

## RAZPRAVE

UDK 551.444:556.34.04 (497.12) = 863

UDC 551.444:556.34.04 (497.12) = 20

### SLEDENJE KRAŠKIH VODA V SLOVENIJI

#### Zgodovinski pregled in raziskave po letu 1965

Peter H a b i č\*

Ugotavljanje podzemeljskih vodnih zvez je del sledilne hidrologije, ki po naravnih lastnostih površinskih in podzemeljskih voda na krasu ter z uporabo umetnih sledil spoznava zveze med ponikalnicami in izviri, način in hitrost pretakanja podzemeljskih voda, spreminjanje njihovih lastnosti, območja in način napajanja posameznih izvirov, količine in čas zadrževanja vode v podzemlju in podobno. Izraz sledilna hidrologija je dopolnil prvotni pojem barvanje ponikalnic in se je uveljavil v mednarodnih krogih, ki še posebno skrbijo za razvoj sledilnih metod in uporabo ustrežnejših sledilnih sredstev. Mednarodno združenje za razvoj teh metod (Association of Tracer Hydrology, ATH) je doslej organiziralo že pet simpozijev: leta 1966 v Gradcu, 1970 v Freiburgu, 1976 na Bledu, 1981 v Bernu in 1986 v Atenah. V zbornikih teh simpozijev je zbranega veliko koristnega znanja in dragocenih izkušenj z vsega sveta.

V sledilni hidrologiji ne zaostajamo veliko tudi pri nas v Sloveniji. Imamo bogato tradicijo v ugotavljanju vodnih zvez z umetnimi sledili in kljub omejenim sredstvom spremljamo napredek v tej stroki. Marsikaj smo že dosegli glede količinskega ugotavljanja podzemeljskega pretakanja v krasu. Napredek pri ugotavljanju zvez so omogočila sodobna sledilna sredstva in izpopolnjena tehnična oprema, še posebno pa je bilo koristno sodelovanje z omenjenim mednarodnim združenjem ATH.

O sledenju podzemeljskih voda v Sloveniji sta doslej izšla dva dragocena pregleda. Prvega je objavil A. Š e r k o (1946), drugega pa I. G a m s (1965). V okviru Zveze vodnih skupnosti Slovenije je bil leta 1988 izdelan pregled sledenj po letu 1965 (R. G o s p o d a r i č s sodel., 1988). Poleg pregleda novejših sledenj je v tem prispevku nekoliko širše predstavljena problematika preučevanja kraških voda. Po lastnih izkušnjah, študiju in razpoložljivih virih povzemam nekatere pomembnejše izsledke in prilagam pregledno karto zaledij pomembnejših kraških vodnih virov v Sloveniji. Kraško vodno bogastvo postaja namreč vse dragocenejše, saj hrani kras kar tri četrtine vseh zalog pitne vode v Sloveniji; ti kakor drugi vodni viri pa so vsak dan bolj ogroženi in onesnaženi. Varovanju kraških voda moramo zato namenjati več skrbi. Higijenski in drugi varstveni ukrepi na krasu pa bodo uspešni le, če bodo upoštevali stvarne hidrološke razmere, ki jih spoznavamo tudi s sodobnimi postopki sledilne hidrologije.

\*Dr.geogr., znanstveni svetnik, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna, Titov trg 2, YU

## O namenu in pomenu sledenja kraških voda

Sprva je skušal človek zgolj potešiti radovednost in ugotoviti, kje se pojavijo ponikalnice, ki v sklenjenih tokovih izginjajo v podzemlje, kot na primer Notranjska Reka v Škocjanskih jamah. Ob izviri se mu je na drugi strani zastavljalo vprašanje, od kod se pravzaprav stekajo vode, ki v tolikšni količini naenkrat izvirajo iz jam ali iz globokih obrhov, kakršna sta Planinska jama in Divje jezero. Pri iskanju odgovorov si je pomagal z logičnim sklepanjem in s poznavanjem naravnih dogajanj ob lokalnih nevihtah in nalivih, ko so narasle vode z ene strani gora napolnile izvire na drugi strani. Na zveze med ponori in izviri je opozarjala tudi skaljena voda ob površinskih regulacijah ponikalnic, ali naključno naplavljeno žaganje, oglje in drugo plavje. V teh prvobitnih razmerah so nastale razne pripovedke, kot tista o volih in dekli, ki so padli v jamo, v bližnjem izviru pa so se pojavili le jarem in lasje. V tej zgodbi je zajeto tudi spoznanje, da v kraškem podzemlju marsikaj ostane. Zastajanje snovi v podzemlju je povzročalo številne težave tudi pri poskusih z umetnimi sledili. Končno so izkušnje pokazale, katera sledila so za ugotavljanje vodnih zvez v krasu najustreznejša.

Sodobna sledila morajo namreč sestavljati ustrezno majhni delci, dovolj plovni, da se ne usedajo v podzemeljskih jezerih, a tudi ne plavajo na gladini. Sledilo se tudi ne sme izgubljeti, razpadati ali zastajati, bodisi zaradi ožin, lepljenja, kemičnih in fizikalnih reakcij v podzemlju. Uporabiti tudi ne moremo sledila, ki je že po naravi ali drugače prisotno v vodnih sistemih, ki jih preiskujemo. Nadalje ne sme spreminjati hidravličnih lastnosti tokov, ki jih sledimo, biti mora obstojno in odporno proti raznim fizikalnim, kemičnim in biološkim vplivom ter ločljivo in določljivo v razmeroma nizkih koncentracijah. Ustrezati mora namenom sledilnih poskusov ter omogočiti ponavljanje meritve. Sledilo tudi ne sme biti toksično ali drugače škodljivo, da ne ovira ali zmanjšuje uporabne vrednosti vode. Sledila in metode njihovega določanja v izviri morajo omogočiti gospodarno in zanesljivo izvedbo sledilnih poskusov.

Najpogosteje se uporabljajo fluorescentna organska barvila, soli raznih kovin, razni izotopi, trosi, bakterije in bakteriofagi oziroma virusi. Pri eksperimentalnem sledenju na Peleponezu leta 1984 so preiskovali 19 različnih sledil. Nekatera se na velike razdalje, od 30 do 40 km, niso posebno obnesla (Steirische Beitr. z. Hydrogeologie 37/38, 1986).

Prvi resnejši poskusi z umetnimi sledili so znani, ko so iskali vodo za oskrbo Trsta (G. T i m e u s, 1928). Ugotavljanje podzemeljskih zvez na Notranjskem in Dolenjskem pa je bilo predvsem povezano z regulacijami ponikalnic in z melioracijami kraških polj. Sistematične tovrstne raziskave so pri nas zastavili že pred prvo svetovno vojno, še posebno po zadnji vojni pa so s sledilnimi poskusi nadaljevali, ko so si prizadevali za energetske izkoriščanje kraških voda in gradnjo akumulacij na kraških poljih. S temi prizadevanji so povezana številna sledenja v porečju Ljubljane in še zlasti na Cerkniškem polju (F. J e n k o, 1959; I. G a m s, 1965; 1966; 1970; R. G o s p o d a r i č, P. H a b i č, 1979). Ko so energetske interese na našem krasu usahnili, je nastal nekajletni presledek. Kasneje so bili sledilni poskusi povezani predvsem z ugotavljanjem

zaledja kraških vodnih virov in določanjem varstvenih pasov. Za te namene so v zadnjem desetletju opravili kar 60 sledenj. Ker so se pojavili novi problemi, je bilo treba prilagoditi tudi sledilne postopke. Še skrbneje je bilo treba izbrati sledila, ki ne ogrožajo pitne vode, hkrati pa jih je mogoče določiti že v zelo nizkih koncentracijah.

Sledenje kraških voda pridobiva na praktičnem pomenu zaradi vse večje ogroženosti pitne vode. Za oskrbo so primerni izviri z večjo in trajno izdatnostjo, taki pa zbirajo vodo iz obsežnih kraških zaledij, ki so ponekod že precej naseljena in industrializirana, ali pa vsaj prometno izpostavljena. Za uspešno varovanje kraških vodnih virov je potrebno natančno poznati, kam in kako se pretaka voda, ne le iz ponorov, ampak z vsega kraškega površja, pa tudi iz nekraškega sosedstva, ki se odceja skozi kras. Vsega navadno ni mogoče spoznati le z enkratnim sledenjem, zato so bile nekatere ponikalnice večkrat obarvane.

Pri reševanju sodobnih problemov na krasu si sledilna hidrologija pomaga z različnimi postopki. Temeljito je treba poznati geološko zgradbo, litološko sestavo in tektonsko razpokanost, prepustnost in zakraselost kamnin v celoti in po posameznih conah, ki omogočajo ponekod hitrejšo, drugod počasnejšo pretakanje vode. Dragoceni so podatki o pretokih, režimu in vodni bilanci. Poznati je treba tudi kemične, izotopske in biološke lastnosti vode pri prenikanju v tla in pretakanju skozi podzemlje. Ugotoviti je treba specifičnosti posameznega kraškega izvira in njegovega hidrografskega zaledja.

Dogajanja v krasu je v veliki meri možno spoznati s spremljanjem in preučevanjem naravnih razmer, kar je navadno povezano z dolgotrajnimi opazovanji, merjenji in analitskimi postopki. Nekatere hidrološke značilnosti lahko spoznamo le v izjemnih vremenskih razmerah, ob zelo visokih vodah, po hudih nalivih ali po dolgotrajnih sušah, ki se kot ujme na srečo ne pojavljajo vsako leto. Za sistematična preučevanja kraških predelov in težko ali povsem nedostopnega podzemlja je potrebno precej časa in sredstev, zato lahko dobro zastavljeni in izvedeni poskusi, pri katerih imajo tudi naravne razmere pomembno vlogo, precej skrajšajo spoznavni postopek in dajo dragocene podatke in izsledke.

Tako smo na primer nad Planinsko jamo s posebnim sledilnim poskusom spoznali način prenikanja deževnice s površja skozi 100 m debel jamski strop. V neko vrtačo nad jamo smo vlili barvilo in dodali še dve kamionski cisterni vode. Večji obarvan curek je že po eni uri dosegel podzemeljsko Unico v Planinski jami, po manjših stranskih razpokah pa se je precejala obarvana voda več dni, predno se je pojavila v manjših kapljiščih (J. K o g o v š e k, P. H a b i č, 1981). Z nadaljnji preučevanji v Planinski in drugih jamah so bile še podrobneje osvetljene zakonitosti prenikanja vode. Ponekod v jamah kaplja iz stropa tudi več mesecev po izdatnejšem dežju, po nalivih ožive le posamezni curki, ki kmalu presahnejo. Minimalni in maksimalni pretoki curkov so v razmerju 1 : 1000 in več, kar se pozna tudi v razčlenjevanju kraškega površja, poglobljanju vrtač in drugem. V Pivki jami je J. K o g o v š k o v a (1987) preučevala postopno razgradnjo fekalnih odplak pri prenikanju skozi jamski strop. Pomembna je ugotovitev, da škodljive snovi z vodo prodrejo globoko v podzemlje, del jih hitro odte-

če, del pa se v njem dolgo zadržuje in le počasi razkraja. Ob morebitni nesreči na železnici ali avtocesti na Ravbarkomandi v Postojnskih vratih, kjer vsak dan prevažajo različne škodljive snovi, bi bilo vodno zajetje v Malnih pri Planini že v nekaj urah zastrupljeno, Postojna pa bi ostala brez pitne vode. Kako dolgo se voda in z njo vred tudi druge topne snovi zadržujejo v podzemlju, kažejo izotopske raziskave (J. P e z - d i č, J. U r b a n e, 1987). Strupene snovi v krasu več let ogrožajo vodne vire, kakor dokazuje s PCB onesnaženo zaledje Krupe v Beli krajini (D. P l u t, 1988).

### Pregled sledenj v Sloveniji

Pred letom 1946 je bilo predvsem na Notranjskem in Dolenjskem obarvanih 28 ponikalnic, nekatere izmed njih tudi po večkrat (A. Š e r k o, 1946). Do prvih uspešnih sledilnih poskusov je prišlo v Sloveniji že pred prvo svetovno vojno v zaledju Timava, kjer so ob iskanju vode za oskrbo Trsta večkrat barvali Notranjsko Reko v Škocjanskih jamah z raznimi sledili (uranin, fuksin, kvasovke, obročkane jegulje, soli litija, stronecija in cezija, prvič so tu uporabili tudi izotop tritij). Dokazali so zvezo Reke z izviri, ki so razporejeni ob vznožju Krasa med Trstom in Tržičem (G. T i m e u s, 1928; E. B o e g a n, 1938).

A. Šerko je v svojem poročilu kritično ocenil nekatere dvomljive zveze. Opozoril je tudi na neznane zveze med ponori in izviri v porečju Ljubljane, Krke in Notranjske Reke ter predlagal nova barvanja. Šerko je želel, da bi ob barvanjih ponikalnic dobili še druge podatke o vodnih razmerah v krasu, na primer o načinu pretakanja skozi kraško podzemlje, kjer znašajo navidezne hitrosti le nekaj cm/s. Hitrosti v podzemlju pa niso odvisne od strmca kot na površju, saj imajo ponikalnice z velikim strmcem majhno hitrost, one z malim strmcem pa večjo. Bolj kot strmec vpliva na hitrost vode njeno zastajanje v številnih podzemeljskih jezerih. S sledilnimi poskusi naj bi torej spoznali čim več dejavnikov, ki vplivajo na pretakanje vode v krasu.

Šerkove zamisli so delno upoštevali kasnejši raziskovalci. Skušali so dokazati poglavitne in stranske vodne poti, ugotoviti razlike v hitrosti ob nizkih in visokih vodah ter druge hidrološke posebnosti krasa. Poleg enostavnih so se lotili bolj zapletenih zvez, sprva z zaporednimi poskusi, nato pa s sočasnim kombiniranim sledenjem z več sledili hkrati.

Od leta 1946 do 1965 (I. G a m s, 1965) so bile z umetnimi sledili dokazane zveze 23 ponikalnic, predvsem v porečju kraške Ljubljane med Cerknjskim in Planinskim poljem ter izviri pri Vrhniku. Več poskusov je bilo tudi v porečju Krke, kjer so bile pojasnjene zveze med vodami Ribniškega polja in izviri ob Krki ter Kolpi. Leta 1964 je bilo prvo sledenje v Julijskih Alpah, obarvane vode izpod Triglavskega ledenika so se pojavile v izviri Bistrice v Vratih (I. G a m s, 1966). Pri drugem pregledu sledenj, ki so ga pripravili na Hidrometeorološkem zavodu SRS (I. G a m s, 1965), so nanizani podobni podatki kot v Šerkovem pregledu. Poleg imena ponikalnice in datuma barvanja je podatek o nadmorski višini ponora, pretoku, količini in vrsti sledila, naštetih so

obarvani izviri in čas obarvanja, pretoki v izviri ali vodostaji, nadmorska višina, izračunana je višinska razlika in razdalja med ponorom in izviro, čas od obarvanja do pojava sledila in navidezna hitrost; omenjeni so tudi sledilci.

Najpogostejše sledilo v drugem obdobju je bil fluorescein, največ so ga hkrati vliili v Notranjsko Reko, kar 100 kg, skupno pa so ga za vsa sledenja porabili 509 kg, razen tega so uporabili še 400 kg kuhinjske soli, 3 kg trosov in 200 Cu tritija. Največja razdalja med obarvanimi ponori in izviri je dosegla 34 km, najdalj pa se je sledilo zadrževalo v podzemlju pri barvanju Rinže, kar 1470 ur. Navidezne hitrosti so se gibale med 1 do 5 cm/s, največja je bila 6,4 cm/s, najmanjša pa 0,2 cm/s, slednja verjetno zaradi zastajanja barvila v podzemlju med Loškimi in Cerkniškimi poljem ob suši. Glede na uporabljene večje količine sledil in izpopolnjene analitične postopke je v tem obdobju manj vprašljivih ugotovitev ali pa v pregledu neuspeli poskusi niso navedeni. I. G a m s (1965) omenja kraško bifurkacijo ponikalnice iz Loškega Potoka proti Krki in Kolpi, pa tudi raztekanje voda iz Cerkniškega jezera neposredno v Bistro in prek Planinskega polja v izvire pri Vrhniku. Nekatera problematična križanja podzemeljskih tokov pa naj bi bila posledica pomanjkljivega sledenja. Iz tega obdobja izhaja spoznanje o nesorazmerju med pretoki Notranjske Reke in izviri Timava, kar je obnovilo razpravo o morebitnem širšem kraškem zaledju v Podgrajskem podolju in o ponikanju Vipave ter soške podtalnice skozi Doberdovski Kras v izvire Timava (F. B i d o v e c, 1967).

V tretjem obdobju, že po letu 1965, se je v Sloveniji zvrstilo 90 sledilnih poskusov (Poročilo ZVS, R. G o s p o d a r i č s sodel., 1988). Ugotovljene so zveze vseh poglavitnih ponikalnic v slovenskem dinarskem krasu, uspešno pa so bile dokazane zveze manjših vodice tudi v alpskem in osamljenem krasu.

Poleg 12 sledilnih poskusov v predalpskem krasu (Žirovski vrh, Hotavljice, Volaka, Topolščica, Šaleška dolina, Gornji Grad, Pekel, Studenice, Iverje in Gozd nad Kamnikom, Senuša ter Ponikve pri Hudi luknji) je bilo 10 sledenj v Julijskih Alpah, 6 na Peci, 24 sledenj v zaledju Tržaškega zaliva in v Posočju, 13 v porečju Krke in Kolpe ter 25 v porečju kraške Ljubljani.

Sledilne poskuse so opravljali predvsem Geološki zavod, Hidrometeorološki zavod in Inštitut za raziskovanje krasa, večino zajetih vzorcev fluorescentnih sledil je analizirala ing. Martina Zupan s HMZ SRS. Pri ugotavljanju zvez v porečju Ljubljani so leta 1975 v okviru 3. mednarodnega simpozija o sledenju voda sodelovali tudi strokovnjaki ATH. Sledenje podzemeljske Pivke je v sodelovanju Inštituta za raziskovanje krasa ZRS SAZU opravil Zavod za hidrotehniko iz Sarajeva. Pri večini sledenj so uporabljali fluorescentna organska sledila: uranin, enozin, rodamin, amidorodamin, tinopal. Pri kombiniranih poskusih z več sledili so bila uporabljena še naslednja sledila: KCl, NaCl, LiCl, Indium, <sup>51</sup>Cr, različno obarvani trosi *Lycopodium clavatum* in fagi. Metodo z uporabo bakteriofagov so v zadnjih letih razvili sodelavci Biološkega inštituta Univerze v Ljubljani (M. B r i c e l j, G. K o s i, 1986).

Večji kombiniran sledilni poskus s 13 različnimi sledili so leta 1975 izpeljali v zaledju izvirov Ljubljani. Obarvanih je bilo 11 ponorov od Cerkniškega prek Planinskega in Logaškega polja do hotenjskih in rovtarskih ponikalnic. Poglavitni izsledki obsežnih

predhodnih hidroloških meritev in raziskav fizikalnih, kemičnih ter bioloških lastnosti ponikalnic in izvirov ter sklepnega sledilnega poskusa so v angleščini in nemščini objavljeni v dveh ločenih publikacijah.

Med drugim so v izviri Ljubljance in Bistre, ob zahodnem obrobju Ljubljanskega barja, ugotavljali mešanje voda skoraj iz vseh ponikalnic. Po količinski razporeditvi sledil v izviri so izračunali tudi razmerje v dotokih iz posameznega ponornega območja. Širšega regionalnega pomena je tudi prvič dokazana bifurkacija na jadransko črnemorskem razvodju, kjer vode hotenjskih ponikalnic, Pikeljščice, Žejskega potoka in Hotenjke hkrati odtekajo v izvire Ljubljance, v Podrotejo in v Divje jezero ob Idrijci (H. H o t z l, V. M a u r i n, J. Z o t l, 1976).

Kraška bifurkacija je bila kasneje dokazana na razvodju med Idrijco in Vipavo, med Vipavo in Ljubljano ter med Pivko in Vipavo. Ob sledenju Čepovanskega potoka se je barva pojavila v izviru Hoteščka ob Idrijci, ob Avščku in v izviri Mrzleka ob Soči nad Solkanom (P. H a b i č, 1982). Iz Vodice pod Javornikom in iz Črnega Vrha se vode usmerjajo v Divje jezero in Podrotejo ob Idrijci, hkrati pa tudi v Hubelj nad Ajdovščino. Sledovi uranina v izviri Ljubljance in Vipave ob barvanju na Vodih opozarjajo sicer na možne zveze, niso pa zadosten dokaz za bifurkacijo na jadransko črnemorskem razvodju (P. H a b i č, 1987). Zadnji sledilni poskus na Pivki z obarvanjem Stržena pri Rakitniku in Pivke pri Trnju pa je pokazal, da del Pivke in javornjskih voda odteka pod flišem Pivške kotline proti Vipavi in del najbrž tudi v Timav, del pa v Unico in Malenščico na Planinskem polju. S tem je dokazano novo bifurkacijsko območje med jadranskimi in črnemorskimi pritoki. Vse kaže, da se v predelu med Pivko in Hotedršico postopno krči črnemorsko povodje na račun jadranskega (P. H a b i č, 1989).

Na počasno globinsko odtekanje vode iz matičnega Krasa kažejo tudi sledenja ponikalnic na zahodnem obrobju Pivke in v povirju Raše. Z barvanjem Sajevškega potoka je bila doslej v Sloveniji dokazana najdaljša podzemeljska zveza. Za dobrih 40 km zračne razdalje do izvira Timava je obarvana voda potrebovala dobrih 71 dni ali 1718 ur, kar da navidezno hitrost 0,66 cm/s. Sledenje je potekalo v sušnem poletju 1987 z vlitjem uranina 29.6. ob 17. uri in prvim pojavom barvnega vala v Timavu 9.9. ob 7. uri; val je trajal do 19.10.1987, to je polnih 40 dni. V tem času smo sledili tudi Senožski potok s fagi (M. B r i c e l j, 1987) in z rodaminom ponikalnico v povirju Raše pri Dolenji vasi. V zelo nizkih koncentracijah so se sledila pojavila v izviri od Nabrežine in Timava do Sardoča in Moščenic, podobno kot uranin iz Sajevč. S tem je dokazano počasno, a zanesljivo odtekanje ponikalnic z obrobja Pivke skozi matični Kras do velikega podzemeljskega sotočja nad izviri Timava.

V zaledju Rižane, iz katere se oskrbuje koprski vodovod, je v zadnjih letih Geološki zavod v sodelovanju s Hidrometeorološkim zavodom in Biološkim inštitutom Univerze v Ljubljani izpeljal vrsto sledilnih poskusov (P. K r i v i c, M. B r i c e l j, N. T r i š i č, M. Z u p a n, 1987, 1989). Z njimi so opredelili varstveno območje tega pomembnega vodnega vira. Obarvane so bile brkinske ponikalnice Ločica pri Brezovici, Male Loče, Jezerine in Račiške ponikve, dalje Vodice v Čičariji in ponikalnice pri



Gračišču, Smokvici in Movražu na razvodju med Mirno in Rižano. Poleg Dan pri Vodica in Račiških ponikev, ki odtekajo proti Kvarnerju, so druge obarvane ponikalnice povezane z Rižano, delno tudi z Osapsko Reko, movraška ponikalnica pa odteka v porečje istrske Mirne. S temi sledenji so potrjeni tudi izsledki G. T i m e u s a (1928) o povezavi Ločice pri Brezovici z Rižano. Ker je bila večina sledenij ob višjih vodah, ostajajo nepojasnjene zveze ob nižjih, ko je izdatnost Rižane s 180 l/s omejena na nekajkrat manjše zaledje kot takrat, ko ima nad 100 m<sup>3</sup>/s pretoka in okrog 230 km<sup>2</sup> obsežno zaledje (P. K r i v i c, sodel., 1989). V zelo nizkih koncentracijah so barvila zasledili tudi v izviri Timava, pripisali pa so jih ozadju, ki izhaja iz raznih odplak. Posamičnih nižjih koncentracij doslej niso upoštevali kot zanesljiv dokaz podzemeljskih vodnih zvez. V prihodnje jim bo potrebno nameniti več pozornosti in odpraviti dvome o njihovem izvoru. V izviri Vipave so ugotovili sledi rodamina iz Stržena pri Rakitniku in uranina iz Pivke pri Trnju še po 166 dneh ali skoraj po šestih mesecih (P. H a b i č, 1989). To je doslej najdaljši ugotovljeni barvni val z zelo enakomernimi koncentracijami sledila. Nakazuje počasno iztekanje globinskih voda iz visokega, delno pod flišem skritega krasa.

Tretje večje raziskovalno območje je v zadnjih letih povezano z ribniško - kočevskimi ponikalnicami. Preverjene so bile zveze v zaledju pomembnejših vodnih virov ob Krki, predvsem Globočca pri Zagradcu in Podturnščice pri Dolenjskih Toplicah. Sodelavci Geološkega zavoda so sledili Tržiščico, Podpeško jamo in ponikalnico pri Klinji vasi (D. N o v a k, 1987), sodelavci Hidrometeorološkega zavoda pa ribniško Bistrico in Rinžo (N. Č a d e ž, 1965). Dokazane so zveze Tržiščice z izviri od Šice na Radenskem polju, Krke pri Vidmu, Globočca pri Zagradcu, Šice pri Dvoru in Tominčevega studenca pri Podgozdu. Podpeška jama pri Dobropolju ima zvezo z radensko Šico in Krko, iz Strug pa je voda usmerjena proti Globočcu. Ribniška Bistrica odteka proti Dvoru in v Tominčev studenec, potok z odplakami iz svinjske farme pri Klinji vasi pa proti Tominčevemu studencu in verjetno še v Radeščico.

Sodelavci Inštituta za raziskovanje krasa so v sodelovanju s HMZ in Biološkim inštitutom v okviru raziskav v zaledju Dobljice, kot najpomembnejšem viru pitne vode za Belo krajino po onesnaženju Krupe (D. P l u t, 1988) preverili zveze štirih ponikalnic v okolici Kočevja. Potrdili so že prej dokazano zvezo Rinže z izvirom Bilpe ob Kolpi; oba sosednja izvira, Kotnica in Šumetac pa tudi tokrat nista bila obarvana. Ponikalnica iz Koprivnika južno od Roga odteka v zajeti izvir Dolskega potoka pri Predgradu ob Kolpi. Kačji potok pri Mozlju in Željnski potok vzhodno od Kočevja pa odtekata skozi podzemlje Kočevskega Roga v Radeščico in v Obrh pri Dolenjskih Toplicah. V Dobljici se torej ni pojavilo nobeno sledilo, kar pomeni, da sega njeno zaledje le v ožje območje Poljanske gore in jo tako ne ogrožajo kočevske odplake.

### Pregled ugotovljenih zvez požiralnikov z izviri v letih 1965 do 1988

V okviru študije o sledenju voda v Sloveniji (R. G o s p o d a r i č s sodel., 1988) je seznam sledenj in karto ugotovljenih zvez za leto 1965 pripravil N. Trišič. Seznam sem dopolnil z navedbo sledilcev po virih, ki so v študiji omenjeni, in kjer pomeni: 1- Geološki zavod Ljubljana, a) D. Novak, b) P. Krivic, c) Z. Mencej; 2- Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, a) I. Gams, b) R. Gospodarič, c) F. Habe, d) P. Habič, e) J. Kogovšek, A. Kranjc; 3- Hidrometeorološki zavod SRS, a) N. Čadež-Novak, b) P. Hribar, c) M. Zupan, d) N. Trišič; 4- Jamarska zveza Slovenije in društva; 5- ATH, v tem mednarodnem združenju za sledilno hidrologijo se ob pripravah na 3. SUWT izpejlali sledenja: HMZ SRS (3b, c), IZRK ZRC SAZU (2b, d); Inštitut Jožef Štefan; Inštitut za radiohidrometrijo München; Geološki inštitut Univerze Karlsruhe; Geološki zavod Baden Württemberg; Geotehnični inštitut z Dunaja in Združenje za hidrogeološke raziskave iz Gradca; 6- Jamarski odsek SPD Trst, Sancin; 7- Raziskovalna enota Rudnika živega srebra Idrija, J. Janež; 8- Inštitut za geotermijo in hidrogeologijo Gradec, P. Ramspacher, H. Zojer; 9- Zavod za hidrotehniko GT Sarajevo, N. Preka, N. Preka-Lipold, I. Avdagić; 10- Biološki inštitut Univerze v Ljubljani, M. Bricelj.

Kjer je sodelovalo več sledilcev, stoji med oznakami vezaj (-), kjer pa je bilo več zaporednih sledenj pa križec (+). Zaradi omejenega prostora je preglednica za obdobje po letu 1965 skrčena, in obsega le zaporedno številko, obarvani požiralnik, ugotovljeno zvezo z izvirom ter oznake za sledilce.

### Hidrološke povezave na slovenskem krasu

Zap. št.	Ponikalnica	Izvir	Sledilci
1.	Prestreljeniški podi, Kanin	Glijun	(1,a)
2.	Čepovanski potok	Mrzlek, Avšček, Hotešk	(2,d)
3.	Jezero pod Vrščem	?	(a,a)
4.	Brezno pri gamsovi glavici	Bohinjsko jezero	(4)
5.	Triglavsko brezno	Bistrica v Vratih	(2,a)
6.	Gračišče	Rižana	(1,b-3)
7.	Smokavske ponikve	Rižana	(1,b-3)
8.	Beka	Boljunec	(6)
9.	Movraž	Sopot, Bulaž	(1,b-3)



Zap. št.	Ponikalnica	Izvir	Sledilci
10.	Vojsko	Kanomljica	(3,b)
11.	Vojsko	Revenova grapa	(3,b)
12.	Boh.Možic	Bistrica, boh.predor	(3,b)
13.	Mlake na Pokljuki	Srednja vas	(1,a)
14.	Raša v Jevšnici	Timav	(2,b,d)
15.	Brezovica	Rižana	(1,b-3)
16.	Hotičina in Odolina	Rižana	(1,b-3)
17.	Dane pri Vodichah	Opatija	(1,b-3)
18.	Senožeški potok	Timav	(2,bd)
19.	Črni Vrh nad Idrijo	Podroteja, Hubelj	(2,d)
20.	Ledine	Peklenska grapa	(3,d-7)
21.	Globine na Ledinah	Osojnica	(3,d-7)
22.	Vodice nad Colom	Podroteja, Hubelj	(2,d)
23.	Jezerina	Rižana	(1,b-3)
24.	Blatnica, Jelovica	Sava Boh. v Soteski	(1,a)
25.	Male Loče	Rižana	(1,b-3)
26.	Sajevški potok	Timav	(2, bd)
27.	Volaka	?	(1,a)
28.	V Taležu, Jelovica	Peči pri Ribnem	(1,a)
29.	Hotenjka	Ljubljana, Podroteja	(5)
30.	Pikeljščica	Ljubljana, Podroteja	(5+3,b)
31.	Željski potok	Ljubljana, Podroteja	(5)
32.	Orehovške ponikve	Pivka, Prestranek	(2,c)
33.	Račiške ponikve	Opatija	(1,b-3)
34.	Rovtarica	Ljubljana	(5)
35.	Stržen pri Rakitniku	Vipava	(2,d)
36.	Petkovščica	Ljubljana	(5)
37.	Žirovski vrh	?	(1,a)
38.	Pivka pri Trnju	Unica, Vipava	(2,d)
39.	Petelinjsko jezero	Pivka pri Žejah	(2,d)
40.	Kneške ponikve	Pivka pri Zagorju	(1,b)
41.	Logaščica	Ljubljana	(5)
42.	Unica v Strževci	Ljubljana	(5)
43.	Kneške ponikve	Videmščica pri Zagorju	(2,d)
44.	Unica pri Laški žagi	Ljubljana	(5)
45.	Unica v Dolenjih Lokah	Ljubljana	(5)
46.	Unica pri Ivanjski žagi	Ljubljana	(5)
47.	Unica v Milavčevih kijučih	Ljubljana	(5)

Zap. št.	Ponikalnica	Izvir	Sledilci
48.	Svinjska jama, Cerknica	Rak, Kotliči	(2,a+2, bd)
49.	Vodonos, Cerknica	Ljubljana	(5)
50.	Rakitna	Izvir pri Preserju, Jezero	(1,a)
51.	Bločice	Stebersčica	
52.	Križna jama	Stebersčica	(1,a)
53.	Bloščica	Žirovniščica	
54.	Ravniščica	Mramorovo	(1,a)
55.	Iverje pri Kamniku	?	(1,c)
56.	Gozd nad Kamnikom	?	(1,a)
57.	Podpeška jama	Krka, Šica	(1,a)
58.	Tržiška Bistrica, Ribnica	Šica, Krka, Globočec	(1,a)
59.	Peca, Veška planina	Večna vas, Globasnica	(8)
60.	Peca, Siebenhütten (Avstr.)	Gradišnik, Podrečnik	(8)
61.	Struge	Globočec	(1,a)
62.	Peca, Ludwigshütte (Avstr.)	Pluder, Šumec Topla	(8)
63.	Topla	?	(1,a)
64.	Peca, Bistriška špica	Bistrica, Podrečnik, Topla, rudnik Mežica	(8)
65.	Podpeca	?	(1,a)
66.	Gornji Grad	?	
67.	Rinža	Bilpa	(3,a+2d)
68.	Klinja vas	Tominčev st., Radeščica	(1,a)
69.	Željne, Remihov mlin	Radeščica	(2,d)
70.	Saleška dolina	?	(3,a)
71.	Topolščica, Mazejevi izviri	?	(1,a)
72.	Koprivnik	Dolski potok	(2,d)
73.	Črmošnjica	Radeščica	(1,a)
74.	Kanižarica	?	(1)
75.	Ponikve	Huda luknja	(1,a)
76.	Sušica, Metlika	Obrh	(1,a)
77.	Kartušev dol	Senuša	(1)
78.	Robovec	Senuša	(1)
79.	Vrtače pod Lokami	Pekel	(1,a)
80.	Stavški vrh	Studenice	(1,a)
81.	Velike Loče	Dimnice	(2,a)
82.	Majerjeva grapa	Hribski potok	(2,d)

Zap. št.	Ponikalnica	Izvir	Sledilci
83.	Bela v Grapi	Hribski potok	(2,d)
84.	Korita, Stara Vrhnika	Pečkajev stud.	(2,d)
85.	Ovčjakarica, Rovte	Rovtarica	(2,d)
86.	Kačji potok, Mozelj	Radeščica, Obrh	(2,d)
87.	Ribniška Bistrica	Krka, Šica, Dvor	(3,a)
88.	Postojnska jama	Planinska jama	(9,-2)
89.	Predvratnica	Zajčjak, Peči	(2,e)
90.	Pološka jama	Tolminka	(2,d)
91.	Slatna, Grgar	Soča, Bokalci	(2,d)
92.	Palško jezero	Pivka, Trnje	(2,d)

### Večji kraški izviri in njihova zaledja

Po ugotovitvah dosedanjih sledenj ter po podatkih osnovne speleološke karte in nekaterih hidrogeoloških raziskav slovenskega krasa (P. H a b i č, 1982 a; 1982 b) sem pripravil pregledno karto pomembnejših kraških izvirov s pripadajočimi zaledji. Njeno vsebino lahko tu le na kratko predstavim, saj bi za podroben prikaz potreboval več prostora. S pregledno karto želim opozoriti na razporeditev večjih kraških vodnih virov v Sloveniji in na razsežnost njihovih zaledij, ki bi jih bilo treba varovati, če bi hoteli izkoristiti kraško vodno bogastvo.

Skladno z razsežnostjo krasa v Sloveniji je večji del kraških izvirov razporejen v dinarskem krasu na območju južne Slovenije. Pomemben delež zavzemajo kraški vodni viri tudi v alpskem krasu in v njegovem vzhodnem obrobju. O izdatnosti izvirov, še zlasti pri najnižjih vodah, nimamo zanesljivih podatkov, ker izviri niso v redni mreži hidroloških opazovanj in meritev. Posebej merijo izdatnost le pri nekaterih kraških izvirih, ki so za oskrbo bodisi že zajeti ali pa so jih raziskali za druge namene. Podobno kot za podatke o pretokih velja tudi za spremljanje fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti ter onesnaženosti kraških voda. Še največ zbranega gradiva je v raznih hidrogeoloških študijah o kraških vodah pri Geološkem zavodu v Ljubljani. Podatke naj bi uredili v okviru katastra izvirov, ki ga pripravlja Zveza vodnih skupnosti Slovenije. Podobno velja tudi za podatke o obsegu, značaju in ogroženosti zaledja kraških izvirov, ki jih je treba še temeljito dopolniti in urediti.

S sledilnimi poskusi so bile doslej ugotovljene predvsem osrednje povezave med ponikalnicami in izviri. Celotne razsežnosti in značilnosti hidrografskih zaledij izvirov pa še niso zadovoljivo pojasnjene.

Doslej so ugotovljena večja prepletanja zaledij predvsem v dinarskem krasu, v alpskem krasu pa so vsaj na videz zaledja posameznih izvirov bolj ločena. Morda pa k

takšni podobi prispeva le slabša hidrološka raziskanost alpskega krasa. V krasu so jasno izražena le hidrološka razvodja, ki so vezana na stike prepustnih in neprepustnih kamnin. Opredelimo jih lahko predvsem na podlagi temeljitega znanja o geološki zgradbi in razporeditvi različno prepustnih kamnin. V nagubanih, prelomljenih, narinjenih in tektonsko drugače premaknjenih gradbenih enotah pa je težko opredeliti stvarni razpored različno prepustnih litoloških členov.

Podzemeljska kraška razvodja se spreminjajo glede na hidrološke razmere. Razvodnice v krasu niso enostavne črte, ampak širša območja ali cone, iz katerih se lahko hkrati odcejajo vode v več smeri. Na karti so takšne razvodne cone, ki so v bistvu svojevrstna kraška bifurkacijska območja, posebej nakazane. V širših conalnih kraških razvodjih se pojavljajo še drugi tipi kraških bifurkacij; to so občasna ali stalna, globinska ali površinska raztekanja ter različna prelivanja ob naraščanju ali upadanju voda. Tovrstne bifurkacije so na karti le posredno nakazane, na primer na Pivki, na Cerkniškem polju in v Suhi krajini.

Na slovenskem dinarskem krasu lahko izvire in njihova zaledja razdelimo v nekaj širših hidroloških območjih, ki se delno skladajo z geomorfološko in hidrološko rajonizacijo krasa. V nižjem, gostejem naseljenem primorskem krasu, ki ga od visokega notranjskega krasa, deli pas nepropustnega eocenskega fliša Vipavske doline, Pivke in Brkinov s podaljškom proti Kvarnerju, so vode usmerjene v izvire Timava, Rižane, Mirne in v obmorske izvire pri Opatiji. Zaledje Timava obsega ves matični Kras, površinsko porečje Notranjske Reke s kraškim zaledjem Bistrice na Snežniku ter ožjim bifurkacijskim zaledjem na Pivki. Napajajo jih tudi vode iz povirja Raše, spodnje Vipave in Soče ter njune podtalnice v severozahodnem obrobju Krasa. Razvodje med zaledjem Rižane, Mirne in kvarnerskimi izviri poteka po kraški Čičariji ter po flišnih slemenih Brkinov. V hidrološkem pogledu se izviri napajajo iz sestavljenih površinskih in kraških zaledij. V njih se torej različno mešajo kraške in površinske vode, kar vpliva na njihov režim in kakovost. Raznim odplakam iz naselij in industrijskih obratov ter s kmetijskih obdelovalnih površin se lahko pridružijo tudi škodljive snovi, ki jih v precejšnjih količinah prevažajo po lokalnih, regionalnih in mednarodnih prometnicah.

Izviri z zaledjem na visokem krasu Notranjske in Dolenjske pripadajo v severozahodnem delu porečju Idrijce in Vipave, v osrednjem delu porečju Ljubljani, v jugovzhodnem delu pa Krke in Kolpe. Razvodja med posameznimi izviri so v tem pasu težje opredeljiva, conalna in bifurkacijska, še posebno med Idrijco, Vipavo in Ljubljano. Jasneje je izraženo le razvodje med Ljubljano in Krko, bolj prepletena in še ne dovolj pojasnjena pa so hidrografska zaledja izvirov v povirju Krke in Kolpe.

Redko naseljene, visoke in s padavinami bogate gozdne kraške planote od Banjšic do Poljanske gore napajajo mogočne kraške izvire, ki predstavljajo najpomembnejše vodne vire južne Slovenije. Razen ne pretočnih notranjskih kraških poljih, kjer se mešajo površinske in podzemeljske vode, se drugi izviri hranijo z razmeroma čistimi kraškimi vodami. Prevladujejo enostavni odtočni režimi, ki se, žal, odlikujejo z visokimi nihanjem pretokov v skladu s padavinami. Izviri bi veliko pridobili na pomenu, če bi s primernimi vodnogospodarskimi posegi zadržali del visokih voda in z njimi obogatili

nizke v daljših sušnih obdobjih.

V tretjem, notranjem dinarskem območju slovenskega krasa so razvrščeni izviri in pripadajoča zaledja pretočnega krasa v spodnjem delu kraške Ljubljane, ob zgornji Krki in v Beli krajini. V zaledju teh izvirov se mešajo površinske in podzemeljske vode. Z ilovico bogatejša in zato gosteje naseljena, kmetijsko in prometno ugodnejša območja negativno vplivajo na kakovost in uporabnost voda. Glede na sestavljeni režim in na razsežnost zaledij so izviri po izdatnosti, režimu in legi zanimivi za oskrbo, po kakovosti pa, žal, manj ustrezajo. Strogi varstveni ukrepi v celotnem zaledju bi bili težko izvedljivi, saj bi bistveno ovirali že tako in tako skromno gospodarsko dejavnost v teh kraških krajih. Popolno čiščenje voda za oskrbo ne bi bilo gospodarno, kljub temu je treba v tem pomembnem vodnogospodarskem območju krasa uveljaviti ustrezen higienski varstveni režim, da priprava vode za oskrbo ne bo predraga ali povsem izključena, kot je sedaj pri Krupi.

V alpskem krasu so izdatni kraški izviri v Posočju razporejeni od Trente, prek Boveca, do povirja Tolminke in Zadlaščice. Kraški izviri napajajo Savo Dolinko in Bohinjko ter njune pritoke. Tudi v Kamniških in Savinjskih Alpah se površinski pritoki Save in Savinje napajajo s kraškimi vodami. Nekaj izdatnejših izvirov je na obrobju vzhodnoalpskih kraških planot in na osamljenem krasu osrednje Slovenije. Izviri v alpskem krasu imajo ugodno nenaseljeno in delno z gozdom obraslo zaledje, kar pozitivno vpliva na kakovost voda. Ogroženost je majhna, predvsem lokalnega značaja in varovanje teh voda ne bi smelo predstavljati posebnih problemov. Vsekakor je potreben ustrezen varstveni režim v celotnem alpskem svetu, saj tudi nekatere površinske vode ustrezajo za oskrbo. Zaledje posameznih izvirov še ni zadovoljivo pojasnjeno, na vodni režim pa razen padavin vplivajo zlasti temperature, ki uravnavajo tako imenovano snežno retinenco; ta je v alpskem krasu nedvomno pomembnejša od kraške. V predalpskem in osamljenem krasu so v drobnem precejšnje razlike glede na izpostavljenost in ogroženost zaledij kraških vodnih virov; zato je potrebno vsakega posebej podrobno preučiti.

Sl. 1 Večji kraški izviri v Sloveniji

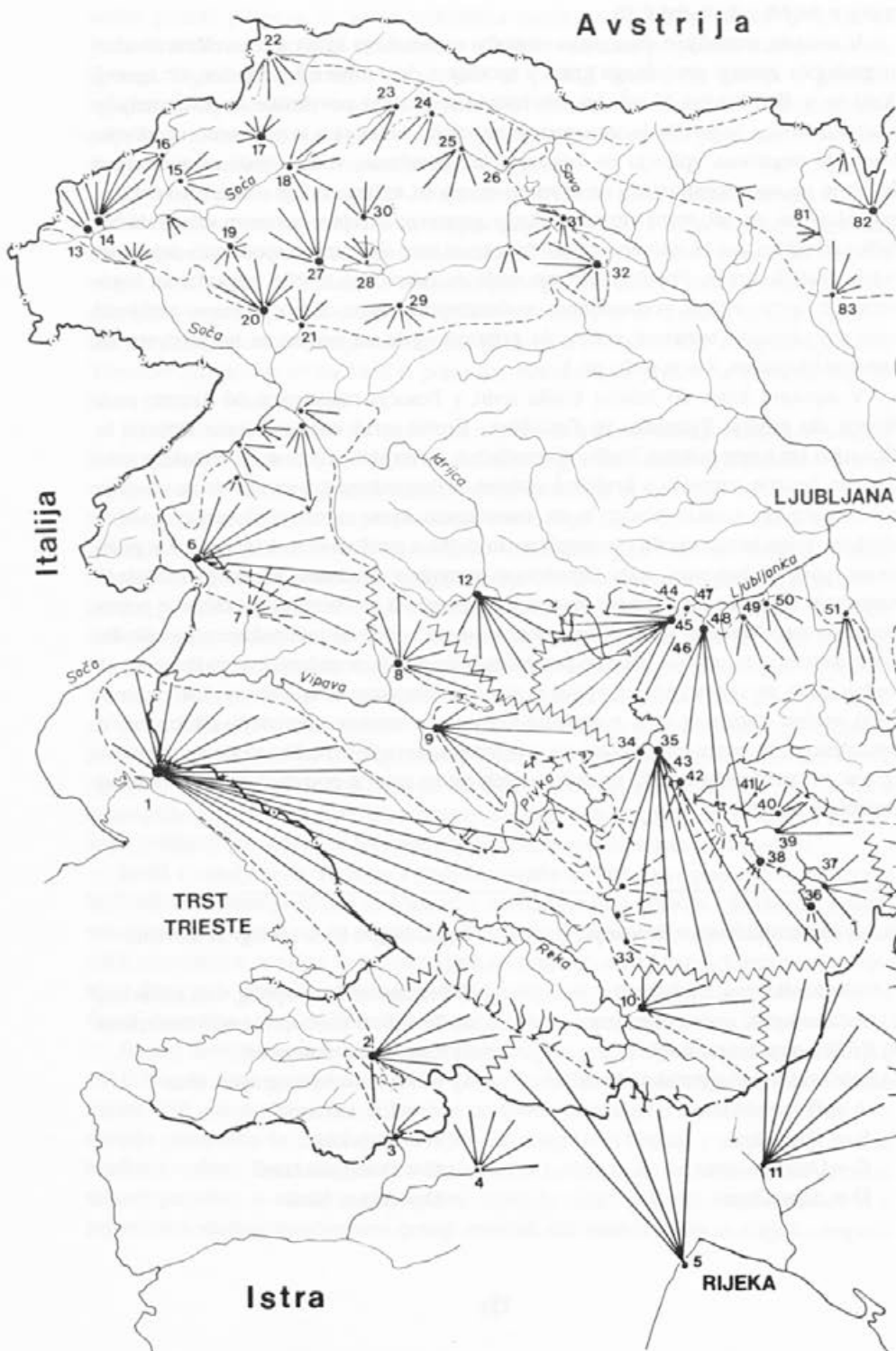
- 1) Stalni kraški izvir z zaledjem
- 2) Občasni kraški izvir z zaledjem
- 3) Kraško conalno razvodje
- 4) Širše kraško hidrografsko območje
  - A = Primorski kras
  - B = Visoki kras
  - C = Dolenjski kras
  - D = Alpski kras

Fig. 1. Bigger karst springs in Slovenia

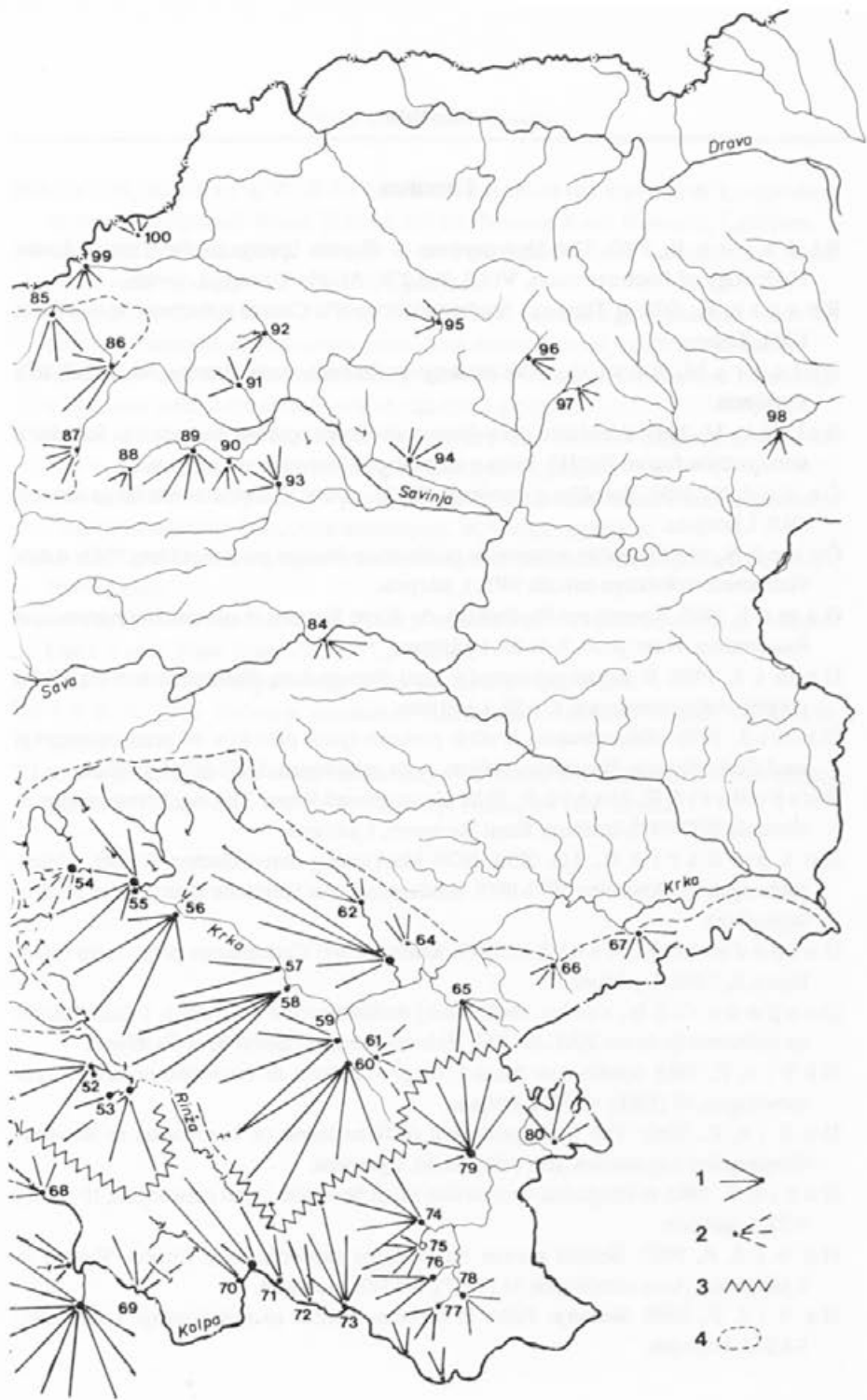
- 1) Permanent karst spring with hinterland
- 2) Periodical karst spring with hinterland
- 3) Karst zonal watershed
- 4) Wider karst hydrographic area
  - A = Littoral karst
  - B = High karst
  - C = Dolenjska karst
  - D = Alpine karst

# VEČJI KRAŠKI IZVIRI V SLOVENIJI

Večji kraški izviri v Sloveniji







Hrvatska

P. Habič 1989



### Literatura

- B i d o v e c, F., 1967: The Hydrosystem of Karstic Springs in the Timavo Basin. Hydrology of fractures rocks, Vol. 1, 263-274, AIHS - Unesco, Louvain.
- B o e g a n, E., 1938: Il Timavo - Studie sull'Idrografia Carsica subaerea e sotterranea. 1-251, Trieste.
- B r i c e l j, M., K o s i, G., 1986: Sledenje podzemnih voda. Proteus, 48, 7, 263-267, Ljubljana.
- B r i c e l j, M., 1987: Poročilo o opravljenem sledilnem poskusu na področju Senožeč s salmonelnim fagom P22H5. Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani.
- Č a d e ž, N., 1956: Poročilo o barvanju Rinže. Arhiv Hidrometeorološkega zavoda SRS, Ljubljana.
- Č a d e ž, N., 1965: Poročilo o barvanju ponikalnice Bistrice pri Ribnici leta 1965. Arhiv Hidrometeorološkega zavoda SRS, Ljubljana.
- G a m s, I., 1965: Aperçu sur l'hydrologie du Karst Slovene et sur ses communications souterraines. Naše jame, 7, 51-60, Ljubljana.
- G a m s, I., 1966: K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. Acta carsologica, 4, 5-50, Ljubljana.
- G a m s, I., 1970: Maksimiranost kraških podzemeljskih pretokov na primeru ozemlja med Cerkniškim in Planinskim poljem. Acta carsologica, 5, 171-187, Ljubljana.
- G o s p o d a r i č, R., H a b i č, P., 1976: Underground Water Tracing. Investigations in Slovenia 1972-1975. Institute Karst Research, Ljubljana.
- G o s p o d a r i č, R., J.G. Zötl, 1976: Markierung unterirdischer Wässer, Untersuchungen in Slowenien 1972-1975. Sonderdruck aus Steirische Beiträge zur Hydrologie, Graz.
- G o s p o d a r i č, R., H a b i č, P., 1979: Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica, 8, 7-162, Ljubljana.
- G o s p o d a r i č, R., s sodel., 1988: Študij sledilnih metod v Sloveniji, 1. faza. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1982: Kraški izvir Mrzlek, njegovo zaledje in varovalno območje. Acta carsologica, 10 (1981), 45-73, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1982: The hydrogeological differentiation of karst areas in Slovenia. Geographica Iugoslavica, III (1981), 52-59, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1982 b: Pregledna speleološka karta Slovenije. Acta carsologica, 10 (1981), 5-22, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1987: Sledilni poskus na kraškem razvodju med Idrijco, Vipavo in Ljubljano. Acta carsologica, 16 (1987), 105-119, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1989: Sledenje Pivke in Stržena. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.

- H ö t z l, H., M a u r i n, V., Z ö t l, J., 1976: Results of the injection of Lycopodium spores. Underground Water Tracing, 167-181, Institute Karst Research, Ljubljana.
- J e n k o, F., 1959: Poročilo o novejših raziskavah podzemeljskih voda na slovenskem krasu. Acta carsologica, 2, 209-227, Ljubljana.
- K o g o v š e k, J., H a b i č, P., 1981: Preučevanje vertikalnega prenikanja vode na primerih Planinske in Postojnske jame. Acta carsologica, 10, 129-148, Ljubljana.
- K o g o v š e k, J., 1987: Naravno čiščenje sanitarnih odplakpri vertikalnem prenikanju v Planinski jami. Acta carsologica, 16, 121-139, Ljubljana.
- K r i v i c, P., B r i c e l j, M., T r i š i č, N., Z u p a n, M., 1987: Sledenje podzemnih vod v zaledju Rižane. Acta carsologica, 16, 83-104. Ljubljana.
- K r i v i c, P., B r i c e l j, M., Z u p a n, M., 1989: Podzemne vodne zveze na področju Čičarije in osrednje Istre. Acta carsologica, 18, v tisku, Ljubljana.
- N o v a k, D., 1987: Podzemeljski vodni tokovi na Dolenjskem. Dolenjski kras, 2, 23-27, Novo mesto.
- P e z d i č, J., U r b a n c, J., 1987: Sledenje kraških tokov z uporabo stabilnih izotopov kisika v vodi. Naše jame, 29, 5-15, Ljubljana.
- P l u t, D., 1988: Belokranjske vode. Dolenjski muzej, Novo mesto.
- Š e r k o, A., 1946: Barvanje ponikalnic v Sloveniji. Geografski vestnik, 18, 125-139, Ljubljana.
- T i m e s, G., 1928: Nei misteri del mondo sotterraneo. Risultati delle ricerche idrologiche sul Timavo 1895-1914, 1918-1927. Alpi Giulie, 29, 1-39, Trieste.

## ABOUT KARST WATERS TRACING IN SLOVENIA

Peter H a b i č

(Summary)

The improvement of tracing hydrology, the science which tries on the base of natural karst water properties and by use of artificial tracers find out the connection between sinking streams and springs, way and velocity of throughflow, area and way of karst springs feeding, quantity and time of water retention and several others important changes in the underground, contributed to important results in Slovenia too. The collaboration with International Association for Tracing Hydrology (ATH) has helped a lot. The purpose of karst water tracing means and improved methods. More and more karst waters are caught for water supply and the need for better knowledge of vast hinterlands which have to be protected against pollution, is augmented.

Two surveys on sinking streams tracing in Slovenia were published till now. A. Šerko (1946) gathered and published the data on water tracing before 1946, and I. Gams (1965) for the period between 1946 and 1965. R. Gospodarič with collaborators (1988) gathered the data about water tracing for the period 1965 to 1988. Referring to this unpublished report and to others cited publications this article shows the main connections synoptically presented on annexed list. Some karst bifurcations on Adriatic - Black Sea watershed are mentioned specially. On synoptical map hundred bigger karst springs with belonging background are marked.

According to situation, hydrological properties and water economy importance four wider karst hydrological areas are defined. In southern Slovenia the springs belong to littoral, high and Notranjska, Dolenjska Dinaric karst respectively. The springs in northern Slovenia belong to Alpine and Prealpine karst. The watersheds among springs, their hydrographic hinterlands respectively, are in some areas difficult to be defined therefore additional water tracing tests and investigations will be necessary in future. The possibilities of karst waters use and the protection problems are similar in all regions. For water supply the most convenient are the springs of high Dinaric and Alpine karst, regarding the quantity more abundant are springs of lower, more inhabited and therefore more threatened littoral and inner Dinaric karst. The results of tracing hydrology contribute a lot to definition of protection areas and to choice of suitable protection measures.