

DOPRINOS HIDROTEHNIČKOG INŽENJERSTVA SRBIJE RAZVOJU ZEMLJE I NJENOG OKRUŽENJA

- POVODOM JUBILEJA STRUKOVNE ORGANIZOVANOSTI INŽENJERA SRBIJE -

Branislav ĐORĐEVIĆ
Redovni član Akademije inženjerskih nauka Srbije

Razlozi velike uspešnosti razvoja države nakon rata: (a) posao poveren najkvalitetnijim inženjerskim kadrovima; (b) shvaćeno da su veliki hidrotehnički projekti – lokomotive ukupnog razvoja zemlje; (c) vlastitim snagama su građeni i najsloženiji sistemi; (d) nauci i visokom tehničkom školstvu dat je najviši prioritet. *(Ključne sažete poente članka)*

REZIME

Godine 1868. u Beogradu je organizovana 'Tehničarska družina', prva organizacija inženjera i tehničara na ovim prostorima. Povodom jubileja, 150 godina od prve esnafske organizovanosti inženjera, sažeto se razmatraju doprinosi hidrotehničkih inženjera razvoju Srbije, ali i u nekim zemljama u okruženju. U razvoju hidrotehničkih sistema mogu se izdvojiti četiri perioda: (1) tokom sticanja državnosti Srbije pa do Velikog rata, (2) između dva rata, (3) period najintenzivnijeg razvoja nakon II Svetskog rata pa do krize koje je dovela do raspada SFRJ, (4) sadašnji period. U članku se sažeto prikazuju karakteristike razvoja u tim periodima. Najbrži razvoj je bio u trećem periodu, kada su izgrađeni izuzetno značajni sistemi koji su Srbiju tada svrstavali u sam vrh svetskog graditeljstva. U tom periodu je bio usvojen vrlo važan strateški razvojni princip da se svi objekti i sistemi, pa i oni najveći i najsloženiji realizuju vlastitim snagama. Da bi se to ostvarilo paralelno se razvijala i prateća industrija (mašinogradnja, industrije građevinskih materijala), a mnogo se ulagalo u nauku i školovanje kadrova, da mogu samostalno da prime na sebe planiranje, izgradnju, eksploataciju i održavanje i najsloženijih objekata i sistema. U članku se prikazuju samo neki od ključnih hidrotehničkih objekata i sistema izgrađenih u tom periodu. Sadašnji period, na žalost, karakteriše stagnacija u hidrotehničkom razvoju u Srbiji i celom regionu u odnosu na potrebe i mogućnosti, jer se ne uočava snažna razvojna komponenta izgradnje vodoprivrednih sistema.

Ključne reči: Hidrotehnička infrastruktura, Srbija, brane, hidroelektrane, regionalni vodoprivredni sistemi, odbrana od poplava, snabdevanje vodom naselja.

UVOD – POČETNE FAZE RAZVOJA

Samo deset meseci nakon što je 6. aprila 1867. knez Mihajlo primio od turskog paše ključeve Beograda, dana 3. februara 1868. godine u Beogradu se osniva 'Tehničarska družina', čiji je prvi predsednik bio prvi srpski urbanista inž. Emilijan Josimović. Ove godine se obeležava 150 godina uspešnog trajanja esnafske organizovanosti inženjera. SDON i naš časopis ovim razmatranjem žele da obeleže vek i po razvoja hidrotehničke infrastrukture.

Hidrotehnička infrastruktura Srbije razvijala se prostorno i vremenski neravnomerno, prateći državotvorni, ekonomski i socijalni razvoj zemlje. Može se podeliti na četiri perioda: prvi, tokom formiranja državnosti Srbije do Velikog rata, drugi između dva rata, treći, period intenzivne izgradnje do raspada SFRJ, i četvrti, tekući period.

Do Velikog rata hidrotehnički razvoj bio je različit u tadašnjoj Srbiji i Vojvodini. U Srbiji je razvoj bio je uglavnom usmeren na izgradnju vodovoda, regulacije reka i uređenje obala, da bi se omogućio razvoj naselja. Hidrotehničko obrazovanje u Srbiji započinje 1870. godine kada se u visokoškolsku nastavu uvodi predmet Građevine na suvu i vodi, koji predaje prof. Mihailo Petković. Pošto su zbog krčenja šuma i neplanske urbanizacije naselja poplave i bujice stvarale sve veće probleme, formirana je komisija u kojoj je bio i dr Josif Pančić koja je napisala izveštaj koji bi i sada bio aktuelan, sa kritičkim osvrtom na nekontrolisano krčenje šuma i neplansko građenje u ugroženim zonama rečnih dolina. Godine 1879. upućene je grupa profesora Tehničkog fakulteta u Austriju da izuče i u Srbiju

prenesu njihova iskustva u uređenju vodnih režima bujičnih vodotoka.

Nakon podele Tehničkog fakulteta na tri dela (1897) na Građevinsko-inženjerskom odeljenju za koji se opredeljivalo najviše studenata uvodi se predmet Hidrotehnika, koji je predavao prof. Nikola Stamenković - prvi profesor hidrotehnike u Srbiji. Njegovim zalaganjem uskoro se uvodi i predmet 'Brane i građevine za dobivanje i sprovođenje vode'. Profesor N.Stamenković je preveo i priredio za štampu (1900) tada poznati svetski udžbenik 'Osnovi hidrotehnike' nemačkog profesora G.Tolkmita, što je bila važna prekretnica u hidrotehničkom obrazovanju inženjera u Srbiji [1]. Prof. Nikola Stamenković bio je osnivač i urednik (1890-1900) 'Srpskog tehničkog lista', glasila Udruženja srpskih inženjera i arhitekata, koje je odigralo veoma važnu ulogu u jačanju srpskog inženjerstva. Odbijao je ponude da bude ministar, ali je prihvatio da kratko vreme bude predsednik Beogradske opštine jer je želeo da ubrza i pravilno usmeri izgradnju vodovoda sa oslanjanjem na izvorište u Makišu i građenja savremene kanalizacije [1]. Vreme je pokazalo da je njegova strateška koncepcija bila ispravna.

Odmah nakon sticanja državnosti Srbije 1878. jedan od prvih donetih zakona bio je 'Zakon o vodama i njihovoj upotrebi'. On je i na sada savremen način pravno i organizaciono uređio odnose u oblasti voda, pre svega sa stanovišta zaštite javnih interesa. Taj trend zaštite voda i prostora oko njih (sada 'vodno zemljište') nastavljen je i Zakonom o regulisanju i upotrebi voda iz 1905 godine [1], koji je uzorno regulisao uslove i dozvole za korišćenje voda. Moglo bi se reći da je sadašnja praksa čak i korak unazad u odnosu na tadašnje zakonske odredbe koje su predviđale da se i snagom državne prinude spreče uzurpacije prostora koji ima karakter vodnog zemljišta. Koliko bi nam sada bila od koristi takva državna mudrost i operativnost!

Zahvaljujući profesoru Tehničkog fakulteta Đorđu Stanojeviću, ocu elektrifikacije Srbije, odmah na početku XX veka grade se i prve hidroelektrane koje su bile pionirska ostvarenja i sa stanovišta sveta. Godine 1900. puštene je u rad mala hidrocentrala (MHE) 'Pod gradom' na Đetinji, po Teslinom višefaznom sistemu, a zatim slede MHE Vučje na Vučjanki, Niš na Nišavi, Gradac u Valjevu, V.Građište na Peku, Ivanjica na Moravici, Zaječar na Timoku, Vlasotince na Vlasini, Kruševac na Rasini. O valjanosti tog posla govori i činjenica da su neke od tih MHE i sada u pogonu i da se i u svetu navode kao primeri uzornog održavanja sistema i opreme. Ta postrojenja su i u ekološkom pogledu znatno bolja od mnogih sadašnjih MHE, jer su

koncentracije pada obavljane otvorenim kanalima, skladno uklopljenim u okruženje.

U Vojvodini koja je tada bila u sastavu Austrougarske razvoj hidrotehničke infrastrukture je bio brži, raznovrsniji, jer se tamo decenijama odvijao projekat velikih radova na hidrotehničkim melioracijama i razvoju kanalske plovidbene infrastrukture kako bi se stvorili uslovi za naseljavanje i poljoprivredni razvoj tog strateški važnog južnog ruba Austrougarske. Regulacijama reka i izgradnjom sistema za odvodnjavanje, močvarna i poplavama ugrožena Vojvodina otimana je od vode, kako bi se omogućilo njeno naseljavanje i razvoj. Stožer tih aktivnosti bile su vodne zadruge, efikasan vid udruživanja korisnika zemljišta, kako bi na stručno najbolji način zajednički rešavali probleme zaštite i uređenja većih zaokruženih delova sliva, branjenih kaset. Odlično je bio rešen i finansijski sistem restitucije, kojim se država odricala dela uvećanog poreza zbog povećanja boniteta i prinosa na zaštićenom i uređenom zemljištu, kako bi zadruge imale postojan izvor prihoda za održavanje i dalji razvoj zaštitnih sistema [5]. Takva organizacija građenja mnogo je bolja od sadašnje prakse koja je korak unazad. U tom periodu se izvode veliki radovi na zaštiti od poplava priobalja Dunava, Tise, Tamiša, Begeja, a veoma uzorno se održava i Veliki kanal Dunav – Tisa, koji je zalaganjem braće Kiš sagrađen i pušten u rad 1802 godine. Njime su uređeni vodni režimi u tom delu Bačke i uspostavljena poduzna plovidbena 'kičma' duž Bačke, kojim je znatno skraćen i ubrzan transport žitarica i ostalih poljoprivrednih proizvoda prema Beču i Budimpešti [5]. Na žalost, taj kanal, uzorno održavan gotovo dva veka sada je zbog neodržavanja u nefunkcionalnom stanju.

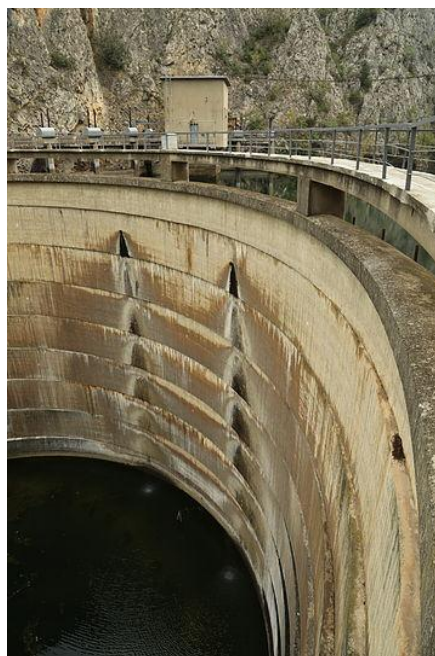
RAZVOJ SEKTORA VODA IZMEĐU DVA RATA

Nakon Velikog rata i stvaranja Kraljevine SHS, pa sve do napada na Jugoslaviju 1941, dolazi do značajnog napretka u razvoju sektora voda. Godine 1920. donet je Zakon o vodama i formirana je Generalna direkcija voda pri Ministarstvu poljoprivrede i voda, sa hidrotehničkim odeljcima. Upravljanje čitavim sektorom voda povereno je isključivo stručnjacima. Direkcija i čitav sektor voda bili su kadrovski odlično pokriveni, zahvaljujući delom i dolasku u Srbiju školovanih ruskih inženjera koje je naša zemlja prihvatila nakon revolucije. Uspostavljena je mreža vodomernih stanica, obavljaju se kartografska snimanja rečnih dolina (npr. V.Morave), koja su i sada dragocena pri analizama razvoja morfologije korita. Na Građevinskom odeljenju Tehničkog fakulteta odmah nakon

Velikog rata prof. Vladimir Mitrović kao jedini profesor predaje predmete Vodovod i kanalizaciju, Iskorišćenje vodnih snaga, Hidrotehniku 1 i 2. Međutim, u skladu sa potrebama zemlje, koja se intenzivno obnavlja i izgrađuje nakon ratnih razaranja, nastava iz hidrotehničkih disciplina se proširuje i sadržajno i kadrovski. Uvode se predmeti Regulisanje reka i divljih potoka, Građenje pristaništa i Tehničke melioracije, koje predaje prof. Milan Nešić, kao i predmet Brane, koji predaje Sergije Pavlović Maksimov [1]. U nastavu se uključuju kao asistenti Bogić Knežević i Slobodan Petrović, koji su kasnije postali istaknuti profesori koji su imali velike zasluga za razvoj Hidraulike i Sanitarne hidrotehnike. Zbog potreba sve intenzivnijeg razvoja zemlje 1935. na Građevinskom odseku Tehničkog fakulteta u Beogradu se formiraju četiri grupe: Statičko-konstruktivna, Hidrotehnička, Saobraćajno inženjerska i Geodetska. Time se savremeno i stručno zaokružuje školovanje hidrotehničkih inženjera na nivou koji nije zaostajao za onim u svetu.

Inženjeri školovani na Građevinskom odseku Tehničkog fakulteta između dva rata grade brane Grošnicu kod Kragujevca, Sićevo na Nišavi, branu na Đetinji. Grade se vodovodi i kanalizacije u gradovima, proširuju se i uzorno održavaju hidrosistemi u Vojvodini, izvode regulacioni radovi na rekama i bujičnim tokovima, uređuju plovni putevi, grade pristaništa. Tridesete godine su period intenzivnog razvoja gradskih vodovoda i hidrotehničke sanitacije naselja Srbije. Beogradski vodovod se proširuje i modernizuje širenjem aluvijalnih izvorišta u Makišu i Belim vodama, proširuje se mreža vodovoda, a delimično i kanalizacije. Niš 1937. godine dobija vodovod, Kragujevac gradnjom brane na Grošnici 1938. pouzdano rešava svoje tadašnje potrebe za vodom, razvijaju se vodovodi u ostalim gradovima oslanjanjem na izvorišta podzemnih voda i kaptaze karstnih vrela. Inž. Miladin Pećinar koji je posle rata postao profesor na Građevinskom fakultetu i izabran za akademika SANU, u tom periodu je izuzetno aktivan graditelj. Jedan od preživelih '1300 kaplara' M. Pećinar je studije završio 1921., kratko vreme je sa svojim projektnim biroom projektovao i gradio brojne objekte: branu 'Matka' na reci Treski uzvodno od Skoplja - u svetskim razmerama jedinstven objekat lučne brane koja se i sada navodi kao jedno od pionirskih ostvarenja, hidrocentrale Sveti Andrej na Treski, Temska kod Pirota, Crni Timok, Peručko vrelo kod Bajine Bašte, Čečevo kod Kosovske Mitrovice, Novi Pazar, kao i brojne vodovode – u Beogradu, Skoplju, Užicu, Tetovu, i dr. Veoma je zaslužan i za istraživanja mineralnih voda u Niškoj i Bukovičkoj

banji, Palanačkog kiseljaka, kao i voda u Vrnjačkoj banji u kojoj je na osnovi njegovih istraživanja počelo korišćenje tople vode kao stone vode [1]. Veoma dinamičan hidrotehnički razvoj Srbije prekinuo je rat.



Slika 1. Prva lučna brana Matka na r. Treski (1938)

BRZ RAZVOJ NAKON II SVETSKOG RATA

Najintenzivniji period razvoja vodne infrastrukture u Srbiji i na prostoru Jugoslavije započeo je odmah nakon II Svetskog rata i trajao je do kriznih vremena početkom 90-tih godina koja su dovela do raspada SFRJ. Mada se u obnovu i razvoj krenulo u razorenoj i ekonomski uništenoj zemlji, razvoj hidrotehničkih sistema je odmah započeo vrlo ubrzano, zahvaljujući zdravim polazištima, od kojih su bitna sledeća: (a) odmah su okupljeni svi raspoloživi inženjerski kadrovi, tako da je tada hidrogradnja poverena stručno najkompetentnijim ljudima, što sada nije slučaj, (b) odmah je shvaćeno da su hidrotehnički sistemi najveći razvojni projekti zemlje, pa su već u I petogodišnjem planu postavljene zadaci izgradnje vrlo zahtevnih hidrotehničkih projekata koji bi i u sadašnjim okolnostima bili veliki tehnički izazov, (c) usvojeno je polazište da se svi hidrotehnički projekti rade vlastitim snagama, uz paralelni razvoj i pratećih industrija građevinskih materijala, industrije građevinskih mašina, mašinogradnje za proizvodnju opreme, (d) pristupilo se stručnom usmeravanju u visokom i srednjem školstvu, da bi se dobili kadrovi koji mogu da preuzmu najodgovornije funkcije u

istraživanjima, projektovanju, građenju i održavanju objekata i sistema. Na vrlo cenjene studije građevinarstva stupali su ljudi odmah nakon demobilizacije. Takva politika razvoja zasnovana na vlastitim snagama bila je izuzetno plodotvorna, tako da su naša preduzeća i naši kadrovi vrlo brzo osposobljeni za gradnju objekata koji su bili u samom svetskom vrhu.

Zahtevima dinamičnog građevinskog razvoja prilagođava se i visoko školstvo. Godine 1948. dotadašnji Građevinski odsek Tehničkog fakulteta prerasta u Građevinski fakultet Tehničke velike škole, a Hidrotehnička grupa postaje Hidrotehnički odsek, sa usmeravanjem od treće godine studija. Mada su kadrovi bili kritičan resurs, kriterijumi i uslovi studiranja bili su strožiji nego danas, jer se insistiralo na kvalitetu obrazovanja. Studije su trajale pet godina, a student je mogao da upiše treću godinu bez ijednog zaostalog ispita. Pored predratnih nastavnika na Hidrotehničkoj grupi Bogić Kneževića, Slobodana Petrovića, Relje Popovića i Vojislava Mladenovića, na fakultet ubrzo nakon rata dolaze i drugi nastavnici. Vujica Jevđević, koji je hidrotehničke studije završio u Beogradu (1936) i u Grenoblu (1938) preuzima predmete Hidrologije i Korišćenja vodnih snaga, prof. Miladin Pećinar preuzima predmet Brane, Živko Vladislavljević predmete Hidrotehničke melioracije, Plovni putevi i Organizacija građevinskih radova, na grupu predmeta komunalne hidrotehnike dolazi Miloje Milojević, kasnije ključni profesor tih disciplina, projektant brojnih objekata i akademik AINS.

Formira se Katedra za hidrotehniku i prvi šef katedre je bio prof. Slobodan Petrović. Bazne nauke predaju izvanredni stručnjaci, pomenimo samo neke, one koji su predavali studentima hidrotehnike: Otpornost materijala predaju prof. Dragoš Radenković, kasnije čuven profesor na Sorboni i prof. Natalija Nearlović, kasnije akademik AINS, Građevinske materijale prof. Vlastimir Tufegdžić, Teoriju konstrukcija prof. Dragutin Mrkšić. Akademik Đorđe Lazarević na grupi predmeta Betonske konstrukcije okuplja izvanrednu ekipu u kojoj su u tim važnim fazama razvoja profesori Hristivoje Erić, Milorad Ivković, Vladimir Korolija, Živorad Radosavljević; čelične konstrukcije predaje akademik Miodrag Milosavljević, Tehnologiju betona prof. Mijat Trojanović, Organizaciju građevinskih radova prof. Anton Huibner.

Hidrotehnički razvoj je skladno pratio i razvoj nauke, neophodnih laboratorija i njihove tehnološke opremljenosti. Inž. Vujica Jevđević je 1947. godine ispunio postavljen zadatak formiranja Hidrauličke laboratorije pod Avalom, koja je ubrzo prerasla u jednu

od najboljih evropskih hidrauličkih laboratorija [6]. Ta laboratorija je svojim fizičkim modelima podržavala projektovanje svih hidrotehničkih objekata u državi, tako da se naučni kadrovi iz Srbije veoma aktivno učestvovali u realizaciji i svih drugih hidrotehničkih objekata u Jugoslaviji. Veoma uspešno su se razvijale sve prateće nauke, tako da se uskoro sa visokim uvažavanjem u svetu govorilo o 'Beogradskoj školi Hidraulike' (doajeni: profesori B.Knežević, Mladen Boreli, Bata Geza, Stevan Bruk, Georgije Hajdin), 'Beogradskoj školi Mehanike stena' (prof. Branislav Kujundžić sa saradnicima), Jugoslovenskoj školi Hidrologije (prof. Vujica Jevđević, prof. Slavoljub Jovanović i drugi), itd. Beogradski građevinski fakultet je u to vreme svrstavan u najelitnije građevinske fakultete u svetu čije su diplome priznavane u svim zamljama. O izvanrednom kvalitetu školovanja na tom fakultetu možda najrečitije govori činjenica da je inženjerima odmah nakon diplomiranja poveravano rukovođenje izgradnjom izuzeno složenih objekata: Mihajlo Serafimovski rukovodi izgradnjom HE Vrutok u Sistemu Mavrovo, Božidar Jovanović projektuje objekte Vlasinskog sistema i kasnije rukovodi izgradnjom elektrana Vrla 1-4, Vukadin Đorđević rukovodi izgradnjom važnih objekata Ratne mornarice.

Građevinski fakultet u Beogradu je pomagao razvoj fakulteta u republičkim centrima koji do tada nisu imali studije građevinarstva. U Skoplju je 1949. godine osnovan Gradežen fakultet i nastavu hidrotehnike primaju na sebe inženjeri koji su diplomirali u Beogradu profesori Bratislav Subanović (prvi šef Katedre za hidrotehniku), Mihajlo Serafimovski, Aleksandar Garevski i drugi. Fakultet u Skopju brzo je stekao visok renome i školovao izvanredne kadrove koji su primili na sebe vrlo odgovorne zadatke hidrotehničke izgradnje u Makedoniji, ali i van nje. U Sarajevu je 1949. osnovan Tehnički fakultet, sa građevinskim odsekom, iz koga je 1961. godine izrastao samostalni Građevinski fakultet sa četiri odseka, od kojih je jedan bio Odsek za hidrotehniku. Njegov brzi razvoj i izrastanje u svetski poznatu visoku školu građevinarstva na čelu sa akademikima Aleksandrom Trumićem, Josipom Baćom, Stjepanom Mikulcem i drugim profesorima, pomagali su i profesori iz Beograda Georgije Hajdin, Slavoljub Jovanović, Mladen Boreli, Stevan Bruk i drugi.

Intenzivno se razvijaju i projektantski kapaciteti, tako da je nakon više organizacionih integracija godine 1951. formiran Energoprojekt, koji je ubrzo izrastao u jednu od najuglednijih projektantskih, a kasnije i izvođačkih organiazacija u svetu, čija se građevinska aktivnost uskoro prenela na sve kontinente. Veoma brzo se

razvijaju i brojna specijalizovana građevinska preduzeća za razne vrste hidrotehničkih radova: Hidrotehnika, Tunelogradnja, Geosonda, Jugofund, PIM, Bagersko brodersko preduzeće, Heroj Pinki - Novi Sad. U skladu sa tim jedino zdravim razvojnim principom da se treba oslanjati na vlastite snage, kapitalna izgradnja hidrotehničkih objekata je snažno povukla razvoj niza industrija, posebno mašingradnje. Sada se sa nostalgijom sećamo vremena kada su naše fabrike Goša iz Smederevske Palanke, MIN i Jastrebac iz Niša, Ivo Lola Ribar iz Železnika, Prva petoletka iz Trstenika, i druge izrasle u gigante, koji su bili u stanju da proizvedu i najsloženiju hidromašinsku opremu. Industrija '14 oktobar' iz Kruševca je proizvodila građevinske mašine koje su po svojim performansama tada bile u samom svetskom vrhu i izvozile su se na sve kontinente. Fabrika 'Goša' je izradila tada rekordno velike tablaste ustave na brani Đerdap 1, a izgradila je i jedan od najsloženijih cevovoda na RHE Bajina Bašta.

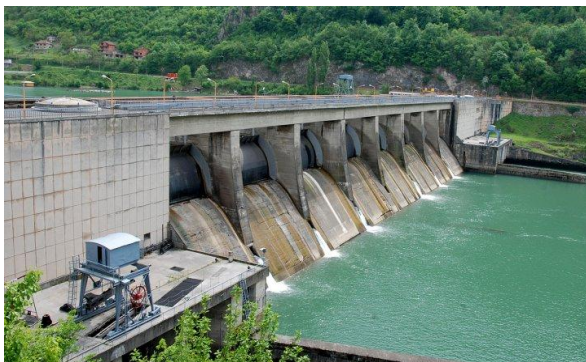
Iz velike palete izvanrednih hidrotehničkih objekata realizovanih u tom periodu ovde se mogu pomeniti samo oni najznačajniji, bilo sa gledišta dostignuća na svetskom nivou, bilo po značaju koji su imali po svekoliki razvoj Srbije. Iz BiH i Makedonije pominje se samo po jedan od prvih velikih objekata, one na čijem su projektovanju i izgradnji radili i inženjeri školovani u Srbiji.

Vlasinski sistem. Srbija je već 1946. godine za 'prvenca' svoje hidrotehničke izgradnje odabrala Vlasinski sistem, jedan od najsloženijih za realizaciju. Na tu odluku su uticale prirodne pogodnosti: na samo oko 30-tak km rastojanja od gornjeg toka Vlasine do ušća reke Vrle u Južnu Moravu postoji koncentracija pada od oko 885 m. U okviru četiri energetske stepenice ostvarena je već u I fazi izgradnje instalisana snaga od 57 MW, koja se u II fazi povećala na 128 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 155 GWh, koja se nakon realizacije svih dovoda i pumpnog postrojenja Lisina popela na oko 300 GWh. Taj sistem, velika škola naših hidrograditelja, postao je mnogo složeniji iz dva razloga: (a) tadašnje političko-bezbednosne okolnosti su nametnule zahtev da se svi vitalni objekti kaskade HE reše kao podzemni, što je projekat učinilo mnogo složenijim (čak je i jedan kompenzacioni bazen rešen podzemno, sistemom povezanih tunela i vertikalnih okana), (b) poništenjem ugovora o isporuci opreme iz zemalja 'soclagera' postalo je neophodno da se preprojektuju i adaptiraju već delom izgrađeni objekti, kako bi se ugradila mašinska oprema iz tadašnjih prvenaca naše hidromašinske industrije. Taj objekat je odlično rešen i po sadašnjim kriterijumima jer je

omogućio dogradnju, tako da se postepeno proširivao, produžavanjem kanalskih dovoda vode u Vlasinsku akumulaciju, kao i realizacijom PAP Lisina, kojim se voda iz akumulacije Lisina na Božičkoj reci pumpama podiže za oko 350 m i uvodi u Vlasinsku akumulaciju, da bi se energetske koristila u kaskadi hidroelektrana na padu od oko 880 m. To je primer odlične energetske odluke: na pumpanje se troši oko 1,06 kWh/m³ jeftine bazne energije, a od te prepumpane vode u Vlasinsko jezero realizuje se 1,86 kWh/m³ znatno skuplje vršne energije. Vlasinski sistem je i izvanredan vodoprivredni objekat, jer zapremina akumulacije sa višegodišnjim regulisanjem od oko 165×10⁶ m³ sada predstavlja jednu od ključnih čeonih akumulacija u vodoprivrednom sistemu Srbije. Vlasinski sistem je poučan primer da se korišćenjem vlastitih snaga može realizovati izvanredan višenamenski energetske-vodoprivredni sistem, čiji će veliki razvojni značaj biti sve više potvrđivan tokom vremena, naročito u oblasti vodoprivrednih funkcija.

HE Zvornik započet 1946. godine imao je drugu vrstu složenosti: izgradnja u izuzetno teškim uslovima građenja na reci Drini koju odlikuju bujični režimi, koji veoma otežavaju organizaciju građenja, sa dve faze skretanja reke zagatima. O studioznosti planiranju tog objekta govori i sledeće: da bi se u uslovima vrlo oskudnih hidroloških podataka što tačnije odredile velike vode merodavne za dimenzionisanje preliva na brani, sa velikim sektorskim ustavama domaće proizvodnje, u Hidrauličkoj laboratoriji Instituta za vodoprivredu urađen je vrlo složen hidraulički model na kome je modelirana propagacija poznatog povodnja iz 1896. godine, onog koji je potpuno prelio čupriju u Višegradu. Izradu tog modela je omogućila pedatnost inženjera tadašnje Austro-ugarske, koji su odmah nakon poplave na nizu stalnih objekata duž čitavog toka Drine stalnim oznakama obeležili kote i vreme dostizanja maksimalnog nivoa tokom tog povodnja. Taj pribanski objekat sa visinom brane 42 m, dužine prelivnog dela brane 166,5 m, sa pribanskim mašinskim zgradama koje su deo konstrukcije pregradnog objekta brane ukupne dužine 267 m - može se smatrati primerom objekta čija je dispoziciona koncepcija i sada modrna. Puštanje u pogon tog izvanrednog objekta, snage 90 MW, prosečne proizvodnje oko 410 GWh, bio je izuzetan razvojni impuls ne samo za Srbiju, već i za čitavu Jugoslaviju. O dobroj koncepciji tog objekta govori i činjenica da će njegovom revitalizacijom koja je u toku instalisana snaga biti povećana na oko 105 MW. O brižljivom pristupu tom projektu u ekonomski najtežim vremenima svedoči i činjenica da je na brani ugrađena vrlo efikasna riblja staza, a u desnom boku poseban ispusni organ za propuštanje balvana, jer su

tada transportovani Drinom splavovima. Pravilno upravljanje tim objektom u periodu povodanja važno za kontrolu poplava na Drini, tako da mora da bude u upravljačkom vodoprivrednom sistemu Srbije.



Slika 2. HE Zvornik, mašinske zgrade na bokovima brane

HE Jablanica je započeta 1947. godine, a puštena je u rad 1955. Zalaganjem prof. Vujice Jevđevića prvobitna lokacija uzvodno od ušća Rame je pomerena neposredno nizvodno od ušća, kako bi se iskoristili i vodni potencijali Rame. Na dispoziciju objekta su uticali razlozi bezbednosti: mada je profil pogodan za racionalniju lučnu branu, projektovana je kao lučno-gravitaciona, a čitavo postrojenje je smešteno podzemno. Dovod je rešen sa dva tunela dužine oko 2 km, maksimalni bruto pad je 111 m, mašinska zgrada je podzemna, a šest agregata sa Francisovim turbinama ukupne instalisane snage 150 MW proizvode oko 770 GWh godišnje. Revitalizacijom sistema koja je završena 2008. snaga je povećana na 180 MW. Sada zvuči nestvarno, ali taj objekat su gradili mladi brigadiri, koji su i na taj način stasavali u kvalifikovane graditelje koji su slavu jugoslovenskog neimarstva pronosili širom sveta.



Slika 3. Lučno-gravitaciona brana Jablanica na Neretvi

Sistem Mavrovo je veoma složen sistem, sa tri hidroelektrane. Koncentracija protoka i pada od preko 600 m u prvoj fazi građenja je ostvarena Mavrovskom akumulacijom ($NU=1233$ mmm, $V=275 \times 10^6$ m³) i sa dve derivacije: jednom kojom se vode Radike zahvataju i uvode u akumulaciju pošto se prethodno prerade u HE Vrben, i drugom kojom se ostvaruje koncentracija pada prema Vardaru.



Slika 4. Nasuta brana Mavrovo

Najveća HE je akumulaciona derivaciona HE Vrutok ($H=525$ m, 150 MW, sa 4 Peltonove turbine, posle revitalizacije oko 170 MW), kanalska protočna HE Raven je nivodno od nje (20 MW), dok je HE Vrben (12,5 MW) protočna elektrana na dovodu voda iz sliva Radike. Sistem ima ukupnu instalisanu snagu oko 200 MW, sa prosečnom proizvodnjom od oko 450 GWh. Gradnja je započeta 1948. a prvi agregati u HE Vrutok su stavljeni u pogon 1957. U drugoj fazi razvoja sistem je proširen tzv. Šarskim dovodom, kojim se sakupljaju vode iz vodotoka sa južnih padina Šare i sistemom kanala (ukupne dužine 91 km), tunela (36 km) i cevovoda uvode u vodostan HE Vrutok. Kada sistem ne radi te vode se gravitacijom kroz dovodni sistem uvode u Mavrovsko jezero. I taj sistem je izgrađen isključivo vlastitim snagama, u veoma oskudnim uslovima u pogledu mehanizacije, angažovanjem mnoštva ljudi i radnih brigada za ručni iskop i transport zemlje za ugrađivanje u telo brane.

Sistem akumulacija i elektrana na Uvcu – Limu je razvojno veoma važan višenamenski projekat čiji se značaj uvećavao tokom vremena. Najpre su realizovane brane i akumulacije Radoinja (1959.) i Kokin Brod (1962), sa pribranskom HE Kokin Brod (snage 22 MW i proizvodnje 45 GWh), i derivaciona HE Bistrica, snage 104 MW, prosečne proizvodnje oko 350 GWh. HE Bistrica je, zahvaljujući mogućnosti godišnjeg regulisanja dotoka u uzvodne dve akumulacije, dugo bila stub elektroenergetskog sistema (EES), jer je bila

najznačajnija regulaciona hidroelektrana, koja je proizvodila isključivo visokovrednu vršnu energiju. Kasnije je sistem skladno dopunjavan. Godine 1979. nasutom branom visine 110 m realizovana je veoma važna čeona akumulacija Uvac, zapremine $213 \times 10^6 \text{ m}^3$, sa pribranskom HE Uvac snage 36 MW. Akumulacija Uvac i nizvodna akumulacija Kokin Brod ($220 \times 10^6 \text{ m}^3$) koja sa njom radi u sprezi, postale su veoma važan vodoprivredni sistem, jer predstavljaju potencijalno izvorište iz koga će se snabdevati i centralni deo Srbije. Te dve akumulacije imaju i veoma značajnu ulogu u prihvatanju i ublažavanju poplavnih talasa na pravcu Uvac – Lim – Drina. Godine 1967. taj sistem je dopunjen izgradnjom HE Potpeć na Limu, snage 51 MW, proizvodnje 216 GWh. Značaj tog objekta na Limu je i u tome, što on sada služi i kao kompenzacioni bazen za HE Bistrica. To omogućava da se taj sistem upotpuni i sa planiranom energetski vrlo značajnom RHE Bistrica 2, snage u turbinskom režimu 680 MW (snaga se još razmatra), koja bi se veoma skladno uklopila u EES Srbije, ali i regiona. Za takvim RHE postoji sve veća potreba u uslovima sve masovnijeg građenja vetrogeneratora i solarnih elektrana, kod kojih je slučajna komponenta raspoloživosti veoma izražena, tako da su neophodne regulacione, veoma operativne reverzibilne hidroelektrane većih snaga, koje bi preuzimale viškove, a nadoknađivale naglo nastale manjkove snage i energije u EES. Prostornim planom Srbije predviđeno je veoma značajno vodoprivredno proširenje tog sistema. Imajući u vidu sve veće teškoće u podmirivanju potreba za vodom u centralnom delu Srbije, planira se prevođenje viškova vode iz sliva Uvca u sliv Zapadne Morave. Baznim tunelom dužine oko 12÷14,5 km (zavisno od varijante) voda bi se iz akumulacije Radoinja ili Kokin Brod uz energetsko korišćenje prevodila Belu reku u slivu Velikog Rzava, a preko nje u Veliki Rzav, u veliku čeonu akumulaciju Velika Orlovača, koja bi postala ključna čeona akumulacija u vodoprivrednom sistemu Srbije. Postoje prirodni i drugi uslovi da se na tom mestu Velikog Rzava realizuje akumulacija Velika Orlovača, zapremine i do $800 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ta akumulacija bi obezbeđivala stratešku rezervu čiste vode, koja bi u kriznim malovodnim periodima mogla da se upućuje pravcem Veliki Rzav → Moravica → Zapadna Morava → Velika Morava u središnje zone Centralne Srbije.

Sistem Uvac je poučan primer kako dobro planirani sistemi sa akumulacijama tokom vremena prerastaju u sve složenije, sve vrednije razvojne sisteme. Taj sistem, zajedno sa potencijalnim proširenjem sa akumulacijom i HE Velika Orlovača na Velikom Rzavu [8] postao bi jedan od najznačajnijih sistema u Srbiji u uslovima sve

izraženijih pogoršanja vodnih režima usled globalnih klimatskih promena - povećanje velikih voda i smanjenje malih voda po količini, uz produženje trajanja perioda malovođa.



Slika 5. Brana i pribranska HE Potpeć na Limu

HE Bajina Bašta je jedan od najsloženijih objekata koga je realizovala srpska hidrogradnja. Brana, završena 1966. godine, izgrađena je u veoma teškim geotehničkim uslovima, zbog čega je rešena kao olakšana betonska brana sa kontraforima (šef projekta inž. Aleksandar Božović, jedan od studenata prve posleratne generacije Građevinskog fakulteta). Građevinska visina je 90,5 m, a dužina brane u kruni je 461 m, zapremina betonskog tela brane 990.000 m^3 . Zbog bujičnih režima Drine uslovi za organizaciju građenja su bili vrlo složeni. Gradnja je realizovana pod zaštitom zagata sa kontraforima, u dve faze skretanja reke. Težinu projektovanja i gradnje tog objekta ilustruje i činjenica da računski velika voda na koju je dimenzionisan preliv sa segmentnim ustavama iznosi $10.500 \text{ m}^3/\text{s}$. Mašinska zgrada je rešena kao posebna pribranska konstrukcija, sa pogodnim rešenjem pristupa za montažu opreme pomoću portalnog krana na krovu zgrade. Hidroenergetske performanse: snaga 368 MW, sa prosečnom proizvodnjom od oko 1.600 GWh. Objekat ima i veliki vodoprivredni značaj, jer akumulacija od oko $340 \times 10^6 \text{ m}^3$ omogućava povećanje malih voda i poboljšavanje ekološkog stanja na nizvodnim delovima toka Drine u malovodnim periodima. O solidnosti građenja isključivo vlastitim snagama svedoči i činjenica da se tek nakon 43 godine pristupa obnovi HE i opreme. Zahvaljujući tehnološkom napretku, obnovom će se instalisana snaga hidroelektrane povećati za dodatnih 54 MW, dostižući instalisanost od 420 MW, uz povećanje proizvodnje za oko 40 GWh.



Slika 6. Brana i pribranska HE Bajina Bašta i mašinska zgrada istoimene RHE (dole desno)

RHE Bajina Bašta. Godine 1982. godine HE Bajina Bašta je veoma uspešno dopunjena revezibilnim delom, tako da združeno predstavljaju jedan od najdragocenijih objekata ne samo Srbije, već i čitavog regiona. Donji kompenzacioni bazen RHE je akumulacija Bajina Bašta, a gornji bazen, sa sezonskom regulisanjem, realizovan je branom Lazici u dolini Belog Rzava na planini Tari, čime je formirano jezero Zaovina, zapremine 150×10^6 m³, što je ekvivalentno energiji od oko 194 GWh, bez pumpanja iz donjeg jezera. Tunelom dužine oko 8 km, prečnika 6,3 m, i cevovodom dužine 1700 m, prečnika 4,8/4,2 m ostvarena je koncentracija pada od oko 600 m, što je omogućilo realizaciju RHE Bajina Bašta snage 614 MW u turbinskom režimu. Ona je sada jedan od najvrednijih vršnih regulacionih objekata u regionu, veoma bitan za stabilnost EES u sve složenijim okolnostima upravljanja, koje će biti još složenije u uslovima naglo rastućih kapaciteta tzv. obnovljivih izvora energije, koji imaju veoma izraženu stohastičku komponentu raspoloživosti. U takvim okolnostima raste značajnost veoma operativnih, uvek raspoloživih objekata kao što je RHE Bajina Bašta, koji mogu, po potrebi, da svojim brzim ulaskom u pogon (turbinski ili pumpni) 'peglažu' neravnomernosti do kojih dolazi zbog stohastičkih osobenosti vetra ili Sunca, ali i u havarijskim situacijama. Izgradnja RHE je pokazala vrhunsku stručnost i umešnost srpskih graditelja. Uspešno je ispražnjeno jezero Bajina Bašta i u telu olakšane brane je izgrađen vodozahvat, koji je omogućio da se cevovodom dužine 314 m, Ø 7 m, povežu pumpe / turbine sa akumulacijom Bajina Bašta, čime je ona postala donji rezervoar RHE. To je izvanredno umešno dispoziciono rešenje, jer je omogućilo da se neophodna dubina potapanja reverzibilne pumpe / turbine agregata ($H_s = -54$ m)

ostvari sa nešta plićim šahtom mašinske zgrade, dubine oko 38 m. Realizacija i tako optimiziranog šahta mašinske zgrade RHE bio je veoma ozbiljan tehnički izazov, jer su iskop i fundiranje obavljani u vrlo teškim geotehničkim uslovima. Naši graditelji su tada bili svetska 'visoka škola tunelogradnje', jer su na dovodnom tunelu 'Zaovinsko jezero – vodostan' vrlo uspešno primenili prednaprezanje obloge naponskim injektiranjem. Zaovinsko jezero ima izvanredno veliki vodoprivredni značaj, jer omogućava poboljšanje vodnih režima u periodima malovoda.

HS Dunav – Tisa – Dunav. Vojvodina, nekada močvarno, često plavljeno područje nepogodno za urbanizaciju i korišćenje zemljišta, bukvalno je otimana od vode i privođena u produktivno zemljište. Taj proces velikih hidrotehničkih radova započeo je početkom 18 v iskopom korita Begeja od Temišvara do Kleka, a veliki poduhvat bio je završetak Velikog bačkog kanala (1801.) od Bezdana do Bečeja. Međutim, kompletno uređenje vodnih režima vodotoka u Vojvodini obavljeno je tek realizacijom HS Dunav Tisa Dunav. Planiranje je započeto 1947. godine po koncepciji inž. Nikole Mirkova, a realizovano u periodu 1957. do 1977, kada je završena brana na Tisi, ključni objekat sistema, kojim je u funkcionalnu celinu povezan bački i banatski deo hidrosistema. Realizacija HS DTD bio je u to vreme najveći hidrotehnički projekat u ovom delu Evrope.



Slika 7. Brana na Tisi, ključan objekat HS DTD

Hydrosistem DTD je vrlo složen. Regulacijom i uređenjem prirodnih vodotoka, iskopom novih kanala, sistemom ustava, brodskih prevodnica, branom na Tisi, pumpnim stanicama, novim saobraćajnicama i mostovima - realizovan je višenamenski hidrosistem čiji su ciljevi: odvodnjavanje, odbrana od poplava, navodnjavanje, plovidba, snabdevanje vodom industrije, odvođenje upotrebljenih voda, ribarstvo, turizam, šumarstvo (u namenski planiranim šumskim zaštitnim pojasevima). U jedinstvenu hidrauličku celinu povezano

je oko 960 km prirodnih i veštačkih vodotoka, a sa 23 ustave i 5 sigurnosnih ustava, kao i sistemom pumpnih stanica (od kojih su 5 velike) omogućeno je upravljanje vodnim režimima u svim hidrološkim situacijama. Sa 15 brodskih prevodnica osposobljeno je za plovidbu 600 km hidrografske mreže. Sistem omogućava pouzdano odvodnjavanje oko milion ha zemljišta, i stvara uslove za navodnjavanje na 510.000 ha. O obimu radova govori podatak da je tokom izgradnje iskopano preko 130 miliona m³ zemlje. Najveći objekat je brana na Tisi, dužine 520 m, koja pregrađuje major korito Tise, i sa 7 prelivnih polja omogućava propuštanje velikih voda. Svojim usporom stvara mogućnost za gravitaciono uvođenje vode u banatski deo sistema. Planirano je povećanje protočnosti HS DTD, čime se pored povećanih efekata svih korisnika (posebno odvodnjavanja, navodnjavanja i odbrane od poplava), stvaraju uslovi i za realizaciju više malih hidroelektrana, uz sve veće ustave.

HE Piva. Mada se nalazi u Crnoj Gori, brana i HE Piva, završena 1976. godine ovde se navodi, jer su njene glavne objekte projektno i izvođački realizovala srpska preduzeća Energoprojekt i Hidrotehnika. Lučna betonska brana Piva, građevinske visine 220 m i dužine u kruni 296 m, bila je u vreme građenja jedan od rekordnih objekata u svetskim razmerama u kategoriji lučnih brana. Uspešno su savladani i teški geotehnički problemi, posebno u desnom boku, koji su zahtevali nestandardna rešenja temeljenja. Koliko je taj objekat bio težak za građenje govori i činjenica da su prvi ljudi na gradilištu bili - alpinisti. Sa zapreminom akumulacije od oko 880×10^6 m³ koja omogućava godišnje regulisanje protoka, instalisanim protokom od $3 \times 80 = 240$ m³/s, snagom od 360 MW, i prosečnom proizvodnjom od oko 860 GWh, HE Piva je sada jedna od najvažnijih regulacionih hidroelektana u čitavom regionu, ali je izvanredan i vodoprivredni značaj njene akumulacije koja omogućava poboljšavanje vodnih režima – ublažavanje velikih i povećanje malih voda. To će biti sve važnije u uslovima klimatskih promena.

Tokom građenja brana i HE Piva bili su u centru pažnje svetske stručne javnosti, jer su primenjivane napredne tehnologije projektovanja i organizacije građenja: fazno miniranje za iskop temelja brane (spoljni iskor oko 730.000 m³ stenske mase), sa prethodnim razdvajanjem stenske mase, čime je dobijana pravilno odsečena, a neoštećena temeljna površina stenske mase, izvanredna organizacija fabrike betona i urgađivanja betona (samo u branu ugrađeno oko 740.000 m³ betona), primerna organizacija podzemnih iskopa hale i svih podzemnih objekata, itd.



Slika 8. Brana Piva, jedan od velikih uspeha srpskih neimara, projekat: Energoprojekt, izvođač: Hidrotehnika, Beograd

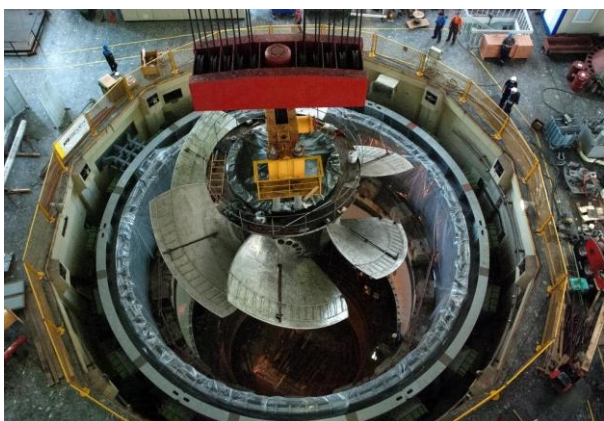
HEPS Đerdap 1 u vreme izgradnje (gradnja započeta 1964) bilo je najveće i najsloženije gradilište u Evropi. I sada je to najveći hidrotehnički objekat na Dunavu koji pored hidroenergetskih ima i druge vodoprivredne ciljeve: plovidba, uređenje vodnih režima i reci, priobaljima i izvorštima, komunalna i urbana hidrotehnika i uređenje obala. Principi organizacije građenja, sa više faza zagata, i sa metodom pregrađivanja Dunava za formiranje zagata za izgradnju centralnog dela brane i danas se nalaze u knjigama o organizaciji izvođenja radova na velikim rekama. Šef projekta je bio Vukadin Đorđević, iz prve posleratne generacije studenata. Objekat je simetričan, 1278 m duga brana, sa dve mašinske zgrade, na SR i RO strani, sa po šest agregata sa Kaplanovim turbinama, koje su najveće turbine tog tipa na svetu, prečnika 9,5 m.



Slika 9. HE Đerdap 1 – svetsko dostignuće hidrogradnje

Osim turbina elektrana je praktično izgrađena vlastitim snagama, pa je srpska strana (Fabrika Goša) realizovala

za RO stranu ustave na prelivnim poljima sa tada najvećim rasponom na svetu. Državnim ugovorom granica je izmeštena tačno u sredinu brane, tako da svaka strana ima po 7 prelivnih polja, i po jednu brodsku prevodnicu sa pratećim objektima (pristani uzvodno i nizvodno, itd.). Prvi agregat je sinhronizovan na mrežu 5.08.1970., samo 6 godina nakon početka izgradnje, što je odličan rezultat imajući u vidu najveću složenosti tog objekta. Performanse objekta su posteno poboljšavane. Prvobitno je kao kota NU usvojen 68 mm, u odnosu na koju su bili projektovani i sistemi za zaštitu priobalja. Time je realizovana instalisana snaga po agregatu 180 MW, ili ukupno po 1.080 MW na obe strane. Međutim, ubrzo je bilateralnim dogovorom odlučeno da se uspor poveća na 69,5 mm, uz odgovarajuće dodatne radove na zaštiti priobalja. Time je instalisanost povećana na po 190 MVA po agregatu, sa mogućnostima prosečne proizvodnje od 5.700 GWh/god. Radovima koji su već duže vreme u toku, na revitalizaciji agregata, podiže se snaga po agregatu na oko 212 MVA, što je povećanje za oko 66 MVA, što je ekvivalentno jednoj ozbiljnoj hidroelektrani na Drini.



Slika 10. HE Đerdap 1, spuštanje revitalizovane turbine u šaht agregata

HEPS Đerdap 2, oko 80 km nizvodno od HEPS Đerdap 1, vrlo je složen višenamenski objekat (hidroenergetika, plovidba, uređenje vodnih režima u reci, priobalju i aluvijalnim izvorištima, komunalna hidrotehnika) kojim je zaokružen sistem na zajedničkom potesu Dunava. Radovi su počeli 1977., a poslednji dodatni agregat je pušten 2000. Pošto se naslanja na ostrvo Ostrvol Mare postrojenje je realizovano kao nesimetričan objekat, jer se za građenje objekata koriste i glavni tok Dunava i njegov rukavac Gogoš na rumunskoj strani. Na glavnom toku Dunava realizovani su zajednička mašinska zgrada (MZ) osnovne elektrane, prelivni deo brane, srpska brodska prevodnica, nasuta brana i dodatna srpska MZ

sa dva naknadno realizovana agregata. U rukavcu na rumunskoj strani je druga prelivna brana za propuštanje velikih voda i rumunska MZ sa dva dodatni agregati. U cilju racionalizacije objekta osnovna MZ je zajednička, sa 2×8 agregata, po 8 za oba države, a granica je pomerena u sredinu MZ. Tokom izgradnje zaključeno je da se može povećati kapacitet hidroelektrane sa po još dva agregata (povećanje na ukupno 2×10 agregata) dodavanjem posebnih mašinskih zgrada za po dva agregata: srpskog u glavnom toku i rumunskog u rukavcu Gogoš. Objekat je građen pod zaštitom zagata u više faza. Projektovanje objekata na srpskom delu obavio je Energoprojekt, a šef projekta bila je Mirjana Tucović. Radni nivo u akumulaciji je 41,0 m, minimalni 38,5 m, normalni pad je 7,45 m, maksimalni 12,75 m, a najmanji sa kojim HE može da radi je 2,5 m. Ukupno 20 agregata ima instalisani protok 8500 m³/s. Usvojen je za te uslove najpovoljniji horizontalni kapsulni tip agregata sa Kaplanovom turbinom prečnika 7,5 m, sa 4 lopatice. Agregati su pušteni u pogon 1985, 1986, 1987, 1998. i 2000. Instalirana snaga po agregatu je 27 MW, pa je ukupna instalirana snaga 540 MW, od čega je 270 MW u 10 agregata srpskog dela. Ukupna prosečna godišnja proizvodnja od 2,65 milijardi kWh deli se po pola. Predviđeno je da se tokom obnove agregata povećava instalirana snaga sa 27 MW na 32 MW, čime će Srbija dobiti novih 50 MW instalirane snage.



Slika 11. Pogled na deo složenog sistema HE Đerdap 2 u osnovnom koritu Dunava

Regionalni sistemi snabdevanja vodom Srbije. Proteklih decenija u Srbiji je obavljan veliki posao od najvitalnije važnosti za građane Srbije – postepen razvoj sve većih, sve razgranatijih sistema za snabdevanje naselja vodom. Na žalost, taj se posao ponekad odvijao, zbog delovanja neformalnih interesnih grupa i nekih izmanipulisanih medija, uz velike otpore koje su graditelji morali da savlađuju onda kada bi trebalo da sagrade akumulacije. U skladu sa Prostornim planom Republike Srbije, u Srbiji se realizuje 18 velikih regionalnih sistema vodosnabdevanja, od kojih se većina naslanja i na

akumulacije, koje su jedina izvorišta sa visokom pouzdanošću u obezbeđivanju vode najvišeg kvaliteta. Izgrađene su brojne akumulacije sa godišnjim regulisanjem protoka, u onim delovima zemlje u kojima su bila nedovoljni kapaciteti izvorišta podzemnih voda, koje su uvek imale preimućstvo pri izboru redosleda angažovanja izvorišta. Međutim, problem je što kapaciteti podzemnih voda, po pravilu iz rečnih aluviona, snose sudbinu površinskih voda i po količini i po kvalitetu. Pošto su vodni režimi u Srbiji među najneravnomernijim u Evropi (odnos malih mesečnih voda verovatnoće 95% koje su merodavne za mere zaštite voda, i velikih voda verovatnoće 1%, koje su merodavne za odbranu od poplava), penje se i preko 1 : 2.000), vodovodi koji su se oslanjali samo na resurse podzemnih voda imali su velike probleme i oštre i dugotrajne redukcije u periodima malovođa [3]. Jedini je izlaz bio da se takvi vodovodi kompletiraju i sa akumulacijama sa godišnjim regulisanjem, da bi se na potreban nivo od ne manje od 97% povećala pouzdanost snabdevanja vodom naselja. Navode se samo neki od tih objekata, oni koji su okosnica već formiranih regionalnih sistema.

- Nasute brane Gračanka na Gračanki, visine $H_b=52$ m, zapremine akumulacije $V_{ak} = 30 \times 10^6$ m³, i Batlava koja koristi vode Batlave i Laba, visine $H_b = 46,5$ m, $V_{ak} = 26 \times 10^6$ m³, koje su okosnica za formiranje Prištinsko-mitrovačkog regionalnog sistema,
- Nasuta brana Gazivode na Ibru, $H_b = 108$ m, $V_{ak} = 370 \times 10^6$ m³, zapremina tela brane $5,2 \times 10^6$ m³, koja je, sa kompenzacionim bazenom Pridvorica ključni objekat Hidrosistema Ibar-Lepenac,
- Vrutci na Đetinji, lučna brana, $H_b = 72$ m, $V_{ak} = 54 \times 10^6$ m³, koja je bila, a nakon sanacije biće i dalje jedno od ključnih izvorišta Zapadno-moravskog regionalnog sistema. (Ta akumulacija je poučan primer da se moraju striktno poštovati uslovi zaštite akumulacije, sa doslednim uspostavljanjem režima zaštite u sve tri zone zaštite).
- Brana Čelije na Rasini, $H_b = 55$ m, $V_{ak} = 51,5 \times 10^6$ m³, koja je ključni objekat Rasinsko-pomoravskog regionalnog sistema, koji se ubrzano širi zahvaljujući toj akumulaciji i PPV u Majdevu, koje je nedavno osavremenjeno,
- Nasuta brana Bovan na Moravici, $H_b = 52$ m, $V_{ak} = 58,7 \times 10^6$ m³, ključni objekat Moravičkog podsistema u okviru Donje-južnomoravskog regionalnog sistema,
- Nasuto-betonska brana Grlište na Grliškoj reci, $H_b = 44$ m, $V_{ak} = 12 \times 10^6$ m³, jedno od ključnih izvorišta u okviru Timočkog regionalnog sistema,
- Nasuta brana Prvonek na Banjšćici, $H_b = 90,5$ m, $V_{ak} = 23 \times 10^6$ m³, jedno od ključnih izvorišta Gornje-južnomoravskog regionalnog sistema,
- Nasuta brana Barje, $H_b = 75$ m, $V_{ak} = 40,6 \times 10^6$ m³, jedno od ključnih izvorišta Donje-južnomoravskog regionalnog sistema,
- Nasuta brana Zavoj ($H_b=86$ m, $V_{ak}=170 \times 10^6$

m³) veoma važan objekat višenamenskog sistema Visočica - Nišava; • Nasuta brana Stuborovni na reci Jablanici, $H_b = 74,5$ m, $V_{ak} = 51,5 \times 10^6$ m³, sa višenamenskom akumulacijom koje je ključno i jedino pouzdano izvorišta Kolubarskog regionalnog sistema. • Postrojenja za prečišćavanje vode Makiš 1 i 2, ukupnog kapaciteta oko 5 m³/s, predstavljaju jedan od najsavremenijih sistema u svetu, i isporučuju vodu boljeg kvaliteta no što je u najvećem broju svetskih metropola. Njima je omogućen razvoj Beogradsko-savskog regionalnog sistema, sa cevovodom koji se već realizuje na trasi prema Mladenovcu. • U toku je realizacija za Srbiju jednog od najznačajnijih objekata, akumulacije Svračkovo, kojom će se zaokružiti realizacija Rzvskog regionalnog sistema, kojim se na najpouzdaniji način snabdevaju sva naselja na pravcu Arilje – Požega – Čačak – Gornji Milanovac [3].



Slika 12. Brana i akumulacija Zavoj

SADAŠNJI PROBLEMI VODOPRIVREDNOG RAZVOJA

Dinamičan vodoprivredni razvoj zaustavljen je krizom koja je prethodila raspadu SFRJ i sankcijama početkom 90-tih godina. Prekinuta je izgradnja novih objekata, a održavanje postojećih objekata i sistema svedeno je daleko ispod važećih neophodnih normativa. To je dovelo do teških posledica, posebno u domenu objekata zaštitne hidrotehnike koji su posebno osetljivi na (ne)održavanje (nasipi, kanalski i dranažni sistemi, postrojenja za prečišćavanje voda, itd.). Sadašnje loše stanje objekata HS DTD je posledica (ne)održavanja. Na pojedinim deonicama zbog neizmuljavanja sada su čak i neki veliki plovni kanali postali neupotrebljivi. Na žalost, stanje se nije poboljšalo ni nakon oktobarskih promena 2000. godine. Čak se dramatično i pogoršalo, jer je tadašnja Vlada ukinula praksu kojom su se dugo prikupljala sredstva za sektor voda, proglašivši ih -

parafiskalnim. Srbija je postala jedna od retkih zemalja u svetu u kojoj vodoprivreda nema stalnih, sistemskih prihoda sa kojima može dugoročnije da planira, prepuštena 'razumavanju' ljudi koji sastavljaju budžet i koji kasnije njime raspolazu. O tom 'raspolaganju' rečito govori i jedna neverovatna odluka iz 2011. godine, kojom su sva sredstva određena za vodoprivredu odlukom tadašnje Vlade prebačena – za 'oktobarske povišice plata i penzija'. Stanje se ni kasnije nije bitnije poboljšalo, tako da se sektor voda, bez stabilnih prihoda, prepušten volutarizmu onih koji odlučuju o budžetu, nalazi u stanju koje se mora oceniti nezadovoljavajućim. Ključni problemi daljeg razvoja u oblasti vodoprivrede mogu se sažeto sistematizovati na sledeći način.

- Ne uviđa se činjenica koja je potvrđivana milenijuma, još od najstarijih tzv. 'hidrotehničkih civilizacija', da su veliki hidrotehnički projekti najveći državni razvojni projekti. Oni su razvojno najvažniji zbog bar tri razloga: (a) nikada ne mogu biti ekonomski i socijalno promašeni i prevaziđeni projekti, (b) projekti velikih hidrotehničkih sistema kao 'lokomotive razvoja' pokreću razvoj najvećeg broja drugih privrednih i drugih grana, (v) zaostajanje u razvoju vodne infrastrukture veoma se nepovoljno odražava na razvoj države, od privrede i ekonomije, preko čitave nadgradnje, do socijalne i političke (ne)stabilnosti. Tokom proteklih milenijuma je postojalo čak i vrlo jasno pravilo, mnogo puta potvrđivano: upravo u kriznim vremenima pokreni velike hidrotehničke projekte, jer će oni državu na najpouzdaniji način izvući iz krize i podići je na novu, višu orbitu razvoja. Takvu su ulogu imali veliki projekti u drevnim 'hidrotehničkim civilizacijama' (u tromeđu Mesopotamije, u dolinama Nila, Inda, Hoanghoa, Jangkcea, itd.). U novije vreme je efikasnost tog razvojnog pristupa vrlo uspešno proverena projektom 'New Deal' 30-tih godina XX v koji je bio pokretač za izlaz iz velike krize SAD, ali i sveta, a sličnu ulogu su imali projekti osvajanja poldera u Holandiji, projekti elektrifikacije u SSSR-u sa izgradnjom velikih hidroelektrana, masovna izgradnja brana i hidrotehničkih sistema u Španiji, melioracioni projekti sa mnoštvom malih akumulacija u Italiji. sistemi sa velikim brojem velikih i malih akumulacija u Kini, Japanu, Turskoj, Indiji, Iranu i brojnim drugim zemljama.

- Sadašnje neshvatanje te izuzetno važne činjenice veliki je korak unazad u odnosu na treću, posleratnu fazu razvoja i odražava se i na organizaciju sektora voda, koji se potiskuje na margine odlučivanja o velikim projektima. Ne samo što sektor voda nema svoj resor, adekvatan njegovom nivou značajnosti, već je u jednom

periodu ostao čak i bez ikakvog usputnog pominjanja u bilo kom ministarstvu. Tako nešto se nije dešavalo u Srbiji čak ni u XIX veku, jer je od prvog Zakona o vodama i njihovoj upotrebi donetog 1878. među prvim zakonima nakon sticanja državnosti, pa preko Zakona o vodama iz 1905. godine, Srbija uvek imala efikasne, zavidno stručne organe, dosta autonomne u odlučivanju o investicijama i upravljanju u oblasti voda.

- Veoma brine nesprenost države da shvati činjenicu koja je znana od drevnih civilizacija (još od Hamurabija) da treba čuvati: (a) postojeće vodoprivredne sisteme, (b) prostor za razvoj hidrotehničkih sistema, koji imaju najstrožije zahteve od svih korisnika prostora (zajedno sa površinskim kopovima) u pogledu lokacija potrebnih za razvoj, (c) da od nenamenskog korišćenja treba čuvati vodno zemljište bez koga ne mogu bezbedno da funkcionišu i održavaju se vodoprivredni sistemi.



Slika 13. Nelegalne kuće uz reni bunara u neposrednoj zoni zaštite izvorišta Beogradskog vodovoda

Na žalost, često rabljena floskula 'niko nije jači od države' ne važi za mnoštvo osionih nasilnika koji na očigled mnogih državnih institucija divljom gradnjom uništavaju najveće dragocenosti Srbije: izvorišta voda, zaštitne nasipe i prostor za njihovo neophodno ojačavanje, reke, jezera. Institucije sektora voda su nemoćne da se same odupru toj rušilačkoj anarhiji, a drugi segmenti vlasti nisu u stanju da donesu čak i najobičnija rešenja da se odbija legalizacija nelegalno sagrađenih objekata u vodnom zemljištu i u neposrednim zonama zaštite izvorišta. Zbog toga što vlast ne poštuje vlastite zakone dolazi do tragičnog ugrožavanja objekata i sistema koje smo sagradili u dinamičnoj trećoj fazi razvoja. Na taj haos nas je već surovo upozorila akumulacija Vrutci, ali nadležni na takva upozorenja ne haju. Bojimo se da će nas zbog ignorisanja ugrožavanja vodnog zemljišta i izvorišta neprijatno 'iznenađivati' i drugi veoma delikatni objekti i

sistemi. Čak je i nasip kojim se od poplava štiti Novi Beograd ugrožen divljom gradnjom i pretvaranjem tog namenskog objekta u put kojim 'ugledni Srbi' automobilima, ali i teškim mašinama i kamionima idu prema svojim vikendicama divlje sagrađenim na vodnom zemljištu. U koritu za veliku vodu su izgrađeni i 'vlastiti nasipi' koji vode prema kućama za odmor, nasipi koji bujični tok velike vode usmeravaju pravo na zaštitne nasipe i na taj način ih dodatno ugrožavaju.



Slika 14. Opasno: nasut put koji vodi ka vikendici u koritu za veliku vodu

- Najnovijim izmenama Zakona o vodama iz 2016. veoma važan normativni institut 'vodnih uslova' izgubio je rang upravnog akta, obavezujućeg za sve investitore. To je pogrešna odluka koja krije u sebi veliku opasnost da će se prostori potrebni za razvoj vodoprivrednih sistema potpuno devastirati gradnjom drugih objekata i učiniti neupotrebljivim za planirane namene. Taj najvažniji institut čvrste kontrole korišćenja prostora imaju sve države od pamtiveka, upravo zbog toga da bi se sprečile strateške greške obezvređivanja vodnih resursa i infrastrukture, ali i da bi se zaštitili drugi sistemi da se ne razvijaju u poplavama i bujicama ugroženim prostorima. Postoje zapisi od pre 4.000 godina kojima se strogo propisuju uslovi građenja u blizini reka. Ideja o izdavanju dozvole za građenje 'na jednom šalteru' je ispunjena, ali zbog ignorisanje baznih vodoprivrednih planskih dokumenata Srbija klizi u haos na vodama koji će uništiti njenu vodoprivrednu infrastrukturu i bezbednu budućnost. A biće ugroženi i vrlo skupi objekti koji su hazarderski sagrađeni u plavnim i bujičnim zonama. Sada smo jedina evropska zemlja koja nema taj snažni instrument kontrole ponašanja u jedinstvenom vodoprivrednom prostoru države.

- Bezuspešno upozoravamo da su zbog klimatskih promena i regulacionih radova sa isključenjem plavnih područja u uzvodnim delovima slivova značajno pogoršani režimi velikih voda (maksimalni protoci su veći u odnosu na ranije računate). Naši zaštitni sistemi, nasipi i drenažni sistemi najvećim delom su dimenzionisani prema analizama stanja od pre 50-tak i više godina (uglavnom pre 1965. godine). Posledice te činjenice su vrlo ozbiljne: realni stepeni zaštite priobalja kraj naših velikih reka su znatno manji od onih sa kojima se računa. Živimo u iluziji da smo navodno zaštićeni od tzv. stogodišnjih velikih voda, a realnost je znatno nepovoljnija. Ta naša zabluda je vrlo opasna, jer se ne uviđa da su prostrana nizijska područja sa velikim naseljima znatno ugroženija nego što mislimo, a ugroženiji su i veoma osetljivi objekti koji su kraj reka, kao što su otvoreni kopovi i termoelektrane. Problem možda najbolje ilustruje primer TE-KO Kostolca: površinski kop, koji će silaziti i do 100 m ispod nivoa Dunava, brani se sa tri strane nasipima prema Dunavu, Velikoj Moravi i Mlavi čiji su stepeni zaštite sada manji od onih sa kojima se nekada računalo. Ne mogu se ni zamisliti tragične posledice u slučaju kada bi došlo do proboja samo na jednom mestu tog zaštitnog sistema.



Slika 15. Slika slabosti sistema planiranja i finansiranja

Zbog toga je jedan od prioritarnih zadataka da se što pre obave hidrološke analize koje će pokazati koji su sada realni stepeni zaštite naših najvitalnijih zaštitnih sistema, pa da se nakon toga njihovim rekonstrukcijama dovedu na nivo koji je primeren njihovoj ekonomskoj i socijalnoj značajnosti. Umesto da u vremenski povoljnim uslovima nasipe nadvisimo i učinimo ih bezbednijim, mi se pri povodnjima oslanjamo na džakove sa peskom, što je mnogo skuplje, a neuporedivo nepouzdaniji vid zaštite. To je najrečitiji pokazatelj kakve su posledice kada vodoprivreda nema stabilno finansiranje sa kojim bi mogla dugoročnije da planira i gradi i kada je skrajnuta na margine odlučivanja o investicijama i prioritetima.

- Prioritet imaju sledeće analize: (a) izrada karata ugroženosti od poplava (metodika prikazana u [10], i striktno poštovanje zabrane građenja osetljivih objekata u tim zonama; (b) nove analize velikih voda svih većih vodotoka, vodeći računa o savremenim metodologijama pouzdanijih analiza u uslovima izuzetaka poplavnih događaja u osmotrenim serijama (metodologija razmatrana u radu [11], (c) preispitivanje potrebnih zapremina planiranih akumulacija za uređenje vodnih režima i ispunjenje ciljeva snabdevanja vodom i povećanje ekoloških protoka, uzimajući u obzir razne scenarije razvoja i razne scenarije klimatskih promena (metodologija razmatrana na primeru sliva Drine u [9]).

- Na upravljanje vodama sve veću težinu imaju sledeći procesi: (a) vodni bilansi postaju sve napretniji zbog povećanih zahteva za vodom i sve većih zahtevanih obezbeđenosti isporuke korisnicima; (b) pogoršanje vodnih režima (talasi velikih voda su sve veći, sa sve kraćim vremenima koncentracije, male vode su sa sve dužim trajanjima); (c) eksponencijalni porast šteta od poplava; (d) porast opasnosti i šteta od zagađenja voda, posebno u incidentnim situacijama, kada je neophodno vrlo brzo delovanje; (e) sve strožiji kriterijumi za zaštitu vodenih ekosistema; (f) porast opasnosti od posledica pogrešnog upravljanja bezbednosno osetljivim elementima objekata (ustavama, ispuštima). U takvim uslovima postaje neophodna kibernetizacija upravljanja vodoprivrednim sistemima. Jedan od najefikasnijih načina je izrada ekspertnih sistema za podršku upravljanja u realnom vremenu, posebno u kriznim situacijama. Metodika za izradu ekspertnih sistema prikazane je u radu [13]. Isti značaj ima i periodična provera svih vidova pouzdanosti vodoprivrednih sistema. Deset izuzetno važnih pokazatelja pouzdanosti sistema sistematizovani su i analitički razmatrani u članku [14]. Sa hidrotehničkim sistemima se ne sme hazardirati, već se moraju sistematski proveravati svi navedeni pokazatelji pouzdanosti. U SAD i nizu drugih zemalja postoje obavezujući propisi o učestalosti ponovnih provera svih vitalnih aspekata pouzdanosti brana i opreme na njima.

- U pristupnim pregovorima finansijski najzahtevnije biće poglavlje 27, posebno deo koji se odnosi na izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV). Srbija ništa ne preduzima da blagovremeno pripremi svoje projektne i industrijske kapacitete da budu konkurentni da mogu samostalno da realizuju brojna PPOV. Bilo bi ekonomski i razvojno pogubno ukoliko bi Srbija bila samo posmatrač kako na njenoj teritoriji PPOV grade trećerazredne firme iz drugih država. Neophodno je da se već sada pripremaju tipski projekti za PPOV sa modulima za različiti broj ekvivalentnih

stanovnika, po najsavremenijim tehnologijama prečišćavanja otpadnih voda (SBR). Radi se o uređajima koje i mogu i moraju da proizvode naša mašinska industrija (Goša, MIN, Jastrebac, itd.), koja je sada u velikoj krizi upravo zbog pomanjkanja stabilnih proizvodnih programa i postojećih narudžbina. Ako na vreme ne pripremimo čitav projektno-proizvodni sektor za organizovani nastup Srbija će postati poligon na kome će zemlje sa proizvodnim i inženjerskim nivoima ispod našeg graditi naša PPOV, graditi i skupo i loše. Već imamo loše primere takve prakse. Zbog toga ovo treba shvatiti i kao razvojnu šansu, kako bi se dao veliki zamajac srpskoj mašinogradnji. Drugi problem na tom planu je što se sada u državi ne uočavaju stvarni prioriteti za realizaciju PPOV. Prioriteti za PPOV su definisani u Prostornom planu Srbije, i to svakako nisu gradovi na Dunavu. Najveći prioritet imaju gradovi koji ugrožavaju velika izvorišta (Brus, Blace, Sjenica, Soko Banja, itd.) [3, 8]. Realizacija PPOV vlastitim snagama u nekom od tih naselja, praćena razvojem prateće opreme u domaćim preduzećima, bio bi najbolji razvojni poduhvat države.

- Da bi se Srbija normalno razvijala, da ni jedan grad ne doživi sudbinu Kejptauna i još nekih gradova u kojima se uslovi života dramatično pogoršavaju zbog nedostatka vode, da bi naselja bila bezbedna kraj reka, biće neophodno da se realizuje veći broj akumulacija predviđenih Prostornim planom Srbije [8]. Da bi se to ostvarilo neophodne su: (a) planska zaštita prostora koji su neophodni za realizaciju tih akumulacija, (b) sistematska edukacija javnosti i medija da shvate neophodnost tih objekata, koji u uslovima izuzetno velike, ekstremno nepovoljne neravnomernosti protoka jedini mogu da obave dva izuzetno važna zadatka: da ublaže talase velikih voda i zaštite nizvodna područja, da obezbede vodu u sve dužim i sve kritičnijim malovodnim periodima [3]. Na žalost, ne postoje organizovane aktivnosti na ispunjenju tih veoma važnih zadataka od kojih zavisi bezbedan razvoj Srbije.

ZAKLJUČAK

Sažet prikaz samo nekih od izgrađenih objekata hidrotehničke infrastrukture Srbije pokazuje da su hidrotehnički graditelji – projektanti, izvođači, naučni radnici – uvek bili u samom svetskom vrhu hidrogradnje. Odmah nakon rata odvažili smo se da sve gradimo samostalno – i to je bila najbolja odluka za strategiju razvoja. Vrlo važan je bio i pristup da se puni prioritet da i naučnim istraživanjima i školovanju inženjerskih kadrova. Zbog toga su izvršene i reorganizacije, sa osnivanjem samostalnih tehničkih fakulteta i instituta.

Nakon uspešne izgradnje prvih velikih i složenih objekata postali smo učitelji, na čijim su projektnim i izvođačkim iskustvima učili graditelji i iz mnogo većih zemalja. Tranzicioni period, a posebno period nepravednih sankcija, najnepovoljnije su uticali upravo na taj sektor srpskog građevinarstva, uništavajući ga materijalno, organizaciono i kadrovski. Taj period urušavanja i stagnacije nastavio se, na žalost, i kasnije i traje i sada, jer nije shvaćen razvojni značaj ulaganja u hidrotehničke objekte i sisteme. Zbog tog nerazumevanja Srbija je verovatno jedina zemlja koja nema stabilne izvore prihoda sa kojim bi sektor voda mogao da dugoročno planira. Taj najvitalniji građevinski sektor se može oporaviti samo ako se vratimo izvornom principu od koga smo i krenuli 1946. godine: da oni koji o tome u državi odlučuju dozvole, upravo u interesu Srbije i njenog razvoja, da sve radimo vlastitim snagama, svojim kadrovima, i uz postepeni oporavak pratećih industrija, pre svega u domenu mašinogradnje, koja je sistematski i sasvim umišljeno uništavana u procesu privatizacije. I drugi, veoma bitan uslov za oporavak je da država shvati ono što je poznato već milenijumima: da su projekti u oblasti voda najvažniji razvojni projekti jedne zemlje, projekti koji su najuspešnije 'lokomotive' razvoja i svih drugih privrednih grana, ali su veoma važni i za socijalnu stabilizaciju države. Investicije u sektor voda treba tretirati upravo tako - kao najvažnije razvojne projekte zemlje.

LITERATURA

- [1] Grupa autora (1996): *Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu 1846 – 1996*, Građevinski fakultet, Beograd.
- [2] Đorđević, B. (1996): *Razvoj vodoprivrede u Srbiji i uticaj na razvoj društva*. - Poglavlje u monografiji "Razvoj nauke u oblasti građevinarstva i geodezije u Srbiji". Beograd: Građevinski fakultet.
- [3] Đorđević, B. (2008): *Realizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture u skladu sa strategijom Prostornog plana Srbije*. Vodoprivreda, 234-236 s. 215-225
- [4] Đorđević, B. (2014): *Izgradnja vodoprivredne infrastrukture je najvažniji i kontinuirani državni razvojni projekat*. Poglavlje u knjizi: *Moguće strategije razvoja Srbije*, Urednik: Akademik Časlav Očić, SANU.
- [5] Vladislavljević, Ž. (1969): *O vodoprivredi – Pogledi i metode*, Građevinski fakultet, Beograd
- [6] Đorđević, B. i T. Dašić: *Vujica. M. Jevđević. – Monografija: Život i delo srpskih naučnika*, SANU, knjiga XII, 2010, urednik akademik Vladan Đorđević, s.405-460.
- [7] Đorđević, B. (1990): *Vodoprivredni sistemi*, Naučna knjiga, Beograd
- [8] Grupa autora (2010): *Prostorni plan Republike Srbije*. Đorđević, B. je autor poglavlja: *Vode i vodno zemljište, Vodoprivreda i vodoprivredna infrastruktura*, Ed. B.Stojkov, Službeni glasnik, Beograd.
- [9] Plavšić J., T. Dašić i I. Milutinović (2017): *Modeliranje vodoprivrednog sistema Drine i analize izabranih razvojnih i klimatskih scenarija*, Vodoprivreda, Vol. 49 (2017) No. 285-287
- [10] Jovanović, M. i dugi (2014): *Problemi pri izradi karata ugroženosti od poplava*, Vodoprivreda, Vol. 46, N° 267-272, s.3-13
- [11] Plavšić, J. i duge (2016): *Statistička analiza velikih voda u prisustvu izuzetaka*, Vodoprivreda, Vol. 48, N° 279-281, s. 5-17
- [12] Đorđević, B.: (1989): *Objekti hidroelektrana*. - Beograd : Građevinski fakultet: Naučna knjiga, 1989., s. 480, ISBN 86-23-41023-8.
- [13] Đorđević, B. i T. Dašić (2015): *Eksperti sistem za planiranje i operativno sprovođenje odbrane od poplava*, Vodoprivreda, Beograd, God.47, N° 276-278, s. 187-202
- [14] Đorđević, B. i T. Dašić (2016): *Kategorije pouzdanosti koje se moraju proveravati tokom planiranja i korišćenja vodoprivrednih sistema*, Vodoprivreda, N° 279-281, Beograd, s. 29-44
- [15] Đorđević, B. (2014): *Projekti u oblasti voda su najbolji razvojni projekti*, Elektroprivreda, Nikšić, br. 354, s.9-19
- [16] Đorđević, B. (2017): *Razvoj hidrotehničke infrastruktura – najvažnije i najosetljivije komponente razvoja zemlja*, Izgradnja, 11-12, s.379
- [17] Борђевић, Б. (2014): *ВОДОПРИВРЕДА*. Српска енциклопедија, том 2, Изд. Матица српска, САНУ и Завод за уџбенике, Београд.
- [18] Grupa autora (1975): *HE Đerdap – Hidroenergetski i plovidbeni sistem*, Beograd, JP Đerdap.

CONTRIBUTION OF SERBIAN HYDROTECHNICAL ENGINEERING TO
THE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY AND REGION
- JUBILEE OF THE ORGANISATIONS OF THE ENGINEERS OF SERBIA

by

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ
Full Member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia

Summary

In 1868 the 'Technical Society' was founded in Belgrade, the first organisation of engineers and technicians in the region. During 150 years of professional engineering in Serbia, four periods can be distinguished in the development of hydrotechnical systems: (1) during the struggle for the independence of Serbia until the Great War, (2) between the two wars, (3) the period of the most intensive development after the World War II until the crisis that led to the disintegration of Yugoslavia, (4) the current period. This article summarizes the development characteristics of these periods. The fastest development was in the third period, when extremely important facilities and systems were built, some of the largest constructions in the world at that time. An important development principle applied at the time was that even the largest facilities should be constructed using our own

resources. Other industries were developing at the same time (machine building, building materials industry), and much investment was given to science and the education of personnel, so that they could independently take on the planning, construction, exploitation and maintenance of the most complex facilities and systems. The article presents only some of the key hydrotechnical facilities and systems built in that period. Hydrotechnical development in the current period is stagnating in relation to needs and opportunities, as there is no strong development component in the construction of water resources systems.

Key words: Hydrotechnical infrastructure, Serbia, dams, regional water resource systems, HPP's, flood protection, water supply systems.

Redigovano 1.11.2018.