

REPUBLIKA  SLOVENIJA

---

MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

---

HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE

---

***POVRŠINSKI VODOTOKI IN  
VODNA BILANCA  
SLOVENIJE***

**SURFACE STREAMS AND  
WATER BALANCE OF SLOVENIA**

50 let organizirane hidrometeorološke službe na Slovenskem  
1947 - 1997

50 years of the organized hydrometeorological service in Slovenia

Ljubljana 1998

# VSEBINA

<b>PREDGOVOR</b> (D. Hrček)	3
<b>REČNA MREŽA</b>	
<i>RAZVOJ</i> (M. Kolbezen)	5
<i>GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI IN GOSTOTA</i> (M. Kolbezen)	5
<i>VODOMERNE POSTAJE</i> (M. Kolbezen)	10
<b>HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE</b>	
<i>PRETOKI</i> (M. Kolbezen)	12
<i>REČNI REŽIMI</i> (M. Kolbezen)	13
<i>SPECIFIČNI ODTOKI</i> (M. Kolbezen)	14
<i>ODTOČNOST REK</i> (M. Kolbezen)	16
<b>VODNA BILANCA</b>	17
<i>PADAVINE</i> (J. Pristov)	18
<i>IZHLAPEVANJE</i> (J. Pristov)	19
<i>PRETOKI</i> (M. Kolbezen)	20
<i>ODTOKI</i> (J. Pristov)	21
<i>BILANČNI PROFILI</i> (M. Kolbezen)	21
<i>PRIMERJAVA MED IZRAČUNANIMI IN IZMERJENIMI ODTOKI</i> (J. Pristov)	22
<i>POVZETEK</i> (M. Kolbezen)	24

# CONTENTS

**FOREWORD** (D.Hrcek)

## **DRAINAGE NETWORK**

*DEVELOPMENT* (M.Kolbezen)

*GEOLOGICAL FEATURES AND DRAINAGE DENSITY* (M.Kolbezen)

*GAUGING STATIONS* (M.Kolbezen)

## **HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS**

*DISCHARGES* (M.Kolbezen)

*RIVER REGIMES* (M.Kolbezen)

*SPECIFIC RUNOFFS* (M.Kolbezen)

*RUNOFF COEFFICIENTS* (M.Kolbezen)

## **WATER BALANCE**

*PRECIPITATION* (J.Pristov)

*EVAPORATION* (J.Pristov)

*DISCHARGES* (M.Kolbezen)

*RUNOFFS* (J.Pristov)

*BALANCE PROFILES* (M.Kolbezen)

*COMPARISON BETWEEN CALCULATED AND MEASURED DISCHARGES*  
(J.Pristov)

*SUMMARY* (M.Kolbezen)

## **FIGURES, TABLES**

# PREDGOVOR

V letu 1997 je poteklo 50 let od ustanovitve Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije in s tem pricetka organizirane skupne hidrološke in meteorološke službe. Ena najpomembnejših strokovnih nalog, s katero smo hoteli obeležiti jubilejni dogodek, je bila priprava publikacije "Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije". To je prva publikacija, ki celovito obravnava vodno bilanco ozemlja naše države. Strokovne kroge in tudi širšo javnost želimo seznaniti z nekaterimi osnovnimi karakteristikami tekocih površinskih voda, kot so vodnatost ali gostota recne mreže, karakteristikni pretoki, specifični odtoki, vodni režim in odtocnost rek. Poglavitni del publikacije pa je izdelava vodne bilance Slovenije za 30-letno obdobje 1961 - 1990, katerega priporoča Svetovna meteorološka organizacija (WMO).

Ob jubileju je potrebno poudariti tudi simboliko: strokovno delo v zvezi z vodno bilanco je eden najbolj nazornih primerov tesne povezanosti hidrološke in meteorološke stroke. Primerjava meteoroloških in hidroloških podatkov prispeva k dvigu kakovosti podatkov na obeh strokovnih področjih. Tako v pricujoci knjigi prvic objavljamo korigirane podatke o padavinah, pri cemer so bile upoštevane korekcije zaradi vetra. Te korekcije so zlasti v gorah in pozimi presenetljivo velike. Na podcenjene padavine, ki smo jih doslej ocenjevali le na osnovi izmerjenih podatkov, so opozorili hidrološki podatki o odtokih.

Izdelavi vodne bilance smo posvetili še posebno pozornost, ker smo z njo skušali in tudi prvic v 50-letnem obdobju uskladili osnovne clene vodne bilance, kot so padavine, izhlapevanje in odtoki za obmocje celotne Slovenije. Primerjava odtokov, dobljenih na osnovi izdelane padavinske karte in karte izhlapevanja, z dejansko izmerjenimi pretoki na posameznih merskih profilih nam pokaže veliko skladnost. Glede na to je vrednost izdelane bilance oziroma karte padavin in odtokov toliko vecja, saj je na osnovi dobljenih rezultatov možno oceniti srednje odtoke za hidrološko še povsem neraziskana obmocja oziroma profile. Seveda pa še zdalec nismo razrešili vseh hidroloških problemov, ki so se pokazali ob izdelavi vodne bilance. Dosegli pa smo cilj, ki smo si ga ob pripravi gradiva za publikacijo zadali, to je, da uravnatežimo vodno bilanco na ravni državnega ozemlja. V naslednjih letih in desetletjih bo potrebno še veliko raziskovalnih naporov, da bi probleme rešili in s tem uravnatežili vodno bilanco tudi na manjših porecijh Slovenije. Posebno trd oreh bodo kraška obmocja.

Na koncu bi se rad zahvalil obema avtorjema, ki sta uspela povezati svoje bogato strokovno znanje in dragocene dolgoletne izkušnje s strokovnim znanjem in tehnicno usposobljenostjo mlajših sodelavk in sodelavcev na Hidrometeorološkem zavodu RS, tako da je nastala publikacija, ki jo je slovensko vodno gospodarstvo že dolgo casa pricakovalo.

Dušan Hrcek, dipl. ing. met.  
DIREKTOR

## FOREWORD

Fifty years have passed in the year 1997, from the founding of the Hydrometeorological Institute of Slovenia, which represented the beginning of the organized common hydrological and meteorological service. One of the most important expert tasks with which we tried to make this anniversary memorable was the preparation of the publication "Surface Streams and Water Balance of Slovenia". This is the first publication which comprehensively discusses the water balance on the territory of our country. We would like to make accessible certain basic information about the hydrological characteristics of the surface streams in Slovenia, such as the drainage density, characteristic discharges, specific runoffs, river regimes and runoff coefficients, not only to the expert circles but also to the broader public. The main part of the publication covers the water balance of Slovenia for the 1961-90 period, i.e., a period over 30 years which is recommended by the World Meteorological Organization. However, the symbolic character shall be emphasized at this anniversary: the expert work related to the water balance is one of the most illustrative examples of close connectedness of the hydrological and meteorological professions. A comparison of meteorological and hydrological data contributes to the rise of the quality of data in both expert fields. Thus, published for the first time in the current publication are the data on precipitation in which the wind corrections were taken into account. The values of these corrections are surprisingly high, especially for the mountains, and for the winter. The underestimates of the precipitation which has hitherto been only assessed on the basis of the measured data, became evident through the hydrological data on discharges.

A special attention was paid to the making of water balance because it was for the first time in the 50-year period that the basic elements of water balance were successfully coordinated for entire Slovenia, such as the precipitation, evaporation and runoff. A comparison of runoffs that were obtained on the basis of the precipitation map and the evaporation map, with the actually measured discharges by individual gauging profiles, reveals their congruity. Thus, the value of the made water balance and the precipitation- and the runoff maps is even greater, because on the basis of this balance, mean runoffs can be established for the hydrologically completely unresearched areas and profiles. We certainly have not succeeded to solve all hydrological problems related to the water balance of Slovenia, which emerged during the making of the water balance. But we have reached the aim set at the preparation of materials for the current publication, which was, to balance the water balance at a level of the state territory. In the following years and decades, a lot of investigation efforts will be necessary to solve these problems, and to balance the water balance also for the minor geographically rounded off areas of Slovenia. The karst areas will represent a knotty problem.

I would like to thank to both the authors who have succeeded to join their abundant expert knowledge and precious years-long experiences with the expert knowledge and technical qualification of their younger collaborators at the Hydrographical Institute of Slovenia, so that this publication originated, which has already long been expected by the water management institutions.

Dušan Hrček, B.A.in meteorology

HEAD OF THE HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

# REČNA MREŽA

## *RAZVOJ*

Razvoj hidrografske mreže na Slovenskem sega v zgornji terciar, ko se je dinarsko-alpsko kopno, v ozki proggi dvignilo iz morja. Neposredni sledovi segajo po poglavitni fazi gorotvornega procesa v obdobje oligocenske in miocenske dobe. Sava s Savinjo, Mirno in Krko so dediči nekdanjega morskega zaliva. Podobno velja za razvoj dravskega porečja, vendar je ta bolj zapleten glede na vidne starejše sledove eocenskega morskega zaliva. Postopno dviganje severnega in ugreznanje južnega dela širše Panonske kotline je nekdanji neposredni odtok proti vzhodu preusmerjalo proti jugu oziroma jugovzhodu. Poznejše lokalne udorine, kot so Celjska, Ljubljanska in Krška, so vplivale na razvoj sekundarnih hidrografskih središč, kamor se je koncentriral vodni odtok s širšega območja.

V pliocenu se je ob počasnem oddaljevanju panonskega morja od jadransko-črnomorskega razvodja, na nasprotni, zahodni strani približevalo Jadransko morje, kar je vplivalo, da je povodje Jadrana presenetljivo majhno. Reke so se močno vrezevale in predstavljale svoja povirja navzgor, kar je močno povečevalo njihov strmec in erozivno moč. V poteku posameznih vodotokov se tudi tu opaža raznolikost kot posledica poznejših preusmeritev oziroma pretočitev.

Omenjeni razvoj je vplival, da ima večina naših rek povirja v goratem svetu, odkoder skozi predalpski in gričevnati svet prehajajo v ravninski. Drava in Mura, kot tranzitni reki, v tem nista izjemi, le da njuni povirji segata v svet Centralnih Alp sosednje Avstrije.

## *GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI IN GOSTOTA*

Na ozemlju Slovenije, ki zajema površino 20230 km<sup>2</sup> ali 0,4 % medmorske Evrope se srečujejo kar štiri pokrajine: Alpe, Dinarsko gorstvo, Panonska nižina in Sredozemlje, kar daje Sloveniji neverjetno pokrajinsko pestrost. Ta se med drugim odraža na vseh pojavnih oblikah površinske vode, od hudournikov, rečic, potokov in rek do ponikalnic, izvirov, jezer in morja.

Dolžina površinskih rečnih tokov znaša 26989 km (po TK 1:25000), kar daje Sloveniji povprečno gostoto 1,33 km/km<sup>2</sup>. **Glavnina omrežja je vezana na štiri porečja največjih rek: Muro, Dravo, Savo, in Sočo (z Vipavo) ter na del Jadranskega povodja z odtokom v Tržaški in Koprski zaliv.**

## **POMURJE**

Orografske je Pomurje vezano na slovenski del porečja Mure, ki sega, v primerjavi z njenim zgornjim hribovitim delom, že v gričevnati svet Goriškega, Slovenskih in Lendavskih gor, ter v ravninski svet Apaškega, Murskega in Ljutomerskega polja. Na zahodu Goriškega in na območju Slovenskih in Ljutomerskih gor prevladujejo neprepustni laporji in peščene glinice z vložki meljastega peska. Na vzhodu Goriškega, predvsem na porečju reke Krke, pa prevladujeta pesek in prod, ki ju na debelo prekriva glinasta preperina. Pleistocenski prodni zasip Apaškega polja in kvartarne peščeno-prodnate naplavine Mursko-Ljutomerskega polja so pomemben kolektor podtalnice tega območja.

Glavni odvodnik Pomurja je reka **Mura**. Kot tranzitna reka prečka severovzhodni del Slovenije in je sestavni del omrežja Drave, v katero se izliva pri Legradu. Izvira v Nizkih Turah, kjer v svojem zgornjem toku odvajata vode iz štajerskih Alp.

Celotna površina porečja reke Mure meri 14149 km<sup>2</sup>, od tega odpade na ozemlje Slovenije 1376 km<sup>2</sup> ali 9,7 %. Dolžina toka od avstrijske do hrvaške meje znaša 94,90 km, od tega je 67,30 km mejnega toka (33,55 km z Avstrijo, 33,75 km s Hrvaško). Skupna dolžina vodnega omrežja meri 2038 km, kar daje porečju povprečno gostoto 1,48 km/km<sup>2</sup>.

Glavna pritoka sta **Ledava**, ki odvaja vode iz terciarnega Goriškega, in **Ščavnica** iz območja Slovenskih in Ljutomerskih goric. Zaradi prevlade neprepustnih tal je gostota vodnega omrežja nekaterih pritokov Ledave in Ščavnice znatno večja od povprečja (Ledava 1,30 km/km<sup>2</sup>, Ščavnica 1,52 km/km<sup>2</sup>). Iztopajo predvsem potok Kopica z gostoto 2,35 km/km<sup>2</sup>, Lipnica z 1,77 km/km<sup>2</sup> na porečju Ledave in Kostanjevica z 2,20 km/km<sup>2</sup> ter Bukovnica (1,72 km/km<sup>2</sup>) in Lipnica (1,81 km/km<sup>2</sup>) na porečju Ščavnice.

## PODRAVJE

Po hidrogeoloških značilnostih lahko ozemlje Podravja razdelimo v posamezne enote, in to:

- porečje Meže,
- območje Pohorja in Kozjaka,
- porečje Dravinje z Dravinjskimi goricami in Halozami,
- območje Slovenskih in Ljutomerskih goric,
- ravninski del Dravsko-Ptujskega polja.

Porečje **Meže** meri 551,68 km<sup>2</sup> in je sestavljeno iz prepustnih in močno zakraselih kamnin Pece, Uršlje gore, Raduhe in Olševe. V karbonatnem masivu Pece, Uršlje gore in Raduhe se zbirajo večje količine podtalne vode, ki prihajajo na stikih z neprepustnimi skrilavci in peščenjaki kot izdatni izviri (Šumec, Meža, Suhadolnica). Desni del porečja Mislinje pa je v glavnem grajen iz metamorfnih kamnin Pohorja.

Ozemlje **Pohorja in Kozjaka** je grajeno iz neprepustnih metamorfnih in magmatskih kamnin. Izjema je le območje med Lovrencem na Pohorju, Ribnico in Vuzenico (ribniška sinklinala), kjer srečamo klastične usedline (glinasti lapor, tuf, peščenjak). Zaradi neprepustnih kamnin odteče večina padavinske vode površinsko po številnih hudourniških grapah in potokih.

Porečje **Dravinje** sega v površnem delu na območje Pohorja, v srednjem in spodnjem delu porečja pa na območje Haloz, Dravinjskih goric in Dravsko-Ptujskega polja. Haloze so v glavnem grajene iz slabo prepustnih ali neprepustnih glinasto laporatih sedimentov, za katere je značilen hiter površinski odtok. V nasprotju z njimi pa v Dravinjskih goricah prevladujeta poleg laporjev slabo vezana pliocenski prod in pesek. V Konjiški gori in še zlasti v Boču je zaslediti manjša zakrasela območja, kjer se podzemna voda izteka v izviroh (ob Žičnici, izvir pri Studenicah).

Na zahodnem delu **Slovenskih goric** prevladujejo neprepustni terciarni sedimenti, ki omogočajo površinski vodni odtok. Ob stiku z neprepustnimi plastmi se pojavijo številni izviri podtalne vode, med katerimi je pomembnejši izvir pri Hrastovcu. Terciarni sedimenti so proti vzhodu vse bolj pomešani z meljem in glino. Peski in prodi omogočajo, da precejšen del padavinske vode tudi ponikne, medtem ko v **Ljutomerskih goricah**, kjer prevladujejo gline in laporji, voda v glavnem odteče v površinske vodotoke Dravsko-Ptujskega polja.

**Dravsko-Ptujsko polje** je prekrto s kvartarnim prodnim zasipom, katerega debelina je močno različna, odvisno od terciarne sedimentne podlage (do 35 m na območju Maribora in 20 m na območju Ptujja).

Osrednji odvodnik Podravja je **Drava**, ki stopi na ozemlje Slovenije pri Dravogradu in se po 142,13 km dolgem toku pod Središčem ob Dravi izvije v hrvaško Podravino. Dolžina vodne mreže Podravja, ki meri 3259 km<sup>2</sup>, je 6117 km, kar daje Podravju visoko povprečno gostoto 1,88 km/km<sup>2</sup>. Večina potokov in rečic s hribovitega in gričevnatega površja Podravja odteka v glavne pritoke Drave: Mežo, Dravinjo in Pesnico.

**Meža**, ima s 551,68 km<sup>2</sup> porečja in dolžino vodotokov 1108,1 km, povprečno gostoto rečne mreže 2,01 km/km<sup>2</sup>. Od njenih pritokov ima največjo gostoto Javorski potok s 2,70 km/km<sup>2</sup>. **Dravinja**, ki odvaja vode pretežno iz vzhodnega obrobja Pohorja in Haloz, ima pri 1361 km dolgem vodnem omrežju in 817,4 km<sup>2</sup> velikem porečju povprečno gostoto 1,67 km/km<sup>2</sup>. **Pesnica**, s površino porečja 539 km<sup>2</sup> in 1008,62 km vodotokov ima povprečno gostoto 1,87 km/km<sup>2</sup>. Največjo, nekaj nad 3,00 km/km<sup>2</sup> (3,07), ima njen levi pritok Drvanja. Poleg Drvanje imajo na celotnem Podravju največjo gostoto rečne mreže še nekateri pritoki,

ki pritekajo s Kozjaka neposredno v Dravo, kot so Bresterniški potok s 3,25 km/km<sup>2</sup>, Ožboltski potok s 3,14 km/km<sup>2</sup> in potok Čermenica s 3,01 km/km<sup>2</sup>.

## POSAVJE

Posavje s 53,1 % ozemlja Slovenije predstavlja naše največje porečje. Glede na različno geološko zgradbo ga sestavljajo naslednje hidrogeološke enote:

- alpsko območje
- predalpsko hribovje
- porečje Savinje
- porečji Ljubljani in Krke
- ravninska dela Ljubljanske in Krške kotline

**Alpsko območje** obsega Julijske in Savinjske Alpe ter Karavanke, ki so v glavnem grajene iz prepustnih karbonatnih kamnin. Na visokih planotah je to območje močno zakraselo, zaradi česar večji del padavinske vode ponikne v notranjost. Ob vznožju globoko vrezanih alpskih dolin se podzemna voda pojavi v izvirih ob stiku z neprepustnimi kamninami.

**Predalpsko hribovje** zajema Škofjeloško-polhograjsko, Idrijsko-cerkljansko in Posavsko hribovje, kjer je geološka zgradba močno neenotna in dokaj zapletena. Sestavljajo ga predvsem neprepustne kamnine, kot so razni skrilavci in laporji. Mednje so stisnjene ali narinjene manj prepustne karbonatne kamnine (apnenec, dolomit). Na stiku enih in drugih prihaja na dan podzemna voda v številnih izvirih.

**Porečje Savinje** zajema v svojem zgornjem toku območje visokogorskega sveta vzhodnih Karavank in Savinjskih Alp grajenih iz karbonatnih kamnin, več ali manj zakraselega apnenca in dolomita. Številni večji ali manjši izviri, ki se pojavljajo, kažejo na večje ponikanje padavinske vode v podzemlje. Pod Lučami se pri zgradbi površja vse bolj pojavljajo manj prepustni skrilavci, tufi ter peščenjaki in gline, ki gradijo v glavnem tudi severno in južno gričevnato obrobje Celjske kotline. Iz podobnih kamnin je grajeno ozemlje med Celjem in Zidanim mostom. Le delno se med njimi pojavljajo prepustni apnenci in dolomiti. Neprepustne terciarne, mezozojske in paleozojske kamnine sestavljajo pretežni del ozemlja porečja Voglajne, ki zbira vode z najbolj vzhodnega dela porečja Savinje.

Neprepustni terciarni sedimenti, ki obdajajo Celjsko kotlino, sestavljajo tudi njeno dno, prekrito s prodno plastjo. Debelina prodnega zasipa je različna in raste od Savinje proti severu. Prodni zasip je pomemben vodni vir podtalnice.

**Porečji Ljubljani in Krke** zajemata ozemlje visokega krasa in pokrivata nekaj manj kot 40 % ozemlja Posavja. Grajeno je pretežno iz močno razpokanih, zakraselih in prepustnih karbonatnih kamnin apnenca in dolomita. Vode, ki se tu zbirajo, hitro poniknejo, se prelivajo in pritekajo na dan v številnih izvirih na obrobju dolin. Na porečju Ljubljani je iz manj prepustnih kamnin grajeno le ozemlje, ki pripada delu Polhograjskih Dolomitov, in Krško hribovje, ki pretežno pripada porečju Krke.

**Ljubljanska in Krška kotlina** sta prekriti z debelo plastjo kvartarnega proda in konglomerata, med njima se nahajajo večji ali manjši vložki gline. Samo dno kotline sestavljajo neprepustne terciarne plasti. V prodnem zasipu so zaloge podtalne vode, pomembne za izkoriščanje (vodooskrbo).

Osrednji odvodnik Posavja je **Sava**, ki odvaja vodo z območja 10746 km<sup>2</sup>. Z dolžino toka 220,72 km, od izvira Dolinke v Zelencih do meje s Hrvaško, je najdaljša slovenska reka. Vzdušje svojega toka prečka geološko, orografsko in klimatsko razgibano območje, kar vpliva, da je v primerjavi s Pomurjem in Podravjem povprečna gostota rečne mreže Posavja manjša in to 1,30 km/km<sup>2</sup> pri 13949,4 km dolgem vodnem omrežju. Pomembnejši pritoki Save so poleg Save Dolinke in Save Bohinjke, ki zajemata njeno povirno območje še Tržiška Bistrica, Kokra, Sora, Kamniška Bistrica, Ljubljani, Savinja, Mirna, Krka in Sotla. Kolpa, kot pritok Save tu ni upoštevana, ker je zajeta v samostojno območje Pokolpja.



Prepustnost in močna zakraselost karbonatnih kamnin, ki sestavljajo Julijske Alpe, kamor segata porečji **Save Dolinke in Bohinjke**, so vzrok, da je gostota rečne mreže tega območja nizka; za območje Save Bohinjke  $0,79 \text{ km/km}^2$ , za njen pritok Radovno  $0,60 \text{ km/km}^2$ .

**Tržiška Bistrica** se s  $26,9 \text{ km}$  dolgim in slikovitim tokom izpod Karavank prebije prek Kamniško-Savinjskih Alp proti Podbrezju, kjer se izliva v Savo. S  $145,6 \text{ km}^2$  porečja in dolžino vodotokov  $215,4 \text{ km}$  ima povprečno gostoto  $1,48 \text{ km/km}^2$ .

Povirje **Kokre** sega, kot pri Tržiški Bistrici, v vznožje Karavank ter se nato prebije skozi Kamniško-Savinjske Alpe vse do Predvora, kjer se vreže v nanose lastnega vršaja. Dolžina vodnega omrežja in velikost porečja  $220,8 \text{ km}^2$  ji dajeta gostoto  $1,61 \text{ km/km}^2$ .

**Sora** s Poljansko in Selško Soro odvaja vode iz Škofjeloškega hribovja, na katerem je zaradi same geološke sestave tal bogato razvita mreža površinskih voda, njena dolžina doseže  $1285,4 \text{ km}$ . Pri velikosti porečja  $636 \text{ km}^2$  pomeni to gostoto  $2,02 \text{ km/km}^2$ . Najbolj gosto je porečje Selške Sore z  $2,34 \text{ km/km}^2$ , medtem ko je gostota Poljanske Sore nekoliko nižja  $1,90 \text{ km/km}^2$ .

**Kamniška Bistrica** s  $534,4 \text{ km}^2$  porečja in  $791,2 \text{ km}$  vodnega omrežja ima gostoto  $1,49 \text{ km/km}^2$ .

**Ljubljana**, kot tipična kraška reka ponikalnica, zbira vode s Cerkniskega kraka, ki sega od izvira Trbuhovica na Hrvaškem, in s pivškega izpod Knežaka. Velikost porečja Ljubljanice je po vseh, do sedaj opravljenih raziskavah  $1889,5 \text{ km}^2$ , kar pomeni slabo desetino površja Slovenije. Močno zakrasevanje je prestavilo določene odseke nekdanjih površinskih tokov v podzemlje in s tem zmanjšalo gostoto vodnega omrežja Ljubljanice na  $0,98 \text{ km/km}^2$ . Še bolj prihaja to do izraza pri porečju Pivke, kjer je gostota le  $0,55 \text{ km/km}^2$ . Obratno ima njen pritok Nanoščica, katerega porečje prekrivajo vododržne kamnine, gostoto  $1,52 \text{ km/km}^2$ . Enako velja za Cerknishčico, pri kateri doseže gostota celo  $2,27 \text{ km/km}^2$ .

**Savinja** je poleg Save, Drave in Kolpe edina še slovenska reka, katere dolžina toka preseže  $100 \text{ km}$  ( $101,75 \text{ km}$ ) in tretji od pritokov Save po velikosti porečja. Na porečje Savinje odpade  $17 \%$  ozemlja porečja Save ali  $1847,7 \text{ km}^2$ . Zaradi odtočnih značilnosti Savinje ima ta na visoke vode Save največji vpliv, večji od pritokov kraške Ljubljanice in Krke, pri katerih so visoke vode zadrževane. Povprečna gostotoa rečne mreže Savinje je  $1,58 \text{ km/km}^2$ . Med posameznimi pritoki Savinje gostota močno variira, od  $1,00 \text{ km/km}^2$  pri Lučnici do  $2,50 \text{ km/km}^2$  pri Velunji, pritoku Pake, ki ima gostoto  $1,89 \text{ km/km}^2$ . Pritok Savinje Bolska ima gostoto  $1,43 \text{ km/km}^2$ , Voglajna pa  $1,66 \text{ km/km}^2$ .

**Mirna** ima povprečno gostoto rečne mreže  $1,90 \text{ km/km}^2$ , **Sotla** pa  $1,74 \text{ km/km}^2$ .

**Krka** je po velikosti porečja največji pritok Save, saj odpade nanj kar  $21,4 \%$  porečja Save ali  $2315,1 \text{ km}^2$  površine. Povprečna gostota vodnega omrežja Krke je zaradi prevlade kraškega površja nizka,  $0,73 \text{ km/km}^2$ . Znatno večjo gostoto imajo le potoki, ki pritekajo iz krškega hribovja, kot sta Radulja z gostoto  $1,80 \text{ km/km}^2$  in Lokavec z  $1,83 \text{ km/km}^2$ .

## **POKOLPJE**

Slovenski del Pokolpja obsega območje Čabranke, del Loškega Snežnika, območje Kočevske Reke in kočevskega polja z obronki Roga ter Belo Krajino do vrha Gorjancev z  $998 \text{ km}^2$  površine. Kolpa je na celotni dolžini  $117,82 \text{ km}$  toka, od Osilnice do hrvaške meje pri Božakovem pod Metliko, obmejna reka in največja v dinarskem območju Slovenije. Pretežni del Pokolpja je grajen iz mezozojskih apnencev in dolomitov. Nekaj neprepustnih kamnin je zaslediti le v zgornjem toku ter v neposrednem območju same reke. Padavine, ki odtekajo površinsko z omenjenih površin na stiku z apnencem takoj poniknejo. Podzemeljske vode iz Kočevskega pogorja, Roga in plitvega krasa Bele Krajine prihajajo na dan v izdatnih izvirih, kot so Bilpa, Dobljčica in Krupa. Močno zakrasevanje globokega krasa je površinsko rečno mrežo pretočilo v podzemlje. Na območju nizkega krasa Bele Krajine je na površju le Lahinja z Dobljčico, Krupo in Podturnščico. Pokolpje ima eno najnižjih gostot vodnega omrežja Slovenije, le  $0,52 \text{ km/km}^2$ .

## POSOČJE

Povirno območje Soče sestavljajo v glavnem močno zakraseli in prepokani mezozojski apnenci in dolomiti, med katerimi je nekaj triasnih in krednih klastičnih usedlin ter dolomitiziranih apnencev. Močna zakraselost je vzrok majhni zadrževalni sposobnosti. Od Žage navzdol do Mosta na Soči so med mezozojskimi karbonatnimi kamninami zastopane tudi flišne kamnine. Na stiku obeh se pojavljajo izvorne vode Tolminke, Zadlaščice in druge. Od Mosta na Soči do Solkana, kjer preide Soča na območje kvartarnih naplavin, je ozemlje grajeno večinoma iz vodoneprepustnih krednih klastičnih in apnenčastih sedimentov ter eocenskega fliša.

Iz mezozojskih apnencev in dolomitov je grajeno tudi ozemlje zgornje **Idrijce** do Podroteje. Med omenjenimi kamninami je najti le nekaj manj ali slabo prepustnih klastičnih sedimentov in vulkanskih kamnin. Celotna zgradba je zaradi intenzivne tektonike zelo zapletena. Na stiku prepustnih kamnin z manj prepustnimi je vrsta večjih ali manjših izvirov (Divje jezero, Divji potok, Bedra grapa, Belca itd.). Od Podroteje navzdol je ozemlje grajeno iz slabo prepustnih in neprepustnih paleozojskih in mezozojskih sedimentov. Med njimi je le malo karbonatnih kamnin, z izjemo na območju Bače, kjer so na južnem obrobju Bohinjskega grebena in Petrovega Brda, kamor sega njeno porečje, zastopane v večjem obsegu.

Pretežni del porečja **Vipave** je grajen iz nagubanih flišnih kamnin, ki se na južnem delu porečja naslanjajo, na Kras na severnem pa na visoke kraške planote Nanos, Hrušica in Trnovski gozd. Ob vznožju teh planot se podzemeljske vode pojavljajo v izvirih Vipave, Hublja in Lijaka.

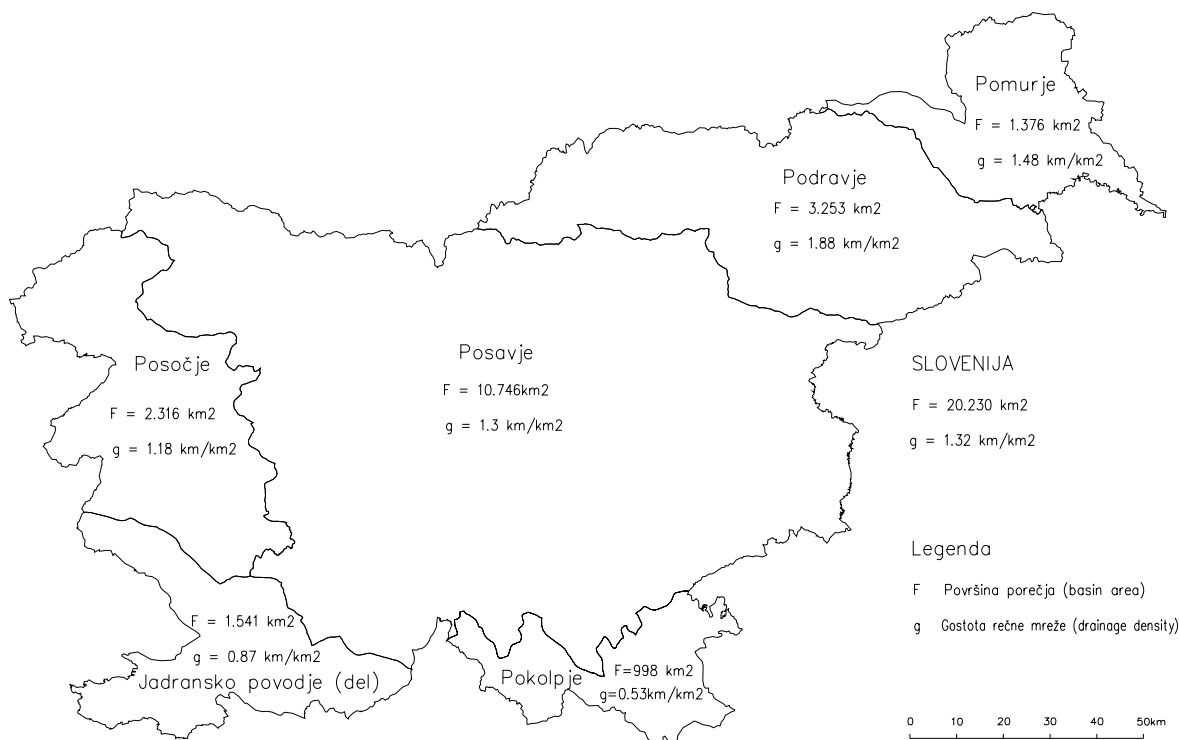
Gostota rečne mreže Posočja je odraz geološke zgradbe in stopnje vodoprepustnosti kamnin ter znaša za porečje Soče do Solkana  $1,73 \text{ km/km}^2$ . Za njene pritoke, kot so Idrijca, znaša gostota  $1,51 \text{ km/km}^2$ , za Bačo (pritok Idrijce)  $1,71 \text{ km/km}^2$ , Cerknico  $1,92 \text{ km/km}^2$  in Kanomljico  $1,79 \text{ km/km}^2$ . Obratno temu znaša gostota za pritoka Koritnico  $0,89 \text{ km/km}^2$  in Tolminko  $1,08 \text{ km/km}^2$ . Nizko gostoto ima tudi Vipava  $1,12 \text{ km/km}^2$ .

## JADRANSKO POVODJE

Jadranskemu povodju pripada poleg Posočja še porečje Reke in drugih potokov z izlivom direktno v morje: Rižana, Osapska reka, Badaševica, Drnica in Dragonja.

Ozemlje porečja **Reke** je v glavnem grajeno iz zakraselih karbonatnih kamnin, na katere so narinjene flišne kamenine (Brkini), kar daje Reki s  $323,37 \text{ km}^2$  površine in  $617,4 \text{ km}$  dolgim tokom rečne mreže, povprečno gostoto  $1,89 \text{ km/km}^2$ .

Preostali del ozemlja pripada Čičariji, grajeni iz krednih in terciarnih apnencev ter dolomitov, kjer ni površinskih tokov, ter Šavrinskemu gričevju, ki je grajeno iz flišnih sedimentov. Neprepustnost flišnih sedimentov (lapor, peščenjak, konglomerat) omogoča dobro razvito mrežo površinskih tokov (Dragonja, Drnica, Badaševica). **Dragonja**, kot večji vodni tok in delno kot obmejna reka ima gostoto rečne mreže  $1,81 \text{ km/km}^2$ .



Slika 1: Površina in gostota rečne mreže za glavna porečja  
 Figure 1: Main drainage basins - area and drainage density

## VODOMERNE POSTAJE

Osnovna podpora celotni hidrološki dejavnosti je merilna mreža oziroma hidrološki monitoring. Sistem opazovanj in meritev temelji na klasični mreži vodomernih postaj. Na njen razvoj so vplivali predvsem varstvo naselij pred poplavami, uporaba vode v energetske, tehnološke in vodooskrbne namene, v zadnjem času pa vse bolj potrebe preučevanja in varovanja okolja.

Po ohranjenih zapisih so prve vodomerne postaje začele delovati že leta 1850, med katerimi še delujejo postaje v Litiji na Savi, Celju na Savinji, Vrhniki na Ljubljani, Planini na Unici in v Gornji Radgoni na Muri. Postaji Maribor in Ptuj na Dravi sta bili po izgradnji HE Mariborski otok in Zlatoličje opuščeni.

Leta 1893 je bil na Dunaju ustanovljen "Centralni hidrografski urad", ki je prek deželnih hidrografskih oddelkov tehničnih uprav redno dobival, obdeloval, ter objavljala podatke v centralnem letopisu "Jahrbuch des hydrographischen Zentralbureaus" (Wien 1895-1918). Redna opazovanja nivoja vode so se postopoma razširila še na meritve vodnih količin, pojavov ledu in meritve temperature vode. Odčitavanje vodnih gladin z vodomerne letve (v določenem dnevnem terminu) so, za zagotovitev pridobivanja natančnejših podatkov, začele dopolnjevati merilne naprave za kontinuirano beleženje vodnega stanja - limnigrafii.

Po razpadu Avstro-Ogrske leta 1918 I je Kraljevina SHS organizirala službo pri Gradbeni direkciji v Ljubljani. Iz obdobja 1918-1923 so v rokopisu izdelana letna poročila hranjena v arhivu Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije. Leta 1923 je bil v okviru hidrografske službe celotne države ustanovljen Hidrografski odsek pri Generalni direkciji voda v Beogradu. Ta je leta 1924 izdal za takrat pomembno publikacijo "Popis vodnih tokova Kraljevine SHS". Z ustanovitvijo banovin je bila hidrografska služba Slovenije vključena v oddelke Ministrstva za gradnje in to v oddelke v Ljubljani,

Kranju, Novem mestu, Celju in Mariboru. Banska uprava je zbirala in pošiljala podatke na Ministrstvo za gradnje v Beograd, ki je vse do leta 1940 izdajalo letno publikacijo "Izveštaj o vodnim talozima, vodostajima i količinama vode". Hidrološke podatke iz območij, ki so bila priključena Italiji, so objavljali v letni publikaciji "Annali idrologici", pri Hidrografskem uradu Ministrstva za vode v Benetkah (1923-1945).

Med drugo svetovno vojno je bila hidrološka dejavnost na ozemlju Slovenije razdeljena na štiri pokrajine; Ljubljansko, Gorenjsko, Štajersko in Prekmursko. Podatki o opazovanjih so bili naknadno objavljeni v publikaciji Zvezne uprave hidrometeorološke službe FNRJ, Beograd, "Godišnjak o vodostajima".

Po drugi svetovni vojni, je od leta 1945 do 1947 delovala hidrološka služba v okviru Glavne uprave voda pri Ministrstvu za gradnje. Leta 1947 je takratni hidrografski odsek pri omenjenem Ministrstvu prišel v sestav ustanovljene republiške Uprave hidrometeorološke službe. S tem so bili izpolnjeni pogoji za razvoj njene dejavnosti v skladu z mednarodnim hidrološkim sistemom in potrebami gospodarstva ter družbe. Leta 1957 se je Uprava hidrometeorološke službe preimenovala v Hidrometeorološki zavod LRS. Hidrološka služba je v njem delovala vse do leta 1975, ko je bil zavod ukinjen in ustanovljen Meteorološki zavod. Hidrološka služba je bila dodeljena Strokovni službi Zveze vodnih skupnosti Slovenije vse do leta 1980, ko je bila prenesena v ponovno ustanovljen Hidrometeorološki zavod Slovenije.

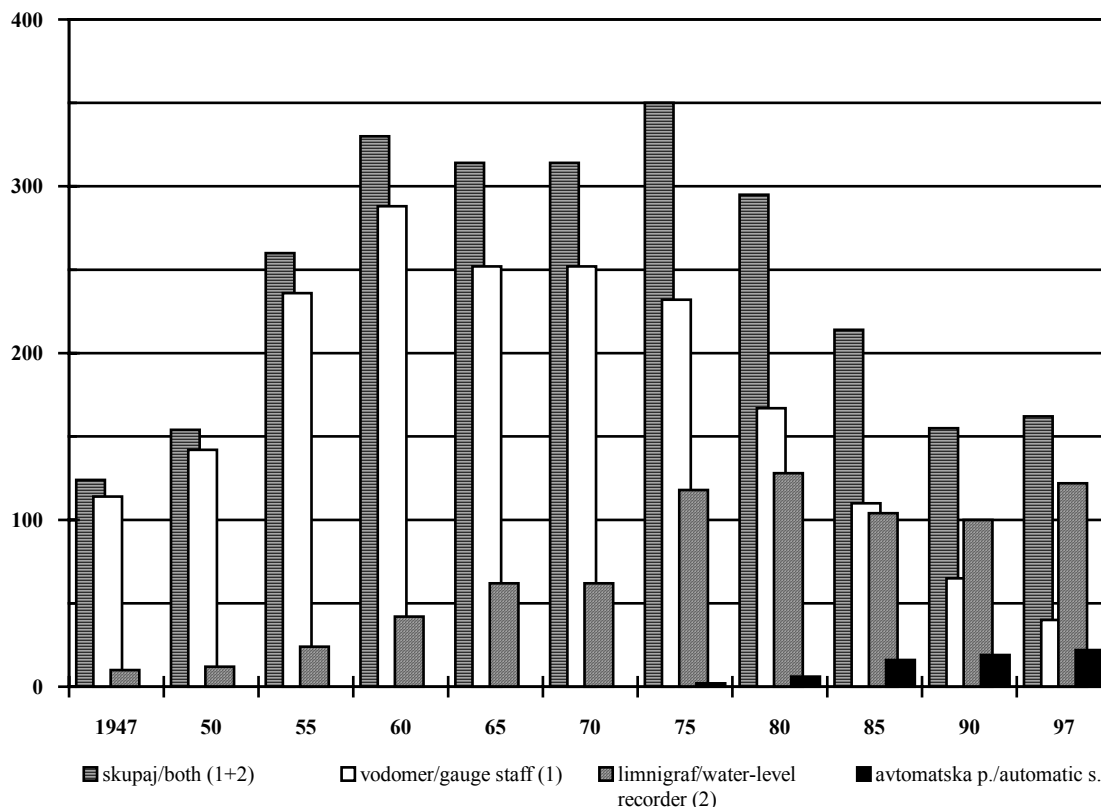
Zvezna uprava in pozneje Zvezni hidrometeorološki zavod v Beogradu sta od ustanovitve izdajala smernice, navodila in kriterije za razvoj hidroloških postaj, opazovanj in meritev ter jih pošiljala republiškim zavodom, za zagotovitev enotnega pridobivanja potrebnih hidroloških podatkov.

Od leta 1945 do leta 1989 so hidrološki podatki za del mreže postaj (zveznega pomena) objavljeni v publikaciji Hidrološki godišnjak, Zveznega hidrometeorološkega zavoda, Beograd.

Po osamosvojitvi 1991. leta je hidrološka služba začela izdajati samostojno publikacijo Hidrološki letopis Slovenije. Prvi letnik vključuje leto 1990. Kot samostojna država in z ustanovitvijo Slovenskega komiteja za mednarodni hidrološki program UNESCO (IHP), ter z uradnim sprejetjem v ustrezno organizacijo IHP leta 1992, se je hidrološka služba začela vse bolj vključevati v tekoče mednarodne programe. Večina programov je osredotočenih v izvajanje sklepov AGENDA 21 (Rio de Janeiro) in mednarodne konference Voda in okolje (Dublin). Služba je aktivno vključena tudi v Mednarodno združenje za sledilno hidrologijo (ATH), katerega dosežki so za hidrologijo glede na razreševanje preoblematike površinskih in podzemnih voda vsestransko pomembni. Konec septembra 1992 leta je bil Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije sprejet v Svetovno meteorološko organizacijo (WMO), kjer ima svojega zastopnika v komisiji za hidrologijo (CHY).

Število postaj je od leta 1947 glede na še skromne hidrološke podatke in naraščajoče potrebe od leta do leta hitro naraščalo, meritve pa so postajale vse bolj sistematične. Največ postaj je delovalo v šestdesetih in v prvi polovici sedemdesetih let. Pozneje, ko so bile opravljene najnujnejše hidrološke raziskave za potrebe elektrogospodarstva in vodnega gospodarstva, je bilo veliko postaj ukinjenih. Preostale so postajale sodobno opremljene in avtomatizirane. Avtomatske postaje so izjemnega pomena, saj omogočajo zbiranje podatkov, ki jih je možno neposredno meriti in jih v realnem času prenašati v center Hidrometeorološkega zavoda republike Slovenije in s tem ugotavljati nenadne spremembe ter pravočasno obveščati in opozarjati na izredne hidrološke situacije (1).

Po ohranjenih zapisih je leta 1940 delovalo na ozemlju Slovenije 113 vodomernih postaj in 13 limnigrafskih. Njihov razvoj od leta 1947 kaže *slika 2*.



Slika 2: Število in opremljenost vodomernih postaj HMZ od leta 1947 do leta 1997  
 Figure 2: Number of gauging stations and their equipment from 1947 to 1997

V letu 1997 je delovalo 163 vodomernih postaj, od tega sta bili dve postaji na jezerih (Blejsko in Bohinjsko jezero), ena pa na morju (Koperski zaliv), kar pomeni v povprečju ena postaja na 124 km<sup>2</sup> ozemlja Slovenije. Po mednarodnih standardih imamo zadovoljivo mrežo hidroloških postaj (po priporočilih WMO ena postaja na 100-250 km<sup>2</sup>). Od postaj je 52 ali 27,3 % vodomernih, 124 ali 65,3 % limnigrafskih in 14 ali 7,4 % avtomatskih. Seznam delujočih in ukinjenih postaj z lokacijo, koordinatami, oddaljenostjo od izliva, odnosno državne meje, velikostjo vodozbirnega zaledja in "O" koto vodomera (v m.n.m.) je prikazan v preglednici 1. V koloni opazovanja sta navedeni leti ustanovitve in ukinitve postaje. Ker za posamezno leto prikazanega obdobja v več primerih ne obstajajo podatki o vodostajih in pretokih, število let delovanja postaje ni vedno navedeno. Za delujoče postaje pa je ta podatek vpisan. Nameščanje postaj je glede na gostoto in pomembnost rečne mreže neenakomerno razporejeno. Redkejšje je v južni, kraški in vzhodni Sloveniji (slika 3).

## HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE

### PRETOKI

V preglednici 2 so zajeti podatki o povprečnih mesečnih in ekstremnih pretokih 30-letnega obdobja (1961-1990). Podatki so zbrani za 67 vodomernih postaj na osnovi tridesetletnih neposrednih opazovanj in merenj, razen postaje Strmec-Hudinja, katere niz zajema 29 let. V preglednici niso zajete vodomerne postaje na Dravi, ker so bile te z izgradnjo hidroenergetskih objektov in s tem nastalega motenja naravnih odtočnih razmer (zaježitve z umetnim vodnim režimom) postopoma ukinjene (Mariborski otok, Ptuj, Ormož).

Izdatnejše padavine običajno povzročajo visoke vode, njihove količine so močno odvisne od lege in razgibanosti površja Slovenije. Nizke vode nastopijo po daljšem sušnem obdobju in predstavljajo le še izcejene količine podzemnih voda, akumuliranih v vodonosnih plasteh.

Nihanja med nizkimi, srednjimi in visokimi vodami so velika in značilna za večino naših vodotokov, kar jim poudarja hudourniške poteze. Le pri kraških vodotokih, kjer so vode zadrževane, so ta nihanja manjša. Za ponazoritev navajamo nekaj ekstremnih razmerij pretokov, zabeleženih v 30-letnem obdobju. Na vodomerni postaji Zamušani na Pesnici je to razmerje 1:26:714, Videm na Dravinji 1:19:462, Laško na Savinji 1:10:335, Suha na Sori 1:10:324, Radovljica na Savi 1:9:168, Solkan na Soči 1:17:382. Na kraški Ljubljani so bila zabeležena na vodomerni postaji Moste pretočna razmerja 1:14:99, v Podbočju na Krki 1:12:80 in na postaji Vipava v Vipavi 1:9:96.

## **REČNI REŽIMI**

Pod rečnim režimom razumemo kolebanje vodnega stanja med letom, kar je v poglavitni meri odraz časovne razporeditve padavin, izhlapevanja, zadrževanja podzemnih voda in podobnega. Višek vodnega stanja ali pretoka se zato ne ravna povsod in popolnoma po višku padavin. Določitev rečnih režimov je opravljena na osnovi analize srednje mesečnih modulov odtoka tridesetletnega obdobja (1961-1990) in deloma upoštevanja stopnje povezanosti z evklidovimi razdaljami med posameznimi vodomernimi postajami (2). Vrednosti mesečnih modulov za določeno vodomerno postajo so prikazane v preglednici 3.

V Sloveniji se srečamo s štirimi osnovnimi tipi rečnih režimov:

**A - snežni (nivalni) režim**

**B - snežno-dežni (nivo-pluvialni) režim**

**C - dežno-snežni (pluvio-nivalni) režim**

**D - dežni (pluvialni) režim**

Podrobna preučitev režimov nam pokaže, da imajo vse naše večje reke značaj kombiniranega režima, s prehodom iz enega režima v drugi. Pogosti pa so primeri, ko se pri določenem osnovnem tipu režima pokažejo odstopanja, glede na razlike med največjimi in najmanjšimi vodnimi stanji, ter njihovim časovnim nastopom oziroma zamikom. Raznolikost klimatskih dejavnikov Slovenije, ki se odraža v prehodnosti iz visokogorskega in mediteranskega v umerjeno kontinentalno območje, ter razporeditvi padavin, ustvarja veliko zapletenost in raznolikost med posameznimi vodotoki. Za čim večjo preglednost so določene variante prikazane le pri dežno-snežnem režimu, ki so hkrati tudi najbolj očitne.

### **A - SNEŽNI REŽIM**

Snežni režim imata reka Mura in Drava. Zanj sta značilna po en maksimum in minimum. Minimum nastopi v času zimskih nizkih voda (januar, februar) in je predvsem posledica snežnega zadržka (retinence). Ta je povezan z zaledjem visokih gora, kjer se zimske padavine nabirajo in obležijo kot sneg do pomladi. Nižek padavin sočasno sovпада z minimalno evapotranspiracijo. Nadpovprečne vode nastopijo aprila in dosežejo maksimum v pozni pomladi (maj) ter ostajajo take vse do julija, ko se na večini slovenskih rek že kažejo problemi poletnega sušnega obdobja.

### **B - SNEŽNO -DEŽNI REŽIM**

Snežno dežni režim imajo vodotoki visokogorskega sveta Slovenije in njihovega neposrednega predgorja (Julijske Alpe, Karavanke, Kobansko, Pohorje). Pri daljših vodotokih, ki imajo pomemben delež zaledja v visokogorju, se poteze snežno dežnega režima poznajo še daleč po toku navzdol. Na Savi do sotočja Ljubljani, na Soči do sotočja Idrije in na Savinji do Nazarij. Pri dinamiki razporeditve odtoka sta značilna dva viška in dva nižka. Primarni višek nastopi v pozni pomladi, praviloma maja ali celo junija. Novembrski sekundarni porast ga kljub poudarjenosti ne doseže. Primarni nižek je pozimi in traja od decembra do marca z nizkom januarja ali februarja ter je nižji od poletne nizke vode.

## C - DEŽNO SNEŽNI REŽIM

Osnovne poteze dežno-snežnega režima so v primarnem višku, ki običajno nastopi aprila, lahko pa v marcu ali celo v maju. Sekundarni višek je vedno v novembru, ki mu sledi december. Primarni nižek nastopi poleti, običajno avgusta, redkeje septembra. Sekundarni nižek je pozimi, ne traja dolgo in je večji od poletnega.

Pri dežno-snežnem režimu prihajata do izraza dve varianti:

**C1 - k o n t i n e n t a l n a**, za katero je značilno, da je sekundarni višek manj izrazit, a se doba najnižje poletne

vode zavleče v september.

**C2 - m e d i t e r a n s k a**, kjer se običajno jesenski dežni maksimum združi z marčno-aprilskim ali se mu povsem približa ali pa ga celo malenkostno preseže.

Iz *slike 4* je razvidno, da imajo dežno snežni režim z obema variantama vodotoki predalpskega hribovja, dinarsko-kraškega sveta in subpanonskega dela Slovenije. Njemu se v spodnjem toku približa celo Soča, kot sicer izrazito alpska reka, očitno zaradi vpliva njenih pritokov, predvsem Idrijce.

## D - DEŽNI REŽIM

V skupino vodotokov z dežnim režimom uvrščamo le vodotoke v Primorju, kot so Dragonja, Rižana, Reka in Pivka, pri kateri pa se že kažejo odtenki dežno snežnega režima z mediteranskim poudarkom. Značilnost dežnega režima je, da nastopijo visoke vode od novembra do aprila, z viškom v novembru, ter nizke od maja do vključno septembra z izrazitim nižkom v juliju oziroma avgustu. Meseci januar-april so znatno nad srednjo vodo.

## SPECIFIČNI ODTOKI

Specifični odtok nam pove, koliko vode odteče v sekundi z 1 km<sup>2</sup> površine. Pri normalnem odtoku je specifični odtok največji v zgornjem toku, od tod po toku navzdol pa postopoma upada, torej obratno od pretoka, ki narašča.

V *preglednici 4* so specifični odtoki prikazani za posamezne vodomerne postaje in za vmesna območja, ki so omejena z elementi porečja ali vodomernimi postajami, in to na osnovi izmerjenega povprečnega pretoka obdobja (Hq) in na osnovi izračunanih pretokov, dobljenih z vodno bilanco (Kq). Kartografsko so prikazani na *sliki 5* in *6*.

Prikaz specifičnih odtokov, dobljeni na osnovi izračunanih pretokov iz vodne bilance (Kq) na *sliki 5*, kaže na prostorsko opredelitev brez vidnejših vmesnih odstopanj, od najvišjih na zahodu Slovenije (Alpsko območje) do najnižjih v Prekmurju.

S prikaza specifičnih odtokov, dobljenih na osnovi izmerjenih pretokov na *sliki 6*, pa je razvidno, da so tudi tu povprečni specifični odtoki obdobja (1961-1990) najmanjši v Pomurju, med 4 in 9 l/s/km<sup>2</sup>.

V Podravju prevladujejo specifični odtoki od 10 do 25 l/s/km<sup>2</sup>. Močan padec odtoka je viden za ravninski, pogosto poplavljeni del dravinjske doline med Ločami, Dražjo vasjo na Oplotnici in Ločami (števil. območja 2/11), kjer pade odtok od 22,2 l/s/km<sup>2</sup> (vodomerna postaja Žreče) na 6,3 l/s/km<sup>2</sup>. Pod Ločami se ponovno poveča na slabih 16 l/s/km<sup>2</sup>.

Za Posavje je značilno, da ima največje povprečne specifične odtoke od 41-55 l/s/km<sup>2</sup> območje Julijskih Alp, Karavank in Kamniških Alp. Za postajo Sv. Janez na Savi Bohinjki znaša celo 88,7 l/s/km<sup>2</sup>. Bistrica v Bohinjski Bistrici s specifičnim odtokom 236,7 l/s/km<sup>2</sup> kaže na nepravilno določeno velikost prispevnega območja. Na nepravilnost kaže tudi specifični odtok za ravninski del Save med Radovljico, Bodeščem na Savi Bohinjki in Blejskim mostom na Savi Dolinki, površine 35,4 km<sup>2</sup>. Izračun pokaže celo negativno

vrednost  $-71,8 \text{ l/s/km}^2$ . Pojav zahteva podrobno hidrološko preučitev površinskega in podpovršinskega odtoka.

Od Radovljice navzdol specifični odtok po vodomernih postajah postopoma upada vse do  $28,5 \text{ l/s/km}^2$  v Čatežu. Odstopanje od sicer pričakovanega poteka, se pokaže le za vmesno območje (3/12) med Litijo in Radečami ter Laškim na Savinji, Vodiškim na Gračnici in Zagorjem na Mediji. Specifični odtok za to območje pade pod  $10 \text{ l/s/km}^2$ , medtem ko ga imajo sosednja območja v razponu med  $11-25 \text{ l/s/km}^2$ .

Na območju Krke prevladujejo specifični odtoki med  $26-40 \text{ l/s/km}^2$ , kar je značilno tudi za pretežni del območja krasa, torej Pokolpja in zgornjega toka Ljubljanice.

Na območju zgornjega Posočja imajo specifični odtoki vrednosti nad  $70 \text{ l/s/km}^2$ , v osrednjem delu upadejo na  $41-55 \text{ l/s/km}^2$ , kar velja tudi za Vipavo v Vipavi ( $54,1 \text{ l/s/km}^2$ ). V Dorenberku se specifični odtok Vipave zniža na  $32,2 \text{ l/s/km}^2$  in v Mirnu na  $31,2 \text{ l/s/km}^2$ . Najnižjo srednjo vrednost odtoka  $23,5 \text{ l/s/km}^2$  kaže ravninsko območje med Vipavo, Ajdovščino (Hubelj), Dorenberkom in Branikom na Branici.

Reka v Cerkvenikovem mlinu, Rižana v Kubeđu in Dragonja v Podkaštelu imajo v enakem zaporedju specifične odtoke  $24,9 \text{ l/s/km}^2$ ,  $21 \text{ l/s/km}^2$  in  $11,5 \text{ l/s/km}^2$ .

Razlike med ekstremnimi najnižjimi in najvišjimi specifičnimi otoki so velike, na kar vpliva vrsta dejavnikov, predvsem pa količina in intenzitete padavin ter geološka sestava. V obravnavanem 30-letnem obdobju so na območju Julijskih Alp, Karavank in Kamniških Alp ekstremi dosegli vrednost od  $1500$  do  $2000 \text{ l/s/km}^2$ . Na Koritnici, pritoku Soče celo prek  $3600 \text{ l/s/km}^2$  (postaja-Kal). Ekstremni odtok prek  $2000 \text{ l/s/km}^2$  beležimo še na Dreti v Krašah ( $2346 \text{ l/s/km}^2$ ).

Na srednjem in spodnjem toku Save so bili zabeleženi maksimalni specifični odtoki od  $600 \text{ l/s/km}^2$  v Šentjakobu do dobrih  $300 \text{ l/s/km}^2$  v Čatežu. Nad  $300 \text{ l/s/km}^2$  so bili zabeleženi odtoki tudi na vodotokih severovzhodne Slovenije, kot so Ledava (Polana  $387 \text{ l/s/km}^2$ ), Pesnica (Zamušani  $314 \text{ l/s/km}^2$ ), Dravinja (Videm  $381 \text{ l/s/km}^2$ ).

Ob ekstremno visoki vodi, novembra 1990 je Savinja v Nazarjih imela specifični odtok  $1389 \text{ l/s/km}^2$ , v Laškem  $845 \text{ l/s/km}^2$ . Ekstremi so bili tedaj zabeleženi tudi na pritokih Savinje, in to Voglajni v Celju  $1019 \text{ l/s/km}^2$  in na Bolski  $1073 \text{ l/s/km}^2$ . Na Paki v Šoštanju je bil zabeležen 24.10.1964 leta maksimum  $1044 \text{ l/s/km}^2$ .

Primer, kaj pomenijo za specifični odtok močna neurja, katerih intenziteta padavin dosega ali presega  $100$  litrov na  $\text{km}^2$ , je neurje, ki se je razbesnelo v noči med 4. in 5. junijem leta 1954 nad območjem Hudinje. Dobra polovica 24-urnih padavin je padla 4. junija med 19. in 21. uro. V omenjenem času je na padavinski postaji Medlog pri Celju padlo  $75$  od skupnih  $103 \text{ mm}$  padavin. V istem času je padlo v Dobrni okrog  $80 \text{ mm}$  od skupnih  $150 \text{ mm}$ , izmerjenih 5. junija ob 7. uri zjutraj. Ob tem neurju je maksimalni specifični odtok Hudinje dosegel v Škofji vasi katastrofalnih  $3150 \text{ l/s/km}^2$ .

Pri kraških vodotokih so visoke vode zaradi kraške retinence in omejene kapacitete izvirov, najnižje. Na Krki v Podbočju je bil maksimum zabeležen s  $165 \text{ l/s/km}^2$ , na Prečni v Prečni samo z  $92 \text{ l/s/km}^2$  in na Ljubljanici v Mostah z  $230 \text{ l/s/km}^2$ . Nekoliko večji maksimalni odtoki so bili zabeleženi na Vipavi v Vipavi ( $642 \text{ l/s/km}^2$ ), Rižani v Kubeđu ( $445 \text{ l/s/km}^2$ ), Kolpi v Radencih ( $801 \text{ l/s/km}^2$ ) in na Lahinji v Gradacu ( $456 \text{ l/s/km}^2$ ).

Podatki o minimalnih specifičnih odtokih kažejo, da so ti značilni za severovzhodno in vzhodno Slovenijo, kjer se gibljejo med  $0,1 \text{ l/s/km}^2$  (postaja Polana na Ledavi) in  $1 \text{ l/s/km}^2$  (postaja Videm na Dravinji). Na Muri v Gornji Radgoni je bil zabeležen minimalni specifični odtok v tem obdobju  $4,4 \text{ l/s/km}^2$ , na Savi v Čatežu  $5 \text{ l/s/km}^2$ . Minimalni odtoki kažejo največje vrednosti na območju zgornje Soče, kjer dosežejo dobrih  $10 \text{ l/s/km}^2$ . Visoke minimalne vrednosti od  $5$  do  $10 \text{ l/s/km}^2$  imajo tudi pritoki Soče (Vipava  $6,7 \text{ l/s/km}^2$ , Tolminka  $6 \text{ l/s/km}^2$ , Idrijca  $7,7 \text{ l/s/km}^2$ ) in večina vodotokov osrednje Slovenije. Minimalni specifični odtoki so zelo pomembni, predvsem za načrtovanje porabe vode. Za Slovenijo so ti ugodni, kar je



njena velika prednost pred deželami, kjer je voda že omejevalni faktor gospodarskega razvoja in vodooskrbe.

## **ODTOČNOST REK**

Odtočnost prikazuje odtočni količnik, ki predstavlja razmerje med padavinami in odteklo vodo. Navadno ga navajamo v odstotku od povprečne količine padavin.

Odtočni količnik je podobno kot specifični odtok izračunan za vodomerne postaje in njim pripadajoča vodozbirna zaledja ter za vmesna območja, ki so omejena z elementi porečja. Tudi tu je pravilnost odtočnega količnika odvisna predvsem od lastnosti povodja, pravilne omejitve vodozbirnega zaledja (najtežje na krasu) in določitve padavin, kar je znatno težje od izmere odtoka v merskem profilu. Na napako nas opozori količnik, če se ta približa 100 % ali če močno odstopa od količnika sosednjega območja.

*Slika 7* prikazuje odtočne količnike, dobljene na osnovi podatkov posameznih členov vodne bilance, torej padavin, izhlapevanja in odtokov. Vrednosti količnikov po posameznih prerezih so prikazane v *preglednici 5* v stolpcu KK, medtem ko nam *slika 8* in *preglednica 5* pod stolpcem KH, prikazuje odtočne količnike, dobljene na osnovi padavin in dejansko izmerjenih pretokov.

**Pomurje**, kjer je malo padavin in velika evopotranspiracija, ima v Sloveniji najmanjši odtočni količnik. V povprečju odteče le 25 % padavin. Največji odtočni količnik za to območje je 31 % (Ščavnica v merskem profilu Pristava).

Na področju **Podravja** se povprečni količnik dvigne na 47 %. Z območja Slovenskih goric odteče 30-45 % (Pesnica v Zamušanih 36 %) padavin. Osrednje Pohorje in Kobansko izkazujeta odtočni količnik nad 50 %, povirno območje Mislinje in Meže pa celo nad 60 % (Mislinja v Dovžah 62 %, Meža v Črni 65 %).

**Posavje** ima povprečni odtočni količnik 59 %, kolikor znaša za celotno Slovenijo. V vzhodnem Posavju prevladuje odtočni količnik med 30-45 %, medtem ko ima osrednje Posavje odtočni količnik med 45-60 %. Odtočnost v zahodnem alpskem in predalpskem hribovju, ki zajema del Julskih Alp, Karavanke, Kamniško-Savinjske Alpe, Škofjeloško-Cerkljansko hribovje, se giblje med 60-75 %. Omenjena vrednost je presežena le na območju Mostnice (Stara Fužina 80,5 %) in Save Bohinjke v Bohinju (vodomerna postaja Sv. Janez s 86 %) ter Bistrice v Bohinjski Bistrici, pri kateri gre za ekstremno vrednost 254 %. V vseh primerih gre za vprašljivost razmejitve vodozbirnega zaledja. Odtočnost 60-75 % je značilna tudi za porečje kraške Ljubljane.

**Pokolpje** ima povprečni odtočni količnik 58 %. Kolpa nad merskim profilom Radenci ima odtočnost med 60-75% (Radenci 67 %, Petrinja 74 %), pod Radenci vključno s pritokom Lahinje pa 52 %.

Iz **Posočja** odteče v povprečju največ padavin, in to 73 %. V zgornjem Posočju se odtočni količnik med posameznimi vodotoki in elementi vodozbirnih zaledij giblje med 75-85 %. V spodnjem Posočju, z osrednjim delom porečja Idrijce in zaledjem izvirov Vipave, upade količnik na 60-75 %. Zgornji tok Idrijce in območje Trebušice imata odtočnost podobno zgornji Soči (Podroteja na Idrijci 76 %, Dolnja Trebuša na Trebuši 77 %). Območje Vipave od Vipave do Mirna ima odtočni količnik med 45-60 %.

Preostali del **Jadranskega povodja** ima povprečno odtočnost 56 %. Odtočnost reke Reke v Cerkvnikovem mlinu je 64 %, Rižane v Kubedu 58 %. Najnižjo odtočnost ima reka Dragonja v Podkaštelu 38 %.

Karta odtočnih količnikov, izdelana na osnovi padavin in dejansko izmerjenih pretokov (*slika 8*), kaže na določena odstopanja v primerjavi s karto, izdelano na osnovi izračunanih odtokov (*slika 7*). Območja, kjer so odstopanja količnikov večja od 10 %, so prikazana na *sliki 9* v ustrezni barvi, glede na način določitve odtočnega količnika.

Do največjih odstopanj pride na območjih prodnatih zasipov Murskega in Dravsko-Ptujskega polja, Savinjske doline, Kranjsko-Vodiškega polja ter območja Radovljice in Save Dolinke. Nadalje na območju Posočja, od Kobarida do Solkana, Banjško-Trnovske planote ter območja Cerknishčice in zgornjega toka Borovnišhčice, na delu Kočevskega Roga, območja Krke med Gornjo Gomilo in Podbočjem ter na območju Reke in Rižane. Vzrokov za omenjena odstopanja je vsekakor več, vendar je poglavitni v nezadostnem poznavanju odtočnih razmer, vezanih predvsem na podzemno pretakanje voda. Le podrobnejše preuaitve posameznih primerov nam lahko odpravijo obstojeha odstopanja ali pa dajo odgovor, da jih zaradi zapletenih hidroloških dogajanj na naain, ki je bil uporabljen, ni možno odpraviti. Do neke mere bi obstojeha odstopanja lahko sicer že sedaj odpravili, z združevanjem posameznih manjših porecij in vmesnih delov oziroma elementov porecij v večje enote. Tega se zavestno nismo lotili, ker smo prav s primerjavo obeh naainov izrauna tako odtočnega koliinika kot specifičnega odtoka želeli opozoriti na prikazana neskladja in s tem na problem, ki ga bo potrebno, kot že omenjeno, podrobneje preuaiti.

## VODNA BILANCA

### Enaiba vodne bilance

Vodna bilanca je vezana na krogotok vode v naravi in nam pove, da je koliina padavin (P) enaka vsoti koliine odtekle (Q) in izhlapele vode (I), kakor tudi spremembe koliine vodne zaloge (N) in biološke ter industrijske porabe (R). To lahko zapišemo v obliki enaibe vodne bilance

$$P = Q + I + N + R$$

Odvzem vode je v primerjavi z velikostjo napak pri merjenju padavin majhen in ga zato neposredno ne upoštevamo. Prav tako privzamemo, da je sprememba vodnih zalog zanemarljiva, ko gre za povpreaja daljšega, v našem primeru 30 letnega obdobja. Enaiba vodne bilance je tako lahko skrčena le na tri ele

$$P = Q + I$$

kar pomeni, da je koliina padavin v daljšem obdobju na doloienem obmoaju enaka vsoti odtokov in izhlapevanja. Za vrednotenje enaibe vodne bilance je potrebno poznati natanainost, s katero so doloieni posamezni ele

### PADAVINE

Po priporoailu WMO smo za izdelavo vodne bilance vzeli 30 letno obdobje. Padavine na veliko merskih mestih niso bile merjene v celotnem obdobju in je bilo zato potrebno vrednosti dopolniti na 30 letni niz. Pri daljšem opazovanem obdobju, kjer manjka samo nekaj let, je korelacija podatkov zelo uspešna z majhnimi napakami; pri merskih mestih, kjer so opazovali samo eno ali le nekaj let, pa so napake lahko zelo velike. Napake se pojavljajo tudi zaradi nehomogenosti opazovanih podatkov, ko so v obravnavanem obdobju opazovalno mesto prestavili in je s tem lahko prišlo do popolnoma drugaainih opazovalnih pogojev. Pri uporabi takšnih podatkov je potrebno biti zelo previden, kajti te vrednosti lahko povzroaijo veliko veaje napake, kot e jih ne bi bilo (*preglednica 6*).

S totalizatorji merimo padavine enkrat na leto v gorskem svetu v nenaseljenih obmoajih. Ti podatki imajo zaradi razliainih pomanjkljivosti le zelo omejene vrednosti, kajti meritve padavin s totalizatorji pokažejo premajhne koliine in jih zato uporabljamo le za medsebojno primerjavo pri izdelavi padavinske karte.

Padavine merimo v Sloveniji s Hellmannovim ombrometrom, ki pokaže ob vetrovnem vremenu premalo padavin. Poskusi so pokazali, da pri sneženju ob vetru nad 5 m/s, pri nizkih temperaturah izmeri le 22 % in pri deaju 87 % dejanskih padavin (3).

V Sloveniji nismo izvajali eksperimenta merjenja padavin glede na vpliv vetra in smo zato privzeli primerjalne rezultate WMO (WMO Intercomparison Results). Za merska mesta, kjer poleg padavin

opazujejo tudi veter, smo jakost vetra, ki se ocenjuje za višino 11 m, za vsak padavinski dan reducirali na višino ombrometra in nato z ustreznim količnikom (3) izračunali predvideno količino padavin. Vsa merska mesta, kjer merijo padavine, smo glede na lego ombrometra in neposrednih ovir razvrstili v različne razrede. Za merska mesta, kjer opazujejo tudi veter, smo za vsak razred določili letne količnike za korekcijo padavin in smo s temi količniki nato, glede na razvrstitev v posamezne razrede, popravili količino padavin tudi na merskih mestih, kjer ni opazovanj vetra. Pri izdelavi vodne bilance na osnovi teh korigiranih padavinskih podatkov se je pokazalo, da predvsem v gorskem svetu odteče premalo vode glede na količino padavin. Do podobnih rezultatov smo prišli tudi na meteorološki postaji Kredarica, kjer smo primerjali korigirane padavine v hladnem obdobju leta z vsakoletno vodno zalogo v snežni odeji, ki jo merijo pod triglavskim ledenikom. Potrebno je bilo poiskati vzrok, zakaj so korekcijski faktorji pri močnih padavinah preveliki. Na to vprašanje smo poskusili odgovoriti s primerjavo jakosti padavin v Julijskih Alpah in jakostjo padavin v pogorju Taunus, kjer so izvedli primerjalne meritve.

Ker so v pretežnem delu Slovenije padavine močnejše kot v krajih, kjer so opravili poskuse, predpostavljamo, da so pri močnih padavinah tudi deževne kaplje in snežinke v povprečju nekoliko večje oziroma težje, kar ima za posledico zmanjšanje vpliva vetra na merjenje padavin. Zaradi tega smo do 1000 mm (velikostni red padavin v Taunusu) povprečnih letnih padavin ohranili privzete količnike, pri letnih količinah med 1000 in 1500 mm smo količnike zmanjšali za 20 % in pri letnih količinah nad 1500 mm za 35 %. Te korekcije količnikov smo uskladili tudi z rezultati meritev vsebnosti vode v snežni odeji na Podih pod triglavskim ledenikom.

Poleg padavin zaradi učinka vetra smo upoštevali tudi korekcije padavin zaradi omočenosti ombrometra. Vedno, ko izpraznimo vodo iz ombrometra v mersko menzuro, ostane na dnu in na stenah ombrometra nekaj vode. Glede na laboratorijska testiranja smo upoštevali za padavinske dni s količino nad 1 mm padavin korekcijo 0,3 mm za deževne dni in 0,15 mm za dan s sneženjem.

Za izdelavo padavinskih kart smo uporabljali popravljene padavinske podatke, nismo pa strogo upoštevali vertikalnih padavinskih gradientov, temveč smo večkrat razporedbo ocenili subjektivno, odvisno od konfiguracije terena in padavinskih podatkov (*slika 10*). Pokazalo se je, da dobijo nekatera nižje ležeča mesta več padavin kot višje ležeča (Plužna, Soča, Predel dobijo več padavin kot Kredarica). Količina padavin je odvisna od smeri dolin oziroma gorskih grebenov. Upoštevali smo določena pravila, ki so utemeljena s fizikalno razlago. Ozke doline, ki ležijo skoraj pravokotno na smer jugozahodnih vetrov, imajo veliko padavin in jih imajo znatno več kot doline, ki so v smeri jugozahodnih vetrov, še posebno, če so za gorskimi grebeni. Na privetni strani gora pade več padavin, kot na zavetrni strani. Deloma je to že upoštevano pri vetrovni korekciji padavinskih podatkov, ni pa upoštevana vertikalna komponenta vetra, ki je lahko kar velika, a nimamo konkretnih podatkov. Takšni merski točki sta na primer Nanos in Krvavec, ki kažeta odločno premalo padavin, tudi če upoštevamo korekcijo na horizontalno komponento vetra.

Tako pri padavinah kakor tudi pri odtokih lahko nastanejo kar znatne napake. Pri padavinah v gorskem svetu moramo upoštevati napake do  $\pm 20$  % (4) in v ravninskem svetu  $\pm 10$  %. Po mnenju švicarskih strokovnjakov so v alpskem svetu napake pri meritvah pretokov s pomočjo hidrometričnega krila  $\pm 4$  % in pri visokih vodah, ko uporabljamo plavač  $\pm 10$  %. V predalpskem svetu so napake pri merjenju pretokov s pomočjo krila  $\pm 2$  do 3 %, s plavačem  $\pm 4$  % in brez plavača  $\pm 10$  %. Natančnost ploskovnega odtoka je za površino na 5000 km<sup>2</sup>  $\pm 5$  %, za območje okoli 1000 km<sup>2</sup>  $\pm 10$  % in za območje okoli 100 km<sup>2</sup>  $\pm 20$  % (4). Če vzamemo najslabšo možnost, ko se napake seštevajo, in vzamemo, da je velikostni red padavin 3000 mm in odtokov 2500 mm, upoštevamo ekstremne vrednosti napak in dobimo napake, ki so znatno večje od izračunanega izhlapevanja. Primeri, da se napake seštevajo, še posebno pri 30-letnem obdobju, so izredno redki, a nam pokažejo, do kakšne mere moramo člene enačbe vodne bilance medsebojno uskladiti. Iz natančnosti meritev padavin in vodnih pretokov sklepamo, da zaradi primerljivosti podatkov, velika natančnost določanja izhlapevanja ni potrebna.

## ***IZHLAPEVANJE***

Pod izrazom izhlapevanje smo vključili izhlapevanje iz odprtih površin in oddajanje vode v zrak zaradi transpiracije rastlin (evapotranspiracija). Neposrednih meritev v Sloveniji skoraj nimamo, kar jih je, pa veljajo le za izhlapevanje iz vodne površine pod posebnimi pogoji (posoda A) ali za posamezno rastlinsko vrsto, predvsem travinje. Meritev ni za gozdne površine, kar bi bilo za izračunavanje vodne bilance zelo koristno. Zaradi nereprezentativnih podatkov za večje površine, smo se odločili za računanje potencialne evapotranspiracije (ETP) z empirično formulo po Penmannu glede na dnevne vrednosti štirih vremenskih parametrov: temperature zraka, relativne zračne vlage, vetra in osončenja (5). Te vrednosti so izračunane za posamezna merska mesta, vendar veljajo tako kot meteorološki parametri le za manjše območje, kajti jakost vetra, sončno sevanje in tudi relativna vlažnost zraka so močno odvisni od lokalnih razmer. Ta način je razmeroma dobro uporaben v ravninskem svetu, v hribovitem ali celo gorskem svetu pa različne orografske prepreke močno otežujejo določanje izhlapevanja iz dejanske površine. Detajlne analize izhlapevanja so v gorskem svetu praktično izvedljive le na zelo omejenem območju, izkustva pri takšnih eksperimentih pa je možno posredno uporabiti pri analizi izhlapevanja za večja območja.

V našem primeru rabimo podatke o izhlapevanju za izdelavo karte izhlapevanja in moramo zato vrednosti posplošiti na celotno območje Slovenije. To karto rabimo za ugotavljanje oziroma preverjanje odtokov iz površinske enote ali povodij. Z vrednostmi odtokov in izhlapevanja ocenjujemo oziroma preverjamo količino padavin v območjih, kjer nimamo zadosti padavinskih podatkov. V območjih, kjer zaradi kraškega sveta ne poznamo razvodnic, določamo odtoke iz vrednosti padavin in izhlapevanja. Na območjih, kjer poznamo razvodnice in imamo zanesljive podatke o padavinah in pretokih, kakor tudi podatke o izhlapevanju, morajo biti vsi trije členi med seboj usklajeni in odstopanja ne smejo biti večja, kot so možne napake pri meritvah.

Izdelava karte izhlapevanja je problematična tudi zato, ker v gorah ni meteoroloških postaj, ki bi merile vse elemente, potrebne za izračunavanje izhlapevanja, pa tudi vrednosti jakosti vetra in osončenja so od kraja do kraja zelo različne. Predpostavili smo, da je v gorah za izhlapevanje vedno zadosti potrebne vlage v tleh (v topli polovici leta, ko je izhlapevanje največje je veliko padavinskih dni in pade znatno več padavin, kot jih izhlapi) in je zato izhlapevanje odvisno le od meteoroloških parametrov in je enako potencialni evapotranspiraciji. Temu vedno ni tako. Na goli apnenčasti površini voda sproti pronica v globino, ne glede na količino padavin. V zelo kratkem času je lahko površina suha, torej ni več zadosti vlage v tleh, da bi lahko govorili o izenačitvi potencialnega in dejanskega izhlapevanja. Torej je izhlapevanje manjše, kot nam pokažejo izračuni. Kolikšna je razlika, je možno samo v grobem oceniti glede sestave tal in z ozirom na meteorološke razmere. Pri izračunu smo upoštevali odvisnost izhlapevanja od nadmorske višine po porečjih. Upoštevali smo še južna in severna pobočja gorskih masivov, v večje podrobnosti pa se zaradi nenatančnosti drugih dveh parametrov nismo spuščali.

### **Izdelava karte izhlapevanja**

Kot osnovo za izdelavo karte izhlapevanja (*slika 11*) smo vzeli izračunane vrednosti potencialne evapotranspiracije (ETP). Z naslednimi korekcijami smo se približali dejanski evapotranspiraciji (ET).

V Primorju in na Krasu (pretežni del Primorske), kjer predvsem v poletnih mesecih primanjkuje talne vlage, smo ETP zmanjšali za 10 do 15 %, v ravninskem svetu v notranjosti Slovenije smo ETP zmanjšali za 5 %, v hribovitem svetu v poletnem času ni daljših sušnih obdobj, vrednosti nismo korigirali. V gorskem svetu nad gozdno mejo (ca 1500 m) smo upoštevali, da se zaradi zmanjševanja rastlinstva dejanska ET z višino hitreje zmanjšuje od ETP. To večje zmanjševanje ET zaradi višine smo upoštevali do 2200 m, kjer doseže zmanjšanje 40 %, nato pa z naraščajočo višino poteka krivulja ET vzporedno s krivuljo ETP.

Poleg omenjene korekcije smo pri izdelavi karte izhlapevanja upoštevali še korekcijo zaradi projekcije reliefa na horizontalno površino, ki je manjša, kot ovojnica reliefa. Ta je pri Savi Dolinki do Jesenic manjša za 13,4 %, pri Radovni do Podhoma za 7,2 % in na povodju Save Bohinjke do Sv. Janeza za 7,9 %. Zaradi poenostavitve smo predpostavili, da v Sloveniji do višine 400 m prevladujeta ravninski in gričevnat svet in zato ne upoštevamo korekcij. Nad nadmorsko višino 400 m privzamemo, da se dejanska površina glede na

projecirano površino stalno povečuje in zato povečamo ETP na projecirani površini od 0 % na višini 400 m do 10 % na višini 1500 m. Od te višine navzgor je povečana površina dejanskega reliefa že vključena pri zmanjšanju ET zaradi zmanjšanja poraščenosti zemeljske površine ob istočasnem upoštevanju, da voda v neporaščeni apnenčasti površini hitro ponikne ali površinsko odteče.

To so primeri korekcij, ki smo jih upoštevali pri izdelavi karte izhlapevanja, ostaja pa še precej posplošitev za izedlavo ploskovnega prikaza izhlapevanja, kakršnega uporabljamo pri izdelavi vodne bilance. V našem primeru namreč mora biti čim bolj ovrednoteno izhapevanje iz območja posameznega vodotoka ali dela vodotoka, za katerega imamo ovrednotene vodne pretoke. Ne spuščamo se v mikrorazmere, ki vplivajo na izhlapevanje na posamezni točki ali na zelo omejenem območju. Razlike med vrednostmi ETP v kotlinah in na prevetrenih legah povprečimo, pa čeprav so razlike kar velike. Na ožjih klimatskih območjih so te razlike na približno enakih nadmorskih višinah okoli 50 mm (Bilje-Novelo), na območju Slovenije pa so čez 100 mm (Celje -Vedrijan v Goriških Brdih 130 mm). V zadnjem primeru sta postaji na različnem klimatskem območju in je posplošitve potrebno izpeljati ločeno za vsako klimatsko območje.

## **PRETOKI**

Pri izdelavi vodne bilance Slovenije za obdobje 1961-1990 so upoštevani arhivski podatki o pretokih, določenih na osnovi rednih opazovanj in meritev. Sprva je bila v obdelavo vključena večina delujočih vodomernih postaj, vendar se je pokazalo, da nekaterih podatkov zaradi prevelike nezanesljivosti in nepopolnih letnih nizov ni možno upoštevati. V končno obdelavo je bilo vključenih 112 postaj.

Da bi dobili čimbolj pregledno sliko o kvaliteti razpoložljivih podatkov, je bila opravljena ocena glede na opremljenost postaje (in s tem zanesljivost opazovanj), število manjkajočih let v 30-letnem nizu ter izdelane korelacije s sosednjimi postajami. Celotni pregled stanja z oceno je prikazan v *preglednici 7*. Iz preglednice je razvidno, da so vrednosti koeficientov za dopolnitve manjkajočih let, z nekaj manjšimi izjemami, sprejemljive. Kjer je bila soodvisnost slabo izražena (koeficient pod 0,8) ali kjer so se pokazala večja odstopanja v pretokih, so bile opravljene dodatne korekcije glede na poznavanje umetnega ali naravnega dotoka, odvzema vode, pretočitve in podobnega. Tako je naprimer pri Rači v Podrečju pretok zmanjšan za dotok voda Kamniške Bistrice po kanalu Mlinščice v Viru ( $Q_s$  2,15 m<sup>3</sup>/s) nad vodomerno postajo. Na Ljubljani je namesto vodomerne postaje Vrhnika vključena vodomerna postaja Komin s seštevkom voda Bistre, Ljubije in Ljubljanice na Vrhniku ter pretoka Podlipščice in Zornice. Pri Soči in pritoku Koritnici je izmerjeni pretok zmanjšan za dotok voda iz rudnika Rajbelj na italijanski strani po umetnem kanalu Roja ( $Q_s$  0,34 m<sup>3</sup>/s). Srednji letni pretok Kokre v Kranju je povečan od 6.22 m<sup>3</sup>/s na 8.22 m<sup>3</sup>/s zaradi ugotovljenega pronicanja v prodni nanos med Predvorom in Britofom (6). Pretok Radovne je v merskem profilu Podhom povečan za 200 litrov, kolikor znaša povprečni odvzem za sanacijo Blejskega jezera.

Za vodomerno postajo Borl na Dravi so od leta 1979 dalje, to je od začetka delovanja HE Formin, podatki dobljeni kot seštevek pretoka po dovodnem kanalu za elektrarno in vodomerno postajo.

Pri izdelavi hidroloških študij, predvsem vodne bilance, je potrebno omenjena stanja oziroma ugotovitve nujno upoštevati, kajti določitev posameznih členov vodne bilance je vezana na velikost vodozbirnih območij ter dotokov in odtokov iz sosednjih porečij, ki lahko zaradi spremenjenih prispevnih območij povzročijo velike napake. Navedeni primeri, oziroma popravki so to potrdili, ker so se obstoječe razlike med padavinami in odtoki zmanjšale.

**V hidrološkem arhivu so vpisani dejanski, izmerjeni pretoki na vodomernih postajah, brez omenjenih odvzemov vode ali preusmeritev v drugo porečje.**

## **ODTOKI**

Karta odtokov (*slika 12*) je izdelana tako, da smo analizirane vrednosti izhlapevanja odšteli od analiziranih vrednosti padavin. Tako dobimo vrednosti odtokov v mm ali litrih/m<sup>2</sup>. Praktično izvedemo to operacijo z digitalizacijo padavinske karte in karte izhlapevanja in nato vrednosti na karti odštejemo. Ker so karte izdelane za 30 letno povprečje, smo s tem dobili karto odtokov in tako lahko v vsaki točki določimo povprečni odtok vode v mm. Odtok vode je določen, v najslabšem primeru, z enako natančnostjo, kot je vsota napak količine padavin in izhlapevanja. Običajno je napaka manjša, ker ni rečeno, da se napake seštevajo. Karta odtokov nam torej pove, koliko vode odteče v povprečju iz določene površinske enote, ne pove pa, kam ta voda odteče.

Če poznamo, ali vsaj predvidevamo, potek razvodnic, lahko polje odtokov planimetriramo in dobimo letni odtok iz določenega porečja. Te vrednosti je možno primerjati z izmerjenimi pretoki na posameznih merskih profilih.

Originalna padavinska karta Slovenije je izdelana v merilu 1:250000 z izohietami na vsakih 100 mm do 1600 mm padavin, od tod naprej pa na vsakih 200 mm. Za širše območje Triglavskega narodnega parka je bila padavinska karta izdelana v merilu 1:50000 in je bila pri digitalizaciji podatkov vključena v padavinsko karto Slovenije. Ta postopek smo opravili zaradi detajlnejše analize v zelo razgibanem gorskem svetu, kjer so tudi v krajih z obilnimi padavinami izohiete izrisane na vsakih 200 mm. Na karti, kjer so zelo majhni horizontalni padavinski gradienti smo dopolnili izohiete na 50 mm padavin. Tudi na karti izhlapevanja so do 600 mm izhlapele vode izvlečene izolinije na vsakih 100 mm, pri večjem izhlapevanju pa na vsakih 50 mm. Pokazalo se je namreč, da je relativno manj padavin v krajih, kjer je izhlapevanje večje.

Po vsej Sloveniji izhlapi v dolgoletnem povprečju znatno manj vode, kot pade padavin. Ta razlika je najmanjša v SV Prekmurju, kjer odteče malo manj kot 200 mm vode, kar pomeni 200 l/m<sup>2</sup>. V večjem delu Pomurja odteče med 200 in 300 l/m<sup>2</sup>, povsod drugod pa odteče s površinske enote znatno več vode, v nekaterih delih Julijskih Alp v povprečju letno tudi prek 3500 l/m<sup>2</sup>. Seveda so to računani odtoki na enoto površine glede na korigirane padavine. Pri karti odtokov (*slika 12*) se ne vprašamo, kam voda odteče, kajti to je povezano z razvodnicami, ki pa so zanesljive le na območjih vododržnih kamnin.

## **BILANČNI PROFILI**

*Preglednica 8* prikazuje vodno bilanco po dokončni uskladitvi posameznih členov bilance po vodomernih postajah oziroma bilančnih profilih. Podatki o velikosti prispevnega območja (stolpec 3) veljajo za celotno vodozbirno območje (F km<sup>2</sup>) določene vodomerne postaje - profila, ne glede na to, če ta sega že iz ozemlja Slovenije. Izjema sta le površini za vodomerno postajo Mursko Središče na Muri in vodomerno postajo Borl na Dravi, katerih porečji segata globoko v centralne Alpe. Upoštevan je le slovenski del ozemlja.

Zanimiv je stolpec 13. V njem je prikazana razlika med pretoki, izračunanimi na osnovi padavin in izhlapevanja, ter izmerjenimi pretoki. V stolpcu 14. pa so razlike prikazane v %, glede na količino padavin. Kjer je procent minimalen, so vodnobilančni členi medseboj dobro usklajeni, odnosno ustrezajo dejanskim odtočnim razmeram. Obratno nam večji procent odstopanja pokaže na določene nepravilnosti, nastale zaradi napake pri določitvi osnovnih merskih podatkov ali prispevnega območja, kar se pogosto dogaja na kraških površinah. Hidrografske razvodnice tu niso enake orografskim. V takih primerih je najbolj zanesljiva določitev razvodnega območja le s kombiniranimi sledilnimi poskusi. Z njimi je možno tudi ugotoviti in oceniti pomen posamezne bifurkacije glede na čas in količino vodnega raztekanja, kjer se ta, kot dodatna neznanca pojavi. Kot primer navajamo veliko razliko med izračunanim in izmerjenim pretokom reke Mostnice v Stari Fužini. Rezultati sledilnega poskusa, opravljenega 15. julija 1996 na Planini pri jezeru in Planini v Lazu, so pokazali, da razvodnice med Mostnico in Savico ni možno določiti, ker se vode s Planine v Lazu pretakajo tako proti Savici kot proti Mostnici. Potrebna so nadaljna preučevanja širšega zalednega območja.

Ekstremno odstopanje (-173 %), ki se pojavi pri potoku Bistrica v Bohinjski Bistrici jasno nakazuje potrebo po povečanju upoštevanega prispevnega območja na območje južnega dela Bohinjskih gora, od Soriške planine do Spodnje Komne. Večja odstopanja, ki jih zasledimo, predvsem pri kraških vodah, so, kot pri Mostnici in Bistrici, posledica vprašljivosti upoštevanega prispevnega območja ( Radešca, Prečna, Tolminka, Idrija s pritoki, Vipava, Reka ter Rižana). Nekatera neskladja med izračunanimi in izmerjenimi pretoki so posledica izgubljanja vode v živoskalni osnovi ali prodnem nanosu, kjer je podzemni tok lahko sorazmerno velik glede na površinskega (Cerkniščica, zgornji tok Savinje, Sava Dolinka, porečje zg. Soče). In ne nazadnje, kjer so vodomerne postaje opremljene samo z vodomerom, so enkratna dnevna opazovanja lahko vprašljiva, zlasti pri vodah s hudourniškim odtočnim značajem, kjer visokovodni valovi s hitrim porastom in upadom vodnega stanja niso v celoti ali povsem registrirani.

## ***PRIMERJAVA MED IZRAČUNANIMI IN IZMERJENIMI ODTOKI***

Že pri gradivu za izdelavo posameznih kart smo ugotavljali, kakšne napake se pojavljajo pri meritvah ali izračunavanju posameznih parametrov. Teh možnih napak rezultati v nobenem primeru ne smejo preseči, v nasprotnem primeru je napaka posledica nenatančnega omejevanja porečij ali je prisotna kakšna druga groba napaka.

### **POMURJE**

Izračunani odtoki ob pomoči vodne bilance in z izmerjeni odtoki se v celoti ujemajo. Če na osnovi izmerjenih odtokov in upoštevanju izhlapevanja izračunamo množino padavin, ugotovimo, da odstopajo od analiziranih padavin, razen majhnega povodja Kučnice, za manj kot 40 mm padavin, to pa je manj kot 5 %. Ker so odstopanja po povodjih v Pomurju v obe smeri, je za celotno Pomurje razlika manjša od 3 % in zato lahko govorimo o idealni usklajenosti.

### **PODRAVJE**

Povodje Pesnice, ki meji na Pomurje ima popolnoma usklajeno vodno bilanco v Zamušanih, v zgornjem delu povodja odteče nekaj procentov premalo vode, vendar si to lahko razložimo s podpovršinskim odtokom. Na porečju Dravinje do Vidma odteče površinsko premalo vode, in sicer v povprečju 50 mm, kar predstavlja 4 % količine padavin.

Na povodju Meže do Otiškega vrha površinsko odteče 80 l/m<sup>2</sup> premalo vode, kar pomeni 5 % padavin. Vsekakor je ta rezultat vzpodbuden, ker je še vedno daleč pod možnostjo napak pri meritvah in ploskovni analizi padavin, posebno še, ker je tudi možnost podpovršinskega odtoka manjša.

Med posameznimi manjšimi povodji so razlike pri vodni bilanci nekoliko različne. Na Radoljni v Ruti odteče celo malenkostno preveč vode glede na padavine (2 %) in na Rogatici v Podlehniku 135 mm premalo, kar je 11 % padavin. V obeh primerih sta to manjši povodji z okoli 70 km<sup>2</sup>, zato je vodna bilanca še vedno v mejah običajnih napak. Opazovanja v Ruti so nepopolna s 24 letnim nizom, torej vzamemo ta podatek z znatno rezervo. V Podlehniku na Rogatici je od 1975 postavljen limnigraf, vendar so tudi ti podatki reducirani na 30 letni niz, možno je, da je tudi nekaj podpovršinskega pretoka. V povprečju je vodna bilanca na Podravju zelo usklajena in odstopanje v globalu ne presega 3 % padavin.

### **POSAVJE**

Od vseh vodotokov v Sloveniji se porečje Save obnaša kot še najbolj problematično. Če vzamemo povodje Save Dolinke do Blejskega mosta, odteče za 83 mm premalo vode, na Savi Bohinjki v Bodeščah je odteče za 25 mm preveč. Večja razlika se pojavi v Radovljici, kjer se povodje malenkostno poveča (4 %), na celotnem povodju pa naj bi po teh podatkih odteklo za 165 mm premalo vode. To je v popolnem nasprotju z vodno bilanco povodja Save Dolinke in Save Bohinjke. Če verjamemo podatkom za Savo Dolinko in Savo Bohinjko, mora biti v Radovljici povprečno 4 m<sup>3</sup>/s podpovršinskega pretoka. Podobno se nadaljuje po Savi

navzdol. Vedno odteče premalo vode, vendar razen v Okroglem, kjer so podatki nezanesljivi zaradi kratke dobe meritev, primanjkljaj ne preseže 6 % količine padavin obravnavanega porečja.

Če hočemo razumeti razlike v vodni bilanci na reki Savi, si moramo podrobneje razložiti odstopanja na njenih pritokih. Na Savi Bohinjki odteče malenkostno preveč vode zaradi nedoločene razvodnice na območju južnobohinjskih gora, Soriške planine oziroma Jelovice.

Tržiška Bistrica je v celoti usklajena, enako Kokra ob upoštevanju dokazanega podpovršinskega odtoka, ki izmerjeni pretok v Kranju dvigne na 8,2 m<sup>3</sup>/s. Večje odstopanje je pri Sori, kjer odteče za 7 % premalo vode glede na količino padavin.

Kamniška Bistrica v Kamniku je usklajena, odteče malenkostno preveč vode glede na padavine, vendar zanemarljivo malo, saj je razlika le med 25 in 30 mm, kar je 1,5 do 2 % količine padavin na porečju. Pri njenem pritoku Nevljica se pokaže znatna razlika med padavinami in izmerjenimi pretoki na vodomerni postaji Nevlje, in sicer za 11 %, drugi pritoki pa so vodnobilančno povsem usklajeni.

Ljubljanca ima v Kominu, kjer so združeni vsi izviri in dodatno Podlipščica ter Zornica, za slabih 5 m<sup>3</sup>/s premejen pretok, kar znese na predvidenem povodju 129 mm ali 9 % preveč padavin. Skoraj enak primanjkljaj pri odtoku, to je dobrih 6 m<sup>3</sup>/s, je tudi na Ljubljanici v Mostah, kar pomeni, da je vodna bilanca na Ljubljanici od Vrhniko do Most povsem usklajena.

Medija in Sopota imata prevelik odtok. Po teh podatkih naj bi bilo na povodju Medije za 60 mm in Sopote kar za 292 mm premalo padavin. Obe porečji sta razmeroma majhni, še posebno pri Sopoti, in zato pomeni majhna sprememba porečja že velik procent pri količini padavin. Predvidevamo, da bi pri Sopoti morali povečati porečje proti povodju Krke oziroma Mirne, kjer odteče prav toliko premalo vode, kot jo odteče pri Sopoti preveč. Na Sotli je vodna bilanca popolnoma usklajena.

Savinja kot celota je vodnobilančno usklajena, manjše odstopanje je le do Solčave, kjer predvidevamo, da je podpovršinski pretok. Pojavljajo se razlike pri pritokih Savinje, vendar v pozitivno in negativno smer, to pomeni, da pri nekaterih pritokih odteče premalo in pri drugih preveč vode. Možno je, da smo na povodju Drete prikazali preveč padavin, ker odteče na tem povodju kar za 276 mm padavin premalo vode. Na povodju Pake v Šoštanju odteče 0,37 m<sup>3</sup>/s premalo vode, kar pomeni 7 % padavin, to pa je vsekakor v okviru možnih napak pri majhnih povodjih. Odstopanja pri pritokih Savinje, kot so Bolska, Ložnica, Hudinja, Voglajna in Gračnica se gibljejo med 6 in 3 %, kar lahko vzamemo za povsem usklajeno vodno bilanco.

Povodje Krke je vodnobilančno zelo lepo usklajeno. Večja nihanja so pri dotokih Krke, kjer večinoma odteče premalo vode tudi do 15 % padavin (Radešica), vendar to pripisujemo kraškemu svetu, kjer razvodnice niso jasno določene.

## **POKOLPJE**

Povodje Kolpe je v celoti usklajeno, odteče malenkostno preveč vode v zgornjem delu porečja do Petrine, kjer je odtok za 95 mm prevelik, kar znese 4 % padavin. Na celotnem povodju do Metlike odteče preveč vode za 1 % padavin.

## **POSOČJE**

Povodje Soče je razmeroma dobro usklajeno, saj odteče v Solkanu le za slabe 4 % padavin premalo vode, pretok v Kobaridu je z vodno bilanco popolnoma izenačen. Tudi v zgornjem delu Posočja se pojavljajo razlike med posameznimi pritoki, ponekod odteče preveč, drugod premalo, v povprečju pa se kar ujemajo. Tako odteče na Tolminki za 16 % padavin preveč vode in na Bači za 15 % padavin premalo vode. V obeh primerih bo potrebno spremeniti razvodnico proti Savi Bohinjki, kjer je približno obratno odstopanje. Podobno se pojavljajo odstopanja tudi na Idrijci in Trebuščici, kjer je prav tako vprašljiva razvodnica.



Na izviri Vipave odteče glede na predvideno razvodnico za 15 % padavin preveč vode v Dornberku pa že 10 % premalo glede na padavine v porečju. Vzrok za to je kraški svet, kjer niso določene razvodnice med posameznimi vodotoki. Vsekakor pripisujemo preveliko porečje za Hubelj in za Branico, kar se odraža tudi na premajhnem pretoku Vipave v Mirnu (8 %) glede na padavine. Manjša količina vode Vipave se izgublja v sami strugi od Bilj navzdol.

Merjeni pretoki na nekaterih majhnih vodotokih v Goriških Brdih kažejo premajhen pretok do 33 % količine padavin (Nadiža), vendar so porečja izredno majhna in zato vsaka majhna sprememba razvodnice ali nenatančne izmere pretokov že močno vplivajo na razmerja v vodni bilanci.

## JADRANSKO POVODJE

Tudi Notranjska Reka, Rižana in Dragonja imajo nekoliko premajhen odtok. Na to vpliva kraško zaledje, kjer so vprašljive razvodnice in odvzem vode za vodooskrbo, ki ni registrirana pri pretoku vode.

## POVZETEK

*Preglednica 9* nam prikazuje vodno bilanco Slovenije, izdelano na osnovi karte padavin, izhlapevanja in odtokov za obdobje 1961-1990. Na ozemlju Slovenije, ki meri 20230 km<sup>2</sup> površine pade v povprečju letno **1567 mm padavin**, oziroma 1005 m<sup>3</sup>/s ali 31 693 680000 m<sup>3</sup> vode. Od tega je **izhlapi 417 m<sup>3</sup>/s** (650 mm) ali 13 150 512000 m<sup>3</sup> vode, kar predstavlja 41,5 %. Glede na to **odteče** letno iz ozemlja Slovenije **588 m<sup>3</sup>/s** (917 mm) ali 18 543 168000 m<sup>3</sup> vode. Po vodnih območjih je ta bilanca prikazana v naslednji preglednici.

*Preglednica 9: Vodna bilanca Slovenije*  
*Table 9: The water balance of Slovenia*

POREČJE drainage basin	POVRŠINA size km <sup>2</sup>	PADAVINE P precipitation		IZHLAPEVANJE I evaporation		ODTOK P - I runoff	
		mm	m <sup>3</sup> /s	mm	m <sup>3</sup> /s	mm	m <sup>3</sup> /s
Pomurje	1376	903	39	675	29	228	10
Podravje	3253	1222	126	650	67	571	59
Posavje	10746	1576	537	641	218	936	319
Pokolpje	998	1562	49	652	21	910	29
Posočje	2316	2383	175	639	47	1745	128
Jadran (del) Adriatic (part)	1541	1601	78	703	34	897	44
<b>Slovenija</b>	<b>20230</b>	<b>1567</b>	<b>1005</b>	<b>650</b>	<b>417</b>	<b>917</b>	<b>588</b>

S tranzitnimi vodami Mure in Drave (v povprečju okoli 13,2 km<sup>3</sup> vode) se na ozemlju Slovenije letno pretoči približno 32 km<sup>3</sup> vode, od tega je prihaja kar slabih 41 % iz sosednje Avstrije.

Za primerjavo je v *preglednici 10* prikazana še vodna bilanca Slovenije z upoštevanjem izmerjenih pretokov po vodomernih postajah, povečanih za pretok s površin, ki z bilančnimi prerezi niso zajete. Prispevni pretok je določen na osnovi znanega povprečnega specifičnega odtoka za določeno porečje. Za Pomurje je tako skupni pretok, ki ga dajo vodomerne postaje Hodoš, Čentiba, Cankova in Pristava (poprečni specifični odtok je 6 l/s/km<sup>2</sup>), zmanjšan za 1,30 m<sup>3</sup>/s, kolikor naj bi prispeval madžarski in avstrijski del

porečja Ledave in Kučnice. Tako dobljeni pretok smo povečali za pretok s površin, ki z vodomernimi postajami niso zajete (327 km<sup>2</sup> površine da pri povprečnem specifičnem odtoku pretok 1,96 m<sup>3</sup>/s). Skupni odtok za Pomurje znaša tako 8,31 m<sup>3</sup>/s oziroma 8 m<sup>3</sup>/s, kot ga prikazuje preglednica, kjer so vsi podatki zaokroženi na cela števila. Po enakem postopku so določeni odtoki tudi za druga porečja. Tako je pri Pokolpju pretok za vodomerno postajo Metlika na Kolpi znižan za 37,0 m<sup>3</sup>/s, kolikor naj bi prispeval hrvaški del porečja. Podobno je vsota pretokov vodomernih postaj na Posočju znižana za pretok, ki ga prispeva italijanski del porečja Idrije, Učje in Nadiže. Seveda se pri Posočju upoštevajo vsi vodotoki tudi tisti, katerih izliv je na italijanski strani. Tu mislimo predvsem na vodotoke v Goriških Brdih.

*Preglednica 10: Vodna bilanca Slovenije z upoštevanjem izmerjenih pretokov*  
*Table 10: The water balance of Slovenia with the measured discharges taken into account*

<b>POREČJE</b> drainage basin	<b>Fvb</b> km <sup>2</sup>	<b>Q</b> m <sup>3</sup> /s	<b>ΔF</b> km <sup>2</sup>	<b>q</b> l/s/km <sup>2</sup>	<b>ΔQ</b> m <sup>3</sup> /s	<b>ΣQ</b> m <sup>3</sup> /s
Pomurje	1049	6	327	6	2	8
Podravje	2933	52	320	18	6	58
Posavje	10576	296	170	28	5	301
Pokolpje	998	36	0	0	0	36
Posočje	2232	117	84	52	4	121
Jadran (del)	580	14	961	24	23	37
	18368	521	1862		40	561
razlika difference	1862	40				
<b>Slovenija</b>	<b>20230</b>	<b>561</b>				

Opomba: vse površine so določene na osnovi karte 1 : 40 000

Note: all areas determined on the map of 1 : 40 000

Legenda / key:

Fvb - prispevna površina zaledij v bilanci upoštevanih vodomernih postaj  
the contributing area of a water-balance section

Q - srednji pretok (kot rezultat odtoka slovenskega dela prispevne površine vodomerne postaje)  
mean discharge (only the runoff from Slovenian part of contributing area at a gauging station)

F - površina porečja v Sloveniji  
the size of drainage basin in Slovenia

ΔF - površina porečja v Sloveniji, ki z vodomernimi postajami ni zajeta (F-Fvb)  
the size of drainage basin in Slovenia which is not included in the gauging station

q - specifični odtok  
specific runoff

$\Delta Q = \Delta F \cdot q$

$\Sigma Q = Q + \Delta Q$

Z bilančnimi prerezi je zajetih 18368 km<sup>2</sup> ozemlja Slovenije ali 91 %, odkoder odteče 521 m<sup>3</sup>/s ali letno 16 430 256000 m<sup>3</sup> vode. Skupaj s pretokom 40 m<sup>3</sup>/s, ki ga dobimo za manjkajoče površine (1862 km<sup>2</sup>), daje vrednost povprečnega letnega odtoka **561 m<sup>3</sup>/s**. Tako določeni odtok odstopa, od izračunanega na podlagi posameznih členov vodne bilance za 27,0 m<sup>3</sup>/s ali za slabih 5 %, kar lahko vzamemo za povsem sprejemljivo vrednost.

Trditev, da je Slovenija z vodami bogata država je ob rezultatih vodne bilance povsem upravičena, posebno še, če jo primerjamo z vodno bilanco Evrope po Schendelu (7).

*Preglednica 11: Vodna bilanca Evrope po Schendelu v primerjavi s Slovenijo*

Table 11: The water balance of Europe acc. to Schendel

	<b>PADAVINE</b> precipitation	<b>IZHLAPEVANJ</b> E evaporation	<b>ODTOK</b> runoff	<b>KOEF.ODTOK</b> A runoff coefficient
	mm	mm	mm	
<b>EVROPA</b> 10 519367 km <sup>2</sup>	734	415	319	43
<b>SLOVENIJA</b> 20230 km <sup>2</sup>	1567	650	917	59

Evropsko povprečje padavin predstavlja le 47 % povprečja Slovenije ter 63 % izhlapevanja. Povprečni odtok pa doseže le 35 % odtoka Slovenije. Vodno bogastvo, ki ga imamo pa nas ne sme zavajati, da z vodami v količinskem in kakovostnem pogledu ne bi smotrno gospodarili. Tako se, odvisno od padavin, srečujemo ne le s pogostimi poplavami, ampak tudi s pomanjkanjem vode v sušnih obdobjih. To, in razvoj industrializacije ter urbanizacije vpliva, da postajajo problemi pri gospodarjenju z vodami vse bolj kompleksni in celoviti. Vodnogospodarska vprašanja in problemi se morajo zato reševati vse bolj interalno s ciljem zagotoviti večjo učinkovitost celostnega gospodarjenja z vodami, ob upoštevanju in usklajevanju z naravnimi danostmi in zaščite okolja.

Obstoječe vodno bogastvo Slovenije zagotavlja, da problematika na področju voda le ni tako kritična in zastrašujoča, kot se to vse pogosteje prikazuje. Potrebno je le, in to čimprej, spremeniti sedanji odnos do voda, pričeti s skrbnim gospodarjenjem z vodami ter sprejeti ustrezno politiko in s tem povezano zakonodajo.

Izredna klimatska, geološka, geomorfološka, vegetacijska in ostala raznolikost Slovenije, ki se kaže že na kratke razdalje, vpliva na stalno spreminjanje pretoka voda, zaradi česar je izvajanje hidrometričnih meritev, kljub ugotovljenemu vodnemu bogastvu Slovenije, tudi v bodoče nujno nadaljevati. Hkrati nam ta raznolikost z empirično soodvisnostjo onemogoča zanesljivo določiti pretočne karakteristike za neumerjene vodotoke, oziroma območja. Prav zato, so nadaljna opazovanja in meritve voda ter padavin z zajetjem čim daljšega obdobja in s tem večje zakonitosti pojava redkih dogodkov, potrebna. Le to nam bo omogočilo točnejšo analizo stanja voda in prognozo sprememb v vodnem režimu, kar je pomembno in nujno za bodoče gospodarjenje z vodami.

## SUMMARY

Table 9 shows the water balance of Slovenia, made on the basis of the maps of precipitation, evaporation and discharges for the 1961-90 period. The precipitation on the territory of Slovenia (20230 km<sup>2</sup>) annually totals **1567 mm**, on the average, or, 1005 m<sup>3</sup>/s, or 31 693 680000 m<sup>3</sup> of water, of which **417 m<sup>3</sup>/s** (650 mm) **evaporate**, or, 13 150 512000 m<sup>3</sup>, which represents 41,5 %. Considering these numbers, 588 m<sup>3</sup>/s (917 mm) or 18 543 168000 m<sup>3</sup> of water runs off from the territory of Slovenia annually. ( Table 9).

With the Mura and the Drava transit streams (about 13,2 million m<sup>3</sup> of water on the average), about 32 km<sup>3</sup> of water crosses the territory of Slovenia annually, of which 41% come from neighbouring Austria.

For comparison, the water balance of Slovenia with the measured discharges taken into account is also presented, by gauging stations (*Table 10*), increased by the surplus runoff from the areas which were not included into the balance profiles. The surplus runoff is determined on a basis of the known average specific runoff of a specified drainage basin. Thus, for the Pomurje region, the common discharge measured at the gauging stations Hodoš, Čentiba, Cankova, and Pristava (with the average runoff of 6 l/s/km<sup>2</sup>) is reduced by 1,30 m<sup>3</sup>/s, as the anticipated surplus runoff amounts, of the Hungarian and Austrian parts of the Ledava and the Kučnica drainage basins. The obtained discharge was increased by the runoff from the areas which are not included into the gauging stations (327 km<sup>2</sup> of the area provides at the average specific runoff a discharge of 1,96 m<sup>3</sup>/s). Thus, the common runoff of the Pomurje amounts to 8,31 m<sup>3</sup>/s, or 8m<sup>3</sup>/s, as listed in the table where all data are rounded off to a whole number. The runoffs of the other drainage basins were determined by applying equal method. Thus, in the Pokolpje region, the discharge at Metlika gauging station on the Kolpa was reduced by 37,0 m<sup>3</sup>/s, which is the amount, contributed by Croatian part of the drainage basin. In a similar way, the sum of discharges at the gauging stations in the Posočje is reduced by a discharge, contributed by Italian parts of the drainage basins of the Idrija, the Učja and the Nadiža. All the streams of the Posočje were taken into account, also those which have their mouths on the Italian side. These are, above all, the streams of the Goriška Brda.

Comprised in the water-balance profiles are 18368 km<sup>2</sup>, or 91 % of the territory of Slovenia, from where 521 m<sup>3</sup>/s, or 16 430 256000 m<sup>3</sup>/s of water run off annually. Together with the discharge of 40,0 m<sup>3</sup>/s, obtained for the missing areas of 1862 km<sup>2</sup>, it gives the value of the average annual runoff of 561 m<sup>3</sup>/s. So determined runoff deviates by 27,0 m<sup>3</sup>/s, or mean 5 %, from the runoff which was calculated on the basis of the individual elements of water balance, and this can be considered as an acceptable value.

A statement that Slovenia has a wealth of waters, is entirely justified from the aspect of the water balance, especially in comparison with the water balance of Europe after Schendel (7). (*Table 11*).

The European averages in relation to the Slovenian averages represent the following percentages: precipitation - only 47 %, evaporation – 63 %, and the runoff - only 35 %. However, the wealth of water in Slovenia must not be misleading in the sense that waters need not be economically managed from the aspects of quantity and quality. Thus, depending on precipitation, we often have to face the floods, as well as the scarcity of water in the dry periods. These facts and the growth of industrialization and urbanization cause that the problems in water management turn to be ever more complex. Therefore, the solving of water-management questions and problems must be ever more integral, with the aim to provide greater efficiency of the sustainable management of waters, which will be in harmony with natural conditions and environmental protection.

The existing wealth of water in Slovenia grants that the water-related problems are not so acute and crucial as often presented. It is only necessary to change the current attitude towards the waters as soon as possible, and start a careful management of waters, and adopt proper policy and related legislation.

An exceptional diversity of Slovenia from the aspect of climate, geology, geomorphology, vegetation and the remaining aspects, which is manifested even in short distances, results in the constant changing of water discharges due to which the hydrometric measurements must urgently be continued in the future, notwithstanding the established wealth of water in Slovenia. According to the empirical interdependence, this diversity prevents the accurate determination of discharge characteristics for the non-measured streams or areas. Exactly for this reason, further observations and measurements of waters and precipitation covering the longest possible period are necessary, to obtain more reliable data on the occurrence of rare phenomena. This will enable more accurate analysis of the water situation and the making of prognosis about the changes in water regime, which is important and urgent for the future management of waters.

CIP - Kataloški zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

556.53(497.4)

KOLBEZEN, Marko

Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije = Surface streams and water balance of Slovenia / [besedilo Marko Kolbezen, Janko Pristov; slike, preglednice Marjan Bat... [et.al.]; fotografije Marko Kolbezen; prevodi Branka Klemenc]. - Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor: Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 1998

Avtorja navedena v kolofonu

ISBN 961-6024-04-3 (Hidrometeorološki zavod RS)

1. Gl. stv. nasl. 2. Pristov, Janko  
72936192

## **Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije Surface Streams and Water Balance of Slovenia**

IZDALO / PUBLISHED BY: Ministrstvo za okolje in prostor

**Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije**

Ljubljana, Vojkova 1b

BESEDILA / TEXTS: Marko Kolbezen, Janko Pristov

SLIKE, PREGLEDNICE / FIGURES, TABLES: Marjan Bat, Marko Kolbezen, Janez Polajnar,  
Janko Pristov, Neva Pristov, Teo Špiler, Bernarda Šporn,  
Florjana Ulaga, Boris Zupancic

TEHNIČNO UREJANJE / TECHNICAL EDITOR: Florjana Ulaga

FOTOGRAFIJE / PHOTOS: Marko Kolbezen

LEKTORSTVO / LANGUAGE EDITOR FOR SLOVENIAN: Darinka Petkovšek-Veselic

PREVODI / ENGLISH TRANSLATION: Branka Klemenc

OBLIKOVANJE IN PRIPRAVA ZA TISK / DTP AND PRINT: Planprint, d.o.o., Ljubljana

NAKLADA, izvodov / COPIES: 300

Po mnenju Ministrstva za znanost in tehnologijo z dne 2.10.1997 št. 415 - 01 - 126/97, sodi publikacija med proizvode, za katere se plačuje 5% davek od prometa proizvodov.

Delo je zaščiteno po določilih avtorskega prava. Na ta način osnovane pravice ostanejo v veljavi. Dovoljen je tisk teksta samo v obliki izvlečkov z navedbo virov.

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior permission of the Publisher. Only the abstracts of the texts may be printed with the compulsory citation of the source.

## VIRI / SOURCES

Arhiv Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije (vsi podatki so prevzeti iz arhiva HMZ), Ljubljana / Archives of the Hydrometeorological Institute of Slovenia.

1. M. Kolbezen, 1995, Zgodovina slovenske geodezije in geofizike./In: Zbornik predavanj 1.del, Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, Ljubljana.
2. M. Bat, J. Uhan, Določanje rečnih režimov Slovenije s pomočjo klastrske analize - v pripravi. /In preparation; HMZ, Ljubljana.
3. Yang D. in drugi, 1986, Wind - Induced Error on Snow neasurement: WMO Intercomparision Results./In: Analen der meteorologie 30, Offenbach am hain.
4. Hydrologischer Atlas der Schweiz, 1992, Landeshydrologie und geologie. Erstelt im Ausfrag des Schweizerischen Bundesrates, Bern.
5. Doorenbos I.K. et al, 1986, Yield response to water./In: FAO Irrigation and drainage paper 33, Rome.
6. Vodnogospodarski inštitut, 1968, Hidrološka študija povodja Kokre./Hydrological study of the Kokra drainage system, Ljubljana.
7. Vode Hrvatske, 1991./In: Monografija o vodama i vodoprivredi Republike Hrvatske, Ministarstvo vodoprivrede RH, Zagreb.