

HIDROGEOGRAFSKE METODE OCENJEVANJA NEMERJENIH OBDOBNIH PRETOKOV V SLOVENIJI

Tajan Trobec

Pregljeva 58, SI-1000 Ljubljana, Slovenija.

e-mail: tajant@gmail.com

Izvirni znanstveni članek

COBISS 1.01

Izvleček

V prispevku so predstavljene hidrogeografske metode, ki se uporabljajo za ocenjevanje obdobnih pretokov, t. j. več letnih povprečnih pretokov, na vodotokih, ki niso neposredno vključeni v mrežo vodomernih postaj. V uvodnem delu so predstavljena teoretska izhodišča in metodološki postopki ocenjevanja, v nadaljevanju pa smo opozorili na različne omejitve, katerim smo pri tem izpostavljeni.

Ključne besede: hidrogeografija, ocene pretokov, vodomerne postaje, vodotoki, Slovenija.

HYDROGEOGRAPHICAL METHODS OF ESTIMATING NONMEASURED DISCHARGES IN SLOVENIA

Abstract

Hydrogeographical methods of estimating nonmeasured discharges presented in this article are used to estimate the mean discharges in a period measured on water courses which are not directly included in the network of gauging stations. This article provides a theoretical starting point and methodological procedures used to estimate non-measured discharges on Slovenian water courses and draws attention to some limitations to which we have been exposed.

Keywords: hydrogeography, discharge estimates, water gauging stations, water courses, Slovenia.

I. UVOD

Hidrogeografske metode ocenjevanja nemerjenih pretokov, predstavljene v prispevku, se uporabljajo za ocenjevanje nemerjenih obdobjnih pretokov, t.j. večletnih povprečnih pretokov na vodotokih, ki niso neposredno vključeni v mrežo vodomernih postaj. Ocenjevanje obdobjnih pretokov na vodotokih z nemerjenimi pretoki, ter posledično nepoznanimi odtočnimi značilnostmi, je pomembno predvsem pri ugotavljanju razpoložljivih vodnih količin in načrtovanju upravljanja z vodami. Ocenjene vrednosti srednjih in nizkih pretokov so tudi eden izmed ključnih vhodnih podatkov pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka, ki predstavlja potrebno količino vode za ohranitev naravnega ravnovesja v in ob vodotokih, katerega je potrebno po aktualni zakonodaji uporabniki vode v strugi neprestano zagotavljati.

2. METODOLOGIJA

Temeljno metodološko izhodišče tovrstnega ocenjevanja pretokov predpostavlja, da so specifični odtoki znotraj manjših, z vidika fizično in družbenogeografskih značilnosti, ki vplivajo na odtok vode (nadmorska višina, relief, količina padavin, temperatura, geološka podlaga, izhlapevanje, vegetacija, gostota rečne mreže, človekovi posegi v odtok, ...), homogenih območij dovolj podobni, da lahko predpostavimo, da so enaki. S tega izhodišča je, ob poznavanju površine vodozbirnega zaledja za vodotoke, kjer pretoke ocenjujemo, le-te mogoče ocenjevati, in sicer na podlagi podatkov o specifičnih odtokih za ustrezno primerjalno vodomerno postajo.

2.1 Terminološka pojasnila

Rečni odtok je rezultanta količine, oblike, trajanja in razporeditve padavin, temperature, evapotranspiracije, litološke sestave (prepustnost in vodna kapaciteta kamnin), reliefa (nadmorska višina, strmina), prsti (infiltracijska kapaciteta), vegetacije (gozdnatost) in drugih naravnih ter antropogenih sestavin porečja (Plut, 2000). Predstavlja količino vode, ki odteče v določenem časovnem obdobju po rečni strugi in je kot takšen rezultanta presežka padavin nad izhlapevanjem (Plut, 2000). Pretok vode (Q) je količina vode, ki odteče skozi ovlažen rečni profil na določenem mestu v eni sekundi in se navadno meri v m^3/s . Povprečni pretok v določenem obdobju (sQs) predstavlja dolgoletno povprečno količino vode v strugi. Dobimo ga z aritmetično sredino srednjih letnih vrednosti pretokov v določenem obdobju. Za izračun povprečnih pretokov, ki predstavljajo temeljno hidrološko oznako reke, se uporablja najmanj 15 do 20 let dolgo časovno obdobje (Riđanović, 1993), na ARSO-u pa v ta namen, kjer je mogoče, uporabljajo 30 letno obdobje. Za enako dolga obdobja se izračunavajo/določajo tudi ostali karakteristični pretoki, na primer: *obdobni srednji mali/veliki pretok* ($sQnp$)/($sQvp$), ki opisuje povprečno količinsko stanje vodotokov ob malih/velikih pretokih, izračuna pa se ga z aritmetično sredino najmanjših/največjih letnih pretokov v tem obdobju; *najmanjši/največji obdobjni pretok* ($nQnp$)/($nQvp$), ki predstavlja najmanjšo/največjo količino vode v strugi zno-

traj določenega obdobja in je izmerjen na dan (lahko tudi več posamičnih dni), ko je bilo v strugi zabeleženo najmanj/največ vode, pri čemer se, v kolikor je znotraj posameznega dneva zabeleženih več meritev, ne upoštevajo konice, temveč dnevno povprečje; *obdobne male/viske konice* ($nQnk$)/($nQvk$), ki predstavljajo absolutno najmanjše/največje pretoke, izmerjene v določenem obdobju ipd.

Količine pretečene vode v odvisnosti od površine vodozbirnega zaledja najlažje opišemo s specifičnim odtokom (q), ki nam pove, koliko vode v povprečju odteče v sekundi z 1 km² površja (Plut, 2000). Dobimo ga s kvocientom pretoka (Q) in vodozbirnega zaledja (F). Navadno ga izražamo z enoto l/s/km², čeprav bi bilo z matematičnega vidika pravilneje l/s km². V tem prispevku se poslužujemo enote l/s/km², ker smo tak zapis zasledili v večini uporabljenih literature. Kadar govorimo o specifičnem odtoku ob obdobjnih srednjih pretokih (sQs), uporabljamo zapis (q); kadar govorimo o specifičnem odtoku ob obdobjnih srednjih malih/visokih pretokih ($sQnp$)/($sQvp$), uporabljamo zapis ($sqnp$)/($sqvp$); kadar govorimo o specifičnem odtoku ob najmanjših/najvišjih obdobjnih pretokih ($nQnp$)/($nQvp$), uporabljamo zapis ($nqnp$)/($nqvp$) ipd. Specifični odtoki ob posameznih karakterističnih pretokih so zelo uporabni količinski kazalci za primerjavo odtočnih značilnosti porečij ter prostorske in časovne razpoložljivosti vodnih količin.

3. TEORETSKA IZHODIŠČA OCENJEVANJA NEMERJENIH OBDOBNIH PRETOKOV

Vodomerne postaje dajejo točkaste podatke o pretokih, ki veljajo za lokacijo na vodotoku, kjer so bili izmerjeni. Z oddaljevanjem gor oziroma dolvodno od te lokacije se velikost vodozbirnega zaledja, kot tudi povprečni pretok, spreminjata. Pri normalnem odtoku (če ne prihaja do izgubljanja vode v prodne nanose ali v kraški vodonosnik) so pretoki zaradi manjšega vodozbirnega zaledja gorvodno vse manjši, dolvodno pa zaradi večjega vodozbirnega zaledja vse večji (Schumm, 1977). Če poznamo površino vodozbirnega zaledja za gorvodno oziroma dolvodno lokacijo na vodotoku, na kateri ocenjujemo povprečne pretoke, jih lahko s pomočjo interpolacije oziroma ekstrapolacije podatkov o povprečnih pretokih za bližnjo vodomerno postajo, za katero moramo prav tako poznati površino vodozbirnega zaledja, tudi dejansko ocenimo. Interpolacije se poslužujemo v primeru, ko ocenjujemo pretoke na lokacijah gorvodno od vodomerne postaje, ekstrapolacije pa, ko ocenjujemo pretoke na lokacijah dolvodno od vodomerne postaje.

V praksi se pogosto zgodi, da je povprečne pretoke potrebno oceniti na vodotokih, kjer vodomernih postaj ni in zato tam ne razpolagamo z nikakršnimi hidrološkimi podatki. Tudi v teh primerih postopamo s pomočjo interpolacije oziroma ekstrapolacije obdobjnih pretokov bližnje, z vidika hidroloških značilnosti najprimernejše vodomerne postaje z dovolj dolgim podatkovnim nizom ter s kar se da podobnimi pokrajinskimi značilnostmi porečja. Ko ocenjujemo pretoke na lokacijah, katerih vodozbirno zaledje je manjše od vodozbirnega zaledja primerjalne vodomerne postaje, govorimo o interpolaciji pretoka, ko pa ocenjujemo pretoke na lokacijah, katerih vodozbirno zaledje je večje od vodozbirnega zaledja primerjalne vodomerne postaje, govorimo o ekstrapolaciji pretoka.

Metodo interpolacije in ekstrapolacije obdobjnih pretokov lahko uporabimo zgolj ob predpostavki, da je v bližini primerjalne vodomerne postaje, kot tudi v njeni soseščini s podobnimi geografskimi značilnostmi (količina padavin, geološka podlaga, ...) – na bližnjih vodotokih s podobno velikimi vodozbirnimi zaledji, kot je vodozbirno zaledje vodomerne postaje –

$$q = Q / F = \text{konstanta}$$

To pomeni, da pri ocenjevanju obdobjnih pretokov predpostavimo, da se specifični odtoki q , $sqnp$ ipd. v bližini vodomerne postaje po toku navzgor ali navzdol bistveno ne spreminjajo.

Ob zgornji predpostavki med Q in F velja linearna zveza, kar pomeni, da če se F poveča oziroma zmanjša za n -krat, se s tem za n -krat poveča oziroma zmanjša tudi Q .

Na opisan način lahko ocenjujemo obdobjne pretoke, tako sQs kot tudi najrazličnejše ostale karakteristične pretoke kot so $sQnp$, $nQnp$, $nQnk$, $sQvp$, $nQvp$, $nQvk$ ipd. s to razliko, da so ocene slednjih manj zanesljive. To še posebej velja za ocenjevanje pretokov ob malih ($nQnk$) in visokih ($nQvk$) konicah, saj se ekstremni pretoki navadno pojavijo le enkrat znotraj opazovalnega niza in so v veliki meri posledica prepleta lokalno omejenih dejavnikov odtoka v določenem obdobju, ki jih primerjalne vodomerne postaje, še zlasti, ko ocenjujemo pretoke na vodotokih, kjer ni vodomernih postaj, lahko v veliki meri zanemarijo. Z določeno mero gotovosti lahko s pomočjo interpolacije oziroma ekstrapolacije pretokov ocenjujemo sQs , $sQnp$ ter $sQvp$ za daljša časovna obdobja, pri čemer najzanesljivejše ocene dobimo za sQs . Pri $sQnp$ in $sQvp$, ki predstavljata aritmetično sredino malih oziroma visokih letnih vrednosti pretokov v določenem časovnem obdobju, so ocene manj zanesljive kot pri sQs , a zanesljivejše kot pri $nQnp$ in $nQvp$ znotraj istega časovnega obdobja.

4. SPECIFIČNI ODTOKI OB POVPREČNIH PRETOKIH

Specifični odtok nam pove, koliko vode v povprečju odteče z 1 km² površja v sekundi. Na njegove vrednosti vplivajo različne naravne in antropogene sestavine površja. Med reliefnimi potezami najbolj vplivata nadmorska višina in strmina pobočij. Z večjo nadmorsko višino se zmanjšujeta temperatura in izhlapevanje, hkrati pa se povečuje količina padavin (Plut, 2000; Foster, 1949), kar vpliva na višje vrednosti odtokov. Večja množina padavin navadno označuje večji absolutni in tudi relativni odtok, višje temperature pa zaradi povečanega izhlapevanja odtok vode zmanjšujejo. Snežne padavine sicer – zaradi zadržka – zakasni v odtoku in zmanjšajo trenutni odtok, dolgoročno pa ga zaradi zmanjšane izhlapevanja povečujejo (Plut, 2000; Foster, 1949). V gorovju, kjer so padavine najbolj obilne, pobočja brez vegetacije ali le slabo poraščena in strma, tako da voda po površini naglo odteka v struge, je odtok večji kot na poraščenih in položnejših gričevnatih pobočjih ter v nižinskih ravninskih predelih. Tam voda odteka počasneje, izhlapevanje pa je večje (Kolbezen, 1998, Newson, 1994). Neprepustna litološka podlaga preprečuje pronicanje vode v globino in praviloma tako povečuje izhlapevanje, prepustne kamnine pa omogočajo hitro pronicanje vode v globino, kar zmanjšuje možnost izhlapevanja. Zaradi tega so odtoki v

kraških porečjih praviloma višji (Knapp, 1979). Vegetacija povečuje izhlapevanje in hkrati umirja odtok, gosta rečna mreža pa ga povečuje, saj je s tem pot padavin do stalnih vodnih tokov krajša (Plut, 2000). V odtočne značilnosti rek s svojimi dejavnostmi posega tudi človek. Gradnja namakalnih sistemov na primer povečuje izhlapevanje, enako velja za gradnjo vodnih akumulacij in jezov. Hidromelioracije, zmanjševanje mokrišč in drugih naravnih zadrževalnikov vode pa pospešuje odvajanje vode in s tem višino odtoka. Tudi regulacije struge pospešujejo odvajanje vode v spodnje dele porečja (Plut, 2000, Foster, 1949).

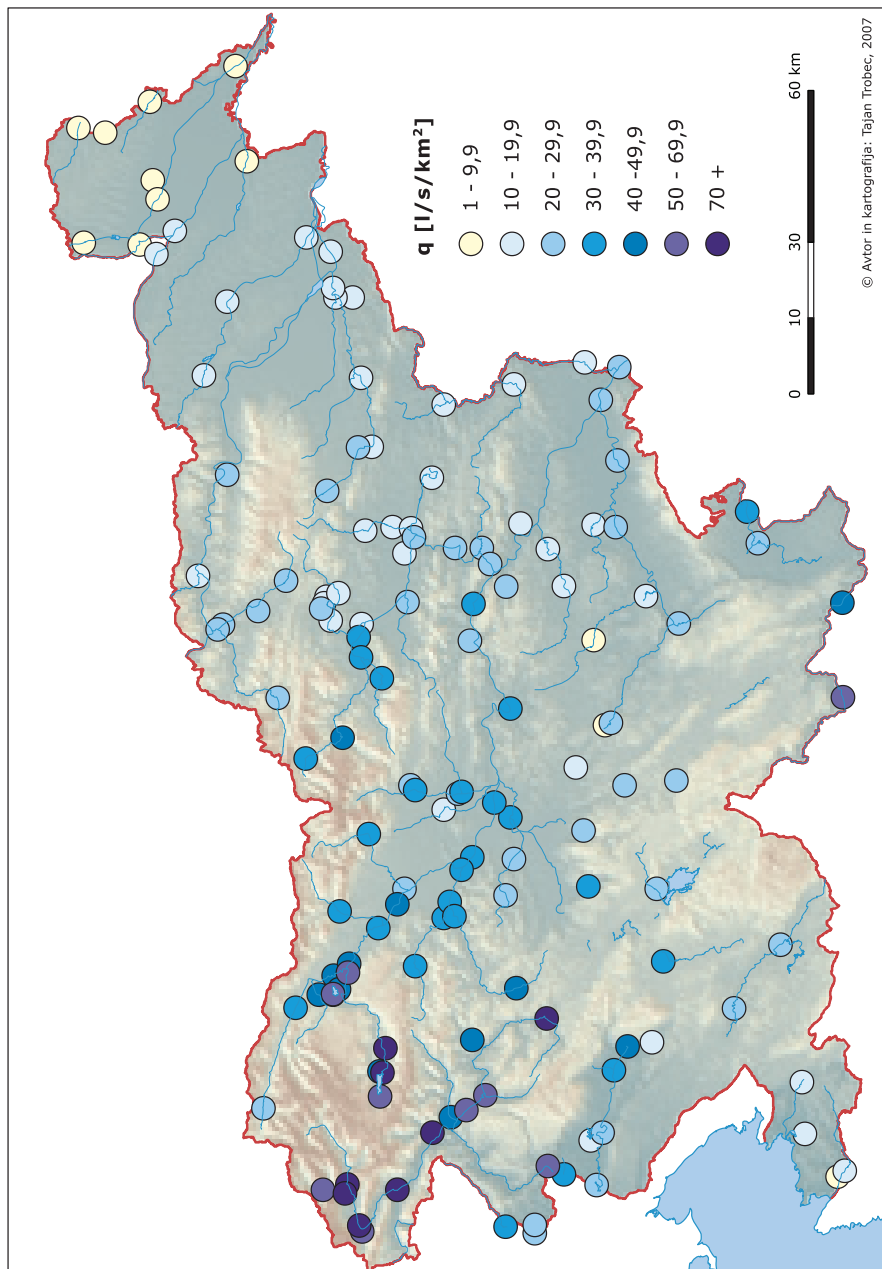
Pri analizi pretokov na vodomernih postajah znotraj podatkovnega niza 1971–2000 kažejo najmanjše specifične odtoke, 4–8 l/s/km², vodomerne postaje na Goričkem, na primer Velika Krka v Hodošu 4,3 l/s/km². Specifične odtoke okoli 10 l/s/km² imajo vodotoki, ki izvirajo v gričevnatem svetu severovzhodne Slovenije (Pesnica, Ščavnica, Rogatnica, Mestinjščica) ter v Koprskem Primorju (Drnica, Dragonja, Badaševica) (Slika 1). Nepričakovano nizek specifičen odtok kažeta še Temenica v Rožnem Vrhu – 9,7 l/s/km² in Višnjica v Trebnji Gorici – 6,8 l/s/km². Pri Temenici del vode odteka podzemno proti Krki, pri Višnjici pa je prisotno ponikanje vode med Ivančno in Trebnjo Gorico (Kolbezen, 1998). Najvišje specifične odtoke kažejo vodomerne postaje na vodotokih, ki izvirajo na kraškem ozemlju v Julijskih Alpah, na primer Sveti Janez na Savi Bohinjki – 82,9 l/s/km² in Koritnica v Kal-Koritnici – 76,2 l/s/km². Absolutno največji specifični odtok, kar 237,4 l/s/km², smo izračunali na vodomerni postaji Bohinjska Bistrica na Bistrici, kar kaže na nepravilno določeno velikost prispevnega območja. Vprašljiva je tudi visoka vrednost 105,5 l/s/km² Tolminke v Tolminu, ki prav tako nakazuje na nepravilno določeno površino vodozbirnega zaledja (Kolbezen, Pristov, 1998). Povprečen specifični odtok za Slovenijo znaša 29 l/s/km² (Kolbezen, Pristov, 1998).

Opažamo, da v Sloveniji z enako velikih površin odteče znatno različna količina vode. Slednje je posledica različnih hidrografskih dejavnikov (količina in oblika padavin, izhlapevanje, relief, geološka zgradba, ...). Vplivi različnih hidrografskih dejavnikov se med seboj seštevajo, kar privede do tega, da je razmerje med najbolj namočenim in najbolj suhim delom države pri padavinah 1 : 4, kvečjemu 1 : 5, medtem ko je pri odtokih vsaj 1 : 16 (Bat, 2003). Višek letnih padavin leži na alpsko-dinarski pregradi, kjer lahko letno pade nad 3000 mm padavin, na skrajnem severovzhodnem delu države pa je navadno manj kot 800 mm padavin (Cegnar, 2003). Alpe so v povprečju bistveno višje od severovzhodnega dela države in imajo nižje povprečne temperature, kar poleg pretežno vodoprepustne kamninske podlage in snežne retince vpliva na znatno manjše izhlapevanje. Slednje v vršnih delih Alp na letni ravni predstavlja le 200 mm, medtem ko v glavnini ravninskega sveta predstavlja 650–700 mm, ob morju, v Vipavski dolini in v Brdih pa celo nad 750 mm (Kolbezen, Pristov, 1998). Zaradi velikih razlik v specifičnih odtokih je treba biti pri ocenjevanju obdobjnih pretokov še posebej pazljiv pri izbiri primerjalne vodomerne postaje.

5. IZBIRA PRIMERJALNE VODOMERNE POSTAJE

Izbira primerjalne vodomerne postaje je pri ocenjevanju obdobjnih pretokov ključnega pomena. Ocene so, pri obravnavanih metodah, pravzaprav zgolj – s kvocientom vodozbirnega zaledja lokacije (za katero ocenjujemo pretoke) in vodozbirnega zaledja vodomerne

Slika 1: Specifični odtoki v obdobju 1971–2000 na posameznih vodomernih postajah v Sloveniji
Picture 1: Specific run-off by gauging stations in the period 1971–2000 in Slovenia



Vir/source: Geodetska uprava RS, Agencija RS za okolje.

postaje – pomnožene vrednosti obdobjnih pretokov, značilnih za primerjalno vodomerno postajo. Kadar ocenjujemo obdobjne pretoke na vodotokih, na katerih razpolagamo s podatki vodomernih postaj, navadno za primerjalno vodomerno postajo izberemo najbližjo postajo na vodotoku. Kljub relativno gosti mreži vodomernih postaj v Sloveniji je dobršen del predvsem manjših vodotokov iz nje izvzet. Pri ocenjevanju pretokov na takih vodotokih se navadno opremo na najbližjo in z vidika fizično ter družbenogeografskih značilnosti vodozbirnega zaledja najbolj podobno vodomerno postajo z dovolj dolgim podatkovnim nizom. Navadno je to bližnja postaja na vodotoku, v katerega se vodotok, na katerem ocenjujemo pretoke, izliva, še posebej kadar sta vodozbirni zaledji postaje in lokacije, kjer ocenjujemo pretoke, med seboj tudi po velikosti primerljivi. V primeru da porečji po velikosti nista primerljivi, navadno za primerjalno vodomerno postajo izberemo katero izmed postaj z bližnjih sosednjih porečjih, ob predpostavki, da so tudi hidrografske dejavniki dovolj podobni.

Podatke o pretokih na vodotokih pridobivamo s pomočjo mreže vodomernih postaj. V letu 2000 je delovalo 165 vodomernih postaj (Hidrološki letopis ..., 2004), od tega sta bili dve postaji na jezerih (Blejsko in Bohinjsko jezero), ena pa na morju (Koprski zaliv), kar je pomenilo v povprečju 1 postaja na 120 km². Po mednarodnih standardih imamo tako zadovoljivo mrežo hidroloških postaj (po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije ena postaja na 100–250 km²). Nameščanje postaj je glede na gostoto in pomembnost rečne mreže neenakomerno razporejeno. Redkeje je v južni, kraški in vzhodni Sloveniji (Kolbezen, Pristov, 1998).

Pri izbiri primerjalne vodomerne postaje moramo biti pozorni na podatkovni niz. Za računanje obdobjnih pretokov (sQs , $sQnp$, $nQnp$) se, kjer je mogoče, poslužujemo 30-letnega podatkovnega niza 1971–2000. Po katastru vodomernih postaj, ki ga vodijo na Agenciji RS za okolje, imamo preko 70 postaj s 30-letnim nizom. Nekatere izmed njih so bile do danes ukinjene (na primer Iška na Iški in Dvor na Krki). Postaj, kjer razpolagamo z več kot 15-letnim zveznim ali nezveznim nizom podatkov znotraj podatkovnega niza 1971–2000 je še nekaj čez 50. Na preostalih postajah znotraj niza 1971–2000 beležimo krajše časovne nize od 15 let, zaradi česar so izračunani obdobjni pretoki za te postaje manj zanesljivi. Posledično so manj zanesljive tudi na teh postajah osnovane ocene pretokov.

6. OMEJITVE PRI OCENJEVANJU OBDOBNIH PRETOKOV

Hidrogeografske metode ocenjevanja nemerjenih pretokov, predstavljene v tem delu, imajo svoje pomanjkljivosti predvsem pri ocenjevanju pretokov na vodotokih z manjšimi porečji. Ti so namreč dosti bolj občutljivi na trenutne vremenske razmere (padavine, suše) in se na njih hitreje ter intenzivneje odzivajo. Kjer je sposobnost zadrževanja vode v tleh zaradi različnih dejavnikov (prepustnost kamninske podlage, plitve prsti, slabe poraščenosti, ...) omejena, lahko vodotoki že ob krajših sušnih obdobjih presahnejo, preostala voda pa se tedaj v nižje ležeče dele struge izceja podpovršinsko skozi preperelino. Ocenjevanje pretokov na podlagi primerjalnih vodomernih postaj, ki imajo praviloma znatno večja vodozbirna zaledja, je v tem primeru nezanesljivo. V izogib nepravilnim ocenam, na vodotokih, katerih vodozbirno zaledje je manjše od 1 km², pretokov praviloma niti ne ocenjujemo (Bat, 2007).

Z večanjem vodozbirnega zaledja navadno postaja porečje, z vidika fizično in družbenogeografskih parametrov, ki vplivajo na odtok, vse bolj heterogeno (Knapp, 1979), zato so vodomerne postaje s prevelikim vodozbirnim zaledjem manj primerne za ocenjevanje pretokov manjših vodotokov, saj ne odražajo več lokalnih posebnosti odtoka z manjših, homogenejših območij. Pri izbiri primerjalne vodomerne postaje za ocenjevanje pretokov na vodotokih, na katerih vodomernih postaj ni, moramo torej za čim verodostojnejšo oceno upoštevati bližnje postaje s čim bolj podobno velikimi vodozbirnimi zaledji. Zavedati pa se moramo, da to včasih ni mogoče, saj pri ocenah izhajamo iz omejenega števila vodomernih postaj z odgovarjajočim podatkovnim nizom.

Predstavljene metode zahtevajo znano površino vodozbirnega zaledja tako za primerjalne vodomerne postaje kot za lokacije na vodotokih, za katere pretoke ocenjujemo. Določanje površine prispevnih območij je na krasu zaradi pogostega neujemanja površinskih in podzemnih razvodnic precej oteženo, zato so ocene osnovane na podlagi vodomernih postaj s kraškim zaledjem praviloma manj zanesljive. Če bi na primer ocene pretokov na vodotokih v okolici Bohinja zasnovali na podlagi hidroloških podatkov Bistrice v Bohinjski Bistrici, in orografsko določenega vodozbirnega zaledja na tej postaji, katerega površina je znatno podcenjena (Kolbezen, Pristov, 1998), bi bile le te v praksi za več kot dvakrat precenjene.

Nekatere vodomerne postaje zaradi kraškega zaledja niti nimajo določene površine vodozbirnega zaledja in tako razpolagamo samo s podatki o pretokih, na primer: Vrhnika na Ljubljani, Prestranek na Pivki, Hasberg na Unici, Ajdovščina na Hublju, Ilirska Bistrica na Bistrici, Prigorica na Ribnici, Soteska na Krki, Livold na Rinži, Branik na Branici, Metlika na Metliškem Obrhu idr. S postajami, ki nimajo določene površine vodozbirnega zaledja lahko ocenjujemo le pretoke na istih vodotokih, kjer so postaje locirane in še to zgolj v njihovi neposredni bližini. Nikakor pa ne moremo verodostojno ocenjevati pretokov na njihovih pritokih ali v sosednjih porečjih.

Na slovenskih rekah merijo postaje dejanske pretoke, brez upoštevanja odvzemov vode ali pretočitev voda med posameznimi rekami (Kolbezen, 1998). Pri podatkih nekaterih vodomernih postaj je zato potrebno predhodno opraviti določene korekcije pretokov, da bi postaje lahko uporabili za ocenjevanje pretokov drugod. V Podrečju na Rači je zaradi dotoka vode po mlinščici iz Kamniške Bistrice potrebno pretok zmanjšati za $2,15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kolbezen, 1998). Na Koritnici je zaradi dotoka vode iz rudnika Rabelj sQ_s potrebno zmanjšati za $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$, sQ_{np} za $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$, in nQ_{np} za $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$, kolikor znaša dotok z neznanega vodozbirnega zaledja. Na Radovni v Podhumu je potrebno pretok povečati za $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, kolikor znaša odzem za sanacijo Blejskega jezera nad postajo. Da bi dobili pravilne vrednosti pretoka na Dravi, je potrebno sešteti vrednosti pretokov za vodomerno postajo Borl in HE Formin (Kolbezen, 1998). Na Idrijci v Podrothi je zaradi vzporednega kanala, po katerem odteka del vode, potrebno prišteti približno $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$, kolikor je odteka po njem (Trišič, 2007).

Na nekaterih postajah beležimo znatno manjše odtoke, kot bi jih pričakovali glede na zabeležene odtoke na postajah v sosednjih porečjih. Omenjeno dejstvo je navadno posledica podpovršinskega odtoka mimo postaje, tako da ga ta ne more zabeležiti. Take postaje so na primer: Kranjska Gora, Kokra, Kršovec, Radovljica, ... Njihov skupni imenovalec je, da so postavljene nad debelimi plastmi nesprijetih nanosov, ki omogočajo podzemno pretakanje

večjih količin vode, na primer v povirjih visokogorskih vodotokov in na prodnih ravninah. Ocenjevanje pretokov s pomočjo podatkov s teh postaj je manj zanesljivo, ocene pa je potrebno korigirati.

Na nekaterih postajah so režimi zaradi zajezev umetno spremenjeni, na primer na Vogrščku v Bezovljaku, kjer vodo, ki se v hladnejši polovici leta nabere za pregrado, poleti uporabljajo za namakanje, ali pa na Savi Dolinki dolvodno od zadrževalnika za HE Moste na vodomerni postaji Blejski most, kjer sta zaradi zadrževanja vode za potrebe obratovanja HE Moste *sQnp* in *nQnp* bistveno nižja kot bi bila, če zadrževalnika ne bi bilo. S postajama Bezovljak in Blejski most lahko ocenjujemo zgolj pretoke na Vogršku in Savi Dolinki, in sicer dolvodno od jezera Vogršček in zadrževalnika v Mostah. Ne moremo pa ocenjevati pretokov na sosednjih rekah.

7. SKLEP

Slovenija leži na stiku štirih geografskih enot: Alpe, Dinarsko gorstvo, Panonska nižina in Sredozemlje, kar vpliva na veliko pokrajinsko pestrost. Ta se med drugim odraža v različni količini padavin in izhlapevanja, ki skupaj z ostalimi fizično in družbenogeografskimi potezami površja (relief, nadmorska višina, geološka podlaga, strmina pobočij, vegetacija, antropogeni posegi v strugi/porečju, ...) vplivata na vrednost odtoka. Specifični odtoki se zaradi tega na posameznih vodotokih med seboj zelo razlikujejo. V povirjih alpskih rek v severozahodni Sloveniji, kjer so najvišje nadmorske višine, največja količina padavin ter najmanjše izhlapevanje, presežejo 80 l/s/km^2 , medtem ko so na skrajnem vzhodu države kot tudi ob morju, kjer je najmanj padavin in največje izhlapevanje, med 5 in 10 l/s/km^2 . Z namenom upravljanja z vodami in zagotavljanja ekološko sprejemljivega pretoka moramo pretoke na vodotokih, kjer ne razpolagamo s podatki vodomernih postaj, oceniti.

Hidrogeografske metode ocenjevanja nemerjenih pretokov, predstavljene v tem delu, se uporabljajo za ocenjevanje obdobjnih pretokov, t. j. večletnih povprečnih pretokov na vodotokih, ki niso neposredno vključeni v mrežo vodomernih postaj. Metode so zasnovane na predpostavki, da so specifični odtoki znotraj posameznih porečij zaradi domnevno podobnih fizično in družbenogeografskih značilnosti (relief, nadmorska višina, geološka podlaga, strmina pobočij, vegetacija, količina padavin, izhlapevanje, antropogeni posegi v strugi/porečju, ...) bolj ali manj enaki. Če imamo na osrednjem vodotoku nekega porečja postavljeno vodomerno postajo s poznanim vodozbirnim zaledjem, lahko ob zgornji predpostavki ocenjujemo pretoke tako na osnovnem vodotoku, kot na njegovih pritokih, pri čemer moramo poznati tudi površino vodozbirnega zaledja lokacije na vodotoku, kjer pretoke ocenjujemo. Bolj kot je porečje z vidika fizično in družbenogeografskih značilnosti heterogeno, manj zanesljive so ocene pretokov.

Kljub relativno gosti mreži vodomernih postaj na slovenskih vodotokih so mnogi iz nje izvzeti. Pri ocenjevanju obdobjnih pretokov na njih se opremo na primerjalne vodomerne postaje z bližnjih sosednjih porečij, za katere predvidevamo da imajo podobne značilnosti odtoka. Pri tovrstnem ocenjevanju pretokov predpostavimo, da so specifični odtoki na sosednjih porečjih med seboj dovolj podobni, da lahko s pomočjo podatkov o pretokih vodomerne

postaje v porečju A ocenjujemo pretoke v sosednjem porečju B. Ocene pretokov so pri tem načinu ocenjevanja manj zanesljive, odvisne pa so predvsem od ustreznosti izbire primerjalne vodomerne postaje ter od dolžine opazovalnega niza.

Pri ocenjevanju pa smo izpostavljeni tudi določenim omejitvam, med drugim že zaradi dejstva, da izhajamo iz omejenega števila potencialnih primerjalnih vodomernih postaj. Nekatere izmed njih so bodisi zaradi neustreznih podatkovnih nizov, neznanih prispevnih površin, podpovršinskega pretakanja vode ali pretiranih antropogenih vplivov na odtok vode, le deloma neprimerne za ocenjevanje pretokov. Metode dajejo zelo nezanesljive rezultate pri ocenjevanju pretokov na vodotokih z majhnimi porečji, saj se že ob krajših sušah pojavi prisihanje vode. Uporaba predstavljenih metod je problematična tudi na krasu, kjer orografske razvodnice niso nujno tudi hidrografske, zaradi česar je oteženo določanje prispevnih območij tako za vodomerne postaje, kot za lokacije na vodotokih, kjer pretoke ocenjujemo. Ocenjevanje pretokov je oteženo tudi tam, kjer je prisoten znaten podpovršinski pretok vode, in sicer na nekaterih vodotokih, ki tečejo po debelih prodnih nanosih ali v visokogorju.

Literatura

- Bat, M., Dobnikar, M., Mihorko, P., Grbovič, J., 2003. Tekoče vode. V: Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje, 131 str.
- Bat, M., Ulaga, F., Lalič, B., Frantar, P., 2003. Postopek za ocenjevanje sQnp (v m³/s) na lokacijah izpustov odpadnih voda v vodotoke (na osnovi določitve vodozbirnega zaledja in podatkov hidrološko primerljive vodomerne postaje z dovolj dolgim nizom opazovanja). Ljubljana, Agencija RS za okolje, 1 str. (interno gradivo).
- Bat, M., 2007. Ocenjevanje obdobjnih pretokov. Ljubljana (osebni vir, april 2007).
- Cegnar, T., 2003. Padavine. V: Vodno bogastvo Slovenije. Agencija RS za okolje, 131 str.
- Foster, E., 1949. Rainfall and runoff. New York, The Michilan Company, 487 str.
- Hidrološki letopis Slovenije 2000. 2004. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, 185 str.
- Knapp, B., 1979. Elements of Geographical Hydrology. London, George Allen & Unwin LTD, 85 str.
- Kolbezen, M., 1998. Hidrografija Slovenije. V: Geografija Slovenije, Ljubljana, Slovenska matica, 501 str.
- Kolbezen, M., Pristov, J., 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 98. str.
- Newson, M., 1994. Hydrology and the river environment. New York, Oxford University Press Inc., 221 str.
- Plut, D., 2000. Geografija vodnih virov. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 281 str.
- Riđanović, J., 1993. Hidrogeografija. Zagreb, Školska knjiga, 215 str.
- Schumm, S., 1977. The fluvial system. Toronto, John Wiley and Sons, 338 str.
- Trišić, N., 2007. Pretoki na Idriji v Podrožju. Ljubljana (osebni vir, avgust 2007).
- Vodno bogastvo Slovenije. 2003. Uhan, J., Bat, M., (ur.). Ljubljana, Agencija RS za okolje, 131 str.

Arhiv sektorja za hidrologijo, urad za monitoring, Agencija RS za okolje – podatki o pretokih na vodomernih postajah v Sloveniji.

ARSO GIS. URL: <http://gis.arso.gov.si/> (citirano: 14. 2. 2007).

HYDROGEOGRAPHICAL METHODS OF ESTIMATING NONMEASURED DISCHARGES IN SLOVENIA

Summary

Slovenia lies at the crossroads of four major geographical units: the Alps, the Pannonian basin, the Dinaric mountains, and the Mediterranean, which is the reason for the huge variety of its landscape. This is also reflected in different levels of precipitation and evaporation, which among other physical and sociogeographic characteristics of the landscape (relief, altitude, bedrock, slope incline, vegetation, human interventions in the river bed/river basin, etc.) influence the amount of run-off. The amounts of specific run-off among different water courses vary considerably. The upper parts of the river streams of Alpine rivers in northwest Slovenia, where the altitudes and precipitation level reach their highest points and the evaporation its lowest, specific run-off exceeds the amount of 80 l/s/km². On the other hand, the eastern part of Slovenia and the coastal area with the lowest level of precipitation and the highest level of evaporation, specific run-off ranges from 5 to 10 l/s/km². For the purpose of water management and environmental flow the discharges on water courses, where data from the gauging stations cannot be provided, has to be estimated. We have come to the conclusion that the data collected from the surrounding gauging stations can rather precisely estimate mean discharges, whereas the estimates of smaller discharges are less reliable.

Hydrogeographical methods of estimating non-measured discharges presented in the thesis are used to estimate mean discharges in a period measured on water courses which are not directly included in the network of gauging stations. The estimation method is based on the presumption that specific run-offs within individual river basins are likely to be similar due to supposedly similar physical and sociogeographic characteristics (relief, altitude, bedrock, slope incline, vegetation, human interventions in the river bed/river basin, etc.). Considering the fact that the gauging station is situated on the central water course of the river basin, the above presumption leads to the conclusion that discharges can be measured on the principal water course as well as on its tributaries upstream the gauging station, provided we are familiar with the surface area of the river basin of measured discharges. Physically and sociogeographically more heterogeneous river basins give less reliable estimates of discharges.

Despite the relatively dense network of gauging stations on water courses in Slovenia, many water courses are excluded from the network. When estimating mean discharges on such water courses we can rely on the data from the corresponding gauging stations situated in the nearby water basins, for which we suppose that the characteristics of run-off are similar. Such estimates of run-off can be given if we suppose that specific run-off of neighbouring water basins is rather similar and that with the help of data given on discharges from the

gauging station in water basin A we can estimate discharges in the neighbouring water basin B. This way of estimating gives even less reliable results, depending mostly on the adequate choice of the gauging station and on the data-collecting period.

When estimating we are faced with certain limitations, the most important being the limited number of potential water gauging stations. Besides, not all of the stations are suitable for our methods, either because of inadequate data series, unknown, underground water run-off or substantial human impact on the river run-off. The results of the methods estimating the run-off on small streams are unreliable, as the streams tend to dry up already in shorter dry periods. The use of the methods presented in the paper is problematic also in the karstic area, where orographic watersheds are not necessarily the same as hydrographic, which makes the defining of the surfaces of river basins difficult for both, the gauging stations and the locations on the streams where the run-off is being estimated. Estimating the run-off is also difficult on the streams, where there is significant underground water run-off, especially in the mountain streams and streams running on the thick layers of pebbles.