

ŠIFARSKI SISTEM POVRŠINSKIH VODA SRBIJE

Ratko BAJČETIĆ
JVP Vode Vojvodine, Novi Sad

REZIME

U radu je predstavljena originalna metodologija šifriranja površinskih voda, razvijena sredinom 90-tih godina prošlog veka, za teritoriju vodnog područja Dunav i Autonomnu Pokrajinu Vojvodinu. Principi metodologije šifriranja proistekli su iz većeg broja zahteva, kao što su: uspostavljanje potpune šifarske hijerarhije mreže vodotokova, neograničenost niza, jednoznačnost šifre i informativni karakter šifre. Informatički zahtevi šifre su vezani za njenu kompjutersku upotrebljivost, koncentrisanost i otvorenost u smislu povezivanja sa drugim internacionalnim šifarskim sistemima. Metodologija je zasnovana na hijerarhijskom modelu sa višestepenim nivoima šifre, razdvajanjem na tekuće i stajaće vode i daljoj podeli tekućih voda na primarne, sekundarne i tercijalne vodotoke. Šifarski sistem površinskih voda zasnovan je na induktivnom pristupu, odnosno definisanju slivne mreže vodotoka od izvorišta ka ušću, definišući značaj voda, lokaciju površinske vode u slivu i podslivovima i dugo. Metodologija na kojima je šifriranje zasnovano, zvanično se primenjuju na vodnom području Dunav i teritoriji AP Vojvodine od 1997. godine, a u zvaničnoj upotrebi i na teritoriji Republike Srbije od 2000. godine.

Ključne reči: šifra, šifarski sistem, hijerarhija, površinske vode, principi šifriranja

1. UVOD

Upravljanje vodnim resursima u realnom vremenu zasnovano je na ažurnim kvalitativnim i kvantitativnim podacima o površinskim i podzemnim vodama, koji čine osnovu, odnosno katastar vodnih resursa, odnosno, katastar vodnog dobra, kao i katastar vodnih objekata. U skladu sa tim, svaki vodni resurs, vodno dobro ili vodoprivredni objekat imaju sopstvene, šife pod kojima se vode u Vodnom informacionom sistemu Srbije

(VISS). Sa informatičke tačke gledišta šifra može biti minimalna, poluinformativna ili informativna, s tim da u potpunosti mora zadovoljiti uslov jedinstvenosti šifre, odnosno ključa. Minimalna šifra ne daje nikakve podatke o vodotoku, nego je ključ za druge tabele baza podataka o svim drugim elementima vezanim za konkretan vodotok. Često su to redni brojevi, sa ili bez vodećih ili naknadnih „0“, ali je u sve češćoj upotrebi takozvani GUID, (skraćenica od Globally Unique Identifier), koji predstavlja slučajno dobijeni 128-bitni zapis. Poluinformativne šifre zasnivaju se na dvodelnoj šifri, pri čemu se jedan deo šifre dobija slučajnim izborom ili dodeljivanjem rednog broja zapisa, dok drugi deo predstavlja određenu striktnu informaciju. Ovaj način šifriranja gotovo se i ne koristi u oblasti vodoprivrede. Informativne šifre u sebi sadrže odrednice iz kojih se direktno uočavaju atributi, u konkretnom slučaju, opis karakteristike površinske vode na koju se šifra odnosi. Atributi su najčešće: prostorne koordinate ušća i izvorišta, obale uliva u recipijent, smer i način tečenja, redni broj vodotoka u odnosu na ušće ili izvorište recipijenta, a za podzemne vode, vrsta akvifera, dubina i debljina podine i povlate, debljina vodonosnog sloja, klasa izdašnosti, itd.

Složen hidrološko hidraulički status, režim površinskih voda na teritoriji APV, kao i potrebe korisnika informacionog sistema u vodoprivredi isključili su minimalni oblik šifre kao mogućnost i postavili zahtev da se šifrom definiše potpun hijerarhijski red, vrsta površinske vode, recipijent i obala uliva, kao i način i smer tečenja. Razvoj metodologije šifriranja površinskih voda, počeo je ranih 90-tih godina prošlog veka na teritoriji vodnog područja Dunav, odnosno AP Vojvodine. Principi i metodologija šifarskog sistema površinskih voda na vodnom području "Dunav" [11] u primeni su od 1997. godine. Metodologiju su razvili i operativno primenili inženjeri Dimitrije Vučković i Ratko Bajčetić, a 2000. godine metodologija je usvojena i primenjuje se na celokupnoj teritoriji Republike Srbije.

2. ŠIFARSKI SISTEMI U SVETU I U SRBIJI

Postavka šifarskog sistema definisana je nakon proučavanja metodologija većeg broja šifarskih sistema koji su u operativnoj upotrebi u svetu kao i šifarskih sistema voda koji su kroz dugi niz godina nastajali i bili primenjivani u Srbiji. Kao test primer mreže površinskih voda izabran je konkretan slučaj hidrografske mreže površinskih stajaćih i tekućih voda AP Vojvodine, a rezultati testiranja šifarskih sistema poslužili su definisanju pravca razvoja metodologije.

2.1. Pfafstetter-ov šifarski sistem

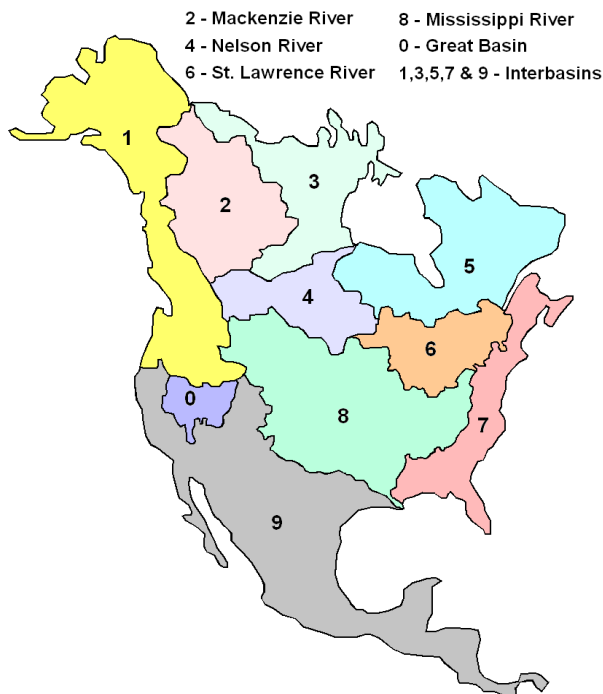
Trenutno se u svetu primenjuje veliki broj šifarskih sistema za katastarsko vođenje vodotoka, a među njima je nesumnjivo najpoznatiji Pfafstetterov model, koji je osmislio brazilski inženjer Otto Pfafstetter. On je predložio primenu za teritoriju severnoameričkog kontinenta, a sistem je zasnovan na topologiji slivova i na veličini površine sliva. Princip na kome je zasnovan razvoj šifre je hijerarhijski redosled segmenata vodotoka od ušća ka izvoru [5]. Pfafstetterov šifarski sistem se ubraja u poluinformativne, jer šifra vodotoka sadrži u sebi šifru vodotoka u koji se uliva. U SAD i nekim zemljama i institucijama Evropske Unije u upotrebi je Više modela ovog šifarskog sistema [9].

Tako se u SAD koristi model sa dodeljivanjem jednog brojčanog mesta za svaki naredni red vodotoka, sa tim da su parni borjevi: 2, 4, 6 i 8 dati slivovima velikih reka (slika 2): Mekenzi, Nelson, Sent Lorens i Misisipi, dok su neparni dati takozvanim „međuslivovima“ sa manjim vodotocima koji otiču u okolna mora i okeane. Sliv Velikog basena je zbog svojih specifičnosti izdvojen kao poseban sliv i označen numeričkim poljem 0. Podela na slivove severnoameričkog kontinenta data je na slici 1.

Slivovi velikih reka se dalje dele na podslivove većih vodotoka i direktne slivove nosioca sliva. Postupak se ponavlja do vodotoka najnižih redova.

Pfafstetterov šifarski sistem je u primeni u nekim zemljama Evropske Unije, kao i u nekim evropskim regionalnim i internacionalnim organizacijama. Međunarodna komisija za zaštitu reke Dunav (ICPDR), u svojim dokumentima upotrebljava izmenu Pfafstetterovog sistema, koja, u odnosu na osnovni model, za svaki red vodotoka primenjuje dva brojčana mesta. Ova izmena je uvedena zbog većeg brojavažnih podslivova i deonica nosilaca sliva. Na nivou sliva Dunava, državama je ostavljena mogućnost da ispred

šifre vodotoka dodaju dvoslovnu nacionalnu oznaku države.



Slika 1. Primena Pfafstetter-ovog šifarskog sistema za teritoriju Severne Amerike [4]

2.2. Nacionalni šifarski sistem u Evropi

Od značajnijih nacionalnih šifarskih sistema koji su u upotrebi u evropskim zemljama treba izdvojiti LAWA, REGINA, Finish CS, Spanish VCS i ERICA sistem.

LAWA metod je zastupljen u Nemačkoj, a zasnovan je na osnovnoj podeli na šest velikih slivova, definisanih jednim numeričkim poljem, dok je preostala teritorija podeljena na 9 grupa slivova, prema lokaciji i recipijentu, odnosno moru u koje se ulivaju vodotoci tog sliva.[3]. Veliki slivovi dele se na podslivove i dobijaju još jedno numeričko polje. Podslivovi se dele na podpodslivove itd. Red podsliva može se videti iz broja numeričkih polja koje sadrži šifra.

REGINE je registar vodozahvatnih područja koji se primenjuje u Norveškoj [13], pri čemu vodozahvatna područja nisu identična hidrološkim područjima. Područja najvišeg vodozahvatnog nivoa čini glavno vodozahvatno područje sa samo jednim glavnim vodozahvatom i njemu pripadajućim područjima (slivovi nižih redova) sa manjim vodotocima i rasutom

kanalskom mrežom. Registar slivova sadrži 19.000 malih slivova koji su umreženi u veće slivove, pri čemu je najvažnija karakteristika malog sliva hemizam voda datog sliva.

FCS, odnosno Finski šifarski sistem zasnovan je na trodelnoj šifri [4]. Prvi deo šifre predstavlja šifru slivne površine do nivoa podslivova veličine 10 km². Drugi deo je šifra hijerarhije mreže vodotoka sa šest numeričkih polja, dok je treći deo hijerarhijski nivo vodozahvatne površine. Na ovaj način, šifra vodi računa o položaju vodotoka i njegovog podsliva unutar glavnog sliva, kao i značaj vodotoka u vodozahvatnom smislu. Specifičnost finske hidrografske mreže, sa preko 200.000 jezera, razlog je kompleksnosti FCS metodologije šifriranja.

VCS je šifarski sistem Ministarstva životne sredine Španije, a zasniva se na vektorskom modeliranju vodnih tokova, uz učešće četiri osnovna atributa: šifra vodotoka u koji se pritoka uliva, rastojanje pritoke od ušća recipijenta (stacionaža uliva pritoke), oznaka za stranu obale recipijenta u koji se vodotok uliva i šifre tačke ušća u more.

ERIKA je metod šifrovanja slivova, razvijen u Institutu za hidrologiju Velike Britanije, Danskom nacionalnom institutu za zaštitu okoline (NERI) i Univerzitetu u Frajburgu. Ono što u najvećoj meri razlikuje ovaj sistem od drugih šifarskih sistema je posebno definisanje vododelničnih linija između dva susedna sliva ili podsliva.

2.3. Istorijski pregled popisa voda i razvoja šifarskih sistema površinskih voda u Srbiji

Popis Vodenih tokova Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca [6] iz 1924. godine (u daljem tekstu Popis), prvi je popis voda u modernoj istoriji a osnovni atributi kojima se može opisati su: uloženi veliki trud, sistematičnost, preciznost i odgovornost. Sastoji se iz više tabelarnih prikaza koji su posebno obrađivali slivove (sliv Dunava, Jadranskog mora, Egejskog mora, oblasti karsta i zatvorene slivove), vodotoke duže od 50 kilometara i sve njihove pritoke do 7. reda. Sve reke duže od 50 kilometara imaju grafički prikaz podužnog profila sa definisanim ukupnim i deoničnim padovima korita vodotoka. Sastavni deo popisa čine i karte slivova u razmeri 1:200.000 sa slivovima u različitim bojama i podslivovima i slivovima reka dužine do 50 kilometara u različitim nijansama boje sliva. Svaki sliv vodotoka određenog reda ograničen je drugačijim tipom i debljinom linije i obeležen je rednim brojem iz tabela u

zavisnosti od reda vodotoka. Popisom je obuhvaćen 1851 vodotok na teritoriji tadašnje kraljevine, a sadrži:

- redni broj (šifru) vodotoka,
- naziv,
- pripadnost slivu,
- koordinate težišta sliva (Pariski meridijan),
- dužinu vodotoka i talvega,
- kote izvorišta, ušća, ušća pritoka,
- karakteristične padove korita i
- površinu sliva.

Šifriranje, odnosno određivanje rednih brojeva u šifrniku, je urađeno davanjem celih brojeva bez „vodećih nula“, po redosledu vodotoka od izvorišta ka ušću u okviru sliva. Jedna od važnih karakteristika Popisa je uspostavljena hijerarhija među rednim brojevima po slivovima i unutar sliva, a način formiranja rednog broja, po informatičkim standardima može se tumačiti kao minimalni način dodele identifikacionog broja, pridruživanjem „vodećih nula“ ili "naknadnih nula". U periodu od Popisa vodotoka (1924. godine) do izrade metodologije šifarskog sistema, izvedeni su značajni hidrotehnički radovi, a time je značajno promenjena i hidrografska mreža u Srbiji, posebno u Vojvodini. Izgradnjom Hidrosistema Dunav - Tisa - Dunav. Mnogi vodotoci su "presečeni" ili "skraćeni" magistralnom kanalskom mrežom i na taj način promenili pravac i smer tečenja, kao i slivnu površinu. Ovakve promene isključivale su mogućnost preuzimanja podataka ili transformaciju rednog broja iz Popisa u zadovoljavajući oblik šifre.

Registar Vojno Geografskog Instituta (Registar VGI) nastao je 60-tih godina 20. veka i zasnivao se na decimalnoj klasifikaciji vodotoka i slivova. Nosioci slivova su bili veći vodotoci 0-tog reda. Sve pritoke koje su se direktno ulivale u nosilac sliva bile su pritoke 1. reda. Šifru vodotoka je pratila tabela sa nazivom vodotoka, dužinom, prosečnim padom korita i srednjom nadmorskom visinom sliva. Činjenica da nije uspostavljena hijerarhija sliva, isključivao je potencijalnu primenu Registra VGI, kao šifarskog sistema za potrebe upravljanja vodama. Osim Dunava, kao nosioca crnomorskog sliva, kao vodotoci 0-tog reda date su i njegove pritoke: Tisa, Sava i Velika Morava, ali i pritoke pritoka: Drina, Južna i Zapadna Morava.

Šifarnik vodotoka u Republičkom zavodu za statistiku Srbije jedan je od popisa voda čija je svrha isključivo za potrebe statističkih analiza. Metodologija dobijanja šifre nije poznata, ali se uočava jednoznačnost šifri, a pritoke velikih vodotoka šifrirane su u smeru od ušća ka izvoru. Ovaj šifarnik je za potrebe vodoprivrede

neiskoristiv jer poseduje samo puku jednostavnost i jednoznačnost šifre.

Registar vodotoka Republike Srbije izradio je Savezni hidrometeorološki zavod početkom 90-tih godina prošlog veka. Matični broj (šifra) se sastojao od 13 numeričkih polja, odnosno, jedno numeričko polje za nosioca sliva i po dva za njegove pritoke do 6. reda. Na ovaj način matični broj je davao „putanju“ od nosioca sliva, preko pritoke prvog reda sve do pritoke 6. reda. Definisana su tri nosioca sliva:

- 1 Dunav za crnomorski,
- 2 Vardar za egejski i
- 3 Beli Drim za jadranski sliv.

Za definisanje matičnog broja, odnosno šifre vodotoka korišćen je deduktivni princip tako što je matični broj razvijan od ušća ka izvorištu. Ovaj princip se koristi i kod svih modela Pfafstetterovog šifarskog sistema, ali se ne može govoriti o njegovoj „srpskoj“ izmeni, jer je Registar ograničen na pritoke do nivoa 6. reda. Broj vodotoka sa hijerarhijskim redom nižim od 6-tog u Srbiji je velik, što ovaj šifarski sistem čini neprikladnim za šire potrebe upravljanja vodom.

3. METODOLOŠKE POSTAVKE I PRINCIPI ŠIFARSKOG SISTEMA POVRŠINSKIH VODA SRBIJE

Šifarski sistem površinskih voda nastao je na principima i zahtevima koji su postavljeni u Javnom vodoprivrednom preduzeću "Dunav" (JVP Dunav) u procesu sistematizacije hidroloških podataka u bazi podataka o prostoru i inicijalne faze razvoja Vodoprivrednog informacionog sistema Vojvodine (VISV). Tom prilikom uočena je značajana neusklađenost osnovnih podataka o mreži vodotoka i kanala i njihovoj hijerarhiji. Podaci su u najvećem broju bili nesortirani, neobrađeni i neažurni, a odlikovali su se i velikom raznorodnošću, kako po poreklu, tako i po karakteristikama. Dalje prikupljanje podataka i njihova sistematizacija nije bila moguća bez popisa površinskih voda i definisanja njihovih jednoznačnih šifara. Prihvatljiva šifarska metodologija nije postojala, zbog čega se pristupilo određivanju nove metodologije.

Proučavanjem iskustava drugih zemalja u kojima su šifarski sistemi bili razvijeni i opsežnim konsultacijama sektora upravljanja vodom, univerziteta, naučnih, stručnih drugih institucija definisan je zadatak izrade nove metodologije šifriranja površinskih voda. Polaznu osnovu su predstavljale Preporuke "Reach file version 3.0" (RF3-alfa) koga je izdala USEPA (United States

Environmental Protection Agency) decembra 1994. godine [10]. Reach file-ovi (RF) predstavljaju seriju hidrografskih podataka o površinskim vodama u SAD. RF su nastali da bi se ustanovio red u hidrološkim potrebama, omogućilo definisanje i uvođenje jedinstvene identifikacije svake vodene površine i njene karakteristike, takozvani "reach code" (RC). RC je dužine 256 karaktera i kompjuterski se dobija na osnovu RF za svaki od vodotoka. U sebi sadrži niz podataka koji hidrološki opisuju određeni vodotok i tako predstavlja jedinstvenu šifru vodotoka. Preporuke RF3-alfa predstavljaju algoritam za dobijanje RC, čak i u slučaju kada su neki od hidroloških podataka, nepoznati, neprovereni ili nedostupni. Ovaj kod nije bio u potpunosti primenljiv za izradu popisa vodotoka u Srbiji, zbog čega su korišćene samo osnovne smernice i preporuke, konkretno za slučajeve nedostajućih hidroloških podataka, na osnovu kojih su ustanovljeni sopstveni prioriteti i sagledane mogućnosti brzog razvoja zadovoljavajućih hidroloških serija o površinskim vodama. Takođe su korišćene postavke podele na deonice vodotokova iz Pfafstetter-ovog šifarskog sistema, kao i VCS šifarskog sistema, u smislu definisanja obale recipijenta u koji se vodotok uliva i vektorskog modeliranja. Na osnovu toga postavljeni su sledeći zahtevi za razvoj metodologije šifriranja:

- informativnost šifre,
- jednoznačnost šifre,
- definisanje značajnosti vodotoka,
- neograničenost nivoa formiranja šifre,
- označavanje smera i načina tečenja,
- vezanost šifre pritoke za šifru recipijenta i
- određivanje prostornog položaja uliva u odnosu na ulive drugih pritoka u slivu.

Govoreći o informacionim potrebama šifre, ona mora da ispunji četiri osnovna uslova. To su:

- informativnost - pruža dodatne informacije o strukturi mreže vodotoka,
- koncentrisanost – minimalna dužina šifre,
- otvorenost - prikladna za povezivanje sa drugim šifarskim sistemima i
- korisnička orijentisanost - razumljiva i kompjuterski upotrebljiva.

Uočava se konfliktnost prva dva uslova. Ukoliko šifra daje više informacija, utoliko je njena koncentrisanost manja. Broj slovo-numeričkih polja u šifri, koji pružaju neophodne dodatne informacije prema drugom uslovu mora biti što manji. Drugim rečima, informacije u šifri su definisane zahtevima, a date su uz njeno minimalno opterećivanje iz razloga kompjuterske upotrebljivosti.

Izraz vodotok prema Šifrarniku predstavlja sve tekuće i stajaće površinske vode, odnosno, zajednički je pojam za: reku, potok, kanal, jezero (prirodno i veštačko), baru, ribnjak i močvaru. U evidentiranju površinskih voda, podela vodotoka prema vrsti i značajnosti postavljena je kao prioritet. Vodotoci su bazno podeljeni na stajaće i tekuće vode, a tekuće vode se dalje dele na: primarne, sekundarne i tercijalne vodotoke.

Primarni vodotoci su definisani kao oni koji imaju dužinu toka veću od 10 kilometara i ispunjavaju minimalno jedan od sledećih uslova:

- značajni su sa stanovišta vodnog bilansa,
- značajni su sa stanovišta korišćenja voda,
- značajni su sa stanovišta odbrane od poplava,
- na njima se prati ili postoji potreba za stalnim praćenjem kvaliteta voda zbog prijema otpadnih voda i
- imaju značaj za međudržavnu saradnju kao prekogranični vodotoci.

Sekundarni vodotoci su definisani kao oni dužine od 1 do 10 kilometara, a mogu biti značajni sa stanovišta vodnog bilansa, korišćenja voda, odvodnjavanja ili odvođenja otpadnih voda, recipijenti su slivova od 10-100 km², ili su glavni kanali sistema za odvodnjavanje. Definisano je da se ulivaju u primarne vodotoke.

Tercijalni vodotoci su svi drugi vodotoci koji se ulivaju u primarne, sekundarne vodotoke ili stajaće vode, a njihov značaj sa stanovišta vodnog bilansa je mali. To su uglavnom kanali ili pritoke nižih redova, na kojima nema većih vodozahvatnih objekata i drugih objekata, a mogu biti povremeno i bez vode.

Stajaće vode su prirodna i veštačka jezera, retenzije, plavne površine, bare, močvare, prevlažena zemljišta (wetlands) i ribnjaci. Mogu biti krajnji recipijenti zatvorenih slivova, ili sastavni deo nekog sliva (protočne stajaće vode).

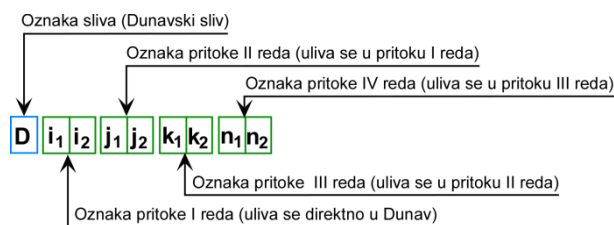
4. METODOLOGIJA ŠIFARSKOG SISTEMA POVRŠINSKIH VODA

4.1. Šifra primarnih vodotoka

Šifra primarnog vodotoka sastoji se iz slovne oznake (ili dve slovne oznake) sliva kom pripada i rednog broja uliva te pritoke u odnosu na ulive ostalih pritoka tog reda u slivu. Dodeljivanje rednih brojeva je sprovedeno po unapred usvojenom principu, od izvorišta ka ušću, uz uslov da se levoobalne pritoke označavaju rednim brojevima od 01 do 49, a desnoobalne od 51 do 99.

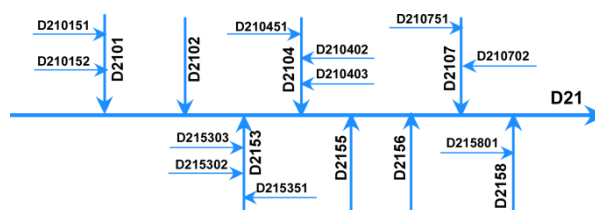
Šifre pritoka sa leve i desne strane se dodeljuju redom tako što se redni brojevi u nizu sa leve strane ne mogu pojaviti u nizu sa desne strane i obrnuto (npr. ne mogu se pojaviti šifre 05 i 55 na istom vodotoku). Šematski prikaz formiranja šifre primarnog vodotoka dat je na slici 2.

Nosilac sliva, reka Dunav, ima oznaku D, dok se njegovim primarnim pritokama dodaje nastavak od dva numerička polja, u zavisnosti od toga koja je pritoka po redu i sa koje se obale uliva. Pritoke II reda imaju preuzetu šifru vodotoka I reda uz dodatak dva numerička polja, takođe u zavisnosti od mesta uliva u vodotok I reda, itd. Na primer, vodotok Tisa (D12), dvanaesta pritoka Dunava, gledano od granice sa Mađarskom, a uliva se sa leve strane, a Sava (D65) je petnaesta pritoka i uliva se u Dunav sa desne strane.



Slika 2. Šematski prikaz formiranja šifre primarnog vodotoka

Reke sastavnice, od kojih nastaje vodotok pod novim imenom, kao što su na primer Južna i Zapadna Morava, od kojih nastaje Velika Morava šifriraju se na isti način kao i sve druge pritoke. Leva pritoka dobija šifru 01, a desna 52, pa su na ovaj način sastavnice izjednačene hijerarhijski, a princip šifriranja i hijerarhijski nivoi vodotokova nisu narušeni. Na slici 3. dat je primer razvoja šifre primarnog vodotoka.



Slika 3. Šematski prikaz primera šifriranja primarnih vodotoka

Za potrebe usklađivanja mreže vodotokova u Srbiji, sa vodotocima u, susednim državama i budućim jedinstvenim šifarskim sistemom u EU, šifarski sistem šifrira i veće vodotoke koji se nalaze na teritoriji drugih država. Tako su šifarskim sistemom obuhvaćeni Drava i

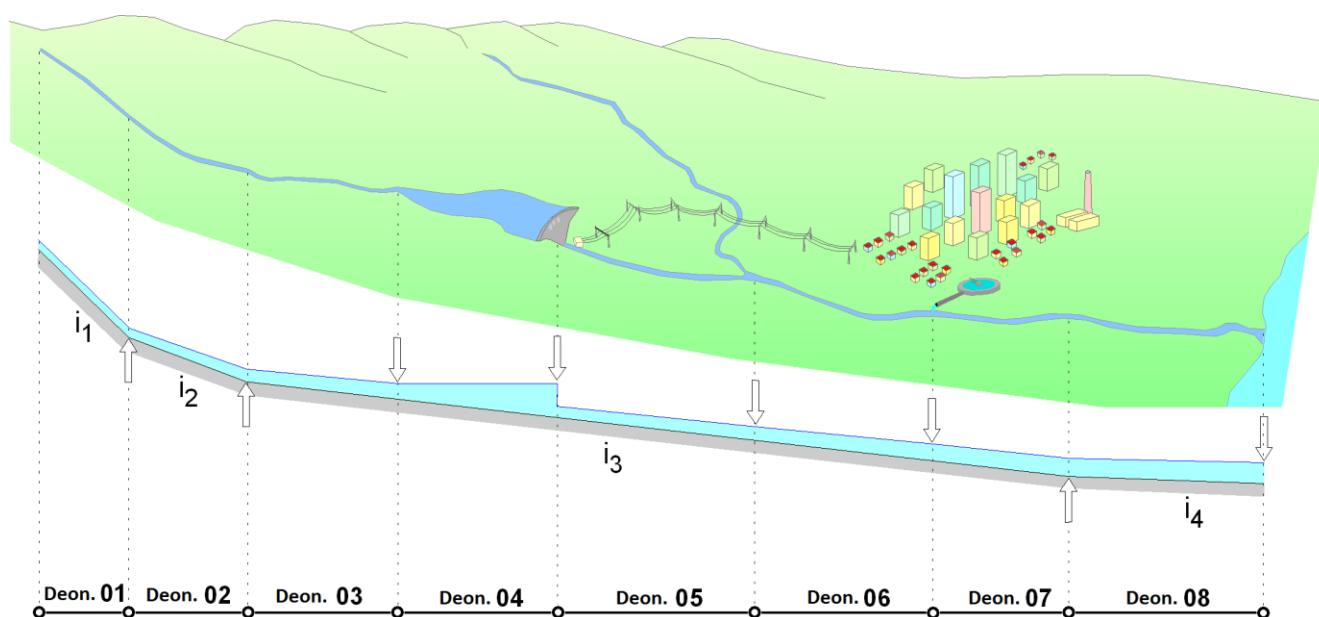
Vuka koji se u Dunav ulivaju na teritoriji Hrvatske i Černa i Topolnica koji se ulivaju u Dunav iz Rumunije. Daljim razvojem šifarskog sistema na teritoriji koju pokriva JVP „Srbijavode“, ovaj princip biće primenjen i u slučaju važnijih vodotoka koji se ulivaju u naše ili zajedničke vodotoke iz Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije, Makedonije i Bugarske.

4.2. Šifra deonice primarnih vodotoka

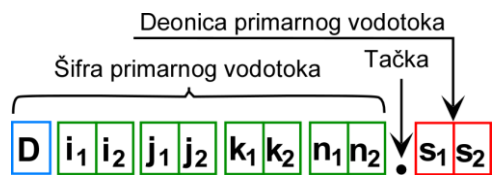
Veći vodotoci, zbog promena nagiba dna korita, ulivanja drugih primarnih vodotoka ili brana, menjaju hidrauličke, kvantitativne i kvalitativne osobine i nisu pogodni da se posmatraju kao celina pri analitičkom određivanju bilansnih, hidroloških, hidrauličkih i kvalitativnih parametara. Zbog toga se primarni vodotoci dele na deonice primarnih vodotoka (deonice). Dakle, deonice su oni delovi primarnog vodotoka gde su bilansne, hidrauličke, hidrološke kvantitativne i kvalitativne promene minimalne. To znači da se akumulaciona ili prirodna protočna jezera moraju posmatrati kao zasebne deonice, a ušća većih pritoka, hidrotehnički objekti u koritu vodotoka, lokacije velikih

potencijalnih pritisaka na kvalitet voda i mesta promene nagiba korita vodotoka, predstavljaju logične krajeve deonice (slika 4).

Šifra deonice primarnog vodotoka se formira od izvorišta prema ušću, dodavanjem tačke i dva numerička polja za redni broj deonice, kako je dato na slici 5. Broj deonice je ograničen na 99, što je svakako dovoljan broj, uz primedbu da vodotoci koji imaju samo jednu deonicu dobijaju oznaku deonice "00", kako bi se na tu činjenicu ukazalo u samoj šifri. Kao posebna šifarska kategorija, deonica svoj značaj posebno opravdava u složenoj kanalskoj mreži HsDTD, sa većim brojem ukrštenih kanala, presečenih vodotoka i brojnih hidrotehničkih objekata za regulaciju nivoa i protoka, kao i plovidbe. HsDTD je stvorio potpuno novu strukturu slivnih područja, gde je veći deo teritorije Bačke i Banata preveden u dirigovane podslivove HsDTD-a. Na slici 6. data je mreža primarnih vodotoka u AP Vojvodini, sa izraženom magistralnom kanalskom mrežom HsDTD i hidrotehničkim objektima, kao granicama deonice.



Slika 4. Šematski prikaz podele primarnog vodotoka na deonice



Slika 5. Šematski prikaz formiranja šifre deonice primarnog vodotoka

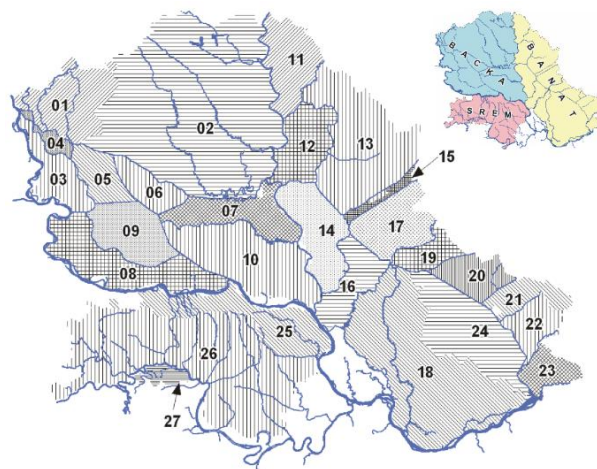


Slika 6. Mreža primarnih vodotoka sa izdvojenim magistralnim kanalima HsDTD

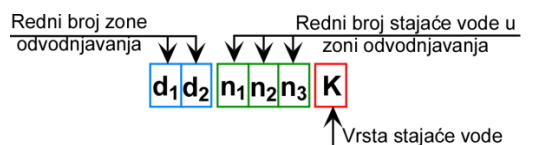
4.3. Šifra stajaćih voda

Posebnu etapu u razvoju šifarskog sistema dobile su stajaće vode, koje mogu biti protočne kada se nalaze u slivu nekog vodotoka ili mogu predstavljati zatvoren sliv. Stajaće vode su: prirodna i veštačka jezera, bare, močvare, prevlaženo zemljište i ribnjaci. Prostorno određivanje stajaćih voda definisano je njihovim položajem u nekoj od zona odvodnjavanja, a time je i njihovo šifriranje vezano za zone odvodnjavanja. Investicionim programom DTD-a iz 1967. godine područje Bačke i Banata je podeljeno prema hidrografskim osobinama na 24 zone za odvodnjavanje. Srem i deo Mačve, koji pripadaju teritoriji AP Vojvodine Invesricionim programom nije razmatran (slika 7.).

Stajaće vode imaju šifru koja se sastoji iz rednog broja zone odvodnjavanja (dva numerička polja), rednog broja stajaće vode u zoni odvodnjavanja (tri numerička polja) i jednog slovnog polja koje označava vrstu stajaće vode, što je prikazano na slici 8.



Slika 7. Zone odvodnjavanja na teritoriji Vojvodine



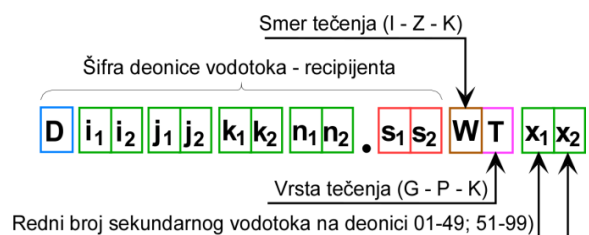
Slika 8. Šematski prikaz formiranja šifre stajaće vode

Prema vrsti, stajaća voda može biti:

- stalna prirodna stajaća voda, odnosno jezero ili bara (oznaka - B) ;
- veštačko, akumulaciono jezero (A);
- zamočvarena vodna površina, močvara (M);
- prevlažena površina (W);
- povremene ili stalne plavne površine na obalama vodotoka sa oznakom (I) ili
- ribnjačka površina (R).

4.4. Šifra sekundarnih vodotoka

Sledeći hijerarhijski nivo predstavljaju sekundarni vodotoci, a njihove šifre se izvede iz šifara deonice primarnog vodotoka, dodavanjem dva slova i dva numerička polja. Prva oznaka u nastavku šifre je slovo mesto, koje označava smer tečenja vode u vodotoku, I - ispuštanje u vodotok višeg reda, Z - zahvatanje iz vodotoka višeg reda i K - dvosmerno (kombinovano zahvatanje i ispuštanje). Druga slova oznaka označava način tečenja, P - pumpanjem, G - gravitaciono i K - kombinovano. Dva broječna mesta koja slede u nastavku označavaju položaj u slivu recipijenta, po istim principima koji važe za primarne vodotoke. Šematski prikaz formiranja šifre sekundarnog vodotoka dat je na slici 9.

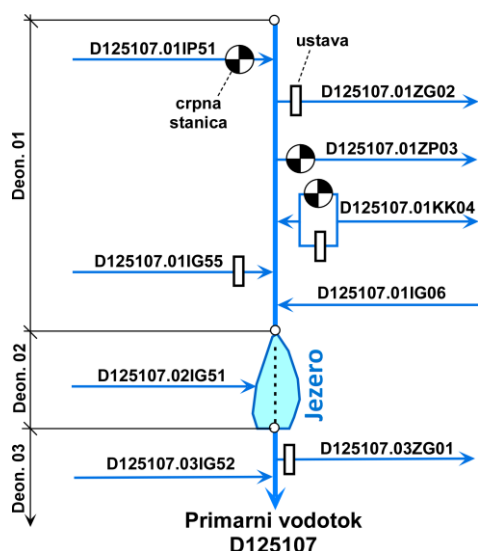


Slika 9: Šematski prikaz formiranja šifre sekundarnog vodotoka

Sekundarni vodotoci se ulivaju samo u primarne vodotoke. Na slici 10 dat je primer šifriranja sekundarnih vodotoka.

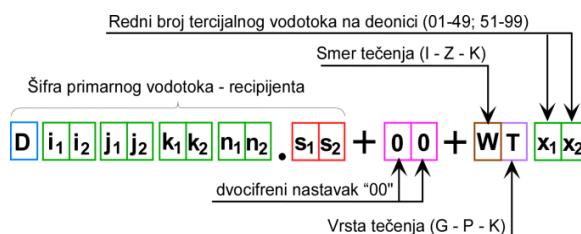
4.5. Šifarnik tercijalnih vodotoka

Šifriranje tercijalnih vodotoka izvedeno je po prethodno izloženim principima, tako što se dodaju dva slova polja, za smer i način tečenja i dva numerička polja za označavanje položaja u slivu recipijenta. Recipijenti tercijalnih vodotokova mogu biti primarni, sekundarni, tercijalni vodotoci i stajaće vode, a najčešći slučaj je da se ulivaju u sekundarne vodotoke. U tom slučaju, na šifru sekundarnog vodotoka se dodaje slovo-numerički nastavak, uz eliminaciju oznaka za smer i način tečenja iz šifre sekundarnog vodotoka. Niži nivo tercijalnih vodotoka, koji se uliva u tercijalne vodotoke višeg reda, šifrira se po istom principu, dodavanjem četvoročlanog nastavka, uz eliminaciju oznaka za smer i način tečenja recipijenta (slika 14).



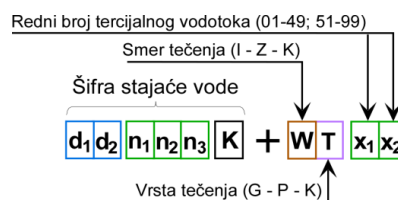
Slika 10: Primer šifriranja sekundarnih vodotoka

Drugi slučaj je formiranje šifara tercijalnih vodotokova ako je recipijent primarni vodotok. Na šifru deonice primarnog vodotoka dodaje se fiksni numerički nastavak "00" i već pominjani četvoročlani nastavak (za smer i način tečenja i položaj vodotoka u slivu recipijenta). Pomenuti nastavak "00" ima cilj održavanja uspostavljene hijerarhije vodotoka i pruža informaciju da se tercijalni vodotok uliva direktno u primarni vodotok, bez prethodnog ulivanja u sekundarni vodotok. Izostavljanjem nastavka "00" šifra tercijalnog vodotoka bi imala oblik šifre sekundarnog vodotoka, što bi narušilo hijerarhiju šifarskog sistema. Način šifriranja tercijalnih vodotoka nižih redova je isti kao u prethodno pomenutom slučaju kada su tercijalni vodotoci pritoke sekundarnih vodotoka. Na slici 11. dat je šematski prikaz formiranja šifre tercijalnih vodotoka najvišeg reda, koji su pritoke primarnih vodotoka



Slika 11: Šematski prikaz formiranja šifre tercijalnih vodotoka kao pritoka primarnih vodotoka

Treći slučaj je kada su zatvorene stajaće vode recipijenti tercijalnih vodotoka, a šifriranje takvih vodotoka zasnovano je na istim principima kao i za prethodno opisane tercijalne vodotoke. Polazna tačka šifriranja je šifra stajaće vode koja je recipijent tog vodotoka, a na nju se dodaje četvoročlani nastavak za smer, način tečenja i položaj vodotoka u slivu recipijenta, kako je prikazano na slici 12.

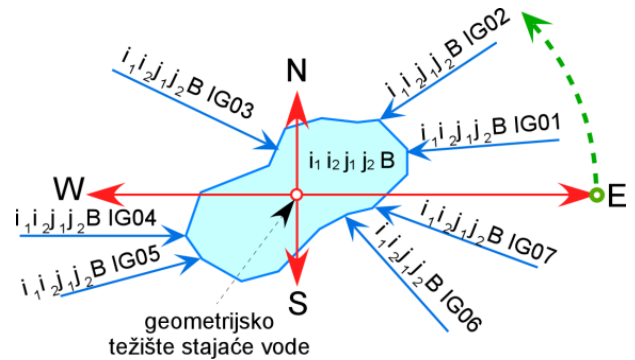


Slika 12: Šematski prikaz formiranja šifre tercijalnih vodotoka kao pritoka zatvorenih stajaćih voda

Zatvorene stajaće vode su krajnji recipijent jednog zatvorenog slivnog područja, odnosno, svih voda koje se sliju u zatvorenu stajaću vodu i sa te površine isparavaju ili prihranjuju podzemne izdani. Jedan od

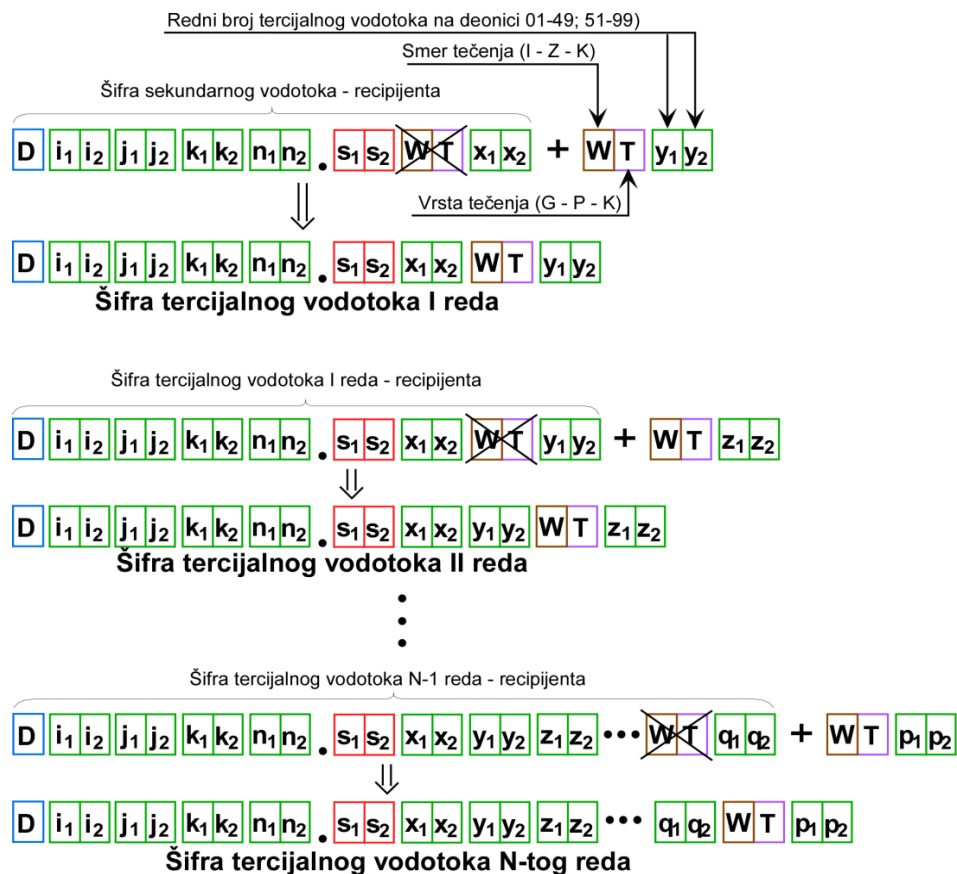
karakterističnih primera zatvorenih slivova stajaćih voda u Srbiji je Slano Kopovo u Banatu.

Položaj vodotoka u odnosu na recipijent – stajaću vodu određuje se prema geometrijskom težištu stajaće vode. Usvojena je konvencija određivanja redosleda pritoka u odnosu na geografski pravac „Istok“, suprotno od kretanja kazaljke na satu, što je prikazano na slici 13, uz šematski primer šifriranja.



Slika 13: Konvencija određivanja položaja pritoka na zatvorenom slivu sa primerom šifriranja vodotoka

Tercijalni vodotoci koji se ulivaju u protočne stajaće vode, u šifarskom sistemu se vezuju za vodotok kome ta stajaća voda pripada, bilo da je on primarni ili sekundarni.



Slika 14: Šematski prikaz formiranja šifre tercijalnih vodotoka

4.5. Šifarnik segmenata tekućih vodotoka

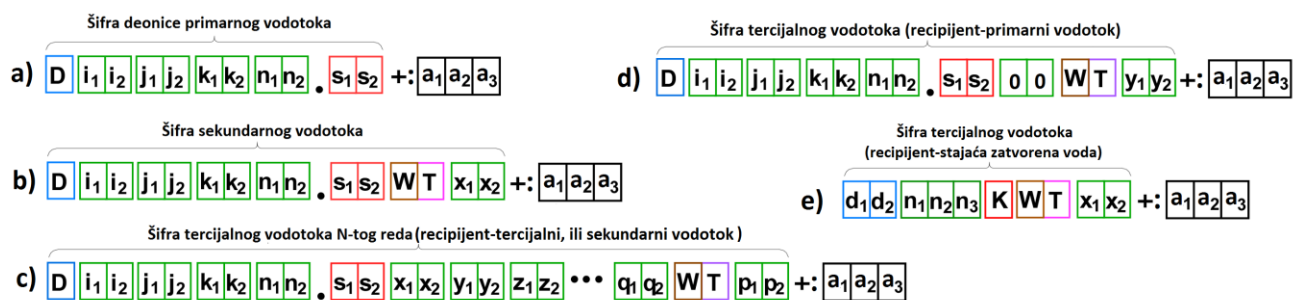
Za potrebe Vodnog informacionog sistema Srbije (VISS), koji je predvideo segment vodotoka kao najmanju jediničnu meru tekućih voda, naknadno je

razvijena metodologija šifriranja segmenata primarnih, sekundarnih i tercijalnih vodotokova. Prvobitna zamisao projekatana VISS bila je da segment vodotoka treba da predstavlja pravu liniju između dve susedne tačke, kojom je predstavljen tok vodotoka bez promene pravca

i smera. Uzimajući u obzir veliki broj segmenata na jednom vodotoku, ili deonici primarnog vodotoka, od ovakva zamisao je odbačena. Segment vodotoka naknadno je definisan kao najmanji deo tekuće vode na kome nema promena u korisničkom, privrednom i bilansnom smislu. Dakle, pojam uvršten je zbog: delova vodotoka sa regulisanim koritom, otvorenih i zatvorenih rukavaca vodotoka, lateralnih kanala, zona predviđenih za zimovnike, luke i pristaništa, kao i zone regulacije vodotoka u vidu napera, obaloutvrda ili drugih upravnih ili paralelnih objekata, zatim zone rezervisane za spotrove na vodi, kupališta, uređenih obala, i slično. Granice segmenata čine, osim pomenutih linijskih obekata i zona i čine i ulivi malih vodotoka, manji vodozahvati ili ispusti, dikeri, sifoni, mostovi, propusti i slično. Šifriranje segmenata vodotokova podrazumeva dodavanje dvotačke „:“ i tri numerička polja koja predstavljaju redni broj segmenta sa vodećim nulama, po već usvojenom principu od izvorišta ka ušću

(segmentni dodatak). Šifra segmenta primarnih vodotokova dobija se iz šifre svake od deonica primarnog vodotoka, dodavanjem segmentnog dodatka za tu deonicu primarnog vodotoka (slika 15. pod a)). Šifra segmenta sekundarnog vodotoka dobija se po istom principu, s tim što je nosilac segmentne šifre, šifra sekundarnog vodotoka (slika 15b)). Šifra segmenata tercijalnih vodotokova dobija se po istom principu, dodavanjem segmentnog dodatka na šifru tercijalnog vodotoka, (slike 15c), 15d) i 15e)).

Ovom metodologijom, na teritoriji Vojvodine, šifrirani su svi primarni i sekundarni vodotoci, kao i stajaće vode, dok je šifriranje tercijalnih vodotoka u završnoj fazi. Uporedo sa šifriranjem preko 20.000 vodotoka odvija se i verifikacija. Šifriranje primarnih i sekundarnih vodotokova, kao i deonica vodotokova na preostalom delu Republike Srbije je u završnoj fazi.



Slika 15.: Šematski prikaz formiranja šifre segmenata: a) primarnih vodotoka, b) sekundarnih vodotoka, c) tercijalnih vodotoka čiji je recipijent drugi tercijalni vodotok, ili sekundarni vodotok, d) tercijalnih vodotoka kojima je recipijent primarni vodotok i e) tercijalnih vodotoka kojima je recipijent stajaća voda zatvorenog sliva

5. PRIMENA ŠIFARSKOG SISTEMA POVRŠINSKIH VODA U SRBIJI - DISKUSIJA

Direkcija za vode, kao organ Ministarstva poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije (DVS) koristi prikazanu metodologiju za šifriranje površinskih voda Srbije, uz dve izmene koje se odnose na reke Savu i Veliku Moravu i vodotoke tih slivova. U izmenjenoj verziji promenjene su šifre vodotoka Sava iz "D65" u "S", a Velike Morave iz "D73" u "M". Na ovaj način, svi vodotoci koji pripadaju slivovima Save i Velike Morave dobili izmenjenu šifru. Ova izmena, prema obrazloženju DVS, uvedena je u cilju administrativnog vođenja podataka o vodotocima i izjednačavanju međusobnih

rangova slivova, a upravo to su i osnovni nedostaci izmene:

1. Izmenom se narušavaju postavljeni bazni zahtevi, kao što su informativnost šifre, definisanje značajnosti vodotoka i vezanost šifre pritoke za šifru recipijenta. Informativnost i vezanost šifre pritoke za šifru recipijenta, po izmenjenoj verziji su narušeni deficitom podatka o krajnjem nosiocu sliva. Definisanje značajnosti vodotoka se narušava "faznim pomeranjem" svih vodotoka slivova Save i Morave za jedan red na više.

2. Izmenom se narušavaju zahtevi šifre u smislu već pomenute informativnosti, kao i korisničke i

kompjuterske orijentisanosti i otvorenosti. Otvorenost šifre u smislu povezivanja sa drugim međunarodnim šifarskim sistemima onemogućena je upravo nepoštovanjem hijerarhije mreže vodotoka i vezivanjem za, kako naučno, tako i stručno neprihvatljivu kategoriju administrativno-slivne organizacije vodne delatnosti. Originalna metodologija, baš kao i svi šifarski sistemi u zemljama okruženja i EU, bazirani su na potpunom poštovanju topologije mreže, koja je izmenom narušena.

3. Izmenom se, pod šifrom "M", šifriraju i vodotoci koji nisu deo sliva Dunava i Crnog mora, nego pripadaju slivovima Vardara (Axios) i Strumice (Srtymon), nosilaca sliva Egejskog mora i Drima (Drimi) koji se ulivaju u Jadransko more. Prema uputstvima Evropske Unije, ali i prema originalnoj metodologiji, vodotoci u slivu Belog Drima pripadaju grupi slivova Jadranskog mora („J“), a Varadar i Stumica grupi slivova Egejskog mora („E“).

DVS je prihvatio i preporučio prikazanu metodologiju uz već objašnjenu izmenu, pravdajući to već prevaziđenom podelom na tri vodna područja: Dunav, Sava i Morava. "Izmena šifarnika" nije dobila podršku autora šifarskog sistema, jer se njome narušavaju osnovni zahtevi na kojima je originalna metodologija razvijana, kao što su: hijerarhijska struktura hidrološke mreže, informativnost, otvorenost i jednoznačnost šifre. Diskusija o pitanju "izmene šifarnika" i dalje je otvorena.

6. ZAKLJUČAK

Prikazana metodologija zasnovana je na šest osnovnih principa. Prvi princip šifriranja površinskih voda Srbije je indukcija, odnosno, šifriranje od izvorišta prema ušću. Drugi princip je diferenciranje levih i desnih pritoka. Sledeći princip je tipsko definisanje smera i načina tečenja vodotoka. Četvrti princip se odnosi na zone odvodnjavanja stajaćih voda, Peti princip se odnosi na definisanje lokacije pritoka zatvorenih slivova. Konačno, šesti princip, koji se može zvati principom delimične neograničenosti, odnosi se na sekundarne vodotoke.

Sama metodologija konceptijski ima jedan nedostatak, a to je dodavanje naknadnog vodotoka (npr. novoizgrađeni kanal). Taj nedostatak se može, ili izbeći, prethodnim šifriranjem predviđenih ili projektovanih, a neizgrađenih kanala, ili kompenzovati dodeljivanjem šifre prethodnog, uzvodnog vodotoka i rednog slova abecede, čime se neće narušiti postojeća

struktura šifre, a promena fizičkog modela biće nedvosmislena i u šifarskom sistemu.

Kao posebno vredna karakteristika šifarskog sistema jeste činjenica da je formiran na osnovu stabilnog fizičkog modela površinskih voda. Prikazana metodologija šifriranja površinskih voda u funkciji je već punih 20 godina, što samo po sebi može predstavljati verifikaciju njegove upotrebljivosti i korisnosti.

LITERATURA

- [1] Bajčetić R. (2006): Šifarnik vodotokova na području JVP „Vode Vojvodine“, Zbornik radova, I Stručni seminar radnika vodoprivrede, Vrnjačka Banja, oktobar 2006. Godine, JVP „Vode Vojvodine“ Novi Sad, JVP Vode Vojvodine, Novi Sad, str. 140-145.
- [2] Bajcetic R., Milosevic M., (2004): Basins in the Water Management Information System of Vojvodina, Proceedings of the ECO-GEOWATER Conference GI for the International River Basin Management, BUTE, Budapest, p. 39-46.
- [3] Brilly, M., Vidmar, A. (1995): Watershed coding of LargeRiver Basin, Modeling and Management of Sustainable Basin-scale Water Resource Systems, Proceedings of a Boulder Symposium IAHS, Pul. No 231, p. 347-351.
- [4] Britton, P., (2002): DRAFT Document, Ver 1.9. - Review of Existing River Coding Systems For River Basin Management and Reporting (As part of EU WFD Working Group Guidance Document), Bruxelles.
- [5] Fürst, J. and Hörhan, T., (2009): Coding of watershed and river hierarchy to support GIS-based hydrological analyses at different scales, Elsevier, Computers & Geosciences 35 (2009), p. 688–696.
- [6] Generalna Direkcija voda (1924): Popis vodotoka Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca, Generalna Direkcija voda, Beograd.
- [7] JVP "Srbijavode" Beograd, VPC "Dunav" Novi Sad (1998): Šifarnik vodotokova za područje VPC "Dunav" autorski reprint (tiraž 100).
- [8] Milovanov D., (1972): Hidrosistem Dunav-Tisa-Dunav, Novi Sad

- [9] Office for Official Publications of the European Communities, (2003): Common Implementation Strategy for Water Framework Directive (2000/60/EC) - Guidance Document No 9: Implementing the Geographical Information System Elements (GIS) of the Water Framework Directive, European Communities, Luxembourg.
- [10] USEPA, (1994): Reach File Version 3.0 Alpha version, Reach File Version 3.0 Alpha version, USEPA, Washington, DC.
- [11] Vlada Republike Srbije (1991): Zakon o Vodama, Službeni glasnik RS, br. 30/10, 93/12, 101/16, Službeni glasnik RS, Beograd
- [12] Vučković, D., Bajčetić, R., (2007): Revizija granica sistema za odvodnjavanje na teritoriji JVP „Vode Vojvodine“, Tematski zbornik radova Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Departman za uređenje voda, Novi Sad, str. 147-154.
- [13] Wright, R. F., Kaste, Ø. de Wit, H. A., Tjomsland, T., Bloemerts, M., Molvær, J. and Selvik, J. R., (2008): Effect of Climate Change on Fluxes of Nitrogen from the Tovdal River Basin, Norway, to Adjoining Marine Areas, Royal Swedish Academy of Sciences, Vol. 37, No. 1, February 2008, p. 64-72.

SURFACE WATER CODE SYSTEM OF SERBIA

by

Ratko BAJCETIC, PhD, Vode Vojvodine - Public Water Management Company
 Bul. Mihajla Pupina 25, 21000 Novi Sad, Serbia
 E-mail: rbajcetic@vodevojvodine.rs

Summary

The paper presents the original methodology of surface water coding developed in the mid-1990s for the territory of “Danube” Water Management Center and Autonomous Province of Vojvodina. The principles of coding methodology were based on numerous requirements, such as: establishing a complete coding hierarchy of the watercourse network, the unlimited string, uniqueness of the code, and information character of the code. Informational code requirements are related to its computer usability, concentration and openness in terms of connecting with other international coding systems. The methodology is based on hierarchical model with multistage levels of the code, separation into flowing and stagnant water and further

distribution of flowing water to primary, secondary and tertiary watercourses. The coding system of surface waters is based on an inductive approach, from the source to the mouth, defining the importance of water, location of surface water in the basin, sub-basins, etc. The methodology on which the coding is based on has been officially in use in the territory of “Danube” Water Management Center and Autonomous Province of Vojvodina since 1997, while in the territory of the Republic of Serbia since 2000.

Key words: code, code system, hierarchy, surface water, coding principles

Redigovano 16.10.2017.