverne Afrike do Nove Gvineje, ispunjavao je zahtjeve naručitelja i poticao odgovornost prema društvenim zajednicama, ostvarujući tehnički pouzdana, ekonomski djelotvorna i ekološki održiva rješenja. Veliko iskustvo stečeno je u vođenju multidisciplinarnih projekata i osmišljavanju i vrednovanju složenih višenamjenskih infrastrukturnih sustava, pri čemu se posebna pozornost usmjerava prema socijalnim i gospodarskim zahtjevima te zahtjevima zaštite okoliša i prirode. Iz takvog je odnosa proizašla misija tvrtke: Stvaranje pouzdanog, djelotvornog i održivog sklada čovjeka i prirode s graditeljstvom i tehnologijom za sadašnju i buduće generacije.

Ideja misije nadahnjivala je prethodne generacije *Elektroprojekt*ovih stručnjaka, a danas vodi mlade ljude koji dolaze u *Elektroprojekt* i koje se na poseban način priprema za preuzimanje uloga svojih prethodnika čije su težnje i postignuća duboko usađeni u način rada tvrtke.

Rezultati rada stručnjaka *Elektroprojekta* čine jedinstvenu arhivu koja sadrži više od 23.000 knjiga projekata izrađenih u *Elektroprojektu*, među kojima se nalaze projekti većine hidroelektrana i termoelektrana u Hrvatskoj

Rezultati rada stručnjaka *Elektroprojekta* čine jedinstvenu arhivu koja sadrži više od 23.000 knjiga projekata izrađenih u *Elektroprojektu*, među kojima se nalaze projekti većine hidroelektrana i termoelektrana te raznih drugih objekata izgrađenih u Republici Hrvatskoj. Također je stvorena i bogata knjižnica koja raspolaže s približno 8.000 naslova znanstvene i stručne literature i koja prima više od trideset znanstvenih i stručnih časopisa. Danas od stotinjak zaposlenih različitih specijalnosti pedeset posto je ovlaštenih

inženjera s ovlastima za izradu i nostrifikaciju projekata na svim područjima projektiranja u graditeljstvu. Uspostavljeni su i tradicionalno čvrsti partnerski odnosi sa znanstvenoistraživačkim i obrazovnim institucijama i ekspertima iz područja koje *Elektroprojekt* po potrebi pokriva u svojim projektima (prirodne znanosti, biotehnologija, sociologija). Broj zaposlenika *Elektroprojekta* oscilira prema potrebama posla. Oko 70 % zaposlenika ima fakultetsku naobrazbu, od kojih je 10 % doktora i magistara tehničkih i prirodnih znanosti. *Elektroprojekt* je izrazito inženjersko poduzeće jer su među radnicima s fakultetskom naobrazbom više od 90 % diplomirani inženjeri različitih tehničkih struka. U skladu sa zakonima Republike Hrvatske i internim dokumentima Društva, oni su kvalificirani za projektantske i konzultantske poslove, a najiskusniji među njima za vođenje projektnih timova za izradu specijalističkih analiza kakve traže najzahtjevniji investitori. Doktori i magistri znanosti i drugi *Elektroprojekt*ovi stručnjaci sudjelovali su kao profesori, predavači i asistenti u nastavi na nekoliko fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i to: Građevinskom fakultetu, Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Fakultetu strojarstva i brodogradnje te na Tehničkom veleučilištu Zagreb.

Godinama svoj odnos prema kvaliteti, zaštiti okoliša i prirode, zaštiti zdravlja i sigurnosti na radu *Elektroprojekt* potvr-



Prikaz rasprostranjenosti poslova *Elektroprojekta* u svijetu (lijevo) i zgrada tvrtke (desno)

đuje obnavljajući certifikate o ispunjenju zahtjeva normi na područjima: upravljanja kvalitetom (ISO 9001), zaštite okoliša (ISO 14001) te zaštite zdravlja i sigurnosti na radu (OHSAS 18001). Odgovoran odnos prema održivosti rješenja u projektima potvrđuje se neprekidnim radom ekspertnog tima zaduženog za procjenu utjecaja djelatnosti tvrtke na okoliš i prirodu.

Povijest osnutka *Elektroprojekta*

Nakon razaranja u Drugom svjetskom ratu, velike potrebe za energijom te veliki hidroenergetski i termoenergetski potencijali čekali su stručnjake da započnu projektiranje svih vrsta elektroenergetskih građevina.

Već 1945. godine formirano je *Elektrotehničko poduzeće Hrvatske* iz kojeg grupa za projektiranje hidroelektrana 1946. prelazi u novoosnovano poduzeće *Hidroelektra* za projektiranje i građenje hidroelektrana, time se stvara jezgra današnjeg *Elektroprojekta*

Već 1945. godine formirano je Elektro-tehničko poduzeće Hrvatske (ELPOH) iz kojeg grupa za projektiranje hidroelektrana 1946. prelazi u novoosnovano

poduzeće *Hidroelektra* za projektiranje i građenje hidroelektrana. Time se stvara jezgra današnjeg *Elektroprojekta*. Osnivanjem Inženjerskoga projektnog zavoda (IPZ) u siječnju 1948., projektanti iz Hidroelektre prelaze u novoosnovano poduzeće u kojem čine Odjel za hidroelektrane s ukupno šesnaest zaposlenika, od kojih je devet inženjera.

Vlada FNRJ rješenjem od 12. ožujka 1949. osniva poduzeće za projektiranje hidroelektrana i istražne radove pod imenom *Hidroelektroprojekt*, s filijalama u glavnim gradovima svih republika, osim Crne Gore. Projektantska grupa za hidroelektrane prelazi 1. studenog 1949. iz IPZ-a u Hidroelektroprojekt - Zagreb gdje ima poslovnu zadaću obavljati projektiranje hidroelektrana i tehnički nadzor na teritoriju NR Hrvatske. Na taj dan dolazi do stvarnoga osamostaljenja novoga poduzeća, iako je prvi namještenik upisan u matičnu knjigu *Hidroelektroprojekta* već 1. travnja 1949. i počeo raditi u njemu. Usvajajući sve te činjenice, upravo 1. travnja 1949. smatra se danom osnutka *Elektroprojekta*.

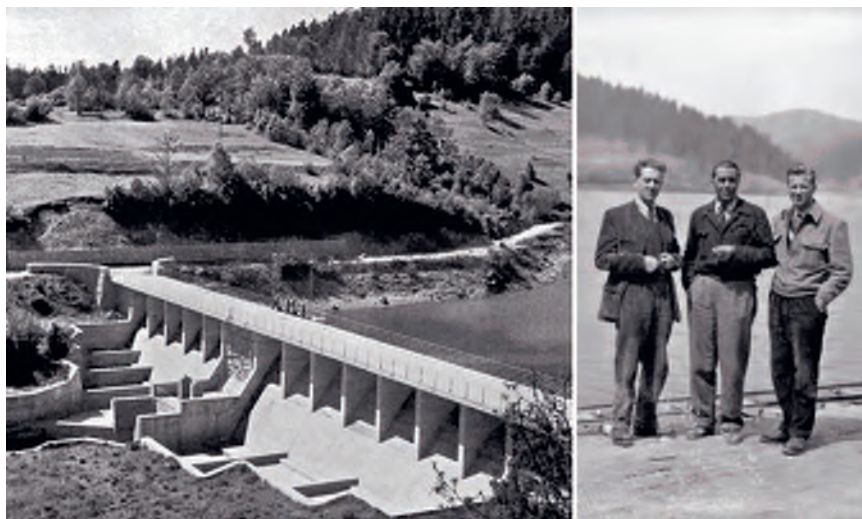
Hidroelektroprojektu se 8. travnja 1951. pripaja zagrebačka grupa *Termoelektroprojekt* i grupa za projektiranje transformatorskih stanica, pa se proširuje program poslovanja na projektiranje svih elektroenergetskih građevina i postrojenja. Nakon prelaska nadležnosti sa savezne na republičku upravu, rješenjem Vlade NR Hrvatske od 6. veljače 1952.

godine izmijenjeno je ime poduzeća u današnje *Elektroprojekt* - poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja.

Počeci djelatnosti *Elektroprojekta* vezani su uz projekt hidroelektrane Vinodol koji je započet još 1938. godine, nastavljen uz izmijenjenu koncepciju rješenja 1945.

Počeci djelatnosti *Elektroprojekta* vezani su uz projekt hidroelektrane Vinodol. Ovaj pionirski rad započet je još 1938. godine, nastavljen uz izmijenjenu koncepciju rješenja 1945. u okviru generalne direkcije Elektroprivrede NRH, a od 1. travnja 1946. u novoosnovanom poduzeću za građenje i projektiranje hidroelektrana "Hidroelektra". U sklopu Hidroelektre porasla je projektantska grupa na 12 članova, i ta je grupa do studenoga 1946. izradila generalni projekt HE Vinodol, a započela je i neke druge studije i projekte (Zavrelje, Ozalj, Cetina). U siječnju 1948. grupa od 16 suradnika iz građevinskog poduzeća "Hidroelektra" prelazi u Inženjerski projektni zavod, a iz njega u Hidroelektroprojekt. Ta skupina inženjera i tehničara preuzela je i razradila projekt HE Vinodol i HE Zavrelje kao prve hidroelektrane izgrađene nakon Drugoga svjetskog rata te ugradila svoje znanje, iskustvo i entuzijizam u temelje razvoja današnjeg *Elektroprojekta*, a time i domaćeg razvoja inženjerske prakse.

Među 16 stručnjaka toga pothvata, koji su bili preteče današnjeg *Elektroprojekta*, točnije njegova odjela za hidroelektrane, ističe se nekolicina koja je pridonijela razvoju *Elektroprojekta*. To su prof. dr. Mladen Žugaj, ing. Milan Mrvoš, prof. Marko Čalogović, ing. Antun Krušlin, ing. Zdenko Schwartz, ing. Boris Pavlin. Među pionirima *Elektroprojekta* bili su još: inženjeri Fedor Jelušić, Luka Mladineo, Mirko Sever, Ladislav Ulrich, Ante Škare, prof. Antun Stepinac i Stjepan Reštarović. Drugu skupinu stručnjaka, koji su stvarali temelje razvoja naše energetike i *Elektroprojekta*, predstavljaju inženjeri za po-



Hidroelektrana Vinodol – brana Bajer, s izgradnje (ing. Žugaj, ing. Šoljan, ing. Schwartz)



Termoelektrana Jertovec

dručje termoelektrana te distributivnih i prijenosnih sustava. Skupinu stručnjaka za termoelektrane kao dio *Termoelektroprojekta* predvodio je jedan od najpoznatijih termoenergetičara u to vrijeme u našoj zemlji inženjer Juraj Mihajlov, a nastavio inženjer Ante Gačina, da bi se u *Elektroprojektu* na toj jezgri razvio Strojarski biro, specijaliziran za termotehničke procese. Skupinu za distributivne mreže i trafostanice, kao osnovu današnjeg Elektro biroa, predvodio je ing. Blaž Uzelac, a nastavio ing. Ljudevit Matjan.

Svima spomenutima, kao i onima koji nisu spomenuti, a pripadaju osnivačima *Elektroprojekta* ili sudionicima u njegovu daljnjem razvoju, dugujemo iskreno poštovanje i zahvalnost za sve što su učinili. Od 1949. godine *Elektroprojekt* je izrastao u snažnu projektantsku organizaciju s kojom je razvoj Elektroprivrede i Vodoprivrede, posebice na području Hrvatske, nerazdvojno povezan. Do 1953. godine djeluje isključivo na domaćem tržištu – na projektiranju hidroelektrana, termoelektrana, transformatorskih stanica i

na odgovarajućim istražnim i studijskim radovima. Godine 1954. *Elektroprojekt* je učinio prve korake u svojoj djelatnosti u inozemstvu. Radom na Hidroelektrani Zawgyi u Burmi počinju aktivnosti *Elektroprojekta* u inozemstvu koji je neprekidno, s većim ili manjim intenzitetom, prisutan na stranom tržištu. Od 28. siječnja 1955. poduzeće je registrirano i za vanjskotrgovačke poslove izvođenja investicijskih radova u inozemstvu. Od tada do danas *Elektroprojekt* je razvio široku djelatnost u pružanju usluga u inozemstvu, posebno u zemljama u razvoju (Burma, Etiopija, Egipat, Iran, Libija, Alžir, Indija), ali i u Grčkoj, Španjolskoj i SAD-u.

Godine 1954. Elektroprojekt je učinio prve korake u svojoj djelatnosti u inozemstvu, radom na Hidroelektrani Zawgyi u Burmi počinju aktivnosti u inozemstvu koje se neprekidno, s većim ili manjim intenzitetom, odvijaju do danas

Radi unapređenja projektiranja hidrotehničkih građevina, *Elektroprojekt* je izgradio vlastiti hidrotehnički laboratorij koji je počeo s radom 1953. godine. Tijekom



Elektroprojekt u Burmi (Žugaj, Mrvoš, Schwartz) i Etiopiji (Krušlin, Šoljan, Žugaj)

desetogodišnjeg rada ispitano je 48 modela za potrebe projektiranja hidroelektrana i drugih vodoprivrednih građevina. Povećanjem prostora za hidraulička ispitivanja te povećanjem kadrovskih potencijala na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, laboratorij *Elektroprojekta* prestaje s radom i udružuje svoja sredstva s laboratorijem Fakulteta, čime je nastavljena suradnja.

U 1957. godini poduzeće proširuje svoju djelatnost na sve vrste vodnih građevina i na studije iskorištenja nuklearne energije. Nakon sudjelovanja u izgradnji NE Krško te nakon njezina puštanja u rad, *Elektroprojekt* je radio na njezinu održavanju i sudjelovao u mnogim modifikacijama postrojenja, pa ima u Krškom stalnu skupinu zaposlenika specijaliziranih za rad na nuklearnom području. Osamostaljivanjem države Slovenije javila se potreba za osnivanjem poduzeća koje će obavljati opisane poslove u skladu s pravnim sustavom države Slovenije. Na taj je način ispostava *Elektroprojekta* u Krškom prerasla 1998. u tvrtku NUKEL d.o.o.

Područja djelatnosti

Djelatnost *Elektroprojekta* je projektiranje, konzalting i inženjering razvoja, izgradnje i upravljanja na područjima energetike, vodnoga gospodarstva, zaštite prirode, komunalne infrastrukture, javnih objekata i telekomunikacija.

Djelatnost *Elektroprojekta* je projektiranje, konzalting i inženjering razvoja, izgradnje i upravljanja na područjima energetike, vodnoga gospodarstva, zaštite prirode, komunalne infrastrukture, javnih objekata i telekomunikacija

Djelatnosti *Elektroprojekta* vidljive su i iz njegove organizacije. Tako Građevinsko-arhitektonski biro čine odjeli za: Iskorištavanje vodnih snaga i hidrotehničke građevine, Podzemne i geotehničke građevine, Arhitekturu i konstrukcijske sustave, Hidrotehničke sustave i komu-

nalne građevine, Sustave navodnjavanja i uređenja zemljišta, Zaštitu voda, prirode i okoliša. Strojarsko-tehnološki biro čine odjeli za: Termoenergetska postrojenja, Obnovljive izvore energije, industrijska postrojenja i CTS sustave. Elektro-telekomunikacijski biro čine odjeli: Proizvodna elektroenergetska postrojenja; Elektroenergetski sustavi, prijenos i distribucija; Informacijski sustavi i telekomunikacije.

Elektroprojekt pruža usluge u svim fazama građenja i rada objekata. U planiranju i pripremi izgradnje izrađuje sve vrste studija i programa potrebnih za razvoj projekata, strategija ili planova, projekte svih vrsta i razina kao i nostrifikaciju projektne dokumentacije. Tijekom izgradnje pruža usluge vođenja gradnje objekta, nadzora i organizacije građenja, izrađuje programe osiguranja kvalitete te programe puštanja u rad. Za građevine u korištenju izrađuje dokumentaciju za održavanje, popravke i rekonstrukcije, izrađuje programe i provodi tehnička mjerenja i promatranja.

Prikazujući djelatnosti *Elektroprojekta* treba istaknuti građevine i tehnička rješenja koji su u mnogo čemu bili prvijeneci na prostoru nekadašnje Jugoslavije, a neka su projektna ostvarenja pridonijela i svjetskim iskustvima i praksi kao:

- HE Vinodol - elektrana s najvećim padom ostvarenim u SFRJ
- uspostava prvoga hidrotehničkog laboratorija u Hrvatskoj
- crpna elektrana Vrelo kod Fužina - prva takve vrste izgrađena na ovom prostoru
- prva velika akumulacija na kraškim terenima (HE Peruča) s injekcijskom zavjesom
- bunarska izvedba strojarne RHE Velebit
- primjena cijevnih turbina na HE Čakovec
- prve akumulacije u aluvijalnim naslagama - HE Varaždin, HE Čakovec, HE Dubrava
- projekt prve velike toplane u SFRJ i uvođenje toplinarstva u Zagrebu



HE Peruča - brana, akumulacija i strojarica – sanacija nakon miniranja 1993. godine



RHE Velebit – tlačni cjevovod i strojarnica

- projekt i izvedba prve potpuno automatizirane hidroelektrane Varaždin
- podzemna akumulacija Ombla kao hidrogeološki i tehnički izazov
- prva primjena rasklopnog postrojenja s cijevnim sabirnicama HE Senj
- projekt odsumporavanja TE Plomin
- projekt spalionice smeća u Zagrebu
- prva konzultantska organizacija iz SFRJ koja izlazi na inozemno tržište
- sanacija brane Peruća nakon miniranja u Domovinskom ratu.

Uz spomenute projekte, koji su imali i istraživačko-razvojnu komponentu, a neki su od njih objektivno nosili i krupni tehnički rizik, napravljen je čitav niz drugih projekata s originalnim rješenji-

ma. Tisuće projekata izrađenih tijekom 70-godišnjeg postojanja obuhvaćaju više od 50 brana i akumulacija, više od 820 000 ha površina za navodnjavanje i odvodnju, oko 114 km regulacija rijeka, više od 100 km hidrotehničkih tunela, 5 podzemnih i 37 nadzemnih strojarnica hidroelektrana, oko 82.000 m³/h sustava za opskrbu vodom, 37 crpnih stanica, kao i niz drugih projekata u Hrvatskoj i inozemstvu.

Elektroprojekt je najpoznatiji po hidroelektranama. Gotovo sve hidroelektrane u Hrvatskoj projektirane su u *Elektroprojektu*. Ukupna snaga 42 projektirane hidroelektrane u zemlji i inozemstvu iznosi oko 4550 MW. Posebno se ističu iskustva u ostvarenjima akumulacija u kršu. Akumulacija i hidroelektrana Peruća jedna je od prvih i najpoznatijih u svijetu.



TE Plomin



TE-TO Zagreb - akumulator topline; CTS Zagreba



Hidroelektrane na području HZHB: a) HE Mostarsko blato; b) HE Peć Mlini; c) CHE Vrilo – presjek strojarнице; d) CHE Vrilo - Istražni radovi

Tablica 1. Elektroenergetski sustavi i telekomunikacije

Hidroelektrane		
1952.	1961. / 1980.	2010.
Hydroenergetski sustav Vinodol	Hydroenergetski sustav Cetine	HE Mostarsko Blato (EP-HZHB)
Idejni projekt	Idejni projekt	
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt
Nadzor	Nadzor	Nadzor
Reverzibilne hidroelektrane		
1957.	1984.	2018. - u tijeku
CHE Fužine	RHE Velebit	CHE Vrilo (EP-HZHB)
Idejni projekt	Idejni projekt	Idejni projekt
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt	Glavni projekt
Nadzor	Nadzor	
Termoelektrane		
1954.	1969. / 1999.	2018. - u tijeku
TE Jertovec	TE Plomin	EL-TO Zagreb novi KKE(CCCGT) blok
Idejni projekt	Idejni projekt	
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt
Nadzor	Nadzor	
Trafopostrojenja, mreže i telekomunikacije		
1961.	2000.	2018.
TS Mraclin	Digitalni mobilni radio sustav Hrvatske elektroprivrede	TS Zamet
Idejni projekt	Idejni projekt	Glavni i izvedbeni projekt
Glavni projekt	Glavni i izvedbeni projekt	Nadzor
Nadzor		

Elektroprojekt je sudjelovao i pri izgradnji gotovo svih termoelektrana u Hrvatskoj. Sudjelovao je pri izgradnji 27 termoelektrana ukupne snage 8000 MW, od čega 17 u Hrvatskoj, a 10 u svijetu. Stručnjaci *Elektroprojekta* također su sudjelovali i pri izgradnji nuklearnih elektrana.

Uz proizvodne građevine elektroenergetskog sustava, djelatnost *Elektroprojekta* obuhvaća i projektiranje prijenosnih i distribucijskih objekata naponskih razina sve do 400 kV

Uz proizvodne građevine, djelatnost *Elektroprojekta* obuhvaća i projektiranje prijenosnih i distribucijskih elektroenergetskih objekata naponskih razina sve do 400 kV. Ukupna instalirana snaga transformatorskih stanica projektiranih u *Elektroprojektu* prelazi 8700 MW. Projektirani su linijski prijenosni objekti: dalekovodi, kabeli u urbanim područjima, podmorski kabeli. *Elektroprojekt* izrađuje projektne dokumentacije za rasklopna postrojenja i sve vrste električnih instalacija u sklopu industrijskih i infrastrukturnih objekata široke namjene. U području telekomunikacija djelatnost obuhvaća telekomunikacijske infrastrukturne mreže, svjetlovodne transmisijske mreže, IP/MPLS komunikacijske mreže, komutacijske sustave, digitalne mikrovalne radio-relejne sustave, mobilne i fiksne radijske mreže (tablica 1.).

Osobito iskustvo postignuto je u izradi vodoprivrednih osnova slivova velikih rijeka na području velikih gradova te u uređenju i korištenju voda i zemljišta

Tablica 2. Vodnogospodarstvo, priroda i okoliš

Upravljanje vodama i prostorom	
1952.	1964. / 1982. / 1992.
Vodoprivredna osnova Krka-Zrmanja	Vodnogospodarska osnova grada Zagreba
2003. / 2013.	2014.
Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save	Neretva i Trebišnjica, integralno upravljanje ekosustavom riječnih bazena - Plan upravljanja
Sustavi obrane od poplava	
1967.	1984./1992.
Regulatorske građevine na Dravi	Retencija Lagvič
Glavni projekt	Idejni projekt
	Glavni i izvedbeni projekt
	Nadzor
2016.	2017.
Retencija Burnjak	Usporni nasip uz Trnavu
Glavni projekt	Idejni projekt
	Glavni projekt
Navodnjavanje / odvodnja	
1968.	2018.
Mahabad – Iran	Kapinci Vaška
Idejni projekt	Idejni projekt
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni projekt
Nadzor	
Priroda i okoliš	
1983.	2018.
HE Čakovec	HES Kosinj
Studija utjecaja na okoliš	Studija utjecaja na okoliš

u višenamjenskim projektima. Takvim projektima od planiranja do izvedbe obuhvaćeno je oko 250.000 km² površina (tablica 2.).

U obrade projekta često su uključivani vanjski stručnjaci i stručno-znanstvene ustanove. Takav pristup omogućuje realizaciju poslova na najvišoj stručnoj razini i uspješno vođenje najsloženijih projekata.

Od osnutka do danas djelatnosti *Elektroprojekta* razvijaju se i proširuju u skladu sa zahtjevima na tržištu i uvjetima i zahtjevima koji se postavljaju u graditeljstvu. Posebna pažnja posvećena je području zaštite okoliša i prirode. Tu treba istaknuti da su prve studije utjecaja na okoliš postavljene, razvijene i napravljene u *Elektroprojektu* u sklopu razvoja hi-



KKE Sisak – rasklopište; TS Zamet



Retencija Burnjak

droenergetskih postrojenja: 1982.-1985. za akumulaciju Zoretići i HE Valiči, 1983. HE Čakovec, 1984. za HE Dubravu. Ove aktivnosti ujedno su i postavile temelje projektnoj djelatnosti zaštite okoliša i prirode te su utjecale na izradu propisa iz tog područja u Republici Hrvatskoj.

Danas u sklopu *Elektroprojekta* postoji poseban odjel za zaštitu voda, okoliša i prirode u kojem se rade procjene utjecaja objekata na okoliš i projekti zaštite vrijednih područja, daju usluge monitoringa i stručnog savjetovanja

Danas u sklopu *Elektroprojekta* postoji poseban odjel za zaštitu voda, okoliša i prirode u kojem se - osim provedbe strateških procjena utjecaja i procjena utjecaja hidroelektrana, termoelektrana, vodocrpilišta, odlagališta otpada, retencija i akumulacija - izrađuju projekti iz područja zaštite okoliša i prirode koji obuhvaćaju zaštitu vrijednih područja i zaštitu voda. Također daju se usluge stručnog savjetovanja, te izrađuju sve vrste posebnih elaborata za potrebe sastavnica okoliša. Infrastrukturni objekti također se nalaze u djelatnosti *Elektroprojekta*. Djelatnost na ovom polju obuhvaća rad na parovodima, vrelovodima, toplovodima, centralnim toplinskim sustavima, toplifikacijama (spoj kotlovnica na CTS), toplinskim stanicama, magistralnim plinovodima, visokotlačnim i niskotlačnim plinovodima, plinskim mjerne redukcijskim stanicama, blokadnim i čistačkim stanicama, vodoopskrbnim sustavima, što obuhvaća i razvoj crpilišta i vodovodne mreže te kanalizacijskim sustavima, prikupljanjem, pročišćavanjem i odvodnjom otpadnih voda (tablica 3.). Područja djelatnosti koja su bila predmetom rada *Elektroprojekta* od njegova osnutka do danas održavana su tijekom cijelog razdoblja postojanja te proširivana u skladu s prilikama i potrebama gospodarskog razvoja i zahtjevima na tržištu. Tako je, osim na zaštitu voda okoliša i prirode, predmet djelatnosti proširen i na korištenje poticanih

Tablica 3. Infrastrukturni objekti

Plinovodi	
1969.	2018.
TE-TO Zagreb - priključni plinovod	Plinovod MRČ Slavonski Brod - MRS Slavonski Brod istok
Natječajna dokumentacija	Glavni i izvedbeni projekt
Toplinski sustavi	
1967.	2013./ 2016.
Vrelvodna mreža toplinskog sustava Zagreba	TE-TO / EL-TO Zagreb - Akumulator topline
Glavni projekt	Glavni projekt
Vodoopskrba	
1979.	2012.
Vodovod Tribalj	Vodocrpilište Kosnica
Idejni projekt	Idejni projekt
Glavni projekt	Glavni projekt
Kanalizacija	
1990.	2014.
TE Plomin vodovod i kanalizacija	AGLOMERACIJA ZABOK Prikupljanje i odvodnja otpadnih voda
Idejni projekt	Idejni projekt
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni projekt

Tablica 4. Razvoj novih djelatnosti

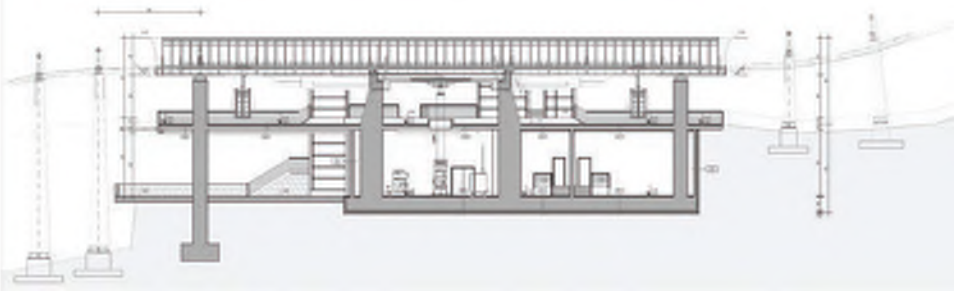
Razvoj novih djelatnosti u zadnje vrijeme	
2015.	2017.
Bioelektrana toplana Sisak	HGTE Draškovec geotermalno energetska postrojenje
Glavni i izvedbeni projekt	Idejni projekt
	Glavni projekt
2018. - u radu	2018. - u radu
Tramvajska pruga u Zagrebu	Žičara Sljeme
Idejni projekt	Idejni projekt
Glavni i izvedbeni projekt	Glavni i izvedbeni projekt
2008.	
Sanacija korita rijeke Pive i vodopada Jajce	
Idejni projekt, Glavni i izvedbeni projekt, Nadzor	
2008. do danas	
Izrada studija Glavne ocjene o prihvatljivosti zahvata za Ekološku mrežu (područja očuvanja značajna za ptice i područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove)	
2016. do danas	
Hidromorfologija - Razvoj metodologije, provedba hidromorfološkog monitoringa na površinskim vodama sukladno Okvirnoj direktivi o vodama	

obnovljivih izvora energije kao što su vjetar, sunce, biomasa i geotermalna energija, a radi se i na infrastrukturnim projektima kao što su tramvajska pruga i žičare (tablica 4.).

Održavanje kontinuiteta rada na svim područjima djelatnosti kojima se *Elektroprojekt* bavio vidljivo je na osnovi izrađenih i izgrađenih projekata. Kontinuitet nekih od glavnih djelatnosti prikazan je u tablicama



Projekt žičare Sljeme - Zagreb



Projekt tramvajske pruge prema zračnoj luci - Zagreb



Lajce - sanacija slapa

od 1. do 3. u kojima je izdvojen projekt iz prošlosti i nedavno projektirani ili realizirani objekt. Na kraju je ovaj prikaz proširen (tablica 4.) na neka nova područja kojima se *Elektroprojekt* danas bavi i u koja ulazi. U nizu projekata realiziranih u zadnjih deset godina samo projekti čiji je opseg rada bio veći od 24 č.mj. obuhvaćali su:

- 41 projekt iz energetike
- 23 projekta iz vodnoga gospodarstva
- 16 projekata iz infrastrukture i telekomunikacija
- 10 projekata iz zaštite okoliša i prirode.

U tom razdoblju svake godine u *Elektroprojektu* je izrađeno u prosjeku više od 300 knjiga projekata, elaborata i studija koje su isporučene naručiteljima. Na osnovi većine tih dokumenata ishođene su potrebne suglasnosti i dozvole te su realizirani zahvati u prostoru.

Pogled u budućnost

Ovaj kratak presjek povijesti razvoja i aktivnosti *Elektroprojekta* samo je podsjetnik na veliki rad svih dosadašnjih zaposlenika *Elektroprojekta* koji su tijekom 70 godina s puno entuzijazma, stručnosti i odricanja obavili značajan posao ugrađen u razvoj Republike Hrvatske, kao i zemalja u kojima se odvijala *Elektroprojektova* aktivnost. U proteklih sedamdeset godina rada *Elektroprojekta* došlo je do izmjene mnogih generacija zaposlenika. Pri takvom protoku generacija *Elektroprojekt* osigurava nastavak rada i rast što su započele prethodne generacije, prilagođavajući svoj razvoj novim usmjerenjima i izazovima koje sadašnje društvo može sagledati i osvijestiti kao potrebe budućih naraštaja te nastaviti raditi u skladu sa svojom misijom.

Uloga Elektroprojekta u korištenju vodnih snaga u Hrvatskoj

Nakon Drugog svjetskog rata započela je obnova elektrana koje su bile oštećene u ratu te pripreme za izgradnju novih, tada se pristupilo smišljenoj izgradnji hidroenergetskog sustava, a hidroelektrane više nisu razmatrane kao objekti koji koriste samo lokalne povoljne uvjete na rijeci, već se pozornost posvećuje cijelome slivu i osmišljenome korištenju njegovih voda

Uvod

U Hrvatskoj postoji duga tradicija korištenja vodnih snaga. U početku vodne snage korištene su u mlinovima, pilanama, tkaonicama i industrijskim postrojenjima. S razvojem elektrifikacije počelo je sve veće korištenje vodnih snaga za proizvodnju električne energije i do danas postalo je dominantno. Danas su, osim za proizvodnju električne energije, praktično napušteni drugi oblici korištenja vodnih snaga te je većina ranije izgrađenih objekata napuštena i propada.

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

Prvi objekti koji su pridonijeli povećanju snage u energetske sustavu Hrvatske pušteni su u pogon 1952. godine. Bili su to HE Vinodol instalirane snage 84 MW, čija je izgradnja uz prekide trajala od 1939., HE Zavrelje kod Dubrovnika instalirane snage 2,1 MW i HE Ozalj II. Od te godine do danas nastavlja se kontinuirana izgradnja novih hidroelektrana i rast instalirane snage.

Počeci djelatnosti *Elektroprojekta* vezani su uz projekt hidroelektrane Vinodol

i HE Zavrelje. Od 1949. kada je osnovan *Elektroprojekt* izrastao je u snažnu projektantsku tvrtku s kojom je razvoj *Elektroprivrede* i *Vodoprivrede*, posebno na području Hrvatske, nerazdvojeno povezan. Uloga *Elektroprojekta* u korištenju vodnih snaga u Hrvatskoj vidljiva je kroz pregled sudjelovanja u osmišljavanju i

projektiranju hidroenergetskih sustava i hidroelektrana, što je vidljivo iz pregleda hidroelektrana koje su izgrađene na području Hrvatske:

Od 1949. kada je osnovan *Elektroprojekt* je izrastao u snažnu projektantsku tvrtku s kojom je razvoj *Elektroprivrede* i *Vodoprivrede*, posebno na području Hrvatske, nerazdvojeno povezan

Velik broj izvedenih sustava koji koriste hidroenergetski potencijal temelji se na cjelovitome sagledavanju gospodarenja



Lokacije izgrađenih važnijih hidroelektrana

Tablica 1. Važnije hidroelektrane na području Hrvatske

Hidroelektrana	Godina puštanja u pogon	Projekt izradili
HE Jaruga	1895./1904.	-
HE Miljacka	1906.	-
HE Ozalj	1908.	-
HE Kraljevac (prva i druga faza)	1912./1932.	-
HE Vinodol	1952.	Elektroprojekt
HE Zavrle	1952.	Elektroprojekt
HE Ozalj II	1952.	Elektroprojekt
HE Miljacka (obnova)	1955.	Elektroprojekt
CHE Fužine	1957.	Elektroprojekt
HE Gojak	1959.	Elektroprojekt
HE Peruća	1960.	Elektroprojekt
HE Zakućac (prva i druga faza)	1961./1981.	Elektroprojekt: nositelj projekta, projekta prve faze u cjelosti i hidrograđevinskog dijela druge faze Projektne biro Split - elektrostrojarski dio druge faze
HE Senj	1965.	Elektroprojekt: nositelj projekta, koncepcije postrojenja i svih projekata, osim nasutog dijela brane Sklope i nasipa Gusić polje Geoexpert - nasuti dio brane Sklope i nasipi Gusić polja
HE Dubrovnik	1965.	-
HE Rijeka	1968.	Elektroprojekt
HE Sklope	1970.	Elektroprojekt: nositelj projekta, koncepcije postrojenja i svih projekata, osim nasutog dijela brane Sklope Geoexpert: nasuti dio brane Sklope
HE Orlovac	1973.	Elektroprojekt, Geoexpert, Zavod za vodoprivredu Sarajevo, Projektne biro Split, Energoinvest-Sarajevo
HE Varaždin	1975.	Elektroprojekt Suradnici: Građevinski fakultet u Zagrebu, Institut <i>Geoexpert</i> , Institut <i>građevinarstva Hrvatske</i>
HE Golubić	1981.	Elektroprojekt
HE Čakovec	1982.	Elektroprojekt Suradnici: Građevinski fakultet u Zagrebu i Splitu, Institut <i>Geoexpert</i> , Institut <i>građevinarstva Hrvatske</i>
RHE Velebit	1984.	Elektroprojekt: nositelj projekta i hidrograđevinskog dijela Projektne biro Split: elektrostrojarski dio Geoexpert: nasute građevine
HE Lepenica	1987.	Elektroprojekt
MHE Krčić	1988.	Elektroprojekt
HE Dubrava	1989.	Elektroprojekt Suradnici: Građevinski fakultet u Zagrebu i Splitu, Institut <i>Geoexpert</i> , Institut <i>građevinarstva Hrvatske</i>
HE Đale	1989.	Elektroprojekt: nositelj posla, koncepcije i hidrograđevinskog dijela projekta Projektne biro Split: elektrostrojarski dio Geoexpert: otješnjenje akumulacije
HE Lešće	2010.	Institut građevinarstva Hrvatske, Elektroprojekt, Projektne biro Split

vodama te na višenamjenskom pristupu. Naprimjer, izgrađeni sustavi:

- na rijeci Cetini uključuju zaštitu od poplava, pouzdanu vodoopskrbu turističkog područja Dalmacije i otoka u sušnome razdoblju te omogućuju razvoj poljoprivrede zaštićujući polja od poplava te osiguravajući vodu za navodnjavanje;

- na Lici i Gackoj omogućuju zaštitu od poplava te pouzdanu vodoopskrbu turističkog područja Primorja i otoka u sušnome razdoblju;
- na rijeci Dravi omogućuju zaštitu od poplava i kontroliranu odvodnju zaobalnih voda te stvaraju uvjete za navodnjavanje, vodoopskrbu, ra-

- zvoj sporta, rekreacije i izletništva;
- HE Vinodol i HE Gojak stvaraju uvjete za pouzdanu vodoopskrbu, uzgoj riba, razvoj turizma, sporta rekreacije i izletništva na jezerima Lokvarka, Bajer i Sabljaci, gdje su izgrađena i vikendaška naselja te je porasla vrijednost zemljišta.

Prikaz hidroenergetskih sustava i hidroelektrana u Hrvatskoj koje je osmišljavao *Elektroprojekt*

Hidroenergetski sustav Vinodol

Hidroenergetski sustav Vinodol obuhvaća vodotoke Ličanku, Lokvarku, Križ potok, Potkoš, Benkovac i Potok pod grobljem. Energetski potencijal tih vodotoka koristi se na glavnoj stepenici u HE-u Vinodol, smještenoj u Vinodolskoj dolini na 56,50 m n.m. Osnovna su svojstva toga hidroenergetskog sustava velika visinska razlika između slivnoga područja vodotoka i položaja strojarnice te relativno male raspoložive količine vode koje imaju znatne varijacije protoka tijekom godine.

Osnovna su svojstva hidroenergetskog sustava Vinodol velika visinska razlika između slivnoga područja vodotoka i položaja strojarnice te relativno male raspoložive količine vode koje imaju znatne varijacije protoka tijekom godine

Rad na projektu hidroelektrane Vinodol, koji je započet još 1938., uz izmijenjenu koncepciju rješenja, nastavljen je 1945. u sklopu generalne direkcije *Elektroprivrede NRH*, a od 1. travnja 1946. u novoosnovanome poduzeću za građenje i projektiranje hidroelektrana *Hidroelektra*. U sklopu *Hidroelektra* projektantska skupina od 12 članova izradila je generalni projekt HE Vinodol, a započela je i neke druge studije i projekte (Zavrelje, Ozalj, Cetina). U siječnju 1948. tada već 16 suradnika iz građevinskog poduzeća *Hidroelektra* prelazi u *Inženjerski projektni zavod*, a iz njega u *Hidroelektroprojekt*. Ta skupina inženjera i tehničara koja je preuzela i razradila projekt HE Vinodol i HE Zavrelje kao prve hidroelektrane izgrađene nakon Drugog svjetskog rata



Akumulacija i brana Lokvarka i strojarnica HE-a Vinodol

postavila je temelje razvoja *Elektroprojekta*. Izgradnja HE Vinodol snage 84 MW i proizvodnje 183 GWh dovršena je 1952. godine. Poslije, radi boljeg korištenja voda tog sustava, *Elektroprojekt* projektirao je i prvu crpna elektranu CHE Fužine koja je izgrađena 1957., a 1987. u sustavu izgrađeni su akumulacija i RHE Lepenica, koji su također zamislili i projektirali stručnjaci *Elektroprojekta*.

Osnovna koncepcija tehničkog rješenja hidroenergetskog sustava Vinodol temelji se na zahvaćanju voda rijeke Lokvarke u akumulacijskome jezeru Lokvarka i zahvaćanju voda rijeke Ličanke u akumulacijskome jezeru Bajer, na izgradnji spojnoga tunela između tih dvaju jezera i derivacijskog dovoda od jezera Bajer do strojarnice HE Vinodol u Vinodolskoj dolini. Akumulacijsko jezero Lokvarka formirano je nasutom branom visine 48 m, najvećeg radnog uspora 772 m n.m. i korisne zapremnine $35,3 \times 10^6 \text{ m}^3$, što omogućuje višegodišnje izravnavanje rijeke Lokvarke. Akumulacijsko jezero Bajer formirano je izgradnjom betonske gravitacijske brane visine 10,5 m iznad terena. To je jezero najniže akumulacijsko jezero u hidroenergetskome sustavu Vinodol. Zbog geoloških uvjeta najveći radni uspor ograničen je na kotu 717 m n.m., a korisna zapremnina jezera iznosi $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, pa ono nema dovoljnu zapremninu za godišnje izravnavanje protoka Ličanke.

Osnovna koncepcija tehničkog rješenja hidroenergetskog sustava Vinodol temelji se na zahvaćanju voda rijeke Lokvarke u akumulacijskome jezeru Lokvarka i zahvaćanju voda rijeke Ličanke u akumulacijskome jezeru Bajer

Jezera Lokvarka i Bajer međusobno su spojeni tunelom dužine 3456,5 m i čeličnim tlačnim cjevovodom. Da bi se omogućilo bolje iskorištavanje vodnih količina Ličanke, izgrađena je crpna hidroelektrana Fužine, koja višak vode Ličanke prebacuje u jezero Bajer pa na taj način to jezero djelomično regulira i vodne količine Ličanke. U razdoblju malih protoka iz jezera Lokvarka voda koja je energetski iskorištena u crpnoj hidroelektrani Fužine stiže u jezero Bajer i dalje derivacijskim dovodom na glavnu stepenicu, strojarnicu HE Vinodol. CHE Fužine u turbinskom radu koristi bruto pad od 49 m i uz instalirani protok $9,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ima snagu od 4,6 MW. Srednja godišnja proizvodnja CHE Fužine iznosi 6,7 GWh.

Na lijevoj boku jezera Bajer smještena je ulazna građevina kao početak tlačnog dovoda za strojarnicu HE Vinodol. Tlačni dovod ukupno je dug oko 10,5 km, a sastoji se od ukopanoga armiranobetona-



RHE Lepenica

skog cjevovoda, tlačnog tunela s vodom i zasunskom komorom i čeličnoga tlačnog cjevovoda. Strojarnica je smještena u podzemnoj kaverni i ima ugrađene tri proizvodne jedinice koje koriste vodu na bruto padu od 658 m i uz instalirani protok od 16,7 m³/s ostvaruje snagu od 84 MW. Obnovom proizvodnih jedinica snaga je poslije povećana na 94,4 MW. Nakon što je 1952. HE Vinodol pušten u pogon, nastavilo se s izgradnjom toga hidroenergetskog sustava pa je 1955. s radom započela crpna stanica Lič koja energetske iskorištava vode Lič polja i potoka Potkoš. Voda iz strojarnice CS Lič prolazi kroz 180 m dug armiranobetonski cjevovod u glavni dovodni cijevni vod hidroelektrane. Za ubacivanje kubika vode u tlačni dovod utroši se oko 0,057 kWh, a u strojarnici u HE Vinodol tom se vodom proizvede 1,5 kWh. Prosječni godišnji doprinos tog objekta je oko 15,0 GWh. Godine 1956. pušten je u pogon CS Križ kojim se u jezero Lokvarka dovodi voda potoka Križ. Za akumuliranje kubi-

ka vode utroši se 0,056 kWh, a ta voda daje energiju od 1,6 kWh na dvije stepenice – Fužine i Vinodol. Energetski je doprinos tog objekta prosječno oko 12,6 GWh na godinu. Vode potoka Benkovac dovode se također u glavni dovodni cijevni sustav kanalom i cijevnim vodom

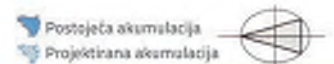
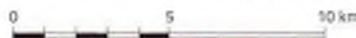
ukupne dužine 2357 m. Energetski je doprinos tog objekta oko 5,5 GWh. Godine 1975. na potoku Potkoš izgrađeno je akumulacijsko jezero zapremnine 331.000 m³, koje akumulira vode potoka Potkoš i betonskim kanalom dovodi ih do CS Lič koji ih ubacuje u glavni dovodni sustav. Doprinos je tog objekta 6 GWh. Nadvišenjem preljeva na brani Lokvarka 1976. zapremnina jezera povećana je za 4,5 x 10⁶ m³, što energetski znači povećanje za oko 8,8 x 10⁶ kWh.

Akumulacijsko jezero Lepenica zapremnine 5,67 x 10⁶ m³ s reverzibilnom hidroelektranom RHE Lepenica izgrađeno je 1987.

Akumulacijsko jezero Lepenica zapremnine 5,67 x 10⁶ m³ s reverzibilnom hidroelektranom RHE Lepenica izgrađeno je 1987. RHE Lepenica u turbinskom radu koristi neto pad od 12,22 m i uz instalirani protok 6,2 m³/s ima snagu od 0,8 MW. Tim je objektom povećan akumulacijski prostor u slivu Ličanke i poboljšana rad hidroenergetskog sustava Vinodol. Doprinos RHE Lepenice u sustavu Vinodol iznosi 11,1 GWh. Postoji i mogućnost daljnjeg povećanja vodnih količina za korištenje u tome hidroenergetskom sustavu izgradnjom jezera Križ, CS Lokve te sustava retencija i crpnih stanica u Crnome Lugu.

LEGENDA

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 CS Crni Lug - planirano | 10 Retencija Potkoš |
| 2 CS Tomac - planirano | 11 CS Lič |
| 3 CS Križ | 12 CS Potkobiljak - planirano |
| 4 Akumulacijsko jezero Lokvarka | 13 HE Vinodol |
| 5 CS Lokve - planirano | 14 PAHE Vinodol II - planirano |
| 6 CHE Fužine | 15 Donji bazen - planirano |
| 7 Akumulacijsko jezero Lepenica | 16 Gornji bazen - planirano |
| 8 CHE Lepenica | 17 CS Trišćak |
| 9 Akumulacijsko jezero bajer | 18 HE Kačjak - planirano |
| | 19 Jadransko more |



Situacija sustava hidroenergetskog korištenja u slivu rijeka Ličanke i Lokvarke



HE Zavrelje



HE Ozalj

Vode energetski iskorištene u HE Vinodol odlaze potokom Dubračina u Jadransko more.

Hidroelektrana Zavrelje, Ozalj II. i obnova hidroelektrane Miljacka

Projektantska skupina iz koje je potekao *Elektroprojekt* i koja je izradila generalni projekt HE Vinodol započela je i neke druge studije i projekte. Ta skupina inženjera i tehničara uz projekt HE Vinodol izradila je i projekt HE Zavrelje. Tako je u 50-im godinama 20. stoljeća *Elektroprojekt*, osim što je u pogon puštao HE Vinodol, radio i na projektu HE Zavrelje, izgradnji HE Ozalj II. i obnovi HE Miljacka.

HE Zavrelje nalazi se u Župi Dubrovačkoj i koristi vode iz dijela sliva rijeke Trebišnjice koje podzemnim putem stižu do mora. HE Zavrelje izgrađen je 1952. i predstavlja početak korištenja hidroenergetskog potencijala na dubrovačkome području. Ta derivacijska hidroelektrana koristi bruto pad od 76 m i uz instalirani protok od 3 m³/s ima snagu od 1,9 MW te ostvaruje prosječnu proizvodnju od 4,5 GWh na godinu.

HE Ozalj I. jedna je od najstarijih hidroelektrana u Hrvatskoj i najstarija u njezinoj kontinentalnoj dijelu. Izgrađena je 1908. za potrebe rasvjete grada Karlovca pod nazivom *Munjara grada Karlovca*. U prvoj fazi ugrađene su dvije proizvodne jedinice, a treća je izgrađena 1913., pa je ukupna snaga elektrane u to vrijeme iznosila 3,3 MW. HE Ozalj I. smješten je

na desnoj obali rijeke Kupe, a nasuprot, na lijevoj obali, nalazi se HE Ozalj II. koji su projektirali stručnjaci *Elektroprojekta* i koji je i izgrađen 1952. godine. HE Ozalj II. ima dvije proizvodne jedinice ukupne snage 2,2 MW.

Godine 1906. na rijeci Krki izgrađena je hidroelektrana Miljacka koja je služila za snabdjevanje energijom industrije Šibenika. HE Miljacka koristi visinsku razliku od 105 m, koja je nastala kod četiri vodopada Brljana, Manojlovca, Rošnjaka i Miljacke. Instalirana snaga iznosila je 17,6 MW pri instaliranome protoku od

24 m³/s. U razdoblju od 1952. do 1956. izvedena je temeljita rekonstrukcija HE Miljacka, koju je planirao i projektirao *Elektroprojekt*. Ugrađene su nove turbine i novi generatori s pripadnim visokonaponskim postrojenjem. Zahvat vode postignut je izgradnjom brane visine 115 cm, koja tvori jezero Brljan za dnevno izravnavanje protoka, a omogućuje usmjeravanje vode prema ulaznoj građevini dovodnog tunela. Tunel dužine 1620 m sa slobodnim vodnim licem dovodi instalirani protok od 24 m³/s do tlačnih cjevovoda i strojarnice. Godine 1906. HE Mi-



HE Miljacka



HE Gojak – akumulacija Sabljaci i strojarnica HE Gojak

ljacka imao je četiri agregata s turbinama Francis s dvostrukim rotorom snage 4,5 MW i 420 o/min te generatorom snage 4,4 MW i napona 30 kV. Nakon rekonstrukcije u razdoblju 1952. – 1956. ostao je samo jedan izvorni agregat, a ostala tri zamijenjena su novima veće snage. Ugrađene su turbine snage 6,7 MW i generatori snage 8 MW. Svi građevinski objekti izgrađeni 1906. (brana, vodna komora, zgrada strojarnice, brzotok i temelji agregata) izgrađeni su od kamena s vezivom od krečnog morta. Cement je jedino korišten za zalijevanje temeljnih vijaka agregata. Ti su objekti i danas u izvornome obliku, osim brane koja je 1956. povišena za 85 cm.

Danas HE Miljacka ima ukupni instalirani protok od 30 m³/s i ostvaruje snagu od 24 MW te proizvodnju od 116 GWh.

Hidroelektrane Gojak i Lešće

Rijeka Kupa izvire na sjeveroistočnoj padini Risnjaka i utječe u rijeku Savu kod Siska. Ogulinska Dobra i Zagorska Mrežnica koje pripadaju slivu Kupe u prirodnom su stanju ponornice koje poniru u ogulinsko-oštarijskoj krškoj zaravni na nadmorskoj visini od 325 m i imaju velik srednji godišnji protok. Srednji godišnji protok Zagorske Mrežnice iznosi 21,50

m³/s, a Ogulinske Dobre 9,7 m³/s. Nakon poniranja i kratkoga podzemnog toka izviri kao stalni vodotoci Gojačka Dobra i Zvečajska Mrežnica. Na tome kratkom podzemnom putu svladavaju visinsku razliku veću od 130 m te su povoljne za energetske korištenje.

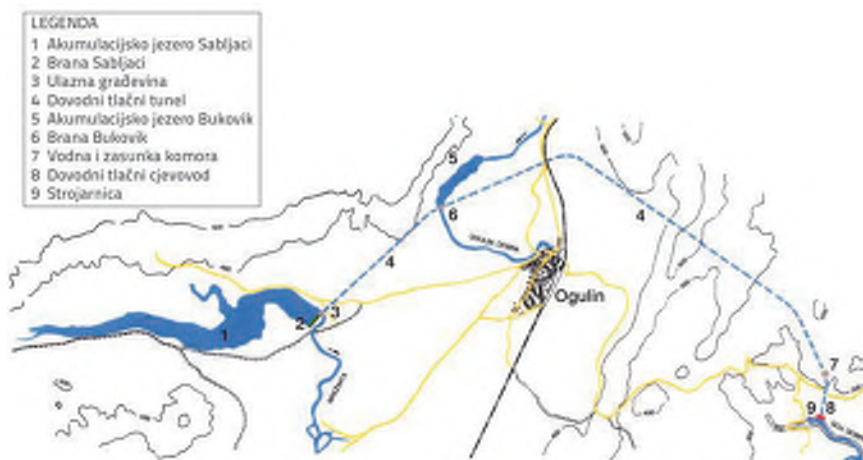
Na cijelome slivu do danas su izgrađene hidroelektrane Zeleni vir, Ozalj I. i Ozalj II., Gojak i Lešće.

Godine 1959., na temelju zamisli i projekata *Elektroprojekta*, u blizini Ogulina izgrađen je HE Gojak koji koristi vode Ogulinske Dobre i Zagorske Mrežnice instalirane snage 48 MW i proizvodnje 195,4 GWh

U *Elektroprojektu* razmatrano je korištenje voda slivova Gojačke Dobre i Zagorske Mrežnice te je postavljeno rješenje za energetske korištenje u smjeru Gojačke Dobre. Godine 1959., na temelju zamisli i projekata *Elektroprojekta*, u blizini Ogulina izgrađen je HE Gojak koji koristi vode Ogulinske Dobre i Zagorske Mrežnice instalirane snage 48 MW i proizvodnje 195,4 GWh. Osnovna je koncepcija rješenja pregrađivanje Zagorske Mrež-

nice, prevođenje njezinih voda tlačnim tunelom do zahvata Dobre te tlačnim tunelom i tlačnim cjevovodom dovođenje voda obiju rijeka 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. Ogulinska Dobra pregrađena je betonskom branom Bukovnik, visine 13 m, korisnog volumena 0,2 mil. m³, u čijemu se temelju nalazi tlačni tunel koji iz jezera Sabljaci dovodi vode Zagorske Mrežnice. U akumulacijskome 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 je dužina tunela 9386 m, promjer 4,5 m, a propusna moć 50 m³/s. Iza zasunske komore voda se čeličnim tlačnim cjevovodom dovodi do strojarnice u kojoj su smještene tri proizvodne jedinice s turbinama Francis, instaliranog protoka 50 m³/s, maksimalnog neto pada 118 m i instalirane snage 16,8 MW.

Razmatranje korištenja energetske potencijala rijeke Dobre nakon korištenja



Situacija HE Gojak

na HE Gojak provedeno je u studijama i projektima koje je izradio *Elektroprojekt*. Studije koje su razmatrale energetska korištenja sliva Kupe 80-ih godina 20. stoljeća i u sklopu višenamjenskoga sagledavanja sliva Kupe u Kompleksnome uređenju sliva Kupe, koje je vodio *Elektroprojekt*, rezultiralo je postavljanjem rješenja koje je predviđalo energetska korištenja toka Dobre nizvodno od HE Gojak, na energetske stepenice HE Lešće. HE Lešće jedina je hidroelektrana izgrađena nakon Domovinskog rata. Puštena je u pogon 2010. godine. Izgradnjom brane formira se akumulacijsko jezero korisnog volumena 17,2 mil. m³, s maksimalnim radnim vodostajem koji seže do strojarnice HE Gojak. Hidroelektrana je pribranska, koja uz instalirani protok od 120 m³/s i neto pad od 38,18 m ima instaliranu snagu od 42,29 MW i ostvaruje prosječnu proizvodnju od 106 GWh na godinu. U sklopu elektrane ugrađen je i agregat za biološki minimum instaliranog protoka od 2,7 m³/s.

Hidroenergetski sustav rijeke Cetine

Cetina je izrazito krška rijeka, koja je sa svojim topografskim smještajem i raspoloživim vodnim količinama, zajedno s vodotocima svojega šireg sliva, velik energetska potencijal. Sama rijeka Cetina izvire iz nekoliko jakih krških vrela u podnožju Dinare, na sjevernome 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 trećine koncentrirano na slapovima Gubavica.

Slivno poručje rijeke Cetine
obuhvaća i krška polja
jugozapadne Bosne – Livanjsko
s Buškim blatom, Duvanjsko,
Šujičko, Kupreško i Glamočko,
koja se nalaze na visinama od
700 do 1200 m n.m.

Slivno poručje rijeke Cetine obuhvaća i krška polja jugozapadne Bosne – Livanjsko s Buškim blatom, Duvanjsko, Šujičko, Kupreško i Glamočko, koja se nalaze na visinama od 700 do 1200 m n.m. Površina sliva Cetine iznosi oko 4160 km². Cetina je rijeka bujičnoga 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 njezino bujično svojstvo. Međutim, zbog nepovoljnoga je rasporeda oborina u prirodnom stanju dolazilo do povremenoga plavljenja dijelova krških polja u vrijeme kada je dotok premašivao kapacitet propuštanja podzemnih putova.

Već 1912. izgrađen je HE Kraljevac, koji koristi pad slapa Gubavice. Slap je najvažniji koncentrirani energetska potencijal Cetine i nalazi se u njezinome donjem toku. Hidroelektranom Kraljevac iskorišten je najveći pojedinačni pad korita rijeke Cetine, ali se pritom nije vodilo računa o iskoristivosti cijeloga vodotoka ni o vodnome izravnjanju. Posljedica takvog pristupa bila je neujednačena proizvodnja energije, koja je bila uzrokovana neujednačenim protokom Cetine tijekom godine, što je sa stajališta potrošnje nije bilo prihvatljivo. Stručnjaci *Elektroprojekta* su nakon opsežnih hidroloških, geoloških i hidrogeoloških studija postavili koncepciju vodoprivredno-energetskoga korištenja sliva rijeke Cetine, koja se sastoji od obrane od poplava i natapanja kraških polja te energetske korištenja voda na energetske stepenicama do Jadranskog mora. Kao energetska i ekonomski najbolje nametnulo se rješenje izgradnje nekoliko velikih daljinskih akumulacijskih jezera u gornjemu toku Cetine, odnosno u krškim poljima njezina šireg sliva, kojima bi se postiglo izravnjanje dotoka vodotoka sliva Cetine i njihovo ujednačeno korištenje za proizvodnju električne energije tijekom cijele godine. Tako je nakon izgradnje HE Kraljevac 1912. sustavno korištenje sliva Cetine započeto tek planiranjem i izgradnjom akumulacije Peruća. Uz tu akumulaciju izgrađena je i hidroelektrana Peruća snage 41,6 MW i proizvodnje 120 GWh. Ta akumulacija omogućuje izravnjanje voda Cetine i njihovo kvalitetno korištenje na nizvodnoj energetske stepenici. Akumulacija Peruća, uključujući hidroelektranu, izgrađena je 1960. godine. Glavninu energije proizvodi HE Zakućac, čija je prva faza snage 216 MW puštena u pogon 1962. Godine 1981. dovršena je izgradnja druge faze, nakon koje je snaga te elektrane povećana na 486 MW i proizvodi 1770 GWh na godinu. Kasnije, 1989., na Cetini je na relaciji između HE Peruća i brane Prančevići, na mjestu zahvata za korištenje na HE Zakućac, pušten u pogon i HE Đale snage 40,8 MW i proizvodnje 157 GWh. Na području tog sliva 1973. izgrađen je HE Orlovac sna-

ge 237 MW i proizvodnje 440 GWh, koji koristi vode šireg područja sliva Cetine, koje uključuje Livanjsko polje i Buško blato. Kako u zamisli koncepcije cjelokupnog sustava, tako i u svim pojedinačnim projektima sudjelovali su stručnjaci *Elektroprojekta* samostalno ili zajedno sa stručnjacima iz drugih projektnih tvrtki.

Akumulacija Peruća pionirski je poduhvat inženjera Elektroprojekta kojim je u kanjonu Cetine, uzvodno od Hrvatačkog polja, ostvareno prvo akumulacijsko jezero u krškome terenu

Akumulacija *Peruća* pionirski je poduhvat inženjera *Elektroprojekta* kojim je u kanjonu Cetine, uzvodno od Hrvatačkog polja, ostvareno prvo akumulacijsko jezero u krškome terenu. Korisni volumen jezera od oko 36 posto srednjega godišnjeg volumena dotoka znatno utječe na izravnjanje protoka Cetine na nizvodnim energetske stepenicama od Sinjskog polja do Jadranskog mora. U doba kada se pristupilo planiranju i provedbi te akumulacije vladalo je mišljenje da se usporavanje vode kod akumulacija u krškome terenu ne može ostvariti. Također se smatralo to da bi potapanje krških izvora uzrokovalo da oni izgube vodu. Neuspjesi kod ostvarivanja takvih rješenja uzimani su kao dokaz takvog stava, umjesto da

se takvi neuspjesi pripisuju rješenjima koja su donesena bez odgovarajućih geoloških i geotehničkih podloga. Prilikom pristupanja istražnim radovima trebalo je u stručnim krugovima savladati nevjericu u mogućnost njezina ostvarenja. Štoviše, nije se vjerovalo ni u uspješnost istražnih radova u takvu tlu, pozivajući se na iznesene bojazni te na tadašnji pristup i interpretaciju postavki o nesuvislosti gibanja vode u krškome podzemlju. U sklopu planiranja realizacije akumulacije *Peruća* osmišljen je i postavljen pristup temeljen na geološkim i hidrogeološkim istraživanjima. Rezultati tih istraživanja bili su osnovica svih daljnjih provedenih istraživanja za ispitivanje mogućnosti ostvarenja te akumulacije u krškome



Izgradnja brane Peruća



Stručnjaci *Elektroprojekta* (ing. Pavlin, ing. Žugaj i ing. Čalogović) na izgradnji brane Peruća

tlu i za donošenje tehničkog rješenja za njezino otješnjenje. Akumulacija Peruća, unatoč svim nevjericama, uspješno je ostvarena i pri usporu od 60 m ostvaruje akumulaciju volumena 541 mil. m³ kojom omogućuje vodno izravnjanje za korištenje energetskog potencijala Cetine, a ujedno štiti od poplava nizvodno Hrvatačko i Sinjsko polje s više od 15.000 ha. Pristup istraživanjima i iskustvo stečeno na tome objektu bili su temelj za uspješnu realizaciju kasnijih akumulacija u kršu Hrvatske i drugdje u svijetu.

Koncentracija pada ostvarena izgradnjom brane Peruća koristi se u pribranskoj hidroelektrani Peruća koja na bruto padu od 57 m, uz instalirani protok $Q_i=120 \text{ m}^3/\text{s}$ ostvaruje instaliranu snagu od $P_i = 41,6 \text{ MW}$ i prosječnu godišnju proizvodnju od 120 GWh. Obnovom 2008. snaga elektrane povećana je na 60 MW. Izgradnja brane s pripadajućim objektima dovršena je 1960. i do 1993. vrlo je uspješno obavljala svoju funkciju, iako su je u razdoblju od 1991. do 1993. okupirali bivša Jugoslavenska narodna armija i srpske paravojne snage. Dana 23. siječnja 1993. brana Peruća postala je poznata širom svijeta i ušla u svjetske anale. Toga dana u 10.48 sati bivša Jugoslavenska narodna armija i srpske paravojne snage minirali su branu. Brana je teško oštećena, ali nije srušena. Istoga dana Hrvatska vojska oslobodila je branu, otvoren je temeljni ispušt i aku-

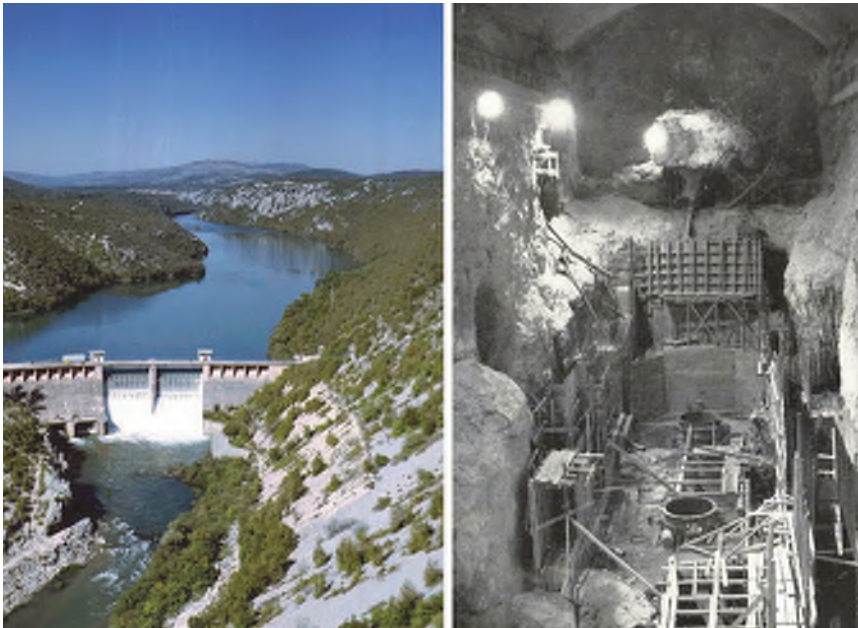
mulacijsko jezero počelo se prazniti. Na taj je način spriječeno moguće ispiranje materijala tijela brane i njezino rušenje. Strojarnica i rasklopno postrojenje bili su poplavljeni i djelomično oštećeni. Ubrzo nakon toga krenulo se sa sanacijom brane i osposobljavanjem elektrane za proizvodnju. Projekt sanacije izradio je i vodio *Elektroprojekt*. Elektrana je u kratkome vremenu osposobljena za proizvodnju pa je sa smanjenom snagom proizvodila energiju gotovo cijelo vrijeme radova na sanaciji brane. Razina jezera u to vrijeme

ovisila je o tijeku radova na sanaciji brane. Osnovna koncepcija sanacije brane bila je da se uklone i u cijelosti obnove bokovi i gornji dio brane u visini od 5 do 10 m, potpuno obnovi injekcijska galerija, a u središnji dio brane ugradi vodonepropusna dijafragma koja je trebala preuzeti funkciju oštećene glinene jezgre. Osim toga brana je povišena za 1,5 m u odnosu na izvornu branu, a samim time povećan je i najviši radni vodostaj, pa ju na taj način dobivena dodatna 24 mil. m³ akumulacijskog prostora. Brana Peruća obnovljena je i puštena u pogon 29. svibnja 1996. godine. Danas akumulacijsko jezero ima korisni volumen od 565 mil. m³ kod najvišega radnog vodostaja na koti od 361,50 m n.m. Akumulacija ima najvišu poplavnu razinu od 362 m n.m.

Osnovna koncepcija sanacije brane bila je da se uklone i u cijelosti obnove bokovi i gornji dio brane u visini od 5 do 10 m, obnovi injekcijska galerija, a u središnji dio ugradi vodonepropusna dijafragma koja je trebala preuzeti funkciju oštećene glinene jezgre



HE Đale



Zakučac – brana Prančevići i izgradnja strojarne HE Zakučac

Na gornjemu horizontu Livanjskog polja i Buškog blata formirano je akumulacijsko jezero Buško blato, korisnog volumena od 782 mil. m³. Akumulirane vode iz akumulacije Buško blato kanalima se uvode u akumulaciju Lipa korisnog volumena 1,38 mil. m³, koja je 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 $Q_i = 70 \text{ m}^3/\text{s}$ te na bruto padu od 403,7 m daje instaliranu snagu $P_i = 237 \text{ MW}$ i prosječnu godišnju proizvodnju od 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 akumulacijsko jezero korisnoga volumena od 2,6 mil. m³. Koncentracija pada ostvarena izgradnjom brane koristi se u pribranjskoj hidroelektrani Đale, čija je strojarica također dio usporne građevine. Hidroelektrana Đale ima instalirani protok $Q_i = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ te uz bruto pad od 21 m ostvaruje instaliranu snagu $P_i = 40,8$

izgradnjom brane Prančevići, kompenzacijski je bazen za hidroelektranu Zakučac. Iz akumulacije Prančevići voda se dovodi na turbine hidroelektrane Zakučac kroz dva dovodna tlačna tunela dužine 9876 m (desni tunel) i 9894 m (lijevi tunel) te kroz dva tlačna cjevovoda dužine po 289 m. Instalirani protok hidroelektrane Zakučac iznosi $220 \text{ m}^3/\text{s}$ te uz bruto pad od 270 m ima instaliranu snagu od 486 MW i ostvaruje prosječnu godišnju proizvodnju od 1770 GWh. Obnovom proizvodnih jedinica snaga te hidroelektrane povećana je na više od 500 MW.

Na kraju dovodnih tunela, u zasunskoj komori HE Zakučac nalazi se zahvat za regionalni vodoopskrbni sustav Omiš – Brač – Hvar – Šolta – Vis, planiranog kapaciteta od 630 l/s.



Situacija sustava hidroenergetskog korištenja u slivu rijeke Cetine

MW i srednju godišnju proizvodnju $E = 157 \text{ GWh}$.

Neposredno nizvodno od brane Đale počinje akumulacijsko jezero Prančevići, korisnog volumena 6,8 mil. m³. Akumulacijsko jezero Prančevići, koje je nastalo

Hidroenergetski sustav Senj

Zamisao o korištenju voda rijeka Like i Gacke datira s početka 20. stoljeća. Godine 1922. postavljena su prva rješenja kojima se planiralo zajedničko korištenje tih



HE Sklope – izgradnja

vodotoka, no tek nakon 1953. pristupilo se sustavnijemu i organiziranijemu radu na postavljanju i izradi rješenja, u čemu je glavnu ulogu imao *Elektroprojekt*.

Rijeka Lika izraziti je bujični vodotok koji je u prirodnome stanju, prije izgradnje HES Senj, ponirao u Lipovome polju na oko 480 m n.m. Rijeka Gacka jest vodotok s prirodno izravnanim vodnim režimom, koja je u prirodnome stanju ponirala u Gackome polju u niz ponora na oko 430 m n.m.

Hydroenergetski sustav Senj koristi hidroenergetski potencijal rijeka Like i Gacke na padu od 437 m od Ličke visoravni do Jadranskog mora. Vode rijeke Like bujičnog su karaktera te ih je za korištenje potrebno izravnati, dok su vode rijeke Gacke uglavnom ujednačene. U tome sustavu akumulacija Kruščica omogućuje izravnanje voda Like koje se zatim, zajedno s vodama Gacke, sustavom kanala i tunela dovode na HE Senj, koji je izgrađen 1965. godine. Uz akumulaciju Kruščica 1970. izgrađena je i pribranska hidroelektrana Sklope.

Osnovna je koncepcija hidroenergetskog sustava Senj prevođenje vode rijeke Like u rijeku Gacku, dovođenje zajedničkim derivacijskim sustavom kroz Gacko polje i Velebit, na njegovu primorsku stranu, te energetska korištenje u hidroelektrani Senj na najvećemu bruto padu od 437 m. HE Senj uz instalirani protok od $60 \text{ m}^3/\text{s}$ daje snagu od 216 MW i proizvodnju

glavnine energije od 972,0 GWh u tom sustavu.

Za izravnanje voda Like izgrađena je nasuta brana Sklope visine 81 m, koja formira jezero Kruščica korisne zapremnine $128 \times 10^6 \text{ m}^3$, i to kod najvećega radnog vodostaja 554 m n.m. Koncentracija pada stvorena branom Sklope koristi se u istoimenoj pribranskoj elektrani. HE Sklope koristi bruto pad od 69,5 m i uz instalirani protok od $45 \text{ m}^3/\text{s}$ ostvaruje snagu od 22,5 MW i proizvodi energiju od 85 GWh.



HE Sklope

Energetski iskorištena voda Like u hidroelektrani Sklope teče svojim koritom do betonske gravitacijske brane Selište visine 13,5 m, kojom je korito Like pregrađeno prema ponorima na krajnjemu zapadnome dijelu Lipova polja. Velike vode Like prelijevaju se preko brane Selište i otječu prema ponorima u Lipovu polju. Uz branu izgrađena je ulazna građevina gravitacijskog tunela Lika – Gacka kojim se vode Like prebacuju u sliv Gacke i spajaju s vodom Gacke u čvorištu Šumečica. Tunel je dug 10,5 km i protočnog kapaciteta od $49 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vode Gacke do čvorišta Šumečica dovode se njezinim prirodnom koritom, koje je od nasute brane Vivoze, visine 8,5 m, regulirano za velike vode. Branom Vivoze pregrađen je sjeverni krak toka Gacke te se sva njezina voda, osim biološkog minimuma, dovodi do čvorišta Šumečica. Velike vode Gacke, koje ne mogu biti energetska iskorištene, prelijevaju se preko brane Šumečica i poniru u Donjem švičkom jezeru. Od čvorišta Šumečica vode Like i Gacke zajedno teku derivacijskim dovodom do kompenzacijskog bazena Gusić polje. Dovod se sastoji od kanala Šumečica – Gornja Švica dužine 1500 m i trapeznoga poprečnog presjeka. Na taj se kanal nadovezuje gravitacijski tunel potkovastog presjeka Gornja Švica

LEGENDA

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Akumulacijsko jezero Kruštica | 9 Kanal Marasi - Gusić Polje |
| 2 Brana i HE Sklope | 10 Kompenzacijski bazen Gusić Polje |
| 3 Brana i ulazna građevina Selšite | 11 Tunal Gusić Polje - Hrmatine |
| 4 Tunal Lika - Gačka | 12 Vodna komora |
| 5 Regulirano korito Gačke | 13 Zasunska komora i tlačni cjevovod |
| 6 Brana Šumečica | 14 Hidroelektrana Senj |
| 7 Kanal Šumečica - Gornja Švica | 15 Odvodni tunel i izlazna građevina |
| 8 Tunal Gornja Švica - Marasi | 16 Jadransko more |



Situacija sustava hidroenergetskog korištenja u slivu rijeka Like i Gačke

– Marasi dužine 9216 m te kanal Marasi dužine 1993 m i trapeznog oblika. Cijeli derivacijski dovod od Šumečice do Gusić polja ima protočni kapacitet od 60 m³/s. Kompenzacijski bazen Gusić polje korisne je zapremnine od 1,3 x 10⁶ m³ pri najvećem radnom vodostaju od 436,5 m n.n.m. i služi za dnevno reguliranje protoka za HE Senj. Na zapadnome dijelu bazena nalazi se ulazna građevina tlačnog tunela Gusić polje – Hrmatine, koji je dug 13574 m i koji dovodi vodu do vodne i zasunske komore, gdje počinje tlačni cjevovod HE Senj. Tlačni je cjevovod podzemni i njime se voda dovodi do strojarnice HE Senj, koja je smještena u podzemnoj kaverni na obali Jadranskog mora.

Na kraju dovodnog tunela, kod vodne komore nalazi se zahvat za vodoopskrbni sustav Hrvatskog primorja i otoka južno od Senja planiranog kapaciteta od 900 l/s.

O ulozi i veličini pothvata svjedoči i napis iz *Vjesnika* iz 1966. u kojemu stoji: Dovođenje HE Senj grandiozno je djelo naših graditelja i stručnjaka. U izgradnji je sudjelovalo desetak instituta i naučnih ustanova te više pojedinaca. Građevinske radove izvodilo je pet građevinskih poduzeća, a radilo je još petnaestak što manjih što većih kolektiva. Na gradilištu dugom oko 60 km radilo je od 1961. do danas neprestano 3000-4000 radnika. Za to vrijeme sagrađeno je 39,5 kilometara tunela, 11,4 km kanala i četiri brane.

U tunelima je iskopano 1.672.000 kubika kamena i zemlje, a u brane i nasipe ugrađeno je 1.800.000 kubika materijala. Osim toga upotrijebljeno je 395.000 kubika betona i 8.700.000 kilograma betonskog željeza. Ugrađena oprema teška je oko 4.500 tona. Osim toga, moralo se sa-

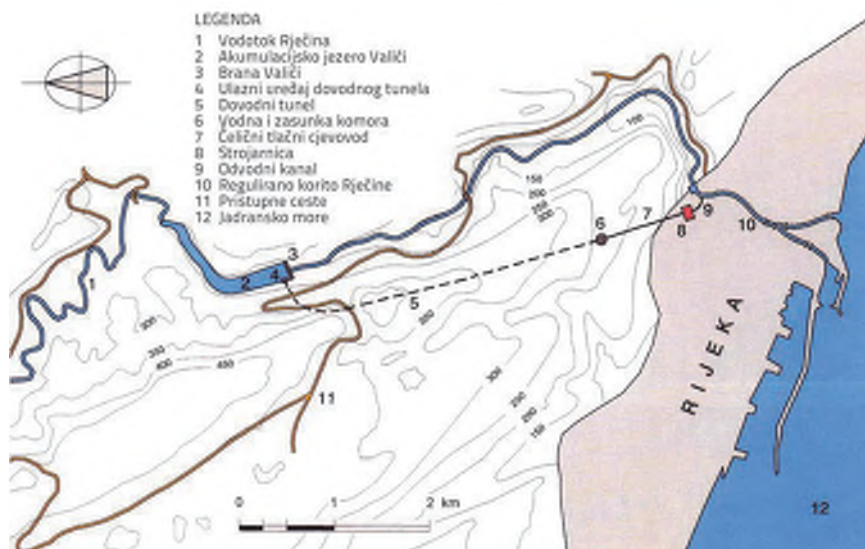
graditi 50 km pristupnih cesta 34 km vodovoda, 240 km dalekovoda i niz drugih objekata. Od cjelokupne opreme samo je 15 posto uvezeno iz inozemstva, iako je bilo predviđeno čak 38 posto.

Hidroelektrana Rijeka

Šezdesetih godina 20. stoljeća teška energetska situacija na tada jako industrijaliziranome području sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije pokrenula je izgradnju HE Rijeka. Strmi krški vodotok Rječina izvire na 326 m n.n.m. te nakon toka do samo 18 km utječe u Jadransko more u samome gradu Rijeci. Geološke i morfološke prilike omogućile su izgradnju akumulacijskog jezera relativno male zapremnine u najgornjemu dijelu toka Rječine, dok je pad koncentriran u donjem dijelu toka. Zamisao i projekt HE Rijeka djelo je *Elektroprojekta*, a elektrana je izgrađena 1968. godine. Ta hidroelektrana, smještena u blizini tada industrijskoga i prometnoga središta Rijeke, snage je oko 37 MW i proizvodi oko 98 GWh energije. HE Rijeka



Brana Valiči



Situacija HE Rijeka

koristi bruto pad od 228 m, uz instalirani protok od 21 m³/s. Bazen za dnevno reguliranje protoka korisne je zapremnine od 47.000 m³, a formiran je betonskom gravitacijskom branom Valiči, visine 35,5 m. Najveći radni uspor u bazenu je 229,5 m n.m. Tlačnim se tunelom promjera 3,20 m i dužine 3290 m voda dovodi do vodne i zasunske komore, gdje počinje kosi čelični tlačni cjevovod promjera od 2,3 do 2,2 m i dužine 803 m koji završava u podzemnoj strojarnici koja je odvodnim tunelom spojena s koritom rijeke Rječine na 5 m n.m.

Hidroelektrane na rijeci Krki i Butišnici

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. Duž svojega toka Krka prima niz velikih pritoka. Veći pritoci Krke jesu Krčić, Kosovčica, Orašnica, Butišnica, Miljacka, Čikola, Goduča i Rivina Jaruga. Osamdesetih godina 20. stoljeća *Elektroprojekt* radio je na vodoprivrednoj osnovi Krke i Zrmanje. Iako počeci energetskog korištenja Krke datiraju već od početka 20. stoljeća, vodoprivrednom osnovom planirano je sustavno korištenje voda vodotoka tog sliva. U tome razdoblju *Elektroprojekt* izradio je projekte, a poslije su izgrađeni HE Golubić i MHE Krčić kao prva faza HE Krčić, koja do danas nije ostvarena.

Na rijeci Butišnici, Krkinoj pritoci, kod Knina nakon Drugog svjetskog rata izgrađena je mala hidroelektrana Golubić snage 130 kW, koja je služila za potrebe sela Golubića. Godine 1981. prema projektu *Elektroprojekta* izgrađena je nova elektrana snage 7,5 MW. Izgrađeni su kompenzacijski bazen za izravnavanje dotoka od 0,187 mil. m³ na dan i derivacijski sustav koji čine otvoreni betonski kanal i čelični tlačni cjevovod. Novoizgrađeni HE Golubić koristi bruto pad od 64,22 m i uz instalirani protok 14 m³/s ostvaruje proizvodnju od 28,5 GWh.



HE Golubić

Godine 1988. na Krčiću izgrađen je MHE Krčić, koji je označio početak izgradnje HE Krčić. MHE Krčić koristi pad slapa Krčić od 40,46 m i uz instalirani protok od 1,0 m³/s ima snagu od 0,35 MW te ostvaruje proizvodnju od 2,0 GWh.

RHE Velebit

Na jugoistočnome dijelu Like već se 1955. započelo s prikupljanjem podataka i razmatranjem korištenja voda potoka koji su ponirali na rubu Gračačke visoravni, a 1961. završena je izrada osnovnoga projekta Hidroenergetski sustav Ričica – Zrmanja, što je bila osnova za daljnje planiranje izgradnje energetskih objekata na tome području, od kojih je do sada izgrađen RHE Velebit.

Gračačka visoravan obuhvaća područje krških polja Lovinca, Gračaca i Bruvna. Gračačka visoravan proteže se između 550 i 700 m n.m. s uzdignućima do 1000 m n.m., dok je sa zapada i juga od mora odijeljena planinskim lancem Velebita visine od 900 do 1600 m n.m. To je područje izrazito krško te ima sve karakteristike krša kao što su krška polja, vrtače, krška vrela, estavele i ponori. Na Gračačku visoravan dolaze vodotoci Ričica, Krivak i Otuča s Bašnicom, koji su se u prirodnome stanju, prije izgradnje RHE-a Velebit, gubili u



Strojarnica RHE Velebit



Spuštanje bunara strojarnice

ponorima duž južnog ruba Štikadskog i Gračačkog polja i izvivali uz obale rijeke Zrmanje, u njezinome donjem toku. Na sjeverozapadnome dijelu gornjeg platoa u području Raduč – Sv. Rok postoje još tri neovisna vodotoka, koji vodu dobivaju sa sjevernih padina Velebita. To su Opsenica s Radučicom, Krušnica i Holjevac. U prirodnom stanju, prije izgradnje RHE Velebit, ti su se vodotoci gubili u ponorima i izvivali na Jadranskoj obali, na području između Maslenice i Stariграда.

Idejni projekt koji je izradio *Elektroprojekt* razmatrao je klasičnu visokotlačnu elektranu s velikom akumulacijom od 115 km³ i reverzibilno postrojenje s manjim akumulacijama. Na temelju analiza donesena je odluka o izgradnji reverzibilne hidroelektrane koja radi kao klasična visokotlačna elektrana pri normalnim uvjetima te kao crpna koja vraća vodu iz donjeg bazena u gornji kada u sustavu postoji višak energije. Glavni je razlog za tu odluku bio noćni višak energije unutar sustava. Osim toga, na odluku su utjecali visoki troškovi izgradnje velikih akumulacija. *Elektroprojekt* je bio i nositelj projekta kod izgradnje i projektant hidrograđevinskog dijela u koji je uključeno i praćenje izazovnog pothvata izgradnje strojarnice. Reverzibilna hidroelektrana Obrovac, koja je poslije dobila naziv RHE Velebit, puštena je u pogon 1984. godine. RHE Velebit koristi vode vodotoka Ričice, Opsenice, Otuče i Krivka s Gračačke visoravni. Snaga te elektrane u turbinskome

radu iznosi 276 MW, a u crpnome 240 MW. Elektrana u turbinskome radu koristi bruto pad od 550 m i uz instalirani protok od 60 m³/s ostvaruje prosječnu proizvodnju od 430 GWh na godinu. S hidrograđevinskog stajališta elektrana se može podijeliti u četiri cjeline. To su gornja akumulacijska jezera, tlačni dovodni sustav, strojarnica s pratećim objektima i donje akumulacijsko jezero.

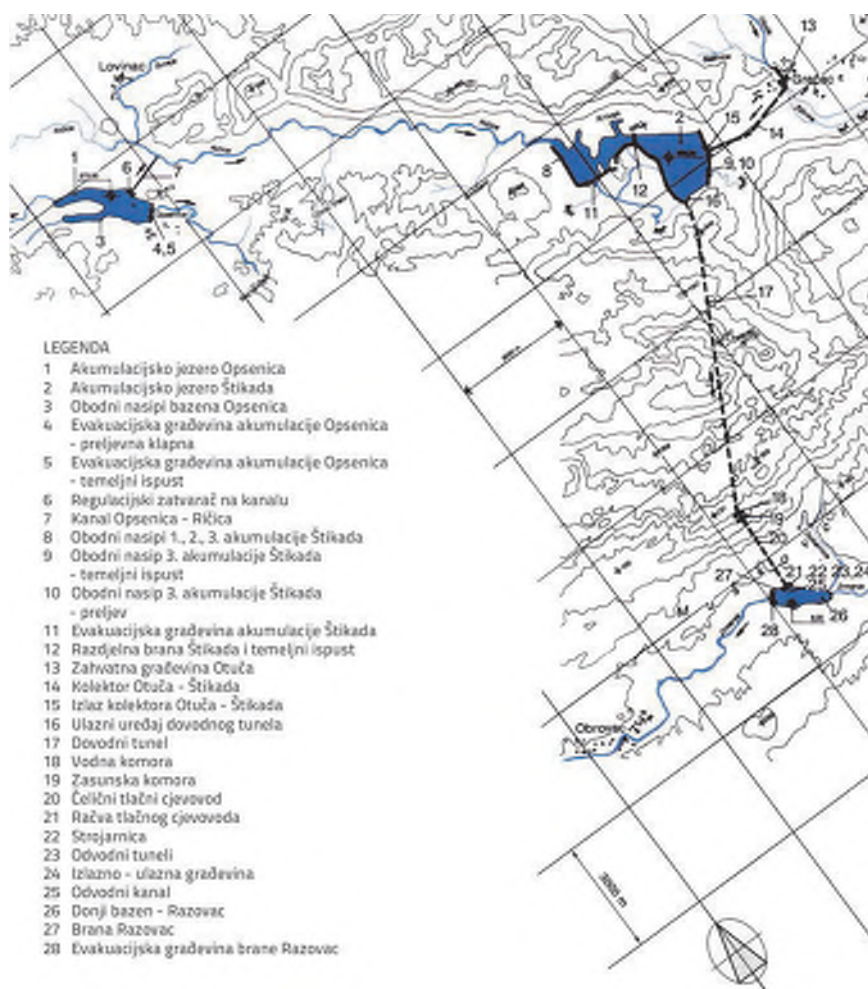
Elektroprojekt je bio i nositelj projekta kod izgradnje i projektant hidrograđevinskog dijela u koji je uključeno i praćenje izazovnog pothvata izgradnje strojarnice

Akumulacijsko jezero Štikada volumena 13,65 mil. m³ 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 volumena 2,7 mil. m³ koje je s vodotokom Ričice, koji utječe u jezero Štikada, povezano kanalom. U akumulacijsko jezero Štikada prebacuju se i vode vodotoka Otuča, i to kroz podzemni betonski tunel promjera 3,0 m i dužine 2825 m. Akumulacijsko jezero Štikada podijeljeno je razdjelnom branom na dva dijela: gornje i donje jezero. Gornje jezero bilo je zamišljeno kao rekreacijska zona u kojemu se za ljetnih

mjeseci trebala održavati konstantna razina vode, međutim u praksi se odustalo od toga. Danas se oba dijela jezera koriste jednako.

Iz akumulacijskog jezera Štikada voda se do strojarnice dovodi kroz betonski tlačni tunel i čelični tlačni cjevovod. Dovodni je tunel promjera 4,5 m i dužine 8200 m, a na negovu se kraju nalazi vodna komora. Čelični tlačni cjevovod promjera od 3,9 m do 3,25 m i dužine 2170 m proteže se od zasunske komore do strojarnice te svladava visinsku razliku od 552,5 m. Cjevovod je građen bez dilatacijskih reški, oslonjen je preko kliznih ležaja na 103 betonska oslonca i sedam nepomičnih usidrenih betonskih točaka, pa u statičkome pogledu djeluje kao kontinuirani nosač. Pred strojarnicom cjevovod se račva u dva dijela, svaki prema jednoj turbini-crpki.

Velik izazov bio je izgraditi strojarnicu koja je smještena u 60 m dubokome armiranobetonskome bunaru unutarnjeg promjera 27 m. Strojarnica je izgrađena spuštanjem armiranobetonskoga kliznog bunara, što je bio poseban građevinski poduhvat. Dubina strojarnice bila je uvjetovana zahtjevom da se turbine-crpke postave na dubinu od 47,5 m ispod površine terena, jer se na taj način na najmanju moguću mjeru svode kavitacijske pojave na lopaticama turbine-crpke u turbinskome i crpnome radu. Iznad betonskog šahta nalazi se zgrada strojarnice, građena od čelika. Uz plato strojarnice smješteno je akumulacijsko jezero Ra-



Situacija sustava hidroenergetskog korištenja voda područja Gračačke visoravni – RHE Velebit

zovac, koje je stvoreno pregrađivanjem doline rijeke Zrmanje nasutom branom. Strojarnica je s akumulacijom Razovac spojena s dva ulazno-izlazna tunela. Akumulacija Razovac volumena 13,65 mil. m³ služi kao akumulacijski prostor za crpni rad elektrane. Za reguliranje toka rijeke Zrmanje, ponajprije za ispuštanje biološkog minimuma, služi betonska preljevna građevina s tri preljevna polja opremljena segmentnim zapornicama. Nakon što je izgrađen RHE Velebit vode Ričice i Krivaka izravno ulaze u akumulacijsko jezero Štikada, dok se vode Otuče u bazen Štikada uvode kroz podzemni kolektor te energetski koriste u RHE Velebit.

Vodotok Opsenica zahvaćen je u akumulaciju Opsenica, kanalom se prevodi u rijeku Ričicu i akumulacijsko jezero Štikada te energetski koristi u RHE Velebit. Kruš-

nica i Holjecac ne koriste se energetski i gube se u ponorima u blizini Svetog Roka.

HE na rijeci Dravi

Sustavna istraživanja korištenja i uređenja rijeke Drave u Hrvatskoj počela su već u kasnim 50-im godinama prošloga stoljeća, ali je prva višenamjenska hidroelektrana Varaždin puštena u pogon tek 1975. godine.

Hidroelektrana Varaždin najuzvodnija je hidroelektrana u Hrvatskoj i ima instalirani protok od 450 m³/s, neto pad od 21,5 m, snagu od 86 MW i proizvodnju od 476 GWh. Proizvodne jedinice HE Varaždin mogu u maksimumu koristiti protok od 500 m³/s i davati snagu od 94 MW. Drugi, HE Čakovec instaliranog protoka od 500 m³/s, neto pada od 17 m, snage od 75,9 MW i proizvodnje 400 GWh pušte-

na je u pogon 1982. godine. Treća u nizu i najnižvodnija do sada izgrađena hidroelektrana na Dravi Dubrava instaliranog je protoka od 500 m³/s, neto pada od 16,9 m, snage od 75 MW i proizvodnje od 385 GWh, a puštena je u pogon 1989. godine. Zamisao i projekti za sve navedene hidroelektrane potekli su iz *Elektroprojekta*, koji je i sudjelovao u njihovoj gradnji kroz projektiranje i nadzor do konačnog puštanja u pogon. Već na početku razmatranja energetskog korištenja Drave u Hrvatskoj uočeno je to da u tome slučaju rješenjima 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 poslije poslužio kao okosnica za odluku o tome da uređenje i korištenje velikih riječnih slivova bude jedan od osnovnih pravaca strateškog razvoja Hrvatske.

Već na početku razmatranja energetskog korištenja Drave u Hrvatskoj uočeno je to da u tome slučaju rješenjima treba prići sa stanovišta cjelovitog i sveobuhvatnog uređenja i korištenja voda i zemljišta sliva

Vode i zemljište sliva Drave uređuju se i koriste višenamjenskim hidroelektranama. Njihove su glavne namjene opskrba vodom, obrana od poplava, zaštita zemljišta od erozije, navodnjavanje, odvodnja, korištenje vodnih snaga, promet te rasonoda, izletništvo i sport. Hidroelektrane su niskotlačne, derivacijske i s akumulacijama za potpuno dnevno i djelomično tjedno uređenje dotoka. Površina jezera HE Varaždin iznosi 3 km², a volumen 8 hm³, površina jezera HE Čakovec iznosi 10,5 km², a volumen 51 hm³, a površina jezera HE Dubrava iznosi 16,6 km², a volumen 93,5 hm³. S tehničkog stanovišta vrlo je zanimljivo to da su sve tri hidroelektrane derivacijske, iako je u sličnim prirodnim uvjetima uobičajeno rješenje s pribranskim elektranama. Ta



HE Dubrava



Brana HE Varaždin

derivacijska postrojenja sastoje se od pokretne brane i obodnih nasipa kojima se ostvaruje jezero i derivacijskog kanala koji strojarica dijeli na dovodni i nasipima i odvodni u dubokome iskopu. U branama ugrađena je mala hidroelektrana kojom se kroz branu propušta dio vode potreban za održavanje života u rijeci između brane i ušća odvodnoga kanala, a na drenažnim jarcima HE Čakovec i HE Dubrava izgrađene su male hidroelektrane koje koriste procjedne vode iz bazena tih elektrana.

Sve tri hidroelektrane na Dravi daljinski su upravljane iz jednog centra *Komanda lanca – Varaždin* iz koje se obavlja daljin-

ski nadzor i upravlja hidroelektranama na Dravi u cilju optimalne proizvodnje električne energije u skladu s optimalnim gospodarenjem vodama, pri čemu se u obzir uzimaju plovnost, zaštita od poplava i velikih vodnih valova, održavanje biološkog minimuma, ispuštanje voda prema zahtjevima vodoprivrede i slično. Kada se govori o planiranju izgradnje hidroelektrana na Dravi, treba istaknuti to da su u *Elektroprojektu* napravljene prve studije utjecaja na okoliš u sklopu njihova razvoja, i to 1983. za HE Čakovec, a 1984. za HE Dubravu. Te aktivnosti ujedno su postavile temelje projektnoj djelatnosti zaštite okoliša i prirode te su utjecale na

izradu regulative iz tog područja u Republici Hrvatskoj.

Umjesto zaključka

Nakon Domovinskog rata jedina izgrađena hidroelektrana jest HE Lešće. Puštena je u pogon 2010. godine. S obzirom na to da je u pogledu korištenja vodnih snaga u Hrvatskoj stao razvoj i izgradnja hidroelektrana, aktivnost *Elektroprojekta* usmjerila se na područje Bosne i Hercegovine i Kosova. Na području HZHB-a projektirane su i izvedene dvije hidroelektrane, HE Peč Mlini i HE Mostarsko blato, a na području Kosova aktivnosti su bile usmjerene na pokretanje HE Zhur.

LITERATURA

- Hidroelektrane u Hrvatskoj, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb 2000. (izradio Elektroprojekt)
- Građevinar 41 (1989.)
- Projekti hidroelektrana u Hrvatskoj – nove hidroelektrane, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb 1997. (izradio Elektroprojekt)
- Projekti hidroelektrana u Hrvatskoj – obnova hidroelektrana, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb 1995. (izradio Elektroprojekt)
- Male hidroelektrane, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb 2005. (izradio Elektroprojekt)



Situacija sustava hidroenergetskog korištenja u slivu rijeke Drave

Elektroprojekt i korištenje vodnih snaga u BiH

Prema zamisli i projektima *Elektroprojekta* realizirani su HE Peć Mlini i Mostarsko blato te je postavljeno rješenje za CHE Vrilo, za čiju je provedbu u tijeku izrada projektne dokumentacije

Uvod

Po završetku Domovinskog rata *Elektroprojekt* je povećao opseg radova i usluga na prostoru BiH. To se ponajprije odnosi na rad i suradnju s *Elektroprivredom HZHB – Mostar* za koju je *Elektroprojekt* od 1999. do danas izradio nekoliko važnih projekata u području višenamjenskog upravljanja vodama i njihova korištenja za proizvodnju energije. Prema zamisli i projektima *Elektroprojekta* realizirani su HE Peć Mlini i Mostarsko blato te je postavljeno rješenje za CHE Vrilo, za čiju je provedbu u tijeku izrada projektne dokumentacije.

HE Peć Mlini

Prvi projekt započet je tijekom 1999., a vezan je uz poboljšanje uvjeta zaštite od poplava prostora Imotsko-grudskog polja i energetske korištenje voda rijeke Vrljike gradnjom HE Peć Mlini.

U cilju obrane Imotsko-grudskog polja od poplava, godine 1951. na njegovu istočnome dijelu, u području zvanom Nuglo prokopan je tunel kroz brdo Petnjik u dužini od 1570 m kojim su se vode rijeke Vrljike upuštale nizvodno u korito rijeke Tihaljine. Spoj tunela i riječnoga korita Tihaljine izveden je brzotokom širine 10 m i dužine 150 m. Visinska razlika između izlaza tunela i korita Tihaljine je oko 100 m.

Prosječni godišnji dotok Vrljike u područje Nugla jest 11,1 m³/s. Taj protok na padu od 100 m energetske se nije koristio od probijanja vodoprivrednog tunela do početka provedbe projekta HE Peć

Mlini, odnosno oko 50 godina. Tako se u prosjeku gubilo oko 80 GWh energije na godinu. Uz cijenu uvozne temeljne energije od 40 €/MWh vrijednost izgubljene energije iznosi oko 3.200.000 eura, odnosno tijekom 50 godina izgubljeno je oko 160.000.000 eura.

Elektroprojekt je od 1999. do 2004. izradio studiju mogućega višenamjenskog korištenja voda prije njihova poniranja na području Nugla, a koja je obuhvaćala izgradnju višenamjenske akumulacije na prostoru ponorske zone Nugla i hidroelektrane Peć Mlini, koja koristi raspoloživi dotok na padu od oko 100 m.

Za to je tehničko rješenje *Elektroprojekt* izradio analizu varijanti mogućih rješenja i izabrao optimalnu varijantu za koju

je izrađen i proveden definirani opseg istražnih radova te su izrađeni idejni projekt, studija utjecaja na okoliš te glavni i izvedbeni projekt. Djelatnici *Elektroprojekta* sudjelovali su i u nadzoru izgradnje toga energetskeg sustava te u postupku pokusnog pogona i konačnog puštanja u pogon cjelovitog sustava. Cijeli se sustav sastoji od:

- kompenzacijskog bazenu Nuga, korisnog volumena od 800.000 m³ i površine od oko 45 ha
- djelomične regulacije i uređenja korita vodotoka na priljevnome području bazena
- novoga dovodnog tunela dužine oko 1570 m i promjera 3,60 m s nadzemnom vodnom komorom
- tlačnog cjevovoda dužine 190 m i promjera 2,6 m
- strojarnice s dvije turbine tipa Francis, instaliranog protoka od 2 x 15 m³/s odnosno instalirane snage od 2 x 15 MW.



Pogled na strojarnicu i vodnu komoru HE Peć Mlini



Pogled na strojarnicu HE Peć Mlini s lokacije vodne komore



Izgled akumulacije Nuga s pripadnom šetnicom oko jezera

Izgradnjom toga sustava u funkciji je ostavljen postojeći vodoprivredni sustav evakuacije velikih voda iz područja Nuga izgrađen 1951. te je izgradnjom sustava HE Peć Mlini postojeći kapacitet evakuacije velikih voda s prostora Nuga od 60 m³/s povećan na 90 m³/s, čime je bitno smanjeno plavljeno područje na prostoru Imotsko-grudskog polja te skraćeno trajanje poplava.

Izgradnjom akumulacija Nuga dobivena je stalna vodna površina koja osim energetske namjene ima i rekreativnu namjenu, a ujedno je izvor za natapanje lokalnih poljoprivrednih površina.

Cijena izgradnje tog sustava instalirane snage od 30 MW iznosila je oko 30 milijuna eura, što je u vrijeme njegove izgradnje bila jedna od najnižih cijena izgradnje sličnih sustava. Zbog povoljnih hidroloških uvjeta ostvarena je prosječna godišnja proizvodnja na razini većoj od planirane u sklopu studije opravdanosti izgradnje te je već nakon oko 15 godina rada ta elektrana ostvarila vrijednost proizvodnje veću od ulaganja u njezinu izgradnju.

Na izgradnji tog projekta sudjelovale su tvrtke *Konstruktor – Split* kao izvođač glavnih radova, *Končar* (Zagreb), *Litostroj* (Ljubljana), *Montavar* (Maribor) i *Energocontrol* (Zagreb) kao isporučitelji opreme te *Elektroprojekt* kao projektant cijelog sustava.

HE Mostarsko blato

Sljedeći sličan projekt za *Elektroprivredu HZHB* iz Mostara jest projekt sustava HE Mostarsko blato. U tome slučaju bilo je planirano to da se gradnjom HE Mostarsko blato poveća stupanj zaštite od poplava prostora Mostarskog blata kojemu gravitiraju vode rijeke Lištica i njezinih pritoka, koje poniru ili se evakuiraju kroz postojeći vodoprivredni tunel dužine oko 1900 m i protočnoga kapaciteta oko 40 m³/s, koji je iskopan 1947. u cilju zaštite prostora Mostarskog blata od poplava. S platoa Mostarskog blata vode Lištica gravitiraju koritu rijeke Jasenice koja je desni prtok rijeke Neretve.

Vodoprivredni je tunel djelomično smanjio veličinu i trajanje plavljenja u području Mostarskog blata, ali je zbog malog kapaciteta korita Jasenice i dalje ostao neriješen problem poplava u Mostarskom blatu.

Kako bi se poboljšao način upravljanja vodama s prostora Mostarskog blata iniciran je projekt HE Mostarsko blato.

U sklopu tog projekta izgrađen je novi tunel kapaciteta 40 m³/s s mogućnošću odvoda voda izravno u rijeku Neretvu, čime je povećan kapacitet evakuacije s prostora Mostarskog blata u slučajevima kada evakuacija kroz postojeći vodoprivredni sustav nije moguća u rijeku Jasenicu.



Situacija obuhvata zahvata HE Mostarsko blato



Pogled na poplavljeno područje Mostarskog blata s prostora ulazne građevine dovodnog tunela



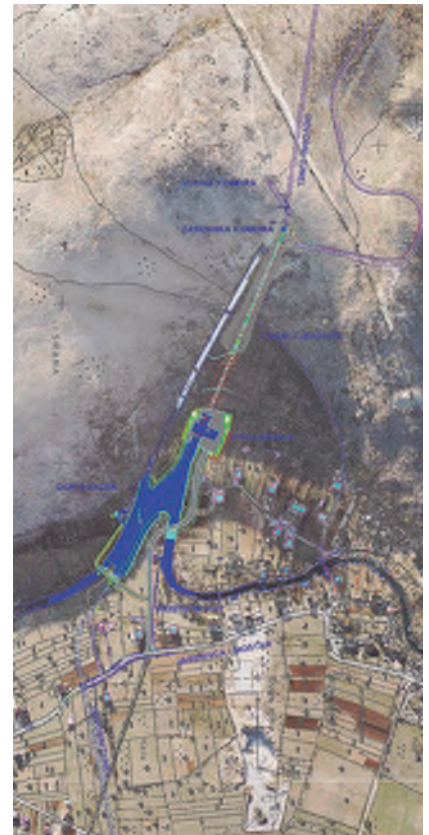
Pogled na strojarnicu HE-a Mostarsko blato s lokacije zasunske komore

Hidroelektrana Mostarsko blato regulira vode sliva Lištice koje se prikupljaju u akumulacijskom jezeru korisnog volumena oko 1,0 mil. m³, smještenome na prostoru Mostarskog blata. Akumulacija je izvedena na prostoru kraškoga polja u ponornoj zoni rijeke Lištice. Taj se sustav sastoji od sljedećih glavnih građevina:

- akumulacija na prostoru Mostarskog blata korisnog volumena oko 1,0 mil. m³
- dovodnog tunela dužine 2270 m i promjera 4,1 m
- podzemne vodne komore volumena 5200 m³

- zasunske komore
- tlačnog cjevovoda promjera 3,0 m i dužine oko 350 m
- strojarnice s dvije turbine tipa Francis, ukupno instaliranoga protoka od 40 m³/s, odnosno instalirane snage od 60 MW
- donjega kompenzacijskog bazena,
- odvodnoga kanala u rijeku Jasenicu i
- odvodnoga tunela u rijeku Neretvu dužine oko 2,5 km.

Vode iz akumulacije Mostarsko blato dovode se na turbine HE Mostarsko



Čvorište Jasenica s razdjelnom građevinom za odvod voda u Jasenicu i Neretvu

blato, gdje se na bruto padu od oko 145 m energetske koriste za proizvodnju energije, a nakon toga upuštaju se u donji kompenzacijski bazen. Iz tog bazena, putem odgovarajuće razdjelne građevine, vode se upuštaju ili u rijeku Jasenicu ili u odvodni tunel kojim se odvođe u rijeku Neretvu u slučajevima kada rijeka Jasenica ne može prihvatiti dotok iz strojarnice HE Mostarsko blato.

Izgradnjom HE Mostarsko blato *Elektroprivreda HZHB* dobila je novu količinu energije od oko 180 GWh na godinu. Gradnja sustava trajala je četiri godine. *Elektroprojekt* izradio je glavni i izvedbeni projekt te je sudjelovao u procesu pokusnog pogona i puštanja u rad cjelovitog sustava. Građevinske radove izvela je tvrtka *Konstruktor – Split*, a isporučitelj opreme bio je konzorcij koji su činile tvrtke *Litostroj* (Ljubljana), *Montavar* (Maribor), *Končar* (Zagreb) i *Energocontrol* (Zagreb). Vrijednost investicije bila je oko 75 milijuna eura.

Sliv gornje Cetine i CHE Vrilo

U cilju definiranja novih potencijalnih lokacija za gradnju obnovljivih izvora energije *Elektroprivreda HZHB* inicirala je izradu studija korištenja i upravljanja vodama na preostalom dijelu prostora na kojemu se nalaze neki od postojećih hidroenergetskih objekata u njihovu sustavu. To se odnosi na sliv gornje Cetine te rijeke Vrbas, Ugar i Trebižat. U cilju sagledavanja navedenih mogućnosti u slivu gornje Cetine *Elektroprojekt* izradio je Studiju višenamjenskog korištenja voda sliva gornje Cetine kojom je sagledana mogućnost kvalitetnije zaštite prostora Kupreškog, Duvanjskog, Glamočkog i Livanjskog polja od poplava. U sklopu te studije sagledane su mogućnosti korištenja voda za potrebe vodoopskrbe, poljoprivrede i energetike na cjelokupnome prostoru koji predstavlja niz kraških polja koja se plave tijekom razdoblja velikih voda, a poplavne vode evakuiraju se kroz ponorske zone. Studijom je planirana gradnja određenog broja retencija/akumulacija u kojima bi se raspoložive vode prikupljale i kontrolirano ispuštale prema prostoru Buškog jezera.

U sklopu te studije *Elektroprojekt* izradio je prijedloge razvoja vodoopskrbe, korištenja voda za poljoprivredu i energetiku, dok je hidrološke podloge za cijeli



Prostor sliva gornje Cetine obuhvaćen studijom

sliv obradio Federalni hidrometeorološki zavod iz Sarajeva.

Iz te studije proizašao je prijedlog o mogućnosti energetskog korištenja voda tog prostora gradnjom niza malih hidroelektrana i dviju reverzibilnih hidroelektrana. Prva u nizu prihvatljivih za *Elektroprivreda HZHB* bila je reverzibilna hidroelektrana Vrilo za koju je *Elektroprojekt* 2009. izradio idejni projekt i natječajnu dokumentaciju za izbor isporučitelja opreme i izvođača glavnih radova.

Crpna hidroelektrana Vrilo planirana je na prostoru Općine Tomislavgrad u Bosni i Hercegovini. Koristi vodni potencijal rijeke Šuice na bruto padu od 154 m. Gornji bazen planiran je na prostoru Duvanjskog polja, uzvodno od ponora Kovači, a za donji bazen koristi se dio prostora postojeće akumulacije Buško blato. Elektranu je planirana za proizvodnju isključivo varijabilne energije i kao podrška novoizgrađenome vjetroparku Mesihovina koji je izgrađen 2018. u neposrednoj



Prostorni smještaj građevina CHE Vrilo



Situacija planiranih građevina

blizini lokacije CHE-a Vrilo. Osnovni su dijelovi tog sustava:

- gornji bazen volumena oko 1,8 hm³ i površine 89 ha,
- betonska gravitacijska brana L = 112,6 m, H = 15,2 m
- ulazna građevina dovodnog tunela Q = 50,0 / 35,0 m³/s
- dovodni tunel L = 5200 m, d = 4,6 m
- podzemna vodna komora, čiji volumen donje komore iznosi 3500 m³, volumen gornje komore 1800 m³, a visina komore 53 m
- tlačni cjevovod L = 450 m, d = 3,8 m
- strojarnica s dvije crpke-turbine, tipa Francis, P = 2x33 MW, Q_{turbine} = 2 x 25 m³/s, Q_{crpke} = 2 x 17,5 m³/s
- donji bazen V = 1,9 hm³, F = 71 ha
- nasuta brana u donjemu bazenu L = 17,0 m, H = 8,0 m
- betonska brana u donjemu bazenu L = 270 m, H = 3,0 - 6,0 m
- izlazna građevina u donji bazen Q = 50,0 / 35,0 m³/s.

Osnovne su karakteristike tog sustava:

- srednji godišnji dotok u gornji bazen Q_{sr} = 8,2 m³/s
- prosječna godišnja proizvodnja energije od prirodnoga dotoka 89,0 GWh, a od crpnoga rada 153,0 GWh
- prosječni godišnji utrošak energije za crpni rad od 223,0 GWh.

Izgradnjom te hidroelektrane također se povećava kapacitet evakuacije velikih voda s prostora Duvanjskog polja za dodatnih 50 m³/s, čime se bitno smanjuje poplavna površina te skraćuje trajanje poplava na tome prostoru. Na projektu CHE-a Vrilo *Elektroprojekt* je:

- izradio program istražnih radova za Idejni projekt i Studiju utjecaja na okoliš 2008.
- proveo projektantski nadzor istražnih radova 2009.
- izradio Idejni projekt i Studiju opravdanosti izgradnje 2010.

- izradio Studiju utjecaja na okoliš 2010.
- izradio natječajnu dokumentaciju za opremu i građevinske radove 2011.

Trenutačno je taj projekt u fazi usvajanja Studije utjecaja na okoliš, nakon čega se planiraju izrada glavnog projekta i početak gradnje. Procijenjeni troškovi izgradnje su oko 87 milijuna eura.

U sklopu suradnje s *Elektroprivredom HZHB Elektroprojekt* izradio je i studijsku dokumentaciju potencijalnih lokacija za gradnju malih hidroelektrana na rijeci Vrbas, uzvodno od Jajca HE Hanskela, studiju mogućega energetskeg korištenja voda rijeke Ugar te studiju mogućega korištenja voda rijeke Trebižat. Te studije zajedno sa studijom višenamjenskog korištenja voda sliva gornje Cetine temelj su za pokretanje sljedećih projekata gradnje novih hidroenergetskih objekata u sustavu *Elektroprivrede HZHB*.

www.elektroprojekt.hr

ELEKTROPROJEKT – 70 GODINA PROJEKTIRANJA TERMOENERGETSKIH OBJEKATA

Veliki doprinos razvoju termoenergetike

Početak djelovanja u području termoelektrana vezan je uz 1950. kada dolazi do pripajanja zagrebačke grupe centralnog poduzeća *Termoelektroprojekt* i grupe za projektiranje transformatorskih stanica, a 1952. *Elektroprojekt* postaje poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja

Uvod

Razvojni put *Elektroprojekta* započinje početkom 1949. osnivanjem poduzeća za projektiranje hidroelektrana i istražnih radova pod nazivom *Hidroelektroprojekt*. Početak djelovanja u području termoelektrana vezan je uz 1950. kada dolazi do pripajanja zagrebačke grupe centralnog poduzeća *Termoelektroprojekt* i grupe za projektiranje transformatorskih stanica. Objedinjene snage 1952. uzimaju naziv *Elektroprojekt* i određuju djelatnost – poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja.

Od samog početka skupina stručnjaka u području termoelektrana stvara temelje današnje hrvatske elektroenergetike te u kontinuitetu daje važan doprinos daljnjemu razvoju.

U početku je grupu za termoelektrane predvodio jedan od najpoznatijih termičara u tadašnjoj državi dipl. ing. Juraj Mihajlov. Na toj se jezgri razvio današnji Strojarski biro *Elektroprojekta*.

Termoenergetske objekte karakterizira potreba za uključivanjem svih struka visoke razine znanja. Projektiranje složenoga termoenergetskog objekta poput kombi-kogeneracijske elektrane pretpostavlja ponajprije dobro poznavanje međusobnog djelovanja objekta i okoliša.

Područje djelovanja od samih početaka do danas obuhvaća sve faze potrebne u izgradnji termoenergetskih objekata: idejne projekte, studije izvodljivosti, lokacijske dozvole, dokumentaciju

za nabavu opreme i usluga (natječajna dokumentacija), građevinske dozvole, izvedbene projekte, projektantski nadzor, dokumentaciju izvedenog stanja te uporabne dozvole. Za uspješnu provedbu svakog od tih koraka potrebna je dobra koordinacija svih struka: strojarske, arhitektonske, građevinske i elektrostruke. Uspjehu projekata znatno je doprinijela raspoloživost zaposlenika svih struka unutar *Elektroprojekta*.

Od samog početka skupina stručnjaka *Elektroprojekta* u području termoelektrana stvara temelje današnje hrvatske elektroenergetike te u kontinuitetu daje važan doprinos daljnjemu razvoju

Broj izrađenih projekata je velik, a ističu se kvalitetom primijenjenih rješenja u pogledu pouzdanosti i sigurnosti te doprinosa razvoju *HEP-a* i *HEP Toplinarstva*.

Strojari *Elektroprojekta* bili su vrlo aktivni u djelovanju Hrvatske komore inženjera strojarstva (HKIS) od samog osnutka. Razvoju struke doprinijeli su inicijativom za osnivanje biblioteke standarda, izlaganjima o pojedinim zanimljivim projektima u sklopu stručnoga usavršavanja članova Komore, predavanjima te nizom stručnih članaka i prezentacijama na međunarodnome kongresu Dani inženjera strojarstva.

Projektiranje termoenergetskih objekata

Zbog svoje složenosti i velike investicijske vrijednosti termoenergetski objekti zahtijevaju pomno razmatranje samoga tehnološkog procesa koji je optimalno primijeniti. Od analize potrošnje i prognoziranja budućih potreba preko izbora tehnološkoga procesa, analize utjecaja na okoliš i studija izvodljivosti do izbora lokacije potreban je čitav niz idejnih rješenja, stručnih analiza pa i istražnih radova. *Elektroprojekt* je tijekom 70 godina djelovanja u tim i sličnim aktivnostima potrebnima za donošenje odluke o daljnjim koracima prema investiciji sudjelovao u planiranju i izgradnji brojnih termoenergetskih objekata, i to;

- u Hrvatskoj:

- KTE-a Jertovec – blok A 27,5 MW; loživo ulje / prirodni plin; B 27,5 MW; loživo ulje / prirodni plin; C 10,5 MW; B 10,5 MW
- PTE-a Dujmovača – blok A 25,2 MWe; Blok B 25,2 MWe; gorivo: lako loživo ulje
- TE-a Plomin A – 125 MW i B 210 MW; gorivo: ugljen
- TE-a Rijeka – 320 MW; gorivo: teško loživo ulje
- TE-a Sisak – A 210 MW i B 210 MW; gorivo: teško loživo ulje / prirodni plin
- EL-TO Zagreb – blok A 12,5 MWe, gorivo: loživo ulje / prirodni plin; blok B 30 MWe, gorivo: loživo ulje / prirodni plin; blok H 25,2 MWe / 65 t / h industrijske pare, gorivo: loživo ulje / prirodni plin; blok J 25 MWe / 50 t / h industrijske pare, gorivo: loživo ulje / prirodni plin
- TE-TO Osijek – blok A 45 MWe / 110 MWt, gorivo: loživo ulje / plin; blok B1 kogeneracijski 25 MWe / 56 t / h industrijske pare, gorivo:

- loživo ulje / plin; B2 25 MWe, gorivo: loživo ulje / prirodni plin
- TE-TO Sisak – blok C 250 MWe / 50MWt, gorivo: prirodni plin
- TE-TO Zagreb – blok A i B 32 MW svaki, gorivo: ugljen, zamijenjeni zbog neekonomičnosti; blok C 120 MW_e / 200 MW_t, gorivo: loživo ulje / prirodni plin; blok K 208 MWe / 140 MWt, gorivo: loživo ulje / prirodni plin; blok L 112 MWe / 110 MWt, gorivo: prirodni plin.
- **u Bosni i Hercegovini:**
 - TE-TUZLA 210 MW
- **u Makedoniji:**
 - TE-a Negotino 210 MW
- **u Sloveniji:**
 - Nuklearne elektrane Krško 727 MW, nuklearno gorivo.

Prvi važan korak na tome putu jest lokacijska dozvola. Izrada potrebne tehničke dokumentacije i ishođenje lokacijske dozvole za takve objekte traje relativno dugo, a na kraju i sama građevinska dozvola i poodmaklost radova mogu biti nadjačani višom silom. Primjer je prekinuta izgradnja TE Plomin bloka B snage 210 MW. Taj je blok projektirao *Elektroprojekt*, a glavna misao vodilja bila je ugradnja domaće opreme (kotao Đure Đakovića iz Slavenskog Broda, parna turbina *Jugoturbine* iz Karlovca, generator i elektrooprema Končara iz Zagreba) i upotreba domaćeg ugljena. Domovinski rat prekinuo je izgradnju u trenutku relativno visoke gotovosti. Nažalost, izgradnja je odgođena do završetka Domovinskog rata. Radi smanjenja nepovoljnog utjecaja izgaranja domaćeg ugljena visokog sadržaja sumpora na okoliš, blok je preprojektiran na uvozni ugljen boljih svojstava, što je omogućeno izgradnjom gata u obližnjemu zaljevu. Blok je pušten u pogon 2000., a ističe se vrlo visokom pouzdanošću pogona.

Domovinski rat izazvao je zastoj u normalnim aktivnostima razvoja i izgradnje, pa je *Elektroprojekt* bio prisiljen smanjiti aktivnosti, a time i broj stručnjaka. Po završetku Domovinskog rata polako se normaliziraju aktivnosti, a višegodišnji zastoj zahtijeva modernizaciju postojećih



Blok C u Termoelektrani-toplani Sisak (kombi-kogeneracijska elektrana 250 MWe/50 MWt)

kapaciteta. Unatoč svemu *Elektroprojekt* obnavlja stručnu sposobnost okupljanjem pojačanja iz djelomično propale energetske industrije i ambiciozno ulazi u nove projekte.

Istaknuti projekti

Iako je svaki projekt zbog svojih specifičnosti izazov, među brojnim što većim što manjim studijama i projektima istaknut će se oni važni za razvoj struke kao i oni koji predstavljaju specifični razvoj pojedinih termoenergetskih objekata. Rad preteča *Strojarskog biroa* i samog biroa u proteklih 70 godina usko je povezan s razvojem termoenergetskih objekata jugoslavenske elektroprivrede,

posebno ondašnje *Elektroprivrede Hrvatske*, a danas *Hrvatske elektroprivrede*.

TE KONJŠČINA – DANAS KTE JERTOVEC

Početak pedesetih godina prošloga stoljeća počinju se intenzivno projektirati, a u drugoj polovini pedesetih godina prošlog stoljeća i graditi termoenergetski objekti. Budući da je naziv *Elektroprojekt* uveden 1952., jedan od prvih termoenergetskih objekata na čijemu projektiranju rade strojari *Elektroprojekta* jest blok 2 u TE Konjščina (danas TE Jertovec). Važno je napomenuti to da je u blokove 2 i 3 ugrađena prva važna oprema domaće proizvodnje, i to parne turbine (*Jugoturbina* iz Karlovca) te generatori (*Končar* iz



Pejsažni prikaz TE Konjščina (po tadašnjemu običaju izrada takvih pejsažnih prikaza važnih objekata povjerena je tadašnjim umjetnicima)

Zagreba). Cijelu elektranu, uključujući i tada goleme drvene tornjeve za hlađenje tehnološke vode, projektirao je *Elektroprojekt*, a unutrašnje zidove glavne hale, inače prekrivene pravilnim geometrijskim oblicima raznih nijansi sive boje, obojio je mladi Edo Murtić.

Termoelektrana Konjščina s tri bloka ukupne električne snage 41 MW proizvela je trećinu tadašnje ukupno potrošene električne energije u Hrvatskoj. Uskoro su sagrađene nove termoelektrane znatno većih snaga, a time i višeg stupnja iskoristivosti goriva, pa je značenje TE Konjščina bivalo sve manje. Skokovi u jediničnoj električnoj snazi pojedinih blokova (na ugljen), koje su svojim razvojem pratili strojari koje su podržavali stručnjaci *Elektroprojekta* ostalih struka, pojavljivali su se otprilike svakih pet do deset godina, a snaga se kretala kako slijedi: 12,5 MW, 32 MW, 64 MW, 125 MW, 210 MW, 320 MW i od 500 do 600 MW.

Konačni udarac TE Konjščina s pogonom na ugljen stigao je potkraj 60-ih godina prošloga stoljeća zatvaranjem zagorskih ugljenokopa.

[Termoelektrana Konjščina s tri bloka ukupne električne snage 41 MW proizvela je trećinu tadašnje ukupno potrošene električne energije u Hrvatskoj](#)

Za termoeenergetski objekt od iznimne je važnosti lokacija (svojim je radom i nastojanjima *Elektroprojekt* doprinio svim lokacijama postojećih termoeenergetskih objekata u Hrvatskoj) te se uspavana lokacija TE Konjščina budi nakon petogodišnjeg drijemeža tijekom kojeg je (uz odgovarajuće preprojektiranje) koristila tekuće gorivo. Naime, početkom 70-ih godina prošlog stoljeća intenzivno se

radilo (studije, izbor lokacije, vrste, snage i drugo) na pripremi izgradnje nuklearne elektrane (sve struke *Elektroprojekta* bile su uključene u taj rad od samih početaka). Karakteristika je nuklearne elektrane potreba za neprestanim hlađenjem od prvog punjenja nuklearnoga goriva. Zato mora biti osigurano snabdjevenije električnom energijom iz više neovisnih izvora. Budući da je na lokaciji TE Konjščina na raspolaganju već bio velik dio potrebne infrastrukture, projektirana su i ugrađena dva plinsko-turbinska agregata vršne električne snage od po 32 MW za eventualno interventno napajanje u slučaju da nuklearna elektrana ostane bez električne energije. Uskoro je elektrana spojena na obližnji magistralni plinovod, čime je omogućeno korištenje toga po cijeni i po utjecaju na okoliš povoljnijega goriva. Daljnji bitni tehnološki pomak napravljen je krajem 70-ih godina prošloga stoljeća kada su

uz plinsko-turbinske agregate prigrade- ni kotlovi utilizatori za proizvodnju pare korištenjem otpadne topline ispušnih plinova plinsko-turbinskoga agregata. Proizvedena para spajanjem na postoje- će stare parne turbine proizvodila je do- datnu električnu energiju. Tako su izgra- đena prva dva kombi-bloka u Hrvatskoj jedinične maksimalne električne snage oko 45 MW. Time je ujedno produljen korisni životni vijek starih parno-tur- binskih agregata. Ujedno je podignut stupanj iskoristivosti goriva na tada za- vidnih više od 30 posto. *Elektroprojekt* se može dičiti time da je svojim radom do- prinio primjeni tih, tada vrlo modernih rješenja za produljenje životnog vijeka lokacije koja je i danas aktivna.

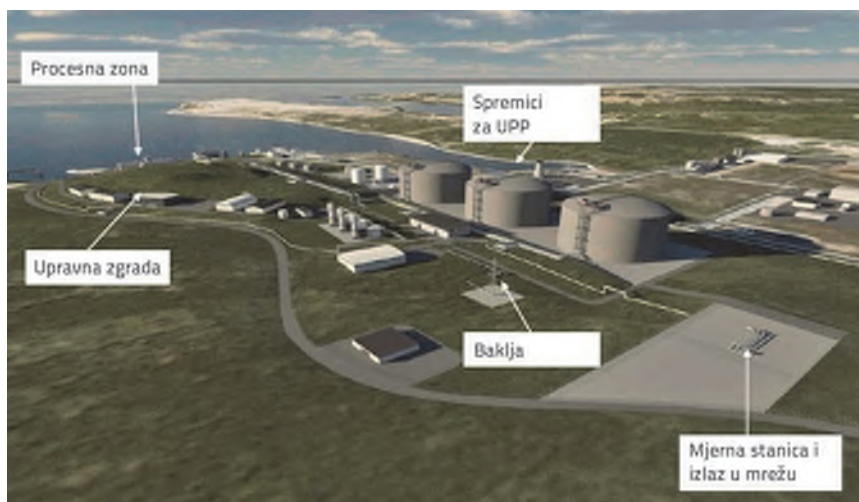
NUKLEARNA ELEKTRANA KRŠKO

Neprocjenjiv doprinos razvoju i kvali- teti rada *Elektroprojekta* dao je rad na projektiranju i izgradnji Nuklearne elek- trane Krško. Razvoj projekta nuklearne elektrane započinje kasnih 60-ih godina prošloga stoljeća studijama i idejnim projektima izrađenima u *Elektroprojektu*. Rad se intenzivirao tijekom izgradnje NE Krško, a nastavlja se i danas kroz samostalno slovensko poduzeće *Nukel* u vlasništvu *Elektroprojekta* koje svojim djelovanjem i projektnim rješenjima po- maže u održavanju i u unapređenju pro- cesa.

Iskustvo rada na projektiranju NE Krško omogućilo je rad na projektiranju NE Vir, a osobito NE Prevlaka, koji je doveden do stupnja dokumentacije za raspisiva- nje javnog natječaja. U međuvremenu je popularnost primjene nuklearne energije opala te on nije izgrađen.

TRANSPORT PRIRODNOG PLINA

Vezano uz transport plina stručnja- ci *Elektroprojekta* djelovali su i djeluju u tome području od idejnih do izvedbenih projekata magistralnih plinovoda (više stotina kilometara, uključujući i podvod- ni dio preko Limskog *fjorda*) te plinskih mjernoregulacijskih stanica. Osobito se ističu projekti izgradnje postrojenja za pripremu prirodnog plina za izgaranje



Kopneni terminal *ADRIA LNG* za prihvat dovoza tekućega prirodnog plina

u plinskim turbinama termoelektrana i time povezana zaštita od tehnološke ek- splozije.

TERMINAL ZA UKAPLJENI PRIRODNI PLIN

Adria LNG, poduzeće u vlasništvu konzor- cija koji su za dobivanje lokacijske dozvo- le osnovala vodeća europska poduzeća u području energetike *TOTAL* iz Francuske, *Eon* iz Njemačke i *RWE* iz Njemačke po- vjerilo je, nakon razmatranja više ponu- da, izradu velikog dijela idejnog projekta i "nostrifikaciju" stranih dijelova potreb- nih za ishođenje lokacijske dozvole *Elek- troprojektu*. Taj je posao bio je od iznimne važnosti za proširenje znanja o proce- sima pri kriogenim temperaturama i o mjerama zaštite od tehnološke eksplozi- je u takvim specifičnim uvjetima.

SPALIONICA OTPADA U ZAGREBU

U Zagrebu se od davnih sedamdeset- tih godina prošloga stoljeća razmatra izgradnja spalionice otpada. U taj je proces *Elektroprojekt* uključen od samih početaka, i to u izbor tehnologije te u razmatranja maksimalno smanjenog utjecaja na okoliš. Nažalost, u pogledu zbrinjavanja otpada, a tako ni njegova korištenja u svrhu proizvodnje energije do danas nije bilo znatnog napretka. Razmatranja su kulminirala idejnim pro- jektom za lokacijsku dozvolu sredinom 2010-ih godina.

TE PLOMIN BLOK B

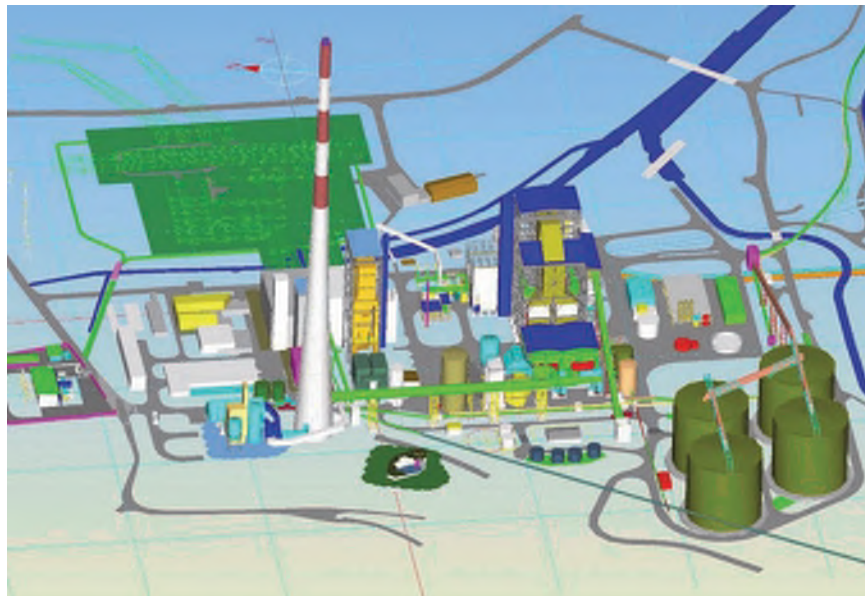
Kao što je prethodno navedeno, blok B snage 210 MW projektiran je kao potpuno "domaći proizvod". Ratnim djelovanjima prekinuta je njegova izgradnja. Zahvaljuju- ći upornosti blok je dovršen te je u pogonu od 2000. godine. Nedavno je modernizi- ran povećanjem snage parno-turbinskog agregata i dogradnjom postrojenja za smanjenje emisija NOx u okoliš, čime je usklađen s važećim propisima.

PTE DUJMOVAČA

Za Domovinskog rata ubrzano je projek- tirana i izgrađena plinsko-turbinska elek- trana s dva agregata snage po 25,2 MW. nalazila se u blizini grada Splita kako bi se omogućilo izravno snabdijevanje elek- tričnom energijom u slučaju eventualnih kritičnih situacija. Blokovi su poslije pre- mjješteni u *EL-TO Zagreb* te su uz izgrad- nju kotlova na ispušne plinove pretvoreni u kogeneracijske izvore električne ener- gije i industrijske pare.

TE PLOMIN BLOK C

Početak 2000-ih godina u svijetu do- lazi do intenzivne izgradnje i planiranja izgradnje novoga tipa termoelektrana na ugljen. To su termoelektrane "ultra super kritičnih" parametara (USC). Ka- rakteristika je tih termoelektrana visok stupanj iskoristivosti goriva (smeđeg



Blok C u Termoelektrani Plomin (Blok C snage 500 MW projektiran je s pogonom na ugljen, ultra super kritičnih parametara radi maksimalne iskoristivosti goriva i danas mogućeg minimalnog utjecaja na okoliš, u desnom donjem uglu ističu se potpuno zatvoreni silosi za ugljen)

ugljena ili lignita) uz primjenu suvremenih propisa ograničenja utjecaja na okoliš. Primjer je blok 8 termoelektrane Rheinhausen-Dampfkraftwerk (RDK) koji je u pogon pušten 2014. godine. Snaga bloka je 912 MW, a stupanj iskoristivosti goriva 47,5 posto. Potreba za održanjem raznolikosti u vrstama goriva radi ublažavanja utjecaja promjena cijena pojedinih vrsta goriva dovela je do analize mogućnosti primjene takvog rješenja na lokaciji TE Plomin. *Elektroprojekt* je predvodio rad na tome projektu svojstvenome ne samo po samoj novoj tehnologiji, već i po potrebi prihvaćanja prostornih ograničenja izgradnje na *brownfield* lokaciji.

TE-TO ZAGREB

Krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina prošlog stoljeća dolazi do važnog iskoraka u pristupu termoelektici. Saznanja da se puno veća iskoristivost goriva postiže primjenom spojnog procesa u kojemu se istodobno proizvode toplina i struja dovodi do planiranja izgradnje termoelektrana-toplana. Projekt se u početku zvao TE-TO Zagreb 2, a danas je to Termoelektrana-toplana Zagreb na Žitnjaku. S razvojem tog projekta razvija se sustav toplinske mreže za grijanje

grada Zagreba koji danas ima dva važna izvora toplinske i električne energije: Elektranu-toplanu na Trešnjevci (zapadni kraj grada) te Termoelektranu-toplanu na Žitnjaku (istočni kraj grada), koja kao rashladnu vodu koristi rijeku Savu. Toplina se razvodi potrošačima vrelvodnim cjevovodima razgranatima gradom u duljini većoj od dvjesto kilometara. Tomu treba dodati snabdijevanje industrijskih potrošača na višoj energetskej razini pregrijanom parom parovodima duljine oko 45 km.

Krajem pedesetih godina prošloga stoljeća počinje *greenfield* izgradnja blokova A i B snage po 32 MW. Svaki blok ima dva oduzimanja pare reguliranog tlaka – za industriju i za grijanje grada. Pogonsko je gorivo tada bio vrlo ekonomičan ugljen. Radi lošeg utjecaja na okoliš blokovi se preprojektiraju tako da kao pogonsko gorivo mogu koristiti teško loživo ulje, a poslije još povoljniji prirodni plin. Daljnji razvoj *HEP Toplinarstva* i povećanje potrošnje topline dovodi do izgradnje bloka C od 120 MWe / 200 MWt, koji kao gorivo koristi loživo ulje / prirodni plin. Po završetku Domovinskog rata idejni projekti i studije pokazuju to da je potrebno zamijeniti pogon barem jednog od sada vrlo neekonomičnih blokova A i B te *Hrvatska*

elektroprivreda pristupa modernizaciji termoelektrane-toplane u Zagrebu. Uz stručnu podršku *Elektroprojekta* odlučuje se za moderno rješenje izgradnjom kombi-kogeneracijske elektrane koja kao gorivo koristi prirodni plin za proizvodnju električne energije i toplinske energije za grijanje grada Zagreba uz rezervno tekuće gorivo. Izbor pada na konfiguraciju: dvije plinske turbine, dva kotla na ispušne plinove u kojima se iz otpadne topline ispušnih plinova plinske turbine proizvodi para koja se ekspanzijom u parnoj turbini također koristi za proizvodnju električne energije. Takvim kombiniranim postrojenjem postiže se visok stupanj iskoristivosti goriva. Danas u najmodernijim postrojenjima te vrste i do 63 posto. Za ogrjevne sezone para se oduzima iz parne turbine i koristi za grijanje mrežne vode koja mrežom cjevovoda razvodi toplinu potrošačima širom grada. Na temelju provedenih studija i idejnog projekta pristupa se izgradnji bloka K. Blok K je moderna kombi-kogeneracijska elektrana ukupne snage 208 MWe / 140 MWt (dva plinsko-turbinska agregata, dva kotla na ispušne plinove i jedan parno-turbinski agregat s dva regulirana oduzimanja pare za industrijske potrošače i grijanje grada). Gorivo je prirodni plin, a kao rezervno služi ekstra lako loživo ulje. Izgradnja je povjerenjena EPC ugovaraču *Parsons (SAD)*, čiji je projektant bio *Elektroprojekt*. U sljedećemu koraku zamjenjuje se i blok A izgradnjom bloka L ukupne snage 112 MWe / 110 MWt (plinsko-turbinski agregat kotao na ispušne plinove i parno-turbinski agregat s dva regulirana oduzimanja pare za industrijske potrošače i grijanje grada), koji kao gorivo koristi prirodni plin.

Izgradnja bloka L u TE-TO Zagreb posebno se ističe. Specifična je po tome što je *Hrvatska elektroprivreda* odlučila to da ima snagu preuzeti odgovornost za to da sama bude nositelj posla od projektiranja do puštanja u pogon. Ta je odluka bila podržana uvjerenjem da nakon iskustva stečenog izgradnjom bloka K postoji dovoljno stručnog znanja i organizacijskih sposobnosti za takav pristup. *HEP* je javnim natječajem odabrao najpovoljnijeg isporučitelja plinsko-turbinskog agregata, a usklađivanje s parnim dijelom procesa (kotao, parno-turbinski agregat,

grijanje grada i isporuka tehnološke pare te hlađenje vodom rijeke Save, uklapanje u raspoloživi prostor i što je najvažnije tehnička jamstva) provedeno je uz snažnu podršku *Elektroprojekta*.

Daljnja aktivnost u svrhu poboljšanja učinkovitosti blokova TE-TO Zagreb jest inicijativa *HEP Toplinarstva* da se toplanska energija industrijske pare ljeti upotrijebi za hlađenje Kliničkog bolničkog centra Zagreb, a zimi za grijanje. Time je *HEP Toplinarstvo* postalo jedno od prvih u zemljama središnje Europe koje je primijenilo tzv. tri-generaciju, odnosno istodobnu proizvodnju električne energije i ogrjevno / rashladne energije. I na kraju, ali svakako ne i posljednje poboljšanje ostvareno je izgradnjom akumulatora topline kojim se postiže mogućnost spremanja topline proizvedene u vrijeme najveće potražnje električne energije i njezino odašiljanje potrošačima u ranim jutarnjim satima kada je potreba za električnom energijom smanjena.

Zaključak

Sedamdeset godina dug je period u razvoju svjetske termoeenergetike. Dug period u smislu enormnog razvoja pojedinih tehnoloških rješenja kako u pogledu inovativnih procesa tako i u pogledu jediničnih snaga. Tomu treba pridodati i velike promjene u pogledu raspoloživosti i ekonomičnosti goriva. Sredinom tog perioda raste svijest o nepovoljnome djelovanju termoeenergetskih objekata na okoliš, što dovodi do novih tehnoloških rješenja. Izvrstan je primjer TE-TO Zagreb. Započet kao vrlo napredan (u svjetskim razmjerima) projekt centralnoga grijanja grada uz istodobnu proizvodnju električne energije korištenjem ugljena s vremenom mijenja gorivo u tekuće, čime se rješava problem otvorenog skladišta ugljena u gradu (prašina, podzemne vode) te problem odlaganja pepela (prašina, podzemne vode). Daljnjim razvojem transportnog sustava plina prelazi se na prirodni plin (razlozi su visoka cijena tekućega goriva te emisije čestica). Nakon toga bi se prešlo na kombi-kogeneracijski proces, pa prirodni plin. Time se dobiva visoki stupanj iskorištenja goriva imanje emisija u okoliš. Današnja



Blok L u Termoelektrani-toplani Zagreb (Izgradnja u uvjetima *brownfield* investicije – po dovršetku montaže trećega kotla s dimnjakom pristupilo se izradi temelja plinsko-turbinskog agregata)

termoeenergetska postrojenja imaju minimalnu emisiju stakleničkog plina CO₂ i pratećih štetnih produkata izgaranja NO_x. Na istome je tragu i razvojni put EL-TO Zagreb gdje *Elektroprojekt* vodi izradu dokumentacije za dobivanje građevinske dozvole za izgradnju kombi-kogeneracijskog bloka L. Blok električne snage 150 MWe i toplinske snage 114 MWt koristit će isključivo plinsko gorivo.

Projekti termoelektrana, pogotovo izvedbeni, izazov su za sve uključene struke, a zbog velike složenosti i poseban izazov u pogledu vođenja i koordinacije. Osobito treba istaknuti to da su izvedbeni projekti blokova K i L u TE-TO Zagreb te bloka C u TE-TO-Sisak bili tzv. *brownfield* projekti. Takvi su projekti karakterizirani potrebom za skladnim uklapanjem u postojeće stanje, često uz dodatne napore koji se ulažu u pronalaženje rješenja za povezivanje s postojećim stanjem uz nedostatak dokumentacije o postojećemu. Postojeći objekti projektirani su i izvedeni u skladu s propisima koji su tada bili na snazi te se posebna pozornost mora posvetiti usklađivanju s novim propisima.

Nakon Domovinskog rata, zahvaljujući pojačanju kadrovima iz uglavnom propale industrije termoeenergetskih postrojenja (*TPK, Jugoturbina, Elektroprojekt* ponovno preuzima vodeću ulogu u projektiranju termoeenergetskih postrojenja od idejnih rješenja do uporabne dozvole. U suradnji sa svjetski renomiranim proizvođačima opreme poput *Westinghouse GE, ABB-a, Škode, Power Machines, Siemens, Doosana* ili *Alstom Powera* te s domaćim proizvođačima kao što su *Jugoturbina, Končar, Đuro Đaković, TEP Đuro Đaković, TPK* i *Monting* stečeno je veliko iskustvo u rješavanju povezivanja različite glavne opreme. S druge strane rad za strane tvrtke poput tvrtki *Parsons, Balck&Witch* i *General Electric* iz SAD-a, *Adria LNG* (konzorcij koji čine *Total, Eon* i *RWE* iz Francuske i Njemačke), *Enprima Ltd* iz Finske, *Zarubeženergo*projekt iz Rusije, *Tecnicas Reunidas* iz Španjolske te *FATA* iz Italije donosi dragocjeni uvid u različitosti i istovjetnosti pristupa izgradnji. Uspješnost izvedenih projekata dokazana je višegodišnjom eksploatacijom tih objekata.

SEDAMDESET GODINA ELEKTROPROJEKTA U NAVODNJAVANJU

Intenzivne aktivnosti na povećanju navodnjavanja

Tvrtka *Elektroprojekt* od svojih početaka do danas aktivno sudjeluje u izradi projekata navodnjavanja, u počecima su te aktivnosti bile vezane uz inozemne projekte navodnjavanja u Iranu, Mijanmaru (Burmi), Libiji, Egiptu i Etiopiji

Uvod

Navodnjavanje jest hidrotehnička melioracijska mjera kojom se nadoknađuje manjak vode u tlu pri uzgoju poljoprivrednih kultura sa svrhom ostvarenja njihova biološkog potencijala. Niski prosječni prinosi neujednačeni su tijekom godina, što je najčešće povezano s vremenskim prilikama. Od posljedica suše šira društvena zajednica ima velike financijske štete.

Tim stručnjaka na čelu s tvrtkom *Elektroprojekt* izradio je 2004. Plan navodnjavanja Međimurske županije, bio je to ujedno prvi plan navodnjavanja neke županije u Hrvatskoj

Elektroprojekt od svojih početaka pa do danas aktivno sudjeluje u izradi projekata navodnjavanja. U počecima su aktivnosti navodnjavanja bile vezane uz angažman u inozemstvu, kada su stručnjaci *Elektroprojekta* radili na projektima navodnjavanja u Iranu, Mijanmaru (Burmi), Libiji, Egiptu i Etiopiji. Do osamostaljenja Republike Hrvatske poslovi na domaćem tržištu svodili su se uglavnom na projekte odvodnje poljoprivrednog zemljišta, a samo se manji dio odnosio na projekte navodnjavanja.

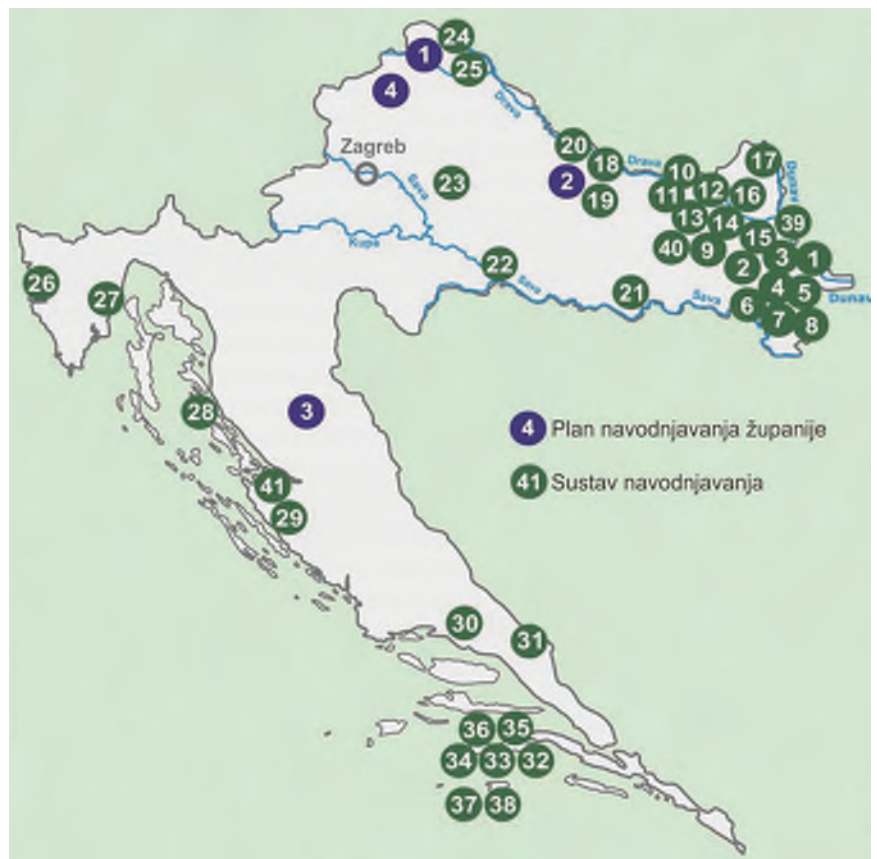
Zaokret se dogodio s osamostaljenjem Republike Hrvatske, otkada se u svim razvojnim strateškim dokumentima poljoprivreda stavlja na prvo mjesto, a posebno se ističe zeleno-plava linija poljo-

privrede i turizma kao komplementarnih gospodarskih grana. Nakon što je Vlada Republike Hrvatske pokrenula izradu Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV), koji je izrađen 2005., započele su intenzivne aktivnosti na povećanju navodnjavanja poljoprivrednih površina Hrvatskoj. Znatnu ulogu u tim aktivnostima imao je

i *Elektroprojekt*. Tim stručnjaka na čelu s tvrtkom *Elektroprojekt* izradio je Plan navodnjavanja Međimurske županije. Bio je to ujedno prvi plan navodnjavanja neke županije, a izrađen je 2004., dakle prije izrade NAPNAV-a. Tijekom sljedećih nekoliko godina *Elektroprojekt* izradio je još nekoliko planova navodnjavanja županija, a posljednji Plan navodnjavanja Varaždinske županije *Elektroprojekt* izradio je 2018. godine.

Navodnjavanje u Hrvatskoj

U razvoju navodnjavanja na području Hrvatske *Elektroprojekt* je, osim izrade planova navodnjavanja županija, sudjelovao



Projekti navodnjavanja u Hrvatskoj u zadnjih petnaest godina u kojima je sudjelovao *Elektroprojekt*

u izradi projektne dokumentacije svih faza pojedinih sustava navodnjavanja: studija, idejnih i konceptijskih rješenja, studija izvodljivosti, idejnih projekata, glavnih i izvedbenih projekata, te u pripremi tehničkog dijela natječajnih dokumentacija za izvođenje radova. Svaki projekt navodnjavanja ima svoje specifičnosti s obzirom na moguće izvore vode za navodnjavanje, klimatske uvjete, pedološke karakteristike tla, proizvodnu orijentiranost korisnika, veličinu parcela, planiranu opremu za navodnjavanje i drugo.

U posljednjih je petnaest godina *Elektroprojekt* radio na više od četrdeset projekata navodnjavanja diljem Hrvatske koji su uključivali projektiranje crpnih stanica, trafostanica, tlačne razvodne mreže, zdenaca za zahvat podzemne vode, ustava, akumulacija, regulacija vodotoka i kanala te drugih pratećih objekata

U svojem dugogodišnjem radu *Elektroprojekt* je kao projektant bio prisutan u svim dijelovima Hrvatske, i to od okrupljenih proizvodnih površina u Slavoniji i



Crpna stanica Sustava navodnjavanja Kapinci – Vaška

Srijemu preko usitnjenih međimurskih parcela s velikim potencijalom za primjenu navodnjavanja s obzirom na okruženost velikim rijekama i umjetnim jezerima izgrađenim na njima pa sve do juga zemlje i Dalmacije, posebno otoka (npr. Lastovo i Korčula) s oskudnim izvorima vode i s malim poljima. Postavu tehničkog rješenja za svaki od projekata pristupa se zasebno i može se reći to da je svaki od tih projekata barem u nekome svojemu dijelu jedinstven. Budući da su

projekti navodnjavanja multidisciplinarni, u njihovoj provedbi sudjeluju inženjeri građevinarstva, strojarstva, elektrotehnike, arhitekture i drugih struka. Vrlo je važna suradnja s agronomskim stručnjacima radi određivanja konačnog obuhvata sustava s obzirom na pogodnost tla za navodnjavanje i određivanja ključnih čimbenika za projektiranje objekata navodnjavanja.

U posljednjih je petnaest godina *Elektroprojekt* radio na više od četrdeset projekata navodnjavanja diljem Hrvatske koji su uključivali projektiranje crpnih stanica, trafostanica, tlačne razvodne mreže, zdenaca za zahvat podzemne vode, ustava, akumulacija, regulacija vodotoka i kanala te drugih pratećih objekata. Neki od tih projekata opisani su u nastavku. Sustav navodnjavanja Opatovac u Vukovarsko-srijemskoj županiji jedan je od nacionalnih pilot-projekta navodnjavanja, a izgrađen je 2013. godine. Voda za navodnjavanje osigurana je izgradnjom nasute brane na vodotoku Čopinac, čime je ostvarena akumulacija volumena 1.000.000 m³. U boku akumulacije izgrađena je crpna stanica kapaciteta 320 l/s kojom se crpi voda za navodnjavanje 705 ha poljoprivrednog zemljišta. Razvodni tlačni cjevovod s hidrantima dug je oko 16.400 m.



Crpna stanica Sustava navodnjavanja Opatovac



Izgradnja crpne stanice Sopot

Sustav navodnjavanja Kapinci – Vaška, koji je izgrađen 2017., nalazi se u Virovitičko-podravskoj županiji, a sastoji se od zahvata vode na rijeci Dravi, crpne stanice kapaciteta 900 l/s te razvodnoga tlačnog cjevovoda duljine oko 38.800 m. Sustav služi za navodnjavanje 1260 ha poljoprivrednoga zemljišta, a kapacitet crpne stanice omogućuje proširenje za još 568 ha. Za to proširenje, tj. drugu fazu projekta, *Elektroprojekt* izradio je svu potrebnu projektnu dokumentaciju te će se projekt kandidirati za sufinanciranje izgradnje iz EU-ova fonda za ruralni razvoj. Početak izgradnje proširenja očekuje se 2020. godine. Nakon dovršetka izgradnje druge faze, bit će to najveći sustav navodnjavanja s tlačnim razvodom vode u Republici Hrvatskoj koji će pokrivati površinu od 1828 ha.

U tijeku je izgradnja dvaju sustava navodnjavanja, čiju je kompletnu projektnu dokumentaciju izradio *Elektroprojekt*. Riječ je o sustavu navodnjavanja Novi Gradac – Detkovic, koji se nalazi u Virovitičko-podravskoj županiji na površini od 750 ha, te o sustavu navodnjavanja Sopot, koji se nalazi u Vukovarsko-srijemskoj županiji na površini od 705 ha. Izgradnja obaju projekata sufinancira se iz EU-ova fonda za regionalni razvoj. Sljedeće godine predviđa se početak izgradnje još triju sustava navodnjavanja za koje je pripremljena sva projektna dokumentacija, i to sustava navodnjavanja Budimci – Krndija na površini od 565 ha i sustava navodnjavanja Mala šuma – veliki

vrt na površini od 83 ha u Osječko-baranjskoj županiji te II. faze sustava navodnjavanja Kapinci – Vaška na površini od 568 ha u Virovitičko-podravskoj županiji. Studijom uređenja vodnog režima sliva Karašice radi višenamjenskog korištenja (*Elektroprojekt*, 2009.) utvrđena je opravdanost prevođenja voda rijeke Drave u sliv Karašice tijekom vegetacijskog razdoblja kako bi se osigurala dovoljne količine vode za potrebe navodnjavanja, uredio tok Karašice u urbaniziranim područjima, poboljšalo ukupno ekološko stanje te unaprijedio sustav obrane od poplave na slivu. Prvu fazu toga višenamjenskog sustava čini izgradnja reverzibilne crpne stanice Krnjak 2 na rijeci Dravi kojom se vode Drave prevode u Karašicu, a kod velikih voda Karašice one se pre-

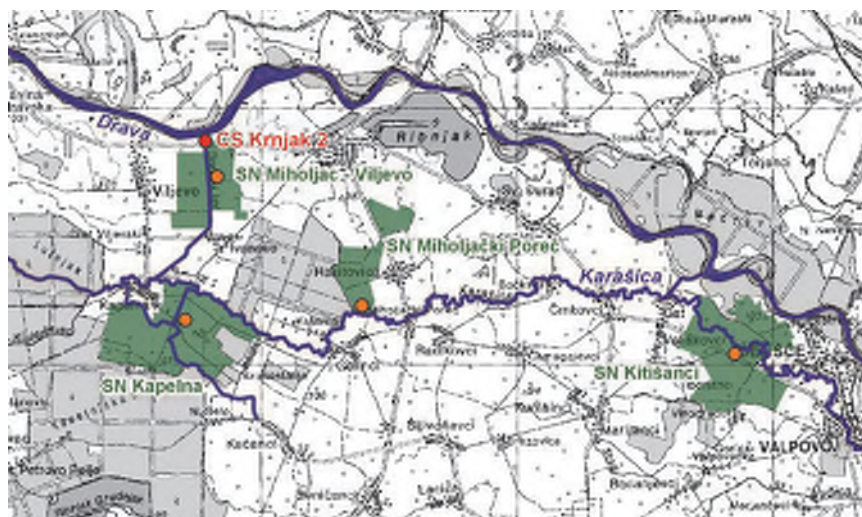
bacuju u Dravu. Radom crpne stanice u Karašici osigurat će se dovoljna količina vode za četiri podsustava navodnjavanja ukupne površine 3700 ha. Svaki od podsustava navodnjavanja sastoji se od crpne stanice sa zahvatom vode na rijeci Karašici i tlačne razvodne mreže.

Navodnjavanje u inozemstvu

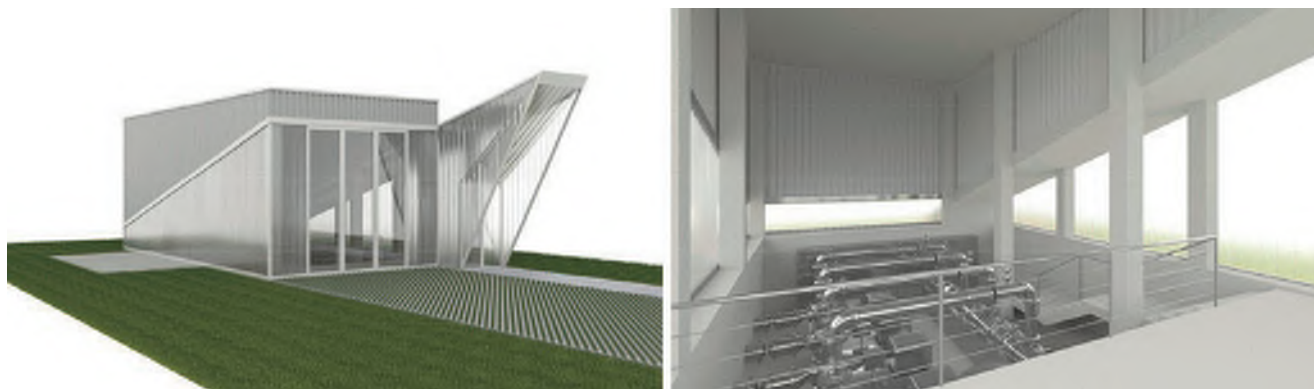
Tijekom svojega dugogodišnjeg rada u inozemstvu *Elektroprojekt* se svojim uslugama prilagođavao zahtjevima investitora. Kao samostalni konzultant, kao podgovarač građevinskih poduzeća, u suradnji s lokalnim projektantskim tvrtkama pojedinih zemalja sudjelovao je u izgradnji sustava navodnjavanja, posebno u zemljama u razvoju. Prve poslove u inozemstvu *Elektroprojekt* započeo je još davne 1954., a u nastavku je dan kraći pregled pojedinih projekata.

U inozemstvu je *Elektroprojekt* u suradnji s lokalnim projektantskim tvrtkama pojedinih zemalja sudjelovao u izgradnji sustava navodnjavanja, posebno u zemljama u razvoju

U Mijanmaru (Burmi), na području Pro-me, stručnjaci *Elektroprojekta* izradili su studije i idejno rješenje prema kojima se crpljenjem vode rijeke Irrawaddy ona



Situacijski prikaz sustava navodnjavanja Karašica



Crpna stanica podsustava Miholjački Poreč u sklopu sustava navodnjavanja Karašica

koristi za navodnjavanje 39.000 ha, a izgradnjom dviju brana akumulirane vode za navodnjavanje još 93.000 ha. Valja istaknuti i područje Washawng, gdje je na površini od 6500 ha izgrađen sustav navodnjavanja. Područje Nanlet površine 11.500 ha navodnjava se vodama rijeke Nanlet, koja je pregrađena nasutom branom visine 28 m.

Projekt El Zawia u Egiptu na 12.000 ha proveden je uz *Elektroprojekt*, koji je bio mjerodavan za kompletan inženjering na projektu. Za privođenje toga pustinjskog, vrlo zaslanjenog tla poljoprivrednoj proizvodnji izvedeni su svi potrebni istražni radovi, obavljeno je detaljno geodetsko snimanje te su izrađene sve faze projektne dokumentacije sustava navodnjavanja i odvodnje, ravnanja terena, prometnica, crpnih stanica, trafostanica i dalekovoda. Voda za navodnjavanje koristi se iz velikih kanala rijeke Nil, iz kojih se voda crpi uz pomoć 72 crpke ukupnog kapaciteta 1000 m³/h. Cijelo se područje odvodnja jednom crpnom stanicom.

Višenamjenski projekt Mahabad izgrađen je na rijeci Mahabad u Iranu. Njegovom je izgradnjom omogućen kontrolirani dovod vode za sustav navodnjavanja na površini od 18 200 ha. Izgradnjom nasute brane na rijeci Mahabad ostvarena je akumulacija volumena 230 milijuna m³ kojom se regulira dotok vode u sustav za navodnjavanje. Derivacijskom branom ostvaren je kompenzacijski bazen udaljen 8 km nizvodno od glavne brane. Ukupna duljina dvaju glavnih kanala je oko 30 km, razdjelnih kanala 158 km, a bočnih kanala 118 km. Veći dio područja navodnja se gravitacijski, dok se viši



Višenamjenski projekt Mahabad u Iranu, akumulacija Mahabad

tereni navodnjavaju crpljenjem vode u deset crpnih stanica.

Uspješnom izgradnjom višenamjenskog sustava Mahabad *Elektroprojekt* je stekao referenciju u toj zemlji, što je rezultiralo daljnjim velikim projektima. Na području Urumiyeh projektiran je sustav navodnjavanja na površini od 71.000 ha. Dio površina od 48.000 ha navodnja se vodom iz rijeke. Za tu namjenu bilo je potrebno izgraditi dvije akumulacije ukupnog volumena 285 milijuna m³. Za navodnjavanje površine od 23.000 ha koristi se podzemna voda. Na području Salmas projektiran je sustav navodnjavanja na površini od 20.000 ha. Voda za navodnjavanje osigurana je izgradnjom akumulacije volumena 105 milijuna m³. Provedbom projekata Maknussa, Gatrun i Wadi Tanezzoft u Libiji omogućeno je navodnjavanje 3695 ha zemljišta. Projektna područja smještena su u jugozapadnoj libijskoj pustinjskoj regiji u kojoj

nema površinske vode. Podzemna voda koja se crpi s dubine od oko 100 do 600 m koristi se za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta i za vodoopskrbu.

Zaključak

Navodnjavanjem kao jednim od područja inženjerske djelatnosti bave se u *Elektroprojektu* od njegova osnutka. Znatan udio tih poslova činili su oni u inozemstvu, gdje se uz pomoć *Elektroprojekta* provedeno više projekata navodnjavanja. Zadnjih petnaest godina *Elektroprojekt* izvodi velike poslove u domovini, i to u sklopu Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj. Dugoročni cilj NAPNAV-a, koji predviđa primjenu navodnjavanje na 65.000 ha poljoprivrednog zemljišta, još uvijek nije ispunjen te *Elektroprojekt* vidi svoju ulogu u njegovoj daljnjoj provedbi.

ZAŠTITA OKOLIŠA I PRIRODE KAO DJELATNOST ELEKTROPROJEKTA

Suvremeni svjetski standardi u brizi o okolišu

Na temelju sveobuhvatne suradnje sa znanstvenicima i stručnjacima iz različitih područja prirodnih znanosti prvi u Hrvatskoj izrađeno je više projekata konkretnih lokacija velikih odlagališta otpada te studija utjecaja na okoliš

Uvod

Već od samih početaka *Elektroprojekt* posebnu pozornost posvećuje očuvanju okoliša, razvoju alternativnih izvora energije i štednji energije. Zajedno sa znanstvenicima i stručnjacima iz područja prirodnih znanosti izvan *Elektroprojekta* organizirani su stručni timovi koji su izradili niz kvalitetnih procjena i studija utjecaja na okoliš te studija gospodarenja otpadom. Na temelju sveobuhvatne suradnje sa znanstvenicima i stručnjacima iz različitih područja prirodnih znanosti prvi u Hrvatskoj izradili smo više projekata konkretnih lokacija velikih odlagališta otpada te studija utjecaja na okoliš. Svrha je studija utjecaja na okoliš osiguranje ekoloških, tehnoloških i gospodarskih podloga za utvrđivanje posebnih uvjeta zaštite okoliša kao sastavnog dijela uređenja prostora. Pored studija utjecaja na okoliš u *Elektroprojektu* intenzivno se radilo i na odlaganju otpada. Za potrebe Grada Zagreba krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća izrađena je Studija sustavnog gospodarenja otpadom IVO (Izbjegavanje, Vrednovanje i Odlaganje), što je danas itekako aktualno u našoj zemlji.

Pregled djelatnosti

Prve studije utjecaja hidroenergetskih objekata na pojedine sastavnice okoliša izrađene u *Elektroprojektu* po suvremenim svjetskim standardima u pogledu zaštite okoliša datiraju iz 1977., odnosno iz vremena prije nego što je u

sklopu Zakona o prostornom planiranju i uređenju prostora (*Narodne novine* broj 54/80) propisana izrada studije o utjecaju na okoliš. Nakon toga, a prije donošenja Pravilnika o izradi Studije o utjecaju na okoliš u Hrvatskoj (*Narodne novine* broj 31/84), koji je kao detaljan provedbeni dokument uključivao i stručnu ocjenu studije utjecaja na okoliš, u *Elektroprojektu* izrađene su četiri kompletne studije o utjecaju na okoliš. To su:

- Konačna studija utjecaja na okolinu vodocrpilišta Velika Gorica, 1983.
- Studija utjecaja na okolinu HE Čakovec, 1983.
- Uvjeti uređenja prostora i studija utjecaja na okolinu akumulacionog sistema Lepenica, 1984.
- Studija utjecaja na okolinu HE Dubrava, 1984.

[Prve studije utjecaja hidroenergetskih objekata na pojedine sastavnice okoliša izrađene u *Elektroprojektu* po suvremenim svjetskim standardima u pogledu zaštite okoliša datiraju iz 1977.](#)

Navedene studije poslužile su kao osnova za donošenje prvog Pravilnika u RH. Vremenski aktivnosti u *Elektroprojektu* vezano uz zaštitu okoliša ne zaostaju bitno od aktivnosti u Sjedinjenim Američkim Državama, a ispred su aktivnosti u državama Europske unije.

Prvi akt o politici okoliša u Sjedinjenim Američkim Državama *National Environmental Policy Act* (NEPA) donesen je 1970. Prvi dokument u EU-u kojim se propisuje i regulira procjena utjecaja određenih javnih i privatnih projekata na okoliš datira iz 1985. (*Council Directive 85/337/EEC*).

U skladu s opredjeljenjem Republike Hrvatske, a uviđajući sve veću potrebu za zaštitom okoliša kao okosnicom održivog razvoja od 1991. u *Elektroprojektu* se uz stručnjake iz područja tehničkih znanosti zapošljavaju i stručnjaci iz područja prirodnih znanosti.

Od 1993. pa do 1997. Odjel za podzemne vode postupno prelazi u Odjel ekološkog inženjerstva, vodoopskrbe i odvodnje, i to se smatra početkom uspostave odjela koji se sustavno bavi problemima i izazovima u zaštiti okoliša. Godine 2001. mijenja se naziv odjela koji postaje Odjel za zaštitu okoliša i gospodarenje otpadom. Nakon usvajanja Pravilnika o uvjetima za izdavanje suglasnosti pravnim osobama za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša (NN 57/10) *Elektroprojekt* od nadležnog ministarstva Republike Hrvatske 2010. dobiva suglasnost za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša.

Trenutačno u sklopu *Elektroprojekta* postoji posebni Odjel za zaštitu voda, okoliša i prirode u kojemu su zaposleni stručnjaci biolozi, geolozi, geografi i hidrotehničari s dugogodišnjim stručnim i znanstvenim iskustvom u zaštiti voda, okoliša i prirode. *Elektroprojekt* posjeduje suglasnost za obavljanje 14 skupina stručnih poslova zaštite okoliša te za dvije skupine poslova iz područja zaštite prirode.

Danas se u *Elektroprojektu* obavljaju stručni poslovi vezani uz provedbu strateških procjena utjecaja i procjena utjecaja na okoliš hidroelektrana, termoelektrana, vodocrpilišta, odlagališta otpada, retencija i akumulacija. Ostale aktivno-

sti iz područja zaštite okoliša i prirode u *Elektroprojektu* jesu:

- projekti zaštite vrijednih područja:
 - ocjene stanja ekosustava ovisnih o vodi
 - planovi upravljanja vodnim i zaštićenim područjima
 - rehabilitacija vodnih staništa (rukavaca, mrtvica i bara)
- projekti koji se bave zaštitom voda:
 - projekti upravljanja vodnim režimom i stanjem voda tekućica i stajaćica
 - elaborati o zaštitnim zonama crpilišta s mjerama zaštite crpilišta
 - metodologije za određivanje ekološki prihvatljivog protoka
 - uspostava i provedba hidromorfološkog monitoringa te ocjena hidromorfološkog stanja tekućica i stajaćica u Republici Hrvatskoj kao i razvoj metodologije praćenja i ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće u tekućicama
 - usluge stručnog savjetovanja te izrada posebnih elaborata svih vrsta za potrebe sastavnica okoliša.

Područja djelatnosti koje su bila predmetom rada *Elektroprojekta* od njegova osnutka do danas održavana su tijekom cijelog razdoblja postojanja te proširivana u skladu s prilikama i potrebama gospodarskog razvoja i zahtjevima na tržištu. Tako je, osim na zaštitu voda okoliša i prirode, predmet djelatnosti proširen i na korištenje poticanih obnovljivih izvora energije kao što su vjetar, sunce, biomasa i geotermalna energija. Krajnji je cilj osmišljavanje rješenja koja potiču i promiču održivo i razumno upravljanje okolišem i prirodnim dobrima.

Važna uloga *Elektroprojekta* u zaštiti okoliša i prirode vidljiva je kroz izrađene studije i elaborate čiji su sastavni dio osim prepoznatih utjecaja zahvata na okoliš i prirodu i mjere za smanjenje i/ili ublažavanje tih utjecaja te program praćenja stanja okoliša. Predložene mjere postaju obvezne nakon što ih usvoji prosudbena komisija i bez njihove ugradnje u projektnu dokumentaciju nije moguće dobiti dozvole potrebne za realizaciju zahvata. Pregled glavnih skupina aktivnosti u po-



Pogled na donji dio akumulacije Kosinj, branu Kosinj, HE Kosinj i branu Sedlo – planirano stanje za koju je izrađena studija utjecaja na okoliš

dručju zaštite okoliša i prirode izrađenih u *Elektroprojektu* od 1977. do danas prikazan je u nastavku.

1. Studije utjecaja na okoliš hidroenergetskih objekata na području Republike Hrvatske

Elektroprojekt izradio je 31 studiju utjecaja na okoliš hidroenergetskih objekata na području Republike Hrvatske. Prva je studija izrađena 1977. za HE Varaždin, a posljednja 2018. za hidroenergetski sustav (HES) Kosinj i HE Senj II. s kompenzacijskim bazenom Gusić polje II.

2. Studije utjecaja na okoliš hidroenergetskih objekata u inozemstvu



Prikaz akumulacije hidroelektrane Peć Mlin u Bosni i Hercegovini za koju je izrađena studija utjecaja na okoliš

Izvan granica Republike Hrvatske izrađeno je šest studija, i to četiri za hidroenergetske objekte u Bosni i Hercegovini te po jedna studija za hidroenergetske objekte na Kosovu i u Rusiji (u Čečeniji). Studijom u Čečeniji obuhvaćeno je 10 hidroelektrana.

3. Studije utjecaja na okoliš akumulacija i retencija na području Republike Hrvatske

Za akumulacije i retencije u razdoblju od 1993. do 2015. izrađeno je deset studija utjecaja na okoliš, a zadnja je izrađena za retenciju Miletinac 2015. godine.

4. Studije utjecaja na okoliš odlagališta otpada na području Republike Hrvatske



Prikaz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Županja za koju je izrađena studija utjecaja na okoliš

Ukupno je izrađeno pet studija utjecaja na okoliša odlagališta otpada na području Hrvatske u razdoblju od 1999. do 2006., a to je uključivalo smetlišta Varaždina, Petrinje i Samobora.

5. Studije utjecaja na okoliš sustava javne odvodnje na području Republike Hrvatske

U razdoblju od 2007. do 2016. ukupno je izrađeno petnaest studija na okoliš sustava javne odvodnje na području Hrvatske, a zadnja je studija izrađena za Sustav javne odvodnje aglomeracije Županja krajem 2014. godine.

6. Studije utjecaja na okoliš plinovoda na području Republike Hrvatske
Izrađene su tri studije utjecaja na okoliš



Prikaz HE Gojak u kojemu je izvedena rekonstrukcija strojarnice i izrađen elaborat zaštite okoliša

plinovoda na području Republike Hrvatske, i to jedan za međunarodni plinovod i dvije za magistralni plinovod.



Prikaz područja retencije Drežničko polje za koju je izrađena studija glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu

7. Elaborati zaštite okoliša za objekte na području Republike Hrvatske
Elaborati zaštite okoliša izrađuju se od 2013. . U razdoblju od 2013. do 2018. izrađeno je tridesetak elaborata za različite zahvate, što je uključivalo rekonstrukcije hidroenergetskih objekata, rekonstrukcije nasipa, izgradnju manjih aglomeracija, izgradnju sustava za navodnjavanje, modernizaciju meteoroloških postaja, rekonstrukciju cesta i drugo.

8. Elaborati prethodne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu
Elaborati prethodne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu izrađuju se od 2009. i od tada izrađeno je više od 30 elaborata.

9. Studije glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu izrađene izvan studija utjecaja na okoliš
U razdoblju od 2009. do 2018. izvan studije o utjecaju na okoliš izrađeno je šest studija glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu.

10. Strateške studije
U razdoblju od 2011. do 2018. izrađene su tri strateške studije, i to jedna za Plan upravljanja vodnim područjima u RH za razdoblje 2012. – 2015., jedna za višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih građevina za melioraciju za razdoblje 2013. – 2017. te jedna za Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu u RH.



Pogled na deltu Neretve za koju je izrađen plan upravljanja zaštićenim područjima

11. Planovi upravljanja zaštićenim područjima u Republici Hrvatskoj *Elektroprojekt* je 2003. izradio Plan upravljanja parkom prirode Kopački rit, a 2010. Plan upravljanja za pet zaštićenih područja u delti Neretve.

12. Planovi upravljanja zaštićenim područjima u inozemstvu

U Bosni i Hercegovini *Elektroprojekt* izradio je Plan upravljanja Nacionalnim parkom Una 2011., a 2013. Plan upravljanja Parkom prirode Hutovo blato. Tada je izrađen i Plan upravljanja Spomenikom prirode Prespansko jezero u Makedoniji.

13. Planovi upravljanja vodnim područjima u Republici Hrvatskoj

Planovi upravljanja vodnim područjima u Republici Hrvatskoj uključivali su izradu studije Upravljanje vodnim režimom i kakvoćom vode, Jezero Jarun 2004. te Plan upravljanja riječnim slivom Neretve i Trebišnjice u Republici Hrvatskoj 2013.

14. Planovi upravljanja vodnim područjima u inozemstvu

U Bosni i Hercegovini *Elektroprojekt* sudjelovao je u izradi Plana upravljanja riječnim slivom Neretve i Trebišnjice u Federaciji BiH za razdoblje od 2010. do 2014. te izradio Plana upravljanja vodnim područjem Jadranskog mora na području Federacije BiH u razdoblju od 2015. do 2016.

15. Revitalizacija staništa ovisnih o vodi

U *Elektroprojektu* izrađeno je ukupno devet studija koje su uključivale revitalizaciju staništa ovisnih o vodi, i to osam studija na slivu Drave i Dunava te jedna studija na slivu međudržavnih vodotoka Neretve i Trebišnjice.



Pogled na dio Hutovog blata u Bosni i Hercegovini za koji je izrađen plan upravljanja zaštićenim područjima



Prikaz vodnog područja Jadranskog mora u Federaciji Bosne i Hercegovine s prikazom slika pojedinih vodotoka

Osim navedenog u *Elektroprojektu* izrađeni su i projekti sanacije i uređenja odlagališta otpada, studije izvodljivosti za vrijedna područja u Hrvatskoj i inozemstvu, studije definiranja ekološki prihvatljivog protoka u Hrvatskoj i inozemstvu, studije rizika unosa stranih vrsta riba za potrebe uzgoja u Hrvatskoj te programi praćenja stanja pojedinih sastavnica okoliša uz hidroenergetske objekte i objekte odlagališta otpada.

U *Elektroprojektu* izrađuju i projekte sanacije i uređenja odlagališta otpada, studije izvodljivosti za vrijedna područja u Hrvatskoj i inozemstvu, studije definiranja ekološki prihvatljivog protoka u Hrvatskoj i inozemstvu, studije rizika unosa stranih vrsta riba

Zaključak

U projektima koji se izrađuju u *Elektroprojektu* težište je na važnosti ekološkog pristupa. U sklopu takvog pristupa planiraju se istraživanja vodnih i kopnenih staništa, istraživanja bioloških, fizikalno-kemijskih, pedoloških, geoloških i drugih pokazatelja vezanih uz staništa te uspostava programa praćenja stanja i promjena (monitoring).

U posljednjih desetak godina u zemljama Europske unije sve veća važnost pridaje se interdisciplinarnim projektima revitalizacije vodotoka na kojima su prisutne hidrološke i morfološke promjene. Takva je praksa prisutna i u Hrvatskoj te se u budućnosti planira sve veća prisutnost *Elektroprojekta* i u tim djelatnostima.

U sklopu ekološkog pristupa planiraju se istraživanja vodnih i kopnenih staništa, istraživanja bioloških, fizikalno-kemijskih, pedoloških, geoloških i drugih pokazatelja vezanih uz staništa te uspostava programa praćenja stanja i promjena



Prikaz područja Kopačkog rita, za koje je izrađena Studija uređenja inundacijskog područja rijeke Drave od 0+000 do rkm 176+450 za potrebe obrane od poplave i revitalizacije poplavnih područja