

I. Rakočević i Dr. J. Medanić
Institut "Mihailo Pupin"
Beograd

S. Zahirević i M. Čabrilo
RO "Hidroelektrane na Neretvi"
Mostar

REFEPAT

RAZVOJ HIDROLOŠKOG MODELA SLIVA NERETVE ZA POTREBE
UPRAVLJANJA SISTEMOM AKUMULACIJA U SLIVU

DEVELOPMENT OF A HYDROLOGICAL MODEL OF THE NERETVA RIVER
BASIN FOR THE OPERATIONAL PLANNING OF POWER PRODUCTION

SADRŽAJ. Prikazani su preliminarni rezultati u razvoju hidrološkog modela sliva Neretve za potrebe kratkoročnog hidrološkog prognoziranja i upravljanja sistemom hidroelektrana u slivu. Izložena je strukturna dekompozicija sliva u podslivove; postupak identifikacije parametara SSARR modela koji se koristi u modeliranju sliva i preliminarni rezultati identifikacije parametara u pet podslivova.

ABSTRACT. Preliminary results on the hydrologic modeling of the Neretva river basin for operational hydrologic forecasting and planning of power production are presented. Structural composition of the model from subbasin models and routing models is described. The procedure employed in identifying the parameters of the SSARR model, used in modeling the basin, and preliminary results of identification of five subbasins are presented.

1. UVOD

U više jugoslovenskih slivova (Drine, Neretve, Cetine i dr.) izgrađena hidroenergetska postrojenja racionalnim korišćenjem hidroenergetskog potencijala vrše znatan uticaj na prostornu i vremensku raspodelu voda i shodno tome menjaaju prirodni hidrološki režim. U ovim slivovima nameće se potreba, a i obaveza, za obezbeđenjem kratkoročnih hidroloških prognoza kako radi praćenja hidrološkog režima (zavisnog od rada hidropostrojenja) tako i radi optimizacije rada hidroenergetskih postrojenja. S obzirom na značaj prognoza, a u skladu sa modernizacijom sistema dispečerskog upravljanja, u Zajednici jugoslovenske elektroprivrede pokrenut je projekt čiji osnovni cilj je da da smernice za unapređenje metoda kratkoročnog hidrološkog prognoziranja za potrebe optimizacije rada hidroelektrana u slivu. Povezano sa ovim projektom pokrenut je na inicijativu Zajednice jugoslovenske elektroprivrede i RO "Hidroelektrane na Neretvi" projekt razvoja hidrološkog modela sliva Neretve. U ovom radu izlažu se preliminarni rezultati rada na ovom projektu: način strukturne podele sliva u podslivove, osnovne karakteristike konceptualnog modela kojim se modeliraju pojedini podslivovi, postu-

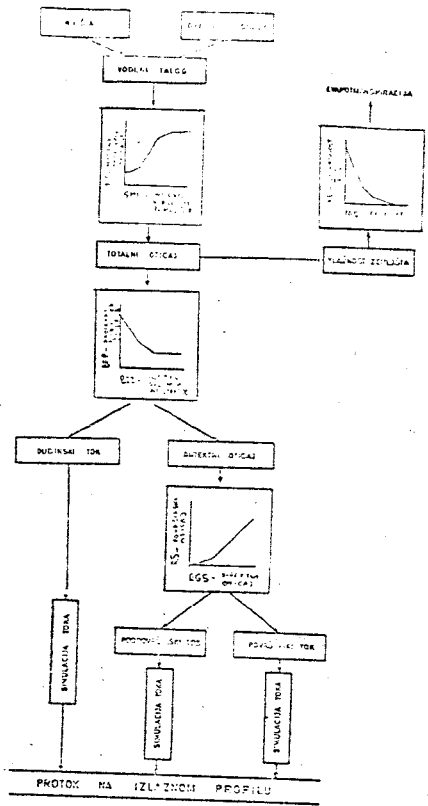
paž identifikacije i preliminarni rezultati identifikacije.

2. STRUKTURNA PODELA MODELA

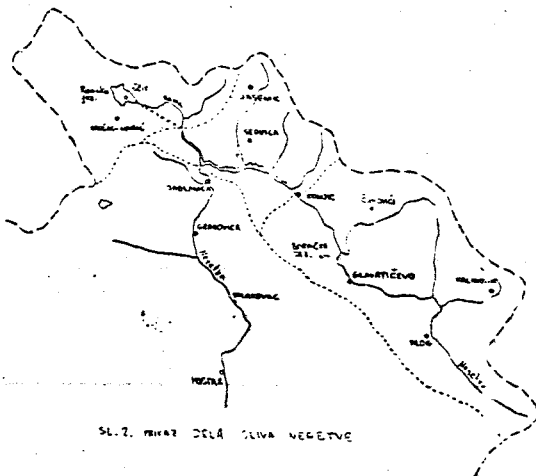
Kratkoročno hidrološko prognožiranje ima za cilj da svakodnevno obezbedi hidrološku prognozu do 4 dana unapred, a u izuzetnim hidrološkim uslovima i za nešto duži vremenski period. Analize pokazuju da se sa sadašnjim stepenom tehnologije kratkoročna hidrološka prognoza može obezbediti konceptualnim, nelinearnim diskretnim dinamičkim modelima u kojima se na pogodan način modeliraju osnovni, agregatni hidrološki procesi u slivu/1,2/. Korišćenje hidrološkog modela omogućava da se na osnovu prognoza padavina (ili opsega padavina) modelom odredi prognoza protoka (ili opsega protoka) na odabranim profilima.

U razvoju modela neophodno je izvršiti podelu sliva na podslivove, izabrati koncepciju modeliranja procesa pretvaranja padavina u oticaj, i izvršiti identifikaciju svih podslivova i procesa propagacije toka u koritu. U razvoju modela sliva Neretve prihvaćena je koncepcija modeliranja zastupljena u SSARR modelu/3/ koji je razvijen za potrebe prognožiranja u slivu reke Kolumbije i za tim široko primenjivan u različitim klimatskim uslovima. Osnovne postavke ovog modela detaljno su opisane u nizu dokumenata/4,5,6/ te se ovde zbog ograničenog prostora neće izlagati. Na slici 1 prikazan je šematski dijagram modela podsliva u kome se uočavaju četiri nelinearne karakteristike i linearni elementi modela. U principu, nelinearne karakteristike (efektivni oticaj u funkciji indeksa vlažnosti zemljišta, redukcija evapotranspiracionih gubitaka u funkciji vlažnosti vazduha, procenat oticaja koji se izdvaja u dubinsku komponentu i podela ostatka oticaja u podpovršinsku i površinsku komponentu) određuju karakter osnovnih agregatnih procesa u zemljištu, a linearne komponente (indeks vlažnosti zemljišta, indeks dubinske infiltracije i linearni rezervoari za propagaciju dubinske, podpovršinske i površinske komponente oticaja) obezbeđuju simulaciju dinamičkog odvijanja procesa u zemljištu.

Struktura glavnih vodotoka i položaji hidroenergetskih objekata u slivu, potrebe za prognozama na određenim profilima i željena tačnost prognoze uslovljavaju neopodnost podele sliva u podslivove i formiranja hidrološkog modela strukturnim povezivanjem modela podslivova i modela propagacije toka u koritu u jedinstveni model sliva. Podela sliva Neretve izvršena je uzimajući u obzir izgrađena postrojenja (HE Rama i HE Jablanica), postrojenja u izgradnji (HE Grabovica i HE Salakovac) i planiranja postrojenja (HE Mostar, HE Konjic i HE Ulog), Slika 2. S obzirom da se identifikacija modela vrši sa istorijskim podacima i s obzirom na vremenski plan izgradnje predviđen je etapni razvoj modela u tri faze:



SL. 1 SEMAHSI PRIGAZ SSARR MODELA



SL. 2. MRAZ DELA PUNVA NEGETIWE

- o Model A - uključuje samo postrojenja HE Jablanicu i HE Ramu i služi za identifikaciju modela i preliminarnu analizu,
- o Model B - uključuje i postrojenja HE Grabovicu, HE Salakovac i zatim HE Mostar i služiće u neposrednoj budućnosti za hidrološko prognoziranje i planiranje rada akumulacija, i
- o Model C - uključuje i postrojenja HE Konjic i HE Ulog i služiće za studijske analize korišćenja potpunog sistema, a u daljoj budućnosti i za hidrološko prognoziranje i planiranje rada akumulacija.

Najdetaljnija podela sliva u podslivove odgovara stanju potpune izgradjenosti, te je uzimajući u obzir etapni razvoj modela, sliv pri modeliranju podeljen u devet podslivova sa izlaznim profilima na sledećim lokacijama:

- o VS Nedavići (gornji sliv Neretve)
- o VS Glavatičevo (karakteristike bliske budućem slivu HE Ulog)
- o VS Konjic (karakteristike bliske budućem slivu HE Konjic)
- o HE Rama (profil na brani)
- o HE Jablanica (lokalni dotok ograničen profilima HE Rama i VS Konjic)
- o HE Grabovica (lokalni dotok između profila HE Jablanica i HE Grabovica)
- o HE Salakovac (lokalni dotok između profila HE Grabovica i HE Salakovac)
- o HE Mostar (lokalni dotok između profila HE Salakovac i HE Mostar)
- o VS Žitomislići (lokalni dotok između profila HE Mostar i VS Žitomislići)

3. IDENTIFIKACIJA MODELA

Identifikacija konceptualnog modela sliva Neretve vrši se postepeno polazeći od uzvodnih podslivova ka nizvodnim i to odvojeno za svaki podsliv, što je omogućeno granastom strukturom rečnih tokova. Osnovni problem identifikacije je da se odrede oblici nelinearnih karakteristika i parametri linearnog dela modela. U modelu SSARR podešavanje parametara i nelinearnih karakteristika u toku identifikacije sprovodi se na bazi poznatih osobina osetljivosti SSARR modela na promene pojedinih parametara i uticaja oblika pojedinih nelinearnih karakteristika na odziv modela (odnosno na simulirani protok). Postupak identifikacije svodi se na preliminarno određivanje osnovnih parametara i u postepenom usaglašavanju odziva modela sa merenim odzivom vizuelnom kontrolom rezultata i primenom analize osetljivosti. Osnovni koraci u postavljanju parametara na nominalne vrednosti su:

- o usvajanje krive proticaja i proračun protoka na izlaznom profilu na osnovu merenih vodostaja, ukoliko ovo već nije izvršeno u prethodnim analizama,
- o određivanje težinskih koeficijenata za podatke sa pojedinih kišomernih stanice (Thiessenovom metodom ili metodom normalnih težinskih koeficijenata) i određivanje prosečnih padavina u podslivu,
- o ocena kašnjenja vrha vodenog vala za maksimalnim intenzitetom padavina radi ocene broja linearnih rezervoara N_L u propagaciji površinske komponente protoka (obično 1 do 3 linearna rezervoara),
- o ocena brzine opadanja vodenog vala radi ocene vremenske konstante T_S u linearnim rezervoarima za propagaciju površinske komponente oticaja,
- o ocena brzine opadanja recesionog toka u letnjim mesecima radi ocene vremenske konstante T_B u linearnim rezervoarima za propagaciju dubinske komponente oticaja.

Na osnovu ovih parametara biraju se nominalne vrednosti ostalih osnovnih parametara: broj linearnih rezervoara N_d za propagaciju dubinske komponente (N_s+1 ili N_s+2), vremenska konstanta T_{SS} ($T_s < T_{SS} < T_d$) i broj linearnih rezervoara N_{SS} ($N_s \leq N_{SS} \leq N_d$) za propagaciju podpovršinske komponente oticaja i vremenska konstanta TSBI koja određuje dinamiku promena indeksa dubinske infiltracije ($T_s < TSBI < T_{SS}$). Nelinearne karakteristike biraju se na osnovu pokazatelja kao što su visinski profil sliva, veličina sliva i sastav zemljišta, i uglavnom na bazi prethodnih iskustvenih rezultata. Poroznost zemljišta uslovljava karakteristiku krive oticaja u funkciji vlažnosti zemljišta, vegetacija i klimatski uslovi uslovljavaju oblik krive redukcije evapotranspiracionih gubitaka u funkciji vlažnosti vazduha, karakteristike podzemnih voda uslovljavaju krivu odvajanja u dubinski oticaj, a geološki sastav zemljišta uslovljava oblik krive razdvajanja površinske i podpovršinske komponente oticaja. Na bazi ovih kriterijuma postavljaju se nominalne vrednosti parametara a karakter i dinamika odstupanja odziva modela od merenog protoka određuje potrebne promene u vrednostima pojedinih parametara i u oblicima nelinearnih karakteristika.

4. PRELIMINARNI REZULTATI IDENTIFIKACIJE

Izvršena je preliminarna identifikacija parametara u podslivovima VS Nedavici, VS Glavatičevo, VS Konjic, HE Rama i HE Jablanica. Osnovni podaci o podslivovima i korišćenim podacima prikazani su u tabeli 1, podaci o kišomernim stanicama prikazani su u tabeli 2. Rezultati identifikacije prikazani su u tabeli 3 i 4. U tabeli 3 prikazane su osnovne vremenske konstante i broj linearnih rezervoara, a u tabeli 4 brojni podaci koji određuju prelomne tačke deo po deo linearnih osetčaka nelinearnih karakteristika. Na slici 3 prikazani su uporedni grafici merenog protoka i odziva modela za podsliv sa izlaznim profilom kod VS Konjic a na slici 4 analogni rezultati za podsliv HE Rama. Usled ograničenog prostora izostavlja se šira analiza rezultata i izdvajaju samo rezultati dobijeni za podsliv HE Rama s obzirom da se rezultati drastično razlikuju u odnosu na rezultate identifikacije ostalih podslivova. Osnovni razlog drastično različitog ponašanja leži pod dosadašnjem sagledavanju uzroka u činjenici da je sliv HE Rame pretežno karstne prirode a rezultati identifikacije ukazuju pre svega da je u ovim slivovima uticaj podpovršinske komponente i u uslovima velikih voda značajniji od površinske, kao i činjenicu da je propagacija podpovršinske komponente daleko sporija u odnosu na površinsku i shodno tome i pojave oticaja daleko sporiji nego u drugim slivovima.

5. ZAKLJUČAK

Prikazani su preliminarni rezultati identifikacije modela sliva Neretve koji su od interesa ne samo radi omogućavanja kratkoročnog hidrološkog prognoziranja

Tablica 1 KAKARISTENITRE PODSLINOVA

	Heretva, Glavitičev	Heretva, Konfjic	Heretva, Jablanica, lok. doček	Heretva, lok. doček
Površina slika (m ²)	317	891	1208	850
Nadmoška visina (m)	615,2	340,7	268,5	-
Težinski koeficijent	1,6-14,9	1974		
Period izračunavanja	24			
Vremenska distanzirana	14,9-30,11	1974		
Period izračunavanja	12			
Vremenska distanzirana	1,5	7,3	10,0	(0)
Nadmoška visina (m)	160	475	396	93
Težinski koeficijent	0,5	2,0	2,1	13,7
Period izračunavanja	169	305	535	222
Period izračunavanja	12,4	49	63	14
Period izračunavanja				32

Tablica 2 PAU VIŠINSKE STANICE

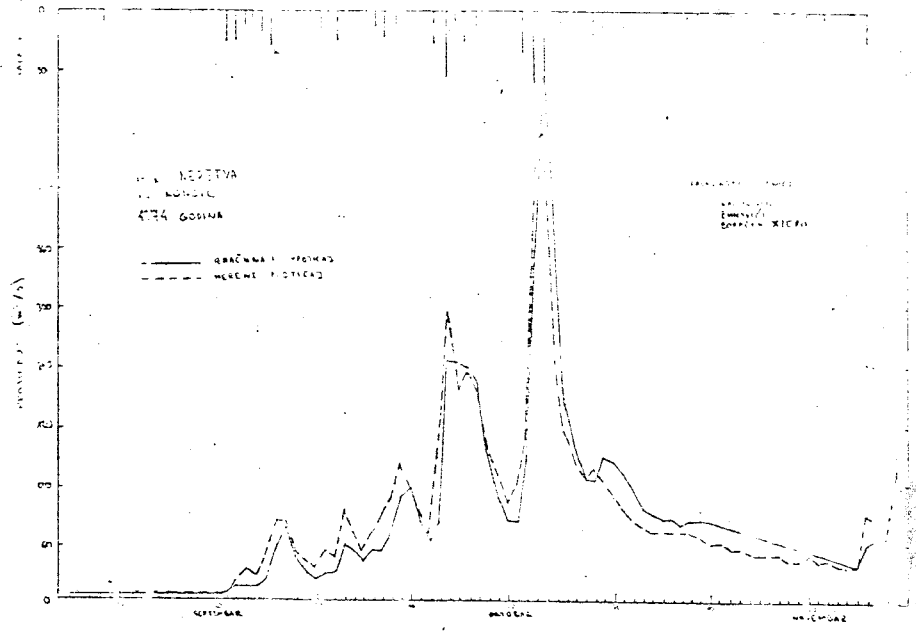
	Heretva, Glavitičev	Heretva, Konfjic	Heretva, Jablanica, lok. doček	Heretva, lok. doček
Ime stanice	Ulog	Ulog	Seonica	Štit
Nadmoška visina (m)	678	678	410	600
Težinski koeficijent	1,0	0,5	0,5	0,5
Nadmoška visina (m)	71,4	71,4	58,2	40,1
Ime stanice	Kalnovik	Kalnovik	Jasenik	Oršić
Nadmoška visina (m)	1073	1073	965	970
Težinski koeficijent	0,3	0,2	0,5	0,5
Nadmoška visina (m)	67,5	67,5	65,6	37,1
Ime stanice	Glavitičev	Čuhovič		
Nadmoška visina (m)	394	1370		
Težinski koeficijent	0,2	0,3		
Nadmoška visina (m)	62,0	48,8		
Ime stanice	Borčalo	Jecero		
Nadmoška visina (m)	402			
Težinski koeficijent	0,2			
Nadmoška visina (m)		110,0		

Tablica 3 POKAZATELJI LINGARNIH KAKARISTENITRE MODELA

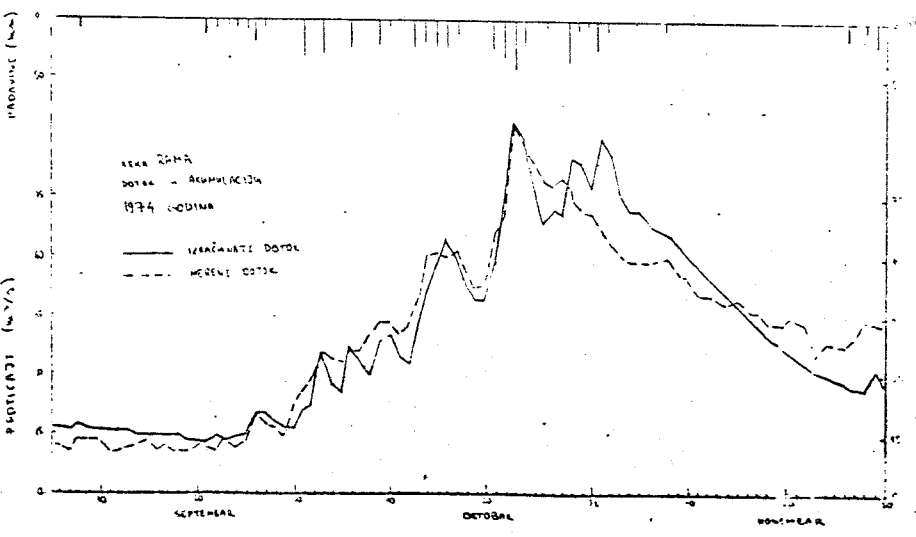
	Heretva, Glavitičev	Heretva, Konfjic	Heretva, Jablanica, lok. doček	Heretva, lok. doček
N _g - broj lin. rezervara površinske komponente	2	2	2	2
N ₃₃ - broj lin. rezervara površinske komponente	2	2	2	2
N _g - broj lin. rezervara dubinske komponente	4	4	4	4
T ₃₃ - broj* (površinske) (h)	9	10	11	7
T ₃₃ - broj* (dubinske) (h)	24	26	28	24
T _g - broj* (dubinske) (h)	105	115	110	100
ISBIII - broj* (dubinske) (h)	20	20	20	20

Tablica 4 REI INDEKSE KAKARISTENITRE MODELA

	Heretva, Glavitičev	Heretva, Konfjic	Heretva, Jablanica, lok. doček	Heretva, lok. doček
Tablica ROP - SMI	SMI ROP	SMI RCP	SMI RCP	SMI RCP
ROP - Procenat težinskog optičaja (%)	0	12	0	15
SMI - Indeks visinski zemljište (cm/dan)	9	7,5	7,5	4
Tablica BPP - BII	BII BPP	BII BPP	BII BPP	BII BPP
BPP - Procenat dubinskog optičaja (%)	0	35	0	35
BII - Indeks dubinske infiltracije (cm/dan)	1,4	2,5	2,3	2,3
Tablica RS - RGS	RGS RS	RGS RS	RGS RS	RGS RS
RS - površinska komponenta optičaja (cm/h)	0	0	0	0
RGS - Direktni optičaj (cm/h)	99	98,91	99	98,91
Tablica KE - PDU	KE PDU	KE PDU	KE PDU	KE PDU
KE - Efektivna dubinska infiltracija (cm)	3	3	3	3
PAD - Intenzitet padavina (cm/dan)	10	5	5	5
Tablica EII - M5	M5 EII	M5 EII	M5 EII	M5 EII
EII - Indeks evapotranspiracije	6	6	6	6
M5 - Izračunavanje	0,471	0,471	0,471	0,471
M5 - Izračunavanje	9	0,352	0,352	0,352
M5 - Izračunavanje	10	0,220	0,220	0,220
M5 - Izračunavanje	11	0,185	0,185	0,185



SLIKA 3. REZULTATI SIMULACIJE ZA SLIV REKE NERETVE KOD KONDICA



SLIKA 4. REZULTATI SIMULACIJE ZA SLIV REKE SAVE

već i zbog sticanja iskustva u modeliranju karstnih regiona nelinearnim konceptualnim dinamičkim modelima. Dalji radovi omogućiće stvaranje konkretnijih zaključaka o ovim mogućnostima kao i verifikaciju preliminarnih rezultata što je upravo u toku rada.

6. LITERATURA

1. Intercomparison of Conceptual models used in Operational Hydrologic forecasting World Meteorological Organization, Publication NO 464, 1975.
2. W. T. Sittner, "Modernization of National Weather Service River Forecasting Techniques", Water-Resources Bulletin, AWRA, Vol. 9, No 4, Aug. 1973.
3. Program Description and User Manual for SSARR - Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation, U.S. Army Corps of Engineers, NPD, Portland Oregon, Sept., 1972.
4. SAR - Program za simulaciju pretvaranja padavina u oticanje, Opis programa, Program razvijen za ZOVP "Morava", IMP, Beograd, juli 1974.
5. SSARR(P) - Program za kompleksne hidrološke analize, Program adaptiran za ZOVP "Morava", IMP, Beograd, Juni 1976.
6. I. Rakočević, "Primena SAR Modela za simulaciju procesa pretvaranja padavina u oticaj u identifikaciji sliva", Informatica 1977, Bled, oktobar 1977.